HAL open science

Les temps de l'environnement et des paysages des systèmes fluviaux au cours de l'Holocène. Normandie, Grèce, Mali

Laurent Lespez

▶ **To cite this version:**

Laurent Lespez. Les temps de l'environnement et des paysages des systèmes fluviaux au cours de l'Holocène. Normandie, Grèce, Mali. Environnement et Société. Université de Caen, 2012. tel-00818525

HAL Id: tel-00818525

https://theses.hal.science/tel-00818525

Submitted on 29 Apr 2013

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITÉ de CAEN BASSE-NORMANDIE
UFR de Géographie
Laboratoire Géophen - LETG UMR 6554 CNRS

Les temps de l'environnement et des paysages des systèmes fluviaux au cours de l'Holocène
Normandie, Grèce, Mali

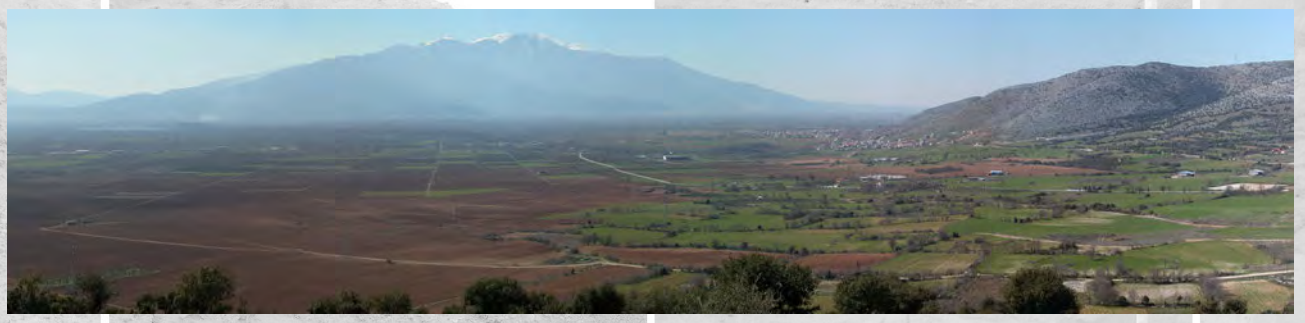
Volume 1

Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches

présenté par

Laurent LESPEZ

soutenu le 16 Mars 2012



Membres du Jury :

M. Gilles Arnaud-Fassetta, Professeur, Université Paris Est (rapporteur)
M. Aziz Ballouche, Professeur, Université d'Angers
M. Antony G. Brown, Professor, University of Southampton (rapporteur)
M. Pascal Darcque, Directeur de Recherches CNRS, UMR 7041, MAE Nanterre
M. Daniel Delahaye, Professeur, Université de Caen Basse-Normandie (parrain)
M. Eric Fouache, Professeur, Université Paris IV
Mme. Catherine Kuzucuoglu, Directeur de Recherches CNRS, LGP UMR 8591 , Meudon
M. Michel Magny Directeur de Recherches CNRS, UMR 6565, Besançon (rapporteur)

Université de Caen-Basse-Normandie
UFR de Géographie
Laboratoire Geophen - LETG UMR 6554 CNRS

VOLUME 1 :

LES TEMPS DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PAYSAGES DES SYSTEMES FLUVIAUX AU COURS DE L'HOLOCENE

NORMANDIE, GRECE, MALI

MEMOIRE D'HABILITATION A DIRIGER DES RECHERCHES

présenté par

LAURENT LESPEZ

soutenu le 16 mars 2012

À Marie-Anne,

À ceux qui sont partis, à ceux qui restent

AVANT-PROPOS

Aujourd'hui, si l'Habilitation à Diriger des Recherches se banalise et se transforme parfois en recueil d'articles scientifiques, sa rédaction a représenté pour moi un moment important. Elle m'a permis de dépasser l'urgence des articles et des études de cas et de retrouver la cohérence des recherches effectuées au cours de ces douze dernières années. Elle m'a obligé à lire le travail des autres, à dépasser les références de mes champs disciplinaires et/ou thématiques ou de mes terrains de recherches habituels et à m'aventurer, à mes périls, vers quelques terres qui m'étaient inconnues. Elle m'a permis d'oser affronter des questions dont je me suis souvent préoccupé, comme celle de l'anthropisation ou du déterminisme, mais pour lesquelles, je n'avais pas encore eu l'occasion de poser sur le papier une véritable réflexion. Elle m'a aussi révélé les limites de mon travail et l'ampleur de la tâche qui demeure à accomplir. Mais, j'ai l'impression d'être mieux armer pour y parvenir maintenant …

Il me revient avant toute chose de remercier les membres du jury qui ont bien voulu examiner ce travail. Certains d'entre eux l'ont accompagné de plus ou moins loin. Tout d'abord, **Daniel Delahaye**, qui a accepté de s'en porter garant et qui m'a surtout sensibiliser progressivement aux thématiques de l'érosion des sols, des transferts sédimentaires dans les têtes de bassins versants et aux questions de l'organisation spatiale et des transferts d'échelle. Je le remercie également pour avoir été toujours attentif à mon travail et avoir su, en tant que Directeur de laboratoire, préserver des thématiques qui lui étaient au départ éloignées avant que peu à peu nous arrivions à développer une véritable collaboration comme autour des thèses de V. Viel et d'A. Garnier. J'espère que notre projet d'ANR aura du succès et enracinera encore plus ce travail en commun autour de la compréhension des systèmes complexes que sont les vallées ordinaires de l'ouest de la France. J'espère aussi que nous trouverons l'occasion de prolonger ces collaborations sur des terrains plus éloignés et aussi passionnants.

Aziz Ballouche m'a non seulement initié aux terrains africains pour lesquels il est à tous points de vue un expert mais également soutenu et conseillé dans mes réflexions paysagères. Son passage, trop court, à Caen fut pour moi une chance lançant la recherche paléoenvironnementale sur de beaux rails et stimulant le passage du temps long de l'Holocène au temps court de la gestion. Je lui dois de beaux programmes de recherche et l'ouverture vers les collaborations avec Francfort et Genève qui n'ont pas encore produits tous leurs fruits mais ont déjà livré de beaux résultats. Je le remercie également pour sa gentillesse et sa compréhension, toujours égales, même au milieu des tensions ou des difficultés qui ne manque pas d'accompagner le travail sur le terrain, au laboratoire ou plus généralement la vie.

Pascal Darcque est non seulement le seul archéologue de ce jury, alors que j'ai tant travaillé avec eux, mais surtout l'un de ceux qui me connait depuis le début de mes recherches ou presque ! Notre rencontre date de mon doctorat et de premiers mes séjours dikili-tashiens, sans doute vers 1995. Il a dès lors suivi l'ensemble de ma trajectoire de chercheur. Je luis dois, avec René Treuil, mon initiation à la pratique de l'interdisciplinarité dans le monde égéen. Alors que j'étais progressivement associé aux programmes de recherche de l'équipe, j'ai également eu la chance d'intégrer mes résultats à des contributions collectives qui ont permis de les valoriser auprès des archéologues travaillant en Grèce. Ce long chemin s'est encore approfondi au cours de cours de ces dernières années par ses initiatives de recherches (ACI-PROSODIE, nouvelles fouilles programmées de Dikili-Tash) auxquelles j'ai été dès le départ associé. Le succès de la campagne de carottage effectué sur le tell en 2010 constitue pour l'instant le point d'orgue de cette collaboration mais je sens que nous ne sommes pas au bout de nos surprises dans ces terres de Macédoine orientale ! Je le remercie enfin pour son ouverture à la géomorphologie, aux disciplines des paléoenvironnements, sa bienveillance permanente, ses conseils toujours judicieux, son amitié, enfin sa bonne humeur constante qui fait des fouilles de Dikili-Tash un endroit où il fait bon travailler, certes, mais bon vivre aussi !

Je remercie très chaleureusement **Catherine Kuzucuoglu** d'avoir accepté de faire partie de ce jury. C'est elle qui m'a initié au travail de laboratoire au cours de l'hiver 1991-1992. Alors que je faisais mes premiers pas sur le terrain de la recherche dans le cadre de la réalisation de mon mémoire de maîtrise, elle m'a accompagné dans la maitrise de cette grosse boite capricieuse qu'était le SEDIGRAPH. Je lui dois d'abord la rigueur de l'analyse et puis mes premiers pas dans la valorisation de la recherche car elle avait décidé de transformer mes travaux en publications internationales ! Même si j'ai dû un temps renoncer à la recherche, c'est à elle, et à Jean-François Pastre qui m'accompagnait au quotidien sur le terrain, que je dois mon initiation à la curiosité scientifique, à une forme d'honnêteté et de rigueur intellectuelle que j'espère ne pas trahir par ce volume. Nous avons toujours été voisins de terrain mais nous n'avons jamais eu l'occasion de travailler ensemble dans cette Méditerranée orientale que nous fréquentons depuis longtemps ; j'espère que cela sera accompli dans un futur proche.

Eric Fouache a également suivi mes premiers pas en Grèce. Il a même bénévolement donné de sa personne pour un carottage mémorable à la sonde russe dans la Mare de Dikili-Tash. Son attachement à la démarche géoarchéologique et ses efforts continus pour sa promotion au cours de ces dernières années tant par les publications que par l'organisation de manifestations, aussi bien au niveau national qu'international, sont pour beaucoup dans la reconnaissance de la discipline en Géographie et au-delà. Je le remercie vivement d'avoir pu se libérer de ses multiples obligations pour que nous discutions à nouveau des rythmes de l'érosion égéenne même si je sais que son attachement à l'Égée est aujourd'hui marqué par un tropisme littoral. J'espère aussi que les collaborations enfin déclenchées grâce à Archéomed trouveront bientôt d'autres terrains d'expression.

Je remercie **Gilles Arnaud-Fassetta** d'avoir accepté de juger ce travail. J'ai suivi ses recherches depuis le départ. Il a été un exemple par la rigueur de ses analyses et sa capacité à intégrer les dynamiques du temps long dans la compréhension des dynamiques contemporaines et des enjeux de gestion associés. Même si les systèmes sur lesquels nous travaillons sont sensiblement différents, les méthodes qu'il a mises en œuvre ont toujours été une référence. Je le remercie aussi pour l'intérêt qu'il a toujours porté à mes travaux, pour son écoute et les discussions géomorphologiques stimulantes que nous avons pu pratiquer qui nous ont progressivement amené à mieux nous connaître.

Enfin, je tiens à remercier ceux que je connais bien, mais plus par la lecture de leurs travaux que pour les avoir côtoyé souvent, et qui ont bien voulu accepter de juger ce travail. Tout d'abord **Anthony Brown** qui par ses recherches, ses multiples publications a été pour moi une source permanente d'inspiration : à la fois par l'intérêt qu'il a toujours porté à la relation entre les dynamiques géomorphologiques et les dynamiques végétales, mais également par son questionnement de l'anthropisation et du rôle complexe qu'elle joue dans l'évolution des milieux et pour l'intérêt précoce qu'il a manifesté pour les petits systèmes fluviaux aménagés. Je le remercie vivement d'avoir pris de son temps et j'espère que la lecture de mon travail ne l'aura pas fait regretter d'avoir dû traverser la Manche pour participer à ce jury.

Je remercie également **Michel Magny**. Il est pour moi le chercheur par excellence, de ceux dont on a tellement lu les articles que l'on se demande s'ils restent accessibles. Je l'ai abordé avec timidité car nous ne nous sommes finalement que peu côtoyés en colloques et je suis très heureux qu'il ait pu prendre un peu de temps entre différentes missions de carottages à travers les rives de la Méditerranée pour lire mes réflexions. J'espère que nous aurons à nouveau l'occasion d'échanger, voire même de collaborer, autour de ces oscillations climatiques encore en grande partie incomprises et de leurs conséquences sur les sociétés méditerranéennes encore plus énigmatiques parfois.

À l'heure où je conclue ce travail de longue haleine, je mesure la part qu'il doit aux autres. Tout d'abord à ceux qui m'ont accompagné sur le terrain et dans le travail quotidien du chercheur. Je remercie ainsi Jean-Michel Cador avec qui j'ai pratiqué à peu près tous les aspects de la recherche en Basse-Normandie : des carottages dans la vallée de la Mue à la construction des blocs diagrammes de La Hague en passant par le co-encadrement fructueux de nombreux mémoires de recherche de Master. Je remercie également Cécile Germain-Vallée à qui je dois une grande partie de la qualité de mes recherches normandes. Elle est à la fois une géomorphologue accomplie et une archéologue compétente. C'est grâce à elle que j'ai développé ma pratique de la micromorphologie et la vison de plus en plus intégrée à l'archéologie de mes recherches géographiques et paléenvironnementales. Il me faut remercier Robert Davidson. C'est grâce à son implication sur le terrain que j'ai pu accomplir la plupart de mes campagnes de carottages. J'ose dire qu'en la matière nous formons un duo dont il constitue le moteur par son énergie, son envie de bien faire et sa compétence. Son goût pour les paléoenvironnements s'est même traduit par une incursion réussie du côté de la

paléoenvironnements s'est même traduit par une incursion réussie du côté de la palynologie. Je lui dois beaucoup, et encore plus si l'on pense à ces soirées égéennes qui ont ponctué nos efforts sous le soleil ! J'espère bien maintenant pouvoir te faire venir sur des terres africaines ! Je remercie également Marie-Anne Germaine pour son soutien permanent au cours de ces dernières années. Je lui dois mon ouverture vers les thématiques de la gestion contemporaine des paysages et ma sensibilisation au rôle des représentations et à l'importance de la gouvernance dans la gestion des milieux ordinaires. Je souhaite également inclure dans ces remerciements Zoï Tsirtsoni à qui je dois mon adoption par la communauté Dikili-Tashienne. Nous nous sommes tout de suite entendus et maintenant que chacun a fait son chemin, nous avons eu la chance de nous retrouver dans le projet Balkans 4000 et les fouilles de Dikili. Elle constitue, avec Pascal, le moteur de cette collaboration égéenne à laquelle je tiens tant, à la fois pour les plaisirs scientifiques qu'elle procure et les moments de convivialité qu'elle permet. Je remercie enfin Martine Clet-Pellerin qui a consacré une partie de ces dernières années de recherche à accompagner ma découverte des milieux normands. Elle a accepté de s'investir sur des terrains qu'elle connaissait très bien mais sur des thématiques dont elle n'avait pas fait sa spécialité principale. Elle a été d'une disponibilité sans faille et, pour un jeune chercheur débarquant dans une région inconnue, une tutrice remarquable.

Une carrière de chercheur ne saurait se développer sans un cadre agréable de travail. Malgré les vicissitudes habituelles de la vie en collectivité, je peux dire que le laboratoire Geophen et l'UFR de Géographie de Caen ont joué pour moi le rôle de milieu épanouissant. Cela tient évidemment en grande partie à leurs Directeurs successifs. Je pense évidemment à Jean-Michel, Daniel et maintenant à Olivier Maquaire mais aussi à Stéphane Costa, notre Directeur d'UFR. Ils ont su créer une ambiance de travail à la fois stimulante et tolérante. J'adresse un message particulier à Stéphane car cela fait maintenant 25 ans (mais si, mais si !) que notre amitié traverse le temps et je pense que cela mérite bien une bonne bière fraîche ! Je remercie également l'ensemble des membres du laboratoire et de l'UMR que j'ai eu la chance de côtoyer ces dernières années.

Mais mon goût pour le voyage m'a également permis d'intégrer des équipes compétentes et conviviales sans lesquelles il n'y aurait ni recherche efficace ni valorisation de qualité. Les recherches grecques m'ont amené à fréquenter régulièrement des archéologues grecs et français avec lesquels j'ai eu la chance de développer très vite des relations amicales. Je pense évidemment à Dimitra Malamidou, à Sandra Prévôt-Dermarkar mais aussi à tous les autres. Mes séjours au Mali, furent également enrichis de rencontres professionnels stimulantes. Je pense d'abord évidemment aux chercheurs maliens, suisses et français, au premier rang desquels Eric Huysecom, notre grand organisateur infatigable et remarquable, mais je pense aussi à Michel Rasse, Sylvain Ozainne, Anne Mayor et Caroline Robion-Brünner sans lesquels l'aventure scientifique n'aurait pas été si belle. Enfin, je pense beaucoup aux chercheurs maliens et aux ouvriers avec qui nous travaillions quotidiennement et que nous n'avons plus l'occasion de voir depuis deux ans. Je le regrette et je dis leur dis à bientôt.

Enfin, il n'y aurait pas de recherches de qualité en Normandie sans le soutien constant des archéologues de terrain et des institutions. Ils sont à la fois les moteurs scientifiques d'une grande partie de mes travaux par leur demande mais également par l'aide financière. Je remercie en particulier François Fichet de Clairfontaine, Directeur du SRA, Nicola Couthard, directrice du Service archéologique du calvados et les personnels de l'Inrap au premier rang desquels Cyril Marcigny et Vincent Carpentier. Je remercie également les gestionnaires qui m'ont accueilli sur leur terrain et en particulier Thierry Desmarets, le conservateur de la Mare de Vauville, avec lequel j'ai développé une collaboration enrichissante qui s'est prolongée par de longues discussions sur les pratiques et les principes de gestion qui m'ont beaucoup appris. Au moment où j'écris ces lignes, est en train de se finaliser un ouvrage consacré aux vallées Normandes qui me tient particulièrement à cœur, il doit beaucoup au Pôle Rural de la MRSH de Caen et à ses deux animateurs indéfectibles, Jean-Marc Moriceau et Philippe Madeline. Qu'ils en soient très chaleureusement remerciés.

Et, je garde le meilleur pour la fin, bien évidemment, je souhaite remercier les doctorants qui ont tout au long de ces années passées dans les sous-sols du bâtiment Sciences 1er cycle ont constitué le sel de ma vie quotidienne. Ils sont à la fois par leur activité les chevilles ouvrières du travail scientifique, les forces vives du laboratoire et les garants de sa convivialité. Je les remercie pour leur bonne humeur, leur disponibilité, les soirées improvisées ou non, les rires et les histoires qui font s'écouler le temps bien plus agréablement. Je pense en particulier à John, à Yann, à Aurélie, à Elise, à Philippe, à Sébastien, à Vincent, à Candide, à Aline, à Mathieu, à Pauline et à Romain. Bien sûr, je leur souhaite tous d'imiter leurs brillants prédécesseurs -Johnny Douvinet, Yann Le Drezen, Maxime Marie, Marie-Anne Germaine, Sebastien Caillaut- et de s'épanouir dans leur activité scientifique. La route est tracée, et ils ont tous les capacités de l'emprunter.

SOMMAIRE

PARTIE I – ITINERAIRE DE RECHERCHE ET POSITONNEMENT SCIENTIFIQUE ..... p. 13

1. Itinéraire de recherche ..... p. 14
2. Position de la recherche et définition d'une problématique ..... p. 22
3. Méthodes de Recherche ..... p. 32

PARTIE II – TRAJECTOIRES ..... p. 65

CHAPITRE 1 - LES TEMPS DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PAYSAGES DES SYSTEMES FLUVIAUX ET PALUSTRES AU COURS DE L'HOLOCENE EN BASSE-NORMANDIE ..... p. 67

1. Les archives bas-normandes pour l'histoire des paysages et des systèmes fluviaux ..... p. 67
2. Avant l'Holocène : déglaciation planétaire et mutations de l'environnement et des paysages au Tardiglaciaire (14 000-9 500 av. J.-C.) ..... p. 78
3. Le temps de la Nature I : des cours d'eau méandriformes au sein d'un environnement forestier en expansion (9 500-6 900 av. J.-C.) ..... p. 80
4. Le temps de la Nature II : l'essor des milieux fluvio-palustres au sein de vallées boisées (6 900-3 500 av. J.-C.) ..... p. 82
5. Le temps des métamorphoses : L'atterrissement des fonds de vallée et l'ouverture des paysages (3 300 av. J.-C. à 500 ap. J.-C.) ..... p. 86
6. Le temps de la maîtrise hydraulique (50 av. J.-C.-1500 ap. J.-C.) ..... p. 95
7. Friches hydrauliques et transformations des paysages contemporains ..... p. 101

CHAPITRE 2 : SOCIETES, ENVIRONNEMENT ET PAYSAGES EN GRECE AU COURS DE L'HOLOCENE ..... p. 105

1. Les investigations dans les archives grecques ..... p. 105
2. La Néolithisation en Grèce du Nord et le site de Dikili Tash ..... p. 108
3. Les sociétés et leur environnement du Néolithique au Bronze moyen (6 500-2 000 av. J.-C.) ..... p. 123
4. Les conséquences environnementales du développement des activités agro-pastorales dans le monde égéen et sur ses marges ..... p. 134
5. Le temps des métamorphoses (2 100 av. J.-C.-600 ap J.-C.) ..... p. 138

CHAPITRE 3 : SYSTEME FLUVIAL ET DYNAMIQUES PAYSAGERES AU MALI AU COURS DE L'HOLOCENE ..... p. 159

1. La vallée du Yamé et ses archives sédimentaires ..... p. 160
2. Une rivière divagante longée par une forêt galerie au sein de paysages de savane (9 500-6 710 av. J.-C.) p. 170
3. Une vallée marécageuse aux écoulements dynamiques au sein d'une forêt-galerie et d'une savane soudanienne dense (5 800-1 720 av. J.-C.) ..... p. 177
4. Une plaine d'inondation qui s'assèche progressivement au sein d'une savane soudano-sahélienne (1 720-450 av. J.-C.) ..... p. 178
5. Un fonctionnement torrentiel significatif d'une aridification profonde dans un monde qui change (450 av. J.-C.-250 ap. J.-C.) ..... p. 180
6. Une vallée au fonctionnement irrégulier au sein d'espaces agricoles (350-1930 ap. J.-C.) ..... p. 181
7. Les dynamiques contemporaines ..... p. 183

PARTIE III – DE L'HUMANISATION DE LA FACE DE LA TERRE A L'ANTHROPISATION DES SYSTEMES FLUVIAUX ..... p. 185

CHAPITRE 4 : ANTHROPISATION DE LA SURFACE TERRESTRE ET INTERACTIONS SOCIETES/MILIEUX ..... p. 187

1. Les relations Nature/Société à partir du Néolithique ..... p. 187
2. La Néolithisation et la transformation des milieux biophysiques ..... p. 191
3. La diffusion des paysages culturels ..... p. 199
4. Les déterminismes environnementaux au Néolithique dans les Balkans ..... p. 206
5. Déterminisme environnemental et sociétés ..... p. 224

CHAPITRE 5 : L'ANTHROPISATION DES SYSTEMES FLUVIAUX ..... p. 239

1. Le détritisme d'origine anthropique et la métamorphose des systèmes fluviaux ..... p. 239
2. Connexion, anthropisation et climat ..... p. 255
3. L'étude nécessaire des interactions au sein des systèmes fluviaux ..... p. 267
4. Conclusion ..... p. 279

CHAPITRE 6 : A QUOI SERT LA CONNAISSANCE DU TEMPS LONG POUR GERER LE PRESENT ? ..... p. 289

1. Anthropocène ..... p. 289
2. L'apport des connaissances sur le temps long à la gestion des cours d'eau de faible énergie dans l'ouest de la France ..... p. 291
3. L'apport des connaissances sur le temps long à la gestion de l'environnement et des paysages ..... p. 300
4. En guise de conclusion provisoire ..... p. 310

La construction de cette Habilitation à Diriger des Recherches a été définie à partir des consignes émises par la 23e section du CNU en octobre 2010 puis de celles proposées en juin 2011. Les modifications entre les deux ne sont pas anecdotiques et nous avons essayé d'en tenir compte tout en respectant le cœur des recommandations qui n'a guère changé entre les deux versions. Les recherches qui servent de base à la constitution de cette Habilitation ont pour objectif principal la compréhension des temps de l'environnement et des paysages des systèmes fluviaux et palustres au cours de l'Holocène et sont le résultat de travaux entrepris depuis 1999. Le volume original est l'occasion de faire le lien entre des investigations conduites sur des thématiques semblables mais dans des contextes géographiques différents (Normandie, Grèce et Afrique de l'Ouest), et par là même de dépasser les études de cas pour aboutir à des conclusions de portée plus générale centrées sur le rôle des Sociétés dans la dynamique des systèmes environnementaux et des paysages.

Le texte proposé s'articule en trois grandes parties. Une longue première partie introductive définit les objectifs des recherches conduites et les méthodologies développées ou mises en œuvre au cours de ces douze dernières années. Elle rappellera, les choix effectués et les opportunités saisies depuis mon recrutement comme Maître de Conférences à l'Université de Caen-Basse-Normandie en 1999 et présentera le positionnement dans le champ de la géographie et l'articulation interdisciplinaire des recherches. La deuxième partie intitulée « **Trajectoires** » se présente comme un bilan des travaux conduits sur les trois principaux terrains d'étude. Enfin, la dernière partie intitulée « **De l'Anthropisation de la face de la terre à celle des systèmes fluviaux** » propose une réflexion transversale autour de questions clefs dans le champ de recherche pratiqué qui amène à aborder le projet scientifique futur.

PREMIERE PARTIE : ITINERAIRE DE RECHERCHE ET POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE

L'introduction de ce mémoire est construite en trois parties. Dans un premier temps, je rappellerai mon itinéraire depuis l'initiation à la recherche lors de mes études universitaires jusqu'à la diversification des thématiques et des terrains d'étude au cours de ces dix dernières années (Fig. 1). Ensuite, je montrerai que cet élargissement a permis de construire une problématique d'ensemble qui se positionne dans le champ de la recherche géographique en articulation avec des disciplines voisines comme l'archéologie, l'histoire et les sciences de la vie et de la terre. Enfin, j'évoquerai les démarches de recherche et les méthodes scientifiques pratiquées en insistant sur les développements méthodologiques effectués.

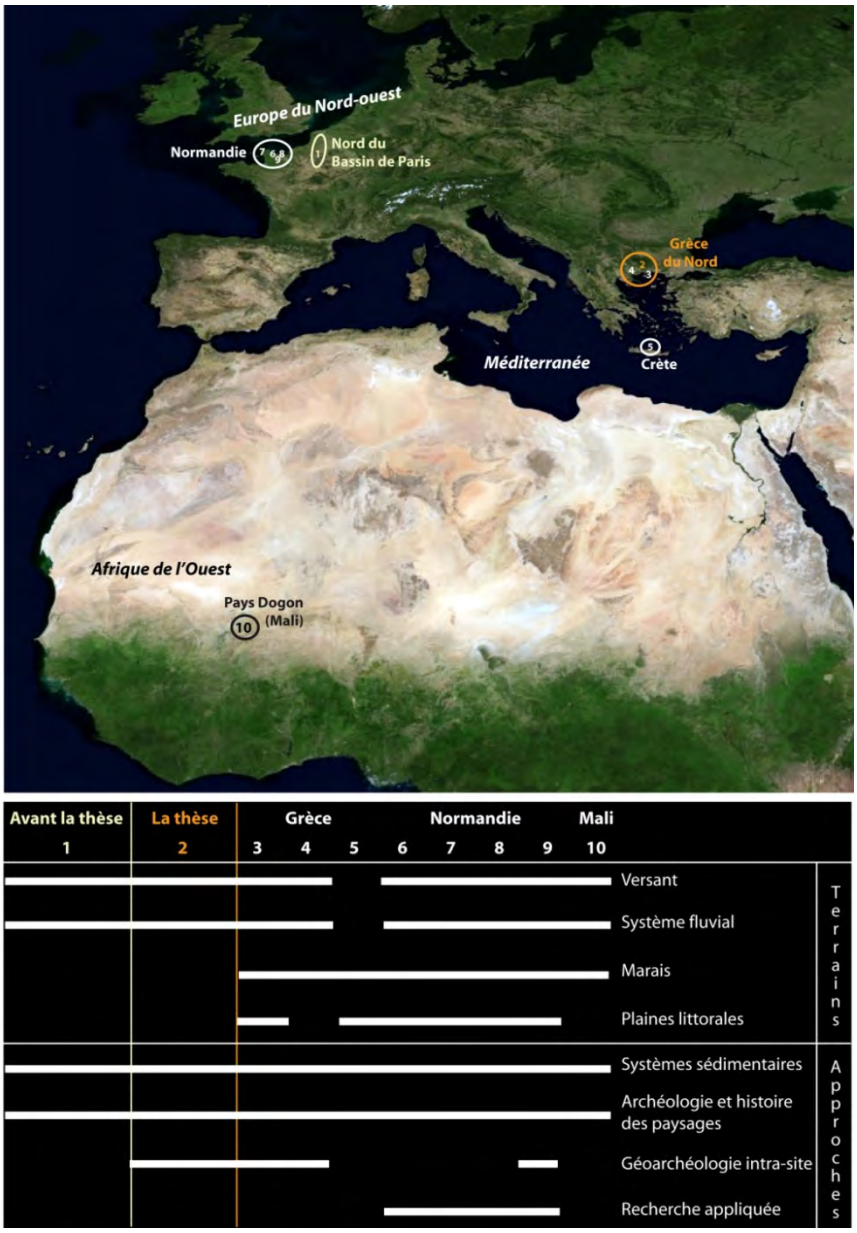


Fig. 1 - Terrains d'études et approches pratiquées. 1. Nord du bassin de Paris ; 2. Plaine de Philippes-Drama ; 3. Île de Thasos ; 4. Basse vallée du Strymon ; 5. Plaine de Malia ; 6. Vallées de la Mue et de la Seulles ; 7. Presqu'île de La Hague ; 8. Basse vallée de la Dives ; 9. Plaine de Caen ; 10. Vallée du Yamé. (Sans échelle)

1. Itinéraire de recherche

1.1. L'initiation à la recherche et ses vicissitudes

Après un choix précoce pour la géographie qui me faisait renoncer, avec bonheur, aux classes préparatoires aux Grandes Ecoles auxquelles on voulait me destiner, mon parcours d'étudiant à l'université s'est déroulé à l'**Université de Paris I**-Panthéon-Sorbonne. Mon initiation à la recherche s'est amorcée au cours de la Licence par le choix d'enseignements de spécialité en géographie physique, et plus particulièrement en **géomorphologie,** durant lesquels j'ai eu la chance de suivre les enseignements de G. Beaudet, B. Coque, R. Coque, A. Godard et E. Moissenet, mais également en **biogéographie** où j'ai été initié aux dynamiques des paysages végétaux par B. Sajaloli et L. Simon. C'est à cette formation et aux sorties de terrain qui l'ont accompagnée que je dois mon intérêt pour le fonctionnement des systèmes morphogéniques et l'envie d'explorer leur lien avec les mutations de la couverture végétale. Cette initiation s'est conclue par la rédaction d'un mémoire de maitrise soutenu à l'Université de Paris I et préparé au sein du **Laboratoire de Géographie Physique de Meudon** (LGP-UMR 8691 CNRS) sous la direction de J.-F. Pastre et d'A. Godard. Ce travail de géomorphologie consacré aux dynamiques holocènes des versants du bassin de Paris a été conduit dans le cadre des diagnostics et fouilles de sauvetage préalables à la construction du TGV-Nord. J'ai alors pu bénéficier d'un contrat de 6 mois avec l'**Association des Fouilles Archéologiques Nationales** (AFAN), structure qui préfigurait l'Institut National de la Recherche Archéologique Préventive (INRAP). Il a été l'occasion d'une triple initiation. Les recherches sur le terrain ont été conduites dans le cadre de diagnostics et de fouilles préventives et m'ont amené à côtoyer régulièrement les archéologues et à développer mes premières armes dans le dialogue interdisciplinaire. La recherche comportait également un important travail de laboratoire (analyses granulométriques en particulier) qui m'a permis de fréquenter quotidiennement une structure de recherche et d'intégrer une petite équipe de chercheurs. Cette formation aux méthodes et aux outils de laboratoire a été assumée plus particulièrement par C. Kuzucuoglu et J.-F. Pastre. Ces premières expériences dans le domaine de la recherche ont pu être concrétisées par de premières valorisations scientifiques puisque les recherches conduites dans le cadre de la maîtrise ont fourni la matière à deux publications internationales (Kuzucuglu *et al.*, 1991, 1992).

À la suite de ce travail, mon souhait était de poursuivre sur ces mêmes thématiques et je me suis naturellement orienté vers le DEA fédéral de Paris intitulé « Géomorphologie et dynamiques des milieux physiques ». C'est au cours de cette période que, rebuté par les brouillards persistants de l'hiver picard, j'ai décidé de m'orienter vers **le monde méditerranéen**. L'opportunité d'une rencontre avec L. Faugères et R. Treuil (Professeur d'Archéologie à l'Université de Paris I) m'a fait opté pour la Grèce du Nord et plus particulièrement la Plaine de Philippes-Drama alors vierge (ou presque) d'investigations géomorphologiques mais riches de problématiques archéologiques en particulier pour le Néolithique et l'âge du Bronze. En effet, le tell de Dikili tash était alors en cours de fouilles sous la direction de R. Treuil et H. Koukouli-Chrysanthaki (Ephorie de Kavala) grâce au soutien de l'École française d'Athènes, côté français, et de la Société Archéologique d'Athènes, côté grec. Le projet de recherche énonçait l'objectif de comprendre l'évolution géomorphologique holocène de ce bassin intra-montagnard de Macédoine orientale et de restituer l'histoire de ses paysages depuis le Néolithique en essayant de mesurer la part des Sociétés et celle des fluctuations climatiques (Fig. 1). Malheureusement, il n'a pas reçu le soutien escompté et j'ai dû m'orienter

momentanément vers d'autres horizons pour rebondir un peu plus tard dans le domaine de la recherche.

J'ai alors décidé de préparer l'agrégation de géographie. Grâce au soutien de L. Simon, J. Raffy et P. Arnould, j'ai été accepté comme auditeur libre à l'École Normale Supérieure de Fontenay pour préparer le concours. J'ai eu la chance de l'obtenir dès la première année et par la même occasion d'intégrer le métier d'enseignant. Profitant de mon nouveau statut, et après une année de stage passée au Lycée Louise Michèle de Bobigny (93), je me suis préoccupé de relancer mes activités de recherches. Parallèlement à mon métier d'enseignant et à mes obligations nationales qui me conduisirent pendant deux ans au Lycée français de Barcelone, j'ai recherché une nouvelle direction de thèse. Suite à plusieurs conseils, et surtout sur l'avis de J.-J. Dufaure, alors Professeur à l'Université de Paris IV, j'ai contacté **R. Neboit-Guilhot** dont les préoccupations de recherche et les terrains d'étude étaient parfaitement en adéquation avec mes objectifs initiaux. Malgré ses nombreuses occupations (Doyen de la Faculté des Lettres entre autres), il a accepté d'encadrer et de diriger mon doctorat. Cela a été une magnifique opportunité pour mes recherches. Dans le même temps, l'intégration au **Géolab** (UMR 6042 CNRS), dirigé par Y. Lageat puis M.-F. André, m'a permis de trouver un cadre scientifique de qualité. Une fois mes obligations nationales accomplies, je dois aux enseignants-chercheurs de **Paris I** qui ont bien voulu me recruter comme **ATER** à temps plein pendant trois ans, et en particulier à M. Tabeaud et V. Balland, d'avoir pu intégrer l'enseignement supérieur. Dans le même temps, j'ai été autorisé à effectuer mes analyses au laboratoire de Géographie Physique de Meudon. J'ai ainsi pu m'exercer pleinement au métier d'enseignant-chercheur et mener à bien mes recherches doctorales ou presque… Il m'a en effet fallu renoncer à une dernière année d'ATER suite à une décision du Rectorat de Versailles (alors dirigé par A. Frémont !) de me réintégrer dans l'enseignement secondaire (lycée Simone de Beauvoir de Garges-lès-Gonesse) et je n'ai pu achever la rédaction de la thèse dans des délais raisonnables qu'à l'aide d'un congé sans solde de trois mois finalement accepté par ce même Rectorat…

1.2. La recherche doctorale

Cette trajectoire personnelle qui ne fut pas linéaire sur le plan professionnel m'a néanmoins amené à cultiver ma curiosité de chercheur et à affirmer mes objectifs de recherche tout au long d'une dizaine d'années (1988-1999) dont la thèse a constitué la conclusion (Lespez *et al.*, 1999/2008). Celle-ci s'inscrivait dans le cadre de nouvelles thématiques de recherche sur les dynamiques géomorphologiques de l'Holocène qui mettaient au centre des préoccupations scientifiques la compréhension du rôle des sociétés. Ces préoccupations affirmées précocement par mon directeur de recherche (Neboit-Ghuilot, 1983 et 2010) avaient été développées dans le monde méditerranéen par des chercheurs anglais, américains et français suite aux travaux fondateurs de C. Vita-Finzi (1969). En France, les élèves de P. Birot travaillant sur le monde méditerranéen étaient en effet passés de l'étude des mobilités d'origine tectonique à la mise en exergue des fragilités du milieu méditerranéen et du rôle des sociétés dans la déstabilisation des environnements depuis le Néolithique (Dufaure (dir.), 1984). Cet intérêt correspondait également au développement de collaborations avec des archéologues comme celle qu'avait initié L. Faugères avec R. Treuil et l'équipe de Dikili Tash. Dans ces études, les archives sédimentaires de fond de vallée ont joué un rôle fondamental et ceci largement au-delà du domaine méditerranéen (voir par exemple Mandel, 1995 ; Bravard, 1997; Pastre *et al.*, 1997 ; Brown, 1997). Parallèlement et plus

largement, les recherches de G. Bertrand avaient souligné l'intérêt d'une approche des milieux physiques qui intègre pleinement les sociétés en tant qu'acteur des transformations environnementales (Bertrand et Bertrand, 2002) et les potentialités d'une approche environnementale pour comprendre l'évolution des paysages ruraux dans la longue durée (Bertrand, 1975). C'est à la croisée de ces approches que la thèse s'est positionnée. D'abord **travail de géomorphologue**, elle avait pour ambition de reconstituer l'évolution géomorphologique de la plaine de Philippes-Drama et de ses bordures tout au long de l'Holocène et de comprendre la part des sociétés dans les dynamiques morphosédimentaires. Profitant de la richesse des archives sédimentaires alluviales, elle a été principalement focalisée sur **l'étude des systèmes fluviaux**. Cependant, ceux-ci étant animés par des flux liquide et solide issus des bassins versants dans lesquels ils s'inscrivent ; c'est également l'évolution de **l'utilisation des sols et des paysages** qu'il a fallu étudier. Les dynamiques climatiques étant reléguées à l'arrière-plan par choix mais aussi par manque d'information, celles-ci étant alors mal connues dans l'espace d'étude le résultat principal du travail de thèse fut la restitution d'une **histoire de l'anthropisation d'une région subméditerranéenne** et de ses conséquences paysagères et environnementales en particulier pour les systèmes fluviaux (Lespez, 2003).

1.3. Le développement des recherches en Normandie

À partir de septembre 1999 et de mon recrutement comme Maître de conférences à l'Université de Caen-Basse Normandie, j'ai intégré le laboratoire **Geophen-UMR LETG 6554 CNRS** alors dirigé par A. Coudé. Mon activité de recherche s'est dès lors exercée au sein d'une équipe dynamique dont les deux directeurs successifs, J.-M. Cador et D. Delahaye, auront été les garants d'un état d'esprit convivial et de pratiques rigoureuses et responsables. Au-delà, j'ai intégré mes travaux à ceux de l'UMR LETG 6554 CNRS et en particulier aux équipes « Analyse du fonctionnement des hydrosystèmes et de la dynamique des échanges continent/océan » que j'ai co-animée avec N. Dupont (Costel) puis « Flux et forçages » animée par O. Maquaire (Geophen). De plus, j'ai pu bénéficier, grâce à la section 31, d'une délégation CNRS dans cette même UMR qui m'a offert une parenthèse de deux ans de recherches actives (2007-2009).

Dès mon recrutement à Caen, j'ai fait le choix de m'investir dans des recherches locales. Ce choix procédait d'un triple désir. D'une part, il s'agissait de renouer avec des milieux et des questionnements que j'avais pratiqué lors de mon initiation à la recherche. D'autre part, il s'agissait d'initier une collaboration avec mes collègues, et en particulier D. Delahaye, dont les préoccupations étaient surtout centrées sur l'étude des risques contemporains mais aussi reliées à la question de la profondeur temporelle que je pouvais apporter, alors que j'étais moi-même intéressé par l'étude des dimensions spatiales qu'il maitrisait parfaitement (voir par exemple Delahaye, 2005). Enfin, je pensais qu'il serait plus facile de m'investir en tant qu'enseignant-chercheur si je pouvais m'appuyer sur des terrains proches pour initier les étudiants à l'activité de recherche. Mais ce choix n'aurait pu être assumé si je n'avais pas eu l'opportunité de rencontrer des chercheurs désireux d'échanger et de collaborer à des recherches pluridisciplinaires (Tab 1).

Terrains	Contexte géologique et géomorphologique	Climat et végétation	Mise en valeur contemporaine	Cadre institutionnel	Implication étudiante
Plaine de Philippes-Drama	• Socle métamorphique du Rhodope • Bassins d'effondrement plio-quaternaires	• Température : 14,8° C • Précipitation : 620 mm • Climat et étagement subméditerranéen	• Forêt dans l'étage montagnard • Maquis et garrigue dans l'étage collinéen • Cultures céréalières et industrielles intensive sur les piémonts et plaines drainées	• Fouille programmée de Dikili Tash : Ecole française d'Athènes (EFA), Société Archéologique d'Athènes (SAA) • Programme de recherche sur la Céramique Noir/Rouge (EFA) • ANR Jeunes chercheurs « Balkans 4000 » • ARCHEOMED-PALEOMEX-Appel d'offre MISTRALS-CNRS	
Thasos	• Socle métamorphique du Rhodope • Petites plaines littorales quaternaires	• Température : 15,1° C • Précipitation : 590 mm • Climat et étagement méditerranéen	• Forêt dans l'étage montagnard • Maquis et garrigue dans l'étage collinéen • Cultures céréalières et oléiculture sur les piémonts et dans les petites plaines littorales	• Fouille programmée de Thasos: Ecole française d'Athènes (EFA), XVIIIe Ephorie des Antiquités Classiques et Préhistoriques de Kavala) • Fouille de sauvetage de la XVIIIe Ephorie des Antiquités Classiques et Préhistoriques de Kavala)	
Basse vallée du Strymon	• Socle métamorphique du Rhodope • Bassins d'effondrement plio-quaternaires • Vallée fluviale du Strymon	• Température : 15° C • Précipitation : 590 mm • Climat et étagement subméditerranéen	• Forêt dans l'étage montagnard • Maquis et garrigue dans l'étage collinéen • Cultures céréalières et industrielles intensive sur les piémonts et plaines drainées	• Fouille du site de Kryonéri • Programme de recherche sur la Céramique Noir/Rouge (EFA) • ANR Jeunes chercheurs « Balkans 4000 » • ARCHEOMED-PALEOMEX-Appel d'offre MISTRALS-CNRS	• 1 Master 1 soutenu
Plaine de Malia	• Chaîne alpine du Selena • Piémonts plio-quaternaires à tectonique active	• Température : 18,4° C • Précipitation : 501 mm • Climat et étagement thermoméditerranéen	• Forêt dans l'étage montagnard • Maquis et garrigue dans l'étage collinéen • Oléiculture et cultures légumières intensives sur les piémonts et dans les petites plaines littorales	• Fouille de sauvetage de la XVIIIe Ephorie des Antiquités Classiques et Préhistoriques de Kavala) • Programme de recherche sur la Céramique Noir/Rouge (EFA) • ANR « Jeunes chercheurs » Balkans 4000	
Vallée de la Seulles	• Massif armoricain (amont) • Bassin Parisien (aval)	• Température : 11° C • Précipitation : 1000 mm • Climat océanique dégradé	• Bocage avec prairies permanentes et culture du maïs (amont) • Openfield avec cultures céréalières et industrielles intensive (aval)	• Prospection thématique « Géoarchéologie de la vallée de la Mue » Ministère de la Culture-Conseil Général du Calvados • ACI Jeunes chercheurs « Gestion de l'eau et dynamique paysagères...) • PCR «Archéologie du paysage de la Plaine de Caen » Ministère de la Culture-Conseil Général du Calvados	• 4 Master 1 soutenu • 1 Master 2 soutenu
Péninsule de La Hague	• Massif armoricain	• Température : 11,3° C • Précipitation : 900 mm • Climat océanique	• Bocage avec prairies permanentes et culture du maïs	• PCR «Anthropologie et Archéologie de la péninsule de la Hague» Ministère de la Culture-Communauté de Communes de La Hague	• 5 Master 1 soutenu
Basse vallée de la Dives	• Bassin Parisien • Basse vallée estuarienne en contexte de mer épicontinentale à fort marnage	• Température : 10,5° C • Précipitation : 750 mm • Climat océanique dégradé	• Réseau de drainage • Prairies permanentes dominantes	• Prospection thématique « Géoarchéologie de la basse vallée de la Dives » Ministère de la Culture-Conseil Général du Calvados • ACI Jeunes chercheurs « Gestion de l'eau et dynamique paysagères...)	• 2 Master 1 soutenu
Plaine de Caen	• Bassin Parisien	• Température : 10,5° C • Précipitation : 700 mm • Climat océanique dégradé	• Openfield avec cultures céréalières et industrielles intensive	• ACI Jeunes chercheurs « Gestion de l'eau et dynamique paysagères...) • PCR «Archéologie du paysage de la Plaine de Caen » Ministère de la Culture-Conseil Général du Calvados	• 1 Master 1 soutenu
Vallée du Yamé	• Couverture paléozoïque gréseuse sur le bouclier ouest africain	• Température : 28° C • Précipitation : 560 mm • Climat sahélien	• Agriculture pluviale en milieu de savane anthropique	• Programme international « Peuplement et paléoenvironnement en Afrique de l'Ouest » • Programme ECLPISE II-INSU-CNRS « CAPHASS » • ANR Franco-allemande en SHS « Archéologie du Paysage en Pays Dogon »	• 1 Master 1 soutenu • 1 Master 2 soutenu • 1 Doctorat en cours

Tab. 1 - Les terrains d'étude après la thèse

1.3.1. La mise en place de recherches pluridisciplinaires et l'initiation à la recherche des étudiants caennais

J'ai d'abord rencontré une grande demande de la part des **archéologues** bas-normands. En effet, alors que les recherches sur les dynamiques environnementales pléistocènes étaient très efficacement développées au Centre de Géomorphologie par J.-P. Lautridou et son équipe, elles demeuraient en sommeil concernant l'Holocène. Cela m'a valu dès le départ l'intérêt des archéologues de terrain de l'INRAP et le soutien constant du Service Départemental de l'Archéologie dirigé successivement par G. San Juan, F. Delacampagne et N. Coulthard et du Service Régional de l'Archéologie dirigé tout au long de cette période par F. Fichet de Clairfontaine. Par ailleurs, la rencontre avec M. Clet-Pellerin a été l'occasion de développer des analyses paléoenvironnementales plus complètes que celles que j'avais pu mener en Grèce du nord. Non seulement, elle a répondu favorablement à mes demandes d'**analyses polliniques** mais cette collaboration s'est rapidement transformée en échange interdisciplinaire approfondi. Enfin, j'ai entamé dès mon arrivée une collaboration avec mon collègue J.-M. Cador autour de la dynamique et de l'histoire des petits cours d'eau bas-normands et de leur **patrimoine hydraulique**. Appuyée sur des enseignements communs et surtout de nombreux mémoires de Master I (20), le plus souvent co-encadrés, elle nous a patiemment conduits à constituer les briques d'un travail permettant de proposer une reconstitution des trajectoires des aménagements hydrauliques et des paysages dans les vallées de la région.

Ces trois opportunités ont été le socle de programmes de recherches pluridisciplinaires. Depuis 2000, la collaboration avec les archéologues s'est traduite par le financement régulier de mes recherches paléoenvironnementales à travers des programmes de **Prospection thématique** (2000-2006) puis d'un **Programme Collectif de Recherche (PCR)** depuis 2007. De plus, j'ai pu bénéficier d'une **ACI « Jeunes chercheurs »** intitulée « Gestion de l'eau et dynamique des paysages du néolithique à nos jours, étude des basses vallées côtières dans le Nord-ouest de la France » (2003-2006) qui m'a offert d'accéder à des moyens propres assez importants, mais qui a surtout été le catalyseur d'un travail d'équipe pluridisciplinaire regroupant géographes, paléoenvironnementalistes, archéologues (C. Marcigny, INRAP et CREEAH-UMR 6566 CNRS ; V. Carpentier, INRAP et CRAHAM-UMR 6273 CNRS) et historiens (V. Carpentier ; E. Garnier, CRHQ-UMR 6583 CNRS). Cette recherche s'est inscrite dans l'activité du Pôle Rural de la MRSH de Caen (dir. J.-M. Moriceau et P. Madeline) et a bénéficié de la volonté de ses deux directeurs de contribuer à la valorisation de ces travaux collectifs (Lespez (dir), 2011). Ceux-ci se sont appuyés sur trois terrains principaux : les vallées de la Seulles et de la Mue et la basse vallée de la Dives, dans le Calvados, et les plaines littorales et les petites vallées de La Hague, dans la Manche (Fig. 1). Ils se poursuivent aujourd'hui dans l'ensemble de la région grâce à des collaborations multiples avec les archéologues, mais s'appuient surtout, depuis 2007, sur le Programme Collectif de Recherche (**PCR**) consacré à **l'Archéologie des paysages de la Plaine de Caen du Néolithique à l'époque mérovingienne**. Il est codirigé avec C. Germain-Vallée (Service Départemental de l'Archéologie du Calvados) et soutenu par le Ministère de la Culture, le Conseil Général du Calvados et l'INRAP.

1.3.2. Le passage à une recherche appliquée et la contribution à la réflexion sur la gestion contemporaine

La dernière étape de mes recherches normandes m'a conduit à aborder la question de la gestion contemporaine de l'environnement. Le travail sur les petits cours d'eau de l'ouest de la France développé avec J.-M. Cador a donné lieu à de nombreux travaux et

stages d'étudiants dans le cadre du Master Pro AGIRE. Cela m'a progressivement ouvert aux questions posées par les **dynamiques contemporaines des systèmes fluviaux et des paysages de vallées** et m'a conduit à réfléchir aux pratiques de gestion mais également à participer à des travaux et des expertises autour de cette question. À La Hague, T. Desmarets, le conservateur de la Réserve Naturelle Nationale de la Mare de Vauville, m'a proposé de développer des recherches sur le fonctionnement actuel de la zone humide mais également d'intégrer son comité de gestion. Dans la vallée de la Seulles, à la suite des travaux conduits avec J.-M. Cador, la collaboration a été approfondie avec D. Delahaye et A.-J. Rollet, en particulier dans le cadre de la thèse de V. Viel. Principalement consacrée à la compréhension du bilan sédimentaire actuel du bassin-versant, celle-ci repose avant tout sur une instrumentation de terrain mais propose également un bilan sédimentaire Holocène afin d'expliquer et de mettre en perspective la situation actuelle. Ce travail sur les transferts sédimentaires et les connaissances développées sur la gestion des héritages hydrauliques ont contribué à développer des relations avec les gestionnaires des cours d'eau. Celles-ci se traduisent aujourd'hui par la mise en place d'une collaboration avec la Cellule d'Animation Technique pour l'Eau et les Rivières (CATER) de Basse-Normandie à propos des travaux de démantèlement des ouvrages hydrauliques issus des politiques nationale et européenne sur la continuité écologique. Au-delà de ces aspects strictement géomorphologiques, le passage vers les problématiques de gestion intégrant un volet paysager m'a conduit à participer aux recherches développées par M.-A. Germaine (GECKO EA 375, U. Paris Ouest La Défense) sur les dynamiques paysagères contemporaines des paysages de vallées. Amorcée dans le cadre de sa thèse conduite au Geophen, cette collaboration se poursuit à travers la participation conjointe à l'établissement du Schéma de Développement Durable de la vallée de la Sélune, piloté par le bureau d'étude ETHEIS, suite à la décision de démantèlement de deux ouvrages hydrauliques majeurs prise par le Ministère de l'Écologie à l'issue du Grenelle de l'Environnement et plus particulièrement de la mise en œuvre du Plan National pour a restauration de la continuité écologique des cours d'eau. Plus généralement, l'intérêt pour cette thématique m'amène à participer à des projets de réflexion plus généraux comme celui consacré aux « Représentations des paysages et de la nature dans les petites vallées de l'Ouest de la France face aux projets de restauration écologique » (ANR JC REPPAVAL) porté conjointement par R. Barraud (ICOTEM EA 2252., U. Poitiers) et M.-A. Germaine.

1.4. La poursuite des recherches géoarchéologiques et paléoenvironnementales en Grèce

Parallèlement, j'ai continué à approfondir et élargir mes recherches dans le monde égéen (Fig. 1 ; Tab 1). Contrairement aux recherches normandes, et après une expérience malheureuse, les investigations de terrain et de laboratoire se sont encore peu appuyées sur la réalisation de travaux d'initiation à la recherche ou de collaborations avec de jeunes chercheurs.

1.4.1. Approfondissement

La collaboration avec l'École Française d'Athènes et la Société Archéologique d'Athènes a été poursuivie à **Dikili Tash** tout au long des dix dernières années. Elle s'inscrit aujourd'hui, dans le cadre de la nouvelle campagne de fouille (2008-2012) dirigée par P. Darcque (ArScAn-UMR 7041 CNRS) et H. Koukouli-Chrysanthaki (Société

Archéologique d'Athènes). Les recherches ont connu une double orientation. Les travaux consacrés à la position du site, à son évolution et son rapport à l'environnement ont été repris alors que ceux sur l'utilisation des ressources en terre par les populations néolithiques ont été largement approfondis. Ces derniers ont été réalisés dans le cadre de deux programmes de recherche. Le premier fut consacré à l'étude de la céramique Noir/Rouge. Dirigé par D. Malamidou (XVIIIe Éphorie des Antiquités Classiques et Préhistoriques de Kavala), il avait pour objectif de caractériser archéologiquement et physiquement cette céramique produite à la fin du Néolithique récent (4800-3800 av. J.-C.) afin d'en déterminer les modes de production et d'échange. Centré sur des échantillons provenant des sites de Dikili Tash (plaine de Philippes-Drama) et de Kryoneri (basse vallée du Strymon), il a été étendu à un corpus de 70 sites de Grèce du Nord. L'identification des sources potentielles utilisées pour la production des pâtes de la céramique a été l'occasion de développer des prospections géomorphologiques intensives autour des principaux sites archéologiques étudiés. L'étude de la terre à bâtir conduite dans le cadre d'une ACI-Prosodie intitulée la « Terre et le feu dans le monde égéen » a permis d'approfondir cette approche à Dikili Tash et Kryoneri. L'objectif était de caractériser les techniques de mise en œuvre des structures de combustion (fours et foyers) de la fin du Néolithique récent et les choix de matière première effectués. Ces recherches menées en collaboration avec C. Germain-Vallée et S. Prévôt-Dermarkar ont nourri la question de la connaissance et de la gestion par les populations néolithiques des ressources naturelles disponibles autour de l'habitat.

Dans le même temps, les recherches entreprises dans le cadre de la thèse avec G . Tirologos, historien (ISTA-EA 4011, U. Besançon), sur le territoire de la ville antique voisine de **Philippes** ont été intégrées à un programme de recherche en cours. Soutenu par l'École Française d'Athènes et l'Éphorie des Antiquités Classiques de Kavala, il est intitulé « Prospection topographique et géophysique du territoire de Philippes » et est dirigé par S. Provost, ancien membre de l'École Française d'Athènes, archéologue et historien à l'Université de Nancy. Son objectif est de comprendre l'organisation des paysages agraires au cours des époques hellénistique et romaine en étudiant en particulier les grands axes de cheminement et les modalités d'organisation du parcellaire.

1.4.2. Élargissement des terrains d'étude

Parallèlement, de nouvelles investigations ont été conduites sur des terrains que je n'avais pas encore explorés pendant la thèse. Dans un premier temps, la collaboration mise en place avec les archéologues de la XVIIIe Éphorie des Antiquités Classiques et Préhistoriques de Kavala (D. Malamidou, S. Papadopoulos et H. Koukouli-Chrysanthaki) s'est exprimée sur l'**île de Thasos**. Elle a donné lieu à des investigations géomorphologiques aux alentours des sites de Limenaria (Néolithique), Skala Sotiros (Bronze récent) et Agios Ioannis (Bronze ancien) qui faisaient l'objet de fouilles de sauvetage et a été étendue à l'ancienne cité classique de Thasos à l'occasion d'une fouille programmée conduite par l'École française d'Athènes et l'Ephorie (reprise du sondage Bernard, sous la direction d'A. Müller et de M. Sgourou). Au bilan, c'est une grande partie de cette petite île d'environ 20 km de diamètre qui a fait l'objet d'investigations de terrain entre 2000 et 2006.

Les recherches ont ensuite été étendues sur le continent. Le point de départ a été la fouille archéologique du site de Kryonéri (D. Malamidou) et les études géomorphologiques et paléoenvironnementales qu'elle a engendrées. Ces recherches ont ensuite été approfondies et élargies dans le cadre du programme Balkans 4000 « À la recherche du millénaire perdu » dirigé par Z. Tsirtsoni (UMR 5138 CNRS) entre 2008 et 2011. Ce programme avait pour objectif de comprendre la faiblesse des sites

archéologiques connus pour le 4e millénaire av. J.-C. dans le Sud-est des Balkans (Grèce du Nord, Bulgarie et Nord-Ouest de la Turquie) et de discuter les hypothèses d'une rupture globale de l'occupation imputable à l'arrivée d'envahisseurs étrangers ou à une crise écologique généralisée selon certains auteurs, ou bien à de simples déplacements des installations humaines pour d'autres. Le programme comportait deux volets complémentaires. Le premier appuyé sur de nouvelles datations par la méthode du radiocarbone de différents sites grecs et bulgares avait pour but de circonscrire avec le plus de précision possible les limites chronologiques et géographiques de la lacune supposée. Le second avait pour but d'établir la nature des transformations de l'environnement au cours de cette période afin d'apprécier leur impact potentiel sur la distribution des habitats connus et sur les changements sociétaux observés. Les investigations paléoenvironnementales ont concerné la plaine de Philippes-Drama et les abords du tell de Dikili Tash, mais elles ont surtout été développées dans la **basse vallée du Strymon** dans l'espace occupé par l'ancien Lac d'Achinos.

Enfin, la collaboration entamée pendant la thèse avec R. Dalongeville m'a autorisé à déplacer mes investigations vers le sud de l'Égée et **la Crète**. Dans le cadre d'un programme de recherche consacré à l'environnement de la cité et du palais minoen de Malia, d'abord dirigé par R. Dalongeville (Archéorient-UMR 5133 CNRS) puis par A. Dandrau (U. Paris IV), nous avons développé des investigations paléoenvironnementales approfondies pour réaliser la carte géomorphologique de la plaine de Malia et surtout reconstituer l'histoire environnementale du marais littoral jouxtant le Palais afin de tester les différentes hypothèses émises sur la localisation du port au cours de l'époque minoenne.

1.5. L'opportunité ouest africaine

Le recrutement d'A. Ballouche (LEESA-UMR LETG 6554 CNRS) comme professeur à l'Université de Caen et au laboratoire Geophen de 2003 à 2006 a été l'occasion d'ouvrir un nouveau mon activité scientifique à de nouveaux terrains (Fig. 1, Tab 1). En effet, j'ai eu la chance d'initier très vite une collaboration scientifique avec lui puis d'intégrer le programme international « Peuplement et Paléoenvironnement en Afrique de l'Ouest » dirigé par E. Huysecom (laboratoire APA, U. de Genève). Ce dernier était principalement consacré à l'étude du **Pays Dogon**, au Mali, et à ses dynamiques archéologiques et paléoenvironnementales depuis le Paléolithique. S'appuyant sur les archives sédimentaires exceptionnelles du complexe de sites d'**Ounjougou**, il a été l'occasion d'étudier un système fluvial ouest-africain et ses relations avec l'occupation humaine au cours de l'Holocène. L'ampleur du projet et les besoins de financement ont justifié la mise en place de deux programmes successifs et complémentaires : un programme Eclipse de l'INSU-CNRS (dir. A. Ballouche) puis, après qu'A. Ballouche soit parti à Angers, une ANR Franco-allemande en SHS (dir. A. Ballouche et K. Neunmann, U. Francfort). Par ailleurs, cette recherche a été l'occasion de collaborer avec M. Rasse (U. Rouen, UMR IDEES 6566 CNRS) et de participer à l'encadrement du travail de terrain et de laboratoire de Y. Le Drezen (U. Paris I-PRODIG-UMR 8586 CNRS) dans le cadre de sa thèse dirigée au Geophen par A. Ballouche. Cet investissement dans l'encadrement de recherches doctorales se concrétise aujourd'hui par le co-encadrement des travaux d'A Garnier. Elle a effectué son M1 à Ounjougou (dir. L. Lespez) et depuis son M2 a étendu son travail à l'ensemble de la **vallée du Yamé**. Indépendamment de son extension géographique nouvelle, la thèse d'A. Garnier (co-encadrement D. Delahaye, L. Lespez et K. Neumann) offre l'opportunité de développer pour la première fois en Afrique

soudano-sahélienne une approche globale du système fluvial qui intègre des recherches géomorphologiques et paléoenvironnementales à partir de l'analyse des phytolithes.

2. Position de la recherche et définition d'une problématique

Au-delà de la diversité des terrains et des questions traitées localement par les recherches, les investigations sont restées fidèles aux thèmes et aux questions abordés pendant le Doctorat. Après la présentation des principaux domaines d'étude que j'ai pratiqués qui permettra de préciser ma position de recherche, je définirai la problématique d'ensemble qui a guidé mon travail au cours des douze dernières années.

2.1. Les thématiques de recherche

Cette présentation est l'occasion de définir la place de mes travaux dans le champ de la géographie et leur relation avec les champs disciplinaires voisins. L'insertion des recherches sur le temps long des systèmes fluviaux soumis aux forçages climatiques et anthropiques dans le champ de la géographie physique sera rapidement présentée puisqu'elle constitue une démarche classique et récurrente aujourd'hui en géographie (voir par exemple Carcaud, 2004 ; Salvador, 2005 ; Arnaud-Fassetta, 2007). En revanche, la place des recherches sur l'archéologie des paysages et la pratique de la géoarchéologie seront présentées avec plus d'acuité car ces travaux pluridisciplinaires s'inscrivent dans un champ scientifique encore mouvant (Petit, 2006 ; Rasse, 2010).

2.1.1. L'étude géomorphologique des systèmes fluviaux holocènes

La géomorphologie fluviale constitue l'une des branches de la géographie physique (Bravard et Petit, 1997). Elle a pour objet l'étude de la dynamique des lits fluviaux en réponse aux processus qui la commandent (débits liquides et solides) et qui sont en relation avec la structure et la dynamique des bassins versants qui les alimentent (Bravard et Petit, 1997). Cette approche territorialisée, fonctionnelle et dynamique correspond à l'étude du système fluvial (Schumm, 1977 ; Piégay et Schumm, 2003 ; Fig. 2). À côté des recherches sur ses dynamiques actuelles qui mobilisent la majeure partie de la communauté scientifique (Corbonnois *et al.*, 2009), les investigations sur l'évolution des systèmes fluviaux et des paysages de fond de vallée au cours de l'Holocène se sont considérablement développées au cours des 30 dernières années en France (Salvador *et al.*, 2009). Après les recherches des géomorphologues quaternaristes issus des géosciences et de la géographie physique qui s'étaient surtout attachées à expliquer l'emboitement et l'étagement des formes alluviales (Sommé, 1984), les années 1980 marquent le début des investigations dans les fonds de vallées pratiquées principalement par des géographes. Le colloque « Rythmes d'évolution morphologique depuis l'Holocène en milieux tempérés et froids » organisé à Meudon par R. Neboit-Guilhot, M.-F. André et J.-P. Bravard propose une première synthèse de ces recherches encore dispersées (Bravard, 1992). D'abord centrées sur le bassin de Paris (Pastre *et al.*, 1997), le Rhône (Bravard, 1997) et les cours d'eau méditerranéens (Provansal et Morhange, 1994 ; Jorda et Provansal, 1996), ces recherches sur l'évolution des vallées françaises depuis le Tardiglaciaire se sont progressivement étendues à l'ensemble de l'espace français comme en témoigne, dix ans plus tard, le séminaire de Motz organisé par J.-P. Bravard et M. Magny (2002). Cet essor est contemporain d'un mouvement qui touche l'ensemble de l'Europe (Brown, 1997 ; Gregory et Benito, 2003), de l'Amérique du Nord (Knox, 2003) et du monde méditerranéen et de ses marges (Lewin *et al.*, 1995 ; Grove and Rackham, 2001). Les investigations développées en Grèce du Nord puis en Normandie relèvent de ce processus d'extension. Ce mouvement s'est

ensuite généralisé récemment dans des espaces qui avaient encore fait l'objet de peu d'investigations comme l'Asie des moussons et l'Afrique tropicale et équatoriale (Thomas, 2003, 2008). Les recherches pratiquées au Mali témoignent de cette dernière phase.

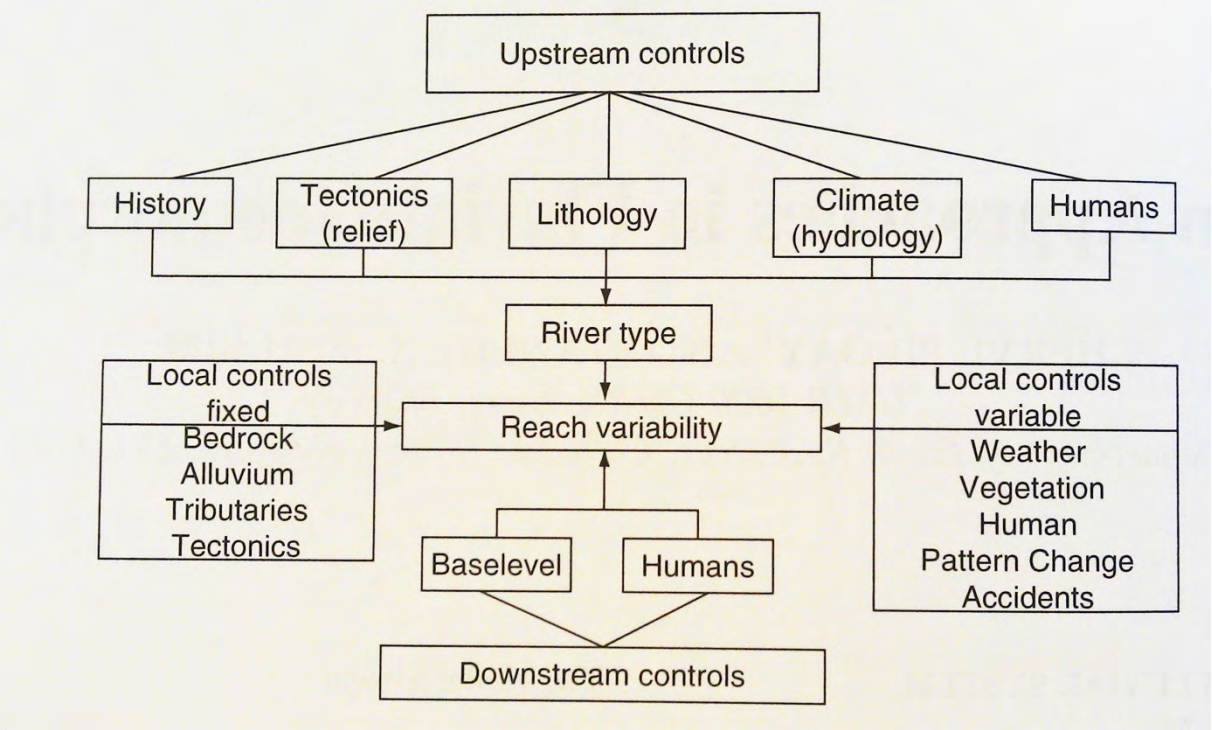


Fig. 2 - Le système fluvial (d'après Piégay et Schumm, 2005)

L'investigation des archives sédimentaires alluviales offre à la fois l'opportunité de restituer la succession des styles fluviaux en réponse aux fluctuations des débits solides et liquides mais également de s'interroger sur les forçages responsables des mutations observées. Ces recherches, principalement appuyées sur des grands organismes fluviaux du monde tempéré et en particulier de l'Europe (Rhône, Seine, Tamise, Vistule, Tage …) ou des systèmes montagnards à forte énergie, se sont d'abord intéressées aux dynamiques paléohydrologiques en lien avec les événements et les fluctuations climatiques de l'Holocène (Macklin, 1999; Bravard et Magny, 2002; Magny *et al.*, 2002 ; Gregory et Benito, 2003; Hoffmann *et al.*, 2008 ; Arnaud-Fassetta *et al.*, 2010 ; Macklin *et al.*, 2010). Paradoxalement, alors que les recherches paléobiologiques sur l'évolution de la végétation des fonds de vallées ou des plaines littorales montraient l'importance des transformations par les hommes depuis le Néolithique (Leroyer, 1997; Brown, 1999; Richard et Vignot, 2000 ; Richard, 2004), la réponse des systèmes fluviaux aux forçages d'origine anthropique a été abordée avec moins d'acuité comme le soulignent d'ailleurs certains auteurs (Carcaud, 2004 ; Salvador, 2005 ; Foulds et Macklin, 2006 ; Pastre *et al.*, 2006). La situation est très différente dans le monde méditerranéen où les thématiques de la dégradation de l'environnement, de la désertification (Grove et Rackham, 2000) ou de l'érosion accélérée (Neboit-Guilhot, 1999) ont fait de l'examen du rôle des sociétés dans l'accentuation du détritisme alluviale une question centrale (Neboit-Guilhot, 1983 et 2010 ; Dufaure, 1984 ; Van Andel *et al.*, 1990 ; Ballais, 1992 ; Jorda et Provansal, 1996 ; Fouache, 1999 ; Berger, 2003). Ces recherches sont à l'origine du développement des modèles climato-anthropique (Jorda et Provansal, 1996) ou anthropo-climatique (Neboit-Guilhot et Lespez, 2006) dans lesquels l'un ou l'autre des deux facteurs prend le

dessus pour expliquer les crises hydrosédimentaires enregistrées par les systèmes fluviaux au cours de l'Holocène (Allée, 2003).

Ces investigations se sont le plus souvent appuyées sur l'étude de fonds de vallées de grande dimension qui possèdent des archives sédimentaires dilatées (Pastre *et al.*, 2002a, 2003a, 2006 ; Carcaud, 2004 ; Salvador, 2005 ; Salvador *et al.*, 2009 ; Arnaud-Fassetta *et al.*, 2010). Ce choix a favorisé l'étude de la plaine d'inondation et des dynamiques des chenaux qui s'y inscrivent (Carcaud, 2004 ; Salvador, 2005). Ces études ont parfois été complétées par des recherches conduites à l'échelle des bassins versants qui tentent de comprendre le lien entre les évolutions constatées depuis les bassins versants élémentaires d'amont jusqu'aux organismes de moyenne dimension voire aux grands fleuves (Arnaud-Fassetta, 2007). Développés précocement dans les petits bassins versants des plaines et des plateaux de l'Europe centrale et médiane (Dotterweich, 2008) ou du sud-ouest de l'Angleterre (French et Lewis, 2005), elles ont été plus rarement conduites dans le nord et le nord-ouest de la France malgré les travaux novateurs de P. Allée (2003). En revanche, cette approche intégrée a été pratiquée dans les bassins versants montagnards du sud-est de la France (Jorda *et al.*, 2002 ; Berger, 2003 ; Arnaud-Fassetta, 2007) où les nombreuses recherches montraient d'ailleurs le poids des transformations paysagères des zones de production sédimentaire dans les métamorphoses fluviales observées à l'aval au cours des derniers siècles (Liébaut et Piégay, 2002 ; Liébaut, 2003 ; Jacob, 2003).

2.1.2. Géoarchéologie et archéologie du paysage

L'attention que j'ai pu porter au rôle des changements de l'utilisation du sol dans les bassins versants pour comprendre les dynamiques des systèmes fluviaux m'a conduit, dès la thèse, à dépasser le cadre des fonds de vallée pour m'intéresser au paysage dans son ensemble. Cette position est à la fois un engagement au sein de la géographie ainsi qu'une ouverture vers une démarche pluridisciplinaire pratiquée avec les archéologues, les historiens et les autres sciences des paléoenvironnements. Elle s'inscrit dans un mouvement d'ensemble dont témoignent les travaux de P. Allée, (2003), J.-F. Berger (2003) et N. Carcaud (2004) par exemple.

2.1.2.1. Du Géosystème à l'Anthroposystème

De manière classique aujourd'hui, la recherche pluridisciplinaire s'appuie sur une approche systémique qui dépasse l'objet d'étude initial (le système fluvial) pour englober l'ensemble d'un territoire. Ce type d'approche a été promu en géographie par G. Bertrand dès les années 1970 (Beroutchachvili et Bertrand, 1978) à la suite du développement des sciences du paysage (Beroutchachvili et Rougerie, 1991). Elle est à l'origine de l'apparition du concept de géosystème (Bertrand et Bertrand, 2002). Ce concept possède l'atout d'intégrer l'action des sociétés humaines au sein du système et non pas de les considérer comme « *un élément extérieur et perturbateur introduit a posteriori dans le fonctionnement général du système* » (Bertrand et Bertrand, 2002) comme c'était et c'est encore parfois le cas malheureusement en écologie ou dans certaines approches paléoenvironnementales (Fig. 3). Ce positionnement scientifique a été récemment affirmé par la proposition du concept d'anthroposystème en conclusion des travaux consacrés à l'histoire des interactions Sociétés/Nature du Programme Environnement Vie et Société (PEVS) du CNRS (Lévêque *et al.*, 2003). Celui-ci inclut le géosytème et lui ajoute le socio-système (Lapierre, 1992) en insistant sur l'aspect co-évolutif des systèmes naturels et sociaux (Lévêque *et al.*, 2003). Ce recentrage sur le rôle des sociétés et l'ouverture vers l'anthropologie et les approches phénoménologiques étaient déjà contenus dans les travaux de G. Betrand et la proposition a surtout le mérite

de souligner le rôle crucial joué par les sociétés humaines depuis le Néolithique au moins (Lévêque *et al.*, 2003)

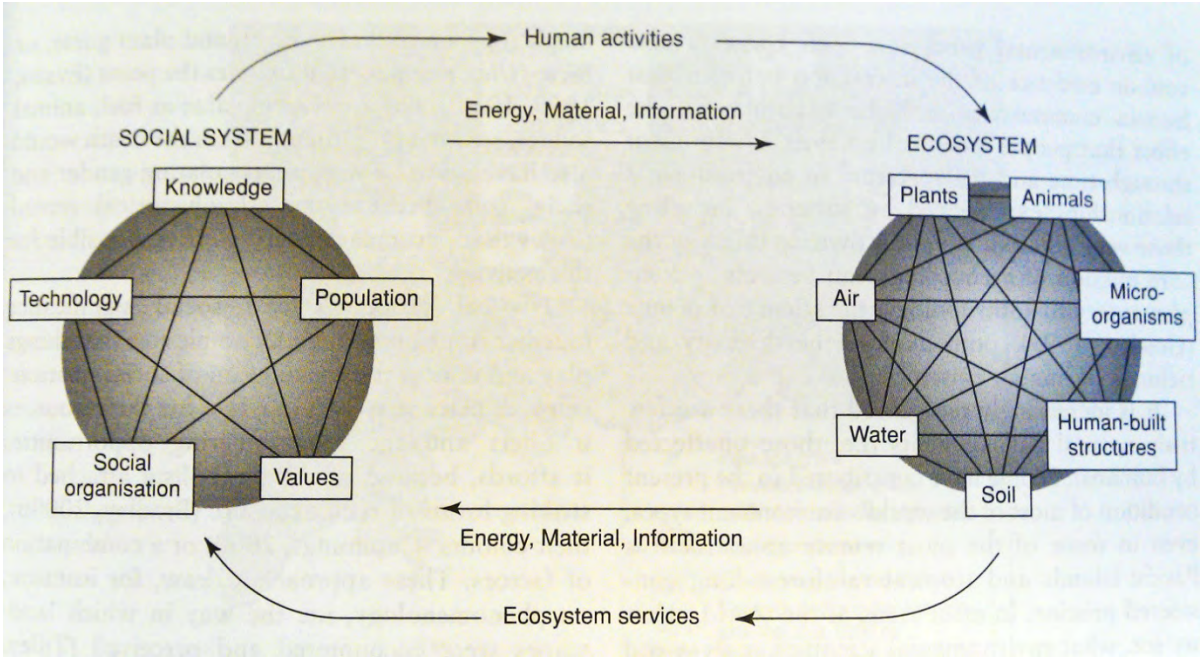


Fig. 3 - L'interaction entre l'écosystème et le système social (d'après Marten, 2001)

2.1.2.2. L'intégration des approches paléoenvironnementales et anthropologiques

L'analyse systémique a donné aux chercheurs les moyens méthodologiques d'intégrer les approches anthropologiques (archéologie, histoire, géographie humaine, ethnologie…) et paléonvironnementales (géographie physique, palynologie, anthracologie, carpologie, archéozoologie…). En France, cette intégration procède d'un triple mouvement. D'un côté, les géographes se sont lancés dans la production d'une histoire sur le temps long des paysages. Développées d'abord pour les époques historiques, ces recherches se sont appuyées sur la lecture des héritages dans le palimpseste paysager et sur l'interprétation des documents d'archives et plus particulièrement des archives figurées, plus accessibles a priori pour le non-spécialiste (par exemple : Dion, 1933 ; Meynier, 1967). Cet effort a ensuite été étendu aux époques anciennes dépourvues d'archives écrites grâce aux géographes physiciens (par exemple Carcaud *et al.*, 2002). L'introduction à l'Histoire de la France rurale de G. Duby et A. Wallon (1975) intitulée « *L'impossible tableau géographique* » (Bertrand, 1975) souligne la faiblesse des informations disponibles pour une histoire des paysages sur la longue durée mais montre également la maturité d'une réflexion qui n'attendait plus que des données concrètes pour s'exercer pleinement comme l'ont montré les travaux de D. Galop (1998) et B. Davasse (2000) conduits dans le même laboratoire. D'un autre côté, les recherches paléoenvironnementales se sont rapprochées des préoccupations des archéologues. D'abord centrées sur l'étude des sites préhistoriques du pléistocène à une époque où la porosité disciplinaire entre la géologie et la préhistoire était de règle, ces recherches se sont progressivement intéressées aux environnements holocènes en touchant des domaines très variés (Miskovsky, 2002). Pratiquées par des chercheurs issus d'horizons différents (géographie, archéologie, sciences de la vie, de la terre, des matériaux), elles ont permis de progresser dans la connaissance des mutations de l'environnement et de leurs interactions avec les sociétés (Magny, 1995) et dans celle de la production et du fonctionnement des agrosystèmes passés grâce en particulier aux

études carpologiques, (Marinval, 1999), palynologiques (Leroyer, 1997 ; Galop, 1998 ; Richard et Vignot, 2000), archéozoologiques (Arbogast *et al.*, 2006) ou micromorphologiques (Fédorof et Courty, 2002). Enfin, les historiens et les archéologues se sont lancés dans des recherches polymorphes sur l'histoire de l'environnement et des paysages. Stimulés par le souhait de comprendre un patrimoine en voie de disparition (Bertrand et Bertrand, 1991), les archéologues français ont développé une archéologie des paysages agraires à la suite des travaux archéologiques menés dans le nord de l'Europe et en Grande-Bretagne sur les champs fossiles et les parcellaires anciens (Guilaine, 1991). Ces recherches qui nécessitent de comprendre le « *naturel des terroirs* », pour reprendre l'expression de G. Bertrand (1975), ont largement ouvert l'archéologie aux collaborations avec les différentes sciences des paléoenvironnements et initié une pratique toujours extrêmement féconde aujourd'hui. Parallèlement, les historiens se sont intéressés à l'histoire de l'environnement et des paysages. Le célèbre travail d'E. Le Roy Ladurie (1967) sur l'Histoire du Climat depuis l'an Mil a été suivie par un investissement croissant de cette communauté scientifique pour les questions environnementales (Beck et Delort, 1993 ; Leveau, 1999). Ces travaux ont souvent été élargis à l'histoire des paysages favorisant le développement de collaborations avec les géographes et/ou les spécialistes des paléoenvironnements (Burnouf *et al*, 2001 ; Antoine, 2002).

2.1.2.3. Démarches d'interface

Ce mouvement d'intégration des résultats produits par la géographie physique, les sciences des paléoenvironnements, l'histoire et l'archéologie a été généralisé dans l'ensemble du monde occidental. Il a favorisé l'émergence de nouveaux objets de recherche situés à l'interface Nature/Société qui sont appréhendés par de nouvelles démarches intégratrices.

Elles sont souvent désignées par le terme de **Géoarchéologie** (Rapp et Hill, 1998 ; French, 2003 ; Goldberg et MacPhail, 2006 ; Petit, 2006) ou **d'archéologie environnementale** (Branch *et al.*, 2005 ; Thiébault, 2010). Elles ont d'abord été définies dans le monde anglo-saxon. L'importance des interactions société/environnement dans la compréhension des changements culturels majeurs, comme l'apparition de l'agriculture, a très tôt favorisé les réflexions transversales (Childe, 1928). Néanmoins, celles-ci ne se sont généralisées et organisées qu'avec l'essor de la New archaeology (Clark, 1968 ; Binford, 1977) qui a, entre autres, promu l'étude de la distribution spatiale des faits archéologiques et la collaboration avec les sciences de la Nature en particulier pour comprendre la formation des sites archéologiques (*Site Formation Process*). Le terme de Géoarchéologie lui-même ne s'est vraiment imposé qu'après les travaux de K. Butzer (1982) tout en étant parallèlement concurrencé par celui d'Archéologie environnementale sans qu'une véritable distinction ne puisse être effectuée entre les deux (Thiébault, 2010). Pour les deux termes, on est passé de définitions assez restrictives centrées sur l'application des méthodes de laboratoire issues des sciences de la terre, voire des sciences de la vie à l'archéologie (Rapp et Hill, 1998), à des définitions plus larges qui insistent sur le rôle de démarche d'interface. Ainsi, dans le monde anglo-saxon l'archéologie environnementale est aujourd'hui le plus souvent définie comme « *the study of the environment and its relationship with people through time* » (Branch *et al.*, 2005) alors qu'en France, malgré quelques exceptions notables issues des géosciences (Petit, 2006), la définition la plus souvent retenue chez les géoarchéologues-géographes (Carcaud, 2004 ; Petit, 2006 ; Arnaud-Fassetta, 2007 ; Fouache et Rasse, 2007…) est exprimée par J.-P. Bravard (2002) de la manière suivante : « *la géoarchéologie n'est pas une discipline mais plutôt un mode d'approche interdisciplinaire des relations entre la Nature et la Société du passé, principalement à partir des archives du*

sol ». Ainsi, la géoarchéologie apparait comme une position de recherche à l'interface entre les recherches archéologiques et paléoenvironnementales. La diffusion du terme a jusqu'à présent surtout exprimé l'essor d'une curiosité pour les interactions Nature/Société dans le temps long de l'Holocène et permis institutionnellement à une communauté de chercheurs marginaux dans leurs disciplines respectives de s'identifier.

De manière parallèle, le rapprochement de certaines études archéologiques et historiques consacrées aux parcellaires et aux cheminements et de la géographie, et plus particulièrement de l'analyse spatiale, a engendré l'essor d'une nouvelle discipline de convergence : l'**Archéogéographie** (Chouquer, 2000, 2008). Celle-ci promeut une approche globale, mais elle a surtout renouvelé les concepts et le champ sémantique de l'analyse des formes du paysage. Elle s'attache en effet principalement à décrypter un « paysage-cadastre » (Rasse, 2010) où l'emporte l'analyse des linéaments, des mailles, des trames sur celle de l'utilisation des sols et de l'environnement. Cet effort d'analyse spatiale a été approfondi et élargi grâce au développement des Systèmes d'Information Géographiques et des géostatistiques. Les recherches se sont d'abord portées sur la mise en place de modèles prédictifs de localisation et l'analyse des réseaux d'habitat (Durand-Dastès *et al.*, 1998 ; Nuninger et Sanders, 2006). En France, ces études ont principalement été conduites dans le cadre de deux grands programmes de recherche **Archaeomedes** (Van der Leeuw *et al.*, 2003) et **Archaeodyn** (Nuninger et Favory, 2011) et se sont attachées à définir les dynamiques spatio-temporelles dans des espaces de différentes dimensions. Ces travaux ont parfois intégré la question des relations entre les habitats et les ressources environnementales disponibles (Van der Leeuw *et al.*, 2003) alors que des recherches de plus en plus nombreuses tentent d'intégrer les informations paléoenvironnementales disponibles pour définir les contraintes taphonomiques dans la modélisation spatiale du peuplement (Berger, 2011), analyser la distribution spatiale des pratiques agropastorales et celle des paysages (par exemple : Contreras, 2009 ; Zhang *et al.*, 2010).

2.1.2.4. Archéologie du paysage

Dans ces approches d'interface, le temps et l'espace ont toujours été au centre des interrogations (Bertrand et Bertrand, 2002 ; French, 2003 ; Branch *et al.*, 2005 ; Rasse, 2010). La démarche géoarchéologique s'est exercée dès le départ à différentes échelles : (1) à l'intérieur du site archéologique, elle étudie la stratigraphie des formations superficielles anthropogènes ou non qui constituent le site et les processus qui affectent le site archéologique et (2) à l'extérieur du site, elle étudie l'évolution de l'environnement et des paysages (Waters, 1992). Cette dichotomie « intra-site » et « hors-site » imprègne toujours les études géoarchéologiques comme en témoigne l'ouvrage de P. Goldberg et R. MacPhail (2006) dont la première partie est consacrée aux méthodes de la « *Regional scale geoarchaeology* » et l'essentiel de la seconde aux « *Occupations deposits* » et « *Humans materials* » trouvés au sein du site archéologique. Cette distinction est parfois sclérosante si les deux approches s'ignorent mais elle peut-être féconde si leur intégration est l'occasion de proposer une démarche d'analyse multiscalaire (French, 2003 ; Branch *et al.*, 2005 ; Rasse, 2010) comme l'ont parfaitement montré certaines études (Arnaud-Fassetta, 2000 ; Galop, 1998 ; Trément, 1999 ; Van der Leeuw *et al.*, 2003 ; Allée, 2003 ; Carcaud, 2004 ; Marriner et Morhange, 2006…).

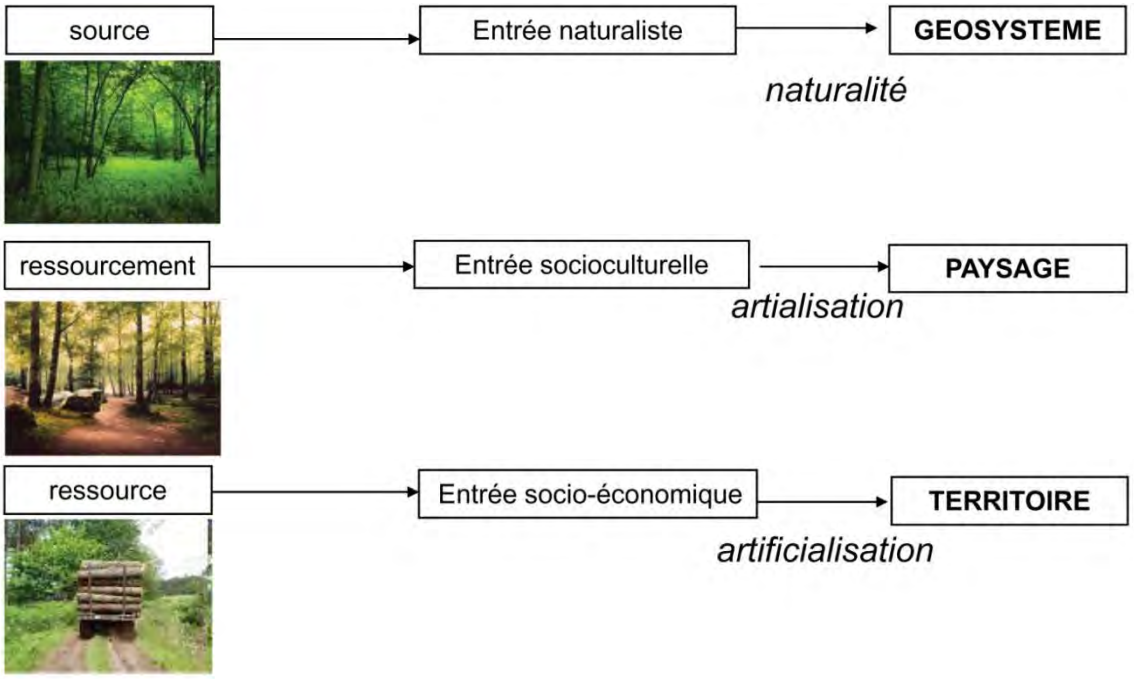


Fig. 4 - Le système GTP de G. Bertrand

Le développement de ces approches multiscalaires a favorisé l'émergence d'une approche globale des relations entre les Sociétés et leur environnement qui repose souvent sur le concept de paysage (Carcaud, 2004). À cause de sa polysémie, ce concept intègre explicitement la matérialité des faits biophysiques et les pratiques et représentations sociales (Berque, 1994 ; Besse 2000 ; Luginbühl, 2001). Comme le soulignent C. et G. Bertrand (2002) dans leur présentation du système GTP, il ajoute au Géosystème (la source) et au Territoire (la ressource), le ressourcement c'est-à-dire la prise en compte de l'esthétique, de la mythologie, du patrimoine et de l'identité (Fig. 4). Il permet ainsi d'élargir encore le champ des interrogations en intégrant une perspective phénoménologique (le sensible) et la question des représentations qui est cruciale pour comprendre l'action des sociétés dans leur environnement. En effet comme l'exprime A. Berque (1994) dans une phrase célèbre : « *les sociétés perçoivent leur environnement en fonction de l'aménagement qu'elles en font, et réciproquement, elles l'aménagent en fonction de la perception qu'elles en ont* ».

C'est dans cette perspective que se sont situées nos recherches intégrant les approches géomorphologique, paléoenvironnementale, archéologique et historique (Fig. 5 ; Bertrand, 1975 ; Michelin, 1995 ; Trément, 1999 ; Burnouf *et al*, 2001; Carcaud *et al.*, 2002 ; Van der Leeuw *et al.*, 2003 ; Galop *et al.*, 2009) et participant à la mise en place d'une véritable histoire ou archéologie du paysage (Anschuetz *et al.*, 2001). Ainsi, à l'interface entre l'évolution des systèmes fluvio-palustres et les dynamiques paysagères, l'objet central de la recherche est l'étude des cours d'eau et des paysages de vallées qui les encadrent.

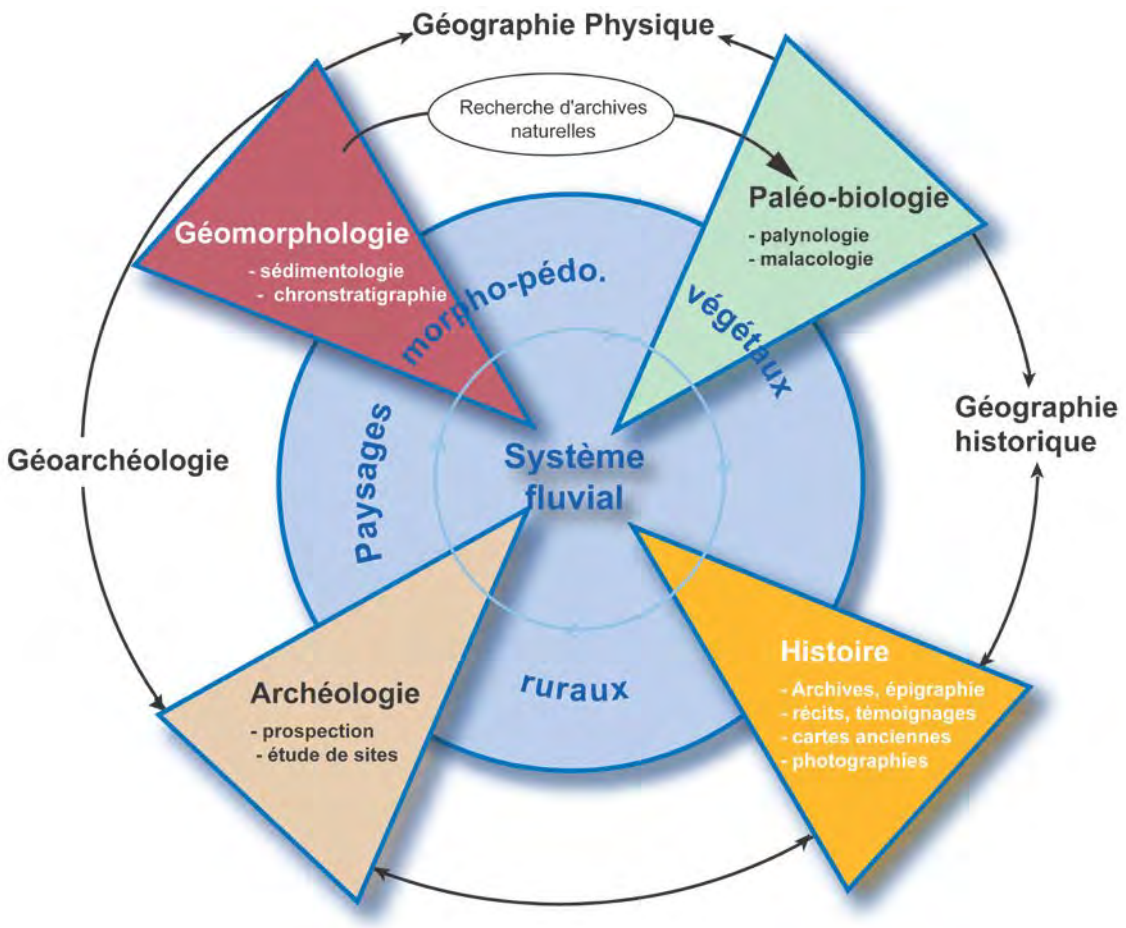


Fig. 5 – L'approche pratiquée dans le cadre de mes recherches

2.2. Problématique

Aujourd'hui, les vallées, les plaines littorales qui les prolongent vers l'aval et les zones humides associées possèdent des paysages remarquables et constituent des espaces au centre d'enjeux socio-économiques de grande ampleur (Fustec et Lefeuvre, 2000). La compréhension des interactions entre les systèmes fluvio-palustres et les pratiques de gestion de l'eau et des zones humides constitue le nœud gordien de ces enjeux car la maîtrise des écoulements et du niveau des nappes phréatiques constituent le facteur décisif qui conditionne les usages et la mise en valeur de ces espaces. **La recherche a donc pour objectif de proposer des modèles d'évolution sur le temps long des rapports Nature-Société dans les espaces sensibles que constituent les vallées, les zones humides et les systèmes fluviaux qui les animent**. Ce faisant, **elle permet de mettre en perspective les enjeux actuels de la gestion**. La problématique ainsi définie s'appuie sur trois choix complémentaires.

2.2.1. La nécessité de la longue durée

Le temps de l'environnement n'est pas celui des sociétés même s'ils peuvent être congruents (Barrué-Pastor et Bertrand, 2000). L'étude de leurs interactions nécessite donc une approche sur le temps long, seule capable de rendre compte, d'une part, du rôle des fluctuations hydro-climatiques d'origines marine ou continentale, qui correspondent à des phénomènes instantanés, multiséculaires voire millénaires (Magny,

1995), et d'autre part, de celui des sociétés (Guilaine, 2000). La longue durée est nécessaire car elle permet de dépasser les découpages historiques ou archéologiques classiques et de révéler la profondeur des héritages environnementaux et sociaux dans le processus de construction des environnements et des paysages ainsi que dans la succession des pratiques sociales (Dearing *et al.*, 2010). Ainsi, les recherches conduites en Grèce du Nord (Lespez, 1999/2008) ont montré que les transformations des bassins versants sous l'impulsion des sociétés agropastorales depuis le Néolithique ont eu des répercussions sur les dynamiques des systèmes fluviaux et des paysages des fonds de vallées et qu'elles conditionnent une partie de leur forme et de leur fonctionnement actuel. Parallèlement, certaines infrastructures humaines anciennes, comme les fossés de drainage liés à la mise en valeur des terres marécageuses environnant la ville de Philippes dans l'Antiquité, ont pu marquer longuement ces espaces de manière rémanente, au-delà même parfois de leur période de fonctionnement.

Cette approche par le temps long est également une manière de mettre en perspective les dynamiques instantanées ou brutales dont les conséquences catastrophistes avérées ou supposées marquent durablement les archives des historiens, des archéologues et des paléoenvironnementalistes et les mémoires des populations au point de masquer les transformations progressives qui correspondent souvent à des dynamiques plus puissantes et plus profondes (Braudel, 1949). Elle permet ainsi de positionner l'époque actuelle dans un continuum de processus et d'actions et d'apprécier l'ampleur des changements contemporains en regard de ceux du passé (Dearing *et al.*, 2010). Elle oblige de la sorte à s'interroger sur la nature de l'époque contemporaine, dont certains suggèrent qu'elle doit être considérée comme une nouvelle ère géologique, l'Anthropocène, commencée avec la révolution industrielle (Crutzen, 2002), et conduit au-delà à interroger le néocatastrophisme qui domine les discours environnementaux ambiants y compris dans le champ de la recherche scientifique (Marriner *et al.*, 2010).

Par ailleurs, ces investigations nourrissent la réflexion sur la gestion contemporaine des paysages et la volonté de patrimonialisation en apportant des informations concrètes sur la nature et les fonctions des héritages (Antrop, 2005). Pllus concrètement, elles remettent en perspective l'articulation entre la Nature et les Sociétés proposée par les politiques publiques contemporaines et permettent de les discuter. Cela nous a amené à questionner la mise en œuvre de la restauration de la continuité écologique promue au niveau européen par la Directive-Cadre sur l'Eau de 2000 et, en France, par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) du 30 décembre 2006 et plus généralement les politiques environnementales développées en France comme les « Trames Vertes et Bleues » dans le cadre du Grenelle de l'environnement à partir de 2007.

2.2.2. Une étude comparative de systèmes ordinaires

Afin de mieux appréhender les interactions entre les pratiques sociales et les hydrosystèmes continentaux et littoraux, la recherche s'est appuyée sur une approche systémique. Ce type d'approche pratiquée depuis longtemps dans le domaine de la géomorphologie fluviale a été étendu aux paysages de vallées et des plaines littorales caractérisés par des mosaïques paysagères spécifiques. Cette approche intégrant recherches paléoenvironnementales et archéologiques participe de la géoarchéologie alluviale qui est aujourd'hui particulièrement bien développée en France (Bravard, 1997 ; Provansal *et al.*, 1999 ; Arnaud-Fassetta, 2000, 2007, 2008 ; Berger, 2003 ; Berger *et al.*, 2008,; Pastre *et al.*, 2003 ; Carcaud, 2004 ; Salvador, 2005 ; Salvador *et al.*, 2009…) et en plein essor dans le monde (Brown, 1997, 2004 ; Fouache, 2003 ...). Néanmoins, ces recherches sont encore souvent concentrées sur les paysages des grands organismes fluviaux qui ont servi de support à des programmes de recherches de grande ampleur. Il

en est d'ailleurs de même pour les recherches historiques sur les zones humides, développées par les historiens et les géographes, qui ont le plus souvent privilégié des zones humides étendues dans le cadre de monographies d'échelle régionale en relation avec une pratique spécifique (pisciculture de la Bresse ou des Dombes, exploitation du sel dans les marais littoraux atlantiques ou méditerranéens, …) alors que les espaces de plus petite dimension demeuraient délaissés (Derex, 2001). Partant de ce constat, nous avons résolument privilégié les petits systèmes fluviaux qui offrent l'opportunité de décrypter les processus hydrosédimentaires et les actions spécifiques mais ordinaires des communautés rurales qui les gèrent, bien loin des grands systèmes fluviaux dominés par les processus climatiques et des actions d'aménagement qui dépassent les communautés qu'ils affectent. Cette recherche a consacré une place importante aux investigations sur le rôle des connectivités qui relient le système fluvial d'amont en aval, depuis les bassins versants de petit ordre jusqu'aux grands bassins versants d'ampleur régionale. Dans cette approche, nous avons fait le choix de privilégier les cours d'eau d'ordre médian (< 1 000 km^2) dont nous avions montré qu'ils possèdent une dimension favorable à une véritable analyse intégrée des interactions Nature/Société (Lespez, 2007). Cette approche monographique a été complétée par une approche comparative réalisée dans chacun des terrains et à chaque niveau scalaire. Par ailleurs, le choix d'espaces très différents par leur contexte géographique mais aussi par leur ambiance bioclimatique permet, aujourd'hui, de dépasser le cas des espaces étudiés et de proposer une réflexion de portée plus générale.

2.2.3. L'étude privilégiée du rôle des sociétés

La recherche s'est inscrite dans l'ensemble des études menées depuis une quinzaine d'années, dans la perspective du *Global Change*, sur l'évolution de l'environnement des milieux tempérés sous l'action des forçages climatiques et de l'intervention de l'Homme au cours de l'Holocène (Roberts, 1998 ; Mackay *et al.*, 2005). Mais alors que la plupart des travaux contemporains s'attache au rôle des fluctuations paléoclimatiques dans la dynamique des milieux, la recherche privilégie clairement, et de manière complémentaire, l'étude des facteurs humains et sociaux. Ainsi, elle n'oublie pas que les activités humaines sont d'abord des activités de gestion des ressources naturelles et de régulation du fonctionnement des milieux biophysiques même si elles ont pu contribuer à altérer et à transformer les équilibres environnementaux par des effets de rétroactions négatives. Les paysages des rivières et des fleuves, des plaines alluviales et littorales sont en effet, le résultat d'un équilibre dynamique entre des processus hydrosédimentaires continentaux et marins (marées biquotidiennes, crues ponctuelles, évolutions climatiques pluriséculaires…) et, depuis le Néolithique, des pratiques de gestion de l'eau et des zones humides associées. Ces pratiques multiples peuvent avoir des objectifs concurrentiels : la maîtrise des excès hydrologiques (lutte contre les inondations, aménagement de voies navigables, drainage agricole), l'utilisation de la force motrice de l'eau (barrages, biefs, moulins) et l'utilisation des ressources associées aux zones humides saumâtres ou continentales (pêche, chasse aux gibiers d'eau, exploitation du sel, de la tourbe, de la tangue). C'est pourquoi cette approche nécessite d'ouvrir le spectre de la recherche et de dépasser la restitution des dynamiques passées pour intégrer l'évolution des représentations sociales associées aux cours d'eau, aux zones humides et aux vallées étudiées qui déterminent en partie les pratiques de gestion.

3. Méthodes de Recherche

Afin d'obtenir une reconstitution fiable des dynamiques alluviales et paysagères et de comprendre les ressorts sociaux et climatiques à l'origine des transformations observées, les recherches se sont appuyées sur une démarche géoarchéologique. Les cours d'eau et les vallées associées sont, avec les littoraux (voir par exemple Fouache, 2003 ; Marriner et Morhange, 2007 ; Morhange et Provansal, 2007), les espaces pour lesquels cette démarche a été le plus pratiquée et le mieux définie (Bravard, 1997 ; Brown, 1997, 2008 ; Fouache, 1999 ; Provansal *et al.*, 1999 ; Arnaud-Fassetta, 2000 ; Berger, 2003 ; Carcaud, 2004 ; Salvador, 2005 ; Salvador *et al.*, 2009…). Celle adoptée emprunte largement à ses devancières en utilisant les **méthodes classiques de la géographie, de la géomorphologie et des analyses paléoenvironnementales** qu'elles confrontent aux données issues des **recherches archéologiques et historiques**. Néanmoins, elle a, également, contribué à des **développements méthodologiques et analytiques** nouveaux. D'une part, la démarche de la recherche propose, le plus souvent possible, une approche géographique qui intègre les observations locales dans une lecture multiscalaire des systèmes étudiés. D'autre part, nous avons contribué à développer et/ou à adapter des analyses paléoécologiques classiques (palynologie, signal incendie, phytolithes) pour l'étude global des systèmes fluviaux et des unités paysagères dans lesquelles ils s'insèrent (plaines d'inondation, vallées, bassins versants). Cette approche pratiquée en collaboration avec les spécialistes des indicateurs paléoécologiques concernés a pu s'appuyer sur la mise en place de doctorat (Le Drezen, 2008 ; Garnier, en cours).

3.1.1. Une approche multiscalaire et fonctionnelle des systèmes fluviaux

Les recherches géoarchéologiques sur les systèmes fluviaux se sont souvent attachées à des espaces restreints correspondant à l'environnement immédiat des sites archéologiques étudiés (Petit, 2006). Parfois étendues à l'échelle d'un tronçon ou d'un ensemble de tronçons, elles ont rarement concerné la totalité d'un cours d'eau et de son bassin versant. Or, il est difficile de comparer les résultats de travaux qui portent sur des espaces de dimensions très différentes et situés dans des positions distinctes au sein du système fluvial (Lespez, 2007). Adoptant une démarche multiscalaire, nous avions le souhait d'intégrer les différentes échelles d'étude en développant des investigations systématiques depuis les bassins versants élémentaires jusque vers les zones de transfert et de sédimentation. Entamée dès nos travaux de thèse, (Lespez 1999/2008), cette démarche a été approfondie au cours des douze dernières années et généralisée aux différents terrains afin d'étudier la place et le rôle dans l'espace et dans le temps des différents forçages sur la morphogenèse fluviale. Concrètement, la prise en compte du fonctionnement du système fluvial avec ses relais de processus et ses seuils de fonctionnement passe par deux approches complémentaires encore rarement pratiquées dans la recherche française sur l'Holocène (Allée, 2003 ; Devillers, 2005) même si elles sont de plus en plus appliquées pour l'étude du fonctionnement des systèmes fluviaux au cours des deux derniers siècles (Fryirs et Brierley, 2001 ; Liébault, 2003 ; Brierley et Fryirs, 2005 ; Piegay et Schumm, 2005). L'approche comparative de bassins versants de même ordre, ou étude des similitudes (Piegay et Schumm, 2005), met en évidence la spécificité du fonctionnement de chacun des systèmes. Elle a été particulièrement développée en Grèce du Nord et en Normandie afin de comparer le fonctionnement de bassins versants élémentaires et de dissocier les processus qui relèvent de l'histoire locale de ceux qui sont le résultat d'une évolution régionale des

facteurs de forçages des systèmes morphogéniques (Fig. 6). L'étude des archives sédimentaires tout au long du continuum fluvial permet ensuite de comprendre l'organisation interne du système en identifiant avec précision les zones de production, de transfert et de sédimentation et en montrant leur évolution au cours du temps. Elle facilite ainsi l'étude des relations fonctionnelles entre les différentes composantes du système fluvial (étude des interactions ; Piegay et Schumm, 2005) et la restitution du fonctionnement de la cascade sédimentaire (Brierley et Fryirs, 2005). Ce travail avait également été amorcé pendant la thèse où la comparaison d'un cours d'eau pérenne, l'Angitis, et d'un cours temporaire, le Xéropotamos, avait permis de mettre en évidence l'importance des relais de processus dans la construction des archives sédimentaires (Lespez 1999/2008, 2003, 2007). En Grèce du Nord, les observations ont été étendues au Strymon afin de comprendre la réaction d'un grand fleuve aux différents forçages. En Afrique de l'ouest, les investigations centrées sur le tronçon d'Ounjougou (Lespez *et al.*, 2008, 2010) ont été étendues à l'ensemble de la vallée du Yamé depuis la zone de production à l'amont, jusqu'à la zone de sédimentation et la confluence avec le Niger, à l'aval (Garnier *et al.*, soumis).

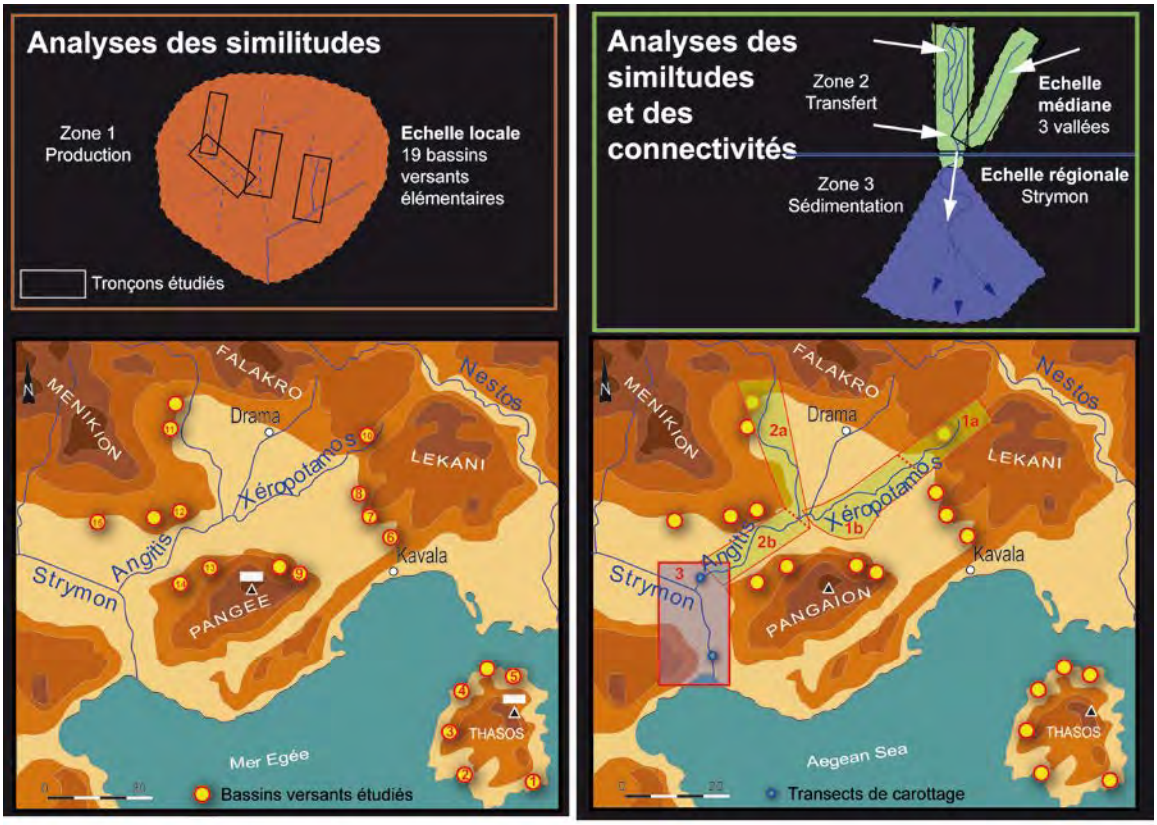


Fig. 6 : Recherche multiscalaire en Grèce du Nord

En Normandie, la démarche systémique est plus aboutie encore. Elle a pu s'appuyer sur la comparaison des cours d'eau de la partie sédimentaire et de la partie armoricaine du bassin versant de la Seulles (Lespez *et al.* 2011 ; Viel *et al.*, 2011) et sur la comparaison des rythmes de l'érosion des sols observés sur les plateaux de la Plaine de Caen et de ceux de l'alluvionnement enregistrés dans les fonds de vallée (Germain-Vallée et Lespez, 2011). L'hypothèse qui sous-tend ce travail est que les sols qui se sont développés dans l'ensemble de l'Europe tempérée à partir du début de l'Holocène sous un couvert arboré et arbustif, ont principalement été érodés à la suite des défrichements

anthropiques et du développement des pratiques agro-pastorales depuis le Néolithique (Neboit-Guilhot, 1983/2010). En arrachant le réseau racinaire et en dénudant les sols, au moins saisonnièrement, pour les labourer, l'homme les expose aux intempéries (vent, pluie, ruissellement…), accélérant ainsi les processus de dégradation physique, chimique et biologique des horizons humifères (Neboit-Guilhot, 1999 ; Berger, 2006). Cette érosion est d'autant plus exacerbée qu'elle intervient en contexte climatique peu favorable. Elle est enregistrée en bas des versants et dans les fonds de vallées par le développement des formations colluviales et alluviales. Inversement, les périodes de déprise agricole entraînent une reconquête des sols par un couvert végétal protecteur qui s'exprime par le développement de traits pédologiques caractéristiques d'une reprise de la pédogenèse (Berger, 2006). La recherche repose donc sur la capacité à suivre le sédiment, depuis son prélèvement par l'érosion sur les parcelles cultivées, jusqu'au pied des versants où il est entraîné par ruissellement d'abord puis par les écoulements concentrés du fond des vallons élémentaires, jusqu'aux vallées principales finalement. À cette fin et tenant compte des opportunités archéologiques et des archives sédimentaires disponibles, nous avons développé, avec C. Germain-Vallée, une approche multi-sources et multi-scalaires (Fig. 7 ; Germain-Vallée et Lespez, 2011) comme cela avait pu être effectué dans certains espaces méditerranéens (Berger, 2003) et Outre-Manche (French et Lewis, 2005). Celle-ci s'appuie d'abord sur l'étude des profils pédologiques développés sur les plateaux mis en valeur par les activités agricoles selon des méthodes micromorphologiques classiques (Fédoroff et Courty, 2002) mais encore peu pratiquées dans l'ouest de la France (Gebhardt, 1990; Camuzard, 2000). Elle est complétée par l'analyse des colluvions de bas de pente, des formations colluvio-alluviales des vallons ou des têtes de vallées et des alluvions de fond de vallée qui sont en grande partie les produits différés de l'érosion des sols développés sur les parcelles cultivées. L'enjeu est de déterminer précisément la chronologie des divers événements observés depuis les plateaux jusque dans les fonds de vallées afin de discuter du rôle de l'érosion des sols engendrée par les pratiques agro-pastorales et de l'efficacité et des temporalités des relais de processus (Germain-Vallée et Lespez, 2011).

L'analyse des archives alluviales repose d'abord sur des méthodes classiques qui ont fait leurs preuves (Brown, 1997). Elle conjugue l'étude des formes et des sédiments des plaines et des terrasses alluviales. Elle est en grande partie conditionnée par les systèmes fluviaux étudiés (Tab. 2). En Basse-Normandie, les cours d'eau possèdent le plus souvent une faible énergie (< 20 W/m^2). Ils appartiennent à la catégorie des systèmes à méandrage inactif ou peu actif qui circulent au sein de plaines alluviales cohésives (Nanson et Crooke, 1992 ; Petit, 1995). Malgré quelques exceptions remarquables, au cœur du Bocage en particulier, les pentes peu marquées et leur régime hydrologique modéré par l'ambiance climatique régionale expliquent la faiblesse des puissances spécifiques et la difficulté des réajustements du lit après d'éventuels aménagements. La charge solide est nettement dominée par les matières en suspension, la charge de fond restant marginale. Leur fonctionnement hydrologique n'est que secondairement différencié par le contexte géologique local. Celui-ci modifie la proportion de l'alimentation par les aquifères des formations sédimentaires du Secondaire (roches calcaires perméables du Bassin de Paris) et des écoulements de surface, plus actifs sur les roches imperméables du monde armoricain (Cador et Lespez, 2011). En Grèce comme en Afrique soudano-sahélienne, les systèmes étudiés sont généralement plus énergiques. La saisonnalité du climat et le rythme hydrologique imposent des régimes très contrastés et les étiages sont souvent synonymes d'assèchement des lits alors que les crues sont brutales et de caractère torrentiel. Les cours d'eau confinés des vallées montagnardes, éloignés des centres de peuplement et conservant peu d'archives sédimentaires, n'ont pas fait l'objet d'études approfondies.

Les cours d'eau de piémont ou de plaine étudiés, peu ou pas confinés, possèdent une énergie moyenne et des lits divaguant ou dessinant des méandres actifs. Marqués par de fréquentes défluviations, ils s'inscrivent dans des plaines alluviales moins cohésives (Nanson et Crooke, 1992) et sont caractérisés par une charge de fond abondante et grossière (graveleuse, caillouteuse) qui s'ajoute aux matériaux transportés en suspension (sables, limons). Quelques cours d'eau, alimentés directement par les aquifères contenus dans les roches sédimentaires ou métamorphiques, échappent au tarissement complet en saison sèche et possèdent des régimes plus tamponnés, y compris en période de crue, dont les effets morphogènes sont ainsi atténués (Angitis dans la plaine de Philippes-Drama ; cours amont du Yamé sur le plateau Dogon). Afin d'adapter les méthodes classiques aux systèmes fluviaux étudiés mais également de profiter des potentiels qu'ils offraient, j'ai contribué à certains développements méthodologiques.

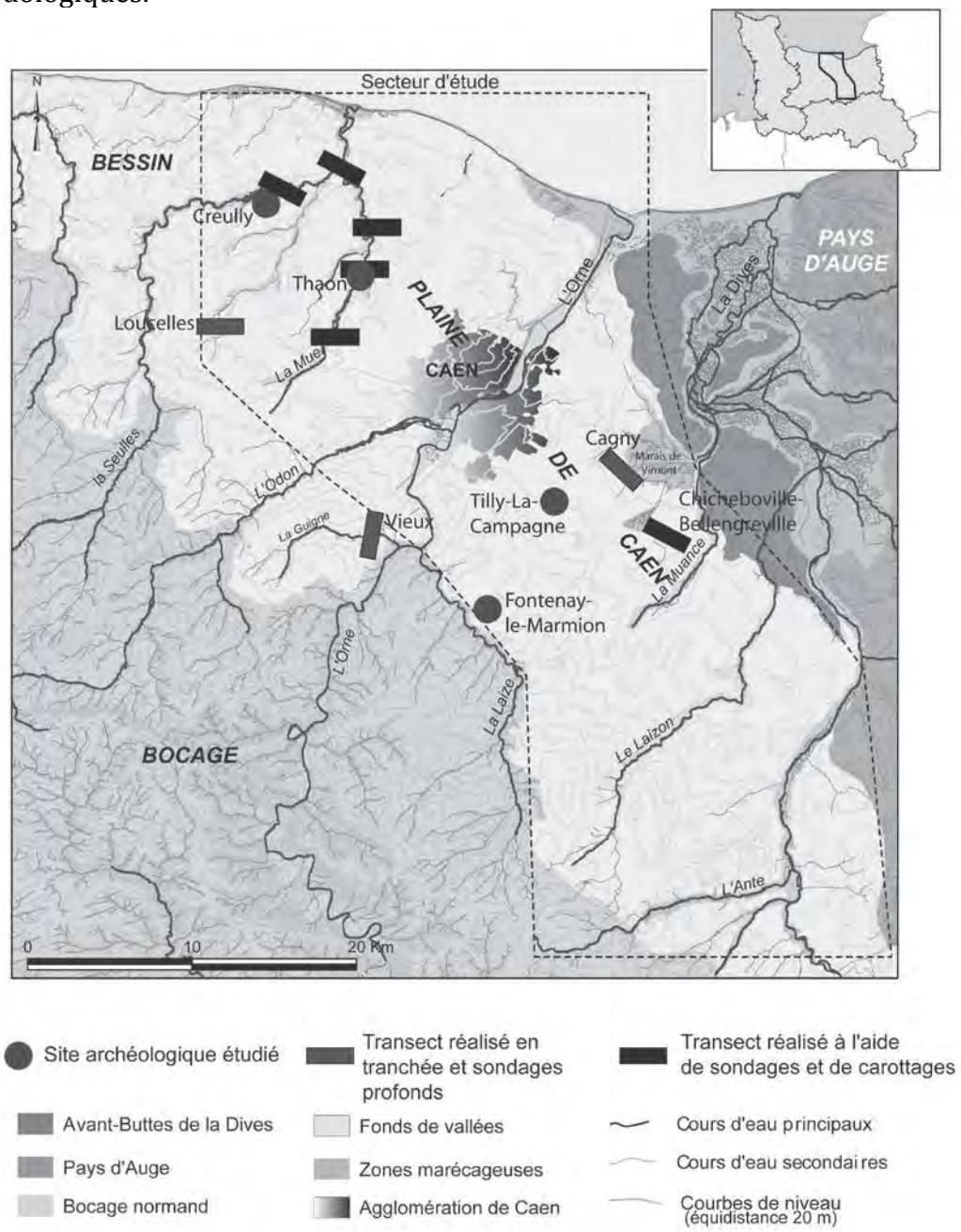


Fig. 7 - Recherche multisource et multiscalaire dans la Plaine de Caen (d'après Germain et Lespez, 2011)

Terrains	Cours d'eau	Style fluvial	Investigations de terrain	Analyses sédimentaires	Analyses paléobiologiques complémentaires	Chronologie
Plaine de Philippes-Drama	• Rivière pérenne à alimentation karstique (faible énergie) • Cours d'eau temporaires à fonctionnement torrentiel (énergie moyenne)	• Rectiligne à méandriforme • En tresses ou divaguant	• Coupes naturelles dans les terrasses • Tranchées • Carottages	• Granulométrie • Morphoscopie • Analyses physico-chimiques	• Palynologie (J.-P. Suc)	• 25 000 av. J.-C. à nos jours
Thasos	• Petits cours d'eau temporaires à fonctionnement torrentiel (énergie moyenne)	• En tresses ou divaguant	• Coupes naturelles dans les terrasses • Tranchées • Carottages	• Granulométrie • Morphoscopie • Micromorphologie		• 5 000 av. J.-C. à nos jours
Basse vallée du Strymon	• Fleuve transfrontalier	• Méandriforme (aujourd'hui totalement rectifié) à bas-marais	• Carottages	• Granulométrie • Morphoscopie • Micromorphologie	• Palynologie (J.-A. Lopez-Saez) • Signal incendie (Y. Le Drezen) • Malacologie (T. Théodoropoulou)	• 6 000 av. J.-C. à nos jours
Vallée de la Seulles	• Rivière pérenne à alimentation de nappe • Rivière pérenne à bassin versant ruisselant	• Méandriforme	• Tranchées (affluents) • Carottages	• Granulométrie • Morphoscopie	• Palynologie (M. Clet-Pellerin) • Malacologie (N. Limondin-Lozouet)	• 9 000 av. J.-C. à nos jours
Péninsule de La Hague	• Courts fleuves côtiers pérennes à bassin versant ruisselant	• Rectiligne à méandriforme	• Tranchées (affluents) • Carottages	• Granulométrie • Morphoscopie	• Palynologie (M. Clet-Pellerin) • Malacologie (N. Limondin-Lozouet)	• 5 000 av. J.-C. à nos jours
Basse vallée de la Dives	• Rivière pérenne à alimentation mixte	• Méandriforme à bas-marais	• Tranchées (affluents) • Carottages	• Granulométrie • Micromorphologie	• Palynologie (M. Clet-Pellerin et R. Davidson) • Diatomées (G. Hermier)	• 9 000 av. J.-C. à nos jours
Vallée du Yamé	• Rivière pérenne à fonctionnement saisonnier (amont) • Rivière temporaire (aval)	• Rectiligne à Divaguant • Méandriforme à anastomosé	• Coupes naturelles dans les terrasses • Coupes naturelles dans les terrasses et carottages	• Granulométrie • Morphoscopie • Micromorphologie	• Palynologie (A. Balouche) • Phytolithes (A. Garnier et K. Neumann) • Signal incendie (Y. Le Drezen) • Anthracologie (B. Eichhorn)	• 11 000 av. J.-C. à nos jours

Tab. 2 - Systèmes fluviaux et investigations réalisées depuis 2000

3.2. La lecture des archives alluviales

3.2.1. Formes et architecture des corps sédimentaires

L'étude des archives sédimentaires a d'abord reposé sur des investigations de terrain qui ont eu pour objectif de définir les formes alluviales et d'identifier les formations sédimentaires associées. La description et l'interprétation des formes reposent sur des nomenclatures et des typologies mises en place par les géomorphologues spécialistes des systèmes fluviaux (Schumm, 1977 ; Lewin, 1978 ; Nanson et Crooke, 1992 ; Brown, 1997 ; Bravard et Petit, 1997 ; Brierley et Fryirs, 2005). L'organisation des archives alluviales diffère selon les terrains. Dans les tronçons amont des cours d'eau africains et grecs étudiés, l'emboitement des formes alluviales est la règle et les écoulements contemporains peuvent être dominés par une ou plusieurs terrasses alluviales emboitées (système *Cut and Fill* des chercheurs anglo-saxons). En revanche, vers l'aval, les sédiments holocènes se sont accumulés le long de plaines alluviales dans lesquelles les cours d'eau se sont incisés naturellement (Photo 1) ou artificiellement à la suite des

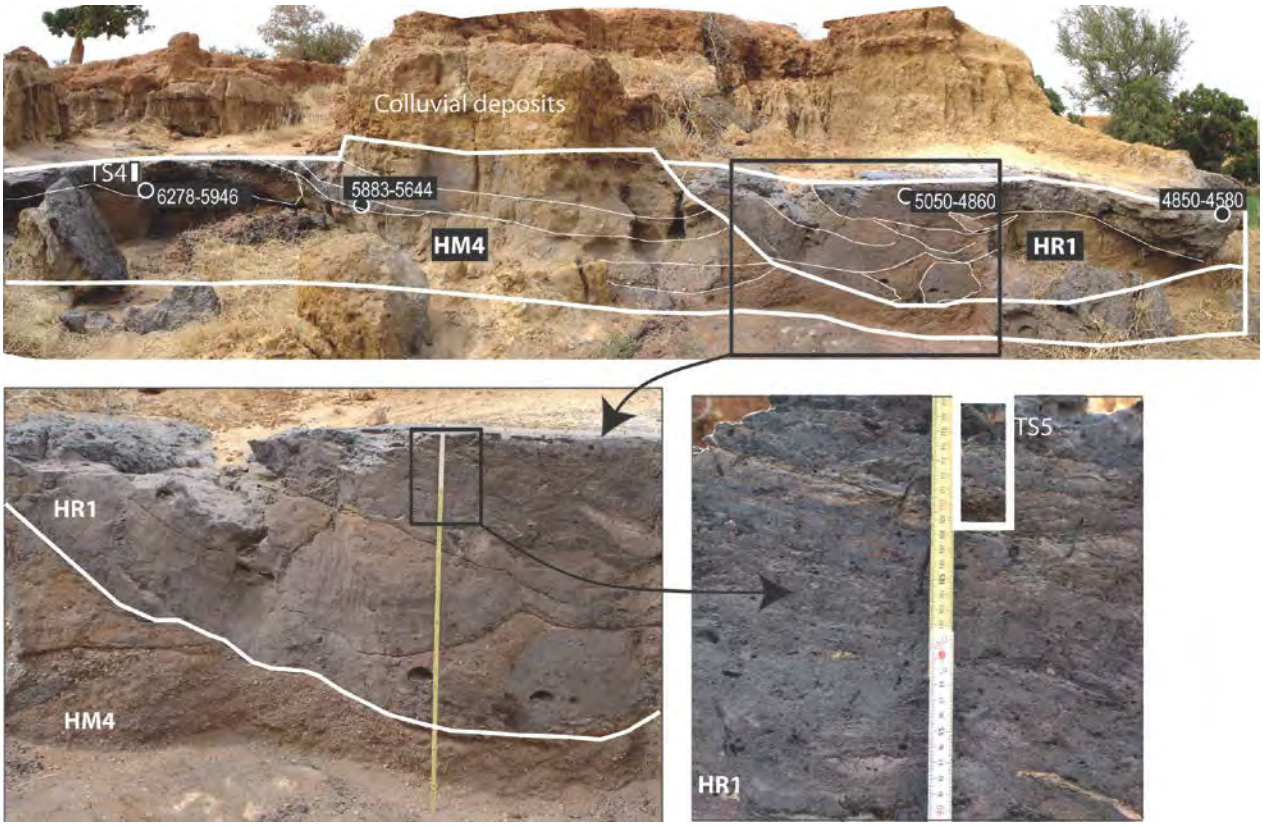
travaux de drainage conduits tout au long du 20e siècle (Photo 2). En Normandie, l'organisation d'ensemble diffère car de l'amont aux plaines littorales vers l'aval aucun étagement des formes holocènes n'a pu être observé et les cours d'eau contemporains méandriformes ou rectilignes s'inscrivent systématiquement dans une plaine alluviale plus ou moins large (Photo 3).

Photo 1 - Incision naturelle dans un cône alluvial à Agios Ioannis, île de Thasos, Grèce (Cliché L. Lespez)
Photo 2 - Incision artificielle dans la plaine d'inondation du Strymon à Fidokoryphi suite aux travaux de drainage des années 1930 (Cliché L. Lespez)
Photo 3 – Incision de la Seulles dans sa plaine d'inondation (Cliché V. Viel)

Une fois les formes identifiées, il s'agit de définir la nature des archives sédimentaires. Les terrasses comme les plaines alluviales contemporaines sont principalement constituées par des sédiments déposés dans les lits fluviaux et par des dépôts de recouvrement dans les plaines d'inondation. Des formations de transition comme les dépôts de berges ou ceux des crevasses alluviales peuvent parfois être identifiées. Les formations de chenal déposées dans des formes d'incision où les écoulements sont les plus rapides et donc les plus énergiques correspondent aux sédiments les plus grossiers. La nature des dépôts de recouvrement qui résultent du débordement du cours d'eau hors du chenal dépend de la charge disponible, de l'épaisseur et de la vitesse de la lame d'eau débordante. Ces dépôts peuvent également être alimentés par des apports latéraux liés à l'érosion des versants et constituent alors des formations colluvio-alluviales. Dans les cours d'eau bas-normands, la charge solide est dominée par les matières en suspension et les limons de débordement ont construit l'essentiel des plaines d'inondation. Le long des cours d'eau de Grèce septentrionale ou du Pays Dogon, l'énergie supérieure explique la fréquence des défluviations et la multiplication des vestiges de chenaux avec leur sédimentation grossière interstratifiée dans les dépôts de recouvrement sableux ou limoneux. Dans ces deux types de plaines alluviales, la sédimentation organique peut également jouer un rôle important. Elle correspond au comblement de lits temporairement ou définitivement abandonnés, à des zones humides marginales qui se développent dans des espaces déprimés de la plaine alluviale (*backswamp*) voire même au développement de grandes étendues palustres (bas-marais) résultant du haut niveau prolongé des nappes phréatiques.

La construction des archives sédimentaires est donc le résultat de processus complexes dominés par l'aggradation. La connaissance de l'architecture des formations alluviales est indispensable pour identifier la stratigraphie relative des formations et définir la succession des processus à l'œuvre (Brown, 1997 ; Houben, 2007 ; Bravard et Salvador, 2009). Cette reconstitution de l'architecture sédimentaire peut être obtenue

par différentes méthodes. Tout au long de ces douze dernières années nous avons privilégié autant que possible les observations directes. Celles-ci ont d'abord été réalisées le long des rebords des terrasses dans les systèmes alluviaux emboités ou le long des berges des cours d'eau qui permettent d'accéder au remplissage des plaines alluviales (Photo 5). Si les terrasses alluviales ou les plaines d'inondations sont incisées régulièrement par des affluents ou des ravinements latéraux, il est possible d'avoir une bonne vision d'ensemble des corps sédimentaires et de reconstituer avec précision l'architecture alluviale comme nous avons pu le réaliser en Grèce (Lespez, 2003) ou en Afrique de l'ouest (Lespez *et al.*, 2008, 2011). Dans les cas où cette observation n'est pas possible mais que les conditions du terrain le permettent (faible niveau des nappes phréatiques, matériel cohérent, accessibilité, …), j'ai eu recours aux tranchées réalisées à la pelle mécanique qui permettent d'observer les remplissages alluviaux sur de longues distances. Celles-ci ont pu être réalisées, par exemple, sur les petits cours d'eau bas-normands ou les cours d'eau de l'île de Thasos souvent en relation avec des fouilles programmées ou de sauvetage (Photo 6). Dans les cas où ces moyens techniques n'étaient pas utilisables, j'ai utilisé les sondages et les carottages. Ces interventions manuelles ou mécanisées permettent d'accéder à la profondeur des archives. L'effort demandé en fait en général une œuvre collective. Afin d'accéder à la variabilité latérale de la sédimentation et en l'absence de prospections géophysiques préalables comme cela est de plus en plus préconisé aujourd'hui (Houben, 2007 ; Brown, 2008), j'ai essayé de disposer les sondages et les carottages selon une maille assez étroite déterminée selon la nature de chacun des systèmes étudiés. Dans les phases de prospection, la tarière pédologique a été employée car elle est facile d'utilisation et permet de déterminer les grandes unités stratigraphiques même si elle vrille le sédiment et le perturbe (Photo 7). Dans les sédiments les plus meubles des bas marais, j'ai également utilisé la sonde russe aussi bien en Normandie qu'en Grèce. Dans les deux cas, les profondeurs raisonnablement accessibles sont de l'ordre de 7 à 8 m. Cependant, le souhait de sonder des sédiments plus cohérents (alluvions, cordon littoral) et plus profondément (10-12 m) a pu s'appuyer sur l'acquisition, à notre demande, d'un carottier à percussion motorisé par le laboratoire Geophen-UMR LETG 65544 CNRS. Ce type de matériel a été utilisé sur les trois terrains d'étude (Photo 9). Malgré la compression des sédiments occasionnée par la percussion, il permet la lecture de stratigraphies fines et le prélèvement de sédiments peu perturbés. Selon les objectifs de la recherche et les formations superficielles traversées, ces prélèvements ont été effectués avec des gouges ouvertes échantillonnées sur le terrain ou avec une gouge munie de tubes en PVC ouverts au laboratoire, au retour de mission, avant d'être conservés au réfrigérateur.



Photos 4, et 5a, b: Terrasses alluviales holocène révélant l'architecture alluviale dans la vallée du Yamé. Coupe du Vitex à Ounjougou (Clichés L. Lespez)

Photos 6a, b - Tranchée révélant l'architecture des sédiments alluviaux : Guigne et Gazoduc Symvoli (Clichés L. Lespez)

Photos 7 et 8 : Sondage à la tarière dans la basse vallée du Yamé et dans l'Anse Saint-Martin à la Hague (Clichés L. Lespez)

Photos 9 a à e - Les étapes du carottage avec un carottier à percussion de type « Cobra ». a et b. Percussion motorisée (Mare de Vauville, La Hague et Skala Sotiros, Thasos ; c. Extraction manuelle (Thasos) ; d. Description ; e. Nettoyage de la gouge ouverte, Philippes ; f. Equipe au Complet (Thasos, 2006). (Clichés L. Lespez)

3.2.2. Des faciès sédimentaires aux analyses granulométriques

Une fois cette description d'ensemble effectuée, la compréhension des dynamiques sédimentaires passe par une étude macroscopique et microscopique approfondie des sédiments. Celle-ci a pour objectif de définir les conditions de transport et de dépôt et les évolutions pédologiques post-sédimentaires. La première étape se réalise sur le terrain. Il s'agit d'abord de décrire avec précision les éléments qui constituent l'architecture sédimentaire. Ces unités sédimentaires de base sont ensuite caractérisées

par leur contenu (minéral, organique, …), leur disposition (litage, …) et leurs limites (érosives, …). Ces informations permettent de définir des faciès qui peuvent ensuite être interprétés en termes de dynamique sédimentaire à partir des observations réalisées sur les sédiments contemporains et des référentiels disponibles (Reineck et Singh, 1980 ; Miall, 1996). Ces observations sont également réalisées sur le matériel remonté lors des carottages. Même si les fenêtres d'observation sont réduites, il est également possible d'accéder à la description fine des faciès sédimentaires que les prélèvements soient effectués en gouge ouverte ou fermée (Photos 10 et 11).

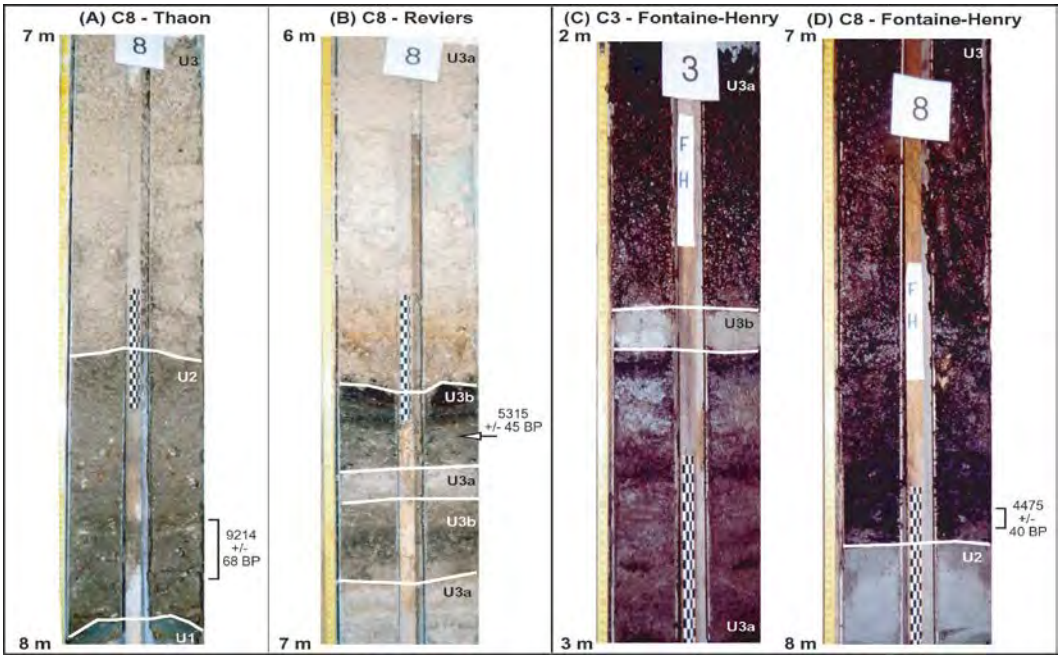


Photo 10 - Photographies des tubes de prélèvement ouvert au laboratoire des carottages de l'Eglise de Thaon et de Fontaine-Henry dans la vallée de la Mue (Carottages J.-F. Pastre, N. Limondin-Lozouet et L. Lespez)

Photo 11 Photographie des gouges du carottage de Sadia dans la plaine du Séno (Carottages A. Garnier, A. Ballouche et L. Lespez)

Parfois, les référentiels disponibles sont insuffisants ou font référence à des espaces éloignés et il est nécessaire de développer une démarche naturaliste afin d'accéder à des

analogues contemporains qui permettent de lire les archives sédimentaires. L'étude des sédiments carbonatés des cours d'eau qui parcourent la Plaine de Caen fournit un bon exemple de cette démarche (Lespez *et al.*, 2008). Ces formations, bien étudiées dans les formations pléistocènes dans l'ensemble de la France (Limondin-Lozouet et Antoine, 2005 ; Hofmann, 2005 ; Dabkowski *et al.*, 2010), dans les formations holocènes des lacs aux eaux carbonatées (Magny, 2006), dans les dépôts de piémont du sud de la France (Ollivier *et al.*, 2006) et les vallées anglaises (Goudie, 1993), étaient connues et inventoriées de longue date dans le Nord-ouest de la France mais leur interprétation avait été laissée en jachère (Lecolle, (coord.), 1990). Elles sont formées par précipitation de carbonate de calcium fixé par des algues ou une activité bactérienne autour d'un noyau minéral ou végétal (Adolphe et Rofes, 1973 ; Freytet, 1990). Le processus de précipitation engendre finalement des particules de la taille des sables ou des graviers qui peuvent parfois être agglomérées par un ciment carbonaté. Ces tufs fluviatiles sont très abondants dans la sédimentation holocène de la vallée de la Mue où ils forment de véritables barrages fossilisés sous les formations fluvio-palustres des derniers millénaires (Clet-Pellerin et al., 1990 ; Lespez *et al.*, 2008). Leur description précise a mis en évidence la succession de couches de sables et de graviers constituées de granules calcaires arrondies, de 0,5 à 2-3 cm de diamètre, appelées oncolites, ou de concrétions de forme allongée de type « tube » ou de fragments de ces deux types de concrétions (Photo 12a, b). Leur interprétation a reposé sur une démarche de type actualiste. À l'échelle régionale, les formations observables dans les têtes de bassin versant du Pays d'Auge ont fourni des analogues parfaitement exploitables pour ce travail de comparaison diachronique (Photo 13a, b, c). Il ressort de cette comparaison que les « tubes » se sont formés autour de brindilles et de fragments de branchages dans les zones d'exsurgence issues du substrat calcaire ou crayeux alors que les oncolites se sont développés à partir de grains de sables le long des berges du cours d'eau. Ces sédiments constituent des édifices tufacés de type "encroûtement mobile". Ils sont fréquemment mêlés à des limons, des argiles et des sables détritiques quartzeux ou feldspathiques témoignant du remaniement des formations tufacées lors des crues du cours d'eau.

Photos 12a, b - Les concrétions carbonatés du tuf de l'Eglise de Thaon (Oncolithes et tubes)

Photos 13a, b, c - Les concrétionnements observés dans la vallée de l'Ancre (Pays d'Auge) : barrage, pavage et concrétions mobiles de type oncolithes et tubes (Clichés L. Lespez)

Ces observations de terrain ont été complétées par des analyses réalisées en laboratoire. Les analyses granulométriques ont été systématiquement pratiquées sur les coupes et les carottages sélectionnés pour servir de support aux investigations de laboratoire. Elles ont été réalisées au granulomètre laser (LS 200, Beckman-Coulter) sur l'échantillon total après destruction de la matière organique selon les protocoles classiques. L'interprétation des données repose ensuite sur la comparaison des fractions granulométriques de chaque échantillon ou d'indices synthétiques qui résument les distributions granulométriques. Les résultats obtenus ont été systématiquement comparés aux sédiments disponibles dans le chenal actuel (banc, fond, berge, …) et dans la plaine d'inondation afin de comparer les sédiments anciens et actuels en pratiquant une démarche actualiste. Cette comparaison s'est appuyée sur plusieurs indices synthétiques qui permettent de résumer les caractéristiques de la distribution granulométrique. Celle-ci a pu reposer sur l'utilisation des indices du grain moyen et de tri (So) de Folk et Ward (1957) calculés sur la fraction du sédiment inférieure à 2 mm (Fig. 8). Elle permet de mettre en évidence le rapport entre la capacité de transport moyenne du cours d'eau (grain moyen) et l'hétérogénéité ou l'homogénéité du sédiment (So) qui indique d'éventuels mélanges de différents stocks sédimentaires ou des évolutions pédologiques postérieures au dépôt du sédiment. Mais, l'analyse granulométrique s'est le plus souvent appuyée sur la réalisation d'une image CM (Passega, 1957 ; Bravard et Peiry, 1999) qui représente, sur un graphique bi-logarithmique, la valeur de la médiane (M) et du percentile supérieur du sédiment (C) (Fig. 9). Elle différencie donc les échantillons en fonction du rapport entre la capacité de transport médiane du cours d'eau et la capacité maximale exprimée par le percentile supérieur. De plus, l'ensemble des points de coordonnées C et M forme un nuage qui s'organise en plusieurs segments associés chacun à un mode de transport dominant : roulement, saltation, suspension, décantation (Passega, 1957 ; Bravard et Peiry, 1999). Quand les échantillons peuvent être comparés à des sédiments contemporains dont les processus de mise en place sont parfaitement connus, il est même possible de déterminer les valeurs supérieures de la suspension graduée (CS) ou des écoulements non turbulents (Cu) (Arnaud-Fassetta, 2000 et 2004). Le calcul de ces paramètres et d'autres méthodes basées sur la compétence des écoulements peuvent même conduire à une véritable restitution du fonctionnement hydraulique du cours d'eau étudié si on peut reconstituer avec précision la géométrie du chenal (Baker, 1989 ; Arnaud-Fassetta,

2007 ; Thorndycraft *et al.*, 2011). Dans les systèmes peu ou pas confinés que j'ai étudiés, ces informations sont souvent difficiles à réunir sur le temps long. C'est pourquoi j'ai privilégié la description précise de l'architecture alluviale et des faciès sédimentaires complétée par les analyses de laboratoire afin d'identifier les mutations des formes fluviales (macro-, méso- et microformes de la classification de J. Lewin, 1978) qui permettent de décrire les métamorphoses du style fluvial (Schumm, 1977 ; Brierley et Fryirs, 2005).

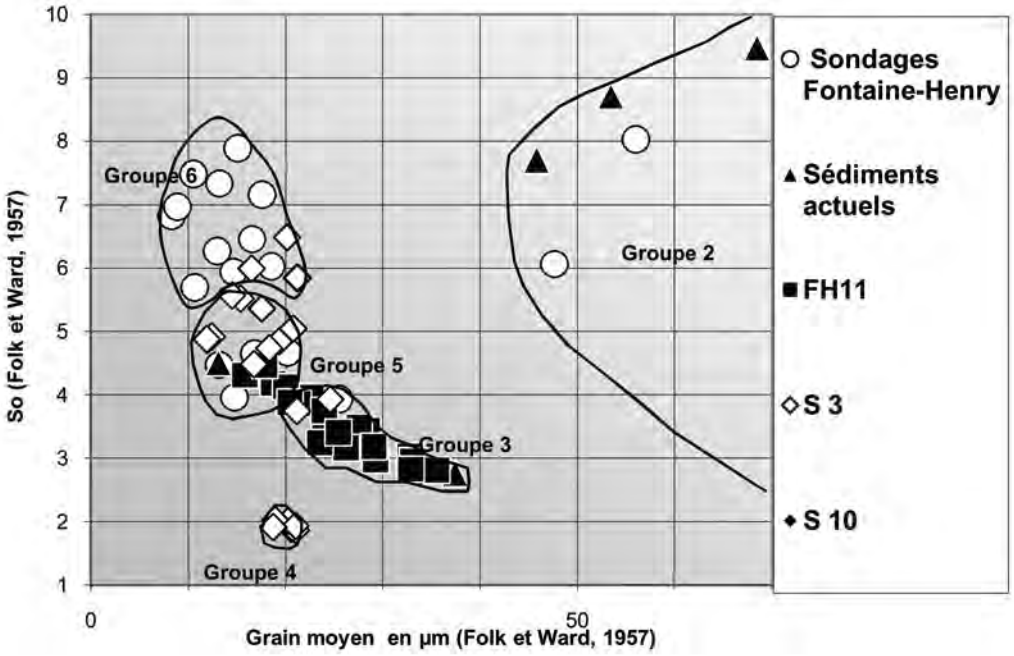


Fig. 8 - Diagramme représentant la distribution granulométriques des sédiments de la vallée de la Mue

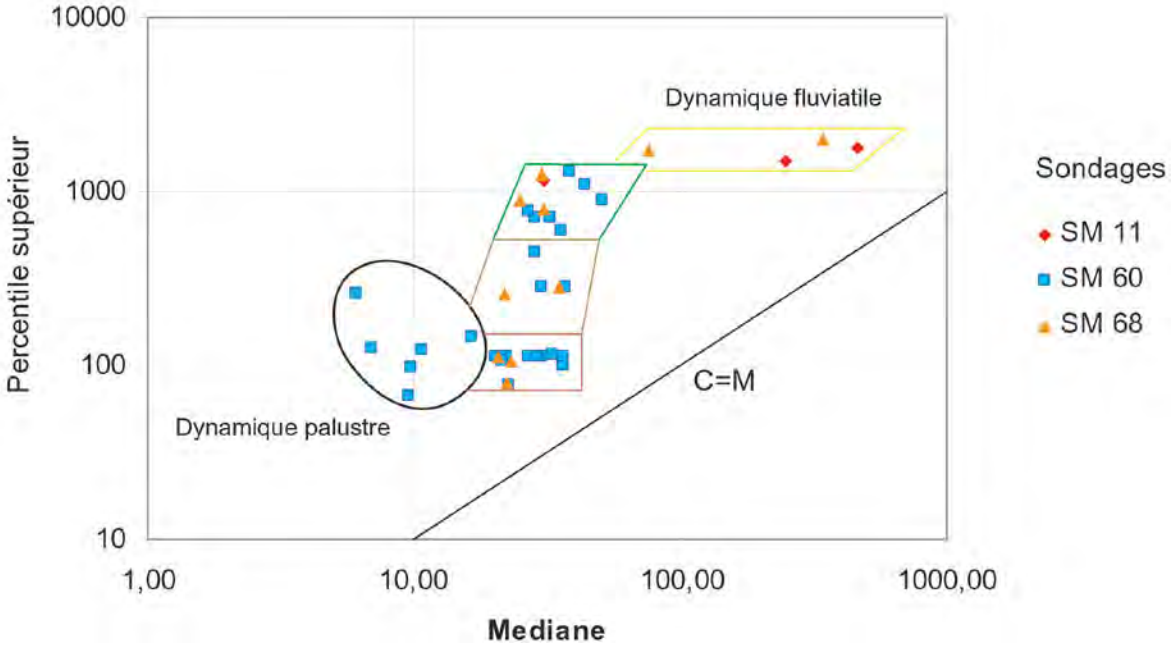


Fig. 9 - Image CM des sédiments du remplissage holocène de l'Anse Saint-Martin et du ruisseau de la Sainte Hélène à La Hague

3.2.3. L'apport des analyses micromorphologiques

L'effort analytique a porté principalement sur le développement des analyses micromorphologiques, qui ont pour objectif la description à l'échelle microscopique des sédiments meubles. J'ai pratiqué ce type d'analyses sur des sédiments archéologiques pour des travaux sur les pratiques de construction et d'utilisation des ressources en terre par les populations néolithiques (Germain-Vallée *et al.*, 2011). Je les ai également utilisées pour caractériser les évolutions pédologiques des formations colluviales en Grèce et en Normandie ainsi que les processus pédologiques complexes qui affectent les sols de la Plaine de Caen (Germain-Vallée et Lespez, 2011). Une grande partie de ce travail a été effectuée avec C. Germain-Vallée, archéologue-géoarchéologue au Service Départemental de l'Archéologie du Calvados. L'essentiel des investigations a été effectué sur des sédiments des plaines d'inondation afin de préciser les descriptions macroscopiques réalisées sur le terrain ou sur les carottes et les résultats des analyses granulométriques. C'est la conjonction de ces trois approches qui m'a en général permis de définir les faciès sédimentaires des environnements fluviaux et fluvio-palustres ou fluvio-estuariens étudiés.

Quel que soit l'objectif de la recherche, la méthode employée est au départ identique. Les blocs de sédiments prélevés sur le terrain ou dans le contenu des carottes sont indurés au laboratoire selon les méthodes mises au point par P. Guilloré (1985) afin qu'ils puissent ensuite être découpés à la scie. La plaquette d'épaisseur centimétrique qui est alors obtenue est collée sur une lame de verre avant d'être réduite à une épaisseur micrométrique par une rectifieuse afin d'être observable au microscope polarisant (Fig. 10). Trois types d'observations complémentaires sont réalisés : (1) en lumière polarisée non analysée (LPNA) qui donne une restitution proche de la lumière naturelle, (2) en lumière polarisée analysée (LPA) pour compléter l'analyse pétrographique et identifier les différents minéraux contenus dans le sédiment, et enfin (3) en lumière incidente (LI) qui permet d'identifier les particules carbonisées et la nature des oxydes de fer. La chaîne de litholamellage acquise par le Geophen-UMR LETG 6554 CNRS permet de réaliser des lames de grande taille, 13x6 cm (Photo 14). Celles-ci offrent l'opportunité de décrire plusieurs unités micro-stratigraphiques et leurs contacts ainsi que l'organisation pédologique du sédiment et les migrations verticales qui caractérisent certains traits pédologiques. Les pédosédiments sont décrits selon les référentiels en vigueur (Bullock *et al.*, 1985 ; Courty et Fédoroff, 2002) et une attention particulière est accordée aux différents traits pédologiques (micro-agrégation, humification, activité biologique, les traits d'hydromorphie, d'oxydation et de dessiccation). Dans les contextes de plaine d'inondation à sédimentation rapide, la préservation de l'organisation microstratigraphique du sédiment permet d'accéder à une résolution temporelle nouvelle. Ainsi les analyses développées avec Y. Le Drezen à propos des sédiments des mares résiduelles des plaines d'inondation de l'Holocène Récent de la vallée amont du Yamé (Le Drezen, 2008 ; Le Drezen *et al.*, 2010) ont mis en évidence la succession de faciès alluviaux puis d'émergence et de dessiccation qui indiquent des dépôts saisonniers (Fig. 11) assimilables aux dépôts varvés définis initialement dans les lacs proglaciaires et étendus aujourd'hui à différents types de contexte lacustre (Zolitschka *et al.,* 2003). L'extension de cette approche à l'ensemble des formations de l'Holocène à Ounjougou conduit à propveoser un indice de dessiccation décrivant l'évolution de la saisonnalité au cours des dix derniers millénaires dans cette zone au climat soudano-sahélien (Tab., 3 ; Lespez *et al.*, 2011).

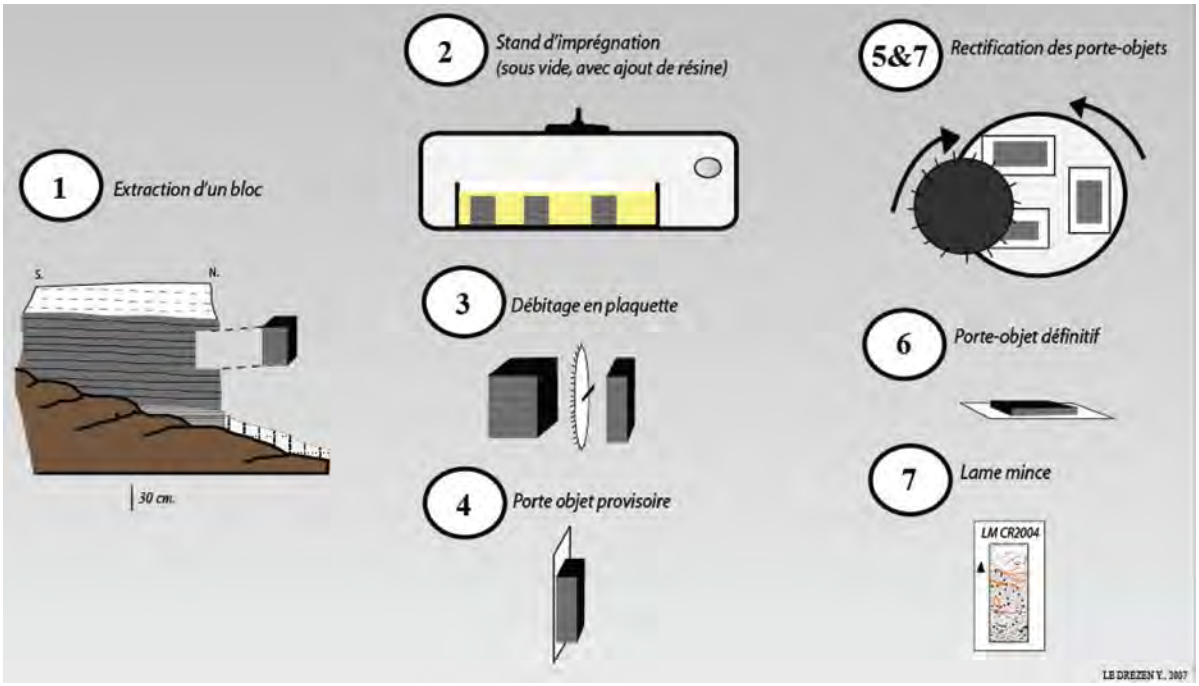


Fig. 10 - Les opérations nécessaires à la fabrication d'une lame mince pour l'analyse micromorphologique (réalisation Y. Le Drezen)

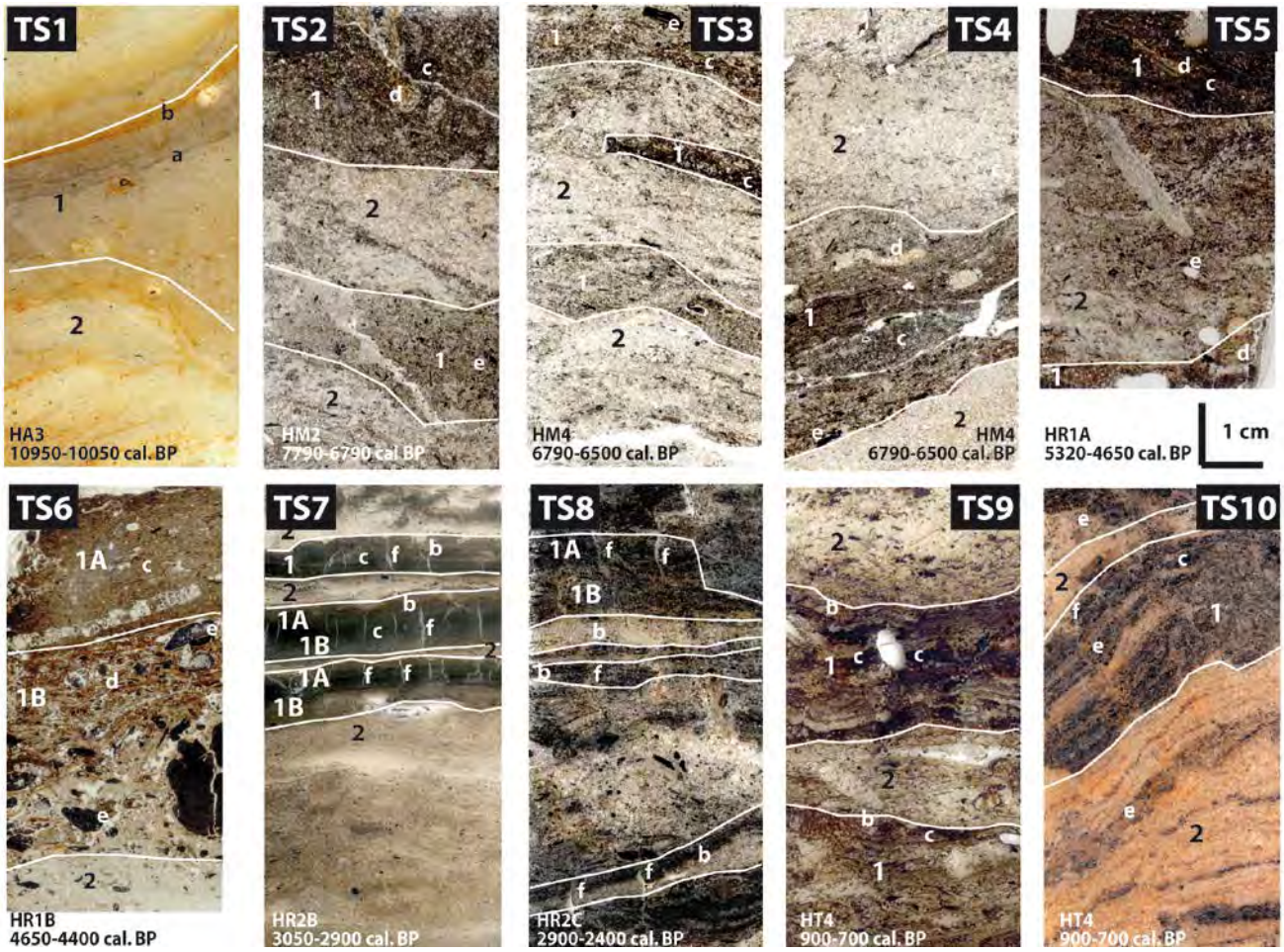


Fig. 11 - Les faciès sédimentaires d'après les lames minces réalisées à Ounjougou dans la vallée du Yamé (Lespez et al., 2011)

Facies assemblage code	Description	Lithofacies assemblage (Miall, 1996)	M	C99	Grain size group	Desiccation Index	Interpretation
F1	Planar cross-bedded or horizontally bedded gravel with cobbles and mudballs	Gh, Gp	> 4000 µm	> 14000 µm	1	-	Midchannel, lateral gravel bars and bedforms
F2	Horizontal to cross-bedded coarse sand with gravels	Sp, Sh, Sl	500-2000 µm	3000-8000 µm	2	-	Midchannel, lateral sand bars and bedforms
F3	Lenses of coarse sand and gravel	Gt	500-3000 µm	3000-20000 µm	2	-	Flood channel
F4	Laminated coarse sand with gravels	Sh	400-1200 µm	1400-3000 µm	3	-	Sand sheet deposited out of main channel
F5	Laminated dark silty sand with abundant charcoal, leaf, organic remains	Fl	50-1200 µm	900-3000 µm	3, 4	0	Standing pools in a swampy floodplain during low-stage
F6	Laminated silty sand with Charcoal, organic remains alternating with F7, F8a, b	Fl	100-600 µm	1000-3000 µm	3	-	Sand sheet deposited out of main channel
F7	Laminated (rhythmic) greyish silt with charcoal, altered organic remains, alternating with F6	Fl	8-100 µm	80-800 µm	4, 5	1	Standing pools in a swampy floodplain during low-stage
F8a	Laminated (rhythmic) greyish silt with charcoal, organic remains, oxidation border, alternating with F6	Fm	8-60 µm	80-300 µm	5	2	Drying ponds in floodplain
F8b	Laminated (rhythmic) greyish silt with charcoal, organic remains, oxidation border, desiccation cracks, alternating with F6	Fm	8-60 µm	80-200 µm	5	3	Drying ponds in floodplain
F9	Mud with bioturbations and pedogenetic features		8-100 µm	80-800 µm	4,5	4	Floodplain palaeosol (gleying)

Tab. 3 - Les faciès identifiés d'après les analyses micromorphologiques d'Ounjougou et la détermination d'un indice de dessiccation (Lespez et al., 2011)

3.3. Les analyses paléobiologiques dans les systèmes fluvio-palustres

La restitution des paysages dans leur ensemble nécessitait de développer, au côté des recherches géomorphologiques, des analyses paléobiologiques. Celles-ci ont été conduites sur les sédiments échantillonnés dans les carottages ou les coupes relevées sur le terrain. L'essentiel de nos efforts a d'abord porté sur la mise en place de recherches conjointes avec les palynologues même si des collaborations ponctuelles ont également concerné la malacologie et l'étude des diatomées. Parallèlement, la mauvaise conservation des grains de pollen dans certains environnements fluviaux, en particulier détritiques, a stimulé mon intérêt pour d'autres indicateurs du changement de la végétation susceptibles d'être conservés dans les archives alluviales. La nécessité de développer de nouvelles études exploratoires mais encore plus intégrées s'est alors imposée. Elles ont eu pour objectif de développer des méthodes pour comprendre la taphonomie et tester la représentativité spatiale et temporelle de ces indicateurs pour la compréhension des milieux fluvio-palustres. C'est ce que nous avons commencé à entreprendre avec Y. Le Drezen et B. Vannière autour du signal incendie et avec A. Garnier et K. Neumann pour les phytolithes.

3.3.1. Le recours à des méthodes classiques

3.3.1.1. Les analyses polliniques

En Normandie, la collaboration avec M. Clet-Pellerin a permis d'effectuer systématiquement des analyses polliniques dans les archives sédimentaires étudiées. Cette collaboration se poursuit aujourd'hui avec les palynologues du laboratoire CREAAH-UMR 6566 CNRS de Rennes (D. Barbier-Pain, A. Ganne, D. Aoustin et C. Leroyer). Au total, ce sont 12 diagrammes polliniques inédits qui ont été publiés et trois autres qui sont en cours de réalisation. En Grèce, les données polliniques produites à partir du marais de Ténaghi-Philippon (Wimjstra, 1969 ; Greig et Turner, 1975 ; Pross *et al.*, 2009 ; Peyron *et al.*, 2011) ont pu être utilisées et comparées à deux diagrammes polliniques nouveaux (Lespez *et al.*, 2000 ; Lespez *et al.*, en prep.) grâce à la collaboration avec J.-A. Lopez-Saez du CSIC de Madrid. En Afrique, nous avons pu nous appuyer sur la collaboration avec A. Ballouche et Y. Le Drezen (Le Drezen, 2008 ; Le Drezen et Ballouche, soumis).

3.3.1.1.1. Démarche

Dans les trois terrains d'étude, les sédiments utilisés sont principalement constitués par les sédiments organiques comme les limons tourbeux et la tourbe des zones humides des plaines littorales ou des fonds de vallée qui piègent chaque année les grains de pollen produits par la végétation environnante et transportés par l'eau et par le vent. Les sédiments lacustres ou des tourbières ombrogènes sont souvent préférés pour la reconstitution des dynamiques paysagères. Néanmoins, en l'absence de ce type d'environnement dans les espaces investigués, le choix s'est porté sur les sédiments organiques fluviatiles qui ne possédaient pas que des inconvénients pour la recherche comme l'avaient montré C. Leroyer (1997) et A. G. Brown (1997) par exemple. Cependant, les enregistrements polliniques des plaines d'inondation souffrent de maux majeurs (Brown, 1997). Tout d'abord, les milieux fluviaux ne sont pas les plus favorables à la conservation des grains de pollen. Les fluctuations du niveau de la nappe phréatique soumise à des périodes d'exondation peuvent engendrer l'oxydation des grains de pollen alors que les sédiments alluviaux favorisent leur abrasion. Ainsi certains grains sont plus facilement altérés comme ceux des peupliers alors que d'autres sont plus résistants

comme ceux des fougères, ce qui peut expliquer leur surreprésentation. Ensuite, la végétation boisée, caractérisée par une canopée presque continue qui occupait souvent les plaines d'inondation avant leur mise en valeur par les hommes, crée un masque qui empêche l'enregistrement des grains de pollens des espaces environnants. L'enregistrement pollinique ne permet alors que d'écrire l'histoire de la plaine d'inondation tandis que celle de la végétation des plateaux, voire des versants voisins, demeure inaccessible (Fig. 12). Cependant les travaux de C. Leroyer dans le Bassin de Paris et d'A. Brown dans le sud de l'Angleterre montrent que ces enregistrements peuvent être performants pour restituer l'histoire des paysages et de leur anthropisation. Ils permettent de s'appuyer sur des séquences longues de plusieurs millénaires quand les archives sédimentaires sont dilatées. Dans ce cas, l'irruption des hommes dans les milieux biophysiques peut être parfaitement diagnostiquée (Brown, 1997 ; Leroyer, 1997, 2004). Quand les séquences longues n'existent pas, la restitution de l'évolution de la végétation peut également s'appuyer sur la multiplication de séquences courtes bien datées dans des environnements parfaitement connus (Leroyer, 1997 ; Leroyer et Allenet, 2006). De plus, les études sur le transport pollinique actuel par les cours d'eau montrent que la sédimentation pollinique dans les systèmes fluviaux est un bon révélateur de la végétation du bassin versant, y compris des activités agro-pastorales qui s'y développent, car les grains de pollen sont principalement transportés lors des crues (Brown *et al.*, 2007). Enfin, les fonds de vallées et les plaines littorales ont précocement constitué des espaces attractifs pour les populations. Les enregistrements disponibles sont alors au plus près des communautés humaines et permettent de suivre précisément les conséquences de leurs activités sur la végétation (Brown, 1997 ; Leroyer, 2004 ; Leroyer et Allenet, 2006). C'est en s'appuyant sur ces observations que nous avons conduits nos recherches avec M. Clet-Pellerin et J. A. Lopez-Saez dans les basses vallées de la Dives et du Strymon et dans la vallée de la Mue, en nous appuyant sur de longues séquences le plus souvent situées à proximité de sites archéologiques fouillés (Lespez *et al.*, 2008, 2010, 2011) et dans la péninsule de La Hague (Lespez *et al.*, 2004, 2011) et la plaine de Philippes-Drama (Lespez *et al.*, 2000, en prep.) en multipliant les séquences plus courtes dans des environnements bien connus.

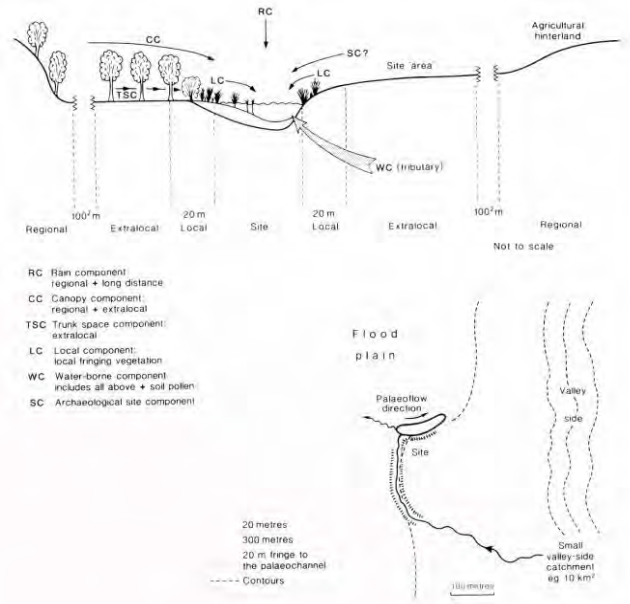


Fig. 12 - A modified version of the Tauber model for a small oxbow lake (Extrait de Brown, 1997)

3.3.1.1.2. Méthodes

L'interprétation des données a ensuite donné lieu à un dialogue interdisciplinaire approfondi. Le travail du palynologue consiste d'abord à extraire les grains de pollen des sédiments suite à un traitement chimique en laboratoire. Les grains sont ensuite identifiés et comptés grâce à une analyse au microscope. Chaque niveau prélevé renferme un spectre pollinique comportant un certain nombre de genres ou d'espèces végétales qui correspondent à la pluie pollinique de la végétation locale ou régionale. La détermination se fait au niveau du genre et parfois de l'espèce mais aussi au niveau des familles, comme pour les Poacées et les fougères par exemple. Les grains de pollen d'arbres (AP) et d'herbacées (NAP) sont en général différenciés dans le diagramme pollinique général (Fig. 13). La reconstitution de l'évolution de la végétation en un point donné mais aussi l'identification des traces des activités humaines s'appuient sur l'interprétation des différents spectres polliniques. Le dialogue avec le palynologue débute alors : il s'agit de comprendre la signification du diagramme en fonction de la connaissance de l'écologie des plantes identifiées, du terrain investigué, des formations végétales potentielles qu'il a pu héberger et des données archéologiques disponibles. En Grèce du Nord, le travail conduit avec J. A. Lopez-Saez a pu être enrichi par d'autres indicateurs très utiles pour la lecture de l'anthropisation des paysages : les microrestes non polliniques. Cette analyse qui tend à s'imposer aux côtés des études polliniques classiques renforce le spectre des indicateurs des actions humaines. Il est en effet possible d'identifier des espèces significatives du piétinement, de la pratique du feu ou de l'élevage (coprophyles) par exemple.

La volonté de restituer les résultats de ces travaux aux archéologues non spécialistes de ces questions, nous a conduit à produire des images simplifiées de ces enregistrements polliniques sous la forme de diagrammes d'anthropisation visant à montrer les changements du couvert végétal sous l'action des sociétés (Leroyer, 1997 ; Barbier *et al.*, 2002). En Normandie, à la suite des travaux de D. Barbier (1999), nous avons décidé de construire des diagrammes miroirs autour d'un axe central (Fig. 14). La partie droite du diagramme est basée sur les pourcentages cumulés des différents groupes de taxons calculés à partir de la somme totale des grains de pollen et des spores comptés. La partie gauche du diagramme représente les pourcentages cumulés des différents groupes de taxons calculés à partir de la somme totale amputée des pourcentages de grains de pollen d'aulne et de saule ainsi que des autres taxons représentant la végétation des zones humides locales. Dans l'exemple illustré, ces diagrammes ont été adaptés à la végétation du nord Cotentin et quatre groupes de taxons servent à l'interprétation. La partie centrale indique les plantes cultivées (avec les céréales en particulier), et comme généralement, dans les sondages étudiés, leurs valeurs sont peu élevées, leur ont été ajoutées les plantes messicoles et adventices des champs cultivés. Un deuxième groupe représente les plantes rudérales, c'est-à-dire les groupements végétaux associés à la proximité des occupations humaines comme les bords de chemins, les décombres, etc. ... Puis vient le groupe des graminées. L'ensemble des taxons de la lande à bruyère et des fougères de zones humides ou des landes sont regroupés sous l'appellation fougères et landes. Enfin, la dernière courbe décrit le couvert forestier, avec en particulier le chêne, le noisetier, le bouleau, auxquels s'ajoutent, quand le calcul est basé sur la somme totale (partie droite du diagramme), l'aulne et le saule. La diminution régulière mais constante du couvert forestier associée au développement des espèces de landes, des terrains incultes et surtout des plantes rudérales, cultivées et des adventices, indique l'ouverture progressive des paysages pour leur mise en culture, le développement de prairies ou de landes pâturées depuis le Néolithique récent.

3.3.1.1.3. La représentativité spatiale des analyses polliniques

Un des enjeux des recherches paléoenvironnementales est de déterminer l'état du paysage et en particulier de la couverture végétale aux alentours des archives sédimentaires étudiées. Les analyses palynologiquess pratiquées ont eu pour objectif de décrire les évolutions qui caractérisent les zones humides qui servent de base à l'étude (végétation dite locale) mais aussi de dépasser ce cadre spatial restreint pour renseigner des échelles spatiales plus larges, susceptibles de nous indiquer des transformations paysagères de plus grande ampleur (végétation dite régionale). Ces problèmes récurrents d'interprétation spatiale des données polliniques donnent lieu à de nombreuses recherches qui tentent de modéliser le lien entre l'enregistrement ponctuel donné par un sondage et les espaces environnants, en tenant compte de plusieurs paramètres et en particulier de la productivité pollinique des différentes espèces (Broström *et al.*, 2008) et de leur dispersion et sédimentation différentielles en fonction de l'hétérogénéité de l'espace géographique (parmi de nombreuses recherches, on peut citer : Sugita, 1993 ; Bunting et Middleton, 2005 ; Court-Picon *et al.*, 2005 ; Fyfe, 2006 ; Caseldine *et al.*, 2007 ; Sugita, 2007a, b ; Mazier *et al.*, 2006 ; Gaillard *et al.*, 2008). N'ayant pas eu la chance de travailler avec des palynologues pratiquant ce type d'approche, j'ai privilégié une démarche empirique en multipliant les analyses pour tenter d'appréhender les effets d'échelles et le rôle de l'hétérogénéité de l'espace. Celle-ci peut être illustrée à l'aide de deux exemples.

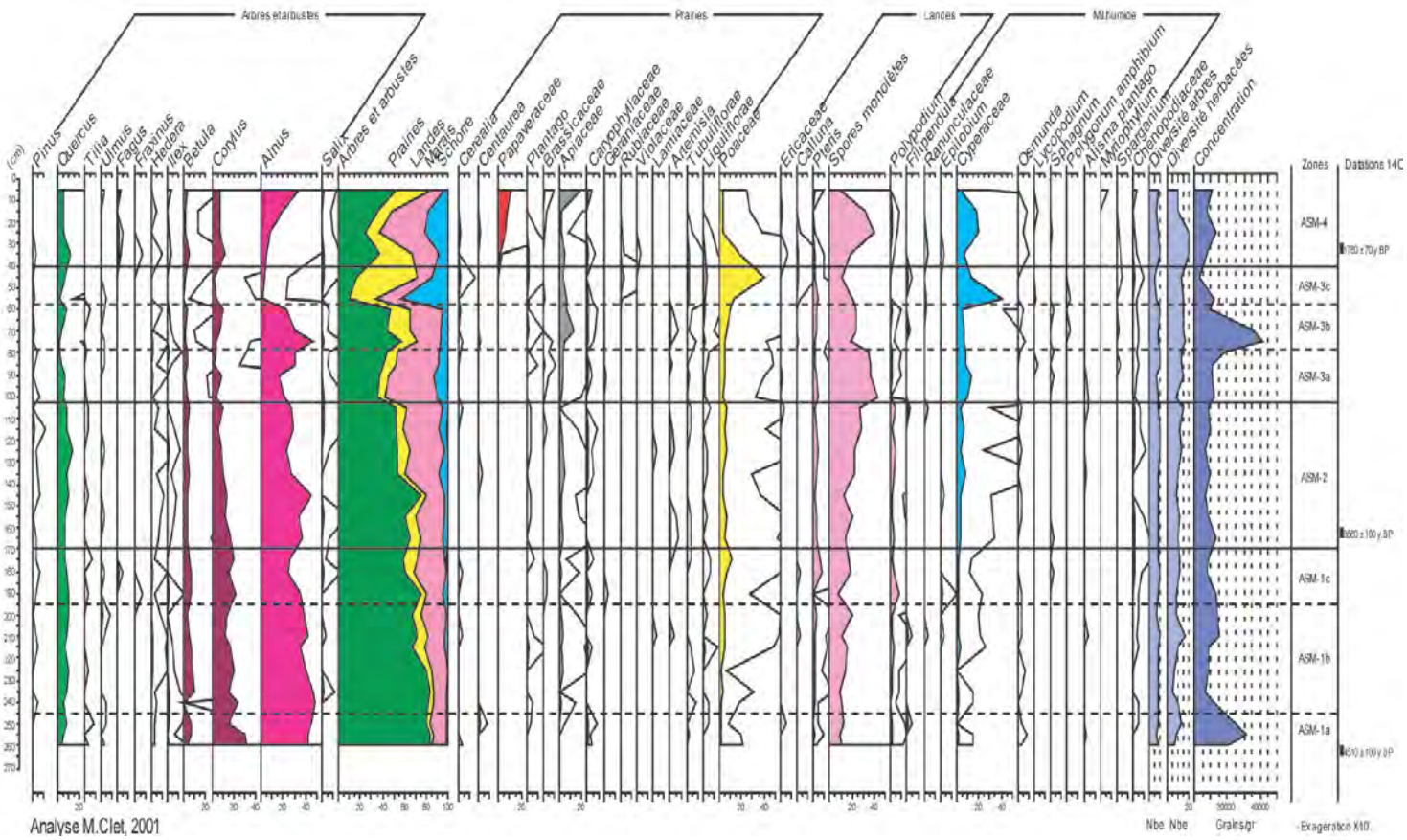


Fig. 13 - Diagramme pollinique du sondage SM 60 dans l'Anse Saint-Martin (analyse et réalisation M. Clet-Pellerin in Lespez et al., 2004)

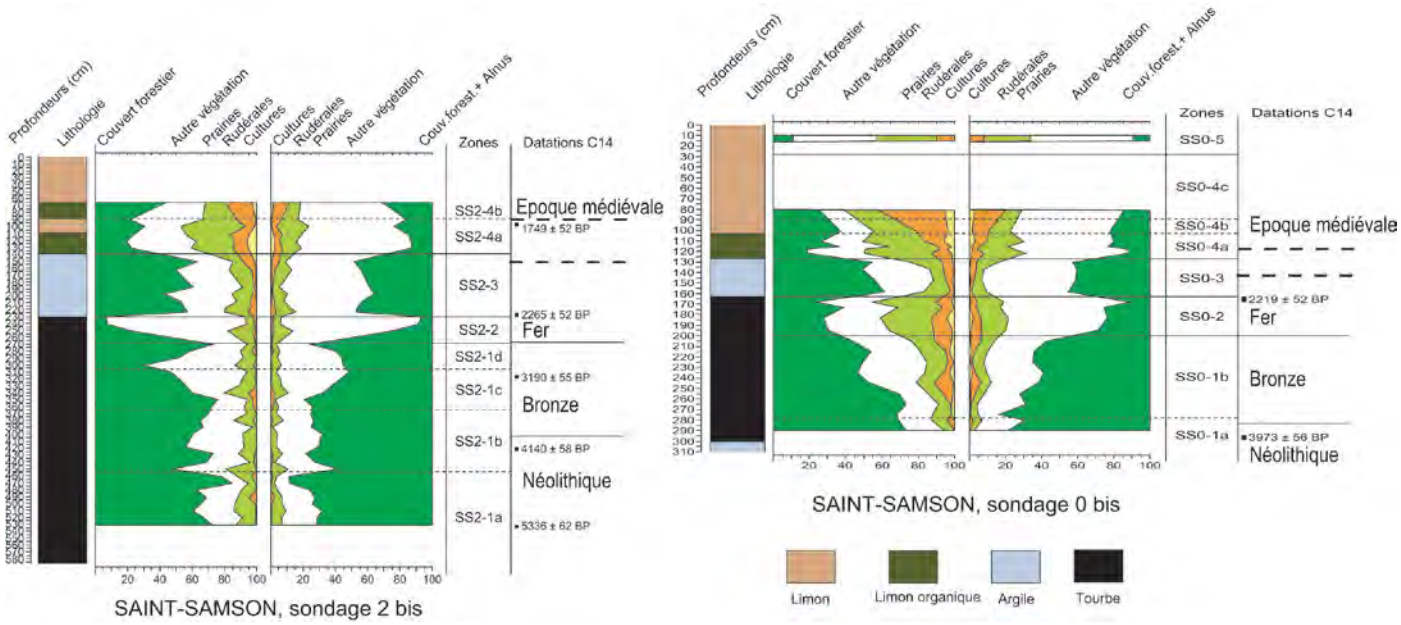


Fig. 14 - Diagrammes d'anthropisation des carottages C2 et C0 dans la basse vallée de la Dives (analyse et réalisation M. Clet-Pellerin)

Dans la basse vallée de la Dives, plusieurs carottages ont fait l'objet d'analyses polliniques afin de mettre en évidence l'évolution générale et les effets de site. Ainsi, le long du transect de Troarn, large de 1500 m, deux carottages distants d'environ 500 m ont été analysés. Le premier (C2) est situé au centre du fond de vallée et des zones humides tourbeuses qui le caractérisent du Néolithique à l'âge du Bronze. En revanche, le second (C0) est plus proche de la rive droite du cours principal de la Dives et de la butte de St Samson qui la domine. La comparaison des deux diagrammes d'anthropisation (fig. 14) met clairement en évidence des différences importantes dans l'apparition des plantes cultivées. Elle démontre localement le rôle de masque joué longtemps par l'aulnaie comme cela a largement été attesté ailleurs. Cette observation confirme l'importance du choix raisonné de l'implantation des carottages et de la discussion approfondie des résultats afin de définir, en particulier, leur échelle de validité.

Une autre observation réalisée à La Hague souligne cette nécessité. L'anse Saint-Martin a fait l'objet de carottages à la sonde russe ayant donné lieu à des analyses polliniques. La tourbière la plus récente étant toujours active, un modèle d'âge a pu être établi en tenant compte de trois dates obtenues sur les horizons les plus profonds et de la grande régularité des taux de sédimentation observés pour ces sédiments dans la péninsule. Dès lors, il nous a semblé intéressant de comparer ces données paléonvironnementales aux données historiques afin de tester de manière empirique la représentativité des analyses polliniques comme cela a pu être fait dans d'autres contextes géographiques (Nielsen et Vad Odgaard, 2005 ; Andric *et al.*, 2010). À La Hague, il est possible de comparer l'enregistrement pollinique avec l'état des paysages et de l'occupation du sol pour les 19e et 20e siècles tel qu'il a pu être restitué par l'étude du cadastre napoléonien puis de la photo-interprétation (fig. 15). La méthodologie adoptée repose sur la comparaison du pourcentage relatif obtenu par 5 groupes de taxons polliniques représentatifs de milieux différents (bois, cultures, landes et friches, prairies, zones humides et aquatiques) avec la part occupée par ces différents milieux dans trois unités géographiques emboitées : la plaine littorale et ses zones humides, la plaine littorale et les versants qui la dominent directement et enfin l'ensemble des bassins versants qui sont drainés vers la plaine littorale (Lespez *et al.*, 2011). Pour les trois dates concernées, les zones humides et les espaces boisés apparaissent surreprésentés par

rapport à leur importance spatiale. Dans le premier cas, il s'agit tout simplement du poids des milieux d'enregistrement qui environnent directement le point de carottage qui s'exprime. Dans le second, c'est plutôt la productivité pollinique de nombreuses espèces arborées et arbustives qui intervient ainsi que la capacité de ces grains de pollen au transport qui explique vraisemblablement leur surreprésentation relative. Celle-ci est d'autant plus notable que les grains de pollen issus des espaces cultivés (plantes cultivées adventices et messicoles) apparaissent au contraire issus d'espèces à la productivité pollinique plus faible et qui pour partie sont beaucoup moins favorables au transport. Au bilan et dans le cas étudié, il semble bien que la représentativité spatiale des données polliniques dépasse le cadre immédiat de la plaine littorale et va jusqu'aux versants qui la dominent immédiatement. En revanche, les données polliniques apparaissent peu significatives de l'évolution de la végétation au-delà. Ainsi, les interfluves qui arment la péninsule de La Hague et qui sont le siège d'une activité humaine importante depuis l'âge du Bronze comme en témoignent les recherches archéologiques (Marcigny, 2010) échappent sans doute encore aux investigations paléoenvironnementales. Cette difficulté du passage de l'enregistrement pollinique à la restitution paysagère explique la nécessité d'interpréter les données avec un spécialiste et montre la part d'interprétation, et donc d'incertitude, qui demeure dans le travail du paléoenvironementaliste quelles que soient les méthodes de généralisation utilisées.

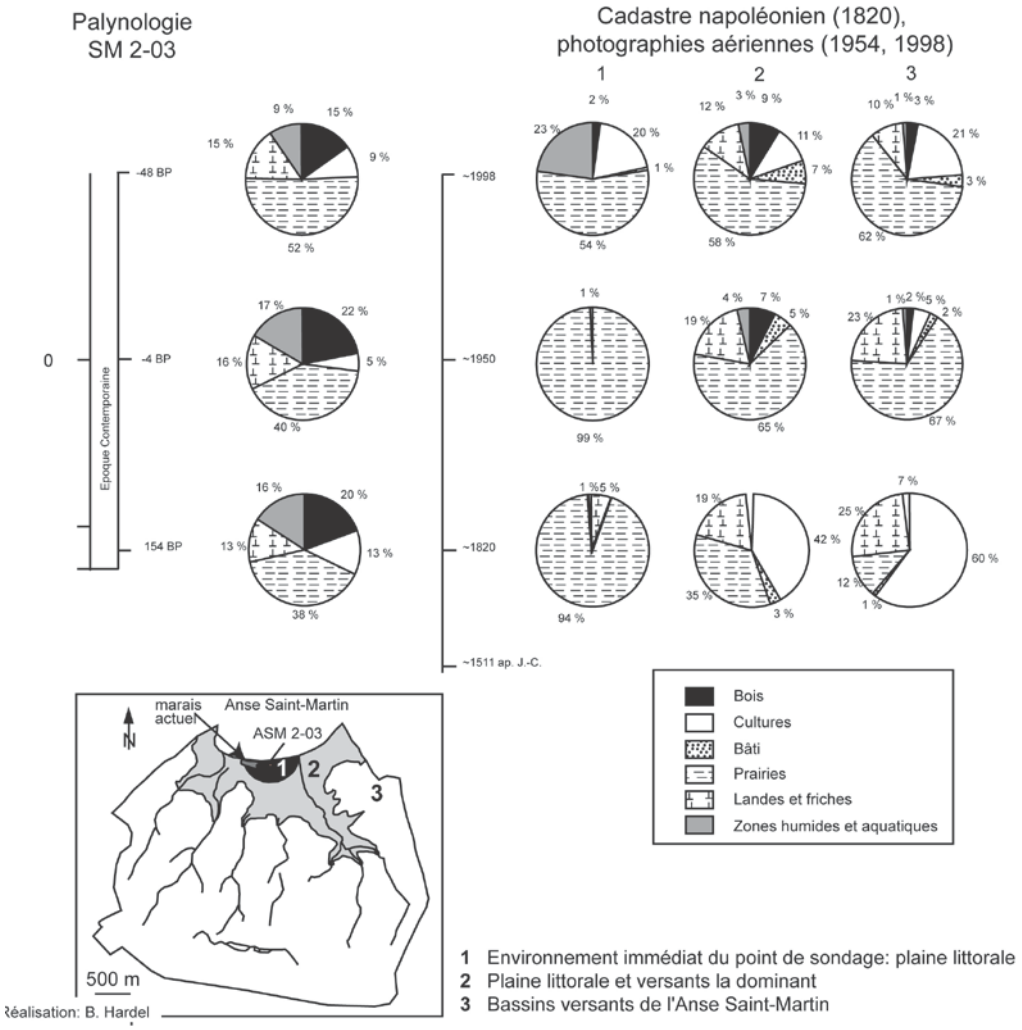


Fig. 15 - Comparaison des analyses polliniques et des données cadastrales dans l'Anse Saint-Martin à La Hague

De manière complémentaire, d'autres analyses ont été pratiquées en Basse-Normandie. Il s'agit des études malacologiques développées par N. Limondin-Lozouet (LGP-UMR 8591 CNRS) sur la sédimentation tufacée de la vallée de la Mue et de l'analyse de diatomées conduites dans les formations argilo-limoneuses du colmatage holocène de la basse vallée de la Dives grâce à une collaboration avec G. Hermier (M2C-UMR 6143 CNRS). Dans les deux cas les informations obtenues ont largement contribué à la connaissance des sites étudiées (Lespez *et al.*, 2005, 2008, 2010) mais elles n'ont pas conduit à des développements méthodologiques nouveaux.

3.3.2. Le développement de nouvelles méthodes d'analyse des systèmes fluviaux et de leurs paysages

La mauvaise conservation des grains de pollen dans certains environnements fluviaux, en particulier détritiques, a stimulé mon intérêt pour d'autres indicateurs du changement de la végétation environnante susceptibles d'être conservés dans les archives alluviales. Celui-ci s'est trouvé renforcé par le potentiel offert par les archives alluviales pour certaines analyses paléoenvironnementales à condition de développer des méthodes qui s'appuient sur la spécificité des milieux étudiés.

3.3.2.1. Le signal incendie

Malgré le rôle des incendies dans la structuration des paysages africains et méditerranéens, les études sur les incendies au cours de l'Holocène ont longtemps été moins développées qu'en Amérique du Nord et dans les zones boréales en général (Power *et al.*, 2008). L'abondance des particules carbonisées est considérée comme un bon marqueur de la fréquence des incendies dans une région donnée (Power *et al.*, 2008). En Afrique soudano-sahélienne comme dans le monde méditerranéen, les investigations ont privilégié les environnements lacustres (Salzmann, 2000 ; Vannière *et al.*, 2011). Les investigations menées dans les milieux fluviatiles sont traditionnellement rejetées car elles seraient moins susceptibles de fournir un signal régional et parce que les conditions de préservation du signal incendie seraient moins bonnes et qu'elles auraient une plus faible résolution temporelle (Vannière *et al.*, 2011). C'est avec ces limites en tête qu'une collaboration a été entamée avec B. Vannière (Chrono-environnement UMR-6249 CNRS) dans le cadre de la thèse de Y. Le Drezen.

Les résultats de ces travaux, malheureusement non encore publiés, montrent le potentiel des études du signal incendie dans les milieux fluviaux à condition de bien établir le lien entre le milieu de sédimentation et le signal enregistré. En effet, les dépôts saisonniers de la vallée du Yamé offrent un potentiel exceptionnel par leur résolution saisonnière (Le Drezen, 2008 ; Le Drezen *et al.*, 2010). Les analyses micromorphologiques mettent en évidence la succession de trois phases dans le remplissage des mares de la plaine d'inondation (Fig. 17). Le matériel grossier déposé pendant la saison des pluies est recouvert par une sédimentation de fines de décantation qui intervient à la fin de la saison des pluies et au début de la saison sèche avant que les traits d'oxydation et de dessiccation montrent un assèchement des mares au cours de la saison sèche. Le dénombrement des particules carbonisées supérieures à 100 µm et l'appréciation de leur réflectance permettent à Y. Le Drezen de proposer une lecture saisonnière du signal incendie. Elle suggère une fréquence annuelle des feux depuis le milieu du 2e millénaire av. J.-C. au moins et l'existence de feux précoces dont l'origine anthropique peut être supposée (Fig. 18 ; Le Drezen, 2008). Cette recherche comme celle pratiquée aujourd'hui dans la basse vallée du Strymon contribue à réhabiliter l'intérêt des études du signal incendie dans les systèmes fluviaux soit parce qu'ils possèdent des caractéristiques proches des lacs peu profonds (système fluvio-lacustre du Strymon) soit parce qu'ils offrent des sédiments dont la résolution temporelle n'a pas d'équivalent

dans la plupart des environnements lacustres ou tourbeux des espaces périméditerranéens ou soudano-sahéliens.

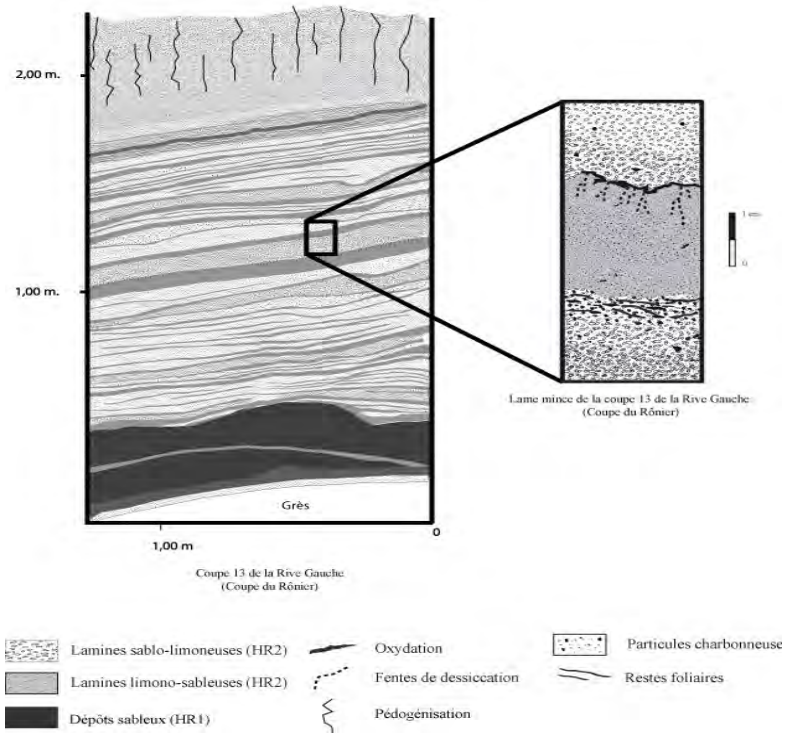


Fig. 16 - Sédimentation rythmée et particules charbonneuses à la fin de l'Holocène récent à Ounjougou (Y. Le Drezen, 2008)

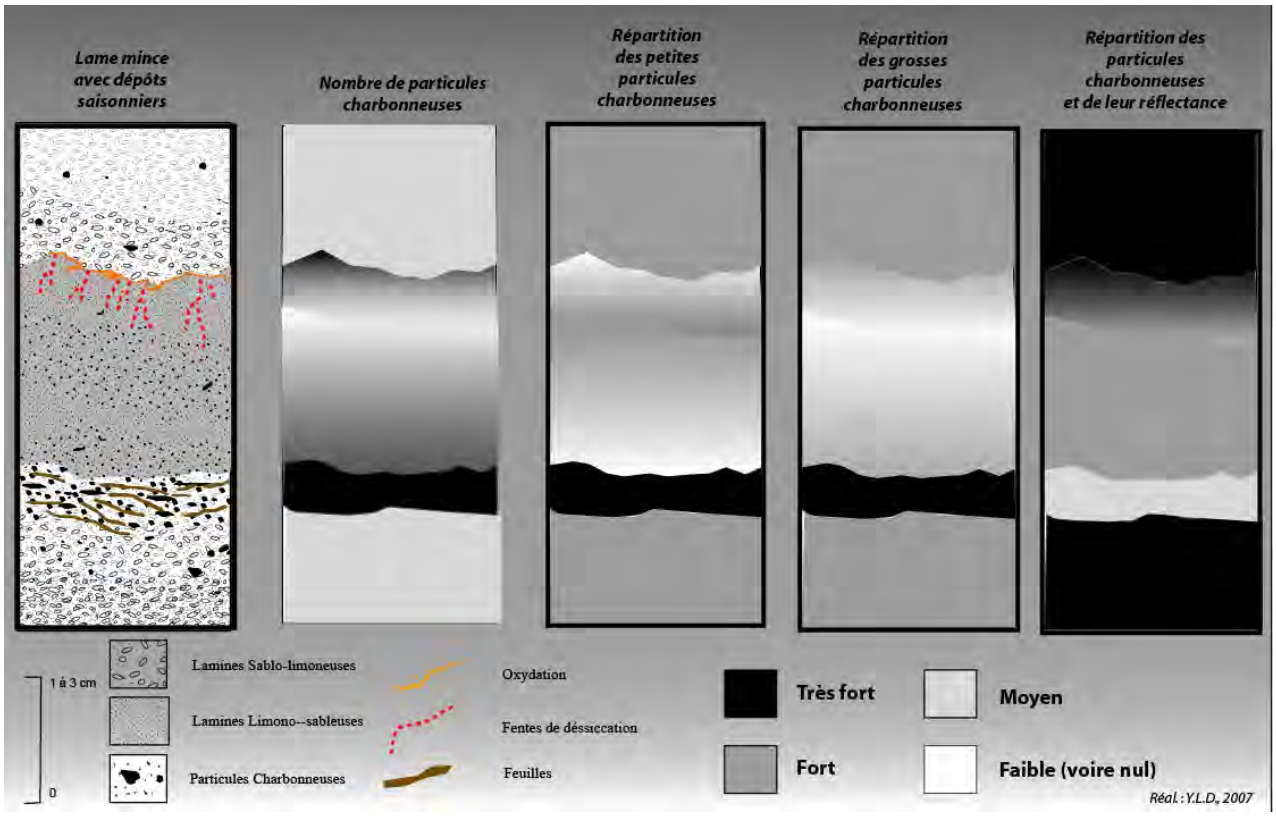


Fig. 17 - Modèle d'interprétation de la succession des feux et de leur enregistrement à la fin de l'Holocène récent à Ounjougou (Y. Le Drezen, 2008)

3.1.3.2. Les phytolithes

C'est dans le même esprit qu'ont été développées les recherches sur les enregistrements phytolithiques offerts par les archives alluviales du Yamé. Entamées par une collaboration avec K. Neumann (Laboratoire Archéologie et Archéobotanique africaine, U. Francfort) dans le cadre de l'étude des sédiments fluviatiles de l'Holocène ancien à Ounjougou (Neumann *et al.et al.*, 2009), elles trouvent aujourd'hui leur concrétisation dans la thèse d'A. Garnier.

3.1.3.2.1. Méthodes

Les phytolithes sont des particules d'opale qui se forment par précipitation de silice amorphe entre et dans les cellules de nombreuses plantes. De composition minérale, ils se préservent bien dans les sols et les sédiments même après la décomposition complète de la plante. Identifiés par la description de leur forme, comme les grains de pollen, ils possèdent des limites qui sont liées à leur mode de formation. Produit par différentes parties du végétal (feuilles, parties ligneuses…), un type phytolithique peut représenter plusieurs espèces (phénomène de redondance) alors qu'une espèce peut-être représentée par plusieurs morphotypes (phénomène de multiplicité ; Rovner, 1971). Néanmoins, leur morphologie est le plus souvent caractéristique de grands groupes végétaux (graminées, dicotylédones, palmiers …) et parfois d'une espèce (Piperno, 2006). Les études sur les phytolithes en Afrique en sont à leur début et les référentiels progressent (Runge, 1996, 1999 ; Barboni *et al.*, 1999, 2007 ; Mercader *et al.*, 2000 ; Barboni et Brémond, 2009 ; Eichhorn *et al.*, 2010) parallèlement aux recherches paléoenvironnementales (Alexandre *et al.*, 1997 ; Barboni *et al.*, 1999, 2007 ; Bremond *et al.*, 2005, 2008a,b ; Neumann *et al.*, 2009). Dans l'étude conduite par A. Garnier, trois grands groupes de phytolithes sont aujourd'hui distingués et interprétés à partir des échantillons de surface actuels et de la bibliographie disponible (Fig. 19 ; Garnier *et al.*, soumis). (1) Les dicotylédones ligneux sont composés de deux principaux morphotypes de phytolithes. Les « scléreides » qui se développent dans les feuilles des ligneux et les « globulaires décorés » principalement dans le bois (Neumann *et al.*, 2009). Ainsi, ces morphotypes peuvent être attribués à la strate arborée. (2) Par rapport aux autres analyses paléobiologiques, notamment la palynologie, l'étude des phytolithes permet de différencier la strate graminéenne (Twiss *et al.*, 1969 ; Bremond *et al.*, 2005 ; Piperno, 2006). Dans l'étude conduite par A. Garnier, trois des cinq sous-familles de Poaceae sont correctement différenciées par les types de phytolithes qu'elles produisent : Panicoideae, Chloridoideae, Bambusoideae. Elles sont significatives d'environnements différents, respectivement, les savanes soudaniennes, les savanes sahéliennes et les forêts galerie des zones soudaniennes. (3) Quatre types de phytolithes apparaissent caractéristiques de familles spécifiques. Le type « globular echinate » est produit dans les feuilles des Arecaceae, appelés aussi Palmae, que l'on retrouve actuellement en zone sahélienne, essentiellement au bord des cours d'eau. Les Cyperaceae produisent un phytolithe de type « sedge» très caractéristique pour cette famille. Les Cyperaceae se développent dans les bas-fonds sur des sols limoneux et humides. Ce sont aussi des espèces rudérales que l'on retrouve dans les champs sur les interfluves, notamment en zone soudanienne. La famille des Podostemaceae est une famille de plantes aquatiques fixées aux rochers dans des eaux douces rapides. Enfin, la famille des Commelinaceae a pu être précisément identifiée dans le cadre de la recherche (Eichhorn B. *et al.*, 2010). Il s'agit de plantes herbacées, largement répandues en zone sub-tropicale. On les retrouve soit en bord de cours d'eau, dans les sous-bois (Floscopa, Murdannia type), soit sur les interfluves gréseux dans des petites dépressions et fissures (Cyanotis lanata).

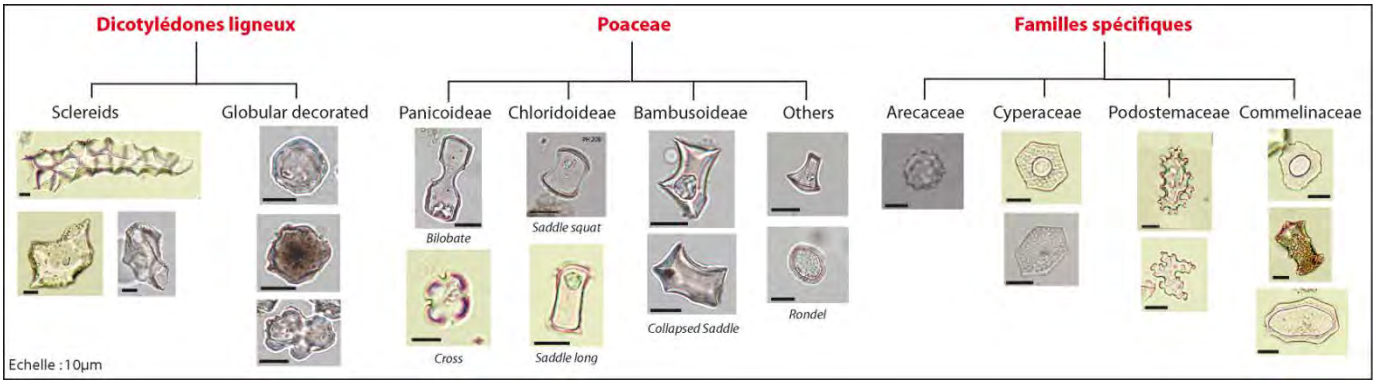


Fig. 18 - Les différents morphotypes diagnostiqués (Garnier, soumis)

Dans l'étude des phytolithes en Afrique (Garnier, soumis), deux approches ont été utilisées et testées. L'approche par indice, créée par le laboratoire CEREGE (Alexandre *et al.*, 1997 ; Barboni *et al.*, 1999, 2007 ; Bremond *et al.*, 2005, 2008a,b ; Alexandre et Brémond, 2009), s'appuie sur une petit nombre de morphotypes (entre 7 et 10) afin d'établir la relation entre la végétation et les paramètres climatiques tels que la température ou le degré d'aridité. L'approche dite « générale » a été développée notamment par K. Neumann à la suite de C. Strömberg (2004). Elle intègre l'ensemble des phytolithes diagnostics d'une espèce ou d'un groupe de végétation (souvent plus de 30) et contribue à une meilleure compréhension des dynamiques de végétation à l'échelle locale (Strömberg, 2004; Neumann *et al.*, 2009).

3.1.3.2.1. Phytolithes et système fluvial

Jusqu'à présent, en Afrique, les recherches paléoenvironnementales utilisant les phytolithes ont plutôt concerné le Pléistocène et les périodes de changements climatiques majeurs comme la transition entre le Pléistocène et l'Holocène Elles se sont principalement appuyées sur l'étude des sols (Runge, 1999) et des sédiments lacustres. Les recherches sur l'Holocène sont donc moins fréquentes et quand elles ont abordé les fonds de vallée, c'est le plus souvent par l'intermédiaire des sols alluviaux comme dans d'autres espaces (Delhon *et al.*, 2003, 2009). Nous avions donc comme ambition de développer pour la première fois en Afrique une recherche appuyée sur les archives alluviales dans leur globalité et utilisant les phytolithes comme indicateur des changements environnementaux. Les recherches ont montré que plusieurs facteurs sont responsables de la dispersion des phytolithes aux échelles locale et régionale : le vent, l'action combinée du feu et du vent, les transports par l'eau (ruissellement, écoulement fluvial) et le transport par les herbivores (Piperno, 1988, 2006 ; Fredlung & Tieszen, 1994 ; Alexandre *et al.*, 1997 ; Barboni *et al.*, 1999, Kerns *et al.*, 2001 ; Prebble *et al.*, 2002 ; Brémond, 2003).

Pour valider l'indicateur, la recherche a consisté à déterminer les processus taphonomiques qui conduisent les phytolithes à être préservés dans différentes environnements alluviaux. Pour cela, plusieurs transects en travers de la vallée ont été effectués afin de caractériser les enregistrements phytolitiques de différentes unités géomorphologiques caractérisées par une végétation spécifique (interfluves dégradés, terrasses alluviales, plaine d'inondation saisonnièrement ou exceptionnellement submergée, chenal principal, affluent secondaire ; Fig.19). Cette analyse révèle la forte variabilité locale de l'enregistrement qui est directement en relation avec l'aire contributive potentielle et la nature du transport qu'ils ont subi : les phytolithes des sols

dégradés ou des terrasses alluviales sont de bon enregistreurs de la végétation locale alors que ceux issus des sédiments alluviaux sont dominés par les morphotypes représentatifs des graminées de la savane pour les dépôts tractifs et par les morphotypes de la forêt-galerie pour les plaines d'inondation. Ce travail a été poursuivi sur les sédiments anciens en comparant les sédiments grossiers des bancs de sables et de graviers internes au chenal et les sédiments saisonniers de la plaine d'inondation (dépôts des mares) (Fig. 20). Les premiers résultats de ce travail montrent une variabilité interne : pour la même époque, les dépôts de plaine d'inondation contiennent des restes de végétation de la forêt galerie alors que les assemblages enregistrés dans les dépôts de chenaux représentent un mélange de phytolithes de plusieurs types de végétation issus des interfluves environnants et de la forêt galerie (Garnier, soumis). Cependant, ils montrent également que cette variabilité taphonomique est dominée par une variabilité temporelle qui reflète l'évolution globale de l'environnement (Garnier, soumis). Ainsi, l'étude des phytolithes dans les milieux alluviaux participe à la caractérisation des mutations de la végétation en offrant une représentation spatiale très précise à condition de développer préalablement une étude géomorphologique des enregistrements sédimentaires investigués.

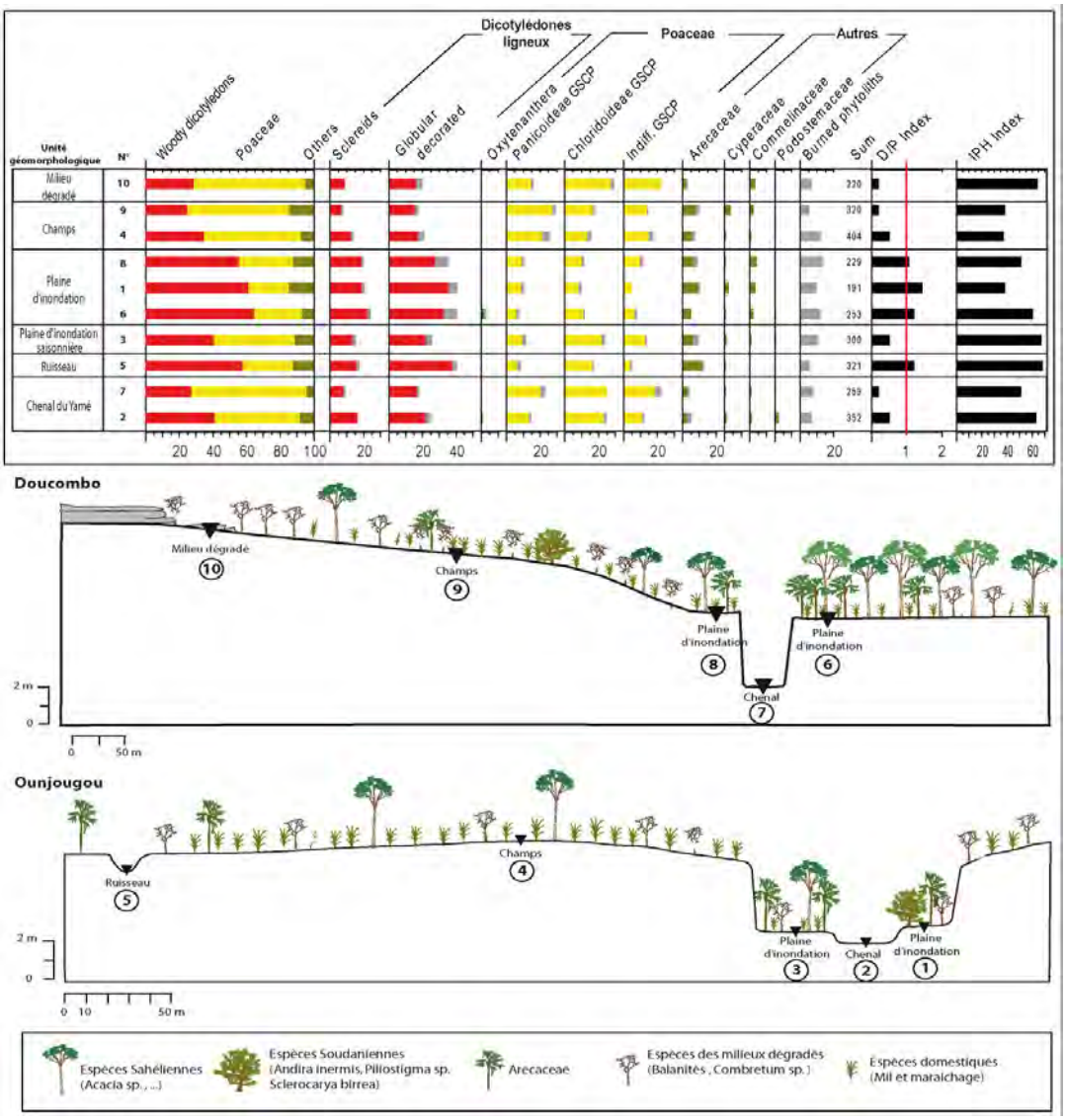


Fig. 19 - Localisation et diagramme phytolithique des échantillons de surface et de l'Holocène récent à Ounjougou (Garnier et al., soumis).

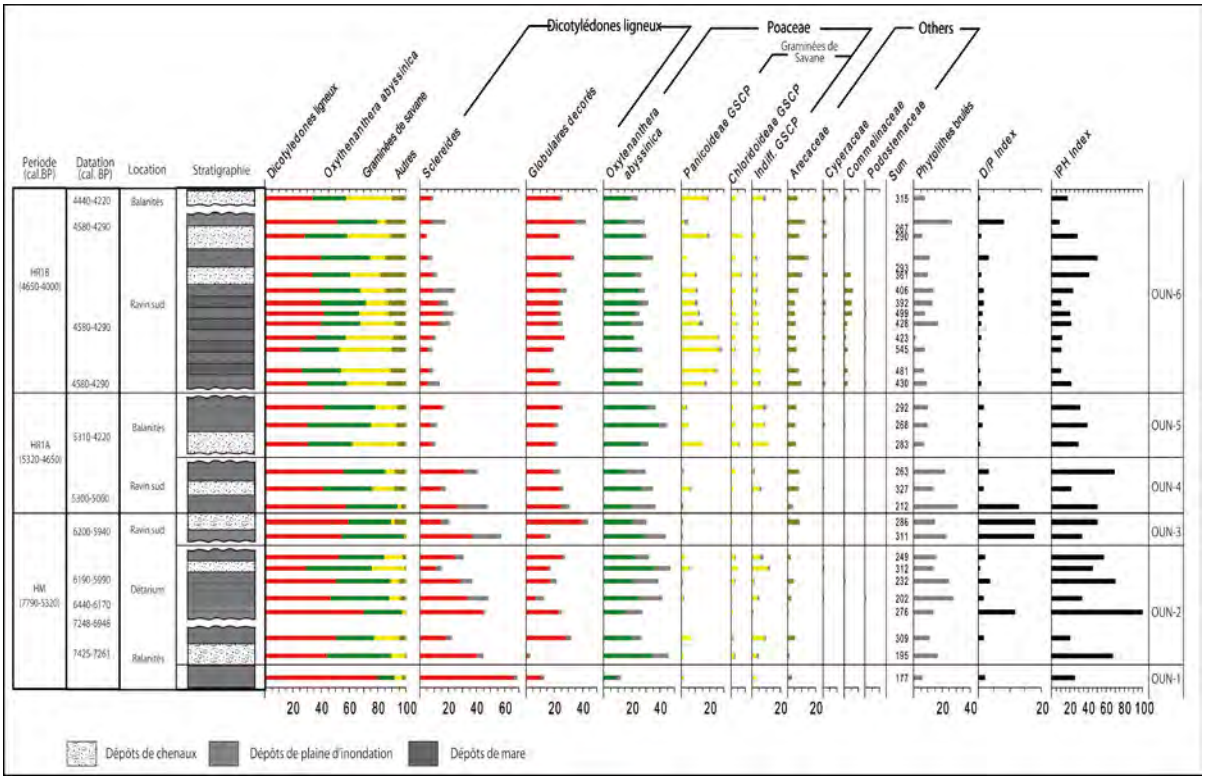


Fig.20 - Analyse phytolithique des différentes unités de sédimentation pour les dépôts de l'Holocène moyen (A. Garnier et al., soumis)

3.4. La résolution temporelle des archives sédimentaires

L'une des clés de la réussite des recherches paléoenvironnementales est la mise en place d'une chronostratigraphie dont la résolution temporelle doit être aussi précise que possible. Dans les séquences fluviatiles, il faut d'abord définir la formation dans laquelle l'échantillon a été prélevé et la replacer dans une séquence alluviale. Le temps dynamique que représente cette séquence est a priori difficile à définir (Macaire, 1990), la même forme, un banc de graviers par exemple, pouvant avoir une durée de vie extrêmement variable. Celle-ci peut être de quelques heures entre deux crues morphogènes, ou de plusieurs années, voire d'une dizaine ou d'une centaine d'années si les flux liquides ou solides ne sont plus assez puissants pour remanier la forme active qui se transforme peu à peu en héritage. Dans les contextes fluviatiles, seule la succession rapprochée de séquences sédimentaires déposées dans des contextes d'aggradation rapide limitant l'érosion avant le dépôt de la séquence suivante peut permettre de disposer d'une chronologie précise. Ces conditions sont rarement remplies dans la sédimentation interne des chenaux où le ravinement est la règle. Les plaines d'inondation caractérisées par une sédimentation plus lente dans des conditions hydrodynamique plus calmes sont plus favorables à la préservation de séquences régulièrement superposées. De plus, elles sont souvent le siège d'une sédimentation organique qui livre des éléments datables par la méthode du radiocarbone. Ce sont principalement les restes organiques (tourbe, macrorestes végétaux, charbons de bois principalement) compris dans cette sédimentation holocène qui ont fait l'objet de datations absolues dans le cadre des travaux que j'ai entrepris au cours des douze dernières années.

Ainsi, l'essentiel des moyens financiers obtenus dans le cadre des différents programmes de recherche a été utilisé pour produire des datations absolues par la méthode du radiocarbone. Au total, ce sont plus de 300 datations, à peu près

équitablement réparties entre les trois terrains, qui ont été effectuées sur le matériel échantillonné dans les carottages ou sur les coupes étudiées. Les datations ont essentiellement été effectuées sur de petites quantités de matière par la méthode de spectrométrie de masse par accélérateur (AMS) et les laboratoires principalement mis à contribution pour ces datations sont le Physikaliches Institut d'Erlangen et l'accélérateur de Saclay (Programme ARTEMIS). La méthode possède plusieurs limites qui ont été déjà amplement débattues et exposées (voir par exemple, Evin *et al.*, 1998/2005 ; Bronk Ramsey, 2008). Les échantillons datés sont principalement constitués par de la tourbe, des fibres végétales issues de cette même tourbe, des macrorestes végétaux (graines, brindilles, branches, fragments de bois) et des particules carbonisées (graines, brindilles, branchage, bois). Le choix s'est porté préférentiellement sur les éléments à la durée de vie courte, pour éviter les effets de « vieux bois » et sur les éléments les plus susceptibles d'avoir été produits sur place afin d'éviter les remaniements au sein des séquences alluviales. Malheureusement, la rareté des éléments organiques oblige parfois à transgresser ces principes alors que les espaces fluvio-palustres étudiés même soumis à des écoulements lents sont affectés par des remaniements longitudinaux difficiles à détecter lors des investigations de terrain. On ne peut donc avec certitude éviter les reniements comme le révèlent de temps en temps les inversions de date. Parfois, le choix a été fait de prélever un échantillon de tourbe plutôt qu'un macroreste issu de cette même tourbe car même si la date obtenue est moins précise, elle a le mérite de refléter l'âge moyen des végétaux de l'horizon dans lequel elle a été prélevé et donc vraisemblablement celui des pollens qui y résident. Heureusement, j'ai eu la chance de travailler dans des contextes globalement favorables à cette méthode de datation. L'exemple le plus remarquable est constitué par le tronçon d'Ounjougou dans la vallée du Yamé. Une lecture temporelle très précise (Lespez *et al.*, 2011) peut être faite à partir des sédiments rythmés qui se sont déposés dans la plaine d'inondation. L'échantillonnage a consisté à prélever préférentiellement des particules carbonisées allongées et de petite taille, correspondant à des graminées ou des brindilles peu ou pas remaniées, sédimentées dans des contextes précisément étudiés (Le Drezen *et al.*, 2010 ; Lespez *et al.*, 2011), et qui furent déterminées par B. Eichhorn quand cela fut possible. Il a conduit à construire une chronostratigraphie extrêmement détaillée pour l'ensemble de l'Holocène (Ozainne *et al.*, 2009). Sur les 79 dates obtenues sur des particules carbonisées piégées dans les sédiments fluviatiles, seule une inversion a été observée témoignant de la faiblesse des remaniements et de la fiabilité du chronomètre choisi (Ozainne *et al.*, 2009 ; Lespez *et al.*, 2011).

Dans la pratique, les principales causes d'erreurs ou d'imprécisions tiennent donc à la circulation des particules organiques dans les sédiments fluviatiles mais également aux techniques d'investigation, lors d'un carottage par exemple, qui occasionnent parfois le remaniement d'échantillons pas toujours évident à détecter. De plus, la technique de datation possède elle-même des limites, en particulier dans la phase de calibration. En effet, le rapport entre le ^{14}C et les isotopes stables du carbone n'a pas été constant dans le temps et la date calculée grâce à la mesure de la dégradation (date exprimée en âge Before Present) doit être « calibrée » à l'aide de courbes qui traduisent finement les variations du rapport ^{14}C et de ses isotopes stables. L'essentiel des datations obtenues a été calibré avec le logiciel Oxcal, d'après la courbe de calibration IntCal04 développée par Reimer *et al.* (2004). L'incertitude de la calibration s'ajoute à la marge d'erreur du calcul initial de la date et peut parfois poser des problèmes complexes comme l'illustre la question de la datation de la transgression marine enregistrée dans la basse vallée de la Dives vers la fin de l'âge du Fer (Lespez *et al.*, 2010). Dans cette basse vallée, les formations tourbeuses qui témoignent d'un marais continental en partie arboré, sont recouvertes par une couche de limons gris épaisse en moyenne de 0,5 m. Celle-ci

caractérise l'ensemble du fond de vallée jusque vers le transect de Troarn situé à plus de 15 km du trait de côte actuel. Les grains de pollen et les diatomées identifiés dans cette couche attestent du développement des influences marines et tidales. Les trois datations obtenues au sommet de la sédimentation tourbeuse donnent les âges conventionnels suivants : 2 268 +/- 56 ^{14}C BP, 2265 +/- 56 ^{14}C BP, 2 219 +/- 52 ^{14}C BP (Lespez *et al.*, 2010). Une fois prises en compte les marges d'erreur et les imprécisions de la calibration, elles indiquent une transgression initiée postérieurement à l'intervalle 402-167 av. J.-C. Bien que les dates conventionnelles soient proches les unes des autres, elles indiquent pourtant un intervalle qui compte 235 années et qui correspond à une longue période archéologique couvrant une grande partie du second âge du Fer et plus précisément aux trois sous-périodes de la Tène 1 et au début de la Tène 2. Cette couche sédimentaire, sans doute liée à de larges chenaux estuariens, est recouverte par une sédimentation limoneuse riche en matière organique qui témoigne du retour progressif d'un marais continental. La fin des influences tidales dans le fond de vallée jusqu'à Troarn peut être estimée à partir d'une datation obtenue sur les limons organiques supérieurs. Celle-ci donne 2052 +/52 ^{14}C BP et indique donc après calibration une période de 251 ans comprise entre 196 av. J.-C. et 55 ap. J.-C. Ainsi la mise en place et la durée de vie des larges chenaux estuariens qui ont caractérisé le fond de vallée de la Dives à Troarn demeurent difficiles à dater. Nous pouvons seulement estimer que cette métamorphose majeure et indéniable a dû concerner le deuxième siècle avant J.-C. et qu'il est probable qu'elle se soit amorcée un peu plus tôt et qu'elle se soit achevée un peu plus tard. Ainsi, les incertitudes chronologiques posent parfois des limites au dialogue entre l'archéologue et le paléoenvironnementaliste.

3.5. La collaboration avec les archéologues et les historiens

L'accès aux recherches archéologiques et historiques a pour objectif de reconstituer l'évolution du peuplement, des modes de mise en valeur et des pratiques de gestion de l'eau afin de les confronter aux résultats des données paléoenvirennementales. Néanmoins, de nombreux travaux soulignent la limite de la lecture des travaux archéologiques et historiques par les géomorphologues et les paléoenvironnementalistes (Leveau, 1999) et la nécessite d'élaborer un cadre commun avant le développement des recherches (Pétrequin *et al.,* 2002; Van der Leeuw *et al.*, 2003 ; Fyfe *et al.*, 2010 ; Alline, 2007, …) comme nous avons pu le faire en Normandie (Lespez *et al.*, 2011) ou en Grèce (Lespez, 1999/2008). Ce type de collaboration nécessite une implication dans les recherches et les réflexions conduites par les archéologues que j'ai pu mener dès mon mémoire de Master I à l'AFAN. Depuis mon recrutement comme Maître de conférences et sur chacun des terrains, j'ai pu participer aux enquêtes archéologiques intégrant prospections pédestres et aériennes, relevés topographique et photographique, sondages et fouilles archéologiques dirigées par des spécialistes (D. Malamidou, Z. Tsirtsoni, S. Papadopoulos et S. Provost dans la plaine de Philippes–Drama ; C. Marcingy à La Hague ; V. Carpentier dans la basse vallée de la Dives ; A. Dandrau et M. Pomadere dans la plaine de Malia ; E. Huysecom dans la vallée du Yamé). Ainsi au cours des douze dernières années, j'ai eu l'occasion d'effectuer les différentes phases du travail de l'archéologue depuis les prospections jusqu'aux sondages, soit lors de recherches collectives, soit en prenant en charge individuellement un type de travail. C'est ainsi que j'ai pu prospecter les sites néolithiques de la plaine de Philippes-Drama pour nourrir la carte archéologique (Koukouli-Chryssanthaki *et al.*, 2008) ; contribuer à un diagnostic de l'INRAP dirigé par D. Flotté dans la basse vallée de la Sienne (Flotté *et al.*, 2008); découvrir, avec G. Tirologos, une borne gromatique lors

d'une prospection du territoire de Philippes ; carotter le tell néolithique de Dikili Tash sous la supervision de P. Darcque et Z. Tsitsoni ; fouiller une conduite minoenne dans le quartier Mu de Malia sous la direction de R. Treuil ; participer à un jury de thèse d'archéologie à l'occasion de la soutenance de S. Ozainne (2011) … L'ensemble de ces actions m'a sensibilisé aux difficultés de la recherche archéologique de terrain, m'a permis d'intégrer, de manière mieux informée, les résultats des recherches archéologiques et a surtout largement participé à nouer le dialogue interdisciplinaire. Ainsi, dans chacun des terrains étudiés j'ai pu accéder directement aux résultats des évaluations du potentiel archéologique et à l'état des connaissances sur les trames du peuplement et les modes de mise en valeur du Néolithique à l'époque contemporaine afin de les confronter aux résultats des recherches paléoenvironnementales. Cela s'est traduit par un nombre important de publications communes.

J'ai également pu développer des collaborations abouties avec les historiens. Entamées dans le Nord de la Grèce pendant la thèse, celles-ci, ont été étendues à la Normandie et à l'Afrique. Les recherches historiques exploitent les témoignages directs ou indirects des hommes sur l'espace et les paysages qui les entourent (récits, cartes anciennes, photographies, peintures mais aussi archives fiscales, judiciaires…). Elles permettent de conduire une analyse régressive des paysages (Chouquer, 2000 ; Antoine, 2000). Elles ont été fréquemment développées dans les fonds de vallées par les géographes pour reconstituer la paléogéographie des écoulements fluviaux (Salvador *et al.*, 2009). Je les ai également pratiquées et étendues aux paysages de fond de vallée (Lespez *et al.*, 2005a ; Germaine *et al.*, 2011). Autant que possible, j'ai essayé de les conduire en collaboration avec des historiens afin de pouvoir conduire une véritable analyse critique des sources et limiter les erreurs d'interprétation (Carpentier, sous-presse ; Garnier, 2011). Les données les plus anciennes sur lesquelles les recherches ont pu s'appuyer concernent l'Antiquité gréco-romaine et ont été obtenues en Grèce du nord. La collaboration avec S. Provost, à la fois archéologue et historien, et celle avec G. Tirologos, spécialiste d'histoire rurale antique, a débouché sur des études conjointes comme celle de l'interprétation des textes des auteurs antiques, principalement Théophraste et Appien, consacrés au marais de Philippes et à la question de son drainage (Lespez et Tirologos, 2004). En Normandie, les fonds archivistiques sont plus récents mais localement très riches. La collaboration avec V. Carpentier a été l'occasion d'une discussion sur les changements de l'environnement dans la basse vallée de la Dives en croisant les données paléoenvironnementales et les archives médiévales, en particulier celles de l'ancienne abbaye bénédictine de Troarn, (Carpentier *et al.*, 2007 et sous-presse ; Lespez *et al.*, 2010). Pour les époques modernes et contemporaines, la collaboration s'est appuyée sur les travaux d'E. Garnier. Elle s'est traduite par la mise en place de recherches spécifiques et communes sur les ouvrages hydrauliques qui rejoignaient son intérêt pour l'histoire environnementale (Garnier, 2005, 2006). Celle-ci a pu s'appuyer sur le suivi et l'évaluation commune de mémoires de Masters de Géographie (M.-A. Germaine) et d'Histoire moderne et contemporaine (S. Maertens et O. Giroux) qui ont contribué à approfondir les travaux entamés avec J.-M. Cador. Pour cette période, s'est ajouté aux sources écrites, un important fonds documentaire cartographique (plans terriers, cartes des routes royales, cartes des ponts et chaussées) dont les qualités de représentation paysagère ont pu être critiquées puis mises à profit (Lespez *et al.*, 2005a ; Garnier, 2011). L'utilisation croisée de ces sources a révélé la multiplicité des usages du sol (terres labourées, prés, pâtures, jardins, roselières, chasse, exploitation de la tourbe…) et des pratiques de gestion de l'eau et des zones humides (salines, pêcheries, pêche, batellerie, moulins, barrages, vannes, biefs, réseau de drainage…) au cours des derniers siècles. En Afrique, les investigations historiques et ethnoarchéologiques conduites par A. Mayor et E. Huysecom ont été mises à profit mais

la collaboration amorcée n'a pas encore livré de fruits concerts sur les dynamiques récentes des paysages et des zones humides.

Au bilan, c'est la confrontation de l'ensemble de ces recherches, issues de différentes méthodes, qui conduit à aborder les problèmes selon des angles multiples et à partir d'échelles spatiales et temporelles variées et autorise les vérifications qui limitent la production de raisonnements circulaires. Cette confrontation riche de sens permet de produire une analyse globale des systèmes fluviaux et de l'environnement. C'est ce je propose d'entreprendre pour les trois espaces étudiés dans les pages qui viennent, consacrées à la restitution des Trajectoires des systèmes fluviaux et des paysages.

DEUXIEME PARTIE : TRAJECTOIRES

Cette deuxième partie a pour objectif de faire le point sur les connaissances acquises au cours des dernières années sur la dynamique des systèmes fluviaux et des paysages dans les trois espaces étudiés. Pour l'essentiel, elle propose la synthèse de données déjà publiées et un regard d'ensemble qui les met en perspective et les positionne dans un ensemble régional plus large. Cette restitution constitue une étape préalable indispensable avant de développer une véritable réflexion sur la temporalité des dynamiques paysagères et des mutations des systèmes fluviaux au cours des dix derniers millénaires. La présentation des trajectoires des objets étudiés abordera d'abord les espaces normands où les recherches entamées il y une dizaine d'années ont fait l'objet de nombreuses publications, puis les espaces grecs dans lesquels j'ai travaillé depuis 1993 mais dans lesquels de nombreuses recherches sont en cours de réalisation et de publication, et enfin l'Afrique de l'Ouest abordée plus récemment, à partir de 2006, et où les recherches ponctuelles ont néanmoins permis d'aboutir à une synthèse récente.

TABLEAU CHRONOLOGIQUE DE L'HOLOCENE

Ages 14C Yr B.P.	Ages Cal. Yr AD/ B.C		Chronozones (Yr BP) (Mangerud *et al*. 1974)	Chronozones (Morzadec-Kerf. 1974) * (de Beaulieu *et al*. 1985)	Périodes culturelles (Yr AD/BC)
0	1950 AD	Holocène - Stade isotopique 1	Subatlantique (2700 BP à actuel)	Fin Subatlantique	Epoque contemporaine (1800 AD - actuel)
					Epoque moderne (1500 - 1800 AD)
500	1430				Bas Moyen-Age (1300-1500 AD)
1000	1060				Moyen-Age central (1000 - 1300 AD)
1500	600				Haut Moyen-Age (500 - 1000 AD)
					Epoque gallo-romaine (300 - 500 AD)
2000	0-14				Empire romain (50 BC - 300 AD)
				Début Subatlantique	Age du Fer : La Tène (400 - 50 BC)
2500	640 BC				Age du Fer : Hallstatt (750 - 400 BC)
3000	1200		Subboréal (5200 - 2700 BP)		Age du Bronze final (1100 - 750 BC)
					Age du Bronze moyen (1300 - 1100 BC)
3500	1800				Age du Bronze ancien (2500 - 1300 BC)
4000	2500			Fin Subboréal	
4500	3100				Néolithique final (3300 - 2500 BC)
5000	3800			Début Subboréal	Néolithique récent (3500 - 3300 BC)
					Néolithique moyen II (4200 - 3500 BC)
5500	4400		Atlantique (8000 - 5200 BP)		Néolithique moyen I : Cerny (4700 - 4200 BC)
6000	4900			Fin Atlantique	N. ancien : Villeneuve-St-Germain
6500	5500				N. ancien : Rubané du Bassin Parisien
7000	5900			Début Atlantique	Mésolithique récent (6700 - 5500 BC)
7500	6400				
8000	6900			Fin Boréal	Mésolithique moyen
8500	7500		Boréal (9000 - 8000 BP)	Début Boréal	
9000	8100			Fin Préboréal	
9500	8900		Préboréal (10000 - 9000 BP)	Début Préboréal	Mésolithique ancien
10000	9500				
10500	10500	Tardiglaciaire	Dryas 3 (10500-10000 BP)	* Fin Dryas récent	Epipaléolithique
				* Début Dryas récent	
11000	11000		Allerod (11000 - 10500 BP)	* Fin Bolling / Allerod	
11500	11500		Dryas 2 (11800 - 11000 BP)		
12000	12100		Bolling (12500 - 11800 BP)	* Début Bolling / Allerod	
12500	12900				
13000	13400		Dryas ancien (14500 - 12500 BP)	* Dryas ancien	
13500	14200				
14000	14900				
14500	15400				

Fig. 21 - Le cadre chronologique en Basse-Normandie (Clet-Pellerin in Lespez (ed.), 2011)

CHAPITRE 1 : LES TEMPS DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PAYSAGES DES SYSTEMES FLUVIAUX ET PALUSTRES AU COURS DE L'HOLOCENE EN BASSE-NORMANDIE

Ce chapitre propose une synthèse de l'évolution sur le temps long des paysages de vallées en Basse-Normandie. Il repose sur les résultats des recherches conduites principalement dans la péninsule de La Hague et dans la Plaine de Caen et sur ses marges, plus particulièrement dans les vallées de la Seulles et de la Dives. Il a été complété par des observations effectuées dans l'ensemble de la région à l'occasion de prospections des archives naturelles et du suivi d'opérations archéologiques et par l'inventaire des données paléoenvironnementales, géoarchéologiques et historiques publiées. Aujourd'hui, les informations disponibles permettent de définir un premier scénario d'ensemble de l'évolution des paysages des vallées et des plaines littorales bas-normandes au cours des dix derniers millénaires. Celui-ci met en évidence la succession de cinq temps forts.

1. Les archives bas-normandes pour l'histoire des paysages et des systèmes fluviaux

Dans un premier temps, nous ferons le bilan du potentiel offert par les archives sédimentaires, archéologiques et historiques en Basse-Normandie en soulignant leur potentiel et les limites de leur décryptage.

1.1. Les archives sédimentaires

1.1.1. Répartition et caractéristiques des archives sédimentaires holocènes en Basse-Normandie

Les archives sédimentaires sont situées en pied de versants, dans les fonds de vallée, dans les plaines littorales et dans les estuaires. Néanmoins, le long de ce continuum, leur répartition est inégale. En effet, peu développées à l'amont où la vigueur des pentes favorise l'érosion et limite la sédimentation, elles se développent vers l'aval alors que les pentes diminuent et que les capacités de transport des cours d'eau deviennent limitées favorisant la sédimentation. A l'échelle régionale, ce principe général se traduit de la manière suivante. Dans l'ensemble des têtes de bassins versants des collines schisteuses du Bocage normand comme de la partie sédimentaire de la région constituée principalement par le Pays d'Auge et la Plaine de Caen, la sédimentation est faible et parfois inexistante (Fig. 22). Ainsi, à l'amont de la Seulles, le remplissage sédimentaire holocène ne s'affirme qu'à partir de cours d'eau d'ordre 2 qui intègrent déjà un bassin versant de plus de 75 km^2 de surface (Fig. 23). Il en est de même pour les cours d'eau de faible ordre qui dissèquent les échines rocheuses de la péninsule de La Hague où la sédimentation est souvent inférieure au mètre. Toutefois, quelques exceptions notables ont pu être identifiées. Elles correspondent principalement à quelques vallons secs de la Plaine de Caen et à de rares vallons humides parcourant les affleurements granitiques du Bocage. Dans le premier cas, les reliefs indifférenciés des plateaux calcaires masquent parfois des vallons secs colmatés par des sédiments holocènes comme à Tilly La Campagne par exemple (Germain-Vallée et Lespez, 2011). Dans ce cas précis, l'étude du vallon révèle un colmatage de plus de 1,5 m postérieur à l'âge du Bronze Ancien. Dans le second cas, certaines têtes de vallon à faible pente situées sur des substrats imperméables ou bien alimentés par des nappes phréatiques affleurantes ont pu favoriser le développement de zones humides permettant le développement d'une

sédimentation organique importante (tourbe, argile et limon tourbeux). C'est le cas de la tourbière de Gathémo dans la Manche. Située à la tête d'un vallon développé dans le granite arénisé de Vire (Elhaï, 1963 ; Lechevalier, 1986), elle a été colmatée par des dépôts argilo-tourbeux holocènes pouvant atteindre 4,5 m d'épaisseur. En dehors de ces cas particuliers, les observations répétées réalisées dans l'ensemble de la région excluent souvent malheureusement une grande partie des hauteurs normandes et des plateaux de la Plaine de Caen et du Pays d'Auge de la prospection des archives sédimentaires holocènes.

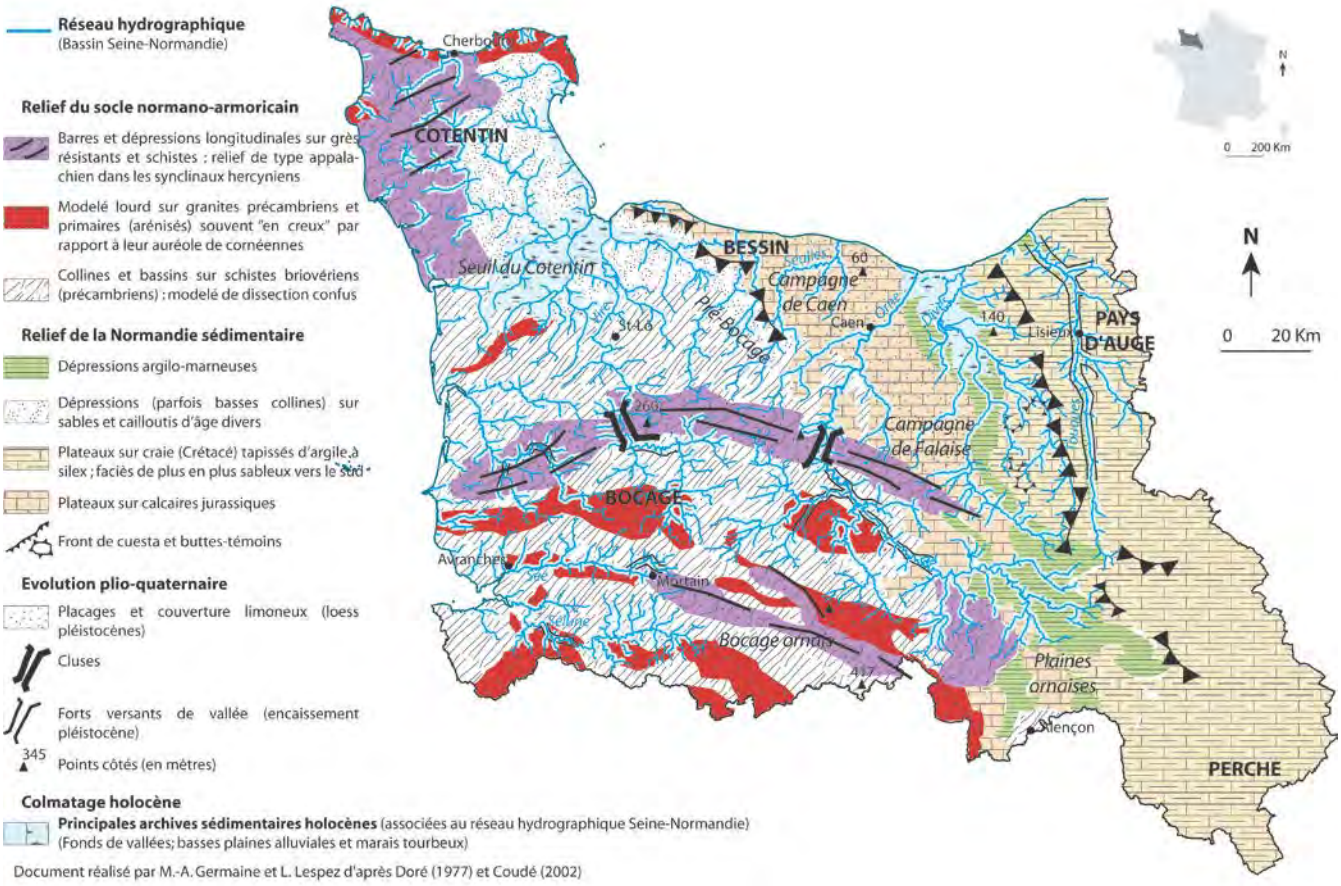


Fig. 22 - Le cadre géomorphologique et les archives sédimentaires potentielles en Basse-Normandie

En revanche, vers l'aval, elles se développent à mesure que les vallées s'affirment dans le paysage. Si nous reprenons l'exemple de la Seulles, à partir de Saint-Vaast-sur-Seulles, le remplissage sédimentaire holocène atteint 2 m puis augmente ensuite régulièrement d'épaisseur pour dépasser 4 m à Creully avant d'entrer véritablement dans la basse vallée (Fig. 23). Le long des affluents de la Seulles, ce schéma se répète. Dans la vallée de la Mue, le remplissage est de 4 m à Rots et dépasse 14 m à Reviers, juste à l'amont de la confluence avec la Seulles (Lespez *et al.*, 2005 , 2008). Ce dispositif fait des fonds des principales vallées de la région comme celles de la Sélune, de la Sée, de la Sienne, de la Saire, de la Vire, de la Seulles, de l'Orne, de la Dives et de la Touques, des espaces d'investigation privilégiés pour une recherche s'appuyant sur l'étude des archives sédimentaires continentales. Pourtant, il y a 10 ans, fort peu de choses était connu de l'architecture de ces archives et du potentiel qu'elles pouvaient offrir pour la

restitution des dynamiques paysagères contrairement aux basses vallées et aux plaines littorales qui avaient déjà fait l'objet de plusieurs prospections.
Les basses vallées s'élargissent alors que les pentes sont très faibles. Les cours d'eau se jettent dans la Manche en formant des estuaires plus ou moins larges soumis à l'influence de la marée. C'est le cas des basses vallées de la Sélune, de la Sée, de la Sienne, de la Seulles et de la Touques. A cela s'ajoutent de petites plaines littorales qui se sont le plus souvent développées dans les rentrants du trait de côte comme tout le long de la péninsule de la Hague (Anse de Querqueville, Anse Saint-Martin, Anse de Vauville). Souvent, ces espaces sont caractérisés par de vastes zones humides profondément transformées au cours des derniers siècles jusqu'à la construction actuelle de grands marais littoraux drainés. Il s'agit, par exemple, des marais de la Dives mais plus encore de ceux qui occupent le seuil du Cotentin et correspondent aux basses vallées de la Vire, de la Taute, de la Douve et de la Terrette. Dans ces espaces, la sédimentation holocène dépasse partout 5 m d'épaisseur et peut atteindre 10 m, voir plus de 15 m à certains endroits. Comme l'avaient montré les recherches anciennes (Elhaï, 1963 ; Huault *et al.*, 1972 ; Clet-Pellerin *et al.*, 1977), elle est alors caractérisée par l'alternance latérale et verticale de formations sédimentaires d'origine marine, estuarienne, fluviale et palustre.

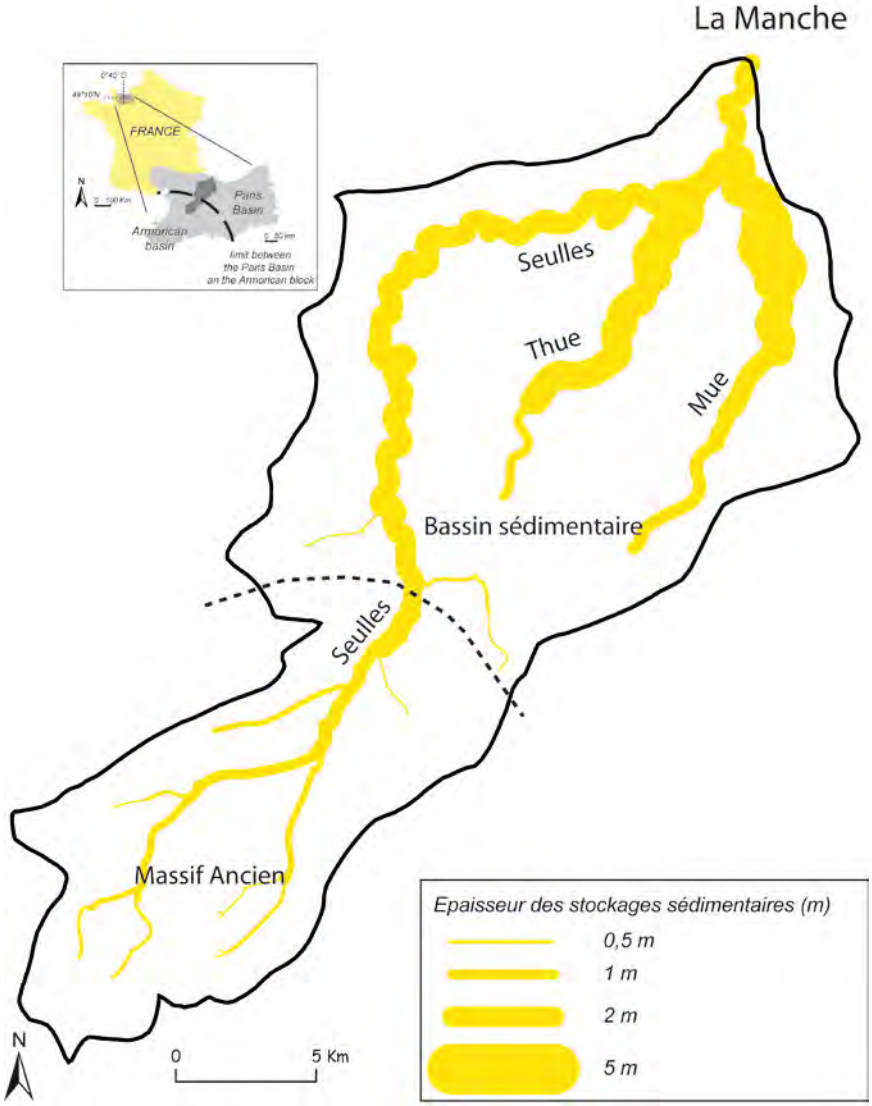


Fig. 23 - L'épaisseur du remplissage sédimentaire dans le fond de la vallée de la Seulles. Réalisation V. Viel d'après des données récoltées par V. Viel et L. Lespez

1.1.2. L'historique des investigations et l'acquisition de données nouvelles

1.1.2.1. Des recherches anciennes

La Basse-Normandie est une des régions françaises où les recherches paléoenvironnementales sont anciennes. Elles ont été conduites depuis environ une quarantaine d'années et les travaux précurseurs d'H. Elhaï (1963). Ses recherches géomorphologiques, entreprises dans le cadre d'une thèse dirigée par P. Birot, avaient pour objectif de reconstituer l'histoire des reliefs normands et de leur érosion et d'en expliquer les formes actuelles et leur évolution récente. Ainsi, aux observations géomorphologiques proprement dites, H. Elhaï a ajouté des études de stratigraphie, de granulométrie, d'argiles et de minéraux lourds et de palynologie appuyées sur des datations au ^{14}C chaque fois que l'épaisseur et la nature des sédiments le lui permettaient, par exemple dans les marais du Seuil du Cotentin et dans certains marais littoraux ou estuaires normands. Ces analyses complémentaires de l'approche de terrain avaient pour but d'atteindre un double objectif qu'H. Elhaï exprimait de la manière suivante : « *Tirer de l'étude de ces dépôts du Quaternaire récent des indications sur l'évolution d'une partie du Post-Glaciaire (par la stratigraphie et l'analyse pollinique)* » et « *Déduire de ces résultats diverses conséquences concernant les changements de niveau relatif terre-mer, les variations des formations végétales, le rôle de l'homme dans les paysages végétaux enfin* » (Elhaï, 1963, p. 203). Derrière un vocabulaire aujourd'hui daté, on remarque des objectifs de recherche très proches de nos préoccupations contemporaines. Concrètement, ces investigations se sont matérialisées par la mise en place de nombreux sondages qui ont permis d'établir la stratigraphie des remplissages sédimentaires de ces marais et par la réalisation de six diagrammes polliniques décrivant l'évolution du couvert végétal au cours de l'Holocène dans les marais de Carentan (4), de Bellengreville (1) et de Gathémo (1). Ces premiers résultats constituent encore aujourd'hui le socle des recherches paléoenvironnementales exploitant les archives sédimentaires bas-normandes comme d'ailleurs l'avait justement supposé H. Elhaï : « *Nous n'entreprenons que l'amorce posant des jalons pour une étude ultérieure* » (1963, p. 203-204).

Après ces recherches, les investigations paléoenvironnementales se sont poursuivies en particulier sous l'instigation des chercheurs du Centre de Géomorphologie du CNRS de Caen. Cependant, elles ont privilégié des périodes plus anciennes, périodes froides du Pléistocène par exemple, et des falaises littorales où des sites archéologiques du Paléolithique avaient été trouvés (cf. les travaux de J.-P. Lautridou et les numéros spéciaux de *Quaternaire de 2006 et 2009* consacrés à la Normandie). Ainsi, pendant un certain temps il y eut peu de recherches concernant les transformations des paléoenvironnements normands au cours de l'Holocène. On peut seulement noter les travaux de J. Pellerin sur la vallée de l'Orne (1968) et quelques relations de sondages profonds (sondage de Cocquebourg dans la Baie des Veys, Larsonneur et Huault, 1972 ; sondage dans les Marais de la Dives, Huault 1972 ; sondages dans Caen et la Vallée de l'Orne, Clet-Pellerin *et al.*, 1977 ; sondages dans la Baie du Mont-Saint-Michel, Clet-Pellerin *et al.*, 1981). Ces recherches avaient pour objectif d'établir une chronostratigraphie d'ensemble des milieux estuariens et littoraux permettant de mettre en place un modèle d'évolution du niveau marin relatif et des fluctuations corrélatives du trait de côte. Développées en grande partie par des palynologues, elles s'appuient sur des datations relatives qui utilisent le plus souvent le découpage traditionnel en grande chronozone (Mangerud *et al.*, 1974). Ainsi, elles ont permis de définir un modèle d'évolution de la végétation régionale depuis la dernière période

froide mais souffrent d'un manque de précision dans la datation qui rend difficile la comparaison avec les données acquises récemment. Par ailleurs, il a fallu attendre les années 1990 pour que soient associées les études paléoenvironnementales et les recherches archéologiques. Après quelques études de cas (Clet-Pellerin, 1985, 1986 ; Billard *et al*., 1995), profitant de la multiplication des datations au radiocarbone, M. Clet-Pellerin et G. Verron (2004) proposent un premier modèle d'évolution des paysages d'après l'analyse pollinique au début des années 2000.

1.1.2.2. L'acquisition de nouvelles données

C'est sur ces bases qu'à partir de 2001, nous avons initié de nouvelles recherches collectives en privilégiant une démarche qui croise les investigations géomorphologiques et les analyses polliniques dans trois fenêtres d'investigation privilégiées : la péninsule de La Hague, la vallée de la Seulles et la basse vallée de la Dives. Dans un premier temps, les recherches géomorphologiques de terrain ont permis d'établir l'ampleur de la sédimentation holocène et de confirmer le potentiel des archives sédimentaires choisies. Les colmatages holocènes atteignent 1 à 7 m dans les plaines littorales et les fonds des petites vallées de la péninsule de La Hague, 4 à 10 m dans la basse vallée de la Seulles et le long de celle de la Mue, et 6 à 15 m dans les marais de la basse vallée de la Dives. L'étude de ces archives a ensuite reposé sur des investigations de terrain et des analyses de laboratoire. Sur le terrain, les sondages ont d'abord permis de déterminer la variabilité latérale et verticale de la sédimentation afin de révéler l'architecture du remplissage sédimentaire holocène. Parfois, les sédiments anciens affleurent directement et sont révélés par l'érosion contemporaine. C'est ce qui est observé régulièrement sur les littoraux du Cotentin où le recul des cordons littoraux sableux ou de galets explique l'affleurement, sur les estrans actuels, d'anciennes formations tourbeuses et de leur cortège de bois fossilisés (Photos 14a, b, c) (Lespez *et al.*, 2001, 2011). Cependant, la plupart du temps, l'exploration en profondeur de ces archives est nécessaire pour remonter dans le temps car la sédimentation récente masque les formations les plus anciennes. Ces investigations ont été pratiquées par plusieurs moyens. L'utilisation de la pelle mécanique a permis de faire des sondages profonds de 1 à 4 m et de révéler des coupes où la lecture directe de la sédimentation est possible. Cependant, la remontée des nappes phréatiques et les risques d'effondrement limitent souvent la profondeur des observations directes pour des raisons de sécurité (Photo 14). La tarière pédologique est facile d'utilisation mais elle vrille le sédiment et le perturbe (Photo 15). Certains carottages ont été pratiqués à la sonde russe mais leur mise en place est contraignante car ils ne peuvent être pratiqués que dans un sédiment très meuble. Néanmoins, ils permettent de prélever un sédiment non perturbé où la lecture des stratigraphies fines est possible (Photo 16). Les carottages pratiqués au carottier à percussion motorisé possèdent les mêmes avantages pour la lecture de la sédimentation mais, grâce à la motorisation, ils permettent de carotter des sédiments plus cohérents (alluvions, cordon littoral) et surtout plus profondément, jusqu'à 12 m (Photo 17). Les sondages et les carottages ont été systématiquement disposés en transects transversaux et longitudinaux afin d'établir l'ampleur et la géométrie des remplissages holocènes.

Photo 14 a - L'Anse Saint-Martin (Cliché B. Hardel). Derrière le cordon de galets protecteur, on remarque la plaine littorale où se sont accumulés plus de 3 m de sédiments au cours des 6 derniers millénaires. La partie occidentale de la plaine (à droite) comporte une roselière dans laquelle la sédimentation tourbeuse s'accumule encore aujourd'hui.
Photos 14 b et 14 c - Tourbe fibreuse et bois fossile affleurant sur l'estran de l'Anse Saint-Martin en mars 2001. L'âge de cette tourbe peut être estimé à 1400 ans soit une formation vers 600 ap. J.-C. d'après les datations obtenues sur la séquence tourbeuse par la méthode de datation au radiocarbone. (Clichés L. Lespez)

Photo 15 - Sondage à la pelle mécanique effectué sur l'estran de l'Anse Saint-Martin
Photo 16 - Sondage à la tarière effectué sur le cordon de galet de l'Anse Saint-Martin
Photo 17 - Carottage à la sonde russe effectué dans la vallée du Grand Douet à Biville
Photo 18 - Carottage au carottier à percussion effectué dans la Réserve Naturelle Nationale de la Mare de Vauville à La Hague (Clichés L. Lespez)

Ces recherches de terrain ont été complétées par des études sédimentologiques et paléobiologiques. Les premières se sont appuyées sur des analyses granulométriques et micromorphologiques dont le but était de comprendre les environnements de dépôt des sédiments et leur évolution post-dépositionnelle. Elles ont été réalisées au laboratoire GEOPHEN-UMR 6554 CNRS parfois dans le cadre de mémoires de recherche de Master 1. La finalité des analyses paléobiologiques était de décrire les fragments d'éléments vivants accumulés au cours du temps dans les sédiments. M. Clet-Pellerin (M2C-UMR 6143 CNRS) principalement et Robert Davidson (GEOPHEN-UMR 6554 CNRS), secondairement, ont réalisé les analyses polliniques. Parallèlement, une collaboration a été menée avec N. Limondin-Lozouet (LGP-UMR 8591 CNRS) pour l'étude des malacofaunes particulièrement riches dans les formations tufacées de la plaine de Caen et avec G. Hermier (M2C-UMR 6143 CNRS) pour l'étude des diatomées des formations estuariennes de la basse vallée de la Dives. L'ensemble de ces données n'a pu être exploité qu'à la suite de la mise en place d'une chronologie précise qui repose sur l'utilisation de datations absolues. L'abondance des sédiments organiques (tourbe, limons organiques, charbons, bois) dans les secteurs étudiés a permis d'utiliser la méthode du radiocarbone. D'ailleurs, l'essentiel du financement obtenu dans le cadre de l'ACI et des programmes complémentaires a été utilisé pour mettre en place les chronostratigraphies dans les trois fenêtres privilégiées. Plus de cent datations ont été réalisées par cette méthode et principalement après utilisation d'un accélérateur (datations AMS).

1.1.2.3. La représentativité spatiale des analyses paléoenvironnementales

La recherche sur l'évolution des paysages vise souvent à définir les conditions environnementales rencontrées par les populations d'une époque donnée ainsi que le cadre paysager qu'elles ont dû fréquenter et contribuer à façonner. Cela explique la sollicitation fréquente par l'archéologue ou l'historien, spécialiste d'une période spécifique, du géoarchéologue ou paléoenvironnementaliste. Un des enjeux des recherches paléoenvironnementales est alors de déterminer l'état des milieux et du paysage aux alentours des archives sédimentaires étudiées. C'est ainsi que les recherches paléobiologiques pratiquées ont eu pour objectif de décrire les évolutions qui caractérisent les zones humides qui servent de base à l'étude mais aussi de dépasser ce cadre spatial restreint pour renseigner des échelles spatiales plus larges susceptibles de nous indiquer des transformations paysagères de plus grande ampleur.

Si on laisse de côté les environnements strictement littoraux, les recherches paléoenvironnementales conduites en Basse-Normandie apparaissent peu développées (Lespez et Germain-Vallée, 2011). En effet, les espaces ayant fait, et ce depuis un demi-siècle au moins, l'objet d'investigations récurrentes et approfondies sont la Baie du Mont Saint-Michel (Bonnot-Courtois et *al.* 2002), la baie de Seine et le marais Vernier (Frouin et *al.,* 2009), la Baie des Veys et les marais de Carentan (Elhaï 1963), les zones humides côtières du littoral du Cotentin (Billard et *al.,* 1995 ; Lespez et *al.,* 2004 ; Coutard et Clet-Pellerin 2006) et les îles anglo-normandes (Campbell, 2000). De plus, les nouvelles recherches, qui se sont progressivement orientées vers les espaces continentaux, se sont d'abord attachées à des basses vallées côtières comme nous l'avons déjà évoqué. Ainsi, les recherches conduites à l'écart des dynamiques littorales sont encore rares (Fig. 24). Les recherches géomorphologiques sur l'évolution des fonds de vallée et des systèmes fluviaux continentaux concernent principalement les vallées affluentes de l'Orne ainsi que la Dives et la Seulles (Germain-Vallée et Lespez, 2006 ; Lespez et *al.,* 2008b et 2008c ; Lespez et *al.,* 2010). Des analyses polliniques leur ont souvent été associées et

possèdent une répartition presque équivalente. S'ajoutent seulement quelques recherches anciennes comme celles conduites à Gathémo (Elhaï, 1963 ; Lechevalier, 1981) ou dans le marais de Bellengreville (Elhaï, 1963). Cependant, ces travaux sont souvent difficilement comparables. En effet, en l'absence de datations par la méthode du radiocarbone, l'interprétation chronologique des enregistrements repose souvent sur la transition entre deux palynozones et, pour ce qui concerne l'âge du Fer, entre le Subboréal et le Subatlantique. Cela rend délicate l'utilisation des données polliniques anciennes, en particulier pour les trois derniers millénaires où l'influence des sociétés se fait de plus en plus sentir et où la nécessité de chronologies fines est indispensable au dialogue pluridisciplinaire. Au bilan, l'inégale distribution spatiale des archives sédimentaires exploitées est donc remarquable. A l'échelle régionale, il subsiste encore de larges angles-morts : le Pays d'Auge, le sud de l'Orne et l'ensemble du Bocage normand. Dans ce contexte, on est souvent obligé de recourir à des données produites dans les espaces voisins pour disposer d'informations de cadrage. Localement, il s'agit, par exemple, des recherches polliniques conduites dans le nord de la Mayenne par D. Barbier (1999) qui fournissent une information de référence pour l'évolution des paysages végétaux de la partie orientale du monde armoricain.

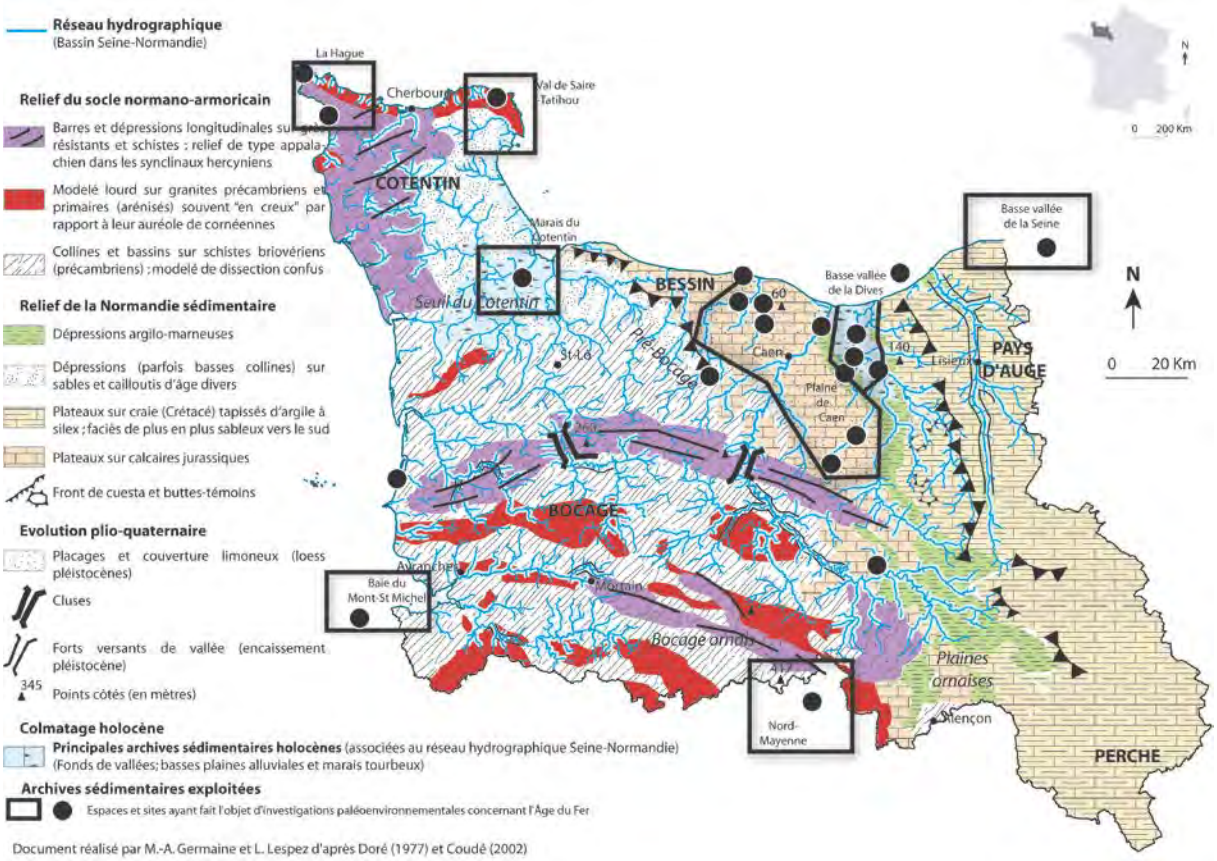


Fig. 24 - Carte de répartition des analyses paléoenvironnemtales hors-sites en Basse-Normandie portant sur la période de l'Âge du Fer

1.2. Des paysages contemporains aux archives historiques et archéologiques

Les recherches archéologiques et historiques ont été largement mobilisées afin de reconstituer l'évolution du peuplement, des modes de mise en valeur agricole et des pratiques de gestion de l'eau depuis le Néolithique. Mises en œuvre dans le cadre de

programmes de recherche pluridisciplinaire, elles participent souvent d'une démarche régressive qui nécessite une bonne connaissance des paysages contemporains.

1.2.1. Dynamiques environnementales et paysages contemporains

La description des paysages contemporains bas-normands peut s'appuyer sur le travail réalisé par M.-A. Germaine (2009). Reposant sur le traitement d'un Modèle Numérique de Terrain (Germaine *et al.*, 2007) puis sur un travail de télédétection à partir d'images satellites SPOT 5 de 2002-2003, il permet d'avoir une connaissance fine de l'occupation des sols des vallées à l'échelle régionale (Germaine, 2008). Cette recherche a également été l'occasion de généraliser une approche diachronique des modifications contemporaines de l'utilisation du sol des vallées bas-normandes, initiée à partir de 2002 par de nombreuses études de cas réalisées à l'occasion de travaux d'initiation à la recherche de Master 1 (encadrement L. Lespez et J.-M. Cador). Cette étude repose sur la comparaison du cadastre napoléonien, réalisé dans les premières décennies du 19e siècle, et des photographies aériennes en noir et blanc de 1955. Le cadastre napoléonien généralisé en France depuis 1809 est un inventaire des parcelles de chaque commune, de leur valeur fiscale et de leur répartition entre les propriétaires fonciers. Même s'ils occultent le réseau de haies, les tableaux d'assemblage réalisés au 1/5 000 proposent, pour le Calvados, des légende en couleurs où apparaissent les modes d'occupation des sols. Ils forment la couche la plus ancienne de la base de données géoréférencées diachronique des modes d'utilisation du sol réalisée à l'échelle de la région (Germaine 2009 ; Germaine *et al.,* 2011) Cette description des paysages est complétée par l'utilisation de documents iconographiques complémentaires comme les cartes postales anciennes (Germaine *et al.*, sous-presse).

Le deuxième volet du diagnostic contemporain consiste en la compréhension de l'état actuel des systèmes hydrosédimentaires. Il a pu être établi grâce à une enquête hydrologique approfondie de chacun des bassins versants étudiés (Agasse, 2005 ; Cador, 2005) et une définition de chacun des styles fluviaux rencontrés. Les cours d'eau dominant sont des systèmes fluviaux à méandrage inactif (Brierley et Fryirs, 2005). Leur régime hydrologique modéré par l'ambiance climatique régionale n'est que secondairement différencié par la proportion des écoulements de surface (roches imperméables du monde armoricain) et de l'alimentation par les aquifères des calcaires du Secondaire (Bassin de Paris). Les transports sédimentaires contemporains ont pu être appréciés à partir d'un échantillonnage systématique des systèmes fluviaux et estuariens contemporains. Ce dernier permet d'établir un état des milieux sédimentaires actuels, référence indispensable aux études sédimentologiques sur le temps long. Mais la connaissance des flux sédimentaires peut surtout s'appuyer sur les études en cours dans le bassin versant de la Seulles menées dans le cadre de la thèse de V. Viel (dir. D. Delahaye). Grâce à une instrumentation complète du bassin versant (hydrologie, MES), il est possible de suivre les variations des débits liquides et des débits solides et d'examiner leur lien avec les stocks sédimentaires disponibles dans le fond de vallée et sur les versants (Viel *et al.*, 2011).

1.2.2. Les recherches archéologiques et géoarchéologiques

L'enquête archéologique intègre prospections pédestres et aériennes, relevés topographique et photographique, sondages et fouilles archéologiques. Ces enquêtes ont permis de faire une première évaluation du potentiel archéologique des zones humides qui caractérisent les basses vallées et les plaines littorales et de leurs marges, et d'esquisser ainsi un portrait des modes d'implantation des habitats depuis le

Néolithique et jusqu'à l'époque médiévale dans ces environnements jusqu'alors mal connus (Marcigny, 2010; Carpentier *et al.*, 2007 et sous-presse,). Par ailleurs, le développement des recherches géoarchéologiques lors des fouilles programmées ou de sauvetage a considérablement enrichi les analyses paéoenvironnementales depuis une quinzaine d'années. Celles-ci sont néanmoins dépendantes des opportunités offertes par les fouilles préventives mais aussi de la conservation de certains écofacts comme les restes osseux dans le monde armoricain aux sols acides (Lespez et Germain-Vallée, 2011). En revanche, elles apparaissent plus abondantes dans la Plaine de Caen. Profitant de bonnes conditions de conservation des ossements et des graines, ce sont les analyses carpologiques et archéozoologiques qui ont le plus souvent été réalisées. Les autres études paléoenvironnementales apparaissent moins nombreuses même si les analyses polliniques ainsi que les études anthracologiques se sont récemment multipliées. S'appuyant sur un Programme Collectif de Recherche, les études géomorphologiques et pédologiques ont été récemment développées. Elles reposent sur des analyses micromorphologiques des remplissages de structures en creux (fosses ou fossés) ou sur des paléosols (Lespez et Germain-Vallée, 2009 ; Germain-Vallée et Lespez , 2011). Dans les fenêtres les plus étudiées, comme au sud de l'agglomération caennaise, les données archéologiques et ces données paléoenvironnemenatles permettent d'aborder les questions de la mise en valeur agricole et de la structuration des paysages agraires (Van den Bosch, 2009 ; Besnard-Vautrin, 2009 ; Germain et Lespez, 2011),

1.2.3. Les recherches historiques

Les recherches historiques ont exploité les témoignages directs ou indirects des hommes sur l'espace et les paysages qui les entourent (récits, cartes anciennes, photographies, peintures mais aussi archives fiscales, judiciaires…). Elles ont révélé la richesse des fonds archivistiques aussi bien pour la basse vallée de la Dives que pour les vallées de la Seulles et de ses affluents (Lespez *et al.*, 2005 ; Carpentier *et al.*, 2006 ; Carpentier, sous-presse ; Garnier, sous-presse). Aux sources écrites, s'est ajouté un important fonds documentaire cartographique qui, une fois critiqué, offre une information irremplaçable pour retracer l'histoire des vallées normandes (Lespez *et al.*, 2005 ; Garnier, 2011). Une série de cartes datant pour l'essentiel du 18e siècle offre l'opportunité de mener une approche spatiale multiscalaire. À petite échelle, la carte de Cassini, réalisée au 1/86 400 entre les années 1748 et 1789 (Pelletier, 1990) permet d'apprécier la densité des moulins, représentés par des roues dentelées, qui jalonnent les rivières. Elle a été complétée par les « plans de routes » établis le plus souvent après 1750 par le corps des ingénieurs des Ponts & Chaussées. Ces derniers autorisent une approche spatiale nettement plus fine car ils sont dressés à l'échelle du 1/16 660. Ils livrent un tableau paysager plus diversifié en replaçant les moulins à blé dans un contexte géographique plus large : dessin précis du réseau hydrographique, représentation détaillée du réseau des voies de communication, trame parcellaire révélée par la figuration des limites de propriété sous la forme de haies ou de bornes, indication des cultures (Fig. 25). Ces cartes ont été ponctuellement complétées par des plans-terriers. Réalisés un peu partout en France, dans le cadre de la « réaction seigneuriale » postérieure aux années 1750, ils sont dessinés à des échelles comprises généralement entre 1/6 000 et 1/8 000. Ils se démarquent de la chorographie pour se rapprocher du cadastre moderne en répertoriant les parcelles par des numéros et en permettant de rattacher à leurs propriétaires les droits correspondants. Il figure ainsi la nature des cultures et des bâtiments (Fig. 26 et 27). Des documents d'archives juridiques, notariales ou privés complètent ce corpus (Carpentier *et al.*, 2007 ;

Carpentier, sous-presse ; Garnier, sous-presse). Particulièrement riches dans la basse vallée de la Dives du fait du rôle primordial joué par l'abbaye de Troarn dans la gestion des marais, ils offrent des informations complémentaires mais aussi plus anciennes qui permettent d'évoquer les paysages médiévaux (Carpentier *et al.*, 2007 ; Carpentier, 2007, Fig. 27). Enfin, l'utilisation croisée de ces sources révèle la multiplicité des usages du sol (terres labourées, prés, pâtures, jardins, roselières, chasse, exploitation de la tourbe, …) et des pratiques de gestion de l'eau et des zones humides (salines, pêcheries, pêche, batellerie, moulins, barrages, vannes, biefs, réseau de drainage, …) qui se sont succédés au cours des époques médiévale et moderne ainsi que leurs mutations et l'ancienneté et la complexité des conflits d'usages associés.

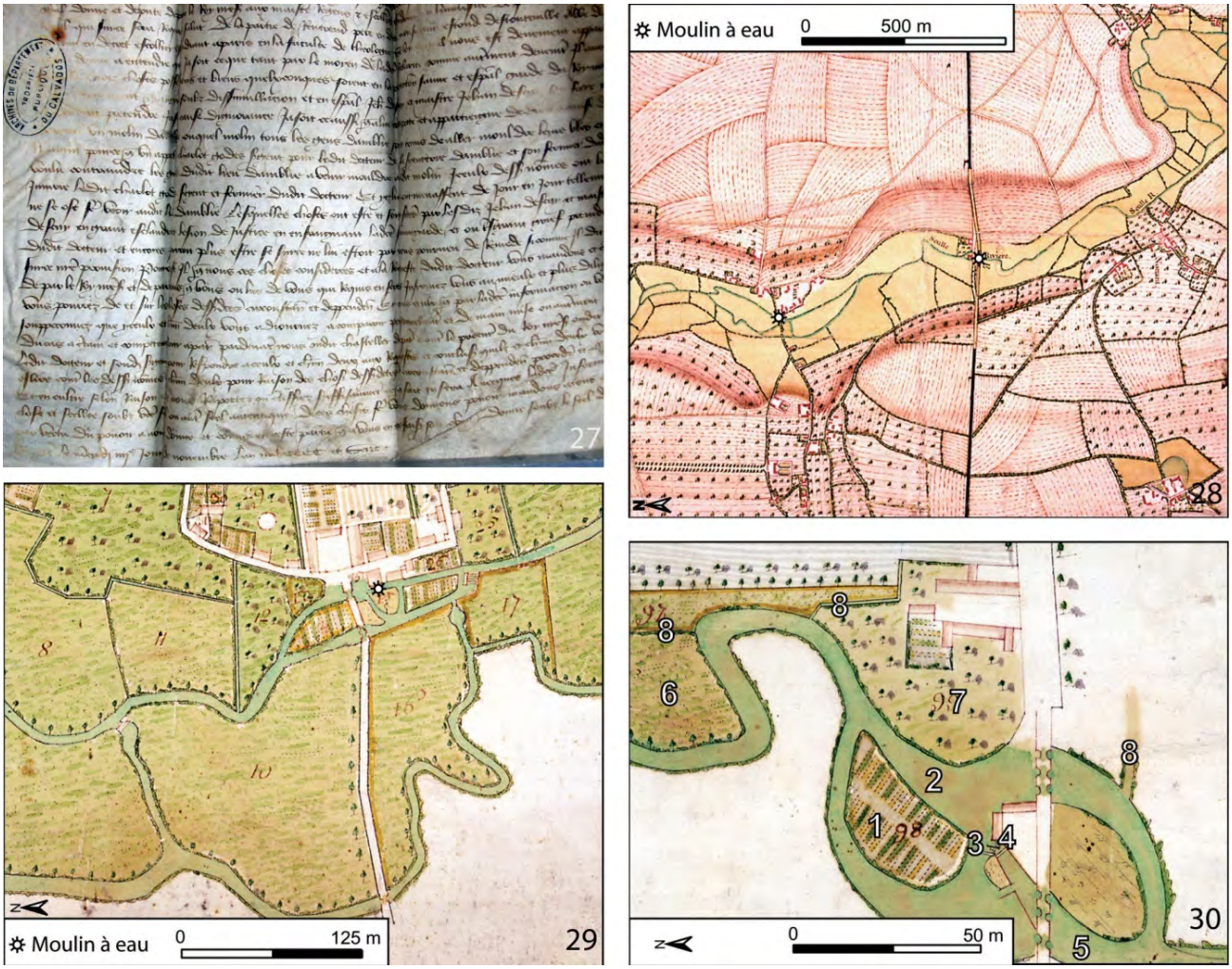


Fig. 25 - Bail à ferme du moulin d'Amblie (1426), Arch.Dép. Calvados. 3 P 1939. (Cliché E. Garnier).
Fig. 26 - Extrait du plan de route Caen-Bayeux (vers 1750), administration des Ponts et Chaussées. Arch. Dép. Calvados. C3503. (Cliché E. Garnier).
Fig. 27 - Extrait du Plan terrier de la seigneurie de Vaux-sur-Seulles, 1743 (environ du moulin de Vaux/Seulles). Plan en couleur (43x55 cm). Arch. Dép. Calvados. H 106 (Cliché E. Garnier).
Fig. 28 - Extrait du Plan terrier de la seigneurie de Vaux-sur-Seulles, 1743 (environ du moulin du Vieux Pont). Plan en couleur (43x55 cm). Arch. Dép. Calvados. H 106 (Cliché E. Garnier) : 1. Ilet (jardin, réseau de vannage) – 2. Bief ou canal d'amené – 3. Barrage – 4. Vannes et roues – 5. Canal de fuite – 6. Surface en herbe (prés, herbages) – 7. Prairie complantée – 8. Réseau de haies du bocage et fossés collecteurs (« noe »).

2. Avant l'Holocène : déglaciation planétaire et mutations de l'environnement et des paysages au Tardiglaciaire (14 000-9 500 av. J.-C.)

Après le climat froid et les environnements steppiques du Pléistocène, un climat tempéré s'installe durablement en Basse-Normandie comme dans l'ensemble de l'ouest de l'Europe au début de l'Holocène. Mais la transition n'est pas progressive. Les nouvelles conditions bioclimatiques s'installent au cours d'une période de forte instabilité climatique. La fonte des grandes calottes glaciaires qui occupaient le Groenland et la Scandinavie ainsi que de la banquise qui recouvrait l'océan arctique et l'Atlantique nord a été rythmée par des phases d'avancée et de recul notables à tel point que certains auteurs ont pu parler d'un phénomène pulsé (Magny, 1995). Le dernier coup de froid important et durable correspond à la période du Dryas récent (10 700-9 500 av. J.-C.). La transition entre le Dryas et l'Holocène correspond ensuite à un brusque et ultime réchauffement climatique qui a eu des conséquences majeures sur l'environnement et les paysages régionaux.

La plupart des fonds de vallée bas-normands ne présente pas de sédiments attribués à la période du Tardiglacaire. Les quelques archives sédimentaires datées de cette période sont éloignées des principaux axes de drainage et se situent le plus souvent à l'amont des bassins versants (Fig. 29). C'est le cas du marais de Bellengreville situé à l'amont de la Muance dans la Plaine de Caen (Elhaï, 1963), du marais de Gathemo en amont du bassin versant de la Vire (Elhaï, 1963 ; Lechevalier, 1986) et du marais d'Asnelles (Elhaï et Larsonneur, 1969) aujourd'hui le long des côtes du Calvados, mais qui était alors situé dans un angle-mort entre les vallées de la Seulles et de la Vire. Les remplissages de fonds de vallée datés de cette période sont encore plus rares. On peut citer les formations à la base des tufs carbonatés de Saint-Germain le Vasson dans la vallée de la Laize (Limon-Lozouet *et al.*, 2004 et 2005) et la base d'un remplissage alluvial de l'Houay, petit affluent de l'Orne dans la Plaine d'Argentan (Lespez, 2009). Cette faiblesse des archives sédimentaires n'est pas propre aux petits fleuves côtiers bas-normands et caractérise également la basse vallée de la Seine (Frouin *et al.*, 2010). Ces observations distinguent la région des espaces voisins comme le centre du Bassin de Paris, la Picardie et la Mayenne où les remplissages sédimentaires ont été très précisément étudiés (Pastre *et al.*, 2003 ; Antoine *et al.*, 2003 ; Barbier, 1999 ; Barbier et Visset, 2000). Cette situation s'explique, en partie, par un défaut de prospection, mais l'intensification des recherches au cours de ces dix dernières années montre qu'elle résulte également de la situation géographique de la région. En effet, la mobilisation de l'eau par les grands inlandsis continentaux et la banquise pendant la dernière période froide (il y a 18 à 20 000 ans) a entraîné la baisse du niveau marin jusque vers -120 m. La Manche, alors à sec, était parcourue par un fleuve important résultat des confluences de la Somme, de la Tamise et de la Seine (Toucane *et al.*, 2010). Les fleuves côtiers bas-normands aux pentes longitudinales accentuées par la baisse du niveau marin furent alors soumis à une incision et une érosion régressive active jusqu'au début de l'Holocène. La remontée du niveau marin au cours du Tardiglaciaire n'a pas été suffisante pour inverser ce processus. Il en fut différemment le long des cours d'eau du centre du bassin de Paris ou dans les petites dépressions situées sur les interfluves de la partie orientale du massif armoricain pour lesquels les variations du niveau marin n'ont pas joué de rôle déterminant. Confrontées aux recherches pratiquées dans le centre du bassin de Paris et dans la partie orientale du massif armoricain (Barbier, 1999 ; Pastre *et al.*, 2002, 2003), les quelques données disponibles régionalement (Elhaï, 1963 ; Elhaï et Larsonneur, 1969 ; Lechevallier, 1986) permettent d'esquisser un schéma de l'évolution

des paysages bas-normands. Le réchauffement intervenu au cours du Tardiglaciaire (Bölling puis Allerod) a d'abord favorisé le développement des espèces arborées et arbustives pionnières au détriment des herbacées caractéristiques de la steppe froide de la fin du Pléistocène. Dans la partie orientale du Massif armoricain, les peuplements de bouleau se développent accompagnés de saules et d'aulnes le long des cours d'eau (Barbier, 1999). Au centre du Bassin de Paris, s'ajoutent le genévrier puis le pin (Leroyer, 1997). Dans le marais d'Asnelles la prédominance des mêmes espèces pionnières (Elhaï et Larsonneur, 1969) suggère que la partie sédimentaire de la région a connu une évolution paysagère conforme à celle du Bassin de Paris.

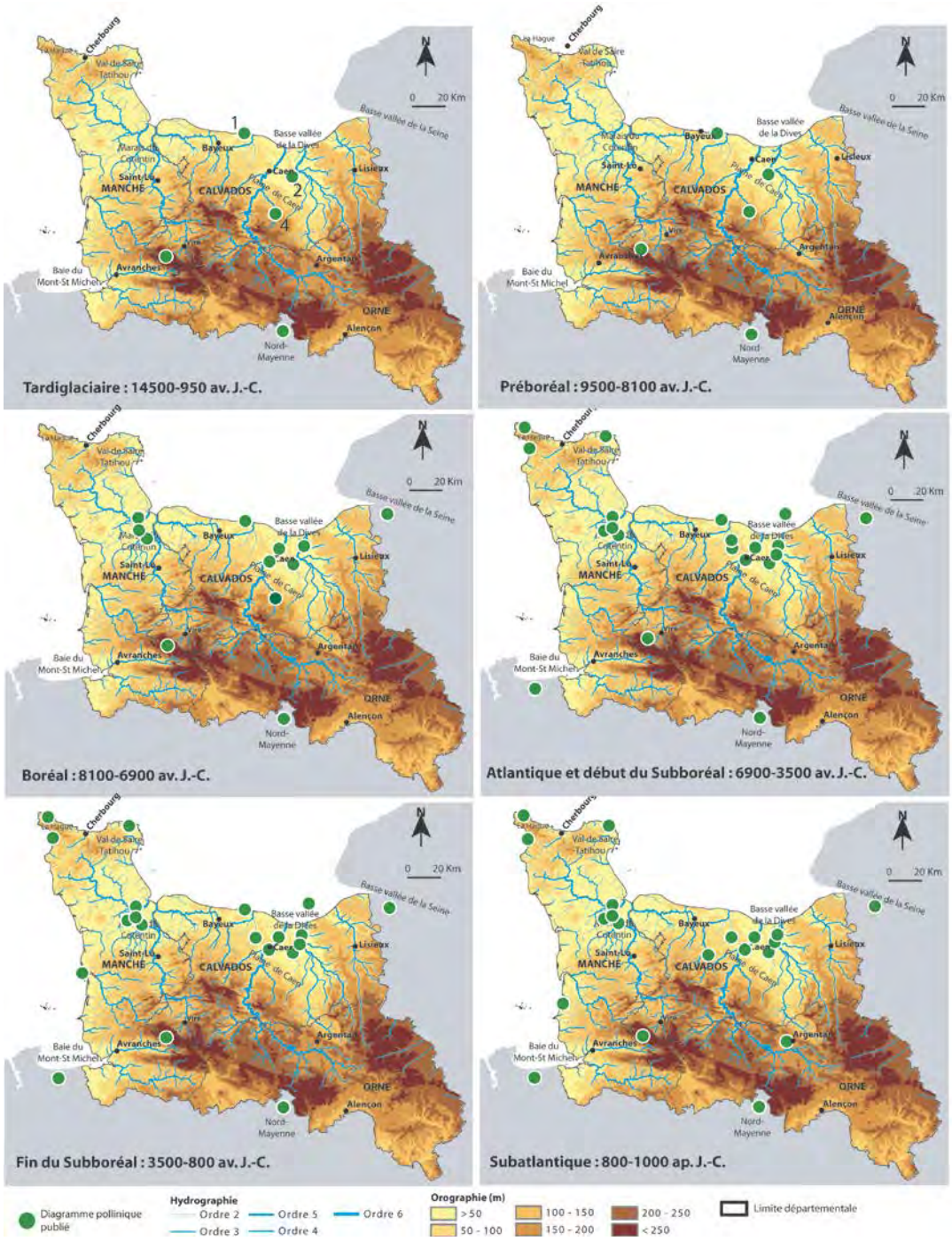


Fig. 29 - Analyses palynologiques réalisées en Basse-Normandie (Diagrammes polliniques disponibles pour 6 fenêtres chronologiques (références citées dans le texte ; 1. Asnelles ; 2. Bellengreville ; 3. Gathémo ; 4. Saint-Germain-Le Vasson)

Par la suite, le coup de froid incisif du Dryas récent a partout mis à mal ces peuplements pionniers. Cet épisode est marqué par une nouvelle descente du front polaire vers le Sud entraînant une chute des températures. Celles-ci atteignaient 10 à 13°C en moyenne en juillet et de l'ordre de -11 à -12°C pour janvier et février. Dans le même temps, l'abaissement du niveau des lacs jurassiens montre que les précipitations se sont également considérablement réduites (Magny, 1995). Les bouleaux et les pins reculent alors que les paysages steppiques se déploient à nouveau sur les plateaux et leurs rebords dans le bassin de Paris (Pastre *et al.,* 2003) comme dans le monde armoricain (Barbier, 1999 ; Barbier et Visset, 2000). Dans certains fonds de vallée mieux protégés et alimentés par des aquifères persistants, la végétation arborée a pu perdurer comme l'attestent les observations réalisées dans les marais d'Asnelles (Elhaï et Larsonneur, 1969) et de Bellengreville (Elhaï, 1963). Les conséquences de ces mutations bioclimatiques sur le fonctionnement hydrosédimentaire des cours d'eau bas-normands demeurent mal connues faute de sédiments contemporains à étudier. Localement, le fond de certaines dépressions est affecté par des coulées de solifluxion ou de gélifluxion comme à Bellengreville (ElhaÏ, 1963) ou par une sédimentation colluviale comme à Asnelles (Elhaï et Larsonneur, 1969), qui témoignent de la vigueur des processus de versant. Dans la plaine d'Argentan, le fond de vallée de l'Houay montre une sédimentation constituée de sables limoneux carbonatés, précisément datés du Dryas récent (10 300-9650 av. J.-C.), qui atteste d'écoulements énergiques à forte charge détritique au sein d'une plaine alluviale parcourue par un écoulement chenalisé (Lespez, 2009). Ces observations ponctuelles sont à rapprocher du colmatage systématique par des limons et des sables calcaires observé dans les fonds de vallée du bassin de Paris à la même époque (Pastre *et al.*, 2003). Ainsi, l'érosion des versants beaucoup moins protégés par la végétation qu'au cours des époques précédentes a favorisé l'engorgement des plaines alluviales par des apports détritiques d'origine colluvio-alluviale dans les têtes des vallons et de vallées.

3. Le temps de la Nature I : des cours d'eau méandriformes au sein d'un environnement forestier en expansion (9 500-6 900 av. J.-C.)

Au début de l'Holocène, l'ensemble de l'Europe du Nord-ouest est marqué par un nouveau réchauffement rapide du climat. La remontée du front polaire jusqu'au détroit qui sépare l'Islande du Groenland s'effectue en moins de 400 ans. Pour le nord de la France, l'estimation du réchauffement est de 6 à 9°C pour le mois de juillet et de 11 à 17°C pour les mois de janvier et de février d'après l'analyse des restes d'insectes fossilisés dans les formations palustres (Ponel *et al.*, 2007). Parallèlement, la remontée du niveau marin liée à une nouvelle fonte des grandes calottes glaciaires se renforce brutalement. Le niveau marin qui était remonté de -120 m à - 60 m au cours du Tardiglacaire, remonte à nouveau rapidement après l'intermède du Dryas récent. La Manche retrouve progressivement son contour actuel alors que les calottes glaciaires scandinave et d'Amérique du Nord ont totalement fondues. Les conséquences paysagères de ces transformations paléoenvironnementales sont considérables et sont beaucoup mieux renseignées grâce au développement des archives sédimentaires. Au début du Préboréal (9 500-8 100 av. J.-C.), la tendance à l'incision observée au cours du Tardiglacaire se poursuit et affecte les grands cours d'eau comme l'Orne (Clet Pellerin *et al.*, 1977) ou la Seine (Frouin *et al.*, 2010). Dans le bassin de Paris, la sédimentation fluvio-palustre qui se développe atteste d'écoulements méandriformes longés par des ripisylves où domine le saule (Pastre *et al.*, 2003). Plus généralement, les recherches

montrent un changement progressif de la couverture végétale marqué par la disparition des taxons steppiques et l'affirmation des taxons arboréens ou arbustifs (Leroyer, 1997). Cette évolution est également attestée dans la Plaine de Caen et sur ses marges où l'essor du couvert arboré correspond au développement du pin (Elhaï, 1963 ; Elhaï et Larsonneur, 1969 ; Limondin-Lozouet *et al.*, 2005). Dans la partie orientale du massif armoricain, le bouleau l'emporte toujours malgré un léger accroissement du pin et du genévrier (Barbier, 1999). Les analyses polliniques indiquent des paysages régionaux qui commencent à se boiser mais la dynamique forestière en cours est encore incomplète comme le montrent les analyses malacologiques. Sur le versant de la vallée de la Laize, les assemblages de mollusques indiquent un milieu ouvert et humide (Limondin-Lozouet *et al.*, 2005) alors que dans le fond de la vallée de la Mue, des zones herbeuses bien drainées côtoient une végétation de buissons et bosquets (Lespez *et al.*, 2005).

Au cours du Boréal (8 100-6 900 av. J.-C.), l'essor des formations arborées et arbustives se poursuit : il correspond d'abord à la poussée brutale du noisetier, qui s'impose comme le taxon dominant, aussi bien dans la partie sédimentaire de la région, dans la partie orientale du massif armoricain que dans les espaces charnières comme les marais du Cotentin et du Bessin (Elhaï, 1963). Progressivement les autres taxons méso-thermophiles comme le chêne et l'orme s'affirment et témoignent d'une diversification spécifique. Néanmoins, la reconquête forestière demeure incomplète et laisse persister des espaces ouverts dans les zones humides de fond de vallée et le long de certains versants aux sols moins épais dominés par les fougères et les graminées.

Dans les fonds de vallée, la sédimentation sablo-limoneuse se généralise. Elle témoigne d'écoulements chenalisés et méandriformes au sein d'une plaine d'inondation marquée par le développement de la ripisyle. L'activation de nombreuses sources de versants ou de bas de pente engendre une sédimentation carbonatée dans les vallées de la Laize (Limondin-Lozouet *et al.*, 2005) et de la Mue (Lespez *et al.*, 2005, 2008) et sur certains escarpements littoraux du Calvados (Clet-Pellerin *et al.*, 1990). Elle témoigne d'une nouvelle abondance hydrologique en relation avec la remontée des nappes phréatiques des grands aquifères de la partie sédimentaire de la région. Elle explique également le développement de quelques zones humides de fond de vallée. Néanmoins, on n'assiste pas à une remontée généralisée des nappes phréatiques de fond de vallée contrairement à ce qui a pu être observé dans le centre du bassin de Paris (Pastre *et al.*, 2003).

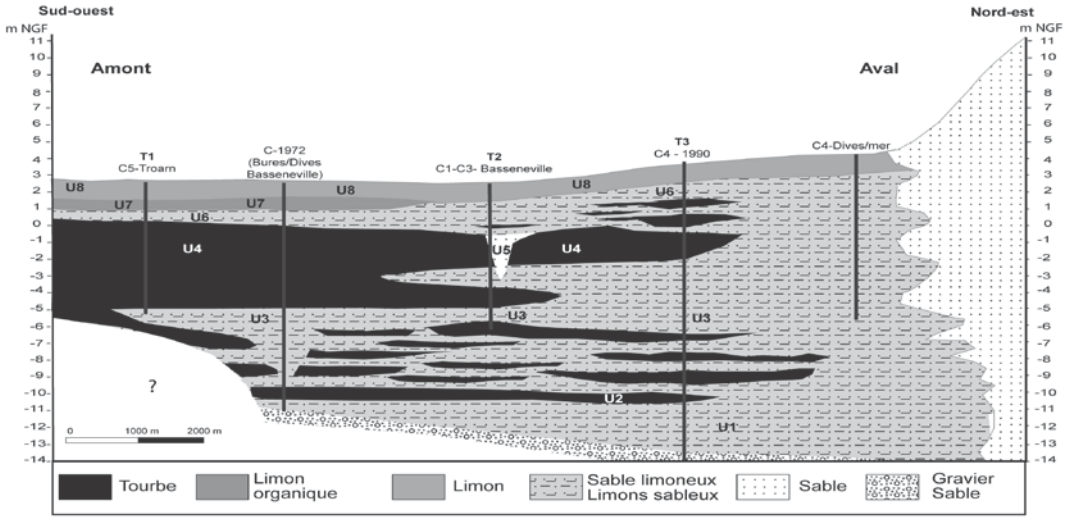


Figure 30 - Schéma synthétique longitudinal du remplissage sédimentaire holocène de la basse vallée de la Dives (L. Lespez)

A l'aval, les basses vallées sont marquées par la transgression marine. Les premiers sédiments littoraux sablo-silteux viennent colmater le fond des grands estuaires comme ceux de la Dives et de l'Orne. Les sédiments contiennent un cortège pollinique indiquant l'expansion des marais maritimes en particulier vers la fin du 7e millénaire av. J.-C. (Huault *et al.*, 1972 ; Clet-Pellerin *et al.*, 1977 ; Fig. 30)

4. Le temps de la Nature II : l'essor des milieux fluvio-palustres au sein de vallées boisées (6 900-3 500 av. J.-C.)

L'Atlantique (6 900-4 000 av. J.-C.) correspond à l'installation d'un environnement forestier à l'échelle régionale. Les taux de pollens arboréens dépassent le plus souvent 80% dans les basses vallées de l'Orne et de la Dives (Huault, 1972 ; Clet-Pellerin *et al.*, 1977), les marais de Carentan (Elhaï, 1963) et de Bellengreville (Elhaï, 1963 ; Lespez et Clet-Pellerin, 2006) ou la tourbière de Gathémo (Elhaï, 1963). La diversification spécifique se poursuit. Si le noisetier et le chêne demeurent partout les taxons dominants, l'orme et le tilleul se développent sur les rebords de plateaux et les versants alors que l'aulne commence à jouer un rôle important dans certains fonds de vallée. Ce développement est concomitant de celui des cypéracées, des autres plantes des zones humides et des fougères accompagnant la ripisylve. Il correspond à un essor généralisé des zones humides ponctuées de nappes d'eau libre (Fig. 31). Ces observations témoignent d'une histoire comparable à celle du bassin de Paris où la chênaie mixte est bien établie (Leroyer, 1997) et de la partie orientale du massif armoricain marquée par le développement d'aulnaies luxuriantes dans certains fonds de vallée ou dépressions humides (Barbier, 1999).

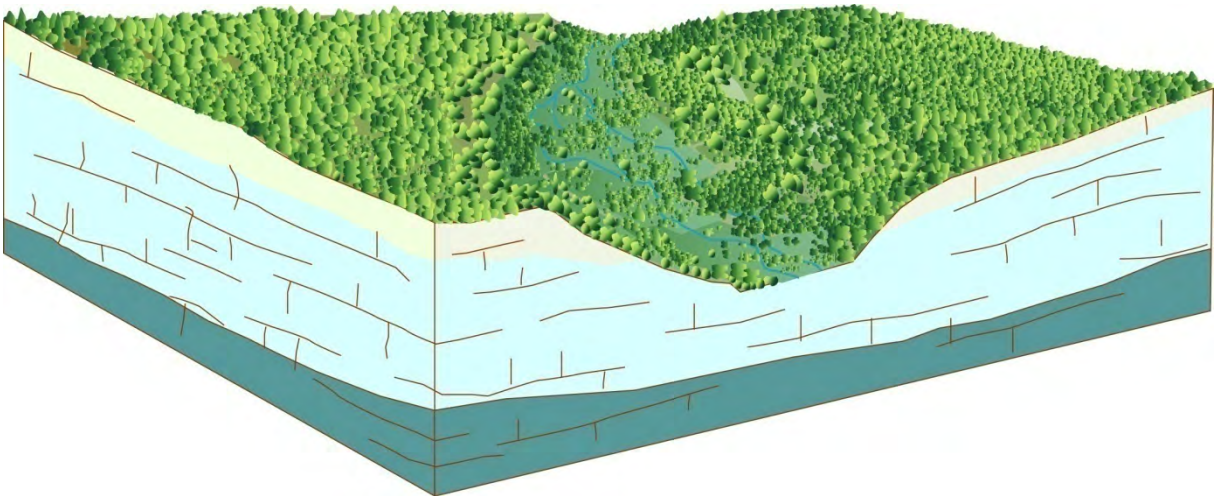


Fig. 31 - Restitution schématique de l'évolution des paysages de la vallée de la Mue : Mésolithique final (Réalisation et conception J.-M. Cador et L. Lespez)

Dans le même temps, la sédimentation change dans les fonds de vallée et dans les estuaires. La sédimentation organique s'affirme vers l'aval dans les estuaires et les plaines littorales. Alors que le rythme de la sédimentation marine diminue rapidement passant de 6 à 3,3, puis 1 mm/an entre 6000 et 4300 av. J.-C. dans la baie du Mont-Saint Michel (L'Homer *et al.*, 2002), la sédimentation marine puis continentale débute à La Hague, dans l'Anse de Vauville (vers 5 500 av. J.-C.) puis dans la Plaine littorale de l'Anse

Saint-Martin (vers 3 400 av J.-C. (Lespez *et al.*, 2004, 2011). Elle ne laisse plus que d'étroits chenaux estuariens au sein de vastes zones humides tourbeuses au fond des estuaires de l'Orne et de la Dives (Huault, 1972 ; Clet-Pellerin *et al.*, 1977 ; Lespez *et al.*, 2010) ou dans les vastes marais du Cotentin et du Bessin (Elhaï, 1963). Cette évolution d'ensemble caractérise les deux rives de La Manche puisque c'est à cette époque également que se développe la plupart des marais et tourbières littorales connus en Bretagne (Morzadec-Kerfoun, 1974 ; Stephan, 2010), en Cornouailles et dans le Solent (Waller et Long, 2003). Cette transformation affecte également les petites dépressions humides du monde armoricain comme à Gathémo (Elhaï, 1963 ; Lechevallier, 1986) et dans le nord de la Mayenne (Barbier, 1999) et celles du domaine sédimentaire comme à Asnelles (Clet-Pellerin *et al.*, 1987) et Bellengreville (Elhaï, 1963 ; Lespez et Clet-Pellerin, 2006) qui sont marquées par l'essor de la sédimentation organique et des espaces palustres.

Par ailleurs, les systèmes fluviaux sont également caractérisés par l'amorce d'une transformation durable. Les données disponibles dans le bassin versant de la Seulles suggèrent une évolution différenciée des systèmes fluviaux du bassin sédimentaire et du monde armoricain (Lespez *et al.*, 2008 et 2011 ; Fig. 32). Le long de la Seulles, dont la dynamique fluviale est en grande partie dictée par son amont armoricain, la sédimentation sablo-graveleuse peu épaisse comporte de très nombreux restes organiques (lentilles de tourbes, bois, brindilles, …). Même s'il est difficile d'identifier le chenal d'écoulement par les méthodes d'investigation employées, il semble que les sédiments hérités des périodes précédentes soient simplement remaniés par des écoulements mal chenalisés au sein de zones humides arborées. En revanche, le long de la Mue, la construction des édifices tufacés se poursuit alors que, dans le reste du fond de vallée, se développe une sédimentation organique qui se mêle à la sédimentation carbonatée attestant la remontée du niveau des nappes (Lespez *et al.*, 2005 et 2008) comme dans les vallées du centre du Bassin de Paris (Pastre *et al.*, 2002 ; Chaussée *et al.*, 2008).

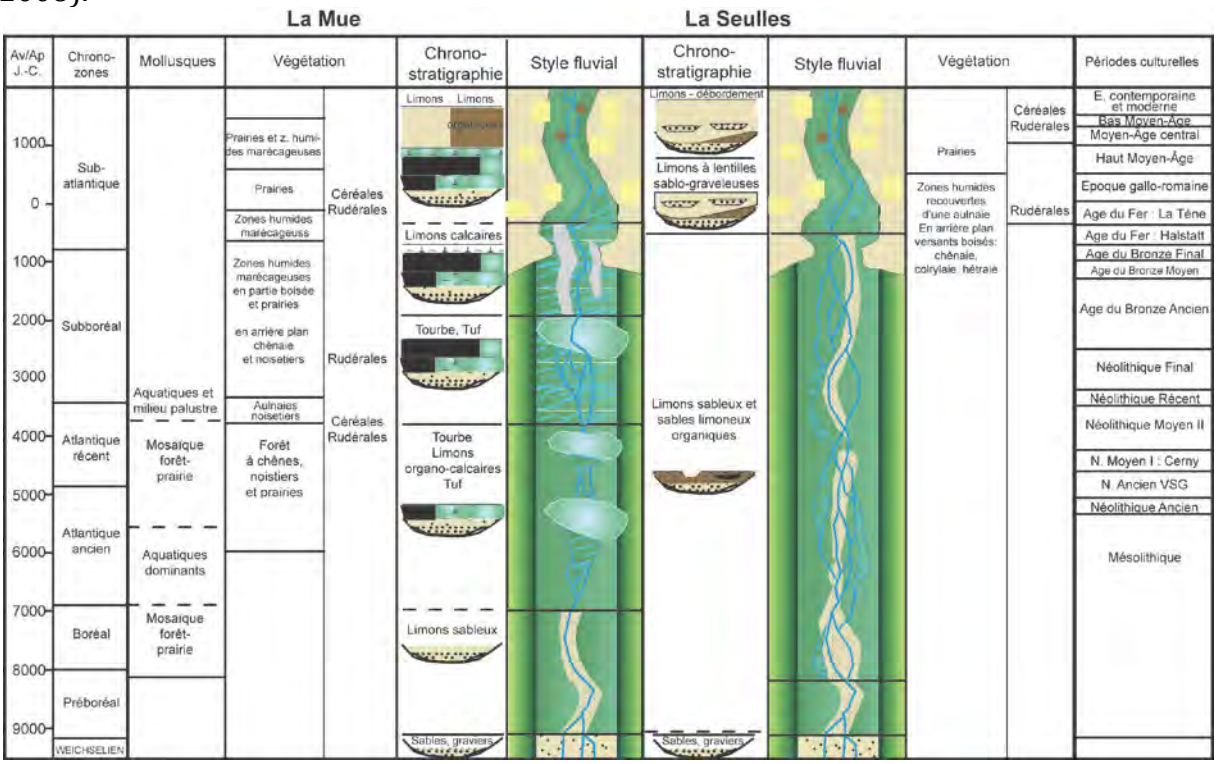


Fig. 32 - L'évolution des paysages fluviaux et de vallées dans le bassin-versant de la Seulles

Le passage vers le Subboréal (4 000-3 300 av. J.-C.) ne marque pas de transformation majeure des milieux et des paysages. Les fonds de vallée, les versants et les rebords de plateau qui les dominent demeurent largement boisés. Alors que les sols bien drainés sont dominés par la chênaie mixte, les paysages des fonds de vallée de la Dives (Huault, 1972 ; Lespez *et al.*, 2010), de l'Orne (Huault, 1972 ; Clet-Pellerin *et al.*, 1977), des petites plaines littorales de La Hague (Lespez *et al.*, 2004) et de certaines parties des marais du Cotentin (Elhaï, 1963) sont dominés par des aulnaies denses. Ainsi, la sédimentation organique caractérise presque tous les fonds de vallée et les plaines littorales et atteste du niveau élevé des nappes phréatiques. Localement, l'importance des plantes aquatiques ou de zones humides indique un milieu plus ouvert comme à Appeville, dans les marais du Cotentin (Elhaï, 1963) ou à Bellengreville (Lespez et Clet-Pellerin, 2006 ; Lespez, 2011). L'évolution entamée au cours de la période précédente se poursuit et c'est bientôt l'ensemble des espaces déprimés qui est marqué par un niveau élevé des nappes phréatiques et une inscription limitée des formes fluviales. Au bilan, l'affirmation progressive des paysages forestiers et la généralisation des espaces palustres dans les fonds de vallée aboutissent à une homogénéisation progressive des paysages bas-normands, car l'impact des pratiques agropastorales sur les paysages végétaux des vallées et des plaines littorales bas-normandes reste difficilement détectable dans les vallées et les plaines littorales (Fig. 33, Lespez *et al.*, 2005).

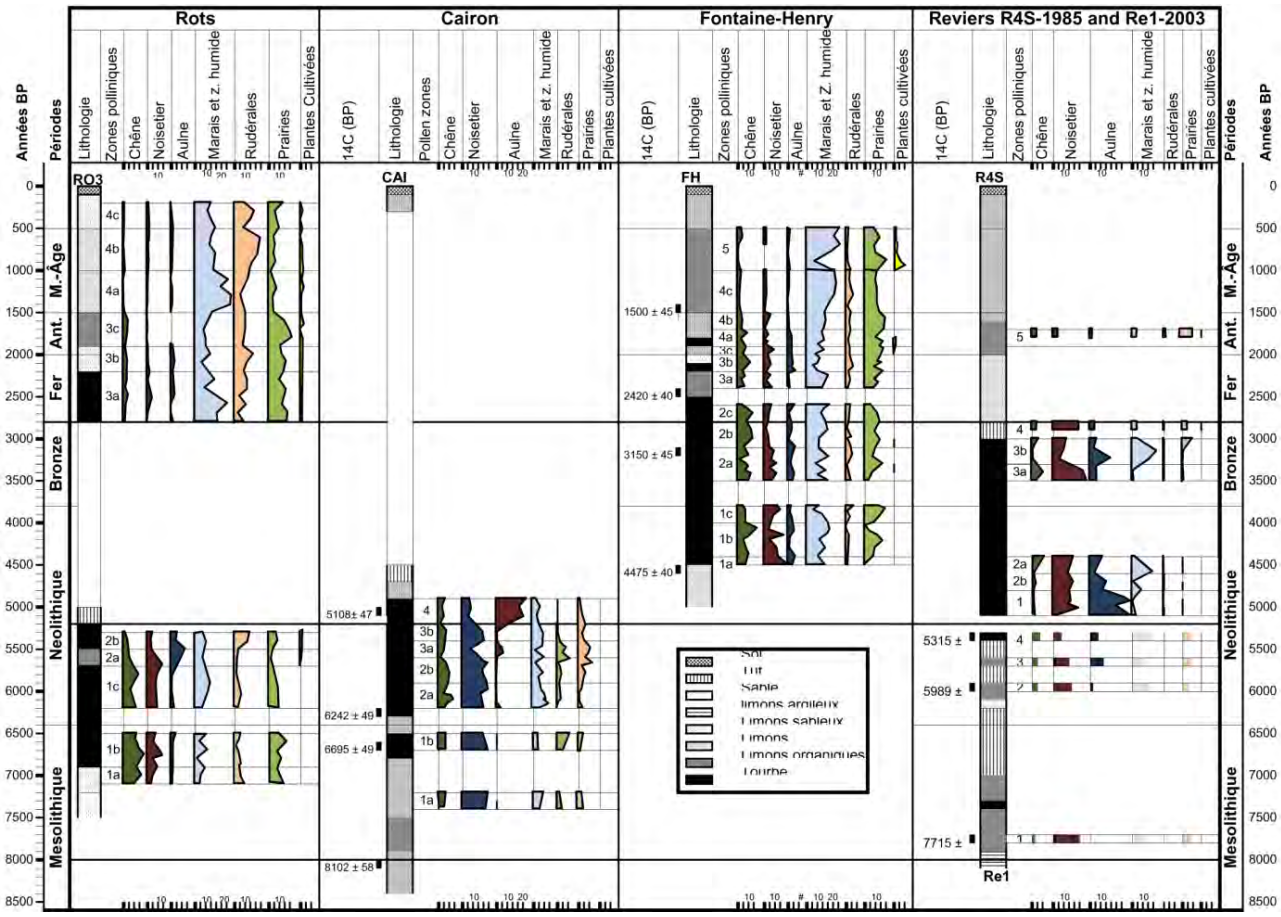


Fig. 33 - Carottages dans la vallée de la Mue et diagrammes polliniques simplifiés (% calculés d'après le nombre total de grains de pollen moins les fougères et les plantes aquatiques, d'après Lespez et al., 2008)

Dans la Plaine de Caen, de nombreux témoignages archéologiques (habitats, ensembles funéraires, mégalithes) sont détectés sur les plateaux (Desloges, 1997 ; Ghesquière et Marcigny, sous-presse). Ils attestent d'une occupation importante au cours du Néolithique moyen (4700 à 3500 av. J.-C.). Néanmoins, le diagramme pollinique de Cairon, prélevé dans la vallée de la Mue, montre la persistance d'un paysage végétal caractérisé par les noisetiers et les chênes bordant une zone colonisée par les fougères puis par les aulnes. Dans ce diagramme, il n'existe aucune trace de plantes cultivées et les traces d'anthropisation sont discrètes. Seule, la présence constante des plantes rudérales et leur augmentation ainsi que celle des espèces de prairies entre 4500 et 4000 av. J.-C., alors que les pourcentages des grains de pollens de noisetier et de chêne diminuent, témoignent d'une activité humaine. Ces traces sont à mettre en relation avec la première phase d'occupation du site de la « Pierre Tourneresse » (Néolithique moyen II, Clément-Sauleau *et al.*, 2000) distant de 250 m du point de carottage. Dans le même temps à l'amont de la vallée, à Rots, les premiers signes d'anthropisation peuvent être attribués au Néolithique moyen (Lespez *et al.*, 2005). Ils correspondent à l'apparition des plantes cultivées et à l'augmentation des plantes rudérales. Ils sont sans doute à mettre en relation avec les habitats contemporains de la vaste nécropole néolithique de Rots qui compte une dizaine de longs monuments de plusieurs dizaines de mètres attribuables à la fin du Néolithique moyen I (4500-4200 av. J.-C., Desloges, 1997). Cette nécropole qui couvre une quinzaine d'hectares devait être liée à plusieurs zones habitées synchrones. Malgré ces indices de modification du couvert végétal, les formations boisées (chênes, noisetiers) occupent toujours une place importante dans le diagramme pollinique. Incontestablement, les vallées restent généralement boisées. Même dans la Plaine de Caen, les impacts des premières sociétés d'agriculteurs sont faibles et temporaires. Ils sont concentrés sur les plateaux à l'écart des zones humides de fond de vallée (Fig. 34).

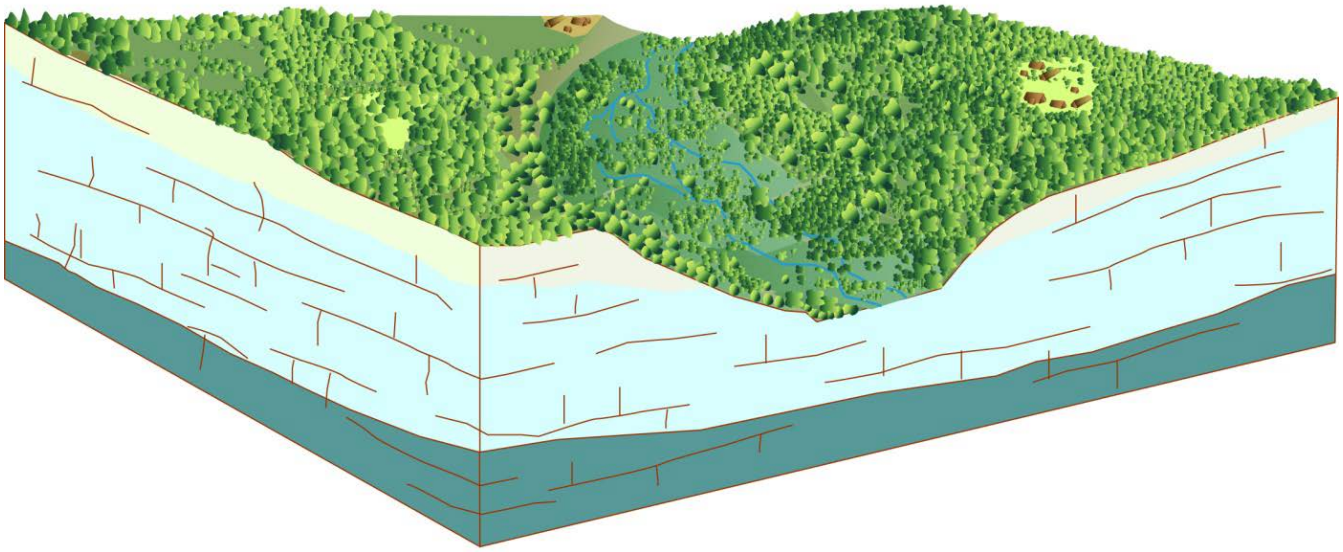


Fig. 34 - Restitution schématique de l'évolution des paysages de la vallée de la Mue : Néolithique moyen (J.-M. Cador et L. Lespez)

5. Le temps des métamorphoses : L'atterrissement des fonds de vallée et l'ouverture des paysages (3 300 av. J.-C. à 500 ap. J.-C.)

L'équilibre, atteint après plus de 6 millénaires gouvernés par les dynamiques bioclimatiques, est progressivement menacé par de nouvelles transformations de l'environnement pour lesquelles l'Homme occupe une place qui devient progressivement prépondérante.

5.1. Les transformations discrètes des vallées au milieu de paysages qui s'ouvrent progressivement (3 300-800 av. J.-C.)

Le recul du couvert forestier est patent du Néolithique final à l'âge du Bronze (3 300-800 av. J.-C.) comme le montre la diminution des pollens arboréen dont les pourcentages ne dépassent plus 40 à 50% à la fin de la période. Dans les vallées qui traversent la plaine de Caen (Clet-Pellerin *et al.*, 1977 ; Lespez *et al.*, 2005 et 2008), les marais du Cotentin et du Bessin (Elhaï, 1963), la basse vallée de la Dives (Lespez et Clet-Pellerin, 2006 ; Lespez *et al.*, 2010) et la plaine littorale de l'Anse St Martin à La Hague (Lespez *et al.*, 2004), ce recul correspond d'abord à l'affirmation des zones humides et à la croissance des plantes adaptées aux sols hydromorphes à la fin du 4e millénaire av. J.-C. Pour l'essentiel, cela correspond au développement d'espèces épiphytes ou de sous-bois associées à la ripisylve et conforte l'image d'aulnaies luxuriantes se développant dans la plupart des fonds de vallée. Peut-être faut-il voir dans cette phase, marquée par la remontée des nappes phréatiques, le résultat d'une plus grande humidité témoignant d'une phase plus fraîche et plus humide attestée autour de 3 300-3 200 av. J.-C dans l'ouest de l'Europe (Barber *et al.*, 2003 ; Magny, 2004). Néanmoins, le rôle des sociétés s'affirme également à cette époque. Dans la Plaine de Caen, les observations réalisées au pied de l'éperon barré de Basly, qui domine les méandres de la Mue (San Juan, 2003 et 2004), montrent une décroissance rapide de l'aulnaie et le développement des espèces de prairies. Elles indiquent clairement, et pour la première fois, une anthropisation du fond de vallée (Lespez, 2011). Les indices de l'action des hommes dans les vallées et sur les versants qui les dominent deviennent encore plus nombreux ensuite au cours de l'âge du Bronze (2 300-800 av. J.-C.). L'essor des fougères aigles, des fabacées, des graminées et des plantes rudérales sur les versants de la vallée de la Mue (Lespez *et al.*, 2005 et 2008), de la basse vallée de la Dives (Lespez *et al.*, 2010) et sur ceux qui dominent le littoral de l'Anse St Martin à La Hague (Lespez *et al.*, 2004) témoigne de l'ouverture des paysages. Celle-ci s'affirme progressivement alors qu'apparaissent plus régulièrement les indices de culture dans les diagrammes polliniques (Fig. 35). Dans la basse vallée de la Dives, la culture des céréales est enregistrée à partir du Bronze ancien alors qu'elle est régulièrement enregistrée à partir du Bronze ancien ou moyen dans la vallée de la Mue (Lespez *et al.*, 2005 et 2010). Cette mise en valeur demeure incomplète comme le montrent les analyses développées dans la basse vallée de la Dives (Lespez *et al.*, 2010). La comparaison des deux diagrammes polliniques distants d'environ 500 m le long du transect de Troarn et (fig. 14) met clairement en évidence des différences importantes. Le premier (C2) est situé au centre du fond de vallée alors que le second (C0) est plus proche du versant. Dans le carottage C0, le pourcentage de pollens de plantes de prairies, de rudérales et de plantes cultivées apparaît nettement plus élevé que dans le carottage C2. Ainsi, le carottage situé sur la marge du fond de vallée a enregistré beaucoup plus nettement l'impact des activités humaines et de la mise en culture que celui situé au centre des zones humides. Il est probable que pour ce dernier,

l'importance de l'aulnaie a dû jouer, pendant longtemps, le rôle de masque permettant mal à la pluie pollinique environnante de venir alimenter la sédimentation du cœur de la zone humide. Alors que la présence continue des grains de pollens de céréales atteste la mise en culture des basses pentes de Saint-Samson dès le début de l'âge du Bronze, il faut attendre la fin de l'âge du Fer pour que celle-ci soit détectée au centre de la vallée. Les données disponibles dans la basse vallée de l'Orne, les marais du Cotentin, d'Asnelles et de Bellengreville (Elhaï, 1963) comme dans la partie orientale du massif armoricain (Barbier, 1999) confirment ces observations car elles continuent d'indiquer une ouverture restreinte des paysages de vallées. Ainsi, la plupart des vallées et des plaines littorales demeure dominée par des versants encore en grande partie boisés et leur évolution reste rythmée par la dynamique des espaces palustres soumis aux variations des nappes phréatiques et des marées.

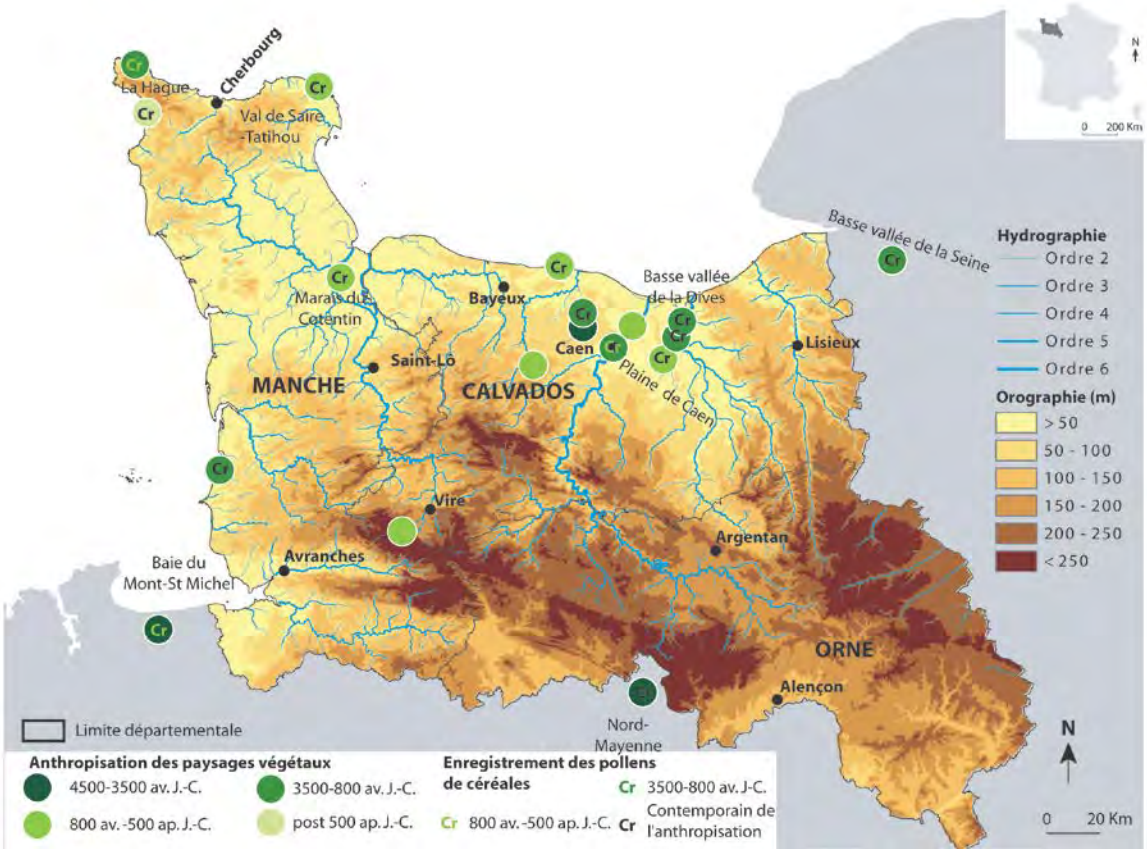


Fig. 35 - L'anthropisation et l'apparition de la culture des céréales dans les diagrammes polliniques. Présence d'indices d'anthropisation du milieu (essor des fougères, poaceae et rudérales par intervalles temporelles) ; Cr : période du premier enregistrement des céréales. Carte réalisée d'après Clet-Pellerin et Verron, 2004 et Lespez (dir. 2011).

Sur les plateaux, les observations réalisées à proximité des sites néolithiques de la Plaine de Caen (Béguier et *al.,* 2011 ; Germain-Vallée et Lespez, 2011), témoignent de phases précoces d'érosion des sols aux alentours de ces habitats. Mais celles-ci apparaissent la plupart du temps limitées et de courte durée. Les observations micromorphologiques montrent souvent le développement d'une nouvelle phase de pédogénèse lessivante après l'abandon de ces habitats. Elles témoignent de la reprise des luvisols sous un couvert végétal à nouveau protecteur (Germain-Vallée et Lespez, 2011). Cette observation est confortée par d'autres observations réalisées intra-site et par l'absence de signature détritique contemporaine du Néolithique dans les vallons

élémentaires (Germain et Lespez, 2011). Malgré le développement des pratiques d'abattis-brûlis, les périodes de friches longues étaient sans doute suffisantes pour assurer la régénération des sols mis en valeur par l'agriculture alors que l'étendue de ces défrichements devait être insuffisante pour assurer l'entraînement par le ruissellement des premières particules arrachées aux sols des plateaux jusque vers les fonds de vallons proches. Cela renforce une interprétation de paysages en mosaïques (forêt, jachères longues, cultures et prairies) sur les plateaux dans lesquels la forêt occupait encore une place dominante jusqu'au Bronze ancien (Fig. 36 a,b). Dans la grande majorité des espaces étudiés, le Néolithique puis le début de l'âge du Bronze ne marquent pas non plus de rupture notable dans l'enregistrement sédimentaire. La sédimentation est toujours très organique voire tourbeuse. Des écoulements plus ou moins bien chenalisés parcourent des zones humides qui occupent l'essentiel du fond de vallée et des plaines littorales comme dans la partie amont de la vallée de la Seulles (Viel *et al.*, en préparation) et dans les marais du Cotentin et du Bessin (Elhaï, 1963). Vers l'aval, les marais continentaux alternent parfois avec les marais estuariens comme dans la basse vallée de l'Orne (Clet-Pellerin *et al.*, 1977).

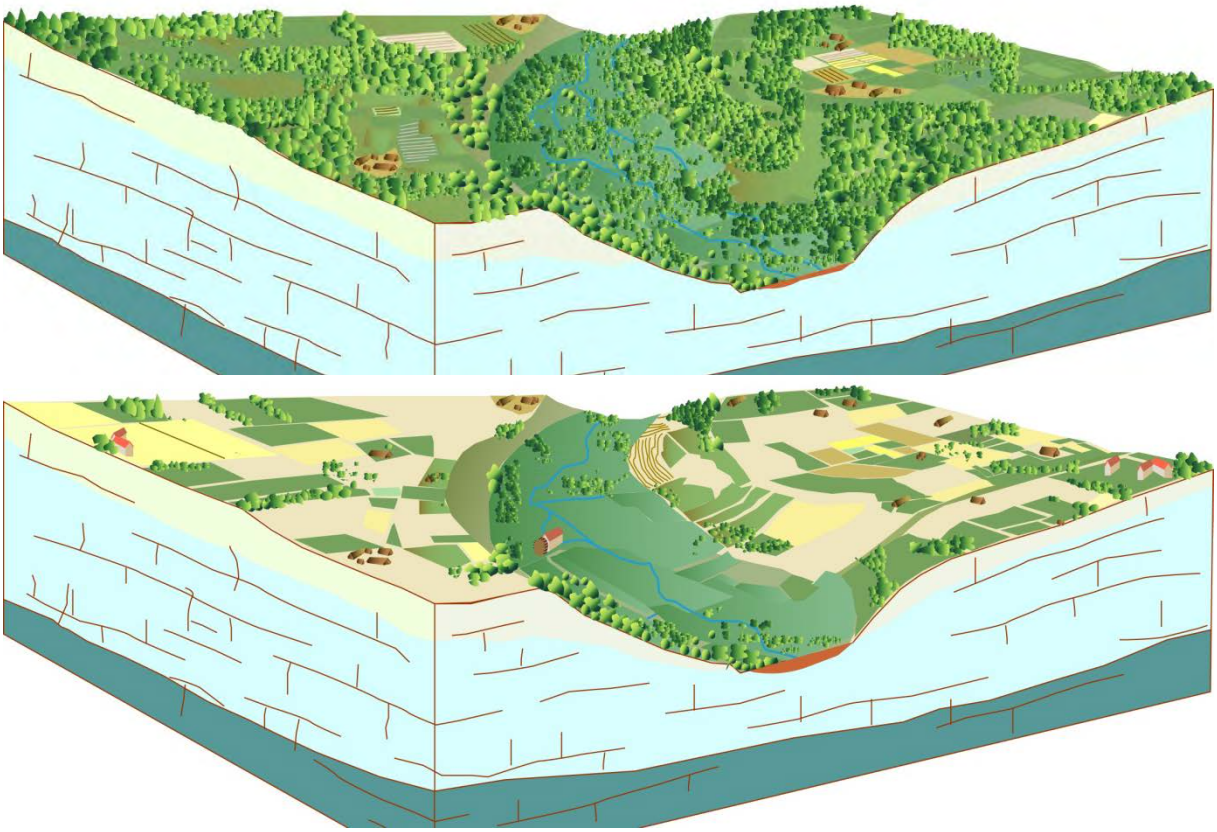


Fig. 36 a, b - Restitution schématique de l'évolution des paysages de la vallée de la Mue à la transition Bronze final-1er âge du Fer et période gallo-romaine (J.-M. Cador et L. Lespez)

A partir du milieu de l'âge du Bronze, certaines vallées présentent les premiers indices d'une sédimentation détritique qui rompt avec les dynamiques précédentes. Dans la plaine littorale de l'Anse Saint-Martin, la sédimentation organique des milieux de bas-marais s'accompagne d'apports détritiques réguliers témoignant d'une accentuation des flux solides qui s'amorce au Néolithique final (3 100-2 500 av. J.-C. ; Lespez et *al.*, 2004). Dans la partie orientale de la plaine littorale, le processus s'accentue tout au long de l'âge du Bronze. Dans la vallée de la Mue, la première passée limoneuse qui témoigne

d'écoulements chenalisés vient interrompre la sédimentation organique après 1686-1462 av. J.-C. à Thaon, et 1676-1429 av. J.-C. à Fontaine Henry et est sans doute favorisée par la pulsation plus fraiche et plus humide enregistrée en Europe de l'Ouest entre 1 500 et 1 100 av. J.-C. (Magny, 2004 ; Barber *et al.*, 2003). Dans la vallée du Laizon, la première phase de sédimentation détritique généralisée débute également avec l'âge du Bronze (Germain-Vallée et Lespez, 2006). Dans ces secteurs où les fouilles archéologiques attestent d'occupations denses dès le Néolithique et où les témoignages de l'installation de réseaux parcellaires se multiplient à partir du Bronze moyen (Marcigny *et al.,* 2007), il est probable qu'une érosion des sols limoneux de plus grande ampleur ait pu se développer précocement. Ces observations convergentes indiquent des défrichements durables et de plus grande ampleur. Dans certains bassins versants situés au cœur des espaces les plus mis en valeur par l'agriculture, comme certaines parties de la Plaine de Caen, l'extension des espaces cultivés a favorisé l'expression d'un ruissellement érosif alimentant en limons les vallons élémentaires et ponctuellement certains fonds de vallée.

5.2. Les métamorphoses réalisées (1000-50 av. J.-C.)

Dans l'ensemble des archives sédimentaires, le passage à l'âge du Fer marque une transformation fondamentale. Les fonds de vallée comme les plaines littorales sont progressivement caractérisés par un atterrissement limoneux qui vient colmater les zones humides alors que la couverture végétale des versants et des fonds de vallée s'ouvre. Il s'agit d'une véritable métamorphose de l'environnement et des systèmes fluviaux de la région. L'atterrissement des fonds de vallée et des plaines littorales témoigne du transport par les cours d'eau de différentes dimensions de limons progressivement venus se déposer dans les plaines d'inondation jusqu'à les transformer profondément et durablement. La majorité des datations obtenues sur les dernières formations organiques recouvertes par ces limons de débordement converge avec les informations issues de l'observation de certains sites archéologiques de fonds de vallée. Elles indiquent une période privilégiée de plus d'un millénaire. En effet, sur les dix-huit datations obtenues par la méthode du radiocarbone à l'échelon régional (Fig. 37), seules quatre (22,2%) montrent un développement précoce de la sédimentation limoneuse. Il s'agit principalement des vallées de la plaine de Caen évoquées plus haut. En revanche, neuf datations (50%) indiquent un déclenchement de l'alluvionnement détritique contemporain de l'Âge du fer et cinq (27,8%) indiquent que celui-ci s'est poursuivi au cours de la période gallo-romaine et du début du haut Moyen Âge (Lespez et Germain-Vallée, 2010 ; Lespez, 2011). C'est dans la Plaine de Caen que l'information est la plus dense et permet de déterminer un cadre chronologique précis. La datation des derniers niveaux organiques permet d'avoir un âge *ante quem* de l'initiation du processus. Dans la vallée de la Mue, à Fontaine-Henry, la tourbe devient franchement limoneuse après 760-390 av. J.-C. et montre même de véritables passées de limons de débordement (Lespez et *al.,* 2005 et 2008b). Dans la vallée de la Seulles, les milieux palustres arborés cèdent la place à un fond de vallée mieux drainé avec un écoulement chenalisé sinuant au sein d'une plaine d'inondation qui s'exhausse rapidement avec la sédimentation de limons de débordement. D'après les datations obtenues sur les transects de Banville, d'Amblie, du Heuzé et le sondage de Coulvain, la fin de la sédimentation organique s'amorce entre 1000 et 200 av. J.-C. (Lespez et Germain, 2011 ; Viel *et al.*, 2011). Le long des affluents de rive droite de la Dives, la sédimentation limoneuse se généralise également au début du premier millénaire avant J.-C. (Germain-Vallée et Lespez 2006 ; Lespez *et al.* 2010 ;

Germain-Vallée et Lespez, 2011). Ces résultats sont à rapprocher des observations micromorphologiques réalisées sur les sols de plateaux qui témoignent de la généralisation de l'érosion des sols cultivés et de son expression vers l'aval dans les séquences colluviales au cours du premier millénaire avant notre ère et souvent au cours de l'époque laténienne (Germain-Vallée et Lespez, 2011).

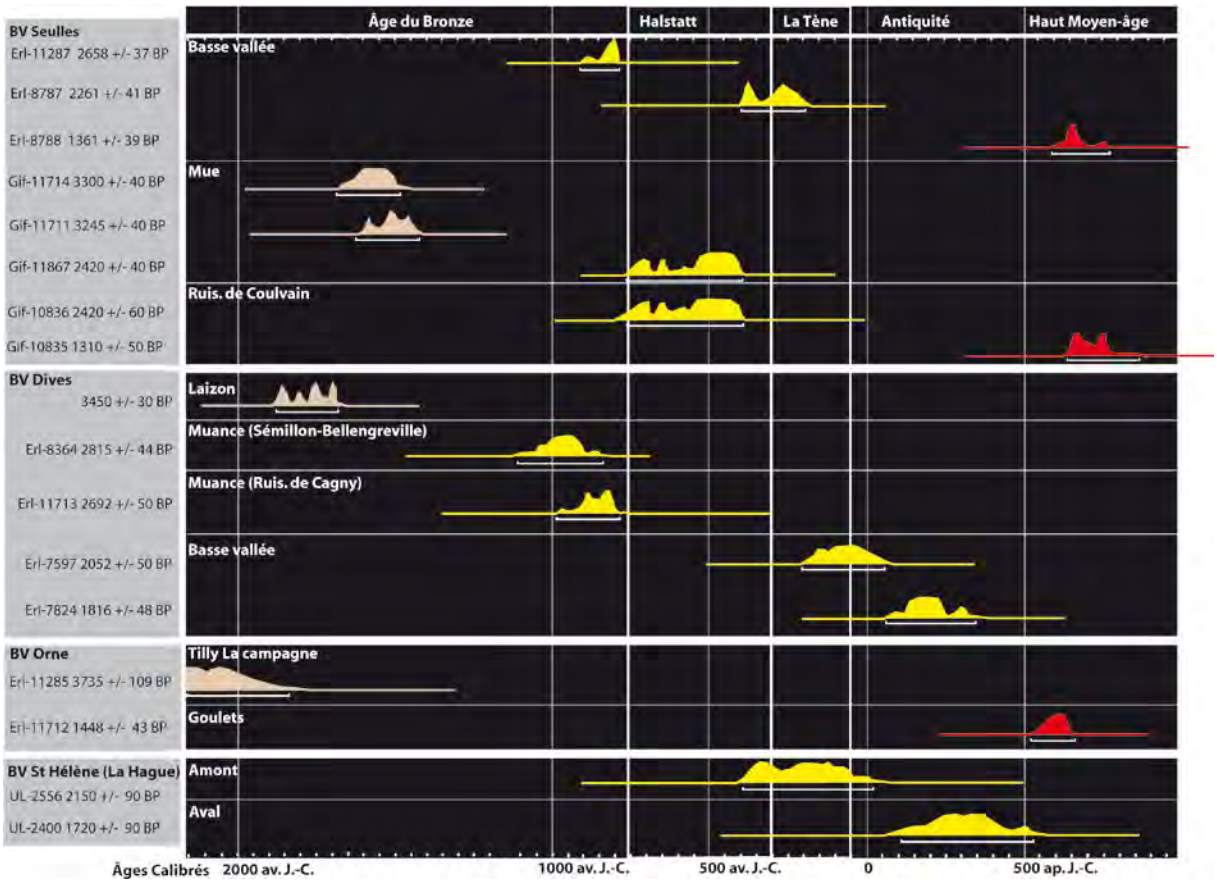


Fig. 37 - Datations radiocarbones obtenues sur les derniers dépôts organiques fossilisés par les premiers atterrissements détritiques de fond de vallée enregistrés en Basse-Normandie. En beige : atterrissements précoces et partiels (âge du Bronze) ; en jaune : atterrissements généralisés (âge du Fer et Antiquité) ; en rouge, atterrissements tardifs (époque médiévale)

Dans les basses vallées et certaines plaines littorales, le développement de l'atterrissement limoneux est concurrencé par un retour très net des influences marines. À la charnière entre le Subboréal et le Subatlantique (1 300-500 av. J.-C.), les basses vallées de l'Orne (Clet-Pellerin *et al.*, 1977), de la Dives (Lespez *et al.*, 2010), les marais de Carentan (Elhaï, 1963) et le marais d'Asnelles sont marqués par le développement d'une sédimentation fluvio-marine qui s'accompagne de l'essor des plantes caractéristiques des marais maritimes comme les Chénopodiacées. Le calendrier précis de cette phase transgressive est difficile à établir faute de datations radiocarbones dans la plupart des sondages et des carottages. Dans la basse vallée de la Dives où l'on dispose de datations précises (Lespez *et al.*, 2010), l'influence marine s'accentue à partir de 1 300 av. J.-C. à l'aval, et culmine vers 200-100 av. J.-C. alors que les eaux marines et les paysages de marais maritimes progressent de plus de 20 km à l'intérieur des terres. Cette évolution est enregistrée par de nombreux estuaires et plaines littorales des côtes de La Manche même si ses causalités restent discutées (Waller etong, 2003 ; Baeteman, 2005 ; Billaud *et al.*, 2008 ; Gandouin *et al.*, 2009).

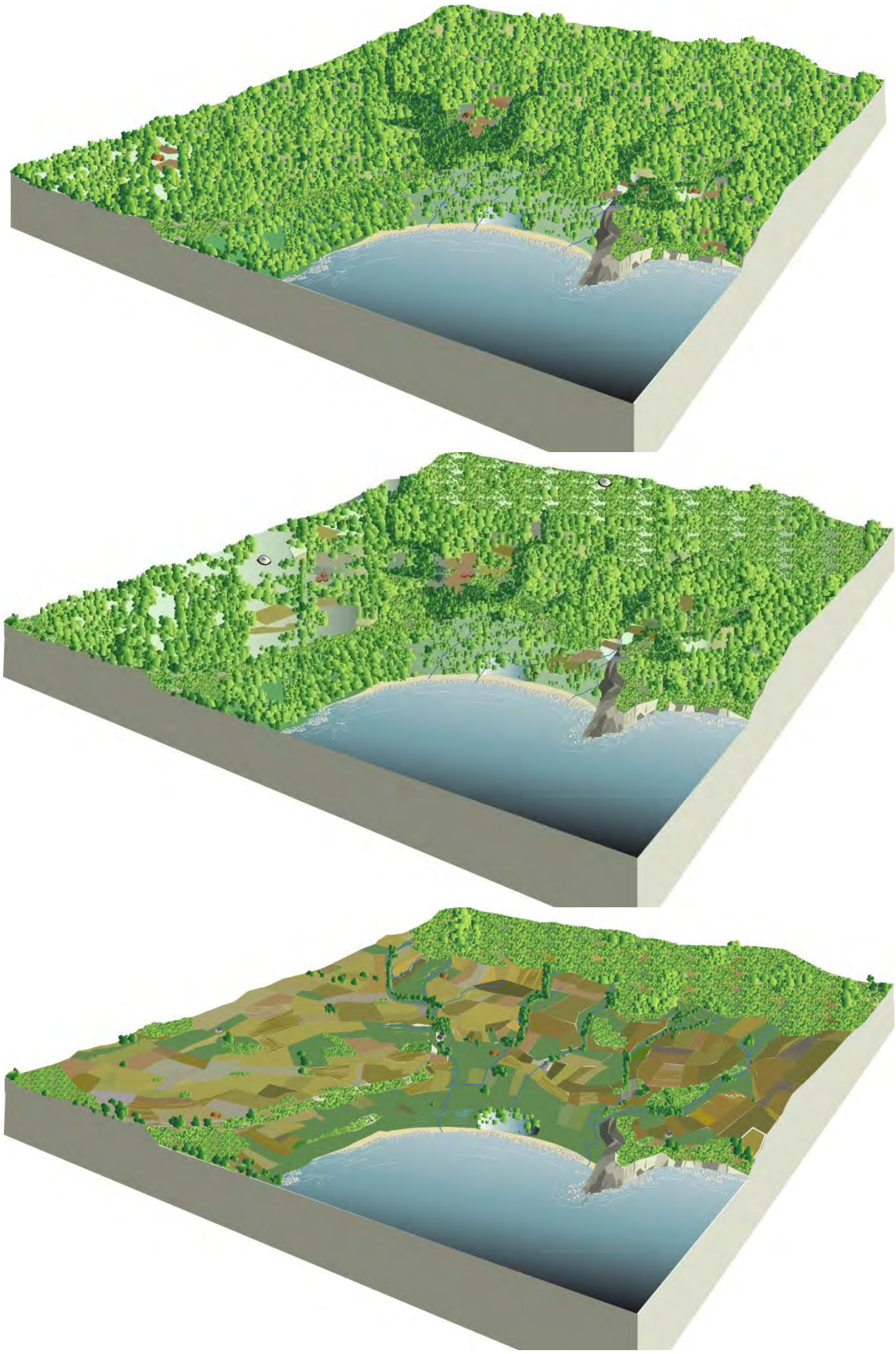


Fig. 38 a, b, c - Proposition de restitution schématique de l'évolution des paysages de la péninsule de La Hague : Néolithique moyen, Bronze moyen et au bas Empire (J.-M. Cador et L. Lespez)

Dans l'ensemble de la Normandie, cette métamorphose des systèmes fluviaux et des basses vallées s'accompagne de transformations importantes des paysages végétaux (Fig. 38). Dans tous les diagrammes polliniques, les pourcentages des pollens arboréens chutent à moins de 20% comme dans la vallée de la Dives et les marais voisins de Chicheboville-Bellengreville (Lespez *et al.* 2010), dans la vallée de la Mue (Lespez *et al.* 2005 et 2008c), le marais d'Asnelles (Clet-Pellerin *et al.*, 1987) et la basse vallée de l'Orne (Clet-Pellerin *et al.* 1977). Dans la partie armoricaine de la Basse-Normandie, les données sont plus dispersées géographiquement mais l'évolution reste la même comme le montrent les analyses polliniques réalisées dans les plaines littorales de La Hague (Lespez *et al.*, 2004), les marais du Cotentin et du Bessin (Elhaï, 1963), la partie armoricaine de la vallée de la Seulles (Clet-Pellerin et Verron, 2004) et plus au sud en Mayenne (Barbier, 1999). La baisse des taux de pollens arboréens concerne d'abord l'aulne et reflète une transformation des fonds de vallée. Ceux-ci sont souvent caractérisés par une hausse du niveau des nappes phréatiques et un essor des plantes associées aux zones humides à la fin de l'âge du Bronze et au cours du Premier Âge du fer (1000-400 av. J.-C.) sans doute favorisés par l'oscillation climatique contemporaine bien attestée en Europe du Nord-ouest (2700-2300 av. J.-C., Magny, 2004 ; Barber *et al.*, 2003). Mais la transformation est profonde et prégnante. Elle indique plus généralement un défrichement d'une partie des formations arbustives qui caractérisaient les fonds de vallée pendant la période précédente. Le recul du chêne et du noisetier indique également des atteintes profondes à la couverture forestière des versants et des rebords de plateau. Malheureusement, les données disponibles ne permettent pas d'établir le calendrier et les modalités précises de cette anthropisation. Celle-ci est parfois établie dès l'âge du Bronze (vallée de la Mue), au cours du premier Âge du fer (vallée de la Dives et marais voisin de Chicheboville-Bellengreville, Lespez *et al.,* 2010) ou plus tard encore, au cours de l'époque laténienne comme dans la péninsule de La Hague (Lespez *et al.*, 2004), la vallée amont de la Seulles (Lespez *et al.*, 2011) et en Mayenne (Barbier, 1999). Parallèlement, les recherches archéologiques abondantes autour de Caen montrent pour cette époque une augmentation du nombre de sites archéologiques et sans doute de la population (Van Den Bosch *et al.,* 2009) alors que les recherches carpologiques et archéozoologiques suggèrent des pratiques agricoles plus intensives en particulier au cours de la période laténienne (Zech-Matterne *et al.,* 2009 ; Auxiette *et al.*, 2010). L'ensemble indique un véritable aménagement de terroirs agricoles de plusieurs centaines d'hectares structurés par des groupes de fermes localisés sur les plateaux (Besnard-Vautrin (dir.), 2009) mais dont les espaces d'activités ont dû s'étendre jusqu'au bord des cours d'eau (San Juan *et al.*, 1999 ; Van den Bosch *et al.*, 2009 ; Besnard-Vautrin, 2009 ; Lepaumier *et al.*, 2010). Cette observation peut sans doute être généralisable au Bocage normand et à ses régions voisines (Barbier, 1999) même si les preuves manquent encore pour l'attester véritablement. Le paysage bas-normand fut alors largement dominé et structuré par les pratiques agraires et l'équilibre entre espaces cultivés, prairies et boisements relictuels devait être proche de l'actuel (Fig. 39). Le développement généralisé du détritisme dans les fonds de vallée résulte donc vraisemblablement d'un transfert des sédiments depuis les parcelles cultivées jusque vers les vallons élémentaires puis les vallées principales. Il est possible que l'oscillation plus humide qui marque la fin du premier âge du Fer (Magny, 2004 ; Barber *et al.*, 2003) ait joué un rôle dans le déclenchement de ce processus (Lespez *et al.*, 2008 et 2010b ; Lespez (ed.), 2011) même si la durabilité des transferts sédimentaires indique indéniablement une origine anthropique au changement d'équilibre.

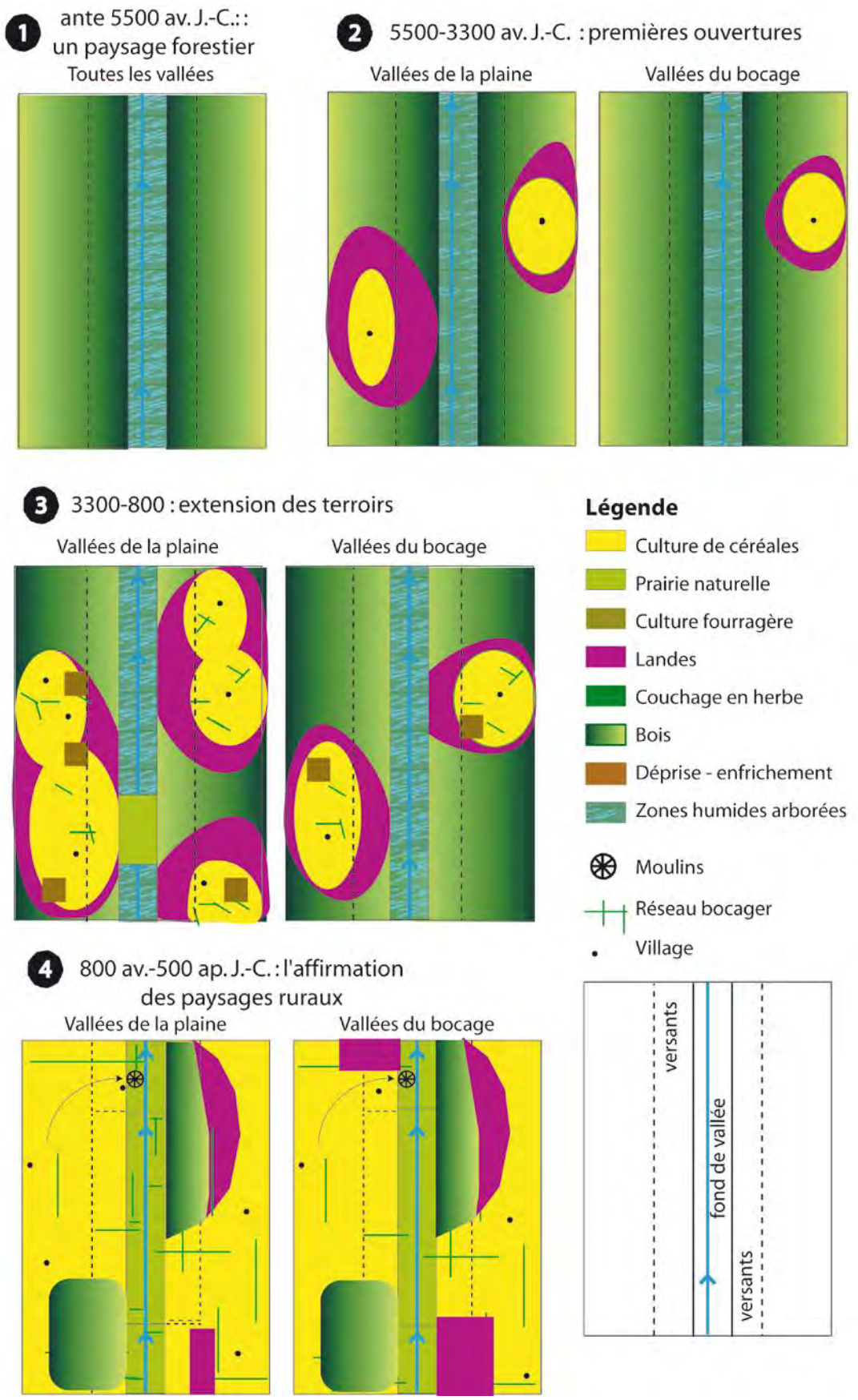
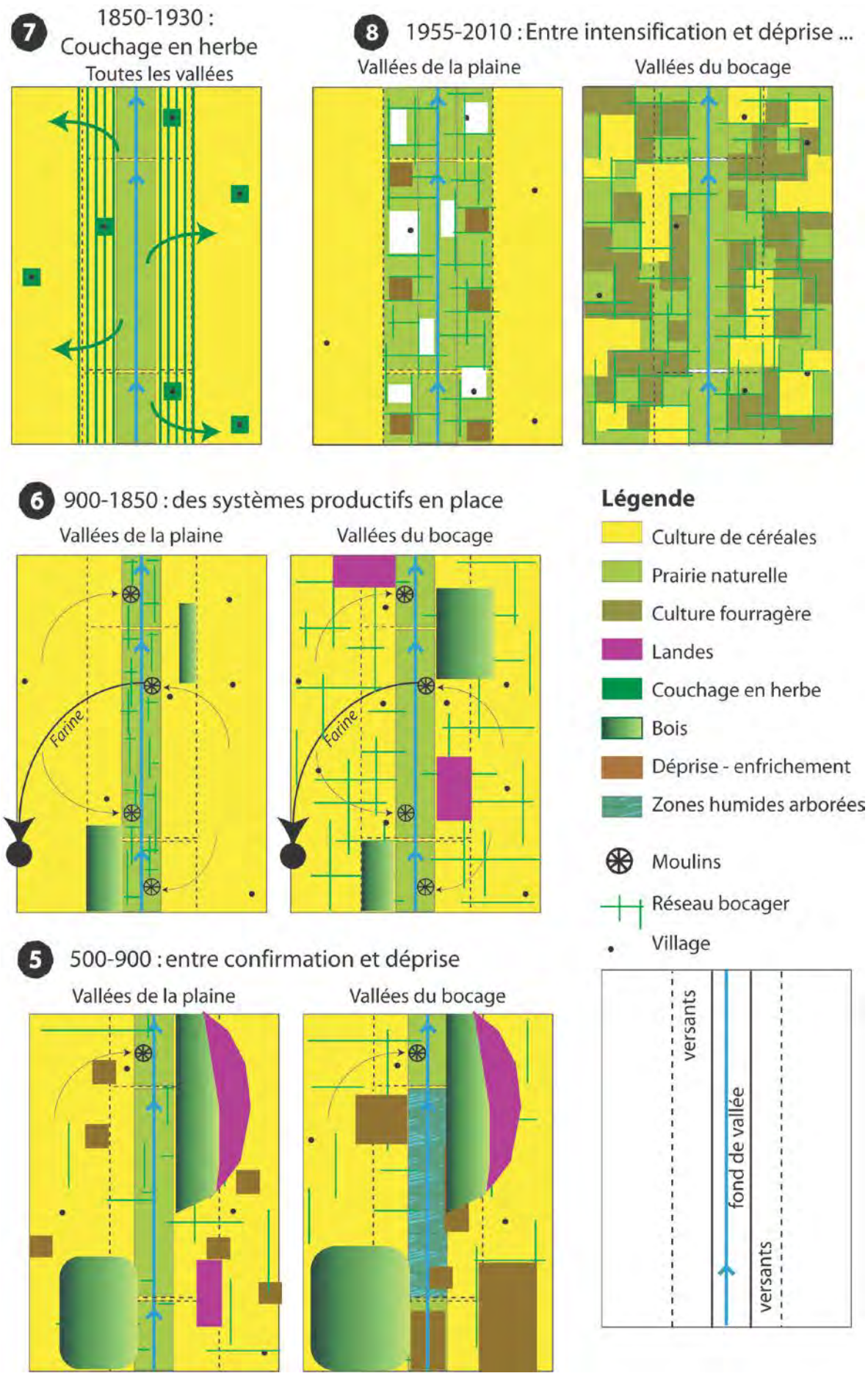


Fig. 39 - Essai de modélisation de l'évolution des paysages de vallées en Basse Normandie du Mésolithique à l'époque médiévale
(réalisé par L. Lespez d'après un modèle de M.-A. Germaine pour les phases 6 à 8).


7
1850-1930 :
Couchage en herbe
Toutes les vallées
8
1955-2010 : Entre intensification et déprise ...
Vallées de la plaine
Vallées du bocage
6
900-1850 : des systèmes productifs en place
Vallées de la plaine
Vallées du bocage
Farine
Farine
Légende
Culture de céréales
Prairie naturelle
Culture fourragère
Landes
Couchage en herbe
Bois
Déprise - enfrichement
Zones humides arborées
Moulins
Réseau bocager
Village
5
500-900 : entre confirmation et déprise
Vallées de la plaine
Vallées du bocage
versants
fond de vallée
versants

Les recherches récentes conduites dans les espaces voisins permettent de replacer cette évolution bas-normande dans un contexte plus général. La plupart des vallées du nord de la France (Pastre *et al.,* 2001 et 2006 ; Carcaud *et al*., 2002 ; Petit (dir.), 2006 ; Secchi *et al.*, 2010 ; Morin *et al.,* 2011) et du sud de l'Angleterre, quelles que soient leurs dimensions (Foulds et Macklin, 2006) sont marquées par une accélération importante de la sédimentation détritique. Dans le Massif Armoricain, les recherches palynologiques indiquent des déboisements intenses au détriment des aulnaies qui occupaient les plaines littorales mais aussi les fonds de vallée de l'intérieur et l'essor de la céréaliculture non loin des pièges polliniques étudiés (Morzadec-Kerfoun, 1974 ; Visset, 1979 ; Marguerie, 1992 ; Barbier, 1999). Dans le bassin de Paris, même si la variabilité inter-vallées des histoires paysagères et environnementales peut-être notable (Leroyer et Allenet, 2006 ; Pastre *et al.,* 2006), la mise en valeur des vallées et des plateaux s'accentue au cours du second âge du Fer et de l'époque gallo-romaine et la tendance est à l'ouverture du milieu (Leroyer et Allenet, 2006). Dans les fonds de vallée du bassin versant de la Seine, l'alluvionnement limoneux se généralise (Pastre *et al.,* 2006 ; Secchi *et al*., 2010) et entraîne une rétraction des lits mineurs accompagnée d'un atterrissement plus ou moins complet des zones humides dont l'origine est à trouver dans la mise en valeur agricole et l'érosion des sols qui en résulte (Pastre *et al.,* 2006). Ces observations convergent avec celles réalisées Outre-Manche. D'après la recension effectuée par S. Foulds et M. Macklin (2006), les recherches géomorphologiques montrent une augmentation notable de la sédimentation limoneuse accompagnée d'une rétraction des chenaux et d'un défrichement des plaines alluviales qui s'atterrissent progressivement (Brown *et al.,* 1994). Ainsi, comme dans la Plaine de Caen, l'accélération de l'aggradation limoneuse est liée à l'extension et à l'intensification des pratiques agricoles (développement de la charrue) au cours de l'âge du Fer et de la période romano-britannique (Foulds et Macklin, 2006). C'est donc l'ensemble des vallées des cours d'eau de faible énergie de l'Europe occidentale qui a été caractérisé par une métamorphose entre la fin de l'âge du Bronze et le Haut Moyen-âge (Brown, 1997 ; Notebaert et Verstraeten, 2010). Celle-ci doit autant aux transformations anthropiques des bassins versants qu'aux modifications paysagères des fonds de vallée (Lespez *et al.,* 2010b). Les premières ont partout produit un potentiel sédimentaire et les secondes ont permis la réalisation des transferts vers l'aval.

6. Le temps de la maîtrise hydraulique (50 av. J.-C.-1500 ap. J.-C.)

Parfois, l'atterrissement limoneux des fonds de vallée intervient plus tard au cours de l'Antiquité comme dans la partie amont de la basse vallée de la Dives où il se met en place entre le 1e et le 4e s. ap. J.-C. Dans la petite vallée de l'Houay, affluent de l'Orne dans la Plaine d'Argentan, l'apport massif de sédiments limono-sableux se produit à partir du Haut-Moyen-âge, autour des 6e et 7e siècles ap. J.-C (Lespez, 2009). Dans la Grande Vallée de Vauville à La Hague, la persistance des zones humides tourbeuses est également attestée tardivement, jusque vers 700 ap. J.-C., avant que le dépôt de limons de débordement n'entraine l'atterrissement d'une grande partie du fond de vallée (Lespez *et al*., 2004). Dans les vallées dont l'atterrissement débute plus précocement comme la vallée de la Seulles, la période du Haut Moyen-âge est néanmoins marquée par un changement d'importance. Un transect dans le remplissage sédimentaire de fond de vallée réalisé à l'aval de Creully montre que la sédimentation limoneuse se développe après 500 av. J.-C. Néanmoins, jusque vers 800 ap. J.-C., le fond de vallée demeure caractérisé par le maintien d'un lit fluvial mobile et la persistance de zones humides

tourbeuses latérales correspondant vraisemblablement à d'anciens bras morts ou chenaux de décharge (Fig. 40). En revanche, la sédimentation témoigne ensuite d'une faible mobilité du cours d'eau même si l'aggradation sédimentaire se poursuit par la mise en place de limons de débordement sur plus de 2 m d'épaisseur. Cette observation peut être généralisée à l'ensemble du fond de vallée de la Seulles où la fixation du chenal semble intervenir plusieurs siècles après l'atterrissement. Ces évolutions sont à mettre en relation, d'une part, avec une mise en valeur de plus en plus intensive des versants dont les sols deviennent sensibles à l'érosion hydrique et, d'autre part, avec la pression croissante qui s'exerce principalement à partir de l'époque carolingienne dans l'ensemble du nord-ouest de la France pour l'appropriation des fonds de vallée et l'aménagement hydraulique des petits cours d'eau (Champion, 1996 ; Rivals, 2000 ; Pichot et Marguerie, 2004 ; Bensaadoune *et al.*, 2005 ; Carpentier *et al.*, 2006). Les premières traces d'aménagements hydrauliques sont attestées dès l'Antiquité par quelques fouilles archéologiques à l'échelon régional comme dans l'ensemble du nord de la France (Petit, 2005). À Montaigu la Brisette (Manche), l'alimentation des thermes (2-4e s. ap. J.-C.) entraine un contrôle hydraulique total du petit cours d'eau voisin muni dès lors de barrages, d'un moulin et de multiples dérivations (Legaillard et Cavanillas, 2011). Mais les preuves de la construction d'ouvrages en travers des cours d'eau ou en dérivation et d'aménagements de berges sont beaucoup plus fréquentes pour l'époque médiévale. Les fouilles archéologiques qui commencent à s'intéresser aux ouvrages hydrauliques mettent en évidence la construction précoce de biefs et de moulins. À Colomby (Manche), les fouilles en cours ont révélé un équipement hydraulique daté de 1001-1002 ap. J.-C. par dendrochronologie. Il est constitué d'un bief de 150 m de long qui alimente un coursier et une roue de moulin de 2,5 m de diamètre (Bernard, 2011). D'une manière générale, dès le Moyen-âge central, les recherches historiques attestent la mise en place de fossés de drainage, de biefs, de moulins, de chaussées, d'étangs, de gués et de ponts. Celle-ci a eu comme conséquence le contrôle, voire la fixation, du chenal d'écoulement en limitant considérablement le degré de liberté spatiale de cours d'eau déjà peu actifs.

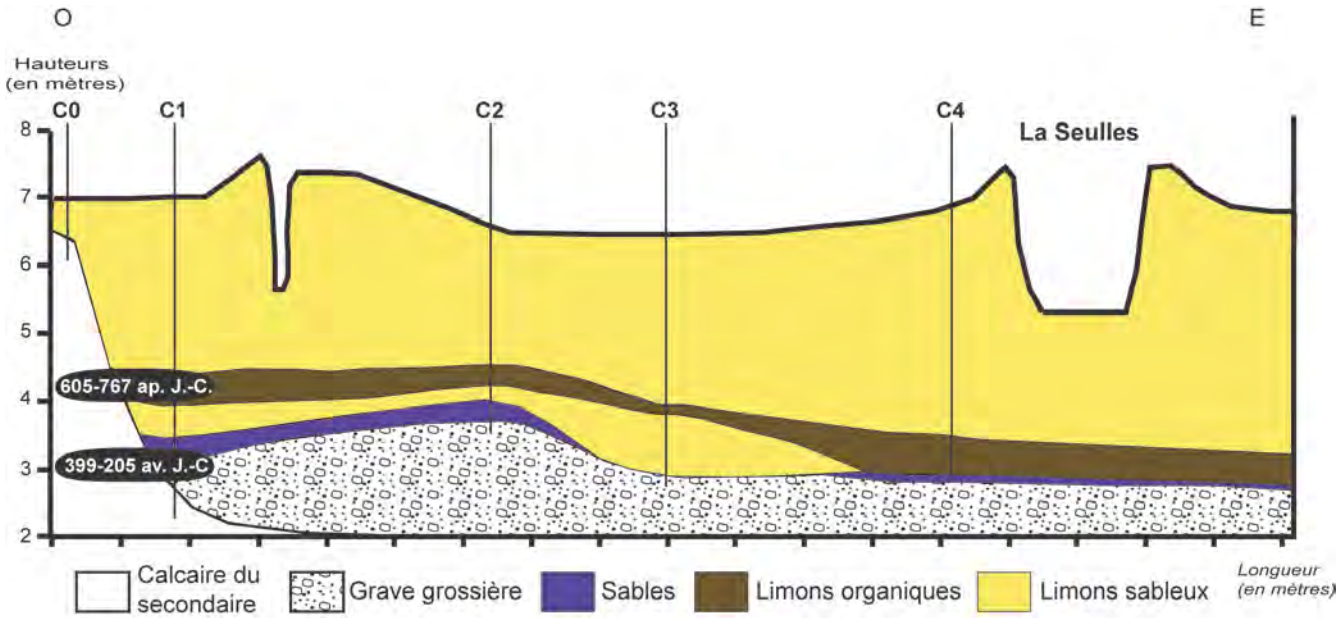


Fig. 40 - Le remplissage sédimentaire de la vallée de la Seulles à Creully.

Cette œuvre se parachève à l'époque moderne qui est marquée par une maîtrise complète des écoulements qui doit concourir à faire fonctionner de nombreux moulins (à grain, foulon ou tan), à drainer les prairies permanentes de fond de vallée et à limiter les effets des inondations et divagations du chenal d'écoulement (Fig. 41, 42). Ainsi le long de la vallée de la Seulles, un réseau dense de moulins s'est développé (Lespez *et al.*, 2005 et 2011). Il est actuellement possible d'identifier 61 moulins conservés dans un état variable allant de bâtiments et de systèmes hydrauliques complètement restaurés et en état de marche à d'autres en ruine. Ces héritages visibles constituent environ 80 % des ouvrages mentionnés sur la carte de Cassini. Les affluents de petite dimension comme la Mue ou la Thue, faciles à équiper et présentant localement des pentes longitudinales fortes (3 à 8 ‰), témoignent d'une profonde artificialisation du cours d'eau. Ce dernier ne correspond souvent plus qu'à un canal, souvent déconnecté du fond de vallée, où les ouvrages se succèdent tous les 1 à 1,5 km en moyenne. Mais sur les tronçons en pente forte, l'intervalle se réduit et le nombre de moulins augmente : 6 en 1 km à Reviers (8‰) et en 2 km à Amblie (5,2‰) en 1789. La basse Seulles qui concentrait 60% de l'équipement hydraulique possède un profil en long plus régulier et un maillage plus lâche avec un ouvrage tous les 3 km environ. Ceux-ci s'appuient sur des hauteurs de chute plus faibles (1 à 2 m) mais profitent de débits plus élevés et donc de puissances brutes supérieures (10 à 20 chevaux-vapeur soit 7 à 15 kW). Ils sont connectés au cours d'eau par des dérivations plus courtes (20% de sa longueur totale) et qui ne s'y substituent jamais. Cet équipement hydraulique s'accompagne d'un aménagement hydraulique de l'ensemble du fond de vallée. Le système s'appuie sur un fossé principal, la *noe*, connecté directement à la rivière par l'intermédiaire de « prises d'eau » dont les écoulements se répartissent ensuite par gravité sur la partie en aval de la parcelle, grâce à un réseau secondaire de « *rigoles* » et de « *saignées* » en forme de peigne (Garnier, 2007 et 2011). Elles sont munies de vannes, qu'on lève ou abaisse à volonté en fonction des besoins. La double finalité du système est révélé par les sources des 18e et 19e siècles qui déclarent qu'il sert « … *à la tirée des eaux dans les inondations et l'arrosage de la prairie pendant la saison de la pousse des herbes, deux jours par semaine, pendant les mois d'avril, mai, juin et juillet* » (cité *in* Garnier, 2007).

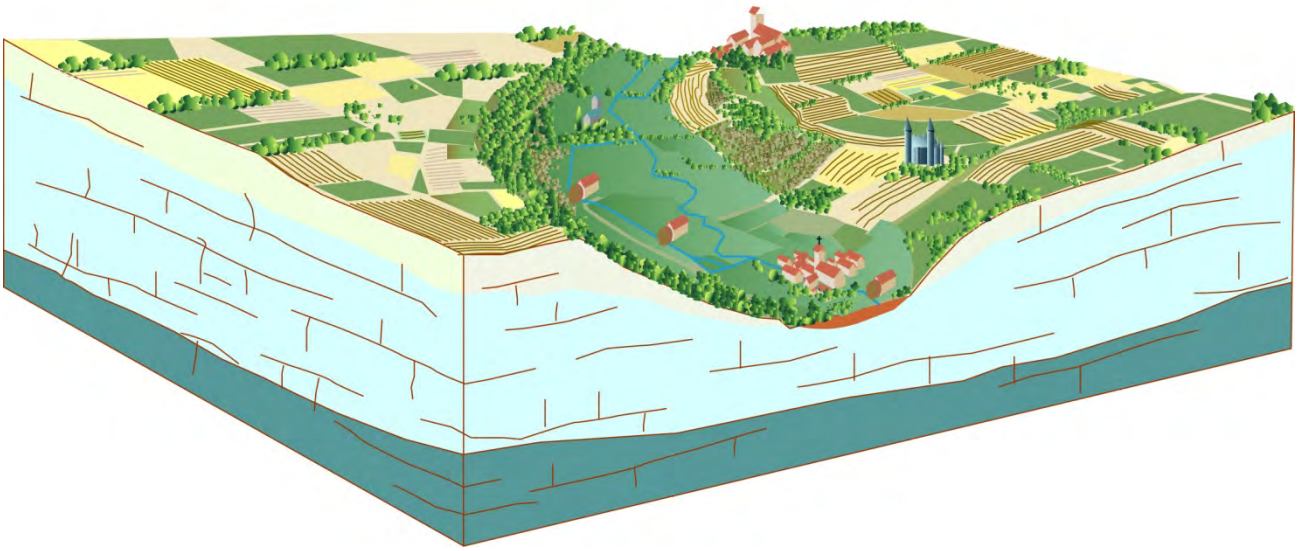


Fig. 41 - Restitution schématique de l'évolution des paysages de la vallée de la Mue à la transition Bronze final-1er âge du Fer et période gallo-romaine (J.-M. Cador et L. Lespez)

Parallèlement à l'aménagement hydraulique des fonds de vallée, c'est l'ensemble des zones humides qui se transforme. Ces transformations paysagères sont d'abord décrites par les analyses paléoenvironnementales faute de documents d'archives pour traiter de ces questions au cours de l'Antiquité et du Haut Moyen-âge. L'Antiquité marque parfois une recrudescence des témoins de l'activité agro-pastorale comme dans la basse vallée de la Dives ou à La Hague par exemple. Une deuxième poussée des plantes cultivées, des adventices et des rudérales dans un paysage pleinement ouvert est ensuite fréquemment observée au cours du Moyen-âge. Elle se manifeste parfois dès le début de la période, comme dans la vallée de la Dives (Lespez *et al.*, 2010), mais aussi plus tardivement, aux alentours de l'an Mil, comme dans la vallée de la Mue (Lespez *et al.*, 2005), la partie amont de la vallée de la Seulles (Clet-Pellerin et Verron, 2004) et les vallées et plaines littorales de La Hague (Lespez *et al.*, 2004). Il faut noter que dans certaines vallées, la période intermédiaire qui va du 6e au 9 siècle est marquée par une reprise des formations arborées et arbustives de fonds de vallée (aulne, saule, …) mais aussi des versants qui les dominent où le noisetier peut retrouver des pourcentages qu'il n'avait plus connu depuis l'âge du Bronze (Lespez *et al.*, 2004). Cette fermeture provisoire des paysages témoigne d'une déprise durable des activités agricoles qui a peut-être affectée préférentiellement certaines petites vallées du monde armoricain comme le confirment les enregistrements des dépressions tourbeuses du Nord de la Mayenne (Barbier, 1999). Après cette période, les archives historiques attestent généralement d'une croissance démographique et d'une augmentation progressive des besoins d'espaces agraires. Ce phénomène est particulièrement bien renseigné pour certains espaces comme la vallée de la Dives où il favorise la mise en valeur intensive quasi-complète des versants, même les plus raides, et des fonds de vallée.

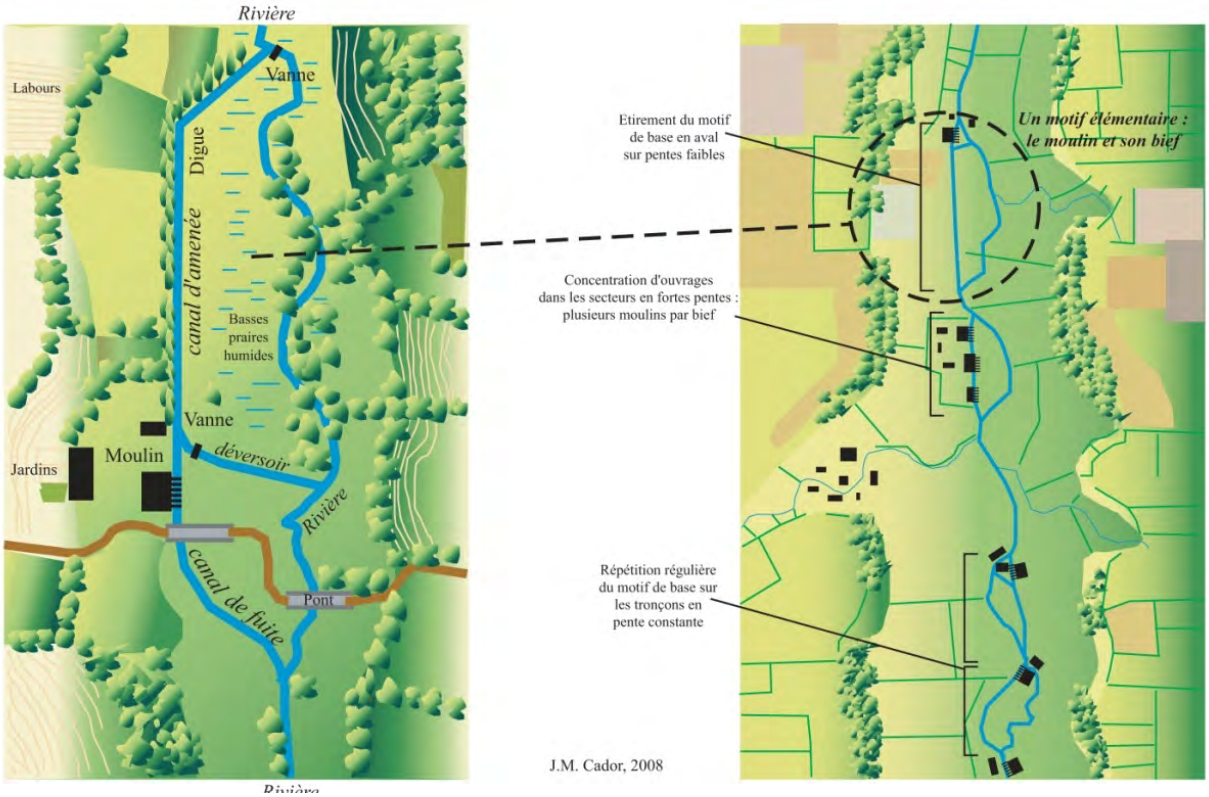


Fig. 42 - Le moulin, un motif élémentaire au sein de paysage de vallée ordinaire (réalisation J.-M. Cador in Cador et Lespez, 2011)

Au cours de l'époque moderne, les demandes de produits agricoles (viande, lait, beurre, …) des marchés urbains vont aiguiser les appétits des seigneurs et de la bourgeoisie qui vont dès lors voir dans ces espaces autant de terres d'investissement financier (Fig. 43, Carpentier *et al.*, 2007). En Basse-Normandie, cette évolution se traduit par la généralisation du couchage en herbe. Amorcé dès le début de l'époque moderne dans le Pays d'Auge, le phénomène se diffuse dans toute la région au cours du 19e siècle (Brunet, 2001 ; Germaine, 2009 ; Germaine *et al.*, 2011) entraînant la généralisation des prairies permanentes dans les fonds des vallées mais également sur les versants et les rebords de plateaux y compris dans les espaces traditionnellement consacrés aux cultures céréalières comme la Plaine de Caen (Lespez *et al.*, 2005). Il favorise parallèlement le développement des réseaux de drainage et des pratiques de gestion de l'eau pour développer de manière durable les prairies permanentes y compris dans les zones humides de grande ampleur plus difficiles à maîtriser comme la basse vallée de la Dives (Carpentier *et al.*, 2007). Dans cette vallée, les marais et leurs bordures constituaient des espaces de réserve foncière utilisés par les communautés dans le cadre d'un ethnosystème traditionnel. Les communaux dédiés à un élevage plus ou moins extensif et à divers prélèvements (roseaux, tourbes, pêche, …) sont progressivement appropriés par de grands propriétaires issus de la noblesse ou de la bourgeoisie. Ces investissements stimulent la rectification des cours d'eau (Fig. 44) mais également un drainage complet qui entraîne la disparition des zones humides (Carpentier *et al.*, 2007).

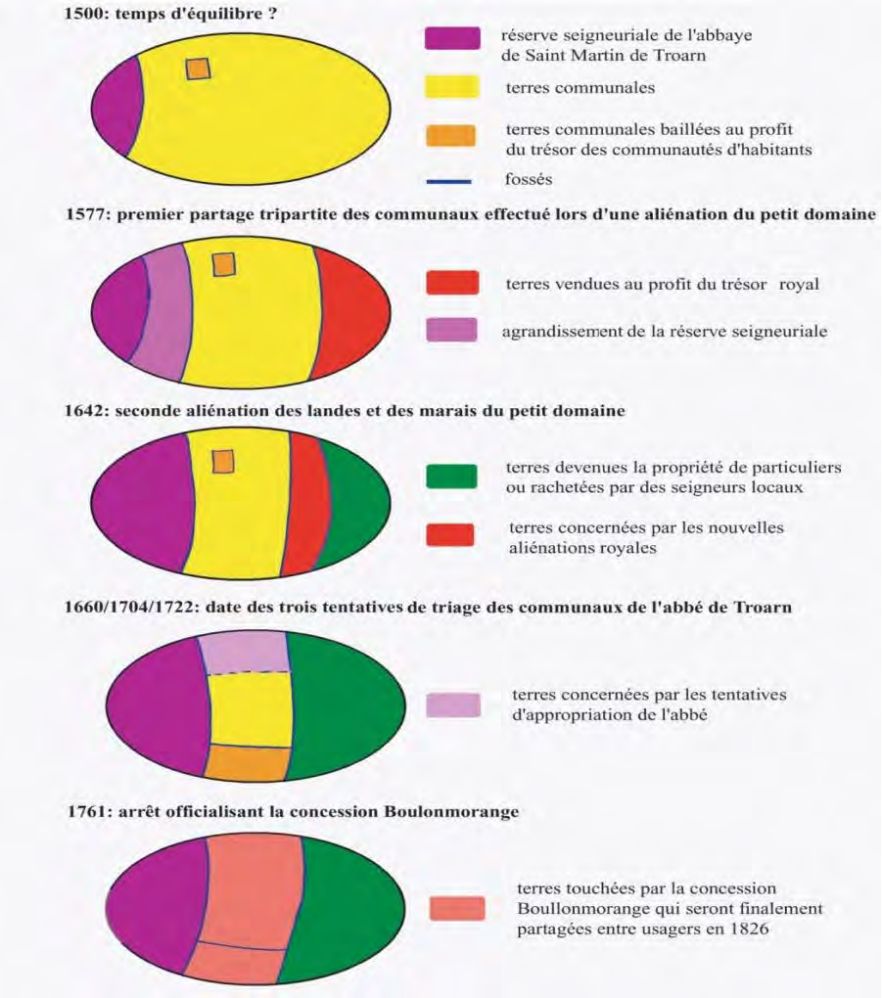
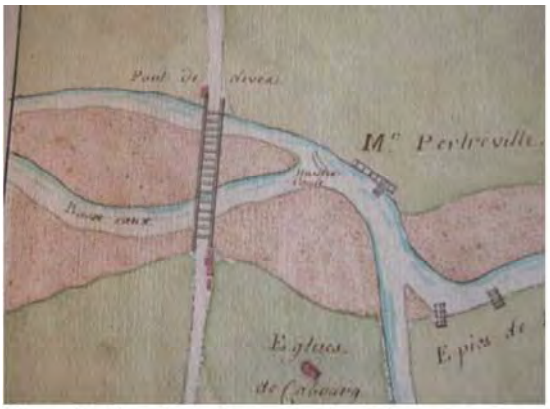


Fig. 43 - Les empiètements tentés ou aboutis du grand marais de Robehomme, un exemple de la spéculation herbagère et ses conséquences foncières (d'après S. Mærtens, 2004)

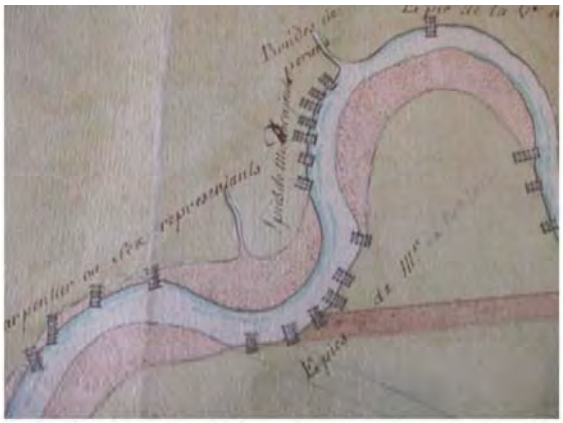
Dans les vallées de plus petite dimension, une évolution similaire peut être observée. À la fin de l'époque moderne, dans les paroisses du bassin de la Seulles, les biens communaux se composent majoritairement de prairies humides s'étirant le long des cours d'eau (57% en 1792 ; Lespez *et al.*, 2005 et 2011). Lorsqu'ils disposent eux-mêmes de leurs communaux, les habitants y pratiquaient une gestion raisonnée et durable. Ainsi, les périodes de pâturage étaient strictement réglementées (du 15 avril à Noël) tandis que la pression pastorale faisait l'objet d'une limitation draconienne (Lespez *et al.*, 2005 et 2011). Cette gestion est cependant mise à mal à compter de la fin du 17e siècle sous les coups répétés de l'aristocratie locale, des notables roturiers et des entrepreneurs de colonisation, tous biens décidés à usurper des biens collectifs de plus en plus convoités dans le contexte d'intensification agraire (Fig. 45). Surtout connu pour ses acquisitions massives dans les marais de la Dives, l'entrepreneur Boullonmorange sévit également dans le bassin de la Seulles où il obtient une concession de plus de 200 hectares en 1761. Dans la droite ligne du mouvement physiocratique, l'offensive contre les communaux se poursuit après la Révolution qui favorise la privatisation au nom d'une productivité accrue mise au service de la Nation en danger. Désormais, l'intérêt particulier prend le pas sur la gestion collective des siècles passés. Soucieux de valoriser au mieux les prairies gagnées sur les anciens marais, les propriétaires, regroupés dans des « commissions syndicales pour l'assainissement des marais » aux alentours des années 1840-1860, densifient le maillage bocager préexistant avec la bénédiction des autorités préfectorales. Ainsi, cette période constitue l'âge d'or de l'aménagement hydraulique et de la valorisation associée des basses vallées, promouvant un véritable « hydrausystème » (Cador et Lespez, 2011). À la fin du 18e siècle on comptait en moyenne un moulin tous les 1300 m de cours d'eau alors qu'il subsiste encore aujourd'hui 1350 km canaux de drainage et de biefs dédoublant les rivières pour un linéaire total de cours d'eau raisonnablement exploitable (d'ordre supérieur à 2) de 5250 km : soit 1 km construit pour 4 km de linéaire de rivière. De plus, la densité des aménagements (buse, abreuvoir, berge construite ou aménagée, …) sur les linéaires non construits est telle qu'il apparaît clairement que le réseau hydrographique contemporain est en grande partie artificialisé (Cador et Lespez, 2011).

Vue de la Dives, paroisse de Cabourg : avec représentation des points d'évacuation (les fossés de drainage délimitant chaque herbage).

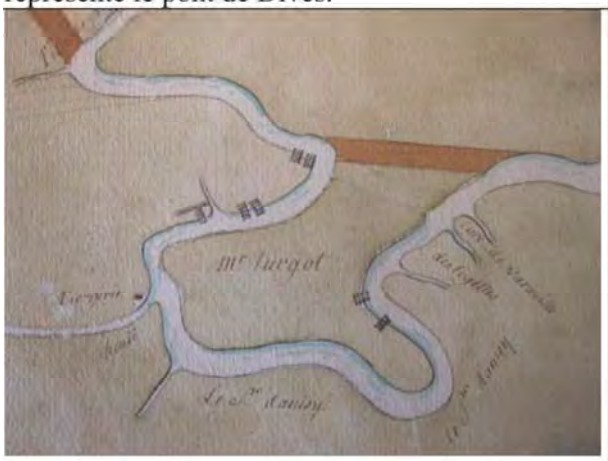
Maillage de fossés consolidés par des haies de saules situé sur la réserve de l'abbé de Troarn, entre Troarn et Saint Samson



Vue de l'embouchure de la Dives montrant les limites du lit d'étiage (en bleu) et du chenal couvert d'eau à marée haute (banc de sable vaseux en rose). Le figuré en forme d'échelle représente le pont de Dives.



Localisation des épics situés le long de la Dives au niveau des herbages du Seigneur de Persan



Rectification d'un méandre que les Ponts et Chaussées prévoyaient d'effectuer en 1783.

Opposition entre le paysage bocager de la butte de Basneville et les herbages des marais de la Dives : factice ou réel ?

Figure 44 - Aménagements hydrauliques et drainage de la basse vallée de la Dives au 18e s. (d'après S. Mærtens in Carpentier *et al.*, sous-presse)

7. Friches hydrauliques et transformations des paysages contemporains

Après un essor ponctuel après la Révolution lié au changement de la réglementation relative aux cours d'eau non navigables qui donne le droit à tous de construire un moulin à condition d'en avoir obtenu l'autorisation auprès des administrations (Rivals, 2000), le nombre de moulins décline tout au long du 19e siècle. La révolution énergétique (vapeur, moteur à gazogène, …) et technique (turbines, …) en même temps que la concentration capitalistique entraînent la disparition de la petite hydraulique au profit de quelques gros moulins industriels. Les recherches pratiquées le long de la basse Seulles, de la Mue et de la Thue, le montrent clairement. Le nombre de moulins en activité passe de 47 en 1789 à 26 en 1893 (Lespez *et al.*, 2005). Ce sont d'abord les petits moulins, les moins productifs, qui ont le plus souffert mais le déclin fut général et s'est poursuivi rapidement au début du 20e siècle entraînant l'abandon de la quasi-totalité des ouvrages avant la Seconde Guerre mondiale. Seuls deux moulins (turbine) ont aujourd'hui conservé une activité de production énergétique. Aujourd'hui, il est possible de distinguer quatre grands types de situation pour les 34 ouvrages hydrauliques identifiés à la fin du 18e siècle (Lespez *et al.*, 2005 et 2011). 26% des ouvrages sont

détruits et ont totalement disparu du paysage ou ne subsistent plus qu'à l'état de ruine. 30% des ouvrages correspondent à un bâti en bon état ou restauré souvent transformé en habitation mais les systèmes hydrauliques ayant rarement été entretenus ou conservés, ils ne sont plus aujourd'hui en état de marche (Photo 19). Les biefs et les vannes associés sont souvent encombrés et bouchés par des sédiments ou des débris végétaux sauf dans les cas où ils constituent l'écoulement principal du cours d'eau comme le long de la Mue et de la Thue. Il arrive parfois également que les biefs soient à sec car l'étanchéité de l'ouvrage n'est plus assurée faute d'entretien. Ainsi, on peut considérer que plus de la moitié des ouvrages hydrauliques de la fin du 18e siècle est aujourd'hui à l'état de friches dans la vallée de la Seulles. L'autre moitié du patrimoine est en meilleur état. Deux cas de figure peuvent être distingués. 32% des ouvrages correspondent à un bâti restauré ou entretenu et des vannes et un bief en état de fonctionnement. L'eau circule ici sans problème même si le système moteur n'existe et/ou ne fonctionne plus. Finalement, seuls 7 ouvrages présentent un bâti en bon état et un système moteur fonctionnel. Dans quatre cas, le système moteur (roue) ne fonctionne qu'épisodiquement pour l'agrément de leurs propriétaires alors que 2 moulins équipés de turbines constituent des microcentrales électriques qui pérennisent l'utilisation de la force énergétique de la rivière même si ce n'est que pour un usage individuel. Patrimoine bâti ou technique, les ouvrages appartiennent aujourd'hui presque toujours à des particuliers (retraités, résidents saisonniers, citadins, …) et leur première fonction est l'agrément. Cette évolution est révélatrice de l'atomisation du système de gestion des ouvrages hydrauliques. Ce changement fondamental de statut s'accompagne d'un changement de position dans l'espace vécu et le paysage des vallées. En effet, même quand le système technique est encore fonctionnel, les ouvrages sont peu accessibles et peu visibles. Ils sont relégués en arrière-plan des paysages après avoir été au cœur d'un système fonctionnel pendant près d'un millénaire. Parallèlement, les paysages de vallée se transforment progressivement (Lespez *et al.*, 2005 ; Germaine, 2009 ; Germaine *et al.*, 2011, Fig. 45). Le bocage avec ses prairies permanentes domine toujours les fonds de vallée, les versants en pente faible et certains rebords de plateaux dans le Bessin, le Pays d'Auge et le Bocage. Dans ces espaces, les exploitations à orientation polyculture-élevage intégrées à un système de collecte du lait performant et pouvant disposer de prairies permanentes de bonne dimension se maintiennent assez bien. À partir des années 1970, une partie des prairies permanentes a d'ailleurs été remise en culture, en particulier en maïs fourrager. Cependant, dans d'autres espaces la baisse des prix du lait fragilise les exploitations les plus faibles et fait peser des menaces de déprise agricole sur les prairies les moins accessibles et les plus difficiles à drainer. Le développement des espaces boisés est d'ailleurs remarquable dans certains fonds de vallée humides abandonnés par les activités agricoles dans les têtes de vallées du Bocage ou du Pays d'Auge (Germaine, 2009). Plus généralement, il caractérise la plupart des versants en pente forte de la région et de nombreux fonds de vallée où la plantation de peupliers a constitué à partir des années 1980 une forme de valorisation économique (Lespez *et al.*, 2005 ; Germaine, 2009 ; Germaine *et al.*, 2011). Parfois même, ces peupleraies sont à l'abandon car la populiculture n'apparaît plus comme une forme de valorisation rentable. Les drains qui les parcourent ne sont plus entretenus et la nappe phréatique remonte causant la mort de nombreux arbres et le développement de forêts « ivres » où le sous-bois se développe rapidement comme dans la vallée de la Mue (Lespez *et al.*, 2005). Ainsi se multiplient de nouvelles friches hydrauliques qui ne sont pas directement liées à la fin de l'exploitation de la force des cours d'eau mais qui résultent de la déprise agricole et des systèmes hydrauliques associés. Enfin, les

phénomènes de périurbanisation et de rurbanisation diffusés principalement depuis les principales agglomérations entraînent l'apparition de nombreux pavillons (mitage) et de lotissements qui font grimper la part des espaces construits (Germaine, 2009 ; Germaine *et al.*, 2011). Dans les espaces périurbains, les fonds de vallée ressemblent de plus en plus à une marqueterie de parcelles aux destinations diverses (Germaine, 2009).

Cairon

Vauculay (Rots)

Vauculay (Rots)

Vauculay (Rots)

Photo 19 - Les friches hydrauliques, l'exemple de la vallée de la Mue : en haut, moulins aux mécanismes hors d'usage (roues, vannes, …) reconvertis en résidence ; en bas : parcelles et fossés drainant de fond de vallée à l'abandon. (Clichés L. Lespez)

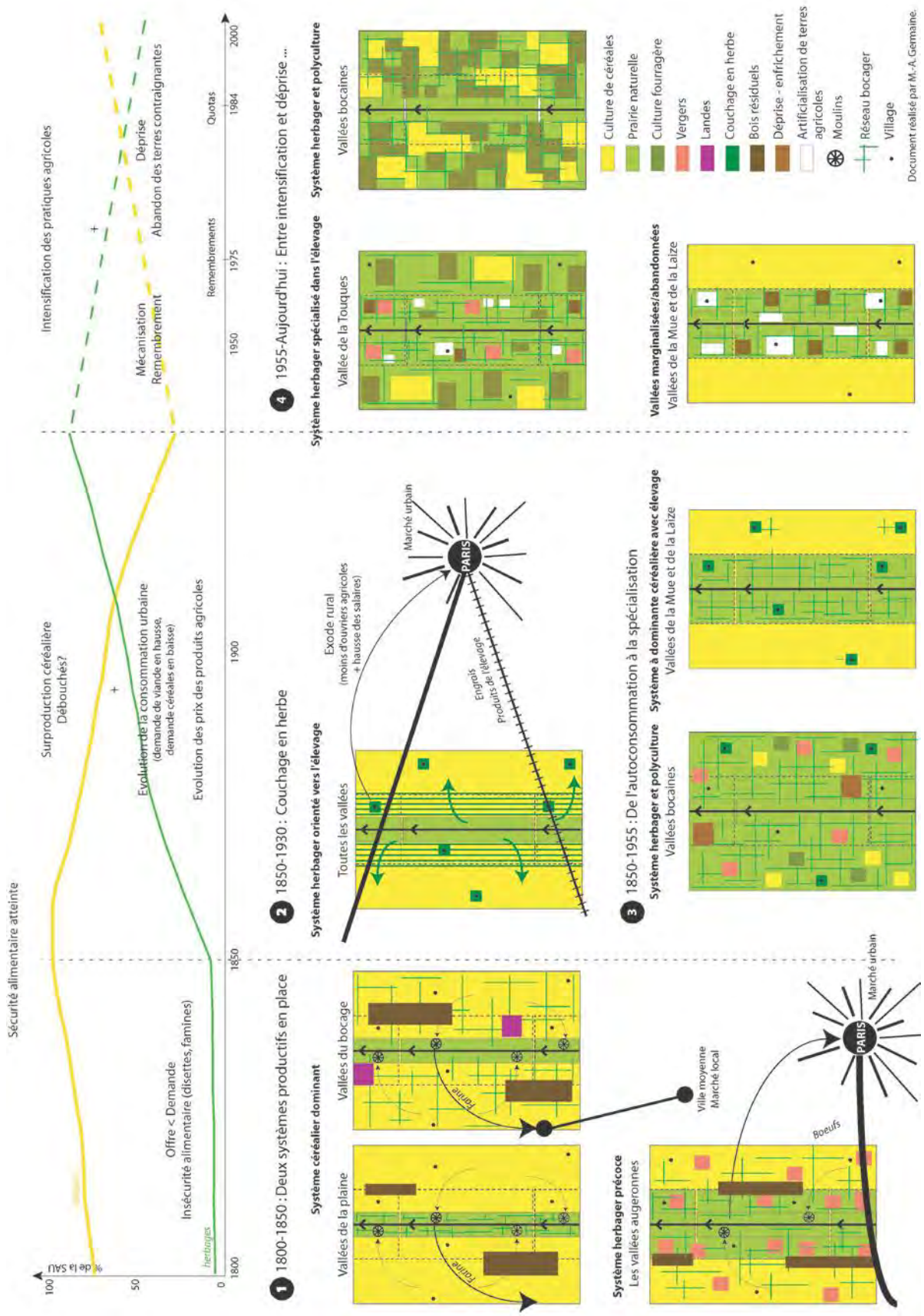


Figure 45 - Modèle d'évolution des systèmes et paysages agricoles des vallées bas-normandes entre le début du 19ème s. et le début du 21ème s. (Réalisation M.-A. Germaine in Germaine *et al.*, 2011).

CHAPITRE 2 : SOCIETES, ENVIRONNEMENT ET PAYSAGES EN GRECE AU COURS DE L'HOLOCENE

Les recherches conduites en Grèce se sont placées dans la suite logique des investigations pratiquées au cours de la thèse (Lespez, 1999, 2008). Centrées sur la Grèce du Nord et la Macédoine orientale, elles ont eu deux objectifs complémentaires : l'élargissement de l'espace d'étude et l'approfondissement des connaissances acquises dans le cadre des recherches doctorales (Fig. 46). À cette fin, de nouvelles recherches paléoenvironnementales et géoarchéologiques ont été entreprises à l'échelon régional.

Fig. 46 - Localisation des terrains étudiés dans le monde égéen : 1. Bassin de Philippes Drama ; 2. Île de Thasos ; 3. Plaine de Malia ; 4. Basse vallée du Strymon

1. Les investigations dans les archives grecques

Sur l'île de Thasos, à l'image de ce qui avait été pratiqué dans la plaine de Philippes-Drama, une prospection intensive des archives holocènes a été réalisée (Fig. 48). À la description systématique des formes et des formations superficielles observables en coupe, naturellement ou à l'occasion de travaux, ont été ajoutées des campagnes de sondages réalisés à la pelle mécanique dans les plaines littorales d'Agios Ioannis et de

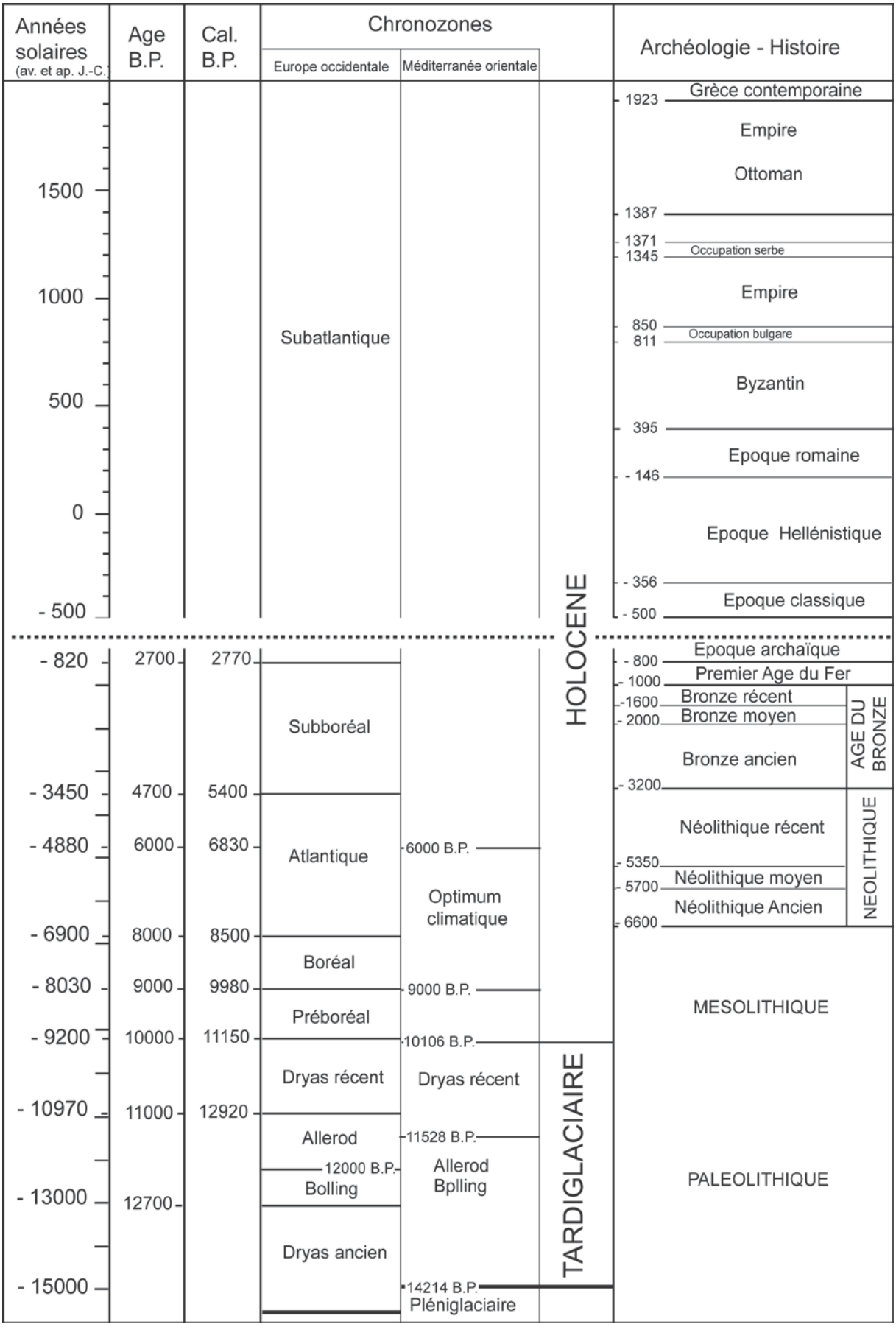


Fig. 47 - Chronologie pour le monde hellénique

Limenaria et des carottages conduits au carottier à percussion dans celle de Skala Sotiros (Lespez, sous-presse). Aux analyses sédimentologiques classiques se sont ajoutées des analyses micromorphologiques des sédiments alluviaux et colluviaux (Lespez, 2007 ; Lespez et Papadopoulos, 2008 ; Lespez, sous-presse). Une démarche identique a été pratiquée dans la plaine de Malia en Crète où à une prospection systématique de la plaine nécessaire à l'établissement de la carte géomorphologique se sont ajoutés des carottages et des sondages dans la dépression marécageuse qui borde la ville minoenne afin de restituer l'évolution de l'environnement local (Lespez *et al.*, 2003 ; Lespez, 2010). Dans la basse vallée du Strymon, l'approche paléoenvironnementale a été encore plus aboutie puisque l'analyse a pu s'appuyer sur d'autres indicateurs paléobiologiques. En effet, les transects effectués au carottier à percussion au niveau des sites de Kryonéri et de Fidokoryphi ont donné lieu à une combinaison d'analyses physique, micromorphologique et paléobiologique. Une démarche du même type est en cours dans la plaine de Philippes-Drama autour de la cité antique de Philippes et du site de Dikili Tash. Ainsi, le développement des recherches paléoenvironnementales s'est appuyé sur la réalisation de 37 nouveaux carottages profonds de 7 à 12 m. Il a permis de préciser la chronostratigraphie des remplissages fluvio-palustres et littoraux holocènes en Grèce du Nord et en Crète grâce à la datation de 80 échantillons par la méthode du radiocarbone (Fig. 47).

Ces recherches sur les dynamiques paléoenvironnementales ont été accompagnées du développement de nouvelles investigations afin d'approfondir notre connaissance des interactions Nature/Société. Principalement développées autour des sites néolithiques de Dikili Tash et de Kryoneri, ces dernières se sont appuyées sur l'étude de la céramique Noir/Rouge (Lespez, 2000, Malamidou *et al.*, 2006) et de la terre à bâtir menée dans le cadre de l'ACI PROSODIE « La terre et le feu dans le monde égéen » (dir. P. Darcque UMR 7041 CNRS, Germain-Vallée *et al.*, 2012). Centrées sur la disponibilité des ressources en terre autour des habitats et sur l'étude des stratégies d'exploitation et de mise en œuvre, ces analyses ont permis d'initier une véritable réflexion sur les relations entre les sociétés et leur environnement biophysique (Darcque *et al.*, 2004; Lespez, sous-presse ; Germain-Vallée *et al.*, 2012). Elles ont également été pratiquées autour de la cité minoenne de Malia (Lespez *et al.*, 2003 ; Treuil *et al.*, 2008 ; Lespez, 2009) et des cités antiques de Philippes (Lespez et Tirologos, 2003) et de Thasos (Lespez, sous-presse). Enfin, la restitution des paysages et des dynamiques environnementales a pu s'appuyer sur de nombreuses études historiques et archéologiques disponibles dans les terrains étudiés. Celle-ci a été complétée par des recherches spécifiques consacrées à l'étude des cartes anciennes, des récits des voyageurs et des documents iconographiques selon une méthodologie pratiquée dans la plaine de Philippes-Drama (Lespez, 1999/2008 ; Lespez et Tirologos, 2004).

Les recherches conduites en Grèce du Nord et dans la plaine de Malia sont encore en cours et une synthèse des résultats et des réflexions qui en sont issus est délicate à produire. Ainsi, ce chapitre ne présentera pas comme les deux autres un véritable bilan synthétique d'informations publiées mais tentera plutôt de présenter de manière ordonnée des résultats qui n'ont pas encore tous fait l'objet d'une publication. Néanmoins l'avancée de ces nouvelles recherches couplée aux travaux réalisés lors de la thèse permet de proposer une restitution des relations sociétés-environnement sur le temps long de l'Holocène en Grèce du nord. Celle-ci met en évidence la succession de trois temps forts qui peuvent être mis en perspective par des comparaisons à l'échelle

de la péninsule et du sud des Balkans. Dans un premier temps nous aborderons la question de l'irruption des premiers agriculteurs dans le monde égéen et sur ses marges. Cette question très débattue est aujourd'hui éclairée sous un nouveau jour par les données acquises très récemment à Dikili Tash. Dans un deuxième temps, nous évoquerons les conséquences pour l'environnement du développement des activités agro-pastorales et tenterons plus généralement d'examiner le lien entre les sociétés nord-égéennes et leur environnement en nous appuyant sur les interrogations soulevées par les dynamiques sociales et environnementales enregistrées au cours du 4e millénaire av. J.-C. Enfin, nous nous efforecerons de resituer l'évolution des dynamiques paysagères à partir du milieu de l'âge du Bronze jusqu'à l'époque contemporaine alors que le monde égéen constitue un monde rural plein (Lespez, 2008) et que les dynamiques environnementales sont principalement le résultat des dynamiques sociales qui se succèdent depuis l'époque des cités minoennes jusqu'à la fin de la domination ottomane.

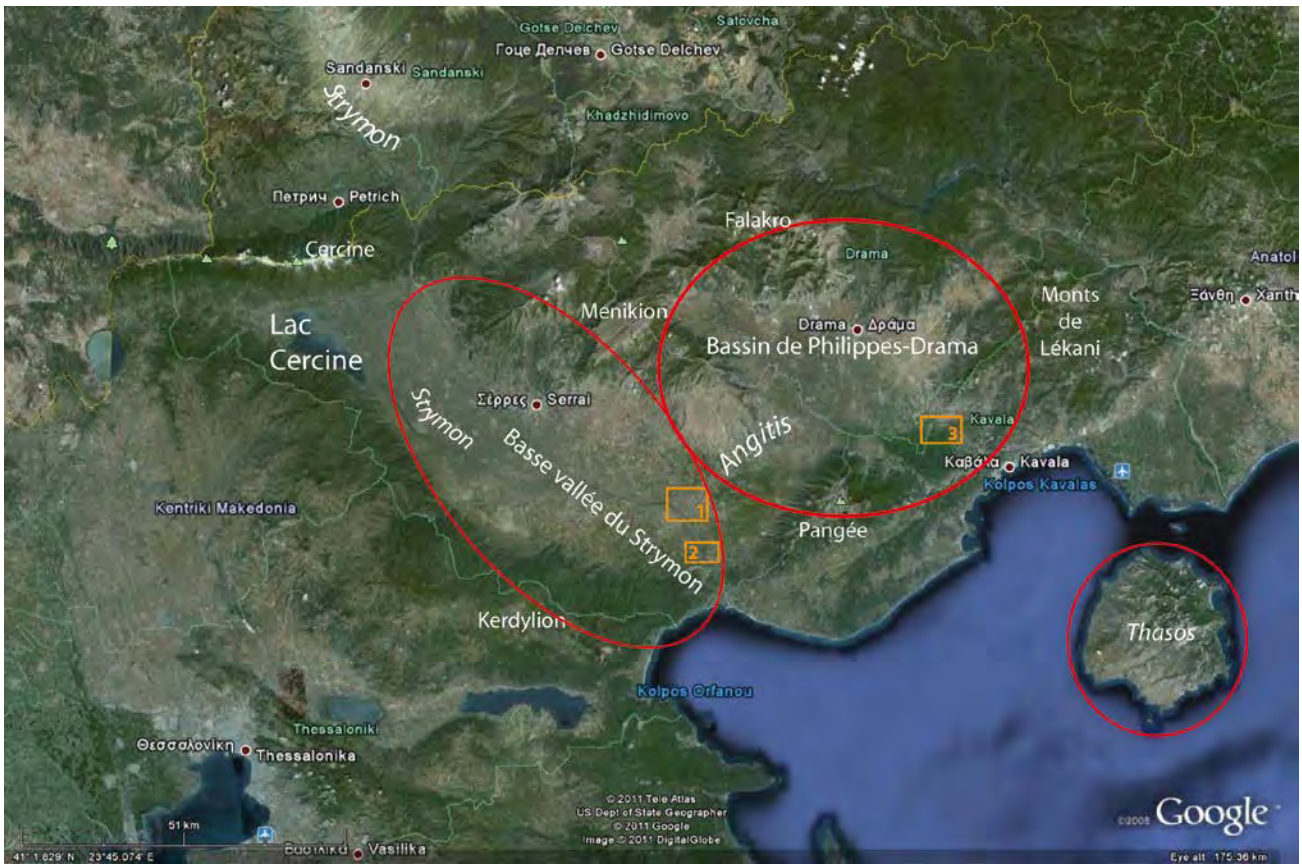


Fig. 48 - Les principaux sites de la recherche en Grèce du nord.
Transects de 1 : Fidokoryphi ; 2. Kryonéri ; 3. Philippes et Dikili Tash.

2. La Néolithisation en Grèce du Nord et le site de Dikili Tash

La néolithisation de la Grèce est un processus complexe encore discuté aujourd'hui. Elle intervient dans un cadre géographique de mieux en mieux connu même si les relations qu'ont entretenues les premiers agriculteurs avec leur environnement demeurent l'objet de nombreuses recherches.

2.1. Le contexte environnemental : la reconquête forestière

La fin du Pléistocène est caractérisée par un climat froid et sec dans l'ensemble du sud des Balkans. La végétation est le plus souvent réduite à une steppe ouverte à *Artemisia,* très pauvre en espèces arbustives, peuplée d'équidés, de bisons, d'antilopes et d'aurochs, le renne étant absent du monde balkanique. La reconquête forestière s'amorce dès le Tardiglaciaire (14 600-9 700 av. J.-C. environ) et se développe rapidement à partir d'aires refuges où la végétation arborée s'était repliée pendant les périodes froides du Quaternaire (Lézine *et al.*, 2010). Dans un premier temps, c'est souvent une forêt de résineux dominée par les pins et sapins accompagnés du bouleau qui se développe en particulier dans les espaces montagnards (Bottema *et al.*, 1990 ; Bottema, 1993 ; Kotthoff *et al.*, 2008b; Tonkov *et al.*, 2011). Néanmoins, localement une forêt de chênes à feuilles caduques a pu s'imposer comme autour des lacs de Ioannina (Lawson *et al.*, 2004) et de Kopaïs (Greig et Turner, 1974 ; Allen, 1990). Cela reflète le cloisonnement du cadre topographique balkanique et égéen et la diversité des aires refuges. Ce couvert forestier en expansion est ensuite soumis à des oscillations climatiques aujourd'hui bien attestées à l'échelle planétaire (Mayewski *et al.*, 2004 ; Wanner *et al.*, 2011). Elles correspondent à des changements complexes marqués en particulier par un passage vers des conditions plus froides et plus sèches au cours du Dryas Récent (10 900-9 700 av. J.-C. ; Broecker *et al.*, 2010). Il se caractérise souvent par un recul temporaire de la forêt, comme autour du lac Kopaïs, dans la plaine de Philippes (Greig et Turner, 1974) et dans la majeure partie du monde égéen (Kotthoff *et al.*, 2008b) et du sud des Balkans (Tonkov *et al.*, 2011). Cependant, ces changements se font moins sentir en Grèce occidentale et nord-occidentale, comme dans le bassin de Ioannina où l'humidité demeure suffisante pour le maintien d'un couvert forestier (Lawson *et al.*, 2004).

Au début de l'Holocène (vers 9 700 av. J.-C. environ), cette reconquête aboutit au développement d'un couvert forestier principalement constitué de chênes à feuilles caduques accompagnés d'ormes, de tilleuls, de noisetiers et d'espèces méditerranéennes alors qu'avec l'altitude, les pins et les sapins occupent une place plus importante. Dans certaines régions plus sèches comme en Crète, l'extension maximale du couvert forestier ne semble être atteinte que plus tardivement, vers 6 300 av. J.-C. environ (Bottema et Sarpaki, 2003). On assiste ensuite, entre 8 300-4 800 av. J.-C., à une diversification du couvert forestier qui s'explique par la convergence de plusieurs facteurs. La reconquête forestière qui se développe dans l'ambiance climatique plus humide et plus chaude de l'Optimum climatique holocène (Digerfeldt *et al.*, 2007 ; Wanner *et al.*, 2008 ; Rohling *et al.*, 2009) entraîne un apport de matière organique aux sols plus important qui est favorable à leur développement progressif. À leur tour, ceux-ci favorisent la croissance et la diversité de la végétation selon des successions qui obéissent à des lois écologiques propres à chaque espèce végétale (cycles d'installation et de développement, aptitudes à la compétition interspécifique, …). Le début de la période, entre 8 300-6 900 av. J.-C., est marqué par le développement des pistachiers au sein d'un couvert forestier encore peu dense et dans des conditions climatiques chaudes et peut-être plus sèches (Willis, 1994), alors qu'entre 6 900-5 900 av. J.-C., le noisetier, le tilleul, l'orme, le frêne et le sapin s'affirment en altitude (Bottema, 1990 et 1994). La dernière phase de diversification intervient entre 6 400 et 3 800 av. J.-C. Elle est caractérisée par le développement du charme oriental, du charme-houblon dans la chênaie à feuilles caduques et du hêtre et du sapin dans les étages montagnards (Willis, 1994 ; Kotthoff *et al.*, 2008b). C'est dans cette dernière période que s'affirme une tendance à l'aridification dans le monde

méditerranéen au sud du 40e parallèle. Bien attestée en Méditerranée centrale et orientale par l'étude des fluctuations des sédiments marins (Kotthoff *et al.*, 2008a), des niveaux lacustres (Magny, 2003, Digerfeldt *et al.*, 2007 ; Magny *et al.*, 2011) et des spéléothèmes (Bar Matthews *et al.*, 1998 ; Roberts *et al.*, 2011), ses conséquences pour l'évolution de la végétation demeurent plus difficiles à saisir car elle se développe alors que les hommes pèsent de plus en plus sur la dynamique du couvert végétal (Sadori *et al.*, 2011).

2.2. La néolithisation de la Grèce

C'est donc dans un environnement largement forestier que s'effectue la néolithisation de la Grèce. La diffusion du Néolithique dans le monde égéen entre 7000 et 6500 av. J.-C. correspond à l'apparition simultanée de toutes les nouvelles techniques caractéristiques du Néolithique : sédentarisation, économie de subsistance, fabrication de la poterie et polissage de la pierre (Perlès, 2001). Cette observation témoigne d'une néolithisation rapide (Perlès, 2001 ; Treuil *et al.*, 2008) bien différente de la néolithisation lente, graduelle voire tâtonnante, observée au Proche Orient (Cauvin, 1978 ; Kislev, 2002 ; Willcox, 2007 ; Zohary, 2007). Elle indique un mouvement de populations issues du Proche-Orient amenant avec elles l'ensemble du bagage technique néolithique même si la généralisation de la production céramique a pu être plus tardive expliquant le développement de traits spécifiques à l'Egée (Perlès, 2001) tout comme la construction d'habitats très tôt caractérisés par l'usage de la terre crue (Perlès, 2001 ; Treuil *et al.*, 2008). Les vestiges archéologiques attribuables à cette période ont été principalement retrouvés en Crète, en Thessalie et en Argolide. Ils correspondent souvent à des sites nouveaux (Argissa, Sesklo) mais s'inscrivent également dans des sites possédant des niveaux d'occupation attribuables au Mésolithique comme à Youra Theopetra ou Franchti (Fig. 49 ; Perlès, 2001).

Le processus de néolithisation se généralise vers 6500 av. J.-C. dans l'ensemble du monde égéen et les dates les plus nombreuses attribuables aux habitats du Néolithique ancien sont situées dans l'intervalle 6400 et 6000 av. J.-C (Perlès, 2001). Elles correspondent à de nombreux sites implantés dans la partie orientale de la Grèce depuis le Péloponnèse jusqu'à la Macédoine occidentale en passant par la Béotie et l'Eubée. Cependant, malgré des fouilles archéologiques et des datations plus nombreuses que pour la période initiale, certains espaces apparaissent encore pauvres en témoignages archéologiques, voire en étaient totalement dépourvus comme la Macédoine orientale (Fig. 49). Au nord de l'Egée, les premières occupations néolithiques connues étaient datées du milieu du VIIe millénaire à Nea Nikomedia, dans l'ouest en Macédoine centrale (Pyke et Yiouni, 1996), alors que vers l'est en Thrace turque, elles sont attribuées à la deuxième partie du VIIe millénaire à Hoca Çesme (Özdogan, 1999 et 2001). Plus au Nord, les occupations néolithiques les plus anciennes de Kovacevo, en Bulgarie méridionale, datent de la fin du VIIe au début du VIe millénaire (Lichardus-Itten *et al.*, 2002 ; Higham *et al.*, 2011). Elles sont contemporaines des nombreuses occupations de cette partie méridionale des Balkans. Des investigations récentes effectuées en Thrace orientale grecque à l'aide de carottages qui ont permis d'atteindre la base des occupations néolithiques indiquent des niveaux d'occupation contemporains de la fin du VIIe millénaire (Ammerman *et al.*, 2008). Même si les voies suivies par la diffusion des techniques et des idées depuis le Proche-Orient demeurent toujours débattues (Treuil *et al.*, 2008 ; Perlès, 2009), l'hypothèse d'une voie maritime égéenne méridionale est le plus souvent retenue pour la première étape de la néolithisation qui aurait été

accomplie par de petits groupes de pionniers (Perlès , 2001 et 2009). Cette hypothèse s'appuie en partie sur l'absence d'occupation attribuable au début du Néolithique ancien en Thrace et en Macédoine pour rejeter la possibilité d'une progression précoce de la néolithisation le long du littoral nord-égéen (Perlès, 2001 et 2009). Dans les régions où les habitats du Néolithique ancien sont présents, ceux-ci témoignent du développement de villages de taille moyenne au sein d'un environnement encore forestier, très souvent à proximité de l'eau et à la charnière de milieux différents. Les activités agropastorales pratiquées aux alentours de l'habitat s'appuient sur la culture des céréales (blé et orge) et des légumineuses et la pratique d'un élevage de moutons, de chèvres, de bœufs et de porcs. Les nouvelles recherches entamées en 2010 à Dikili Tash offrent aujourd'hui de nouvelles données à la discussion sur la néolithisation du nord de l'Egée.

Fig. 49 - Carte des principaux sites archéologiques du Néolithique ancien au nord de l'Égée (réalisation Z. Tsirtsoni)

2.3. De nouvelles données à Dikili Tash

Le site archéologique de Dikili Tash se trouve en Macédoine orientale dans le sud-est de la plaine de Drama à environ 2 km des ruines de la ville antique de Philippes. Les premières recherches approfondies ont été effectuées par J. Deshayes et T. Theocharis (1961-1975) mais elles ont donné lieu à une publication tardive (Treuil *et al.*, 1992). Un deuxième programme de fouilles franco-grec a été conduit de 1986 à 2001 dont les résultats sont encore en cours de publication (Koukouli-Chryssanthaki et Treuil, 2008). Ces premières recherches ont établi les grandes phases d'occupation du site de Dikili Tash depuis le Néolithique Récent I (vers 5400 av. J.-C.). Enfin, depuis 2008, a été initié un nouveau programme de fouilles sous la responsabilité de H. Koukouli-Chryssanthaki et D. Malamidou du côté grec et de Pascal Darcque et Z. Tsirtsoni du côté français. Celui-ci possède quatre objectifs principaux : (1) établir la date et la physionomie de la

première occupation du site, (2) définir les transitions entre les deux phases du Néolithique récent (I et II) puis entre le Néolithique récent II et le Bronze ancien, (3) définir la nature de l'occupation du Bronze récent, (4) définir l'occupation du tell pendant l'Antiquité et la période byzantine (Darcque *et al.*, 2009). La première question est en relation directe avec la question de la néolithisation de la Macédoine orientale. En effet, la basse vallée du Strymon comme la plaine de Drama étaient dépourvues d'habitats attribuables au Néolithique ancien et posent la question de la néolithisation de cette partie charnière de la Grèce du Nord et des voies de sa diffusion dans le sud des Balkans. Le tell de Dikili Tash est un des habitats néolithiques les plus importants et les mieux connus de la plaine de Drama-Philippes. Il constitue avec le site de Sitagroi (Renfrew *et al.*, 1986 ; Elster et Renfrew, 2003), le site de référence pour l'établissement des successions culturelles de cette partie de la Grèce. Par son importance et sa pérennité, il était un des sites susceptibles de faire avancer la question du développement de la néolithisation en Grèce du nord. Par ailleurs, une campagne de carottages exploratoires réalisés par R. Dalongeville en 1993 sur l'habitat avait révélé l'existence de sédiments anthropogènes épais de plus de 3 m situés à la base des couches archéologiques connues et qui n'avaient pas encore fait l'objet d'une étude en sondage ou en fouille. C'est la prospection de ce potentiel qui a suscité la mise en place d'une nouvelle série de carottages au cours de l'été 2010 dans le cadre de la nouvelle campagne de fouille du site (Lespez *et al.*, soumis).

2.3.1. Les carottages du site de Dikili Tash

L'objectif de ces nouvelles investigations était triple : (1) déterminer avec précision le sol et les formations superficielles sur lesquels s'étaient établis les premiers habitants du site afin de confirmer et de préciser les informations issues de la campagne de carottages de 1993 (Lespez *et al.*, 2000) ; (2) étendre spatialement l'enquête vers des espaces qui n'avaient pas encore été explorés sur le tell et (3) déterminer la chronologie de la formation du tell en prélevant régulièrement dans les couches archéologiques du matériel diagnostic et des charbons de bois afin de les dater par la méthode du radiocarbone.

Les carottages effectués en 1993 correspondaient à la volonté de définir l'environnement du tell. Pratiqués principalement à l'extérieur de l'habitat (Fig. 50), ils avaient surtout pour objectif de définir le contexte géomorphologique de son implantation et de recueillir des échantillons afin de lancer une étude paléoenvironnementale (Lespez *et al.*, 2000). Ainsi, 7 carottages avaient été implantés dans le vallon et sur les cônes de piémont qui le dominent légèrement et seuls 3 carottages avaient été mis en place sur le site archéologique. L'implantation de ces derniers ne correspondait pas à un plan précis mais à des opportunités liées à la situation des fouilles à l'époque et aux conditions d'accessibilité du matériel de carottage puisqu'il s'agissait d'un matériel autotracté de grande dimension. Les carottages A et B avaient été implantés à proximité des secteurs V et VI alors en cours de fouille alors que le carottage C avait été effectué à proximité du secteur II situé vers la base méridionale du tell. L'analyse des trois carottages montrait que les premiers occupants du site s'étaient installés sur un cône de déjection pléistocène faiblement incliné vers l'aval et incisé par deux petits vallons se rejoignant vers l'aval pour former l'intercône de Dikili Tash (Lespez et Dalongeville, 1998 ; Lespez *et al.*, 2000). Ces premières observations permettaient d'écarter l'hypothèse de l'installation de l'habitat sur une position prééminente mais, faute de description et d'interprétation précises des sédiments et de

datations, elles ne permettaient ni de déterminer la nature du paléosol et la chronologie des premières occupations ni de délimiter l'étendue de l'occupation et sa dynamique spatiale.

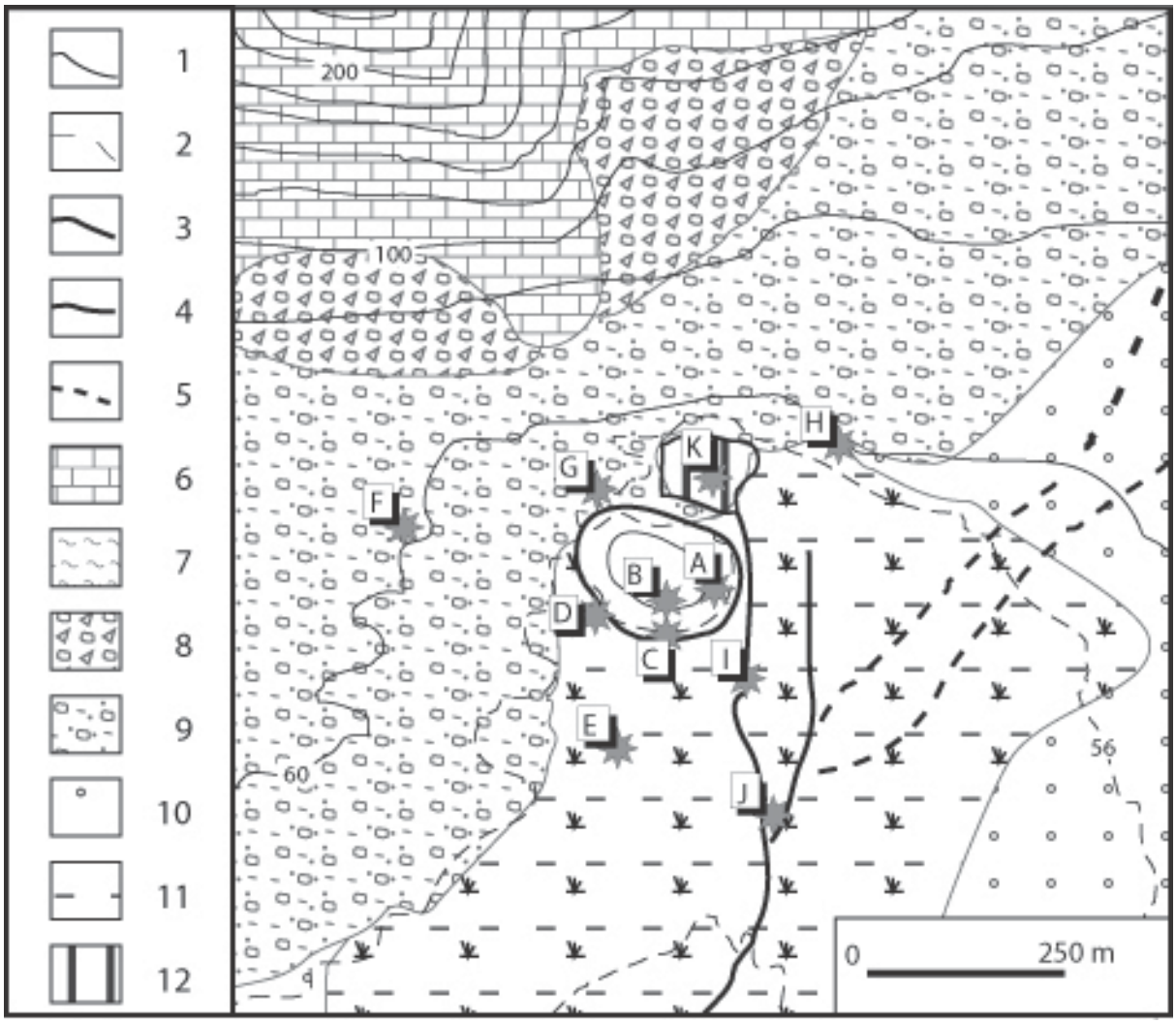


Fig. 50 - Implantation des carottages de 1993 dans leur cadre géomorphologique (Lespez et al., 2000)

1. Courbes de niveau (eq. 20 m). 2. Courbes de niveau intermédiaires (eq. 4 m). 3. Canaux d'assèchement du marais de Ténaghi-Philippon. 4. Écoulements pérennes. 5. Écoulements temporaires. 6. Marbre. 7. Micaschistes. 8. Formations de pente. 9. Formations détritiques des cônes de déjection pléistocène. 10. Formations alluviales holocènes. 11. Formations palustres des marges de l'ancien marais de Philippes et de l'intercône de Dikili Tash. 12. Mare marécageuse de Dikili Tash.

Afin de répondre à ces interrogations, une deuxième campagne de carottage a été entreprise en Juillet 2010. Les carottages ont été effectués au carottier à percussion motorisé du laboratoire Geophen-UMR LETG 6554 CNRS. Cette méthode d'investigation étant destructive, le plan de carottage a été déterminé afin de respecter le site archéologique tout en complétant les informations issues des carottages de 1993 (Fig. 51). Ainsi, les secteurs en cours de fouille ont été exclus et ce sont les abords des secteurs fouillés et ceux dépourvus d'information archéologique qui ont été privilégiés. Quatre carottages ont été implantés à proximité de ceux effectués en 1993 et des grands secteurs de fouilles de l'habitat. Ils ont permis de parachever les observations stratigraphiques existantes et d'effectuer un échantillonnage exhaustif des éléments de

datation et des artefacts archéologiques significatifs. Les carottages C1, C2 puis C5 et C6 sont respectivement situés à proximité du carottage B, A et C de 1993. En revanche, les carottages C3 et C4 ont été implantés vers le nord de l'habitat dans des espaces encore vierges d'information archéologique (*Lespez et al.,* soumis).

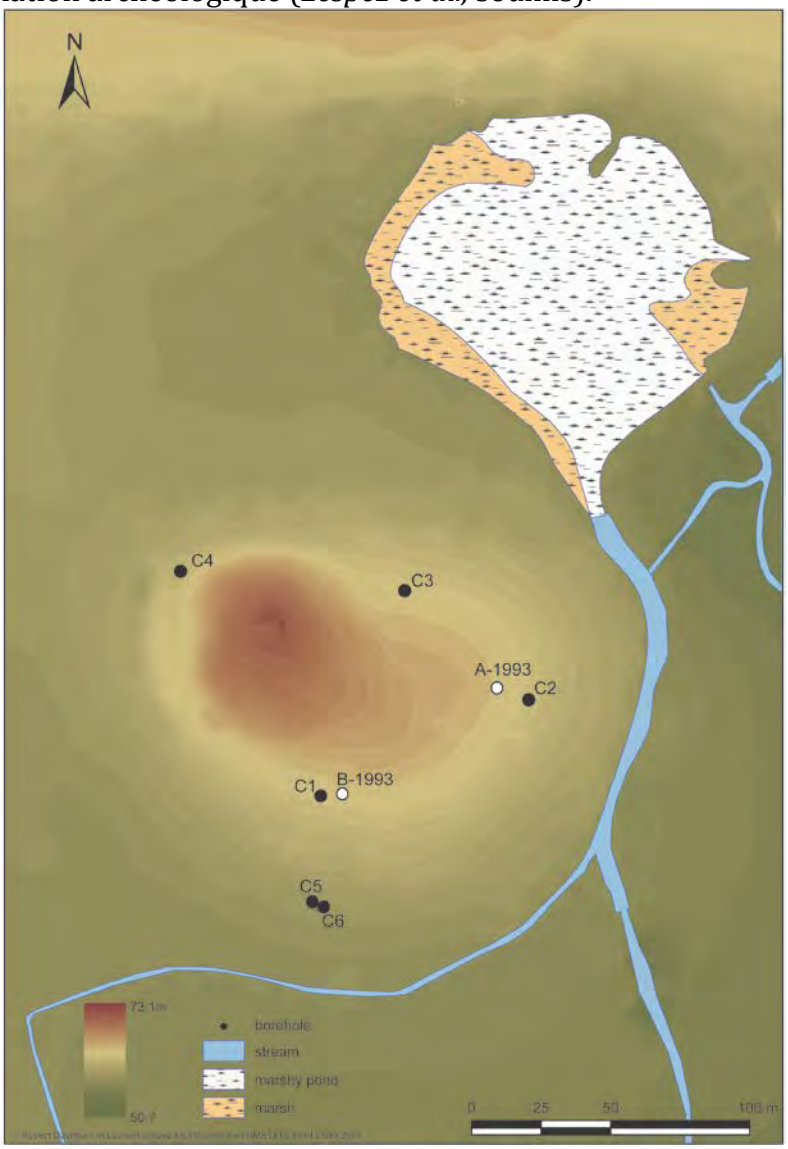


Fig. 53 - Plan des carottages effectués à Dikili Tash pendant les campagnes de 1993 et de 2010 (Réalisation R. Davidson et L. Lespez, Lespez et al. soumis)

2.3.2. La description des carottages

Les carottages ayant été implantés dans des sédiments anthropogènes, il n'était pas envisageable d'exporter les carottes puisqu'elles contenaient du matériel archéologique. Nous avons donc procédé à des carottages gouge ouverte suivis d'une description précise et d'un échantillonnage systématique. La compacité du matériel limono-argileux du tell a favorisé la bonne tenue du sédiment dans le trou du forage et au sein de la gouge. Cela explique également la faible compaction subie par les sédiments au cours de leur prélèvement (5 à 20%). Une fois les gouges retirées, elles ont été décrites puis échantillonnées. Afin de caractériser le plus précisément possible les principales unités stratigraphiques (US) du tell et de son soubassement, la description a associé un archéologue et un géomorphologue. L'objectif des investigations étant principalement

chronologique, les charbons ont été systématiquement prélevés alors qu'un échantillonnage du matériel sédimentaire a été régulièrement effectué en vue de flottation ou d'analyses sédimentaires complémentaires. Le matériel archéologique a ensuite été identifié et enregistré par US. Après avoir corrigé les effets de compression sur chacune des carottes décrites selon un modèle linéaire du fait de l'homogénéité d'ensemble des sédiments anthropogènes, il a été possible de déterminer les altitudes absolues des différentes US d'après le nivellement des points de carottage obtenu par un relevé topographique. La lecture stratigraphique s'est appuyée sur des principes de description propres à l'étude des sédiments en contexte archéologique (Fédoroff et Courty, 2002). Cependant, la fenêtre d'étude limitée offerte par les gouges de prélèvement et la compression différentielle résultant des carottages ne favorisent pas l'identification de faciès plus ou moins fortement organisés qui est à la base de la méthode. Celle-ci a donc été adaptée en tenant compte de la connaissance des caractéristiques sédimentaires de l'accumulation anthropogène à Dikili Tash acquise suite aux différentes fouilles et de l'environnement géomorphologique (Lespez *et al.*, 2000). Il est ainsi possible de distinguer dix-sept types récurrents de faciès sédimentaires qui possèdent des significations archéologiques et paléoenvironnementales différentes (Tab. 4).

Faciès	Organisation	Sédiments	Charge archéologique	Nature	Processus de mise en place	Evolution post-dépositionnelle	Interprétation
F1	Litage grossier	Sables et graviers	-		Ecoulement chenalisé	Pédogenèse	Chenal parcourant les cônes de déjection pléistocènes
F2	Litage grossier	Limons argileux ocre-jaune à sables et graviers	-		Ecoulements turbides	Pédogenèse	Cônes de déjection pléistocènes
F3	Massif	Limons ocre-jaune	-		Ruissellement	Pédogenèse	Sédiments éoliens pléniglaciaires remaniée localement
F4	Agregats	Limons argileux brun	-		-	Pédogenèse	Horizon illuvial d'un sol brun lessivé
F5	Massif	Limons argileux brun à gris foncés	-		Ruissellement	Faible pédogenèse traits d'hydromorphie	Sédiments fluvio-palustres de marge de marais faiblement pédogénéisé
F6	Litée	Sable oncolithique	+		Ruissellement	Faible pédogenèse	Alluvions issues de la précipitation d'une forte charge dissoute en relation avec l'exsurgence de Krénidès
F7	Massif	Sable limoneux ocres	+		Particulaire	-	Terrier
F8	Horizon épais (>20 cm) + agrégats	Limons argileux bruns foncé	++	Charbons, fragments de terre brûlée, d'os…		Erosion	Anthropisation du paléosol de base
F9	Horizon fin (<10 cm) + agrégats	Limons argileux bruns foncé	++	Charbons, fragments de terre brûlée, d'os…		Erosion	Sol mince indiquant une phase d'abandon
F10	Aléatoire	Limons argilo-sableux beiges	++	Charbons, fragments de terre brûlée, d'os…		Pédogenèse, érosion	Colluvions correspondant à une phase d'abandon
F11	Faiblement organisé	Limons bruns-beiges	+++	Charbons, fragments d'os, de céramique, de terre brulée..	Ruissellement, reptation	Pédogenèse, érosion	Colluvions, remblais remaniant des niveaux d'occupation
F12	Faiblement organisé	Limons bruns-gris jaunâtres	++++	Charbons, fragments d'os, de céramique, de terre brulée..		Pédogenèse, érosion	Niveaux d'occupation faiblement remanié
F13	Faiblement à fortement organisé	Limons argileux rouge à jaune	++++	Terre crue pulvérulente	Structure archéologique remaniée ou *in situ*	Altération	Fragment de torchis ou de brique
F14	Faiblement à fortement organisé	Limons	++++	Charbons, microcharbons, cendres	Structure archéologique remaniée ou *in situ*	Altération	Foyers ou rejets de foyers
F15	Fortement organisé	Limons sableux	++++		Structure archéologique *in situ*	Altération, dissolution	Sol tassé
F16	Fortement organisé	Limons carbonatés	++++	Cendres	Structure archéologique *in situ*	Altération, dissolution	Foyer
F17	Fortement organisé		++++	Graviers et amalgame limoneux recouvert de terre cuite façonnée	Structure archéologique *in situ*	Altération	Four ou foyer aménagé

Tab. 4 - Les principaux faciès sédimentaires des carottages effectués dans le tell de Dikili Tash

Deux grandes catégories d'unités sédimentaires (US) ont pu être identifiées. À la base du tell, plusieurs US correspondant à des faciès dépourvus de restes archéologiques indiquent une évolution paléoenvironnementale en contexte peu ou pas anthropisé (F1 à F6). Elles correspondent au paléosol holocène antérieur à la mise en place de l'habitat et témoignent de la pédogenèse du matériel sédimentaire des cônes de déjection pléistocènes (Lespez et Dalongeville, 1998). Néanmoins, certains sédiments attestent d'une dynamique naturelle différente. Il s'agit des sédiments argileux qui possèdent une charge carbonatée abondante et parfois même de véritables passées de sables oncolithiques (F5 et F6). Ils témoignent du développement d'un environnement palustre en relation avec les fluctuations de la mare qui vient ponctuellement inonder les parties distales des cônes de déjection qui bordent le vallon. Les seules unités sédimentaires insérées dans la stratigraphie des dépôts anthropogènes et qui comprennent très peu de matériel archéologique correspondent à des sables ocres à beiges assez homogènes (F7). À la suite d'observations répétées réalisées au cours des fouilles, ils peuvent être interprétés comme des remplissages de terriers.

Au-dessus des sédiments des cônes de déjection plus ou moins pédogénéisés, les sédiments traversés par les carottages possèdent toujours une charge anthropogène forte mais ils indiquent une grande variété de situations (F8 à F14). Ils sont en général limono-sableux et toujours riches en matériel archéologique (fragments de céramiques, esquilles d'os, fragments de torchis, de soles de four, charbons de bois, …). Dans la majorité des cas, les artefacts archéologiques sont disposés en vrac sans qu'une quelconque organisation ne soit détectable. Il s'agit donc de faciès sédimentaires dont l'organisation est aléatoire et témoigne de niveaux d'occupation faiblement remaniés (F12) ou plus fortement (F10, F11) développés aux dépends des niveaux d'occupation et de destruction. Ils sont parfois caractérisés par une évolution pédologique qui se manifeste par une structuration en agrégat du sédiment et une coloration plus foncée du fait de l'apport en matière organique (F9). Enfin, quelques unités correspondent spécifiquement à des artefacts archéologiques. Il s'agit de fragments de terre crue (torchis, …) ou de couches très charbonneuses dont la position et l'environnement sédimentaire ne permettent pas de déterminer s'ils sont en place sur un ancien sol ou non (F13, F14). Dans certains cas, en revanche, l'examen attentif du contact avec l'unité sédimentaire inférieure permet d'estimer que l'organisation initiale a été conservée et les artefacts archéologiques indiquent clairement un niveau d'occupation (F15, F16, F17).

2.3.3. Premières interprétations

Les carottages permettent de préciser la chronologie de l'habitat et de formuler de premières hypothèses sur son développement (Lespez *et al.*, soumis).

2.3.3.1. Le paléosol holocène et la topographie initiale du site

À l'exception des carottages C5 et C6, les carottages effectués en 2010 révèlent la même organisation stratigraphique d'ensemble (Fig. 52). Les formations pléistocènes ont été affectées par une profonde pédogenèse holocène. Celle-ci s'exprime par le développement d'un sol brun lessivé dont l'horizon d'illuviation a été bien préservé même si les horizons superficiels sont très perturbés par les phases d'occupation initiales du site. L'altitude de la partie supérieure des formations pléistocènes s'échelonne entre 55,3 (C4), 52,7-52,5 (C3 et C1) et 51,8 (C2) m alors que la surface probable du sol holocène est comprise entre 55,8 (C4), 53,7-53,3 (C3 et C1) et 52,5-52,3

(C2 et C5) m. Cela indique une topographie en pente douce depuis le nord-ouest jusque vers le sud-est et confirme une topographie initiale totalement plane et régulièrement inclinée vers le sud-est correspondant aux parties médiane puis distale d'un grand cône de déjection pléistocène comme les carottages de 1993 le suggéraient (Lespez *et al.*, 2000). Les niveaux archéologiques les plus bas, correspondant à l'angle sud-est du site, sont implantés sur le rebord de l'intercône alimenté par l'exsurgence de la mare située au nord du site archéologique.

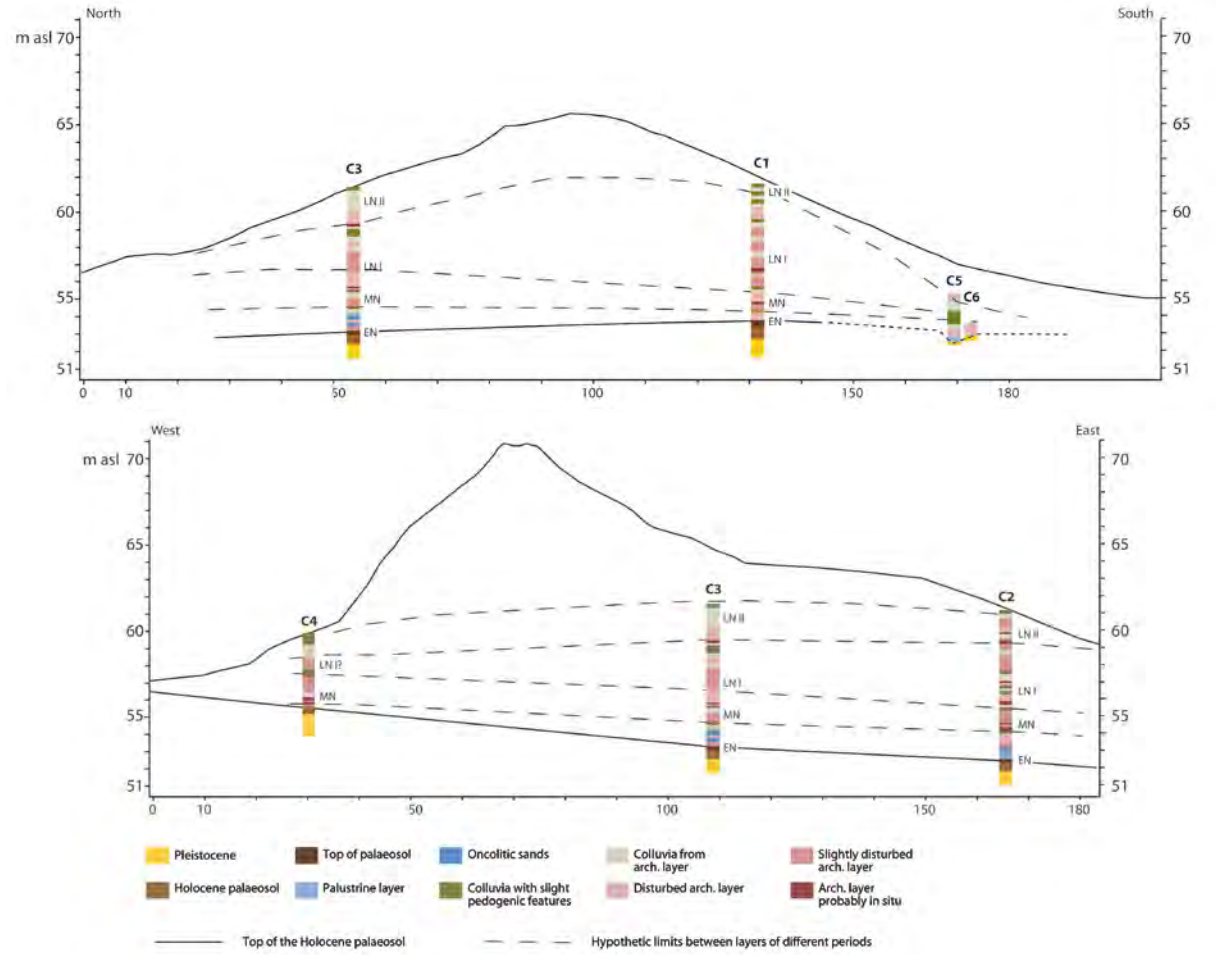


Fig. 52 a, b - Transects en travers du tell de Dikili Tash montrant la chronologie du site et les conditions d'implantation de l'habitat (Lespez et al., soumis)

Sur 3 des 4 carottages (C1, C2, C3), ce paléosol comporte des horizons superficiels très perturbés et riches en artefacts archéologiques (nodules ocre ou rouge de terre brûlée, terre charbonneuse et microcharbons assez abondants) qui indiquent une occupation installée sur le sol holocène (Fig. 52). Celle-ci est confirmée par la présence de fragments d'os (C1), d'un grattoir circulaire sur éclat en calcédoine blanchâtre très bien conservé (C3, identification de G. Kourtessi-Philippakis, Fig. 53), d'un reste d'os animal et d'un fragment de céramique aux surfaces brun-rouge polies (C2, identification de Z. Tsirtsoni). Trois datations radiocarbone (charbons de bois) indiquent une occupation qui s'échelonne au cours du Néolithique ancien entre 6462 et 6262 av. J.-C. sur C2 et C3 et un peu plus tard sur C1 (6100-5925 av. J.-C.). Le tableau dressé peut être complété par la présence de plusieurs fragments d'outils lithiques accompagnés de deux fragments d'os à la base du carottage A de 1993 à des altitudes similaires et juste au-dessus d'un niveau comportant un charbon de bois daté de 6592-6435 av. J.-C. Sur les 4

carottages, ces horizons développés aux dépends du paléosol holocène sont recouverts par des couches sédimentaires clairement anthropogènes peu ou pas remaniées et riches en nodules de terre brûlée, petits fragments de céramique, microcharbons et charbons. Elles sont datées entre 6378 et 5743 av. J.-C. sur C3, C4 et C5 et sont antérieures à l'intervalle 5965-5715 av. J.-C. sur C1 et C2 d'après deux dates obtenues sur des niveaux supérieurs. La première occupation du site de Dikili Tash est donc attribuable au Néolithique ancien. L'ensemble des dates obtenues à ce jour indique une occupation comprise dans l'intervalle 6500-5900 av. J.-C. avec une installation centrée sur la période 6400-6200 av. J.-C., c'est-à-dire au début du Néolithique ancien, et qui se prolonge sans doute ensuite jusque vers le début du VIe millénaire (fig. 54). Les unités stratigraphiques datées du Néolithique ancien possèdent une épaisseur comprise entre 40-50 cm sur C1 et C2, pour près de 80 cm pour C4 et 150 cm sur C3. Ainsi, l'occupation humaine pour cette période est enregistrée sur une superficie de plus de 0,6 ha et semble s'être surtout étendue vers le nord-est du site actuel à proximité du vallon et de la mare qui l'occupe à son amont.

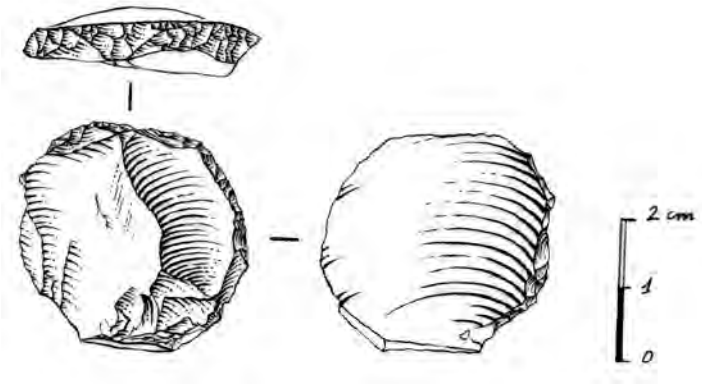


Fig. 53 - Carotte C3 : grattoir semi-circulaire en pierre (9048-002) (Dessin D. Molez)

2.3.3.2. Les occupations du Néolithique ancien et l'environnement du site vers 6 200 av. J.-C.

Dans un premier temps, les populations s'installent sur un sol brun lessivé épais qu'elles contribuent à éroder et à transformer. Par son épaisseur et son évolution (horizon d'illuviation clairement identifiable), ce sol confirme une longue pédogenèse sous couvert forestier comme le suggèrent les différentes données polliniques disponibles régionalement (Wimjstra, 1969 ; Greig et Turner, 1974 : Pross *et al.*, 2009). Celle-ci a pu s'amorcer au cours du Tardiglaciaire puis se développer pendant plus de trois millénaires entre la fin du Dryas récent (9700 av. J.-C.) et le début de l'occupation du Néolithique ancien (6500 av. J.-C.). Par la suite, les carottages C2 et C3 enregistrent vers 53-54 m, des niveaux de limons palustres qui comportent de véritables lits de limons tufacés riches en oncolithes. Ils indiquent une remontée du niveau de la mare au nord de l'habitat dans la dépression située à l'amont du vallon et au débouché d'une exsurgence puissante qui sourd des Monts de Lékani[1]. Le niveau atteint, au moins saisonnièrement, par la mare est proche de l'actuel. Il a également été décrit sur le carottage A de 1993 où il correspond à un niveau tourbeux. Ce niveau élevé de la mare a dû limiter l'extension de l'habitat vers le nord-est. Cette remontée du niveau de la mare se développe entre 6378-6222 et 5997-5844 av. J.-C. sur C3 et s'amorce avant 6048-

[1] Source issue du karst développé dans les marbres des montagnes de Lékani dont le débit mensuel varie de 2,4 m^3/s à 15 m^3/s.

5921 av. J.-C. sur C2. Aucun événement équivalent n'a été enregistré avant ou après cette période. Il est donc unique dans la stratigraphie des carottages.

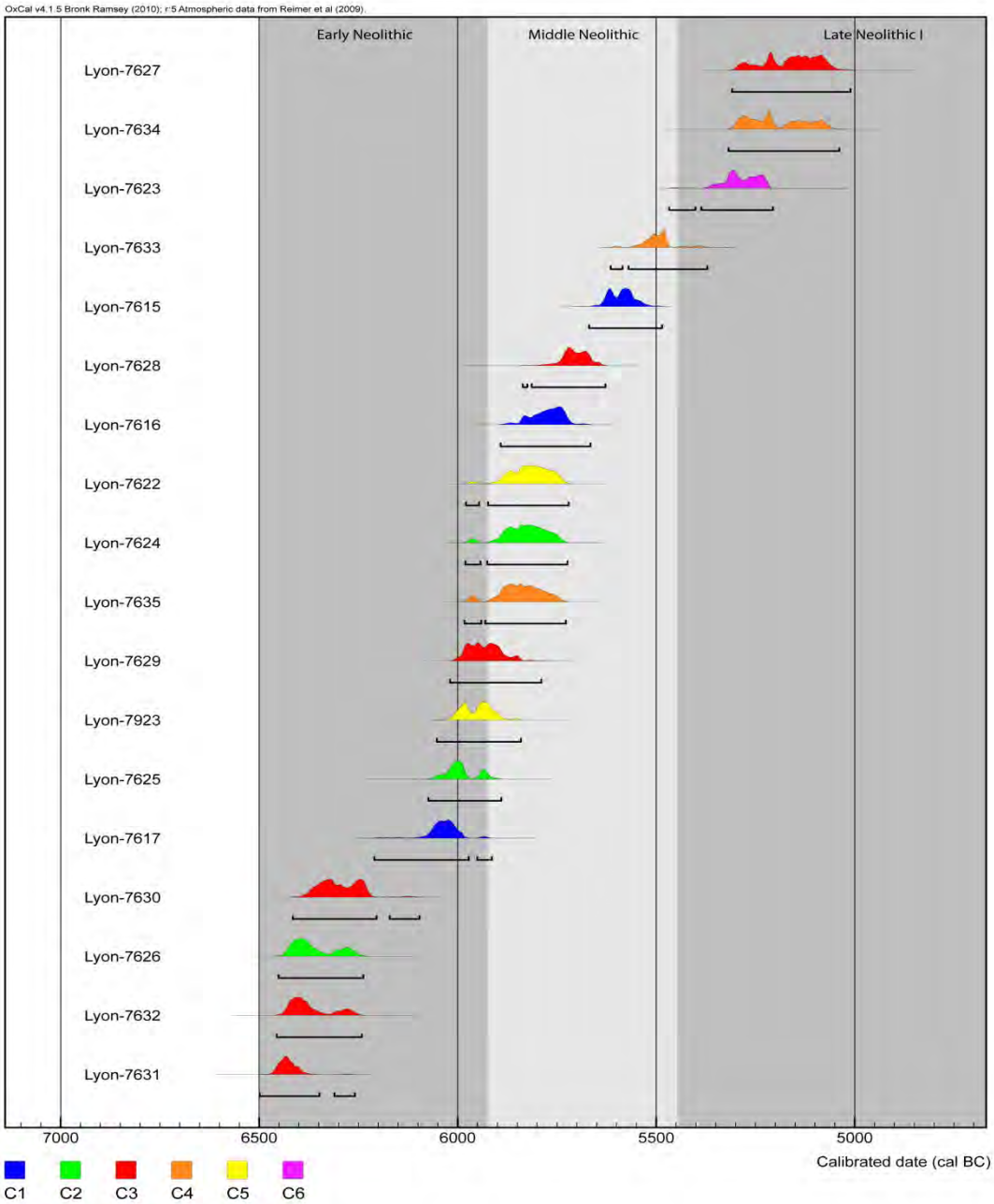


Fig. 54 - Diagrame (OxCal v. 4.1.5) avec les dates radiocarbones obtenues sur les carottages de 2010. Les couleurs correspondent aux différentes carottes

Sur la bordure méridionale de l'habitat, la troncature des formations pléistocènes sur C5 et C6 et le contact direct avec des formations colluvio-palustres indiquent l'existence d'une érosion nette ayant affecté les horizons supérieurs des sédiments pléistocènes et du paléosol développé à leurs dépens. La contrepente observée entre C5 et C6 suggère l'existence d'un aménagement (fosse, fossé ?) ayant pu jouer un rôle dans la délimitation physique de l'habitat vers le sud avant la phase d'aménagement supérieur attribuable au Néolithique Récent II. La date de 6011-5891 av. J.-C. obtenue dans un des premiers horizons de colmatage de cette petite dépression suggère son ancienneté (fin du Néolithique ancien). Il est possible que cette structure en creux ait été aménagée afin de

servir localement de protection, voire de drainage, face à une remontée des milieux palustres sur la frange méridionale du site. Cependant, seul un sondage en tranchée favorisant une observation continue permettrait de proposer une interprétation et une chronologie fiables pour cette structure.

Il est tentant de faire de ces observations qui témoignent d'une abondance hydrologique la réponse locale aux modifications globales (Mayewski *et al.*, 2004) qui affectent le nord de l'Egée et le sud des Balkans aux alentours de 6 200 av. J.-C. (8 000 cal BP). Les études conduites sur l'évolution paléoclimatique Holocène à partir de carottages marins dans le nord de l'Egée (Kotthoff *et al.*, 2008a, b ; Geraga *et al.*, 2010) ainsi que les données issues des lacs du sud des Balkans et du marais de Philippes (Bordon *et al.*, 2009 ; Pross *et al.*, 2009) indiquent un événement climatique majeur intervenant entre 8,4 et 8,1 cal. BP (6450-6150 av. J.-C.). Le rapprochement entre les observations réalisées à Dikili Tash et les données régionales pose néanmoins question puisque la plupart des études indique un refroidissement net du climat de plus de 4°C en hiver (moyennes mensuelles) et d'un peu moins de 2°C en été (Pross *et al.*, 2009). Cette évolution s'accompagnerait d'une chute des précipitations annuelles de 800 à 600 mm environ. Ce déficit pluviométrique principalement hivernal correspondrait à une plus grande fréquence des types de temps froid et sec correspondant à la descente des hautes pressions continentales provenant d'Europe orientale (Marino *et al.*, 2009 ; Pross *et al.*, 2009). Il devrait être à l'origine d'une baisse du niveau des nappes phréatiques et du niveau des lacs. Cependant, les travaux de Peyron *et al.*, (2011), qui confirment ces grandes tendances, montrent une situation plus complexe caractérisée par une baisse du contraste saisonnier. Les précipitations hivernales ont diminué mais les précipitations estivales auraient connu une augmentation d'environ 75 mm. Ces travaux suggèrent que la plaine de Philippes-Drama a pu occuper une position charnière entre les régions continentales du nord de la Méditerranée (au nord du 40e parallèle) caractérisées par une augmentation des précipitations et celles du sud où l'on observe, en revanche, une évolution très nette vers l'aridification (Magny, 2003 ; Jalut *et al.*, 2009 ; Magny *et al.*, 2011). Pour concilier les résultats des recherches paléoclimatologiques et les observations réalisées à Dikili Tash, il faut envisager que la baisse des températures hivernales ait été responsable d'une baisse des pertes par évapotranspiration alors que l'augmentation des précipitations estivales limitait les pertes estivales favorisant le maintien d'un niveau élevé des aquifères. Par ailleurs, les données polliniques demeurent ambigües car les grains de pollens des plantes caractéristiques des zones humides sont exclus de la modélisation climatique (Pross *et al.*, 2009). Elles indiquent une ouverture des milieux forestiers attribuable au froid, mais également une augmentation des taxons graminéens et des cypéracées inféodées aux zones humides qui pourrait être engendrée par une remontée du niveau des nappes. Il n'est donc pas impossible que le changement climatique rapide de 8,2 cal. BP attesté dans le sud des Balkans et en Egée se soit traduit localement par une extension des marais et une hausse des niveaux des aquifères telle que nous l'observons à Dikili Tash. D'autres observations réalisées en Grèce centrale et septentrionale montrent également la réponse complexe des hydrosystèmes continentaux aux oscillations climatiques globales de l'Holocène moyen et renforce l'idée que cet espace géographique occupe une position charnière. En Thessalie, l'étude des sites archéologiques du Néolithique ancien montre une recrudescence des crues chargées de limons, dont les dépôts viennent s'interstratifier entre les couches archéologiques, qui témoigne plutôt d'une période d'abondance hydrologique (Van Andel *et al.*, 1995). À Corfou, sur le site de Sidari, les couches mésolithique et celles attribuables au Néolithique initial sont incisées par les

écoulements fluviatiles qui sont attribués chronologiquement à cette période de changement climatique rapide (Berger et Guilaine, 2009). Cette discussion encore préliminaire souligne ainsi que les données sur l'évolution paléoclimatique de la rive nord de l'Egée restent encore insuffisamment nombreuses et précises localement pour décrire la diversité des réponses des hydrosystèmes continentaux aux variations paléoclimatiques et en apprécier les répercussions réelles sur l'organisation des sociétés du Néolithique ancien.

2.3.3.3. Chronologie et développement de l'habitat

Les répercussions de ces modifications environnementales sur l'occupation de Dikili Tash demeurent difficiles à déterminer précisément. Néanmoins, s'il est certain qu'une diminution des températures moyennes annuelles de l'ordre de 2°C a dû avoir des répercussions pour ces sociétés agricoles naissantes, les données obtenues par les carottages suggèrent un repli temporaire sur des espaces plus secs (C1, C4) plus qu'elles n'indiquent une remise en cause de l'habitat tout au long des 5 siècles qui se succèdent de 6400 av. J.-C. à 5900 av. J.-C. Ces observations semblent confirmer celles réalisées en Thessalie attestant l'occupation continue d'une plaine alluviale régulièrement soumise à des inondations débordantes dont les limons viennent recouvrir régulièrement les niveaux d'occupation contemporains (Van Andel *et al.*, 1995). En tous cas, il apparaît aujourd'hui nécessaire de développer de nouvelles investigations sur la dynamique de l'environnement nord égéen avant d'alimenter les discussions modélisantes sur les relations entre les populations du Néolithique ancien et leur l'environnement à l'échelle régionale (Wenninger *et al.*, 2006)

Après la phase d'occupation initiale du site au Néolithique ancien, tous les carottages révèlent des couches riches en artefacts archéologiques, souvent remaniés mais parfois clairement en place (C1, C3, C4), attribuables à l'intervalle 5900-5500 av. J.-C. grâce à 7 nouvelles datations. Cela atteste clairement, et pour la première fois également à Dikili Tash, une continuité de l'occupation au cours du Néolithique moyen entre les niveaux d'occupation du Néolithique Ancien et ceux du Néolithique Récent I très bien connus par les fouilles. Pour cette période, les unités stratigraphiques attribuables semblent plus développées vers le nord du site actuel, où leur épaisseur dépasse 2 m (C4 et C3), que vers le sud où elle est de l'ordre du mètre (C1, C2). Il semble qu'à cette époque le site ait pu être étendu mais pas très élevé (3 à 4 m) se rapprochant peut-être du profil des sites thessaliens (« magoules ») contemporains. En revanche, à partir du Néolithique récent, les niveaux archéologiques apparaissent beaucoup plus développés sur la partie méridionale de l'habitat et en son centre. Les couches anthropogènes successives atteignent alors de 6 à 10 m pour le Néolithique Récent I et II donnant au site l'essentiel de son dessin et de son volume actuel. Ce n'est qu'à cette époque que s'affirme dans le paysage le tell de Dikili Tash (Lespez *et al.*, 2000).

2.4. Dikili Tash et la transition néolithique au nord de l'Egée

Jusqu'à présent, même si la discussion demeure, l'existence d'une néolithisation en deux phases n'a pas été contredite par les nouvelles recherches (Perlès, 2009). L'hypothèse d'un Néolithique initial grec issu d'un processus de diffusion maritime peut toujours s'appuyer sur l'absence de site archéologique attribuable à cette période dans le sud des Balkans qui pourrait témoigner d'une diffusion par voie terrestre depuis l'Anatolie à travers le Bosphore. En revanche, les choses changent vers le milieu du VIIe millénaire avec la découverte d'un habitat attribuable au Néolithique ancien à Dikili

Tash. L'ensemble des dates obtenues à ce jour (8) à Dikili Tash indique une occupation comprise dans l'intervalle 6500-5900 av. J.-C. avec une installation centrée sur la période 6400-6200 av. J.-C., c'est-à-dire au début du Néolithique ancien, et qui se prolonge sans doute ensuite jusque vers le début du VIe millénaire et la transition avec le Néolithique moyen. Ces données révèlent une néolithisation précoce de la Macédoine orientale comblant une lacune régionale et l'un des vides principaux de la carte de la néolithisation dans le sud des Balkans. Elle conduit à repenser les dynamiques temporelles et spatiales de la néolithisation dans le nord de l'Égée.

Les dates les plus anciennes obtenues à la surface du paléosol (6500-6200 av. J.-C.) sont contemporaines des principaux niveaux d'occupation des sites thessaliens comme Achilleion Sesklo, Elateia (Perlès, 2001) et Nea Nikomedia (Pyke et Yiouni, 1996) en Macédoine centrale et des sites les plus anciens connus en Thrace turque (Hoca Cesme ; Özdogan, 1999 et 2001) et dans le nord-est de la Bulgarie (Poljanica-Platoto ; Görsdorf et Bojadziev, 1996). Les dates suivantes obtenues à la surface du paléosol et surtout dans les niveaux d'occupation qui le recouvrent sont contemporaines de la plupart des premières couches archéologiques datées des sites du sud-ouest de la Bulgarie comme Kovacevo (Lichardus-Itten *et al.*, 2002), Galabnik et Kremenik, des sites découverts en Macédoine centrale et occidentale comme Servia et en Thrace grecque comme Krovili (Ammerman *et al.*, 2008).

L'hypothèse d'une trajectoire maritime méridionale exclusive pour le développement de la néolithisation dans le monde grec tend peu à peu à être remise en question par ces données. Les découvertes des sites littoraux de Hoca Cesme, en Thrace orientale turque (Özdogan, 1999 et 2001), puis des deux sites Makri et Krovili en Thrace occidentale grecque (Ammerman *et al.*, 2008), suggèrent, en effet, la possibilité d'une diffusion de la néolithisation par voie terrestre le long du littoral nord-égéen. Les nouvelles dates obtenues à Dikili Tash renforcent cette hypothèse en lui donnant une profondeur temporelle nouvelle. Ces sites permettent de confirmer l'idée d'une diffusion d'origine orientale précoce (6500-6200 av. J.-C.) dans le sud des Balkans remettant en cause certains modèles de diffusion uniquement maritimes et méridionaux (Lichardus *et al.*, 1985 ; Renfrew, 1986 ; Halstead, 1989 ; Bocquet-Appel *et al.*, 2009) et l'existence de barrières à la néolithisation pour cette période dans le nord du monde égéen (Mazurié de Keroualin, 2003 ; Rasse, 2008 ; Bocquet-Appel *et al.*, 2009). Régionalement, ils reposent la question de l'origine de la néolithisation de la vallée du Strymon. Les niveaux archéologiques les plus anciens et les mieux connus de la vallée du Strymon ont été fouillés à Kovacevo (Lichardus-Iten, *et al.*, 2002). Ils sont considérés comme caractéristiques de la deuxième phase de néolithisation marquée par une céramique peinte blanche qui se développe entre 6300 et 6000 av. J.-C. entre l'Egée et le Danube (Nikolova, 2007). Les datations obtenues à Dikili Tash suggèrent que ce site pourrait appartenir, tout comme Hoca Cesme, à une phase antérieure de la néolithisation qui se développe vers 6400-6200 av. J.-C. et caractérisée par la production d'une poterie rouge monochrome. Elle pourrait être contemporaine de la diffusion du Néolithique dans le centre de la Grèce. Cette réflexion vient soutenir les réflexions récentes de C. Perlès (2009) qui évoque la complexité de la néolithisation des Balkans et suggère de repenser le modèle de la néolithisation en proposant un modèle de colonisations multiples, d'origines diverses, loin d'un modèle danubien. Dans tous les cas, les découvertes de Dikili Tash devraient inciter à de nouvelles fouilles, seules à même de produire des informations culturelles sur les horizons archéologiques identifiés. Elles permettraient de positionner les occupations du Néolithique ancien dans le contexte égéen et balkanique et de contribuer à la discussion sur les origines du Néolithique de Grèce et la

nature des contacts entre les deux voies principales de la néolithisation aujourd'hui admises pour les Balkans (Perlès, 2009).

3. Les sociétés et leur environnement du Néolithique au Bronze moyen (6 500-2 000 av. J.-C.)

Les données acquises à Dikili Tash et, plus généralement celles obtenues en Grèce, montrent que la diffusion des activités de production alimentaire caractérise la péninsule hellénique dès le milieu du 7e millénaire av. J.-C. Ce développement des sociétés agropastorales va changer profondément et durablement le rapport entre les sociétés et leur espace environnant. La généralisation des pratiques agricoles et l'élevage conduisent les sociétés à façonner les paysages qui les entourent. La synthèse des données disponibles en Grèce permet de restituer le calendrier de ces transformations et de déterminer l'émergence des premiers paysages agraires. Nous évoquerons d'abord les travaux en cours dans la basse vallée du Strymon afin d'illustrer par un exemple les mutations environnementales qui interviennent au Néolithique et à l'âge du Bronze avant d'évoquer ce qui a pu être observé à l'échelle de la péninsule hellénique.

3.1. L'exemple de la basse vallée du Strymon

Des investigations paléoenvironnementales nouvelles ont été conduites dans la basse vallée du Strymon (Fig. 55). D'abord menée en collaboration avec D. Malamidou de l'Éphorie des Antiquités Classiques et Préhistoriques de Kavala dans le cadre de l'étude du site de Kryonéri puis du programme d'étude de la céramique Noir/Rouge, elles ont été approfondies dans le cadre de Balkans 4000 dirigé par Z. Tsirtsoni (cf. chp. 4). Cette fenêtre d'étude a été choisie car elle possédait l'avantage d'être au débouché d'un axe d'orientation Nord/Sud dont on sait qu'il a joué à plusieurs reprises un rôle crucial dans les dynamiques de peuplement des Balkans et les échanges entre le monde égéen et le sud-est européen. Elle est ainsi jalonnée de très nombreux sites archéologiques s'échelonnant du Néolithique à l'âge du Bronze. Elle correspondait par ailleurs à un milieu qui semblait à la fois favorable à l'enregistrement des transformations des milieux sous l'action des activités agro-pastorales et sensible aux mutations environnementales et en particulier hydroclimatiques. Enfin, les premières résultats acquis entre 2000 et 2005 montraient le potentiel important et encore très largement inexploité d'archives sédimentaires très dilatées.

3.1.1. Terrain d'étude

Au sud de la frontière bulgare, la basse vallée du Strymon se développe dans un vaste bassin d'effondrement qui s'allonge du Nord vers le Sud sur une centaine de kilomètres. Large de 15 à 20 km, il est bordé par de longs piémonts néogènes et quaternaires plus ou moins disséqués et dominés par trois massifs montagneux dont les altitudes sont supérieures à 1500 m : les Monts Cercine (2031 m) au nord, le Ménikion (1880 m) à l'est, les Monts Kerdyllion et Vertiskos (1179 m) au sud-est et le Pangée (1956 m) au sud-ouest. Le Strymon (module : 80 m^3/s) entre dans ce bassin par une gorge étroite et son tracé a été ensuite en grande partie rectifié (Fig. 55). Les paysages agricoles sont aujourd'hui dominés par les cultures de coton et de maïs complétées par des cultures légumières de plein champ (tomates, poivrons, …) sur les piémonts. Le drainage complet de la dépression dans le premier tiers du 20e siècle a favorisé le développement des

cultures industrielles comme la betterave et celle des céréales (Ancel, 1930). La seule zone humide contemporaine correspond au lac artificiel de Cercine alors que jusqu'aux travaux de drainage, la dépression était occupée vers l'aval par le lac marécageux d'Achinos.

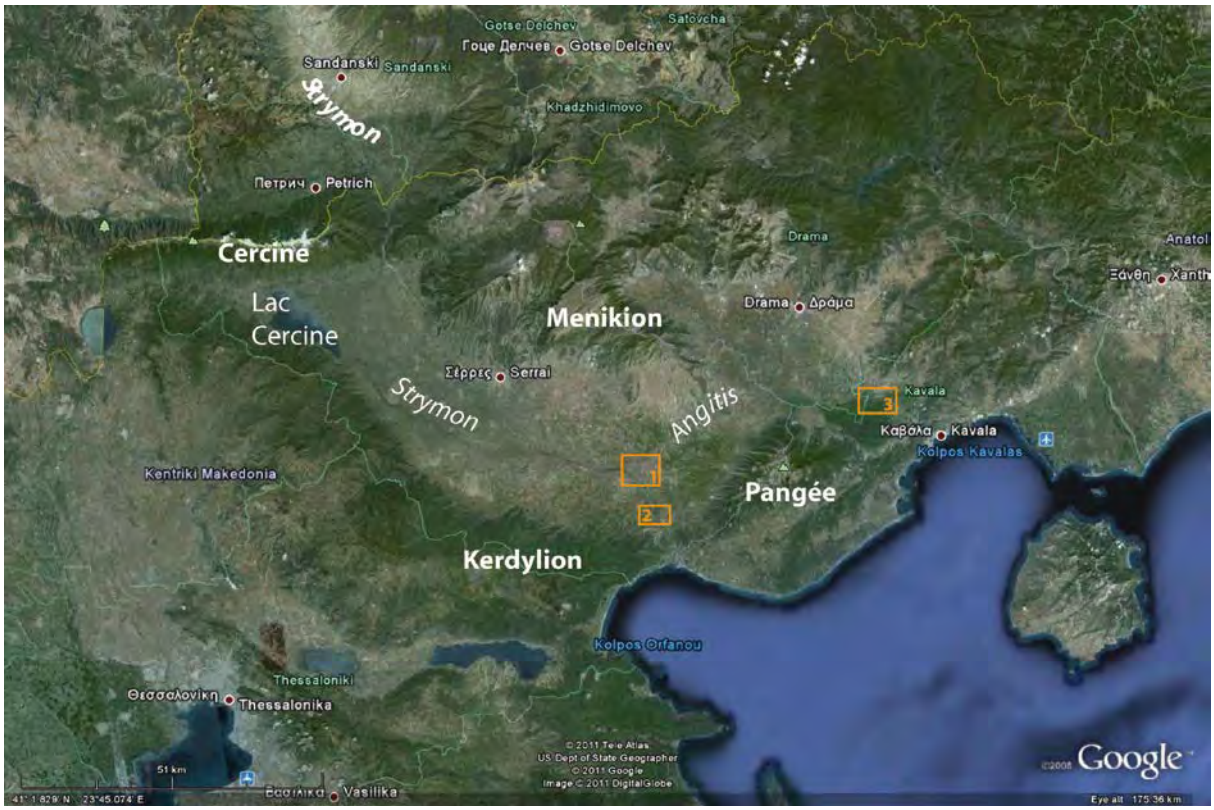


Fig. 55 - Les fenêtres d'étude dans la basse vallée du Strymon : 1. Fidokoryphi-Lac d'Achinos, 2. Kryonéri-Amphipolis, 3. Dikili-Tash-Philippes.

L'évolution de ce lac a pu être déterminée par l'exploitation des archives historiques. Les récits de voyages qui se succèdent depuis le 16e siècle soulignent l'importance du fleuve et la nature lacustre et marécageuse de sa plaine d'inondation dont les évolutions saisonnières sont décrites. Ainsi, E. M. Cousinery au retour d'un voyage qui l'a conduit en Macédoine de 1814 à 1816, écrit *« le lac a près de 6 lieues dans sa longueur »* et plus loin *« Le lac de Cercine est profond et très poissonneux. La pêche en est affermée pour le compte du grand seigneur. Des bateaux y naviguent, mais ils ne peuvent en sortir, comme ils le faisaient dans les temps anciens, pour aller à la mer, parce qu'on a négligé l'entretien du passage qui se trouve sous les ruines d'Amphipolis* » (Cousinery, 1831 : p. 135 et 136). Il souligne également la difficulté de contourner le lac en hiver du fait de l'extension des zones marécageuses qui le bordent. G.-F. Abbot, un siècle plus tard, à la veille des travaux de drainage souligne de son côté : « *Tachino is a beautiful lake, abonding in water flowers and water-fowls* » (Abbot, 1903 : p. 246). Les témoignages figurés permettent d'illustrer les propos de ces auteurs. Indépendamment de leur aspect romantique, les lithographies « *Vue du Lac Cercine prise aux environs de Zighna* » (Fig. 56 et 57) et « *Vue des ruines d'Amphipolis depuis les hauteurs de Cerdilium* » qui illustrent l'ouvrage de E. M. Cousinery (1831) témoignent également de ces paysages lacustres étendus. Les données historiques disponibles pour les périodes plus anciennes suggèrent la pérennité des paysages lacustro-palustres pour l'époque byzantine. Elles témoignent de pêcheries le long du lac d'Achinos et de terrains marécageux vers l'embouchure de l'Angitis (Bellier

et al., 1986). Les témoignages plus anciens sont rares mais ceux d'Hérodote, de Thucydide et d'Appien attestent également la permanence d'un lac associé au fleuve dans sa basse vallée ; celui-ci pourrait avoir été affecté par les mêmes rythmes saisonniers que ceux décrits pour l'époque contemporaine (Bellier *et al.*, 1986).

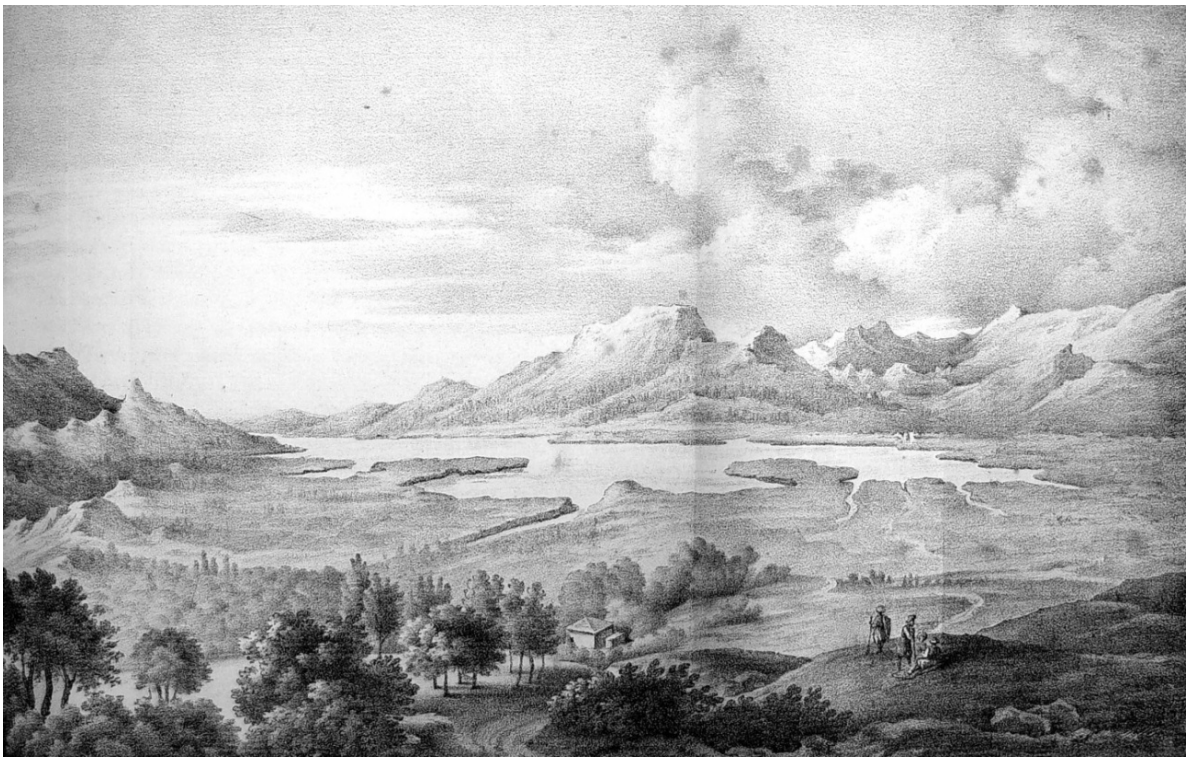


Fig. 56 - Vue du Lac Cercine prise aux environs de Zighna (de Langlumé in Cousinery, 1831)

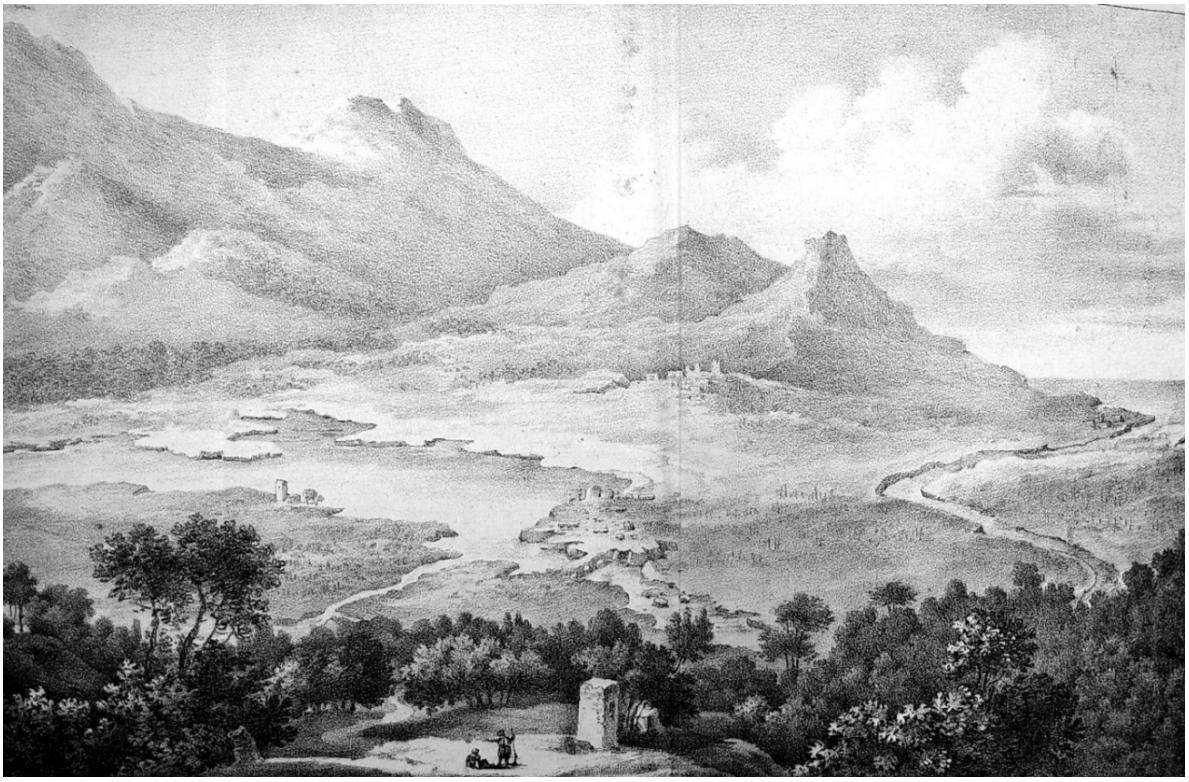


Fig. 57 - Vue des ruines d'Amphipolis depuis les hauteurs de Cerdilium (de Bénard in Cousinery, 1831)

3.1.2. Démarche et méthodes de la recherche

Les recherches paléoenvironnementales et géoarchéologiques pratiquées dans cet espace sont classiques. Deux transects ont été implantés afin de tenir compte de l'évolution paléogéographique du lac attestée par l'étude des cartes anciennes (cf. *infra)*. Il s'agit de deux espaces ayant connus des dynamiques différentes depuis le 18e s. tout en étant situés à proximité de deux sites archéologiques occupés à la fin du Néolithique Récent (NRII) puis à l'âge du Bronze Ancien (Fig. 58). Le transect septentrional situé de part et d'autre du site de Fidokoryphi avait pour objectif d'examiner l'évolution de la basse vallée dans le tronçon correspondant à la confluence de l'Angitis et du Strymon et à l'espace inter-lacustre du début du 20e siècle, alors que le transect méridional a été implanté au pied du site de Kryonéri et à l'aval du lac résiduel de Doksambos, non loin de la cité antique d'Amphipolis.

Fig. 58 - Les transects dans les fenêtres 1 et 2

La chronostratigraphie du remplissage sédimentaire holocène a été réalisée grâce à la mise en place de carottages régulièrement espacés réalisés à l'aide d'un carottier mécanique à percussion (Geophen-LETG UMR 6554 CNRS). Les carottages ont été réalisés au cours de deux campagnes de terrain, en juin 2008 et en septembre 2009. Ils ont fait l'objet d'une description fine de la stratigraphie sédimentaire grâce aux référentiels classiques (Miall, 1996) et à l'utilisation de datations radiocarbones AMS. Sur chacun de ces transects, au moins un carottage représentatif de l'ensemble de la sédimentation holocène et comprenant la période concernée a été tubé. Il a servi de base

aux analyses de laboratoire à haute résolution. Les études microstratigraphiques se sont appuyées sur des analyses micromorphologiques et granulométriques réalisées au laboratoire Geophen-UMR LETG 6554 CNRS, et sur des mesures de densité et susceptibilité magnétique réalisées au laboratoire Chrono-environnement de Besançon (UMR CNRS 6249) afin de définir avec précision la provenance et les modes de mise en place du sédiment ainsi que les évolutions hydroclimatiques associées. Par ailleurs, sur certains carottages, la part organique du sédiment a également été caractérisée grâce à des études des microcharbons et du signal incendie (Y. Le Drezen), des grains de pollen, des palynofaciès et des microrestes non-polliniques grâce à une collaboration avec J. A. Lopez-Saez (CSIC-Madrid). L'objectif était alors d'identifier l'évolution des paysages végétaux environnants et en particulier d'y rechercher les éléments révélateurs du calendrier et des modes de l'anthropisation des paysages végétaux.

3.1.3. Les nouvelles données paléoenvironnementales acquises sur le transect de Fidokoryphi

Le transect de Fidokoriphy est celui qui livre aujourd'hui le plus d'informations. Il traverse la basse vallée du Strymon au niveau de sa confluence avec l'Angitis. Il a été établi de part et d'autre de la butte néogène qui porte l'habitat de Fidokoryphi (Néolithique Récent et Bronze Ancien). À l'est, il traverse la basse vallée de l'Angitis et à l'ouest les vastes étendues de l'ancien lac d'Achinos jusqu'au tracé canalisé du Strymon. Les données présentées sont encore incomplètes. L'établissement de la chronostratigraphie repose sur 5 carottages (FC1 à 5) et une coupe (FCp1) qui ont fait l'objet d'observations détaillées (Fig. 59) et sur 27 datations par la méthode du radiocarbone (AMS) réalisées aux laboratoires de Saclay, d'Erlangen et de Beta analytic. Nous avons identifié la succession de 8 unités sédimentaires (US) qui possèdent chacune une association de faciès sédimentaires spécifiques (Annexe 1). Les analyses ont principalement porté sur FC1 (granulométrie, identification des bioclasts ; Fig. 60, sur FC2 (micromorphologie), sur FC4 (densité, susceptibilité magnétique, microstratigraphie).

3.1.3.1. Les faciès sédimentaires

L'observation des sédiments dans les carottes complétée par les analyses micromorphologiques permet de distinguer 11 types récurrents de faciès sédimentaires qui possèdent des significations paléoenvironnementales différentes (Fig. 60, 61 ; Annexe 1). Les deux premiers faciès correspondent à des sédiments grossiers qui témoignent d'écoulements fluviatiles et indiquent une sédimentation dans le chenal ou sur ses marges immédiates (F1, F2). Les six dépôts suivants indiquent un environnement fluvio-lacustre (F3 à F8). Ils témoignent d'un plan d'eau permanent marqué par une certaine variabilité des apports détritiques fluviatiles (dépôts sableux) et des apports carbonatés (limons argileux plus ou moins carbonatés). Cette variabilité pourrait être d'origine saisonnière, même si l'alimentation du plan d'eau par des écoulements fluviatiles suggère plutôt une variabilité liée aux apports hydrologiques (crue) de l'Angitis et du Strymon. Celle-ci ne se fait pas sentir pour le faciès massif F7. Les deux faciès suivants (F8 et F9) caractérisent les marges de ces environnements fluvio-lacustres et indiquent des milieux palustres recouverts par une végétation plus ou moins dense. Les deux derniers faciès indiquent une plaine d'inondation caractérisée par des apports de limons de débordement (F10) alternant avec des périodes de pédogenèse plus ou moins développées (F11).

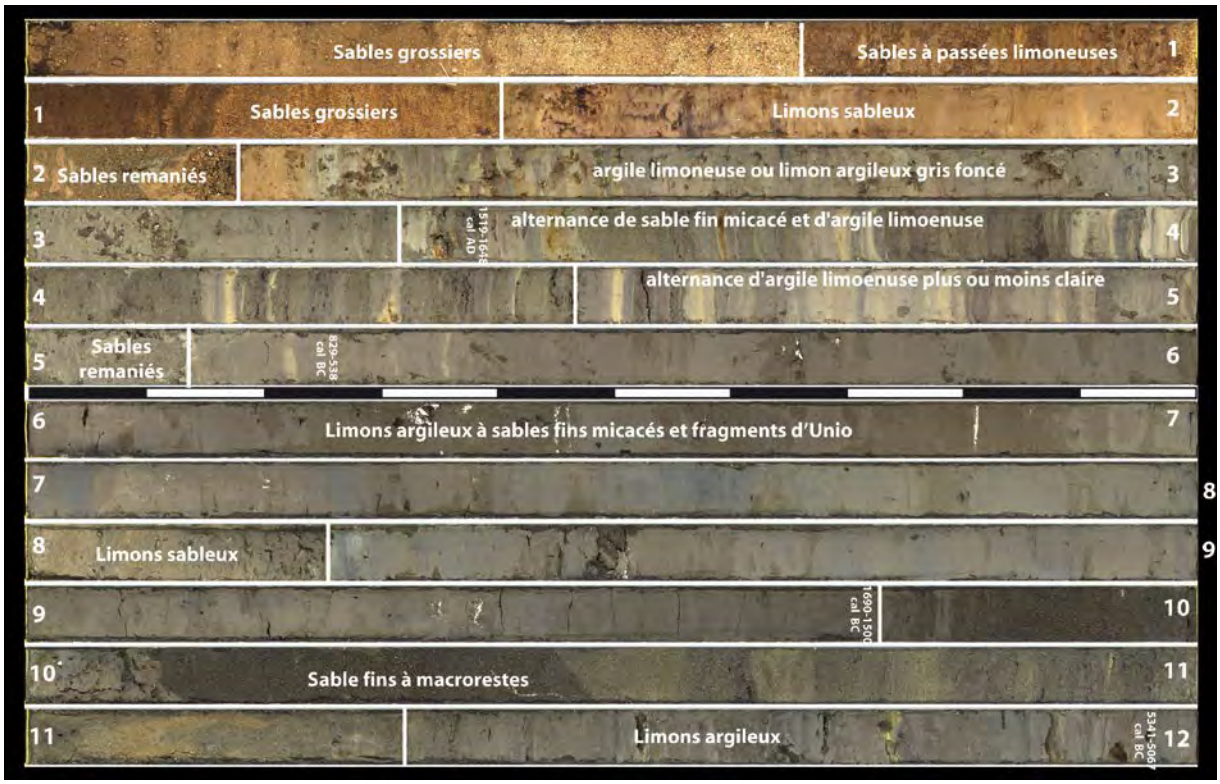


Fig. 59 - Scan à haute résolution du carottage FC4

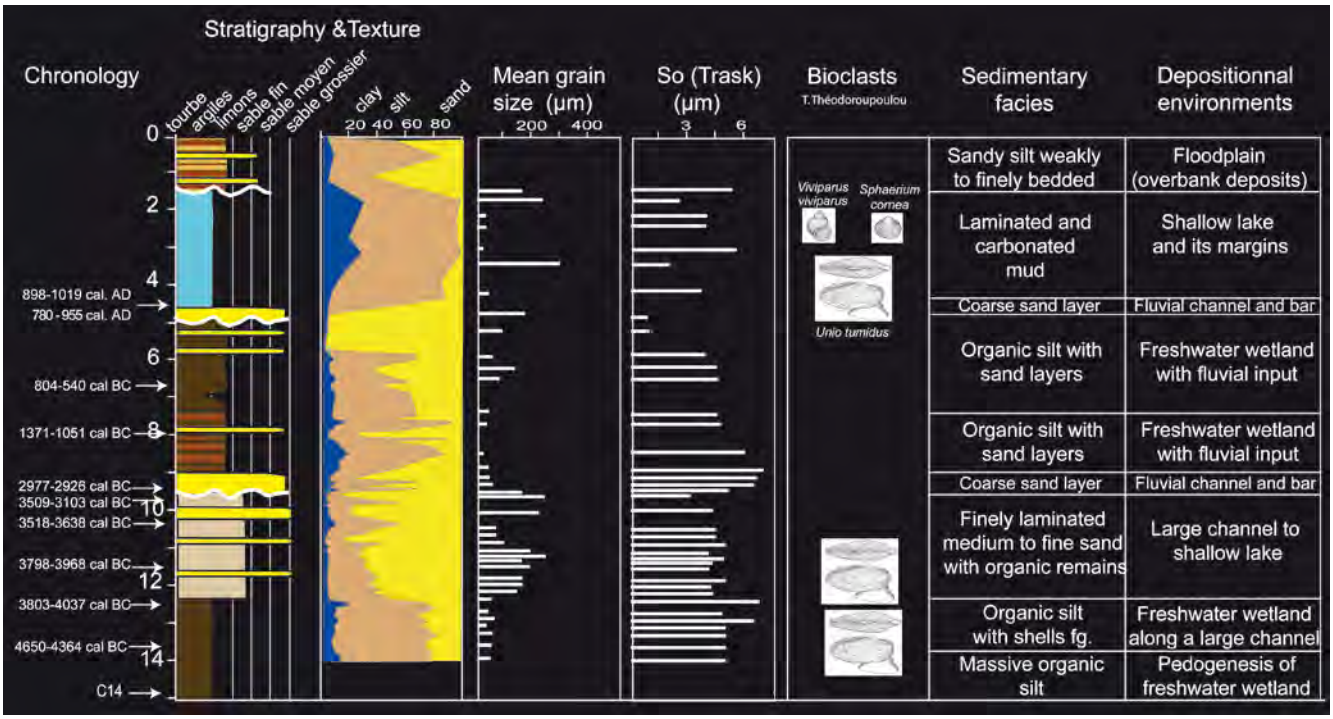


Fig. 60 - Les analyses sédimentaires du carottage FC1

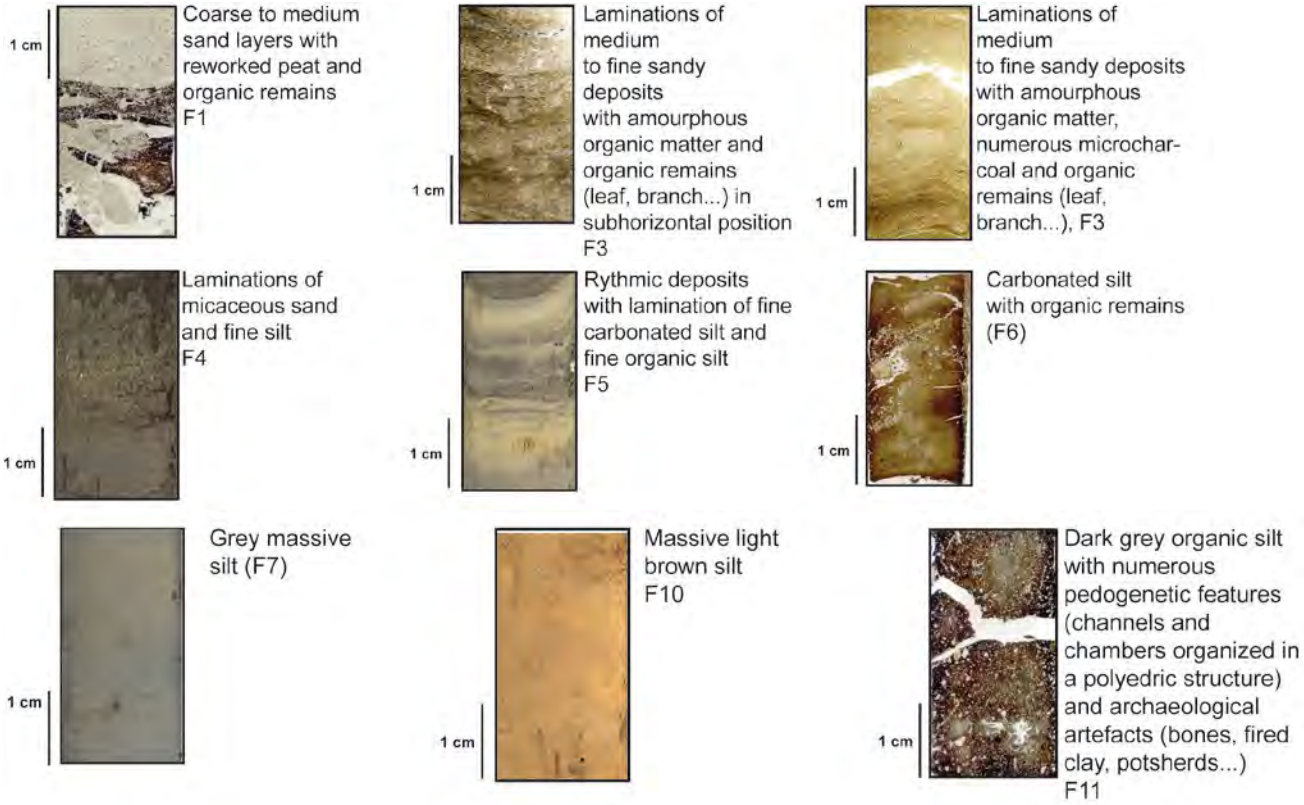


Fig. 61 - Les principaux faciès sédimentaires observés sur le transect de Fidokoryphi

3.1.3.2. Les dynamiques hydrogémorphologiques

Dans l'état actuel des connaissances, il est possible de proposer une interprétation en huit phases successives appuyée sur l'étude de la géométrie du remplissage sédimentaire et de la succession des faciès sédimentaires (Fig. 62, Annexe 1). Le substrat est constitué d'un matériel pléistocène caractéristique des grands épandages de piémonts de Macédoine orientale. **(1)** Il a été incisé par l'Angitis dans l'axe actuel de la vallée et peut-être également vers l'ouest dans l'axe de la dépression. Latéralement, se développe un paléosol de type vertique (U2) caractéristique de la pédogenèse holocène et sur lequel se sont localement installées des populations au cours de la fin du Néolithique moyen et/ou du début du Néolithique récent I.

(2) Le colmatage sédimentaire de la dépression intervient dès le 6e millénaire av. J.-C. Il est sans doute à mettre en relation avec la remontée du niveau marin vers l'aval qui favorise le blocage des eaux douces du Strymon et des sédiments qu'il transporte mais également avec les périodes plus humides correspondant aux changements climatiques globaux de 5 500-5 000 av. J.-C. (Kohttoff *et al.*, 2008a ; Geraga *et al.*, 2010 ; Magny *et al.*, 2011) qui ont pu affecter le sud des Balkans et augmenter les débits liquides et solides du Strymon. Ce colmatage (U3) indique le développement d'un environnement lacustre accompagné de marais latéraux qui viennent progressivement et lentement recouvrir les basses pentes des piémonts. **(3)** Le développement lent de ces environnements lacustro-palustres est brutalement interrompu par des apports fluviatiles notables de part et d'autre de la butte de Fidokoryphi entre 3638-3518 et 2926-2777 av. J.-C. (U4). Cette évolution témoigne d'un hydrodynamisme plus important de l'Angitis et du Strymon qui est contemporain de la période de changement climatique centrée sur

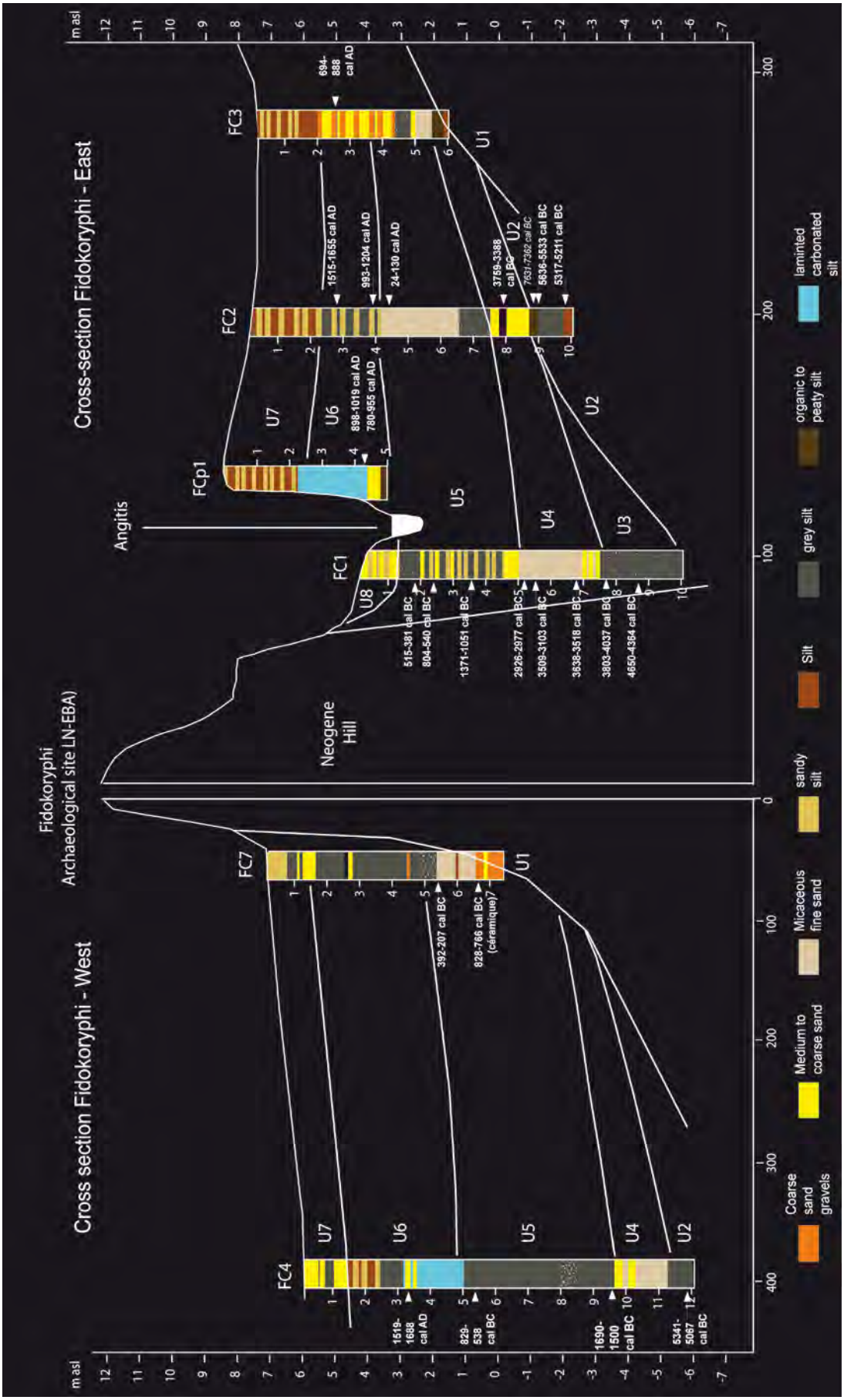


Fig. 62 - Le remplissage sédimentaire holocène le long du transect de Fidokoryphi

3 200 av. J.-C. Ainsi, entre la fin du Néolithique Récent II et le début du Bronze ancien, les cours d'eau transportent un flux détritique beaucoup plus conséquent en même temps que le niveau des nappes augmente jusqu'à venir recouvrir les sols développés sur les parties distales du piémont qui sont alors en partie fossilisées. **(4)** La sédimentation redevient progressivement plus fine (U5) témoignant d'apports fluviatiles moins importants sauf au droit de l'écoulement de l'Angitis. Les milieux lacustres perdurent au centre de la dépression et le long de la rivière alors que les milieux palustres s'épanouissent sur les marges. Cette phase qui recouvre l'ensemble de l'âge du Bronze et de l'Antiquité classique et hellénistique correspond à la plus grande extension spatiale des environnements lacustro-palustres. Elle est également marquée par le développement de la sédimentation carbonatée qui s'amorce à partir du Bronze Final sur FC4 pour s'accentuer au cours de la transition entre l'âge du Fer et l'Antiquité Classique (Annexe 1). Cette sédimentation témoigne de l'apport régulier de MES issues de l'érosion des formations néogènes (calcaires et marnes) des piémonts encadrant les basses vallées du Strymon et de l'Angitis.

(6) Cette sédimentation s'interrompt, sans doute du fait d'une phase d'activation et d'incision des systèmes fluviaux, entre la période romaine et le début de l'époque byzantine. Après cette période, le lac marécageux se développe à nouveau (U6). Il possède localement une double extension séparée par la butte de Fidokoryphi alors que les espaces palustres saisonnièrement asséchés s'épanouissent sur les parties distales du piémont et au pied de la butte. Le colmatage du lac marécageux est à nouveau très carbonaté témoignant de l'apport régulier de MES issues de l'érosion des formations néogènes (calcaires et marnes) des piémonts encadrant les basses vallées du Strymon et de l'Angitis au cours de l'époque byzantine et des premiers siècles de la domination turque. L'étendue lacustre est plus réduite qu'au cours de l'âge du Bronze et de l'Antiquité grecque. **(7)** La rétraction des étendues lacustres s'accélère brutalement au cours de l'époque ottomane, à partir du 18e siècle. Les sédiments fluviatiles plus ou moins grossiers atterrissent les marges de la dépression lacustre alors qu'ils viennent régulièrement s'intercaler dans les formations lacustro-palustres du centre de la dépression (U7). Ces observations montrent que l'atterrissement débute environ deux siècles avant qu'il n'entraîne le morcèlement définitif du marais observé au début du 20e siècle sur les cartes anciennes. **(8)** Le chenal est réincisé artificiellement au début des années 1930 et des bancs de méandres sablo-graveleux se forment (U8).

3.1.3.3. Les données polliniques et leur interprétation

Les analyses polliniques ont été réalisées sur le carottage FC1 par Jose-Antonio Lopez-Saez (CSIC-Madrid). Elles correspondent à un échantillonnage réalisé selon une maille de 10 cm environ (106 échantillons). Le diagramme pollinique et des microrestes non-polliniques (MNP ou NPP) permettent de distinguer 6 palynozones (Fig. 63). Il est complété par les analyses des microcharbons contenus dans les sédiments réalisées sur le carottage FC1 par Y. Le Drezen (PRODIG-UMR 8586). Effectués selon une maille de 10 cm environ (91 échantillons), celles-ci consistent en une identification et un comptage systématique des particules charbonneuses contenues dans les sédiments (Annexe 1).

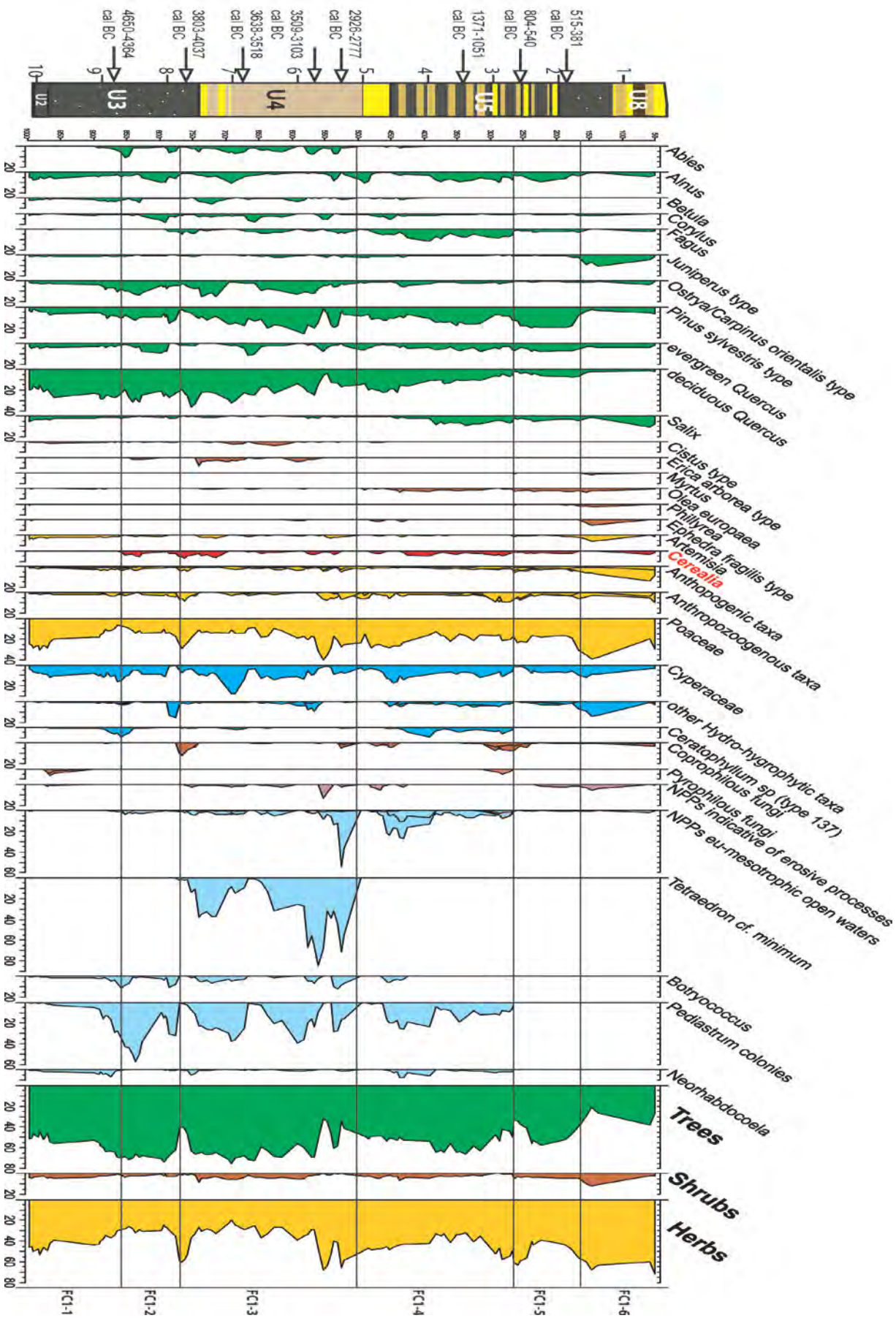


Fig. 63 - Diagramme pollinique du carottage FC1 (Réalisation J.-A. Lopez-Saez)

Dans un premier temps, au cours du Néolithique récent I (5300-4500 av. J.-C.), on observe l'affirmation d'un couvert forestier sur les bords d'une zone humide. La forêt caractérise à la fois les piémonts du bassin, avec le développement d'une chênaie-charmaie et de sa couverture arbustive, et les montagnes bordières comme le montre l'enregistrement du sapin, du pin et du bouleau. La ripisylve apparait également présente avec l'aulne et le saule. Malgré une occupation attestée dès la fin du Néolithique moyen et le début du Néolithique Récent I, les indices d'une anthropisation du paysage restent faibles tout comme le signal incendie.

Dans un deuxième temps, au cours du Néolithique Récent II (4500-3900 av. J.-C.), le couvert forestier se maintient mais deux changements importants apparaissent. On observe d'une part, l'essor des milieux humides méso-eutrophes caractérisés par le développement des indicateurs non polliniques inféodés aux zones humides et même aux nappes d'eau libre. Parallèlement, les pollens de céréales sont enregistrés de manière continue alors que les indicateurs non polliniques attestent également du développement des activités pastorales (taxons anthropozoogéniques et champignons coprophiles). Cette palynozone contemporaine de l'occupation initiale du site de Fidokoryphi atteste le développement des activités agropastorales et montre une anthropisation local du paysage par les populations du Néolithique Récent II. Entre 3900 et 2800 av. J.-C. (transition Néolithique récent II-Bronze ancien), l'essor des milieux humides méso-eutrophes se confirme. Il apparaît cohérent avec l'interprétation sédimentaire qui indique l'affirmation progressive des environnements lacustro-palustres. Le couvert forestier se maintient dans l'ensemble. Néanmoins, la chênaie recule assez nettement au début et à la fin de la période alors que les Poaceae connaissent un essor notable. Parallèlement, les indices d'anthropisation sont très présents au début et à la fin de cette période (céréales, taxons anthropozoogéniques, champignons coprophiles, MNP témoignant de processus érosifs, …) mais connaissent un recul net pendant une longue période intermédiaire. Pendant cette longue période qui correspond à la fin du Néolithique récent et au Bronze ancien, on observe un signal incendie continu qui semble d'origine anthropique. À la fin de la période, un changement rapide peut être suggéré par la chute des pollens arboréens mésophiles et des autres arbres mais aussi des plantes humides et des Microrestes non polliniques (MNP) indicatrices des milieux humides ainsi que par la montée simultanée du chêne vert, des Poaceae et des plantes xérophiles et des MNP témoignant du développement des processus érosifs.

La palynozone suivante représente le passage du Bronze ancien II à l'Antiquité (2800-700 av. J.-C.). Elle marque le recul progressif de la chênaie-charmaie attestant d'une ouverture plus grande des paysages de piémonts alors que se développe le chêne vert et que les arbres des milieux montagnards sont en retour mieux enregistrés, en particulier le hêtre et le pin sylvestre. Parallèlement, les milieux humides se contractent progressivement confirmant les analyses sédimentaires. Par ailleurs, le développement de l'anthropisation s'affirme comme le montre l'essor généralisé des indicateurs des activités agropastorales et des champignons pyrophiles et surtout l'affirmation du signal incendie qui atteint au cours du Bronze final, de la période thrace et de la colonisation grecque, des valeurs jamais atteintes auparavant. Il témoigne de la recrudescence des incendies et d'une pratique des feux qui se répand à l'échelon régional. Par la suite, l'évolution vers un assèchement progressif du marais et une ouverture des milieux de piémont et des bords de la dépression fluvio-palustre se confirme. Les seuls arbres qui persistent notablement sont ceux de la ripisylve (aulne, saule).

3.1.3.4. Conclusions provisoires

Indépendamment des mutations des milieux fluvio-lacustres qui affectent la basse vallée du Strymon, les données paléobiologiques obtenues montre le poids de l'activité humaine dans les transformations environnementales locales. Les données polliniques témoignent de deux pics d'anthropisation vers 4500-3600 puis vers 3100-2800 av. J.-C. au cours du Néolithique récent II puis du Bronze ancien. Ceux-ci interviennent au sein d'une période où le signal incendie s'affirme et les indicateurs polliniques de l'anthropisation sont présents en permanence comme le montre l'occurrence régulière des pollens de céréales et de taxons anthropozoogéniques. Le poids des activités agropastorales s'affirme encore au cours de l'âge du Bronze final comme le montre les données polliniques, la recrudescence des feux et le développement d'une sédimentation détritique qui provient des collines voisines sans doute progressivement mises en valeur au cours du premier millénaire avant notre ère.

4. Les conséquences environnementales du développement des activités agro-pastorales dans le monde égéen et sur ses marges

4.1. L'ouverture des milieux forestiers et la lente construction de paysages agraires

Les populations du début du Néolithique ont donc eu à leur disposition un environnement forestier aux ressources multiples. Néanmoins, les stratégies de prélèvement (cueillette, chasse, pêche) sont progressivement accompagnées, puis supplantées, par les stratégies de production. Celles-ci s'appuient sur le développement des pratiques agro-pastorales profitant d'abord des milieux ouverts qui persistaient au sein du milieu forestier puis conquérant rapidement de nouveaux espaces.

Les premières sociétés néolithiques se sont installées de manière durable entre 6 500-6 000 av. J.-C. Même si la connaissance du peuplement du Néolithique ancien demeure très imparfaite, il semble que le maillage des habitats fut très irrégulier (Perlès, 2001). Parfois dense comme en Thessalie et en Macédoine occidentale, il apparaît souvent plus lâche dans le reste de la Grèce centrale ou dans le Péloponnèse. Le changement de système de production est bien établi grâce aux recherches archéologiques, archéobotaniques et archéozoologiques (Perlès, 2001). Les nouvelles activités humaines sont la cause d'une réduction de la densité et de la diversité du couvert forestier, de l'apparition et du développement d'espèces cultivées comme les céréales, de plantes caractéristiques des espaces pâturés comme le plantain, mais également du développement des arbres fruitiers comme le noyer, le châtaignier, le platane ou l'olivier, et enfin de l'apparition des maquis et des garrigues, formations végétales dégradées, arbustives et buissonnantes, qui témoignent souvent d'une première dégradation des sols. Néanmoins, les analyses palynologiques et anthracologiques qui permettent d'attester les transformations du paysage végétal révèlent également leurs limites. Les recherches pratiquées autour des sites archéologiques du Néolithique ancien témoignent de transformations anthropiques des milieux dès la fin du VIIe millénaire. À Kovacevo, dans la moyenne vallée du Strymon bulgare, les recherches anthracologiques montrent que la chênaie caducifoliée est ouverte par les populations du Néolithique ancien (6160-5630 av. J.-C. ; Marinova et Thiébault, 2008). Cependant, même si l'exploitation forestière est continue, les changements apparaissent subtils. Les pratiques agro-pastorales et de prélèvement du bois n'entraînent que des changements lents et graduels indiquant une gestion durable des forêts et de leurs lisières et une ouverture limitée de la chênaie (Marinova et Thiébault, 2008). D'une manière générale, les transformations de l'environnement par

Région	Site	Altitude	Dates radiocarbones calibrée à 2 σ	Changements de la végétation
Crète	Lac Kournas	15 m	*4550-4460 av. J.-C.*	- développement de l'olivier, - décroissance des chênes dans la couverture forestière
Péloponnèse	Kléonai	100 m	5650 et 4060 av. J.-C.	- présence des espèces du maquis - développement des espaces défrichés
	Lerne	0 m	3750 av. J.-C.	- décroissance des chênes dans la couverture forestière, croissance des pins, des charmes et du chêne kermès - présence des espèces de la garrigue, du noyer et de l'olivier
Grèce centrale	Lac Kopaïs	100 m	4250-3500 av. J.-C.	- diminution du nombre de grains de pollen de chênes caducs - présence des espèces de la garrigue, et du Platane
	Lac Voulkaria	0 m	3630-3360 av. J.-C.	- diminution du nombre de grains de pollen d'arbres - croissance de l'olivier et des graminées
	Xinias	500 m	*2052 av. J.-C.*	- apparition et développement du chêne kermès et des éricacées - apparition et développement de l'olivier
Grèce du Nord-ouest	Ioannina	500 m	3370-3090 av. J.-C.	- croissance progressive des chênes kermès - croissance et développement de l'olivier et des éricacées
	Gramousti	285 m	*2900 av. J.-C.*	- croissance des chênes kermès - croissance et développement de l'olivier, des graminées et des composées
	Rezina	1800 m	*2880-2700 av. J.-C.*	- diminution du nombre de grains de pollen d'arbres - croissance des graminées et des plantes rudérales
Grèce du Nord et du Nord-est	Giannitsa	0 m	*3340-3090 av. J.-C.*	- diminution du nombre de grains de pollen de chênes caducs - croissance du Genévrier, des plantes rudérales et des céréales
	Ioannina (Pamvotis)	470 m	*3200-2300 av. J.-C.*	- diminution du nombre de grains de pollen de chênes caducs - croissance du Genévrier, des plantes rudérales et des céréales
	Khimaditis	560 m	2850-2300 av. J.-C.	- croissance du châtaignier, du noyer et du platane - croissance des céréales et des éricacées
	Lac de Doirani	148 m	*2000 av. J.-C.*	- diminution prononcée du nombre de grains de pollen de pins - croissance du genévrier, des plantes rudérales et des céréales
	Marais de Philippes	40 m	*1880-1740 av. J.-C.*	- diminution des chênes caducs, de l'orme, du tilleul - croissance des graminées et de l'olivier
	Edesse	120 m	1690-1430 av. J.-C.	- diminution du nombre de grains de pollen de chênes caducs - croissance du Genévrier, des plantes rudérales et des céréales

Tab. 5 - La mise en place des paysages actuels sous l'action des sociétés, d'après les recherches palynologiques menées, en Grèce, à l'extérieur des sites archéologiques (développement des plantes cultivées, ouverture et dégradation des paysages forestiers). D'après Bottema et Sarpaki, 2006 ; Atherden, et al., 1993 ; Athanasiadis et al., 2000 ; Jahns, 2005 ; Lawson et al., 2004. Lespez, 2008, modifié.

les sociétés du Néolithique ancien ne semblent avoir été que ponctuelles. Elles apparaissent très secondaires face aux conséquences du changement climatique rapide qui intervient vers 6 200 BC, en particulier dans le nord de l'espace égéen (Kotthoff *et al.*, 2008b ; Pross *et al.*, 2009 ; Peyron *et al.*, 2011). En effet, les premiers enregistrements d'une déstabilisation du couvert forestier par les activités humaines dans les diagrammes polliniques établis à l'écart des sites archéologiques n'interviennent que plus tard, entre 4 900 et 1 200 av. J.-C. (Bottema, 1982 ; Willis, 1994 ; Tab. 5).

C'est dans le sud du monde égéen que ces premières observations ont été effectuées. Dans le nord-ouest de la Crète, les activités des hommes qui coupent les chênes, font pâturer leurs troupeaux, brûlent la garrigue et plantent des oliviers sont enregistrées dans le diagramme pollinique du lac Kournas dès la fin du Néolithique ancien (Bottema et Sarpaki, 2003). Les premières traces d'activité humaine aux dépens de la chênaie à feuilles caduques ne sont supposées qu'au Néolithique récent (vers 4 900 av. J.-C.) dans le nord de l'Argolide (Atherden *et al.*, 1993) ou en Béotie autour du lac Kopaïs (vers 3 800 av. J.-C. ; Greig et Turner, 1974 ; Allen, 1990). En Grèce du Nord, les premières transformations n'interviennent qu'au cours de l'Âge du Bronze et parfois même plus tardivement, au cours du Bronze moyen ou du Bronze récent comme dans la plaine de Philippes (Greig et Turner, 1974 et 1986) ou autour du lac d'Edessa (Bottema, 1982). Ce décalage de plusieurs millénaires entre le développement des premières communautés d'agriculteurs et l'évolution des paysages restituée par les analyses palynologiques a d'ailleurs conduit certains chercheurs à s'interroger sur la réalité et l'ampleur des impacts paysagers du passage vers le Néolithique dans le monde balkanique (Willis et Benett, 1994). Le débat qui s'est alors instauré souligne principalement le rôle des conditions bioclimatiques et des effets d'échelle dans la transformation des milieux. À l'échelle régionale, il semble que les milieux plus frais et plus humides de Grèce du nord aient fait preuve d'une résilience plus importante que les milieux plus secs de Grèce méridionale dans lesquels la reconquête forestière fut d'ailleurs moins rapide et moins complète. À l'échelle locale, les analyses anthracologiques et palynologiques révèlent la complexité des situations. À Dispilio, au bord du lac de Kastoria en Macédoine occidentale, et à Makri, en Thrace, les analyses anthracologiques montrent que, dans des environnements où le potentiel de régénération du couvert forestier est important, les transformations de l'environnement régional par les populations du Néolithique restent faibles et lentes au cours du Néolithique (Ntinou, 2002). La chênaie mixte qui caractérise le bassin de Philippes demeure également inchangée du Néolithique à l'âge du Bronze Ancien alors que la densité des sites permanents y est remarquable depuis le Néolithique Récent au moins (Wimjstra, 1969 ; Greig et Turner, 1986).

4.2. Plaines littorales, systèmes fluviaux et détritisme

En dehors de la reconquête végétale, la principale transformation géographique qui affecte le monde égéen au début et au milieu de l'Holocène concerne les espaces littoraux. Au cours du Pléniglaciaire wurmien, le niveau de la mer Egée fut compris entre -110 et -125 m permettant aux plaines littorales d'acquérir leur extension maximale alors que certaines îles étaient rattachées entres elles ou au continent. La fonte des inlandsis a d'abord engendré une remontée rapide du niveau de la mer (environ 12 mm/an) jusque vers 5 900-4 800 av. J.-C. avant une transgression plus lente (0,7 à 1 mm/an) qui s'amorce au cours du Néolithique récent (Lambeck, 1996). Une grande partie des plaines littorales existantes au cours du Mésolithique et du Néolithique est

donc aujourd'hui submergée et hors d'atteinte pour les prospections archéologiques terrestres. Cela explique sans doute la faiblesse des découvertes pour ces périodes (Runnels, 2001). À partir du Néolithique Récent, la position du trait de côte est principalement le résultat d'un équilibre complexe entre les oscillations eustatiques (variation d'ensemble du niveau des mers) qui deviennent mineures, les mouvements tectoniques (subsidence, surrection) et les apports sédimentaires continentaux issus des fleuves côtiers et redistribués par les courants marins. Les deux derniers facteurs, à la différence du premier, sont le résultat de dynamiques locales. Ceci explique que la position du trait de côte ne puisse être reconstituée précisément que localement.

Dans un premier temps, la remontée marine est responsable de la diminution de surface des terres émergées en particulier le long des littoraux bas. Alors que l'archipel des Cyclades formait, il y a 18 000 ans, une vaste île de 160 km de long allant de l'île d'Andros à celle d'Ios, vers 7 000 av. J.-C., il avait à peu près atteint sa géographie actuelle (Lambeck, 1996). Dans la plupart des basses vallées du pourtour de l'Egée et de la Mer Ionienne, les basses vallées des fleuves se transforment en ria profondes parfois de plusieurs kilomètres. Ce maximum transgressif est atteint selon les sites entre 6000 et 5500 av. J.-C. Ainsi dans la baie de Thessalonique, c'est l'ensemble des basses plaines du Gallikos, Axios et de l'Aliakmon qui est affecté par une la transgression marine. Celle-ci ne laisse plus subsister qu'une étroite plaine littorale située plus de 30 km à l'intérieur par rapport au trait de côté actuel. C'est sur les berges d'un lac d'eau douce situé non loin de la mer que s'installent les populations du Néolithique ancien de Néa Nikomédia avant que la phase finale de la transgression ne le transforme en une lagune saumâtre vers 6 000-5 800 av. J.-C. (Ghilardi *et al.*, 2011). Dans un deuxième temps, le ralentissement de la transgression et des apports sédimentaires de plus en plus importants ont inversé la tendance en favorisant à nouveau la progradation du trait de côte et le développement des plaines littorales et des deltas du monde égéen. Ce renversement est souvent contemporain du ralentissement de la hausse du niveau marin, mais en fonction des conditions tectoniques locales, en particulier dans les zones subsidentes, et des apports sédimentaires continentaux, le calendrier du retournement de situation varie localement. Celui-ci s'amorce au cours du Néolithique moyen dans le Golfe Thermaïque (Ghilardi *et al.*, 2011), au nord de l'Egée, et dans la plaine de Mytikas, dans l'ouest de la Grèce (Vött *et al.*, 2006). Les apports alluviaux s'accélèrent ensuite au cours de l'âge du Bronze. Ils sont d'abord manifestes vers 2 500-2 000 av. J.-C. dans le Golfe Maliaque en Grèce centrale (Vouvalidis *et al.*, 2010), dans les plaines d'Astakos (Vött *et al.,* 2006) et le Golfe d'Ambracie (Jing et Rapp, 2003), en Grèce occidentale, dans la plaine d'Argos dans le Pélopponèse (Pope et Van Andel, 1984 ; Zangger, 1993) puis vers 1 800-1 700 av. J.-C en Elide (Kontopoulos et Koutsios, 2010) et en Attique (Triantaphyllou *et al.*, 2009) et vers 1 300 av. J.-C. dans l'île de Thasos (Lespez, sous presse). Même si l'essentiel de la croissance des plaines littorales et des deltas égéens fut acquis plus tard au cours des périodes historiques (Fouache, 1999), la progradation du trait de côte a pu localement atteindre des valeurs importantes, plus de 3 km entre le Mésolithique et l'Helladique Ancien dans le fond de la baie de Navarin non loin du Palais de Nestor (Zangger *et al.*, 1997), près de 10 km, jusqu'au Bronze Récent, au pied de Troie, dans la basse vallée du Scamandre, ou encore dans la basse vallée du Küçük Menderes aux alentours d'Ephèse (Kayan, 1999) et plus de 10 km dans le Golfe Thermaïque (Ghilardi *et al.*, 2008 et 2011). Néanmoins, des incursions marines brutales engendrées par des événements de haute énergie comme les tsunamis ou certaines tempêtes ont pu interrompre momentanément la progradation comme cela est attesté, par exemple, dans les plaines littorales de l'ouest de la péninsule (Vött *et al.*, 2011).

Cet atterrissement des plaines littorales est en partie le résultat d'une augmentation de la production sédimentaire dans les bassins versants continentaux. Malheureusement, les recherches sur les dynamiques des systèmes fluviaux au début et au milieu de l'Holocène demeurent encore rares dans le sud des Balkans et limitent notre connaissance sur leur fonctionnement hydrologique et sédimentaire. L'aggradation alluviale se développe très vraisemblablement le long des grands fleuves comme le montrent les résultats obtenus dans la vallée de l'Axios-Vardar (Coussot, 2007) ou en Thessalie centrale le long du Pinios (Van Andel *et al.*, 1990 et 1995). Par ailleurs, quelques recherches mettent en évidence des phénomènes précoces d'accumulation colluviale au pied de certains versants, témoignant d'une érosion des sols contemporaine des premières occupations néolithiques. Dans le bassin de Phlionte, au nord-est du Péloponnèse, les dépôts colluviaux les plus anciens sont datés du 7e millénaire avant J.-C. et sont mis en relation avec les activités des premiers agriculteurs (Fuchs, 2007). À l'ouest, dans la petite plaine littorale d'Astakos Vött *et al.* (2006) observent une première phase d'aggradation alluviale qu'ils expliquent également par une accentuation de la mise en valeur des piémonts et des versants par les activités agropastorales. Cependant, aux échelles régionale ou micro-régionale, les accumulations alluviales sont souvent enregistrées avec un décalage d'un à plusieurs millénaires par rapport au développement des activités agro-pastorales. Dans la plupart des autres régions égéennes comme en Argolide (Pope et Van Andel, 1984) et en Laconie (Pope *et al.*, 2003) au sud, ou en Macédoine orientale, au nord (Lespez, 2003 et 2007), les premiers dépôts détritiques significatifs sont plus tardifs et attribuables à l'Âge du Bronze.

5. Le temps des métamorphoses (2 100 av. J.-C.-600 ap. J.-C.)

Comme le montrent les données acquises dans la basse vallée du Strymon, à partir de l'âge du Bronze., la croissance du peuplement, de son maillage territorial et de la production agricole entraînent une transformation profonde et durable des paysages. Celle-ci est initiée dans le sud du monde égéen par les civilisations minoenne puis mycénienne et se généralise dans l'ensemble de la péninsule hellénique.

5.1. La mise en place progressive d'un monde rural plein

Au cours de l'Âge du Bronze, le recul du couvert forestier est attesté aux échelles régionales. La forêt cède la place aux espaces cultivés mais également à la garrigue et au maquis caractérisés par les chênes à feuilles persistantes, comme le chêne kermès. Les plantes cultivées, les espèces caractéristiques des espaces pâturés et les plantes rudérales qui accompagnent les activités agricoles prennent également place dans l'ensemble des diagrammes polliniques même si elles n'apparaissent pas partout selon le même rythme. En effet, les données disponibles complétées par les recherches effectuées en Grèce du nord amènent à dissocier les histoires environnementales et paysagères du nord et du sud de l'Egée pour le Bronze moyen et récent (2 100-1 100 av J.-C.). La construction des vastes territoires agricoles contrôlés et organisés au profit des palais caractérise d'abord le sud de l'Egée alors que les modes de vie et l'organisation de l'espace agricole hérité du Néolithique semblent caractériser plus longuement les sociétés du nord de l'Egée. Il faut attendre l'expansion des cités grecques puis la conquête macédonienne pour que s'y diffusent les formes de l'organisation de l'espace rural et leurs implications environnementales.

5.1.1. Les paysages ruraux de la Grèce des palais dans l'Egée méridionale (du Bronze moyen à l'époque géométrique, 2 100-750 av. J.-C.)

La culture de l'olivier, présente en Crète dès le Néolithique (Bottema et Sarpaki, 2003), se développe dans l'ensemble du sud du monde égéen. Son expansion témoigne de la croissance du rôle des activités humaines dans la production des paysages au cours de l'âge du Bronze. Cependant, il faut encore attendre le Bronze Moyen en Crète et le Bronze Récent sur le continent pour assister à la mise en place d'un monde rural plein marqué par une organisation cohérente des espaces agricoles au profit des palais (Treuil *et al.*, 2008). La densité des sites archéologiques – palais, "grandes résidences", agglomérations rurales, fermes isolées – suggère alors une exploitation de la quasi-totalité des terres cultivables (Treuil *et al.*, 2008). L'appropriation foncière des plaines est complète alors que l'élevage ovin se développe considérablement. Dans la plaine de Malia, les recherches paléoenvironnementales montrent le poids de ces transformations à l'époque minoenne. Les résultats obtenus sont issus d'une campagne de carottages de 6 à 7 m de profondeur conduite dans le petit marais littoral qui borde la cité minoenne et d'analyses de laboratoire concentrées sur le carottage C6 (Lespez *et al.*, 2003a,b ; Lespez, 2009). L'analyse de la sédimentation palustre, qui vient progressivement colmater la dépression depuis le Néolithique, est très riche en restes organiques carbonisés ou non (pollens, charbons, macrorestes végétaux) qui fournissent des informations importantes sur le couvert végétal. Les analyses polliniques préliminaires dont nous disposons (Noirel-Schutz, inédit) suggèrent l'apparition précoce des cultures et le développement d'agrosystèmes très diversifiés (arboriculture, agriculture, élevage) au moins dès le Minoen moyen (vers 2 100 av. J.-C.) et peut-être même avant. Ces résultats confirment que la plaine de Malia est devenue un espace rural plein même si les étendues palustres persistent encore longtemps au pied du palais. Par la suite, sur le continent, les palais mycéniens (1 500-1 100 av. J.-C.) gèrent plusieurs dizaines de milliers de moutons divisés en troupeaux de plusieurs centaines de têtes comme le révèlent les archives écrites des palais. À Cnossos, le troupeau géré par le palais atteint 100 000 têtes alors que l'on assiste au développement d'une véritable industrie textile orientée principalement vers la production de tissu en laine (Treuil *et al.*, 2008). À côté du système agricole intensif qui s'améliore du fait des progrès techniques, en particulier de l'outillage métallique, se développe donc un élevage extensif utilisant une grande partie des terres disponibles, en particulier dans les espaces montagnards (Halstead, 2000).

Les dynamiques sociales au cours de la première partie du 1er millénaire av. J.-C. demeurent ensuite mal connues. Ces âges longtemps qualifiés d'obscurs (1 100-750 av. J.-C.) sont l'objet d'investigations de plus en plus nombreuses. L'époque troublée qui succède à la période mycénienne a pu favoriser la déprise agricole mais les données disponibles ne montrent pas de rupture fondamentale dans la dynamique environnementale et les paysages ruraux demeurent des paysages agraires dans les plaines et sur les piémonts d'Argolide, de Crète ou de Béotie. Par la suite, le développement des cités se fait dans un monde rural plein, où toutes les plaines connaissent la mise en valeur agricole, alors que les ressources des espaces montagnards sont de plus en plus exploitées (bois, mines, terrain de parcours, …) indiquant le retour à un monde plein et des campagnes agricoles.

5.1.2. Les paysages ruraux de la Grèce septentrionale de la fin de l'âge du Bronze à l'expansion des cités grecques (2 000-400 av. J.-C.)

L'extension des terroirs agricoles et des activités pastorales, observée dans la basse vallée du Strymon au cours du Néolithique Récent et du Bronze Ancien, est notée dans l'ensemble de la Grèce septentrionale. Elle est marquée par le développement de la culture de l'olivier qui est attestée dans le bassin de Ioannina et dans la plaine de Philippes (Greig et Turner, 1974 ; Willis, 1994) et se traduit par le recul de la chênaie mixte et le développement des formations buissonnantes méditerranéennes. Cependant, son ampleur n'atteint jamais celle constatée plus au sud comme le confirme la réputation de monde sylvestre que possédaient encore de nombreuses régions du nord de l'Egée au début de l'Antiquité (Lespez, 2008). Les données acquises en Macédoine orientale permettent de se faire une idée plus précise de la dynamique du peuplement et des pratiques agricoles. Contrairement au sud de l'Egée, les modes de vie ne semblent pas avoir profondément changé du Néolithique à la fin de l'âge du Bronze (Kotsakis, 2008). Les échanges avec le monde mycénien semblent s'être réduits à quelques éléments de culture matérielle comme la vaisselle, alors que les formes de peuplement et de mise en valeur agricole demeurent. Cependant, localement, à Assiros en particulier, l'importance de la production céréalière est attestée par la construction de structures de stockage des céréales dont les capacités dépassaient sans doute les besoins des populations locales (Kotsakis, 2008).

Les textes des historiens grecs et quelques fouilles archéologiques fournissent ensuite quelques indications qui permettent d'envisager le passage de la fin de l'âge du Bronze à la colonisation grecque (Koukouli-Chrysanthaki, 1998). Depuis le 13e siècle av. J.-C. au moins, et jusqu'aux conquêtes de Philippe II de Macédoine, la Grèce septentrionale à l'est de l'Axios est occupée par les Thraces et en particulier par la tribu des Édones. Le mode de vie et les pratiques agraires de ces populations demeurent mal connus. Néanmoins, l'attractivité de ces territoires pour les populations méridionales ne reposait pas que sur les richesses minières. En effet, les riches terroirs agricoles et les vignobles de Thrace étaient célèbres dès le 8e siècle av. J.-C. (Salviat, 1990) alors que les données archéologiques disponibles suggèrent une croissance du peuplement et même son extension vers certains versants montagneux (Kotsakis, 2008). Les données paléoenvironnementales recueillies à Fidokoryphi apportent une confirmation à cette importance des pratiques agro-pastorales. En effet, les analyses polliniques montrent une ouverture des milieux de piémont et des bords de la dépression fluvio-palustre soulignée par la diminution progressive et constante des pollens de chênes. Les seuls arbres qui persistent sont ceux de la ripisylve (aulne, saule) alors que le marais se rétracte. De plus, le signal incendie montre un pic remarquable aux alentours de 800-500 av. J.-C. alors que la courbe continue des céréales et de l'olivier depuis le Bronze récent sont la preuve du développement des activités agricoles produisant de véritables paysages agraires. Une évolution du même type a pu être enregistrée à partir du Bronze récent dans le delta du Strymon (Atherden *et al.*, 2000) mais aussi dans la moyenne vallée, en Bulgarie (Tonkov *et al.*, 2008). Elle indique l'importance des transformations paysagères à l'échelle régionale. Celle-ci semble avoir été plus réduite dans le bassin de Philippes-Drama même si l'occurrence régulière des pollens d'oliviers témoigne également du développement des activités agricoles vers l'est (Greig et Turner, 1986). Ainsi, cette période apparaît cruciale dans la transformation des paysages végétaux dans le nord de la péninsule. Même si les pratiques restent fidèles à celles des époques précédentes, les recherches archéologiques qui se développent pour cette période attestent d'un développement des productions agricoles (Treuil *et al.*, 2008). À la suite

des transformations enregistrées en Grèce méridionale, le développement de paysages agraires a dû être remarquable même si le poids des témoignages antiques tend souvent à faire jouer aux périodes suivantes le rôle primordial dans la production des paysages ruraux grecs.

5.1.3. Les dynamiques paysagères au cours de la conquête macédonienne

Au cours de l'époque archaïque, les Thasiens, peuple d'origine grecque (île de Paros), s'établissent dans l'île de Thasos au 7e siècle av. J.-C. puis colonisent progressivement la frange littorale de la Macédoine orientale entre le Strymon et le Nestos. Dans la basse vallée du Strymon, cette progression est contrecarrée par les projets des Athéniens qui fondent Amphipolis en 437 av. J.-C. Ces fondations constituent le point de départ de l'histoire grecque dans le nord-est de la péninsule. Peu de temps après, l'expansion macédonienne va conduire Philippe II à prendre le contrôle de la Macédoine orientale et de la Thrace. Il conquiert Amphipolis (357 av. J.-C.), puis intervient à Krénidès et refonde la ville, en lui donnant le nom de Philippes. Les recherches effectuées dans le territoire de cette ville montrent l'ambiguïté des transformations agricoles attribuables à l'époque hellénistique. Si la conquête s'accompagne sans doute d'une affirmation de l'exploitation agricole, l'importance des transformations paysagères attribuables aux grecs demeure problématique (Collart, 1937 ; Lespez et Tirologos, 2004)

Deux témoignages ont permis aux historiens de penser que des tentatives d'assèchement du marais de Philippes qui bordait la cité macédonienne furent effectuées au cours de l'époque hellénistique (Lespez, 2008). Dans le paragraphe XIV du livre V de son traité de botanique intitulé *De causis Plantarum*, Théophraste (372-287 av. J.-C.) évoque ainsi la plaine de Philippes (Macédoine orientale, Grèce) : *« À Philippes autrefois l'air était lourd ; il l'est beaucoup moins depuis que le terroir a été asséché et est devenu tout entier cultivable. L'air est plus léger pour deux raisons conjointes : l'assèchement et la mise en culture. En effet, la friche est plus froide et l'air y est plus lourd à cause de la végétation qui empêche la lumière du soleil de passer et l'air de circuler et parce qu'elle est pleine d'eau qui suinte et stagne. C'est ainsi autour de Krénidès quand les Thraces l'occupaient ; toute la plaine était couverte d'étangs et d'arbres »*[2]. Ce témoignage est considéré comme crédible par les historiens qui soulignent le sérieux des observations de l'auteur, ses compétences de naturaliste et sa bonne connaissance de la Macédoine (Collart, 1937 ; Lespez et Tirologos, 2004). Le deuxième document est constitué par la lettre d'Alexandre le Grand adressée aux Philippiens. L'inscription mutilée est interprétée par P. Collart (1937) comme la preuve d'une intervention personnelle d'Alexandre pour la mise en valeur des terrains marécageux autour de Philippes.

À partir des connaissances géomorphologiques, des trouvailles archéologiques, des données historiques et des recherches sur la cadastration de la plaine, nous avons, avec G. Tirologos, essayé de déterminer la limite du marais au cours de cette époque et de trouver les preuves d'un éventuel drainage des milieux palustres. Les cartes du début du 20e siècle fixent assez clairement la limite des étendues palustres avant les grands travaux de drainage des années 1930. Les recherches géomorphologiques montrent que, sur une grande partie des marges du marais, les sédiments post-romains possèdent une épaisseur supérieure à 1 voire 2 m (Lespez, 1999 et 2008). Il est donc difficile de trouver au sol les traces d'anciennes installations de drainage. Cette difficulté est encore accentuée par les grandes infrastructures de drainage des années 1930 qui ont

[2] Traduction de Claude Vatin (1984), p. 270.

totalement transformé les paysages. De leur côté, les prospections archéologiques ont révélé des vestiges d'habitat sur les marges mais aucun site n'a pour l'instant été mis à jour vers le centre du marais pour la période qui nous intéresse comme pour les suivantes (Lespez, 2008). Une dernière indication précise et importante est fournie par la comparaison du récit de la bataille de Philippes (42 av. J.-C.) effectué par Appien[3] et de la description des paysages du champ de bataille effectuée par Heuzey et Daumet (1876, Fig. 64). Appien montre l'importance du marais, qui a d'ailleurs joué un rôle stratégique dans le déroulement des combats : au cours du premier engagement, les soldats d'Antoine ont entamé pendant dix jours la construction d'une route passant par les marais, afin de prendre à revers les troupes de Cassius. Celui-ci se rendit compte bien tard de la manœuvre, car la construction de la route était masquée par une « *forêt de roseaux* ». Une lecture attentive d'Appien permet à Heuzey et Daumet de penser que le marais était légèrement plus étendu en 1862 qu'au cours de la bataille. Ils notent en effet : « *Aujourd'hui les marécages baignent les pentes du Kütchük Tepe [la petite butte située au sud du champs de bataille] et viennent même mordre sur les prairies entre cette butte et les ruines de Philippes. Mais à l'époque de la bataille, le travail incessant d'une population laborieuse et intelligente avait dû conquérir une bordure des terres basses que l'insouciance des Turcs a de nouveau perdu* ». Ces propos ne sont pas dénués de préjugés, mais l'idée d'une position un peu plus en retrait du marais formulée par les deux auteurs nous semble pouvoir être retenue. Enfin, les carottages effectués dans le marais révèlent la permanence du marais en grande partie couvert de roseaux au cours de l'Holocène y compris au cours de l'époque hellénistique (Greig et Turner, 1974). Ainsi, les données archéologiques et historiques suggèrent seulement un léger recul des milieux palustres comparé à celle du siècle dernier et une évolution bien faible par rapport à celle suggérée par Théophraste et ses lecteurs (Collart, 1937).

Nous pensons donc qu'il faut donner une autre interprétation aux propos du savant grec que celle qu'on leur confère habituellement. Au cours du Bronze Récent et du premier Age du Fer, un recul des habitats vers le piémont a pu être constaté alors que le centre de la dépression a été progressivement délaissé (Lespez, 2008). En revanche, de nombreuses traces d'habitats hellénistiques sont présentes sur les marges du marais, en particulier sur les éventails alluviaux du Xéropotamos et de la rivière de Képhalari traversés par la *Via Egnatia* (Lespez, 2008). Cette partie de la plaine humide soumise à l'alluvionnement à partir du Bronze Récent (Lespez 2003) fut donc caractérisée par un peuplement important au cours de l'Antiquité. Celui-ci a pu s'appuyer sur un potentiel agro-pastoral indéniable dès lors qu'un drainage naturel ou artificiel fut établi. Ce sont sans doute les terrains situés au nord-ouest et au sud-est de la cité de Philippes qui ont fourni l'essentiel des terres disponibles aux vagues de colonisation des époques macédonienne et romaine. Le vocabulaire utilisé par Théophraste pour désigner les zones asséchées par les travaux des colons macédoniens vient appuyer cette hypothèse car il n'emploie pas les termes έλος ou λίμνη (marais, lac), mais préfère le mot αργός, qui signifie plutôt une terre inculte laissée en friche (Lespez et Tirologos, 2004). Ces recherches sont confortées par l'examen critique du décret d'Alexandre réalisé par Missitzis (1985) qui souligne que les marais sont mentionnés parmi les espaces à mettre en valeur par les habitants de la cité, mais qu'Alexandre ne dit pas explicitement qu'il faut les drainer.

Au bilan, si la transformation des paysages du centre humide de la plaine de Philippes-Drama semble probable, en particulier le long de la *Via Egnatia,* il ne faut sans

[3] APPIEN, *Bella Civilia*. 4, 105-106.

doute pas conférer à cette extension des espaces agricoles le caractère d'une révolution paysagère, contrairement à ce que suggéraient certaines interprétations des propos de Théophraste. La mise en valeur par les macédoniens fut réalisée dans la continuité des transformations des siècles précédents et confirme l'extension des espaces agricoles au sein d'un monde rural qui achève de se remplir.

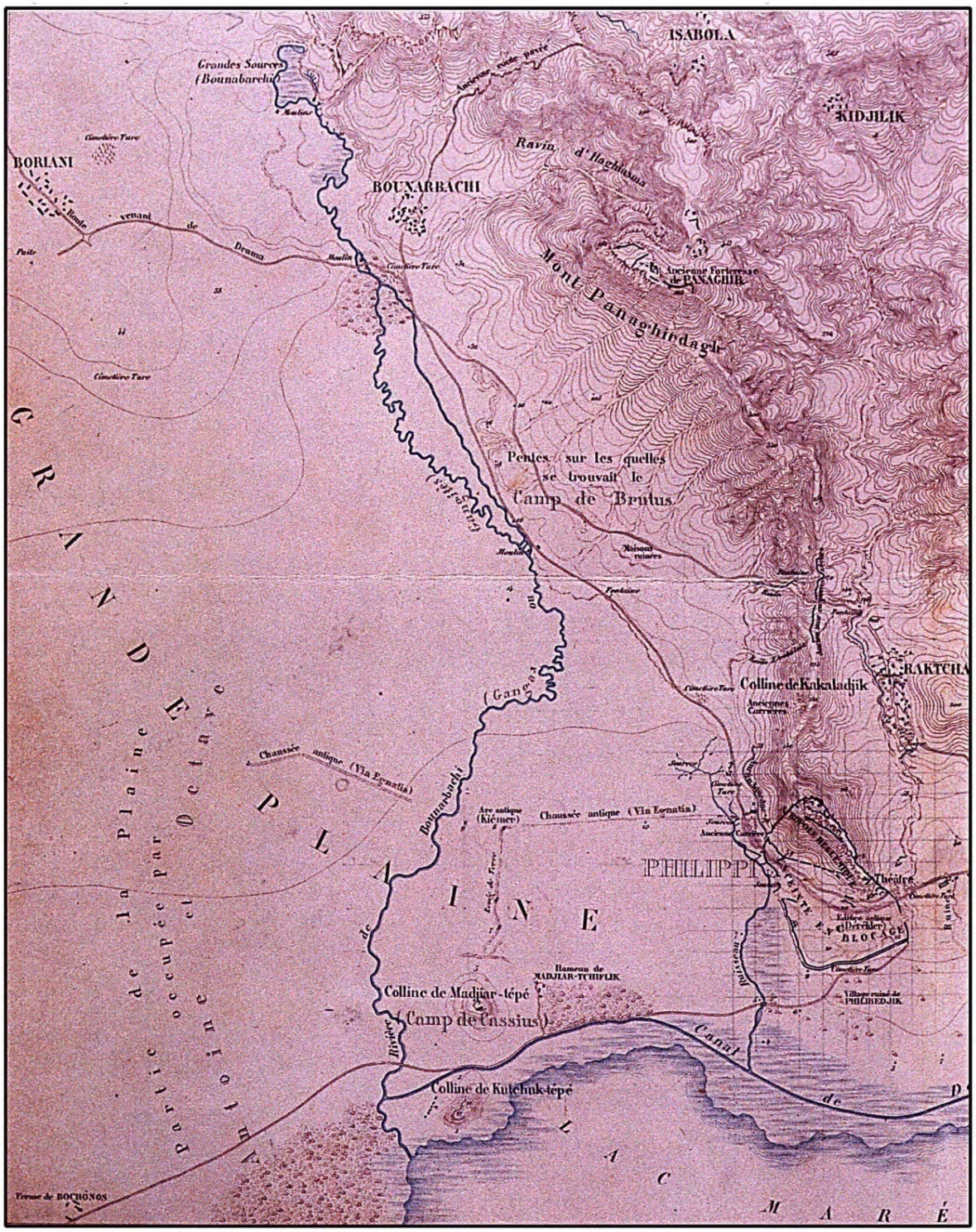


Fig. 64 - Carte de la plaine de Philippes-Drama aux alentours de la cité de Philippes en 1862 (Heyzey et Daumet, 1871, Cliché L. Lespez)

5.1.4. Les campagnes de l'époque romaine et paléochrétienne, l'exemple de la plaine de Philippes-Drama

En 148 av. J.-C. la Macédoine devient province romaine. Cependant, au moment de l'établissement de la domination romaine en Grèce, Philippes ne semble plus constituer qu'une bourgade modeste du premier district de Macédoine (Collart, 1937). La construction, au milieu du IIe siècle av. J.-C., de la *Via Egnatia* ne suffit pas à changer significativement la situation de la ville et il faut attendre la bataille de Philippes en 42 av. J.-C. pour que le destin de la cité soit modifié. La bataille opposa les Césariens, Octavien (le futur Auguste) et Marc Antoine, et les Républicains, Cassius et Brutus. À l'issue des combats marqués par la victoire des Césariens, Marc Antoine licencie en partie ses troupes et, après avoir fondé la première colonie de Philippes, les installe sur place. La colonie sera renforcée après la bataille d'Actium (31 av. J.-C.) par la décision d'Octavien d'y envoyer de nouveaux colons recrutés en Italie parmi les citoyens romains dont il a confisqué les terres. La colonie acquiert ainsi le droit italique et devient peu après *Colonia Augusta Iulia Philippensis*. À partir de cette époque, les témoignages archéologiques et épigraphiques, beaucoup plus nombreux, permettent d'appréhender la vie de la colonie (Collart, 1937 ; Tirologos, 2006). Celle-ci fut principalement habitée par des populations d'origine italique ou thrace. La prospérité de la ville semble assurée du 1er au 6e siècle ap. J.-C. alors que la plaine fut considérée pendant les époques classiques, hellénistiques et romaines comme un espace favorable à l'agriculture (Collart, 1937 ; Papazoglou, 1988 ; Fig. 65). Malgré les invasions qui se succèdent à partir du IVe s. ap. J.-C., il semble bien que la prospérité de la ville de Philippes et des campagnes alentours demeure encore jusqu'au début du 7e siècle au moins (Gounaris et Vélénis, 1990) comme dans de nombreuses régions de la péninsule hellénique (Avraméa, 1993).

La production agricole de Macédoine orientale était dominée par deux des trois éléments de la trilogie méditerranéenne : les céréales et la vigne. Contrairement, à l'île de Thasos et aux plaines littorales voisines de la basse vallée du Strymon où elle est attestée, la culture de l'olivier semble avoir été peu développée. En revanche, les céréales constituaient, comme dans tout l'empire, la culture vivrière de base. La culture du blé et de l'orge est avérée dans la plaine de Serrès, alors que la présence de nombreuses meules dans les cités de Macédoine orientale et la figuration d'épis sur les monnaies antiques suggèrent également son importance (Samsaris, 1976). La Thrace fut d'ailleurs célèbre pendant l'Antiquité pour ses céréales (Salviat, 1991). Leur culture fut complétée par la vigne. Les régions situées entre l'Evros et la Chalcidique, et en particulier l'île de Thasos, possédaient au cours des périodes classique et hellénistique des vignobles célèbres dans tout le monde égéen (Salviat, 1991). D'ailleurs, les inscriptions attestent avec certitude le développement et l'importance de la viticulture dans les plaines de Serrès et de Philippes-Drama (Collart, 1937). Les informations sur l'élevage sont beaucoup plus limitées. D'après le témoignage d'Hérodote, les bœufs de Thrace élevés sur les grasses prairies des terres inondables étaient célèbres. S'appuyant sur cette réputation et les pratiques agricoles développées au cours de l'histoire plus récente, les historiens contemporains admettent que l'élevage des bovidés était vraisemblablement une des caractéristiques de l'agriculture des plaines de Macédoine. Ce développement agricole s'est appuyé sur une mise en valeur presque complète de la dépression et des piémonts montagneux, à l'exception notable du marais (Tirologos, 2006 ; Lespez, 2008). Comme en témoigne le nombre particulièrement élevé des inscriptions mentionnant la mise en place des aménagements ruraux aux époques

hellénistique et romaine, l'existence de nombreux villages, de grands domaines publics et privés ou encore de propriétés appartenant aux sanctuaires, le territoire agricole fut fortement organisé (Tirologos, 2006). En dépit des profonds bouleversements de la morphologie agraire de la Macédoine orientale intervenus au début du 20e siècle dans le cadre de l'installation des réfugiés grecs venus de l'Asie Mineure, l'exploitation systématique des données fournies par les images aériennes et les cartes topographiques a mis en évidence plusieurs réseaux agraires isoclines juxtaposés, dont la présence sur des documents planimétriques échelonnés dans le temps ne laisse aucun doute quant à leur ancienneté (Tirologos, 2006). Cette interprétation est confortée par la découverte récente d'une borne gromatique, la première de ce type qui ait été découverte jusqu'à ce jour en Grèce, dont l'inscription *SD II VK I*, parfaitement lisible, atteste l'implantation d'une centuriation classique lors de la déduction triumvirale ou augustéenne sur le territoire de Philippes (Tirologos, 2006 ; Photos 20 et 21). Cependant, la définition de ces limites et l'organisation parcellaire résultant de ces aménagements restent encore l'objet d'enquêtes en cours[4].

Parallèlement, la mise en valeur des milieux montagnards s'est appuyée sur l'exploitation des ressources minérales, du bois d'œuvre et l'élevage extensif (Lespez, 2008). Pendant l'époque classique et hellénistique, la Macédoine orientale est d'abord célèbre pour ses richesses minières. Cependant, les conséquences de cette activité sur le couvert forestier semblent avoir été limitées par rapport au prélèvement de bois pour les usages domestiques et aux activités agro-pastorales. S'il est probable que des massifs forestiers importants subsistaient encore dans le Rhodope au cours de l'Antiquité comme en témoigne la réputation sylvestre de cet espace, les défrichements sont attestés dans l'ensemble des massifs balkaniques à partir de l'Antiquité (Tonkov, 2003 ; Tonkov *et al.*, 2008). De plus, les versants qui dominent directement la plaine furent vraisemblablement intégrés au *Saltus* à l'image de ce qui est observé dans d'autres parties du monde méditerranéen (Whittaker, 1988).

Photos 20 et 21 - La borne gromatique découverte avec G. Tirologos (Clichés L. Lespez)

[4] S. Provost, G. Tirologos et L. Lespez. 2008-2011. Projet d'étude la cité de Philippes et de son territoire. École française d'Athènes.

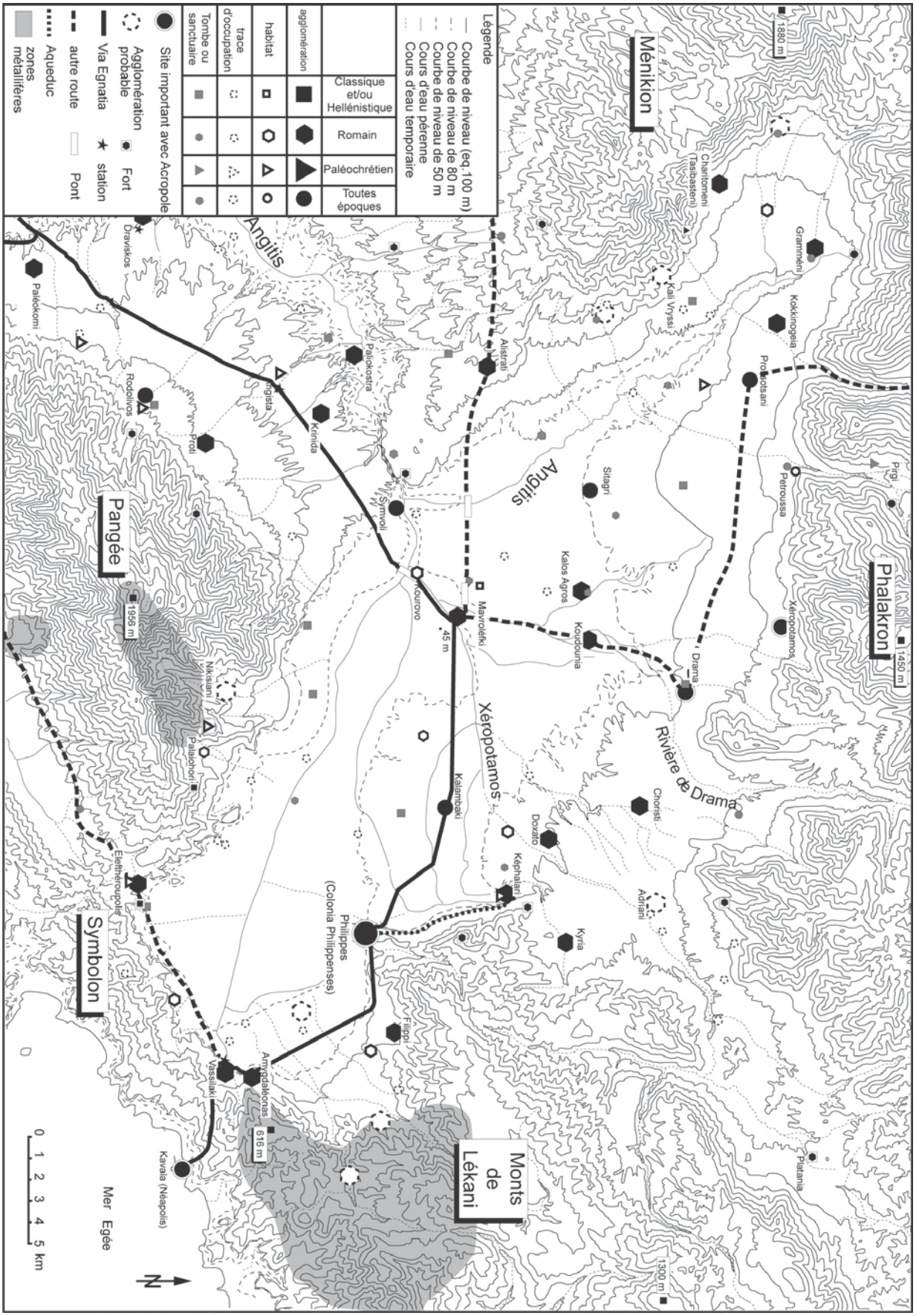


Fig. 65 - L'occupation de la plaine de Philippes-Drama de l'époque classique à l'époque paléochrétienne d'après les données archéologiques (Lespez, 2008)

5.1.5. Les relations sociétés/environnement de la Grèce des palais à celle des cités

5.1.5.1. Les conséquences environnementales de la mise en valeur agricole

La transformation des paysages végétaux a des effets importants sur la pédogenèse, en particulier dans le milieu méditerranéen où les phénomènes d'érosion et d'appauvrissement des sols, à l'origine des processus de désertification, sont accentués par la vigueur des pentes et l'agressivité des précipitations (Grove et Rackham, 2003). Cette dégradation de l'environnement est d'autant plus durable que les contraintes du climat méditerranéen ne permettent que difficilement et lentement la reprise de la pédogenèse et la reconstitution des couvertures végétales. En Grèce méridionale comme en Crète, à partir du Bronze Récent, les milieux de plaines, de collines et les basses pentes montagnardes devaient offrir un paysage proche de l'actuel et très différent du monde sylvestre dominant quatre millénaires plus tôt (Rackham et Moody, 1996). Certains auteurs évoquent même une dégradation profonde et durable de l'environnement du sud de l'Egée dès l'âge du Bronze (Whitelaw, 1990). On peut citer à ce propos L. Faugères évoquant les paysages du sud égéen au IIe millénaire avant J.-C. (Faugères, 1989, p. 109) : « *Les fresques d'Akrotiri à Théra, enfouies sous les cendres de l'explosion, appartiennent à la même période. L'une des plus intéressantes pour le géographe représente une ville bâtie sur un rivage, dans un paysage dominé par des versants parcourus de troupeaux et de bergers, où subsistent seulement, sur les hauteurs, de rares bosquets où gambadent quelques animaux sauvages. Somme toute cette image, certes proposée par un artiste, d'un paysage difficile à localiser, paraît être remarquablement en accord avec la réalité des paysages contemporains de la région. Simple coïncidence ou intégration effective d'un décor justement observé? Quoi qu'il en soit, on peut tenir pour assuré que la partie centrale, vitale, du domaine égéen (…) a consommé une grande partie des ressources écologiques élaborées pendant la période forestière antérieure (…)* ». Afin d'expliquer précisément ces transformations, des recherches géomorphologiques ont été développées pour comprendre l'ampleur et les rythmes de l'érosion des sols et pour faire la part des facteurs anthropiques et climatiques dans cette évolution. Aujourd'hui, les nombreuses études de cas et synthèses disponibles pour le monde méditerranéen dans son ensemble (Grove et Rackham, 2003 ; Neboit-Guilhot et Lespez, 2006 ; Dusar *et al.*, 2011) et pour le monde égéen en particulier (Van Andel *et al.*, 1990 ; Lespez, 2008) mettent en évidence un développement des processus érosifs à partir de l'âge du Bronze. Pour la plupart des chercheurs, le rôle des sociétés dans la longue durée dans le déclenchement de ces phases d'accumulation alluviale est fondamental. En effet, il semble qu'après avoir franchi un seuil dans l'extension et la pérennité des défrichements, la résilience du milieu cesse. Ce dernier devient beaucoup plus sensible aux aléas de la météorologie (Neboit-Guilhot et Lespez, 2006). Même si à partir du 2e millénaire av. J.-C., la prédominance des facteurs anthropiques rend difficile la lecture des changements du climat dans les archives, les oscillations climatiques secondaires qui continuent de se manifester (Kotthoff *et al.*, 2008b ; Geraga *et al.*, 2010 ; Roberts *et al.*, 2011) ont pu favoriser l'érosion des sols puis le transport des sédiments le long des cours d'eaux (Lespez, 2003 et 2007 ; Macklin *et al.*, 2010). Ces crises d'alluvionnement sous la double commande anthropique et climatique (climato-anthropique : Provansal et Morhange, 1994 ; Jorda et Provansal, 1996 ; Neboit-Guilhot et Lespez, 2006) sont donc révélatrices de la nouvelle fragilité des milieux égéens.

Les processus érosifs et les alluvionnements corrélatifs dans les vallées ou les basses plaines s'accentuent dans la plupart des bassins versants étudiés avec les périodes

historiques. Les recherches conduites en Grèce du Nord le confirment en soulignant la position charnière de la période antique (Lespez, 2003 et 2007). Même si l'aggradation alluviale s'amorce au cours de l'âge du Bronze dans le bassin versant du Xéropotamos dans la plaine de Philippes-Drama (Lespez , 2003) ou dans la plaine littorale de Skala Sotiros à Thasos (Lespez, 2007), ce n'est qu'à partir de l'Antiquité que la réponse des systèmes fluviaux à une fourniture sédimentaire croissante commence à être plus généralement enregistrée.

Ces transformations ont pu ponctuellement mettre en difficulté les sociétés à partir de l'Âge du Bronze. C'est le cas dans certaines plaines littorales où elles sont responsables de l'extension des terres disponibles pour le peuplement et la conquête agricole, mais également de l'éloignement progressif des ressources du littoral pour certains habitats côtiers. L'alluvionnement progressif a pu localement poser des problèmes d'accès à la mer. Les recherches récentes qui tentent de comprendre la position du trait de côte et des ports des principales cités littorales suggèrent une grande diversité de situations (Marriner et Morhange, 2006). Dans certains espaces, l'accumulation sédimentaire oblige à déplacer régulièrement les aménagements portuaires vers l'aval dès l'âge du Bronze. Localement, l'aménagement voire le creusement de véritables bassins afin de garantir les qualités nautiques des sites portuaires, est même proposé, comme à Pylos (Zangger *et al.,* 1997) ou à Troie (Zangger et al., 1997) au cours du Bronze Récent. Cependant, cela ne semble pas avoir été la règle et les infrastructures ont dû rester longtemps modestes, à l'image des premiers ports du Levant (Marriner et Morhange, 2006) comme le suggèrent également les recherches conduites à Malia en Crète (Lespez *et al.*, 2003). Les choses changent considérablement à partir de l'Antiquité alors que la progradation sédimentaire s'accélère. Dans l'ensemble des basses vallées de l'est de l'Egée cela conduit à l'abandon de certains ports, comme à Troie (Kraft *et al.*, 2003), ou au déplacement répété des infrastructures portuaires vers l'aval comme à Ephèse (Brückner *et al.*, 2005). Si elles entraînent une crise environnementale durable, ces transformations progressives ne semblent jamais avoir déstabilisé brutalement et profondément les sociétés proto-historiques et antiques.

5.1.5.2. Catastrophes naturelles, risques et gestion des milieux

Dans les milieux égéens comme dans l'ensemble du monde méditerranéen, la diversité des conditions environnementales ainsi que l'instabilité et la mobilité sont de règle (Dufaure, 1984 et 1993 ; Grove et Rackham, 2003). La géologie est responsable de violences telluriques récurrentes, alors que l'ambiance climatique explique la fréquence des événements hydrologiques brutaux. Les tremblements de terre comme les crues sont des phénomènes fréquents et les exemples contemporains sont nombreux. En septembre 1986, dans la région de Pakhyammos, en Crète orientale, il est tombé en 36 heures plus de 300 mm de pluie, soit la moitié des précipitations annuelles (Grove et Rackham, 2003). Cet abat d'eau exceptionnel a entraîné l'érosion des sols, le ravinement des pentes, la destruction de terrasses de cultures ainsi que l'érosion des berges des cours d'eau et un alluvionnement massif dans les plaines d'inondation vers l'aval. Cet événement est, cependant, relativement banal puisqu'il possède une période de retour de moins d'un siècle (Grove et Rackham, 2003). De tout temps, les sociétés égéennes ont donc dû s'adapter à des conditions environnementales contraignantes qui faisaient partie intégrante de leur cadre de vie. Au cours du Bronze Récent, l'évolution socio-économique et les progrès techniques motivent le développement de véritables aménagements afin de maîtriser ou de contrôler certains risques environnementaux. Ainsi, l'extension des terroirs cultivés jusque vers les basses pentes montagnardes et la

volonté de protéger les sols de l'érosion entraînent probablement la mise en place de terrasses de culture. Ces constructions, difficiles à dater, sont attestées localement en Crète dès le Minoen moyen (Rackham et Moody, 1996) et sont supposées pour l'Argolide mycénienne (Van Andel *et al.*, 1997). Les travaux de maîtrise hydraulique se développent également au cours de la période mycénienne. Réalisés afin de mettre en valeur les dépressions humides comme le montre la construction de grands canaux et de digues pour drainer le lac Kopaïs en Béotie (Knauss, 1984), ils sont également mis en place pour lutter contre les effets des crues torrentielles comme à Tirynthe par exemple (Zangger, 1993). Après une crue catastrophique qui détruisit une partie de la ville basse au cours de l'Helladique Récent III B/C (1 250-1 100 av. J.-C.), les habitants ont entrepris la construction d'un barrage de 10 m de haut et d'un canal de dérivation du torrent long d'1,5 km pour protéger le palais et les habitations des inondations. Ces exemples témoignent des capacités d'aménagement et de réaction des sociétés face aux contraintes physiques ou aux aléas naturels dès le Bronze Récent dans la partie méridionale du monde égéen. Les aménagements gréco-romains sont encore d'une autre ampleur et finissent d'affirmer la volonté de gestion des risques et des ressources par les sociétés. Ces observations invitent, à nouveau, à relativiser l'impact des événements hydrologiques brutaux dans la vie de ces sociétés.

Pourtant, dans un contexte tectonique actif, les événements naturels exceptionnels ont souvent été évoqués pour expliquer les mutations politiques et socio-économiques rapides, comme les destructions accompagnées d'incendies de la fin du Minoen Moyen II, de la fin du Minoen Récent I (1 450) ou de la fin de la période mycénienne (Helladique Récent III). Et en effet, la subduction de la plaque africaine sous la plaque eurasiatique, amorcée il y a plusieurs millions d'années et qui se poursuit à un rythme élevé de 4 cm par an, engendre une instabilité tectonique chronique. Elle se manifeste par une activité volcanique dans les archipels du centre l'Egée, mais surtout par la multiplication des séismes le long de l'arc égéen et des failles qui limitent les bassins d'effondrement ou les décrochements comme celui qui a engendré la fosse nord-égéenne. Les hypothèses les plus fréquentes concernent le rôle des tremblements de terre. L'ampleur des destructions évoquées suggère leur simultanéité sur de très grandes distances. Cependant, les recherches menées en Crète, par exemple, soulignent que les séismes ont pu ponctuellement occasionner des dommages considérables aux villes, villages ou palais mais qu'il n'y a jamais eu de phénomène majeur ubiquiste susceptible d'entraîner des mutations aussi profondes que celles observées par les archéologues (Monaco et Tortorici, 2004). Les tsunamis sont également évoqués comme des événements majeurs. Ils sont responsables de la rupture des cordons littoraux et de la submersion des plaines littorales qu'ils protégeaient. Dans les régions les plus exposées, comme le littoral ouest de la péninsule, leur récurrence est attestée et leur période de retour au cours de l'Holocène a pu être estimé entre 500 et 1000 ans (Vött *et al.*, 2011). Mais en général les conséquences demeurent locales et malgré leur aspect catastrophique la résilience des sociétés est souvent rapide comme le montrent de nombreux exemples historiques. La seule catastrophe d'ampleur égéenne fut l'éruption du volcan de Santorin mais les conséquences directes de cet événement exceptionnel semblent également avoir été relativement réduites dans une grande partie du monde égéen. Les recherches récentes montrent que cette éruption a principalement affecté l'île elle-même et l'est de l'Egée. En Crète, seule une fine couche de cendres s'est déposée, dont les effets sur la végétation ont dû être temporaires et peu importants (Treuil *et al.*, 2008). Le tsunami qui a touché la côte nord de l'île fut également d'ampleur modeste (Minoura *et al.*, 2000). En elle-même la catastrophe n'a pu être la cause de profondes mutations pour la société

minoenne (Treuil *et al.*, 2008), même si les effets indirects de cet événement (psychologiques, sociologiques, économiques, …) ont pu être plus importants (Driessen et MacDonald, 1997).

5.2. La construction de paysages agraires au cours du dernier millénaire

La faiblesse des données paléoenvironnementales et le faible développement des recherches d'histoire rurale consacrées au dernier millénaire expliquent que l'étude de l'évolution des paysages au cours des époques byzantines et ottomanes en Grèce soit peu développée. Les recherches existantes s'appuient principalement sur des travaux d'histoire économique et sociale, complétés par l'analyse des récits de voyageurs. Les premières abordent les problèmes de l'évolution démographique, de la propriété foncière et des productions agricoles, alors que les descriptions de voyageurs, malgré leur subjectivité, constituent le seul moyen d'avoir une idée de l'extension et de la répartition des cultures, des espaces en friches ou des forêts.

5.2.1. Des vicissitudes de l'époque byzantine à l'expansion ottomane

Pour ces périodes, les recherches historiques restent partielles. Elles se sont surtout intéressées aux dimensions politique, ethnique et religieuse alors que les aspects sociaux, économiques et a fortiori paysagers étaient largement délaissés. Heureusement des études ponctuelles mais de grande qualité permettent d'esquisser à grands traits les transformations majeures des paysages au cours des 13 derniers siècles.

5.2.1.1. Les vicissitudes de l'époque byzantine

La Macédoine orientale bénéficie des nombreux travaux effectués par J. Lefort (1979, 1985, 1989, 1991 ; Lefort et Martin, 1991) grâce, en particulier, aux archives monastiques du Mont Athos. Du fait de la faiblesse des données disponibles et de la difficulté du travail de l'historien, la période qui s'étend du 7e au 9e siècle a pu être considérée par certains auteurs comme correspondant aux siècles obscurs. L'arrivée des populations slaves engendre des troubles importants et est lourde de conséquences, politiques tout au moins, celles sur le peuplement et la mise en valeur étant plus difficiles à cerner. Le contrôle byzantin a vraisemblablement continué à s'exercer sur les espaces littoraux, mais son extension vers l'intérieur est toujours débattue d'autant que les guerres bulgares qui se sont poursuivies jusqu'au début du 10e siècle dans la région ont fragilisé durablement le contrôle territorial par Byzance (Lemerle, 1945). J. Lefort (1991) comme H. Koukouli-Chryssanthaki (1998) évoquent l'hypothèse d'un regroupement de la population dans des enceintes fortifiées situées en hauteur, à partir du 5e siècle et jusqu'au retour d'une relative sécurité, qui ne peut être daté avec précision. Au cours de ces siècles troublés, une mise en valeur extensive des pentes montagneuses et des piémonts (culture céréalière, cueillette des fruits, élevage des porcs), au sein d'immenses territoires villageois, semble probable (Lefort, 1991). En revanche, de la fin du 9e à la fin du 12e siècle, l'assimilation progressive des populations slaves explique que la Macédoine orientale ait connu une réelle stabilité politique. La forteresse de Philippes est reconstruite. Le géographe arabe Idrissi traverse la région en 1154 et décrit « ...*la grande ville de Fîlîbus (...) au pied d'une hauteur (...)* [qui] *possède sur son terroir des vignes et des cultures de toute sorte. C'est un centre de commerce et de négoce qui entretient des échanges actifs* » (*in* Lemerle, 1945, p. 172). P. Lemerle (1945) s'appuie sur cette description pour affirmer qu'au 12e siècle au moins, la ville fut à nouveau prospère et les campagnes alentours richement cultivées comme une grande

partie du monde égéen. En revanche, du 12e au 14e siècle, la région fut troublée par une série de conflits qui affecte l'ensemble du Sud des Balkans (conquête franque, invasions bulgares, pillages par les bandes catalanes, guerres intestines à l'Empire, conquête serbe, …). Ces vicissitudes s'accentuent au 14e siècle qui fut caractérisé par la succession d'une crise économique et d'une crise démographique profonde, en grande partie explicables par le développement d'une grande épidémie de peste qui atteint la région en 1347 (Lefort, 1991). Les populations rurales de Macédoine et de Thrace ont dû subir les méfaits liés à ces bouleversements. Elles ont vraisemblablement été obligées de fuir leurs terres et d'abandonner leurs villages pour se réfugier dans les villes fortifiées (Ducellier, 1986).

Après une période favorable au développement de petites exploitations agricoles regroupées au sein d'une communauté villageoise solidaire, la situation change dans la seconde moitié du 11e siècle, car des parties entières des territoires villageois sont transformées en domaines de grands propriétaires privés, publics et ecclésiastiques (Lefort et Martin, 1991). Le terroir s'organisait d'abord de manière concentrique. Autour du village, une étroite auréole comporte des vergers, des vignes et des jardins potagers. Ces cultures pénètrent d'ailleurs souvent au cœur du village où elles se mêlent à l'habitat. Les parcelles sont de petite dimension. Au-delà, c'est la céréaliculture qui s'impose. Elle est parfois associée aux arbres fruitiers et à la vigne qui forme alors des parcelles homogènes. Il semble que les sols pierreux aient favorisé la constitution de bocage, mais que les espaces plans aux sols plus fins aient connu des paysages ouverts. Comme dans l'ensemble du monde médiéval, les espaces non-cultivés (*incultum*) ont fait partie intégrante des terroirs villageois. La pratique de la pâture sur les terrains humides ou sur les pentes au couvert végétal plus ou moins dégradé, l'exploitation des forêts et la pratique de la pêche furent partout réglementées. Du 10e au 13e siècle, la croissance démographique et le développement des espaces intercalaires engendrent une extension progressive des territoires mis en valeur. Celle-ci est plus généralement observée dans la péninsule hellénique et en Crète à la même époque où les paysages sont souvent ceux de campagnes pleines et prospères (Grove et Rackham, 2003) alors que les analyses polliniques montrent la progression des défrichements dans certains massifs montagneux et sur leur piémont (Turner et Greig, 1975 ; Atherden et Hall, 1999).

5.2.1.2. La prospérité des piémonts au cours de l'époque ottomane

La prise en main de la Macédoine par les Turcs fut progressive et ne semble définitive qu'au cours du 15e siècle (Vacalopoulos, 1973). La conquête s'accompagne de l'arrivée de populations ottomanes et en particulier de yürüks (pasteurs turcomans) installés dans plusieurs villages de Macédoine, en particulier dans les régions de Serrès, de Drama et de Kavala (Petzemas, 1996). L'arrivée de ces populations permet le maintien d'une croissance démographique modérée tout au long du 15e et du 16e siècle, qui rompt avec les crises du 14e siècle. Dans l'ensemble de l'empire, le 17e siècle correspond à une période de régression démographique marquée. Cependant, en Macédoine orientale, celle-ci semble avoir été assez modérée comme dans l'ensemble de la péninsule (Zarinebaf *et al.*, 2005). Parallèlement, la conquête ottomane s'accompagne en Macédoine orientale, comme dans tous les Balkans, d'une transformation importante du régime de propriété (McGowan, 1981). La terre conquise appartient au Sultan qui la confie aux timariotes (administrateurs civils et militaires), en échange de l'obligation de participer à la défense de l'empire (service de guerre). Ces derniers cèdent l'exploitation aux agriculteurs musulmans ou chrétiens (*raya*) et prélèvent impôts et taxes sur les

revenus du travail agricole (Beldiceanu, 1998). Ce nouveau système ne change pas profondément la dépendance des petits exploitants agricoles qui sont toujours attachés à la terre. Le 18e siècle marque une rupture importante à la fois du point de vue démographique et de l'appropriation du sol. Cette période est marquée par une expansion démographique assez forte. Entre le début du 17e et la fin du 18e siècle, la population de la province de Kavala est multipliée par deux alors que les grandes propriétés foncières (tchifliks) se développent au terme d'un processus illégal qui permet aux puissants d'usurper les tenures des rayas ou les propriétés des timariotes dans tous les Balkans. Dans ces exploitations, le paysan devient métayer et sa position est affaiblie du fait de l'augmentation notable des redevances en nature, en argent et en travail. L'expansion démographique et économique se poursuit au 19e siècle. La progression de la population peut être mesurée grâce aux premiers recensements complets effectués dans l'empire ottoman. Dans la région, il montre une augmentation moyenne de 0,24 à 0,3 % par an (Petzemas, 1996). Celle-ci s'explique, en partie, par le repli des populations musulmanes, obligées de quitter les provinces balkaniques perdues par l'empire (Panzac, 1992). Depuis la guerre d'Indépendance de la Grèce (1821-1830), les troubles politiques se multiplient : ils voient s'affronter les populations musulmanes et chrétiennes, mais également les populations chrétiennes entre elles. Les nationalismes bulgare, serbe, "macédonien" et grec pratiquent une lutte d'influence plus ou moins agressive. Néanmoins, la plaine de Philippes-Drama et ses bordures restent en grande partie à l'écart des insurrections les plus violentes, et le développement économique se poursuit, plus ou moins régulièrement. Les difficultés croissantes de l'empire ottoman, puis les guerres balkaniques (1912-1919), viennent interrompre la dynamique économique et démographique. Les traités de 1923 qui délimitent les territoires grec, turc et bulgare, et qui organisent l'échange des populations sont à l'origine d'une transformation considérable qui va modifier complètement les caractéristiques du peuplement et de la mise en valeur de la plaine.

La population et les activités agricoles restent d'abord concentrées sur les piémonts. Les recensements fiscaux de 1468-1469 dans les *Villayet* de Drama et de Zichna publiés par A. Stojanovski (1978) et ceux de 1478-1479 dans celui de Kavala étudié par A. Stéphanidou (1991) attestent de la prospérité des piémonts cultivés et permettent de définir les orientations agricoles dominantes. Par la suite, les voyageurs qui les traversent à partir du 17e siècle donnent des descriptions plus ou moins précises des paysages (Lespez, 2008). Au 15e siècle, le réseau des villages connus semble à peu près identique à l'actuel. La céréaliculture constitue l'orientation majeure des exploitations agricoles. La culture des légumineuses (vesces et lentilles), des fruits (pastèques et arbres fruitiers divers), des plantes textiles (coton et lin) et des noyers est également attestée, mais elle n'occupe jamais une place importante alors que la culture des oliviers est également attestée dans le bassin de Serrès. L'élevage des moutons est attesté localement, mais il ne semble pas avoir occupé une place économique importante dans les villages recensés. Les différences principales proviennent de la place consacrée à la culture de la vigne, du safran et du coton qui forment des cultures spécialisées dans certains villages. Comme à l'époque byzantine, les champs de blé occupaient vraisemblablement l'essentiel des terroirs alors que les villages devaient être entourés par une auréole de jardins. Sur le piémont du Pangée, les vignobles et les champs de safran ont pu occuper une place plus importante. Mais comme il s'agit de cultures de fort rapport, leur importance dans l'espace ne fut jamais aussi grande que dans les revenus. À partir du 18e et surtout du 19e siècle, les piémonts constituent toujours le cœur vital de la région. En les traversant les voyageurs font état d'une campagne prospère et

intensément cultivée. E. Tselebi (1667) évoque une grande plaine très productive, alors que les observations économiques de F. de Beaujour (1800) mettent en évidence des transformations importantes dans l'utilisation des espaces agricoles. L'ouverture au marché agricole mondial favorise le développement de la culture du coton principalement, et secondairement du tabac, entraînant une transformation des paysages agricoles des plaines de Serrès et de Philippes-Drama. La culture du coton, déjà attestée au 15e siècle, connaît à partir du 17e et surtout du 18e siècle un essor considérable dans les plaines de Philippes-Drama et de Serrès. Parallèlement, la production de tabac développée depuis le début du 16e siècle connaît également un développement important dans la deuxième moitié du 18e siècle et devient la « grande affaire » de la deuxième partie du 19e siècle constituant alors le moteur de la vie économique de la région (Lespez, 2008). Malgré leur essor, l'importance spatiale des cultures du tabac et du coton reste sans commune mesure par rapport à celle des céréales (Lespez, 2008). E. Cousinery (1831) parcourant la plaine entre Drama et les sources de l'Angitis, écrit « *Après trois heures et demie de marche, [...], à travers des vignobles et des terres bien cultivées, que la plante du tabac et celle du coton enrichissent à l'envi ...* ». Les descriptions plus précises des voyageurs du 19e siècle et les données statistiques (Fig. 66) confirment la réputation de prospérité agricole de la région (Lespez, 2008) contrairement à la stagnation que semblent connaître certaines régions du sud de l'Egée (Zarinebaf *et al.*, 2005). Dans ces espaces, l'essor de la commercialisation des produits agricoles stimulent la production d'huile d'olive, de céréales et l'élevage des moutons qui ne semblent pas transformer profondément l'utilisation du sol (Jameson *et al.*, 1994 ; Zarinebaf *et al.*, 2005).

5.2.1.2. La conquête progressive des plaines humides et l'essor agricole des montagnes

L'affirmation de l'emprise agricole au cours de l'époque ottomane se traduit surtout par l'extension de la production agricole sur les espaces marginaux constitués par les plaines humides du centre des bassins de Philippes-Drama et de Serrès et les massifs montagneux qui les dominent. L'examen des cartes anciennes montre que les milieux palustres possédaient une extension à peu près similaire au 19e et au début du 20e siècle dans la plaine de Philippes-Drama même si leur rétraction progressive est attestée dans le bassin de Serrès. Les milieux humides, situés sur la bordure du marais, débordaient largement sur l'éventail alluvial du Xéropotamos et les terres qui furent cultivées et traversées par la Via Egnatia pendant l'époque romaine étaient au moins saisonnièrement engorgées. Les cartes anciennes montrent que le marais de Philippes comportait encore des étendues d'eau libre et des roselières. Les récits de Heuzey et Daumet (1876) qui décrivent l'existence de « *passeurs qui vivent au bord des marécages et qui le traversent chaque jour dans de grands bacs* » confirment la présence d'étendues d'eau libre. Sur les marges, l'élevage a dû occuper une place importante au moins saisonnièrement. Heuzey et Daumet (1876) évoquent les « *pâturages qui déroulent à perte de vue leur tapis lisse et uniforme* ». Ce sont également ces espaces qu'évoque avec emphase F. Périllat (1932) au début des années 30 : « ... *au loin la plaine immense, paisible, peuplée de bétail et de troupeaux. Mais on nous dit combien cette tranquillité est précaire, car les inondations submergent le sol et le transforment en désert lacustre où les vivants communiquent à l'aide de radeau* ». J. Ancel (1930) décrit les mutations des plaines depuis la colonisation et l'échange des populations et rappelle : « *Il y a dix ans encore (...) la Campagne salonicienne, les plaines de Drama, de Serrès (...) n'offraient que deux paysages, la steppe jaunie en été, parcourue par les moutons à la recherche de l'herbe rase ; le marécage qui en hiver, débordait sur la plaine entière, et où se vautraient les*

grands buffles noirs ». La pratique de l'hivernage des grands troupeaux transhumant de moutons est également attestée au début du siècle. Sur les marges des espaces saisonnièrement inondés, la mise en valeur est souvent le fait de grandes propriétés ottomanes (tchifliks) qui développent la culture du coton et à un degré moindre, celle du riz et du maïs à partir du 17e et surtout du 19e siècle. Malgré cet essor agricole des marges des milieux palustres (Lespez, 2008), les efforts de drainage des étendues marécageuses furent très limités tout au long de la période ottomane favorisant le développement de la malaria (Ancel., 1930).

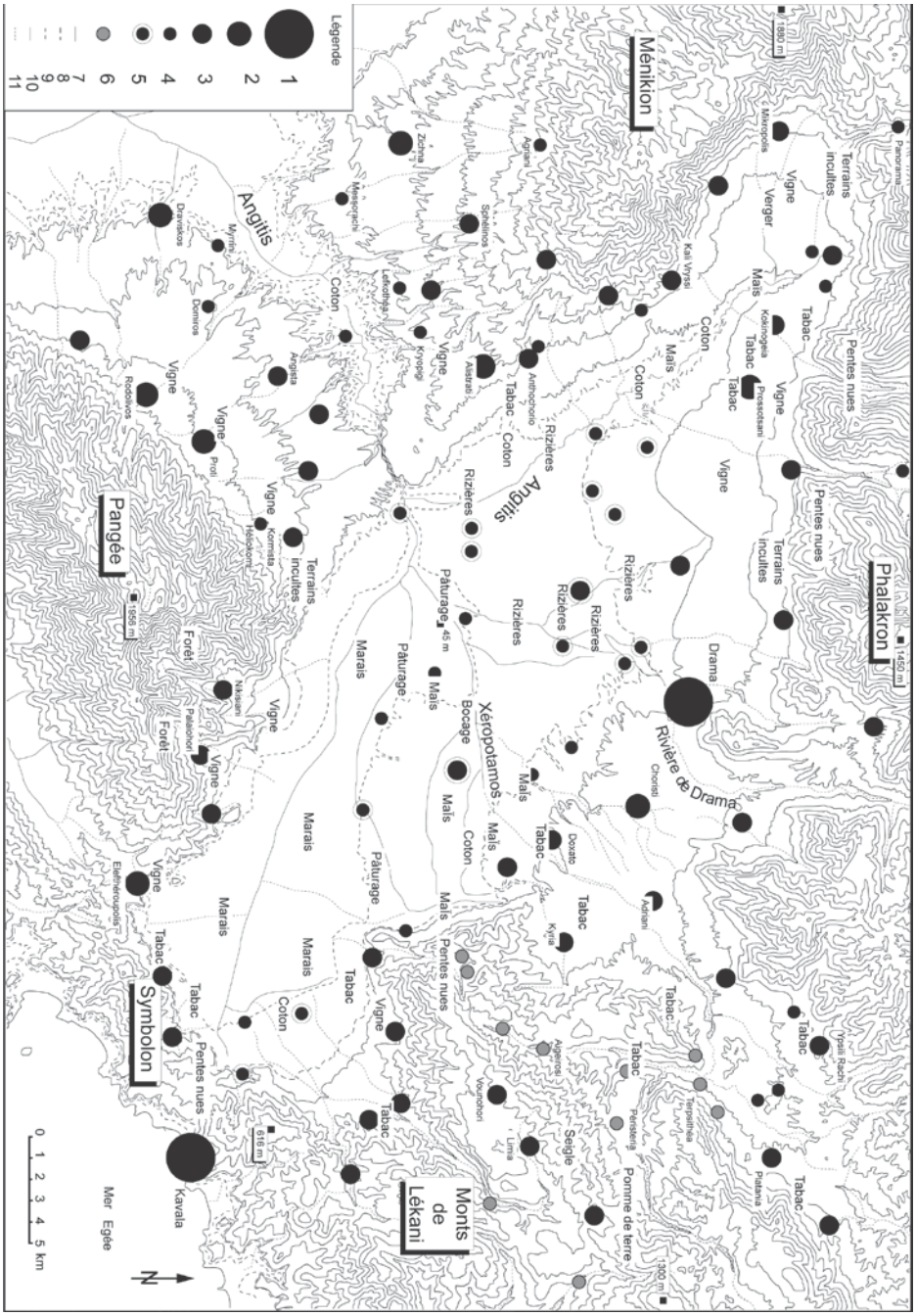


Fig. 66 - Peuplement et mise en culture de la plaine de Philippes-Drama à la fin du 19e et au début du 20e s. (Lespez, 2008). 1. Villes (> 5 000 ha); 2. Gros bourgs (> 2 000 ha); 3. Villages (> 1 000 ha); 4. Hameaux (< 500 ha); 5. Tchifliks; 6. Hameaux actuellement abandonnés; 7. Courbe de niveau (équidistance 100 m); 8. Courbe de niveau de 80 m; 9. Courbe de niveau de 50 m; 10. Cours d'eau pérenne; 11. Cours d'eau temporaire.

Si la mise en place du peuplement des massifs montagneux reste mal connue, l'accentuation de leur mise en valeur est clairement attestée comme dans l'ensemble du monde égéen et méditerranéen (McNeil, 1992 ; Grove et Rackham, 2003). Les analyses polliniques disponibles témoignent de l'extension maximale des défrichements du 18e au 19e siècle (Gerasimidis et Athanasiadis, 1995 ; Atherden et Hall, 1999) alors que les enquêtes conduites dans la plaine de Philippes-Drama montrent que la végétation des versants tournés vers la plaine est très dégradée sous l'effet d'un élevage extensif (Lespez, 2008). Dans l'intérieur des massifs, le couvert forestier ne persistait alors plus que dans les vallées les plus profondes et les plus escarpées du Ménikion, du Phalakron et des Monts de Lékani alors que les données disponibles pour la fin du 19e et le début du 20e siècle permettent de faire état de l'essor démographique de certains de ces villages (Lespez, 2008). Ainsi, dans les Montagnes de Lékani, la population des six villages qui appartenaient au *kaza* de Kavala passe de 2 150 habitants en 1886, à 3 710 en 1900 et 4 391 en 1913 (Stephanidou, 1991). B. Nicolaïdy (1859) traversant ces montagnes décrit des populations qui « *élèvent du bétail* » et cultivent « *quelques morceaux de terre semés d'orge ou de seigle* ». Mais le 19e siècle amène la culture du tabac dans les montagnes. Le rapport sur le tabac de A. Viquesnel (1854-1868) montre qu'il était cultivé dès la première moitié du 19e siècle dans tous les villages des Monts de Lékani et dans certains du Phalakron. Cette culture est à l'origine d'une intensification importante des pratiques agricoles et explique vraisemblablement la croissance démographique enregistrée à la fin du 19e siècle. L'exiguïté des territoires cultivables a engendré la construction de terrasses de culture. B. Baker (1877) rapporte d'ailleurs : « *Près de Cavalla, j'ai vu de petites vallées avec de petites fermes bien tenues de moins de 4 ou 5 âcres comportant chacune une petite maison. Seul le tabac était cultivé et les conditions florissantes des petites fermes provenaient à l'évidence de cette culture profitable* ». Mais le développement des espaces cultivés n'a eu qu'un effet local dans la dégradation du couvert forestier. En effet, comme dans la plupart des montagnes méditerranéennes (McNeil, 1992), ce sont le prélèvement du bois à usage domestique et les activités pastorales qui ont dû jouer un rôle primordial dans le recul du couvert forestier. Dès le 15e siècle, l'élevage des moutons pratiqué par les pasteurs yürüks occupait une place notable. Aux troupeaux importants que les villages montagnards possédaient, il faut ajouter la pratique de l'estive par les troupeaux des villages du piémont et de la plaine (Schutze, 1937) et l'existence d'une transhumance à plus longue distance pratiquée par les bergers valaques (Ancel, 1930). Cette pratique de l'élevage a sans aucun doute contribué en grande partie au recul du couvert forestier comme le montrent les données polliniques en Crète ou dans les montagnes bulgares par exemple (Tonkov *et al.*, 2008 ; Atherden et Hall, 1999). Ce recul a été d'autant plus rapide et irréversible que les massifs concernés possédaient principalement des sols peu épais développés sur les marbres. Les pratiques répétées de l'incendie et du surpâturage ont certainement engendré le développement rapide d'un pauvre maquis. Il est difficile de préciser le début de la dégradation, mais il semble que ce soient l'arrivée des pasteurs turcomans au 15e et au 16e siècle puis la croissance démographique du 19e siècle au début du 20e siècle, qui aient joué le rôle décisif en accentuant considérablement la pression sur les paysages forestiers. Il semble donc que les montagnes bordières de la plaine de Drama aient connu au cours de l'époque ottomane une emprise plus grande des hommes comme cela a pu être observé dans l'ensemble du monde égéen (Bellier *et al.*, 1991 ; Rackham et Moody, 1996 ; Grove et Rackham, 2003). La dégradation de la végétation forestière atteint alors vraisemblablement son maximum.

Les recherches conduites en Macédoine orientale suggèrent le développement de la mise en valeur vers l'aval et vers l'amont des bassins versants. Une grande partie de la plaine est utilisée par les activités agricoles qui se diversifient, alors que les montagnes sont totalement investies par les hommes. La plaine reste humide et malsaine, mais les cultures comme l'élevage s'y développent.

5.2.2. La fragilisation progressive de l'environnement hellénique

La mise en valeur intensive des piémonts à l'époque byzantine puis la transformation progressive des paysages de la plaine et surtout des montagnes au cours de l'époque ottomane ont eu des conséquences importantes sur les systèmes morphogéniques. Si des incertitudes demeurent pour l'époque byzantine, il semble bien qu'au cours de l'époque ottomane les facteurs anthropiques aient joué un rôle clef dans le développement de l'alluvionnement dans l'ensemble de la péninsule hellénique.

5.2.2.1. Les incertitudes de la période byzantine

Les rythmes de la morphogenèse à l'époque byzantine sont encore mal connus. Les évolutions les plus nettes concernent les vallons et les ravins qui dissèquent les plateaux de la basse vallée de l'Angitis. Une accumulation importante d'époque byzantine a souvent été repérée dans le fond des incisions. Il est tentant de la rapprocher de la mise en valeur intensive des plateaux, attestée entre le 10e et le 13e siècle (Lefort et Martin, 1991). La mise en culture a pu favoriser le décapage des sols et le ruissellement fut également favorisé et contribue sans doute aussi à expliquer l'importance des terrasses byzantines dans ces vallons. Cependant, le long des cours d'eau principaux l'aggradation est restée modérée comme le montrent les travaux effectués dans la plaine de Philippes-Drama (Lespez, 2008). Dans le bassin de Serrès, J. Lefort (1991) souligne même d'après l'étude des archives de l'Athos et plus précisément de celle concernant la délimitation du domaine de Melintzianis en 1301 que le bord et le niveau du lac (d'Achinos) devaient être sensiblement identiques au 19e et au 15e siècles (Lefort, 1991). Il en déduit même que « *la sédimentation semblait avoir été lente à la fin de l'Empire Byzantin et au début de l'Epoque ottomane dans la vallée du Strymon* ». Dans l'île de Thasos, la mise en valeur des bassins versants littoraux est également responsable d'une accélération de l'alluvionnement comme cela a pu être observé à Agios Ioannis (Lespez et Papadopoulos, 2008). Cependant, les volumes sédimentaires mobilisés en Macédoine orientale semblent moins importants que pour les époques antérieures ou postérieures. Des accumulations sédimentaires plus ou moins contemporaines ont également été enregistrées dans d'autres régions grecques (Argolide méridionale, Eubée, Elide, Bassin de Sparte, Crète) À la suite de la plupart des chercheurs, on peut suggérer que la mise en valeur intensive des piémonts a dû se traduire par le développement d'une érosion diffuse des sols du piémont et par une tendance à l'aggradation modérée à l'aval des bassins versants (Van Andel *et al.*, 1990).

5.2.2.2. La crise érosive moderne

La plupart des bassins versants de Macédoine orientale a connu une recrudescence de l'alluvionnement au cours de l'époque ottomane qui favorise l'atterrissement des zones humides (Lespez, 2007 et 2008). Dans les basses plaines du Strymon, depuis la fin du 19e siècle, l'évolution du lac d'Achinos peut être suivie grâce aux informations cartographiques (Fig. 67). Quatre cartes d'échelles et de précision différentes permettent de décrire l'évolution des limites du lac et des milieux qui le bordent depuis 1875 : carte autrichienne, feuille de Serrès au 1/300 000 de 1875 (ref. Ct 21-15, EFA);

carte allemande, feuille de Salonique de 1904 au 200 000 (Ct 21-16D (66), EFA); carte anglaise au 1/20 000 de 1917-18, feuilles de Dzanos, Doksambos, Fitoki, Petelinos (Ct 21-10A (79, 80, 81 et 96), EFA); carte grecque au 1/100 000, feuilles de Rhodolivos et de Nigrita (Ct 11-18 (24, 25), EFA). Elles montrent une rétractation progressive de l'étendue du lac. La surface la plus importante est décrite par la carte allemande de 1904 confirmant le dessin plus imprécis de la carte autrichienne de 1875. Le lac remontait jusqu'aux abords de Serrès et possédait une longueur d'environ 35 km. Indépendamment de la difficulté de la délimitation de ces zones humides du fait de leur variabilité saisonnière et de la nature ambiguë de certains milieux comme les roselières ou les prairies humides, la carte et le témoignage de E. Cousinery (1831) semblent cohérents puisque ces derniers signalent les limites du lac à 6 ou 7 km (1,5 lieue) de distance de la ville de Serrès et lui attribue une longueur de 25 à 30 km (6 lieues , p. 135 et 136). Les cartes très précises, de 1917-18 produites par l'armée anglaise à l'occasion des guerres balkaniques, montrent ensuite un lac subdivisé en deux parties. Au nord, une étendue principale correspondant au lac d'Achinos, largement réduite vers l'amont par un atterrissement important et l'extension des terres marécageuses qui était déjà suggérée par la carte de 1904. Vers le sud, une seconde étendue lacustre subsiste entre Doksambos et Amphipolis. Entre les deux, les espaces marécageux couverts de roselières se sont largement développés. Cette bipartition est confirmée par la carte de 1927 qui montre une rétraction progressive des étendues subsistantes en 1917-1918. Les espaces nouvellement atterris étant essentiellement situés à l'amont, à l'entrée du Strymon dans le lac d'Achinos et à l'exutoire de l'Angitis dans cette même cuvette lacustre, on peut supposer que la cause principale de la rétraction du lac entre le 19e et le 20e siècle est constituée par l'apport en sédiments du fleuve et de son principal affluent.

Fig. 67- Évolution des limites du Lac d'Achinos au début du 19e siècle d'après les archives cartographiques disponibles

Cette évolution correspond donc à une accélération de la sédimentation à partir du 18e siècle comme cela a pu être montré dans le bassin de Philippes-Drama (Lespez, 2003 et 2008). Dans celui-ci, elle se manifeste en particulier par le développement des défluviations et par la mise en place de dépôts alluviaux grossiers dans les lits fluviaux alors que la pression s'est accentuée sur les milieux montagnards d'amont. Le rôle de l'intervention anthropique dans le fonctionnement des systèmes morphogéniques de l'époque ottomane est donc posé avec acuité (Lespez, 2003). L'importance de la fourniture sédimentaire d'amont est confirmée dans l'ensemble de la péninsule hellénique par la croissance impressionnante de nombreux deltas au cours des derniers siècles comme pour la plupart des deltas et plaines littorales de la façade ionienne et des deltas de l'ouest de la péninsule hellénique (Fouache, 1999).

Les grands travaux de drainage du début du 19e siècle qui affectent la plupart des fonds humides et marécageux des bassins de la péninsule et de nombreuses plaines littorales répondent à la nécessite de moderniser l'agriculture et de fournir un contexte favorable à l'accueil des populations grecques issues du Pont et surtout de la rive orientale de l'Egée (Ancel, 1930). L'ampleur des transformations réalisées en quelques années achève de transformer les paysages de la péninsule. Elle s'accompagne en général d'un corsetage complet des systèmes fluviaux afin d'éviter inondations et défluviations catastrophiques. Au bilan, la pression agricole sur les milieux physiques n'aura jamais été aussi forte qu'à la fin du 19e et au début du 20e siècle (Grove et Rackham, 2003) alors que l'artificialisation des systèmes fluviaux s'affirmait. Il faut ensuite attendre la deuxième partie du 20e siècle et l'abandon progressif mais généralisé des milieux montagnards pour observer une nouvelle phase d'expansion forestière et un desserrement de l'emprise humaine sur les milieux comme dans la plupart des régions méditerranéennes (Grove et Rackham, 2003).

CHAPITRE 3 : SYSTEME FLUVIAL ET DYNAMIQUES PAYSAGERES AU MALI AU COURS DE L'HOLOCENE

Les recherches conduites au Mali ont été développées à partir de 2006 dans le cadre du programme de recherche international « Peuplement et Paléoenvironnements en Afrique de l'Ouest » dirigé par E. Huysecom (U. Genève). Centrées sur le Pays Dogon, située entre le Delta intérieur du Niger au nord, et la plaine du Séno frontalière avec le Burkina Faso au sud, elles ont eu pour principal objectif de déterminer la dynamique du système fluvial du Yamé, affluent du Niger qui traverse le plateau de Bandiagara, et de reconstituer l'histoire des paysages de sa vallée (Fig. 68). À cette fin, des recherches géomorphologiques et paléoenvironnementales ont été entreprises en favorisant le développement de nouvelles méthodologies (analyse microstratigraphique, signal incendie, phytolithes) jusqu'alors peu ou pas pratiquées en Afrique de l'Ouest.

Après avoir rapidement présenté le contexte de l'étude et les méthodologies employées, je présenterai les principaux résultats des recherches qui permettent de brosser l'histoire du système fluvial et des paysages de savanes dans lesquels le Yamé s'inscrit du début de l'Holocène à l'époque contemporaine.

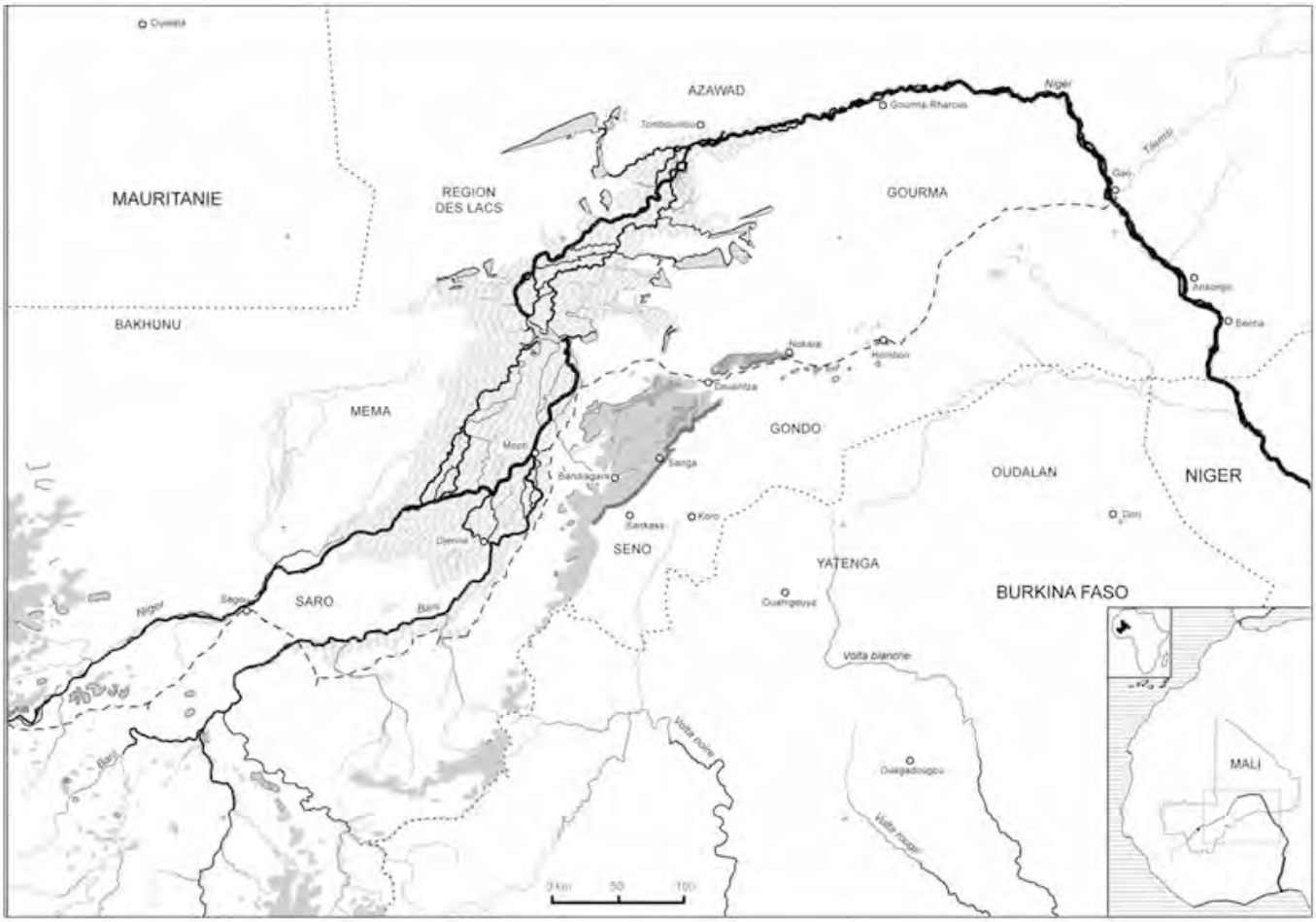


Fig. 68 - Le plateau de Bandiagara dans son contexte régional (d'après Mayor et al., 2005)

1. La vallée du Yamé et ses archives sédimentaires

1.1. Le bassin versant du Yamé

1.1.1. Le contexte bioclimatique et les paysages contemporains

Le Yamé est un affluent de rive droite du Niger. Il constitue le principal cours d'eau du plateau gréseux de Bandiagara. Il draine un bassin versant de 4 400 km² qui se développe autour du 14e parallèle. Celui-ci est marqué par un climat tropical de type soudano-sahélien avec des précipitations annuelles de l'ordre de 560 mm et une température moyenne annuelle de 28°C. Les températures moyennes mensuelles sont toujours supérieures à 20°C mais elles peuvent n'être que de l'ordre de 10°C au cours des nuits des mois de décembre et de janvier, au cœur de la saison froide. Les précipitations sont rythmées par le balancement de la mousson africaine et tombent principalement sous forme d'averses intenses pendant l'hivernage entre juin et septembre (Fig. 69). La saison sèche longue de 8 mois est caractérisée par le développement de l'Harmattan, vent d'origine saharienne qui apporte fréquemment poussières et sables. Le rythme climatique est imposé par le déplacement saisonnier vers le nord de la Zone de Convergence Intertropicale (ZICT, Fig. 69). L'irrégularité interannuelle de ce déplacement est la règle comme le montre l'évolution des

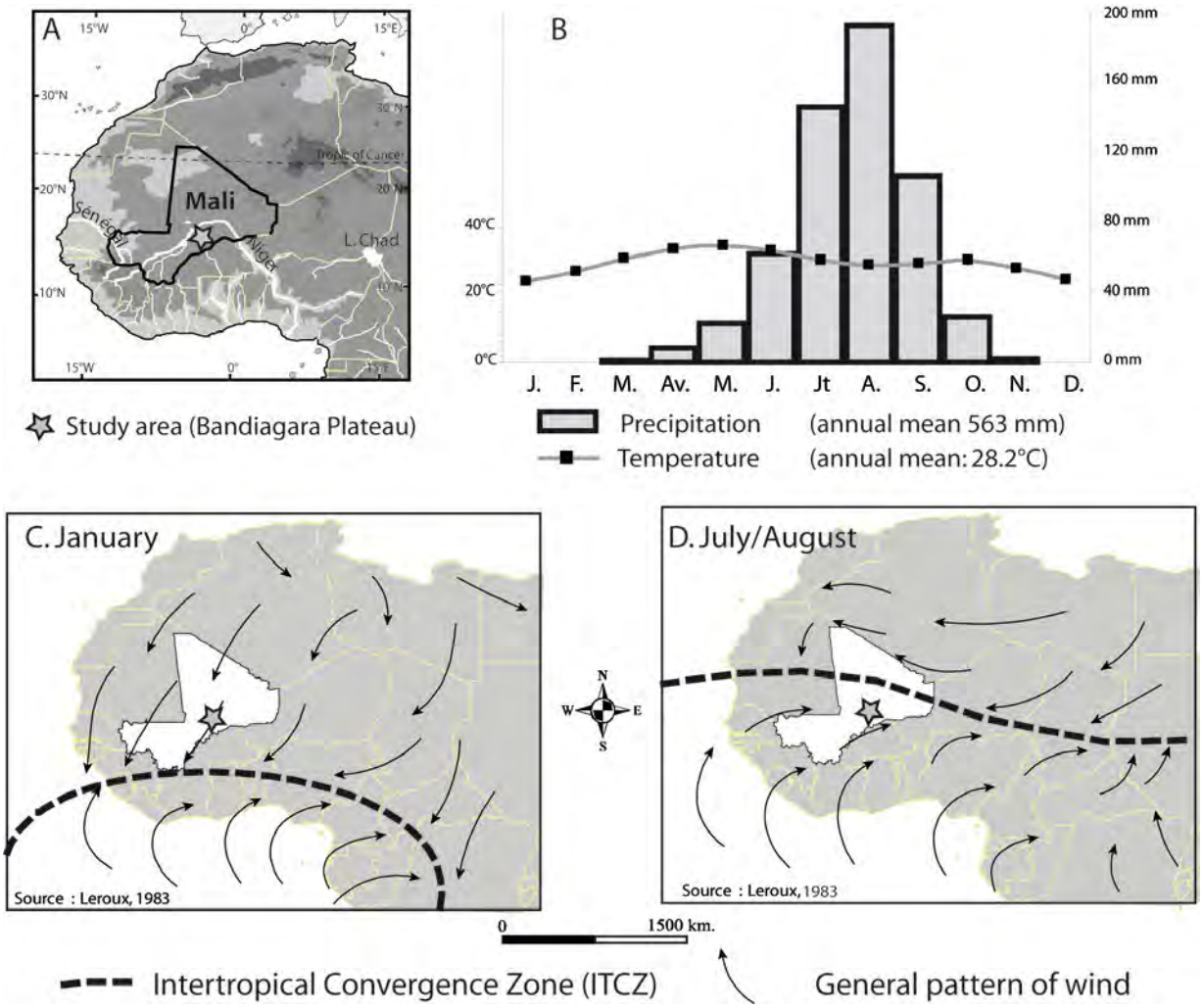


Fig. 69 - Le contexte climatique. A. secteur d'étude. B. Diagramme ombrothermique de Bandiagara. C. Balancement saisonnier de la mousson (d'après Leroux, 1983)

débits du Niger (Fig. 70) ou le bilan hydrologique du lac Bosumtwi régional pour le dernier siècle (Shanahan *et al.*, 2009). Elle provoque la succession d'années sèches ou plus humides dont les conséquences ont été dramatiques pour les populations. Ainsi la période 1975-1995, correspondant aux années les plus sèches du siècle passé, furent engendrées par une baisse de 30% des précipitations (Hulme, 1992). Elle entraina un déplacement des isohyètes de plus de 100 km vers le sud (Fig. 71) et a eu des conséquences dramatiques dans l'ensemble du Sahel. La réduction des pâtures disponibles pour le bétail a entrainé une hécatombe alors que les difficultés des cultures vivrières ont affecté profondément les populations augmentant la mortalité et entrainant des migrations importantes vers des régions méridionales plus arrosées. Ces conséquences sociales dramatiques constituent aujourd'hui une référence souvent utilisée pour les chercheurs qui examinent les relations Nature/Société sur le temps long de l'Holocène en Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne.

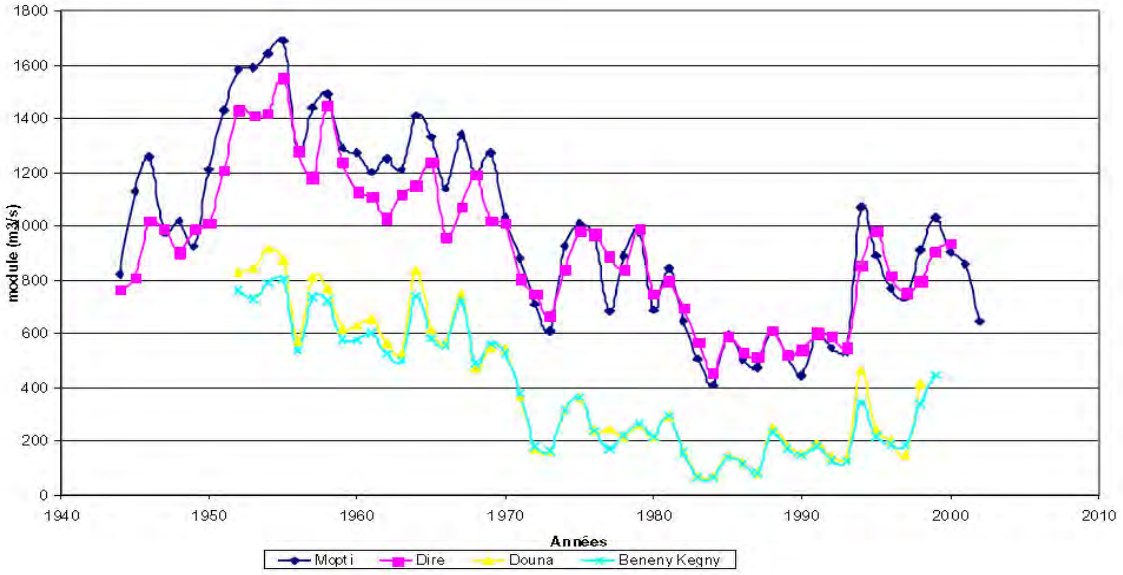


Fig. 70 - Les modules du Niger et du Bani dans diverses stations du Delta Intérieur de 1945 à 2003 (Source IRD)

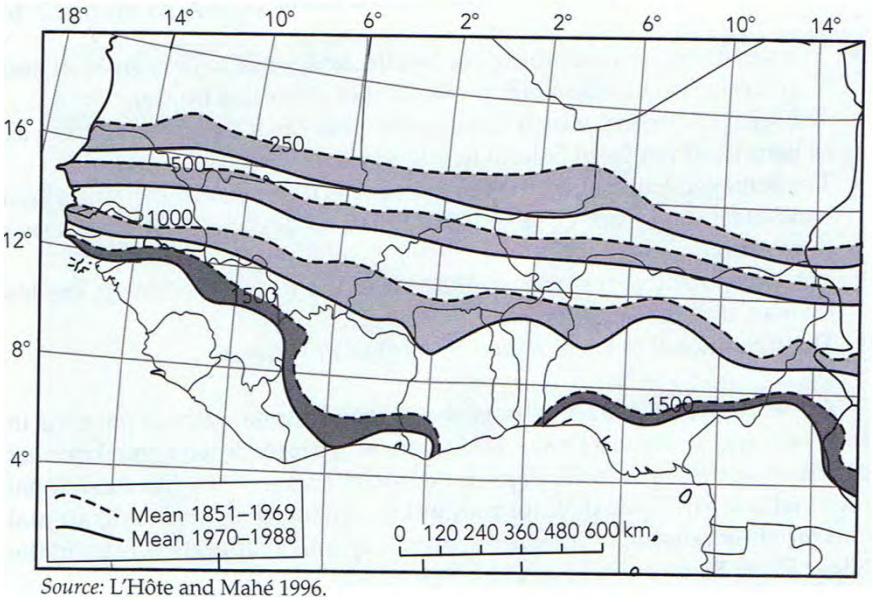


Fig. 71 - Le déplacement des isohyètes pendant la sécheresse des années 1970-80 (L'Hôte et Mahé, 1996)

1.1.2. Les paysages contemporains

La végétation contemporaine du plateau correspond à une mosaïque de savanes arborées et arbustives soudano-sahéliennes fortement anthropisées (Le Drezen et Ballouche, 2009). Elle correspond à deux types de parcs arborés (Le Drezen et Ballouche, 2009). Le premier est caractéristique des agrosystèmes anciens composés de champs de mil, de fonio et de jachères ponctuées d'arbres de grande taille conservés pour leur utilité alimentaire comme le karité, le détar, le néré, le baobab et le rônier (Photo 22). Le second type renvoie à des agrosystèmes plus récents où les cultures du coton et de l'hibiscus côtoient celle du mil et où domine surtout largement l'*Acacaia albida* ou balanzan. Fixant l'azote, celui-ci présente l'avantage de pallier la réduction des jachères. En outre, il fournit au bétail ombre et alimentation puisqu'il conserve ses feuilles pendant toute la saison sèche (Photo 23). Entre ces espaces cultivés, les interfluves sont souvent caractérisés par des affleurements gréseux ou par des espaces interstitiels aux sols squelettiques et souvent ravinés (Photo 24) et caractérisés par des espèces arbustives dominées par les *Combretaceae* (Le Drezen et Ballouche, 2009). Dans les fonds de vallée, la présence d'eau favorise le développement des cultures maraichères. L'oignon occupe 60% des surfaces, le restant correspondant à la tomate, la patate douce, le tabac, l'aubergine et l'ail (Le Drezen et Ballouche, 2009). La forêt-galerie a disparu aujourd'hui et il ne persiste plus que quelques bosquets de Syzygium et des espèces exotiques introduites comme le manguier et le goyavier.

Photos 22, 23, 24 - Les paysages agraires aux alentours d'Ounjougou (clichés L. Lespez).
22. Un paysage d'agrosytème ancien ; 23. Un paysage d'agrosystèmes récent ;
24. Les espaces dégradés et ravinés

1.1.2. Le cadre géomorphologique

La rivière, longue de 130 km, s'incise dans le plateau de Bandiagara principalement constitué de grès du Précambrien profondément diaclasés. Ce dernier fait partie des plateaux gréseux qui, depuis les Monts Mandingues, forment l'ossature principale du sud du Mali. Son altération profonde depuis le Tertiaire a entraîné la formation de cuirasses ferrugineuses qui forment ponctuellement des affleurements très importants (Fig. 72). Tout au long des derniers millions d'années, l'incision du réseau hydrographique a favorisé le développement de vastes dépressions remplies de formations quaternaires fluvio-éoliennes (Rasse *et al.,* 2004).

Les études géomorphologiques ont depuis longtemps montré l'importance de ces archives sédimentaires quaternaires (Daveau, 1959 ; Beaudet *et al.,* 1981). Leur étude a été systématiquement entreprise dans le tronçon d'Ounjougou par M. Rasse (Rasse *et al.,* 2004 et 2006 ; Lespez *et al.*, 2008) en relation avec les importantes fouilles archéologiques paléolithiques conduites dans cet espace (Huysecom *et al.,* 2004, 2005 et 2007 ; Soriano *et al.*, 2010). Les résultats obtenus pour la période 55-30 ka cal. BP (stade isotopique 3) permettent de comprendre le fonctionnement hydrosédimentaire du

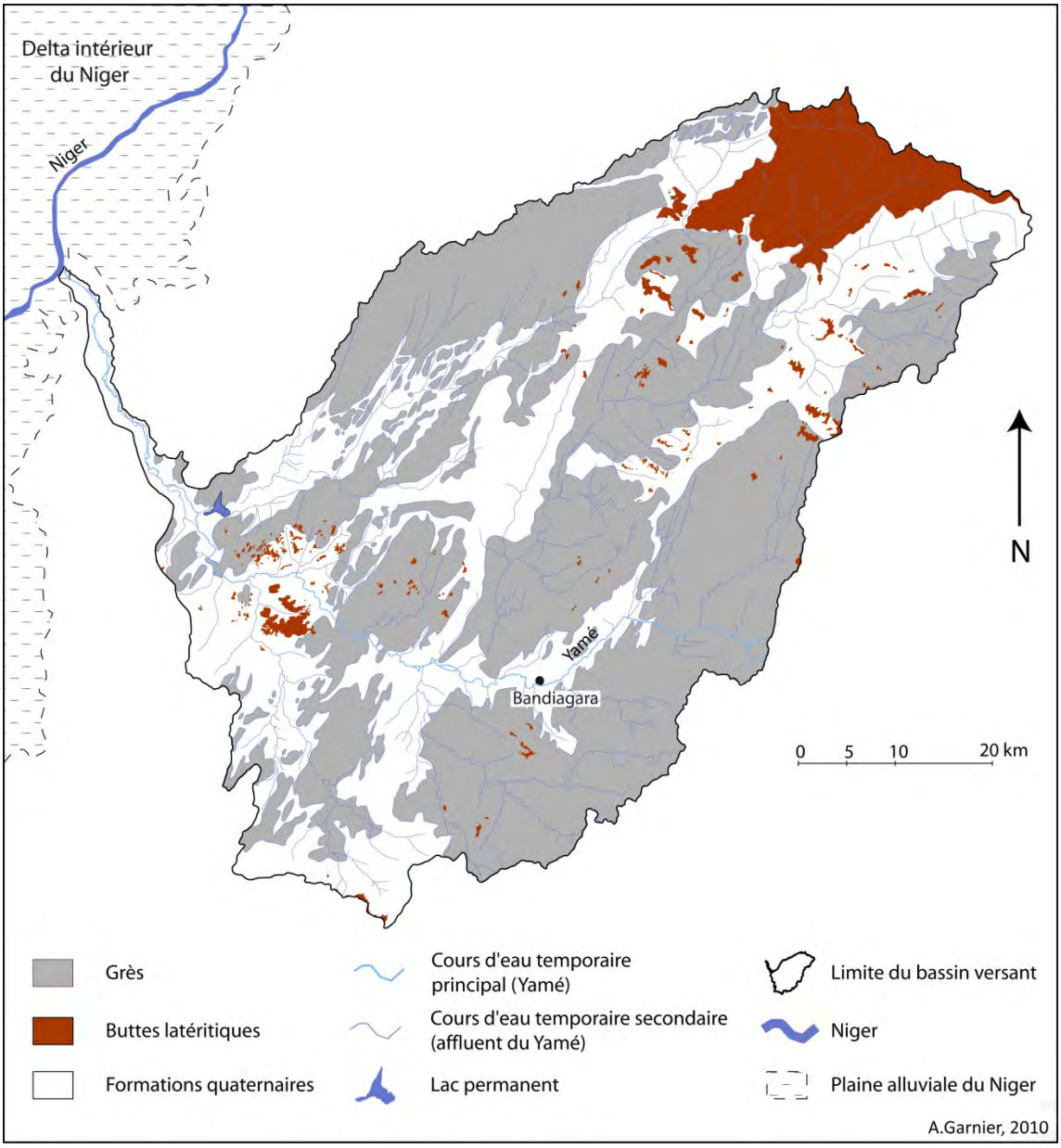


Fig. 72 - Carte géomorphologique du bassin versant du Yamé (Réalisation A. Garnier)

Yamé et de proposer une première interprétation paléoclimatique. L'importante aggradation alluviale (U1 à U7) correspond au remaniement de dépôts éoliens par les eaux courantes (Fig. 73). Elle témoigne de l'abondance des poussières éoliennes mais également de la faible efficacité des remaniements par le cours d'eau principal qui favorise le stockage dans les dépressions de la partie amont du système fluvial. Cette aggradation observée dans d'autres espaces péri-sahariens (Weisrock *et al.,* 2006) est d'abord à mettre en relation avec l'aridité du climat et la faiblesse du couvert forestier que suggère le faible pourcentage de taxons forestiers enregistré pour l'ensemble du bassin versant du Niger (Lézine et Cazet, 2005). Les résultats obtenus le long de la falaise de Bandiagara (Rasse *et al.*, sous-presse) montrent que des sables fins se déposent au pied de la falaise et des silts éoliens sur le plateau. Cependant, cette phase ne doit pas être considérée comme une période caractérisée par un fonctionnement parfaitement continu et régulier sur 25 000 ans. En effet, la sédimentation est entrecoupée, et se termine par des formations alluviales plus grossières qui peuvent être corrélées à des événements climatiques rapides (Heinrich (H) 1 à 5,) reconnus en

Afrique du nord-ouest et à l'échelle planétaire (Jullien *et al.,* 2007, Fig. 74). L'abondance hydrologique que suggère la sédimentation incline à l'associer à de courtes périodes humides comme cela a pu être largement reconnu en Afrique tropicale et équatoriale pour H2 (Morin, 2000 ; Lézine et Cazet, 2005). Cette sédimentation souvent remaniée en longs glacis au cours de l'Holocène (Rasse *et al.*, 2006) a constitué un stock sédimentaire important pour alimenter les systèmes morphogéniques holocènes.

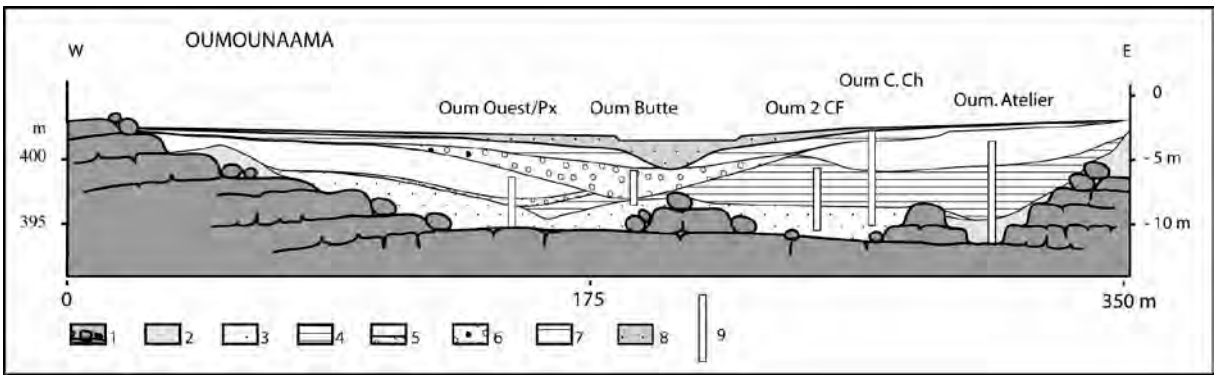


Fig. 73 - Coupe simplifiée d'Oumounaama. (M. Rasse In Lespez et al., 2008).
1 : grès ; 2 : U2 ; 3 : U3 ; 4 : U4 ; 5 : U5 ; 6 : U6 ; 7 : U7 ; 8 : formations holocènes ; 9 : coupes de référence chronostratigraphique. La localisation de la coupe est indiquée sur la figure 2.

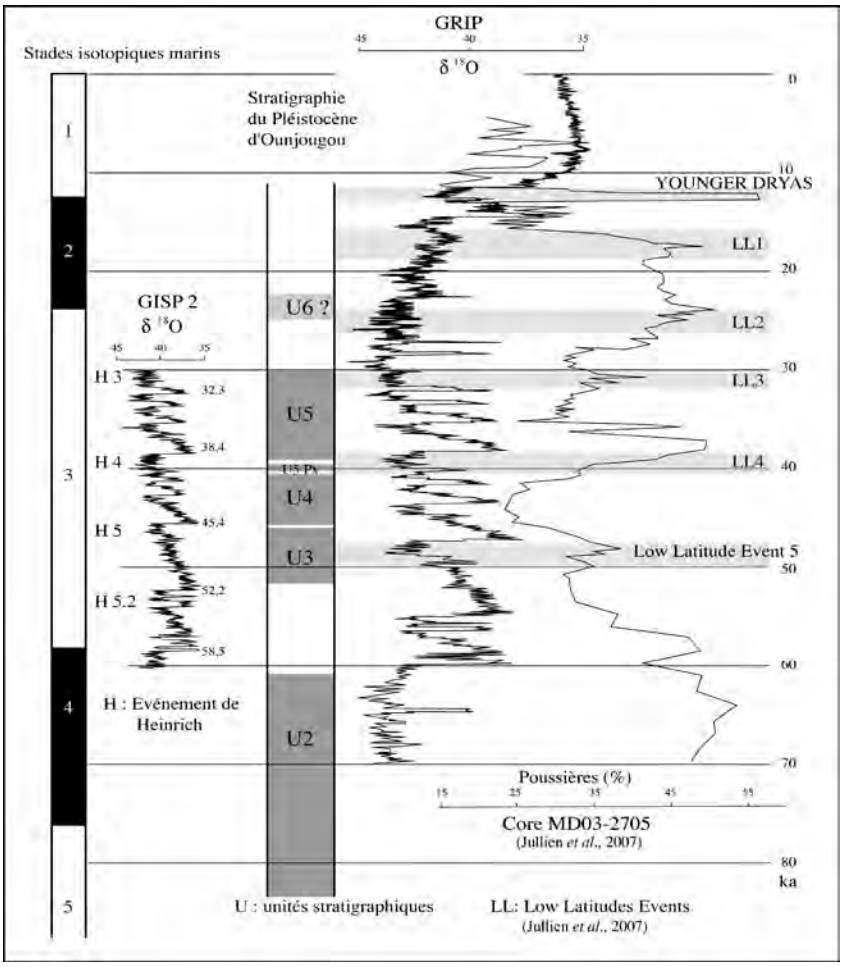


Fig. 74 -Chronostratigraphie synthétique du remplissage pléistocène d'Oumounaama et comparaison avec des données paléoclimatiques planétaires (In Lespez et al., 2008)

1.1.3. Le système fluvial

Les observations de terrain réalisées depuis 2009 combinées avec l'étude des photographies aériennes disponibles permettent de caractériser avec précision l'évolution du style fluvial du Yamé (Garnier *et al.*, in prep.). À partir de l'analyse de 4 variables principales (Fig. 57), il est possible d'identifier la succession de 6 types de tronçon (Fig. 76). Deux tronçons (1 et 4) correspondent à un chenal rectiligne incisé de plus d'une dizaine de mètres dans les grès. Caractérisés par une pente longitudinale forte (3 à 5‰) et une largeur du fond de vallée qui n'excède pas 20 m, ces tronçons sont longs de 10 à 16 km. Le deuxième tronçon est caractérisé par un chenal unique sinueux encaissé dans les formations pléistocènes alors que la pente longitudinale diminue (1,8‰). Le fond de vallée s'épanouit (environ 150 m de large) alors que le cours d'eau s'élargit mais reste faiblement sinueux. Les tronçons 3 et 5, longs de plus de 20 km correspondent à un fond de vallée plus large (200 à 300 m) qui se développe toujours dans les formations pléistocènes et favorise le développement d'une bande active large de 30 à 50 m. Vers l'aval (tronçons 6 à 8), la pente longitudinale devient très faible (0,4‰) alors que le fond de vallée s'élargit (de 400 à 1400 m). Le cours d'eau change de style puisqu'il correspond souvent à des chenaux multiples fréquemment sinueux. Dans le dernier tronçon, la plaine alluviale est soumise à la crue du Niger et se transforme ainsi en annexe du Delta Intérieur.

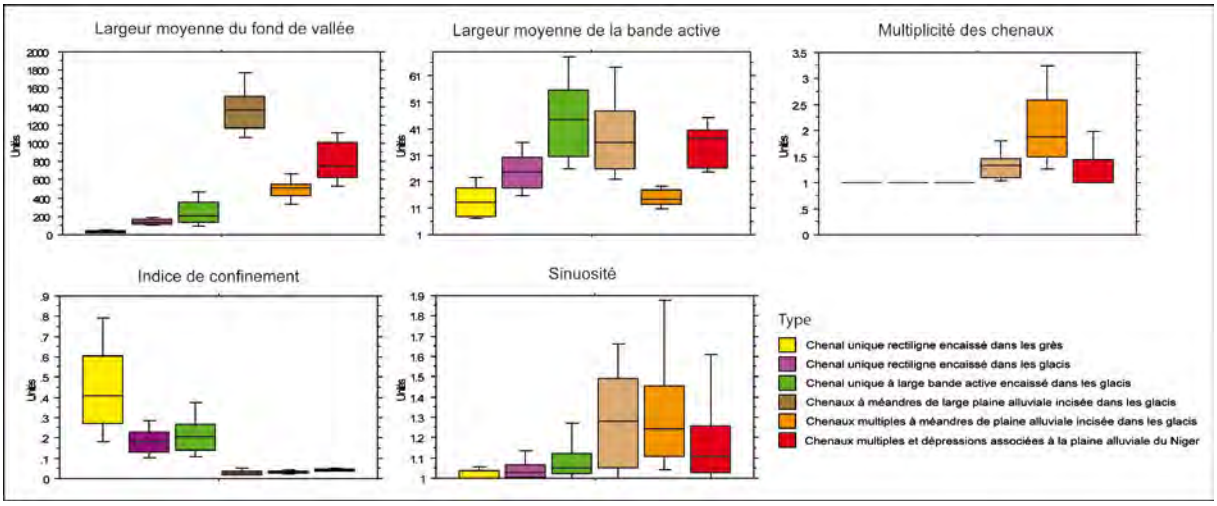
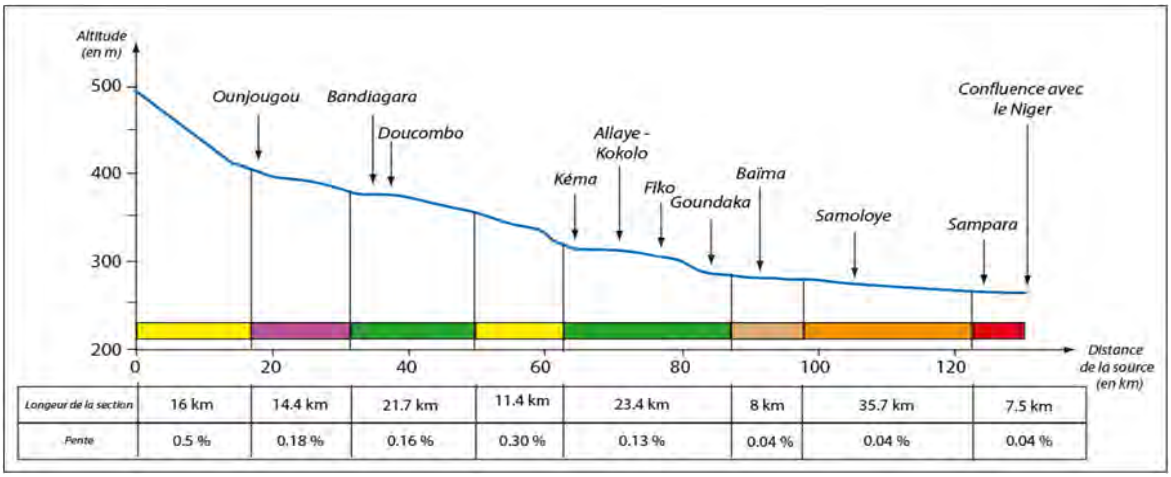


Fig. 75 - Les principales variables géomorphologiques utilisées pour la classification des types de tronçons de la vallée du Yamé (Garnier et al., in prep.)



Longeur de la section	16 km	14.4 km	21.7 km	11.4 km	23.4 km	8 km	35.7 km	7.5 km
Pente	0.5 %	0.18 %	0.16 %	0.30 %	0.13 %	0.04 %	0.04 %	0.04 %

Fig. 76 - La succession des styles fluviaux du Yamé (Garnier et al., in prep.)

Le fonctionnement hydrosédimentaire contemporain est marqué par l'irrégularité saisonnière des précipitations. Pendant la saison sèche, l'écoulement ne se maintient que dans les tronçons en gorges ou à leur aval immédiat (amont des tronçons 2 et 5) et dans la basse vallée (tronçon 8). En effet, les grès profondément diaclasés contiennent un aquifère important. Soumis aux fluctuations saisonnières, ce dernier connaît un battement de l'ordre de 10 à 15 m (Fig. 77), mais il est intercepté par le Yamé qui le draine lors de la traversée des gorges (Photo 25). Dans la basse vallée (tronçon 8), l'écoulement est soutenu par les nappes du Delta intérieur. En revanche, le reste du linéaire est à sec plusieurs mois de décembre à mai (Photo 26). Pendant la saison des pluies, les précipitations favorisent d'abord la restitution des réserves et alimentent l'aquifère. Celui-ci soutient un écoulement de base permanent tout le long de la rivière de juin à novembre (Photo 27). Les averses intenses qui interviennent régulièrement pendant cette saison peuvent être à l'origine de crues violentes comme celles de 1936 et de 2007 (Rasse *et al.*, 2006 ; Lespez *et al.*, 2011 ; Photo 28). En 2007, deux jours de précipitations intenses (sans doute plus de 200 mm) ont entrainé une crue dont le débit de pointe a pu être estimé à l'amont du tronçon 2 à plus de 100 m^3/s !

Le fonctionnement sédimentaire associé à ce fonctionnement hydrologique très irrégulier a pu être décrit avec précision à l'amont du tronçon 2 à Ounjougou (Le Drezen, 2008 ; Lespez *et al.*, 2011). Ce tronçon correspond à un fond de vallée semi-confiné car le Yamé traverse régulièrement des barres gréseuses en une succession de petites chutes et de vasques alors que la vallée s'épanouit en petite plaine d'inondation lors de la traversée des formations tendres du Pléistocène. Dans ce contexte, les crues de la saison des pluies génèrent des écoulements rapides qui engendrent de nombreuses défluviations et prennent en charge une sédimentation grossière. Celle-ci est constituée de bancs de sables et de graviers (latéraux, médians) qui se déposent le long du chenal divagant alors que la plaine d'inondation étroite est recouverte régulièrement d'épandages sableux. À la fin de la saison des pluies, le Yamé dépose des bancs de sable latéraux alors qu'il se rétrécit progressivement et que la plaine d'inondation est recouverte d'une sédimentation limoneuse plus fine dans les mares résiduelles. Pendant la saison sèche, le chenal reste alimenté par l'aquifère des grès mais la faible énergie des écoulements n'engendre plus qu'une sédimentation limono-sableuse qui drape les formes alluviales alors que les mares résiduelles de la plaine d'inondation s'assèchent progressivement et sont caractérisées par le développement de fentes de dessiccation et de liserés d'oxydation.

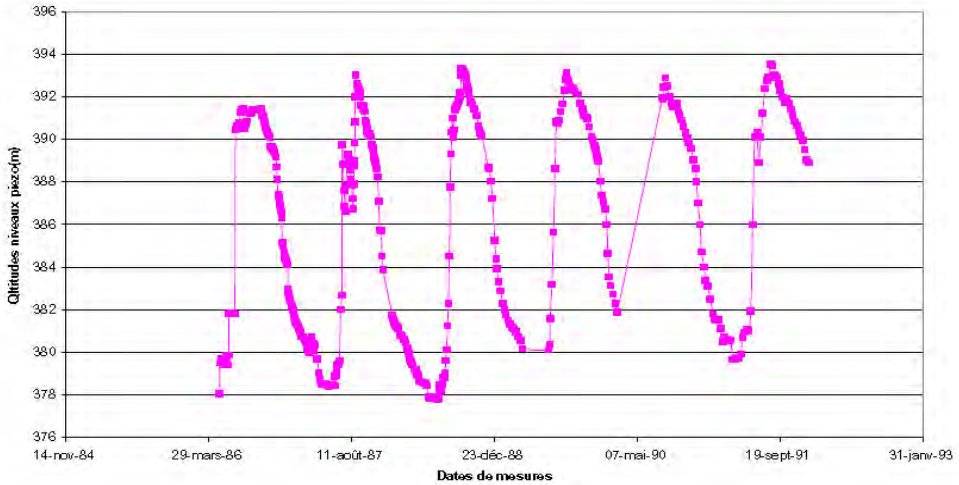


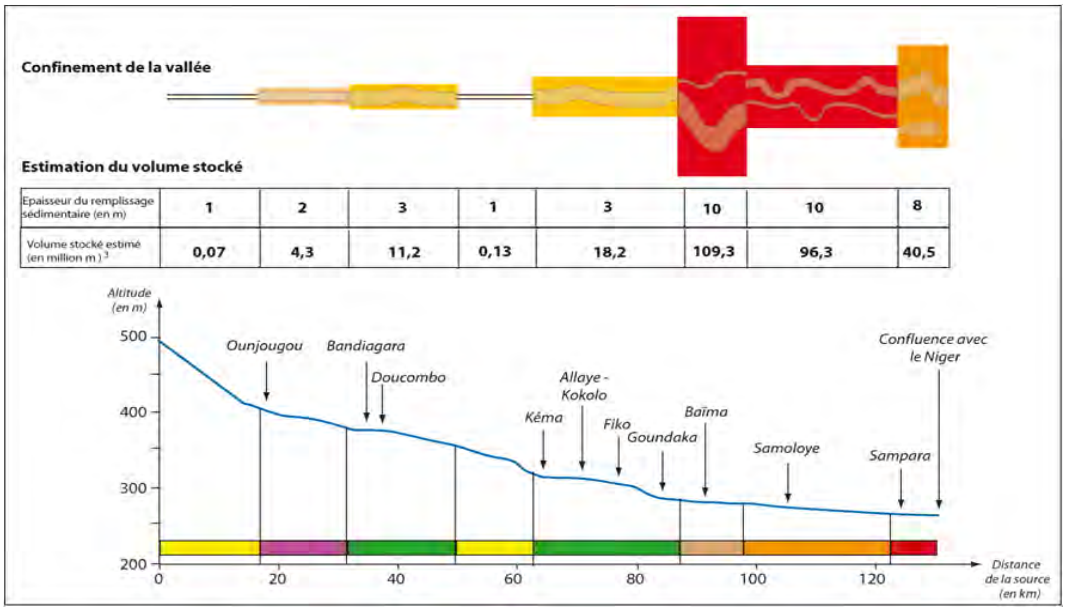
Fig. 77 - Les fluctuations du niveau piézométrique du forage de Bandiagara entre 1984 et 1993 (Cercle de Bandiagara)

Photos 25, 26, 27 - Le Yamé et ses paysages fluviaux à différents moments de l'année hydrologique. Photo 28 : Le Ménié-Ménié en crue en Septembre 2007 (Clichés L. Lespez)

Photo 29 - Le Yamé vue d'ULM en saison sèche (Cliché D. Gladsteen, 2004)

1.2. Développements méthodologiques

L'étude détaillée des sédiments holocènes a débuté à partir du début des années 1990. Elle a d'abord été centrée sur la stratigraphie du tronçon d'Ounjougou. Celui-ci doit son accessibilité actuelle à une défluviation du Yamé par auto-capture survenue en 1936 (Rasse *et al.,* 2004 et 2006). Cette modification hydrographique récente a permis à la rivière, non seulement de retrouver son tracé du début de l'Holocène, mais aussi d'inciser brutalement les formations pléistocènes et holocènes en délaissant les bancs gréseux qui limitaient son encaissement. L'érosion régressive actuelle se fait à une vitesse accélérée, comme en témoignent les missions photographiques IGN de 1952 et de 1982 et les photos prises d'ULM en 2004 (Photo 29). Elles montrent très nettement le recul annuel des têtes de vallon. L'épaisseur des formations mises en évidence est d'une quinzaine de mètres et le degré de résolution de certains horizons, notamment ceux qui sont riches en matière organique, permettent de caractériser les dynamiques hydrogéomorphologiques du Yamé avec une grande précision chronologique. Après le premier inventaire des archives sédimentaires conduit par M. Rasse (Rasse *et al.,* 2006), les nouvelles recherches ont eu pour objectif de dépasser la lecture chronostratigraphique afin de donner une interprétation plus dynamique de la sédimentation (Le Drezen, 2008 ; Lespez *et al.*, 2008 ; Le Drezen *et al.*, 2010). Une série de travaux a permis d'identifier les dynamiques paléoenvironnementales et de les croiser avec les résultats des investigations archéologiques pour chacune des grandes périodes de l'Holocène : Huysecom *et al.*, 2009 et Neumann *et al.*, 2009 pour l'Holocène ancien ; Garnier *et al.*, soumis pour l'Holocène moyen ; Le Drezen, 2008 ; Ozainne *et al.*, 2009 pour l'Holocène récent et Le Drezen, 2008 pour l'Holocène terminal. La succession de styles fluviaux a alors pu être mise en relation avec les modifications des variables de contrôle que sont le climat et la mise en valeur agricole pour l'ensemble de l'Holocène (Le Drezen *et al.*, 2010 ; Lespez *et al.*, 2011). Parallèlement, les recherches ont été étendues à l'ensemble du remplissage alluvial du Yamé dans le cadre de la thèse d'A. Garnier (en cours) et grâce au soutien de l'ANR APPD. Ces recherches, encore en cours, montrent l'importance des archives sédimentaires. Le volume stocké le long des 130 km du cours d'eau a pu être estimé à 280 millions de m^3 principalement accumulés dans les tronçons 6 à 8 qui s'affirment comme la véritable zone de sédimentation du système fluvial (Fig. 78).



Epaisseur du remplissage sédimentaire (en m)	1	2	3	1	3	10	10	8
Volume stocké estimé (en million m)^3	0,07	4,3	11,2	0,13	18,2	109,3	96,3	40,5

Fig. 78 - Remplissage alluviale de la vallée du Yamé (A. Garnier, in prep.)

Ces travaux se sont d'abord appuyés sur des recherches géomorphologiques afin de reconstituer les changements du système fluvial. Les sédiments holocènes se disposent en séquences emboîtées longitudinalement et latéralement le long du cours actuel du Yamé. La continuité des coupes observables, la forte homogénéité des faciès par grandes séquences ont permis d'identifier avec précision la géométrie des archives alluviales dans le tronçon d'Ounjougou. Vers l'aval, les observations sont plus complexes. L'observation de longues coupes est encore possible dans la zone de transfert jusque vers Fiko mais devient impossible dans la zone de sédimentation où il a fallu procéder à la mise en place de carottages organisés en transects pour définir l'architecture de la sédimentation alluviale. L'analyse des sédiments fluvio-palustres s'appuie ensuite sur une caractérisation systématique de la texture et de la structure des unités sédimentaires. Sur le tronçon d'Ounjougou, des analyses mircrostratigraphiques et micromorphologiques (Le Drezen, 2008 ; Le Drezen *et al.*, 2010 ; Lespez *et al.*, 2011) ont permis de distinguer 9 microfaciès principaux ensuite interprétés comme des éléments de l'architecture du système fluvial. Ainsi, il a été possible de distinguer les différents types de sédiments colmatant les mares de la plaine d'inondation et leur évolution post-sédimentaire (Le Drezen, 2008 ; Le Drezen *et al.*, 2010 ; Lespez *et al.*, 2011). S'appuyant sur les effets de la durée de la saison sèche sur ces sédiments, un indice de dessiccation a également pu être proposé (Lespez *et al.*, 2011).

Parallèlement aux analyses géomorphologiques, des analyses polliniques et anthracologiques ont été développées selon des méthodologies classiques (Rasse *et al.*, 2006 ; Eichhorn et Neumann, 2011). En revanche, l'étude des sédiments fluviatiles du Yamé a offert l'opportunité de développer deux nouveaux types d'analyses. Les analyses du signal incendie ont été pratiquées dans les sédiments fluviatiles du tronçon d'Ounjougou qui offrent l'opportunité de déterminer les saisons des feux et d'en déduire leur origine anthropique précoce (Le Drezen, 2008). L'étude du contenu phytolitique de la sédimentation alluviale a également été développée pour palier la faiblesse relative des autres indicateurs paléobotaniques. La méthodologie testée sur le tronçon d'Ounjougou (Neumann *et al.*, 2009 ; Garnier , in prep.) est aujourd'hui étendue à l'ensemble des archives sédimentaires alluviales de la vallée du Yamé comme je l'ai expliqué dans la partie introductive (Garnier, en cours).

Sur le tronçon d'Ounjougou, le cadre chronologique a pu être fixé avec précision grâce à 79 datations obtenues par la méthode du radiocarbone. Le turn-over rapide des particules charbonneuses a permis de développer une chronologie fine (Ozainne *et al.*, 2009) et la séquence holocène d'Ounjougou est à ce jour la séquence alluviale holocène la mieux datée en Afrique subsaharienne (Lespez *et al.*, 2011). La même méthodologie a été appliquée sur les sédiments alluviaux du reste de la vallée. Malheureusement, la faible préservation des particules carbonisées vers l'aval limite les résultats et nous a obligés à recourir à la datation de la matière organique totale sur des horizons organiques de type gytjja. Aujourd'hui, 39 nouvelles datations sont disponibles (Fig. 79). Elles ont permis de dater les séquences alluviales attribuables aux cinq derniers millénaires c'est-à-dire aux périodes de l'Holocène récent et terminal définies à Ounjougou (Garnier et al., in prep.).

L'ensemble de ces analyses permet aujourd'hui de proposer une histoire du système fluvial du Yamé que l'on peut décomposer en six temps forts.

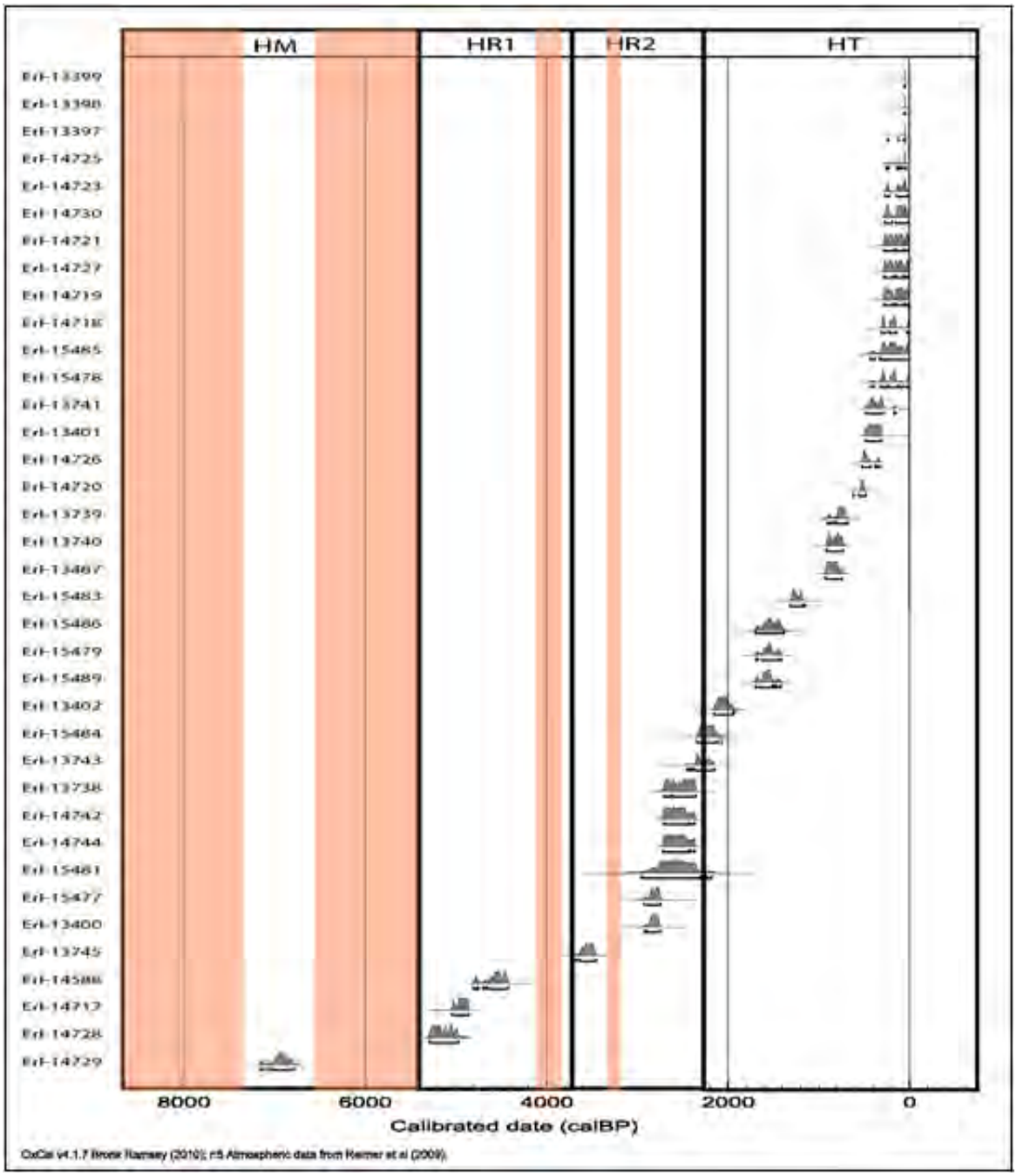


Fig. 79 - Les datations obtenues dans la vallée du Yamé hors du tronçon d'Ounjougou (réalisation A. Garnier)

2. Une rivière divagante longée par une forêt galerie au sein de paysages de savanes (9 500-6 710 av. J.-C.)

Les résultats des recherches géomorphologiques et paléoenvironnementales sont présentés dans le cadre du référentiel chronologique établi depuis 2004 à Ounjougou et régulièrement précisé depuis (Huysecom *et al.,* 2004 ; Rasse *et al.,* 2006 ; Ozainne *et al.*, 2009a,b ; Lespez *et al.*, 2011). Les découpages obtenus tiennent compte des datations calibrées et de leurs marges d'erreur établies à deux écarts-types (Tab. 6). Il est possible

de distinguer 9 phases dans la dynamique holocène du système fluvial qui peuvent être regroupées en 6 grandes périodes.

Period	Stratigraphic Unit	Subunit	Start (cal. BP)	End (cal. BP)	Number of ^{14}C dates
Early Holocene	HA1			ante 11350	-
	HA2		11350	10950	2
	HA3		10950	10050	6
	HA4		10000	8760	5
Middle Holocene	HM1		8760	7790	-
	HM2		7790	6790	6
	HM3		6790	6500	-
	HM4		6500	5320	9
Late Holocene	HR1	HR1A	5320	4650	8
		HR1B	4650	4000	14
		HR1C	4000	3720	3
	HR2	HR2A	3720	3050	9
		HR2B	3050	2900	2
		HR2C	2900	2400	4
Final Holocene	HT1		2400	1630	-
	HT2		1630	1410	1
	HT3		1320	910	2
	HT4		930	690	3
	HT5		700	450	2
	HT6		450	24	3
	HT7		Post 1936 AD		-

Tab. 6 - Chronologie et stratigraphie du tronçon d'Ounjougou (Lespez et al., 2011)

2.1. Les incertitudes de la transition Pléistocène-Holocène

Les interrogations qui demeurent sur la transition entre le Pléistocène et l'Holocène proviennent du manque de dépôts corrélatifs précisément datés. En effet, d'une part les derniers sédiments attribuables au Pléistocène (U7) n'ont pu faire l'objet de datations directes et, d'autre part aucune unité sédimentaire du bassin versant du Yamé n'a pu jusqu'à présent être attribuée à l'intervalle 13 000-9 500 av. J.-C (Lespez *et al.*, 2008). Néanmoins, il est certain que le changement climatique majeur qui caractérise la transition entre le Pléniglaciaire et l'Holocène a constitué localement une période de bouleversement majeur puisque le niveau de base de la vallée du Yamé, passant du glacis supérieur (Rasse *et al.*, 2004) à la base du ravin de la Mouche, s'encaisse d'une dizaine de mètres. Les éléments alimentant la réflexion sont donc géométriques et sédimentaires. La dernière unité sédimentaire du pléistocène (U7) est postérieure à 18 000 av. J.-C. Elle correspond à des accumulations dunaires et témoigne d'une période très sèche favorable à l'activité éolienne. Dans l'ensemble de l'Afrique sub-tropicale, la période qui semble la plus favorable à ce type de dynamique est le Pléniglaciaire supérieur entre 18 000 et 13 000 av. J.-C. (Faure *et al.*, 1986 ; Gasse, 2000). Elle correspond à une très intense activité éolienne dans le delta intérieur du Niger

(Makaske, 1998 ; Makaske *et al.*, 2007) et autour du lac Tchad, synchrone d'une extension du Sahara de plus de 700 km vers le sud (Maley, 2004). L'incision verticale considérable qui suit ces ultimes dépôts éoliens du Pléistocène témoigne de cours d'eau possédant des débits importants et une faible charge sédimentaire leur permettant d'éroder profondément le matériel pléistocène. Cette nouvelle abondance hydrologique, sans commune mesure avec celle observée au Pléistocène supérieur, y compris pendant les courtes périodes favorables aux dynamiques fluviatiles, peut être mise en relation avec la réactivation de la mousson qui intervient partout en Afrique soudano-sahélienne à partir de 13 000-12 500 av. J.-C. (Gasse, 2000 ; Lézine *et al.*, 2005). Celle-ci correspond au début de l'Optimum humide africain qui est la réponse régionale et non linéaire à l'augmentation globale de l'insolation liée aux modifications des paramètres astronomiques (deMenocal *et al.*, 2000). Malheureusement, l'absence de dépôts corrélatifs de cette période puis du Dryas récent (11 500-9 700 av. J.-C.), pourtant clairement enregistrés aux basses latitudes (Lézine et Cazet, 2005 ; Jullien *et al.*, 2007), dans la plupart des lacs africains (Gasse, 2000 ; Garcin *et al.*, 2007) et de nombreux cours d'Afrique sub-saharienne (Thomas et Thorp, 1995, 2003 ; Williams *et al.*, 2010), ne permet pas d'étudier avec précision les impacts de ces changements climatiques complexes et de grande ampleur sur le système fluvial.

2.2. L'affirmation d'un système fluvial énergique

Après une phase d'incision vigoureuse dans les formations pléistocènes, la sédimentation débute donc à l'Holocène ancien. La connaissance de cette période repose principalement sur l'étude de la partie aval du tronçon d'Ounjougou et en particulier sur les coupes qui jalonnent le passage entre le Ravin de la Mouche et le Ravin du Hibou (Fig. 80). L'attribution chronologique est définie par treize datations obtenues sur des charbons de bois (Huysecom *et al.,* 2009). Même si la première unité (HA1) n'a pu être datée directement, la sédimentation s'échelonne entre 9 500 à 6 760 av. J.-C. selon un taux de sédimentation élevé de plus de 1,5 mm/an. Elle correspond à la succession de deux larges chenaux séparés par une courte période d'incision (Fig. 81). Les formations alluviales qui dominent le remplissage des chenaux sont litées et détritiques (HA1, HA3-HA4). Constituées de sables moyens à grossiers et de gravillons centimétriques ocre-rouge ou gris, elles présentent une sédimentation oblique et parfois entrecroisée. Dans cette sédimentation grossière s'intercale une sédimentation plus fine (HA3) caractérisée par l'alternance de lits sablo-graveleux (de 1 à 3 cm d'épaisseur) et de fines passées de sables fins et de silts sableuses grises (environ 0,5 mm d'épaisseur). Les lits fins comportent de nombreux restes foliaires et des charbons de bois en position subhorizontale et un contenu phytolitique caractéristique de nappes d'eau permanentes ou temporaires indiquant le développement saisonnier de mares résiduelles dans une plaine d'inondation (Neumann *et al.*, 2009). Ces formations détritiques grossières et leur dispositif sédimentaire indiquent un lit à large bande active constituée de bancs sablo-graveleux au milieu d'une plaine d'inondation permettant l'établissement de mares temporaires. La granulométrie des séquences sableuses indique la fréquence d'écoulements de compétence supérieure à l'actuelle. L'absence de formations attribuables à cette période dans le reste de la vallée du Yamé ne permet pas encore d'étendre son interprétation vers l'aval.

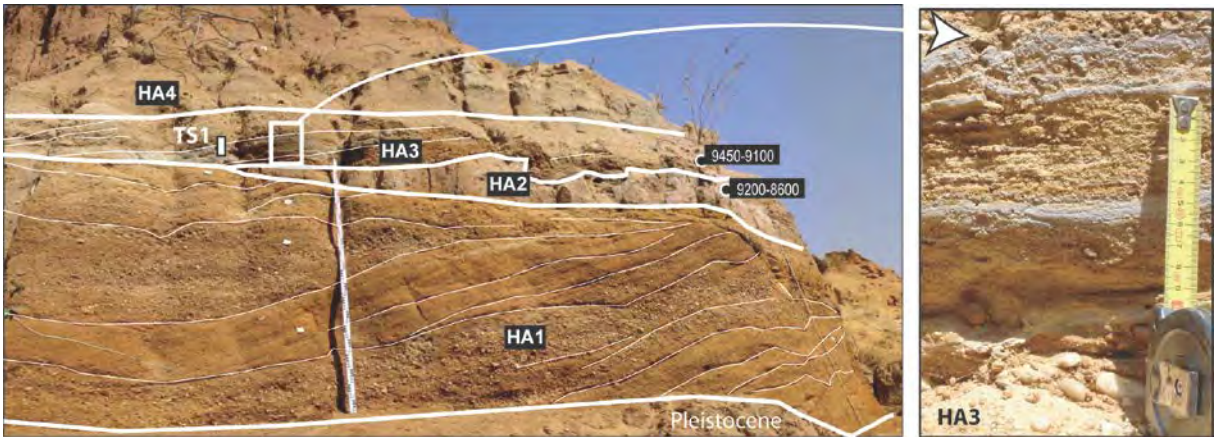


Fig. 80 - Coupe stratigraphique de la Mouche (Lespez et al., 2011)

En revanche, les informations précises recueillies à Ounjougou permettent une première interprétation de l'évolution des paléoenvironnements au cours de l'Holocène ancien. Les paléochenaux de l'Holocène ancien témoignent de l'augmentation des débits liquides alors que les écoulements contenaient une charge solide élevée. Tenant compte des calages chronologiques disponibles (*ante* 9 400 av. J.-C.), cette abondance hydrologique peut être interprétée comme la traduction de l'instauration des conditions climatiques humides du début de l'Holocène après le Dryas récent (deMenocal *et al.*, 2000 ; Lézine *et al.,* 2005). Dans le nord-ouest de l'Afrique, elle se signale en particulier par de hauts niveaux lacustres (Gasse, 2000). Cette évolution est expliquée par une réactivation rapide de la mousson qui atteindrait 14°N après 9 500 av . J.-C., soit la latitude d'Ounjougou (Garcin *et al.,* 2007). Une intensification contemporaine de l'activité alluviale a d'ailleurs été enregistrée dans les quelques cours d'eau investigués au sud du Sahara (Servant, 1983 ; Gumnior et Preusser, 2007 ; Maley, 2000 ; Williams *et al*., 2000 ; Thomas et Torp, 2003) comme dans la boucle du Niger (Makaske, 1998). L'importance de la charge solide s'explique sans doute par le développement d'une savane ouverte et peu arborée, dominée par les graminées annuelles, qui s'impose au moins à l'amont du bassin versant pendant cette période (Neumann *et al.*, 2009). En revanche, malgré les témoignages de l'installation de populations pratiquant la production de récipients en terre cuite dès le 10e millénaire av. J.-C. (Huysecom *et al.*, 2009) sans doute pour faire cuire les céréales sauvages disponibles dans les graminées de la savane alentour (Neumann *et al.*, 2009), on ne trouve pas encore de traces des conséquences des activités humaines sur les paysages et l'environnement. Alors que dans la plupart des régions d'Afrique soudano-sahélienne, l'affirmation de la période humide africaine (DeMenocal *et al.*, 2000) se traduit par une remontée durable des nappes phréatiques (Gasse, 2002), du niveau des lacs (Gasse, 2000) et des environnements fluvio-lacustres, y compris dans le delta intérieur du Niger voisin (Makaske, 1998 ; Makaske *et al.*, 2007), il faut attendre près de deux millénaires pour que celle-ci soit observée à Ounjougou. Il en est de même pour le développement des savanes soudano-sahéliennes plus denses qui pourtant s'imposent ailleurs dès le 9e millénaire av. J.-C. (Hoelzmann *et al.*, 2004). Ce décalage temporel entre les observations d'Ounjougou et celles de la plupart des zones humides soudano-sahéliennes de l'Ouest de l'Afrique a été interprété comme le délai nécessaire à la recharge des aquifères gréseux en tête de bassin versant du Yamé (Lespez *et al.*, 2011). Il confirme que le modèle de glissement latitudinal des conditions bioclimatiques liées à la remontée de la mousson peut-être compliqué par les conditions locales comme cela a d'ailleurs déjà été démontré ailleurs (Ballouche et Neumann, 1995).

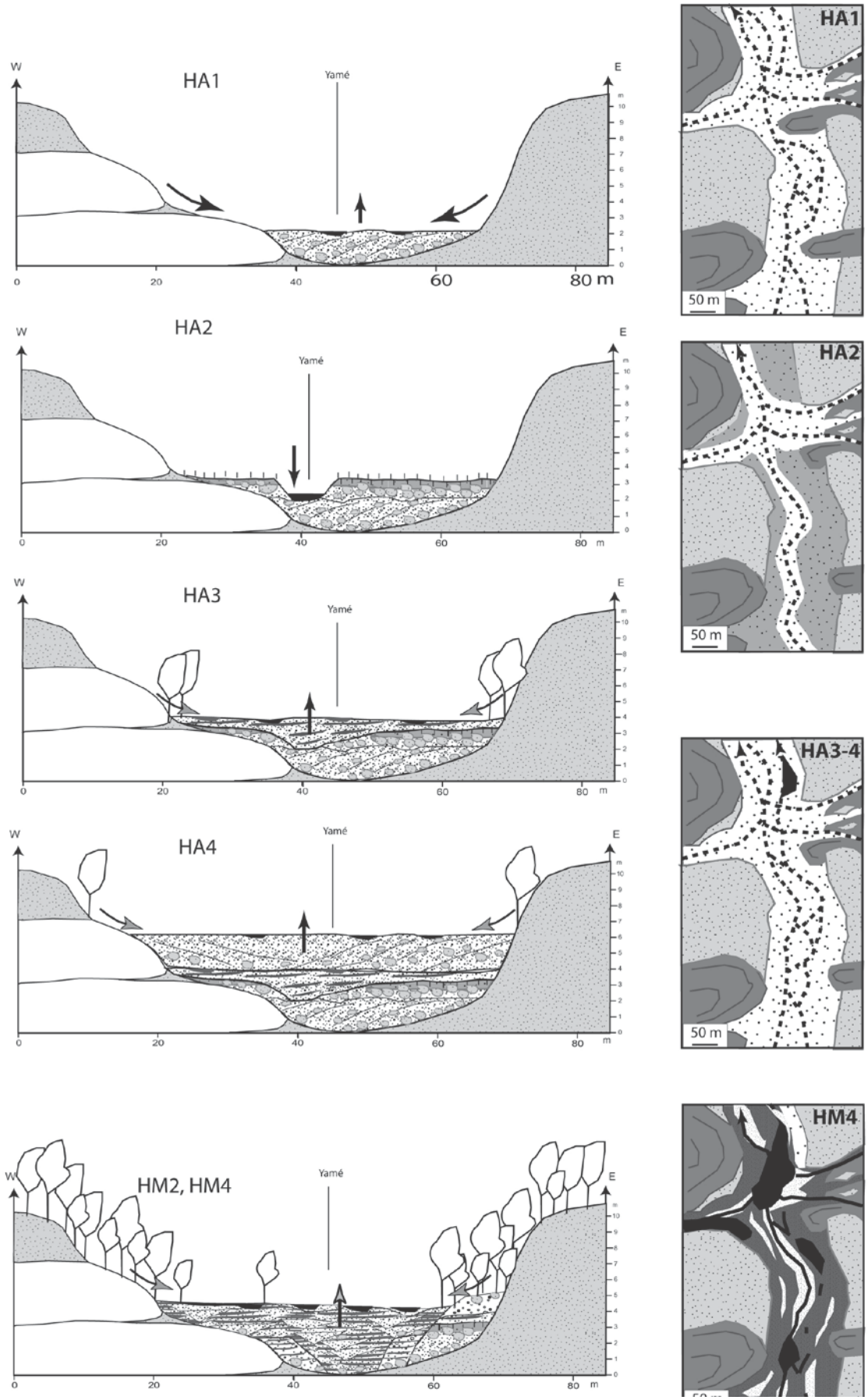
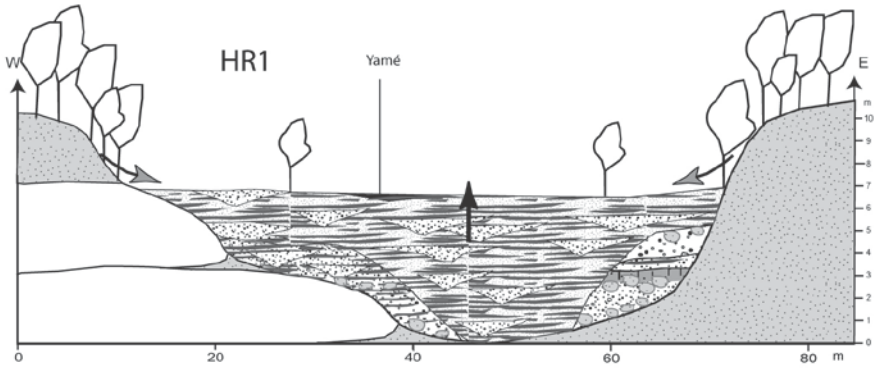
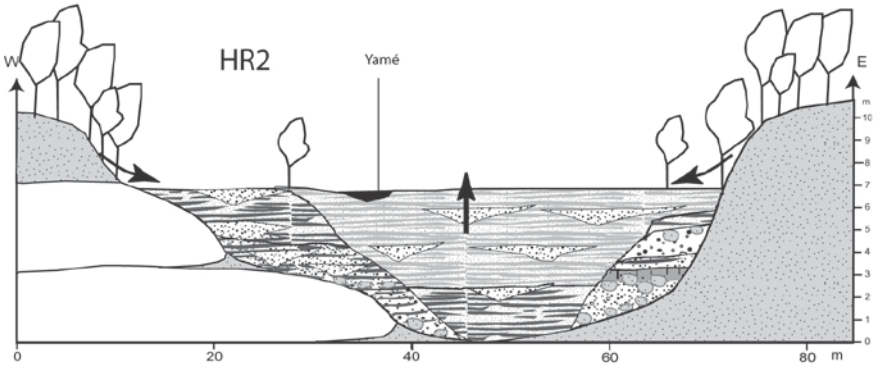
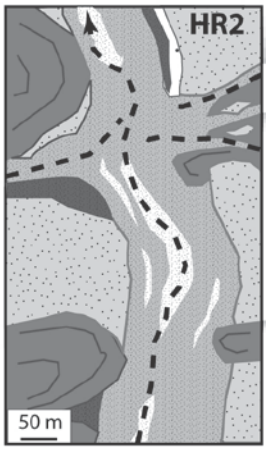


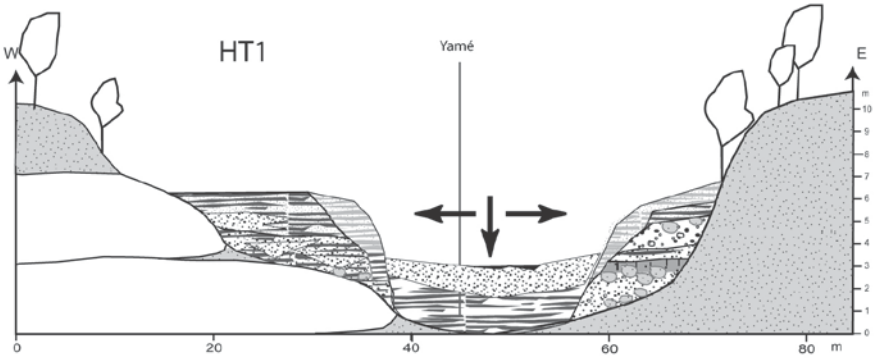
Fig. 81 - Schéma synthétique de l'évolution du système fluvial dans le tronçon d'Ounjougou (Lespez et al., 2011)

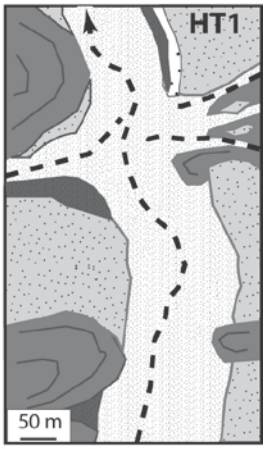

HR1
Yamé
W
E
0
20
40
60
80
m

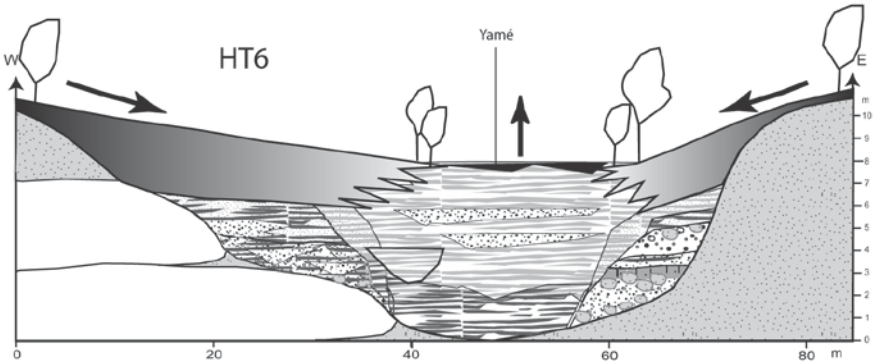
HR1
50 m

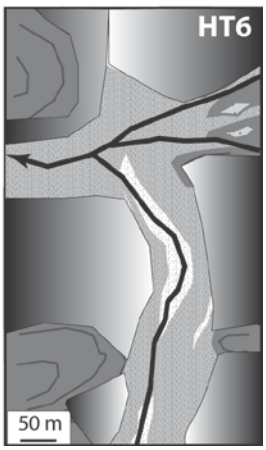

HR2
Yamé
W
E
0
20
40
60
80
m


HR2
50 m


HT1
Yamé
W
E
0
20
40
60
80
m


HT1
50 m


HT6
Yamé
W
E
0
20
40
60
80
m


HT6
50 m

À la fin de la période, le contact entre les séquences sédimentaires de l'Holocène ancien et celles de l'Holocène moyen est clairement ravinant. Il s'agit d'une des quatre incisions de premier ordre qui caractérisent le système de terrasses fluviales emboitées qui forme l'architecture alluviale dans le tronçon d'Ounjougou (Lespez *et al.*, 2011). Les datations obtenues indiquent une interruption de la sédimentation entre 6 710-5 850 av. J.-C. (Fig. 82). Ce hiatus sédimentaire est un des phénomènes majeurs de la chronostratigraphie holocène. L'absence de traces de sédimentation pendant près d'un millénaire est exceptionnelle. Elle correspond à une pulsation sèche enregistrée par la plupart des lacs et des zones humides en Afrique entre 6 400 et 6 000 av. J.-C. (Gasse, 2000) et un événement global largement attesté (Mayewski *et al.*, 2004). La comparaison avec les incisions enregistrées au cours de l'Holocène dans les régions semi-aride (Sancho *et al.*, 2008 ; Zielhofer *et al.*, 2008) et les répercussions des conséquences géomorphologiques et sédimentaires de la sécheresse des années 1975-1995 dans le Sahel (Leblanc *et al.*, 2008 ; Mahé et Pasturel, 2009) suggèrent que cette incision a été engendrée par une érosion régressive exacerbée dans la tête de bassin versant du Yamé par la faiblesse de la couverture végétale et la fragilisation des sols corrélatifs de l'aridification des paysages (Lespez *et al.*, 2011). Une deuxième incision est observée entre 9 400-9 000 av. J.-C. et correspond à une des quatre incisions secondaires observées à Ounjougou au cours de l'Holocène. Les enregistrements sédimentaires montrent le développement d'un paléosol alluvial, bien caractérisé par les analyses micromorphologiques, qui indique un chenal alluvial plus étroit bordé par une ripisylve (Neumann *et al.*, 2009). Cette diminution locale et/ou temporaire de l'activité alluviale peut-être mise en relation avec une période plus sèche enregistrée dans les sédiments marins du Golfe de Guinée (Weldeab *et al.*, 2005), à l'embouchure du Niger entre 9 400 et 9 200 av. J.-C. (Lézine *et al.*, 2005), au nord-est du Nigeria vers 9 200 av. J.C. (Wang *et al.*, 2008) et plus généralement à l'oscillation Préboréal enregistrée à l'échelle globale entre 9 400 et 9 200 av. J.-C. (Bos *et al.*, 2007).

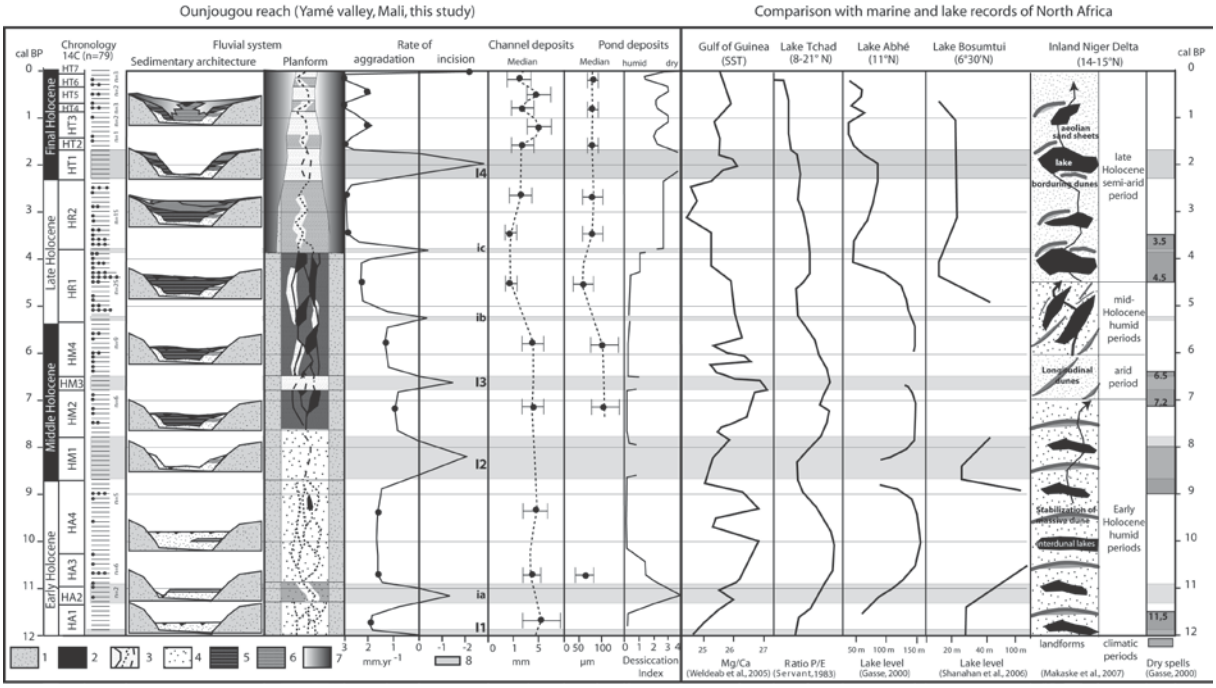


Fig. 82 - Diagramme synthétique de l'évolution du système fluvial à Ounjougou et comparaison avec les autres données paléoenvironnementales disponibles en Afrique de l'Ouest subsaharienne (Lespez et al., 2011)

3. Une vallée marécageuse aux écoulements dynamiques au sein d'une forêt-galerie et d'une savane soudanienne dense (5 800-1 720 av. J.-C.)

Les sédiments de l'Holocène moyen sont ensuite bien conservés dans le tronçon d'Ounjougou. Ils correspondent à trois chenaux successifs (HM2, HM4, HR1) possédant des caractéristiques sédimentaires proches qui indiquent une stabilité du fonctionnement du chenal même si le taux de sédimentation s'accélère avec le temps passant de 1 à 2,3 mm/an. Ces chenaux qui se mettent en place entre 5 850-1 820 av. J.-C. ont été datés grâce à 40 datations obtenues sur charbons. Ils sont aussi larges que pendant la période précédente mais la sédimentation est plus fine et son architecture change. Dans les chenaux se développe une sédimentation constituée de lits de sables moyens à grossiers alors que dans la plaine d'inondation se mettent en place des formations finement litées plus ou moins bien conservées du fait des remaniements postérieurs d'origine biologique (action des termites) ou des ravinements internes (Fig. 83). Elles montrent l'alternance de lits de sables quartzeux moyens à grossiers et de lits de limons sableux à forte teneur en matière organique carbonisée ou non (particules charbonneuses, restes foliaires, graines, …). Au sommet de ces dernières, les liserés d'oxydation sont très rares alors que les fentes de dessiccation sont généralement absentes. L'architecture et la nature des dépôts alluviaux indiquent des chenaux légèrement incisés dans une plaine d'inondation palustre qui reste humide toute l'année (Lespez *et al.*, 2011). En revanche, le début de l'aggradation alluviale enregistrée vers l'aval de la vallée du Yamé indique un chenal divaguant au sein d'une bande active caractérisée par des bancs sablo-graveleux mobiles (Garnier *et al.*, in prep.).

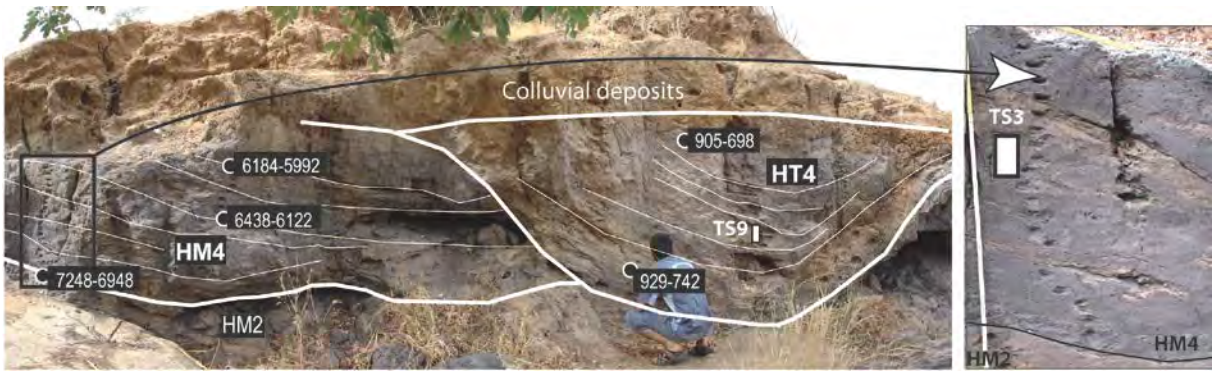


Fig. 83 - Coupe stratigraphique des coupes du Détarium (Lespez et al., 2011)

Les observations réalisées dans le tronçon d'Ounjougou convergent avec les résultats des recherches paléobiologiques qui montrent l'installation d'une forêt-galerie dense caractérisée par le développement des bambous et d'autres espèces hygrophiles à affinités guinéennes (Eichhorn et Neumann, 2011). Cette évolution correspond à la mise en charge complète de l'aquifère contenu dans les grés alors que les lacs et les zones humides connaissent leur plus grande extension dans le Delta Intérieur du Niger (Makaske, 1998 ; Makaske *et al.*, 2007) et que de nombreux lacs connaissent leur plus haut niveau dans la zone soudano-sahélienne (Gasse, 2000 ; Lézine *et al.*, 2011). Parallèlement, le développement de mosaïques paysagères correspondant à une savane forestière de type soudanienne est observé à l'amont du bassin versant (Eichhorn et Neumann, 2011) et plus généralement dans de nombreux enregistrements de la zone soudano-sahélienne (Salzmann *et al.*, 2002 ; Hoeltzmann *et al.*, 2004) alors que s'affirme le « Sahara vert » (Kuper et Kröpelin, 2006). Cette transformation des hydrosystèmes et des paysages correspond au développement généralisé des précipitations qui s'explique

par l'augmentation de la durée et l'extension spatiale de la mousson. Celle-ci se déplace vers le nord de 400 à 500 km (Lézine, 1989 ; Gasse, 2000) et atteint alors des latitudes sahariennes (Garcin *et al.,* 2007). Néanmoins, la saisonnalité reste marquée comme le montre la large bande active parcourue par des écoulements actifs qu'indiquent les sédiments observés dans les parties moyenne et aval de la vallée. À l'amont, le développement des zones humides est mis à mal pendant une courte période caractérisée par un nouveau hiatus sédimentaire entre 4 840-4 550 av. J.-C. Celui-ci est l'expression géomorphologique d'une baisse du niveau des nappes phréatiques (Lespez *et al*., 2011) correspondant à un déficit hydrologique prolongé qu'atteste la baisse du niveau de très nombreux lacs africains entre 5 250-4 550 av. J.-C. (Gasse, 2000 ; Shanahan *et al.*, 2006).

Le rôle des hommes dans la transformation des paysages végétaux de cette période est encore mal connu en grande partie parce que les sites archéologiques fouillés sont encore peu nombreux (Kouti et Huysecom, 2007). À Ounjougou, on observe un hiatus dans l'occupation entre 7 000 et 5 000 av. J.-C. environ. La fréquentation de la région est à nouveau attestée à la fin de la période. En effet, les fouilles du site du Promontoire indiquent une occupation néolithique d'origine saharienne entre 2 650 et 2 230 av. J.-C. (Kouti et Huysecom , 2007 ; Ozainne, 2011). Cette arrivée de populations d'origine septentrionale est mise en relation avec le départ des populations d'éleveurs issues des espaces sahariens du nord du Mali et en particulier de la vallée du Tilemsi qui commencent à être affectés par le début de l'aridification (Ozainne, 2011). Cette mobilité des populations est observée dans la plupart des espaces péri-sahariens (Kuper et Kröpelin, 2006) et correspond également à une affirmation de la saison sèche enregistrée par les dépôts rythmés d'Ounjougou entre 2 700 et 2 000 av. J.-C. (Lespez *et al.*, 2011). Dans le même temps, les analyses phytolitiques montrent une augmentation des Panicoideae alors que les paysages de savanes sont régulièrement parcourus par des feux de brousse (Le Drezen, 2008) qui gagnent même les bambous de la forêt-galerie (Eichhorn et Neumann, 2011). Ces informations suggèrent le développement des pratiques agropastorales le long du tronçon d'Ounjougou (Garnier *et al.*, soumis). Cependant le système fluvial demeure remarquablement stable et ces modifications précoces n'ont pas eu d'impact détectable sur l'organisation des paysages de la vallée du Yamé (Lespez *et al.*, 2011).

4. Une plaine d'inondation qui s'assèche progressivement au sein d'une savane soudano-sahélienne (1 720-450 av. J.-C.)

Les sédiments de la seconde moitié de l'Holocène récent reposent en discordance sur les formations plus anciennes. Cela indique une phase d'érosion antérieure sans hiatus sédimentaire prolongé. Les formations attribuables à l'Holocène récent 2 sont particulièrement bien développées dans le tronçon d'Ounjougou (Le Drezen, 2008) mais elles ont également été observées tout le long de la vallée du Yamé (Garnier *et al.*, in prep.). À Ounjougou, la compréhension de ces séquences repose sur l'observation en continu de coupes de plusieurs centaines de mètres de long qui montrent un changement net des faciès sédimentaires et témoignent d'une nouvelle métamorphose de la vallée du Yamé (Fig. 84). La sédimentation, dont le rythme s'accélère (2,8 à 3 mm/an), correspond à des formations litées organisées en six séquences successives caractérisées par l'alternance de lits sablo-limoneux riches en charbons et macro-restes végétaux (restes foliaires, graines) et de lits limoneux à sables fins caractérisés par un granoclassement vertical positif et comportant de nombreuses particules

charbonneuses. À leur sommet, on observe un horizon d'oxydation et des fentes de dessiccation (Le Drezen, 2008 ; Le Drezen *et al.*, 2010). La diminution de la granulométrie des chenaux et l'affirmation d'une sédimentation fine dans la plaine d'inondation indiquent la prépondérance d'écoulements lents et peu morphogènes dans une plaine alluviale caractérisée par un environnement palustre et des mares résiduelles. Cette évolution est à l'origine de la conservation d'une sédimentation rythmée dont l'interprétation apparaît clairement saisonnière d'après la comparaison avec les séquences sédimentaires contemporaines et les investigations micromorphologiques (Le Drezen, 2008 ; Le Drezen *et al.*, 2010). Seules des crues de période de retour séculaire engendrant des écoulements puissants et morphogènes entraînent des mutations dans la distribution des mares temporaires et sont responsables des changements de séquence sédimentaire. Pendant la même période, la sédimentation fine s'affirme également vers l'aval passant progressivement de bancs de sables vers Bandiagara (tronçon 3) à des sables fins limoneux vers Fiko (tronçon 5) puis à des argiles limoneuses organiques dans les zones humides de Bandiougou (tronçon 6) et de la basse vallée (tronçon 8).

La sédimentation rythmée atteste d'une augmentation de la durée et/ou de l'intensité de la saison sèche (Le Drezen, 2008 ; Le Drezen *et al.*, 2010) alors que les analyses archéobotaniques montrent la diminution progressive des taxons soudano-guinéens même si la forêt-galerie persiste (Eichhorn et Neumann, 2011 ; Le Drezen et Ballouche, sous-presse). Cette évolution de la végétation correspond au développement de savanes soudano-sahéliennes moins denses et à la baisse du niveau de l'aquifère des grès de Bandiagara qui alimente le fond de vallée. Elle peut être mise en relation avec l'ensemble des enregistrements disponibles en Afrique sahélienne et soudanienne qui témoignent d'une augmentation de la sécheresse entre 2 750 et 1 000 av. J.-C. (Ballouche et Neumann, 1995 ; Makaske, 1998 ; MacIntosh, 1998 ; Salzmann et Waller, 1998 ; Wang *et al.,* 2008). Ces observations se situent dans la continuité des recherches conduites dans le Sahara et sur ses marges qui attestent la fin progressive de l'Optimum climatique selon un gradient globalement nord-sud : vers 5 300 av. J.-C. dans le Sahara oriental (Kuper et Kröpelin, 2006), 3600-3500 av. J.-C. au Sahara central méridional (Kröpelin *et al.*, 2008), vers 3000 av. J.-C. dans les zones sahéliennes du Nigeria (Salzmann et Waller, 1998) et vers 2 500 av. J-C. sur les bords du lac Tchad (Servant, 1983). Ce mouvement d'ensemble entraîne progressivement le déplacement des grandes zones de végétation vers leurs limites actuelles (Lézine *et al*., 2005). Le maintien de zones humides dans la basse vallée du Yamé montre que l'évolution hydrologique se manifeste d'abord à l'amont du bassin versant. Cela s'explique sans doute parce que ces espaces sont prioritairement affectés par une baisse du niveau des nappes phréatiques qui ne touche pas encore les parties aval de la vallée (Garnier *et al.*, in prep.). Cette observation confirme l'hétérogénéité des réponses des hydrosystèmes aux changements climatiques globaux du fait de la complexité des facteurs de contrôle locaux (pluie, évaporation, ruissèlement, alimentation par les aquifères, …) comme cela a été clairement mis en évidence à l'échelle régionale (Salzmann *et al.*, 2002 ; Kröpelin *et al.*, 2008).

Parallèlement, les études paléobiologiques et micromorphologiques témoignent de paysages de savanes parcourus régulièrement par les feux (Le Drezen, 2008) alors que les recherches archéologiques attestent l'achèvement de la néolithisation de la région et la mise en place de nouveaux agrosystèmes (Ozainne, 2011). Le développement des pratiques agricoles est attesté par la découverte de graines de mil dans la sédimentation du fond de vallée (Eichhorn et Neumann, 2011) en relation avec le site archéologique des Varves puis de Kelisogou (Ozainne *et al.*, 2004, 2009 ; Ozainne, 2011). Le site des

Varves révèle les premiers vestiges d'habitat fossilisé sous les alluvions du Yamé. Ceux-ci correspondent aux bases de murs d'un habitat saisonnier alors que les structures fossoyées du site plus tardif de Kelisogou indiquent vraisemblablement un hameau de culture (Ozainne, 2011). La découverte de haches polies et de matériel de broyage confirme le caractère agricole des occupations de cette période. Ces premiers témoignages d'agriculture sont contemporains du développement des économies agricoles observées au cours de la première partie du 2e millénaire av. J.-C. dans d'autres régions d'Afrique soudano-sahélienne (Breuning et Neumann, 2002a, b ; McIntosh, 2006 ; Kahlleber et Neumann, 2007). Ce développement fait suite à l'apparition des plantes cultivées sur la frange sud du Sahara, comme dans la vallée du Tilemsi, dans la seconde moitié du 3e millénaire av. J.-C. (Manning, 2010 ; Manning *et al.*, 2011) et soutient l'hypothèse que l'apparition de l'agriculture dans les zones soudano-sahéliennes correspond à une introduction par des populations de pasteurs septentrionaux (Smith, 1992 ; Neumann, 2005 ; Ozainne, 2011). Malheureusement, il n'existe pas encore de preuves claires du développement du pastoralisme dans la vallée du Yamé. En revanche, pour la première fois, les conséquences de ces activités sur les paysages et l'environnement sont clairement identifiées. Les travaux de Y. Le Drezen (2008) montrent une fréquence annuelle des feux de brousse qui ne peut avoir qu'une origine anthropique alors que la combinaison des analyses du signal incendie et des études micromorphologiques des dépôts rythmés atteste de feux précoces, déclenchés dès la fin de la saison des pluies, qui ne peuvent pas avoir une origine naturelle (Le Drezen, 2008). De plus, la conjonction de l'assèchement du climat et de la pratique de l'incendie a du affaiblir durablement la couverture végétale et favoriser l'érosion des sols expliquant les premières traces de colluvionnement et l'accélération de la sédimentation dans le fond de vallée (Lespez *et al.*, 2011).

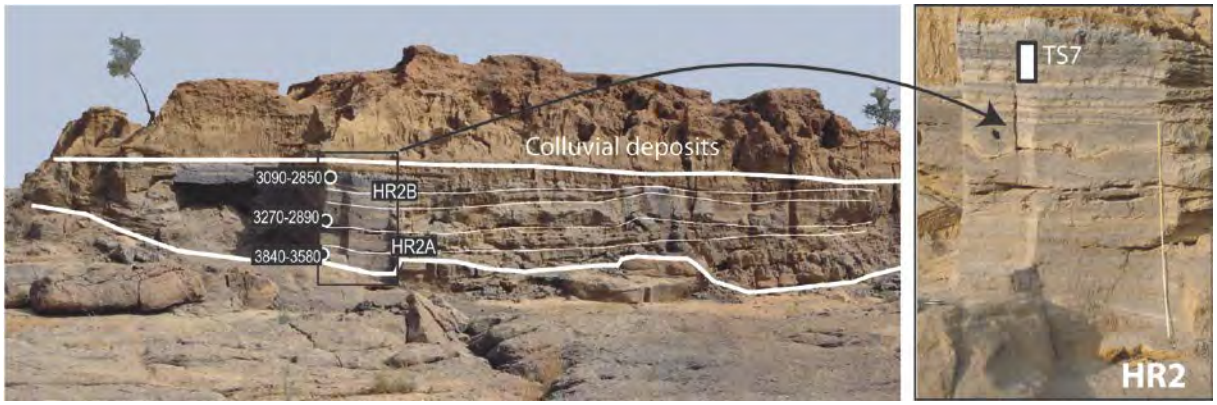


Fig. 84 - Coupe stratigraphique des Varves (Lespez et al., 2011)

5. Un fonctionnement torrentiel significatif d'une aridification profonde dans un monde qui change (450 av. J.-C.-250 ap. J.-C.)

À la fin de l'Holocène Récent 2, l'ensemble de la sédimentation du Yamé est affecté par un changement important. À l'amont, dans le tronçon d'Ounjougou, se développe la dernière grande phase d'incision de l'Holocène (Lespez *et al.*, 2011). Vers l'aval, les unités sédimentaires attribuables à cette période sont limitées mais les informations disponibles montrent également des changements importants. Alors que dans la moyenne vallée, la sédimentation détritique se poursuit ; dans le delta intérieur, la sédimentation organique qui dominait à la fin de la période précédente est ravinée par une sédimentation sableuse qui indique une bande active plus large et le développement

d'écoulements torrentiels. Les facteurs à l'origine de ces transformations sont proches de ceux évoqués pour la première grande phase d'incision qui marque l'Holocène ancien. En effet, après la tendance progressive à l'aridification observée au cours de la période précédente, la deuxième partie du 1er millénaire av. J.-C. correspond à un nouvel assèchement brutal attesté par la baisse rapide et importante des niveaux lacustres et des modifications de la végétation en Afrique tropicale (Lézine, 1989 ; Gasse, 200 ? ; Shanahan *et al.*, 2006 ; Ngomanda *et al.*, 2009). Ces transformations ont également des répercussions sur les grands organismes fluviaux comme le Sénégal ou le Niger qui sont caractérisés par une diminution notable des débits liquides (McIntosh, 1998 ; Makaske, 1998 ; Bouimetarhan *et al.*, 2009). Le développement de l'activité torrentielle liée à des crues rapides et brutales est à l'origine d'une baisse du niveau des nappes phréatiques et d'une incision du système fluvial à l'amont. Celle-ci engendre le transfert de sédiments fluviatiles grossiers dans la moyenne vallée qui viennent recouvrir les zones humides de la période précédente dans la basse vallée.

Pendant cette période, aucun site archéologique n'a pu être identifié sur le plateau de Bandiagara et les indices d'occupation demeurent limités dans la plaine du Séno (Mayor *et al.*, 2005 ; Ozainne, 2011). Cette faiblesse est observable dans la plupart des régions sahéliennes à l'exception notable du Delta intérieur du Niger et des abords de quelques dépressions au nord-est du Burkina-Faso (Mayor *et al.*, 2005). En fait, l'aridification semble responsable d'un repli des populations vers les zones humides. Dans le Delta Intérieur, la croissance de la population correspond également au développement progressif de gros village aux maisons de terre et au développement d'une riche économie de subsistance basée sur la culture du riz, du sorgho, du millet, la pêche et l'élevage des moutons et des chèvres (McIntosh et McIntosh, 1980 ; Mayor *et al.*, 2005). Aux abords des mares d'Oursi et de Kissi, au nord-est du Burkina-Faso, on observe une intensification du pastoralisme, une diversification des cultures et le développement d'un véritable système agroforestier qui accompagne le processus de sédentarisation. Dans les deux cas, on observe également le développement de la métallurgie. L'ensemble de ces transformations indique la mise en place progressive d'un nouveau complexe technico-économique qui correspond au passage à l'âge du Fer dans l'ensemble de la zone soudano-sahélienne (Ozainne, 2011).

6. Une vallée au fonctionnement irrégulier au sein d'espaces agricoles (350-1930 ap. J.-C.)

Les deux derniers millénaires sont d'abord marqués par le développement généralisé des formations colluviales. Elles s'imposent dans le tronçon d'Ounjougou où elles entrainent la formation du glacis supérieur qui vient recouvrir progressivement les formations fluvio-palustres plus anciennes (Lespez *et al.*, 2011). Le fond de vallée se réduit et la sédimentation alluviale n'est préservée que de manière discontinue et rend difficile son interprétation. Néanmoins, trois unités (350-550, 1 050-1 250, 1 500-1 925 ap. J-C.) préservées localement indiquent une plaine d'inondation caractérisée par des mares temporaires et parcourue par des écoulements énergiques. L'architecture de ces dépôts et les faciès sédimentaires indiquent une situation marquée par une saisonnalité affirmée proche de celle observée au cours du 2e millénaire av. J.-C. et à l'heure actuelle (Lespez *et al.*, 2011). Les unités intermédiaires plus grossières indiquent une large bande active et une plaine alluviale plus réduite (Lespez *et al.*, 2011). Vers l'aval, le développement du colluvionnement s'accompagne d'une aggradation rapide des plaines alluviales dans la moyenne et la basse vallée. Le remblaiement alluvial attribuable au

dernier millénaire et demi atteint de 2 à 4 m et confirme l'importance du colluvionnement et du remaniement longitudinal des sédiments détritiques qui semblent s'accélérer avec le temps (Garnier *et al.*, in prep.). Les observations indiquent des zones humides latérales d'ampleur réduite au sein d'un système fluvial à forte mobilité dont le fonctionnement se rapproche de la situation contemporaine avec des périodes d'accalmies assez longues et des successions d'événements morphogènes comme ceux des hivernages de 1936 et de 2007. Dans la basse vallée, les zones humides au fonctionnement saisonnier s'imposent selon un schéma proche également de l'actuel.

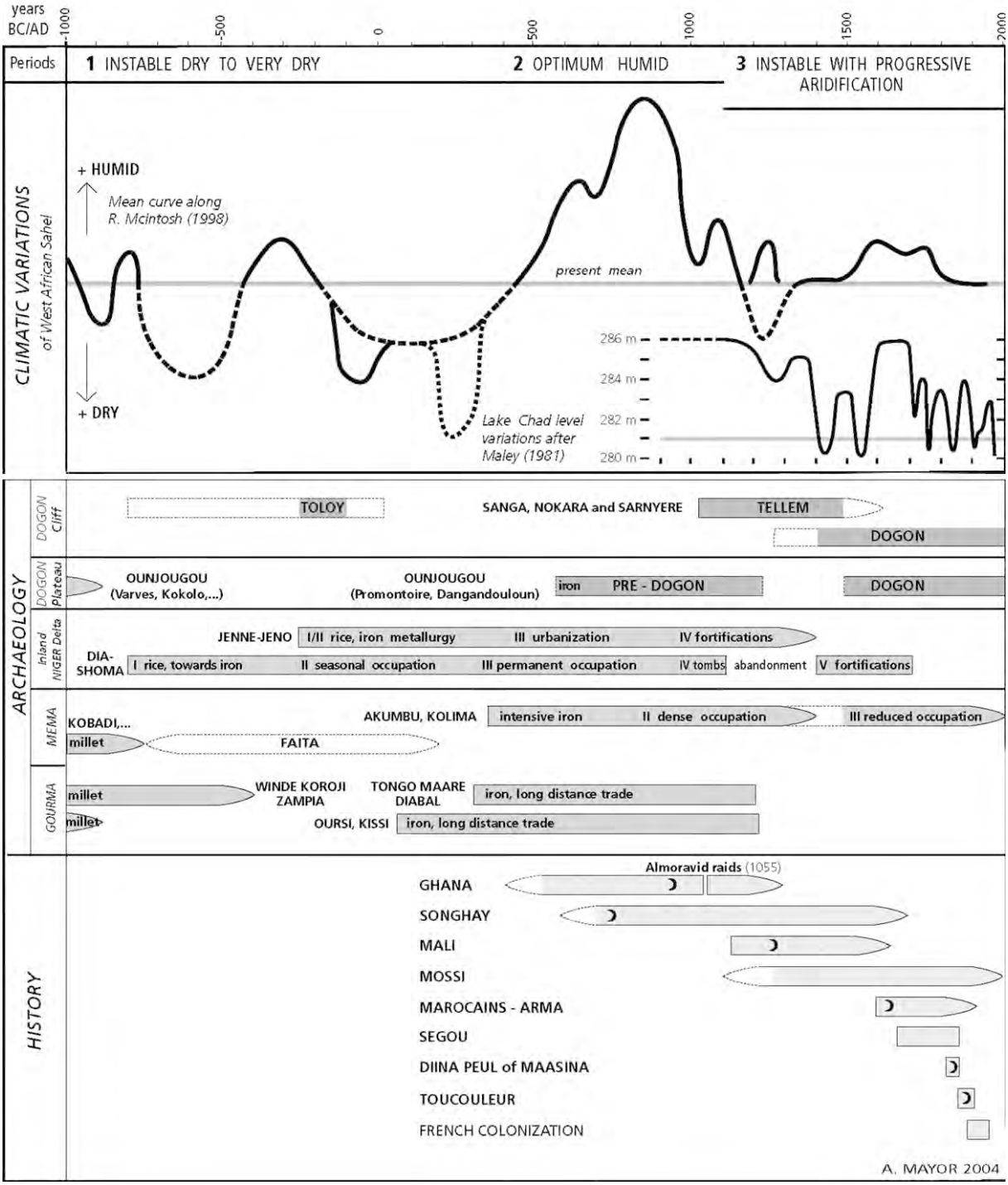


Fig. 85 - Schéma des variations climatiques et des occupations humaines dans le Pays Dogon et dans les régions voisine (Mayor et al., 2005, modifié)

Cette transformation du système fluvial sous l'afflux de sédiments colluviaux s'explique par la transformation profonde des paysages du bassin versant (Lespez *et al.*, 2011). Le développement des paysages agraires est attesté par les recherches archéobotaniques qui montrent l'essor des espaces cultivés, des jachères mais également des espèces buissonnantes et arbustives caractéristiques des sols dégradés par l'intensification des pratiques agricoles et le déboisement (Höhn *et al.*, 2004 ; Eichhorn et Neumann, 2011). L'essor démographique et économique est précoce dans le Delta intérieur du Niger marqué par une densité maximale d'occupation, le développement de la métallurgie, une spécialisation économique et l'émergence de l'urbanisation entre 700 et 900 ap. J.-C. alors que se construisent les premiers empires ouest africains (Mayor *et al.*, 2005, Fig. 85). Situé aux portes du Delta Intérieur du Niger, le plateau de Bandiagara fut progressivement peuplé par des populations Pré-Dogon mais celles-ci demeurent encore mal connues malgré le développement récent des recherches archéologiques (Mayor *et al.*, 2005). La période Dogon débute entre le 13e et le 16e siècle d'après les sources orales et les témoignages archéologiques alors que c'est l'ensemble des régions de la boucle du Niger qui connait un renouvellement du peuplement (Mayor *et al.*, 2005). La multiplication des sites archéologiques témoigne dès lors d'une augmentation de la population et de la mise en valeur du plateau. Celle-ci est contemporaine du développement de la métallurgie dont le Pays Dogon est un des grands centres de production en Afrique de l'Ouest (Robion-Brünner, 2010). Ses effets sur la végétation sont également importants comme en témoignent les études anthracologiques. On assiste ainsi progressivement à l'émergence de paysages agraires qui correspondent vraisemblablement aux agrosystèmes anciens encore détectables aujourd'hui dans le paysage. Autour des villages groupés, l'organisation concentrique des terroirs et la gestion collective ne devaient ménager que quelques bois résiduels protégés par des interdits religieux alors que l'ensemble de l'espace était mis en valeur par l'agriculture. Les champs contigus des auréoles proches laissant progressivement la place aux jachères longues et aux champs de brousses à quelque distance des villages. À partir du 15e siècle au moins, le Pays Dogon situé entre le royaume de Ségou au nord-ouest, les royaumes Mossi au sud et l'Empire Songhay à l'est, subit les vicissitudes de l'histoire. Celles-ci jouent sans doute alors un rôle aussi important que celle du climat pour expliquer l'expansion ou la rétraction des paysages agraires (Mayor *et al.*, 2005).

7. Les dynamiques contemporaines

La colonisation, la croissance démographique et l'intégration de l'Afrique de l'Ouest dans la sphère globale achèvent la transformation des paysages agraires. La pression démographique favorise une intensification agricole qui entraine la réduction des jachères et le développement des parcs à Faidherbia (Le Drezen et Ballouche, 2009). Parallèlement, la disponibilité en eau des fonds de vallée a contribué à les remettre au cœur des agrosytèmes. Elle a favorisé le développement de jardins irrigués d'abord à la calebasse et aujourd'hui de plus en plus par les motopompes (Photo 30). Il s'agit parfois de véritables constructions artificielles puisque non seulement les fonds de vallées sont mis en culture mais également les barres de grès qui les dominent après un apport de terre. Ces cultures maraichères, où domine largement la culture de l'oignon, possèdent des rendements qui sont parmi les plus importants d'Afrique de l'Ouest (Photos 30 à 34). Cette culture spéculative introduite dès le début du 20e siècle marque l'entrée de l'ensemble des campagnes du Pays Dogon dans une économie numéraire même si les

productions vivrières demeurent fondamentales pour les populations locales. Ces transformations économiques et paysagères se font au prix d'un prélèvement des ressources en eau très important mais malheureusement il n'est pas sûr que ce modèle qui favorise aujourd'hui une amélioration des conditions de vie soit durable pour l'environnement comme pour les populations locales.

Photos 30 à 34 - Les paysages du maraichage dans le fond de vallée du Yamé (Clichés L. Lespez)

TROISIEME PARTIE : DE L'ANTHROPISATION DE LA FACE DE LA TERRE A CELLE DES SYSTEMES FLUVIAUX

La restitution de l'évolution des systèmes fluviaux et des paysages de vallées au cours des dix derniers millénaires met en évidence la succession de grandes périodes. Celles-ci s'expliquent par les interactions de plusieurs facteurs de contrôle. Les changements hydrologiques, d'origine continentale ou marine, affectent les conditions physiques qui caractérisent les fonds de vallée. Le développement des actions humaines de prélèvement, puis surtout de production, est responsable de l'émergence de nouvelles formes paysagères dans les bassins versants, qui suscitent elles-mêmes des mutations du fonctionnement des systèmes fluviaux. Ceux-ci sont finalement soumis à un aménagement direct « au fil de l'eau » qui conduit à la construction de systèmes en grande partie artificiels. Dans cette dernière partie, c'est le poids des sociétés humaines et du rôle qu'elles ont joué depuis le Néolithique sur l'environnement ainsi que la question de l'articulation de ce dernier avec les autres facteurs de contrôle que nous allons maintenant examiner à travers **la question de l'anthropisation**.

Le terme d'anthropisation vient du grec *anthrôpos* qui signifie homme ou être humain et du suffixe –*isation* indiquant un processus qui induit un changement. La définition la plus couramment acceptée désigne un processus de modification de l'espace terrestre (George, 1993) ou des milieux géographiques (Berque, 2003) par l'effet de l'action des hommes. Ce terme s'est imposé dans la recherche française depuis les années 1970 à la fois par les recherches sur l'érosion qualifiée d'anthropique (Neboit-Guilhot, 1983/2010) et par celles sur les géosytèmes envisagés comme anthropisés à la totalité de la surface du globe (Beroutchachvili et Bertrand, 1978 ; Bertrand et Bertrand, 1991 et 2002). Pour C. et G. Bertrand (1991), le terme possède un sens générique. Il s'attache à l'interface entre les processus matériel et immatériel et permet d'étudier des objets et des processus hybrides qui ne sont plus ni naturels, ni sociaux. En revanche, pour A. Berque (2003), l'anthropisation ne peut être appréhendée qu'en relation avec deux autres termes : **l'hominisation et l'humanisation**. L'hominisation renvoie à la paléoanthropologie et à l'étude de l'homme en tant qu'espèce alors que l'humanisation est étudiée par les sciences humaines et prend en compte le point de vue phénonoménologique, et donc la valeur et le sens de l'environnement pour l'être humain. Ces distinctions qui tiennent compte de l'organisation des champs scientifiques me semblent poser question. Je ne discuterai pas de la distinction entre hominisation et anthropisation n'ayant pas de compétences pour traiter de cette question. En revanche, la seconde distinction me semble plus problématique. Elle n'est pas fondée étymologiquement et conduit à réaffirmer une différence entre une anthropisation réduite aux « *processus de modification des réalités biophysiques par l'action humaine* » telle que le propose *in fine* le dictionnaire dans lequel s'insère la définition d'A. Berque (Levy et Lussaut, 2003) alors que l'humanisation intégrerait la part proprement humaine (phénoménologique pour l'essentiel) de la relation entre la Nature et l'Homme. Cette proposition a pour inconvénient d'encourager une vision duale des relations Homme/Nature puisque l'homme en tant qu'agent serait appréhendé par le processus

d'anthropisation alors que l'homme en tant que sujet ne pourrait être appréhendé que par le processus d'humanisation. Cette distinction prend le risque de réintroduire une césure ontologique là où la nécessité est de proposer une position qui permette de penser la coévolution des systèmes biophysiques et sociaux (Van der Leeuw, 2003) et d'intégrer l'idée de Nature au cœur des sciences sociales comme le souligne d'ailleurs M. Lussaut (2003) dans le même dictionnaire. Il me semble même qu'elle contredit en partie la pensée d'A. Berque (1994) pour lequel l'une et l'autre sont indissociables puisque l'anthropisation procède d'un sujet qui définit son action (aménagement) en fonction de la représentation qu'il a de son environnement. D'ailleurs, Il revient d'ailleurs sur cette question à propos d'un ouvrage rapprochant la philosophie de E. Husserl et les travaux de A. Leroi-Gourhan, en affirmant que « *l'hominisation (l'évolution du corps), l'anthropisation (transformation du milieu par l'homme) et l'humanisation (transfiguration du milieu par le symbole) sont non seulement allées de pair, mais se sont co-engendrées* (Berque, 2010). Ce processus englobant n'est malheureusement pas nommé par A. Berque (2003 et 2010) mais l'auteur décrit un mouvement d'ensemble possédant plusieurs facettes et rejoint pour l'essentiel, me semble-t-il, la définition de l'anthropisation proposée par C. et G. Bertrand (2000). Même si j'ai bien conscience d'avoir mené des recherches concernant la définition étroite de l'anthropisation que donne A. Berque (2003), c'est aujourd'hui dans le cadre d'une acceptation élargie de la notion d'anthropisation telle que définie par C. et G. Bertrand et telle que pensée par A. Berque (hominisation + anthropisation + humanisation) que je me situe.

Dans cette partie, je vais tenter de croiser les informations obtenues dans les différents espaces d'étude en proposant une réflexion d'ensemble articulée en trois chapitres. Dans un premier temps (Chap. 4), elle sera centrée sur la question des interrelations entre les systèmes biophysiques et l'action des sociétés, entre la Nature et la Culture. Ce premier chapitre conduira à poser la question de la temporalité de la production des paysages humanisés contemporains et de la prise en charge des contraintes environnementales par les sociétés. Le second chapitre (Chap. 5) traitera, lui, spécialement des systèmes fluviaux. L'accent sera mis sur la question générale de leur anthropisation et de ses temporalités. Ce sera alors l'occasion d'aborder la question du détritisme d'origine anthropique et de son expression selon l'organisation spatio-temporelle des systèmes et de leur fonctionnement hydrologique. Enfin, le dernier chapitre (Chap. 6) sera consacré à l'apport des connaissances sur le temps long pour la gestion des cours d'eau et des paysages contemporains. Ces chapitres n'ont pas pour objectif de proposer une pensée aboutie et définitive sur les questions abordées mais d'engager une réflexion à partir des expériences de recherche que j'ai menées au cours de ces douze dernières années en ouvrant la confrontation à des recherches récentes conduites en géographie et dans les disciplines voisines. Au-delà des maladresses qui ne manqueront pas de surgir du fait des limites de mes connaissances et de ma compréhension des phénomènes et surtout du champ des idées, l'objectif est de tracer une perspective qui conduise à renouveler pour partie mes recherches.

CHAPITRE 4 : ANTHROPISATION DE LA SURFACE TERRESTRE ET INTERACTIONS SOCIETES/MILIEUX

La néolithisation est souvent présentée comme une « révolution » dans l'histoire des sociétés humaines. À partir des recherches effectuées et en élargissant le champs des références, ce chapitre se propose d'examiner ce que change la néolithisation dans les rapports entre les groupes humains et leur environnement, mais il tentera également de montrer comment les facteurs biophysiques pèsent sur le développement des sociétés agropastorales. Il a ainsi pour objectif de proposer une lecture des relations entre l'environnement et les sociétés qui se sont succédées depuis le Néolithique. Tout d'abord, l'examen des conséquences du développement de l'agriculture et de l'élevage montre l'importance des transformations sur les milieux biophysiques mais il souligne également leur complexité. Nous montrerons ainsi la diversité et la complexité des processus d'anthropisation de l'espace avant d'évoquer la genèse des paysages culturels tel que nous les envisageons aujourd'hui. Dans, un deuxième temps, nous examinerons la question du déterminisme environnemental sur la mise en valeur de l'espace et les mutations sociales en nous appuyant sur les travaux conduits en Grèce puis en tentant d'élargir la réflexion.

1. Introduction : les relations Nature/Société à partir du Néolithique

1.1. Néolithisation

La définition du Néolithique et de la néolithisation est toujours au centre de nombreux débats. Dans un premier temps, nous prendrons en compte celle qui est le plus souvent adoptée. Depuis les travaux de G. Childe (1928), ce qui est fréquemment qualifiée de « révolution » dans l'histoire des sociétés humaines, correspond à deux éléments majeurs, la domestication des plantes et des animaux que viennent compléter selon des calendriers variables dans les différentes régions du globe la sédentarisation, l'invention de la céramique et des innovations dans l'outillage lithique (haches polies, pointes de flèche, …).

1.1.1. En Europe et dans le monde méditerranéen

En Europe et en Méditerranée, la néolithisation est issue du Proche-Orient où elle émerge à la fin du 9e millénaire av. J.-C. Le premier changement se manifeste par la sédentarisation des populations du Croissant Fertile avec l'apparition des premiers hameaux et villages au cours du Natoufien (Néolithique acéramique A : PPNA, 12 500-10 200 av. J.-C.). Dans un second temps (Néolithique acéramique B, PPNB), la taille des villages s'accroit alors qu'apparaissent les premières plantes domestiquées à la fin du 9e millénaire av. J.-C. (Willcox, 2005 et 2011). La domestication des céréales et des légumineuses intervient sans doute de manière indépendante dans deux foyers, l'un situé dans le sud-est anatolien/moyen Euphrate et l'autre au sud du Levant (Willcox, 2005). C'est également au cours du PPNB, mais plus d'un millénaire plus tard, que se développe l'élevage. La domestication du mouton, de la chèvre, du bœuf et probablement du porc apparaît sur le versant sud du Taurus vers 8 500 av. J.-C. (Vigne, 2009). Cependant, les recherches de plus en plus approfondies pratiquées par les archéobotanistes et les archéologues montrent la complexité du processus. Il est caractérisé par des phases de tâtonnement et correspond en fait à un « *processus lent, complexe voire récurrent, étendu sur plusieurs millénaires* » (Vigne, 2009). C'est ainsi que

la domestication des céréales et des légumineuses se développe en plusieurs phases. Sur 12 sites du PPNA, la mise en culture des céréales et des légumineuses est aujourd'hui attestée mais leur domestication, attestée, en particulier, par les transformations morphologiques, n'intervient qu'au milieu du 10e millénaire av. J-C., soit plus d'un millénaire plus tard (Willcox *et al.*, 2008 ; Willcox, 2011). La domestication de l'élevage suit également un long processus caractérisé par plusieurs phases qui débutent sans doute dès le PPNA, au cours du 11e millénaire av. J-C. (Zeder, 2008 ; Vigne, 2009). En revanche, dans le Croissant fertile, les techniques néolithiques ne supplantent la cueillette et la chasse qu'à la fin du PPNB moyen et au début du PPNB récent soit entre 8 300-6 900 av. J-C. (Aurenche, 2009 ; Vigne, 2009). Ainsi,quatre millénaires s'écoulent entre les premières initiatives des populations natoufiennes et le développement d'écosystèmes anthropiques (Vigne, 2009). Ces transformations en lien avec un fort accroissement démographique (Bocquet-Appel, 2009) sont responsables d'une évolution cruciale de l'humanité. Toutefois, tout ne s'étant pas déroulé au même temps ni au même endroit, le terme de « révolution » doit être nuancé surtout si on souhaite comparer cette transformation à d'autres révolutions aux processus et aux conséquences infiniment plus rapides comme la Révolution industrielle (Aurenche, 2009 ; Vigne, 2009).

1.1.2. En Afrique de l'Ouest

En Afrique, la situation apparaît plus complexe encore (Fig. 86). La domestication des animaux intervient d'abord au Sahara et dans la vallée du Nil au cours du 9e millénaire av. J.-C. Cette domestication des bovins est indépendante du foyer proche-oriental mais reste isolée. Elle n'est réaffirmée et renforcée au Sahara qu'au cours des 7e et 6e millénaires av. J.-C suite à la remontée de la vallée du Nil des populations paysannes issues du foyer proche-oriental (Holl, 2009 ; Linseele, 2010). Cette diffusion s'achève au cours du 2e millénaire av. J.-C. en Afrique soudano-sahélienne (Kahlheber et Neumann, 2007 ; Ozainne, 2011). La domestication des plantes ne présente pas une histoire parallèle. Malgré l'attestation de la pratique de la cueillette intensive dont celle du Sorgho, la domestication des plantes n'est pas enregistrée au Sahara pendant les premières étapes du développement de l'élevage. Issue du Proche-Orient, elle reste cantonnée à la vallée du Nil et ne franchit pas le Sahara sauf vers l'est du continent et très tardivement (Linseele, 2010). Un foyer autonome de domestication des céréales (mil) se développe au sud du Sahara au cours du 2e millénaire av. J.-C. et gagne peu à peu l'ensemble de la zone soudano-sahélienne (Kahlheber et Neumann, 2007 ; Ozainne, 2011). Cette histoire différenciée de la domestication des plantes vivrières et de l'élevage pose plusieurs problèmes. Elle montre l'existence de populations d'éleveurs-chasseurs-collecteurs ne pratiquant pas l'agriculture au moins jusqu'au 7e millénaire (Linseele, 2010). Cette situation s'expliquerait par la grande richesse et productivité des plantes sauvages de la savane africaine qui n'auraient pas nécessité le développement de la domestication (Neumann, 2003 et 2005). Elle expliquerait également le développement précoce, dès le 10e millénaire av. J.-C., de la céramique afin de pouvoir conserver et surtout cuire des céréales non panifiables (Huysecom *et al.*, 2009 ; Neumann *et al.*, 2009).

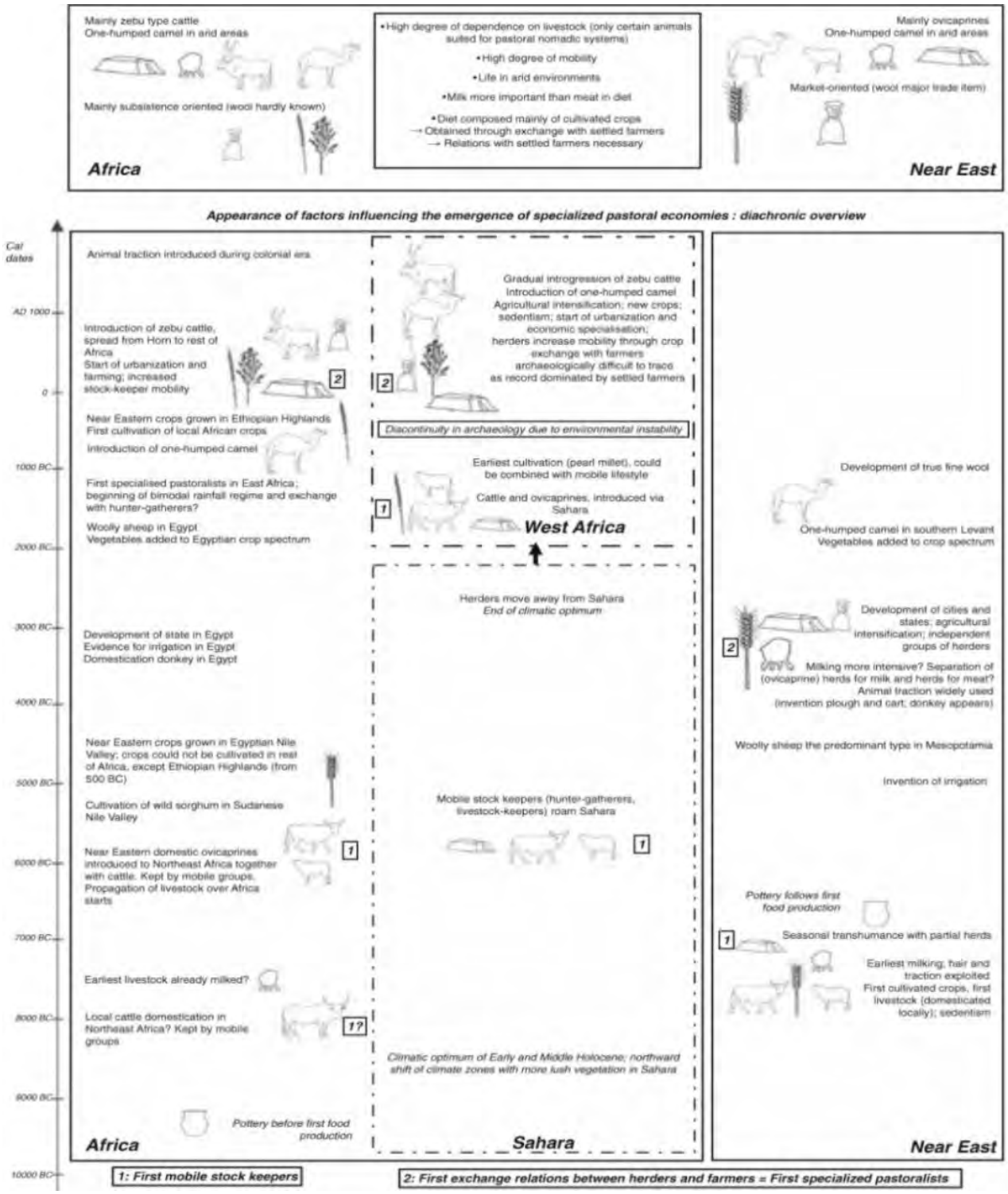


Fig. 86 - Comparaison des caractéristiques du pastoralisme en Afrique et au Proche Orient et émergence du pastoralisme spécialisé (Veerle, 2010)

Du 2e au 1er millénaire av. J.-C., les recherches récentes suggèrent que l'expansion de l'agriculture à partir des marges méridionales du Sahara, fut le fait de groupes pratiquant l'ensemble du spectre des activités agropastorales à l'image de ce qui a pu être observé au Proche Orient (Linseele, 2010 ; Ozainne, 2011) avant qu'une nouvelle spécialisation ne s'enclenche au cours des deux derniers millénaires. Cette spécialisation est toujours la règle pour les sociétés traditionnelles en Afrique soudano-sahélienne. Les groupes humains pratiquent une activité principale qui forme l'identité du groupe mais

ils sont également très mobiles et passent facilement d'une activité de prédation (chasse, pêche) à une activité de production qui peuvent chacune être localisées dans des espaces différents (Gallais, 1984). Cette situation rend très difficile l'interprétation du statut des sites archéologiques retrouvés (permanent, temporaire, saisonnier) et le risque est grand de survaloriser les sites des agriculteurs sédentaires et de sous-estimer les autres activités et les groupes qui les pratiquent comme le souligne E. Huysecom (2007). Ainsi, au sud du Sahara, la longue période qui s'étend du 10e au 3e millénaire av. J.-C. est caractérisée par des populations produisant de la céramique mais ne pratiquant ni l'élevage, ni l'agriculture. Cette situation s'expliquerait par l'abondance et la productivité des plantes sauvages qui auraient pu ralentir le processus de domestication en Afrique soudano-sahélienne (Neumann, 2003 et 2005). Du fait des transformations dans l'appréhension du milieu par les sociétés qu'elle indique, cette longue période de cueillette intensive et peut-être même de culture sans domestication, à l'image de ce qui a été observé dans les premières phases de la néolithisation au Proche Orient (Willcox, 2011), justifierait pour certains chercheurs l'identification d'un Néolithique ancien africain (Huysecom, 2007). Cette proposition encore largement rejetée aujourd'hui (Breuning, 2007) a néanmoins le mérite de souligner qu'en Afrique encore plus qu'au Proche-Orient la néolithisation fut un processus lent complexe dont la temporalité et les modalités furent loin d'être révolutionnaires.

1.2. Néolithisation et anthropisation de l'espace

Les facteurs déclencheurs de la néolithisation au Proche Orient sont toujours longuement débattus (voir par exemple Verhoeven, 2004). Les théories se sont succédées et s'appuient sur trois types principaux de facteurs d'explication. Les plus nombreuses et les plus anciennes font jouer au changement de l'environnement un rôle crucial. La coïncidence entre la néolithisation et le changement climatique global qui affecte la fin du Tardiglaciaire et le début de l'Holocène ont stimulé les recherches et les modèles explicatifs (voir par exemple, Braidwood, 1960 ; Bar-Yosef et Meadows, 1995 ; Sheratt, 1997 ; Hillman *et al.*, 2001 ; Willcox *et al.*, 2009). Ces modèles sont concurrencés ou complétés par des modèles où les facteurs sociaux et culturels jouent le rôle primordial. Dans ce cas, c'est dans la société que se trouvent les sources du changement. La pression démographique, les progrès techniques, le développement de surplus et la multiplication des échanges sont envisagés tour à tour ou conjointement comme des facteurs ayant permis l'émergence de la néolithisation (Verhoeven, 2004). Pour d'autres enfin, le processus témoigne d'une transformation préalable des esprits, d'une mutation mentale des hommes de ce temps. Pour J. Cauvin (1997, p. 96), « *Il fallait vouloir changer. Une telle volonté n'a pu venir que de cette zone du psychisme collectif d'où émergent nos insatisfactions et où s'élaborent les transformations de la culture, qui n'ont pas forcément de raison économique pour fondement* ». Cette explication s'appuyant sur une révolution préalable, celle des symboles, attribué au PPNA a eu le mérite de remettre en cause les modèles s'appuyant de manière univoque sur un déterminisme externe (environnement, démographie) mais elle possède également ses propres limites qui ont fait l'objet de nombreuses discussions (Verhoeven, 2004). Ainsi la question des causalités reste posée même si aujourd'hui les modèles univoques sont rejetés et que les explications s'orientent plutôt vers l'analyse de la combinaison de processus au sein de démarches holistiques qui intègrent explicitement la part des contingences.

Même si le débat sur la néolithisation au Proche Orient comme en Afrique est toujours très actif et révèle l'ampleur du problème posé, la question des conséquences

de la Néolithisation sur les milieux semble de prime abord plus facile à traiter. Les pratiques de prédation (chasse, pêche, cueillette) des populations épipaléolithique et mésolithique ont pu avoir très tôt des impacts sur les espèces végétales et animales prélevées et modifier la biodiversité. Les recherches menées au Proche Orient, en Afrique de l'Ouest comme en Europe occidentale montrent que les pratiques de chasse et de cueillette intensive accompagnées de prélèvement d'espèces arborées et arbustives (« *forest management* »), de défrichements localisés, d'incendies volontaires ont également pu affecter l'organisation biogéographique autour de certains sites archéologiques épipaléolithiques ou mésolithiques (voir par exemple Richard (dir.), 2004 ; Huysecom, 2007 ; Innes *et al.,* 2010 ; Willcox, 2011). Cependant, les travaux effectués au Proche Orient soulignent que le développement des économies agropastorales amorce un changement non pas vraiment de la nature du rapport à l'environnement mais surtout de degré dans l'intensité et le rythme des interventions humaines sur les milieux (Digard, 2009). Les nouvelles pratiques agricoles et pastorales sont responsables du développement d'espaces cultivés et de la transformation de la couverture végétale sur les terrains de parcours. De plus, elles sont concomitantes d'une transition démographique qui favorise un accroissement de la population et qui contribue, en retour, à nourrir la mise en culture et le développement de la production animale (Bocquet-Appel, 2009). L'initiation de ce cycle de croissance des pratiques de production correspond donc non seulement à un changement d'intensité dans les pratiques humaines mais également à un changement d'échelle dans leur étendue spatiale. Le rôle limité des pratiques de prélèvement de la flore et de la faune sauvage renforce l'idée d'une transformation de l'environnement qui devient progressivement une « *production sociale* » (Perlès, 2001) et témoigne de la « *domestication de l'espace* » (Chapman, 1988) par les sociétés complexes du Néolithique ancien. Ainsi la domestication des espèces animales et végétales apparaît comme une évolution qui témoigne d'une emprise géographique croissante des groupes humains à la surface de la terre. En ce sens et comme le souligne J.-D. Vigne (2009), elle marque le passage d' « *écosystèmes anthropisés* » à des « *écosystèmes anthropiques* » et le début d'une anthropisation irréversible et durable de l'espace aussi bien au Proche Orient que dans le Monde méditerranéen et en Afrique de l'Ouest. Ce sont ses modalités et les facteurs qui contrôlent sa mise en œuvre que nous allons examiner à partir des exemples pris dans les différents espaces étudiés.

2. La néolithisation et la transformation des milieux biophysiques

Les travaux entrepris en Grèce du Nord et en Normandie permettent de montrer la complexité et la variabilité du processus d'anthropisation depuis le Néolithique.

2.1. Les sociétés, principal moteur de l'évolution de l'environnement et des paysages des vallées bas-normandes

En Normandie également, l'émergence des pratiques agropastorales est le processus majeur qui installe durablement les sociétés au premier rang des facteurs de contrôle des dynamiques paysagères. Les modalités mises en évidence dans le Chapitre 2 stimulent la réflexion sur la complexité de ce processus.

2.1.1. Le Mésolithique : des conséquences écologiques sans transformation paysagère

Les nombreuses analyses des pollens fossilisés dans les archives naturelles des basses vallées de l'Orne, de la Dives, de la Seine ou des marais de Carentan, montrent des pourcentages très élevés de pollens d'arbres ou d'arbustes, souvent supérieurs à 80% entre 6500 et 5200 av. J.-C. Elles suggèrent que c'est dans une Normandie profondément sylvestre qu'ont vécu les populations du second Mésolithique. Il semblerait que les forêts denses qui caractérisaient l'ouest de l'Europe n'étaient idéales ni pour la cueillette ni pour la chasse aux herbivores et que les populations mésolithiques aient tiré parti de ces milieux en faisant preuve d'une « *assez forte mobilité jalonnée à la fois par des sites de vastes superficies (sites d'agrégation ou camp de base) et des haltes de chasse (par exemple en abri sous roche)* » à l'inverse des milieux littoraux qui auraient pu favoriser des habitats sédentaires ou semi-sédentaire de plus grande importance (Marchand, 2009). Cependant, les résultats polliniques obtenus renvoyant, d'abord, aux paysages de fonds de vallée, des plaines littorales ainsi qu'aux versants et aux rebords de plateaux qui les dominent immédiatement, l'état du couvert forestier sur les interfluves et les plateaux demeure moins bien cerné. Au-delà des limites liées à la représentativité spatiale des archives et des indicateurs utilisés, les discussions sur la fragmentation et la densité des forêts du début de l'Holocène sont récurrentes aussi bien en France que plus généralement dans l'ouest de l'Europe (Berglund *et al.*, 1996 ; Vera, 2000 ; Bradshaw, 2003 ; Fyfe, 2007 ; Whitehouse et Smith, 2010). Outre-Manche, des études récentes (pollens, microrestes non-polliniques, insectes et signal incendie) permettent aujourd'hui de rejeter l'idée de paysages dominés par des parcs forestiers comportant des étendues herbeuses importantes (Vera, 2000) et suggèrent, au contraire, des environnements forestiers ponctuellement altérés par les chasseurs-cueilleurs de la fin du Mésolithique (Fyfe, 2007 ; Whitehouse et Smith, 2010). Localement, l'ouverture de la forêt par des incendies a été mise en évidence. Certains de ces incendies ont pu être volontairement allumés ou entretenus (Simmons, 1975 ; Ryan et Blackford, 2010) pour entrainer le développement de pâturages (Innes *et al.*, 2010 ; Ryan et Blackford, 2010) favorables aux grands mammifères (cerf, chevreuil, sanglier) chassés par les populations mésolithiques (Ghesquière et Marchand, 2010). Parallèlement, la collecte préférentielle de certaines espèces arborées ou arbustives et de leurs fruits a également contribué à altérer la composition des forêts d'origine. Certains évoquent même le développement de véritables pratiques de gestion locale de la couverture arborée et arbustive même si les preuves manquent encore pour les caractériser précisément (Ryan et Blackford, 2010).

Dans un environnement régional forestier, les vallées ont pu abriter des paysages plus ouverts comme l'attestent certains diagrammes polliniques réalisés en Basse-Normandie (Limondin *et al.*, 2005) et dans les espaces voisins (Brown, 1999 ; Leroyer, 1997 ; Whitehouse et Smith, 2010). Ils montrent des fonds de vallée où la ripisylve s'éclaircit et cède la place à des zones humides avec leur couverture de graminées et de cypéracées adaptées à l'hydromorphie. Des paysages plus ouverts ont également pu se développer sur certains sommets de versants aux pentes raides et aux sols superficiels. En dehors de l'espace régional, les vallées semblent avoir constitué des espaces de peuplement privilégiés comme dans le Bassin de Paris, en Poitou-Charentes et le long de la Seine et de la Loire par exemple (Ghesquière et Marchand, 2010). Elles offraient des ressources spécifiques (halieutiques en particulier) dont on sait qu'elles ont été abondement exploitées par les populations mésolithiques (Ghesquière et Marchand, 2010). Cette attractivité explique le développement de petits habitats sur les terrasses

dominant les cours d'eau et des atteintes locales significatives au couvert végétal. À la fin du Mésolithique, celles-ci sont parfois accompagnées de l'enregistrement d'incendies comme dans la vallée moyenne de la Seine (Leroyer, 2004) et les espaces littoraux du Sud du massif Armoricain (Visset *et al.*, 2004). Les enregistrements polliniques contiennent même ponctuellement des grains de céréales (Richard (eds.), 2004 ; Joly et Visset, 2009) qui posent la question d'une pratique précoce de la céréaliculture qui fait encore débat aujourd'hui au-delà de l'espace français (Behre, 2007). Cependant, en l'absence de preuves archéologiques (cortège de graines carbonisées par exemple) retrouvées au sein des sites archéologiques mésolithiques, il semble raisonnable de rejeter pour l'instant l'idée d'une agriculture mésolithique (Behre, 2007). En Basse-Normandie, les preuves d'une fréquentation récurrente des espaces littoraux sont multiples mais elles manquent toujours pour attester une fréquentation assidue des vallées au cours du Mésolithique. Mise à part, la vallée de l'Orne, leur faible largeur n'a pas permis la préservation de terrasses alluviales étendues favorables à l'installation des communautés de chasseurs-cueilleurs. Il est néanmoins possible que les sommets des versants et certains espaces de plateau au couvert végétal plus ouvert aient constitué des axes privilégiés du peuplement régional au cours de la seconde partie du Mésolithique.

2.1.2. Du Néolithique à l'âge du Bronze

C'est donc dans un environnement forestier que les premières populations néolithiques s'installent en Basse-Normandie. Les premiers témoignages archéologiques ont été trouvés dans un paléosol sous le monument funéraire de La Hoguette au sud de Caen (Caillaud et Lagnel, 1972) mais leur attribution chronologique (5800-5500 av. J.-C.) et culturelle pose toujours problème (Jeunesse, 1986 ; Chancerel *et al.*, 1992). Ces céramiques de La Hoguette comme celles du Limbourg ont été découvertes en contexte néolithique rubané mais possèdent des caractéristiques étrangères à la néolithisation d'origine danubienne qui caractérise le nord de la France. Distribuées du sud-ouest de l'Allemagne à la Normandie, comme le confirment encore les découvertes récentes d'Alizay et de Fontenay le Marmion, elles interrogent plus le processus complexe de contact entre les populations mésolithiques et les premiers néolithiques qu'elles ne fournissent de premières preuves de la néolithisation de la Normandie (Bostyn, 2009 ; Marcigny *et al.*, 2010). En revanche, les découvertes récentes réalisées sur le site de Colombelles (Calvados) témoignent avec certitude de l'installation durable d'une communauté agricole à la fin du Rubané récent, vers 5 200-5 000 av. J.-C. (Billard *et al.*, 2004). Ces populations sont issues d'un long mouvement dont l'origine se trouve dans l'Europe danubienne. C'est au cours de la période suivante (5 000-4 700 av. J.-C.), avec les populations du groupe Villeneuve-Saint Germain, que la néolithisation devient irréversible en Normandie (Marcigny *et al.*, 2010). Elle marque localement le début de l'anthropisation des paysages ou, autrement dit, l'émergence d'unités paysagères produites par les sociétés.

Les fouilles archéologiques conduites sur les sites néolithiques bas-normands attestent de populations sédentaires habitant de longs bâtiments puis des groupes d'habitations qui forment les premiers villages. Elles permettent de caractériser les pratiques agro-pastorales. Elles montrent le développement de la céréaliculture (amidonnier et engrain) accompagnée de deux légumineuses (pois et lentilles) et de l'élevage, en particulier bovin (Bedault et Hachem, 2007). La néolithisation est bien établie au début du 5e millénaire mais les analyses polliniques conduites en-dehors des sites archéologiques n'attestent l'impact paysager de ces nouvelles pratiques que

quelques siècles plus tard, au Néolithique moyen (4 700-3 500 av. J.-C.) alors que la région entre dans une sphère culturelle atlantique (Marcigny *et al.*, 2007). À Rots, dans le fond de vallée de la Mue, des grains de céréales sont attestés dans un sondage réalisé à quelques centaines de mètres des monuments funéraires du Néolithique moyen attribués à la culture de Cerny (4 700-4 200 av. J.-C. ; Lespez *et al.*, 2005). À Cairon, dans le fond du vallon du Vey, affluent de la Mue, les données polliniques montrent le développement des plantes rudérales et de prairies et suggèrent l'ouverture locale du milieu pour la pratique de l'élevage. Cependant, aucune plante cultivée n'a pu être retrouvée dans le sondage pour le dernier quart du 5e millénaire avant J.-C. (Néolithique Moyen I) alors qu'il n'est éloigné que de 240 m de l'habitat fouillé pour lequel la pratique de la céréaliculture est attestée (Lespez et Clet-Pellerin, 2011). Pour une période encore plus tardive (Néolithique final, 3 300-2 500 av. J.-C.), un enregistrement similaire a été effectué dans la plaine littorale de l'Anse St Martin à quelques centaines de mètres du site de la Jupinerie (Lespez *et al.*, 2004 ; Marcigny, 2010). Ainsi, autour des sites archéologiques situés en fond de vallée et dans les plaines littorales ou au sommet des versants qui les dominent immédiatement, l'espace fut défriché mais les enregistrements polliniques suggèrent plutôt le développement de terrains de parcours associés à la pratique de l'élevage. À Cairon et à Colombiers-sur-Seulles, à la charnière de la plaine de Caen et du Bessin, les espaces devaient être suffisamment ouverts pour permettre au cheval sauvage de s'installer (Arbogast *et al.*, 2007). À Vierville, dans la basse vallée de la Vire, les données polliniques montrent l'importance des fougères et suggèrent un paysage de landes avec quelques bosquets d'arbres qui sera bientôt remplacé par un couvert de graminées accompagné de plantes qui témoignent d'une activité humaine importante (Clet-Pellerin et Verron, 2004). Au Néolithique moyen, la forêt, même dégradée, n'est jamais très loin comme en témoignent les données polliniques et les données carpologiques et anthracologiques recueillies sur les sites archéologiques de Cairon (Dietsch-Sellami 2011 ; Seignac et Marguerie, 2011) et d'Ernes par exemple (Marguerie et Hunot, 2007). Sur ces deux sites, une collecte importante de fruits sauvages provenant de noisetiers, aubépines, prunelliers et pommiers atteste la proximité de lisières forestières ou de forêts secondaires. Parallèlement, les études micromorphologiques témoignent régulièrement du retour de processus pédologiques développés sous un couvert forestier protecteur dans des espaces qui étaient auparavant ouverts et défrichés pour la pratique de l'élevage ou de la culture céréalière (Germain-Vallée et Lespez, 2009). Guidé par ces informations, en particulier dans la Plaine de Caen où elles sont abondantes, on peut restituer le développement progressif d'un paysage de clairières, à la durée d'existence variable en fonction des déplacements des populations, et dans un environnement régional encore en grande partie forestier. L'anthropisation qui se manifeste de manière discontinue dans l'espace et dans le temps entraine d'abord des changements en pointillés.

Dans la deuxième partie du Néolithique moyen, la croissance démographique suggérée par les données archéologiques a mis à mal le couvert forestier dans la Plaine de Caen. La densité des édifices funéraires de type monumental (Dron et Legoff, 2007) suggère des espaces beaucoup plus ouverts. Entre les espaces de parcours pour le bétail, les espaces mis en culture vraisemblablement par des pratiques d'abatis-brûlis et le prélèvement de bois pour les activités domestiques, il est probable qu'une partie du couvert forestier ait disparu sur certains plateaux même si les données polliniques acquises en dehors de ces espaces peinent à le mettre en évidence. Cette évolution représentative de certains plateaux des Plaines de Caen, de Falaise et d'Argentan ne s'est pas généralisée puisque les données paléoenvironnementales acquises ailleurs en

Basse-Normandie et confortées par des données archéologiques beaucoup moins abondantes indiquent un environnement encore largement forestier.

2.1.3. Comparaisons interrégionales

Les recherches récentes sur les espaces voisins permettent de replacer les évolutions bas-normandes dans un contexte plus général. Dans le bassin de Paris, les activités agropastorales sont enregistrées dès le Néolithique ancien et l'arrivée des populations rubanées (Leroyer, 2004). Comme dans les vallées de la Mue et de la Laize, elles ne s'expriment clairement dans le paysage qu'à partir de la deuxième partie du Néolithique moyen alors que l'aulnaie qui occupe le fond de vallée subit des défrichements ponctuels (Leroyer, 2004). Cette évolution est en relation avec l'essor des groupes de Cerny puis du Chasséen septentrional attesté par les données archéologiques. Cependant, comme en Basse-Normandie les conséquences de cette anthropisation demeurent discrètes en particulier pour les paysages de vallées (Leroyer et Allenet, 2006), il faut attendre le passage au Néolithique récent et final pour que l'intensification des pratiques agricoles se fasse sentir. Le passage à l'âge du Bronze ne montre pas une augmentation notable des indicateurs paléobiologiques de l'anthropisation. Les données polliniques ne montrent une évolution significative qu'au Bronze final. À cette époque, l'expansion régionale des occupations entraîne une chute des taxons arboréens et un accroissement des céréales et des rudérales. Ainsi, la transformation paysagère des paysages de plateaux semble intervenir très progressivement, et le déclenchement d'un alluvionnement massif et généralisé au cours du Bronze moyen dans toutes les vallées du bassin de Paris est d'abord le produit d'une évolution longue de l'anthropisation des bassins versants stimulée par une oscillation hydro-climatique importante (Pastre *et al.*, 2006).

Vers le sud et l'ouest de la région, les reliefs intérieurs du monde armoricain ne montrent pas d'indices d'anthropisation notable avant le Néolithique final (Marguerie, 1992 ; Barbier, 1999). En revanche, sur les littoraux et le long du Val de Loire, l'impact des populations néolithiques sur les paysages végétaux de vallées et des plaines littorales, encore rarement enregistré au Néolithique ancien, est régulièrement détecté au cours du Néolithique moyen (Morzadec-Kerfoun, 1974 ; Marguerie, 1992 ; Visset *et al.*, 2004). Le long de certains littoraux bretons caractérisés par une forte densité de monuments mégalithiques comme le Léon (nord Finistère) et les côtes du Morbihan, le développement des agrosystèmes (culture et surtout élevage) s'accompagne d'un recul important du couvert forestier (Morzadec-Kerfoun, 1974 ; Visset, 1979) à l'image de ce qui est supposé pour la plaine de Caen. Dans le Val de Loire, la pression anthropique sur ces paysages se relâche au Néolithique final (Visset *et al.*, 2004) alors qu'elle s'accentue progressivement dans le monde armoricain (Marguerie, 1992). Cependant, les activités humaines n'affectent pas l'ensemble des paysages et généralement les espaces ouverts sont encore situés au milieu des paysages forestiers de la chênaie atlantique. Les recherches de M.-T. Morzadec-Kerfourn (1974), L. Visset (1979) et D. Marguerie (1992) montrent que l'ouverture se généralise à partir du Bronze moyen sur toutes les plaines littorales alors que les premiers grains de pollens de céréales apparaissent dans les tourbières. Une évolution similaire a également été mise en évidence par J. Campbell (2000) dans les îles Anglo-normandes. La situation est différente à l'intérieur de la Bretagne où les milieux sont moins fortement et plus tardivement anthropisés que sur le littoral (Marguerie, 1992) ou dans les hauteurs de la Mayenne où c'est plutôt « *la sensation de régression globale des activités agro-pastorales* » qui l'emporte d'après D.

Barbier, (1999, p. 248). Les fonds de vallée et les zones humides sont quant à eux longtemps demeurés des espaces forestiers.

Dans le centre et le sud de l'Angleterre, les mutations paysagères des vallées liées au développement de l'anthropisation ont également été bien étudiées (Brown *et al.*, 1994 ; Foulds et Macklin, 2006). Sur les plateaux calcaires, la mise en place des pratiques agropastorales est à l'origine de l'ouverture ponctuelle des paysages végétaux (Tipping *et al.*, 2009). Celle-ci a dû être durable et d'ampleur dans des espaces caractérisés par le édification des monuments mégalithiques mais cette période ne marque pas d'évolution paysagère notable des paysages de vallées (Brown *et al.*, 1994 ; Brown, 1997, 1999 et 2009). Ceux-ci demeurent largement forestiers même si des changements de la couverture végétale sont attestés localement en particulier quand le développement des monuments funéraires de la fin du Néolithique concerne les terrasses alluviales comme dans les Midlands par exemple (Brown, 2009). Le passage vers l'âge du Bronze marque, en revanche, un changement important. Dans le Sud-ouest atlantique, la naissance des agrosystèmes conduit à des défrichements d'ampleur et à la mise en place de véritables systèmes parcellaires. Dans cette région caractérisée par des plateaux dont l'altitude atteint de 300 à 800 m, les défrichements interviennent dès la fin du Néolithique et expliquent l'apparition précoce des paysages de landes (Simmons, 2011). Ces observations ne semblent guère éloignées de ce qui a pu être observé dans la Plaine de Caen et soulignent à nouveau la communauté d'évolution des paysages de part et d'autre de la Manche à partir de l'âge du Bronze.

2.2. Du site de Dikili Tash à la Macédoine orientale

Les recherches géoarchéologiques entreprises à l'occasion des dernières campagnes de fouilles de Dikili Tash ont permis de progresser dans la connaissance des paléoenvironnements de l'habitat préhistorique et des relations entre les populations et leur environnement (Lespez *et al.*, 2000 ; Lespez, 2008 ; Germain *et al.*, 2011). Elles permettent d'amorcer la discussion sur les conséquences de la néolithisation de l'échelle locale à l'échelle régionale.

2.2.1. Le site de Dikili Tash et l'impact des activités agropastorales

La relation quotidienne entre les sociétés du Néolithique récent de Dikili Tash et leur environnement a été abordée de deux manières complémentaires. D'une part, les recherches sur la terre crue ont été l'occasion d'appréhender la connaissance que les populations avaient des ressources en sol environnant l'habitat. D'autre part, les données issues des recherches archéobotaniques et archéozoologiques conduites intra-site ont pu être confrontées à la nature des espaces disponibles à proximité des habitations afin de déduire l'utilisation que pouvaient faire les populations du Néolithique et de l'âge du Bronze des ressources locales.

Le premier type d'analyse repose donc sur les recherches sur la terre crue, appelée aussi « terre à bâtir », qui a constitué le matériau de construction le plus communément utilisé par les sociétés égéennes pendant la période néolithique (du 7e au 5e millénaire av. J-C). Ce terme désigne un mélange de terre plus ou moins argileuse, d'eau, de dégraissants d'origine végétale, minérale ou animale, employé comme matériau pour réaliser des briques, du pisé ou du torchis. Cette étude, développée dans le cadre de l'ACI Prosodie «La Terre et le Feu » dirigée par P. Darcque, s'est en particulier appuyée sur l'étude des vestiges des structures de combustion domestiques particulièrement bien conservés *in situ* du tell de Dikili Tash. L'objectif était de mettre en lumière les stratégies

d'exploitation des ressources naturelles et les techniques de mise en œuvre de la terre à bâtir employées par les Néolithiques dans la construction de différentes (murs, toits, silos, sols). La méthode de recherche a donc consisté à combiner les résultats des observations macroscopiques, des enquêtes ethnographiques et des expérimentations (Prévost-Dermarkar, 2003) et ceux des investigations micromorphologiques développées sur les artefacts archéologiques et les formations naturelles situées dans l'environnement immédiat du site afin d'en déduire la chaîne opératoire complète depuis le choix de la terre jusqu'à l'aménagement des structures du Néolithique récent I et II (Darcque *et al.*, 2007 ; Germain *et al.*, 2011). Les observations témoignent d'une sélection et de stratégies de mise en œuvre différenciées (Darcque *et al.*, 2007). Elles montrent en particulier une sélection rigoureuse et une préparation très poussée pour chacune des parties des fours domestiques ainsi qu'un grand soin apporté à la fabrication et à la mise en œuvre des sols et voûtes tout au long du Néolithique Récent I et II (Germain *et al.*, 2011). Cela atteste que les populations néolithiques de Dikili Tash avaient développé une connaissance fine des matériaux dont ils disposaient (capacité à résister au compactage, à la pression, à la cuisson) et de leurs limites qui pouvaient être amendées par l'utilisation de différents types de dégraissants (minéral, fibres végétales, …). Plus généralement, se trouvent confirmées les hypothèses selon lesquelles les choix des constructeurs se portaient non seulement sur la quantité, mais aussi sur la qualité de la terre à bâtir et de ses constituants y compris pour des objets domestiques, et pas seulement pour des productions plus investies socialement ou symboliquement comme le montrent par ailleurs l'étude la céramique Noir/Rouge contemporaine (Malamidou *et al.*, 2006) et beaucoup d'études éthnoarchéologiques.

La réflexion sur la localisation des cultures et des activités d'élevage est délicate à conduire du fait de la faiblesse de nos connaissances sur la perception des sols et de leur environnement par les populations préhistoriques. Néanmoins, nous savons, en particulier grâce aux études menées sur la terre à bâtir, que les populations néolithiques possédaient une bonne connaissance des caractéristiques physico-chimiques des sols et des formations superficielles. La connaissance des potentialités des différentes unités morpho-pédologiques permet de proposer une répartition indicative des activités agricoles qu'il est possible de vérifier partiellement par l'intermédiaire des analyses palynologiques qui montrent l'évolution du couvert végétal (Lespez *et al.*, 2000). Les grands traits des activités agricoles du Néolithique et de l'âge du Bronze peuvent être dégagés des données archéobotaniques et archéozoologiques acquises lors des fouilles (Treuil, 1992). Les analyses carpologiques attestent la pratique de la céréaliculture (orge, blé vêtu et blé nu). Les recherches montrent également l'importance des légumineuses (lentilles, ers et gesses) et de la culture du lin. Du côté de l'élevage, la faune domestique, marquée par la prépondérance des porcs et des bovins sur les moutons et les chèvres, est caractéristique de celle connue en Macédoine et dans le sud des Balkans (Jullien *in* Treuil, 1992). Face à ces activités, les cônes de piémont semblent avoir constitué les espaces les plus attractifs. Les conditions ne deviennent véritablement contraignantes qu'à l'aval, du fait de l'hydromorphie, ou à l'amont, sur les sols des basses pentes des Monts de Lékani au profil plus mince et à la réserve utile plus faible. Les sols bruns rubéfiés des sections intermédiaires des cônes de déjection sont limono-argileux, francs, perméables, à structure stable et pH neutre. Ils sont favorables à la culture des céréales et du blé en particulier. Les sols un peu argileux, humifères et bien alimentés en eau des parties distales des cônes et des pentes s'inclinant doucement vers le vallon ont pu convenir aux légumineuses même si celles-ci ont également pu être utilisées en assolement avec les céréales du fait de leur capacité à amender les sols. Du

côté des activités pastorales, la signification de l'élevage du porc apparaît réduite du fait de son régime alimentaire éclectique et de sa capacité à se nourrir des déchets ménagers. En revanche, la prépondérance des bovins sur les ovins et les caprins indique probablement une pression plus forte sur les prairies humides plus ou moins arborées situées à proximité du site que sur les pentes escarpées et sèches des Monts de Lékani. Ainsi, contrairement à une idée assez fréquemment développée dans les études sur les terroirs préhistoriques (Bintliff, 1977), ce ne sont pas les sols légers qui ont été choisis par les habitants du tell de Dikili Tash mais des sols plutôt lourds, riches, rendant assez éprouvant le travail de la terre mais favorisant le développement d'une agriculture productive. Cette analyse est confortée par les recherches archéologiques et géoarchéologiques entreprises sur les sites du Néolithique et du début de l'Âge du Bronze dans l'ensemble de la Grèce qui suggèrent un modèle de développement agricole basé sur une agriculture variée, relativement intensive, combinant, à proximité des habitats, la culture des céréales, des légumineuses et un poly-élevage (ovins, caprins, porcins et bovins) (Halstead, 2000).

2.2.2. La complexité des transformations néolithique de la plaine de Philippes-Drama

L'identification des conséquences environnementales de la gestion des ressources locales pour les pratiques agropastorales pose question à l'échelle locale mais également régionale. Dans la plaine de Philippes-Drama, les données sur l'histoire de la végétation sont assez nombreuses et précises grâce aux analyses palynologiques effectuées sur les matériaux extraits de sondages dans le centre de l'ancien marais de Philippes (Wimjstra, 1969 ; Greig et Turner, 1974 et 1986 ; Peyron *et al.*, 2011). Dès 8000 av. J.-C., l'ensemble de la région est occupé par une chênaie mixte : 90 % des grains de pollen comptés de 6500 à 2500 av. J.-C., c'est-à-dire la fin du Bronze ancien (Peyron *et al.*, 2011, Greig et Turner, 1986) correspondent à des pollens arboréens. Il faut même attendre la période de 1 900 à 1 300 av. J.-C. pour enregistrer les premiers signes incontestables d'une modification de la végétation par l'Homme (Greig et Turner, 1986). Au cours de l'âge du Bronze récent et de l'âge du Fer, le pourcentage encore élevé de grains de pollens arboréens témoigne d'un environnement largement couvert de forêts qui ne sera véritablement déstabilisé qu'à partir de l'Antiquité (Greig et Turner, 1986). Le recul forestier dans la plaine et sur les basses pentes est alors attesté par les données historiques et archéologiques disponibles (Lespez, 1999/2008 ; Lespez et Tirologos, 2004). Cette reconstitution de l'évolution régionale de la végétation peut sembler étonnante comparée aux données archéologiques qui montrent une occupation importante et une pratique d'activités agro-pastorales dès le Néolithique récent I dans la plaine de Drama. À ce titre, la confrontation avec les données obtenues à l'occasion des fouilles de Dikili Tash est significative. En effet, localement, la pression agricole est confortée par les analyses polliniques des sédiments remblayant la petite dépression marécageuse située au nord du site (Lespez *et al.*, 2000). Pour l'âge du Bronze, elles indiquent la présence de céréales, de chanvre, de plantes messicoles et rudérales et révèlent une végétation caractéristique d'un espace en partie cultivé et en partie en friches. La végétation forestière est réduite et se compose de chênes, de charmes, d'érables et de pins qui ont pu subsister sur les basses pentes environnantes, alors qu'une ripisylve, composée d'aulnes, de saules et de peupliers, occupe le fond du vallon. Les paysages largement ouverts autour du tell de Dikili Tash à l'Age du Bronze contrastent avec la végétation régionale encore globalement forestière que décrivent les analyses polliniques effectuées dans le marais de Philippes, à moins de 5 km du tell

(Greig et Turner, 1974 et 1986). Les défrichements du Néolithique et de l'âge du Bronze sont vraisemblablement à l'origine de clairières, de taille importante sans doute, mais localisées, sans que la végétation régionale n'ait été profondément affectée. Cette observation est confortée par les données archéobotaniques obtenues à proximité immédiate d'autres villages néolithiques de cette partie des Balkans, comme par exemple à Dispilio (Kouli et Dermitzakis, 2003) et à Kovacevo (Marinova et Thiébault, 2008), qui montrent une ouverture de la végétation forestière indiquant probablement des clairières aux contours plus ou moins flous au sein du couvert forestier régional. Elle témoigne d'un décalage de plusieurs millénaires entre le développement des premières communautés d'agriculteurs et l'évolution des paysages restituée par les analyses palynologiques comme dans l'ensemble de l'espace balkanique (Willis, 1994 ; Denèfle *et al*., 2000). Cela souligne également le rôle des effets d'échelle dans la transformation des milieux qui accompagne le développement de la « néolithisation » (Edwards *et al*., 1996) et s'accorde avec les résultats des recherches menées dans le monde égéen (Halstead, 2000) qui indiquent un modèle d'agriculture varié et intensif dont l'impact fut localement significatif mais qui n'a pu avoir qu'une faible incidence sur les paysages végétaux régionaux. Ainsi, le processus d'anthropisation est développé, mais ses effets sur l'environnement sont encore partiels, du fait du caractère aléatoire et discontinu de l'emprise humaine comme dans de nombreuses autres régions méditerranéennes (Blanchemanche *et al.*, 2003).

L'ensemble de ces observations souligne le caractère très progressif de l'anthropisation des paysages du nord-ouest de l'Europe suite au développement des pratiques agropastorales. Malgré l'ampleur de la colonisation agricole et la multiplicité des interventions sur les milieux (mise en culture, prélèvement de bois à usage domestique, pacage, pratiques des incendies, …), les conséquences sur la végétation s'expriment d'abord à l'échelon local. En Allemagne, les recherches archéologiques et paléoenvironnementales montrent que la nourriture des populations rubanées nécessitait de l'ordre de 5 à 6 ha d'espace mis en culture par km^2. À cette échelle, les transformations ne sont pas détectables dans les diagrammes polliniques même réalisés à proximité des espaces cultivés (Kalis *et al.*, 2003). De plus, les recherches conduites en Normandie (Germain-Vallée et Lespez, 2011) comme en Grande Bretagne (O'Connel et Molloy, 2001) et en Allemagne (Kalis *et al.*, 2003) montrent que pendant longtemps les changements paysagers sont provisoires. Après l'abandon des espaces cultivés, la régénération forestière peut se produire. Même si elle produit des forêt secondaires à la composition spécifique et aux sous-bois plus denses (Kalis *et al.*, 2003), elle maintient pendant longtemps encore les ambiances forestières. Selon les régions, la situation change entre le Néolithique moyen et l'âge du Bronze et fait entré les paysages de l'Europe occidentale dans une nouvelle ère.

3. La diffusion des paysages culturels

Après les premières étapes de la néolithisation, on assiste progressivement à une différenciation culturelle de groupes humains de plus petite dimension. Celle-ci s'amorce dès la fin des phases de conquête par les populations cardiales et rubanées. La question qui se pose alors est celle de l'émergence des paysages culturels, c'est-à-dire de la différenciation des paysages matériels du fait de pratiques agro-alimentaires et de représentations distinctes. Il s'agit alors d'envisager le paysage tel que le définit C. Sauer (1925) : *"the cultural landscape is fashioned from a natural landscape by culture*

group. Culture is the agent, the natural area is the medium, the cultural landscape is the result." C'est cette conception du paysage qui s'impose précocement en Allemagne sous le terme de Kulturlandschaft et qui imprègne la géographie vidalienne en France. Ainsi, le but n'est pas ici d'examiner les paysages associatifs marqués par l'empreinte visible de lieux sacrés ou commémoratifs (Lowenthal, 1997) qui se développe à partir du Néolithique moyen mais de s'intéresser aux paysages vernaculaires qui sont principalement le produit des activités agro-sylvo-pastorales et parfois cynégétiques ordinaires.

3.1. De l'anthropisation des paysages à la marque de la culture dans les paysages

3.1.1. En Normandie

La transition vers l'âge du Bronze révèle des traces d'anthropisation plus nettes et mieux distribuées dans l'espace régional. Sur les plateaux, la multiplication des enceintes fossoyées, des fermes et des hameaux villageois, en particulier pendant la seconde moitié de l'âge du Bronze, montre une densification de l'habitat et de l'exploitation agro-pastorale (Marcigny *et al.*, 2008 ; Carozza *et al.*, 2009). La création de véritables parcellaires à vocation agricole attestée sur l'île de Tatihou (Manche) ou à Bernières/Mer (Calvados) est sans doute en relation avec le développement d'un labour croisé à l'araire. Elle indique le développement d'une agriculture post-forestière à jachère et culture attelée légère (Marcigny *et al.*, 2007 et 2008 ; Carozza *et al.*, 2009). La culture de céréales attestée par les analyses polliniques dans l'ensemble des espaces étudiés s'accompagne du développement des plantes messicoles et rudérales (Lespez *et al.*, 2004, 2008 et 2010). Bien que fréquentées et exploitées pour les activités pastorales et de prélèvement , les vallées, elles, semblent rester à l'écart du développement des agrosystèmes, de la fixation des limites paysagères engendrée par les innovations de cette période et donc de leurs conséquences environnementales.

Au cours de l'âge du Bronze, les espaces armoricains du Cotentin sont à leur tour caractérisés par la multiplication des monuments funéraires (Marcigny (dir.), 2010) et l'émergence des paysages de landes (Lespez *et al.*, 2004) et des structures parcellaires sur les plaines littorales aux sols bien ressuyées comme sur l'île de Tatihou (Marcigny, 2005). Parallèlement, dans les hautes terres du sud-ouest de l'Angleterre, la transformation des paysages sous l'action des sociétés intervient au cours d'une période aujourd'hui bien cernée (1480-1080 av. J.-C.) qui correspond au Bronze moyen (Simmons, 2001 ; Fyfe *et al.*, 2008). Les agriculteurs ont alors développé une économie pastorale et façonné un paysage de parcelles de prairies aux formes irrégulières mais délimitées par des murets de pierre alors que les champs consacrés à la culture céréalière étaient peu développés. Dans le Dartmoor, les reliques toujours visibles de ces paysages en font un des plus anciens paysages préhistoriques d'Europe encore préservés aujourd'hui. Comme à La Hague les fonds de vallée et les plaines littorales humides sont restés des espaces en marge des nouveaux agrosystèmes. Ainsi, les données disponibles dans le nord du Cotentin indiquent une évolution paysagère qui pourrait être proche de ce qui a pu être décrit dans cette partie des îles britanniques même si les recherches ne permettent pas encore de restituer avec certitude des limites parcellaires aussi anciennes pour l'affirmer définitivement.

Dans la Plaine de Caen, le modèle d'occupation et de mise en valeur qui s'affirme tout au long de l'âge du Bronze (Marcigny *et al.*, 2007) se complexifie encore à partir du Bronze final et au Premier Âge du fer, époques durant lesquelles de petits habitats et nécropoles essaiment les plateaux (Marcigny et Talon, 2009). On observe ensuite une

augmentation notable de la densité d'habitats tout au long de La Tène (Van Den Bossche *et al.* 2009). Au cours de cette période, les travaux conduits à la périphérie sud de Caen et en particulier les fouilles des sites d'Ifs Object'Ifs Sud, (Legoff 2009), de Mondeville (Besnard-Vauterin (dir.) 2009) et de Cormelles-le-Royal (Carpentier *et al.* 2002 ; Lepaumier 2007), ainsi que les travaux effectués sur le plateau de Thaon (San Juan *et al.* 1999) et à Basly (Baudry, 2005), révèlent de grands établissements agricoles. Ceux-ci livrent un mobilier archéologique comprenant de nombreux restes archéozoologiques et carpologiques qui attestent la culture des céréales (blé, orge, avoine) conjointement à celle des légumineuses (pois, féverole). Ils indiquent une véritable gestion de terroirs agricoles de plusieurs centaines d'hectares par des groupes de fermes localisées sur les plateaux mais dont les espaces d'activités ont dû s'étendre jusqu'au bord des cours d'eau (Lepaumier *et al.*, 2010). Parallèlement, les nombreuses données archéozoologiques montrent une modification des modalités d'élevage au profit d'une forte production bouchère bovine d'animaux âgés de 2 à 4 ans (Baudry, 2010). Ces observations rejoignent les résultats des analyses carpologiques qui indiquent l'émergence des cultures de printemps (légumineuses, avoine), l'utilisation de la paille et le nettoyage des récoltes avant stockage suggérant une intensification des agrosystèmes des plateaux caractérisés alors par des rotations culturales complexes (Zech-Matterne *et al.* 2009). Plus généralement, les publications récentes concluent à un aménagement structuré du territoire en vastes ensembles parcellaires au moins autour de ces établissements (Besnard-Vauterin (dir.), 2009 ; Lepaumier *et al.*, 2009 ; Le Goff, 2000-2002 ; Van Den Bossche *et al.*, 2009) et en relation avec une expansion agricole traduisant le développement d'une orientation commerciale au moins depuis La Tène moyenne (Besnard-Vauterin, 2009). Cette intensification s'est accompagnée d'une extension des systèmes agraires et en particulier de l'élevage vers les fonds de vallée et leurs versants (Lespez et Germain-Vallée, 2011). Cette histoire démontre l'affirmation d'un monde rural plein dès l'époque laténienne même si les prospections aériennes suggèrent une organisation de ces territoires d'intensification en grappes au milieu d'espaces caractérisés par de petites fermes disposées aléatoirement (Desloges et Ropars, 2011), et que les données manquent pour de nombreux espaces,le Bocage en particulier. Dès cette époque, l'empreinte des sociétés sur la face de la Terre est telle que le paysage peut être qualifié de culturel. Dès lors, il semble bien que la structuration des espaces agricoles soit susceptible d'exprimer des spécificités régionales comme le montre la comparaison des données recueillies sur les hautes terres anglaises (*highlands*) et celles disponibles pour les plateaux du bassin de Londres ou de la Plaine de Caen. Néanmoins, nous ne connaissons encore malheureusement que trop peu de choses pour préciser les contours exacts de cette différenciation d'autant que, sauf exception, elle n'a pas laissé de traces durables dans les paysages. En effet, les structures agraires mises en place alors apparaissent peu résilientes ou rémanentes dans le Massif Armoricain, le bassin de Londres ou de Paris. Comme le montrent les prospections aériennes (Desloges et Ropars, 2011) et les fouilles archéologiques (Béguier *et al.*, 2011 ; Germain-Vallée et Lespez, 2011) réalisées dans la Plaine de Caen, seuls les axes principaux de circulation qui sont parfois attestés dès l'âge du Bronze semblent s'imprimer durablement dans l'espace. Même dans les zones les plus aménagées où les structures parcellaires sont denses et bien préservées dans les horizons superficiels des sols, elles sont sans rapport ou presque avec l'organisation de l'espace contemporain.

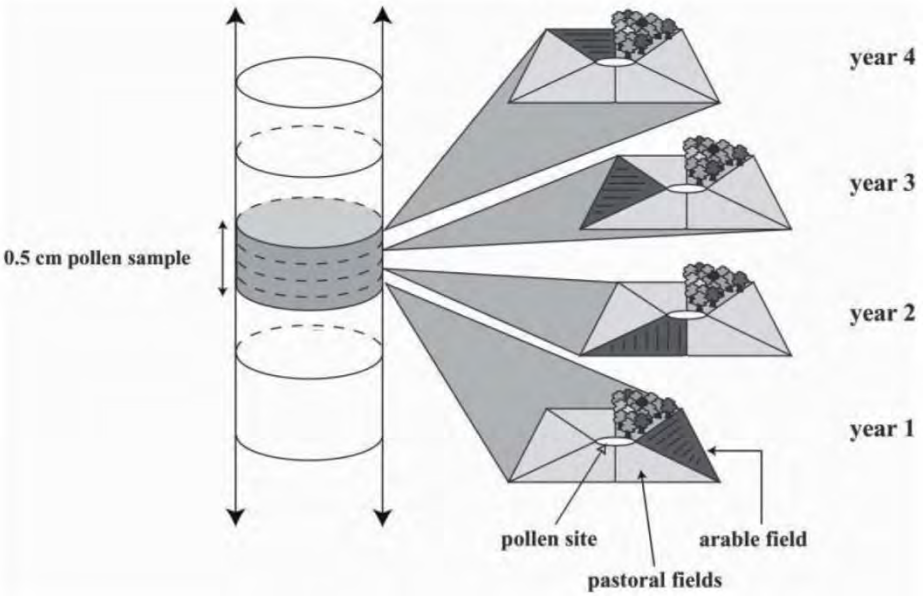


Fig. 87 - Schematic model for how rotation-based system of convertible husbandry shows up in a pollen sequence taken from a smal valley mire was not itself draines ans cultivated (Rippon et al., 2006)

La différenciation des paysages n'est en fait réellement attestée qu'au cours de l'époque médiévale soit plus d'un millénaire plus tard. Les études paléobiologiques, historiques et archéologiques suggèrent un début de divergence des trajectoires paysagères entre les paysages du monde armoricain, du Pays d'Auge et ceux de la Plaine de Caen au cours du Haut Moyen-âge. D. Marguerie *et al.* (2003) évoquent un embocagement progressif de l'ouest de la France entre le 9e et le 15e s. Celui-ci est également bien attesté entre le 9e et le 13e s. dans le Pays d'Auge pour lequel M. Arnoux et C. Manœuvrier (2003) parlent de paysages de Pré-Bocage. En revanche, les études conduites dans la Plaine de Caen soulignent l'existence contemporaine de paysages ouverts et la constitution ancienne de l'openfield (Musset, 1992 ; Arnoux et Manœuvrier, 2003). Les études conduites dans le centre et le sud de l'Angleterre fournissent un parallèle intéressant. En effet, on voit également émerger au cours du Haut Moyen-âge au moins deux agrosystèmes à l'organisation paysagère distincte. Les Midlands connaissent une profonde réorganisation marquée par la concentration de l'habitat en relation avec le développement des paysages d'openfield (Lewis *et al.*, 1997). En revanche, le sud-ouest anglais est marqué par le développement du *« convertible husbandry »* (Rippon *et al.*, 2006 ; Fig. 87). Ce type d'agrosytsème caractérisé par l'alternance de la culture céréalière et du pâturage sur la même parcelle dans un système de rotation bien défini correspond également à un habitat dispersé avec hameaux et fermes isolées (Rippon *et al.*, 2006). Ainsi, Outre-Manche, s'affirme une différenciation régionale notable qui engendre des trajectoires de paysages désormais distincts à partir du Haut Moyen-âge (Rippon *et al.*, 2006). Cette diversité ne cessera de s'affirmer et elle sera même renforcée par les profondes mutations intervenues au cours des deux derniers siècles en Angleterre (Simmons, 2001) comme dans l'ouest de la France et qui ont abouti à l'embocagement, au couchage en herbe et au développement des cultures fourragères des espaces agricoles (Germaine *et al.*, 2011), Elle résulte bien sûr de choix techniques mais certains paysages ont été durablement entretenus par des groupes sociaux qui se sont appropriés les formes créées jusqu'à les intégrer au cœur de la culture locale. Ce sont ces paysages visibles en tant que manifestation de la relation

entre une société et son milieu que la géographie vidalienne tentera de comprendre (Vidal de La Blache, 1903).

3.1.2. Dans le monde méditerranéen

Les recherches effectuées en Grèce mettent en évidence une transformation des paysages végétaux par les activités agropastorales dès le Néolithique moyen. L'ampleur de la transformation reste encore difficile à mesurer mais les données paléoenvironnementales disponibles suggèrent l'apparition précoce de plusieurs modes de mise en valeur complémentaires. La céréaliculture s'impose avec la néolithisation mais c'est le seul des trois éléments de la trilogie méditerranéenne à être présent au Néolithique. Il faut en effet attendre l'âge du Bronze pour voir se développer la culture de l'olivier. Celle-ci est attestée dès la fin du Néolithique en Crète (Bottema et Sarpaki, 2003) mais se généralise seulement à l'âge du Bronze en Attique (Kouli, 2012) et dans l'ensemble du sud de l'Égée (Jahns, 1993 ; Grove et Rackham, 2001) comme le montrent les recherches archéologiques et paléoenvironnementales. De son côté, la production du vin est attestée dès le Néolithique récent à Dikili Tash (Valamoti *et al.*, 2007) toutefois la culture de la vigne est plus tardive puisqu'elle n'est attribuable avec certitude qu'à l'âge du Bronze. Parallèlement, les territoires agricoles s'étendent vers des zones marginales (Hasltead, 2000). La transformation de la végétation touche les espaces montagnards et de piémont alors que vers la fin de la période se généralise un élevage spécialisé comme nous l'avons évoqué pour la période mycénienne. Globalement, ces observations semblent valables dans l'ensemble du monde méditerranéen où l'âge du Bronze marque une étape clef avec la mise en place de la trilogie méditerranéenne et l'extension durable des pratiques agropastorales. Dès lors la production de paysages agricoles se surimpose à la tendance à l'aridification dans les archives paléoenvironnementales (Sadori *et al.*, 2011) alors que le rythme des incendies n'est plus clairement calé sur le climat mais est déterminé par la multiplication des feux d'origine anthropique, accidentels ou volontaires (Vannière *et al.*, 2011).

Cependant, cette anthropisation croissante des paysages ne signifie pas une homogénéisation des paysages. En effet, plusieurs modèles d'agrosystèmes et d'organisations paysagères sont évoqués à partir du Néolithique. Des espaces ouverts avec un habitat groupé semblent s'imposer au Néolithique ancien comme le résultat d'une céréaliculture sèche ou de décrue (Van Andel *et al.*, 1995) complétée, à partir de l'âge du Bronze, par des cultures fruitières (vigne, olivier) et le développement des espaces de parcours engendrant l'apparition des formations végétales secondaires comme la garrigue ou le maquis. Cette organisation préfigurerait les paysages classiques de l'Antiquité où se juxtaposent *Ager, Saltus* et *Sylva*. Par ailleurs, P. Halstead (2000) suggère, jusqu'au Néolithique récent, l'existence d'un modèle intensif mixte où les espaces de jardins auraient pu côtoyer des parcelles agricoles de petites dimensions dans des milieux encore peu ouverts. Enfin, à partir de données anthracologiques, phytolitiques et polliniques, C. Delhon *et al.* (2009) affirment que les Chasséens (Néolithique moyen) développèrent, dans la moyenne vallée du Rhône, un système agro-sylvo-pastoral original. Celui-ci s'appuya, pendant plus d'un millénaire, sur un paysage de parcs forestiers à chêne pubescent. Ces paysages sont de la même famille que les paysages de Dehesa-Montado qui prévalent encore aujourd'hui dans l'est de la péninsule ibérique, et sont proches des systèmes dominés par les plantations d'oliviers et de caroubiers qui se sont développés en Méditerranée orientale, à Chypre et en Crète en particulier (Blondel, 2006 ; Fig. 88). À l'opposé du système classique *Ager-Saltus-Sylva* qui repose sur une spécialisation de l'espace agricole, il témoigne d'une juxtaposition

des pratiques agricoles (culture, arboriculture, élevage) au sein d'un même espace. Cette diversification précoce des paysages agraires ne fut pas forcément durable puisque qu'il semble bien que le système intensif mixte cesse dans le nord et le centre de la péninsule hellénique avec l'âge du Bronze alors que les parcs forestiers disparaissent dans la vallée du Rhône dès la fin de la période chasséenne.

Néanmoins, l'homogénéisation du paysage n'est pas la règle. Les recherches conduites récemment sur l'Antiquité ne montrent pas d'uniformatisation dans le monde méditerranéen. Comme le dit P. Leveau (2007, p. 93), « *Les Romains ont bien construits des paysages ; leur Empire peut bien être comparé à l'Empire américain ; cette époque connaît bien une situation que l'on pourrait qualifier de première « mondialisation » (Veyne, 2005)* » mais « *l'uniformisation supposée des paysages méditerranéens* » est essentiellement « *un paradigme moderne […] dont l'origine se trouve chez les historiens* » (Leveau, 2007, p. 92) et dont les géographes ou les géoarchéologues se sont emparés de manière simplificatrice. Les études historiques et géoarchéologiques qui portent sur ces périodes montrent au contraire la diversité des situations. Ainsi les Romains ne furent pas d'infatigables dessiccateurs ou constructeurs de terrasses de culture (Leveau, 1998, 2007). Même si, par exemple dans la moyenne vallée du Rhône, le drainage des fonds de vallée fut remarquable (Berger, 2003), les recherches conduites dans la plaine de Philippes-Drama montrent l'absence d'aménagement des versants et la persistance d'un vaste marais au pied d'une ville d'importance régionale et au sein d'une plaine qui fut pourtant l'une des plus prospères de la Méditerranée orientale au cours des premiers siècles ap. J.-C. (Lespez et Tirologos, 2004 ; Lespez, 2008). Plus généralement, les Provinces romaines ne furent homogènes ni dans leurs systèmes agraires ni dans les paysages qu'ils produisirent. Malgré le poids de *« l'autorité supérieure régulatrice* », les marges de manœuvre importantes des communautés locales (Leveau, 2007) et les configurations géographiques ont sans doute permis l'existence d'une diversité paysagère d'origine culturelle dont nous ne connaissons que peu de chose aujourd'hui encore dans les espaces étudiés et au-delà.

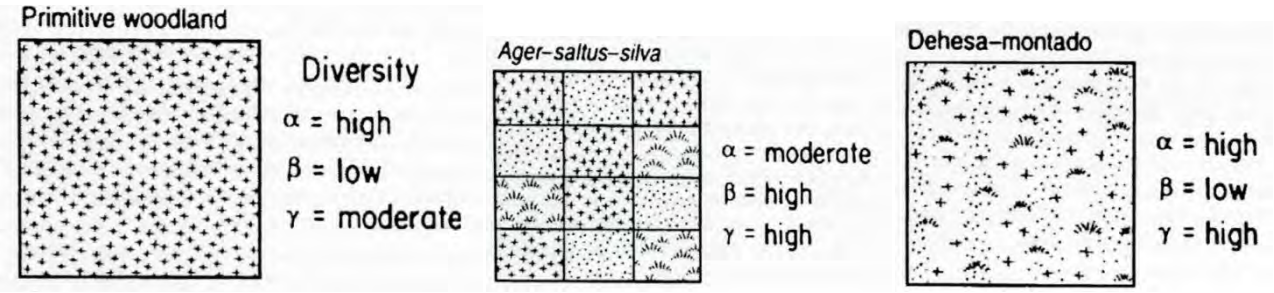


Fig. 88 - Predicted changes in values of the three componants of diversity, i.-e., α (within habitat), β-diversity (between habitat), γ-diversity (regional) as a result of land management of former oak woodland in the Ager-saltus-sylva and the Dehesa-montado traditional system of land use (Blondel, 2006)

3.1.3. En Afrique de l'ouest

Longtemps, les paysages de savanes qui caractérisent l'Afrique de l'Ouest soudano-sahélienne sont apparus soit comme des paysages dégradés marqués par le poids de pratiques agropastorales mal maîtrisées et en particulier l'utilisation abusive des feux (Aubréville, 1949), soit comme des paysages « naturels » peu modifiés par une agriculture frustre. Ce débat n'a plus lieu d'être aujourd'hui puisque les études paléoenvironnementales montrent la profondeur historique des paysages de savanes

(Ballouche, 2002) et que les études contemporaines révèlent la complexité et la durabilité des pratiques agricoles qui les ont produits (Blanc-Pamard et Boutrais, 2002 ; Bassett et Crummey, 2003 ; Caillault, 2010). Les recherches paléoenvironnementales montrent que les paysages de savanes ont précédé le développement des pratiques agricoles mais qu'ils ont changé de composition floristique et de densité de la strate graminéenne et des strates arborées et arbustives au cours des fluctuations climatiques de l'Holocène comme nous l'avons vu pour Ounjougou (Eichhorn et Neumann, 2011) et comme cela a été démontré plus largement dans le monde soudano-sahélien (Ballouche et Neumann, 1995 ; Salzmann, 2000). La pratique répétée des feux antérieurement à la néolithisation a pu façonner de véritables palimpsestes paysagers d'origine anthropique dès le Néolithique moyen (Salzmann, 2000 ; Ballouche, com. Orale). Cependant, c'est la pratique d'une agriculture et d'un élevage itinérants appuyés sur la jachère et sur les feux qui va véritablement façonner les paysages agraires de la bande soudano-sahélienne. Dès le deuxième millénaire av. J.-C., l'empreinte des hommes s'impose à traversle développement des champs de mil et la recrudescence des feux de brousse qui contribuent à façonner les strates inférieures et à favoriser la sélection des espèces pyrophiles (Schultz et Pomel, 1992 ; Le Drezen, 2008). C'est ainsi que les savanes à combrétacées émergent peu à peu dans la partie sahélienne du Burkina-Faso et du Mali (Ballouche et Neumann, 1995 ; Ballouche, 2002 ; Eichhorn et Neumann, 2011). Les bois résiduels sont dès lors souvent issus de pratiques de gestion et de protection légitimées par le sacré (bois sacrés) alors que le rôle déterminant des pratiques agro-pastorales se traduit par l'affirmation d'une organisation paysagère dans l'ensemble de la zone soudano-sahélienne. Celle-ci se caractérise par un village groupé (ou semi-groupé en quartiers ou concessions) autour duquel s'organisent en auréoles concentriques les espaces des pratiques agropastorales. Autour du village, se trouvent jardins et champs permanents, fréquentés par le petit bétail ; plus loin, une marqueterie de champs et de jachères de divers âges sous un couvert plus ou moins exploité, souvent composé d'arbres conservés pour leur utilité ; puis la brousse, qui se définit d'abord par son opposition aux espaces habités et directement mis en valeur, exploitée plus irrégulièrement et correspondant parfois à une longue jachère constituant un terrain de parcours résiduel pour les pasteurs en période de culture, mais qui a surtout l'image d'un espace reculé, fréquenté par les bêtes et les esprits, où se pratiquent la chasse, les prélèvements divers ou des cérémonies et retraites. Cette organisation qui semble ancienne a dû caractériser les espaces de l'agriculture pluviale dès le Néolithique (Ballouche et Rasse, 2007). Cependant, elle ne fut pas le seul mode d'organisation de la mise en valeur agricole au cours des derniers millénaires. Ainsi, les recherches archéologiques conduites dans le Delta intérieur du Niger révèlent, au cours des premiers siècles de notre ère, parallèlement à l'avènement de la plus ancienne civilisation urbaine africaine, le développement de systèmes agraires originaux (McIntosh, 2003). La culture du riz est développée lors de la décrue au côté de la culture du mil alors que les zones humides, marécages et lacs permanents, occupent une place cruciale dans l'agrosystème par les ressources qu'ils offrent (pêche) ou le développement de l'élevage qu'ils permettent. Cet exemple montre l'affirmation de la diversité des paysages agraires africains et la naissance de paysages culturels au cours des deux derniers millénaires dans l'ensemble de l'Afrique soudano-sahélienne (Ballouche, 2002). Si la diversité des organisations agraires et des paysages produits a été bien décrite par les géographes spécialistes du monde tropical (voir par exemple Sautter et Pélissier, 1964 ; Sautter, 1968 et pour une approche historiographique des terroirs africains, Bassett *et al.,* 2007), l'histoire de la genèse de la diversité des paysages

agraires soudano-sahéliens reste encore en grande partie à écrire (Ballouche, 2002 ; Rucina *et al.*, 2010).

Ainsi dans l'ensemble des espaces étudiés, on observe peu après l'essor des paysages agraires, la mise en place d'une diversité de formes d'organisation qui traduit l'émergence d'agrosystèmes différenciés. Celle-ci apparaît selon les espaces entre le 5e et le 2e millénaire av. J.-C. et marque profondément la surface du globe et les sociétés. Issue de choix techniques et de pratiques, cette diversité témoigne d'abord de l'humanisation de la face de la terre dont elle est un des résultats les plus manifestes. C'est à partir de ce moment que la lecture culturelle de la face de la Terre devient possible.

4. Les déterminismes environnementaux au Néolithique dans les Balkans

Au cours des vingt dernières années, la littérature scientifique a été marquée par la recrudescence des publications qui lient le développement de la Néolithisation au changement des conditions géographiques. Deux catégories de raisonnements sont couramment pratiquées : les premiers mettent en jeu le rôle des changements globaux, en particulier du climat et du niveau marin, alors que les seconds s'appuient sur les qualités plus ou moins favorables attribuées à certains espaces géographiques. Les données acquises en Grèce permettent d'étudier ces deux thématiques.

4.1. Le déterminisme et les sociétés agropastorales

Le déterminisme est consubstantiel à la démarche scientifique moderne puisque dans son sens général, il signifie simplement que tout phénomène a une cause ou une série de causes identifiables. Dès les débuts de la science occidentale, la réflexion sur les causes naturelles susceptibles d'expliquer l'état des sociétés et leurs mutations a occupé une place importante dans les recherches. L'exemple le plus connu et le plus cité est celui de la théorie des Climats. Développée dès l'Antiquité par des philosophes comme Aristote, elle a été formalisée par certains philosophes de la modernité, dont Montesquieu qui en propose, dans l'Esprit des lois (1748), la formulation la plus aboutie. Dans le chapitre X du Livre XIV, il l'exprime de la manière suivante : « *Ce sont les différents besoins dans les différents climats, qui ont formé les différentes manières de vivre ; et ces différentes manières de vivre ont formé les diverses sortes de lois* ». Ainsi, cette théorie propose une explication causale de certains faits sociaux qui fait jouer à la Nature un rôle primordial. Elle ne survivra pas à la fin de la modernité, néanmoins elle illustre que l'effort de rationalisation du monde et de la nature au cours du Siècle des Lumières s'est accompagné de l'apparition des causes physiques.

En Géographie, le déterminisme a souvent été assimilé à « *un déterminisme mécaniste par des facteurs naturels* » comme le regrette F. Durand-Dastès (2004). D'ailleurs, les dictionnaires géographiques contemporains discutent en grande partie de cette notion sous cet angle (Levy, 2003). Les explications développées dans les premières phases du développement de la discipline qui faisaient jouer au milieu naturel un rôle déterminant pour expliquer l'organisation de l'espace ont rapidement été critiquées. En France, cette critique a été prise en compte par la géographie de P. Vidal de La Blache (1903). Elle substitue à un déterminisme naturel étroit la notion de possibilisme largement vulgarisée par les historiens (Bertrand, 1975). Celle-ci exprime que les sociétés se développent indépendamment des milieux naturels mais qu'elles tiennent compte dans leur développement des possibilités offertes par les milieux biophysiques. Appuyée sur

les notions d'atouts et de contraintes, elle n'a jamais été une théorie scientifique mais plutôt une posture dialectique afin d'éviter un déterminisme strict dont les géographes vidaliens percevaient les dangers. Cette attitude a cependant été largement critiquée, à la fois par les tenants de la nouvelle géographie parce qu'elle favorisait *in fine* la description des réalités géographiques plutôt que la promotion de modèles explicatifs (Levy, 2003) et par les géographes physiciens qui lui reprochaient de n'être « *pas autre chose que la forme « scientifique » du laxisme* » comme le résume G. Bertrand (1975). Si la géographie humaine s'est dès lors largement désintéressée de la question du rôle des milieux physiques dans les dynamiques sociales, G. Bertrand a promu l'idée « *d'un déterminisme « relativé » par les seuils agrotechniques* » (1975). Il s'agit alors « *d'apprécier dans le concret le poids des facteurs naturels sur le développement des sociétés rurales* » en prenant comme principe que « *chaque système agricole utilise le milieu naturel au mieux de son potentiel agrotechnique et que s'établit un équilibre dans la saturation du milieu par l'activité agricole* » (Betrand, 1975). Pour G. Bertrand, cela signifie un renversement du déterminisme car les caractéristiques biophysiques du milieu n'ont qu'un poids relatif conditionné par le rôle déterminant des capacités techniques des sociétés. Cette position tente en fait de conserver les acquis du possibilisme vidalien en affirmant le rôle primordial des sociétés, comme l'avait par exemple défendu P. Gourou (1982) dans ses recherches sur le monde tropical, tout en réhabilitant le raisonnement causal. Elle suggère en fait une vision des relations Nature/Société ponctuée par des seuils agrotechniques qui a contribué à stimuler les recherches en archéologie agraire (Guilaine, 1991). G. Bertrand souligne parallèlement la nécessité de tenir compte des effets d'échelle dans l'analyse des déterminants et dans la formulation des explications causales. Même si elle s'est enrichie de la prise en compte de la non-linéarité des processus, des causalités multiples et de la contingence, la proposition de G. Bertrand reste toujours explicitement ou implicitement acceptée par les géoarchéologues issus de la géographie.

À côté de ces réflexions sur le rôle des qualités biophysiques attribuées à certains espaces géographiques, les questionnements sur le rôle des changements globaux, en particulier du climat, dans les mutations des sociétés se sont rapidement imposés. Ils constituent aujourd'hui un des thèmes les plus populaires et les plus discutés par les archéologues et les spécialistes des paléoenvironnements d'autant qu'ils peuvent s'appuyer sur les avancées récentes et rapides des recherches paléoclimatiques. Comme l'ensemble de la planète, le Monde méditerranéen, l'Afrique soudano-sahélienne et l'Europe de l'Ouest, ont été caractérisés par de profonds changements climatiques au cours de l'Holocène. Après la transition progressive qui marque le passage du Tardiglaciaire au début de l'Holocène, on distingue ensuite habituellement l'Holocène moyen de la fin de l'Holocène (Wanner *et al.*, 2008). Dans le monde tempéré, cette distinction correspond au passage de l'Optimum climatique (« *Holocene Thermal Optimum* » ou « *Hypsithermal* ») à une période plus fraiche de plus en plus couramment dénommée « *Neoglacial* » dans la littérature internationale. Aux latitudes subtropicales méditerranéennes et sahéliennes, cette succession correspond au passage entre une période plus humide et une période marquée par une aridification croissante du climat. Cette transition s'explique principalement par des facteurs orbitaux. La réduction progressive de l'insolation aux latitudes moyennes et septentrionales, en particulier estivale, entraîne un réajustement durable de la machine climatique à l'échelle globale. Il s'observe en particulier par le décalage vers le sud de la circulation de la Zone de Convergence Intertropicale, un affaiblissement de la mousson africaine qui abandonne dès lors le centre du Sahara et enfin un affaiblissement de la circulation d'ouest (les

indices Nao décroissent). Néanmoins, la complexité du réajustement explique que le tempo précis de la transition pose toujours question (Wanner *et al.*, 2008 et 2011). Il intervient dès 3 500 av. J.-C. mais semble s'accélérer vers 2 200 et 1 800 av. J.-C., époque à laquelle il s'achève (Marchant et Hooghiemtra, 2004 ; Magny *et al.*, 2009).

Indépendamment de ce changement de grande amplitude, une série d'oscillations climatiques séculaires ou pluriséculaires a été identifiée tout au long de l'Holocène (Magny, 1995 ; Mayewski *et al.*, 2004 ; Wanner *et al.*, 2008 et 2011). Leur causalité demeure toujours débattue du fait de la complexité des téléconnections dans la machine climatique globale même si les forçages solaires et ceux issus des modifications de la circulation thermo-haline ont dû jouer un rôle majeur. Les enregistrements paléoclimatiques obtenus à partir de l'étude des archives océaniques en Atlantique (Bond *et al.*, 1997 et 2001) comme en Méditerranéen orientale (Rohling *et al.*, 2002 ; Pross *et al.*, 2009 ; Geraga *et al.*, 2010 ; Kohtoff *et al.*, 2011), des tourbières britanniques (Barber *et al.*, 2003 ; Charman *et al.*, 2006 et 2005), des lacs jurassiens (Magny, 2004), des zones humides et des lacs méditerranéens (Magny *et al.*, 2007, 2009 et 2011 ; Naniewski *et al.*, 2011 ; Peyron *et al.,* 2011 ; Vannière *et al.*, 2011), des spéléothèmes (Bar-Matthews *et al.*, 1998 ; Schilman *et al.*, 2001) soulignent la récurrence de changements climatiques rapides (RCC). Ils permettent d'identifier 5 périodes de changement climatique rapide pour les dix derniers millénaires : autour de 6 200 av. J.-C., 4 500-3 900 av. J.-C., 2 800-2 000 av. J.-C., 1 300-500 av. J.-C. et 250-650 ap. J.-C, 1200-1850 ap. J.-C. (Mayewski *et al.*, 2004 ; Wanner *et al.*, 2011). Celles-ci sont le plus souvent caractérisées par un climat plus frais et plus humide en Europe de l'ouest (Magny, 2004) et une tendance à l'aridification au sud du 40e parallèle, en Méditerranée orientale et jusqu'en Afrique sahélienne (Gasse, 2000 ; Mayewski *et al.*, 2004 ; Wanner *et al.*, 2008 ; Magny *et al.*, 2009). Leurs conséquences sur le fonctionnement des systèmes fluviaux sahéliens ont été bien mises en évidence (Lespez *et al.*, 2011) alors que les études conduites sur le Rhône, la Loire (Arnaud-Fassetta *et al.*, 2010), la Seine (Pastre *et al.*, 2003 ; Chaussée *et al.*, 2008 ; Secchi *et al.*, 2010) et les cours d'eau britanniques (Lewin *et al.*, 2005 ; Macklin *et al.*, 2006 ; Macklin *et al.*, 2010) attestent la succession de périodes synchrones marquées par un hydrodynamisme élevé.

En Basse-Normandie, il n'existe malheureusement pas encore d'archives sédimentaires ayant livré un enregistrement continu de ces fluctuations hydroclimatiques. Les enregistrements dont nous disposons aujourd'hui et qui s'en approchent le plus ont été obtenus dans le marais de Chicheboville-Bellengreville. Ce marais situé sur la marge orientale de la Plaine de Caen est directement alimenté par l'aquifère du Bathonien. Les analyses polliniques réalisées sur un carottage effectué au centre du marais montrent une végétation largement forestière jusqu'au début de l'âge du Fer. Néanmoins, l'essor des plantes adaptées à l'hydromorphie et la chute corrélative des pollens de noisetiers mettent en évidence des modifications secondaires mais récurrentes de l'environnement local aisément détectables. Elles indiquent la succession de 7 phases marquées par une remontée du niveau de la nappe phréatique et une extension du marais globalement corrélable avec celle des hydrosystèmes britanniques, du nord de la France et des lacs jurassiens (Fig. 89 ; Magny, 2004 ; Arnaud-Fassetta *et al.*, 2010 ; Macklin *et al.*, 2010). Même si l'analyse de ce système doit être encore approfondie et complétée (datations plus précises, utilisations de plusieurs indicateurs, …) pour être convenablement interprétée, on peut faire l'hypothèse que les aquifères libres de la Normandie sédimentaire ont connu une évolution synchrone des hydrosystèmes bien connus d'Europe occidentale (Lespez (ed.), 2011).

Le rôle de ces changements climatiques a traversé de nombreux débats sur la question de l'émergence ou de la chute (« *collapse* ») des civilisations depuis le Néolithique. Ainsi, pour certains, le passage entre le Dryas récent et le début de l'Holocène aurait profondément changer les ressources alimentaires disponibles et favoriser le développement de nouvelles méthodes de gestion (Bar-Yosef et Meadows, 1995 ; Hillman *et al.*, 2001). Pour d'autres, en revanche, le changement ne joue pas de rôle majeur. C'est au contraire la stabilisation des conditions climatiques au début de l'Holocène qui favorise le développement durable de la domestication (Willcox, 2005 ; Willcox *et al.*, 2009). Il en est de même en Afrique où la diffusion du Néolithique vers la bande soudano-sahélienne serait le résultat de l'aridification du Sahara du 5e au 3e millénaire av. J.-C. (Kupper et Kröpelin, 2006). Même si cette thématique a principalement concerné les milieux sensibles comme le monde méditerranéen, le Sahara et ses marges et les milieux subpolaires, l'Europe tempérée n'échappe pas au débat en particulier pour les époques pré- et protohistoriques (voir par exemple Wenninger *et al.*, 2006, 2009 ; Büntgen *et al.*, 2011). Ainsi, à partir des espaces étudiés, il s'agit d'examiner le lien entre les transformations de l'environnement d'origine bioclimatique et les dynamiques sociales afin de mettre en évidence d'éventuelles interactions.

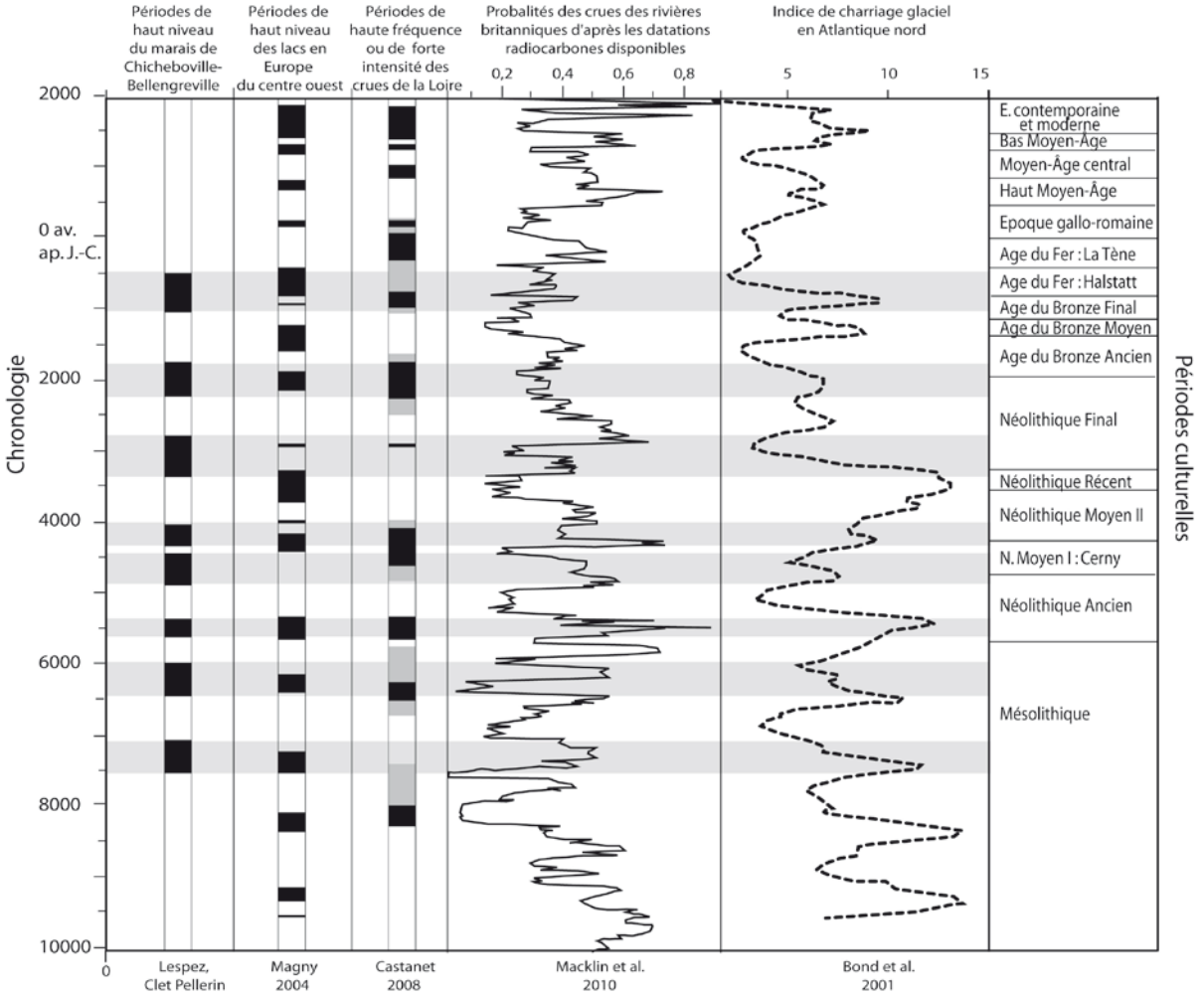


Fig. 89- Comparaison entre les données acquises sur le niveau du marais de Chicheboville-Bellengreville et d'autres enregistrements hydroclimatiques dans les régions voisines

Les périodes de haut niveau du marais sont définies localement par un pourcentage compris entre 10 et 25% du nombre total de grains de pollen comptés de plantes aquatiques, de milieux humides et de marais (Cypercées, Filipendula, Lilaceae, Phragmites, Osmunda, Typha-sparganium, Polygonum amphibium, Myriophylum). Les plantes arbustives de la ripisylve (alnus et salix) ont été exclues des plantes des zones humides et leur pourcentage est toujours inférieur à 10% des grains de pollen comptés.

4.2. Les prédispositions géographiques en question à l'échelle des Balkans

Les travaux conduits à Dikili Tash permettent de revenir sur les facteurs environnementaux évoqués pour expliquer la répartition des premiers habitats. Il est difficile de discerner *a priori* sur quels critères repose le choix de l'emplacement du premier habitat. Néanmoins, dans son analyse exhaustive des premières phases de la néolithisation égéenne, C. Perlès (2001) développe à de nombreuses reprises une argumentation déterministe où interviennent les facteurs géographiques. À l'échelle hellénique, elle évoque les facteurs géologiques. Les formations néogènes et quaternaires auraient constitué des terrains de prédilection pour l'installation des sites du Néolithique ancien reprenant une argumentation développée précédemment par J. Bintliff (1977) pour l'ensemble des sites préhistoriques. Leur rareté dans la partie occidentale de la Grèce pourrait ainsi expliquer la faiblesse du peuplement sur la façade adriatique de la péninsule. Cette argumentation est doublée par un argument climatique. La concentration des sites archéologiques sur la façade orientale de la péninsule s'expliquerait par la faiblesse des précipitations qui rapprocherait ces régions de celles du Proche-Orient. Ce déficit pluviométrique limiterait la régénération du couvert forestier et favoriserait le développement de la céréaliculture et suscitant le maintien des espaces cultivés (Perlès, 2001, pp. 116-119). Par ailleurs, la Thessalie apparaît privilégiée parce que la taille des plaines a favorisé le développement d'une base démographique large favorisant l'épanouissement d'une vie sociale complexe et durable (Perlès, 2001, p. 120). La Thessalie constituerait ainsi un espace géographique unique à l'échelon hellénique qui fut particulièrement favorable à la croissance des populations du Néolithique ancien. Si le constat effectué par C. Perlès (2001) de la nature unique dans le monde hellénique des données archéologiques thessaliennes pour le Néolithique ancien grec n'est pas discutable, son argumentaire qui fait jouer aux facteurs géographiques un rôle important voire primordial apparaît beaucoup plus problématique. Un certain nombre d'assertions émises par C. Perlès (2001) doivent être discutées. Tout d'abord, le contexte topographique et géologique thessalien n'est pas unique en Grèce. Les grandes dépressions des fleuves de Macédoine centrale (plaine de Thessalonique) et orientale (bassin de Serrès et de Drama) présentent des conditions géographiques équivalentes. Parcourues en leur centre par deux grands organismes fluviaux et leurs zones humides, elles possèdent de larges piémonts constitués de formations néogènes et quaternaires (Dufaure, 1993 ; Lespez, 2008) qui ne les distinguent pas fondamentalement des plaines thessaliennes. Par ailleurs, enchâssées au pied de massifs montagneux qui dépassent souvent 1800-2000 m d'altitude, elles sont également marquées par un climat d'abri et une faiblesse des précipitations à l'échelon régional. Enfin, nous ne connaissons pas les conditions climatiques ayant régné en Thessalie à cette époque et nous avons évoqué plus haut la difficulté de la question. La découverte récente de sites du Néolithique ancien dans les plaines de Macédoine occidentale et orientale comme Dikili Tash achève de rendre caduque l'argumentation restrictive développée par C. Perlès (2001), à la suite d'autres chercheurs, pour expliquer l'importance et la durabilité du peuplement néolithique en Thessalie. Cette argumentation est d'autant plus surprenante que le même auteur à la suite d'un examen attentif des sites de Thessalie occidentale conclue que ces derniers se répartissent de manière régulière dans l'espace sans qu'un quelconque facteur géographique (type de sols, zones inondables, sources, topographie variée) ait joué un rôle en guidant préférentiellement le peuplement. Comme nous l'avons vu, cette observation qui rejoint celles pratiquées dans la plaine de Philippes-Drama lui permet d'exclure les arguments

déterministes tout comme nous l'avons fait en Macédoine orientale (Lespez, sous-presse). Il est dommage que ces résultats convaincants ne l'aient pas conduit à se méfier des arguments déterministes à une échelle englobante … Cependant, cet exemple n'est pas isolé. Ainsi, appuyée sur une étude statistique de 114 sites archéologiques caractérisés par des restes de faune domestique, J. Conolly *et al.* (2011) promeuvent l'hypothèse que le schéma de diffusion spatiale des pratiques de l'élevage s'expliquerait en grande partie (40% !) par la variabilité des conditions climatiques et biogéographiques à l'échelle de la Méditerranée orientale. Plus surprenant, J.-F. Berger et J. Guilaine (2009) après avoir critiqué la démarche généralisante de B. Weninger *et al.* (2006) proposent à leur tour une explication de l'expansion néolithique qui repose sur la différenciation géographique des espaces européens. Pour ces deux auteurs, les milieux subméditerranéens aux larges espaces ouverts par les incendies et l'aridification, auraient constitué un couloir de diffusion préférentielle de la néolithisation depuis les terres arides du Proche-Orient que fuyaient les populations néolithiques et les espaces trop humides et forestiers d'Europe centrale. Mais là encore, l'hypothèse s'appuie sur peu de données objectives concernant la nature des milieux subméditerranéens des pourtours du monde égéen, et le propos apparaît trop réducteur.

Plus généralement, la littérature scientifique abonde d'exemples malheureusement souvent encore plus caricaturaux comme l'a déjà souligné M. Rasse (2010). Cela concerne en particulier l'explication des rythmes de la diffusion de la néolithisation à travers l'Europe. J. Guilaine (2003), à partir d'une recension des données archéologiques disponibles, a proposé l'hypothèse d'une diffusion arythmique des techniques néolithiques à l'ensemble du continent européen afin de montrer les limites des modèles d'expansion linéaire promus précédemment (Ammerman et Cavali-Sforza, 1973). De fait, les données disponibles aujourd'hui suggèrent une diffusion dont la vitesse augmente avec le temps (Rasse, 2008 ; Bocquet-Appel *et al.*, 2011). Celle-ci est conforme aux modèles de diffusion classiques mis en évidence par les géographes (Hägerstrand, 1952 ; Rasse, 2008) et qui remettent en cause le principe de la diffusion linéaire. De plus, la modélisation spatiale confirme bien l'existence de zones et de périodes de ralentissement de l'expansion (Rasse, 2008 ; Bocquet-Appel *et al.*, 2009). Cependant, il faut souligner que dans les régions où l'information est peu abondante, comme le nord-est de la Grèce par exemple, quelques données supplémentaires peuvent mettre à mal les modèles. Ainsi, les données obtenues à Dikili-Tash, encore non-prises en compte par les modèles contemporains, changeraient sans doute le sens de la diffusion dans le sud des Balkans et pourraient modifier l'identification des espaces de ralentissement. De ce point de vue, la faiblesse des données disponibles à l'échelon régional ne peut être systématiquement compensée par l'élargissement des espaces de référence. Par ailleurs, les argumentaires utilisés pour expliquer l'arythmie témoignent parfois du déterminisme le plus élémentaire. Ainsi, J.-P. Bocquet-Appel *et al.* (2009 et 2011) font appel à l'organisation topographique et pédologique de l'Europe ainsi qu'à la distribution longitudinale de biomes pour expliquer les « *routes* » de l'expansion et définir l'existence de « *barrières écologiques* ». Ces exemples parmi d'autres soulignent simplement la précarité des argumentations déterministes et plus précisément la nécessité d'un examen scrupuleux des conditions géographiques avant de les intégrer à un raisonnement causal. Ils attestent que les données paléoclimatiques et archéologiques sont bien souvent encore insuffisantes pour comprendre de manière convaincante les relations entre les populations et leur environnement et devraient inciter à la prudence voire à repenser les systèmes de causalité.

4.3. Les prédispositions environnementales en question à l'échelle régionale

Les recherches effectuées en Macédoine orientale et à Dikili Tash permettent de discuter du rôle des prédispositions géographiques à l'échelle régionale. La localisation du site de Dikili Tash possède trois caractéristiques qui semblent révélatrices de l'attention accordée par les hommes à certains facteurs écologiques. La localisation du tell à la charnière de trois unités morpho-pédologiques différentes attire d'abord l'attention (fig. 90). Il est situé sur le piémont qui frange le versant occidental des Monts de Lékani (750 m) et domine faiblement la plaine de Drama et l'ancien marais de Philippes (45 m). Comme les recherches récentes l'ont confirmé, les habitants du Néolithique ancien se sont installés sur la partie distale d'un cône de déjection pléistocène sur une surface topographique dans l'ensemble régulière et faiblement inclinée vers l'aval (Lespez et Dalongeville, 1998). Elles sont ainsi éloignées de moins de 250 m des premières pentes des Monts de Lékani et de moins de 200 m des terrains humides ou marécageux du marais de Philippes qui remontent vers le piémont grâce à un petit vallon large de 600 m à 900 m. Cette position suggère une localisation motivée par la possibilité d'utiliser des terroirs différents fournissant des ressources complémentaires. La situation du tell à proximité d'une grosse exsurgence est le second point remarquable. En effet, le vallon est parcouru par un ruisseau alimenté par une mare issue d'une exsurgence dont le débit ne se tarit jamais. Celle-ci, une des plus importantes de la plaine de Drama, est éloignée de moins de 200 m du centre de l'habitat et les maisons ont été construites sur l'espace plan le plus proche. Elle a donc pu assurer une alimentation constante aux habitants, aux animaux, ainsi qu'à certaines cultures. Enfin, comme le montre l'évolution de l'habitat au cours du temps, il semble que la capacité de contrôle territorial du premier habitat se soit progressivement affirmée. L'élévation progressive du tell a transformé la position initiale en situation dominante. Dans le cas, probable, où tous les espaces situés à moins de 10 mn de marche étaient défrichés, les habitants pouvaient observer la totalité de l'espace ouvert. Cette position dominante, déjà nette à la fin du Néolithique Récent, s'affirme encore au cours de l'âge du Bronze, au fur et à mesure que le tell se construit. À plus petite échelle, le tell possédait une situation favorable au contrôle des échanges régionaux. En effet, il était situé au droit du passage praticable le plus étroit (300 m à 400 m) entre les montagnes de Lékani et le marais de Philippes. Ce passage fut emprunté par toutes les routes connues[1] et le déroulement de la bataille de Philippes (42 av. J.-C.) est là pour rappeler son importance stratégique. En revanche, l'habitat préhistorique aurait pu être fragilisé par sa proximité au marais et les fluctuations de la mare comme nous l'avons observé pour le Néolithique ancien. Jusqu'au début du 20e s., les milieux palustres remontaient jusqu'aux abords du site (Heuzey et Daumet, 1876) et les sondages n'indiquent pas de grandes variations du niveau du marais au cours des 7 derniers millénaires avant les années 1930 et les grands travaux d'assèchement (Lespez, 2008).

L'élargissement du cadre de référence à l'échelon régional permet de mettre en perspective les caractéristiques environnementales du site de Dikili Tash. Les recherches archéologiques distinguent classiquement cinq périodes successives pour le Néolithique et le Bronze Ancien. Cependant, seuls cinq habitats ont fait l'objet de fouilles[2] et les connaissances sur les autres sites limitent l'étude diachronique à deux longues périodes chronologiques, le Néolithique Récent-Age du Bronze Ancien (5550-

[1] Il faut en particulier souligner le passage de la Via Egnatia qui fut la route majeure du nord-est de la Grèce au cours de la domination romaine et du début de la période byzantine.
[2] Arkadikos-Drama, Dikili Tash, Dimitra, Polystylo, Sitagri.

2300 av. J ;-C.) et l'Age du Bronze Récent-Age du Fer (2 000-800 av. J.-C.) (Koukouli-Chryssanthaki *et al.*, 2008). Le problème de la représentativité spatiale des sites connus se pose également. Trois zones d'ombres demeurent. Tout d'abord, les massifs montagneux sont encore mal connus et n'ont livré aucun vestige d'une occupation du Néolithique récent et du Bronze ancien. Cependant, l'existence de témoignages archéologiques paléolithiques et du Bronze récent indique probablement la faiblesse des habitats au cours de la fin du Néolithique et du début de l'Age du Bronze. Le marais de Philippes est également vierge de découverte archéologique mais les données palynologiques (Greig et Turner, 1974 et 1986) témoignent de la persistance du marais tout au long des sept derniers millénaires. Seuls des sites plats sont peut-être encore à découvrir sur les marges fluctuantes des espaces palustres comme le site de Kourovo trouvé en prospection pédestre dans les années 1990 (Lespez *in* Koukouli-Chryssanthaki *et al.*, 2008). L'ampleur de la sédimentation récente dans les basses vallées a pu également masquer des sites plats comme cela a été observé au centre de la plaine de Philippes-Drama (Lespez, 2008) et comme cela est plus généralement démontré dans le monde méditerranéen (Berger et Guilaine, 2009 ; Berger, 2011). Malgré ces faiblesses, l'analyse conduite sur 38 sites de la plaine de Drama-Philippes et de la basse vallée de l'Angitis est riche d'enseignement.

En effet, mise à part l'accès à la ressource en eau, partout distante de moins de 200 m, les autres facteurs topographiques ou morpho-pédologiques étudiés ne montrent pas de choix préférentiel. Il est en effet possible d'identifier quatre groupes de sites dont les deux plus importants s'opposent nettement. Bien que contemporains, ils ont été implantés dans des conditions très différentes par la nature des sols et la valeur de la pente des terrains environnant (Lespez, 2011). Cette observation permet de relativiser les prédispositions supposées du site de Dikili Tash (Lespez *et al.*, 2000) comme la complémentarité des terroirs ou l'accès à la ressource en eau. L'analyse montre à la fois leur ubiquité à l'échelle régionale comme dans l'ensemble des régions méditerranéennes aux reliefs morcelés (Lespez, 2011) et souligne la grande diversité des sites choisis suggérant des choix opportunistes plus qu'une application systématisante de principes de localisation. Comme l'a démontré C. Perlès pour le Néolithique thessalien, il n'y a donc pas de facteurs écologiques guidant la trame du peuplement ou définissant des sites préférentiels d'installation des populations du Néolithique Récent et de l'âge du Bronze dans la plaine de Drama-Philippe et sur ses marges. Ces résultats rejoignent une discussion abordée par M. Fotiadis (1985) à propos des terroirs des sites néolithiques du bassin de Serrès voisin. Il soutenait l'idée que les petites communautés disposant d'un espace agricole suffisant ont pu utiliser indifféremment des sols de bonne qualité et des sols plus pauvres car elles se souciaient plus du volume global des récoltes disponibles que des rendements. Il nous semble aujourd'hui que cette proposition peut être à la fois discutée et reconsidérée. En effet, et paradoxalement, elle nous semble être complémentaire de celle développée par P. Halstead (2000). Il n'est pas contradictoire que la connaissance de l'environnement développée par les sociétés du Néolithique grec puisse à la fois expliquer le développement de modèles plutôt intensifs quand la qualité des sols le permettait et de modèles plutôt extensifs quand elle s'avérait insuffisante. Cette hypothèse permettrait d'expliquer que des groupes contemporains aient utilisé comme support d'activités agro-pastorales presque identiques des sols et des environnements très différents en jouant sur les espaces disponibles d'un monde en voie de peuplement. En ce cas, c'est l'ensemble des modèles déterministes reliant qualité environnementale des espaces et diffusion des pratiques qui devrait être abandonné. Sans aller jusque-là, il semble bien que la connaissance poussée que les populations

néolithiques du nord de la Grèce avaient de leur environnement ait plutôt favorisé une utilisation maximale des ressources disponibles autour des habitats plutôt que des stratégies de sélection de leur localisation initiale par rapport à des critères environnementaux fixés préalablement. Ce n'est que lorsque nous aurons à notre disposition plusieurs études de cas que nous pourrons espérer faire la part des stratégies d'adaptation aux changements environnementaux et des dynamiques propres aux groupes humains dans les dynamiques sociales d'échelle régionale. Ces observations balkaniques doivent également nous rendre prudent quant au rôle fondamental que l'on fait jouer aux vallées dans la diffusion du Néolithique rubané dans le bassin de Paris (Dubouloz *et al.*, 2005). Les sols fertiles des terrasses et la proximité des axes fluviaux ne sont peut-être pas en eux-mêmes des facteurs cruciaux comme le montre par exemple l'implantation du seul site rubané de Basse-Normandie sur un plateau de la Plaine de Caen (Billard *et al.*, 2004).

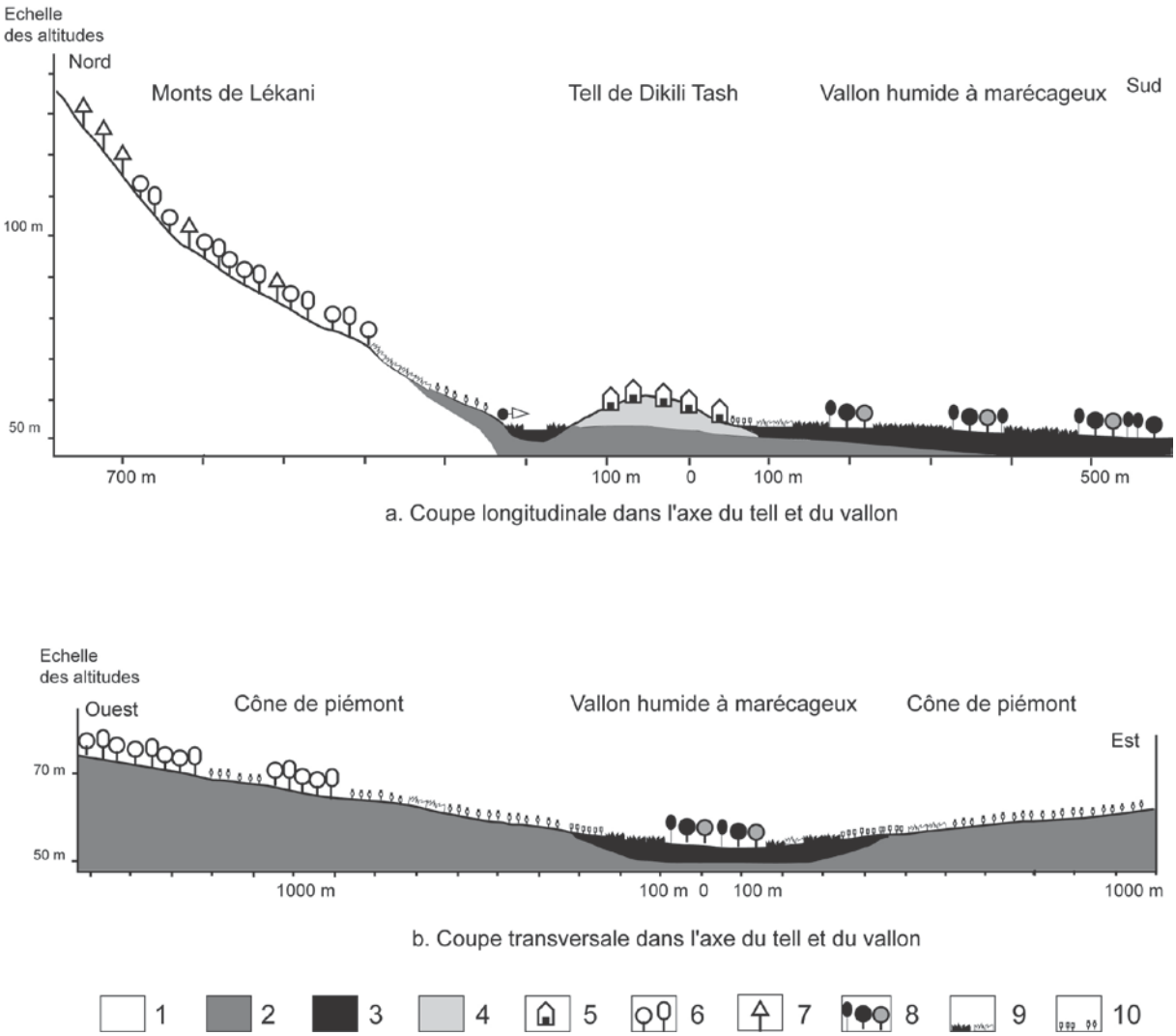


Fig. 90 - Le tell de Dikili Tash dans son environnement à l'âge du Bronze (Lespez, 2011)

4.4. Oscillations climatiques globales et Néolithisation des Balkans

Comme nous l'avons vu, le processus de Néolithisation a donné lieu à de très nombreuses théories qui font jouer un rôle majeur aux changements climatiques qui caractérisent la fin du Tardiglaciaire et le début de l'Holocène au Proche Orient. Ce type

de raisonnement bien que largement et précisément discuté (Cauvin, 1997 ; Verhoeven, 2004 ; Willcox, 2005 ; Willcox *et al.*, 2009) s'est récemment étendu à la question de la diffusion du Néolithique vers le Sud-est de l'Europe et des Balkans. Pour certains auteurs, comme C. Turney et H. Brown (2007), la Néolithisation de l'Europe est d'abord le produit d'une perte soudaine de terres cultivables liée à une transgression marine rapide (1,4 m en quelques dizaines d'années) inondant les plaines littorales du pourtour de la Mer Noire et de la Méditerranée. Cette théorie reprend, en l'étendant, en la modifiant et en la confortant, la théorie développée par W. Ryan *et al.* (1997, 2000 et 2003) qui évoquaient une inondation rapide du bassin de la Mer Noire qui aurait eu des conséquences catastrophiques (« Noah's flood »). La perte en terre agricole aurait affecté les sociétés riveraines de ces bassins lacustres et maritimes entraînant leur déstabilisation et les forçant à migrer. Ce déplacement d'abord local serait à l'origine d'un mouvement profond et durable responsable de la diffusion de la transition néolithique dans l'ensemble européen. Pour C. Turney et H. Brown (2007), cet événement est contemporain du changement climatique rapide de 6 200 av. J.-C., et de l'inondation de la dépression lacustre de la Mer Noire. Les causes de l'élévation du niveau des mers seraient à chercher dans la remontée très rapide du niveau des océans entraînée par l'arrivée brutale des eaux du lac Agassiz dans l'Atlantique nord suite à la rupture du barrage glaciaire qui contenait ses eaux. Cette brutale arrivée d'eau froide dans l'Atlantique Nord est aujourd'hui bien attestée. Elle est d'ailleurs responsable du principal changement climatique rapide enregistré au début de l'Holocène (Mayewski *et al.*, 2004) dont nous avons évoqué les conséquences climatiques régionales lors de l'étude de Dikili Tash. Cependant, ces conséquences pour les espaces littoraux et les populations des bords de la Mer Noire sont aujourd'hui contestées (Dolukhanov *et al.*, 2009). Sans même discuter du caractère catastrophique de l'« événement » dont la durée est pour le moins estimée à plusieurs siècles (Nicholas *et al.*, 2011), des recherches récentes montrent que la reconnexion entre le bassin de la Mer Noire et la Méditerranée s'est produite vers 7 000 av. J.-C. soit 800 ans plus tôt que la rupture du barrage glaciaire du lac Agassiz (Soulet *et al.*, 2011). Cette date précoce exclue également tout lien de causalité avec le développement de la Néolithisation dans le sud-est des Balkans qui lui est postérieure de plusieurs centaines d'années d'après les témoignages archéologiques connus jusqu'à présent (Lespez *et al.*, soumis).

D'autres hypothèses déterministes appuyées sur les conséquences du changement climatique rapide de 6 200 av. J.-C. ont vu le jour pour expliquer le développement de la Néolithisation en Europe centrale et Balkanique. Ainsi, B. Weninger *et al.* (2006) reprennent et développent des hypothèses émises sur le rôle des changements climatiques pour expliquer certaines transformations sociales enregistrées au Proche-Orient au début de l'Holocène. À partir du traitement d'une base de données regroupant la plupart des datations radiocarbones publiées pour de nombreux sites de l'Anatolie aux Balkans, B. Wenniger *et al.* (2006) dégagent une fourchette chronologique préférentielle centrée autour de 6 200 av. J.-C. pour l'installation des populations néolithiques dans le Sud-est de l'Europe. La co-occurrence avec le changement climatique rapide se transforme en corrélation et B. Wenniger *et al.*, (2006) concluent : « *the 8200 cal BP event triggered the spread of early framers by different routes, out of West Asia and the Near East into Greece and Bulgaria* ». Cette explication déterministe et généralisante a été critiquée par J.-F. Berger et J. Guilaine (2009) qui soulignent certaines incohérences dans les données utilisées et le raisonnement proposé. Les données acquises à Dikili Tash ajoutent de nouveaux éléments de discussion.

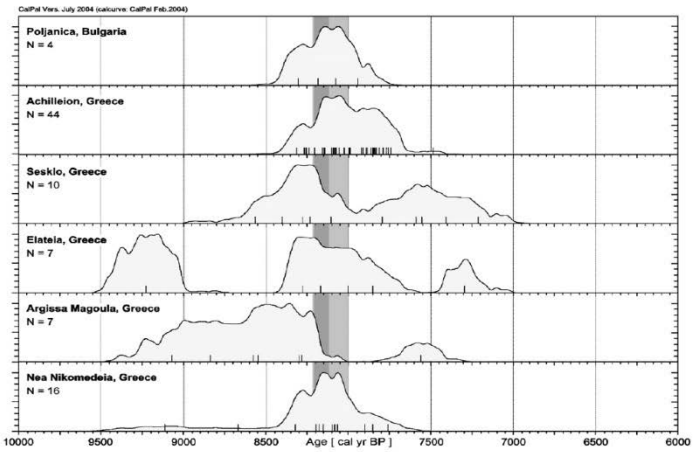


Fig. 91 - Cumulative calibrated dating probability of radiocarbon data from archaeological sites in Greece and Bulgaria. Compared to time window on the 8 200 cal yr BP event (greyed interval 8 250-7 950 ; Weninger et al., 2006)

Comme nous l'avons vu plus haut, la tendance à l'aridification évoquée comme moteur du déplacement des communautés néolithiques n'est pas aussi ubiquiste et simple que le décrivent les auteurs et le débat demeure sur la nature du changement climatique dans les Balkans. J.-F. Berger et J. Guilaine (2009) étendent la vision tripartite de l'Europe occidentale développée pour cette époque par M. Magny *et al.* (2003) à partir de l'étude des enregistrements lacustres. Celle-ci montre qu'en Europe occidentale, au nord du 43° parallèle Nord, les conditions étaient plus humides alors que vers le sud se manifesterait une tendance accentuée à l'aridification. Cette tendance à l'aridification s'exprime effectivement au sud du 40-43° de latitude Nord comme dans le nord du bassin égéen (Kotthoff *et al.*, 2008) et dans le sud-ouest des Balkans (Bordon *et al.*, 2009 ; Wagner *et al.*, 2009). Cependant, l'influence des hautes pressions continentales hivernales semble jouer un rôle majeur dans cette évolution (Marino *et al.*, 2009 ; Pross *et al.*, 2009 ; Peyron *et al.*, 2009) et il est possible que la continentalité affirmée de ces espaces joue à l'inverse en été en favorisant les précipitations comme le montre l'étude des spectres polliniques de Tenaghi-Philipppon (Peyron *et al.*, 2011). Cette tendance à la continentalisation climatique du Sud-est de l'Europe ne se serait donc pas forcément traduite par une aridification affirmée de l'ensemble balkanique mais plutôt par une transformation de la saisonnalité et donc du type de climat régnant dans la région aux alentours de 6 200 av. J.-C. D'ailleurs, comme le soulignent déjà J.-F. Berger et J. Guilaine (2009), un examen attentif des données paléohydrologiques disponibles souligne une certaine diversité des situations. Vers le Nord, le Danube connaît une succession de crues sans précédent qui engendre pendant plusieurs siècles un abandon au moins partiel des Portes de Fer par les populations locales (Bonsall *et al.*, 2001), alors que plus à l'ouest, la Morava est marquée par une extension des zones humides (Budja, 2007). Mais vers le sud également, les plaines alluviales thessaliennes sont caractérisées par une recrudescence des crues débordantes (Van Andel *et al.*, 1995) alors que les petites plaines littorales de l'île de Corfou ont localement été parcourues par des écoulements fluviaux dynamiques (Berger et Guilaine, 2009). En Macédoine orientale, les données acquises à Dikili Tash témoignent d'une remontée du niveau des nappes phréatiques et de la mare inondant les paléosols brunifiés développés sur les basses pentes des cônes de déjection. Cette activation des systèmes fluviaux ne serait pas incompatible avec les données paléoclimatiques existantes comme nous l'avons supposé pour l'environnement de Dikili Tash. L'augmentation des précipitations

estivales (Peyron *et al.*, 2011) a pu localement limiter les effets hydrologiques d'une diminution générale des précipitations. Elle indique peut-être un rôle plus affirmé des écoulements brutaux issus de phénomènes thermo-convectifs alors que les apports différés mais concentrés dans le temps des fontes des neiges sur les massifs balkaniques ont peut-être engendré une activité hydrologique printanière plus soutenue. Ainsi, la théorie catastrophiste repose sur un modèle explicatif simpliste qui apparaît aujourd'hui réducteur voire erroné. L'ensemble des hypothèses en cours témoigne de la complexité des conséquences climatiques de l'événement de 6 200 av. J.-C. (Peyron *et al.*, 2011 ; Vannière *et al.*, 2011) et appelle à la prudence dans l'interprétation des conséquences potentielles pour les sociétés des oscillations climatiques du début de l'Holocène.

Un deuxième aspect de la théorie développée par B. Weninger *et al.* (2006) doit être discuté à la suite de J.-F. Berger et J. Guilaine (2009), il s'agit de son volet chronologique et de l'interprétation qui en est faîte. Comme le montrent les données rassemblées par C. Perlès (2001) pour la Grèce septentrionale et par M. Gkiasta *et al.* (2003) pour le Sud-est européen et les résultats obtenus à Dikili tash (Lespez *et al.*, soumis), la Néolithisation de la Grèce est antérieure de plusieurs siècles ou décennies à la période de changement climatique rapide invoquée. Le développement d'un Néolithique initial entre 7 000 et 6 500 av. J.-C. apparait indubitable et contredit la chronologie sur laquelle s'appuient B. Weninger *et al.* (2006) pour expliquer la Néolithisation du sud-est européen (Berger et Guilaine, 2009). Au-delà, les données disponibles à Dikili Tash amènent à développer une interprétation prudente des discontinuités chronologiques observables dans les séries de dates disponibles. Les travaux de M. Gkiasta *et al.* (2003) suggèrent un schéma tripartite de la néolithisation du sud-est des Balkans. Se basant sur la recension de 575 datations radiocarbones, ils produisent une courbe indiquant deux phases de Néolithisation séparées par une période de décroissance importante du nombre de sites. La première phase antérieure à 6 800 av. J.-C. correspond au Néolithique initial défini par C. Perlès (2001) alors que la seconde ne se développerait qu'après 6 150 av. J.-C. Le hiatus qui sépare ces deux périodes est marqué par une chute importante du nombre de sites recensés. Cette chute correspondant en grande partie à l'épisode de 6 200 av. J.-C., il est tentant de faire un lien avec la pulsation froide contemporaine. D'ailleurs, L. Nikolova (2007) contredisant la position développée par B. Weninger *et al.*, (2006) suggère que cette période n'a pas dû être favorable au développement de la Néolithisation dans les Balkans et qu'elle l'a peut-être même ralentie. L'examen attentif des données préliminaires obtenues à Dikili Tash comme de celles disponibles en Thessalie (Van Andel *et al.,* 1995) montre que les populations du Néolithique ancien se sont au moins localement accommodées du changement climatique si on en croit la pérennité des habitats. Enfin, on peut également remarquer avec C. Bonsall *et al.* (2001) et J.-F. Berger et J. Guilaine (2009) que cette période de changement climatique rapide stimulant certains systèmes fluviaux et un alluvionnement corrélatif de leur plaine d'inondation a pu favoriser la destruction et la fossilisation de certains sites archéologiques. À ces problèmes taphonomiques qui questionnent la valeur des bases de données, doivent être ajoutée la structure des habitats balkaniques qui ne favorise pas la découverte des premiers niveaux d'occupation. Comme à Dikili Tash, beaucoup des tells balkaniques sont d'abord le résultat d'accumulations anthropogènes attribuables au Néolithique récent. Dès lors, il faut rechercher les niveaux d'occupation les plus anciens sous parfois plus de 10 m de sédiments. Les recherches conduites en Thrace occidentale et à Dikili Tash (Lespez *et al.*, soumis) soulignent la nécessité de prospections « endoscopiques » (Ammerman *et al.*, 2008) dans ce type d'habitats si on veut avoir une chance d'accéder aux phases anciennes. Si on pense à l'ensemble des tells néolithiques

de la basse vallée du Strymon et du bassin de Philippes-Drama (Grammenos et Fotiadis, 1980 ; Koukouli-Chryssanthaki *et al.*, 2008), on mesure la tâche à accomplir et la difficulté d'établir un schéma temporel des fluctuations du peuplement dans cette partie des Balkans … Ainsi, les vides de la prospection archéologique sont à regarder de manière critique alors que le tâtonnement des idées quant aux conséquences pour les sociétés du changement climatique rapide de 6 200 av. J.-C. révèlent d'abord de la faiblesse des données archéologiques disponibles que les constructions intellectuelles ne peuvent combler.

4.5. Environnement et populations néolithiques, l'exemple du 4e millénaire av. J.-C.

Les recherches entreprises dans la basse vallée du Strymon et dans la plaine de Philippes-Drama offrent l'opportunité d'approfondir notre connaissance des interactions entre les sociétés et leur environnement. Elles sont focalisées sur l'examen du rôle qu'auraient pu avoir les changements climatiques rapides dans les transformations du peuplement pendant les premières phases du développement des sociétés agro-pastorales. Nous proposons ci-dessous une première synthèse des recherches conduites depuis 2008 dans le cadre de l'ANR « Balkans 4000, à la recherche du millénaire perdu » (dir. Z. Tsirtsoni, UMR 5138 CNRS) sur le rôle des transformations environnementales dans les mutations sociales qui caractérisent le 4e millénaire av. J.-C., entre la fin du Néolithique et le début de l'âge du Bronze (Fig. 92).

4.5.1. La question archéologique et les méthodes de recherche

4.5.1.1. « Le millénaire perdu »

La synthèse provisoire et l'état de la question archéologique sont directement issus des premières conclusions produites par Z. Tsirtsoni (2010, in prep.). Dans le Sud-Est des Balkans, la transition entre l'époque Néolithique (ou Chalcolithique, selon la terminologie employée dans certaines régions) et l'âge du Bronze fournit des indices contradictoires en matière d'évolution culturelle. D'une part, on dénombre plusieurs signes de rupture, avec la disparition, surtout en Bulgarie et en Grèce du Nord, de certains traits matériels et culturels marquants du Néolithique, comme les céramiques décorées, les figurines zoomorphes et anthropomorphes ou les éléments de parure. D'autre part, la persistance de certaines techniques (architecture, outillage en pierre, et même en métal) et la permanence dans l'emplacement de certains habitats suggèrent qu'il pourrait y avoir, sinon continuité, au moins filiation entre les deux périodes. Les datations effectuées par la méthode du radiocarbone durant les dernières décennies dans la région ont sérieusement fait pencher la balance du côté de la rupture puisqu'elles montrent que, sur les sites où les deux périodes sont représentées, plusieurs siècles séparent les derniers niveaux du Néolithique (Chalcolithique) des premiers niveaux de l'âge du Bronze (Fig. 93). Enfin, très peu de sites fournissent des dates dans un intervalle situé entre 4 000/3 900 et 3 300 avant J.-C. Mais la communauté scientifique n'est pas unanime quant à l'interprétation de ces données : en Bulgarie, beaucoup d'archéologues leur accordent une valeur définitive et cherchent à expliquer les causes de ce qui apparaît comme un effondrement total de civilisation (Todorova, 2007). En Grèce, en revanche, on continue à minorer, voire à ignorer, le problème, soulignant le caractère provisoire et partiel de ces mesures et mettant en avant les signes de continuité (Treuil *et al.*, 2008). Certains mêmes considèrent qu'il s'agit pour

l'essentiel d'un problème issu de la méthode de datation par le radiocarbone (Demoule, 2000).

Fig. 92 - Les sites archéologiques concernés par le programme « Balkans 4000 »

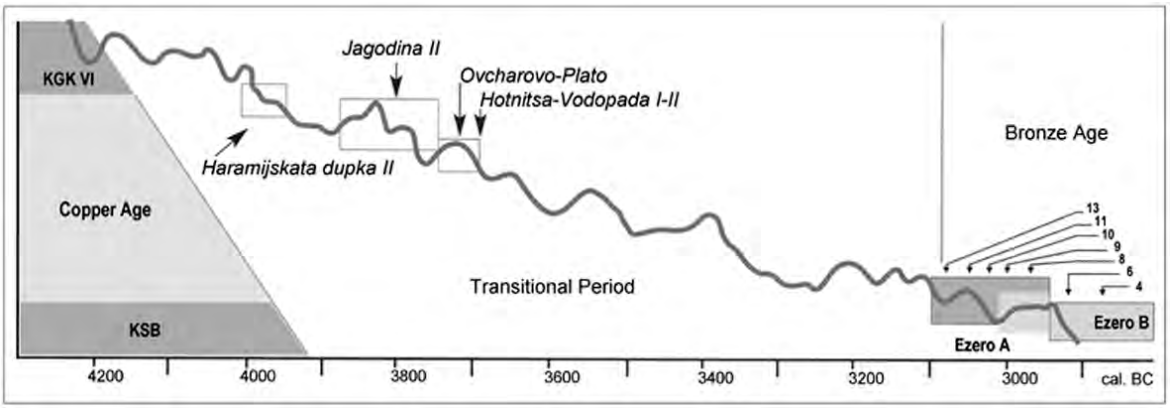


Fig. 93 - La période de transition du 4e millénaire en Bulgarie d'après Vajsov, 2002.

Du côté bulgare, différentes hypothèses ont été avancées pour expliquer la destruction des sites chalcolithiques : changement climatique provoquant une montée globale du niveau des eaux (Todorova 1978 et 1995) ou, inversement, une grave sécheresse, ou bien encore des invasions de peuples venus des steppes du Nord (Bojadziev, 1995). Les habitants auraient péri et/ou se seraient tournés vers le nomadisme et le pastoralisme. Selon les points de vue, la lacune du 4e millénaire av. J.-C serait l'effet d'une non-visibilité des sites post-chalcolithiques qui reste à expliquer, ou le résultat d'un déplacement réel des populations vers des zones supposées à l'abri des inondations ou des invasions, notamment vers les zones montagneuses méridionales qui constituent les régions où le Chalcolithique semble perdurer le plus tardivement, jusqu'à 3 800/3 700 av. J.-C. Ces mises en relation de l'évolution présumée du peuplement avec l'impact d'oscillations climatiques globales, comme celle qui affecte le 4e millénaire et qui est centrée sur 3 200 av. J.-C. (Mayewski *et al.*, 2004), ont été reprises dans des hypothèses englobantes qui promeuvent le rôle des changements climatiques dans les transformations sociales de la Méditerranée orientale de la fin du Néolithique à l'âge du Bronze (Wenninger *et al.*, 2009). En Grèce, le développement présumé des habitats en grotte, souvent situés en hauteur, est interprété comme le signe d'un changement économique au profit de l'élevage et du pastoralisme, peut-être lié à un refroidissement du climat (Diamant, 1974 ; Sampson, 1999). Mais, dans la péninsule hellénique, ce changement commence au cours même du Néolithique Récent II (l'équivalent du Chalcolithique bulgare) et non à sa fin, et ne semble pas conduire à une transformation complète du mode de peuplement et de subsistance même si les espaces agraires semblent s'étendre à des terrains marginaux auparavant (Halstead, 2000). Malgré leurs différences, les hypothèses bulgares partagent l'idée d'une progression du phénomène du Nord-Est vers l'Ouest-Sud-Ouest, aussi bien pour la fin du Chalcolithique que pour la reprise du peuplement au début du Bronze Ancien. La démonstration de cette hypothèse nécessite de prouver le caractère synchrone des destructions puis de la réoccupation dans des espaces régionaux circonscrits. C'est ce modèle que tentent de démontrer certains auteurs en s'appuyant, d'une part, sur les datations radiocarbone existantes (environ 220 recensées à ce jour en Bulgarie pour le Chalcolithique et le Bronze Ancien I avant « Balkans 4000 ») et, d'autre part, sur les parallélismes entre les différentes séquences chrono-typologiques locales (Todorova, 1995 ; Bojadtiev, 1998). Mais le projet « Balkans 4000 » a d'emblée souligné un triple problème :

(1) l'insuffisance et l'imprécision des dates radiocarbones existantes (avec des écarts atteignant souvent 100 ou 150 ans BP), qui les rendent inadaptées à une discussion fine sur l'ordre des événements à l'échelle du Sud-est des Balkans ;
(2) les dérives potentielles générées par les parallélismes stylistiques entre des « cultures » dont on ne connaît pas précisément l'évolution, et qui peuvent alors masquer des différences chronologiques de plusieurs décennies, voire de plusieurs siècles ;
(3) la faiblesse des informations paléoenvironnementales sur lesquelles s'appuyaient les hypothèses d'un forçage environnemental affectant l'organisation sociale des Balkans à la fin du Néolithique.

4.5.1.2. La basse vallée du Strymon

Pour répondre à ces questions, nous avons développés de manière complémentaire une recherche archéologique et paléoenvironnementale. La première avait pour objectif d'infirmer ou d'attester puis de mesurer le hiatus présumé et de décrire ses caractéristiques, habitat par habitat, région par région de l'Attique à la vallée du Danube

(Tsirtsoni, 2010, in prep.). La seconde avait pour objectif de déterminer les dynamiques des conditions environnementales contemporaines dans un espace parfaitement connu du point de vue de l'archéologie. Il s'agissait plus précisément de définir les conditions d'implantation et de vie des habitats et de leurs territoires environnants, aussi bien au moment de leur abandon qu'après, afin de réfléchir sur le rôle potentiel de l'environnement naturel dans les phénomènes observés. Profitant de la densité des recherches archéologiques récentes, voire en cours, et des résultats acquis sur les interactions hommes-milieu en Grèce du Nord, nous avons décidé d'approfondir et d'étendre nos investigations en Macédoine orientale (Lespez, 2003, 2007). Le choix s'est alors porté sur la basse vallée du Strymon et le bassin de Drama-Philippes, drainé par l'Angitis, son dernier affluent de rive droite.

Cet ensemble possédait également l'avantage d'être situé au centre de la zone d'étude de « Balkans 4000 » et au débouché d'un axe d'orientation Nord/Sud dont on sait qu'il a joué à plusieurs reprises un rôle crucial dans les dynamiques de peuplement des Balkans et dans les échanges entre le monde égéen et le sud-est européen. En effet, jalonnée de très nombreux sites archéologiques s'échelonnant du Néolithique à l'âge du Bronze, la vallée du Strymon correspond à l'une des plus importantes voies de communication des Balkans comme nous l'avons déjà évoqué pour le processus de Néolithisation. Plusieurs chantiers de fouilles sont encore aujourd'hui accessibles (Slatino, Strumsko, Bargarcevo, Promachonas-Topolnitsa, Kolarovo, Kryonéri), voire même actifs (Alistrati, Dikili Tash, Sidirokastro).

4.5.2. Le poids relatif des changements climatiques sur l'environnement et les sociétés du Néolithique à l'âge du Bronze

Les résultats obtenus sur le transect de Fidokoryphi permettent de développer quelques premières réflexions sur les interactions homme/milieu à la fin du Néolithique récent et au début du Bronze ancien dans le sud-est des Balkans.

4.5.2.1. Les résultats préliminaires de l'enquête archéologique

Le réexamen approfondi des données matérielles sur un certain nombre de sites en Grèce et en Bulgarie, et la datation par le radiocarbone d'une quantité significative de nouveaux échantillons fiables, à la fois d'un point de vue physique et d'un point de vue archéologique, permettent aujourd'hui de repenser la nature du millénaire perdu (Tsirtsoni, in prep.). Au total, 195 échantillons ont été datés sur 34 sites. Deux méthodes différentes ont été utilisées en fonction de la taille des échantillons : radiométrique pour les plus grands (comptage proportionnel de gaz à Dimokritos et comptage en scintillation liquide à Lyon), spectrométrie de masse accélérée pour les plus petits (AMS, à Saclay sous la responsabilité scientifique de Lyon). La plupart des nouvelles datations archéologiques produites dans le cadre du programme ont des écarts BP compris entre 30 et 40 ans (toutes méthodes et tous laboratoires confondus), ce qui permet de fixer la date des événements associés avec une précision allant de 250 jusqu'à 80 ans selon les parties de la courbe de calibration concernée et cela sans procéder à aucun traitement statistique supplémentaire par séries. L'exploitation de cette masse de données ne fait que commencer mais il est déjà possible de donner quelques indications.

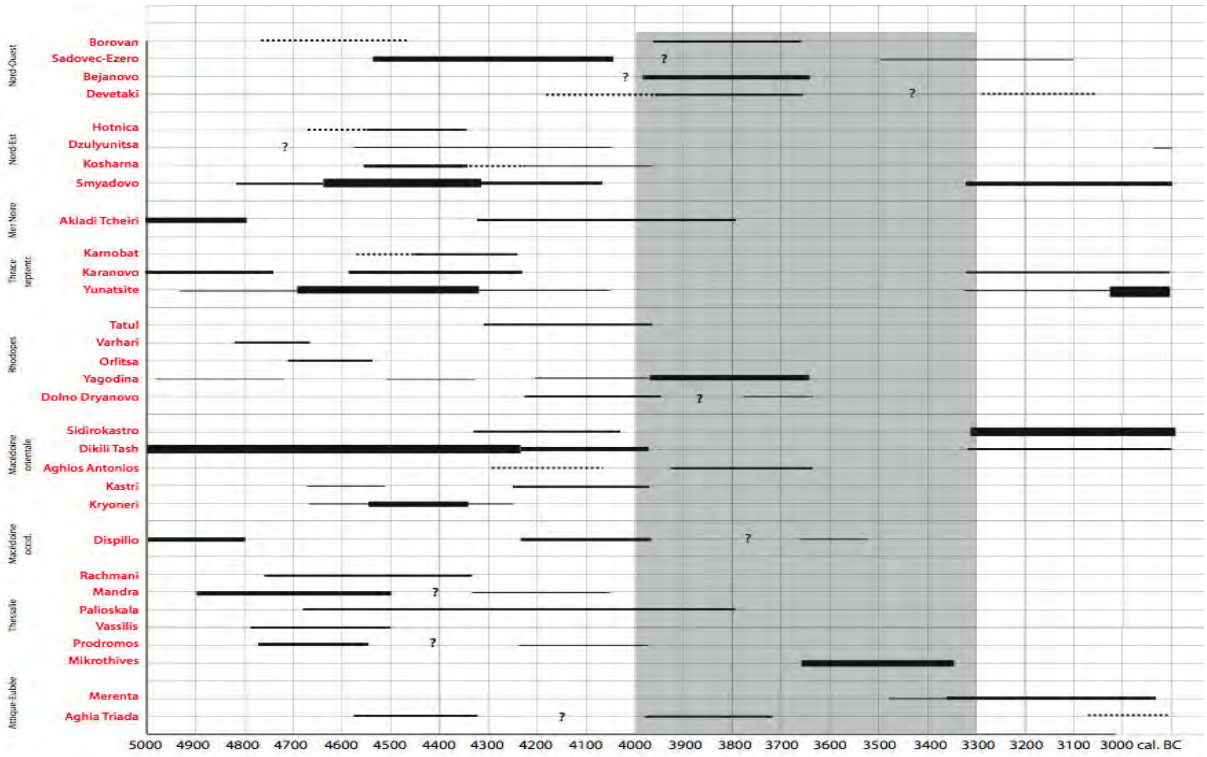


Fig. 94 - Diagramme avec les périodes représentées sur les sites datés par le programme entre 5 000 et 3 000 av. J.-C.

(Tracé continu – portions datées par le C14 ; tracé pointillé –portions attestées archéologiquement mais non datées par le C14 ; l'absence de tracé indique l'absence confirmée de cette portion de séquence ; ? – cas de doute).

Tout d'abord, les nouvelles datations archéologiques confirment qu'il y a bel et bien abandon des sites du sud des Balkans de la fin du Néolithique (Chalcolithique) à un moment qui précède nettement l'apparition du Bronze Ancien sur les mêmes sites ou dans les mêmes régions. Qu'un hiatus soit visible ou non dans la séquence stratigraphique, la lacune chronologique est désormais indiscutable partout où les deux périodes sont attestées : en effet, aucun site ne passe de l'une à l'autre période de façon continue (Fig. 94). Ce phénomène affecte aussi bien les habitats que les nécropoles organisées et concerne tous les types d'habitats (tells, sites plats, grottes) et de milieux (plaines, vallées, littoral). En revanche, la date de l'abandon n'est pas la même partout. Il est possible de distinguer un certain nombre de « paliers » : aux alentours de 4 300/4 250 av. J.-C., vers 4 000 av. J.-C., vers 3 800/3 700 av. J.-C. La correspondance exacte avec les différentes étapes « culturelles » identifiées archéologiquement (Karanovo VI, Salcuta IV, Rachmani, etc.) est à revoir. L'existence de ces paliers ne signifie pas qu'il y a progression du phénomène, ni selon la direction Nord-Est/Sud-Ouest supposée, ni selon une autre. En effet, les sites représentant les différents « paliers » se trouvent disposés de façon apparemment aléatoire sur l'ensemble du territoire étudié. Enfin, seul un site, parmi ceux datés dans le cadre de « Balkans 4000 », fournit des dates dans la période 3 500-3 300 av. J.-C. Il s'agit du site de Mikrothivès, en Thessalie, découvert à l'occasion de fouilles de sauvetage. Il a livré un mobilier comparable à celui trouvé sur certains sites du Bronze Ancien des Balkans septentrionaux et de l'Europe centrale (« culture » de Baden : Maran 1998, Adrymi-Sismani, 2007) mais il n'est pas non plus sans affinités avec la culture matérielle locale du Néolithique. Cet habitat, plat et totalement invisible car recouvert par plus d'un mètre d'alluvions, représente une étape transitoire entre un réseau de sites antérieurs

(à quelques kilomètres de là se trouvent des sites comme Sesklo, Pefkakia, Palioskala, …), et des sites postérieurs (à nouveau Pefkakia et peut-être aussi Sesklo). Il nous donne une idée des modes d'occupation du territoire durant la période de transition.

4.2.5.2. Le rôle du forçage climatique dans les mutations sociales

Les données paléoenvironnementales acquises dans la basse vallée du Strymon révèlent un changement sédimentaire notable. Les milieux lacustro-palustres de la fin du 5e millénaire av. J.-C. laissent la place à des environnements fluvio-lacustres. Ceux-ci recouvrent les parties distales des piémonts autrefois habités comme le montre la fossilisation d'une occupation attribuable à la fin du Néolithique moyen et au début du Néolithique récent. Ils témoignent d'apports alluviaux plus importants alors que, parallèlement, le niveau des nappes phréatiques monte favorisant l'extension du lac marécageux. Cette évolution peut être expliquée par la remontée durable du niveau marin à l'aval qui favorise le blocage des eaux douces du Strymon et l'importance des débits solides et liquides, sans doute soutenus par les pulsations climatiques plus humides qui affectent l'Europe continentale vers 5 500-5 000 av. J.-C. puis vers 4 200 av. J.-C. (Magny *et al.*, 2007 ; Magny *et al.*, 2011). Dès lors, l'extension et la nature des zones humides ne changent pas fondamentalement jusqu'au début de l'Antiquité. Néanmoins, les apports détritiques diminuent et ne se concentrent plus que le long de l'Angitis, alors que l'augmentation du niveau des nappes phréatiques se ralentit à partir du début du 3e millénaire av. J.-C. D'autre part, les données polliniques obtenues à Fidokoryphi suggèrent une rapide et courte pulsation sèche qui affecte les paysages végétaux vers 3 200 av. J.-C.

Ainsi, les données paléoenvironnementales révèlent deux transformations notables de l'environnement pendant la période de changement climatique global qui caractérise le 4e millénaire av. J.-C. (Mayewski *et al.*, 2004). La première, de longue durée, s'amorce dès le début de la période alors que l'autre, beaucoup plus brève, caractérise la fin de la période. La première pourrait être le résultat d'une réponse durable des hydrosystèmes du sud des Balkans à une courte période plus fraiche et plus humide qui a été bien décrite dans le centre et l'ouest de l'Europe et en Méditerranée centrale (Magny *et al.*, 2007). Dans ce cas, elle serait la réponse locale à des transformations allogènes. De même, la courte période sèche a également été identifiée dans le nord de l'Égée (Kotthoff *et al.*, 2008a ; Geraga *et al.*, 2010) et au Proche orient (Bar-Matthews et Ayalon, 2011). Elle constituerait donc la réponse locale des milieux à la pulsation aride de 5 200 cal. BP. L'ensemble de ces observations confirme la complexité des évolutions paléoclimatiques et de leur compréhension au cours du 4e millénaire av. J.-C. dans cette partie des Balkans.

Parallèlement, les données polliniques témoignent de deux périodes d'anthropisation : vers 4 500-3 600 puis vers 3 100-2 800 av. J.-C. Elles correspondent chronologiquement à la fin du Néolithique récent puis au début du Bronze ancien et sont donc totalement convergentes avec les données archéologiques qui attestent de l'occupation du site de Fidokoryphi à ces deux périodes. Mais le plus intéressant est qu'elles mettent en évidence une période intermédiaire marquée par un recul des indicateurs caractéristiques des activités agro-pastorales. Il semble bien que l'emprise humaine se soit desserrée dans cette partie de la basse vallée du Strymon entre 3 600 et 3 100 av. J.-C. Il est donc possible que les populations locales aient abandonné leur habitat entouré par un lac marécageux en pleine extension et qu'elles aient ensuite subi le changement climatique rapide de la fin du 4e millénaire av. J.-C. Cependant, ces mutations environnementales qui ont pu engendrer le déplacement voire la fragilisation

de certaines unités paysagères n'affectent pas l'ensemble de la mosaïque paysagère régionale comme le montrent les données polliniques disponibles à l'échelle locale et au-delà (Kohtoff *et al.*, 2008a ; Bordon *et al.*, 2009). De plus, les indicateurs polliniques de l'anthropisation ne disparaissent pas complètement puisque l'occurrence régulière des pollens de céréales et de taxons anthropozoogéniques est enregistrée au cours de cette période alors que l'on observe une grande constance du signal incendie. L'ensemble de ces informations suggère un maintien des activités agropastorales non loin du point de sondage. Il est probable que les populations de Fidokopryphi aient dû se déplacer face aux mutations de l'environnement mais il est également vraisemblable qu'elles ne se sont pas trop éloignées se positionnant peut-être sur les parties médianes des piémonts qui bordent la dépression fluvio-lacustre. Comme l'avait déjà noté G. Willcox (2005) à propos des changements climatiques survenus au Proche-Orient au début de la Néolithisation, dans des milieux physiquement très contrastés, il suffit souvent de se déplacer de peu pour trouver des conditions environnementales différentes. Ainsi, les populations du 4e millénaire av. J.-C. ont donc pu vraisemblablement continuer à pratiquer leurs activités à condition de s'éloigner des espaces les plus affectés par les conséquences du changement climatique.

Ces recherches montrent d'abord la réalité mais également la complexité des changements sociaux et environnementaux intervenus dans le sud des Balkans du Néolithique à l'âge du Bronze. Les recherches archéologiques mettent en évidence la diversité des processus sociaux à l'œuvre. Les variabilités chronologiques, géographiques et les effets d'échelle observés suggèrent qu'il faut regarder avec circonspection les explications déterministes promues pour expliquer la diffusion du Néolithique, l'organisation du peuplement et de la mise en valeur ainsi que la redistribution du peuplement sous l'effet des changements climatiques au cours du 4e millénaire av. J.-C.

5. Déterminisme environnemental et sociétés

Les recherches portant sur le Néolithique, conduites en Grèce, montrent que les réflexions sur le déterminisme environnemental peuvent prendre plusieurs formes. Elles soulignent la nécessité d'examiner avec précision les argumentaires développés et la nature des débats contemporains afin de proposer de nouvelles pistes de recherche.

5.1. Qu'en est-il du déterminisme environnemental aujourd'hui ?

Comme nous l'avons vu pour le Proche-Orient et la Grèce, la question du déterminisme environnemental a traversé de nombreux débats concernant l'émergence et la chute des civilisations. Elle a dépassé le cas des sociétés néolithiques et abordé le cas des sociétés complexes contemporaines ou postérieures à l'âge du Bronze.

5.1.1. Synchronisme ou relation causale ?

La première critique fondamentale qui peut être fait à certaines explications déterministes est la confusion qui est entretenue entre les explications causales et le synchronisme d'événements climatiques attestés par l'état actuel des recherches paléoenvironnementales et les mutations des sociétés mises en évidence par les recherches archéologiques et historiques. Ainsi, à partir de la comparaison de bases de données paléoclimatiques et de 7 périodes de changements sociaux -« *Human Impact*

events »-, B. Berglund (2003) remarque une coïncidence entre les changements climatiques et les transformations du peuplement (Fig. 95). Mais, prudent, il refuse de conclure pour l'ensemble des transformations observées et pose la question du lien causal qui donne son titre à l'article « *Human impact and climate changes, synchronous events and a causal link* ? ». Toutefois, d'autres chercheurs publiant pourtant plus tard leur travail n'ont pas les mêmes scrupules.

S. Munoz *et al.*, (2010), par exemple, dans un article intitulé « *Synchronous environemental and cultural change in the Prehistory of the northeastern United States* » proposent de corréler les données archéologiques et paléoclimatiques disponibles dans le Nord-est américain pour examiner la question de l'impact des changements climatiques dans les changements culturels observés chez les populations de chasseurs-cueilleurs avant la colonisation européenne (fig. 96). Après avoir pris quelques précautions de principe, ils en concluent néanmoins « *our work shows a close correspondence between periods of change in ecosystems and the archaeological records, and highlights the complex and multidirectional nature of human-climate relationships* ».

Plus surprenant encore, la multiplication des recherches qui tentent de mettre en évidence un lien entre les changements climatiques et les troubles sociaux des sociétés complexes au cours des deux derniers millénaires. Ainsi, après avoir comparé les données climatiques depuis le 3e s. après J.-C. et les périodes de prospérité et de déclin des dynasties chinoises, Wang *et al.* (2010) affirment « *Our analysis show that the desertification and food production trends in Mongolian Plateau and in northern, central and south China have paralleled the rise, decline, and collapse of China's historical dynasties. During the reversal of desertification, the dynasties founded in Mongolia and northern China flourished, and governed most of ancient China. In contrast, desertification in northern China and the Mongolian Plateau allowed southern dynasties to conquer or share dominion over these areas with the northern dynasties. During desertification, biological productivity also typically decreased, leading to periods of conflict* ».

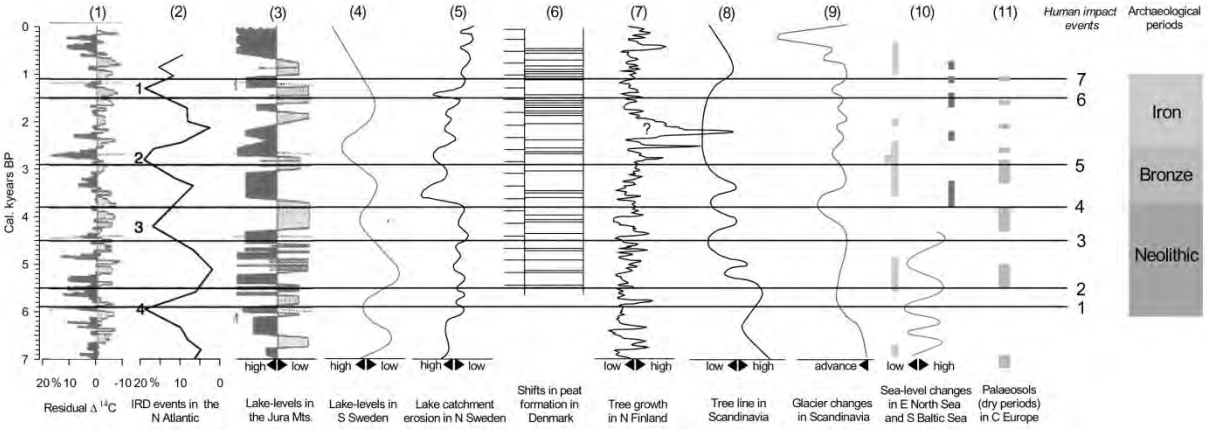


Fig. 95 - Comparison of eleven palaeoclimatic records covering the last 7000 years with the human impact events discussed in the paper *(Berglund, 2003)*

(1) solar variability (Stuiver and Braziunas, 1993), (2) ice rafted debris (IRD) in N Atlantic with numbered events (Bond et al., 1997; Alley et al., 1999), (3) lake levels in the Jura Mts, E France (Magny, 1999), (4) lake levels in S Sweden (Digerfeldt, 1988), (5) lake catchment erosion in N Sweden (Snowball et al., 1999), (6) peat growth/humification changes in Danish bogs (Aaby, 1976); horizontal lines indicate dry/moist change, occurring with 260 years intervals, (7) Scots pine tree-ring record in N Finland (Eronen et al., 1999, Eronen et al., in press; cf. Briffa, 1999, 2000), (8) tree-line in Scandinavia (mainly from Karl!en and Kuylenstierna, 1996; cf. Barnekow, 1999; Kullman, 2000), (9) glacier advances (Nesje et al., 2000), (10) sea-level changes, assumed to be temperature dependent, in S Baltic Sea (sea-level curve based on Berglund, 1971; Christensen, 1995), in SE North Sea (low sea-levels as filled bars based on Streif, 1989, and high sea levels as open bars based on Jelgersma et al., 1979), (11) Palaeosols correlated with dry periods in Central Europe (J.ager, 1999).

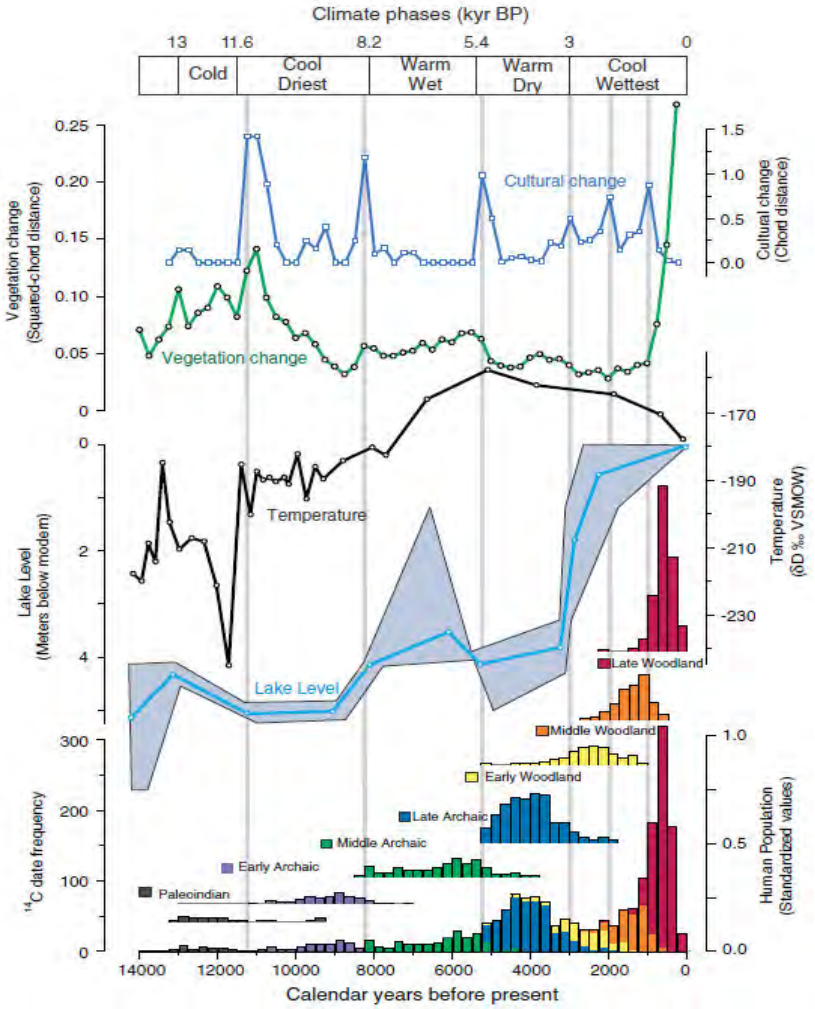


Fig. 96 - Associations between archaeological, climate, and vegetation records for northeastern North America from initial settlement (13,500 yr BP) to European contact (500 yr BP) (Munoz et al., 2010)

A stacked temporal frequency distribution of archaeological radiocarbon dates (bottom) provides information on the timing of cultural transitions and human population fluctuations. Lake-level (24) and temperature (23) reconstructions for the region provide a record of late glacial and Holocene climate. The mean of between-sample SCD values from the highest quality pollen records in the study region provide a measure of vegetation change through time. The CD between adjacent bins of archaeological radiocarbon dates provides a measure of the timing and rate of cultural change. Climate phases and transitions derived from paleoenvironmental data are based on Shuman et al. (7). Gray vertical lines denote cultural transitions defined from the frequency of archaeological 14C dates

Appuyées sur le même type de démarche scientifique, des publications consacrées à l'Europe développent le même type d'affirmation (Tol et Wagner, 2010 ; Büntgen *et al.*, 2011). Ainsi, dans un article publié dans la revue *Science* U. Büntgen et ses collègues (2011) comparent les précipitations estivales et les anomalies thermiques enregistrées en Europe médiane d'après les données dendrochronologiques. Ils proposent tout d'abord une série d'observations qui atteste pour eux le synchronisme des changements climatiques et des transformations sociales (Fig. 97). Cette partie de l'article est marquée par l'emploi récurrent des expressions « *coincide* », « *parallel* » « *is contemporaneous* ». Cependant, ils concluent ensuite de la manière suivante : « *the new climate evidence sets a palaeoclimatic benchmark in terms of temporal resolution, sample replication and record length. Our data provide independent evidence that agrarian wealth and overall economic growth might be related to climate change on high- to mid-frequency (inter-annual to decadal) time-scales. Preindustrial societies were sensitive to*

famine, disease and war, which were often driven by drought, flood, frost or fire events, as independently described by documentary archives ». Le raccourci est spectaculaire et les archéologues et les historiens ayant travaillé longuement sur chacune des périodes concernées l'apprécieront sans doute … Cet exemple n'est pas isolé et des chercheurs renommés comme B. Van Geel, qui est l'un des premiers à avoir mis en évidence l'oscillation climatique qui touche l'âge du Fer en Europe occidentale (Van Geel *et al.*, 1996) se risque à une conclusion osée dans un article de 2006 : « *Puisque le changement climatique vers 850 av. J.-C. a été déclenché par une diminution temporaire de l'activité solaire, nous formulons l'hypothèse que le soleil a été un facteur majeur influençant indirectement l'essor et l'expansion de la culture scythe* » (van Geel *et al.,* 2006).

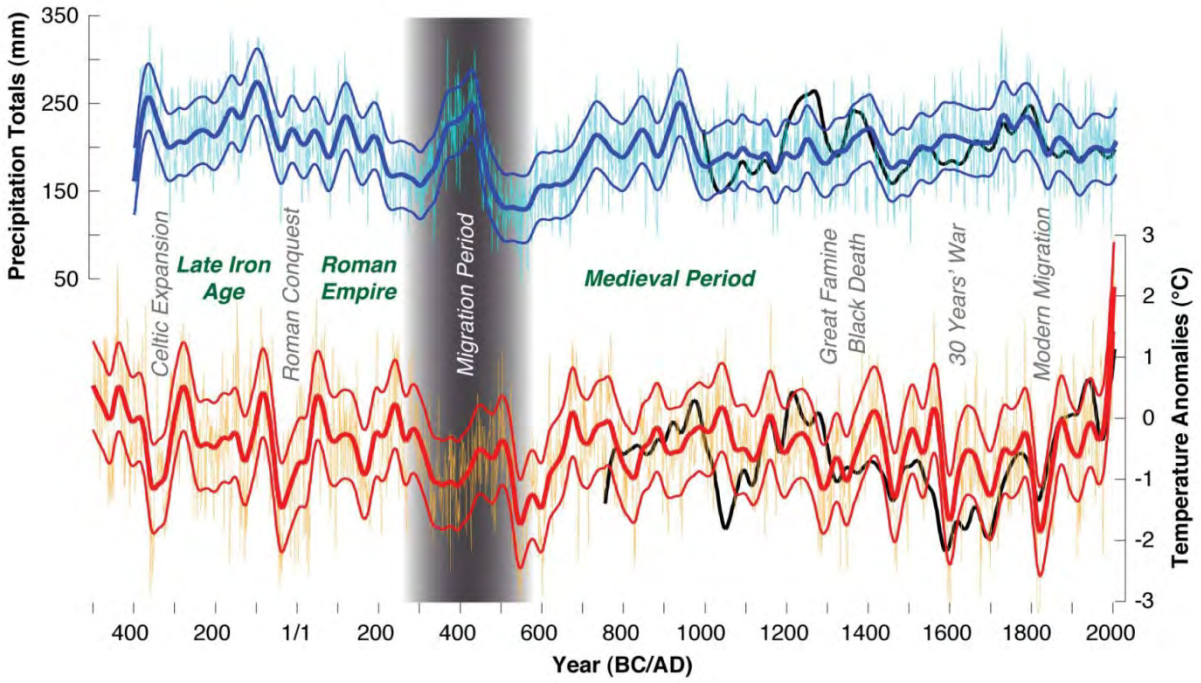


Fig. 97 - Reconstructed AMJ precipitation totals (Top) and JJA temperature anomalies (Bottom) (wrt 1901-2000). (Bütgen et al., 2011)

Error bars are +/– 1 RMSE of the calibration periods. Black lines show independent precipitation and temperature reconstructions from Germany (19) and Switzerland (18). Bold lines are 60- year low-pass filters. Periods of demographic expansion, economic prosperity and societal stability, as well as political turmoil, cultural change and population instability are marked

La confusion entretenue entre cooccurrence de phénomènes et relations causales dans ces exemples très récents, publiés dans des revues internationales à facteur d'impact élevé, est frappante. Elle pose un problème méthodologique fondamental et, comme nous l'avons vu à propos de la Néolithisation (Bocquet-Appel *et al.*, 2009, 2011), elle incite à examiner avec circonspection les résultats de recherche issus du traitement de bases de données existantes pour régler des questions sur la relation entre la nature et les sociétés à des échelles subcontinentales. Plus fondamentalement, ces exemples sont significatifs d'une renaissance d'une théorie du Climat sans aucun doute favorisé par les discussions contemporaines sur le réchauffement climatique (Coombes et Barber, 2005) Elle prend certes d'autres formes mais comporte surtout le risque, en caricaturant le rôle à accorder aux facteurs climatiques, qu'ils soient durablement rejeter comme facteurs d'explication par certains archéologues et historiens déjà sceptiques sur la capacité de la dialectique homme/environnement à enrichir notre connaissance des sociétés anciennes.

5.1.2. Des effondrements d'origine environnementale ?

Au-delà de ces approches généralisantes, le déterminisme environnemental a surtout été abordé à partir de la question des effondrements (« *collapse* ») de sociétés voire de civilisations. Deux grands types de modèles explicatifs ont été développés. Le premier promeut le rôle des changements climatiques comme moteur des transformations sociales (DeMenocal, 2001) alors que le second met en avant les ressources limitées offertes par les milieux biophysiques et les risques d'effondrement que pose leur surexploitation par des sociétés imprévoyantes, mal organisées ou soumises à un stress environnemental exceptionnel (Diamond, 2005).

Le premier cas peut-être illustré par l'effondrement (« *collapse* ») des empires du Moyen-Orient vers 2 200 av. J.-C. Le modèle développé par H. Weiss *et al.* (1993) repose sur des observations réalisées à Tell Leilan (Syrie), une cité englobée entre 2 300 et 2 200 av. J.-C. dans l'Empire d'Akkad issu du sud de la Mésopotamie. Les observations géomorphologiques et micromorphologiques réalisées dans la ville et la plaine voisine d'Habur attestent une période de forte activité éolienne entre 2 200 et 1 900 av. J.-C. témoignant d'une désertification prolongée de la région. Celle-ci serait responsable de la chute de la production agricole et du déplacement des troupeaux transhumants amenant la désertion des plaines du nord de la Mésopotamie. Cette désertification serait à son tour responsable de vastes mouvements migratoires vers le sud en même temps que le système agricole méridional basé sur l'irrigation se serait trouvait fragilisé par la réduction des crues de l'Euphrate. L'ensemble de ces processus aurait augmenté les troubles sociaux et politiques et conduit *in fine* à l'effondrement d'un des premiers empires du Moyen-Orient. Le raisonnement a ensuite été étendu à l'ensemble de l'Asie occidentale pour la même période (Staubwasser et Weiss, 2006) mais également aux crises qui caractérisent la Méditerranée orientale à la fin de l'âge du Bronze. Dans ce cas, c'est la fin de la civilisation mycénienne (Carpenter, 1966), des royaumes Ougarits et des troubles qui affectent les royaumes babyloniens et assyriens (Ward et Sharp-Joukowski, 1992) à la fin du 13e s. et au cours du 12e s. av. J-C. qui est expliquée par les conséquences d'une nouvelle période d'aridification. Les réflexions de certains archéologues ont à nouveau reçu les soutien de spécialistes des paléoenvironnements qui démontrent l'ampleur de la transformation climatique et affirment les risques qu'elle a pu engendrée (Rohling *et al.*, 2009 ; Wenninger *et al.*, 2009 ; Kaniewski *et al.*, 2010). Mais le rôle des sécheresses dans les effondrements sociétaux ne sont pas propres au monde méditerranéen et certains chercheurs ont systématisé ces explications en les appliquant à l'ensemble du globe (DeMenocal, 2001 ; Brooks, 2006 ; Wang *et al.*, 2010).

La chute des sociétés Mayas constitue un autre exemple célèbre d'effondrement de civilisation dont l'origine environnementale est largement évoquée. Il permet d'aborder la complexité de certains modèles et les déterminants multiples qui peuvent s'exercer de manière convergente. Une des explications développée met à nouveau en avant le rôle de l'assèchement du climat (Gill, 2000). Après une période brillante au début du 8e s., la civilisation maya s'effondre entre 750 et 1 050 ap. J.-C. (Rice *et al.*, 2004). Contrairement aux situations précédentes, il ne s'agit pas d'un phénomène rapide puisque toutes les recherches archéologiques mettent en évidence un effondrement échelonné qui touche les principales cités les unes après les autres sur une durée de trois siècles. Selon certains archéologues et les spécialistes des paléoenvironnements qui soutiennent leur propos (Hodell *et al.*, 1995 et 2005), une longue période marquée par la recrudescence d'année sèches aurait précipité la chute d'une société déjà fragilisée par une surexploitation du milieu. Cet exemple illustre la transition entre des modèles où les

explications climatiques sont clairement premières et déterminantes (Weiss *et al.*, 1993) et d'autres où ces derniers jouent un rôle parmi d'autres même s'ils constituent souvent le facteur déclenchant ou celui qui fait passer un seuil irrémédiable au processus de déstabilisation sociale. Ainsi J. Diamond (2005) dans son interprétation de la fin de la civilisation aya affirme clairement une hiérarchie des différents facteurs de contrôle: « *les problèmes environnementaux* [déforestation, érosion des sols et sécheresse] *et démographique mayas ont accru les guerres et les conflits sociaux* ». Plus généralement, dans son analyse des effondrements culturels d'origine environnementale, il évoque la conjonction de cinq facteurs d'explication potentiels qui élargissent et complexifient le modèle. Le premier est constitué par les « *dommages que les individus infligent inconsciemment à leur environnement* », le deuxième concerne « *les changements naturels du climat qui peuvent dégrader les conditions de vie des sociétés* » alors que les trois autres font intervenir des troubles sociaux comme les guerres, le « *soutien réduit de voisins amicaux* » et la capacité de réaction des sociétés. Dans cet ouvrage, il réinterprète les travaux de différents chercheurs archéologues et spécialistes des paléoenvironnements en affirmant que « *l'effondrement de la société pascuane suivit rapidement le moment où elle avait atteint un pic démographique, où la construction de monuments (moaïs notamment) était intensive et où l'impact humain sur l'environnement était le plus marqué* ». Ainsi pour lui, le crépuscule de l'île de Pâques serait « *l'exemple le plus flagrant d'une société qui a contribué à sa propre destruction en surexploitant ses ressources* ». Mais cela serait aggraver par l'isolement de cette île et sa fragilité écologique. En effet, s'appuyant sur les travaux qu'il a effectué avec B. Rolett sur la définition des critères ayant pu favoriser la déforestation (faible humidité, latitude plus haute, absence de certaines roches, faible altitude, éloignement des îles voisines, faible dimension), il affirme qu'à l'époque de sa découverte, l'île de Pâques était déjà l'île la plus vulnérable à la déforestation parmi 81 îles du Pacifique. Le déterminisme est donc double, géographique et climatique ; et il pèse d'autant plus que la société pascuane a été imprévoyante.

Le même type de modèle a été proposé pour expliquer la chute des colonies vikings au Groenland au cours du 15e s. ap. J.-C. La colonisation viking du nord de l'Atlantique est à l'origine d'une déstabilisation rapide des milieux naturels boréaux. Le peuplement de l'Islande à partir de 871 a entrainé un défrichement massif et durable des formations arbustives de pins et de bouleau qui dominait les paysages des espaces les plus favorables de l'ile. Cette déforestation se développe de la fin du 9e au 10e s. selon les espaces (Sverrisdottir, 2004 ; Vickers *et al.*, 2011). Elle est responsable d'une fragilisation du milieu, d'une érosion et d'un appauvrissement des sols qui remettent en cause le développement agricole initial d'autant que les années froides du Petit âge de Glace ne facilitent pas l'exploitation du milieu par l'agriculture (Sverrisdottir, 2004). Au Groenland, le peuplement viking s'amorce au milieu du 10e s. Le développement d'une agriculture européenne (Dugmore *et al.*, 2005) a des conséquences environnementales similaires à celles observées en Islande : défrichement des bosquets de bouleau et développement de l'érosion des sols liés au surpâturage (Edwards *et al.*, 2008 ; Gauthier *et al.*, 2010 ; Massa *et al.*, 2012). Celles-ci constitueraient le facteur déclenchant de l'abandon précoce des sites occidentaux puis, avec le développement des glaces de mer et la recrudescence des tempêtes qui marque le début du Petit âge de Glace dans la région (vers 1 425-1 450, Dugmore *et al.*, 2007), des derniers foyers situés sur la côte orientale de l'île (Edwards *et al.*, 2008).

Même si ces modèles qui intègrent facteurs environnementaux et sociaux sont nettement plus riches et élaborés que les précédents, ils sont pour certains aujourd'hui largement critiqués également.

5.2. Limites et critiques des modèles déterministes contemporains

L'examen des différents modèles, les argumentaires développés au cours des différents débats scientifiques auxquels ils ont donné lieu et les recherches conduites en Grèce permettent de proposer quelques réflexions pour expliquer la difficulté de mettre en œuvre des explications faisant intervenir les facteurs environnementaux pour expliquer des phénomènes aussi complexes que les effondrements ou les mutations de sociétés. Les critiques portent à la fois sur la précision des données paléoenvironnementales et archéologiques disponibles et les limites des modèles explicatifs proposés.

5.2.1. Les limites des données disponibles

Parmi les critiques les plus fréquentes reviennent régulièrement celles sur la qualité des données paléoenvironnementales disponibles. Comme nous l'avons vu à propos de la Néolithisation ou du 4e millénaire avant J.-C. dans les Balkans, les données paléoenvironnementales ne permettent pas toujours de caractériser avec précision le changement climatique et ses conséquences sur les milieux biophysiques. Ainsi de nombreuses recherches récentes remettent en cause les schémas explicatifs établis. Ainsi C. Kuzucuoglu (2009) montre la grande variété chronologique et spatiale des réponses des milieux physiques du Proche et du Moyen-Orient aux oscillations globales de 2 200 av. J.-C. et 1 200 av. J.-C. (Fig. 98). L'auteur met en évidence que l'assèchement ne fut pas enregistré de manière synchrone par les archives sédimentaires à l'échelon régional et qu'il n'eut sans doute pas non plus les mêmes répercussions sur les milieux locaux et les sociétés. Il souligne également la nécessité d'une approche multiscalaire de l'évolution de l'environnement qui intègre des milieux différents et qui prenne en compte les instabilités sociales et la résilience des sociétés. Des recherches récentes conduites dans la péninsule du Yucatan au Guatemala, remettent également en cause le schéma d'une accentuation de l'érosion des sols liés à une mauvaise gestion des terroirs et à l'accentuation de la sécheresse. T. Beach *et al.*, (2006) montrent deux périodes anciennes d'érosion. Si la seconde est bien attribuable à la fin de l'époque Classique (550-900 ap. J.-C.), elle apparaît sans commune mesure avec les conséquences de la mise en valeur initiale des milieux par les premières colonisations agricoles de l'époque Préclassique (1000 av. J.-C. – 250 ap. J.-C.). La relation entre le maximum démographique et ses répercussions environnementales devrait donc être réexaminée par les tenants d'un effondrement d'origine environnemental. De la même manière, les recherches polliniques et archéobotaniques récentes entreprises à l'île de Pâque remettent en question le modèle d'une île boisée avant l'arrivée des pascuans et inclinent plutôt à restituer une mosaïque paysagère complexe (Rull *et al.*, 2010). Elles soulignent plus généralement que le modèle d'un désastre écologique, d'origine humaine ou non, demeure très spéculatif au regard des données paléoenvironnementales disponibles. Enfin, les recherches paléoenvironnementales récentes conduites au Groenland mettent en évidence une réduction de la pression pastorale sans doute associée à une conversion des populations d'origine européenne à une économie de plus en plus appuyée sur la chasse et la pêche dès le début du 13e s, soit bien avant la fin du peuplement européen (Massa *et al.*, 2012). Les auteurs de ces recherches concluent que le surpâturage et

l'érosion des sols corrélatifs supposés par certains auteurs n'ont pas pu constituer la cause déclenchant l'abandon des colonies Groenlandaises.

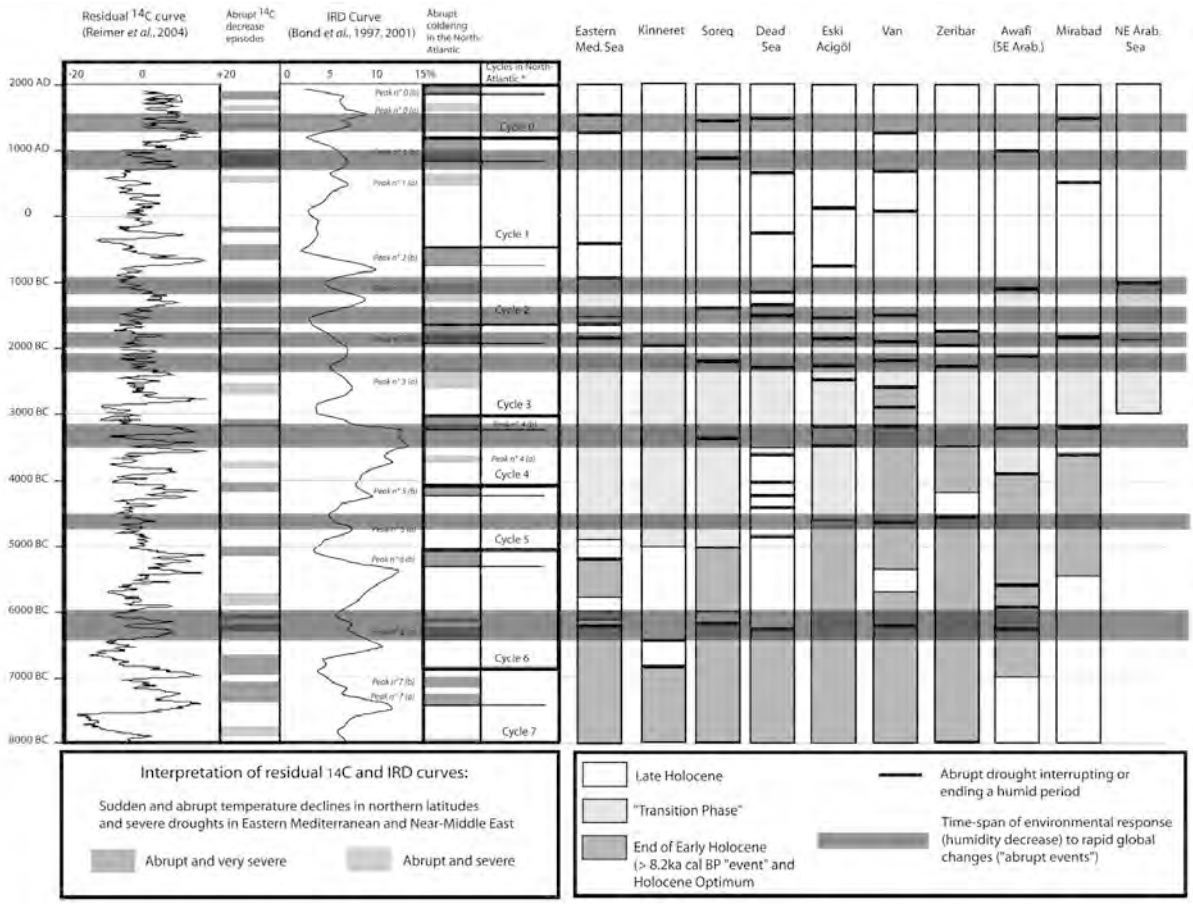


Fig. 98 - The variability in timing and number of dry abrupt events according to regions of the Near and the Middle East, compared to global climatic cycles illustrated by 14C and IRD trends, from 8000 BC to 2000 AD (Kuzucuoglu, 2009).

Comme nous l'avons vu également à propos des recherches conduites dans le sud des Balkans, c'est également la précision et la qualité des données archéologiques qui peuvent poser problème. C'est par exemple le sens des observations réalisées dans les Grandes Plaines américaines (Bettis et Mandel, 2002), la moyenne vallée du Rhône (Berger, 2011) et les Balkans (Berger et Guilaine, 2009) qui montrent que les processus d'érosion et de fossilisation ont pu considérablement affecter le potentiel de préservation des sites archéologiques. Comme nous l'avons montré en Grèce, ce problème taphonomique peut devenir crucial pour les périodes anciennes comme le Néolithique où la densité des sites d'habitat fut faible et où les fonds de vallée ont pu jouer un rôle important dans le développement du peuplement. Même dans les espaces où les recherches archéologiques sont nombreuses, la faiblesse de certaines données peut conduire à sur-interpréter certains phénomènes. Ainsi, en Mésopotamie, les études archéobotaniques récentes conduites par S. Riehl (2009) montrent que les populations locales ont transformé leur système de production en développant des cultures vivrières plus adaptées à la sécheresse. Elles ont pu ainsi augmenter leur résilience au changement climatique en changeant d'agrosystème. Cette adaptation fut probablement insuffisante face à la sécheresse enregistrée dans certaines régions du nord de la

Mésopotamie vers 2 200 av. J.-C., mais elle aurait permis aux sociétés de la région de surmonter la crise climatique suivante (Riehl, 2009).

Le progrès des connaissances archéologiques a également permis de réinterpréter certaines crises et d'abandonner les hypothèses déterministes d'origine environnementale. Ainsi, à partir des données disponibles, S. Marinatos (1939) avait pu associer la fin de la civilisation minoenne à l'éruption du Santorin. Cependant, cette hypothèse n'a perduré que le temps de montrer que l'explosion du volcan et les destructions enregistrées à Santorin à la fin du Minoen Récent I (vers 1 600 av. J.-C.) étaient antérieures de plusieurs décennies à la succession de destructions enregistrées sur la grande île (Driessen et MacDonald, 1999). Aujourd'hui, il apparaît clairement que les destructions sélectives qui interviennent à la fin du Minoen récent II (vers 1 450 av. J.-C.) ne peuvent être reliées à l'explosion violente du volcan dont les conséquences (cendres et tsunami) furent d'ailleurs limitées en Crète comme le montrent les recherches développées à Malia (Lespez *et al.*, 2003) et affectèrent principalement l'Egée orientale (Treuil *et al.*, 2007). De la même manière l'enchainement des processus ayant conduit à la fin de la civilisation mycénienne apparaît aujourd'hui complexe. En effet, les recherches archéologiques soulignent la fragilité des corrélations chronologiques entre les différentes destructions observées dans les principaux palais (Treuil *et al.*, 2007). Elles montrent aussi clairement que plus d'un siècle sépare la fin brutale du système palatial (vers la fin du 13e s.) et le changement culturel majeur qui intervient définitivement à la fin du 12e s. (Treuil *et al.*, 2007). Parallèlement, les travaux des archéologues sont riches de nombreuses hypothèses faisant intervenir les invasions ou les conflits internes ayant d'autres facteurs déclenchant que les transformations de l'environnement (Treuil *et al.*, 2007). Ces observations soulignent la complexité des changements culturels et la multitude des questions qui demeurent posées quant au fonctionnement des sociétés de l'âge du Bronze dans le monde égéen. Elles amènent à examiner attentivement les hypothèses qui font jouer un rôle crucial aux facteurs environnementaux dans la déstabilisation de civilisations complexes.

Dans certaines régions, la qualité des données environnementales et archéologiques disponibles permet de démontrer la complexité de l'articulation entre les transformations environnementales et les dynamiques sociales. Les travaux effectués sur les lacs jurassiens, en particulier ceux de Chalain et de Clairvaux, ont longtemps soutenus l'idée que « *les bas niveaux lacustres auraient été favorables à l'implantation des villages d'ambiance humide (Magny, 1993) tandis que les périodes d'instabilité et de crues répétées auraient conduits au déplacement des habitats et à l'abandon des rives* » (Pétrequin *et al.*, 2002). « *Mais depuis une quinzaine d'années, quelques contre-exemples ont été mis en évidence, tandis que d'autres rythmes, plus fins et plus subtils, sont venus nuancer un déterminisme climatique d'application souvent stricte et qui masque d'autres formes d'évolution sociales et techniques celles-là* » (Pétrequin *et al.*, 2002). Tout d'abord il apparaît que la crue des niveaux lacustres a entrainé une diminution du nombre d'habitat plutôt qu'un abandon complet des rives des lacs. Parfois les habitats se sont simplement déplacés un peu plus en arrière des rives sans que leur existence soit menacée comme nous le supposons à Dikili Tash pour le Néolithique ancien et à Fidokoryphi pour la fin du Néolithique récent. Ensuite, il semble que la principale période de dépeuplement survenu du 29e et 27e s. av. J.-C. corresponde effectivement à une phase majeure de dégradation climatique (Magny, 2004) mais « *que, dans l'état actuel des chronologies, il semble bien que ce dépeuplement relatif ait commencé plusieurs dizaines d'années avant le pic de dégradation du climat* » (Pétrequin *et al.*, 2002). La question d'une crise d'origine sociale anticipant l'impact de la dégradation climatique

reste donc posée. Cet exemple montre combien la précision de la chronologie est fondamentale pour pouvoir discuter de l'enchainement des processus et donc des rapports de causalité.

Enfin, les études les plus abouties dans les espaces où l'information archéologique est importante tendent souvent à minorer le poids des déterminismes naturels. En Grande Bretagne, les examens précis du maillage du peuplement au cours de la fin de l'âge du Bronze et de l'âge du Fer montrent que l'impact des évolutions climatiques a été complexe et qu'il n'est pas univoque en Grande Bretagne (Dark, 2006). Il semble qu'il se soit surtout exprimé pour certains espaces sensibles comme les zones humides de fond de vallées ou les hautes terres du sud-ouest de l'Angleterre (Amesbury *et al.*, 2008). Ces observations ont favorisé le développement de raisonnements faisant jouer aux espaces plus sensibles aux contraintes environnementales le rôle d'espaces marginaux dont la mise en valeur fluctue en fonction de l'expression des contraintes climatiques. En revanche, il apparaît plus difficile à mettre en évidence pour les sociétés qui s'appuient sur des mosaïques paysagères variées et qui ne sont pas dépendantes d'un type de ressource et d'habitat. Les résultats obtenus en Basse-Normandie confortent ces conclusions (Lespez *et al.*, 2005, 2008, 2010). De la même manière, l'examen des modes de mise en valeur de la basse vallée du Rhône au cours de l'Antiquité montre la conjonction d'une dégradation du climat caractérisée par l'augmentation des crues et des apports détritiques et d'une réorganisation complète de l'habitat. Néanmoins, les travaux géomorphologiques montrent que la crise hydrologique se développe au cours des 1er s. av. et ap. J-C. (Provansal *et al.*, 1999) et que la transformation du peuplement intervient après le 1er s. ap. J.-C. Mais surtout, les recherches archéologiques très précises développées dans le cadre du programme Archaeomedes montrent que si 80% des sites sont abandonnés entre la fin du 2e s. et le 3e s. ap. J.-C. tous les espaces sont concernés. On assiste en fait à une concentration de l'habitat du fait du développement d'un système latifundiaire qui renforce les sites les plus importants et les plus accessibles mais pour lesquels les facteurs environnementaux ne semblent pas jouer de rôle déterminant (Van der Leeuw et Archaeomedes, 2005). Dans le même espace géographique, l'examen attentif des modes de peuplement et des conséquences environnementales de l'oscillation des 6e et 7e s. ap. J.-C. aboutit à peu près au même résultat (Leveau *et al.*, 2002). En effet, les crises morphosédimentares apparaissent complexes, hétérochrones et très dépendantes de l'impact local de l'anthropisation. De plus, si les études historiques et archéologiques « *n'infirment pas l'image d'une diminution générale de sites occupés* […], *elles montrent l'hétérogénéité des situations locales » et souligne que la conversion à l'élevage des plaines alluviales n'est pas forcément le signe d'une déprise agricole* » (Leveau *et al.*, 2002). Là aussi les transformations sociales sont sans doute indépendantes des fluctuations environnementales. Elles attestent au moins de la résilience des sociétés nord-méditerranéennes y compris dans des périodes où elles apparaissent en difficulté.

Le Sud-ouest de la Chine, à la fin de la période Ming et au début de la période Qing (c. 1 400-1 800 ap. J.-C.), une croissance démographique dans un paysage pourtant affecté par une importante érosion et la recrudescence des crues de mousson. J. Dearing *et al.* (2008) montre que cette apparente contradiction provient de l'aménagement d'une grande partie des versants montagneux par des terrasses de culture afin de cultiver le riz. L'examen de cette résilience, c'est-à-dire de la capacité d'une société à se réorganiser pour faire face à une ou des perturbations extérieures constitue l'une des clés de compréhension de la relation entre les sociétés et les forçages environnementaux (Van der Leeuw, 2003 ; Butzer, 2005 ; Walker *et al.*, 2006).

5.2.2. La difficile appréhension de la représentation de l'environnement et de ses mutations par les sociétés

Cette résilience qui repose sur la capacité de réaction et d'adaptation des sociétés correspond en grande partie à la conception que les sociétés se font de leur environnement et des changements susceptibles de l'affecter. Cette question est d'ailleurs posée dans les nombreuses études sur les effondrements d'origine environnementale. Ainsi au Groenland, les facteurs climatiques et environnementaux sont souvent envisagés comme un stress auquel les populations ont été incapables de répondre pour des raisons culturelles et en particulier du fait d'un attachement irrationnel à des modes de vie et des pratiques européennes devenues inappropriées (Barlow *et al.*, 1997 ; Diamond, 2005). En Crète, ce sont les répercussions économiques et commerciales mais aussi psychologiques et politiques du cataclysme du Santorin qui ont été mobilisées pour expliquer que l'explosion du volcan ait pu avoir un impact indirect sur la fin de la société minoenne (Driessen et MacDonald, 1999). Pour faire jouer un rôle primordial à la « bonne » ou à la « mauvaise » appréhension des caractéristiques de l'environnement et des changements environnementaux par les sociétés, il apparaît crucial d'être capable de déterminer la manière dont elles envisageaient leur environnement. Si cette recherche est complexe pour des sociétés anciennes pour lesquelles il n'y a pas de sources écrites permettant d'aborder les systèmes de représentation, elle peut néanmoins s'appuyer sur des approches anthropologiques et ethnoarchéologiques qui abordent ces questions.

Il n'est pas ici question de rappeler l'étendue des débats philosophiques et scientifiques sur cette question (voir par exemple pour des synthèses sur ces questions, Larrère et Larrère, 1997 ; Descola, 2005) mais simplement d'entrouvrir une fenêtre qui rappelle à la fois la difficulté de la question posée et nous permette de repenser notre posture de recherche. L'ethnologie a été traversée par des débats proches de ceux qui animent aujourd'hui les communautés archéologique, géoarchéologique et paléoenvironnementaliste. Ainsi, dans cette discipline se sont longtemps opposées deux visions de la Nature. Pour certains chercheurs les comportements alimentaires, les rituels et les mythes des sociétés premières sont réductibles à une utilité pratique, c'est-à-dire qu'ils résultent d'une adaptation des sociétés à leur environnement et à ses contraintes qu'en quelque sorte ils contribuent à formaliser et à enraciner. Cette position développée par B. Malinowsky (1944) dans une anthropologie des besoins est une version du déterminisme environnemental qui trouvera une forme de consécration dans le « matérialisme écologique » développé par M. Harris (1979) et à sa suite par de nombreux chercheurs anglo-saxons. En réaction à cette pensée, d'autres chercheurs affirment, au contraire, la primauté de la contingence. Dans cette perspective, « *il n'y a rien d'automatique ou de prévisible dans la manière dont une société sélectionne tel ou tel aspect de son habitat pour le doter d'une signification particulière et l'intégrer à des constructions mythiques* » (Descola, 2011). Cette proposition développée dans la *Pensée sauvage* par C. Levi-Strauss (1962) a pu conduire certains chercheurs, refusant le réalisme cognitif, et n'envisageant plus l'environnement que comme un « *simple lexique de propriété au sein desquels l'esprit venait sélectionner des éléments pour les convertir en système symbolique* » comme le note P. Descola, 2010. Cette conception apparentée au possibilisme géographique revenait à nouveau à renoncer *de facto* aux explications causales impliquant des raisons environnementales. Cependant, P. Descola dans ses travaux affirme qu'une voie moyenne est possible entre ces deux conceptions extrêmes. Il tente de montrer l'articulation entre les usages techniques et symboliques de l'environnement. Son travail s'est d'abord appuyé sur l'étude des populations Achuar

d'Amazonie (Descola, 1986). À cette occasion, il montre les limites de la vision déterministe puisque les Achuars développent le même type d'adaptation dans les environnements riches des espaces rivulaires et ceux beaucoup plus pauvres des interfluves. Mais il découvre surtout que les Achuars « *traitaient les non-humains comme des personnes avec lesquelles ils entretenaient des rapports sociaux* » (Descola, 2010). Cette observation l'amène à développer de nouvelles réflexions sur les rapports Nature/Société. Refusant aussi bien le déterminisme environnemental qu'un structuralisme caricatural ou un culturalisme étroit, il propose une recherche qui tienne compte du fait que « *les schèmes dont l'humanité dispose pour définir ses relations au monde et à autrui existent sous la forme de structures mentales, pour parties innées, pour parties issues des propriétés mêmes de la vie sociale. Mais que ces structures ne sont pas toutes compatibles entre elles et chaque système culturel, chaque type d'organisation sociale est le produit d'un tri et d'une combinaison, qui pour être contingents, se souvent répétés dans l'histoire avec des résultats comparables. Spécifier la nature de ces éléments, élucider leurs règles de composition et dresser une typologie de leurs arrangements est la tâche que l'anthropologie devrait se fixer en priorité* » (Descola, 2010). C'est en s'attelant à cette tâche qu'il propose à la suite de l'étude de très nombreuses sociétés, la définition de quatre ontologies qui permet de repenser le rapport de l'Homme à la Nature (Descola, 2005). Pour le naturalisme moderne qui caractérise la société occidentale depuis le 17e s., la séparation de la Nature et de l'Homme résulte du fait que l'intériorité n'est reconnue qu'aux humains. En revanche, dans le cas de l'animisme, l'intériorité des humains est identique à celle des non-humains dont ils ne sont séparés que par des différences physiques. Pour le totémisme, il y a identité des intériorités et des physicalistes de certains humains et non-humains. Enfin, pour l'analogisme, qui a entre autres constitué le modèle dominant pour l'Occident depuis l'Antiquité tardive jusqu'à la Renaissance, tout est singularité. On observe une discontinuité des intériorités et des physicalités des humains et des non-humains qui se classent le long d'une échelle, « *des plus humbles à l'être parfait, assimilé à Dieu* » (Descola, 2010). La définition de ces quatre ontologies constitue en quelque sorte le début d'un programme qui doit permettre de repenser les relations Nature/Société pour des groupes humains qui se sont développés en dehors ou avant le naturalisme moderne. Cette approche intègre la fin d'une vision duale de la nature et de la culture qui n'a pas de sens comme l'a très bien montré A. Berque (2000) par exemple en géographie. Elle fournit une armature conceptuelle qui dépasse l'opposition entre le déterminisme environnemental appuyé sur la nécessité et la contingence culturelle indépendante de la nature. Elle apparaît surtout à même de dépasser les approches phénoménologiques très développées en archéologie du paysage (Anschuetz et al., 2001) et les approches naturalistes de type déterministe et d'instaurer un dialogue interdisciplinaire circonstancié autour du rôle des forçages environnementaux.

4.3. Projets

L'état des recherches sur l'anthropisation montre l'ampleur des questions qui restent posées et auxquelles nous allons tenter de nous confronter à travers plusieurs programmes de recherche. Il s'agit à la fois d'avancer sur la question du poids des déterminants biophysiques et en particulier climatique mais également d'approfondir la réflexion sur l'anthropisation des milieux et des paysages. Ces interrogations et les travaux conduits jusqu'à présent, nous encouragent, en fait, à retourner au terrain afin de produire de nouvelles données. Sans renoncer aux démarches inductives, il s'agit

principalement de développer une démarche hypothético déductive qui fournisse de nombreuses et précises données de terrain susceptibles d'alimenter une réflexion rigoureuse.

4.3.1. Il est nécessaire de disposer de **données paléoclimatiques les plus précises** possibles et à différents niveaux scalaires. En Basse Normandie, comme en Grèce et en Afrique sahélienne, les données paléoclimatiques ont permis de brosser l'évolution d'ensemble du climat et de mettre en évidence les répercussions des oscillations globales pour l'Holocène. Néanmoins, l'analyse des répercussions de ces changements sur les pratiques agropastorales nécessite de disposer d'informations précises sur les rythmes hydrologiques, et en particulier l'importance de l'évapotranspiration et sa répartition saisonnière.

4.3.2. Développer une approche multiscalaire afin de mettre en évidence l'articulation entre les changements paléoclimatiques globaux et environnementaux locaux. Il est nécessaire de disposer de plusieurs études de cas qui permettent de faire le lien entre les changements globaux dont les répercussions sont précisées à l'échelle régionale et les transformations de l'environnement observées à différents niveaux scalaires : l'environnement immédiat d'un site archéologique, les micro-régions mises en valeur par un groupe culturel à partir d'agrosystèmes qui mettent en valeur différents géosystèmes, des systèmes fluviaux ou palustres de plus grande dimension qui sont susceptibles d'avoir répercuté les transformations environnementales et d'avoir affecté en retour les pratiques agropastorales.

⇒ ***Ces travaux seront principalement poursuivis en Normandie et dans la péninsule hellénique. Ils sont pour l'instant soutenus en Grèce par le programme Paleomex-MISTRALS-INSU CNRS :***

- HOTMED (dir. M. Magny) propose de fournir des données paléoclimatiques à l'échelle du monde méditerranéen à partir d'un transect Est-Ouest réalisé dans les archives lacustres. Il devrait permettre d'améliorer notre connaissance régionale des changements climatiques.

*- Ces connaissances seront confrontées aux travaux produits dans le cadre du programme **ARCHEOMED** (2011-2013, resp. L. Carozza et L. Lespez). Ce programme a pour ambition de caractériser avec précision les changements de l'environnement aux alentours des habitats et de définir localement les mutations des mosaïques paysagères qui servent de support au développement des activités humaines. Les terrains d'étude ont été choisis et disposés de manière à assurer un transect Nord-est/Sud-ouest depuis les rives de la Mer Noire jusqu'aux rives de l'Adriatique (Fig. 99). Ils sont au nombre de 4 : Delta du Danube et lac de Varna, Basse Vallée du Strymon et Plaine de Drama, Plaine de Thessalonique, Basse vallée et delta du Thyamis et île de Corfou.*

Fig. 99 - Les fenêtres d'étude du programme ARCHEOMED
Disposées selon un gradient nord-est/sud-ouest, chacune des fenêtres permet d'accéder à des archives sédimentaires et archéologiques

4.3.3. Développer une lecture fine de la confrontation des sociétés au changement environnemental.

Il s'agit de dépasser le constat de cooccurrence et le lien hypothétique de causalité entre changements climatiques et mutations sociales. Ce n'est que lorsque nous aurons à notre disposition plusieurs études de cas que nous pourrons espérer faire la part des stratégies d'adaptation aux changements environnementaux et des dynamiques propres

aux groupes humains dans les dynamiques sociales d'échelle régionale. L'objectif est donc d'observer la manière dont se développent les systèmes socio-environnementaux et dont ils ont pu être affectés par des mutations d'origine climatique. Ce changement de perspective implique de développer une démarche anthropocentrée basée sur la capacité à caractériser le fonctionnement des sociétés par l'archéologie et l'histoire pour les périodes les plus récentes, les transformations des environnements à proximité des habitats par des recherches géoarchéologiques et paléoenvironnementales, puis d'estimer leurs conséquences à l'échelle régionale.

⇒ ***Ces travaux seront principalement poursuivis en Normandie et dans la péninsule hellénique. Ils sont pour l'instant soutenus en Grèce par le programme Paleomex-MISTRALS-INSU CNRS :***

*- Le programme **ARCHEOMED** permet de faire collaborer des chercheurs : archéologues, géoarchéologues, paléoenvironnementalistes. Cette collaboration doit permettre d'examiner avec précision les réactions des sociétés à ces transformations locales de l'environnement et de détecter une éventuelle réaction et sa propagation à des échelles englobantes (régionale ou micro-régionale) qui correspondent aux espaces d'organisation des sociétés à partir du Néolithique.*

4.3.4. Progresser dans la connaissance de la manière dont les sociétés ont appréhendés leur environnement et dont elles ont produits des paysages culturels.

Ce travail est également interdisciplinaire. Il a débuté pour les périodes médiévales et modernes en Normandie grâce aux collaborations conduites avec V. Carpentier et E. Garnier et pour la période antique en Grèce du Nord grâce à la collaboration avec G. Tirologos. Ce travail devra être étendu à toutes les périodes et à l'ensemble des terrains d'études. L'objectif est d'initier une nouvelle réflexion en s'appuyant d'une part sur la caractérisation la plus précise possible des structures paysagères et d'autre part en intégrant progressivement le cadre conceptuel défini par P. Descola et d'autres ethnoarchéologues afin de rompre avec l'approche dualiste des rapports Nature/Société.

⇒ *Ces travaux pourront s'appuyer sur les principaux programmes de recherches pluridisciplinaires en cours dans les différents espaces d'études :*

*- En Grèce du Nord, le programme ARCHEOMED et **le programme de fouille programmé de Dikili Tash** (dir. P. Darcque et D. Malamidou)*

*- En Normandie, **le PCR « Archéologie des paysages de la plaine de Caen du néolithique à l'époque mérovingienne »** (dir. L. Lespez et C. Germain-Vallée)*

*- En Afrique**, le programme « Peuplement et paléoenvironnement en Afrique de l'Ouest »** (dir. E. Huysecom)*

CHAPITRE 5 : L'ANTHROPISATION DES SYSTEMES FLUVIAUX

Les transformations des systèmes fluviaux sous l'action des sociétés humaines sont classiquement rangées en deux catégories : les interventions directes sur le chenal et les actions opérées à l'échelle des bassins versants, ces dernières pouvant modifier les débits solides et liquides et donc avoir des répercussions sur la morphologie du chenal par le jeu des processus réponses (Brown, 1997 ; Brierley et Fryirs, 2005). Les premières ont fait l'objet de très nombreux travaux ces dernières années. Ceux-ci mettent l'accent sur leurs relations avec l'évolution des usages des cours d'eau mais s'expriment aussi en écho de thèmes spécifiques du fait de la recrudescence du risque hydrologique et de l'émergence de la question de l'érosion de la biodiversité (Downs et Gregory, 2004) en particulier. Les secondes ont été appréhendées en lien avec la question des métamorphoses fluviales grâce à la définition du système fluvial et de son fonctionnement (Schumm, 1977). Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, les recherches effectuées dans les trois terrains d'étude ont privilégié la compréhension du forçage anthropique qui s'exerce à l'échelle du bassin versant. Il s'agit maintenant de mettre en perspective les résultats obtenus en montrant les mécanismes qui conduisent de l'érosion des sols à l'aggradation alluviale, en discutant leurs temporalités, et en comparant ces processus à ceux observés dans des recherches effectuées dans des espaces voisins ou similaires. Nous aborderons la notion de détritisme d'origine anthropique avant de s'interroger sur les transformations spatio-temporelle des systèmes fluviaux engendrées par l'anthropisation.

1. Le détritisme d'origine anthropique et la métamorphose des systèmes fluviaux

Dans les différents terrains étudiés, le passage vers la fin de l'Holocène se traduit par une recrudescence de la sédimentation détritique limono-sableuse. En Normandie, elle vient fossiliser les formations organiques qui caractérisaient les fonds de vallée de l'Holocène moyen ; en Grèce du Nord, elle vient recouvrir les paléosols vertiques de la basse vallée du Strymon et de la Plaine de Drama ; alors que le fond de vallée du Yamé est progressivement engorgé par des accumulations colluvio-alluviales. Après avoir défini les principes de l'érosion anthropique et ses liens avec le fonctionnement des systèmes fluviaux, nous examinerons les résultats obtenus afin de montrer les points communs et les divergences des modèles à l'œuvre.

1.1. L'érosion anthropique et le détritisme alluvial

Les recherches géomorphologiques ont depuis longtemps souligné le rôle des états de surface dans les modalités de l'érosion. Le modèle bio-rhéxistatisque s'est imposé pour expliquer le développement des crises érosives et de la production sédimentaire corrélative en faisant jouer un rôle majeur à la couverture végétale (Erhardt, 1954). Dans des contextes tectoniquement stables, les périodes de biostasie caractérisées par le développement de la pédogenèse et de l'altération sous un couvert végétal protecteur alternent avec des périodes défavorables à la végétation qui entrainent le développement de l'érosion des sols et la purge des stocks d'altérites. Bien que ce modèle explicatif jugé aujourd'hui trop simpliste soit abandonné, le principe qui le gouverne reste d'actualité et est toujours utilisé par les géomorphologues (Neboit-

Guilhot, 1983 et 2010). Cependant, au forçage climatique, les géomorphologues ont ajouté depuis le premier tiers du 20e siècle, le forçage d'origine anthropique.

1.1.1. L'érosion anthropique

Le développement des sociétés agro-pastorales entraîne « *l'immixtion de l'homme dans la marche naturelle de la morphogenèse* » (Neboit-Guilhot, 2010). Les pratiques agropastorales sont responsables de la mise à nu et de la fragilisation des profils pédologiques. Cette nouvelle utilisation du sol conduit au développement de l'érosion des horizons humifères superficiels puis des horizons sous-jacents et provoque un accroissement des transferts sédimentaires au sein du système morphogénique. Développée par les agronomes américains confrontés aux crises érosives des sols agricoles des Grandes Plaines (Bennett, 1939), l'étude des pertes en sol a conduit à développer le concept d'érosion accélérée afin de souligner l'importance de processus qui dépassent les modalités « *normales* » ou « *géologiques* » de l'érosion (Butzer, 1974 ; Neboit-Guilhot, 1999). Étudiée précocement dans certains espaces fragiles, l'érosion des sols cultivés est aujourd'hui un processus très bien connu sur l'ensemble de la surface du globe y compris dans les espaces où ce phénomène est apparu longtemps comme secondaire comme les plaines et les plateaux de l'Europe de l'Ouest (Neboit-Guilhot, 1983 et 2010 ; Boardman et Bell, 1992 ; Auzet *et al.*, 1995 ; Le Bissonnais *et al.*, 1998 ; Delahaye, 2002 ; Boardman et Poesen, 2006 ; Fiener *et al.*, 2011). Se relaient les effets de l'impact des gouttes de pluie (*splash*), du ruissèlement diffus (*rill wash*) et en nappe (*sheet wash*), puis de l'écoulement concentré, d'abord en rigoles puis sous forme d'incisions plus affirmées. À cela s'ajoutent les effets du déplacement de matière par les manipulations mécaniques des horizons pédologiques. L'enchaînement de ces processus définit une érosion aréolaire responsable de la perte en matière des profils pédologiques depuis leur mise en culture. Corrélativement, cette érosion entraine l'accumulation de colluvions piégées au pied de parcelles cultivées.

1.1.2. Du détritisme alluvial d'origine anthropique à la métamorphose des systèmes fluviaux

Les modifications du style fluvial suite aux transformations des débits liquides et solides ont été envisagées par S. Schumm (1977) puis systématisées et formalisées par L. Starkel (1983 et 1995). En France, les travaux de J.-P. Bravard (1989) avaient précocement attiré l'attention sur les répercussions du Petit Âge de Glace (PAG) et de la progression de la mise en valeur des espaces montagnards sur les systèmes fluviaux périalpins. Ces travaux ont permis de définir la notion de « *métamorphose fluviale* » lorsque la transformation des débits liquides et solides est telle qu'elle débouche sur un ajustement durable, de plusieurs décennies à plusieurs siècles, des formes du chenal et de la plaine d'inondation (Bravard, 1989 ; Bravard et Petit, 1997). Le rôle des sociétés dans cette transformation des systèmes fluviaux s'est imposé selon des calendriers différents selon les espaces de la recherche.

En Amérique du Nord, les recherches sur les répercussions de l'érosion des sols cultivés sur les systèmes fluviaux ont été développées précocement (Happ *et al.*, 1940). Dans cet espace, l'érosion des sols cultivés depuis l'époque coloniale a été mise en avant pour expliquer l'aggradation observée dans les plaines d'inondation du piémont des Appalaches (Wolman, 1967 ; Costa, 1975) ou dans les plaines du Midwest (Trimble, 1974 ; Knox, 1977 et 2006). Dès lors, l'irruption des pratiques agricoles européennes a été envisagée comme la principale cause des transformations des systèmes fluviaux. Les

recherches ont montré que les modifications de l'utilisation des sols ont pu entrainer la multiplication par deux à trois des débits de pointe et une augmentation considérable de la charge solide (Knox, 1977). Ces transformations sont à leurs tours responsables d'ajustements spectaculaires. Ainsi, à l'amont de la Platte River (Wisconsin), le chenal s'est élargi alors qu'à l'aval, il se rétrécissait du fait de l'excès de charge solide qui favorisait également un exhaussement considérable de la plaine alluviale (Knox, 1977). Paradoxalement et malgré l'ancienneté des pratiques agro-pastorales, les recensions des recherches sur le temps long des dynamiques fluviales (Brown, 1997 ; Purdue *et al.*, 2010 ; Purdue, 2011) montrent que le facteur anthropique n'est que secondairement évoqué pour expliquer le fonctionnement des systèmes fluviaux pour les époques précoloniales.

Dans le Monde méditerranéen, l'identification des terrasses alluviales attribuables aux époques historiques a également stimulé précocement la discussion sur le rôle de l'érosion anthropique dans les accumulations sédimentaires. Dans un premier temps, le modèle d'équilibre ponctué, « Older Fill/Youger Fill », développé par C. Vilta-Finzi (1969) proposait de mettre en relation les accumulations alluviales récentes avec les fluctuations climatiques. Il a fallu attendre le début des années 1980 et la critique de ce travail à partir des données de terrain (Neboit-Guilhot, 1977 et 1983 ; Wagstaff, 1981) pour que le facteur anthropique pèse d'un poids plus important dans les modèles explicatifs. Il a dès lors constitué pour beaucoup d'auteurs le facteur primordial du déclenchement de l'alluvionnement dans les fonds de vallées (par exemple, Pope et van Andel., 1984 ; Van Andel *et al.*, 1990). Néanmoins, de nombreux travaux montraient la complexité de la relation entre l'accentuation de la charge solide (de fond et en suspension) et l'anthropisation des bassins versants. M. Jorda et M. Provansal (1996) ont promu la notion de détritisme d'origine alluviale pour exprimer le surcroit de charge solide par rapport aux capacités de transport des débits solides ($Qs^{+}>Ql^{+/-}$) et l'aggradation sédimentaire qui en résulte. Ils soulignent qu'il peut correspondre à un accroissement de la charge solide des cours d'eau du fait du développement des pratiques agropastorales dans les bassins versants, mais qu'il est également dépendant d'autres facteurs, comme des événements ou des oscillations climatiques, et du fonctionnement du système fluvial et de la cascade sédimentaire. Ils en concluent que le détritisme est « *un indicateur partiel et ambigu de l'anthropisation des milieux* ». Afin de tenir compte de cette complexité et de formaliser la relation entre les évolutions climatiques et les conséquences sur les systèmes fluviaux de l'anthropisation des bassins versants, les chercheurs français travaillant sur le monde méditerranéen ont développé le concept de crise « climato-anthropique » (Morhange et Provansal, 1994 ; Jorda et Provansal, 1996). Cependant, afin d'affirmer le rôle primordial des changements des états de surface des sols pour l'expression des processus hydrologiques conduisant aux crises détritiques, nous avons proposé le concept de crise anthropo-climatique (Neboit-Guilhot et Lespez, 2006).

En Afrique du Nord, l'importance du ravinement et de l'érosion a stimulé de nombreuses études sur l'érosion des sols et leurs conséquences géomorphologiques. Le débat a d'abord porté sur la responsabilité de la Colonisation française dans l'accélération de l'érosion (Pouquet, 1952 ; Benchetritt, 1972) avant que les répercussions de l'érosion des sols et du ravinement sur les systèmes fluviaux soient étudiées selon une perspective temporelle plus longue. Sans reprendre explicitement les concepts de crises climato-anthropique ou anthropo-climatique, la plupart des recherches souligne l'interaction des faits sociaux et des oscillations du climat dans l'accentuation du détritisme et l'aggradation des fonds de vallée (par exemple : Ballais,

1995 ; Faust *et al.*, 2004 ; Zielhofer et Faust, 2008). En Afrique tropicale, les études, anciennes et nombreuses, sur l'érosion des sols (par exemple : De Ploey, 1975 ; Roose, 1977) ont, en revanche, peu stimulé les recherches sur les dynamiques fluviales.

En Europe centrale et occidentale, la recherche a été pendant longtemps focalisée sur les réactions des systèmes fluviaux aux changements climatiques (Starkel, 1983 ; Macklin et Lewin, 1993 et 2003 ; Antoine, 2002 ; Pastre *et al.*, 2002 et 2003 ; Macklin *et al.*, 2005 ; Macklin *et al.*, 2006 ; etc.). Cependant, l'étude sur la longue durée de l'érosion des sols cultivés (Bell, 1982 ; Bork, 1983), puis le développement de la géoarchéologie alluviale (Needham et Macklin, 1992 ; Brown, 1997) ont peu à peu favorisé les recherches sur les répercussions des activités humaines sur les systèmes fluviaux (Brown *et al.*, 1994 ; Brown, 1997 ; Klimek, 2002 ; Kalis *et al.*, 2003 ; Pastre *et al.*, 2006). Aujourd'hui, les forçages anthropiques et climatiques sont conjointement abordés et le poids de la transformation des bassins versants sous l'action des sociétés agro-pastorales dans les mutations des systèmes fluviaux est de plus en plus mis en avant (Foulds et Macklin, 2006 ; Dotterweich, 2008 ; Hoffman *et al.*, 2009 ; Notebaert et Verstraeten, 2010). En France, certains chercheurs ont souligné le rôle « *préparateur* » du facteur anthropique qui fragilise le milieu et le rôle « *révélateur* » du facteur climatique qui est responsable de son expression vers l'aval (Pastre *et al.*, 2002). Dans tous les cas, c'est souvent l'excès de charge solide, libéré par l'exploitation du bassin versant et de la plaine alluviale, et l'atteinte aux ripisylves qui constituent le facteur majeur de changement (Brown, 1997 ; Brierley et Fryirs, 2005). Inversement, d'autres études ont montré les effets de la déprise rurale et du reboisement sur le style fluvial. Ainsi, la tendance marquée au rétrécissement des chenaux et de la bande active observée au cours des deux derniers siècles sur les cours d'eau périalpins ou des moyennes montagnes françaises est interprétée comme le résultat de la diminution de l'alimentation sédimentaire. Celle-ci est en grande partie expliquée par le développement des formations arbustives et arborées et des ripisylves qui limitent les transferts des versants vers les chenaux (Liébaut et Piégay, 2002 ; Liébaut, 2003 ; Piégay *et al.*, 2004). Finalement, les travaux les plus récents soulignent tous la complexité des crises hydrosédimentaires (Vandenberghe, 1995 ; Brown, 1997 ; Bravard et coll., 2002 ; Dearing et Jones, 2003 ; Allée, 2003 ; Berger, 2003 ; Lespez, 2003 et 2007 ; Salvador, 2005 ; Erkens *et al.*, 2010 ; Fuchs *et al.*, 2010 ; Hoffmann *et al.*, 2009) même si l'augmentation de la sensibilité des systèmes fluviaux aux oscillations climatiques du fait de l'anthropisation des bassins versants est souvent soulignée (Bravard, 1989 ; Macklin et Lewin, 1993).

1.2. L'accélération de l'aggradation alluviale et la métamorphose des systèmes fluviaux en Europe occidentale et centrale

Les recherches conduites dans les trois terrains d'étude ont participé de l'ensemble de ces travaux sur les rythmes de l'érosion d'origine anthropique et leurs conséquences sur les systèmes fluviaux (Lespez, 2003 et 2007 ; Lespez *et al.*, 2004, 2008, 2010 et 2011). Elles permettent aujourd'hui de faire le point sur notre connaissance des rythmes des accumulations alluviales et sur la chronologie des métamorphoses fluviales et de leurs causes.

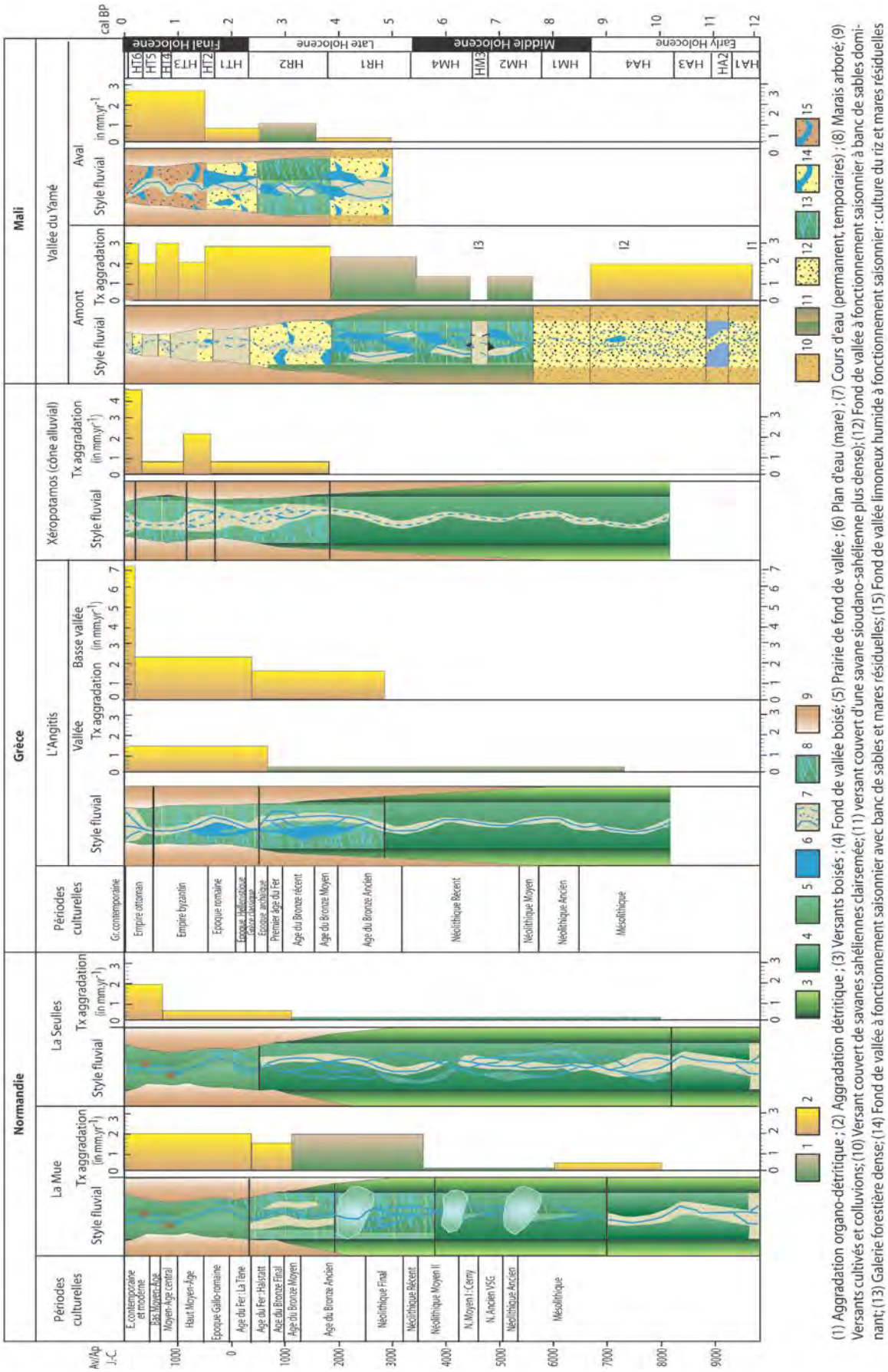


Fig. 100 - Métamorphoses fluviales et rythmes de la sédimentation dans les terrains étudiés

Afin d'estimer les rythmes de l'accumulation détritique dans les fonds de vallée, nous avons utilisé, le taux d'accumulation des sédiments dans les plaines alluviales. Il a l'inconvénient d'être très dépendant de la configuration de ces dernières et de la nature de la sédimentation stockée (authigène ou allogène). Ainsi, il rend difficile la comparaison entre des systèmes différents. En revanche, il possède l'avantage d'être aisément calculable à partir de la mise en place de transects en travers des fonds de vallée étudiés et d'offrir un élément quantitatif pour conduire une étude diachronique des rythmes d'accumulation sédimentaire dans les plaines alluviales. À ce titre, il a été utilisé depuis une trentaine d'années en Amérique du Nord (Knox, 1977 ; Trimble, 1981) et en Europe occidentale (Brown et Barber, 1985) même si cette approche tend à être remplacée par l'usage de taux d'accumulation spécifiques dont nous verrons qu'ils posent d'autres problèmes (cf. *infra*, tableau 7). En tous les cas, les résultats obtenus soulignent une accélération de la sédimentation au sein des plaines alluviales et suggèrent une métamorphose corrélative des systèmes fluviaux (Fig. 100).

1.2.1. En Normandie

En Normandie, l'aggradation sédimentaire dans les fonds de vallée est d'abord faible jusqu'au 1er millénaire av. J.-C. (Lespez *et al.*, 2004, 2008 et 2010 ; Lespez, 2011). Dans le bassin versant de la Seulles, le système fluvial principal est très résilient jusqu'à l'âge du Bronze final (9 000-1 000 av. J.-C.). Les écoulements anastomosés remanient principalement les formations pléistocènes du Second Mésolithique à l'âge du Fer (7000 à 500 av. J.-C.) et l'aggradation alluviale est négligeable (< 0,2 mm/an). Dans la vallée de la Mue, comme pour l'ensemble des cours d'eau de la Plaine de Caen, on observe d'abord le dépôt de limons de débordement (9 500 et 7 000 av. J.-C.). Cette sédimentation détritique reste modeste (< 5 mm/an) mais indique un apport de MES sans doute en relation avec une reconquête végétale longtemps incomplète sur certains versants de cette partie de la Normandie (Lespez *et al.*, 2005b et 2008). La sédimentation devient ensuite très faible de la fin du Mésolithique au Néolithique moyen (7 000 à 4 000 av. J.-C.). La sédimentation carbonatée et organique se développe ensuite du Néolithique récent au Bronze moyen (4 000-1 000 av. J.-C.). Les taux d'aggradation sont élevés (2 mm/an) mais l'essentiel de la sédimentation est authigène (carbonate, matière organique) et s'explique par le haut niveau des nappes phréatiques interceptées par le fond de vallée (Lespez *et al.*, 2008). La charge détritique constituée de limons lœssiques représente moins de la moitié du volume sédimenté environ (Viel *et al.*, en cours). Le long de ces deux systèmes fluviaux la situation change au cours de l'âge du Fer. La sédimentation détritique débute à l'âge du Bronze moyen mais s'impose à partir de l'âge du Fer. Dans le fond de vallée de la Seulles, le taux d'aggradation est multiplié par 2 à 3 et passe à 0,4-0,5 mm/an alors que le long de la Mue, la sédimentation détritique nourrie par l'érosion des limons lœssiques passe à 2 mm/an et est multipliée par 2 à 3 également. Cette accentuation de la sédimentation détritique correspond à une métamorphose des systèmes fluviaux. Les écoulements multiples, anastomosés ou divagants au milieu de fonds de vallée aux paysages palustres et arborés, se transforment en cours d'eau sinueux à méandriformes circulant au sein de plaines d'inondation progressivement atterries par les limons de débordement. L'excès de matière en suspension (MES) qui conduise à la transformation du style fluvial des systèmes de faible énergie qui caractérisent la Basse-Normandie. Cette métamorphose est lente et progressive et se développe au cours d'un millénaire et demi environ, du Bronze final au Haut-Moyen-âge (1 000 av. J.-C.-500 ap. J.-C.). Dans la vallée de la Seulles, l'aggradation alluviale s'accentue encore au cours du dernier millénaire. Elle est

multipliée par quatre depuis l'An Mil alors que le tracé du fleuve côtier demeure remarquablement stable. Comme nous l'avons vu, cette métamorphose des paysages des vallées bas-normandes est contemporaine de profondes transformations des bassins versants d'origine anthropique. De plus, l'accélération de la sédimentation enregistrée à partir du haut Moyen-âge (Viel *et al.*, 2011 et en cours) indique ensuite la poursuite et l'amplification de ce processus. Après la déprise temporaire observée au cours du Haut Moyen-âge dans la partie amont du bassin versant, la croissance démographique suscite une nouvelle augmentation de la mise en valeur agricole. Elle est couplée à une diminution des temps de jachères (Arnoux et Manœuvrier, 1993) et semble ainsi favoriser l'érosion des sols et l'entrainement des sédiments jusqu'aux fonds des vallées.

1.2.2. Comparaisons

Au-delà de l'échelle régionale, ce sont la plupart des vallées du nord de la France (Petit (dir.), 2005 ; Carcaud *et al.*, 2002 ; Pastre *et al.* 2002 et 2006 ; Secchi *et al.*, 2010 ; Morin *et al.*, 2011) et du sud de l'Angleterre, quelles que soient leurs dimensions (Brown *et al.*, 1994 ; Foulds et Macklin, 2006) qui sont marquées par une évolution importante entre la fin de l'âge du Bronze et l'époque romaine. Dans le massif armoricain, les recherches palynologiques indiquent des déboisements intenses au détriment des aulnaies, qui occupaient les plaines littorales mais aussi les fonds de vallée de l'intérieur, et l'essor de la céréaliculture non loin des pièges polliniques étudiés (Morzadec-Kerfoun, 1974 ; Visset, 1979 ; Marguerie, 1992 ; Barbier, 1999). Dans le Val de Loire, le développement de l'élevage à la fin de l'âge du Fer et au début de l'époque gallo-romaine entraine une « *déforestation drastique* » des versants et du fond de vallée à la fin de l'âge du Fer et au début de l'époque gallo-romaine (Burnouf *et al.*, 2003). Dans cet espace, l'ouverture des paysages semble également avoir eu des conséquences hydrosédimentaires importantes. En effet, dans les vallées secondaires comme dans la vallée de la Loire, elle-même, la sédimentation s'accélère au cours du second âge du Fer et pendant la période gallo-romaine (Carcaud *et al.*, 2002 ; Larue, 2002 ; Morin *et al.*, 2011). Alors que pour la vallée principale, le rôle des fluctuations climatiques est évoqué, il semble bien que dans les vallées secondaires les changements d'utilisation des sols au sein des bassins versants soient primordiaux (Morin *et al.*, 2011). Dans le bassin de Paris, même si la variabilité inter-vallée des histoires paysagères et environnementales peut-être notable (Leroyer et Allenet, 2006 ; Pastre *et al.*, 2006), la mise en valeur des vallées et des plateaux s'accentue au cours du second âge du Fer et de l'époque gallo-romaine et la tendance est à l'ouverture du milieu (Leroyer et Allenet, 2006). Dans les fonds de vallée du bassin versant de la Seine, l'alluvionnement limoneux se généralise (Pastre *et al.*, 2003 ; Sebag, 2002 ; Secchi *et al.*, 2010) et entraîne une rétractation des lits mineurs accompagnée d'un atterrissement plus ou moins complet des zones humides dont l'origine est à trouver dans la mise en valeur agricole et l'érosion des sols qui en résulte (Pastre *et al.*, 2006). Ces observations convergent avec celles réalisées Outre-Manche. D'après la recension effectuée par S. Foulds et M. Macklin (2006), les recherches géomorphologiques montrent une augmentation notable de la sédimentation limoneuse accompagnée d'une rétraction des chenaux et d'un défrichement des plaines alluviales qui doivent être progressivement atterries. L'accélération de l'aggradation limoneuse est liée le plus souvent à l'extension et à l'intensification des pratiques agricoles (développement de la charrue) au cours de l'âge du Fer et de la période romano-britannique (Foulds et Macklin, 2006). A. Brown *et al.* (1994) proposent le concept de « *Stable-Bed Aggrading-Banks* » pour décrire les systèmes fluviaux qui se substituent aux systèmes anastomosés à partir de l'âge du

Bronze. Ce système semble s'appliquer à la Seulles, aux petites vallées de La Hague (Lespez, 2004) et aux fonds de vallées de la Plaine de Caen (Lespez *et al.*, 2011). Cela confirme la proximité des changements intervenus de part et d'autre de la Manche. Plus généralement, c'est l'ensemble des vallées des cours d'eau de faible énergie de l'Europe occidentale qui a été caractérisé par une métamorphose paysagère entre la fin de l'âge du Bronze et le Moyen-âge (Brown, 1997 ; Hoffmann *et al.*, 2009). Il semble bien que cette évolution corresponde à la première longue crise environnementale d'origine anthropique qu'ait connue l'Europe occidentale. Elle possède son lot de risques comme l'érosion et l'appauvrissement des profils pédologiques mais aussi de conséquences plus favorables pour les sociétés, comme l'atterrissement des fonds de vallée qui ouvre de nouvelles opportunités. Cette métamorphose progressive est le plus souvent durable. Même si certains fonds de vallée de la partie armoricaine de la région enregistrent l'affaiblissement de l'emprise humaine et le retour des zones humides au cours du Haut-Moyen âge (Lespez *et al.*, 2004 ; Lespez, 2011), l'atterrissement s'accentue souvent plus tard au cours de l'époque médiévale comme dans la vallée de la Seulles (Viel *et al.*, 2011, en cours). Cette accentuation est contemporaine de celle observée à partir du Moyen-âge central dans de nombreux systèmes fluviaux européens y compris dans des espaces peu transformés jusque-là (Brown, 1997 et 2009 ; Fuchs *et al.*, 2010 ; Macklin *et al.*, 2010 ; Morin *et al.*, 2011 ; Notebaert et Verstraeten, 2010).

1.3. L'aggradation alluviale et la métamorphose des systèmes fluviaux dans le monde méditerranéen et l'Afrique subtropicale

Dans le monde méditerranéen et en Afrique soudano-sahélienne, seuls les fossés d'effondrement et les basses vallées qui s'épanouissent vers l'aval forment localement des pièges sédimentaires qui ont favorisé une aggradation sédimentaire verticale. Dans ces environnements, les emboitements de séquences sédimentaires sont limités comme dans le Delta Intérieur du Niger (Makaske, 1998 ; Makaske *et al.*, 2007), le bassin de Philippes-Drama (Lespez, 2003) ou les plaines deltaïques nord-égéennes (Fouache, 1999 ; Ghilardi *et al.*, 2010 et 2012). Ils permettent ainsi la détermination des rythmes d'accumulation sédimentaires. En revanche, les fonds de vallées encaissées dans les massifs montagneux et leurs piémonts sont rarement caractérisés par un niveau unique de remblaiement holocène (Vita-Finzi, 1969). Les systèmes fluviaux confinés ou semi-confinés entre les versants, les formations tertiaires et les terrasses alluviales quaternaires (Dufaure (dir.), 1984 ; Lewin *et al.*, 1955) présentent souvent plusieurs niveaux de terrasses holocènes emboitées (système « *Cut and Fill* »). Les périodes d'aggradation alluviales sont suivies de périodes d'incision qui rendent plus difficile la lecture des rythmes de l'aggradation et du détritisme (Vita-Finzi, 1969 ; Neboit-Guilhot, 1980 ; Dufaure *et al.*, 1984 ; Lewin *et al.*, 1995). Néanmoins, dans des régions stables tectoniquement et durant des périodes pour lesquelles l'évolution du niveau de base ne joue pas de rôle majeur, ces alternances d'incision et d'exhaussement indiquent des variations substantielles du rapport entre débit liquide et débit solide (Ql/Qs). Leurs répercussions sur la morphogenèse semblent d'autant mieux s'exprimer que les contraintes climatiques sur les systèmes sont fortes du fait de la durée des périodes sèches, de l'intensité des précipitations et de la fréquence d'abats d'eau exceptionnels (Neboit-Guilhot, 1983 ; Dufaure (dir.) 1984 ; Grove et Rackham, 2001). Cette configuration a conduit à formuler les concepts de crises climato-anthropique ou anthropo-climatique (Jorda et Provansal, 1996 ; Neboit-Guilhot, 1999 ; Neboit-Guilhot et Lespez, 2006). Elle a eu pour corolaire un développement très important des recherches

sur la question du *tempo* du détritisme plutôt que sur son ampleur (Pope et Van Andel, 1984 ; Van Andel *et al.*, 1990 ; Berger, 2003 ; Thorndycraft et Bénito, 2006 ; Zielhofer et Faust, 2008).

1.3.1. En Grèce du nord

En Grèce du nord, l'aggradation alluviale se développe très vraisemblablement dès le début de l'Holocène comme l'attestent les enregistrements disponibles dans la vallée de l'Axios-Vardar (Coussot, 2007) ou en Thessalie centrale le long du Pinios (Van Andel *et al.*, 1990 et 1995). Néanmoins, ces phases anciennes sont peu étudiées et les impacts sur les systèmes fluviaux des oscillations climatiques qui affectent la végétation régionale (Pross *et al.*, 2009 ; Kohtoff *et al.*, 2011 ; Peyron *et al.*, 2011) demeurent encore mal connus. Les données disponibles en Macédoine orientale montrent que l'accumulation sédimentaire gagne la basse vallée du Strymon et de l'Angitis vers 5 000 av. J.-C. Elle est enregistrée à une altitude de 4 à 5 m sous le niveau moyen actuel de la mer. Elle résulte en grande partie de la remontée du niveau de base, responsable d'un alluvionnement forcé dans de nombreuses basses vallées comme dans les plaines littorales égéennes (Kraft *et al.*, 1977 ; Vött *et al.*, 2006 ; Ghilardi *et al.*, 2010 et 2012). Cependant, l'aggradation alluviale demeure faible dans la plupart des bassins versants du début de l'Holocène jusqu'à l'âge du Bronze ancien (Lespez, 2003 et 2007). Dans un espace pourtant largement peuplé depuis le Néolithique récent, les systèmes fluviaux continuent d'assumer le transit sédimentaire et l'excès de charge, s'il existe, est dissipé le long de la cascade sédimentaire. Les recherches exposées dans le chapitre précédent soulignent que l'impact des activités agro-pastorales fut localement significatif mais qu'il n'a souvent eu qu'une faible incidence sur les paysages végétaux régionaux. Le processus d'anthropisation est développé, mais ses effets sur l'environnement sont encore partiels du fait du caractère aléatoire et discontinu de l'emprise humaine. En conséquence les fluctuations hydrologiques peinent à avoir des conséquences sédimentaires détectables dans la lecture des archives alluviales.

En revanche, à partir de l'âge du Bronze, on observe une augmentation de la sédimentation détritique. En Macédoine orientale, elle est d'abord observée dans le bassin versant du Xéropotamos puis à partir de l'Antiquité dans la vallée de l'Angitis. Dans les deux cas, le changement est important puisque les taux de sédimentation sont multipliés par dix. Il a été en grande partie attribué aux transformations d'origine anthropique des bassins versants (Lespez, 2003). Dans celui du Xéropotamos, il est associé à la mise en valeur des piémonts et des basses pentes de la plaine de Philippes-Drama, attestée par la forte densité de sites archéologiques, qui franchit un seuil au cours du Bronze ancien. Dans la vallée de l'Angitis, cette mise en valeur initiale est suivie par une exploitation complète des milieux par les sociétés agro-pastorales dès l'âge du Fer (période thrace) comme l'atteste le diagramme pollinique de Fidokoryphi (Lespez *et al.*, in prep.) et elle s'accentue encore au cours des époques hellénistique puis romaine (Lespez, 2003). À partir de cette période, on constate une allure pulsée des décharges détritiques. Malgré l'augmentation généralisée de la sédimentation, des périodes d'accélération et de décélération de la sédimentation sont clairement détectables à la fois dans la vallée de l'Angitis et sur le cône alluvial du Xéropotamos. Dans ce dernier cas, l'accélération de la sédimentation est remarquable au cours de deux périodes (Antiquité tardive et époque ottomane) séparées par une phase d'accalmie (époque byzantine). Dans le bassin de Serrès, J. Lefort (1991) souligne, d'après l'étude des archives de l'Athos et plus précisément celles concernant la délimitation du domaine de Melintzianis en 1301, que le bord et le niveau du lac (d'Achinos) devaient être

sensiblement identiques au 19e et au 15e s. (Lefort, 1991). Il en déduit même que « *la sédimentation semblait avoir été lente à la fin de l'Empire Byzantin et au début de l'Epoque ottomane dans la vallée du Strymon* ».

Dans les deux cas, au cours de l'époque ottomane, le taux d'alluvionnement est à nouveau multiplié par 4 ou plus, alors que l'on observe une profonde transformation de l'ensemble des bassins versants montagnards et une métamorphose des systèmes fluviaux. Vers l'aval, le développement des défluviations et la mise en place de dépôts alluviaux grossiers dans les lits fluviaux s'accompagne de dépôts de recouvrement limono-sableux dans les plaines d'inondation. Ces apports sédimentaires sont responsables de l'atterrissement des zones humides à l'échelon régional bien avant les travaux de drainage de début du 20e siècle. La plupart des alluvions récentes témoigne d'une érosion des versants du Rhodope et pose avec acuité la question du rôle de l'intervention anthropique dans le fonctionnement des systèmes morphogéniques de l'époque ottomane (Lespez, 2003). La mise en valeur des piémonts et des espaces montagnards par les activités agro-pastorales est remarquable. Elle atteint une intensité jamais réalisée jusqu'alors (Lespez, 1999 et 2008). De plus, la concordance avec la fluctuation climatique du Petit Âge de Glace est sans doute responsable d'une activation complète de la cascade sédimentaire depuis les amonts montagnards jusqu'aux plaines alluviales. Cette métamorphose des systèmes fluviaux et des zones humides est contemporaine des transformations du mode de mise en valeur des bassins versants. Elle indique vraisemblablement les conséquences de l'anthropisation complète des bassins versants et illustre parfaitement le modèle de la crise anthropo-climatique (Neboit-Guilhot et Lespez, 2006).

1.3.2. L'ambigüité des crises détritiques dans le monde égéen et en Méditerranée

La différence notable par rapport aux systèmes fluviaux d'Europe occidentale et centrale réside dans l'enregistrement de phases de détritisme bien marquées dans la première partie de l'Holocène. Elles sont localement responsables de très forts taux d'aggradation qui témoignent parfois d'un engorgement complet des fonds de vallée sous la charge sédimentaire (Jorda, 1985 ; Neboit-Guilhot, 1980). Dans le monde égéen, ces crises sont attribuées à une recrudescence des crues débordantes stimulée par des oscillations climatiques séculaires (Maas et Macklin, 2002 ; Berger et Guilaine, 2009 ; Macklin *et al.*, 2010) comme dans l'ensemble du monde méditerranéen en général (Jorda et Provansal, 1996 ; Khratopoulou, 2000 ; Magny *et al.*, 2002 ; Berger, 2003 ; Thorndycraft et Benito, 2006 ; Devillers, 2008 ; Zielhofer et Faust, 2008). Ces alluvions sont souvent piégés dans les basses vallées du fait de la remontée du niveau marin jusqu'au cours du 2e millénaire av. J.-C (Bintliff, 2002). Néanmoins, à partir de l'âge du Bronze, il semble qu'une partie des sédiments puisse trouver leur origine dans l'érosion qui se développe au sein de bassins versants de plus en plus anthropisés comme le suggèrent de nombreux auteurs. L'alluvionnement et l'atterrissement des basses vallées littorales sont manifestes vers 2 500-2 000 av. J.-C. dans le Golfe Maliaque en Grèce centrale (Vouvalidis *et al.*, 2010), dans les plaines d'Astakos (Vött *et al.*, 2006) et le Golfe d'Ambracie (Jing et Rapp, 2003) en Grèce occidentale, dans la plaine d'Argos dans le Péloponèse (Pope et Van Andel, 1984 ; Zangger, 1993), puis vers 1 800-1 700 av. J.-C en Elide (Kontopoulos et Koutsios, 2010) et en Attique (Triantaphyllou *et al.*, 2010) et vers 1 300 av. J.-C. dans l'île de Thasos (Lespez, sous presse). La progradation du trait de côte a pu localement atteindre des valeurs importantes, plus de 3 km entre le Mésolithique et l'Helladique Ancien dans le fond de la baie de Navarin non loin du Palais de Nestor (Zangger *et al.* 1997), près de 10 km jusqu'au Bronze Récent, au pied de Troie,

dans la basse vallée du Scamandre, ou encore dans la basse vallée du Küçük Menderes aux alentours d'Ephèse (Kayan, 1999) et plus de 10 km dans le Golfe Thermaïque (Ghilardi *et al.*, 2008, 2011).

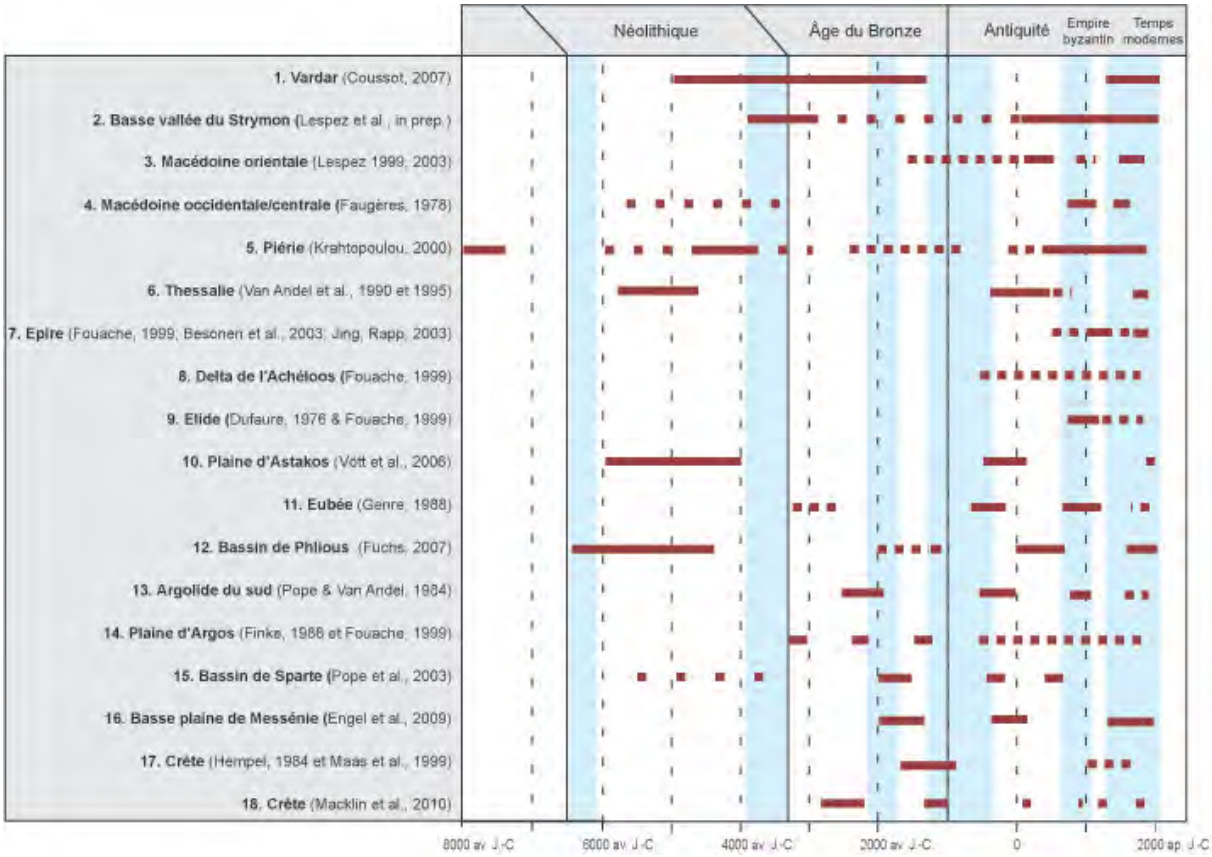


Fig. 101 - Les périodes d'alluvionnement (continu, discontinu) d'après les recherches disponibles en Grèce

Indépendamment de ces accumulations sédimentaires observées à l'aval des systèmes fluviaux, l'examen attentif des publications montre une augmentation des taux de sédimentation dans les systèmes fluviaux au cours des 4 à 5 derniers millénaires (Dusar *et al.*, 2011). Mis à part quelques exemples qui indiquent une accélération de la sédimentation détritique dès le Néolithique (Van Andel *et al.*, 1990 ; Vött *et al.*, 2006 ; Fuchs, 2007), dans la plupart des autres régions égéennes comme en Argolide (Pope et Van Andel, 1984) et en Laconie (Pope *et al.*, 2003), les premiers dépôts détritiques significatifs sont plus tardifs et attribuables à l'Âge du Bronze. La figure 101 montre l'hétérogénéité des réponses des systèmes fluviaux et souligne l'accentuation du détritisme au cours des époques historiques. L'accélération des processus érosifs et les alluvionnements corrélatifs s'accentuent avec les périodes historiques. L'accélération de la sédimentation dans les fonds de vallées est également observée pour Chypre (Devillers, 2008), dans les péninsules nord-méditerranéennes (Coltorti, 1991 ; Barker et Hunt, 1995 ; Bruneton *et al.*, 2002 ; Berger, 2003) ou sur la rive sud du Monde Méditerranéen (Thorndycraft et Bénito, 2006 ; El Amrani *et al.*, 2008 ; Zielhofer et Faust, 2008). L'aridification du climat méditerranéen qui se développe à partir du milieu de l'Holocène (Jalut *et al.*, 2009; Magny *et al.*, 2009 ; Roberts *et al.*, 2011) favorisant la propagation des incendies est souvent envisagée comme un facteur aggravant ou déclenchant (Berger, 2003 ; Bruneton, 2004). Dans la plupart des publications récentes, l'explication la plus souvent avancée est que l'anthropisation des bassins versants rend

les systèmes fluviaux plus sensibles aux oscillations et/ou aux événements hydroclimatiques. Sauf exception (Berger, 2003 ; Devillers, 2008 ; Berger *et al.*, 2010), cette reprise plus ou moins assumée du concept de crise climato-anthropique s'accompagne rarement d'une discussion sur les modalités concrètes de l'action des sociétés et sur la prise en compte des effets cumulatifs sur le temps de l'action des sociétés dans les bassins versants. Dès lors, la place des sociétés dans la discussion sur les causalités reste très souvent secondaire (Thorndycraft et Bénito, 2006 ; El Amrani *et al.*, 2008 ; Zielhofer et Faust, 2008).

1.3.3. La crise détritique des derniers siècles

L'articulation entre forçage climatique et anthropique est parfaitement illustrée par l'interprétation des crises sédimentaires des derniers siècles (Jorda et Provansal, 1996 ; Grove et Rackham, 2001 ; Neboit-Guilhot et Lespez, 2006 ; Berger *et al.*, 2010 ; Fig. 102).

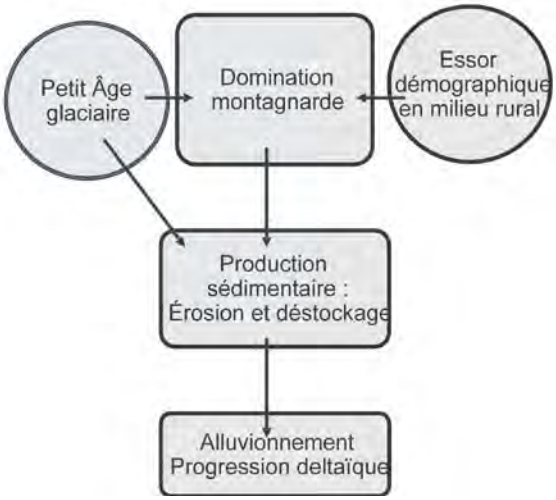


Fig. 102 - Fonctionnement du système morphogénique pendant le Petit âge de glace (Neboit-Guilhot et Lespez, 2006)

À cette occasion, l'analyse des archives sédimentaires est souvent complétée par les archives historiques. En effet, elles regorgent de témoignages qui concordent pour faire des 17e et 18e siècles une période de forte activité de la morphogenèse dont témoignent la fréquence des ravinements et la dégradation des sols, explicitement attribuées par les contemporains à une mauvaise gestion de l'espace. En Provence, G. Pichard (1995, 2001 et 2004) met en évidence derrière le langage de l'époque, la prolifération des griffures d'érosion en rigoles et la multiplication des ravines, les débordements des torrents, au gré des orages d'été et des épisodes pluvieux d'automne, avec leur cortège d'inondations et d'alluvionnements. Deux principes d'explication peuvent en rendre compte. L'époque a connu une vague de défrichements bien documentée et les contemporains ont pressenti un lien de causalité entre les désordres hydrologiques et morphologiques et l'extension des terroirs cultivés. Par ailleurs, la multiplication des orages estivaux et des épisodes de précipitations intenses a stimulé le fonctionnement des systèmes fluviaux et les transits sédimentaires vers les fonds de vallées. Une observation identique peut être faîte en Languedoc. L'étude précise des archives sédimentaires et historiques du Vidourle montre la succession de crues très chargées en matériel sédimentaire qui engendrent des taux de sédimentation très élevés dans la basse vallée de la fin du 17e au 19e s. (Berger *et al.*, 2010; Fig. 93). L'optimum démographique et agraire réalisé dans la France méridionale s'accompagne alors d'une vulnérabilité accrue des sols à l'érosion et explique l'ampleur de la crise détritique. Ces résultats très précis confirment et

expliquent les observations effectuées en Grèce du Nord et qui peuvent être étendues à la péninsule italienne. En effet, en Ombrie, l'étude des archives historiques « *indique une recrudescence très nette de l'érosion au 18e siècle* [… au cours duquel] *les témoignages se multiplient* » et « *tous les contemporains s'accordent à lier ensemble déboisement et inondation* » (Desplanques, 1969). Cette évolution correspond à l'extension de l'*ager* à des terroirs pentus et donc vulnérables, mais également à l'augmentation de la fréquence des épisodes de précipitations intenses dont témoigne la recrudescence des crues du Tibre et de l'Arno du 15e au 18e s. (D'Onofrio, 1980). Cet épisode d'aggradation des lits est attesté dans une grande partie de la péninsule, en Molise (Barker et Hunt, 1995), en Étrurie (Brown et Ellis, 1995), en Marche (Coltorti, 1991) et en Toscane, où on le retrouve en coupes dans les fonds de vallées (Hunt et Gilbertson, 1995). La croissance impressionnante de nombreux deltas au cours des derniers siècles vient confirmer cette évolution. Ainsi, la plupart des deltas et plaines littorales de la façade ionienne indique une accélération du colmatage des plaines littorales (Fouache, 1999). Dans le sud de l'Albanie, deux tiers de la progradation des deltas du Vjosa et du Seman sont attribuables aux 5 derniers siècles (Fouache *et al.*, 2010). Ainsi, il semble bien que la convergence entre la mise en valeur des bassins versants montagnards et la recrudescence des crues estivales ou automnales attribuables au Petit Âge de Glace explique la crise détritique, souvent sans précédent, qui caractérise la rive nord de la Méditerranée au moins du 17e au 19e s. Les recherches précises entreprises dans le Languedoc soulignent même que les crues importantes et répétées du début du Petit Âge de Glace, au cours du 14e s. en particulier, possédaient une charge détritique beaucoup plus faible et eurent des conséquences morphologiques pour les systèmes fluviaux plus difficiles à mettre en évidence (Berger *et al.*, 2010). Cela confirme le rôle accru du forçage anthropique pour la crise détritique des 18e et 19e s.

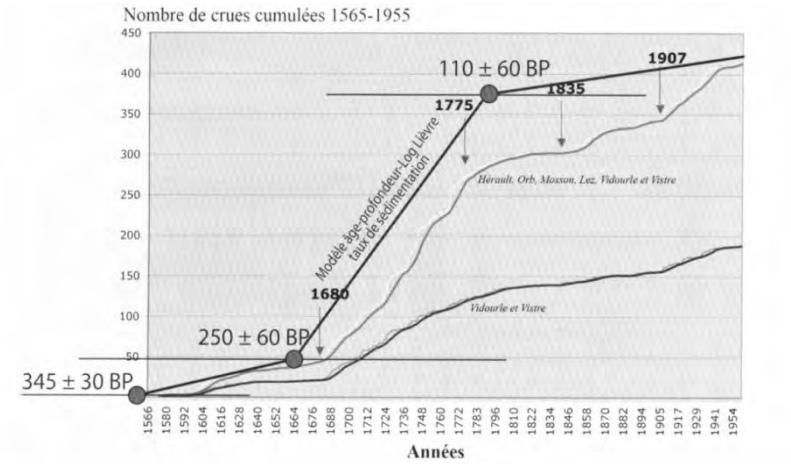


Fig. 103 - Comparaison entre le taux de sédimentation de la carotte du Lièvre et le nombre de crues cumulées des fleuves languedociens entre 1550 et 2000 (Berger et al., 2010)

Cependant, cette situation n'est pas généralisable à l'ensemble du Monde Méditerranéen. En Méditerranée orientale, les recherches effectuées à Chypre montrent le passage vers un style en tresse pour le Gialias et une augmentation du taux de sédimentation dans sa plaine alluviale (Devillers et Lecuyer, 2008). Cependant, celle-ci reste modérée alors que l'on observe plutôt une déprise agricole (Butzer et Harris, 2007 ; Devillers et Lecuyer, 2008) pendant une période qui est marquée par une plus grande aridité du climat dans l'île et dans l'ensemble de la Méditerranée orientale (Kaniewski *et al.*, 2011). De l'autre côté du bassin méditerranéen, les recherches entreprises dans la péninsule ibérique montrent surtout une accélération de la

sédimentation pendant la deuxième partie de l'époque médiévale (10-15e s.) en relation avec une recrudescence des crues et des transformations importantes de l'utilisation des sols (Butzer, 2005 ; Thorndycraft et Benito, 2006 ; Benito *et al.*, 2008). De la même manière au Maghreb, les conséquences de l'anthropisation des bassins versants sont plus souvent évoquées pour caractériser les crises détritiques de la période médiévale, en particulier après la conquête musulmane (Ballais, 1995 ; El Amrani *et al.*, 2008) que pour expliquer les apports détritiques plus modestes des derniers siècles dans un contexte où les crues semblent moins fréquentes (Zielhofer et Faust, 2008 ; Zielhofer *et al.*, 2010). Cette divergence du *tempo* des crises détritiques de part et d'autre de la Méditerranée montre la complexité des évolutions dans le monde méditerranéen et offre une confirmation de l'évolution opposée des rythmes hydrologiques mise en évidence de part et d'autre du 40e parallèle environ (Magny *et al.*, 2007, 2009 ; Vannière *et al.*, 2011).

1.3.4. La métamorphose des systèmes fluviaux en Afrique soudano-sahélienne

En Afrique soudano-sahélienne, les fonds de vallées confinés présentent fréquemment des systèmes de terrasses emboitées attribuables à l'Holocène (Servant, 1983 ; Williams *et al.*, 2002 et 2010 ; Heinrich et Moldenhauer, 2002 ; Gumnior et Thiemeyer, 2003 ; Gumnior, 2008 ; Lespez *et al.*, 2011 ; Garnier *et al.*, in prep.) alors que les dépôts d'inondation s'épanouissent dans les bassins palustres et lacustres (Servant, 1983 ; Makaske, 1998 ; Makaske *et al.*, 2007 ; Gumnior et Thiemeyer, 2003 ; Gumnior, 2008). Malheureusement, les études sur le temps long des systèmes fluviaux demeurent rares et ponctuelles. Elles ne permettent pas aujourd'hui de produire un schéma général des crises détritiques et encore moins un bilan détaillé du rôle de l'intervention des sociétés dans la dynamique des systèmes fluviaux. Sur les cours d'eau majeurs, les crises détritiques enregistrées par les systèmes fluviaux au sud du Sahara sont principalement d'ordre climatique (Servant, 1983 ; Makaske, 1998 ; Makaske *et al.*, 2007 ; Williams *et al.*, 2002 et 2010 ; Gumnior et Thiemeyer, 2003 ; Gumnior, 2008). Dans la première partie de l'Holocène, la recrudescence des crues chargées en matériaux détritiques est souvent soulignée. Celles-ci sont stimulées par les précipitations plus abondantes qui caractérisent les milieux humides à mousson marquée de l'Optimum hydrologique (Servant, 1983 ; Williams *et al.*, 2002 et 2010 ; Gumnior et Thiemeyer, 2003 ; Gumnior, 2008). En revanche, dans la seconde partie de l'Holocène, le passage à un climat plus sec diminue les flux sédimentaires dans les systèmes fluviaux et augmente l'activité éolienne. Au-delà de cette bipartition de l'Holocène, les fluctuations hydrologiques secondaires liées à des pulsations sèches (*dry spells*), parfaitement enregistrées par les lacs de l'Afrique subtropicale (Gasse, 2000), ont eu des répercussions notables sur les systèmes fluviaux en favorisant les incisions dans les sédiments des périodes précédentes comme le montre l'étude du Delta Intérieur du Niger (Makaske *et al.*, 2007) et surtout de la vallée du Yamé (Lespez *et al.*, 2011).

Les répercussions de l'anthropisation sur les systèmes fluviaux ont rarement été mises en évidence. Cependant, si l'articulation entre les crises climatiques récentes qu'ont connu les régions subtropicales d'Afrique septentrionale au cours des cinquante dernières années et les transformations de l'utilisation des sols a été bien étudiée (par exemple Leblanc *et al.*, 2008 ; Nyssen *et al.*, 2008 et 2009 ; Mahé et Pasturel, 2009), il faut souligner que l'impact des sociétés agropastorales sur les systèmes fluviaux a été encore très peu abordé. L'étude de la vallée du Yamé donne à ce sujet quelques indications intéressantes. Le remblaiement alluvial attribuable au dernier millénaire et demi atteint de 2 à 4 m. Il confirme l'importance du colluvionnement et correspond à

une augmentation des rythmes de sédimentation détritique. À l'amont, ils augmentent nettement au cours des quatre derniers millénaires alors que la sédimentation organique devient progressivement négligeable (Le Drezen *et al.*, 2010 ; Lespez *et al.*, 2011). À l'aval, l'augmentation est plus récente mais également plus accusée puisque les taux de sédimentation sont multipliés par trois au cours des deux derniers millénaires (Garnier *et al.*, in prep. ; Fig. 100). Parallèlement, les observations géomorphologiques indiquent une contraction des zones humides latérales qui sont progressivement atterries. Cette transformation du système fluvial sous l'afflux de sédiments colluviaux s'explique par la transformation profonde des paysages du bassin versant (Lespez *et al.*, 2011). Le développement des paysages agraires est attesté par les recherches archéobotaniques qui montrent l'essor des espaces cultivés, des jachères mais également des espèces buissonnantes et arbustives caractéristiques des sols dégradés par l'intensification des pratiques agricoles et le déboisement (Höhn *et al.*, 2004 ; Eichhorn et Neumann, sous-presse) alors que les recherches archéologiques attestent le développement des pratiques agropastorales depuis le 3e millénaire avant J.-C. (Ozainne *et al.*, 2009). Même si la métamorphose des systèmes fluviaux est également contemporaine de l'affirmation de l'aridification et du développement d'une végétation sahélienne dans la région (Ozainne *et al.*, 2009 ; Eichhorn et Neumann, 2011), l'accentuation du colluvionnement à partir du 3e millénaire av. J.-C. est pour partie due à l'émergence des sociétés agro-pastorales. L'engorgement des fonds de vallée sous la charge détritique qui se généralise au cours des deux derniers millénaires (Garnier *et al.*, in prep.), qui correspond également à une période d'essor démographique et économique dans le Delta intérieur du Niger puis dans l'ensemble du pays Dogon (Mayor *et al.*, 2005). Il constitue vraisemblament une réponse à un forçage d'origine anthropique. Malheureusement, cette étude encore isolée ne permet pas de discuter du poids des facteurs anthropiques dans l'évolution des systèmes soudano-sahéliens. Elle suggère néanmoins qu'ils ont pu être sensibles à des crises de type climato-anthropique ou anthropo-climatique proches dans leurs mécanismes de celles très bien connues sur les deux rives de la Méditerranée (Neboit-Guilhot et Lespez, 2006).

1.4. La maîtrise hydraulique et ses conséquences géomorphologiques

Dans l'ensemble des terrains étudiés, les aménagements hydrauliques comme la chenalisation ou la mise en place de dérivations semblent intervenir plusieurs siècles après l'accélération de la sédimentation alluviale. Dans le monde Méditerranéen, les cours d'eau et les marais ont pu faire l'objet d'aménagements hydrauliques dès l'âge du Bronze (Grove et Rackham, 2001) mais ils ne prennent vraiment de l'importance qu'avec l'époque antique. En Normandie, comme dans l'ensemble de l'Europe occidentale, les premiers aménagements sont également attribuables à l'âge du Bronze : ce sont par exemple des systèmes de drainage mais ils restent en général d'ampleur modeste. En Normandie, les attestations archéologiques et historiques d'aménagement précoce demeurent rares. Pour l'Antiquité, ont été identifiés des aménagements de franchissement sous forme de chaussées ou de ponts comme à Etienville en travers de la basse vallée de la Douves dans les marais de Carentan (Jeanne *et al.*, 2011), et quelques aménagements de berge dont la vocation reste à déterminer comme à Blainville dans la vallée du Dan (Allinne, 2009). Les véritables infrastructures hydrauliques sont encore plus rares et le seul exemple régional bien caractérisé correspond à la petite agglomération de Montaigu-La-Brissette (Legaillard, 2009). Dans une tête de vallon du domaine armoricain, une succession de barrages, d'écoulements canalisés et de conduites permet d'alimenter un établissement thermal. Le faible nombre

d'informations disponibles ne permet pas de déduire la densité des aménagements de l'Antiquité au Haut Moyen-âge. Dans le reste de l'Europe, l'équipement des cours d'eau se développe également au cours de l'Antiquité. Les aménagements de berges (quais, aire de déchargement), les ouvrages de franchissement et les moulins hydrauliques se multiplient (Brown, 1997 ; Leveau, 1991 et 2004 ; Vermeulen, 2009) mais ils ne constituent encore que des aménagements ponctuels sans effet sur le fonctionnement durable des milieux fluviaux. En revanche, à partir du Bas Moyen-âge, la régularité de la répartition des ouvrages hydrauliques attestés indique que c'est l'ensemble des fonds de vallée des cours d'eau bas-normands qui est géré (Lespez *et al.*, 2005 ; Cador et Lespez, 2011). Il est certain que dès le Moyen-âge central, au moins, la mise en place de fossés de drainage, d'abreuvoirs, de biefs, de moulins, de chaussées, d'étangs, de gués et de ponts a eu comme conséquence le contrôle, voire la fixation, du chenal d'écoulement en limitant considérablement le degré de liberté spatiale de cours d'eau déjà peu actifs. Dans l'ensemble du Vieux Continent, la multiplication des moulins, du drainage ou de l'irrigation des fonds de vallées et de l'aménagement des voies fluviales contribue à transformer la plupart des fonds de vallée (Brown, 1997 ; Rivals, 2000 ; Burnouf et Leveau, 2004 ; Pichot et Marguerie, 2004 ; Benoit *et al.*, 2004 ; Bensaadoune *et al.*, 2005 ; Lespez *et al.*, 2005 ; Barraud, 2007). Sur la plupart des cours d'eau européens de faible énergie, cette œuvre se parachève à l'époque moderne qui est marquée par une maîtrise complète des écoulements qui doit concourir à faire fonctionner de nombreux moulins (à grain, foulon ou tan) et à limiter les inondations et divagations du chenal d'écoulement (Brown, 1997 ; Burnouf et Leveau, 2004 ; Pichot et Marguerie, 2004 ; Benoit *et al.*, 2004 ; Lespez *et al.*, 2005a). Comme nous l'avons vu en Normandie, le 18e et le début du 19e s. constituent l'âge d'or de l'aménagement hydraulique promouvant un véritable « hydrau-système » (Cador et Lespez, 2011). Ce système technique contrôle en grande partie les flux liquides et solides même si les dégâts récurrents occasionnés par les crues les plus importantes montrent que la maîtrise reste imparfaite. À l'opposé, les observations réalisées sur les cours d'eau méditerranéens et subméditerranéens de forte énergie révèlent que, jusqu'au 20e s., l'équipement hydraulique n'a pu contrecarrer les dynamiques sédimentaires dictées par les rythmes climatiques (Astrade *et al.*, 2011). Malgré les transformations des bassins versants et le corsetage complet des cours d'eau, les crues centennales sont toujours en mesure de causer de profondes modifications géomorphologiques (Jacob, 2003). Seuls les bassins versants et les cours d'eau caractérisés par de puissants aménagements contemporains (barrages en particulier) imposent une maîtrise des écoulements comme dans la vallée de la Durance par exemple.

1.5. Conclusion

Mise à part en Afrique soudano-sahélienne, les recherches sur les dynamiques morphosédimentaires des systèmes sont maintenant nombreuses (Brown, 1997 ; Hoffmann *et al.*, 2010 ; Notebaert et Verstreaten, 2010 ; Neboit et Lespez, 2006 ; Dusar *et al.*, 2011). Alors que le rôle du facteur anthropique est de plus en plus mis en évidence dans l'accélération des taux de sédimentation dans les plaines alluviales européennes (Brown, 1997 ; Hoffmann *et al.*, 2009 ; Notebaert et Verstraeten, 2010), l'accélération de la sédimentation au cours des quatre derniers millénaires de l'Holocène est parfois supposée pour le monde méditerranéen et l'Afrique soudano-sahélienne mais elle est rarement encore étudiée. Les rythmes irréguliers des accumulations de fond de vallée dont le *tempo* est clairement contrôlé par les fluctuations climatiques masquent les transformations de fond qui sont souvent reléguées au deuxième plan des discussions

(Magny *et al.*, 2002 ; Berger, 2003 ; Thorndycraft et Bénito, 2006 ; Zielhofer et Faust, 2008). Pourtant, les études sur les mutations récentes des systèmes fluviaux méditerranéens soulignent l'ampleur des ajustements liés à l'intervention humaine sur les chenaux mais également dans les bassins versants (Liébaut et Piégay, 2002 ; Wainwright et Thornes, 2004 ; Hooke, 2006).

En fait, un examen attentif des recherches montre que l'expression de l'anthropisation dans les systèmes fluviaux demeure complexe et difficile à cerner. Comme le montre l'exemple grec, on compare souvent des systèmes très différents par leur dimension et leur fonctionnement et les synthèses chronologiques demeurent difficilement exploitable. Plus fondamentalement, on s'en tient fréquemment encore à une mise en évidence de la cooccurrence entre les crises alluviales et le développement de la mise en valeur agricole et/ou les oscillations climatiques. Les processus qui lient l'érosion des sols et l'aggradation alluviale restent souvent supposés, ; les connexions hydrologiques et sédimentaire qui s'exercent au sein du bassin versant ont rarement été étudiées (Bryerley et Fryirs, 2001 ; Fryirs *et al.*, 2007 ; Hoffmann *et al.*, 2010).

2. Connexion, anthropisation et climat

Afin de progresser dans la compréhension du fonctionnement sur le temps long des systèmes fluviaux, nous avons entrepris de nouvelles recherches en Grèce du Nord et en Normandie. Elles s'appuient sur des investigations systématiques, menées de l'échelle du bassin versant élémentaire à celle des zones de transfert et de sédimentation de plus grande taille, vers l'aval. Au début des années 2000, cette démarche était encore rarement utilisée dans le cadre d'études sur le temps long des systèmes fluviaux mais elle est de plus en plus pratiquée pour comprendre leur fonctionnement au cours des derniers siècles en particulier dans le Nouveau monde et dans les vallées montagnardes (Brierley et Fryirs, 1999 ; Fryirs et Brierley, 1999 et 2001 ; Harvey, 2002 ; Liébault, 2003 ; Knox, 2006 ; Fryirs *et al.*, 2007). Supposant la non-linéarité des réponses des systèmes fluviaux à l'anthropisation (Brierley et Fryirs, 1999 et 2001 ; Trimble, 1999 ; Harvey, 2002 ; Lang, 2003 ; Knox, 2006), la recherche se proposait d'étudier la place et le rôle dans l'espace et dans le temps des différents forçages sur la morphogenèse fluviale. L'enquête a d'abord reposé sur une démarche systémique qui associe l'approche comparative de bassins versants de même ordre -étude des similitudes- puis sur l'étude des relations fonctionnelles entre les différents niveaux scalaires -étude des interactions et des connexions- (Piégay et Schumm, 2005).

2.1. Les réponses géomorphologiques à la mise en valeur agricole aux échelles locales

L'étude des différents compartiments de la cascade sédimentaire conduit des parcelles cultivées, au colluvionnement qui s'accumule en bas de pente, puis au bassin versant élémentaire d'ordre 0 à 2. La compréhension de l'érosion des sols passe par l'examen des profils pédologiques afin d'y lire les stigmates de leur érosion. Cette recherche est de plus en plus pratiquée dans le cadre de la mise en place des bilans sédimentaires mais dans ce cas c'est le plus souvent l'épaisseur tronquée et la masse ou le volume qu'elle représente qui sont pris en compte (Macaire *et al.*, 2002 ; Rommens *et al.*, 2005 ; Houben, 2008 ; Verstraeten *et al.*, 2009). Dans la plupart des cas, la perte en sol est déterminée par rapport à un horizon repère. Dans les régions à couverture lœssique, c'est en général la profondeur de l'horizon Bt des Luvisols qui sert de

référence (Bork et Lang, 2003). La perte en sol est ensuite affectée à la durée de l'anthropisation estimée à partir des données archéologiques recueillies localement ou régionalement. Cependant, la chronologie de la troncature demeure rarement étudiée même si elle est indispensable pour déterminer la chronologie des pertes en sol et leur contribution au bilan sédimentaire. De la même manière, les études paléopédologiques ponctuelles sont assez fréquentes mais les synthèses réalisées à l'échelle d'une région sont encore rares (Gebhardt, 1990 ; Berger, 2003 ; French et Lewis, 2005). Les études sur les sédiments colluviaux accumulés au pied des versants ou colmatant des vallons secs élémentaires sont beaucoup plus fréquentes en Allemagne (Bork *et al.*, 1998 ; Lang, 2003 ; Dotterweich, 2008 ; Dreibrodt *et al.*, 2010) et dans le sud du Royaume-Uni (Bell, 1982, 1992 ; Allen, 1992 ; Wilkinson, 2003; French et Lewis, 2005 ; Brown, 2009). Elles demeurent moins développées et offrent encore peu d'éléments de comparaison dans le monde méditerranéen (Berger, 2003).

2.1.1. L'érosion des sols et de la production des sédiments colluviaux

En Basse-Normandie comme dans de nombreuses régions d'Europe centrale et occidentale, les études géomorphologiques montrent que ce sont des sédiments issus de l'érosion des sols limoneux des plateaux qui sont venus colmater les fonds de vallée et les plaines littorales favorisant l'atterrissement progressif des zones humides (Brown *et al.*, 1994 ; Notebaert et Verstraeten, 2010 ; Hoffmann *et al.*, 2009). Acheminés depuis les parcelles par le ruissellement diffus puis concentré, ils ont été redistribués par débordement au cours d'épisodes de crues chargées en limon. Cette évolution généralisée est en relation avec le développement d'une érosion des sols importante, seule susceptible de fournir aux cours d'eau la charge sédimentaire nécessaire. Cependant, l'enchaînement des processus ayant conduits à ces transformations ainsi que leur *tempo* reste en grande partie hypothétique. Les recherches les plus récentes s'appuient sur la définition de bilans sédimentaires holocènes établis à partir de l'étude des produits de l'érosion stockés sur les versants et dans les plaines alluviales et plus rarement sur la prise en compte des pertes en sols par l'étude des profils pédologiques (Macaire *et al.,* 2002 ; Rommens *et al.*, 2005 ; Houben, 2008 ; Verstraeten *et al.,* 2009). Ce type d'étude propose le plus souvent un bilan général de l'érosion et la chronologie de l'érosion des sols est essentiellement appuyée sur la celle des remplissages de fond de vallée (Allée, 2003 ; Hoffmann *et al.*, 2007). Par conséquent, la discussion sur le rôle des pratiques agricoles et des transformations paysagères associées dans le développement de l'érosion des sols et des transferts vers les fonds de vallées demeure générale. Les temporalités de transfert depuis les parcelles cultivées jusqu'au pied de versant demeurent hypothétiques (Delahaye *et al*., 2010).

2.1.1.1. En Normandie

Les recherches géomorphologiques et géoarchéologiques initiées dans la Plaine de Caen ont eu pour objectif de confronter les rythmes de l'érosion des sols observés sur les plateaux selon des méthodes micromorphologiques qui étaient encore peu pratiquées dans l'ouest de la France (Gebhardt, 1990 ; Camuzard, 2000) aux rythmes d'alluvionnement enregistrés dans les fonds de vallée (Lespez *et al.*, 2005, 2008a, 2010a et 2010b ; Germain-Vallée et Lespez, 2006). Afin d'examiner l'impact des pratiques agropastorales sur l'érosion des sols et les transferts sédimentaires enregistrés dans les fonds de vallées, nous avons développé des recherches géomorphologiques, sédimentologiques et paléo-pédologiques comme cela a pu être expérimenté dans certains espaces méditerranéens (Berger, 2003 et 2006) et Outre-Manche (French et Lewis, 2005).

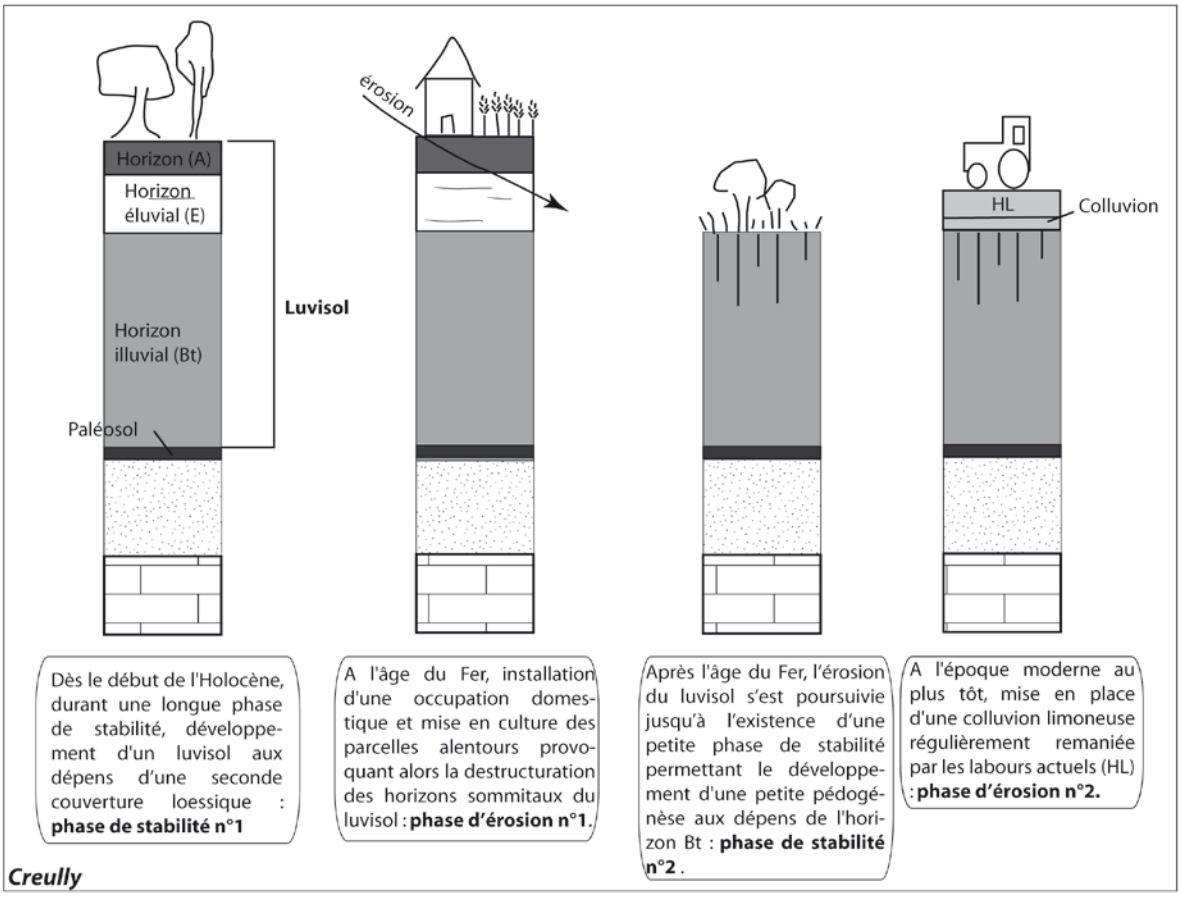


Fig. 104 - Schéma d'évolution des formations pédo-sédimentaires de Creully (Germain-Vallée et Lespez, 2011)

Les sols de la Plaine de Caen sont le plus souvent des sols lessivés et décarbonatés (luvisols) qui se sont formés au dépend des lœss qui recouvrent la plupart des plateaux calcaires. Ces sols se sont formés suite à une longue période de stabilité paysagère. Après la décarbonatation des formations lœssiques intervenue principalement au Tardiglaciare (Van Viet Lanoë, 1988 ; Camuzard, 2000), ils se sont structurés à partir du début de l'Holocène en trois horizons formés par d'importants processus de lessivage (Duchaufour, 1983). L'horizon humifère superficiel A correspond à l'intégration de la matière organique issue de la couverture végétale. En profondeur, lui succède un horizon éluvial E appauvri en argile par les processus de lessivage. Ceux-ci engendrent le développement d'un horizon illuvial argilique (Bt). Les traits pédologiques élémentaires caractéristiques de cet horizon sont les traits d'illuviation. Ils témoignent de l'accumulation des particules argileuses entraînées par l'eau depuis la partie supérieure du profil soumise aux agents météoriques et à l'activité de la faune et de la flore du sol. L'analyse des processus ayant affecté ces sols s'est appuyée sur des observations de terrain réalisées à l'occasion de fouilles archéologiques qui permettent de dater les paléopédogenèses (Berger, 2006). Elles ont été complétées grâce à une étude micromorphologique (Fedoroff et Courty, 1994 ; Fedoroff et Courty, 2002). À partir de l'identification de traits pédologiques diagnostics, les analyses micromorphologiques permettent de caractériser finement l'évolution de ces sols au cours de l'Holocène en mettant en évidence leur érosion ou bien la surimposition de petites phases de pédogenèses postérieures (Fig. 104). L'érosion des luvisols jusqu'à leurs horizons illuviaux peut être attestée par l'observation de papules et/ou d'agrégats

isolés de Bt dans les colluvions. La mise à nu de ces sols afin de les labourer peut être également attestée par la présence de revêtements bruns poussiéreux correspondant à des agricutanes (Gebhardt, 1990). Les horizons érodés ont pu connaître une évolution pédologique postérieure. Ces phases de pédogenèse secondaire peuvent être identifiées par l'examen de la porosité canaliculaire qui témoigne du degré d'enracinement de la végétation (Berger, 2006) et donc de la durée relative de la pédogenèse après une phase d'érosion. L'observation de traits pédologiques calcitiques complète la liste des traits le plus souvent rencontrés au cours de ces analyses. Il peut s'agir de pseudomorphoses racinaires calcifiées ainsi que de traits pédologiques témoignant de redistributions verticales des carbonates tels que des revêtements et des hyporevêtements micritiques (Berger, 2006). Ces traits, selon leur quantité et leur positionnement stratigraphique sont des indicateurs de la dynamique hydrique des sols et de la stabilité des profils pédologiques. La synthèse de ces analyses permet de mettre en évidence des évolutions de signification locale mais également des épisodes de portée plus générale. La troncature des luvisols développés sur les lœss est observée sur les cinq sites étudiés (Fig. 105) et semble systématique d'après les quelques autres données disponibles (Camuzard, 2000 ; Chancerel *et al.*, 2006). Elle indique une érosion importante des profils pédologiques formés au cours de la première partie de l'Holocène. Le calendrier de l'initiation de cette érosion est propre à chaque site et dépendant du calendrier local de l'occupation des sols. Pour quatre des cinq sites étudiés, elle se développe ou s'accentue à partir de l'âge du Fer et semble se généraliser au cours des époques modernes et contemporaines. Par ailleurs, sur tous les sites ont été identifiées des périodes favorables à la reprise de la pédogenèse. Cela témoigne d'interruptions plus ou moins longues dans l'exploitation des sols y compris sur des plateaux anciennement mis en valeur par les pratiques agricoles et pour des périodes où cette mise en valeur des sols semble pourtant généralisée. Ainsi à Fontenay-le-Marmion, l'existence d'une pédogénèse postérieure au Néolithique témoigne de la reprise de la pédogenèse sous un couvert végétal protecteur après la mise en valeur néolithique, et donc d'une longue période de déprise des activités agricoles. Sur ce même site, une phase de stabilité est aussi attestée au cours de l'époque laténienne, pourtant caractérisée par l'extension et l'intensification de la mise en valeur agricole dans l'ensemble de la Plaine de Caen (Lespez et Germain, 2010).

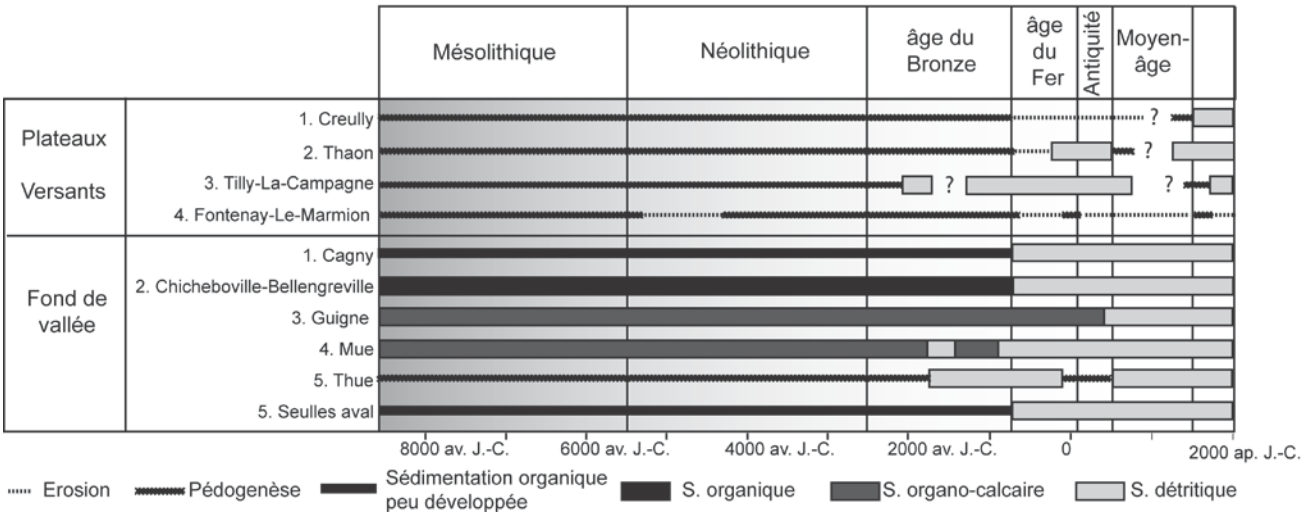


Fig. 105 - Synthèse des résultats obtenus dans la Plaine de Caen sur la Chronologie de la sédimentation détritique (Germain-Vallée et Lespez, 2011)

2.1.1.2. Quelques éléments de comparaison

Une revue des publications consacrées à la troncature des profils pédologiques et aux accumulations colluviales qui en résultent permet de mettre en perspective et de discuter les observations réalisées en Normandie. Dans le sud de l'Angleterre, les sols bruns lessivés développés sur les plateaux crayeux et les sols bruns des versants sont soumis à une forte érosion au cours de l'âge du Bronze en relation avec une intensification agricole (Bell, 1982 et 1992 ; Allen, 1992). Cependant, pour C. French (2003), cette dégradation interviendrait plus tôt, dès le Néolithique (4e millénaire avant J.-C.). Elle aurait localement des conséquences irréversibles en favorisant précocement l'extension de sols fins de type « rendzine » (French, 2003 ; French et Lewis, 2005). Ce processus affecterait progressivement l'ensemble de la région expliquant qu'il ne soit visible de manière extensive qu'au cours de l'âge du Bronze. Ces conclusions sont également déduites d'observations ponctuelles dans le sud de l'Angleterre (Macphail, 1992) et sont proches de celles réalisées en Normandie (Germain-Vallée et Lespez, 2011). Dans le sud-ouest de l'Angleterre, des études réalisées sur les sols conservés sous les monuments mégalithiques ont également mis en évidence une érosion précoce des profils pédologiques et une tendance à la podzolisation (Macphail, 1992). En Allemagne, les nombreux travaux effectués sur les colluvionnements anciens montrent un déclenchement de l'érosion des sols dès le Néolithique ancien (5 500-4 300 av. J.-C.) puis une accélération au cours de la transition entre le Néolithique final et l'âge du Bronze (3 000- 2 500 av. J.-C.) (Dreibrodt *et al.*, 2010 ; Fuchs *et al.*, 2011). Les rares observations effectuées dans le monde Méditerranéen confirment la troncature précoce des profils pédologiques par les pratiques agraires. Les analyses micromorphologiques réalisées par J.-F. Berger (2003) dans la moyenne vallée du Rhône montrent une érosion des sols bruns lessivés dès le Néolithique ancien (5 700-5 000 av. J.-C.). Elle s'accentue ensuite au Néolithique final-Chalcolithique (3 500-2 500 av. J.-C.) du fait d'un nouveau développement des activités agropastorales. Les sols possèdent alors souvent une structure dégradée marquée par un fort lessivage alors que les traces de colluvionnement se multiplient. Cependant, ces dégradations restent localisées et souvent temporaires car la reprise de la pédogenèse est souvent de règle dans les millénaires suivants (Berger, 2003). En Grèce, les recherches ponctuelles effectuées dans le sud de la péninsule hellénique confirment un déclenchement précoce de l'érosion des sols dès le Néolithique ancien et moyen (6 500-4 500 av. J-C., Fuchs, 2007). Cependant, les observations réalisées en Grèce du nord ne montrent jusqu'à présent que des accumulations colluviales contemporaines ou postérieures à l'âge du Bronze dans la plaine de Philippes-Drama (Lespez 2008) et l'ile de Thasos (Lespez, 2007). À partir de cette époque, la construction de terrasses de culture limite les transferts sédimentaires sur les versants qui en sont équipés (Van Andel *et al.*, 1986 ; Grove et Rackham , 2001). Néanmoins, leur répartition et leur contribution à la réduction des transferts sédimentaires sur les versants sur le temps long des derniers millénaires demeurent mal connues et peu étudiées (Harfouche, 2007). Par ailleurs, leur abandon génère parfois une accélération ponctuelle ou plus durable de l'érosion (Grove et Rackham ; 2001 Bintliff, 2002).

De nombreuses recherches montrent ensuite une accélération de l'érosion et des colluvionnements au cours de l'âge du Fer. Dans certaines régions, comme la moyenne vallée du Rhône, on observe le « *décapage généralisé des couvertures pédologiques qui s'étaient développées depuis plus d'un millénaire* » (Berger, 2003). L'impact des activités humaines s'accentue également en Allemagne (Dreibrodt *et al.*, 2010) ou d'autres régions du sud-ouest de la France (Bertran, 2004). Les recherches sur les époques

historiques sont plus rares, en particulier dans le monde méditerranéen. Au cours de l'époque médiévale, une nouvelle accélération des troncatures pédologiques est souvent observée. Elle a été mise en évidence précocement en Allemagne (Bork *et al.*, 1998) et elle est aujourd'hui de mieux en mieux connue (Dotterweich, 2008 ; Dreibrodt *et al.*, 2010). Elle se manifeste surtout à partir de l'An Mil alors que les pratiques agricoles et l'utilisation du sol deviennent plus intenses. Elle s'accélère ponctuellement au cours du 14e puis des 18e et 19e s. sans doute en relation avec une recrudescence des épisodes pluvieux intenses qui caractériseraient ces deux périodes du Petit âge de Glace (Bork *et al.*, 1998 ; Dotterweich, 2008 ; Dreibrodt *et al.*, 2010). Des épisodes érosifs sont également enregistrés du 17e au 19e s par les archives historiques dans le nord-est de la France (Vogt, 1953). Ils sont en général attribués à la conjonction d'épisodes de précipitations intenses et de mauvaises pratiques agricoles. Dans la moyenne vallée du Rhône après une longue stabilité au cours de l'époque médiévale, une évolution similaire à celle enregistrée en Europe occidentale est également observée (Berger, 2003).

2.1.2. Hétérochronie des remplissages dans les petits bassins versants (0-40 km²)

Les recherches qui comparent des bassins versants de petite dimension dans une même ambiance régionale demeurent rares. L'approche des similitudes promues par les recherches contemporaines (Piégay et Schumm, 2005 ; Fryirs *et al.*, 2007) est encore peu pratiquée sur la longue durée. Elle s'est développée dans les espaces montagnards (par exemple, Ballandras, 1997 ; Harvey, 2002 ; Miramont *et al.* 2008) mais elle demeure encore peu pratiquée dans les plaines et les plateaux de l'Europe de l'ouest (Bork *et al.*, 1998 ; Allée *et al.*, 1997 ; Allée 2003 ; Wilkinson, 2003) ou dans le monde méditerranéen (Berger, 1996 et 2003 ; Wilkinson, 2003; Lespez, 2007). Les informations existent probablement du fait de la multiplication des fouilles archéologiques mais elles sont plus souvent utilisées pour faire ressortir les points communs des chronologies plutôt que pour expliquer les temporalités différentes de l'histoire de l'érosion des sols entre des bassins versants voisins. Les bassins versants de petite dimension correspondent pour nous à ceux qui sont dominés par les processus de versants et les accumulations colluviales (Houben, 2008), les incisions des bassins versants élémentaires et dans lesquels se développent les crues turbides rapides ou coulées de boue (Delahaye, 2002). Dans ces bassins versants les écoulements chenalisés d'ordre 2 à 3 se développent au sein de plaines alluviales réduites.

2.1.2.1. Hétérochronie des réponses des bassins versants élémentaires de Grèce du Nord face à l'anthropisation

Pour cette étude, nous allons principalement utiliser les recherches conduites dans le nord de la Grèce. Les résultats obtenus dans l'île de Thasos permettent de comparer l'évolution morphosédimentaire de petits bassins versants (1-40 km²) associés aux cours d'eau temporaires d'ordre 1 à 3 situés dans des contextes géologique (socle du Rhodope dominé par les affleurements de marbres et de gneiss), bioclimatique (étagement méditerranéen) et socio-historique similaires pour les sept derniers millénaires du fait de la petite dimension de l'île (30 km de diamètre). L'examen attentif de quatre bassins versants élémentaires révèle ainsi des histoires sédimentaires bien différentes (Lespez, 2007). À Rachoni, 3 km à l'est du site de l'Âge du Bronze de Skala Sotiros, le remblaiement d'un cône alluvial épais de plus de 6 m montre des apports sédimentaires depuis l'âge du Bronze au moins et qui se sont poursuivis jusqu'aux époques historiques. À Limenas, les basses pentes du versant qui porte l'acropole de la

cité classique montre une aggradation alluvio-colluviale sur plus de 6 m d'épaisseur (Lespez, 2007). Les couches archéologiques interstratifiées dans les sédiments montrent une accumulation très rapide qui débute à la fin de la période thrace (Âge du Fer). Celle-ci est d'abord à relier au défrichement du versant en grande partie pour prélever du bois dont la combustion était nécessaire aux activités métallurgiques importantes développées par les populations thraces (fin du 8e s. ap. J.-C.). La colonisation par les Pariens et le développement de la cité classique n'arrêtent pas les apports alluviaux et colluviaux qui fossilisent successivement des murs de la fin du 7e et du début du 5e s. av. J.-C., puis un caniveau de la fin de l'époque hellénistique et de l'époque romaine. Ils montrent une instabilité chronique du versant depuis son utilisation par les activités minières. Dans la petite plaine d'Agios Ioannis (Lespez et Papadopoulos, 2008), l'accumulation alluviale débute au Néolithique final, s'accélère au cours de l'époque romaine et paléochrétienne en relation avec des incendies et une mise en valeur agricole mais l'essentiel du colmatage épais de 2 à 3 m est postérieur et attribuable à l'époque byzantine et au début de l'époque ottomane. Il est alors associé au développement des pratiques pastorales, à la régularité des incendies et à la récurrence d'événements hydroclimatiques brutaux stimulant la torrentialité du bassin versant. À Liménaria (Lespez *et al.*, 2004), la petite plaine littorale connaît une aggradation alluviale qui s'amorce au cours des époques classiques et hellénistiques comme le prouvent les limons de débordement intercalés dans les sites datant de ces époques mais l'essentiel de l'accumulation est plus récent et attribuable à la période ottomane. Les résultats obtenus témoignent donc de l'hétérochronie des colluvionnements et des alluvionnements. Au-delà de l'île, cette hétérochronie est la règle comme le montrent les résultats obtenus dans les bassins versants de petite dimension dans l'ensemble de la Macédoine orientale (Fig. 106). De l'âge du Bronze à l'époque contemporaine les différentes temporalités de l'érosion des sols s'expliquent par les différentes chronologies des mises en valeur initiales et l'histoire locale des pratiques agropastorales et des événements hydroclimatiques même si les conditions du milieu sont proches et que l'évolution socio-économique sont globalement identiques.

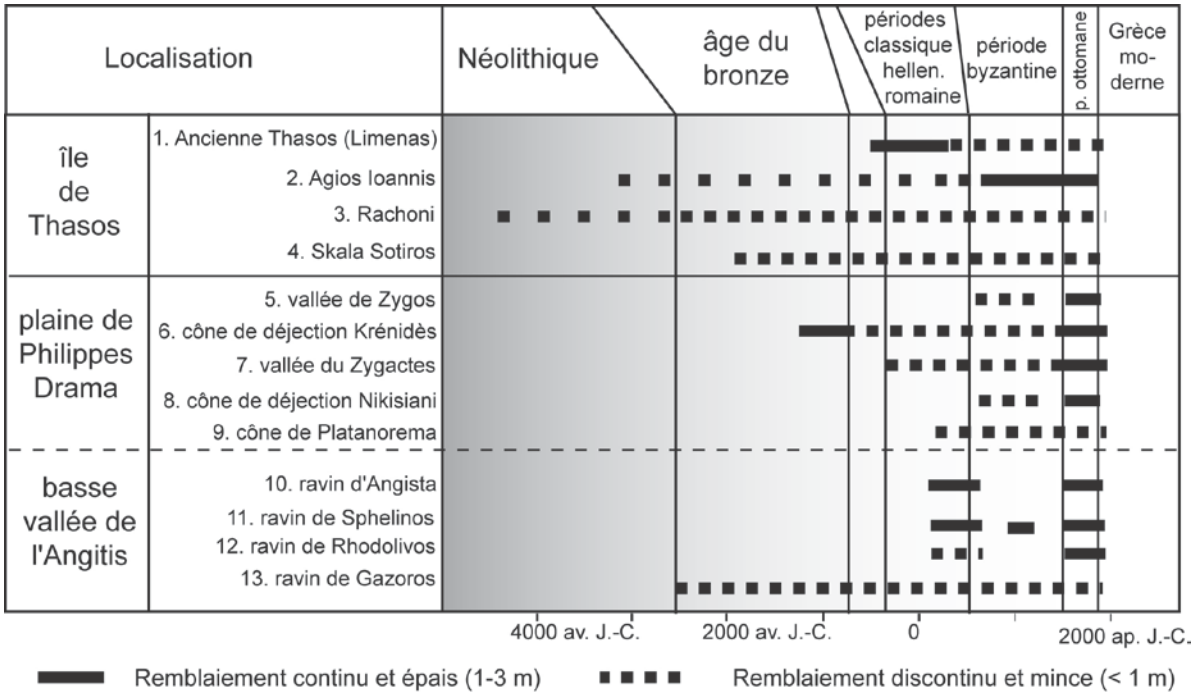


Fig. 106 - Les remblaiements détritiques en Macédoine orientale (Lespez, 2007)

2.1.2.2. Quelques éléments de comparaison

Dans le monde méditerranéen, les études systématiques concernant des bassins versants de même ordre sont rares. De plus, quand une étude de ce type est conduite, elle a plutôt tendance à souligner les temps forts de la morphogenèse et à les expliquer par des causalités climatiques ou anthropiques (Berger, 2003 ; Pope *et al.*, 2003) mais délaisse souvent l'explication de l'hétérochronie. Dans le bassin de Sparte (Péloponnèse, Grèce), à partir de l'étude conjointe de 15 cônes alluviaux de petite dimension (<1km2) A. Pope *et al.* (2003) soulignent un premier accroissement de l'accumulation sédimentaire attribuable à l'âge du Bronze. Il ne concerne pourtant qu'une minorité de cônes alluviaux. Il est suivi par une phase généralisée d'accumulation alluvio-colluviale attribuée à l'Antiquité Classique et Hellénistique qui concerne la plupart des cônes étudiés. Entre ces périodes remarquables, seuls certaines cônes semblent montrer une accumulation sédimentaire et confirment un fonctionnement généralement hétérochronique du piémont du Taygète sauf lors de certaines périodes spécifiques. Dans le bassin de la Valdaine, J.-F. Berger (2003 et 2011) souligne également les temps forts de la morphogenèse qui caractérisent la plupart des petites vallées définies dans les collines marneuses de cette partie de la moyenne vallée du Rhône. Néanmoins, la lecture attentive des travaux suggère une certaine hétérochronie des réponses géomorphologiques locales à la mise en valeur agricole qui n'est pas discutée.

Dans les régions plus tempérées de l'Europe, quelques observations similaires peuvent être effectuées. Dans le sud de l'Angleterre, les travaux de K. Wilkinson (2003) sur les vallées sèches des plateaux crayeux des South Downs montrent que les remplissages sédimentaires sont souvent identiques et qu'ils résultent globalement d'une accentuation de l'anthropisation à partir de l'âge du Bronze. Cependant, ils révèlent qu'ils résultent d'une histoire propre à chaque vallée. La chronologie et les processus de colmatage changent d'une vallée à une autre. Cette hétérochronie résulte d'une combinaison de facteurs qui inclue l'histoire locale de l'utilisation des sols et des événements pluvieux intenses susceptibles de mobiliser les sédiments. Les remplissages sédimentaires des fonds de vallons des bas-plateaux du Limousin à l'ouest du Massif Central ont également fait l'objet d'une étude approfondie par Ph. Allée et ses collègues (Allée *et al.*, 1997 ; Allée, 2003). Elle révèle une accélération de la sédimentation à partir de l'âge du Fer qui correspond à une augmentation de la mise en valeur par l'agriculture attestée par les données polliniques. Au-delà des temps forts de la morphogenèse qui correspondent aux périodes de plus forte pression sur les milieux et aux crises hydroclimatiques enregistrées en Europe de l'ouest, l'examen attentif de chaque situation montre la spécificité des réponses locales. Cette hétérochronie s'exprime en particulier pendant les périodes de moindre pression anthropique et de moindre activité hydrogéomorphologique. Elle correspond alors à l'inégale intensité des mises en valeur, à la gestion différente des espaces et à la chronologie des courtes phases d'abandon enregistrées localement (Allée *et al.*, 1997, ; Allée, 2003). Cette observation a également été effectuée en Allemagne (Bork *et al.*, 1998 ; Stolz *et al.*, 2011) et les observations réalisées en Normandie vont dans le même sens. Dans la Plaine de Caen, le colmatage sédimentaire des têtes de bassins versants est observé entre l'âge du Bronze et l'époque gallo-romaine (Lespez, 2011 ; Lespez et Germain-Vallée, 20111 ; Germain-Vallée et Lespez, 2011). Ainsi, les datations obtenues soulignent l'existence d'une période de plus d'un millénaire et demi pendant laquelle l'hétérochronie est la règle. Celle-ci témoigne du fonctionnement propre de chaque vallon pour lequel l'histoire locale de la mise en valeur pèse d'un poids important.

2.2. Discussion

Les recherches menées en Grèce et en Normandie et leur confrontation avec les travaux conduits en Europe du Nord-ouest et dans le monde méditerranéen permettent de dégager des réflexions d'ensemble mais également de révéler l'ampleur des questions qui restent posées pour comprendre les réponses morphogéniques des bassins versants élémentaires à l'anthropisation.

2.2.1. Résilience et accélération de l'érosion des sols cultivés

Les résultats obtenus en Normandie sur l'érosion des sols confirment globalement les données disponibles même si elles sont encore très éparses. L'érosion des sols par les pratiques agropastorales est un phénomène ancien qui s'affirme dès les premiers temps du Néolithique. Pendant une longue période qui recouvre le plus souvent le Néolithique et tout ou partie de l'âge du Bronze, l'utilisation des sols reste porteuse de risques érosifs modérés parce que les pratiques culturales permettent le renouvellement de la pédogenèse. Certains auteurs soulignent d'ailleurs la sous-estimation presque systématique des phases de stabilité paysagère liées à des pratiques agricoles peu destructrices ou une plus faible pression des pratiques agro-pastorales avant l'âge du Fer (Berger, 2003). Cette longue résilience des profils pédologiques cesse souvent au cours des quatre derniers millénaires et les conséquences de l'érosion des sols semblent dès lors irréversibles. Cet accroissement des troncatures et des volumes colluviaux, qui se développe à partir de l'âge du Bronze, s'intensifie au cours de l'Âge du Fer (Boardman et Bell, 1992 ; Börk *et al.*, 1998 ; Berger, 2003 ; Dreibrodt *et al.*, 2010 ; Germain-Vallée et Lespez, 2011). Dans certaines régions, la sédimentation colluviale s'accentue encore au cours des époques médiévale et moderne comme en Allemagne (Börk *et al.*, 1998 ; Dotterweich, 2008; Dreibrodt *et al.*, 2010). Malgré ces premiers résultats, les chercheurs soulignent souvent le manque de données chronologiques précises pour effectuer une véritable approche comparative de l'érosion des sols à partir de l'étude des profils pédologiques et des colluvionnements (Berger, 2003 ; Houben, 2008). Seule, l'Allemagne semble posséder une densité d'information suffisamment importante pour permettre des synthèses précises (Dotterweich, 2008 ; Dreibrodt *et al.*, 2010). À l'opposé, le monde méditerranéen ne propose que de rares études exhaustives à l'échelon régional (Berger, 2003 ; French, 2003).

2.2.2. Complexité des réponses morphogéniques à la mise en valeur des sols par l'agriculture

Dans la plupart des publications, l'allure pulsée de l'érosion des sols et du colluvionnement corrélatifs est attribuée à l'histoire locale des pratiques agricoles et à la recrudescence d'épisodes pluviométriques de forte intensité (Allen, 1992 ; Bell, 1992 ; Börk *et al.*, 1998 ; Berger, 2003). Néanmoins, l'examen des archives sédimentaires et des situations contemporaines permet de montrer les limites de ces explications et de nos connaissances actuelles.

Les rideaux de culture (« *lynchets* »), les haies bocagères et les terrasses construites issues de pratiques agricoles anciennes, obstacles disposés en travers de la pente, se comportent comme autant de pièges favorables à la rétention des produits de l'érosion (Mérot *et al.*, 1998). Les bilans sédimentaires effectués à l'échelle des versants doivent tenir compte de ces irrégularités qui localement stockent une grande partie de la matière issue de l'érosion. Dans le bassin du Négron (135 km^2), dans le sud-ouest du Bassin de Paris, les rideaux de culture peuvent stocker un quart des volumes colluviaux

(Macaire *et al.*, 2002) alors que l'enquête exhaustive conduite dans le même espace mais dans un plus petit bassin versant (Quicampoix, 0,16 km^2) montre que l'ensemble des accumulations d'origine anthropique constitue 40% de la surface du bassin versant (Chartin *et al.*, 2011). Les accumulations dans les parcelles bocagères de Basse-Normandie sont au moins aussi importantes et possèdent également un caractère assez aléatoire (Delahaye, 1992 ; Viel *et al.*, in prep.). L'examen exhaustif des sédiments déplacés dans un petit bassin versant de l'Allemagne moyenne a permis à P. Houben (2008) de montrer le caractère aléatoire des troncatures et des accumulations colluviales dans un espace pourtant dépourvu d'obstacles majeurs. Cette étude souligne le rôle de la succession des pratiques culturales et de l'organisation spatiale de la mise en valeur agricole depuis le Néolithique.

Les progrès de la micromorphologie et le développement de la recherche expérimentale permettent aujourd'hui d'identifier l'impact des changements des pratiques culturales sur les profils pédologiques (Langhor, 2001 ; Courty *et al.*, 1989 ; Gebhardt, 1993 ; Berger, 2003 ; French, 2003 ; Courty et Fédoroff, 2002 ; Goldberg et Macphail, 2006). Localement, les conséquences de l'abattis-brulis néolithique ont pu être mises en évidence (Langhor, 2001 ; Gebhardt, 1993 ; Goldberg et Macphail, 2006) mais l'impact du développement des pratiques aratoires à la fin du Néolithique et au début de l'âge du Bronze est plus souvent supposé que démontré par les études des archives sédimentaires (Kallis *et al.*, 2003). Parallèlement, les recherches conduites sur les dynamiques contemporaines ou des derniers siècles soulignent le rôle de l'organisation spatiale des espaces cultivés dans la production sédimentaire sur les versants y compris dans les bassins de rivières de faible énergie (Hooke, 2006 ; Fryiers *et al.*, 2007). La répartition des parcelles cultivées, leur longueur et leur position par rapport à la pente la nature et la disposition des limites parcellaires, le rôle des réseaux de drainage et des voies de communications pèsent d'un poids important dans l'organisation des écoulements de surface et dans la redistribution des sédiments sur les versants (Delahaye, 2002). Malheureusement, les modifications de cette organisation sont en général très mal connues pour les époques antérieures à l'époque médiévale au moins. Cette complexité des processus rend très délicate la généralisation des observations réalisées localement comme le montre par exemple la variété des situations rencontrées dans le nord du Bassin de Paris (Kuzucuoglu *et al.*, 1992). Ainsi, les recherches qui établissent des bilans sédimentaires pour des bassins versants de taille moyenne (100-500 km^2) durant l'Holocène s'appuient sur une modélisation de l'érosion des sols et de la répartition des colluvions basée sur la généralisation d'observations ponctuelles selon des modèles statistiques et empiriques qui tiennent essentiellement compte des facteurs topographiques et édaphiques (Rommens *et al.*, 2005 ; De Moor et Verstraeten, 2009 ; Fuchs *et al.*, 2010). Développés en particulier dans des bassins versants homogènes à couverture lœssique épaisse où la catena des sols est plus facile à déterminer, cette modélisation trouve ses limites et est difficilement applicable aux régions méditerranéennes où les catena des sols sont souvent plus complexes ou aux régions bocagères du fait de la densité des obstacles et du poids que prennent les connexions linéaires (fossés, chemin, route) dans les transferts hydrosédimentaires (Viel *et al.*, en prep.). Bien que présentant un effort considérable de compréhension de l'évolution de l'érosion des sols, ces travaux ne peuvent aujourd'hui fournir que des ordres de grandeur d'estimation des pertes en sol et des volumes stockés sur les versants.

2.2.3. Oscillations climatiques et événements climatiques

Même si les travaux réalisés sur les bassins versants élémentaires donnent tous le premier rôle à l'intervention des sociétés, ils intègrent pour la plupart le facteur climatique. Cette intégration passe en particulier par la prise en compte des événements pluviométriques dont l'intensité excède les capacités d'infiltration des sols et est susceptible de déclencher leur érosion.

Les travaux conduits sur l'érosion des sols contemporains dans le sud de l'Angleterre montrent que les processus de colluvionnement (« rill wash ») se déclenchent à partir de 30 mm de précipitations en deux jours tombant sur des sols nus (Boardman, 1992). Ils correspondent principalement à des épisodes hivernaux (Septembre à mars) qui surviennent alors que les sols sont peu ou pas protégés par le couvert végétal. Statistiquement, ils sont observés au moins une fois par an dans la région concernée. Parallèlement, les recherches conduites sur les crues rapides et turbides enregistrées par les bassins versants élémentaires du nord du Bassin de Paris montrent qu'elles surviennent dans 85% des cas quand les intensités pluviométriques dépassent 40 mm en 15 h (Douvinet, 2008). Sur les 68 événements majeurs étudiés par J. douvinet (2008), 30% correspondent à des épisodes d'ampleur régionale associés au passage d'une ligne de front alors que les autres correspondent principalement à des orages localisés. Ainsi, la grande majorité de ces épisodes survient en été : 85% en juillet et août. Cependant, la pluviométrie n'explique pas tout. En effet, les capacités érosives des épisodes hivernaux sont bien sûr modulées en fonction des paramètres morphologiques, de la structure, de la texture et de la teneur en matière organique des sols et en particulier de leur propension à la battance. Joue également, la chronique des précipitations pendant une décade avant le déclenchement de l'épisode de forte intensité (Papy et al., 1991 ; Delahaye, 2002, 2003 ; Douvinet, 2008). Parallèlement, la morphologie et l'utilisation des sols interviennent également dans le déclenchement des crues turbides rapides puisque 60% des précipitations supérieures à 50 mm/24h et 78% des précipitations supérieures à 30 mm n'en engendrent pas (Douvinet, 2008). Ainsi, on peut affirmer l'existence d'un lien entre déclenchement des processus érosifs sur les versants et les conditions climatiques et météorologiques y compris dans les régions pour lesquelles le climat est *a priori* le moins agressif (Delahaye, 2002). Mais son expression reste très dépendante des conditions dont certaines ont été globalement stables dans le temps (morphologie ; Delahaye, 2008) mais dont d'autres sont très dépendantes de la couverture des sols et des pratiques agricoles (Auzet *et al*., 1995 ; Le Bissonnais *et al*., 1998 ; Boardman et Poesen, 2006). Dans les régions à couverture lœssiques du nord-ouest de l'Europe, seuls les événements les plus intenses sont capables de s'affranchir de ces conditions, d'éroder les profils pédologiques et d'entrainer les particules jusqu'au bas des versants et dans les organismes fluviaux d'ordre supérieur comme le montrent les études sur les crues turbides contemporaines (Douvinet, 2008) comme celles portant sur des périodes plus longues (Lang *et al.*, 2003). Dans les milieux méditerranéens, la fréquence des épisodes intenses est supérieure et de nombreuses études montrent la capacité des épisodes séculaires à mobiliser les sédiments depuis les parcelles cultivées jusqu'aux talwegs (Grove et Rackham, 2001). La fréquence des ravinements en particulier dans les formations tertiaires et quaternaires favorise les transferts sédimentaires dans les bassins versants élémentaires (Hooke, 2006 ; Poesen *et al.*, 2006) d'autant que le potentiel d'énergie conféré par les milieux méditerranéens est en général supérieur à celui des bassins versants du nord-ouest européen. L'ensemble de ces paramètres les rend plus sensibles aux évènements climatiques et moins dépendant des modalités de la mise en valeur agricole et de son organisation spatiale.

Les recherches sur le temps long mettent souvent en évidence le rôle des événements météorologiques exceptionnels dans l'érosion des sols et le développement des accumulations colluviales (Bell, 1992 ; Börk *et al.*, 1998 ; Foster *et al.*, 2000 ; Berger, 2003 ; Dotterweich, 2008 ; Dreibrodt *et al.*, 2010). La conjonction entre des périodes de détériorations climatiques caractérisées par des pluies plus abondantes et/ou plus intenses est souvent évoquée pour les crises colluviales bien enregistrées à la transition entre l'Optimum médiéval (16e s.) et le Petit Âge glaciaire et à la fin du Petit âge glaciaire (18-19e s.). Pour ces périodes l'abondance des sources historiques permet à la fois de donner la mesure de la détérioration climatique (Lamb, 1982 ; Leroy-Ladurie, 1983 ; Alexandre, 1987 ; Camuffo *et al.*, 2010 ; Lutterbacher *et al.*, 2010) et de faire l'inventaire des épisodes de crues (Vogt, 1953 ; Pichard, 1995 ; Bradzil *et al.*, 1999 ; Glazer *et al.*, 2010). Cela permet souvent aux études géomorphologiques de s'appuyer sur des cooccurrences bien établies entre des événements météorologiques et des enregistrements sédimentaires observés sur le terrain (Börk *et al.*, 1998 ; Foster *et al.*, 2000 ; Berger, 2003). Quand les archives historiques cessent d'être régulièrement disponibles avant le Moyen-âge central, la méthode n'est plus exploitable sauf pour quelques rares grands organismes bien documentés comme le Nil (Hassan, 1981). Il est alors nécessaire de recourir aux restitutions paléoclimatqiues pour effectuer des comparaisons solides. Celles-ci reposent sur des indicateurs (proxys) souvent distants des lieux étudiés (carottes glaciaires, coraux, sédiments varvés) ou dont la résolution temporelle dépend de modèles d'âge souvent pluri-décennaux (niveaux lacustres, tourbeux, pollens). Elles permettent aujourd'hui d'aller vers une lecture saisonnière du climat en particulier dans le monde méditerranéen (Peyron *et al.*, 2011). Cependant, elles mais ne permettent pas d'accéder à des résolutions temporelles plus précises. Par exemple, pour celles consacrées aux évolutions hydroclimatiques des derniers millénaires « l'événement » vaut souvent plusieurs décennies. Il est ainsi possible d'identifier des phases de crises mais il demeure difficile de discuter de l'intensité et de la fréquence des événements pluviogènes au cours de la période considérée (Magny *et al.*, 2008 ; van der Knapp *et al.*, 2010). Même les archives dendroclimatiques ou les spéléothèmes qui possèdent une résolution annuelle de plus en plus précise (Briffa *et al.*, 2004 ; Bütgen *et al.*, 2011) sont de peu de secours pour nous renseigner sur la fréquence des événements exceptionnels qui intéresse le géomorphologue. Les recherches actuelles ne permettent pas encore de définir la fréquence des évènements de forte magnitude (forte intensité des pluies ou cumul pluviométrique élevé) qui serait indispensable pour décrire les processus à l'œuvre sur les versants au cours des derniers millénaires en particulier dans le monde méditerranéen. Il est tout au plus possible de cerner des périodes qui climatiquement ont pu être favorables à l'expression de précipitations durables et/ou intenses. Dès lors, c'est encore souvent la cooccurrence entre ces périodes et les évènements enregistrés par les archives colluviales au pied des versants qui fait office d'explication principale ou secondaire au côté de l'anthropisation (Bell, 1992 ; Berger, 2003 ; Dreibrodt *et al.*, 2010).

Les recherches sur le temps de l'érosion appuyées sur la lecture des archives colluviales ou colluvio-alluviales des bassins versants élémentaires démontrent la complexité spatio-temporelle des processus d'érosion des sols et de transfert sur les versants. Les synthèses les plus récentes appuyées sur des espaces bien renseignés regroupent des informations parfois disparates. En augmentant l'espace étudié, elle crée un effet statistique qui permet de souligner les temps forts de l'érosion des sols (Dotterweich, 2008 ; Dreibrodt *et al.*, 2010). Cependant, l'interprétation reste

malheureusement plus proche de la constatation de la cooccurrence des phénomènes plus que de la description et de la compréhension de l'enchainement de processus (Brown, 2009).

3. L'étude nécessaire des interactions au sein des systèmes fluviaux

Le passage des pieds de versants aux systèmes fluviaux met en évidence d'autres problèmes. L'intégration des fonctionnements des versants et des bassins versants de faible ordre par les systèmes fluviaux pose la question des connexions hydrologiques et des seuils et des temps de réponse des systèmes fluviaux (Schumm, 1977). De nombreux travaux soulignent la complexité de ces relations qui se décomposent principalement en deux étapes, le lien entre les versants et les fonds de vallée puis entre le fond de vallée et le chenal (Brierley et Fryirs, 2005). L'ampleur et la simplicité apparente des transformations alluviales liées à la colonisation européenne ont d'abord stimulé les recherches dans le nouveau monde (Knox, 1977, 2006 ; Mandel, 1995 ; Fryirs et Brierley, 1999 et 2001 ; Fryirs *et al.*, 2007). Ces travaux ont ensuite été développés dans les espaces montagnards marqués par des métamorphoses spectaculaires des systèmes fluviaux sous l'action des hommes et de la fin du Petit âge de Glace (Bravard, 1989 ; Salvador *et al.* ; Liébaut et Piégay, 2002 ; Liébaut, 2003 ; Piégay *et al.*, 2004). Mais dans les deux cas, le temps long évoqué se rapporte aux derniers siècles. Il a fallu attendre ces dernières années et la multiplication des enquêtes sur la chronologie des alluvionnements dans les grands systèmes fluviaux pour que cette question s'impose dans l'ensemble de la recherche sur l'évolution holocène des systèmes fluviaux (Hoffmann *et al.*, 2010 ; Notebaert *et al.*, 2010 ; Dusar *et al.*, 2011)

3.1. Complexité des réponses géomorphologiques dans les systèmes fluviaux de dimension moyenne (50-800 km^2)

Les études sur le fonctionnement des systèmes fluviaux insérés dans des bassins versants de taille moyenne se sont multipliées ces dernières années (Notebaert *et al.*, 2010 ; Dusar *et al.*, 2011). Pour des raisons pratiques, principalement liées à l'ampleur du travail de terrain nécessaire aux investigations scientifiques, les bassins versants étudiés possèdent le plus souvent une taille comprise entre 50 et 400 km^2 et correspondent à des cours d'eau d'ordre supérieur à 3 (Tabl. 7). Les observations réalisées en Grèce du nord mettent en exergue la complexité des couplages entre les versants et les fonds de vallées puis le long du chenal principal. Elles serviront de base à la discussion qui comparera des résultats obtenus avec ceux d'autres espaces géographiques.

L'étude des bassins versants de taille moyenne souligne d'abord le décalage chronologique entre la mise en valeur agricole et la réponse des systèmes fluviaux (Tab. 7). Une partie de ce décalage s'explique par la complexité du passage entre l'érosion des sols cultivés et la genèse des processus de colluvionnement comme nous l'avons vu plus haut. Mais une autre partie résulte de la complexité des transferts entre les petits bassins versants et les systèmes fluviaux de taille moyenne (Brunsden et Thornes, 1979 ; Hooke, 2003 ; Brierley *et al.*, 2006 ; Fryirs *et al.*, 2007). À cela s'ajoute le rôle des caractéristiques propres de chaque système fluvial qui affectent à la fois son fonctionnement hydrologique et les transferts sédimentaires qui en résultent.

3.1.1. Les leçons du Nouveau Monde

L'étude des connexions entre ces deux types de systèmes a été particulièrement bien étudiée dans le Nouveau monde à l'occasion des mutations brutales occasionnées par la colonisation européenne et ses formes de mise en valeur agropastotales (Trimble, 1983 et 2009 ; Knox, 1977 et 2006 ; Brierley et Fryirs, 1999 ; Fryirs et Brierley, 1999 et 2001). Dans les grandes plaines lœssiques de l'amont du Mississipi, les conséquences de la colonisation européenne sont spectaculaires. Le développement de la mise en culture au cours du 18e siècle a entrainé une troncature des profils pédologiques d'au moins 10 cm (Trimble, 1983). L'augmentation brutale de la charge sédimentaire entraine une aggradation alluviale rapide dans l'ensemble des petits bassins versants. Celle-ci est rapidement suivie d'une incision des cours d'eau qui ne peuvent plus déborder de leur lit et aboutit à la mise en place d'une nouvelle terrasse alluviale (Trimble, 1983 ; Knox, 2006). La puissance spécifique des écoulements confinés dans un chenal trop étroit augmente fortement et favorise l'incision, surtout latérale. Le recul des berges est alors responsable d'un élargissement important des chenaux et de la bande de méandrage qui caractérise ces fonds de vallées (Trimble, 1983 ; Knox, 2006). Dans les basses vallées, la production sédimentaire des petits bassins versants et surtout les produits de l'incision entrainent une accumulation sédimentaire importante dont le maximum est atteint entre 70 et 100 ans après le début des transformations agricoles (Trimble, 1983 ; Knox, 2006). Depuis les années 1950, les politiques de conservation des sols ont permis de diminuer notablement la production sédimentaire à l'amont, mais l'incision et l'érosion latérale qui continuent de se propager vers l'aval favorisent les transferts sédimentaires vers le Mississipi à des niveaux supérieurs encore à ce qu'ils étaient avant les transformations agricoles (Trimble, 1983 et 2009). Plus d'un siècle et demi après, les effets de la mise en valeur se font donc encore sentir sur le fonctionnement contemporain des systèmes fluviaux.

Des observations du même ordre ont pu être réalisées dans le sud-ouest de l'Australie (bassin versant de la Béga). La mise en valeur agricole résultant de la colonisation se développe après 1865. Elle correspond d'abord au développement d'espaces labourés (pomme de terre, avoine, sorgho) sur les versants alors que les fonds de vallées sont drainés et que la ripisylve est arrachée. Vers 1890, elle cède la place au développement des prairies du fait du développement de l'économie laitière. Entre 1865 et 1900, cette mise en valeur initiale a d'abord favorisé le colmatage des petits vallons et des vallées élémentaires d'amont situés au plus près des espaces mis en culture (Fryirs et Brierley, 1999). À partir de 1900, les bassins versants de taille supérieure à 100 km^2, comme la Woluma, voient transiter une partie de leurs sédiments issus de l'érosion des sols cultivés. Cependant l'essentiel des produits de l'érosion reste stocké sur les versants ou dans de petits bassins versants qui sont mal connectés au cours d'eau principal (27 sur 70 ; Brierley et Fryirs, 1999). La charge alluviale très importante exportée pendant cette période résulte de l'érosion des berges et de l'élargissement des chenaux qui s'incisent dans leur plaine d'inondation progressivement transformée en terrasse alluviale (Fryirs et Brierley, 1999). Ainsi ce sont essentiellement les stocks alluviaux hérités de l'Holocène qui contribuent au bilan sédimentaire. La réalisation des connexions hydrologiques d'amont en aval, la mise en valeur des fonds de vallée et le défrichement de la ripysilve apparaissent comme des facteurs fondamentaux pour expliquer le transfert de la perturbation vers l'aval. À l'échelle de ces bassins de taille moyenne, le décalage entre les transformations agricoles et la métamorphose des fonds de vallées est de 30 à 70 ans. Ces transformations ont eu des répercussions dans les bassins versants d'ordre supérieur comme celui de la Béga. Dans la plaine alluviale de ce fleuve, le

transfert des sédiments a entrainé une aggradation alluviale généralisée. Elle s'est amorcée environ 100 ans après les transformations agricoles mais continue d'avoir des effets durables (Fryirs et Brierley, 1999). Même si la sédimentation a diminué depuis une cinquantaine d'années, la tendance demeure la même aujourd'hui et l'aggradation sédimentaire se poursuit alors que la part des sédiments déplacés à l'extérieur de bassin versant depuis les transformations du 19e s. demeure négligeable (16%).

Dans les deux cas, la réponse des systèmes fluviaux à une intervention humaine rapide et massive sur les bassins versants fut spectaculaire. Dans les deux cas également, on connaît peu de chose sur les mouvements internes aux versants et il n'est pas possible de déterminer le taux de résidence sur les versants des particules arrachées par l'érosion des sols. Ensuite la connectivité entre les versants et les fonds de vallées détermine la résidence des sédiments dans les systèmes fluviaux. En Australie, elle est mauvaise car seule une minorité d'affluents (38%) est suffisamment proche du cours d'eau principal et parvient à s'inciser pour rattraper le niveau de base local et entretenir une connectivité sédimentaire avec l'aval (Brierley et Fryirs, 1999). Cela ne semble pas le cas dans les Grandes Plaines où l'incision est efficace dès les petits bassins d'amont. Le lien entre les petits cours de l'amont et les cours d'eau principaux obéit à la même logique dans les deux espaces puisque c'est à chaque fois l'incision qui détermine l'efficacité des connexions vers l'aval. Le rôle de la mise en valeur des fonds de vallées et de l'arrachement de la forêt alluviale encore dense apparaît crucial en Australie alors qu'il joue un rôle moindre dans le Wisconsin dans des fonds de vallées qui étaient déjà en partie couverts de prairies. Vers l'aval, l'excès de charge solide se traduit ensuite par une métamorphose. Elle correspond globalement à un élargissement de cours d'eau méandriformes qui s'incisent dans des fonds de vallées atterris (Midwest) ou palustres (Sud-ouest australien) qui sont progressivement transformés en terrasse alluviale. Cette évolution se développe en partie aux dépends de sédiments déposés lors du début de la crise alluviale qui favorise des aggradations sédimentaires rapides mais également, et en plus grande part, aux dépens d'alluvionnements mis en place au cours de l'Holocène. Plus que des sédiments issus de l'érosion des sols mis en culture, ce sont principalement des héritages sédimentaires qui sont dilapidés. À l'aval des rivières médianes dans le Wisconsin et le long de la rivière Béga en Australie, la propagation de l'incision entraîne peu à peu la déconnexion des chenaux de leur ancienne plaine alluviale. Ce mouvement n'est pas encore amorcé dans la basse plaine de la Béga et le long du Mississipi. Ainsi le temps de la transmission de la perturbation est supérieur à 150 ans dans ces bassins versants médians même si la pointe de la vague sédimentaire issue de l'érosion se propage plus rapidement en quelques dizaines d'années (Fig. 107). Dans tous les cas, les épisodes de crues exceptionnelles jouent un rôle d'accélérateur des transferts mais ne modifient jamais la tendance d'ensemble. Enfin, la configuration locale des bassins versants joue un rôle important comme le montre par exemple l'importance de la localisation des confluences mise en évidence en Australie.

Pays	Bassin versant	Taille	Début des activités agro-pastorales	Initiation des colluvions	Crise alluviale	Décalage chronologique : activités agropastorales (colluvionnement)	Plaine alluviale (aggradation)* (avant	/ après)	Taux de résidence (%alluvions)	Références
Australie (SW)	**Woluma**	131 km²	1865	1865	1900-1944	30-70 ans	accumulation	érosion	30% (alluvions seules)	*Fryirs et Brierley, 1999*
	Bega	1840 km²	1788	1788	1900-1960	100 ans	accumulation lente	accumulation rapide 18x10⁶ m³	84% (alluvions seules)	*Fryirs et Brierley, 2001*
États-Unis (Wis)	**Coon Creek**	360 km²	1850	1850	1920-1940	70-90 ans	<0,3 10³Mg/km²/an	1,2 10³/km²/an *(x4)*	85-90% (alluvions seules)	*Trimble, 1983, 2009*
	Platte River	360 km²	1850	1850	1920-1950	70-100 ans	0,2 mm/an	2 à 20 mm/an (*x10-100*)		*Knox, 2006*
Belgique	**Nethen**	55 km²	2 900 BC	1 100-800 BC 1 000 AD	1000 AD	3 900 BC (600-300 ans ; 2 000 ans	8 t/ km²/an	*500 BC -1000 AD* 24 t/km²/an (*x4*) *> 1 000 AD* 126 t/km²/an (*x15*)	61% (23%)	*Verstraeten et al.,2009*
	Djile	758 km²	5 800 BC	4 160-600 BC 1 000 AD	1 000 AD	6 800 ans (1 400 ans)	8,6 t/ km²/an	*2 000 BC -1000 AD* 23,7 t/km²/an (*x4*) *> 1 000 AD* 280 t/km²/an (*x12*)	78% (18%)	*Notebaert et al., 2011*
Pays Bas	**Geul**	380 km²	50 BC	53-415 BC 1 000-1 500 AD	1000 AD	1 000 ans	7,8 t/km²/an	90 t//km²/an (x11)	80% (12,7%)	*De Moor et Verstraeten, 2008*
Allemagne	**Ausfess**	97 km²	2 580-2 250 BC	3 100 BC > 1 500 AD	1000 AD	3 000-2 000 ans	0,5 mm/an	> 2 mm/an	67% (9%)	*Fuchs et al., 2010*
	Lieser	402 km²	400 BC	1000 AD	> 1 320 AD	1 400 ans (300 ans)	2,6 t/km²/an	*1000-1320 AD* 37 t/km²/an (x14) *> 1 320 AD* 73/tkm²/an (*x28*)	67% (9%)	*Stolz et al., 2011*
France	**Négron**	162 km²	3 500 BC	O AD ? 1 000 AD	1000 AD	4 500 ans (1 000 ans ?)	<7 t/km²/an	22,2 t/km²/an (x3)	88% (37%)	*Macaire et al., 2002*
	Seulles	430 km²	4 700-4 200 BC	2 000 BC	800 BC-500 AD	4 000-3 500 ans (2 500-1 400-ans)	5 t/km²/an	61/tkm²/an (*x12*)	?	*Viel et al., in prep.*
	Beuvronne	210 km²	3 500 BC	2 500 BC	500 BC	3 000 ans (2 000 ans)	?	*> 1800 BC* 42 t/km²/an *> 1 320 AD* 61/tkm²/an	?	*Orth, 2003*
Grèce	**Xéroptamos**	150 km²	5 300 BC	2 500 BC 500 BC	1 800-1 200 BC 250-700 AD 1 500-1 900 AD	3 500 ans (700-1 300 ans) (750-1 200 ans)	0,3 mm/an	2 mm/an (*x7*) 4 mm/an (x13)	?	*Lespez et al., 2003, 2007*
	Angitis	250 km²	5 300 BC	2 500 BC 500 BC	500 BC-400 AD 1 500-1 900 AD	3 500 ans (2 000 ans)	0,2-1,5 mm/an	1,5-2,4 mm/an (*x1,6-7,5*) 1,5-7 mm/an (*x5-7*)	?	*Lespez et al., 2003, 2007, in prep.*

*Le calcul des taux d'aggradation spécifique repose sur les données du stockage alluviale estimé en masse et rapporté à la superficie totale du bassin versant concerné. La période considérée est fournit par les auteurs sauf parfois pour les périodes du début de l'Holocène dans ce cas la limite à été fixé à 11 600 ans cal. BP. Ainsi le calcul pour la Djile prend en compte : 46 10^6 t pour une période de référence de 7 000 ans soit 8,6 t/ km²/an

Tab. 7 : L'anthropisation des bassins versants et ses conséquences géomorphologiques par quelques études récentes

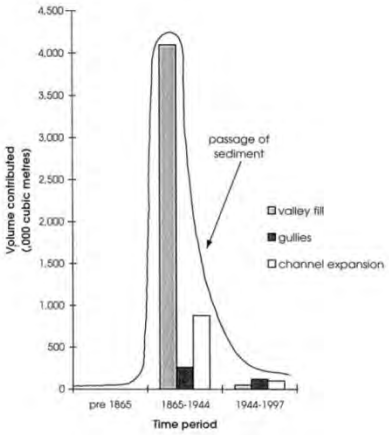


Fig. 7. Temporal changes in alluvial sediment transfer in Wolumla catchment. Note the passage of the sediment slug between 1865 and 1944.

Fig. 107 - Changements temporels du transfert sédimentaire alluvial dans le bassin de Wolumia (Fryirs et Bierley, 1999)

3.1.2. Les hystérésis dans les transferts longitudinaux : l'exemple grec

Les travaux conduits en Grèce du Nord dans les bassins versants du Xéropotamos et de l'Angitis permettent de mettre en évidence le rôle des connectivités dans les transferts amont-aval des charges sédimentaires. Pendant trois millénaires et demi, le développement des activités agropastorales n'affecte pas profondément les processus de versant. Le décalage entre les principales périodes de colluvionnement et l'enregistrement d'un excès de charge alluviale par les systèmes fluviaux est plus court mais l'hystérésis atteint encore de 700 à 2000 ans. Dans le monde méditerranéen en général, les synthèses réalisées sur des cours d'eau médians ou de plus grande dimension confirment l'hystérésis entre le développement des activités agropastorales et leur impact sur les systèmes fluviaux. Le décalage atteint toujours plusieurs millénaires (Van Andel *et al.*, 1990 ; Grove et Rackham, 2001). Les études précises menées sur le Jabron et le Roubion montrent un développement du détritisme alluvial au cours du Néolithique final (Berger, 2003). Il intervient plus de deux millénaires après les premières mises en valeur agricoles des bassins versants. Il est contemporain du développement des processus colluviaux, résultat d'une intensification des pratiques agropastorales. À Chypre, l'intervention des sociétés dans les bassins versants survient très tôt presque dès le début de l'Holocène mais il faut attendre les quatre derniers millénaires pour que leur impact se fasse sentir sur les systèmes fluviaux (Devillers, 2008).

En Grèce du Nord, le continuum fluvial ne devient localement efficace qu'à partir de l'âge du Bronze dans le bassin versant du Xéropotamos et de l'Antiquité dans la vallée de l'Angitis. Il semble qu'une fois ces connexions établies, l'expansion des systèmes agro-pastoraux, à mettre principalement au compte des sociétés de l'Antiquité grecque, puis romaine soit responsable de l'harmonisation des rythmes sédimentaires dans les systèmes fluviaux de Macédoine orientale (Lespez, 2003 et 2007), la réduction de la résilience du milieu devient alors un fait majeur. Les petits bassins versants thasiens et continentaux deviennent d'abord réactifs aux conséquences directes ou indirectes des incendies et des aléas hydroclimatiques comme le montre la multiplication des dépôts de crues. Même si tous les bassins versants élémentaires ne contribuent pas de la même manière ni au même moment à la cascade sédimentaire, la croissance du nombre de contributeurs augmente les volumes sédimentaires transitant dans les organismes collecteurs de plus grande dimension. À Thasos, il semble que l'arrivée des Pariens et

l'affirmation du contrôle territorial par la cité classique (Bonias *et al.*, 1990 ; Sintès et Brunet, 2003) aient joué un rôle primordial dans la généralisation de l'alluvionnement au milieu du premier millénaire avant notre ère et dans l'uniformisation des rythmes sédimentaires enregistrée par les système fluviaux d'ordre médian, comme celui du torrent de Kastro. Il est probable que le bon fonctionnement du continuum fluvial ait été favorisé par une période plus humide enregistrée ponctuellement en Grèce centrale et dans le nord de l'Egée (Digerfeldt *et al.*, 2007 ; Geraga *et al.*, 2010) et qui correspond à la manifestation de l'oscillation climatique contemporaine centrée sur le début du premier millénaire avant J.-C. (Van Geel., 1996 ; Mayewski *et al.*, 2004) .

Le fonctionnement des cours d'eau qui parcourent la plaine de Drama ne montre pas la même harmonie. La disparité des rythmes de l'alluvionnement de l'Angitis et du Xéropotamos, pourtant situé dans le même contexte géographique et de dimension semblable, souligne la complexité du fonctionnement des systèmes fluviaux de dimension moyenne. Le premier est un cours d'eau pérenne, alimenté par une exsurgence (5 m^3/s) issue des marbres du Phalakro et s'écoule dans le fond d'une vallée bien calibrée et caractérisée par un niveau de remblaiement principal dans lequel la rivière a incisé son lit. En revanche, le Xéropotamos est un cours d'eau temporaire avec des crues dont la fréquence est pluriannuelle. Il a construit un système de terrasses emboîtées à l'amont et, vers l'aval, un cône alluvial qui occupe une grande partie du centre de la plaine de Philippes-Drama. À l'entrée des gorges de Sténa Petras, les eaux du Xéropotamos, de la rivière de Drama et du marais de Philippes viennent alimenter les débits de l'Angitis qui possède alors un module important (environ 30 m^3/s avant les travaux d'aménagement des années 1930). À partir du milieu du premier millénaire avant notre ère, l'augmentation des rythmes de l'aggradation devient manifeste dans la vallée du Xéropotamos comme dans celle de l'Angitis et elle est exacerbée lors de deux périodes d'alluvionnement majeures : de l'Antiquité au début de la période byzantine (5e s. av. J.-C. au 7e s. ap. J.-C.) et lors de la période ottomane (14e-début du 20e s. ap. J.-C). La seconde période d'alluvionnement est enregistrée dans l'ensemble de la Macédoine orientale et dans des bassins versants de tous ordres. Elle correspond, à l'amont, à des dépôts alluviaux grossiers, emboîtés dans les terrasses plus anciennes, et se manifeste, vers l'aval, par une aggradation alluviale (dépôts de chenaux, de limons de débordement) et une mobilité latérale du chenal, comme sur le cône alluvial du Xéropotamos (Fig. 108).

En revanche, la seconde crise alluviale ne montre pas le même schéma. Le long de l'Angitis, la sédimentation est régulière et semble avoir été favorisée par la pérennité de l'écoulement liée au contexte géologique du bassin versant. Au contraire, on observe pour le Xéropotamos, des rythmes plus irréguliers. En effet, la première période d'alluvionnement important n'intervient qu'à la fin de la période impériale et au cours de l'époque paléochrétienne (3e-7e s. ap. J.-C.). Les analyses sédimentologiques montrent que les sédiments proviennent principalement de l'érosion des sols bruns rubéfiés développés sur les formations détritiques pléistocènes du piémont qui ont connu une importante mise en valeur agricole (vignoble et céréaliculture) à partir de l'époque hellénistique (Lespez, 2003, 2008). Il existe ainsi un décalage de plus de cinq siècles entre l'augmentation de l'aggradation alluviale enregistrées dans la vallée de l'Angitis et sur le cône alluvial du Xéropotamos. Les épais dépôts de débordement et la sédimentation grossière interstratifiée suggèrent des crues exceptionnelles dont les débits liquides étaient suffisants pour prendre en charge les volumes sédimentaires stockés sur les basses pentes et dans le fond de vallée. L'hypothèse retenue pour expliquer cette hystérésis est que dans le bassin versant du Xéropotamos, la production

sédimentaire est vraisemblablement calée sur l'histoire de la mise en valeur et s'affirme à partir de l'époque hellénistique (Fig. 108A), mais que le déstockage sédimentaire et l'alluvionnement vers l'aval sont plus tardifs, datant de la fin de l'Empire romain et de l'époque paléochrétienne (Fig. 108B). Cette crise alluviale serait ainsi le résultat d'une longue libération d'un matériel sédimentaire par l'érosion des sols et de l'expression d'un forçage climatique qui contrôle le *tempo* de la sédimentation vers l'aval. La géométrie des corps sédimentaires indique la récurrence des crues importantes et suggère le rôle de la dégradation climatique globale contemporaine. Ces observations confirment les résultats des recherches qui montrent que le poids des crues de faible fréquence mais de forte intensité dans les chroniques hydrologiques favorise les phénomènes d'hysteresis pluricentennale (Fouache et Gaki-Papanastassiou, 1997 ; Calvet, 2006).

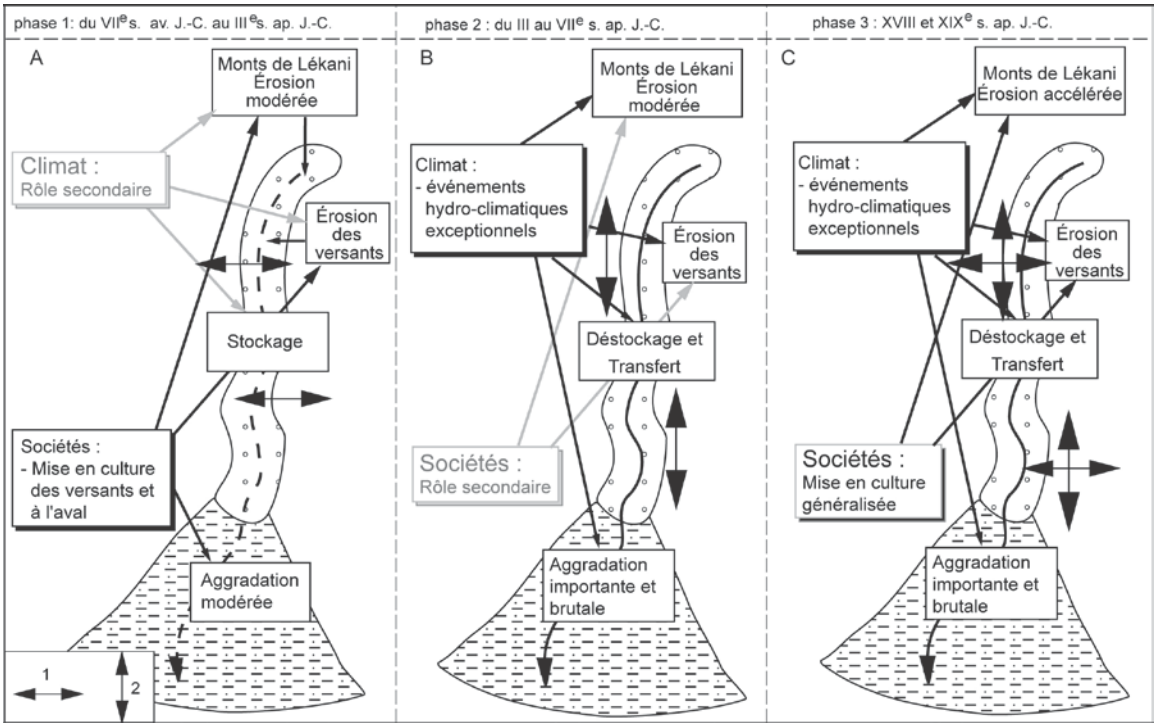


Fig. 108 - Essai de reconstitution du fonctionnement du système fluvial du Xéropotamos 1 : couplage versant-chenal ; 2 : connexion longitudinale.

3.1.3. Les hystérésis dans les transferts longitudinaux : comparaisons européennes

Dans l'ouest de l'Europe, les recherches récentes soulignent également le décalage chronologique entre la mise en valeur agricole des bassins versants de dimension moyenne et ses conséquences pour les systèmes fluviaux. Cette hystérésis dépasse toujours le millénaire et peut atteindre jusqu'à 3 000 à 4 000 ans (Tab. 7). Elle témoigne d'une forte résilience des systèmes fluviaux. Pendant longtemps, leur fonctionnement est principalement commandé par la remontée des nappes dans les grands aquifères qui entraîne le développement d'une sédimentation organique et carbonatée. La faiblesse de la sédimentation témoigne d'une production sédimentaire limitée à l'amont alors que l'atonie du fonctionnement des systèmes indique un fonctionnement efficace des zones de transferts très peu perturbées par les oscillations hydroclimatiques du début de l'Holocène. En revanche, une fois l'intervention humaine suffisante dans les bassins versants, tous les chercheurs soulignent la capacité des systèmes fluviaux à être affectés par les oscillations climatiques qui caractérisent la fin de l'Holocène (Allée *et al.*, 1997 ; Pastre *et al.*, 2002, 2006 ; Lespez *et al.*, 2008 ; Hoffmann *et al.*, 2007 ; Macklin *et al.*,

2010). Ce renversement de tendance intervient par exemple au Néolithique final dans le bassins de Paris (Pastre *et al.*, 2002, 2006) mais seulement à l'âge du Bronze en Basse-Normandie (Lespez *et al.*, 2008). Néanmoins, cette lecture des rythmes du détritisme semble plus facile pour les cours d'eau des bassins versants possédant un amont montagnard (Allée, 2003 ; Jones *et al.*, 2010) alors que l'analyse des rythmes de remplissage est plus difficile à réaliser pour les cours d'eau des plaines et des plateaux du nord-ouest de l'Europe (Brown *et al.*, 1994 ; Brown, 1997 ; Lespez *et al.*, 2008 ; Notebaert et Verstraeten, 2010). Les apports des limons de débordements sont souvent peu épais et les plaines alluviales s'exhaussent progressivement permettant aux sols alluviaux de se développer. Les sédiments sont rapidement brassés par les processus de pédogenèse et le développement de ces sols cumuliques rend souvent impossible la lecture fine des rythmes de l'aggradation alluviale quand bien même les témoignages des archives soulignent la récurrence des crues. La situation est très différente dans les grands systèmes fluviaux.

3.1.4. Le rôle des facteurs de contrôle interne : l'exemple des relations avec les aquifères pour le Yamé (Mali) et la Mue (Normandie)

L'étude du fonctionnement du Yamé met également en évidence la complexité du fonctionnement des systèmes fluviaux de dimension moyenne. Si le bassin-versant dans son ensemble possède une superficie de plus de 4 000 km^2, celle-ci n'est que de 450 km^2 à l'amont du tronçon étudié d'Ounjougou (Lespez *et al.*, 2011). Situé sur la partie la plus élevée du plateau de Bandiagara, il possède pendant longtemps un fonctionnement de type torrentiel initié par le développement de la mousson africaine dans les régions soudano-sahéliennes après les périodes très sèches de la fin du Pléistocène. Cependant, par rapport aux autres systèmes fluviaux sahéliens connus, l'ajustement du système face à ces conditions plus humides semble différent. En effet, les enregistrements paléoclimatiques montrent une augmentation généralisée des précipitations et une réduction de la saison sèche qui entraîne une remontée des niveaux lacustres (Gasse, 2000) et permet de définir l'« *African Humid Period* » (DeMenocal *et al.*, 2000). L'établissement de ces conditions plus humides entraine le développement des formations fluvio-lacustres dans de nombreux systèmes fluviaux d'Afrique tropicale (Servant, 1983 ; Gumnior et Preusser, 2007). Localement dans le Delta Intérieur du Niger, on observe le développement de très nombreux lacs interdunaires qui témoignent de l'ampleur de l'inondation annuelle (Makaske, 1998 ; Makaske *et al.*, 2007). Il faut cependant attendre le milieu de l'Holocène (6 500 av. J-C.) pour que la sédimentation change le long du Yamé et qu'elle traduise enfin l'augmentation de l'humidité climatique et une plus grande régularité des transferts hydrologiques et sédimentaires. Le décalage chronologique de plus de deux millénaires entre l'amélioration climatique et sa traduction dans le système fluvial témoigne sans doute du délai nécessaire à la recharge de l'aquifère du plateau de Bandiagara. À la différence de nombreux autres systèmes fluviaux qui sont alimentés par de vastes aquifères montagnards qui réagissent vite aux changements du climat (Gasse, 2002), le plateau isolé de Bandiagara a connu une mise en charge lente et progressive et le système fluvial n'a intercepté l'aquifère libre que plusieurs millénaires après le début du changement climatique.

Le long de la vallée de la Mue dans la Plaine de Caen, un autre exemple de cette complexité longitudinale peut être trouvé. La rivière, affluent de la Seulles, est principalement alimentée par l'aquifère libre du Bathonien. La mise en charge progressive de l'aquifère sans doute localement favorisé par la remontée du niveau marin a des conséquences plus de deux millénaires après l'amélioration climatique du

début de l'Holocène (Lespez *et al.*, 2008). La sédimentation est d'abord détritique et témoigne d'un système fluvial méandriforme avant que vers 7 500 av. J.-C., les sources très riches en eau carbonatée favorisent le développement d'une sédimentation tufacée. Celle-ci se développe irrégulièrement dans le fond de vallée. Très développée au droit de sources importantes qui drainent préférentiellement l'aquifère, elle entraine la création de vastes édifices tufacés qui barrent le fond de vallée. Ceux-ci fonctionnent ensuite comme de véritables barrages qui vont piéger en arrière une puissante sédimentation organique puis les arrivées détritiques. Ainsi, la mise en charge des aquifères du Bathonien est responsable d'une hétérogénéité longitudinale du fond de vallée qui limite les transferts sédimentaires et favorise les piégeages et le développement local de puissantes archives sédimentaires. En revanche, la Seulles influencée par son amont cristallin, indique un fonctionnement plus efficace des transferts longitudinaux.

Ces exemples soulignent la complexité des contrôles internes sur les transferts sédimentaires y compris pour des systèmes fluviaux de moyenne dimension. Ces contrôles sont liés à l'organisation topographique du bassin versant, au cadre morphostructural et aux héritages morphosédimentaires. Le premier définit la distribution de l'énergie dans le bassin versant, le second son fonctionnement hydrologique alors que le troisième règle souvent à la fois les charges disponibles et le degré de confinement du système fluvial. La prise en compte de ces paramètres est indispensable si l'on veut comprendre le fonctionnement d'un système fluvial comme le montrent de très nombreux exemples (par exemple Brown, 1990). Cette complexité doit rendre très prudent quant à la comparaison des résultats obtenus dans des cadres géographiques très différents y compris dans la même région bioclimatique (Houben *et al.*, 2008).

3.2. La place et le poids des oscillations hydro-climatiques séculaires dans le fonctionnement des systèmes fluviaux

Comme le montrent les recherches effectuées dans les bassins versants de taille moyenne dans le monde méditerranéen ou en Afrique soudano-sahélienne, les oscillations climatiques et les évènements géomorphologiques jouent un rôle important dans le *tempo* de la redistribution des sédiments le long de la cascade sédimentaire. Ce rôle est encore accru le long des grands hydrosystèmes et change la nature des archives sédimentaires et de leur interprétation.

3.2.1. L'enregistrement des oscillations climatiques dans les systèmes fluviaux de moyenne dimension

En Afrique, les rares recherches exhaustives soulignent le lien entre les métamorphoses fluviales et les oscillations climatiques (Makaske *et al.*, 2007 ; Lespez *et al.*, 2011). Les travaux réalisés à l'amont du Yamé montrent que le fonctionnement du système fluvial est à la fois guidé par la mutation de grande ampleur qui distingue le milieu de la fin de l'Holocène mais que les oscillations séculaires impriment également leur marque sur le système fluvial. Elles favorisent l'incision à l'image de ce qui a pu être observé pendant la sécheresse qu'a connu le Sahel au cours des décennies 1960-70-80 (Lespez *et al.*, 2011). Néanmoins, cette réponse n'a pas les mêmes conséquences géomorphologiques à l'amont et à l'aval du bassin versant. À l'amont, l'incision est nette et c'est une des plus spectaculaires de l'Holocène alors qu'à l'aval le Delta intérieur du Niger est marqué par une atonie du systèmes fluvial qui a du mal à s'exprimer face à la recrudescence des phénomènes éoliens Les travaux conduits par A. Garnier dans le

cadre de sa thèse (Garnier *et al.*, in prep.) montre dans les parties médiane et aval de la vallée le développement d'une sédimentation peu épaisse mais grossière qui témoigne d'écoulements actifs. Ainsi, les volumes sédimentaires érodés à l'amont se sédimentent en grande partie dans ces sections du système fluvial. La cascade sédimentaire fonctionne bien à l'échelle du bassin versant mais l'insuffisance des flux hydrologiques ne permet pas l'exportation de la charge en-dehors. Cette observation souligne à la fois l'impact indéniable et primordial des oscillations climatiques sur les systèmes fluviaux soudano-sahéliens et la disparité des réponses sédimentaires selon la position dans le système fluvial.

Dans le monde méditerranéen, la mise en place des nappes alluviales est souvent reliée à des périodes de péjoration climatique. Partout la libération des sédiments sur les versants depuis le Néolithique est accentuée par les pratiques agropastorales mais la réponse pulsée des systèmes fluviaux montre le poids des forçages hydroclimatiques dans la réponse des systèmes fluviaux (Bintliff, 2002 ; Dusar *et al.*, 2011). Les systèmes fluviaux de dimension moyenne du sud de la France montrent une corrélation assez claire entre les principales périodes de décharges détritiques et les oscillations climatiques connues pour l'Holocène dans le nord du bassin méditerranéen (Morhange et Provansal, 1994 ; Magny *et al.*, 2002 ; Berger, 2003 ; Berger *et al.*, 2010). Pour ces chercheurs, elle s'explique principalement parce que les oscillations climatiques concernées, plus humides, ont entrainé une augmentation de la fréquence des précipitions orageuses favorables à la genèse des crues selon le modèle attesté pour le Petit Âge de Glace. Néanmoins, l'examen attentif des chronologies et des réponses sédimentaires montrent en réalité la complexité des situations. Dans le même bassin versant, toutes les oscillations climatiques ne se traduisent pas par une réponse géomorphologique et toutes les crises alluviales ne correspondent pas à la même combinaison de processus. Comme le montrent J.-F. Berger *et al.* (2010) à propos du Vidourle (798 km^2), la réponse morphologique de la récurrence des crues du 14e s. est très différente de celle des 18e et 20e s. sans doute du fait de la charge disponible dans le bassin versant. Plus généralement, la diachronie générale des crises alluviales enregistrées pour les bassins versants de cette dimension aux échelles régionales confirme la complexité des systèmes fluviaux et la disparité de leurs fonctionnements au cours de l'Holocène (Wagstaff, 1981 ; Van Andel *et al.*, 1990 ; Bintliff, 2002). En fait, malgré (ou à cause) de son imprécision le modèle conceptuel de crise anthropo-climatique ou climato-anthropique (Jorda et Provansal., 1996 ; Neboit-Guilhot et Lespez, 2006) apparaît toujours valide faute d'étude détaillée de la relation bassin versant/système fluvial. À la suite de son étude du bassin versant du Gialias (937 km^2), B. Devillers (2008) soulignait la difficulté des comparaisons du fait de l'absence d'étude intégrée des interactions entre les bassins versants et les systèmes fluviaux. Malgré les progrès effectués au cours des dernières années (Lespez, 2007 ; Devillers, 2008 ; Berger *et al.*, 2010), le manque de données précises et globales est toujours d'actualité (Dusar *et al.*, 2011). Il limite la compréhension de l'articulation entre les changements climatiques globaux de mieux en mieux connus et la réponse des systèmes fluviaux.

En Basse-Normandie, les aquifères libres ont vraisemblablement connu une évolution synchrone des hydrosystèmes bien connus d'Europe occidentale. Plus généralement, la remontée des nappes phréatiques est régulièrement enregistrée localement mais seules deux périodes plus humides semblent avoir eu des répercussions sur la dynamique de l'ensemble des plaines littorales et des fonds de vallée bas-normands. Au cours du premier âge du Fer et du début du second (800-400 av. J.-C.), la plupart des vallées étudiées est marquée par une remontée des nappes phréatiques accompagnée de l'essor

de la végétation inféodée aux zones humides alors que les basses vallées sont traversées par des flux hydrologiques plus puissants à l'image de ce qui est observé dans la plupart des vallées d'Europe de l'Ouest (Pastre *et al.*, 2002 ; Arnaud-Fassetta *et al.*, 2010 ; Macklin *et al.*, 2010). Une évolution semblable peut être évoquée pour expliquer les premiers enregistrements détritiques des fonds de vallée de la Plaine de Caen au cours de l'âge du Bronze moyen (vers 1200 av. J.-C.). La recrudescence des apports détritiques en relation avec une forte activité hydrodynamique et une anthropisation longue des bassins versants a également été enregistrée dans les régions voisines (Pastre *et al.*, 2002 ; Macklin *et al.*, 2010). Pour ces deux périodes, on peut penser que la réalisation des connexions hydrologiques au sein des bassins versants concernés a favorisé l'expression des transferts hydrosédimentaires vers l'aval. Ainsi, les conséquences des fluctuations hydroclimatiques sont d'autant mieux exprimées dans les petits systèmes fluviaux bas-normands que les structures paysagères ont été profondément modifiées par les sociétés. En revanche, plus tôt, tant que les connexions demeurent incomplètes, les oscillations climatiques ne semblent pas avoir eu d'effets majeurs sur l'évolution des paysages des rivières et vallées bas-normands. De la même manière, une fois que la métamorphose est réalisée, les fluctuations hydroclimatiques enregistrées par les grands systèmes fluviaux dans les régions voisines (Pastre *et al.*, 2002 ; Arnaud-Fassetta *et al.*, 2010 ; Macklin *et al.*, 2010 ; Secchi *et al.*, 2010) n'ont pas affecté durablement les paysages fluviaux et les cours d'eau de faible énergie qui caractérisent la Basse-Normandie. Même si l'accentuation des flux hydrosédimentaires est vraisemblable pour les oscillations hydroclimatiques du Haut Moyen-âge ou du Petit âge glaciaire, l'atterrissement des fonds de vallée et la maîtrise hydraulique s'imposent et leur impact est masqué par l'ampleur des transformations d'origine anthropique. Ces résultats indiquent une sensibilité accrue des fonds de vallée aux oscillations climatiques pendant les périodes de transformation des structures paysagères des bassins versants. En revanche, les phases de stabilité des paysages qu'elles soient d'origine naturelle ou anthropique sont marquées par une forte résilience des systèmes fluviaux. Cette observation conduit à penser que ce sont plutôt les transformations des systèmes socio-spatiaux et leur extension qui pèsent sur le fonctionnement des systèmes fluviaux que l'intensification des pratiques agropastorales.

3.2.2. L'impact des oscillations climatiques holocènes sur les grands systèmes fluviaux

Depuis une vingtaine d'années, la question des répercussions de ces changements hydroclimatiques globaux sur les systèmes fluviaux a été largement enquêtée. Au-delà de très nombreuses études ponctuelles qui font intervenir le forçage hydroclimatique pour expliquer la transformation d'un système fluvial à un moment et à un endroit donné. Des études systématiques se sont multipliées afin de mettre en évidence les temps forts du fonctionnement hydrologique à l'échelle de grands bassins versants ou de régions entières. En France, les premières synthèses disponibles portent sur les grands organismes fluviaux et leurs principaux contributaires. Les études conduites sur les différents tronçons du Rhône permettent aujourd'hui d'avoir une bonne connaissance des rythmes de son fonctionnement depuis le Lac Léman jusqu'à son delta (Bravard, 1989 ; Arnaud-Fassetta, 2000 ; Provansal *et al.*, 1999 ; Salvador *et al.*, 2002 ; Berger, 2003 ; Berger *et al.*, 2009 ; Arnaud-Fassetta *et al.*, 2010). La recherche conduite sur la Loire (Carcaud, 2002 ; Carcaud *et al.*, 2002 ; Castanet, 2008) et la Seine (Pastre *et al.*, 2002, 2003, 2006 ; Chaussée *et al.*, 2008 ; Secchi *et al.*, 2010) a également permis de définir les rythmes d'alluvionnement au cours des dix derniers millénaires. La

convergence entre les principaux temps forts de l'activité alluviale et les périodes pluriséculaires de changement climatique rapide est notée. Elle est en général attribuée à une accentuation des flux hydrosédimentaires pendant les périodes plus fraiches et plus humides qui caractérisent alors l'Europe occidentale (Magny, 2004). Ces recherches s'appuient sur la définition de périodes d'activité alluviale par les chercheurs en fonction de l'interprétation des archives sédimentaires étudiées. Seuls J.-F Berger *et al.* (2009) proposent une étude probabiliste des épisodes d'activité alluviale fondée sur les longues séries de datations radiocarbones générées par les recherches géomorphologiques.

Cette approche est de plus en plus pratiquée pour comparer la dynamique des systèmes fluviaux à des échelles nationales dans la volonté d'imposer les archives alluviales comme des indicateurs de l'évolution paléoclimatique (Macklin *et al.*, 2006). Elle repose sur le cumul de dates calibrées obtenues dans différents systèmes fluviaux et dans différentes unités sédimentaires des plaines alluviales. Ce cumul permet de définir une courbe de densité de probabilité (CPF) qui est dans les études les plus récentes normalisée pour limiter les dérives probabilistes liées à la nature des courbes de calibration (Hoffmann *et al.*, 2008 ; Macklin *et al.*, 2010). Depuis son développement, elle a été pratiquée dans une bonne partie de l'Europe occidentale (Hoffmann *et al.*, 2008 ; Berger *et al.*, 2009 ; Macklin *et al.*, 2010 ; Turner *et al.*, 2010) mais également au nord (Thorndycraft et Benito, 2006) et au sud de la Méditerranée occidentale (Zielhofer et Faust, 2008). En revanche, la Méditerranée orientale comme l'Afrique soudano-sahélienne sont restées à l'écart de ces développements de la recherche vraisemblablement parce que le nombre d'unités sédimentaires datées est encore insuffisant et que les bases de données n'ont pas été constituées. Les résultats de ces travaux soulignent la très forte cohérence entre les courbes obtenues et les principales phases de changements climatiques rapides observées à l'échelle globale. Ils renforcent ainsi l'interprétation paléoclimatique du fonctionnement du système fluvial (Thorndycraft et Benito, 2006 ; Hoffmann *et al.*, 2008 ; Zielhofer et Faust, 2008 ; Berger *et al.*, 2009 ; Macklin *et al.*, 2010 ; Turner *et al.*, 2010).

Malgré le soin apporté au choix des datations radiocarbones et à leur interprétation en termes de dynamiques du système fluvial (Lewin et Macklin, 2005 ; Berger *et al.*, 2009), un certain nombre de critiques a été fait à la méthode. Elle relève à la fois de l'analyse statistique puisque certains auteurs soulignent la nécessite de disposer de plus de 500 données pour que le cumul de probabilité soit significatif mais aussi de choisir une méthode pour s'affranchir des biais de la phase de calibration (Chiverell *et al.*, 2011 ; Williams, 2012). On peut ajouter que pour accumuler un nombre de datations suffisantes les chercheurs agrègent des dates qui proviennent de systèmes fluviaux de dimensions et de contextes géographiques très différents. Cela crée un flou dans le tempo enregistré et masque les effets de transmission de la charge sédimentaire comme cela a pu être observé dans le Nouveau Monde. Enfin, les dates d'activité alluviale peuvent à la fois correspondre à des phases d'aggradation alluviale déterminées par un excès de charge mais également à des dates de déplacement latéral du chenal du fait du fonctionnement « normal » des chenaux ou d'une augmentation des débits liquides par exemple (Hoffmann *et al.*, 2009 ; Notebaert et Verstraeten, 2010 ; Chiverell *et al.* ; 2011). Ainsi, les cumuls de dates sous-estiment les changements de style fluvial en leur accordant la même importance qu'aux changements de la dynamique interne du chenal. La conséquence est que ce sont effectivement les périodes de forte hydraulicité qui sont privilégiées par l'enquête plutôt que celles marquées par un excès de charge. De plus, à l'échelle des grands organismes fluviaux, on observe généralement une diminution de la charge sédimentaire (Vanmaercke *et al.*, 2011). Celle-ci est dissipée depuis les amonts

du fait de la multiplication des pièges sédimentaires au sein du système fluvial alors que les effets des variations de débits liquides jouent un rôle primordial puisqu'une grande partie de la charge provient du fond de vallée voire du chenal. Dès lors, les périodes de recrudescence des crues jouent un rôle primordial du fait de leur capacité à remanier les sédiments du chenal et à attaquer les berges et les stocks alluviaux antérieurs. Pour toutes ces raisons et quels que soient les défauts de la méthode, il est logique que ce type de travail fasse d'abord ressortir les périodes de changements hydroclimatiques. Néanmoins, la situation change quand l'anthropisation pèse sur l'ensemble du système fluvial et que les aménagements se multiplient dans les bassins versants et le long des cours d'eau. Elle rend complexe la connexion entre les versants et les écoulements mais également le long du système fluvial. Ainsi, les cumuls de probabilité ne permettent plus une lecture climatique à partir de 500 ap. J.-C. dans le bassin versant du Rhin (Hoffmann *et al.*, 2008) ou à partir de 1000 ap. J.-C. en Grande-Bretagne (Macklin *et al.*, 2010).

4. Conclusion

La mise en perspective des résultats obtenus sur les différents terrains d'études par la comparaison avec les recherches effectuées ailleurs dans le monde permet de proposer une réflexion sur les temporalités de l'anthropisation des systèmes fluviaux. Elle montre également la limite de nos connaissances contemporaines et la nécessité de développer de nouvelles investigations tant sur le terrain que par l'intermédiaire de la modélisation.

4.1. Les temps des systèmes fluviaux

La réflexion sur la temporalité des interactions Nature/Société dans les systèmes fluviaux a été abordée par de nombreux auteurs. L'accent a plus souvent été mis sur la chronologie de l'aménagement du chenal (voir pour une synthèse Down et Gregory, 2004 ; Fig. 109) que sur l'ensemble des transformations directes et indirectes subies par les cours d'eau (Brown, 1997, 2003 ; Neboit-Guilhot, 2008 ; Dusar *et al.*, 2011).

Chronological phase	Characteristic developments in	Management methods involved
1 Hydraulic civilizations	River flow regulation Irrigation Land reclamation	Dam construction River diversions Ditch building Land drainage
2 Pre-industrial revolution	Flow regulation Drainage schemes Fish weirs Watermills Navigation Timber transport	Land drainage In channel structures River diversions Canal construction Dredging Local channelization
3 Industrial revolution	Industrial mills Cooling water Power generation Irrigation Water supply	Dam construction Canal building River diversions Channelization
4 Late nineteenth to early–mid twentieth century	River flow regulation Conjunctive and multiple use river projects Flood defence	Large dam construction Channelization River diversions Structural revetment River basin planning
5 Second part of twentieth century	River flow regulation Integrated use river projects Flood control Conservation management Re-management of rivers	Large dam construction River basin planning Channelization Structural and bioengineered revetments River diversions Mitigation, enhancement and restoration techniques

Fig. 109 - Chronological phases of river use (Tab. 12.1. Downs et Gregory, 2004)

R. Neboit-Guilhot (2010) propose par exemple une lecture des conséquences de l'anthropisation sur les systèmes qui repose sur l'identification de trois types de processus. La *substitution* de processus se développe lorsque l'anthropisation développe un système morphogénique inédit qui se substitue à l'ancien système et révèle les contraintes biophysiques fortes et jusque-là occultées. La *diffusion* des processus provient principalement d'une dilatation des espaces soumis à l'anthropisation. Enfin, la *mutation* des processus se développe lorsque les nouvelles pratiques agropastorales altèrent un équilibre anthropique ancien et engendre l'apparition d'un nouveau système qui révèle une nouvelle vulnérabilité des sols. C'est le cas par exemple du développement de la grande culture qui révèle une nouvelle sensibilité des sols lœssiques à l'érosion. L'articulation de ces transformations et des conditions climatiques conduit R. Neboit-Guilhot à identifier trois grands types de crises morphogéniques. Elles correspondent à des transformations profondes des bassins versants dont l'unité de mesure est le siècle. Elles se distinguent des pics d'activité liés aux événements hydrologiques exceptionnels qui pour R. Neboit-Ghuilot sont aléatoires alors que la crise s'inscrit dans la durée. Les crises de *transition critique* résultent d'une lente transformation des systèmes morphogéniques (quelques millénaires) alors que les *crises par stimulation* correspondent aux crises anthropoclimatiques qui se développent à partir de l'Antiquité. Elles sont conditionnées par l'anthropisation des bassins versants mais stimulées par le signal climatique. Enfin, les *crises de rupture* résultent d'une transformation complète du système morphogénique par un forçage anthropique direct à l'image de ce qui s'est passé dans les Grandes Plaines américaines suite à leur mise en valeur agricole par les nouveaux colons. Moins que les différents types de crise morphogénique que nous avons directement ou indirectement évoqués plus haut, c'est ici la succession de grandes phases de fonctionnement des bassins versants et leurs conséquences sur les systèmes fluviaux depuis le début de l'Holocène que nous allons examiner comme l'ont fait Dusar *et al.*, 2011 (Fig. 110) pour la Méditerranée orientale. Malgré des divergences chronologiques notables, l'étude comparée du détritisme d'origine anthropique dans les systèmes fluviaux de moyenne dimension (> 1 000 km^2 environ) d'Europe centrale et occidentale, du monde méditerranéen et de l'Afrique soudano-sahélienne met en évidence quatre grandes phases qui seront discutées et confrontées aux modèles existants.

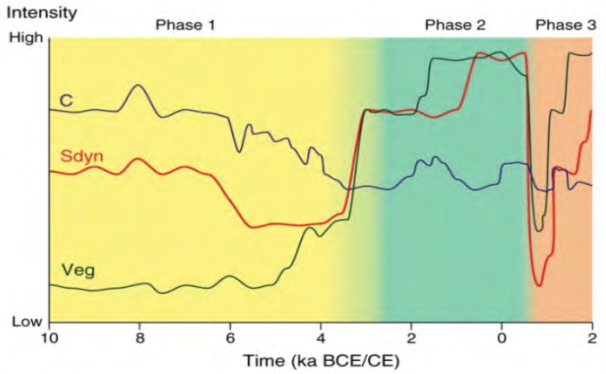


Fig. 10. Hypothetical synthesis of changes in sediment dynamics and driving forces during the Holocene. C: Climate, Sdyn: Sediment Dynamics, Veg: Landscape erodibility due to vegetation factor. Phase 1 (yellow): human impact low to moderate, sediment dynamics not very important, maybe some response to climate. Transition Phase 1–2 (yellow–blue): increasing human impact, timing dependent on location. Phase 2 (blue): strong human impact and likewise strong sediment dynamics response: strong coupling between human impact and sediment dynamics. Phase 3 (orange): moderate to strong human impact, lower sediment response: human impact and sediment dynamics largely decoupled due to soil exhaustion; delayed response (reworking of sediment from Phase 2).

Fig. 110 - Hypothèse de synthèse de changements des dynamiques sédimentaires et des facteurs de contrôle durant l'Holocène (Fig. 10, Dusar et al., 2011)

- ***Le temps de la Nature (9 500-3 000 av. J.-C.)***

Après une forte activité alluviale au cours du Dryas récent, sauf dans les milieux les plus arides, on observe une période de réajustement des systèmes fluviaux qui varie selon les situations géographiques. Elle est plus longue pour les milieux secs aux climats à saisonnalité marquée que pour les systèmes fluviaux des plaines et des bas-plateaux de l'Europe tempérée. Le début de l'Holocène est ensuite marqué par un apaisement des systèmes fluviaux. Il se traduit par une régulation des débits, une diminution de la charge alluviale détritique, une augmentation relative de la charge dissoute et de la sédimentation organique authigène. Les oscillations climatiques et la recrudescence des évènements extrêmes qui y sont souvent associés ne possèdent une expression morphologique que dans les systèmes les plus vulnérables à l'érosion du monde méditerranéen ou de l'Afrique sahélienne ou les grands systèmes fluviaux d'abord façonnés par les flux qui y transitent. Partout, la remontée des nappes phréatique favorise d'abord l'ennoiement des fonds de vallées incisées pendant les périodes précédentes alors que le développement du couvert végétal limite considérablement les connexions hydrologiques. L'intervention des hommes ne se traduit que par des transformations locales de l'environnement. Les processus de substitution qui se mettent en place sont insuffisants pour amorcer la réponse des systèmes fluviaux même de petite dimension.

- ***Transition et préparation (3 500-700 av. J.-C.)***

Le développement des pratiques agropastorales favorise dès le Néolithique la libération des sédiments. Le développement des processus de substitution et leur diffusion entraînent une accélération de l'érosion des sols et marquent l'amorce de la cascade sédimentaire. Cependant, pendant une période variable fonctiondes rythmes et des modalités de la Néolithisation, mais qui dure au moins un millénaire, la discontinuité spatiale et temporelle de cette libération n'a que des conséquences locales sur les systèmes fluviaux. Les effets de l'anthropisation épargnent en général les fleuves les plus importants, la charge sédimentaire excédentaire étant stockée dans les pièges disposés le long du continuum fluvial. Cette dissipation des débits solides explique que, malgré l'amélioration progressive des connectivités au sein des bassins versants, les manifestations du détritisme d'origine anthropique demeurent rares. Il faut des circonstances spécifiques comme la conjonction d'une période d'augmentation des précipitations favorisant l'hydraulicité et une phase de réorganisation et d'expansion des activités agropastorales, comme au Néolithique récent ou au Bronze moyen dans certaines régions, pour que s'amorce une réponse généralisée des systèmes fluviaux à l'échelon régional. Dans ce contexte, les dynamiques des systèmes sont d'abord guidées par les flux liquides qui les traversent, et les mutations observées demeurent temporaires et principalement la réponse aux oscillations climatiques séculaires. R. Neboit-Guilhot (2008) évoque à ce propos une crise de transition mais il semble plutôt que cette période soit l'expression d'une transition non critique. Sur la rive nord de la Méditerranée et en Europe tempérée, aucune métamorphose n'apparaît irréversible car aucun seuil fondamental n'est franchi et la résilience des systèmes fluviaux reste la règle. Il en est différemment dans le monde soudano-sahélien, et peut-être également sur la rive sud de la Méditerranée où l'aridification croissante affecte durablement les systèmes fluviaux et favorise la mutation vers de nouveaux équilibres. Dans tous les cas, cette période, longue de plusieurs millénaires, a constitué la phase préparatoire des métamorphoses de la période suivante.

- ***Métamorphoses et crises (700 av. J.-C.-1850 ap. J-C.)***

Après la phase préparatoire précédente, l'anthropisation des bassins versants s'affirme dans tous les espaces étudiés au cours du premier millénaire avant notre ère. Cette affirmation se traduit par une accélération de la substitution et de la diffusion qui fait franchir un seuil très net dans l'anthropisation et généralise le fonctionnement de la cascade sédimentaire du fait de l'amélioration corrélative des connectivités au sein des bassins versants. L'excès de charge sédimentaire favorise la sédimentation dans les fonds de vallées qui s'exhaussent selon des rythmes 2 à 10 fois plus rapides que lors de la période précédente. Dans les systèmes fluviaux de faible énergie de l'Europe centrale et occidentale, cet excès aboutit à une lente et longue accélération de la sédimentation puis à un atterrissement de fonds de vallées dorénavant mis en valeur par l'agriculture. Le contrôle hydraulique accentue la maîtrise d'écoulements qui perdent peu à peu leur liberté latérale même s'il ne peut contrecarrer les effets des excès de charge sédimentaire. Si cette longue crise est partagée par l'ensemble de l'Europe, de la rive nord de la Méditerranée mais peut-être également de sa rive sud et de l'Afrique soudano-sahélienne, elle possède des temps forts différenciés par les modalités de l'anthropisation et par l'importance relative des oscillations et des événements hydroclimatiques. Dans les systèmes plus énergiques du monde méditerranéen et de l'Afrique soudano-sahélienne, les flux sédimentaires s'accroissent mais restent contrôlés par les évolutions séculaires du climat qui donnent le tempo des systèmes fluviaux. Le modèle de crise ponctuée climato-anthropique ou anthropoclimatique prévaut. L'accent mis par certains sur l'Antiquité comme période de rupture des systèmes, voire de pics pour la crise alluviale (Dusar *et al.*, 2011), doit être discuté. Les exemples étudiés montrent que si cette période connaît une généralisation de l'alluvionnement, elle n'a pas partout la même importance et ne correspond pas nécessairement à la phase de plus forte production sédimentaire et/ou aux pics des transferts le long du système fluvial. En revanche, on observe, sur la rive nord de la Méditerranée, un accroissement de la pression anthropique au cours des époques médiévale et moderne. Tout au long de cette période, l'extension de l'utilisation du sol comme les connexions hydrauliques n'ont vraisemblablement jamais été aussi importantes favorisant la production sédimentaire et l'accrétion dans les plaines alluviales et les plaines littorales.

Dans l'ensemble des espaces, les mutations du système morphogénique n'ont longtemps pas été perçues par les populations. En Europe centrale et occidentale comme dans le Monde Méditerranéen, il faut attendre les temps forts de la fin de l'époque médiévale, de l'époque moderne et contemporaine (14e-19e s. ap. J.-C.) pour que les archives révèlent leurs importances. La métamorphose des systèmes fluviaux a longtemps été silencieuse avant que la multiplication des témoignages permette de la qualifier de crise environnementale dans toutes les dimensions y compris sociale.

- ***Un nouvel équilibre morphologique ?***

Les systèmes fluviaux de la fin du 19e s. sont des systèmes fluviaux de substitution. Ils ont connu une métamorphose lente qui les a transformés de manière irréversible en les éloignant de leur équilibre initial qui prévalait encore pendant la période de transition. Il s'agit donc de systèmes de substitution dont ont hérité les sociétés contemporaines. La révolution agricole et le développement d'une agriculture productiviste ont favorisé une mutation des processus érosifs. Parallèlement, la révolution industrielle et la croissance urbaine ont accru l'aménagement et le corsetage des cours d'eau principaux en même temps que la régulation de leurs débits via la construction de digues, de barrages et la multiplication des prélèvements d'eau. Dans le monde méditerranéen comme en Europe

centrale et occidental, les cours d'eau sont le plus souvent chenalisés artificiellement et correspondent à des systèmes pour lesquels la liberté latérale est devenue minimale. Les débordements sont contraints et, sauf lorsque les aménagements cèdent, la plaine alluviale apparaît peu ou pas alimentée. Parallèlement, la déprise agricole dans certains espaces amont et sur les versants en pente raide, le couchage en herbe des fonds de vallées, puis la multiplication des mesures antiérosives ont engendré une baisse généralisée de l'alimentation sédimentaire. Cela favorise la croissance relative des déstockages via l'érosion des berges et l'incision ou à travers les prélèvements anthropiques. Ce nouvel équilibre est souvent précaire comme en témoignent les conséquences souvent catastrophiques des crues débordantes et des défluviations. Aujourd'hui, les conséquences de ces événements de faible fréquence mais de forte magnitude favorisent la remise en cause de certains aménagements comme les digues et la réhabilitation de la notion de plaine d'inondation. D'un autre côté, l'érosion de la biodiversité et la promotion de la continuité écologique favorisent le démantèlement des ouvrages en travers. On cherche ainsi à promouvoir un nouvel équilibre durable en oubliant parfois qu'il se situe dans une perspective temporelle courte, celle de cours d'eau de substitution profondément aménagés. Dans ce contexte d'ensemble, la rive sud de la Méditerranée et l'Afrique Soudano-sahélienne ont connu une évolution spécifique. La colonisation a entrainé une transformation des systèmes agraires responsable d'une nouvelle substitution ou mutation des processus morphogéniques. L'alimentation sédimentaire ne s'est pas tarie alors que les prélèvements en eau et en matériaux sont restés au centre de la gestion des cours d'eau. Cette situation rappelle celle du début du 20e s. en Europe méditerranéenne. Elle se transforme lentement en Afrique du nord du fait du développement progressif des pratiques antiérosives et de la régulation des pratiques de prélèvement dans les chenaux et les plaines d'inondation mais perdure en Afrique tropicale.

Les évolutions constatées dans les espaces tempérés du Nouveau Monde apparaissent identiques dans leurs mécanismes et leur ampleur (Trimble, 1974 ; Knox, 1977 et 2006 ; Brierley et Fryirs, 2005 ; Walter et Merrits, 2008) confirmant l'ubiquité des conséquences sur les systèmes fluviaux de la mise en valeur complète par l'agriculture des bassins versants et de l'équipement hydraulique. En revanche, Outre-Atlantique comme en Australie, la mise en valeur agricole intensive, l'atterrissement et l'équipement hydraulique s'amorcent au 17e s. avec la colonisation européenne. La substitution et la diffusion des processus érosifs sont extrêmement rapides entrainant une crise de rupture telle que la définit R. Neboit-Guilhot (2010). Les phases de préparation et le temps des métamorphoses durent au maximum trois siècles : elles sont comprimées par rapport à celui observé sur le Vieux Continent, et ont dès lors été plus facilement perçues par les populations qui ont pu nommer la crise.

4.2. Projets

L'état des lieux effectué montre l'importance des progrès réalisés au cours des vingt dernières années mais il souligne également l'ampleur de la tâche à accomplir.

4.2.1. Utiliser les budgets sédimentaires sur le temps long

Au cours des dernières années, les travaux sur les rythmes de l'alluvionnement se sont multipliés. En Europe centrale et occidentale, ils se sont de plus en plus appuyés sur la définition de bilans sédimentaires diachroniques (Verstraeten *et al.*, 2009 ; Hofmann *et*

al., 2010 ; Notebaert et Verstraeten, 2011 ; Notebaert *et al.*, 2011). Néanmoins, la recension des travaux effectués révèle le petit nombre d'études effectuées à ce jour sur le temps long de l'Holocène. Dans le cadre de l'observatoire de la Seulles, nous participons (collaboration à la thèse de Vincent Viel) à la mise en place d'un bilan sédimentaire holocène de la Seulles (Viel, 2007 ; Viel *et al.*, 2011) qui puisse être comparée avec ceux disponibles pour le centre de la France, au Benelux et en Allemagne. Au-delà de cet effort, il semblait important de comprendre les flux contemporains mesurés dans ce bassin versant en identifiant la part des héritages et en mesurant les temps de transfert qui demeurent encore mal connus comme le souligne une recension récente (Parsons, 2012). Néanmoins, ce travail nous a révélé la difficile comparaison avec les résultats publiés du fait d'un manque de normalisation des méthodes de calcul des bilans sédimentaires. La définition des volumes apparaît toujours définie par des méthodes précises, souvent reproductibles, et adaptées au terrain étudié. En revanche, la prise en compte de la densité spécifique pour la définition des masses sédimentaires apparait très hétérogène. Enfin, la définition des chronologies reste souvent lâche car rares sont les études qui proposent une grande densité de datations des sédiments détritiques dans les différents compartiments du système fluvial.

⇒ ***Ces travaux seront principalement poursuivis en Normandie.***

Dans le cadre de la thèse de V. Viel, ils sont pour l'instant soutenus par :
- Le projet « Analyse spatiale et temporelle du ruissellement érosif et des transferts sédimentaires dans les hydrosystèmes normands » du CPER GR²TC (2008-2013) (responsable : D. Delahaye)
- Le volet 3 ressources environnementales (responsables scientifiques : D. Delahaye et Ch. Gascuel) du Programme National PSDR *CLIMASTER Changement climatique, systèmes agricoles, ressources naturelles et développement territorial (*Responsable scientifique : Ph. Merot)

- Nous souhaitons approfondir cette démarche en la précisant pour les périodes les plus récentes dans le cadre du projet **d'ANR *« Système fluviaux de fiable énergie dans l'ouest de la France : analyse intégrée pour une gestion durable »* SYSFEO** (resp. D. Delahaye et J. Corbonnois). Dans ce cadre, un effort particulier sera consacré à la mise en place d'une évolution diachronique précise pour les deux derniers millénaires en s'appuyant sur des datations C^{14} pour la matière organique, OSL pour les sédiments détritiques anciens, et des méthodes isotopiques (C^{137}, Pb^{210}) pour les sédiments détritiques récents.

4.2.2. Les calendriers de l'érosion des sols et des transferts sédimentaires

Les travaux sur les budgets sédimentaires sont importants pour définir les rythmes de l'érosion et des transferts sédimentaires mais l'étude des processus de transfert doit être conduite selon d'autres méthodes. Malgré les connaissances issues des recherches expérimentales (Goldberg et Macphail, 2006) ou des très nombreux travaux sur les modalités contemporaines de l'érosion agricole (Boardman et Poesen, 2006), la contribution sur le temps long des transformations des pratiques agropastorales dans l'érosion des sols reste en grande partie hypothétique et peu quantifiée par les archives sédimentaires. De plus, malgré la multiplication des analyses paléobiologiques et les efforts de modélisation spatiale des dynamiques du couvert végétal (Sugita, 1994; Fyfe, 2006 ; Court-Picon *et al.*, 2005 ; Gaillard *et al.*, 2008 ; Mazier *et al.*, 2006), l'évolution des surfaces agricoles et de leur disposition dans l'espace reste mal connue du Néolithique à l'époque médiévale. Il est donc difficile d'estimer l'augmentation du

nombre d'espaces susceptibles d'être affectés par l'érosion des sols cultivés et d'envisager avec précision l'histoire des connectivités. Malgré les importants progrès réalisés ces dernières années, les questions du rôle de l'intensité des pratiques agropastorales et de la susceptibilité des territoires à l'érosion des sols restent encore en grande partie posées et devrait stimulées de nouvelles investigations. La réponse à ces questions passe vraisemblablement par la multiplication des études micromorphologiques à mener en relation avec des recherches archéologiques sur les plateaux et sur les versants. Celles-ci permettraient de mieux cerner l'évolution de l'extension des sols cultivés et l'intensité des pratiques culturales. Parallèlement, le développement de recherches à haute résolution chronologique sur les archives colluviales devrait permettre de progresser dans la connaissance de l'intensité et la fréquence des processus à l'œuvre.

⇒ ***Ces travaux ont été entamés en Normandie dans le cadre du PCR « Archéologie du paysage de la Plaine de Caen du Néolithique à l'époque mérovingienne (2009-2012) » (dir. L. Lespez et C. Germain-Vallée).***

- Ces travaux seront d'abord poursuivis et approfondis en Normandie dans le cadre du PCR amené à durer jusqu'en 2014 au moins. Un effort spécifique sera accordé à l'âge du Fer et à l'Antiquité qui apparaissent comme des époques clefs pour lesquelles les connaissances demeurent encore générales.

- Nous souhaitons également développer ces questionnements dans la plaine de Philippes, en particulier autour du tell de Dikili Tash, en nous appuyant sur le programme de ***fouilles programmées de Dikili Tash*** *(dir. P. Darcque et D. Malamidou)* et le programme **ARCHEOMED** (2011-2013, resp. L. Carozza et L. Lespez) dans le cadre de Paleomex-MISTRALS.

4.2.3. Le poids des événements extrêmes

Comme le souligne de nombreux auteurs, il apparaît aujourd'hui nécessaire de développer des études précises de la chronologie des événements sédimentaires et des différents processus de transfert au sein des systèmes fluviaux (Salvador, 2005 ; Arnaud-Fassetta, 2007). En effet, les événements extrêmes et la position des crues morphogènes dans la trajectoire des formes alluviales et des événements hydrologiques (Brown *et al.* 2001) pèsent d'un poids très important sur les dynamiques fluviales. Cependant, si les modifications climatiques et leur impact sont de mieux en mieux connues de l'échelle séculaire à celle de l'année, la chronologie des événements météorologiques de forte intensité reste à construire. On ne sait toujours pas, même pour les périodes récentes, si la récurrence des épisodes d'érosion des sols résulte d'événements météorologiques d'échelle régionale (ligne de fronts) qui touchent toute la région étudiée, par exemple le nord de l'Allemagne (Dreibrodt *et al.*, 2010) ou le sud de l'Angleterre (Allen, 1992 ; Foster *et al.*, 2000) ou la moyenne vallée du Rhône (Berger, 2003), ou si elle provient de la succession régulière d'évènements locaux exceptionnels dans l'espace étudié qui va jusqu'à provoquer une réponse généralisé des pentes. Cette étude de l'hétérochronie et du synchronisme des événements climatiques renvoie à des phénomènes météorologiques très différents dont on sait qu'ils coexistent aujourd'hui (Douvinet, 2008) mais dont il serait intéressant de comprendre la variation pour estimer le rôle que joue l'utilisation des sols dans leur expression. Comme le soulignent Chiverell *et al.*, (2011), ce travail sur les chronologies alluviales passe

d'abord par la constitution de bases de données régionales parfaitement comprises et décrivant l'ensemble des compartiments du système fluvial comme cela est encore trop rarement réalisé (Berger *et al.*, 2009). Plus généralement, cette question demande de combiner les recherches sur l'aggradation alluviale qui s'attachent principalement à déterminer les périodes marquées par un excès de charge sédimentaire (Notebaert et Verstraten, 2010 ; Dusar *et al.*, 2011) et celles sur l'activité alluviale qui s'intéressent d'abord au fonctionnement du chenal qu'elles tentent de décrire. Les progrès réalisés récemment dans l'étude des archives lacustres des lacs montagnards et des formations littorales montrent les capacités nouvelles des études à haute résolution pour améliorer la connaissance de la fréquence et de la magnitude des événements météorologiques et de leurs conséquences géomorphologiques sur le temps long (Giguet-Covex *et al.*, 2012 ; Sabatier *et al.*, 2012).

⇒ ***Pour contribuer à répondre à cette question, nous envisageons de développer l'analyse à haute résolution des systèmes fluvio-palustres. Ces travaux sont envisagés d'abord en Grèce et en Afrique soudano-sahélienne du fait de la capacité des archives sédimentaires à enregistrer les évènements de haute magnitude et de faible fréquence au sein de séquences dominées par les transformations séculaires des rythmes de la sédimentation.***

- Nous nous appuierons sur le programme **ARCHEOMED** (2011-2013, resp. L. Carozza et L. Lespez) dans le cadre de Paleomex-MISTRALS en Grèce du Nord et sur le programme « Peuplement et Paléoenvironnements en Afrique de l'ouest » (dir. E. Huysecom) pour lequel une nouvelle mission de terrain est prévue en février 2012 le long de la Falémé, affluent de Rive droite du Sénégal.

4.2.4. La modélisation des flux sédimentaires sur la longue durée

La modélisation des systèmes morphogéniques intervenant dans le fonctionnement des systèmes fluviaux a longtemps été limitée à l'érosion des sols (voir par exemple, Jetten et Favis-Mortlock, 2006). Néanmoins, depuis une quinzaine d'années des efforts importants ont été déployés pour modéliser les transferts sédimentaires le long des systèmes fluviaux (Coulthard *et al.*, 1999, 2002 et 2005 ; Van de Wiel *et al.*, 2007 ; Welsh *et al.*, 2009 ; Notebaert *et al.*, 2011). Il s'agit d'améliorer notre connaissance des systèmes anciens en tentant de les simuler.

⇒ ***Ce travail est envisagé pour le bassin versant de la Seulles dans le cadre des travaux du laboratoire Geophen.***

- Il est proposé dans le cadre de la tâche 4 « **Modélisations rétrospective et prospective des systèmes fluviaux »** (resp. D. Delahaye et L. Lespez) du projet **d'ANR *« Système fluviaux de fiable énergie dans l'ouest de la France : analyse intégrée pour une gestion durable »* SYSFEO** (resp. D. Delahaye et J. Corbonnois). La modélisation rétrospective sera établie à partir des connaissances du passé (climat, utilisation du sol) acquises par les analyses paléoenvironnementale et historique. Elle aura pour but d'essayer de simuler les changements des systèmes fluviaux mis en évidence par l'étude des archives sédimentaires et de les relier aux transformations de l'organisation de l'utilisation du sol et du climat qui ont dû les impulser. Les pas de temps choisis pour rendre compte des transformations iront de la dizaine d'années au millénaire. Cette approche s'appuiera sur des modèles d'érosion éprouvés comme Stream ou Ruicells déjà

utilisés pour aborder ce type de problématique (Verstraeten *et al.*, 2009 ; Notebaert *et al.*, 2011) ou d'autres développés spécifiquement pour ces modélisations rétrospectives comme CAESAR (Delahaye *et al.*, 2002 ; Langlois *et al.*, 2002 ; Coulthard *et al.*, 2007 ; Van de Wiel *et al.*, 2007 ; Welsh *et al.*, 2009 ; Delahaye *et al.*, 2010).

« De même le déclin des vieilles certitudes écologiques commence à sembler moins alarmant que libérateur. On ne fuit plus l'inconnu, on l'accepte. […] *On prend aujourd'hui conscience que la réversibilité est une chimère, que rien ne peut être entièrement défait, que la nature et la culture suivent toutes les deux le cours du temps qu'on ne peut remonter. Il est plus sage de se faire à l'irréversibilité que de se plaindre d'une réversibilité impossible. Lorsque nous prenons conscience de leur caractère éphémère les œuvres d'art n'en sortent pas diminuées mais grandies. Sachons savourer les paysages comme des voyages dynamiques dans la vie plutôt que de stériles diorama enchâssés dans l'ambre. »*

D. Lowenthal, 1999

« Que les hommes qui ont contribué à façonner directement ou indirectement ces environnements puissent s'en trouver exclus est scientifiquement absurde et moralement choquant. »

P. Descola, 2010

CHAPITRE 6 : À QUOI SERT LA CONNAISSANCE DU TEMPS LONG POUR GERER LE PRESENT ?

L'approche sur le temps long permet de prendre la mesure de la durée dans la dynamique des paysages et des systèmes fluviaux. Elle permet ainsi de positionner l'époque actuelle dans un continuum de processus et d'actions et d'apprécier l'ampleur des changements contemporains en regard de ceux du passé (Antrop, 2005 ; Dearing *et al.*, 2010). Dans cette partie conclusive nous nous poserons d'abord la question de la nature et de l'ampleur de la transformation actuelle en revenant sur la notion d'Anthropocène et sur les débats qui l'accompagnent. À partir des connaissances acquises sur la nature et l'importance des héritages, nous réfléchirons ensuite à l'articulation entre la Nature et les Sociétés proposée par les politiques publiques contemporaines. Nous aborderons d'abord les systèmes fluviaux avant d'évoquer plus généralement la gestion des paysages et de l'environnement.

1. Anthropocène

Les travaux effectués sur l'anthropisation des paysages et des systèmes fluviaux montrent l'importance des transformations d'origine humaine de la Face de la Terre. Celles-ci offrent l'occasion de revenir sur le débat qui se développe aujourd'hui autour de la notion d'Anthropocène. Cette notion a été popularisée par le lauréat du prix Nobel de Chimie, P. Crutzen, à la suite d'un article publié dans la revue *Nature* en 2002 intitulé « *Geology of Mankind* ». Il développe l'idée, qu'à la fin du 18e s., un seuil irrémédiable est franchi dans la production de gaz à effet de serre (dioxyde de carbone et méthane) comme le montre l'étude des carottes de glace prélevées dans les calottes glaciaires. À la suite de nombreux chercheurs, il met en relation ce phénomène avec une anthropisation croissante qui franchirait un saut scalaire à cette période. S'inspirant des données publiées par J. Mc Neil (2000), il affirme que celui-ci serait le produit de transformations environnementales globales issues d'une croissance démographique sans précédent, d'une production agricole et d'un élevage en plein essor ainsi que d'une consommation

croissante de sources d'énergie fossile et d'une perte de biodiversité très inquiétante (Crutzen, 2002). Il en déduit que les temps ont changé à la fin du 18e s. car alors la Nature a cédé la place à l'Homme en tant que premier acteur du façonnement des milieux terrestres. De ce fait, il propose la création d'une nouvelle période géologique appelée Anthropocène (Crutzen et Stormear, 2000 ; Crutzen, 2002). À la différence de certaines devancières (Anthropozoïc *in* Stoppani, 1878 ; Anthrocene *in* Revkin, 1992 ; Homogenocene *in* Samways, 1999), cette expression connaîtra un succès durable puisqu'elle est adoptée par une grande partie du monde scientifique et médiatique (Lorius et Carpentier, 2011). Cependant, le débat sur les bornes temporelles de cette période et le rôle des sociétés dans la transformation de l'environnement tel que traduit par les courbes physico-chimiques des carottes marines et glaciaires continue à se développer. En réponse à la période définit par P. Crutzen, W. Ruddiman (2003) a développé l'idée que le forçage anthropique des composantes atmosphériques a débuté bien plus tôt que la fin du 18e s. Revenant sur les courbes du méthane (CH^4) et du dioxyde de carbone (CO^2), les comparant avec celles des autres interglaciaires et des stockages effectués dans les différents réservoirs disponibles depuis le début de l'Holocène, il affirme que le forçage a débuté il y a plusieurs millénaires pour le CO^2 et le CH^4 (Ruddiman, 2003 ; Ruddiman *et al.*, 2011). Il s'appuie en particulier sur l'idée que le développement de l'agriculture antérieurement à la Révolution industrielle a largement affecté la production de CO^2 et de CH^4 et qu'elle a été sous-estimée par les modèles ne prenant en compte que l'augmentation de la population (Ruddiman et Elis, 2009) plutôt que l'importance spatiale des défrichements. Ce travail a reçu de nombreux soutiens défendant à leur tour l'hypothèse d'un Anthropocène précoce débutant au cours de l'Holocène moyen. Indépendamment de la difficile discrimination entre les parts anthropique et naturelle des signaux analysés, il apparaît de plus en plus évident qu'une partie de la production supplémentaire de dioxyde de carbone liée au développement de l'agriculture a d'abord été, en partie, stockée dans les pièges de carbone disponibles et que les courbes des carottes glaciaires sous-estiment ainsi la part du forçage anthropique précoce (Ruddimann *et al.*, 2011 ; Boyle *et al.*, 2011). Celui-ci est sans doute notable dès 3 000 av. J.-C. du fait du développement de l'élevage et des cultures céréalières, en particulier du riz (Fuller *et al.*, 2011). Néanmoins, les recherches les plus récentes montrent que les modèles globaux de production de CO^2 et de CH^4 reposent sur une mauvaise connaissance de la croissance de la population et de la surface défrichée par habitants (Boyle *et al.*, 2011). Même si les modèles développés en ce sens se multiplient et se perfectionnent (Kaplan *et al.* 2009), il ne faudrait pas que la complexité des situations locales, encore très mal connues, comme nous l'avons vu plus haut, soit gommée par la facilité à faire tourner les algorithmes et l'envie de raffiner les modèles …

L'hypothèse de W. Ruddiman (2003) a eu le mérite de réintroduire le temps long dans le débat. Elle montre l'importance des processus antérieurs à la Révolution industrielle et permet de montrer aux spécialistes des mutations récentes de l'environnement l'ancienneté des trajectoires. Comme nous l'avons mis en évidence pour les systèmes fluviaux et les paysages, la plupart des réflexions qui se détachent des courbes a toujours souligné l'aspect graduel de la transformation (voir par exemple Roberts, 1998 ; Messerli *et al.*, 2000) et les partisans d'un Anthropcène tardif l'acceptent également (Crutzen et Steffen, 2003). B. Messerli *et al.*, 2000 proposent par exemple la succession de trois phases pour formaliser le passage d'un environnement dominé par la nature à un environnement dominé par l'Homme : (1) les sociétés préhistoriques sont caractérisées par le développement d'adaptations humaines, de migrations et de modifications mineures de l'environnement, (2) les sociétés agraires historiques développent des réponses durables et innovantes tandis que (3) nos sociétés

contemporaines apparaissent plus vulnérables aux variabilités naturelles et sociales. La grille de lecture ainsi que les temporalités proposées sont différentes de celles que nous avons exposées mais elles soulignent également la profondeur temporelle des transformations intervenues et leur progressivité. À l'image de ce qu'analysait F. Braudel (1949), les inflexions sur les courbes sont, comme la bataille de Lépante pour l'Europe, la matérialisation dans l'environnement d'un changement des rapports de force dont les racines sont bien plus profondes.

Pour conclure, la difficulté de fixer des bornes précises est considérable car chaque indicateur possède sa temporalité propre et si leurs évolutions sont souvent congruentes, elles sont rarement totalement convergentes. Il s'agit donc bien de définir une limite conventionnelle. Si le terme d'Anthropocène doit symboliser le passage d'un seuil dans l'histoire de l'anthropisation afin de stimuler notre prise de conscience des risques environnementaux globaux alors ses bornes peuvent être multiples. Elles peuvent correspondre au début de l'inflexion, si l'on souhaite souligner la profondeur des transformations dont nous héritons en grande partie (hypothèse Ruddiman), ou au moment où l'accroissement change de rythme, si l'on veut montrer la responsabilité de nos civilisations industrielles (hypothèse Crutzen). Cependant, s'il s'agit d'assimiler que nous sommes les producteurs et les prédateurs de notre propre environnement, il nous semble alors difficile de ne pas faire commencer l'Anthropocène au moment où l'anthropisation de la surface du globe s'initie, c'est-à-dire au début de l'Holocène. Dans ce sens, l'Holocène est l'Anthropocène.

2. L'apport des connaissances sur le temps long à la gestion des cours d'eau de faible énergie dans l'ouest de la France

L'enquête sur la longue durée révèle la mobilité des paysages fluviaux des rivières de faible énergie de l'ouest de la France. Même si les dynamiques bioclimatiques sont à l'œuvre tout au long de l'Holocène, les résultats obtenus confirment et précisent les recherches menées dans le nord-ouest de l'Europe (Brown, 1997 ; Gregory, 2006) qui affirment la profondeur temporelle des transformations d'origine sociale. La maîtrise hydraulique des cours d'eau accompagnée du drainage des zones humides parachèvent la métamorphose en créant des milieux socio-environnementaux de substitution dont l'équilibre a été entretenu par les sociétés pendant plus d'un millénaire. Nous sommes aujourd'hui face à un double paradoxe. Tout d'abord, la demande croissante de patrimonialisation s'exprime vis-à-vis d'ouvrages hydrauliques qui n'assument plus leur fonction économique première mais qui sont investis de valeurs nouvelles pour l'essentiel non marchandes. Parallèlement, la volonté des défenseurs de l'environnement de démanteler les héritages hydrauliques s'affirme alors que, pour l'essentiel, celui-ci est très fragilisé du fait de la fin des usages énergétiques et de la déprise agricole enregistrée par bon nombre de petites vallées de l'ouest de la France.

2.1. DCE et restauration hydrogémorphologique

La Directive Cadre Européenne sur l'eau (DCE) promulguée au niveau européen en 2000 a pour objectif d'améliorer la qualité de l'eau et des milieux aquatiques. Transposée en France en 2006, elle est complétée par la Loi sur l'Eau et les Milieux Aquatiques (LEMA) de 2006 qui a pour conséquence d'inciter au rétablissement de la continuité écologique des milieux aquatiques. Cet objectif est soutenu et élargi dans le cadre des lois issues du Grenelle de l'Environnement. Cela a stimulé les interventions sur le linéaire des cours d'eau car la perte de qualité biologique est souvent attribuée à

la piètre « *qualité physique des rivières (berges et lit mineur)* » déterminant la qualité des habitats comme dans le bassin parisien (Adam *et al.*, 2007). C'est ainsi qu'un « *programme ambitieux de restauration morphologique des cours d'eau anthropisés* » est proposé pour le retour au bon état écologique des cours d'eau d'ici 2015 entre autres dans le bassin Seine-Normandie (Adam *et al.*, 2007 ; Malavoi et Adam, 2007). En France particulièrement, cela passe par le démantèlement et l'arasement des ouvrages construits en travers des cours d'eau et qui n'ont plus d'usage hydraulique comme les seuils et leur vannage qui alimentent les biefs (Malavoi et Adam, 2007). Ainsi, à l'heure où élus et gestionnaires s'interrogent sur la pertinence de tel ou tel projet de sauvegarde de rivière, d'arasement d'ouvrage hydraulique, l'étude sur le temps long permet de mettre en perspective les enjeux actuels.

2.2. The « Dreams of Natural Streams » (Montgomery, 2008)

Nous allons donc examiner les préconisations des experts telles qu'elles apparaissent aujourd'hui dans les manuels pratiques destinés aux techniciens de rivière afin de déterminer les principes et les modèles de référence utilisés et de les mettre en regard des connaissances que nous avons acquises sur la dynamique sur le temps long des systèmes fluviaux.

2.2.1. La tentation de la Nature …

Les principes de gestion à l'œuvre aujourd'hui sont pour la plupart issus des recherches effectuées par les géomorphologues et les écologues concernant la perte de diversité des cours d'eau. Effectuées d'abord en Amérique du Nord puis en Europe et en Australie, elles soulignent un certain nombre de problèmes récurrents comme la suppression ou l'altération des ripisylves, la chenalisation contrainte des cours d'eau, l'extraction de la charge grossière héritée ou contemporaine (voir par exemple, Brookes, 1988 ; Kondolf 1994 ; Sweeney *et al.*, 2004 ; Downs et Gregory, 2004 ; Brierley et Fryirs, 2005). D'un point de vue écologique, le constat se transforme souvent en un slogan pour stimuler l'intervention : « *Homogenous river, homogenous faunas* » (Moyle and Mount, 2007). Le point noir souligné par la plupart des études écologiques consacrées aux cours d'eau concerne l'impact des barrages sur la qualité des milieux fluviaux (Amoros et Petts, 1993 ; Trush *et al.*, 2000 ; Moyle et Mount, 2000). Stimulées par cet intérêt (Gregory, 2006), les recherches géomorphologiques se sont multipliées pour caractériser les conséquences hydromorphologiques de ces ouvrages (Csiki et Rhoads, 2010). Parallèlement, émerge dans le domaine politique, un puissant mouvement de contestation des barrages. D'abord parti des Etats-Unis et centré sur les grands ouvrages, il s'étend peu à peu à l'ensemble des obstacles en travers des cours d'eau et à l'ensemble du monde développé (Barraud, sous-presse). Ce mouvement s'organise autour d'associations, d'ONG nationales ou internationales dont le mot d'ordre est de « *libérer les rivières* » comme l'illustre le programme Living River du WWF décliné dans plusieurs pays (Barraud, sous-presse ; Germaine et Barraud, accepté). En France, son relais principal fut d'abord l'association SOS-Loire vivante ERN (European River Network) qui mène depuis 1986 un combat pour la « Loire sauvage » et est relayé par la création d'un « *Fonds pour la conservation des rivières sauvages* »[1] dont l'objectif affirmé est de protéger efficacement les « dernières rivières naturelles » (Germaine et Barraud, accepté). Soutenu par le WWF, son comité scientifique comprend des experts des institutions en charge de l'étude ou de la gestion de l'eau (ONEMA, CEMAGREF, etc.) et

[1] http://rivieres-sauvages.fr/

souhaite promouvoir « *une forme d'appropriation populaire de ce capital naturel qu'est la rivière sauvage en s'inspirant des pays industriels possédant une « culture de la nature plus féconde* ». C'est stimulé par ce contexte que se situent aujourd'hui les opérations de restauration hydromorphologique des cours d'eau.

2.2.2. … s'est emparée de certains experts

Aux États-Unis, les constats des experts et le mouvement militant ont déclenché le démantèlement d'ouvrages. Aujourd'hui, plus de 880 ouvrages auraient été supprimés, dont 450 depuis 1999[2]. C'est dans ce mouvement que s'inscrivent les initiatives françaises. Dans le bassin Seine Normandie, le constat fait par les experts mandatés par l'Agence de l'eau (Seine-Normandie) a donné lieu à la production d'un « Manuel de restauration hydromorphologique des cours d'eau » (Adam *et al.*, 2007 ; Malavoi et Adam, 2007). L'examen du contenu met en avant 10 problèmes issus de « l'intervention humaine » sur les cours d'eau et des « dysfonctionnements associés ». La liste qui n'a pas « la prétention d'être exhaustive » évoque les interventions sur le chenal et ses berges (couverture et enterrement du cours d'eau, déplacement du chenal, rectification, recalibrage, seuils et ouvrages transversaux, protection des berges, endiguement, extraction de granulats) et la végétation rivulaire (suppression de la ripysilve). Même si les auteurs présentent leur travail comme un « *ouvrage destiné à alimenter la réflexion et à présenter le champ des possibles* » et non comme un « *livre de recette ou de solutions techniques clés en main* » ou un « *énième manuel sur les méthodes de gestion …* » (Adam *et al.*, 2007), l'essentiel de l'ouvrage s'apparente à un guide méthodologique présentant l'ensemble des savoir-faire et des principes qui doivent présider aux choix des désaménagements. L'inspiration qui guide les auteurs transparaît dans certaines lignes de ce manuel et d'autres ouvrages qui possèdent la même origine. Il s'agit de retrouver le « talweg naturel », d'éliminer les protections de berge existantes afin de « *garantir un espace de liberté au cours d'eau et le retour à un écotone rivulaire naturel* », de retrouver une dynamique fluviale « *la plus libre possible* » (Adam *et al.*, 2007), de « *restaurer un écoulement naturel* » face à la modification des « *faciès naturels* » (Malavoi et Salgues, 2011). Finalement, le principe qui préside à ces opérations est affirmé dans un autre manuel de l'ONEMA : « *il est clairement établi aujourd'hui que le bon fonctionnement écologique des cours d'eau et de leur corridor passe par la préservation des processus géodynamiques naturels et des caractéristiques qui en résultent* » (Malavoi et Bravard, 2010)

Cette expression apparaît aujourd'hui discutable car nous savons que les cours d'eau sont des objets hybrides, des systèmes socio-environnementaux. Ils sont parcourus par des flux qui obéissent en partie à des lois physiques (évapotranspiration/précipitation ; gravité) ou biologiques mais les conditions de leur fonctionnement sont fixées depuis plusieurs millénaires par les sociétés et les aménagements qu'elles ont engendrés du bassin-versant au chenal. Sans rentrer dans des développements approfondis, il faut réaffirmer que l'on ne peut plus aujourd'hui « *concevoir l'extériorité de l'homme et de la nature* » et « *plus encore,* [qu'] *à l'artificialisation de la nature correspond la naturalisation de nos artifices* » (Larrère et Larrère, 1997). Ainsi, on peut reprendre les sages propos de D. Lowenthal (2000) qui affirme d'une certaine manière les limites mêmes de l'idée de « restauration » : « *But some reformers persuade themselves that the environment, like incorruptible relics, should be exempt from time's arrow. Environmentalists idolize a fictive nature unchanged by history, in eternal sacred equilibrium* ».

[2] http://www.americanrivers.org/assets/pdfs/dam-removal-docs/2010-dam-removals.pdf

2.2.3. Quelles conséquences pour les principes et les pratiques de gestion ?

D'un point de vue pratique, les projets de restauration promus par les manuels sont de deux types principaux. La restauration passive peut s'appuyer sur les capacités autorégulatrices du système fluvial alors que la restauration active doit s'appuyer sur des travaux qui généreront en eux-mêmes une nouvelle configuration du système fluvial (Adam *et al.*, 2007). La capacité des cours d'eau à émarger à l'une ou l'autre des restaurations dépend principalement de l'évaluation de trois paramètres : la puissance spécifique, l'érodabilité des berges et les apports solides. Plusieurs types d'action sont ensuite proposés en fonction des enjeux, du type de chenal et du contexte local. Les méthodes ont pour objectif de s'appuyer autant que possible sur la dynamique intrinsèque des systèmes pour limiter les interventions physiques coûteuses comme cela a largement été promu par les projets de restauration écologique des cours d'eau ailleurs dans le monde (Gregory, 2006).

Dans cette méthodologie, les ouvrages en travers sont traités de manière spécifique. Alors que traditionnellement la restauration de la continuité écologique s'appuie sur plusieurs choix techniques possibles (effacement, ouverture partielle, aménagement avec des dispositifs de franchissement, gestion adaptée ou améliorée) comme cela est exprimé dans la plupart des SDAGE, la proposition d'une restauration hydromorphologique des cours d'eau fait pencher les auteurs sans discussion véritable vers une solution radicale : « *Le bilan globalement négatif de l'impact des seuils amène à conclure que dans la plupart des situations, et en l'absence d'intérêt économique*[3] *ou d'intérêt majeur sur le plan du patrimoine ou du paysage, la meilleure solution pour aller dans le sens des objectifs de la DCE consiste à supprimer les seuils (dérasement) ou au moins à en réduire considérablement la hauteur (arasement)* » (Malavoi et Adam, 2007 ; Adam *et al.*, 2007). D'ailleurs, dans l'ouvrage, aucune des autres possibilités n'apparaît comme un choix pour le gestionnaire. Les répercussions de cette prise de position ne se sont pas faites attendre à l'échelon régional comme le montre la multiplication des projets de démantèlement et d'arasement d'ouvrages qui n'ont plus d'usage hydraulique, comme dans la vallée de l'Orne par exemple (Calvados, Orne). Mais l'on s'attaque également aujourd'hui à des barrages producteurs d'électricité comme ceux des vallées de la Vire, de la Sienne et de la Sélune (Manche). Dans ce dernier cas, la décision a été prise le 13 Novembre 2009 par Mme Jouanno, alors secrétaire d'Etat chargée de l'Ecologie, de démanteler deux ouvrages représentant respectivement une hauteur de chute de 15 et 36 m et produisant une ….(voir la production des ouvrages) ; ce qui en fait aujourd'hui un des plus grands projets européens de démantèlement d'ouvrage hydraulique.

Les problèmes techniques que pose le démantèlement de ces ouvrages sont assez bien connus (Gregory, 2006 ; Csiki et Rhoads, 2010 ; Malavoi et Salgues, 2011). La majeure partie des études souligne la diversité des situations, d'une part, parce que les conséquences des ouvrages sont variées y compris dans un même espace géographique (Williams et Wolman, 1984) et, d'autre part, parce que les conséquences de l'arasement sont complexes (Doyle *et al.*, 2005 ; Burroughs *et al.*, 2009 ; Cski et Rhoads, 2010). Certains auteurs soulignent d'ailleurs l'ambigüité du rôle des ouvrages hydrauliques en montrant que le laisser-aller peut être un choix envisageable et que dans certains cas même le maintien des ouvrages est préférable pour éviter l'érosion de la biodiversité (Downward et Skinner, 2005). Plus généralement, les ouvrages ayant aujourd'hui des fonctions multiples, le diagnostic en amont du choix doit être développé. Il doit traiter de l'ensemble des risques géomorphologiques, hydrologiques et biologiques liés à

[3] Les seuls intérêts économiques envisagés par les auteurs sont ceux de la production énergétique

l'arasement/dérasement (Malavoi et Salgues, 2011) mais ne peut se contenter d'envisager la relation avec les sociétés que sous l'angle du « *risque paysager* » ou de « *l'impact sociologique* ». Le problème n'est pas seulement celui de la suppression d'un paysage et de la création d'un nouveau, mais il renvoit également aux effets de la suppression d'activités, marchandes ou non, induites par la nature des lieux dont on sait qu'elles ont des résonances socio-économiques au-delà de la seule production énergétique. Les études de faisabilité doivent donc prendre en charge la totalité du diagnostic et ne peuvent se contenter d'un état des lieux biophysique du système fluvial (Germaine et Barraud, accepté).

2.3. Quel modèle de référence ?

Comme nous l'avons vu, l'idée principale qui sous-tend la restauration hydromorphologique des cours d'eau promue pour les cours de faible énergie du nord et de l'ouest de la France est celle que les systèmes fluviaux de qualité sont ceux qui sont en équilibre et qui ont la capacité à s'autoréguler. Le système idéal est donc stable mais possédant une énergie suffisante pour être vivant. Cette conception et son application dans les choix de gestion contemporain posent plusieurs questions.

2.3.1. Quel est l'équilibre dynamique contemporain ?

La première limite à laquelle est confronté le désaménagement est notre méconnaissance du fonctionnement actuel des systèmes fluviaux de faible énergie. En effet, en France, la plupart des recherches sur ce sujet a concerné les cours d'eau montagnards et de piémont ou les grands fleuves comme en témoignent les exemples développés dans les manuels et les illustrations qui y sont produites (Bravard et Petit, 1997 ; Malavoi et Bravard, 2010). Ce choix correspond à un tropisme classique chez les géomorphologues attirés par des systèmes actifs où le fonctionnement se voit et peut se lire dans les formes et pour lesquels la faible énergie est souvent synonyme de stabilité, de tranquillité, voire d'ennui … La conséquence est que nous connaissons mal aujourd'hui la capacité d'ajustement de ces systèmes dont la puissance spécifique est le plus souvent inférieure à 20 W/m^2 et que les conséquences du désaménagement restent difficile à envisager.

De plus, la restauration est essentiellement envisagée à partir du chenal. Alors que les gestionnaires français promeuvent une approche par bassin, la prise en compte nécessaire du contexte géographique (Csiki et Rhoads, 2010) apparaît souvent insuffisante. La compréhension du fonctionnement du tronçon affecté s'opère par des mesures ponctuelles (puissance spécifique, érodabilité des berges et apports solides) alors qu'il est nécessaire de comprendre l'ensemble du système fluvial et des variables de contrôle à l'œuvre pour déterminer sa place dans la cascade sédimentaire. Ainsi, l'étude du bassin-versant de la Seulles montre deux types de dynamiques hydrologiques à l'œuvre. L'écoulement des petits affluents de la Plaine de Caen résulte d'abord de l'interception des grands aquifères du Bathonien alors que ceux de la Seulles, principalement issus du ruissellement qui s'organise sur les terres schisteuses du massif armoricain, possèdent potentiellement des réactions plus rapides et des étiages plus sévères. Au total, les travaux conduits en Basse-Normandie montrent l'existence de dix « *pays hydrologiques* » (Cador, 2005). Cette diversité géographique intervient également dans la production sédimentaire et en particulier celle des Matières en Suspension (MES). En effet, l'organisation des espaces agricole et urbain du bassin versant et les connectivités qui s'y développent sont non seulement à l'origine des flux qui peuvent

engendrer une bonne ou une mauvaise qualité des eaux mais conditionnent également l'alimentation sédimentaire (Viel *et al.*, 2012).

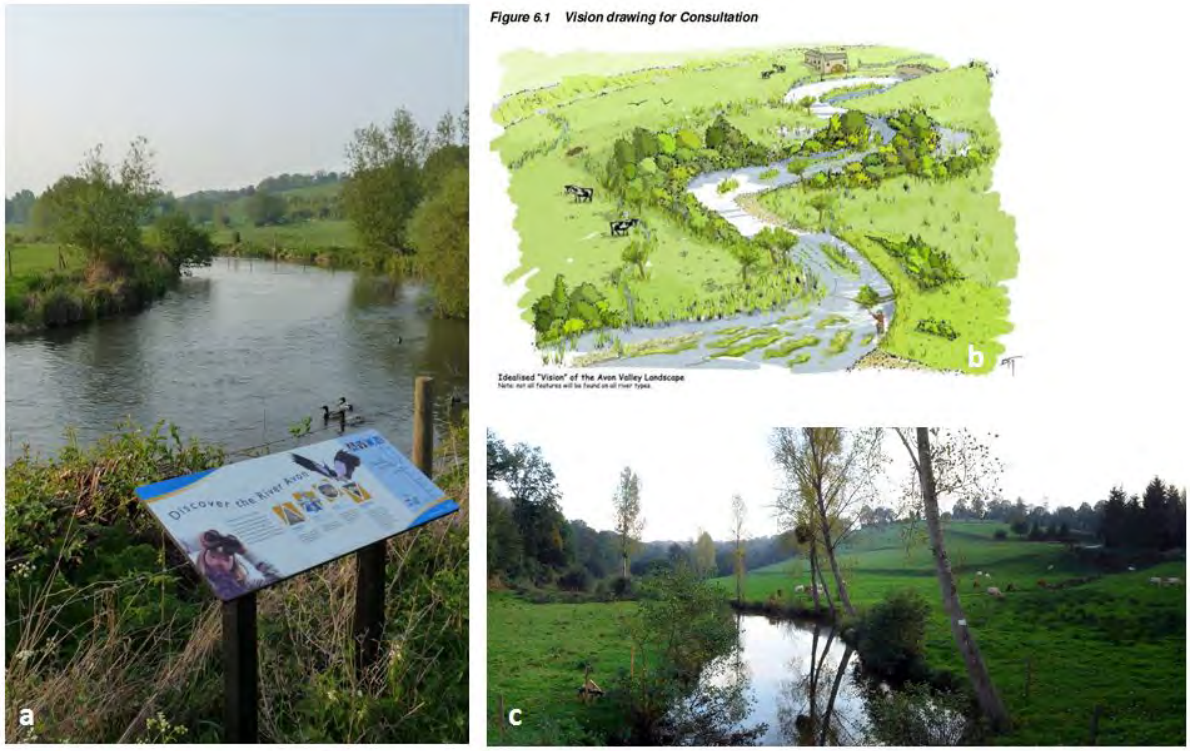
2.3.2. La nécessaire intégration des héritages sédimentaires dans le diagnostic contemporain

Cette mauvaise connaissance des dynamiques contemporaines s'accompagne d'une mauvaise connaissance de la nature et du rôle des héritages dans les fonctionnements actuels. L'étude sur le temps long montre clairement que l'essentiel du matériel alluvial disponible dans les fonds de vallée est hérité du fonctionnement du système fluvial au cours des trois derniers millénaires. Ainsi, la plaine alluviale cohésive dans laquelle s'insèrent les cours d'eau n'est pas naturelle mais est bien le produit différé de l'action des hommes. Le bilan sédimentaire réalisé de mai 2009 à avril 2010 dans le bassin versant de la Seulles montre que les berges fournissent 32% de la charge en suspension alors que les processus d'incision linéaire en tête de bassin versant produisent 53% des MES et que les contributions des versants apparaissent négligeables (15%) (Viel *et al.*, 2012 ; Viel, en cours). Ainsi, une part importante des MES qui circulent dans le bassin versant aujourd'hui provient du déstockage de cet héritage par l'érosion des berges (Viel *et al.*, 2011) alors que son renouvellement apparaît négligeable du fait de la faible occurrence des crues débordantes chargées de limons au moins pour la période étudiée (Viel, en cours). Il n'est donc pas certain que la situation contemporaine soit celle d'un équilibre dynamique et que les ajustements engendrés par les opérations de desaménagement n'aient que des conséquences locales. En la matière, les travaux conduits dans le nord-est des États-Unis montrent, au contraire, que le désaménagement volontaire ou par manque d'entretien des ouvrages hydrauliques est à l'origine d'une grande partie des flux sédimentaires contemporains de MES auparavant stockés en arrière des ouvrages (Walter and Merrits, 2008).

2.3.3. Quel modèle promouvoir ?

Les promoteurs des opérations de désaménagement ont souvent en tête un modèle de référence schématique. Pour les cours d'eau de faible énergie, l'équilibre dynamique correspondrait à des chenaux à méandres libres comportant des bancs et des seuils à sédimentation sablo-graveleuse. Ainsi, à propos des cours d'eau transformés en biefs et déplacés sur les marges de la plaine d'inondation, les promoteurs de la restauration hydromorphologique suggèrent de les réinstaller dans leur talweg naturel et de récréer un tracé un peu plus sinueux si celui-ci est trop rectiligne en mettant en place des bancs d'alluvions alternés et en recréant la ripisylve et des berges naturelles (Adam *et al.*, 2007). Souvent, les représentations qui accompagnent les projets pour en faire la promotion auprès du grand public affichent des cours d'eau longés par une ripisylve étroite dessinant des méandres au sein de prairies humides (Photo 35). En fait, l'histoire sur le temps long montre que cette image renvoie aux cours d'eau profondément aménagés au sein de bassins versants totalement anthropisés qui se mettent en place à partir de l'âge du Bronze. Elle correspond au système à lit stable et berges en accrétion mis en évidence par A. Brown et M. Keough (1992) en Grande Bretagne et que l'on retrouve moyennant quelques nuances dans le bassin versant de la Seulles. Aux Etats-Unis, les travaux de R. Walter et D. Merrits (2008) montrent que ce type de cours d'eau n'a souvent même jamais existé. Comme le souligne D. Montgomery (2008) : « *The classic sinuous form of meandering channels has come to represent a natural ideal in channel restoration design –even for rivers for which such an ideal is historical fiction* ». Ce présupposé correspond au choix d'un archétype parmi les multiples configurations que peuvent prendre les cours d'eau et s'appuie en particulier sur le choix d'un modèle censé

favoriser la circulation des poissons migrateurs (truite de mer, saumon, anguille, …), motif principal, plus ou moins avoué, des projets de restauration hydromorphologique (Adam *et al.*, 2007). Il témoigne du développement d'une esthétique écologique (Fel, 2009) qui promeut des archétypes issus de l'expertise (Photos 35 et 36).



Photos 35 – Des paysages de référence pour les cours d'eau de faible énergie ?
a. Vallée de l'Avon (Hampshire, vers Amesbury) ; b. Paysage idéalisé par les populations de la vallée de l'Avon (Wessex Chalk Streams Project) ; c. Vallée de l'Airou (Manche). (Clichés L. Lespez)

Photos 36 – Exemples d'opérations de restauration de la continuité écologique des cours d'eau. a/b. Dans la vallée du Vicoin : effacement du plan d'eau du Coupeau (Laval, Mayenne) ; c. Vallée de la Ribble : effacement du seuil de Montford (Lancashire, Roy.-Uni) (Clichés L. lespez)

Pourtant, si on remonte dans le temps, en Grande-Bretagne (Brown et Keough, 1992), en Normandie (Lespez, 2011) comme aux Etats-Unis (Walter et Merrits, 2008), les recherches sur le temps long montrent l'importance des métamorphoses fluviales et proposent d'autres modèles. Dans ces régions, avant l'atterrissement, les fonds de vallées étaient dominés par des zones humides très dilatées et arborées au milieu

desquelles circulaient des écoulements multiples et peu actifs. Ce modèle alternatif correspond à des milieux palustres, amphibies dont la capacité à héberger de la biodiversité (amphibiens, insectes, …) et à stocker du carbone semble aujourd'hui évidente même si elle reste rarement prise en compte. Alors que la restauration des zones humides fut souvent au centre des enjeux environnementaux, elle est aujourd'hui passée au second plan pour les cours d'eau face à l'importance que l'on donne aux poissons migrateurs et aux milieux d'eaux vives. Comme tous les éléments de l'écosystème sont aujourd'hui rarement inventoriés, le diagnostic contemporain est souvent biaisé et les éléments de la biodiversité en faveur aujourd'hui sont souvent surpondérés dans l'estimation d'ensemble. Plus généralement, les valeurs économiques, écologiques, esthétiques que nous prêtons au paysage apparaissent éminemment changeantes. Les milieux amphibies et fermés furent longtemps rejetés. G. Bancrof (1862) louant les paysages laborieux et agricoles du nord-est des Etats-Unis au 19e s. imagine en contrepoint les paysages de la vallée de l'Hudson au moment de sa découverte en 1607 : « *The smaller brooks spread out into sedgy swamps, that were overhung by clouds of mosquitoes; masses of decaying vegetation fed the exhalations with the seeds of pestilence, and made the balmy air of the summer's evening as deadly as it seemed grateful. Life and death were hideously mingled. The horrors of the corruption frowned on the fruitless fertility of uncultivated nature* ». Ainsi, alors que le ressors principal de l'aménagement hydraulique des fonds de vallées normands ou américains fut le profit, les paysages maîtrisés qui en résultèrent furent perçus, au 18e et au 19e s., par les ingénieurs hygiénistes, l'aristocratie puis la bourgeoisie et quelques agriculteurs aisés qui en tirèrent profit, comme ceux de la modernité et de la salubrité, même s'ils furent ceux de la spoliation progressive des communautés villageoises et de leurs usages (Carpentier *et al.*, 2007 ; Lespez, 2011b). Aujourd'hui, on souhaite transformer à nouveau ces milieux mais les ressorts de cette restauration ne sont pas forcément moins désintéressés comme le montre l'exemple américain (Walter et Merrits, 2008 ; Montgomery, 2008).

Il ne s'agit donc pas d'imposer un autre modèle de référence mais de montrer que les valeurs écologiques et esthétiques que nous prêtons aux systèmes fluviaux contemporains sont très fluctuantes et que l'histoire sur le temps long des cours d'eau bas-normands peut proposer d'autres situations que celles de l'époque contemporaine et dont on pourrait examiner les qualités et la capacité à nourrir, au moindre coût, de véritables alternatives.

2.3.4. Abandonner les modèles de référence pour promouvoir les services écologiques ?

Le constat effectué à propos des cours d'eau ordinaires de l'ouest de la France rejoint des réflexions plus générales développées récemment par certains chercheurs qui remettent en cause l'utilisation des modèles de référence. Leur position est guidée par l'acceptation de l'irréversibilité du temps et ils proposent d'assumer une restauration de lits fluviaux hérités, dégagés des états de référence passés, afin d'assurer différentes fonctions aujourd'hui et demain (Dufour et Piégay, 2009). Cette approche pragmatique et rationnelle des systèmes fluviaux propose de s'appuyer sur la prise en compte des bénéfices de la restauration écologique des cours d'eau pour les sociétés. Elle promeut l'intégration de l'ensemble des aspects géomorphologiques, écologiques et sociaux en définissant très précisément les coûts et les bénéfices pour chacune des dimensions, humaines et biophysiques, de chaque opération de restauration écologique. Elle permet de se dégager de la référence aux systèmes « naturels » et d'assumer ainsi que certains cours d'eau aménagés possèdent une biodiversité supérieure à certains cours d'eau « naturels » (Dufour et Piégay, 2009). Elle propose de s'appuyer sur un diagnostic de

systèmes contemporains temporellement situés dans une trajectoire et spatialement localisés dans un continuum d'interactions. Ce diagnostic doit permettre de définir les conditions de l'état dynamique des systèmes contemporains (baseline) et les valeurs qui le bornent (boundary range) afin de définir précisément les seuils (thresholds) qui déterminent les changements d'équilibre. L'ensemble de ce travail ne peut être conduit que dans le cadre d'une approche holistique telle que celle proposée, par exemple, par G. Brierley et K. Fryirs (2005).

Cette approche s'appuie également de plus en plus souvent sur la notion de service écologique et repose en fait sur une quantification des valeurs, marchandes et non marchandes associées aux systèmes fluviaux (Loomis *et al.*, 2000). Même si les valeurs socio-économiques voire culturelles sont appréhendées à part égale, l'approche reste, en réalité, la plupart du temps écocentrée en assumant implicitement ou explicitement que les écosystèmes possèdent une valeur intrinsèque. D'un point de vue pratique, elle fait jouer un rôle primordial aux évaluateurs, aux experts, puisqu'il faudrait pouvoir tout compter, tout discuter et tout simuler avant d'entamer un projet de restauration écologique. D'un point de vue fondamental, elle est confrontée à la difficulté de fixer des valeurs partagées avant l'instauration du débat ou de la négociation pour la mise en place du projet alors que dans un monde socio-économique et culturel en mouvement permanent, les valeurs temporairement définies par certains acteurs ne sont pas forcément partagées par d'autres qui n'ont ni les mêmes savoirs, ni les mêmes intérêts, ni les mêmes envies comme nous l'apprennent les sciences sociales (Barraud, 2007); le diagnostic doit déjà être négocié. Ainsi, si sa mise œuvre pour des projets de grande ampleur comme ceux qui conduisent aux démantèlements des grands barrages de la Sélune est souhaitable, il est probable qu'elle soit aujourd'hui peu envisageable pour les projets de restauration de nos cours d'eau ordinaires. Enfin, en évacuant tout recours au passé comme modèle, c'est-à-dire en renonçant à s'appuyer sur la connaissance de systèmes fonctionnels mais révolus ou altérés qui ont produit la biodiversité que nous souhaitons, a priori, protéger, elle se prive de sources d'inspiration pour définir une gestion ordinaire.

2.4. Conclusion : pour une gestion inventive et ouverte des cours d'eau ordinaires

L'approche sur le temps long rappelle la mobilité, les résiliences et les rémanences des systèmes fluviaux et de la combinaison des productions sociale et biophysique dont ils sont une expression. L'Homme n'a pas abimé, altéré, maltraité les petits cours d'eau de l'ouest de la France, il les a reconstruits de manière irréversible (Cador et Lespez, 2011). Ainsi, bon nombre des enjeux contemporains peuvent être relativisés en montrant la récurrence des moments de déséquilibre et des situations de crise même si la crise contemporaine est peut-être unique du fait de son ampleur, de sa médiatisation et de la conscience collective qui s'est développée à son propos.

D'un point de vue pratique, les systèmes fluviaux que l'on souhaite aujourd'hui restaurer dans l'ouest de la France sont, d'après nos connaissances actuelles, au centre d'enjeux écologiques modestes. Il ne s'agit pas de territoires d'exception mais de cours d'eau ordinaires qui ont peu intéressé les chercheurs et pour lesquels les connaissances sont insuffisantes. Bien sûr, les cadres d'une approche holistique et rationnelle des systèmes fluviaux ont été posés assez clairement ces dernières années (Brierley et Fryirs, 2005 ; Dufour et Piégay, 2009 par exemple) et il est aujourd'hui possible de proposer une approche adaptée aux petits systèmes fluviaux de l'ouest de la France. Ayant assimilé les enjeux de l'érosion de la biodiversité, il apparaît nécessaire de favoriser les diagnostics locaux des systèmes fluviaux afin d'éviter les copier-coller

privilégiés par les études rapides auxquelles nous conduisent les cahiers des charges souvent tronqués des projets de restauration contemporains. À cette fin, il est souhaitable d'élargir nos connaissances sur les états de fonctionnement et leur résilience en intégrant les dynamiques sur le temps long comme cela est de plus en plus préconisé aujourd'hui (Froyd et Willis, 2008). Au-delà, il est nécessaire de définir avec précision les enjeux socio-économiques et culturels en les intégrant dès les phases de diagnostics (Germaine et Barraud, accepté). Afin de ne pas laisser un groupe restreint d'experts ou d'acteurs en charge de choix collectifs, il faut lutter contre « *la tyrannie de l'expertise* » (Lowentahl, 2000) quand elle devient par trop prescriptrice. Il apparait nécessaire d'ouvrir le diagnostic et le champ du débat sur ce qu'est le bien commun comme le proposent d'ailleurs la Convention d'Aarhus (1998) ou plus spécialement la DCE[4]. Il est temps de renoncer aux démarches qui s'appuient sur un diagnostic très pointu pour favoriser les projets de restauration hydromorphologique et écologique et qui tentent ensuite de faire accepter des prescriptions qui affectent l'ensemble du système à force de pédagogie étroite, de communication, voire de « marketing social », comme le souhaiteraient certains (Adam *et al.*, 2007).

Aujourd'hui, l'ampleur de la tâche à accomplir et le temps imparti apparaissent incompatibles. Même dans les espaces les mieux étudiés et où les démantèlements d'ouvrages sont anciens, leurs conséquences demeurent mal connues (Hansen et Hayes, 2011 ; Vigier et Caudron, 2011). La plupart du temps, il n'y a pas d'urgence. Il faut donc être réaliste et renoncer à scorer, coûte que coûte, sur les grilles comptables du taux d'étagement et du pourcentage d'ouvrages démantelés. Gardons pour l'urgence les projets de « restauration » qui semblent indispensables pour des raisons de sécurité ou ceux qui sont incontestés, et remettons à demain, quand nous saurons mieux ce que nous faisons, les autres interventions. Les recherches sur le temps long nous apprennent la valeur du temps ; sachons être patients surtout quand il s'agit de promouvoir un développement durable. Contentons-nous de gérer des lits fluviaux hérités, anthropisés, artificialisés afin de maintenir différentes fonctions (écologiques, d'agrément, etc.). C'est déjà un beau et difficile projet.

3. L'apport des connaissances sur le temps long à la gestion de l'environnement et des paysages

Parallèlement aux recherches conduites sur les systèmes fluviaux, j'ai été amené à travailler sur les environnements et les paysages contemporains. Indépendamment de la participation à la connaissance des milieux biophysiques et de leurs dynamiques, l'objectif fut également d'apporter la contribution du temps long à la réflexion sur les choix de gestion. Ces travaux ont été particulièrement développés dans la péninsule de la Hague même ils n'en sont qu'à leur début. Il ne s'agit donc pas de proposer une réflexion aussi aboutie que pour les cours d'eau mais plutôt de présenter l'ampleur des questions et les pistes de travail que nous avons ouvertes localement.

3.1. L'intérêt fondamental des études paléoenvironnementales pour la gestion contemporaine

Au cours des dix dernières années, les prises de position des paléoenvironnementalistes se sont multipliées afin que les connaissances sur les dynamiques sur le temps long des systèmes soient intégrées dans les diagnostics qui

[4] http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/DGALN_livre_communicationlight.pdf

servent à établir les pratiques de gestion (Willis et Birks, 2006 ; Froyd et Willis, 2008 ; Dearing *et al.*, 2011).

En France et en Europe, la mise en place du réseau Natura 2000, les Lois du Grenelle de l'environnement et en particulier le développement du réseau des trames vertes et bleues, ont entrainé la multiplication des diagnostics environnementaux et paysagers (Depraz, 2008). Cependant, ceux-ci s'appuient principalement sur la caractérisation des dynamiques à l'œuvre aujourd'hui et l'identification des risques qu'elles font peser sur la partie de la biodiversité et/ou des paysages visée et inventoriée par les procédures de classement et de protection. Ce faisant, ils se focalisent sur les dynamiques contemporaines mais négligent les effets des trajectoires. Ainsi, la prise de position des paléoenvironnementalistes s'explique tout d'abord par la capacité de leurs travaux à nous renseigner sur la variabilité des milieux sous l'effet des forçages naturels en contexte anthropique. Ces derniers révèlent les résiliences et les rémanences de certains milieux. Au Haut Moyen Age, à la Hague et dans une partie du monde armoricain, le paysage des vallées s'est fermé, sans doute du fait d'une déprise agricole, mais que reviennent la croissance démographique et le développement de l'agriculture et le paysage s'ouvre à nouveau en retrouvant ses fonctions agricoles et la nécessité de la gestion de la ressource en eau. Dans la basse vallée de la Dives, les fluctuations des ingressions marines contribuent à la mobilité paysagère. Le retour à des milieux estuariens qui marquent le deuxième âge du Fer et la période gallo-romaine constitue une longue période qui rappelle celle de la transgression holocène survenue quelques millénaires plus tôt et qui pourrait peut-être préfigurer les conséquences géographiques d'une remontée durable du niveau marin. L'approche sur le temps long rappelle la précarité, les résiliences et les rémanences des paysages et de la combinaison des productions biophysique et sociale. Elle peut donc contribuer à relativiser bon nombre des enjeux contemporains. Que les populations d'alors en aient eu conscience ou non, ces ruptures se sont déjà produites. Elles ont donné lieu à des évolutions, pour certaines irréversibles, dont les paysages contemporains que nous voulons protéger sont le produit. Au-delà de cette réflexion générale, l'approche paléoenvironnementale peut nourrir concrètement la réflexion sur la gestion. En replaçant les systèmes que nous souhaitons protéger dans une trajectoire, elle permet de définir les conditions de base de leur fonctionnement et d'identifier leur résilience et les seuils potentiels qui peuvent conduire à leur transformation réversible ou irréversible (Froyd et Willis, 2008 ; Saunders et Taffs, 2009 ; Gli-Romera *et al.*, 2010 ; Willard et Bernhardt, 2011).

Elles permettent également d'alimenter la réflexion sur les milieux de référence que nous souhaitons protéger ou restaurer. Cette observation réalisée pour les cours d'eau de l'ouest de la France vaut pour l'ensemble de l'environnement. C'est ainsi par exemple que les études polliniques ont pu montrer la discordance qui existait entre les paysages végétaux protégés et leur naturalité supposée. Aux Canaries par exemple, les recherches polliniques ont révélé que la forêt « Monteverde », qui correspond à un groupement végétal caractérisé par un Laurier (*Laurus arizoca*) longtemps considéré comme la forêt primaire et emblématique de ces îles, est en fait le produit de l'histoire végétale des deux derniers millénaires de ces îles (de Nasimento *et al.*, 2009). En effet, la végétation fut depuis l'Holocène moyen dominée par une chênaie-Charmaie à laquelle s'ajoute un pin endémique (*Pinus canariensis*). Le recul de ces formations et le développement de la forêt « Monteverde » sont contemporains de l'occupation humaine des îles. Ils indiquent que « *the supposed natural potential vegetation is really a cultural construct, at least for some part of the landscape* » (Carrion et Fernandez, 2009). J. Carrion et S. Fernandez montrent que la réflexion peut être étendue à d'autres formations végétales et à l'ensemble de la péninsule ibérique. Pour ces auteurs, il ne s'agit pas de remettre en

cause la protection de ces environnements, le paysage culturel vaut bien l'environnement naturel, mais les raisons de cette protection mises en avant par les politiques environnementales contemporaines et certaines institutions scientifiques qui les promeuvent.

Ces observations montrent en filigrane le potentiel important de biodiversité porté par les milieux anthropisés. De très nombreuses études soulignent que les environnements que nous souhaitons protéger au titre de la biodiversité sont le résultat d'une longue utilisation et transformation des milieux. Au-delà du constat qui est devenu aujourd'hui banal, c'est l'intégration de ces connaissances dans les pratiques de gestion contemporaine qui s'impose peu à peu (Dearing *et al.*, 2011). Ainsi par exemple, la gestion des landes atlantiques s'inspire de plus en plus des constats des travaux des paléoécologues. Ils montrent à la fois l'ancienneté des formations végétales (Gearey *et al.*, 2000 ; Simmons, 2001 ; Fyfe *et al.*, 2008) mais également le poids des différentes pratiques de gestion dans leur transformation progressive, et peuvent proposer des pratiques de gestion de substitution si celles à l'œuvre aujourd'hui ne permettent plus de préserver la biodiversité recherchée (Chambers *et al.*, 2007). Un constat similaire peut être fait pour les pelouses d'altitude (Galop *et al.*, 2011), mais aussi les savanes soudano-sahéliennes (Ballouche, 2005) et les forêts soudaniennes dont on sait qu'elles ne sont pas les reliques d'une forêt primitive mais bien le résultat de plantations et de pratiques de gestion séculaires (Fairhead et Leach, 1996). Toutefois, le chemin semble encore long pour que le message passe complètement et que les principes de la gestion soient partout changés si l'on en croît de nombreux chercheurs comme P. Descola (2010) qui prend parti pour une gestion de l'environnement respectueuse des sociétés du Sud en rappelant qu'« *il s'agit d'admettre le fait que tous les écosystèmes de la planète sont le produit d'interactions et d'évolutions poursuivies pendant des millénaires ente humains et non-humains, et que la stabilisation de certains d'entre eux dans un état où les intérêts de leurs composantes présentes et futurs soient préservés exige que cette histoire et ses conséquences puissent être prises en compte* ».

Enfin, les recherches paléoenvironnementales soulignent également la profondeur temporelle de certaines questions comme celle des plantes ou des faunes invasives. Les recherches montrent à la fois la mobilité fondamentale du vivant mais également la complexité de ces mobilités. L'approche sur le temps long permet à la fois de démontrer l'existence de transformations cycliques et de déplacements lents distincts des invasions rapides (Gillson *et al.*, 2008). Elle montre également la résilience des biomes affectés et la difficulté de certaines espèces à s'imposer durablement (Willis et Birks, 2006). Plus fondamentalement, elle souligne la précarité des bases fondamentales de la réflexion : « *Can the boundary between exotic and native be clearly made, if long distance dispersal has been happened throughout history and all species are a result of past invasion ? If invasions are associated with increased eco-evolution in both invaders and host communities (Kinnison and Hairston, 2007), and if today's species richness have been enhanced by invasions (Pascal Lorvelec, 2005), then what criteria should be used to decide which invasion are good or which are bad?* ».

Ces quelques exemples soulignent la profondeur des enjeux et la complexité des questions posées. Comme nous l'avons vu pour les cours d'eau, ils révèlent aussi la discordance entre les pratiques de gestion ou de restauration poussées par les diagnostics des experts, la demande sociale et les politiques publiques et la connaissance encore limitée que nous avons de certains de ces milieux et de leur dynamique fondamentale.

3.2. L'exemple de la péninsule de la Hague

J'ai eu principalement l'occasion d'initier un dialogue avec les gestionnaires dans la péninsule de La Hague. Cette péninsule a fait l'objet de plusieurs mesures de protection qui sont difficilement venues compenser les désagréments causés par l'implantation de l'usine de retraitement des déchets nucléaires (AREVA) et du centre de stockage des déchets nucléaires (ANDRA) dans les années 1960. Entre 1973 et 1979, l'ensemble du littoral a été inscrit puis classé au titre du paysage, alors qu'entre 1992 et 1995, l'ensemble des paysages de landes humides et sèches a été classé au titre de la Directive « Habitat » puis intégré au réseau Natura 2000 sous la dénomination « Côtes et Landes de La Hague ». Mon intervention en relation avec les politiques de gestion de cet espace s'est d'abord inscrite dans le cadre d'un projet culturel. Il s'agissait de contribuer à la mise en place d'une exposition permanente à l'espace culturel du Manoir du Tourp[5] (Communautés de Communes de Beaumont-Hague). J'ai ensuite été associé à des actions de gestion concrètes dans le cadre d'un contrat Natura 2000 concernant la gestion des landes basses de Vauville (resp. C. Bonissent, SYMEL) et du plan de gestion de la Réserve Naturelle Nationale de la Mare de Vauville dont je fais partie du comité de gestion (resp. T. Desmarets).

3.2.1. La vulnérabilité des paysages de la Hague

Dans le cadre du projet d'exposition permanente, l'objectif était de rappeler la profondeur temporelle des paysages et de décrypter le palimpseste contemporain en mettant en évidence la part des héritages (Lespez, 2010). L'enjeu est d'autant plus grand que la présence du centre de stockage et de l'usine de retraitement des déchets nucléaires affecte profondément la Pointe et les représentations paysagères qu'elles suggèrent à l'extérieur. Le travail réalisé s'est appuyé sur les recherches paléoenvironnementales et historiques réalisées au cours des dix dernières années (Lespez *et al.*, 2004 ; 2011 ; Fig. 111). Il met en évidence une première transformation issue de l'extension des espaces agricoles dans un espace au contrôle territorial marqué. Cette mutation est responsable de la mise en place des espaces de parcours et des paysages de landes alors que s'affirment les espaces de la production agricole. La fin de l'âge du Fer et la période gallo-romaine marquent une évolution cruciale vers les équilibres paysagers contemporains du fait de la généralisation du parcellaire, de l'extension et de l'intensification des pratiques agraires. Au cours de l'époque moderne, la conjonction de la croissance démographique, d'une agriculture vivrière et des banalités de l'Ancien Régime aboutit à une mise en valeur complète de la péninsule à des fins agricoles qui uniformise les modes de production et de gestion du paysage. Enfin, dans la deuxième partie du 19e s., le développement d'une agriculture de marché entraine le couchage en herbe et l'affirmation de la propriété individuelle qui se traduisent par le développement du bocage et le démantèlement des communaux.

[5] http://www.letourp.com/index.php?SujetID=1&ArticleID=1

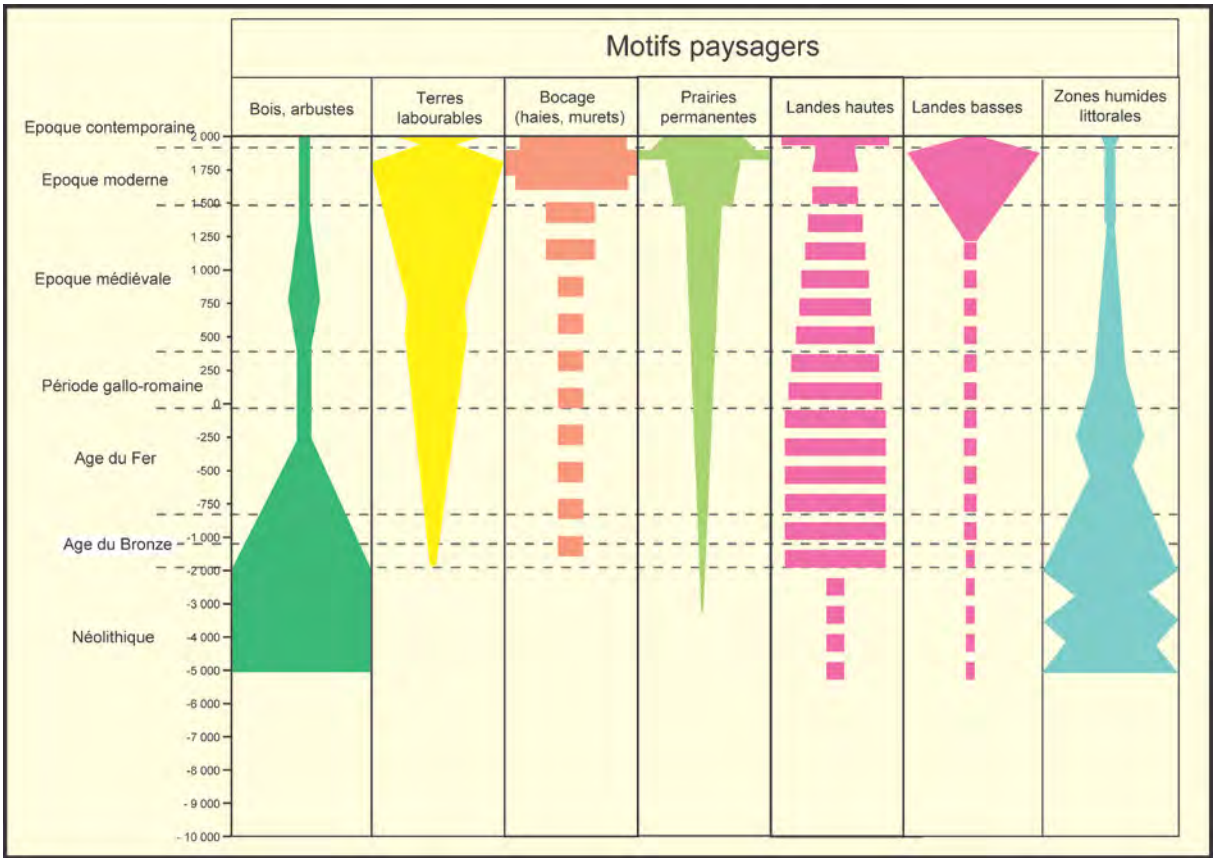


Fig. 111 - Les temporalités de la construction des motifs paysagers de La Hague (en trait plein, les phénomènes avérés, en pointillé, les phénomènes supposés)

Aujourd'hui et malgré le développement du maïs fourrage, depuis les années 1960, les difficultés agricoles liées à des facteurs exogènes, comme la baisse du prix du lait, et à des facteurs endogènes, comme la petite taille des exploitations et des parcellaires, fragilisent le système de production agricole. Alors qu'ailleurs, les territoires aux qualités paysagères avérées ont pu s'appuyer sur la labellisation de produits agricoles pour soutenir les prix et favoriser un effet d'entrainement entre la valorisation de la qualité du terroir et celle de ses productions, l'image de marque de la péninsule ne permet pas de développer ce modèle alternatif. La conséquence est que, si le mitage pavillonnaire demeure limité, les stigmates de la déprise se multiplient. Les prairies en pente se ferment et sont gagnées par des landes hautes impénétrables. Celles des plaines littorales sont de moins en moins pratiquées et les zones humides rapidement boisées (saules) se déploient à nouveau. Enfin, les landes hautes et basses se boisent également progressivement, recolonisées par les ronciers, les buissons d'aubépines, les noisetiers puis le chêne. Ainsi, les paysages dont nous avons hérités sont issus d'une histoire plurimillénaire, et la volonté de patrimonialisation s'attache à des motifs parfois très récents (deux cent ans pour les prairies permanentes et les haies bocagères) et parfois beaucoup plus anciens (plusieurs millénaires pour les landes) mais qui sont souvent en désuétude. Ainsi, les fonctions contemporaines de cet espace et les représentations que nous en avons divergent. Le bocage déclinant est paré, comme ailleurs, de toutes les vertus écologiques. Les landes sont envisagées comme le symbole du sauvage et de la vigueur des milieux océaniques alors que leur potentiel en termes de biodiversité est faible et qu'elles se ferment progressivement. Les zones humides ouvertes régressent et l'on peine à conférer aux paysages amphibies des saulaies en reconquête un potentiel écologique équivalent. La divergence s'accroit entre les motifs que les politiques

publiques souhaitent préserver (landes, haies bocagères, zones humides ouvertes) et les systèmes de production qui les ont produits. Ici comme dans bien des espaces français, une nostalgie s'empare de nous au moment même où les objets de l'attachement sont en train de se métamorphoser …

Les politiques de conservation à l'œuvre tentent de freiner la transformation en se proposant d'entretenir des espaces auxquels on ne reconnaît plus que des fonctions écologiques. À défaut de pouvoir trouver des modèles alternatifs de la valorisation, l'enjeu devient l'acceptation par les populations locales du coût financier et des contraintes de la préservation. Bien que la Communautés de Commune de Beaumont-Hague soit la plus riche de Basse-Normandie, les politiques et les experts tentent de s'appuyer sur une valorisation des aménités environnementales héritées afin de stimuler à la fois la demande sociale quant à leur préservation et de faire accepter son coût.

3.2.2. Une gestion durable des paysages de Landes de Vauville

Le contrat Natura 2000 « *Côte et landes de La Hague* » a pour objectif principal de protéger les landes basses de la péninsule principalement localisées sur la commune de Vauville où elles occupent 600 ha d'un seul tenant. Même si elles sont protégées au titre de la biodiversité (directive « Habitat »), c'est en fait plus le patrimoine paysager qu'elles représentent qui est défendu. Comme une grande partie des landes basses d'origine européenne, elles sont aujourd'hui menacées par la fin des pratiques de gestion anthropiques qui ont contribué à les créer : pâturage extensif (bovins, ovins, caprins), prélèvement du bois des ajoncs d'Europe, utilisation du feuillage pour l'alimentation du bétail, utilisation des fougères aigles comme litière, puis comme fumure, … Face à cette situation, le gestionnaire (SYMEL : Syndicat Mixte des espaces littoraux de La Manche) a cherché des pratiques de gestion de substitution afin de mettre en place « *un modèle de conservation durable qui passe par de nouveaux modes de valorisation socio-économique (agricole, touristique, récréative) par et au bénéfice des communautés locales* » tel que développé par le projet HEATH (Lagadec, 2006). À cette fin, il a développé des études multiples auxquelles nous avons pu participer. L'étude paléoenvironnementale a d'abord permis de nourrir l'histoire du lieu au-delà de la mémoire locale. Ainsi, elle a montré que les landes basses se sont sans doute mises en place au cours de l'époque médiéval, après l'an Mil. Comme dans la plupart des environnements du même type, la pratique du feu et l'érosion des sols ont joué un rôle crucial dans le maintien du milieu pendant plusieurs centaines d'années (Lespez *et al.*, 2004). En offrant de la profondeur temporelle et une information locale précise, ce constat est venu soutenir l'initiative du gestionnaire dans la pratique du brulis dirigé comme pratique d'appoint pour la gestion des landes, pratique utilisée encore aujourd'hui dans sa politique de communication à ce propos. Parallèlement et à sa demande, nous avons développé avec P. Le Gouée, une étude des sols des landes afin d'estimer le frein que ces derniers pouvaient représenter à la reconquête de la végétation. Développée dans le cadre du mémoire de M1 de C. Lagadec (2006), cette étude a montré l'importance des troncatures des profils pédologiques et leur aspect souvent diachronique confortant le diagnostic d'une érosion des sols ancienne et complexe qui reste encore malheureusement à caler chronologiquement. Elle a également permis de constater la variété des profils pédologiques disponibles. Enfin, elle révèleque, mis à part sur certains rebords de plateaux caractérisés par des sols squelettiques, la dégradation des profils pédologiques n'est vraisemblablement pas suffisante pour limiter à terme la reconquête végétale. Cette étude a conforté le gestionnaire dans la nécessité de pratiques de gestion pour entretenir le milieu et se conformer aux objectifs de Natura 2000. Celles-ci sont

principalement fondées sur la pérennisation d'un élevage extensif (bovins) *via* des contrats d'exploitation passés avec deux agriculteurs de la commune.

Photo 37 - Les landes basses et la Grande Vallée de Vauville

Enfin, cette collaboration a malheureusement révélé la complexité des procédures de protection, l'absurdité d'une gestion trop sectorielle de l'environnement et la difficile intégration des travaux des universitaires dans l'expertise ministérielle. Alors que le contrat Natura 2000 prévoyait la préservation et l'entretien des paysages de landes tourbeuses de fond de vallée, le cours d'eau parcourant le fond de vallée, la Grande Vallée, a été classé parallèlement comme cours d'eau de référence à l'échelle régionale. Ces deux objectifs sont contradictoires et la situation est aujourd'hui inextricable. Pourtant, l'étude paléoenvironnementale avait mis en évidence l'ancienneté de l'aménagement du cours d'eau de la Grande Vallée de Vauville. Celui-ci est totalement maitrisé depuis le 11e s., au moins, comme le montre la construction d'un barrage, d'un bief alimentant deux moulins et la chenalisation artificiel de l'écoulement sur le tiers inférieur de son parcours (Lespez *et al.*, 2004). L'ancien barrage est aujourd'hui abandonné mais son seuil explique le maintien d'un niveau d'eau élevé à son amont et lui confère un rôle crucial dans la permanence des tourbières. Pour respecter le plan de gestion Natura 2000, il faut donc maintenir le seuil. Cependant, cet objectif de gestion est incompatible avec le classement comme cours d'eau de référence de La Grande Vallée qui implique au contraire son démantèlement afin de garantir une continuité écologique sans entrave. Ces deux classements intervenus parallèlement et sans prendre en compte les résultats de l'étude sur le temps long aboutissent à une impasse dont il est difficile de sortir aujourd'hui. Indépendamment de l'absurdité du processus administratif, il montre la difficulté de concilier préservation des zones humides et des écoulements libres. L'arbitrage est aujourd'hui en cours mais heureusement, il semble que cette situation ait ouvert les yeux des experts distants sur la nécessité de diagnostics d'ensemble dont la responsabilité soit confiée aux acteurs locaux de la gestion.

3.2.3. La Réserve Naturelle Nationale de la Mare de Vauville

Les recherches effectuées dans la Réserve Naturelle de la Mare de Vauville sont du même ordre et sont encore en cours. La Réserve Naturelle Nationale comprend une mare d'eau douce quasi-permanente protégée de la mer par un cordon dunaire. Elle a d'abord été protégée pour des raisons ornithologiques car elle constitue une des escales potentielles pour les oiseaux migrateurs longeant les côtes de La Manche. Mais les études pratiquées ces dernières années à l'initiative de T. Desmarets, son conservateur, ont conduit à étendre l'intérêt aux pelouses dunaires qui bordent la mare et qui hébergent des amphibiens et des insectes dont certaines espèces sont protégées à l'échelon régional, national et européen (Desmarets, 2011a, b).

Photo 38 - La Mare de Vauville vue du belvédère du Thôt

T. Desmarets a dès le départ soutenu nos investigations sur le temps long car il souhaitait connaître la profondeur temporelle du milieu dont il avait la gestion. Celles-ci ont montré que la mare d'eau douce s'est mise en place de manière définitive il y environ 4 000 ans après une longue période où se sont succédés des environnements tantôt saumâtres tantôt d'eau douce (Lespez *et al.*, 2007). Aujourd'hui, le cordon dunaire possède une largeur de 17 à 25 m. Il est affecté par une érosion qui a atteint, au droit de la réserve, 1 m/an pour le dernier siècle (Menesson, 2008). Face à la grande difficulté de juguler le recul du trait de côte, cette observation est à même de permettre au gestionnaire de prendre du recul sur une éventuelle et prochaine perte de tout ou partie des milieux d'eau douce.

Photo 39 - Le recul du cordon dunaire au droit de la réserve de la Mare de Vauville

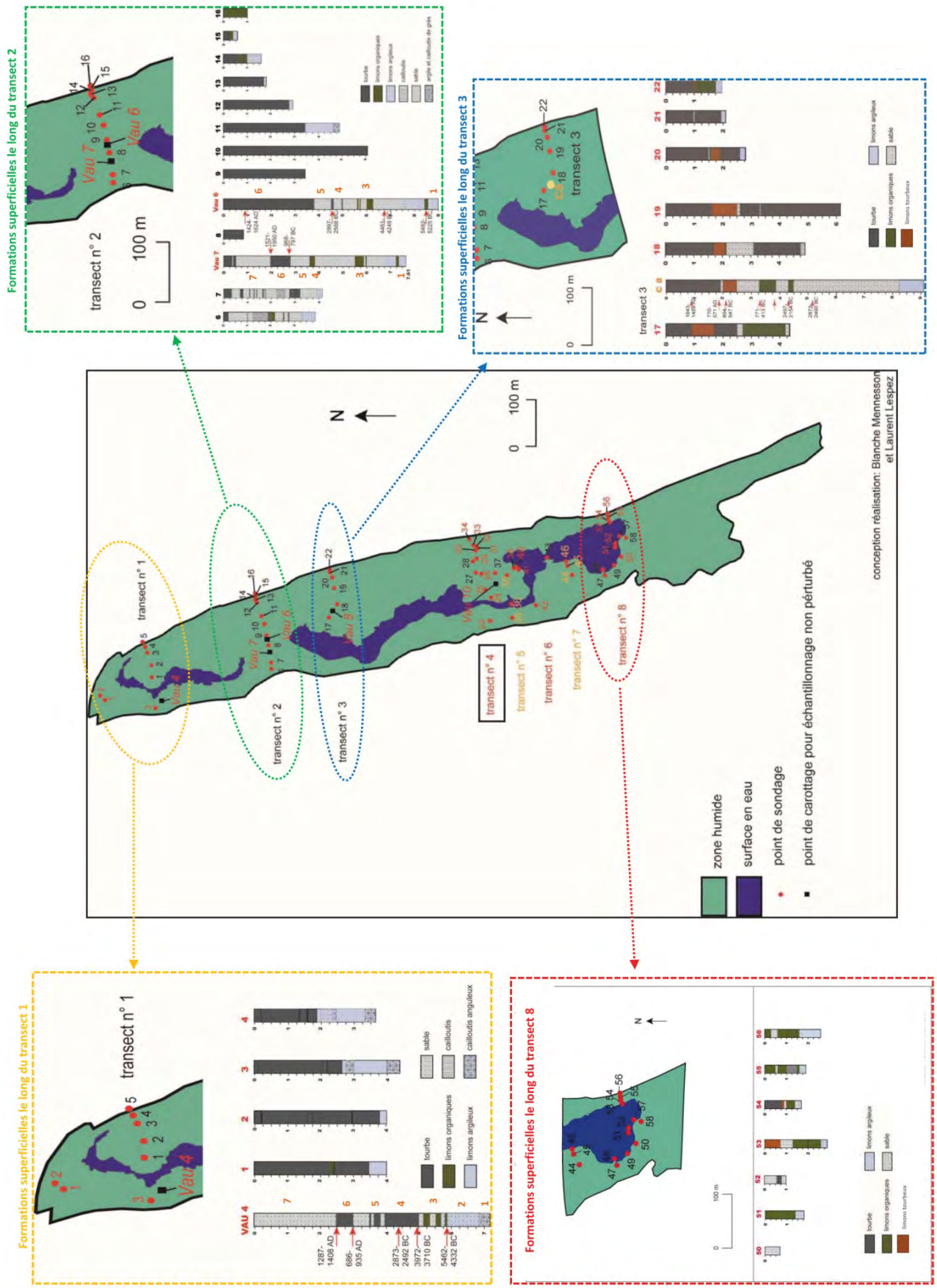


Fig. 112 - Les sondages et les carottages effectués dans la Mare de Vauville

Ce constat nous a amené à nous intéresser au rapport entre l'eau douce et l'eau salée afin de comprendre la résilience des zones humides d'eau douce malgré la fragilisation du cordon dunaire. Parallèlement, l'intérêt s'est porté sur les dépressions dunaires situées au sud de la réserve qui se sont progressivement affirmées comme des milieux très intéressants en termes de biodiversité (Desmarets, 2011a, b). À cette fin et grâce à la collaboration de J.-M. Cador, nous avons entamé une étude hydrologique complète de la Réserve. Celle-ci a pu s'appuyer sur deux mémoires de Master 1 et la mise en place de trois piézomètres équipés d'enregistreurs automatiques et en partie déplacés chaque année (Daout, 2008 ; Papin, 2011). Les investigations sont toujours en cours, mais elles montrent déjà que la fluctuation des niveaux d'eau douce est principalement contrôlée par le bilan pluvio-évaporal local et secondairement par l'amplitude des marées qui assurent un forçage maximal d'environ +/- 3 cm. Ainsi, le coin salé ne vient pas contaminer l'eau douce mais influence très marginalement son niveau. C'est la pression hydrologique de la masse d'eau continentale qui garantit aujourd'hui et depuis 4 000 ans la pérennité de la Mare malgré les vicissitudes du cordon dunaire. Les investigations sont toujours en cours car il nous faut maintenant comprendre pourquoi les fluctuations des mares occupant saisonnièrement les dépressions secondaires ne sont pas identiques et corrélables entre elles. La discontinuité de l'aquifère au sein du cordon dunaire est acquise mais son fonctionnement reste à élucider.

Fig. 113 - L'équipent hydrologique de la Mare de Vauville (réalisation G. Papin, 2011)

L'ensemble de ces recherches montre à la fois l'intérêt du temps dans la gestion de l'environnement et des paysages contemporains mais il révèle également l'intérêt du passage permanent entre l'analyse de la longue durée et l'étude des dynamiques contemporaines. Dans tous les cas évoqués, il témoigne de l'intérêt des gestionnaires de terrain pour l'ouverture des diagnostics. Il montre que ceux-ci sont souvent démunis entre les approches généralisantes des directives ministérielles et la réalité que leur propose leur terrain tant d'un point de vue biophysique que social. Ce transfert du global au local dont témoigne la construction des plans de gestion repose principalement sur les capacités du gestionnaire de terrain à intégrer les principes de

gestion généraux. Ce travail considérable va, en général, bien au-delà de la simple adaptation et mériterait que les échanges inverses se développent également. Il révèle en tous les cas que la passion et la compétence des gestionnaires de terrain avec lesquels j'ai eu la chance de collaborer constituent la principale garantie que nous avons d'une gestion durable de ces milieux.

4. En guise de conclusion provisoire

En une trentaine d'années le renversement d'image est complet. Les environnements et les paysages délaissés et dévalorisés semblent devoir constituer un des nouveaux atouts de La Hague pour son développement durable alors que les cours d'eau ordinaires et marginalisé de l'ouest de la France deviennent des infrastructures vertes et bleues. Ainsi, les valeurs esthétiques et écologiques que nous prêtons à l'environnement et aux paysages apparaissent éminemment variées. L'éclatement des regards plus ou moins informés est devenu habituel. Il est encore plus manifeste pour les paysages où les enjeux environnementaux apparaissent forts. Ceux-ci voient se côtoyer les points de vue des producteurs, des consommateurs et des experts. Cet éclatement pose le problème de l'appropriation du paysage et de l'environnement. Entre les producteurs des paysages, souvent propriétaires du terrain, ou tout au moins responsables de sa mise en valeur, des citoyens et des consommateurs aux intérêts multiples, et des experts de l'environnement et du paysage, propriétaires des idées et des principes de l'aménagement, les tensions sont parfois fortes. Si on ne prend en compte que le champ de l'expertise, on peut trouver des partisans d'un paysage culturel perçu comme héritage, un patrimoine à transmettre et parfois même comme une manifestation de la qualité des terroirs et des produits agricoles qu'ils produisent. D'autres, en revanche, perçoivent comme beaux paysages ceux qui hébergent une forte biodiversité en train de s'éroder par ailleurs. Ils promeuvent consciemment ou inconsciemment une « *esthétique verte* » qui résulterait de la perception des qualités écologiques du milieu à travers un regard informé qui devrait construire nos représentations esthétiques (Fel, 2009). Ces représentations ne sont pas nécessairement incompatibles mais la diversité des experts, des gestionnaires et des raisons de la gestion (biodiversité, environnement, qualité de vie, développement touristique, …) pose avec acuité le problème d'un diagnostic partagé qui intègre également les attentes locales des habitants qui sont souvent mal prises en compte. Afin de ne pas laisser un groupe restreint d'experts ou d'acteurs en charge des choix collectifs, il apparaît nécessaire de définir des modalités de concertation qui permettent d'ouvrir le diagnostic et le champ du débat sur ce qu'est le bien commun comme le proposent d'ailleurs la convention d'Aarhus (1998) et les différentes lois européennes sur l'environnement, qu'il s'agisse de l'eau (DCE, 2000) ou despaysages (Conseil de l'Europe, 2000). La nécessaire prise en compte de l'environnement et des paysages dans les projets de développement local durable implique de développer des expertises multiples qui intègrent, au-delà des paramètres environnementaux et paysagers, la répercussion sur les territoires concernés des changements proposés et l'acceptabilité économique et sociale des projets. Ce n'est qu'en construisant des diagnostics ouverts et partagés que l'on permettra aux expertises d'être effectivement discutées, amendées puis acceptées par les populations, seule possibilité pour promouvoir un développement durable des territoires. Il nous semble qu'il n'y a pas que dans les pays du Sud que les experts devraient avoir une formation « *tant naturaliste qu'anthropologique* » (Descola, 2010). Dans ce sens, on peut se demander si la discipline géographique telle qu'elle est constituée aujourd'hui ne possède pas des atouts majeurs

pour contribuer à ce renouveau comme certains semblent le penser (cf. le colloque « Géographie, écologie, politique : un climat de changement », Orléans, sept. 2012[6]) ?

⇒ ***L'approfondissement de ces travaux sur la gestion contemporaine des milieux pourra s'appuyer sur la poursuite des collaborations locales entamées à La Hague et sur deux ANR consacrées aux petits systèmes fluviaux de faible énergie.***

- Participation au comité de gestion de la Réserve Naturelle de la Mare de Vauville (resp. T. Desmarets.

- Dans le cadre de la tâche 3 « **Remplissages alluviaux et dynamiques fluviales »** (resp. A.-J. Rollet) du projet **d'ANR *« Système fluviaux de fiable énergie dans l'ouest de la France : analyse intégrée pour une gestion durable »* SYSFEO** (resp. D. Delahaye et J. Corbonnois). Il s'agit de contribuer à la connaissance des dynamiques hydrosédimentaires des petits systèmes fluviaux en repositionnant les dynamiques actuelles dans une trajectoire longue qui intègre la part des héritages morphosédimentaires. *In fine* ce travail doit fournir une base de connaissance solide aux gestionnaires pour envisager la gestion contemporaine des systèmes de faible énergie.

- Dans le cadre de l'ANR « Jeunes chercheurs » **REPPAVAL** consacrée aux ***« Représentations des paysages et de la nature dans les petites vallées de l'Ouest de la France face aux projets de restauration écologique »*** (resp. R. Barraud et M.-A. Germaine). Il s'agit de contribuer à l'étude des projets de restauration hydrologique en comparant en particulier les actions de restauration à l'œuvre en France, en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis et les modèles de représentations dont elles témoignent.

[6] http://www.colloque.ird.fr/geographie-ecologie-politique/index.html

TABLE DES FIGURES

Fig. 1 - Terrains d'études et approches pratiquées ..... p. 13
Fig. 2 - Le système fluvial (d'après Piégay et Schumm, 2005) ..... p. 23
Fig. 3 - L'interaction entre l'écosystème et le système social (d'après Marten, 2001) ..... p. 25
Fig. 4 - Le système GTP de G. Bertrand ..... p. 28
Fig. 5 - L'approche pratiquée dans le cadre de mes recherches ..... p. 29
Fig. 6 - Recherche multiscalaire en Grèce du Nord ..... p. 30
Fig. 7 - Recherche multisource et multiscalaire dans la Plaine de Caen (d'après Germain et Lespez, 2011) p. 35
Fig. 8 - Diagramme représentant la distribution granulométrique des sédiments de la vallée de la Mue ..... p. 44
Fig. 9 - Image CM des sédiments du remplissage holocène de l'Anse Saint-Martin et du ruisseau de la Sainte Hélène à La Hague ..... p. 44
Fig. 10 - Les opérations nécessaires à la fabrication d'une lame mince pour l'analyse micromorphologique (Réalisation Y. Le Drezen) ..... p. 46
Fig. 11 - Les faciès sédimentaires d'après les lames minces réalisées à Ounjougou dans la vallée du Yamé (Lespez *et al.*, 2011) ..... p. 46
Fig. 12 - Pluie Pollinique d'après Tauber, 1965 (Extrait de Brown, 1997) ..... p. 49
Fig. 13 - Le diagramme pollinique du sondage SM 60 dans l'Anse Saint-Martin (Analyse et réalisation M. Clet-Pellerin in Lespez *et al.*, 2004) ..... p. 51
Fig. 14 - Les diagrammes d'anthropisation des carottages C2 et C0 dans la basse vallée de la Dives (Analyse et réalisation M. Clet-Pellerin) ..... p. 52
Fig. 15 - Comparaison des analyses polliniques et des données cadastrales dans l'Anse Saint-Martin à La Hague ..... p. 53
Fig. 16 - Sédimentation rythmée et particules charbonneuses à la fin de l'Holocène récent à Ounjougou (Le Drezen, 2008) ..... p. 55
Fig. 17 - Modèle d'interprétation de la succession des feux et de leur enregistrement à la fin de l'Holocène récent à Ounjougou (Le Drezen, 2008) ..... p. 55
Fig. 18 - Les différents morphotypes diagnostiqués (Garnier, soumis) ..... p. 57
Fig. 19 - Localisation et diagramme phytolithique des échantillons de surface et de l'Holocène récent à Ounjougou (Garnier *et al.*, soumis) ..... p. 58
Fig. 20 - Analyse phytolithique des différentes unités de sédimentation pour les dépôts de l'Holocène moyen (A. Garnier *et al.*, soumis) ..... p. 59
Fig. 21 - Le cadre chronologique en Basse-Normandie (Clet-Pellerin in Lespez (ed.), 2011) ..... p. 66
Fig. 22 - Le cadre géomorphologique et les archives sédimentaires potentielles en Basse- Normandie ..... p. 68
Fig. 23 - L'épaisseur du remplissage sédimentaire dans le fond de la vallée de la Seulles. (Réalisation V. Viel d'après des données récoltées par V. Viel et L. Lespez) ..... p. 69
Fig. 24 - Carte de répartition des analyses paléoenvironnementales hors-sites en Basse-Normandie portant sur la période de l'Âge du Fer ..... p. 74
Fig. 25 - Bail à ferme du moulin d'Amblie (1426), Arch.dép. 3 P 1939. (Cliché E. Garnier) ..... p. 77
Fig. 26 - Extrait du plan de route Caen-Bayeux (vers 1750), administration des Ponts et Chaussées. Arch. Dép. Calvados. C3503. (Cliché E. Garnier) ..... p. 77
Fig. 27 - Extrait du Plan terrier de la seigneurie de Vaux-sur-Seulles, 1743 (environ du moulin de Vaux/Seulles). Plan en couleur (43x55 cm). Arch. Dép. Calvados, H 106 (Cliché E. Garnier) ..... p. 77
Fig. 28 - Extrait du Plan terrier de la seigneurie de Vaux-sur-Seulles, 1743 (environ du moulin du Vieux Pont). Plan en couleur (43x55 cm). Arch. Dép. Calvados, H 106 (Cliché E. Garnier) ..... p. 77
Fig. 29 - Analyses palynologiques réalisées en Basse-Normandie (Diagrammes polliniques disponibles pour 6 fenêtres chronologiques) ..... p. 79
Fig. 30 - Schéma synthétique longitudinal du remplissage sédimentaire holocène de la basse vallée de la Dives (L. Lespez) ..... p. 81
Fig. 31 - Restitution schématique de l'évolution des paysages de la vallée de la Mue : Mésolithique final (Réalisation et conception J.-M. Cador et L. Lespez) ..... p. 82
Fig. 32 - L'évolution des paysages fluviaux et de vallées dans le bassin-versant de la Seulles ..... p. 83
Fig. 33- Carottages dans la vallée de la Mue et diagrammes polliniques simplifiés (d'après Lespez *et al.*, 2008) ..... p. 84
Fig. 34 - Restitution schématique de l'évolution des paysages de la vallée de la Mue : Néolithique moyen (Réalisation et conception J.-M. Cador et L. Lespez) ..... p. 85

Fig. 35 - L'anthropisation et l'apparition de la culture des céréales dans les diagrammes polliniques ..... p. 87
Fig. 36 a, b - Restitution schématique de l'évolution des paysages de la vallée de la Mue à la transition Bronze final-1er âge du Fer et période gallo-romaine (Réalisation et conception J.-M. Cador et L. Lespez) p. 88
Fig. 37 - Datations radiocarbones obtenues sur les derniers dépôts organiques fossilisés par les premiers atterrissements détritiques de fonds de vallée enregistrés en Basse-Normandie ..... p. 90
Fig. 38 a, b, c - Restitution schématique de l'évolution des paysages de la péninsule de La Hague : Néolithique moyen, Bronze moyen et bas Empire (Réalisation et conception J.-M. Cador et L. Lespez) ..... p. 91
Fig. 39 - Essai de modélisation de l'évolution des paysages de vallées en Basse Normandie du Mésolithique à l'époque médiévale (Réalisation L. Lespez d'après un modèle de M.-A. Germaine) ..... p. 93/94
Fig. 40 - Le remplissage sédimentaire de la vallée de la Seulles à Creully ..... p. 96
Fig. 41 - Restitution schématique de l'évolution des paysages de la vallée de la Mue à la transition Bronze final-1er âge du Fer et période gallo-romaine (Réalisation et conception J.-M. Cador et L. Lespez) ..... p. 97
Fig. 42 - Le moulin, un motif élémentaire au sein de paysages de vallées ordinaires (Réalisation J.-M. Cador in Cador et Lespez, 2011) ..... p. 98
Fig. 43 - Les empiètements tentés ou aboutis du grand marais de Robehomme, un exemple de la spéculation herbagère et ses conséquences foncières (d'après S. Mærtens, 2004) ..... p. 99
Figure 44 - Aménagements hydrauliques et drainage de la basse vallée de la Dives au XVIIIe s. (d'après S. Mærtens in Carpentier *et al.*, 2011) ..... p. 100/101
Figure 45 - Modèle d'évolution des systèmes et paysages agricoles des vallées bas-normandes entre le début du 19e s. et le début du 21e s. (Réalisation M.-A. Germaine in Germaine *et al.*, 2011) ..... p. 104
Fig. 46 - Localisation des terrains étudiés dans le monde égéen ..... p. 105
Fig. 47 - Chronologie pour le monde hellénique ..... p. 106
Fig. 48 - Les principaux sites de la recherche en Grèce du nord ..... p. 108
Fig. 49 - Carte des principaux sites archéologiques du Néolithique ancien au nord de l'Égée (Réalisation Z. Tsirtsoni) ..... p. 111
Fig. 50 - Implantation des carottages de 1993 dans leur cadre géomorphologique (Lespez *et al.*, 2000) .. p. 113
Fig. 51 - Plan des carottages effectués à Dikili Tash pendant les campagnes de 1993 et de 2010 (Réalisation R. Davidson et L. Lespez, Lespez *et al.* soumis) ..... p. 114
Fig. 52 a,b - Transects en travers du tell de Dikili Tash montrant la chronologie du site et les conditions d'implantation de l'habitat (Lespez *et al.*, soumis) ..... p. 117
Fig. 53 - Carotte C3 : grattoir circulaire en pierre (9048-002) (Dessin D. Molez) ..... p. 118
Fig. 54 - Diagrame (OxCal v. 4.1.5) avec les dates radiocarbones obtenues sur les carottages de 2010 ..... p. 119
Fig. 55 - Les fenêtres d'étude dans la basse vallée du Strymon ..... p. 124
Fig. 56 - Vue du Lac Cercine prise aux environs de Zighna (de Langlumé in Cousinery, 1831) ..... p. 125
Fig. 57 - Vue des ruines d'Amphipolis depuis les hauteurs de Cerdilium (de Bénard in Cousinery, 1831) p. 125
Fig. 58 - Les transects dans les fenêtres 1 et 2 ..... p. 126
Fig. 59 - Scan à haute résolution du carottage FC4 ..... p. 128
Fig. 60 - Les analyses sédimentaires du carottage FC1 ..... p. 128
Fig. 61 - Les principaux faciès sédimentaires observés sur le transect de Fidokoryphi ..... p. 129
Fig. 62 - Le remplissage sédimentaire holocène le long du transect de Fidokoryphi ..... p. 130
Fig. 63 - Diagramme pollinique du carottage FC1 (Réalisation J.-A. Lopez-Saez) ..... p. 132
Fig. 64 - Carte de le plaine de Philippes-Drama aux alentours de la cité de Philippes en 1862 (Heyzey et Daumet, 1871, Cliché L. Lespez) ..... p. 143
Fig. 65 - L'occupation de la plaine de Philippes-Drama de l'époque classique à l'époque paléochrétienne d'après les données archéologiques (Lespez, 2008) ..... p. 146
Fig. 66 - Peuplement et mise en culture de la plaine de Philippes-Drama à la fin du 19e et au début du 20e s. (Lespez, 2008) ..... p. 154
Fig. 67 - Évolution des limites du Lac d'Achinos au début du 20e s. d'après les archives cartographiques disponibles ..... p. 157
Fig. 68 - Le plateau de Bandiagara dans son contexte régional (d'après Mayor *et al.*, 2005) ..... p. 159
Fig. 69 - Le contexte climatique (d'après Leroux, 1983) ..... p. 160
Fig. 70 - Les modules du Niger et du Bani dans diverses stations du Delta Intérieur de 1945 à 2003 (Source IRD) ..... p. 161
Fig. 71 - Le déplacement des isohyètes pendant la sécheresse des années 1970-80 (L'Hôte et Mahé, 1996) ..... p. 161
Fig. 72 - Carte géomorphologique du bassin versant du Yamé (A. Garnier) ..... p. 163
Fig. 73 - Coupe simplifiée d'Oumounaama ..... p. 164
Fig. 74 - Chronostratigraphie synthétique du remplissage pléistocène d'Oumounaama et comparaison avec des données paléoclimatiques planétaires. (In Lespez *et al.*, 2008) ..... p. 164

Fig. 75 - Les principales variables géomorphologiques utilisées pour la classification des types de tronçons de la vallée du Yamé (Garnier *et al.*, in prep.) ..... p. 165
Fig. 76 - La succession des styles fluviaux du Yamé (Garnier *et al.*, in prep.) ..... p. 165
Fig. 77 - Les fluctuations du niveau piézométrique du forage de Bandiagara entre 1984 et 1993 (Cercle de Bandiagara) ..... p. 166
Fig. 78 - Remplissage alluviale de la vallée du Yamé (A. Garnier, in prep.) ..... p. 168
Fig. 79 - Les datations obtenues dans la vallée du Yamé hors du tronçon d'Ounjougou (Réalisation A. Garnier) ..... p. 170
Fig. 80 - Coupe stratigraphique de la Mouche (Lespez *et al.*, 2011) ..... p. 173
Fig. 81 - Schéma synthétique de l'évolution du système fluvial dans le tronçon d'Ounjougou (Lespez *et al.*, 2011) ..... p. 174
Fig. 82 - Diagramme synthétique de l'évolution du système fluvial à Ounjougou et comparaison avec les autres données paléoenvironnementales disponibles en Afrique de l'Ouest subsaharienne (Lespez *et al.*, 2011) ..... p. 175/176
Fig. 83 - Coupe stratigraphique des coupes du Détarium (Lespez *et al.*, 2011) ..... p. 177
Fig. 84 - Coupe stratigraphique des Varves (Lespez *et al.*, 2011) ..... p. 180
Fig. 85 - Schéma des variations climatiques et des occupations humaines dans le Pays Dogon et dans les régions voisine (Mayor *et al.*, 2005, modifié) ..... p. 182
Fig. 86 - Comparaison des caractéristiques du pastoralisme en Afrique et au Proche Orient et émergence du pastoralisme spécialisé (Veerle, 2010) ..... p. 189
Fig. 87 – Schematic model for how rotation-based system of convertible husbandry shows up in a pollen sequence taken from a smal valley mire was not itself draines ans cultivated (Rippon et al., 2006) ..... p. 202
Fig. 88 - Predicted changes in values of the three componants of diversity (Blondel, 2006) ..... p. 204
Fig. 89 - Comparaison entre les données acquises sur le niveau du marais de Chicheboville-Bellengreville et d'autres enregistrements hydroclimatiques dans les régions voisines ..... p. 209
Fig. 90 - Le tell de Dikili Tash dans son environnement à l'âge du Bronze (Lespez, 2011) ..... p. 214
Fig. 91 - Cumulative calibrated dating probability of radiocarbon data from archaeological sites in Greece and Bulgaria. Compared to time window on the 8 200 cal yr BP event (Weninger et al., 2006) ..... p. 216
Fig. 92 - Les sites archéologiques concernés par le programme « Balkans 4000 » ..... p. 219
Fig. 93 - La période de transition du 4e millénaire en Bulgarie (d'après Vajsov, 2002) ..... p. 219
Fig. 94 - Diagramme avec les périodes représentées sur les sites datés par le programme entre 5 000 et 3 000 av. J.-C. ..... p. 222
Fig. 95 - Comparison of eleven palaeoclimatic records covering the last 7000 years with the human impact events discussed in the paper (Berglund, 2003) ..... p. 225
Fig. 96 - Associations between archaeological, climate, and vegetation records for northeastern North America from initial settlement (13,500 yr BP) to European contact (500 yr BP) (Munoz et al., 2010) ..... p. 226
Fig. 97 - Reconstructed AMJ precipitation totals (Top) and JJA temperature anomalies (Bottom) (wrt 1901-2000) (Bütgen et al., 2011) ..... p. 227
Fig. 98 - The variability in timing and number of dry abrupt events according to regions of the Near and the Middle East, compared to global climatic cycles illustrated by 14C and IRD trends, from 8000 BC to 2000 AD (Kuzucuoglu, 2009) ..... p. 231
Fig. 99 - Les fenêtres d'étude du programme ARCHEOMED ..... p. 237
Fig. 100 - Métamorphoses fluviales et rythmes de la sédimentation dans les terrains étudiés ..... p. 243
Fig. 101 - Fonctionnement du système morphogénique pendant le Petit âge du Glace (Neboit et Lespez, 2006) ..... p. 249
Fig. 102 - Les périodes d'alluvionnement (continu, discontinu) d'après les recherches disponibles en Grèce ..... p. 250
Fig. 103 - Comparaison entre le taux de sédimentation de la carotte du Lièvre et le nombre de crues cumulées des fleuves languedociens entre 1550 et 2000 (Berger et al., 2010) ..... p. 251
Fig. 104 - Schéma d'évolution des formations pédo-sédimentaires de Creully (Germain-Vallée et Lespez, 2011) ..... p. 257
Fig. 105 - Synthèse des résultats obtenus dans la Plaine de Caen sur la Chronologie de la sédimentation détritique (Germain-Vallée et Lespez, 2011) ..... p. 258
Fig. 106 - Les remblaiements détritiques en Macédoine orientale (Lespez, 2007) ..... p. 261
Fig. 107 - Changements temporels du transfert sédimentaire alluvial dans le bassin de Wolumia (Fryirs et Bierley, 1999) ..... p. 271
Fig. 108 - Essai de reconstitution du fonctionnement du système fluvial du Xéropotamos ..... p. 273
Fig. 109 - Chronological phases of river use (Tab. 12.1 ; Downs et Gregory, 2004) ..... p. 279

Fig. 110 - Hypothèse de synthèse des changements des dynamiques sédimentaires et des facteurs de contrôle durant l'Holocène (Fig. 10, Dusar et al., 2011) ..... p. 280
Fig. 111 - Les temporalités de la construction des motifs paysagers de La Hague ..... p. 304
Fig. 112 - Les sondages et les carottages effectués dans la Mare de Vauville ..... p. 308
Fig. 113 - L'équipement hydrologique de la Mare de Vauville (réalisation G. Papin, 2011) ..... p. 309

TABLE DES TABLEAUX

Tab. 1 - Les terrains d'étude après la thèse ..... p. 17
Tab. 2 - Systèmes fluviaux et investigations réalisées depuis 2000 ..... p. 36
Tab. 3 - Les faciès identifiés d'après les analyses micromorphologiques d'Ounjougou et la détermination d'un indice de dessiccation (Lespez *et al.*, 2011) ..... p. 47
Tab. 4 - Les principaux faciès sédimentaires des carottages effectués dans le tell de Dikili Tash ..... p. 115
Tab. 5 - La mise en place des paysages actuels sous l'action des sociétés, d'après les recherches palynologiques menées en Grèce à l'extérieur des sites archéologiques (d'après Bottema et Sarpaki, 2006 ; Atherden, *et al.*, 1993; Athanasiadis *et al.*, 2000; Jahns, 2005 ; Lawson *et al.*, 2004. Lespez, 2008) ..... p. 135
Tab. 6 - Chronologie et stratigraphie du tronçon d'Ounjougou (Lespez et al., 2011) ..... p. 171
Tab. 7 - L'anthropisation des bassins versants et ses conséquences géomorphologiques par quelques études récentes ..... p. 270

TABLE DES PHOTOGRAPHIES

Photo 1 - Incision naturelle dans un cône alluvial à Agios Ioannis, île de Thasos, Grèce (Cliché L. Lespez) . p. 37
Photo 2 - Incision artificielle dans la plaine d'inondation du Strymon à Fidokoryphi suite aux travaux de drainage des années 1930 (Cliché L. Lespez) ..... p. 37
Photo 3 – Incision de la Seulles dans sa plaine d'inondation (Cliché V. Viel) ..... p. 37
Photos 4 a, 5b, c - Terrasses alluviales holocènes révélant l'architecture alluviale dans la vallée du Yamé, Coupe du Vitex à Ounjougou (Clichés L. Lespez) ..... p. 39
Photos 6a et b - Tranchée révélant l'architecture des sédiments alluviaux : Guigne et Gazoduc Symvoli (Clichés L. Lespez) ..... p. 39
Photos 7 et 8 - Sondages à la tarière dans la basse vallée du Yamé et dans l'Anse Saint-Martin à la Hague (Clichés L. Lespez) ..... p. 40
Photos 9 a à e - Les étapes du carottage avec un carottier à percussion de type « Cobra » (Clichés L. Lespez) ..... p. 40
Photo 10 - Tubes de prélèvement ouverts au laboratoire, carottages de l'Eglise de Thaon et de Fontaine-Henry dans la vallée de la Mue (Carottages J.-F. Pastre, N. Limondin-Lozouet et L. Lespez) ..... p. 41
Photo 11 - Gouges du carottage de Sadia dans la plaine du Séno (Carottages A. Garnier, A. Ballouche et L. Lespez) ..... p. 41
Photos 12 a, b - Les concrétions carbonatés du tuf de l'Eglise de Thaon (Oncolithes et tubes) ..... p. 42
Photos 13 a, b, c - Les concrétionnements observés dans la vallée de l'Ancre (Pays d'Auge) : barrage, pavage et concrétions mobiles de type oncolithes et tubes (Cliché L. Lespez) ..... p. 43
Photo 14 a - L'Anse Saint-Martin (Cliché B. Hardel) ..... p. 72
Photos 14 b et 14 c - Tourbe fibreuse et bois fossile affleurant sur l'estran de l'Anse Saint-Martin en mars 2001 (Cliché L. Lespez) ..... p. 72
Photo 15 - Sondage à la pelle mécanique effectué sur l'estran de l'Anse Saint-Martin (Cliché L. Lespez) .... p. 72
Photo 16 - Sondage à la tarière effectué sur le cordon de galet de l'Anse Saint-Martin (Cliché L. Lespez) ... p. 72
Photo 17 - Carottage à la sonde russe effectué dans la vallée du Grand Douet à Biville (Cliché L. Lespez) ... p. 72
Photo 18 - Carottage au carottier à percussion effectué dans la Réserve Naturelle Nationale de la Mare de Vauville à La Hague (Cliché L. Lespez) ..... p. 72
Photo 19 - Les friches hydrauliques, l'exemple de la vallée de la Mue (Cliché L. Lespez) ..... p. 103
Photos 20 et 21 - La borne gromatique découverte avec G. Tirologos (Clichés L. Lespez) ..... p. 145
Photos 22, 23, 24 - Les paysages agraires aux alentours d'Ounjougou (Clichés L. Lespez) ..... p. 162
Photos 25, 26, 27 - Le Yamé et ses paysages fluviaux à différents moments de l'année hydrologique (Clichés L. Lespez) ..... p. 167
Photo 28 - Le Ménié-Ménié en crue en Septembre 2007 (Cliché L. Lespez) ..... p. 167
Photo 29 - Le Yamé vue d'ULM en saison sèche (Cliché D. Gladsteen, 2004) ..... p. 167
Photos 30 à 34 - Les paysages du maraichage dans le fond de vallée du Yamé (Clichés L. Lespez) ..... p. 184
Photos 35 – Des paysages de référence pour les cours d'eau de faible énergie ? ..... p. 297
Photos 36 – Exemples d'opérations de restauration de la continuité écologique des cours ..... p. 297
Photo 37 - Les landes basses et la Grande Vallée de Vauville ..... p. 306
Photo 38 - La Mare de Vauville vue du belvédère du Thôt ..... p. 307
Photo 39 - Le recul du cordon dunaire au droit de la réserve de la Mare de Vauville ..... p. 307

RÉFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

Abbot G.-F., 1903. *The Tale of a tour in Macedonia*, E. Arnold, Londres, 343 p.

Adam P., Debiais N., Malavoi J.-R., 2007. *Manuel de Restauration hydromorphologique des cours d'eau*, Agence de l'eau-Seine-Normandie, 61 p.

Adolphe J.-P., Rofes G., 1973. Concrétionnements calcaires de la Lévrière (Cours d'eau expérimental ; affluent de l'Epte, sous affluent de la Seine, département de l'Eure), *Bulletin de l'Association Française d'Etude du Quaternaire*, 35, p. 79-87

Adrymi-Sismani V., 2007. Le site chalcolithique de Microthèbes au carrefour du monde Égéen et des Balkans du Nord, *in* Galanaki I., Tomas H., Galanakis Y., Laffineur R. (Eds.), *Between the Aegean and the Baltic Seas: Prehistory across border,* Aegaeum 27, p. 73-79

Agasse E., 2005. *Les crues de rivières en Basse-Normandie : expression d'un système hydrogéographique complexe en milieu tempéré océanique*, Thèse de géographie, Université de Caen Basse-Normandie, 551 p.

Alexandre A., Bremond L., 2009. Comment to the paper: "Methodological concerns for analysis of phytolith assemblages: Does count size matter?" from Stromberg C. A.E., *Quaternary International*, 193, p. 141-142

Alexandre A., Meunier J.-D., Lézine A.-M., Vincens A., Schwartz D., 1997. Phytolits indicators of grasslands dynamics during the late Holocene in intertropical Africa, *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 136, p. 213-219

Alexandre P., 1987. *Le climat en Europe au Moyen Âge : contribution à l'histoire des variations climatiques de 1000 à 1425, d'après les sources narratives de l'Europe occidentale*, Paris, Éd. de l'EHESS, 827 p.

Allée P., 2003. *Dynamiques hydrosédimentaires actuelles et holocènes dans les systèmes fluviaux de moyenne montagne (Limousin, hautes Cévennes, Maures),* Mémoire d'habilitation à diriger des recherches, Université de Limoges, vol. 2, 451 p.

Allée P., Diot M.-F., Durieux J.-F., Reynet J.-M., Valadas B., 1997. Trois mille ans d'enregistrement sédimentaire dans les fonds de vallons des bas-plateaux limousins. *La dynamique des paysages protohistoriques, antiques médiévaux et modernes,* Actes des XVIIe Rencontres Internationales d'Archéologie et d'Histoire d'Antibes, APDCA, Sophia Antipolis, p. 365-387

Allen H., 1990. A postglacial record from the Kopaias Basin, Greece, *in* Bottema S., Entjes-Nieborg G., Zeist W. van (Eds), *Man's Role in the Shaping of the Eastern Mediterranean Landscape*, Balkema, Rotterdam, p. 173–182

Allen M. J., 1992. Products of erosion and the prehistoric land use of the Wessex Chalk, *in* Bell M., Boarcman (Eds.), *Past and present soil erosion oxbow monograph*, 22, Oxford, Oxbow books, p. 37-52

Allinne C., 2007. Les villes romaines face aux inondations. La place des données archéologiques dans l'étude des risques fluviaux, *Géomorphologie*, dossier spécial Géoarchéologie, 1, p. 61-78

Allinne C., 2009. Le site d'Orange. Hydrologie, contraintes et aménagements, *in* Roumégous A., Provost M. (Dir.), *Orange et le Vaucluse rhodanien*, 84/3, Paris, Maison des Sciences de l'Homme, p. 41-49

Ammerman A. J., Cavalli-Sforza L.L., 1973. A population model for the diffusion of early farming in Europe, *in* Renfrew C. (Dir.) *The Explanation of Culture Change: Models in Prehistory*, Duckworth, London, p. 343–358

Ammerman A. J., Efstratiou N., Ntinou M., Pavlopoulos K., Gabrielli R., Thomas K. D., Mannino M. A., 2008. Finding the Early Neolithic in Aegean Thrace : the use of cores, *Antiquity*, 82, p. 139-150

Amoros C., Petts G. E. (Eds), 1993. *Hydrosystèmes Fluviaux*, Masson, Paris, 300 p.

Ancel J., 1930. *La Macédoine, étude de colonisation contemporaine*, Thèse de doctorat, Université Paris, Librairie Delagrave, 352 p.

Andric M., Martincic A., Stular B., Petek F., Goslar T., 2010. Land-use changes in the Alps (Slovenia) in the fifteenth, nineteenth and twentieth centuries AD: A comparative study of the pollen record and historical data, *The Holocene*, vol. 20, 7, p. 1023-1037

Anschuetz K. F., Wilshusen R. H., Scheick C. L., 2001. An archaeology of landscapes: perspectives and directions, *Journal of Archaeological Research*, vol. 9, n°2, p. 157-211

Antoine A., 2000. *Le paysage et l'historien, Archéologie des bocages de l'ouest de la France à*

l'époque moderne, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, coll. « Histoire », 344 p.

Antoine A., 2002. Le paysage et l'historien, *in* Moriceau J.-M., Madeline P. (Dir.), Les paysages à la croisée des regards. Élaboration, entretien, transformations, *Enquêtes rurales,* n° 8, coll. Les *Cahiers de la Maison de la Recherche en Sciences Humaines,* n° XXIX, p. 9-30

Antoine P., Munaut A.-V., Limondin-Lozouet N., Ponel P., Duperon J.-M., 2003. Modification of fluvial system in relation to climatic modifications during the Lateglacial and early Holocene in the Somme Basin (Northern France), *Quaternary Science Reviews,* 22, p. 2061-2076

Antrop M., 2005. Why landscapes of the past are important for the future, *Landscpae and Urban Planning,* 70, p. 21-34

Arbogast R. M. 2011. Les restes archéozoologiques, *in* Ghesquière E., Marcigny C. (Dir.), *Cairon, Vivre et Mourir au Néolithique*, Presses Universitaires de Rennes, Série Archéologie et Cultures, p. 149-152

Arbogast R.M, Jacomet S., Magny M., 2006. The significance of climate fluctuations for lake level changes and shifts in subsistence economy during the late Neolithic (4300–2400 B.C.) in central Europe, *Vegetation History and Archaeobotany*, p. 403-418

Arnaud-Fassetta G., 2000. Quatre mille ans d'histoire hydrologique dans le delta du Rhône. De l'âge du bronze au siècle du nucléaire, *Grafigéo,* 11, Collection mémoires et documents de l'UMR PRODIG, Paris, 229 p.

Arnaud-Fassetta G., 2004. Le rôle du fleuve : les formations alluviales et la variation du risque fluvial depuis 5000 ans, *Bulletin Archéologique de Provence*, Supplément 2, Editions de l'Association Provence Archéologie, p. 65-77

Arnaud-Fassetta G., 2007. *L'hydrogéomorphologie fluviale, des hauts bassins montagnards aux plaines côtières : entre géographie des risques, géarchéologie et géosciences*, Habilitation à diriger des recherches en géographie physique, Université Paris-Diderot (Paris 7), 3 vol., 35 p., 435 p. et 357 p.

Arnaud-Fassetta G., 2008. Les terrasses fluviales, *in* Dewolf Y., Bourrié G. (Ed.), *Les formations superficielles. Genèse, typologies, classification, paysages et environnements, ressources et risques*, Ellipses-Edition Marketing, Paris, p. 236-243

Arnaud-Fassetta G., Carcaud N., Castanet C., Salvador P.-G., 2010. Fluviatil palaeo-environments in archaeological contexts: Geographical position, methodological approach and global change- hydrological risk issues, *Quaternary International*, 216, p. 93-117

Arnoux M., Maneuvrier C., 2003. Le pays normand. Paysages et peuplement (IXe-XIIIe siècles), *Tabularia « Etudes »*, 3, p. 1-27

Astrade L., Jacob-Rousseau N., Bravard J.-P., Allignol F., Simac L., 2011. Detailed chronology of mid-altitude fluvial system response to changing climate and societies at the end of the Little Ice Age (Southwestern Alps and Cévennes, France), *Geomorphology*, Vol. 133, p. 100-116

Atherden M., Hall J., Wright J., 1993. A pollen diagram from the northeast Peloponnese, Greece: implications for vegetation history and archaeology, *The Holocene*, 3, 4, p. 351-356

Atherden M.A., Hall J., Dunn A., 2000. Palynological evidence from the Strymon Delta, Macedonia, Greece, *Proceedings of the 16th symposium of the Association for Environmental Archaeology*, Oxbow Monographs, p. 6-18

Atherden M.A., Hall J.A., 1999. Human impact on vegetation in the White Mountains of Crete since ad 500, *The Holocene*, 9, p. 183-93

Aubreville A., 1949. *Climats, Forêts et Désertification de l'Afrique Tropicale.* Paris, Société d'Editions Géographiques, Maritimes et Coloniales.

Aurenche O., 2009. La néolithisation du Proche-Orient, *in* Demoule J.-P. (Dir.), *La révolution néolithique dans le monde*, Paris, CNRS Éditions, p. 33-48

Auxiette G., Baudry A., Méniel P., 2010. *Une histoire de l'élevage dans l'ouest de la Normandie : les sites de Mondeville, Ifs, Fleury, Creully et les autres …*, p. 185-202

Auzet A.V., Boiffin J., Ludwig B., 1995. Erosion hydrique dans les bassins-versants agricoles des régions limoneuses du nord-ouest de la France. *Annales de Géographie*, n° 281/582, p. 187-190

Avraméa A., 1993. *Tabula Imperii Romani, K-35, 1, Philippi*, Athènes.

B

Baeteman C., 2005. The Streif classification system: a tribute to an alternative system for organising and mapping Holocene coastal deposits, *Quaternary International*, vol. 133-134, p. 141-149

Baker J., 1877. *Turkey in Europe*, Londres.

Baker V.R., 1989. Magnitude and frequency of palaeofloods, *in* Beven K., Carling P. (Eds.), *Floods, Their Hydrological, Sedimentological and Geomorphological Implications*,John Wiley and Sons, Chichester, p. 171–183

Ballais J.L., 1992. Variations de l'environnement et industries préhistoriques au Pléistocène supérieur terminal au Maghreb oriental présaharien, *116ème Congr. Nat. Soc. Sav.,* Chambéry, 1991, « Déserts », p. 41-53

Ballais J.L., 1995. Alluvial Holocene terraces in eastern Maghreb : climate and anthropogenica controls, *in* Lewin J., Macklin M.G., Woddward (Eds.), *MediterraneanQuaternary Rivers Environments*, Édit. Balkema, Rotterdam, p. 29-41

Ballandras, S., 1997. *Contribution à l'étude des bassin-versants torrentiels alpins. Stratigraphies, morphodynamique, paléoenvironnements des bassins versants depuis 15 000 ans,* Thèse de doctorat, Département de Géographie de l'Université de Savoie, 552 p.

Ballouche A., 2002. Histoire des paysages végétaux et mémoire des sociétés dans les savanes ouest-africaines, *Historiens et géographes*, 381, p. 379-388

Ballouche A., 2005. De la nature sauvage à la nature-patrimoine: quels enjeux? Réflexions à partir de l'exemple de zones humides mauritaniennes, in Arnould P., Glon E. (Eds), *La nature a-t-elle encore une place dans les milieux géographiques ?*, Publications de la Sorbonne, Géographie-26, p. 133-149

Ballouche A., Neumann K., 1995. A new contribution to the Holocene vegetation history of the West African Sahel: pollen from Oursi, Burkina Faso and Charcoal from three sites in northeast Nigeria, *Vegetation History and Archaeobotany*, 4, p. 31-39

Bancroft G., 1862. *History of the United States, from the discovery of the American continent*. Simon Publications, New York, réédition de 2002, 612 p.

Barber K. E., Chambers F. M., Maddy D., 2003. Holocene palaeoclimates from peat stratigraphy: macrofossil proxy climate records from three oceanic raised bogs in England and Ireland, *Quaternary Science Reviews*, 22, p. 521-539

Barbier D., 1999. *Histoire de la Végétation du nord-mayennais de la fin du Weichsélien à l'aube du XXIe siècle. Mise en évidence d'un Tardiglaciaire armoricain. Interactions Homme-Milieu*, Groupe d'Etude des Milieux Naturels, Nantes, 2 vol., 284 p.

Barbier D., Visset L., Burnouf J., 2002. Une source pollinique et son exploitation. A propos de la tourbière de Glatinié (Mayenne), *Histoire et Sociétés rurales*, vol. 18, p. 137-158

Barbier D., Visset L., 2000. Les spécificités d'un Tardiglaciaire armoricain, Etude pollinique synthétique à partir de trois tourbières du nord-est mayennais (France), *Quaternaire*, 11, n°2, p. 99-106

Barboni D., Bonnefille R., Alexandre A., Meunier J.-D., 1999. Phytolits as paleoenvironmental indicators, West Side Middle Awash Valley, Ethipa, *Paleogeography, Paleoclimatology, Paleoecology*, 152, p. 87-100

Barboni D., Bremond L., 2009. Phytoliths of East African grasses: An assessment of their environmental and taxonomic significance based on floristic data, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 158, p. 29-41

Barboni D., Bremond L., Bonnefille R., 2007. Comparative study of modern phytolith assemblages from inter-tropical Africa, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 246, p. 454-470

Barker G.W., Hunt C.O., 1995. Quaternary valley floor erosion and alluviation in the Biferno Valley, Molise, Italy: the role of tectonics, climate, sea level change, and human activity, in Lewin J., Mackling M.G., Woodward J.C. (Eds.), *Mediterranean Quaternary River Environments*, Balkema, p. 145-157

Barlow L.K., Sadler J.P., Ogilvie A.E.J., Buckland P.C., Amorosi T., Ingimundarson J.H., Skidmore P., Dugmore A.J., McGovern T.H., 1997. Interdisciplinary investigations of the end of the Norse Western Settlement in Greenland, *The Holocene*, 7, p. 489-499

Bar-Matthews M., Ayalon A., 2011. Mid-Holocene climate variations revealed by high-resolution speleothem records from Soreq Cave, Israel and their correlation with cultural changes, *The Holocene,* vol. 21, n° 1, p. 163-171

Bar-Matthews M., Ayalon A., Kaufman A., 1998. Middle to Late Holocene (6500 yr. period) palaeoclimate in the Eastern Mediterranean Region from stable isotopic composition of speleothems from Soreq Cave, Israel, *in* Issar A., Brown N. (Eds.), *Water, Environment and Society in Times of Climatic Change*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, p. 203-214

Barraud R., (sous-presse). Rivières du futur, wild rivers ?, *VertigO*, Revue électronique des scinces de l'environnement.

Barraud R., 2007. *Vers un « tiers-paysage » ? Géographie paysagère des fonds de vallées sud-armoricaines. Héritage, évolution, adaptation*, Thèse de Géographie, Université de Nantes, 408 p.

Barrué-Pastor M., Bertrand G., 2000. *Les temps de l'environnement*, Toulouse, Presses universitaires du Mirail, 547 p. + CD-Rom

Bar-Yosef O., Meadow R.H., 1995. The Origins of Agriculture in the Near East, *in* Price T. D., Gebauer A. B. (Eds.), *Last Hunters - First Farmers. New Perspectives on the Prehistoric Transition to Agriculture*, Santa Fe, NM, School of American Research Press (School of American Research Advanced Seminar Series), p. 39-94

Bassett T., Blanc-Pamard C., Boutrais J., 2007. Constructing locality: the terroir approach in West Africa, *Africa,* 77 (1), p. 104-129

Bassett T., Crummey D., 2003. *African Savannas: Global Narratives and Local Knowledge of Environmental Change in Africa*, Portsmuth, NH: James Currey Publishers, 320 p.

Baudry A., 2005. Approvisionnement et alimentation carnée sur les sites de l'Âge du fer en Bretagne et en Normandie. L'exemple du site de « La Campagne » à Basly, Calvados*. Revue archéologique de l'Ouest*, 22, p. 165-179

Baudry A., 2010. Contribution de l'archéozoologie à la réflexion sur l'organisation de l'espace et des paysages de la Plaine de Caen à l'âge du Fer : état des connaissances et premières hypothèses, *in* Germain-Vallée C., Lespez L. (Dir.), 2010, *Archéologie du paysage de la Plaine de Caen du Néolithique à l'époque mérovingienne*, Programme Collectif de Recherche, Rapport de l'Année 2010, p. 65-71

Bauduin P., Jarry T., Lorren C., 2002. La Future Normandie du IIIe au Xe siècle, *in* Deniaux E., Loren C., Bauduin P., Jarry T. (Dir.), *La Normandie avant les Normands*, Ouest-France, Rennes, p. 198-415

Beach N., Dunning S., Luzzadder-Beach D.E., Cook J., Lohse, 2006. Impacts of the ancient Maya on soils and soil erosion in the central Maya Lowlands, *CATENA*, vol. 65, Issue 2, p. 166-178

Beaudet G., Coque R., Michel P. et Rognon P., 1981. Reliefs cuirassés et évolution géomorphologique des régions orientales du Mali. 1 : La région du Tilemsi et la vallée du Niger de Taoussa à Gao ; 2 : Le Gourma et le Plateau de Bandiagara, son contact avec le Macina, *Zeitschrift für Geomorphologie. N.F.,* Suppl. Bd., 38, p. 38-62 + p. 63-85

Beaujour (de) F., *Tableau du commerce de la Grèce, formé d'après une année moyenne depuis 1787 jusqu'en 1797*, 344 p.

Beck C., Delort R., 1993. *Pour une histoire de l'environnement,* Ed. CNRS, Paris, 272 p.

Bedault L., Hachem L., 2007. L'élevage et la chasse dans la société néolithique, *in* Marcigny C., Ghesquière E., Desloges J. (Dir.), *La hache et la meule : les premiers paysans du Néolithique en Normandie*, Le Havre, éditions du Muséum d'Histoire naturelle du Havre, p. 61

Béguier I., Germain-Vallée C., Hincker V., 2011. Etude micromorphologique du Chemin Saulnier : apport à l'archéologie des paysages de la Plaine de Caen (Calvados, Basse-Normandie), *Norois* n°220, p. 121-142

Behre, K.-E., 2007. Evidence for Mesolithic agriculture in and around central Europe ?, *Vegetation History and Archaeobotany*, 16, p. 203-219

Beldiceanu N., 1998. L'organisation de l'empire ottoman (XIVe-XVe siècles), *in* Mantran R. (Dir.), *Histoire de l'empire ottoman*, p. 117-138

Bell M., 1992. The prehistory of soil erosion, in Bell M., Boardman J. (Eds.), *Past present and future soil erosion*, Oxbow Monograph 22, Oxford: Oxbow Books, p. 21–36

Bellier, R.-C. Bondoux, J.-C. Cheynet, B. Geyer, J.-P. Grélois, V. Kravari, 1986. *Paysages de Macédoine*, Travaux et mémoires du Centre de Recherche d'Histoire et de Civilisation de Byzance du Collège de France, Monographies 3.

Benchetrit M., 1972. *L'érosion actuelle et ses conséquences en Algérie*, P.U.F., 218 p.

Benito G., Thorndycraft V.R., Rico M., Sánchez-Moya Y., Sopeña A., 2008. Palaeoflood and floodplain records from Spain: Evidence for long-term climate variability and environmental changes, *Geomorphology*, Vol. 101, Issues 1–2, p. 68-77

Bennett H. H., 1939. *Soil conservation*, McGraw-Hill Book Co., Inc.

Benoit P., Berthier K., Billen G., Garnier J., 2004, Agriculture et aménagement du paysage hydrologique dans le bassin de la Seine aux XIVe et XVe siècles, *in* Burnouf J., Leveau P. (Dir.), *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture*, p. 235-244

Bensaadoune S., Gentili F., Pastre J.-F., Gauthier A., 2005. Les aménagements hydrauliques du bassin amont du Crould (Val d'Oise, France) : perception stratigraphiques de leurs impacts environnementaux, *in «* La rivière aménagée,

entre héritages et modernité », *Aestuaria* 7, p. 67-82

Berger J.-F., 2006. Apports récents de la paléopédologie à la definition des phases de stabilité des pédopaysages holocènes nord-méditerranéens, *in* Allée P., Lespez L. (Eds.), *L'érosion entre société, climat et paléoenvironnement*, Presses Universitaires Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand, p. 47-62

Berger J.-F., 2003. La « Dégradation des sols » à l'Holocène dans la moyenne vallée du Rhône : contextes morpho-climatique, paléobotanique et culturel, *in* Van der Leeuw S., Favory F., Fiches J.-L. (Dir.), A*rchéologie et systèmes socio-environnementaux. Etudes multiscalaires sur la vallée du Rhône dans le programme Archeomedes.*, CRA-Monographie, CNRS éditions, Paris, p. 44-166

Berger J.-F., 2003. La « dégradation des sols » à l'Holocène dans la moyenne vallée du Rhône : contextes morphoclimatique paléobotanique et culturel, chap. 3 : « Les facteurs de l'érosion : modes d'analyse et de conceptualisation des processus » ; chap. 4 : « Les étapes de la morphogénèse holocène dans le sud de la France », *in* Van Der Leeuw S., Favory F., Fiches J.-L. (Eds.), *Archéologie et systèmes socio-environnementaux, Etudes multiscalaires sur la vallée du Rhône dans le programme Archaeomedes*, CNRS Ed., CRA 27, Sophia-Antipolis, p. 43-161

Berger J.-F., 2011. Hydrological and post-depositional impacts on the distribution of Holocene archaeological sites : The case of the Holocene middle Rhône River basin, France, *Geomorphology*, Vol. 129, Issues 3–4, p. 167-182

Berger J.-F., Salvador P.-G., Franc O., Verot-Bourrely A., Bravrad J.-P., 2008. La chronologie fluviale postglaciaire du haut bassin rhodanien, *Cahiers de Géographie EDYTEM* 6, p. 119-146

Berger J.-F., Guilaine J., 2009. The 8200 cal BP abrupt environmental change and the Neolithic transition: A Mediterranean perspective, *Quaternary International*, 200, p. 31-49

Berger J.-F., 2009. Les changements climato-environnementaux de l'Holocène ancien et la néolithisation du bassin méditerranéen *in* Demoule J.-P. (Dir.), *La Révolution néolithique dans le monde*, CNRS Editions, Paris, p. 121-144

Berger, J-F., 1996. *Le cadre paléogéographique des occupations du bassin valdenais (Drôme) à l'Holocène*, Thèse Université de Paris I, 324 p.

Berglund, B. E., Birks, H. J. B., Ralska-Jasiewiczowa, M., Wright, H.E., 1996. Palaeoecological events during the last 15 000 years. Regional syntheses of palaeoecological studies of lakes and mires in Europe. Wiley, Chichester, 764 p.

Bernard V. (Dir.), 2011. *Colomby « La Perruque, 50 »*. Rapport de fouille programmée, SRA-Basse Normandie, 91 p.

Beroutchachvili N., Bertrand G., 1978. Le Géosystème ou système territorial naturel, Revue *Géographique des Pyrénées et du Sud-Ouest, Toulouse*, t. 49, fasc. 2, p. 167-180

Berque A. (dir.), 1994. *Cinq propositions pour une théorie du paysage*, Champ Vallon, 123 p.

Berque A., 2000. *Médiance, de milieux en paysages*, Paris, Belin-Reclus, 160 p.

Berque A., 2000. *Écoumène. Introduction à l'étude des milieux humains*, Belin, collection Mappemonde, Paris, 272 p.

Berque A., 2003. Anthropisation, *in* Levy J., Lussault M. (Dir.), *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés,* Paris, Belin.

Berque A., 2011. Ontologie des écosystèmes, ou des milieux humains ?, *EspacesTemps.net (*http://espacestemps.net/document8138.html)

Bertrand G., 1975. Pour une histoire écologique de la France rurale, *in Histoire de la France rurale*, tome 1 - Des origines à nos jours, Paris, Le Seuil, p. 37-118

Bertrand G., 1991. La nature en géographie : un paradigme d'interface, *GÉODOC*, Institut de Géographie, UTM, 34, 16 p.

Bertrand G., 2000, Le géosystème, un espace-temps anthropisé, Esquisse d'une temporalité environnementale, *in* Barrué-Pastor M., Bertrand G. (Eds.), *Les temps de l'environnement*, Presses Universitaires du Mirail, p. 65-76

Bertrand G., Bertrand C., 2002. *Une géographie traversière. L'environnement à travers territoires et temporalités*, Éd. Arguments, Paris, 311 p.

Besnard-Vautrin C.-C. (Dir.), 2009. *En Plaine de Caen, une campagne gauloise et antique, L'occupation du site de l'Etoile à Mondeville*, Presses Universitaire de Rennes, Série Archéologie et Culture, 312 p.

Besonen M., Rapp G.R., Jing Z., 2003. The Lower Acheron river valley:ancient accounts and changing landscape, *in* Wiseman J., Zachos K (Eds.), Landscape archaeology in Southern Epirus, NW Greece, *Hesperia*, Suppl. 12, p. 199-263

Besse J.-M., 2000. *Voir la Terre*, Actes Sud. 162 p.

Bettis E.A., Mandel R.D., 2002. The effects of temporal and spatial patterns of Holocene

erosion and alluviation on the archaeological record of the Central and Eastern Great Plains, USA, *Geoarchaeology*, 17 (2), p. 141-54

Billard C., Alix P., Bonnabel L., Bonnardin S., Bostyn F., Carpar J.-P., Degobertiere S., Dietsch-Sellami M.-F., Hamon C., Marcoux N., Marguerie D., 2004. Le site d'habitat du Néolithique ancien de Colombelles « le Lazarro » (Calvados), présentation préliminaire, *Internéo,* 5, p. 29-33

Billard C., Clet-Pellerin, M., Lautridou, J.-P., 1995. Un site protohistorique littoral dans le Hâvre de la Vanlée, à Lingreville et Bricqueville-sur-mer (Manche), *Rev. Archéo. Ouest*, 12, p. 71-110

Billeaud, I., Tessier, B., Lesueur, P., Caline, B., 2008. Preservation potential of highstand sedimentary bodies in a macrotidal basin: example from the Bay of Mont-Saint-Michel, NW France, *Sedimentary Geology*, 202, p. 754–775

Bintliff J.L., 1976. Sediments and settlement in southern Greece, in Davidson D.A., Shackley M.L. (Eds.), *Geoarchaeology*, Duckworth, p. 267-275

Bintliff, J., 2002. Time, process and catastrophism in the study of Mediterranean alluvial history: a review, *World Archaeology*, 33 (3), p. 417–435

Björn E., Berglund B.E., 2003. Human impact and climate changes—synchronous events and a causal link ?, *Quaternary International*, Vol. 105, Issue 1, , p. 7-12

Blanchemanche P., Berger J.-F., Chabal L., Jorda M., Jung C., Raynaud C., 2003. Le littoral languedocien durant l'Holocène : milieu et peuplement entre Lez et Vidourle (Hérault, Gard), in Muxart T. et al. (Eds.), *Des milieux et des hommes : fragments d'histoire croisés*, Elsevier, coll. « Environnement », p. 79-92

Blanc-Pamard C., Boutrais J., 2002. Les temps de l'environnement. D'un sauvetage technique à une gestion locale en Afrique et à Madagascar" in Regards sur l'Afrique, *Historiens et Géographes*, n° 379, Congrès UGI 2002 de Durban

Blondel J. 2006. The "design" of Mediterranean landscapes: a millennial story of human and ecological systems during the historic period, *Hum. Ecol.*, 34, p. 713–729

Boardman J., Bell M., 1992. Past and present soil erosion: linking archaeology and geomorphology, *in* Bell M., Boardman J. (Eds.), *Past and present soil erosion*, p. 1-8

Boardman, J., Poesen, J., 2006. *Soil erosion in Europe*, Wiley, Chichester, 878 p.

Bocquet-Appel J.-P., 2009. The Demographic Impact of the Agricultural System in Human History, *Current Anthropology*, 50 (5), p. 657-660

Bocquet-Appel J.-P., Naji S., Vander Linden M., Kozlowski J.-K., 2009. Detection of diffusion and contact zones of early farming in Europe from the space-time distribution of 14C dates, *Journal of Archaeological Science*, 36, p. 807–820

Bocquet-Appel J.-P., Naji S., Vander Linden M., Kozlowski J., 2011. Understanding the rates of expansion of the farming system in Europe, *Journal of Archaeological Science*, vol. 39, 2, p. 531-546

Bojadžiev J., 1998. Radiocarbon dating from Southeastern Europe and the Cultural Processes during the Fourth millennium B.C., *in* Stefanovich M., Todorova H., Hauptmann H. (Eds.), *James Harvey Gaul In Memoriam,* In the Steps of James Harvey Gaul vol. 1, Sofia, p. 349-370

Bond G, Showers W, Cheseby M, Lotti R, Almasi P, de Menocal P et al., 1997. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates, *Science,* 278, p. 1257–1266

Bond G. *et al.,* 2001. Persistent Solar Influence on North Atlantic Climate During the Holocene, *Science*, 294 (5549), p. 2130–2136

Bonias Z., Brunet M., Sintès G., 1990. Organisation des espaces et cheminements antiques à Thasos, *in Archéologie et Espaces*, Actes des 10e rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes, APCDA, Juan-les-Pins, p. 71-86

Bonnot-Courtois C., Caline B., L'Homer A., Le Vot M. (Eds.), 2002. *La baie du Mont-Saint-Michel et l'estuaire de la Rance, environnements sédimentaires, aménagements et évolutions récentes*, CNRS, EPHE, Total-Elf-Fina, Mémoire 26, Pau, 256 p.

Bonsall, C., Macklin, M.G., Payton, R.W., Boroneant, A., 2001. Climate, floods and river gods: environmental change and the Meso-Neolithic transition in southeast Europe, Before Farming 3–4, p. 1–15

Bordon A., Peyron O., Lézine A.M., Brewer S., Fouache E., 2009. Pollen-inferred Late-Glacial and Holocene climate in southern Balkans (Lake Maliq), *Quaternary International,* 200, p. 19–30

Bork H.R., 1983. Die holozäne Relief- und Bodenentwicklung in Lössgebetien, Beispiele aus dem südostlich Sachsen, *in* Bork H.R., Ricken W. (Ed.), *Bodenerosion, Holozäne und Pleistozäne Bodenentwicklung*, *Catena Supplement*, Brauschweig, p. 1-93

Bork H.-R., Bork H., Dalchow C., Faust B., Piorr H.P., Schatz T., 1998. *Landschaftsentwicklung in Mitteleuropa: Wirkungen des Menschen auf LandschaftenKlett*, Perthes, Gotha, 328 p.

Bork H.R., Lang A., 2003. Quantification of past soil erosion and land use/land cover changes in Germany, in Lang A., Hennric K., Dikau R. (Ed.), Long term hillslope and fluvial system modeling – Concepts and case studies from the Rhine river catchment, *Lecture Notes in Earth Sciences*, 101, Heidelberg, p. 232-239

Bos, J.A.A., van Geel, B., van der Plicht, J., Bohncke, S.J.P., 2007. Preboreal climate oscillations in Europe: Wiggle-match dating and synthesis of Dutch high-resolution multi-proxy records, *Quaternary Science Reviews*, 26, 15-16, p. 1927-1950

Bostyn F., 2009. Quelques aspects de la néolithisation de la France, *in* Demoule J.-P. (Dir.), *La Révolution néolithique dans le monde*, CNRS Editions, Paris, p. 103-119

Bottema S. (ed.), 1990. Man's role in the shaping of the eastern Mediterranean landscape, *Proceedings of the INQUA/BAI Symposium on the Impact of Ancient Man on the Landscape of the Eastern Mediterranean Region and the Near East*, Groningen, Netherlands, 6-9 March 1989, 349 p.

Bottema S., 1982. Palynological Investigations in Greece with Special Reference to Pollen as an Indicator of Human Activities, *Palaeohistoria,* 24, p. 257-289

Bottema S., 1993. The palaeoenvironment of prehistoric man in the Near East: some aspects of palynological research, *Japan Review*, 4, p. 129–140

Bottema S., Sarpaki A., 2003. Environmental change in Crete: a 9000-year record of Holocene vegetation history and the effect of the Santorini eruption, *The Holocene*, 13 (5), p. 733–749

Bottema S., Van Zeist W., 1990. Middle East Early Holocene Vegetation (ca. 8000 BP), Ludwig Riechert Verlag, Wiesbaden.

Bouimetarhan, I., Dupont, L., Schefuss, E., Mollenhauer, G., Mulitza, S., Zonneveld, K., 2009. Palynological evidence for climatic and oceanic variability off NW Africa during the late Holocene, *Quaternary Research*, 72, 2, p. 188-197

Boyadziev Y. 1995. Chronology of prehistoric cultures in Bulgaria, *in* D.W. Bailey, I. Panayotov (Eds.) 1995, *Prehistoric Bulgaria*, Wiskonsin, p. 149-191

Boyle, J. F., Gaillard, M.-J., Kaplan, J. O. and Dearing, J. A., 2011. Modelling prehistoric land use and carbon budgets: A critical review, *The Holocene*, 21, n°5, p. 715-722

Bradshaw R. H.W, Hannon G. E, Lister A.M., 2003. A long-term perspective on ungulate–vegetation interactions, *Forest Ecology and Management*, Vol. 181, Issues 1–2, p. 267-280

Bradzil R., Glaser R., C. Pfister et al., 1999. Flood events of selected European rivers in the sixteenth century, *Climatic Change*, vol. 43, n°. 1, p. 239–285

Braidwood, 1960. The Agricultural Revolution. *Scientific American,* 203, p. 130–48

Branch N.P., Canti M.G., Clark P., Turney C.S.M., 2005, *Environmental Archaeology : Theoretical and Practical Approaches*, Edward Arnold, London

Braudel F., 1949. *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II*, Paris, Armand Colin.

Bravard J.-P. et coll., 2002. Les paléo-environnements fluviatiles et lacustres depuis 15 000 ans, Conclusions méthodologiques et perspectives, *in* Bravard J.-P. et Magny M. (Dir.), *Les fleuves ont une histoire, paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15000 ans,* Errance, Paris, p. 303-312

Bravard J.-P., 1989. La métamorphose des rivières des Alpes françaises à la fin du Moyen-âge et à l'époque moderne, *Bull. de la Société de Géographie de Liège*, n° 25, p. 145-157

Bravard J.-P., 1992. Les rythmes d'évolution des vallées françaises au Tardiglaciaire et à l'Holocène, *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, n°3, p. 207-226

Bravard J.-P., 1997. Géoarchéologie des vallées fluviales de Rhône-Alpes depuis le Tardi-Glaciaire. *In Dynamiques des paysages, entretiens de Géoarchéologie*, Lyon, DARA, p. 129-150

Bravard J.-P., 2002. Les paléo-environnements fluviatiles et lacustres depuis 15 000 ans. Conclusions méthodologiques et perspectives, *in* Bravard J.-P., Magny M. (Dir.), *Les fleuves ont une histoire, Paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans*, Errance, Paris, p. 303-312

Bravard J.-P., Magny M. (Dir.), 2002. *Les fleuves ont une histoire, paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15000 ans,* Errance, Paris, 312 p.

Bravard J.-P., Petit F., 1997. *Les cours d'eau : dynamique du système fluvial*, Collection U, Armand Colin, Paris, 222 p.

Bravard J.-P., Salvador P.-G., 1999. Géomorphologie et sédimentologie des plaines alluviales, in Bravard J.-P., Cammas C., Nehlig P., Poupet P., Salvador P.-G., Wattez J. (Ed.), *La géologie. Les sciences de la Terre*, Editions Errance, Paris, p. 57-92

Bravard, J.-P., Peiry, J.-L., 1999. The CM pattern as a tool for the classification of alluvial suites and floodplain along the river continuum, in Marriot, S. B., Alexander, J. (Eds), *Floodplains: Interdisciplinary approach*, Geological society, London, Special publications 163, p. 259-268

Bremond L., Alexandre A., Hély C., Guiot J., 2005. A phytolith index as a proxy of tree cover density in tropical areas: calibration with Leaf Area Index along a forest–savanna transect in southeastern Cameroon, *Global and Planetary Change*, 45, p. 277-293

Bremond L., Alexandre A., Wooller M.J., Hely C., Williamson D., Schafer P.A., Majule A., Guiot J., 2008. Phytolith indices as proxies of grass subfamilies on East African tropical mountains. *Global and Planetary Change*, 61, p. 209-224

Bremond L., Alexandre A., Wooller M.J., Hély C., Williamson D., Schäfer P.A., Majule A., Guiot J.? 2008. Phytolith indices as proxies of grass subfamilies on East African tropical mountains, *Global and Planetary Change*, 61 (3-4), p. 209-224

Breunig, P., Neumann, K., 2002a. From Hunter-Gatherers to food producers: new archaeological and archaeobotanical evidence from the West African Sahel, *in* Hassan F.A. (Ed), *Droughts, Food and Culture*, Academic Publishers, New York, p. 123-155

Breunig, P., Neumann, K., 2002b. Continuity or discontinuity? The 1st millennium BC-crisis in West African prehistory. *in* Lenssen-Erz, T. Tegtmeier, U. and Kropelin, S. (Eds), Tides of the desert, *Africa Praehistorica* 14, p. 499-505

Breuning P. 2007. L'homme, artisan des paysages de savane, *Pour la Science*, 358, p. 56-61

Brierley G. J., Fryirs K. A., 2005. *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*, Blackwell Publications, Oxford, UK, 398 p.

Brierley G.J., Fryirs K., 2001. Creating a catchment-framed biophysical vision for river rehabilitation programs, *in* Rutherfurd I., Sheldon F., Brierley G., Kenyon C. (Eds.), *Third Australian Stream Management Conference proceedings: The value of Healthy Rivers*, 27-29 August 2001, Brisbane, Cooperative Research Centre for Catchment Hydrology, Melbourne, Vol. 1, p. 59-65

Brierley G.J., Fryirs K., Jain V. 2006. Landscape connectivity : The geographic basis of geomorphic applications, *Area,* 38.2, p. 165-174

Brierley G.J., Fryirs, K. 1999. Tributary -trunk stream relations in a cut-and-fill landscape: A case study from Wolumla catchment, N.S.W., Australia. *Geomorphology* 28, p. 61-73

Briffa K. R., OsbornT. J., Schweingruber F. H., 2004. Large-scale temperature inferences from tree rings : A review, *Global Planet, Change*, 40, p. 11 –26

Broecker W. S., Denton G.H., Edwards R.L., Cheng H., Alley R.B., Putnam A.E., Putting the Younger Dryas cold event into context, *Quaternary Science Reviews*, Volume 29, Issues 9–10, p. 1078-1081

Bronk, Ramsey, C., 2008. OxCal 4.0. http://c14.arch.ox.ac.uk/oxcalhelp/hlpcontents.html.

Brookes, A., 1988. *Channelized Rivers: Perspectives for Environmental Management*, Wiley, Chichester.

Brooks N., 2006. Cultural responses to aridity in the Middle Holocene and increased social complexity, *Quaternary International*, Volume 151, Issue 1, p. 29-49

Broström A., Nielsen A., Gaillard M.-J., Hjelle K., Mazier F., Binney H., Bunting J., Fyfe R., Meltsov V., Poska A., Räsänen S., Soepboer W., von Stedingk H., Suutari H., Sugita S., 2008. Pollen productivity estimates of key European plant taxa for quantitative reconstruction of past vegetation: a review, *Vegetation History and Archaeobotany*, vol. 17, Issue 5, p. 461 478

Brown A. G., 1997. *Alluvial geoarchaeology, Floodplain archaeology and environmental change*. Cambridge manuals in Archaeology, Cambridge University Press, Cambridge, 377 p.

Brown A. G., 1999. Characterising Prehistoric lowland environments using local pollen assemblages, *Quaternary Proceedings 7*, p. 585-594

Brown A.G., 2003. Global environmental change and the palaeohydrology of Western Europe: a review, *in* Gregory K.J., Benito G. (Eds.), *Palaeohydrology: Understanding Global Change*, Wiley, Chichester, UK, p. 105–121

Brown A.G., 2004. Divisions of floodplain space and sites on riverine 'islands': functional, ritual, social, or liminal Places ? *Journal of Wetland Archaeology,* 3, p. 3-16

Brown A.G., 2008. Geoarchaeology, the four dimensional (4D) fluvial matrix and climatic causality. *Geomorphology*, 101, 1-2, p. 278-297

Brown A. G., 2009. Colluvial and alluvial response to land use change in Midland England: an integrated geoarchaeological approach, in special issue "Climate and long-term human impact on sediment fluxes in watershed systems", *Geomorphology*, 108, (1-2), p. 92-106

Brown A. G., 2010. Colluvial and Alluvial response to land use in Midland England : An integrated geoarchaeological approach, *Geomorphology,* 108, p. 92-106

Brown A.G., Barber K.E**.,** 1985. Late Holocene palaeoecology and sedimentology history of a small lowland catchment in central England, *Quaternary Research,* 24, p. 87-102

Brown, A. G., Keough M.K., 1992. Palaeochannels and palaeolandsurfaces : the geoarchaeological potential of some Midland (U.K.) floodplains, *in* Needham S., Macklin M. (Eds), *Archaeology Under Alluvium*, Oxford, Oxbow, p. 185–196

Brown A. G., Keough M.K., Rice R.J., 1994. Floodplain evolution in the East Midlands, United Kingdom: the Lateglacial and Flandrian alluvial record from the Soar and Nene valleys. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series A*348, p. 261–93

Brown A. G., Ellis C., 1995. People, climate and alluviation : theory, research design and new sedimentological and stratigraphic data from Etruria, Italy, *Papers of the British School in Rome*, 63, p. 45-73

Brown, A.G., Cooper, L., Salisbury, C.R., Smith D.N., 2001. Late Holocene channel changes of the Middle Trent: channel response to a thousand-year flood record, *Geomorphology*, 39, (1-2), p. 69-82

Brown, A.G., Carpenter, R.G. and Walling, D.E., 2007. Monitoring fluvial pollen transport, its relationship to catchment vegetation and implications for palaeoenvironmental studies, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 147, (1-4), p. 60-76

Brown A.G., Carey C., Erkens G., Fuchs M., Hoffmann T., Macaire J.J., Moldenhauer K.M., Walling D.E., 2009. From sedimentary records to sediment budgets: multiple approaches to catchment sediment flux, *Geomorphology*, 108, p. 35–47

Brückner H**.,** Vött A**.,** Schriever **A.,** Handl M., 2005. Holocene delta progradation in the eastern Mediterranean– case studies in their historical context, *Méditerranée*, 104, p. 95-106 (http://mediterranee.revues.org/2342)

Brunet P. avec la coll. de P. Girardin, 2001. *Inventaire régional des paysages en Basse-Normandie*, Conseil Régional de Basse-Normandie, DIREN de Basse-Normandie, 2 Tomes, Caen, 871 p.

Bruneton H., 2004. Paramètres endogens et exogènes dans la constitution des remblaiements holocènes des piémonts : le cas des Alpilles, *Méditerranée*, 2004-102, p. 37-46

Bruneton H., Provansal M., Devillers B., Jorda C., Ollivier V., Miramont C., Blanchemanche P., Berger J.-F., Leveau P., 2002. Relations entre paléohydrologie et morphogenèse holocènes des petits et moyens bassins versants en basse Provence et Languedoc oriental, *in* Bravard J.-P., Magny M. (Dir.), *Les fleuves ont une histoire*, Errance, p. 259-268

Brunsden D., Thornes J.B., 1979. Landscape sensitivity and change, *Transactions of the Institute of British Geographers*, 4 (4), p. 463–484

Budja M., 2007. The 8200 cal BP climate event and the process of neolithisation in south-eastern Europe. *Documenta Praehistorica*, 34, p. 191–201

Bullock P., Fedoroff N., Jonguerius A., Stoops G., Tursina T., Babel U., 1985. *Handbook for soil thin section*, Waine Research Publications, Wolverhampton.

Büntgen U., Tegel W., Nicolussi K., McCormick M., Frank D., Trouet V., Kaplan J.O. Herzig F., Heussner K.-U., Wanner H., Luterbacher J., Esper J., 2011. 2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility, *Science* 331, p. 578-582

Bunting M.J., Middleton D., 2005. Modelling pollen dispersal and deposition using HUMPOL software, including simulating windroses and irregular lakes, *Review of Palaeobotany and Palynology*, Volume 134, Issues 3–4, p. 185-196

Burnouf J., Leveau P. (Dir.), 2004. *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture. Sociétés préindustrielles et milieux fluviaux, lacustres et palustres : pratiques sociales et hydrosystèmes*, Paris, Ed. du CTHS, 493 p.

Burnouf J., Carcaud N., Cubizolle H., Trément F., Visset L., Garcin M., Serieyssol M., 2001. Les relations sociétés/milieux physiques depuis la fin du Tardiglaciaire : les apports du programme Loire, *Quaternaire* 1-2, p. 5-13

Burnouf J., Muxart T., Villalba B., Vivien F.-D., 2003. Le passé a de l'avenir : premier bilan de l'appel d'offre « histoire des interactions sociétés

– milieux » et perspectives de recherches, *in* Muxart T. et coll. (Ed.), 2003, *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*, Elsevier, Paris, p. 15-28

Burroughs B.A., Hayes, D.B., Klomp K.D., Hansen J.F., Mistak J. 2009. Effects of Stronach Dam removal on fluvial geomorphology in the Pine River, Michigan, United States**,** *Geomorphology,* 110, 3-4, p. 96-107

Büntgen U., Tegel W., Nicolussi K., McCormick M., Frank D., Trouet V., Kaplan J.O. Herzig F., Heussner K.-U., Wanner H., Luterbacher J., Esper J., 2011. 2500 Years of European Climate Variability and Human Susceptibility, *Science* 331, p. 578-582

Butzer K. W., 1974. Geo-archaeological interpretation of Acheulian talc-pan sites at Doornlaagte and Rooidam (Kimberley, South Africa), *Journal of Archaeological Science*, 1, p. 1-25

Butzer K., 1982. *Archaeology as Human Ecology*, Cambridge University Press, London.

Butzer K., 2005. Environmental history in the Mediterranean world: cross-disciplinary investigation of cause-and-effect for degradation and soil erosion, *Journal of Archaeological Science*, 32 (12), p. 1773–1800

Butzer K.W., Harris S.E., 2007. Geoarchaeological approaches to the environmental history of Cyprus: explication and critical evaluation, *Journal of Archaeological Science*, 34, p. 1932–1952

C

Cador J.-M., 2005. Les Pays hydrologiques de Basse-Normandie. *Hydrosystèmes normands*. Caen : Livret-Guide de l'excursion 2005 de la commission Hydrosystèmes Continentaux du CNFG, p. 8-28

Cador J.-M., Lespez L., (sous-presse). Entre hydrosystèmes et systèmes hydrauliques : les cours d'eau bas-normands aujourd'hui, i*n* Lespez L. (Ed.), *Paysages et gestion de l'eau : sept millénaires d'histoire des basses vallées en Normandie*. Bibliothèque du Pôle Rural 2, MRSH Caen-Association d'Histoire Rurale, 22 p.

Caillaud R., Lagnel E., 1972. Le cairn et le crématoire néolithiques de La Hoguette à Fontenay-le-Marmion (Calvados), *Gallia Préhistoire* 15, p. 137-185

Caillault S., 2011. *Le feu, la brousse et la savane. Modélisation spatiale de la dynamique des paysages soudaniens (Burkina Faso)*, Thèse de Géographie, Université de Caen Basse-Normandie, 377 p.

Calvet M., 2006. Accidents aléatoires ou crises morphogéniques : l'interprétation risquée des dynamiques fluvio-torrentielles holocènes et historiques en Méditerranée, *in* Allée P., Lespez L. (Eds.), *L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement.* Actes de la Table Ronde en l'honneur de René Neboit-Guilhot. Collection "Nature et Société" 3, Presses Universitaires Blaise Pascal, Clermont Ferrand, p. 401-406

Campbell J., 2000. *Holocene Palaeoenvironments of Guernesey and Alderney, Channel Islands*, Unpublished PhD thesis, Coventry University, 367 p.

Camuffo D., Bertolin C., Barriendos M., Dominguez-Castro F., Cocheo C., Enzi S., Sghedoni M., della Valle A., Garnier E., Alcoforado M.-J., Xoplaki E., Luterbacher J., Diodato N., Maugeri M., Nunes M., Rodriguez R., 2010. 500-year temperature reconstruction in the Mediterranean Basin by means of documentary data and instrumental observations, *Climatic Change*, Vol. 101, Issue 1, p. 169-199

Camuzard J.-P., 2000. *Les sols marqueurs de la dynamique des systèmes géomorphologiques continentaux,* Thèse de 3ème cycle, Université de Caen, 509 p.

Carcaud N, Garcin M., Visset L., Burnouf J., 2002. Nouvelle lecture de l'évolution des paysages fluviaux à l'Holocène dans le bassin de la Loire moyenne, *in* Bravard J.P., Magny M. (Dir.), *Les fleuves ont une histoire, paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15000 ans*, Errance, Paris, p. 71-84.

Carcaud N., 2004. *D'espace et de temps : un itinéraire de recherche et d'enseignement sur les anthroposystèmes fluvuiaux*, Mémoire d'Habilitation à Diriger les Recherches, 216 p.

Carozza L., Marcigny C., Talon M., 2009. Ordres et désordres de l'économie des sociétés durant l'âge du Bronze en France *in* Bartelheim M., Stäuble D.H. (Eds), *Die wirtshaftlichen Grundlagen der Bronzezeit Europas*, Verlag Marie Leidorf GmbH . Rahden/Westf, p. 23-65

Carpenter R., 1966. *Discontinuity in Greek civilization*, Londres.

Carpentier V., 2007. *Les pieds dans l'eau ... La basse Dives et ses riverains, des origines aux temps modernes. Contribution à l'histoire environnementale des zones humides de Normandie*, Thèse de doctorat en histoire et archéologie des mondes anciens et médiévaux

sous la direction de C. Lorren, Université de Caen Basse-Normandie, 7 vol., dactyl. 2270 p.

Carpentier V., sous-presse. Sources écrites et reconstitution des dynamiques paysagères des zones humides. Un exemple de transcription commentée : l'enquête du bailli de Caen sur les marais de la Dives en 1295-1297, *in* Lespez L. (Ed.), *Paysages et gestion de l'eau : sept millénaires d'histoire des basses vallées en Normandie*. Bibliothèque du Pôle Rural 3, MRSH Caen-Presses Universitaires de Caen, p. 55-74

Carpentier V., Marcigny C., Savary X., 2002, Enclos et souterrains du Second Âge du fer dans la Plaine de Caen, l'exemple de Cormelles-le-Royal (Calvados), *Revue Archéologique de l'Ouest*, 19, p. 37-60

Carpentier V., Ghesquière E., Marcigny C., 2006, *Grains de Sel. Sel et salines du littoral bas-normand (Préhistoire-XIXe siècle). Entre Histoire et Archéologie*, Saint-Malo-Rennes, AMARAI/CeRAA, Les Dossiers du CeRAA, Suppl., n° AC, 182 p.

Carpentier V., Garnier E., Lespez L., Maertens S., 2007, Les marais de la basse vallée de la Dives. Contribution interdisciplinaire à l'histoire d'un espace productif et de ses mutations paysagères sur le temps long, *Aestuaria* 9, p. 213-230

Carpentier V., Lespez L., Garnier E., Maertens S., Clet-Pellerin M., Davidson R., (sous-presse). Les marais de la basse vallée de la Dives du Mésolithique à nos jours, *in* Lespez L. (Ed.), *Paysages et gestion de l'eau : sept millénaires d'histoire des basses vallées en Normandie*. Bibliothèque du Pôle Rural 3, MRSH Caen-Presses Universitaires de Caen, p. 173-196

Carrion J. S., Fernandez S., 2009. The survival of the natural potential vegetation'concept (or the power of tradition), *Journal of Biogeography*, 36, p. 2202–2203

Caseldine, C.J., Fyfe, R.M., Langdon, C.T., Thompson, G., 2007. Simulating the nature of vegetation communities at the opening of the Neolithic on Achill Island, Co. Mayo, Ireland – the potential role of models of pollen dispersal, *Review of Palynology and Palaeobotany*, 144, p. 135–144

Castanet C., 2008. La *Loire en val d'Orléans. Dynamiques fluviales et socio-environnementales durant les derniers 30 000 ans : de l'hydrosystème à l'anthroposystème*, Thèse de l'Université Paris 1 Panthéon Sorbonne, Université Paris 1/BRGM, 485 p.

Cauvin J., 1978. *Les premiers villages de Syrie-Palestine du IXe au VIIe millénaire av. J.-C.*, Lyon, Maison de l'Orient méditerranéen.

Cauvin J., 1997. *Naissance des divinités, naissance de l'agriculture: la révolution des symboles au néolithiqu*e, ed. CNRS, 330 p.

Chambers F.M., Mauquoy D., Gent A., Pearson F., Daniell J.R.G., Jones P.S., 2007. Palaeoecology of degraded blanket mire in South Wales: data to inform conservation management, *Biological Conservation*, 137, p. 197–209

Champion E., 1996. *Moulins et meuniers carolingiens dans les polyptiques entre Loire et Rhin*, Paris, AEDEH, Vulcain, coll. Histoire et Patrimoine, 96 p.

Chancerel A., Desloges J., Dron J.-L., San Juan G., 1992. Le début du Néolithique en Basse-Normandie, *Revue Archéologique de l'Ouest*, Supplément n° 5, p. 153-173

Chancerel A., Marcigny C., Ghesquière E. (Dir.), 2006. *Le plateau de Mondeville (Calvados) du Néolithique à l'âge du Bronze,* Paris, MSH, Document d'Archéologie Française 99, 208 p.

Chapman J.C., 1988. Ceramic Production and Social Differentiation: The Dalmatian Neolithic and the Western Mediterranean**,** *Journal of Mediterranean archaeology*, Vol 1, N° 2, p. 3-25

Charman D. J., Barber K.E., Blaauw M., Langdon P.G., Mauquoy D., Daley T.J., Hughes P., Karofeld E., 2009. Climate drivers for peatland palaeoclimate records, *Quaternary Science Reviews*, Volume 28, Issues 19–20, p. 1811-1819

Charman D.J., Blundell A., Chiverrell R.C., Hendon D., Langdon, P.G., 2006. Compilation of non-annually resolved Holocene proxy climate records: stacked Holocene peatland palaeo-water table reconstructions from northern Britain, *Quaternary Science Reviews* 25, p. 336–350

Charman, D., 2002. *Peatlands and Environmental Change*. Wiley and Sons Ltd, Chichester, 301 p.

Chartin C., Bourennane H., Salvador-Blanes S., Hinschberger F., Macaire J.-J., 2011. Classification and mapping of anthropogenic landforms on cultivated hillslopes using DEMs and soil thickness data — Example from the SW Parisian Basin, France, *Geomorphology*, Volume 135, Issues 1–2, p. 8-20

Chaussé Ch., Leroyer Ch., Girardclos O., Allenet G., Pion P., Raymond P., 2008. Middle late Holocene history of the river Seine in Paris (France), Contribution of the "quai Branly" Museum data, *The Holocene*, 18, 6, p. 967-980

Childe V.G., 1928, *The most ancient east: the oriental prelude to European history*, P. Kegan, Trench, Trubner, London, 326 p.

Chiverrell Richard C., Thorndycraft Varyl R., Hoffmann Thomas O. (2011). Cumulative probability functions and their role in evaluating the chronology of geomorphological events during the Holocene, *Journal of Quaternary Scienc*e, vol 26, issue 1, p. 76-85

Chouquer G., 2000. *L'étude des paysages, essais sur leurs formes et leur histoire.* Errance, Paris, 208 p.

Chouquer G., 2008. *Traité d'archéogéographie, La crise des récits géohistoriques*, Errance, Paris, 228 p.

Clarke David L., 1968. *Analytical Archaeology*. Methuen.

Clément-Sauleau S., Ghesquière E., Le Goff I., Marcigny C., 2000. Habitats et monuments du Néolithique moyen : le dolmen de Cairon « La pierre tourneresse » (Calvados), Communication préliminaire, *Internéo 3, Journée d'Information du 2 décembre 2000*, p. 85-101

Clet-Pellerin M., 1981. *Sondage palynologique du marais de la Dives à Varaville*, Unpublished Report, 9 p.

Clet-Pellerin M., 1985. Synthèse palynologique de quelques sites archéologiques de Normandie depuis le Néolithique, *in Palynologie Archéologique*, Actes des Journées du 25, 26, 27 janvier 1984, Notes et Monographies techniques 17, CNRS, Paris, p. 425-442

Clet-Pellerin M., 1986. Analyses polliniques dans quelques sites néolithiques de Normandie, La chambre A du tumulus néolithique de Vierville (Manche), Actes du Xème Colloque Interrégional sur le Néolithique. *Revue Archéologique de l'Ouest*, supplément n° 1, p. 279-284

Clet-Pellerin M., Dupeuble P. A., Helluin M., Lefebvre M., Pellerin, J., et Coll., 1987. Les formations marines et continentales du Pléistocène Récent dans la région d'Asnelles-Saint-Côme de Fresné (Calvados). *Bulletin du Centre de Géomorphologie*, 32, Caen, p. 71-98

Clet-Pellerin M., Huault M.-F., Larsonneur C., Pellerin J., 1977, La Basse Vallée de l'Orne. Le remblaiement périglaciaire et postglaciaire. L'évolution paléogéographique et l'histoire de la végétation, *Bulletin Société Linnéenne de Normandie*, Caen, 105, p. 23-44

Clet-Pellerin M., Verron G., 2004, Influence de l'Homme sur l'évolution des paysages normands pendant l'Holocène, *in* Richard H. (Dir.), *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir de données polliniques*, Annales Littéraires 77, Presses Universitaires Franc-Comtoises, Besançon, Série Environnement, sociétés et archéologies, 7, p. 53-68

Clet-Pellerin, M., Helluin, M., Pellerin, J., Pareyn, C., 1990. Le Tuf de Reviers (Calvados), Proc. Conf. Tufs et travertins quaternaires des bassins de la Seine et de la Somme, et des Régions limitrophes, *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen* 38, p. 199-213

Collart P., 1937. *Philippes, ville de Macédoine depuis ses origines jusqu'à la fin de l'époque romaine*, Paris, 558 p.

Coltorti M., Consoli M., Dramis F., Gentili B., Pambianchi G., 1991. Evoluzione geomorfologica delle piane alluvionali delle Marche centro-meridionali, *Geogr. Fis. Dinam. Quat.*, 14 (1), p. 87-100

Conolly J., Colledge S., Dobney K., Vigne J.D., Peters J., Stopp B., Manning K., Shennan S., 2011. Meta-analysis of zooarchaeological data from SW Asia and SE Europe provides insight into the origins and spread of animal husbandry, *Journal of Archaeological Science*, Volume 38, Issue 3, p. 538-545

Conseil de l'Europe, 2000. *Convention européenne du paysage*, Florence, 18 p.

Contreras D.A., 2009. Reconstructing landscape at Chavín de Huántar, Perú: A GIS-based approach, *Journal of Archaeological Science*, Volume 36, Issue 4, April 2009, p. 1006-1017

Coombes P., Barber K., 2005. Environmental determinism in Holocene research: causality or coincidence ?, *Area*, 37, p. 303–311

Corbonnois J., Jacob-Rousseau N., Delahaye D., Alber A., Arnaud-Fassetta G., Astrade L., Castanet C., Delorme-Laurent V., Douvinet J., El Ghachi M., Garlatti F., Ioana-Toroimac G., Kane C., Masson E., Racassi G., Rollet A.-J., Thénard L., 2009. La recherche sur le thème de la dynamique fluviale : processus, aléa, aménagement, in Laganier R., Arnaud-Fassetta G. (Ed.), *Les géographies de l'eau. Processus, dynamique et gestion de l'hydrosystème*, L'Harmattan, Paris, p. 229-298

Costa J.E., 1975. Effects of agriculture on erosion and sedimentation in Piedmont province, Maryland, *Geological Society of America Bulletin*, 86, p. 1281–1286

Coulthard T. J., Kirkby M. J., Macklin M. G., 2000. Modelling geomorphic response to environmental change in an upland catchment. *Hydrological Processes*. 14, p. 2031-2045

Coulthard T. J., Kirkby M. J., Macklin. M. G., 1999. Modelling the impacts of Holocene environmental change in an upland river catchment, using a cellular automaton approach,

in Browne Quinne (Eds.), *Fluvial processes and environmental change*, p. 31-46

Coulthard T.J., Hicks D.M., Van DeWiel M.J., 2007. Cellular modelling of river catchments and reaches: advantages, limitations and prospects, *Geomorphology*, 90, p. 192–207

Coulthard T.J., Lewin J., Macklin M.G., 2005. Modelling differential catchment response to environmental change, *Geomorphology*, 69, p. 222–41

Coulthard T.J., Macklin M.G., 2001. How sensitive are river systems to climate and land-use changes? A model-based evaluation, *Journal of Quaternary Science*, 16 (4), p. 347–351

Coulthard T.J., Macklin M.G., Kirkby M.J., 2002. A cellular model of Holocene upland river basin and alluvial fan evolution, *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, p. 269–88

Court-Picon M., Buttler A., Beaulieu J-L., 2005. Modern pollen–vegetation relationships in the Champsaur valley (French Alps) and their potential in the interpretation of fossil pollen records of pastcultural landscapes. *Rev. Paleobotany and palynonolgy* 135, p. 13-39

Courty M.-A., Fedoroff N., 2002. Micromorphologie des sols et sédiments archéologiques, *in* Miskovsky J.-C. (Dir.), *Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications*, éd. Géopré, Paris, p. 511-554

Courty M.A., Golberg P., Macphail R.I., 1989. *Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge, University Press of Cambridge.

Cousinery E.M., 1831, *Voyage dans la Macédoine contenant des Recherches sur l'histoire et la géographie et les antiquités de ce pays (1814-1816)*, Paris, Imprimerie Royale, p. 1-84

Coussot C., 2007. *Evolution géomorphologique et paléogéographique du bassin de Skopje (A.R.Y.M.) à l'Holocène. Incidences sur l'implantation néolithique*, Thèse de Doctorat, Paris 12 Val de Marne.

Coutard S., Clet-Pellerin M., 2006. Évolution de la sédimentation et de la végétation pendant l'Holocène dans les marais arrière-littoraux du Val de Saire (Cotentin, Normandie), *Actes de la Table Ronde en l'honneur de René Neboit-Guilhot*. Collection "Nature et Société, Presses Universitaires Blaise Pascal, Clermont Ferrand, p. 273-280

Crutzen P. J., Stoermer E.F., 2000. The Anthropocene, *Global Change Newsletter*, 41, p. 17–18

Crutzen P., 2002. Geology of Mankind, *Nature*, p. 23

Crutzen P., Steffen W., 2003. How Long Have We Been in the Anthropocene Era ?, *Climatic Change*, 61, p. 251-257

Csiki S., Rhoads B. L. 2010. Hydraulic and geomorphological effects of run-of-river dams, *Progress in Physical Geography*, 34, 6, p. 755-780

D

D'Onofrio C., 1980. *Il Tevere : l'Isola tibertina, le inondazioni, i molini, i porti, le rive, i muraglioni, i ponti di Roma,* Romana Societa Editrice, 520 p.

Dabkowski J., Antoine P., Limondin-Lozouet N., Chaussé C., Carbonel P., 2010. Les microfaciès du tuf calcaire éemien (SIM 5e) de Caours (Somme, France) : éléments d'analyse paléoécologique du dernier interglaciaire, *Quaternaire*, vol. 21/2, p. 127-137

Daout R., 2008. *L'intérêt d'une étude hydro-pédologique pour comprendre le fonctionnement d'un hydrosystème : le cas de la Mare de Vauville (50),* Mémoire de recherches de Master I de Géographie, 147 p.

Darcque P., Koukouli-Chryssanthaki H., Malamidou D., Treuil R., Tsirtsoni Z., 2007. Recent researches at the Neolithic settlement of Dikili Tash, Eastern Macedonia, 2004. Greece : an overview, *in* Todorova H., Stefanovich M., Ivanov G. (Eds), *The Struma/Strymon River Valley in Prehistory, Proceedings of the International Symposium ëStrymon Praehistorikosí, Kjustendil-Blagoevgrad (Bulgaria) and Serres-Amphipolis (Greece), 27.09-1.10.2004*, Sofia (2007), p. 247-256

Darcque P., Touchais G., Treuil R., Travaux de l'EFA en Grèce en 1993 : Dikili Tash, *Bulletin de Correspondance Hellénique*, 118 (1994), p. 437-446

Darcque P., Koukouli-Chryssanthaki Ch., Malamidou D., Treuil R., Tsirtsoni Z., sous presse. The Chalcolithic period at Dikili Tash (Eastern Macedonia, Greece), *in* Boyadziev Y., Ignatova-Terzieva St. (Eds.), *The Golden fifth millennium. Thrace and its neighbour areas in the Chalcolithic period, Proceedings of the International Symposium, Yundola-Pazardzik 27-30 october 2009*, p. 189-199

Darcque P., Germain-Vallée C., Lespez L., Malamidou D., Maniatis Y., Oberweiler C., Pomadère M., Prévost-Dermarkar S., 2004. *La Terre et le Feu dans le monde égéen*, Rapport final de l'ACI PROSODIE, 84 p.

Darcque P., Koukouli-Chryssanthaki H., Malamidou D., Treuil R., Tsirtsoni Z., 2007. Recent researches at the Neolithic settlement of Dikili Tash, Eastern Macedonia, Greece : an overview, *in* Todorova H., Stefanovich M., Ivanov G. (Eds), *The Struma/Strymon River Valley in Prehistory, Proceedings of the International Symposium 'Strymon Praehistoricus', Kjustendil-Blagoevgrad (Bulgaria) and Serres-Amphipolis (Greece), 27.09-1.10.2004*, Sofia (2007), p. 247-256

Darcque, P., 1996. Malia à l'âge du Bronze, *in L'espace grec, Cent cinquante ans de fouilles de l'Ecole Française d'Athènes*, Fayard, p. 25-40

Darcque, P., Koukouli-Chryssanthaki H., Malamidou D., Tsirtsoni Z., 2009. Rapport sur les travaux de l'École française d'Athènes en 2008, Dikili Tash, *Bulletin de Correspondance Hellénique,* 133, p. 529-41

Darcque, P., Tsirtsoni Z., 2010. Evidence from Dikili Tash (Eastern Macedonia, Greece) and the *tell* issue, *in* Hansen S. (Ed.), *Leben auf dem Tell als soziale Praxis, Beiträge des internationalen Symposiums in Berlin vom 26-27*, Februar 2007, Kolloquien zur Vor- und Frühgeschichte 14, Bonn: Rudolf Habelt, p. 55-69

Davasse B., 2000. *Forêts charbonniers et paysans dans les Pyrénées de l'est, du Moyen âge à nos jours : une approche géographique de l'histoire de l'environnement*, Geode, 287 p.

Daveau, S., 1959. *Recherches morphologiques sur la région de Bandiagara*, Mém. I.F.A.N. 56, Paris.

De Moor J, Verstraeten G., 2008. Alluvial and colluvial sediment storage in the Geul River catchment (The Netherlands): combining field and modelling data to construct a Late Holocene sediment budget, *Geomorphology*, 95, p. 487-503

De Nascimento L., Willis K.J., Fernández-Palacios J.M., Criado C., Whittaker R. J., 2009. The long-term ecology of the lost forests of La Laguna, Tenerife (Canary Islands), *Journal of Biogeography*, 36, 3, p. 1365-2699

De Ploey J., 1975. The evaluation of soil erosion and Man's impact in Africa. *An. Acad. Brasil. Ciencias*, suppl. 47, p. 165-172

Dearing J., Dotterweich M., Foster T., Newman L., von Gunten L. (Eds), 2011. *Integrative Paleoscience for Sustainable Management*, Pages news, Vol 19, n°2, 52 p.

Dearing J.A., 2008. China Landscape change and resilience theory: a palaeoenvironmental assessment from Yunnan, SW China, *The Holocene*, 18 (1), p. 117-127

Dearing J.A., Jones R.T., 2003. Coupling temporal and spatial dimensions of global sediment flux through lake and marine sediment records, *Global and Planetary Change*, 39, p. 147–68

Dearing J.A., Jones R.T., Shen J., Yang X., Boyle J.F., Foster G.C., Crook D.S., ElvinM.J.D., 2008. Using multiple archives to understand past and present climate–human–environment interactions: the lake Erhai catchment, Yunnan Province, China, *Journal of Paleolimnology*, 40, p. 3–31

Delahaye D., 1992. *Approches spatialisées et analyses expérimentales des phénomènes de ruissellement et d'érosion des sols. Application aux systèmes de production agricole du Calvados*. Thèse de doctorat, Université de Caen, 427 p.

Delahaye D., 2002. *Apport de l'analyse spatiale en géomorphologie – modélisation et approche multiscalaire des risques*, Mémoire d'Habilitation à diriger des recherches, 2 tomes, Université de Rouen, 250 p.

Delahaye D., 2003. Du ruissellement érosif à la crue turbide en domaine de grande culture. Analyse spatiale d'un phénomène complexe, *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, n°3, p. 287-301

Delahaye D., 2008. Modelling the watershed as a Complex Spatial System: A review, *in* Guermond Y. (Ed.), *Modeling Process in Geography*, Wiley ed. p. 191-213

Delahaye D., Douvinet J., Langlois P., 2010. Le bassin versant : de l'unité spatiale aux sous unités fonctionnelles, *in* Weisbuch G., Zwirn H., *Qu'appelle-t-on aujourd'hui les sciences de la complexité ?*, p. 301-328

Delahaye D., Guermond Y., Langlois P., 2001. Spatial interaction in the run-off process. http://cybergeo.revues.org/3795

Delhon C., Alexandre A., Berger J.F., Thiébault S., Léopold J., Brochier, Meunier J.D., 2003. Phytolith assemblages as a promising tool for reconstructing Mediterranean Holocene vegetation,

Delhon C., Thiébault S., Berger J.F., 2009. Environment and landscape management during the Middle Neolithic in Southern France: Evidence for agro-sylvo-pastoral systems in the Middle Rhone Valley, *Quaternary International*, Volume 200, Issues 1–2, 1, p. 50-65

DeMenocal P., 2001. Cultural responses to climate change during the Late Holocene, *Science*, 292, p. 667–673

DeMenocal, P., Ortiz, J., Guiderson, T., Adkins, J., Sarnthein, M., Baker, L., Yarunsky, M., 2000.

Abrupt onset and termination of the African humid period: rapid climate response to gradual insolation forcing, *Quaternary Science Reviews* 19, p. 347-361

Demoule J.-P., 2000. Les récipients en céramique : formes et décors des récipients du Néolithique Récent (Chalcolithique), *in* Treuil R. (Ed.), *Dikili Tash, village préhistorique de Macé doine orientale*, I. Fouilles de Jean Deshayes (1961-1975), vol. 2, BCH Suppl. 37

Denèfle M., Lezine A.-M., Fouache E., Dufaure J.-J., 2000. A 12 000 year pollen record from Lake Maliq, Albania, *QuaternaryResearch* 54, p. 423–432

Depraz S., 2008. *Géographie des espaces protégés. Genèse, principes et enjeux territoriaux*, coll. U, Armand Colin, 320 p.

Derex J.-M., 2001. Pour une histoire des zones humides en France (XVIIe-XIXe siècle), des paysages oubliés, une histoire à écrire, *Histoire & Sociétés Rurales* 15, p. 11-36.

Descola P., 1986. *La Nature domestique : symbolisme et praxis dans l'écologie des Achuar*, Ed. de la Maison des sciences de l'homme, Paris, 450 p.

Descola P., 2005. *Par-delà nature et culture*, ed. Gallimard, Bibliothèque des Sciences Humaines, Paris, 623 p.

Descola P., 2010. L'impossible dissociation entre nature et culture, *in* Gouyon P.-H., Letiche H. (Eds.), *Aux origines de l'environnement*, Fayard, Paris, p. 209- 219

Descola P., 2011. *L'écologie des autres : L'anthropologie et la question de la nature*, Quae ed., 110 p.

Desloges J., 1997. Les premières architectures funéraires de Basse-Normandie, Actes du colloque international "La culture de Cerny, nouvelle économie, nouvelle société au Néolithique" (Nemours, 1994) *in Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ile-de- France*, 6, p. 15-539

Desloges J., Ropars A., 2011. Regard sur les formes de l'occupation protohistorique dans les plaines du Calvados, du point de vue de la prospection aérienne (1986-2010). Actes du Colloque de l'AFEAF, Caen, *Revue Archéologique de l'Ouest.*

Desmarets T., 2011a. *Évaluation du plan de gestion 2006-2010*, Réserve Naturelle nationale de la Mare de Vauville, Groupe ornithologique normand, DREAL Basse-Normandie, 148 p.

Desmarets T., 2011b. *Plan de gestion 2012-2016*, Réserve Naturelle nationale de la Mare de Vauville. Groupe ornithologique normand, DREAL Basse-Normandie, 260 p.

Desplanques H., 1969. *Campagnes ombriennes*, A. Colin, Paris, 573 p.

Devillers B., 2005. *Morphogenèse et anthropisation holocènes d'un bassin versant semi-aride : le Gialias, Chypre,* Thèse de l'université de Provence, Aix-Marseille 1, 423 p.

Devillers B., 2008. *Holocene morphogenesis and anthropisation of a semi-arid watershed*, Gialias River, Cyprus, British Archaeological Reports, Archaeopress, Oxford, 199 p.

Devillers B., Lecuyer N., 2008. Le Petit Âge Glaciaire en milieu semi-aride : le bassin versant du Gialias (Chypre) et ses relations avec l'occupation des sols, *Zeitschrift für Geomorphologie*, Volume 52, n° 2, p. 207-224

Diamant S., 1974. *The later village farming stage in Southern Greece*, Ann Arbor.

Diamond J., 2005. *Effondrement : Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, Gallimard, 648 p.

Dietsch-Sellami M.-F., 2011. Les restes carpologiques, *in* Ghesquière E. et Marcigny C. (Dir.), *Cairon, Vivre et Mourir au Néolithique*, Presses Universitaires de Rennes, Série Archéologie et Cultures, p. 153-159

Digard J.-P., 2009. Les voies de la domestication animale, entre tendance, hasard et nécessité, *in* Demoule J.-P. (Dir.), *La Révolution néolithique dans le monde*, CNRS Editions, Paris, p. 165-180

Digerfeldt G., Sandgren P., Olsson S., 2007. Reconstruction of Holocene lake-level changes in Lake Xinias, central Greece, *The Holocene*, 17 (3), p. 361–367

Dion R., 1933. *Essai sur la formation du paysage rural français*, Tours, Arrault, 162 p. (réédition 1991, Paris, Flammarion)

Dolukhanov D., Sarson G.R., Shukurov A., Zaitseva G.I., 2009. Multiple sources of the European Neolithic: Mathematical modelling constrained by radiocarbon dates, *Quaternary International*, Volume 203, Issues 1–2, 1 p. 10-18

Dotterweich M., 2008. The history of soil erosion and fluvial deposits in small catchments of central Europe: deciphering the long-term interaction between humans and the environment — a review, *Geomorphology*, 101, p. 192–208

Douvinet J., 2008. *Les bassins versants sensibles aux "crues rapides" dans le Bassin Parisien - Analyse de la structure et de la dynamique de systèmes spatiaux complexes*, Thèse de

géographie, Université de Caen Basse-Normandie, 393 p.

Downs, P.W., Gregory, K.J., 2004. *River channel management. Towards Sustainable Catchment Hydrosystems*. Arnold, London.

Downward S., Skinner K., 2005. Working rivers: the geomorphological legacy of English freshwater mills, *Area*, 37, p. 138-147

Doyle M.W., Stanley E.H., Orr C.H. Selle A.R. Sethi S.A., Harbor J.M., 2005. Stream ecosystem response to small dam removal: Lessons from the Heartland, *Geomorphology, 71, 1-2, p. 227-244*

Dreibrodt S., Lubos C., Terhorst B., Damm B., Bork H.-R., 2010. Historical soil erosion by water in Germany: Scales and archives, chronology, research perspectives, *Quaternary International*, Volume 222, Issues 1–2, 1, p. 80-95

Driessen J., MacDonald C.F., 1999. The troubled Island, Minoan Crete before and after the Santorini eruption. Aegeum 17, *Annales d'archéologie de l'Université de Liège and UT-PASP*.

Dron J.-L., Le Goff I., 2007. Des architectures monumentales pour les morts : mémoire et pouvoir, *in* Marcigny C., Ghesquière E., Desloges J. (Dir.), *La hache et la meule* : *les premiers paysans du Néolithique en Normandie* (catalogue d'exposition), Le Havre, éditions du Muséum d'Histoire naturelle du Havre, p. 128-147

Dubouloz J., Bostyn F., Chartier M., Cottiaux R., LeBolloc'h M. 2005, La recherche archéologique sur le Néolithique en Picardie, *Revue Archéologique de Picardie*, 3–4, p. 63–98

Duby G., Wallon A. (Dir.), 1975. *Histoire de la France rurale*. 4 vol., Paris, Seuil.

Ducelier A., 1986. *Byzance et le monde orthodoxe*. Paris, Colin, 504 p.

Duchaufour P., 1991. *Pédologie. Sol, végétation, environnement*, Paris, Masson, Abrégés, 289 p.

Dufaure J.J. (dir.), 1984. *La mobilité des paysages méditerranéens*, Toulouse, Revue Géogr. Pyr. Et Sud-Ouest, Trav. II, 387 p.

Dufaure J.-J., 1993. Quelques réalités physiques balkaniques et égéennes, *Historiens-Géographes*, 337, p. 63-88

Dufour S., Piegay H., 2009. From the myth of a lost paradise to targeted river restoration: forget natural references and focus on human benefits, *River Research and Applications,* 25, 5, p. 568–581

Dugmore A. J., Church M. J., Buckland P. C., Edwards K. J., Lawson I., McGovern T. H., Panagiotakopulu E., Simpson I. A., Skidmore P., Sveinbjarnardóttir G., 2005. The Norse *landnám* on the North Atlantic islands: an environmental impact assessment, *Polar Record,* 41**,** p. 21–37

Dugmore A., Borthwick D., Church M., Dawson A., Edwards K., Keller C., Mayewski P., McGovern T., Mairs K.-A., Sveinbjarnardóttir G., 2007. The Role of Climate in Settlement and Landscape Change in the North Atlantic Islands: An Assessment of Cumulative Deviations in High-Resolution Proxy Climate Records, *Human Ecology*, 35**,** p. 169-178

Durand-Dastès F., 2004. Déterminisme, *Hypergéo*, http://www.hypergeo.eu/spip.php?article52

Durand-Dastès F., Favory F., Fiches J.-L., Mathian H., Pumain D., Raynaud C., Sanders L., Van Der Leeuw S., 1998. *Des oppida aux métropoles, Archéologues et géographes en vallée du Rhône*, Paris, Anthropos, coll. «Villes», 188 p.

Dusar B., Verstraeten G., Notebaert B., Bakker J., 2011. Holocene environmental change and its impact on sediment dynamics in the Eastern Mediterranean, *Earth-Science Reviews*, Volume 108, Issues 3–4, p. 137-157

E

Edwards K.J., Schofield J.E., Mauquoy D., 2008. High resolution paleoenvironmental and chronological investigations of Norse landnam at Tasiusaq, Eastern Settlement, Greenland, *Quaternary Research* 69, p. 1-15

Edwards K.J., Halstead P., Zvelebil M., 1996. The Neolithic transition in the Balkans - archaeological perspectives and palaeoecological evidence: a comment on Willis and Bennett, *The Holocene*, 6, p. 120-122

Eichhorn B., Neumann K., Garnier, A., 2010. Seed phytoliths in West African Commelinaceae and their potential for palaeoecological studies, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298, p. 300-310

Eichhorn, B., Neumann, K., (sous-presse). Holocene vegetation change and land use at Ounjougou, Mali, *in* Fuller D. Q., Murray M. A. (Eds), *Flora, past cultures and archaeobotany in Africa*, Left Coast Press, Walnut Creek, USA.

El Amrani M., Macaire J.-J., Zarki H., Bréhéret J.-G., Fontugne M., 2008. Contrasted morphosedimentary activity of the lower Kert River (northeastern Morocco) during the Late Pleistocene and the Holocene. Possible impact of

bioclimatic variations and human action, *Comptes Rendus Geoscience*, Volume 340, Issue 8, p. 533-542

Elhaï H., 1963. *La Normandie occidentale entre la Seine et le golfe normano-breton. Etude morphologique*. Thèse de doctorat, Bordeaux, Bière, 581 p.

Elhaï H., Larsonneur C., 1969, Dépôts tardiglaciaires et postglaciaires sur la côte du Calvados, *Bulletin de l'association française pour l'étude du quaternaire*, 6, 2, p. 93-104

Elster E.S., Renfrew C. (Eds.), 2003. *Prehistoric Sitagroi : excavations in northeast Greece, 1968-1970*. Vol. 2, The final report. Los Angeles, CA : Cotsen Institute of Archaeology, University of California, Los Angeles, Monumenta archaeologica 20.

Erhardt H., 1954. *La genèse des sols en tant que phénomène géologique. Esquisse d'une théorie géologique et géochimique, biostasie et rhexistasie*, Masson, Paris, 177 p.

Erkens G., Dambeck R., Volleberg K., Bouman M., Bos J., Cohen K., Wallinga J., Hoek W., 2009. Fluvial terrace formation in the northern Upper Rhine Graben during the last 20 000 years as a result of allogenic controls and autogenic evolution, *Geomorphology*, 103, p. 476-495

Evin J., Lambert G.N., Langouët L., Lanos P., Oberlin C. La Datation en laboratoire, Collection "Archéologiques", Errance, 1998, 2e éd. 2005

F

Fairhead J., Leach M., 1996. *Misreading the African Landscape: Society and Ecology in a Forest-savanna Mosaic*. Cambridge University Press, Cambridge.

Faugeres L., 1989. Le cadre géographique, *in* Treuil R., Darcque P., Poursat J.-C., Touchais G. (Dir.), *Les civilisations égéennes du Néolithique et de l'Age du Bronze*, Paris, PUF, Nouvelle CLIO, p. 81-109

Faure H., Faure L., Diops E.S. (Eds), 1986. *Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire passé-présent-futur,* ORSTOM, Travaux et documents 197, Paris, 515 p.

Faust D., Zielhofer C., Escudero R.B., Diaz del Olmo F., 2004. High resolution fluvial record of late Holocene geomorphic change in northern Tunisia: climatic or human impact ?, *Quaternary Science Reviews* 23, p. 1757-1775

Fédoroff M., Courty M.-A., 2002. Paléosols et sols reliques, *in* Miskovsky J.-C. (Ed.), *Géologie de la Préhistoire*, Paris, Géopré, p. 277-316

Fedoroff N., Courty M.-A., 1994. Organisation du sol aux échelles microscopiques, *in* Bonneau M., Souchier B. (Eds), *Pédologie, 2. Constituants et propriétés des sols*, 2e édition, Paris, p. 349-375

Fel L., 2009. *L'esthétique verte*, Champ Vallon, Seyssel, 352 p.

Fiener P., Auerswald K., Van Oost K., 2011. Spatio-temporal patterns in land use and management affecting surface runoff response of agricultural catchments - A review**,** *Earth-Science Reviews*, 106, p. 92-104

Flotté D., Ménager L., Vipard L., 2008, *Région Basse-Normandie, département du Calvados, commune de Thaon, lotissement et maison de retraite, parcelles ZD 17 et 77,* Rapport de diagnostic archéologique, SRA Basse-Normandie, 28 p. + annexes.

Foster J.D.L., Mighall T.M., Wotton C., Owens P.N., Waling D.E., 2000. Evidence for Mediaeval soil erosion in the South Hams region of Devon, UK, *The Holocene*, vol. 10, 2, p. 261-271

Fotiadis M., 1985. *Economy, Ecology and Settlement among subsistence farmer in the serres basins, northeastern Greece 5000-1000 B.C.*, Ph. D. Indiana University, 467 p.

Fouache E. (Ed.), 2003. *The Mediterranean world environment and history*, Elsevier, Paris, 485 p.

Fouache E., 1999. *L'alluvionnement historique en Grèce occidentale et au Péloponèse, géomorphologie, archéologie, histoire*, Bulletin de Correspondant Hellénique, Supplément 35, Athènes, 235 p.

Fouache E., Dalongeville R., Kunesch S., Suc J.-P., Subally D., Prieur A., Louzouet P., 2005. The Enironmental setting of the harbor of the classical site of Oeniades on the Acheloos delta, Greece, *Geoarchaeology* 20 (3), p. 285–302

Fouache E., Desruelles S., Magny M., Bordon A., Oberweiler C., Coussot C., Touchais G., Lera P., Lézine A.M., Fadin L., Roger R., 2010. Palaeogeographical reconstructions of Lake Maliq (Korça Basin, Albania) between 14,000 BP and 2000 BP, *Journal of Archaeological Science*, Volume 37, Issue 3, p. 525-535

Fouache E., Gaki-Papanastassiou K., 1997. Les crues brutales dans la plaine d'Argos (Grèce) : une contrainte à l'aménagement, de l'Antiquité à nos jours, *Géomorphologie*, vol. 3, n°3/4, p. 313-324

Fouache E., Pavlopoulos K. (Eds), 2005. *Sea Level Changes in Eastern Mediterranean during Holocene. Indicators and Human Impacts*, Actes du colloque du même nom, Working group on Geoarchaeology (IAG), University of Harokopio (Athens), Athens, october 16-18 2003, Zeitschrift fur Geomorphologie Supplementary volume 137, 193 p.

Fouache E., Rasse M., 2007. Avant-propos du dossier « Géoarchéologie », *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 2, p. 115-118

Foulds S.A., Macklin M.G., 2006. Holocene land-use change and its impact on river basin dynamics in Ireland and Great-Britain. *Progress in Physical Geography*, 30, p. 589–604

Fredlund G.G., Tieszen L.T., 1994. Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains, *J. Biogeogr.,* 21, p.321–335

French C., 2003. *Geoarchaeology in Action. Studies in soil micromorphology and landscape evolution*, Routledge, New York, 291 p.

French C., Lewis H., 2005. New perspectives on Holocene developments in the Southern English Chalklands : The Upper Allen valley, Cranborn Chase, Dorset, *Geoarchaeology : an International journal*, 20, 2, p. 109-134

Freytet P., 1990. Contribution à l'étude des tufs du bassin de Paris, Actes du Colloque "Tufs et travertins quaternaires des bassins de la Seine et de la Somme, et des Régions limitrophes" (Rouen, 1989), *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen*, 38, p. 9-47

Frouin M., Durand A., Sebag D., Huault M.F., Ogier S., VerrecchiaE. P., Laignel B., 2009, Holocene evolution of a wetland in the Lower Seine Valley, Marais Vernier, France, *The Holocene,* 19, p. 717-727

Frouin M., Sebag D., Durand A., Laignel B., 2010. Palaeoenvironmental evolution of the Seine River estuary during the Holocene, *Quaternaire* 21, 1, p. 71-83

Froyd, C., Willis K.J. 2008. Emerging issues in biodiversity and conservation management: the need for a palaeoecological perspective, *Quaternary Science Reviews*, 27, p. 1723-1732

Fryirs K., Brierley G.J., 1999. Slope–channel decoupling in Wolumla catchment, New South Wales, Australia: the changing nature of sediment sources following European settlement, *CATENA*, Volume 35, Issue 1, p. 41-63

Fryirs K., Brierley G.J., 2001. Variability in sediment delivery and storage along river courses in Bega catchment, NSW, Australia: Implications for geomorphic river recovery, *Geomorphology*, 38, p. 237-265

Fryirs K., Brierley G.J., Preston N.J., Kasai M., 2007. Buffers, barriers and blankets: the (dis)connectivity of catchmentscale sediment cascades, *Catena*, 70, p. 49–67

Fuchs M., 2007. An assessment of human versus climatic impacts on Holocene soil erosion in NE Peloponnese, Greece, *Quaternary Research*, 67, p. 349–356

Fuchs M., Fischer M., Reverman R., 2010. Colluvial and alluvial sediment archives temporally resolved by OSL dating: implications for reconstructing soil erosion, *Quaternary Geochronology*, 5, p. 269–273

Fuchs M., Lang A., Wagner G.A., 2004. The history of Holocene soil erosion in the Phlious basin, NE Peloponnese, Greece, based on optical dating, *The Holocene*, 14 (3), p. 334–345

Fuchs M., Will M., Kunert E., Kreutzer S., Fischer M., Reverman R., 2011. The temporal and spatial quantification of Holocene sediment dynamics in a meso-scale catchment in northern Bavaria, Germany, *The Holocene*, 21, p. 1093-1104

Fuller D.Q., van Etten J., Manning K., Castillo C., Kingwell-Banham E., Weisskopf A., Qin L., Sato Y., Hijmans R.J., 2011. The contribution of rice agriculture and livestock pastoralism to prehistoric methane levels: An archaeological assessment, *The Holocene*, 21, p. 743-759

Fustec E., Lefeuvre J.-C., 2000, *Fonctions et valeurs des zones humides*, Dunod, 426 p.

Fyfe R. M. 2007. The importance of local-scale openness within regions dominated by closed woodland, *Journal of Quaternary Science,* 22, p. 571-578

Fyfe R. M., 2006. GIS and the application of a model of pollen deposition and dispersal: a new approach to testing, landscape hypotheses using the POLLANDCAL models, *Journal of Archaeological Science,* 33, p. 483–93

Fyfe R. M., Brück J., Johnston R., Lewis H., Roland T., Wickstead H., 2008. Historical context and chronology of Bronze Age enclosure on Dartmoor, *Journal of Archaeological Science,* 35, p. 2250-2261

Fyfe R., Roberts N., Woodbridge J., 2010. A pollen-based pseudobiomisation approach to anthropogenic land-cover change, *The Holocene*, 20, p. 1165-1171

G

Gaillard, M.J., Sugita, S., Bunting, M.J., Middleton, R., Broström, A., Caseldine, C., Giesecke, T., Hellman, E.V., Hicks, S., Hjelle, K., Langdon, C., Nielsen, A.-B., Poska, A., von Stedingk, H., Veski, S., POLLANDCAL members, 2008. The use of modelling and simulation approach in reconstructing past landscapes from fossil pollen data: a review and results from the POLLANDCAL network, *Vegetation History and Archaeobotany,* 17, 5, p. 419–444

Gallais J., 1984. *Hommes du Sahel*, Coll. Géographes, Paris, Flammarion, 289 p.

Galop D., 1998. *La forêt, l'homme et le troupeau dans les Pyrénées. 6000 ans d'histoire de l'environnement entre Garonne et Méditerranée*, Geode, Toulouse, 285 p.

Galop D., Carozza L., Magny M. and Guilaine J. (Eds.), 2009. Rhythms and Causalities of the Anthropisation Dynamic in Europe between 8500 and 2500 cal BP: Sociocultural and/or Climatic Assumptions, *Quaternary International*, 200, 1-2, p. 1-122

Galop D., Houet T., Mazier F., Leroux G., Rius D., 2011. Grazing activities and biodiversity history in the Pyrenees: New insights on high altitude ecosystems in the framework of a Human-Environment Observatory, *PAGES Newsletter,* 19, p. 53-55

Gandouin E., Ponel P., Andrieu-Ponel V., Guiter F., de Beaulieu J.-L., Djamali M., Franquet E., Van Vliet-Lanoë B., Alvitre M., Meurisse M., Brocandel M., Brulhetacques J., 2009. 10,000 years of vegetation history of the Aa palaeoestuary, St-Omer Basin, northern France, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 156, 3-4, p. 307-318

Garcin, Y., Vincens, A., Williamson, D., Buchet, G., Guiot, J., 2007. Abrupt resumption of the African Monsoon at the Younger Dryas-Holocene climatic transition, *Quaternary Science Reviews*, 26, p. 690-704

Garnier A., en cours. *La dynamique d'un système fluvial et de ses zones humides en Afrique soudano-sahélienne au cours de l'Holocène (Yamé, Mali). Approches géomorphologique et paléobiologique*, Thès de Géographie, Université de Caen Basse Normandie.

Garnier A., Lespez L., Delahaye D., Dufour S., en prep. Evolution and response of fluvial system during the Holocene in the Yamé valley (Dogon Country, Mali)

Garnier A., Neumann K., Lespez L., Eichhorn B. (soumis). Using Phytolith analysis in fluvial deposits to reconstruct the Mid- to Late Holocene landscapes at Ounjougou (Mali), *The Holocene*, 12 p.

Garnier E., 2006. Les bocages normands à l'épreuve des catastrophes. Fonctions écologiques et gestion durable des milieux bocagers XVIe-XVIIIe siècle, *in* Antoine A., Marguerie D. (Eds.), *Bocages et Sociétés*, Rennes, Presses Universitaires de Rennes, p. 127-138

Garnier E., 2007. La ville face aux caprices du fleuve : l'exemple normand XVIème-XVIIIème siècles, *Histoire urbaine, ville et environnement*, *Société Française d'Histoire Urbaine* 18, p. 41-60

Garnier E., sous-presse. L'apport des archives modernes à la connaissance des relations entre les usages et les paysages des zones humides et des vallées de l'ouest de la France, *in* Lespez L. (Ed.), *Paysages et gestion de l'eau : sept millénaires d'histoire des basses vallées en Normandie*. Bibliothèque du Pôle Rural 3, MRSH Caen-Association d'Histoire Rurale, p. 55-72

Gasse F., 2000. Hydrological changes in the African tropics since the last glacial maximum, *Quaternary Science Reviews* 19, p. 189-211

Gasse F., 2002. Diatom-inferred salinity and carbonate oxygen isotopes in Holocene waterbodies of the western Sahara and Sahel (Africa). *Quaternary Science Reviews* 21, p. 737-767.

Gauthier E., Bichet V., Massa C., Petit C., Vannière B., Richard H., 2010. Pollen and non-pollen palynomorph evidence of medieval farming activities in southwestern Greenland, *Vegetation History and Archaeobotany*, Volume 19, Numbers 5-6, p. 427-438

Gearey, B. R., Charman, D. J., Kent, M., 2000a. Palaeoecological evidence for the Prehistoric settlement of Bodmin Moor, Cornwall, Southwest England. Part I : The status of woodland and early human impacts, *Journal of Archaeological Science*, 27, p. 423-438

Gearey, B. R., Charman, D. J., Kent, M., 2000b. Palaeoecological evidence for the Prehistoric settlement of Bodmin Moor, Cornwall, Southwest England. Part II : Land Use Changes from the Neolithic to the Present, *Journal of Archaeological Science*, 27, p. 493-508

Gebhardt A., 1990. *Evolution du paléopaysage agricole dans le Nord-ouest de la France, apport de la micromorphologie*, Thèse de doctorat, Rennes I, 191 p.

George P. (Dir.), 1993. *Dictionnaire de la géographie*, Presses universitaires de France

Geraga M., Ioakim C., Lykousis V., Tsaila-Monopolis S., Mylona G., 2010. The highresolution palaeoclimatic and palaeoceanographic history of the last 24,000 years in the central Aegean Sea, Greece, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 287, p. 101–115

Gerard F., 1972. *Les noms de lieux du canton de Beaumont-Hague*, Publication multigraphiée, fasc. 14, Ecole des Chartes, Paris, 432 p.

Gerasimidis A., Athanasiadis N., 1995. Woodland history of northern Greece from the mid Holocene to recent time based on evidence from peat pollen profiles, *Vegetation History and Archaebotany*, 4, p. 109-116

Germaine M.-A., 2008. Mesurer la diversité des paysages de vallées. Réalisation d'une typologie des paysages de vallées à l'échelle de la Basse-Normandie, *Norois*, n°207, 2-2008, p. 7-19

Germaine M.-A., 2009. *De la caractérisation à la gestion des paysages ordinaires des vallées du nord-ouest de la France, Enjeux d'environnement, représentations et politiques publiques en Basse-Normandie*, Thèse de Géographie, Université de Caen Basse-Normandie, 648 p.

Germaine M.-A., Barraud R. (accepté). Entre « rivières sauvages » et « rivières vivantes » : quel devenir pour la rivière aménagée ?, *Nature Sciences Sociétés*, 24 p.

Germaine M.-A., Cador J.-M., Lespez L., 2011. Le poids des héritages dans la gestion durable des paysages des basses vallées côtières de l'ouest de la France, *in* Lespez L. (Dir.) *Paysages et gestion de l'eau : sept millénaires d'histoire des vallées en Normandie*, Bibliothèque du Pôle Rural 3, MRSH Caen, 29 p.

Germaine M.-A., Puissant A., Lespez L., Ballouche A., 2007. Analyse spatiale et typologie morphologique des petites vallées bas-normandes, *Revue Internationale de Géomatique*, vol.17/3-4, p. 415-430

Germain-Vallée C., Lespez L. (coord.), 2011. *Archéologie du Paysage de la Plaine de Caen du Néolithique à l'époque contemporaine*. Rapport de Programme Collectif de Recherche, Ministère de la Culture, 102 p + annexes.

Germain-Vallée C., Lespez L. 2006. Dynamique holocène d'un fond de vallée normand (Laizon, Calvados), approche géomorphologique et micromorphologique *in* Allée P., Lespez L. (Eds), *L'érosion entre société, climat et paléoenvironnement.* Actes de la Table Ronde en l'honneur de René Neboit-Guilhot. Collection "Nature et Société 3, Clermont Ferrand, Presses Universitaires Blaise Pascal, p. 281-286

Germain-Vallée C., Lespez L., 2011. L'apport de recherches géomorphologiques et micromorphologiques récentes à l'archéologie des paysages de la Plaine de Caen (Calvados, Basse-Normandie), *in* Lespez L. (Dir.) Géoarchéologie dans l'Ouest de la France, *Norois* 220, p. 141-176

Germain-Vallée C., Prevot-Dermarkar S., Lespez L., 2011. Stratégies de prélèvement et de mise en œuvre de la « terre à bâtir » des structures de combustion néolithiques du site de Dikili Tash (Grèce) à partir d'une étude micromorphologique. *Archéosciences*, 25 p.

Germain-Vallée C., Prevot-Dermarkar S., Lespez L., 2011. Stratégies de prélèvement et de mise en œuvre de la « terre à bâtir » des structures de combustion néolithiques du site de Dikili Tash (Grèce) à partir d'une étude micromorphologique. *Archéosciences*, 25 p.

Ghesquière E., Marchand G. (Eds), 2010. *Le Mésolithique en France. Archéologie des derniers chasseurs-cueilleurs*, La Découverte, 178 p.

Ghesquière E., Marcigny C. (Dir.), 2011. *La «Pierre Tourneresse» à Cairon (Calvados). Un habitat puis un monument funéraire du Néolithique moyen*, PUR, coll . Archéologie et Culture, 199 p.

Ghilardi M., Genç A., Syrides G., Bloemendal J., Psomiadis D., Paraschou T., Kunesch S., Fouache E., 2010. Reconstruction of the landscape history around the remnant arch of the Klidhi Roman Bridge, Thessaloniki Plain, North Central Greece. *Journal of Archaeological Science*, 37, 1, p. 178-191

Ghilardi M., Kunesch S., Styllas M., Fouache E., 2008. Reconstruction of Mid-Holocene sedimentary environments in the central part of the Thessaloniki Plain (Greece), based on microfaunal identification, magnetic susceptibility and grain-size analyses. *Geomorphology*, 97 (3-4), p. 617-630

Ghilardi M., Psomiadis, D., Cordier S., Delanghe-Sabatier D., Demory F., Hamidi F., Paraschou T., Dotsika E., Fouache E. (sous-presse). The impact of rapid early- to mid-Holocene palaeoenvironmental changes on Neolithic settlement at Nea Nikomideia, Thessaloniki Plain, Greece, *Quartenary International*.

Giguet-Covex C., Arnaud F., Poulenard J., Disnar J.-R., Delhon C., Francus P., David P., Enters D., Rey P.J., Delannoy J.J., 2012., Changes in erosion patterns during the Holocene in a currently

treeless subalpine catchment inferred from lake sediment geochemistry (Lake Anterne, 2063 m a.s.l., NW French Alps) : The role of climate and human activities, *The Holocene*, vol. 21, 4, p. 651-665

Gill, R.B., 2000. *The Great Maya Droughts: Water, Life and Death*, University of New Mexico Press, Albuquerque, New Mexico, Gillson, Lindsey

Gillson L., Ekblom A., Willis K., Froyd C., 2008. Holocene palaeo-invasions: the link between pattern, process and scale in invasion ecology?, *Landscape Ecology*, Volume 23, Issue 7, p. 757-769

Gkiasta M., Russell T., Shennan S. Steele, J., 2003. Neolithic transition in Europe: the radiocarbon record revisited, *Antiquity* 77, p. 45–62

Glaser R., Riemann D., Schönbein J., Barriendos M., Brázdil R., Bertolin C., Camuffo D., Deutsch M., Dobrovolny P., van Engelen A., 2010. The variability of European floods since AD 1500, *Climatic Change*, Volume 101, n°1/2, p. 235-256

Gil-Romera G., López-Merino L., Carrión J. S., González-Sampériz P., Martìn-Puertas C., López Sáez J. A., et al., 2010. Interpreting resilience through long-term ecology: Potential insights in Western Mediterranean landscapes, *The Open Ecology Journal*, 3, p. 43–53

Goldberg P., Macphail R. I., 2006. *Practical and theoretical geoarchaeology*, Blackwell Publishing, Malden, US, 455 p.

Görsdorf J., Bojadziev J., 1996. Zur absoluten Chronologie der bulgarischen Urgeschichte. Berliner 14C-Datierungen von bulgarischen archäologischen Fundplätzen, *Eurasia Antiqua* 2, p. 105–73

Goudie A., 1993. Human influence in geomorphology, *Geomorphology*, Volume 7, Issues 1–3, p. 37-59

Gounaris G., Velenis G., 1990. The excavation of the of the university of Thessaloniki in 1990, *Etudes archéologiques en Macédoine et en Thrace (AEMT)*, 4, p. 477-482

Gourou P., 1982. *Terres de bonne espérance: le monde tropical*, Plon.

Graf W.L., 1988. *Fluvial Processes in Dryland Rivers*. Springer, Berlin.

Gramménos D., Fotiadis M., 1980. Sur les habitats préhistoriques de la Macédoine orientale, *Anthrôpologika* 1, p. 15-53 (en grec)

Gregory K.J., Benito G. (Eds.), 2003. *Palaeohydrology, Understanding Global Change*. Wiley, West Sussex, 396 p.

Gregory K.J., 2006. The human role in changing river channels, *Geomorphology* 79, p. 172–191

Greig J., Turner J., 1974. Some pollen diagrams from Greece and their archaeological significance, *Journal of Aarchaeological Science* 1, p. 177-194

Greig J., Turner J., 1975. Some Holocene pollen diagrams from Greece, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 20, p. 171-204

Greig J., Turner J., 1986. Vegetational history, *in* Renfrew C., Gimbutas M., Elster E. (Eds), *Excavation at Sitagroi : a prehistoric village in Northeast Greece* ,T. I, Los Angeles, University of California, p. 40-54

Grove A.T., Rackham O., 2001. *The Nature of Mediterranean Europe: An Ecological History*, Yale University Press, New Haven.

Guilaine J., 1991. *Pour une Archéologie agraire*, Paris, Armand Colin, 576 p.

Guilaine J., 2000. *Premiers paysans du monde. Naissance des agricultures*, Errance, Paris, 2000, 320 p

Guilaine J., 2003. *De la vague à la tombe. La conquête néolithique de la Méditerranée (8000-2000 avant notre ère)*, Seuil, Paris, 2003, 380 p.

Guilloré P., 1980. *Méthode de fabrication mécanique et en série des lames minces*, Institut national agronomique, département des sols, Paris.

Maren Gumnior, Heinrich Thiemeyer, Holocene fluvial dynamics in the NE Nigerian Savanna: some preliminary interpretations, Quaternary International, Volume 111, Issue 1, 2003, Pages 51-58

Gumnior M., Preusser F., 2007. Late Quaternary river development in the southwest Chad Basin: OSL dating of sediment from the Komadugu palaeofloodplain (northeast Nigeria), *Journal of Quaternary Science*, 22, 7, p. 709-719

Gumnior M. 2008. Some new insights on fluvial dynamics and Holocene landscape evolution in the Nigerian Chad Basin, *Zeitschrift für Geomorphologie*, 52,1, p. 17-30

H

Hägerstrand, T., 1952. *The propagation of innovation waves*, Lund.

Halstead P., 2000. Land Use in Postglacial Greece: cultural causes and environmental effects, *in* Halstead P., Frederick Ch. (Eds),

Landscape and land use in postglacial Greece, Sheffield, p. 110-128

Halstead P., 1989. Like rising damp? An ecological approach to the spread of farming in south east and central Europe, *in* Milles A., Wiiliams D., Gardner N. (Eds.), *The Beginnings of Agriculture*, BAR Int. Series 496, Oxford, p. 23–53

Hansen J. F., Hayes D. B., 2011. Long term implications of dama removal for macroinvertate communities in Michigan and Wisconsin rivers, United States, *River Research and Applications*, p. 1535-1467

Happ, S.C., Rittenhouse G., Dobson G.C., 1940. *Some principles of accelerated stream and valley sedimentation*, U.S. Department of Agriculture Technical Bulletin, 695 p.

Harfouche R., 2007. *Histoire des paysages méditerranéens terrassés : aménagements et agriculture*, BAR International Series 1634, Archaeopress, Oxford, 265 p.

Harris M., 1979. *Cultural Materialism: The Struggle for a Science of Culture*, New York, Random House

Harvey A.M., 2002. Coupling between hillslopes and channels in upland fluvial systems: implications for landscape sensitivity, illustrated from the Hogwill Fells, northwest England, *Catena*, p. 225-250

Hassan F.A., 1981. Historical Nile floods and their implications for climatic change, *Science*, 212, p. 1142-1145

Heinrich J., Moldenhauer K.-M., 2002. Climatic and anthropogenic induced landscape degradations of West African dry Savanna environments during the Later Holocene, *Quaternary International*, 93-94, p. 127-137

Heuzey L., Daumet H., 1876. *Mission archéologique de Macédoine*, Paris.

Hillman G.C., Hedges R., Moore A.M.T., Colledge S., Pettitt P., 2001. New evidence of Late Glacial cereal cultivation at Abu Hureyra on the Euphrates, *Holocene*, 11, p. 383–393

Hodell D., Curtis J., Brenner M., 1995. Possible role of climate in the collapse of Classic Maya civilization. *Nature* 375, p. 391–394

Hodell D., Brenner M., Curtis J., 2005. Terminal Classic drought in the northern Maya Lowlands inferred from multiple sediment cores in Lake Chichancanab (Mexico), *Quaternary Science Reviews* 24, p. 1413–1427

Hoelzmann, P., Gasse, F., Dupont, L.M., Salzmann, U., Staubwasser, M., Leuschner, D.C., Sirocko, F., 2004. Palaeoenvironmental changes in the arid and subarid belt (Sahara-Sahel-arabian peninsula) from 150 Kyr, *in* Battarbee R.W., et coll. (Eds), *Past Climate Variability through Europe and Africa*, Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, Netherlands, p. 219-256

Hoffmann T., Erkens G., Cohen K.M., Houben P., Seidel J., Dikau R., 2007. Holocene floodplain sediment storage and hillslope erosion within the Rhine catchment, *The Holocene*, 17, p. 105-118

Hoffmann T., Erkens G., Gerlach R., et al. 2009. Trends and controls of Holocene floodplain sedimentation in the Rhine catchment. *Catena*, 77, p. 96–106

Hoffmann T., Lang A., Dikau R., 2008. Holocene river activity: analyzing 14C-dated fluvial and colluvial sediments from Germany, *Quaternary Science Reviews*, 27, p. 2031–2040

Hoffmann T., Thorndycraft V.R., Brown A.G., Coulthard T., Damnati B., Kale V.S., Middelkoop H., Notebaert B., Walling D.E., 2010. Human impact on fluvial regimes and sediment flux during the Holocene: review and future research agenda, *Global and Planetary Change*, Volume 72, Issue 3, p. 87-98

Hoffmann F., 2005. Les tufs et travertins en Périgord-Quercy, *Karstologia. Mémoires*, Presses Univ de Bordeaux, 262 p.

Höhn, A, Kahlheber, S, Hallier-von Czerniewicz, M., 2004. Den frühen Bauern auf der Spur – Siedlungs- und Vegetationsgeschichte der Region Oursi (Burkina Faso) *in* Albert K.-D., Löhr D., Neumann, K. (Eds), *Mensch und Natur in Westafrika*, Weinheim: Wiley/VCH, p. 221-255

Holl F. C Augustin 2009. L'apparition de l'agriculture en Afrique, *in* Demoule J.P. (Dir.), *La révolution néolithique dans le monde*.

Hooke J.M., 2006. Human impacts on fluvial systems in the Mediterranean region, *Geomorphology*, 79, p. 311–335

Hooke J., 2003. Coarse sediment connectivity in river channel systems: a conceptual framework and methodology, *Geomorphology* 56 , p. 79–94

Houben P., Wunderlich J., Schrott L., 2008. Climate and long-term human impact on sediment fluxes in watershed systems, *Geomorphology*, 108 (1–2), p. 1-7

Houben P., 2006. Scale linkage and contingency effects of field-scale and hillslope-scale controls of long-term soil erosion: Anthropogeomorphic sediment flux in agricultural loess watersheds of

Southern Germany, *Geomorphology*, 101, 1-2, p. 94-114

Houben P., 2007. Geomorphological facies reconstruction of Late Quaternary alluvia by the application of fluvial architecture concepts, *Geomorphology*, 86(1-2), p. 94-114

Houben P., 2008. Scale linkage and contingency effects of field-scale and hillslope-scale controls of long-term soil erosion: anthropogeomorphic sediment flux in agricultural loess watersheds of Southern Germany, *Geomorphology*, 101, p. 172–191

Houben P., Wunderlich J., Schrott L., 2009. Climate and long-term human impact on sediment fluxes in watershed systems, *Geomorphology*, Volume 108, Issues 1–2, p. 1-7

Huault M.-F., 1972. Recherches sporo-polliniques sur le Postglaciaire des vallées de l'Orne et de la Dives, *Bulletin Société Linnéenne de Normandie*, Caen, p. 46-57

Hulme, M., 1992. Rainfall changes in Africa: 1931-1960 to 1961-1990, *International Journal of Climatology,* 12, p. 685-699

Hunt C. O., Gilbertson D.D., 1995. Human activity, Landscape change and valley alluviation in the Feccia valley, Tuscan, Italy, *in* Lewin, J., Maklin M., Woodward J. (Eds), *Mediterranean Quaternary River Environments*, Balkema, Rotterdam, p. 167-178

Huysecom E. 2007. Un Néolithique ancien en Afrique de l'Ouest, *Pour la Science*, 358, p. 44-49

Huysecom E., Ballouche A., Gallay A., Guindo N., Keita D., Kouti S., Le Drezen Y., Mayor A., Neumann K., Ozainne S., Perret S., Rasse M., Robion-Brunner C., Schaer K., Serneels V., Soriano S., Stokes S., Tribolo C., 2005. La septième campagne de terrain à Ounjougou (Mali) et ses apports au programme interdisciplinaire Paléoenvironnement et peuplement humain en Afrique de l'Ouest, *in Jahresbericht SLSA 2004*, Zürich et Vaduz: Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger, p. 57-142

Huysecom E., Ballouche A., Ozainne S., Raeli F., Rasse M., Stokes S., 2004. Ounjougou (Mali) : A History of Holocene Settlement, *Antiquity* 78, p. 579-593

Huysecom E., Ozainne S., Robion-Brunner C., Mayor A., Ballouche A., Coulibaly N., Guindo N., Kéita D., Le Drezen Y., Lespez L., Neumann K., Eichhorn B., Rasse M., Schaer K., Selleger C., Serneels V., Soriano S., Terrier A., Tribolo C., 2007. Peuplement humain et paléoenvironnement en Afrique de l'Ouest : résultats de la neuvième année de recherches, *Jahresbericht SLSA 2006*, Zürich et Vaduz, Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger, p. 41-122

Huysecom, E., Rasse, M., Lespez, L., Neumann, K., Fahmy, A., Ballouche, A., Ozainne, S., Maggetti, M., Tribolo, C., Soriano, S., 2009. The emergence of pottery in Africa during the 10th millennium calBC: new evidence from Ounjougou (Mali), *Antiquity*, 83, p. 905-917

I

Innes J., Blackford J., Simmons I., 2010. Woodland disturbance and possible land-use regimes during the Late Mesolithic in the English uplands: pollen, charcoal and non-pollen palynomorph evidence from Bluewath Beck, North York Moors, UK, *Vegetation History and Archaeobotany*, p. 439-452

J

Jacob N., 2003. *Les vallées en gorges de la Cévenne vivaraise. Montagne de sable et château d'eau*, Thèse de géographie et aménagement, Paris IV, Sorbonne, 459 p.

Jahns S., 1993. On the Holocene Vegetation History of the Argive Plain (Peloponnese, Southern Greece), *Vegetation History and Archaeobotany*, 2, p. 187-203

Jalut G., Dedoubat J.J., Fontugne M., Otto T., 2009. Holocene circum-Mediterranean vegetation changes: climate forcing and human impact, *Quaternary International*, 200, p. 4–18

Jameson M. H., Runnels C. N., Van Andel T., 1994. *A Greek Countryside. The Southern Argolid from Prehistory to the Present Day with a Register of Sites by C. N. Runnels and M. H.* Munn. Stanford, CA: Stanford University Press 654 p.

Jeanne L., Duclos C., Paez-Rezende L. avec les contributions de P.-Y. Jolivet, L. Lespez, Y. Le Digol, D. Oustin et L. Vipard, 2011. *Etienville « La Cour », Un pont-long sur la voie antique Alauna (Valognes) - Cosedia (Coutances) : la traversée des marais de la Douve et son franchissement à gué*, Rapport final de synthèse, SRA-Basse-Normandie, GRAC., 226 p.

Jetten V., Favis-Mortlock D., 2006. Modelling soil erosion in Europe. *In* Boardman J., Poesen J. (Eds), *Soil Erosion in Europe*, John Wiley & Sons, Chichester, p. 696–716

Jeunesse C., 1986. Rapports avec le Néolithique ancien d'Alsace de la céramique danubienne de La Hoguette (à Fontenay-le-Marmion, Calvados), La chambre A du tumulus néolithique de Vierville (Manche), Actes du Xème Colloque Interrégional sur le Néolithique. *Revue Archéologique de l'Ouest,* supplément n° 1, p. 41-50

Jing Z., Rapp G., 2003. The coastal evolution of the Ambracian embayment and its relationship to archaeological settings, *in* Wiseman J., Zachos K. (Eds), *Landscape Archaeology in southern Epirus, Greece* I, Princeton, p. 157-198

Joly C., Visset L., 2009. Evolution of vegetation landscapes since the Late Mesolithic on the French West Atlantic coast, *Review of Palaeobotany and Palynology*, Volume 154, Issues 1–4, p. 124-179

Jones A.F., Brewer P.A., Macklin M.G., 2010. Geomorphological and sedimentological evidence for variations in Holocene flooding in Welsh river catchments, *Global and Planetary Change*, Volume 70, Issues 1–4, p. 92-107

Jorda M., Provansal M., 1996. Impact de l'anthropisation et du climat sur le détritisme en Francedu Sud-Esr (Alpes du Sud et Provence), *Bulletin de la Société Géologique de France*, 167, p. 159-168

Jorda M., Miramont C., Rosique T., Sivan O. 2002. Evolution de l'hydrosystème durancien (Alpes du Sud, France) depuis la fin du Pléniglaciaire supérieur, *in* Bravard J.-P., Magny M. (Dir.), *Histoire des rivières et des lacs de Lascaux à nos jours*, Errance, Paris, p. 239-249

Jorda, M., 1985. La torrentialité holocène des Alpes françaises du sud. Facteurs anthropiques et paramètres naturels de son évolution. Symposium International de Toulouse : les modifications de l'environnement dans le bassin méditerranéen occidental à la fin du Pléistocène et pendant l'Holocène, *Cahiers Ligures de la Préhistoire*, Hors Série 2, p. 49-70

Jullien E., Grousset F., Malaizé B., Duprat J., Sanchez-Goni M.F., Eynaud F., Charlier K., Schneider R., Bory A., Bout V., Flores J.A., 2007. Low-latitude « dusty events » vs. Highlatitude «icy Heinrich events », *Quaternary Research* 68, 3, p. 379-386

Jullien R., 1992. Les faunes domestique et sauvage, les moyens de subsistance, *BCH suppl. XXIV*, p. 147-153

K

Change, *in* Gregory K.J., Benito G. (Eds.), *Palaeohydrology: Understanding Global Change*, Wiley, Chichester, p. 143–164

Kahlheber S., Neumann K. 2007. The development of plant cultivation in semi-arid West Africa, in Denham T.P., Iriarte J., Vrydaghs L. (Eds), *Rethinking Agriculture: Archaeological and Ethnoarchaeological Perspectives*, One World Archaeology/UCL Press London, p. 320-346

Kalis A.J., Merkt J., Wunderlich J., 2003. Environmental changes during the Holocene climatic optimum in central Europe — human impact and natural causes, *Quaternary Science Reviews*, 22, p. 33–79

Kaniewski D., Paulissen E., Van Campo E., Weiss H., Otto T., Bretschneider J., Van Lerberghe K., 2010. Late second-early first millennium BC abrupt climate changes in coastal Syria and their possible significance for the history of the Eastern Mediterranean, *Quaternary Research*, 74, p. 207–215

Kaniewski D., Van Campo E., Paulissen E., Weiss H., Bakker J., Rossignol I., Van Lerberghe K., 2011. The medieval climate anomaly and the little Ice Age in coastal Syria inferred from pollen-derived palaeoclimatic patterns, *Global and Planetary Change*, Volume 78, Issues 3–4, p. 178-187

Kaplan J.O., Krumhardt K.M., Zimmerman N., 2009. The prehistoric and preindustrial deforestation of Europe, *Quaternary Science Reviews,* 28, p. 3016–3034

Kayan I., 1999. Holocene stratigraphy and geomorphological evolution of the Aegean coastal plains of Anatolia, *Quaternary Science Reviews*, 18 (4/5), p. 541–548

Kerns B.K., Moore M.M., Hart S.C., 2001. Estimating forestgrassland dynamics using soil phytolith assemblages and y13C of soil organic matter, *Ecoscience* 8 (4), p. 478– 488

Kinnison M.T., Hairston N.G., 2007. Eco-evolutionary conservation biology: contemporary evolution and the dynamics of persistence*, Functional Ecology*, 21, 3, p. 1365-2435

Kislev M., 2002. Origin of annual crops by agro-evolution, *Journal of Plant Sciences*, 50, p. 85–88

Klimek K., 2002. Human-induced overbank sedimentation in the foreland of the Eastern Sudety Mountains, *Earth Surface Processes and Landform*s, 27 (4), p. 391-402

Knauss J. (Ed.), 2003. *Die Wasserbauten der Minyer in der Kopais. Die älteste Flussregulierung Europas,* Untersuchungen 1984, Münich (1984).

Knox J.C., 1977. Human impacts on Wisconsin steam channels, *Annals of the Association of American Geographers*, 67 (3), p. 323-342

Knox J.C., 2006. Floodplain sedimentation in the Upper Mississippi Valley: natural versus human accelerated, *Geomorphology*, 79, p. 286-310

Knox J.C., North American palaeofloods and future floods: responses to climatic

Kondolf G.M. 1994. Environmental planning in the regulation and management of in stream gravel mining in California. *Landscape and Urban Planning* 29, p. 185-199

Kontopoulos N., Koutsios A., 2010. A late Holocene record of environmental changes from Kotihi lagoon, Elis, Northwest Peloponnesus, Greece, *Quaternary International*, Volume 225, Issue 2, 1 p. 191-198

Kotsakis, K., 2008. Prehistoric Macedonia. Museum of Macedonian Struggle. www.imma.edu.gr/imma/history01.html

Kotthoff U., Koutsodendris A., Pross J., Schmiedl G., Bornemann A., Kaul C., Marino G., Peyron O., Schiebel R., 2011. Impact of Lateglacial cold events on the northern Aegean region reconstructed from marine and terrestrial proxy data, Journal of Quaternary Science 26, p. 86-96

Kotthoff U., Müller U.C., Pross J., Schmiedl G., Lawson I.T., van de Schootbrugge B., Schulz H., 2008. Late Glacial and Holocene vegetation dynamics in the Aegean region: an integrated view based on pollen data from marine and terrestrial archives, *The Holocene*, 18 (7), p. 1019-1032

Kotthoff U., Pross J., Müller U.C., Peyron O., Schmiedl G., Schulz H., Bordon A., 2008. Climate dynamics in the borderlands of the Aegean Sea during formation of Sapropel S1 deduced from a marine pollen record, *Quaternary Science Reviews* 27, p. 832-845

Koukouli-Chrysanthaki H., 1998. Drama et sa région du Néolithique à la fin de l'Antiquité, *Colloque Drama et sa région. Histoire et politique*, p. 33-68 (en grec)

Koukouli-Chryssanthaki C., Treuil R., 2008. *Dikili Tash, village préhistorique de Macédoine orientale. Recherches franco-helléniques dirigées par la Société Archéologique d'Athènes et l'Ecole française d'Athènes (1986-2001)*, Bibliothèque de la Société Archéologique d'Athènes 254, Athènes, Société archéologique d'Athènes.

Koukouli-Chryssanthaki H., Malamidou D., Lespez L., 2008. Cartes archéologiques de la plaine de Philippes-Drama et de ses bordures I et II, *in* Koukouli-Chryssanthaki H., Treuil R. (Eds.), *Dikili Tash, un village préhistorique en Macédoine orientale 1*, Société Archéologique d'Athènes et École Française d'Athènes, Athènes, p. 395-416

Kouli K., 2012. Vegetation development and human activities in Attiki (SE Greece) during the last 5,000 years, *Vegetation History and Archaeobotany*, Springer Berlin / Heidelberg, p. 1-12

Kourtessi-Philippakis G., 2009. Lithics in the Neolithic of Northern Greece: territorial perspectives from an off-obsidian area, *Documenta Praehistorica* XXXVI, p. 305-312

Kouti S., Huysecom E., 2007. Onjougou, Mali: new data on bifacial point production in the southern Sahara during the Middle Holocene, *Journal of African Archaeology* 5, 1, p. 3-15

Kraft J., Rapp G., Aschenbrenner S., 1977. Paleogeographic Reconstructions of Coastal Aegean Archeological Sites, *Science,* 195, p. 941-947

Kraft J.C., Kayan I., Brückner H., Rapp G., 2003. Sedimentary facies patterns and the interpretation of paleogeographies of ancient Troia, *in* Wagner G.A., Pernicka E., Uerpmann H.P. (Eds.), *Troia and the Troad — Scientific Approaches*, Springer Series, *Natural Science in Archaeology*, Berlin, p. 361–377

Krahtopoulou A. 2000. Holocene alluvial history of Northern Pieria, Macedonia, Greece, i*n* Halstead P., Frederick C. (Eds), *Landscape and land use in postglacial Greece*, Sheffield studies in Aegean Archaeology 3, Sheffield, p. 15-27

Kröpelin S., Verschuren D., Lézine A.-M., Eggermont H., Cocquyt C., Francus P., Cazet J.-P., Fagot M., Rumes B., Russell J. M., Darius, F., Conley D. J., Schuster M., von Suchodoletz H., Engstrom D. R., 2008. Climate-Driven Ecosystem Succession in the Sahara: The Past 6000 Years, *Science* 320, p. 765-768

Kuper R., Kröpelin S., 2006. Climate-Controlled Holocene occupation in the Sahara: motor of Africa's evolution, *Science* 313, p. 803-807

Kuzucuoglu C., Lespez L., Pastre J.F. 1992. Holocène colluvial deposits on the slopes of the Paris Basin, *in* Bell M., Boardman J. (Eds.), *Past and Present Soil Erosion, Oxbow Monograph 22*, Oxford, p. 115-123

Kuzucuoglu C., Lespez L., Pastre J.F., 1991. Can the magnitude and dynamics of colluvial deposits be related, through archeological data, to land clearing and agriculture?, *Bulletin of Geomorphology*, Ankara 19, p. 99-113

Kuzucuoglu, C., 2009. Climate and environment in times of cultural changes, from the 4th to the 1st mill. BC in the Near and Middle East, *in* Cardarelli A., Cazzella A., Frangipane M., Peroni R. (Eds.), *Reasons for Change. « Birth», « Decline », and « collapse » of societies between the end of the IV and the begining of the Ist millenium BC*, Sciences of Antiquity, History, Archaeology and Anthropology, La Sapienza, Roma.

Kuzucuoğlu C., Dörfler W, Kunesch S., Goupille F., 2011, Mid- to late-Holocene climate change in central Turkey: The Tecer Lake record *The Holocene,* 21, p.173-188

L

L'Homer A., Bonnot-Courtois C., Caline B., 2002. Le prisme sédimentaire des dépôts du marais de Dol : essai de reconstituition de la mise en place des dépôts, *in* Bonnot-Courtois C., Caline B., L'Homer A., Le Vot M. (Eds.), *La baie du Mont-Saint-Michel et l'estuaire de la Rance, environnements sédimentaires, aménagements et évolutions récentes*, CNRS, EPHE, Total-Elf-Fina, Mémoire 26, Pau, p. 177-198

Lagadec C., 2006. *La dynamique des landes de Vauville (Manche), contrôle environnemental, gestion conservatoire durable, évolution des usages et préconisation de gestion*. Mémoire de recherches de Master I de Géographie, Université Caen Basse-Normandie, 181 p.

Lamb H.H., 1982. *Climate, history and the moderne world*, Cambridge, Cambridge University press, 381 p.

Lambeck K., 1996. Sea-level change and shore-line evolution in Aegean Greece since Upper Palaeolithic time, *Antiquity* 70, 269, p. 588-611

Lang A., 2003. Phases of soil erosion-derived colluviation in the loess hills of South Germany, *Catena*, Volume 51, Issues 3–4, p. 209-221

Lang A., Bork H., Makel R., Preston N., Wunderlich J., Dikau R. 2003. Changes in sediment flux and storage within a fluvial system: some examples from the Rhine catchment, *Hydrological Processes,* 17, p. 3321–3334

Langhor R., 2001. L'anthropisation du paysage pédologique agricole de la Belgique depuis le Néolithique ancien- Apports de l'archéopédologie, *Etude et gestion des Sols*, 8 (2), p. 103-118

Langlois P., Delahaye D., 2002. RuiCells, automate cellulaire pour la simulation du ruissellement de surface. *Revue Internationale de Géomatique*, vol. 12, n° 4, p. 461-487

Lapierre J.-W., 1992. *L'analyse de systèmes. L'application aux sciences sociales*, Paris, Syros

Laporte L. (dir.), 1998. *L'estuaire de la Charente, de la protohistoire au Moyen Âge, Documents d'Archéologie Française (DAF),* n° 72, Paris, MSH, 228 p.

Larrère C., Larrère R., 1997. *Dun bon usage de la nature. Pour une philosophie de l'environnement*, Aubier, Paris

Larsonneur G., Huault M.-F., 1972. Analyse sporo-pollinique du postglaciaire de la vallée de la Seine entre Cléon et l'estuaire, *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, Volume 9, n°3, p. 207-216

Larue J.P., 2002. Small valley bottom deposits in the sandy districts of the Sarthe basin (France): climate and/or human origin? *Geomorphology,* 45, p. 309–323

Lawson I., Frogley M., Bryant C., Preece R., Tzedakis P., 2004. The Lateglacial and Holocene environmental history of the Ioannina basin, north-west Greece, *Quaternary Science Reviews* 23 (2004), p. 1599-1625

Le Bissonais Y. Benkhadra H., Chaplot, V., Fox D., King D., Daroussin J., 1998. Crusting, runoff and sheet erosion on silty loamy soils at various scales and upscaling from m² to small catchments. *Soil and Tillage Research* , 46, p. 69-80

Le Drezen Y., Ballouche A. 2009. Dynamiques récentes des paysages végétaux en domaine soudano-sahélien. L'exemple de la moyenne vallée du Yamé (Ounjougou, Pays Dogon, Mali), *Bulletin de l'Association de Géographes Français*, 2009-1, p. 46-66

Le Drezen, Y, Lespez, L., Rasse, M., Garnier, A., Coutard, S., Huysecom, E., Ballouche, A., 2010. Hydrosedimentary records and Holocene environmental dynamics in the Yamé valley (Mali, Sudano-Sahelian West Africa). *Comptes Rendu Géosciences*, 342, p. 244-252

Le Drézen, Y., 2008. *Dynamique des paysages de la vallée du Yamé depuis 4000 ans. Contribution à la compréhension d'un géosystème soudano-sahélien (Ounjougou, Pays Dogon, Mali)*, Thèse de géographie, Université de Caen Basse-Normandie.

Le Drezen, Y., Ballouche, A. (sous-presse). 4000 ans d'histoire des feux de vegetation dans les savanes ouest africaines. L'exemple de la vallée du Yamé (Pays dogon, Mali), *Quaternaire*, 16 p.

Le Goff, 2009, Habitats, terroir et paysage rural : Aménagement et structuration du territoire et de la campagne gauloise, Ifs, ZAC « Object'Ifs Sud » (Calvados), *in* Bertrand I., Duval A., Gomez De Soto J., Maguer P. (Dir.), *Habitats et paysages ruraux en Gaule et regards sur d'autres régions du monde celtique*, Actes du XXXI*e* colloque AFEAF, Chauvigny (France), 2007, Chauvigny, Association des Publications Chauvinoises, tome II, p. 93-107

Le Roy Ladurie, E., 1967. *Histoire du Climat depuis l'An Mil*, Paris, Flammarion, 378 p.

Leblanc, M. J., Favreau, G., Massuel, S., Tweed, S.O., Loireau, M., Cappelaere, B., 2008. Land clearance and hydrological change in the Sahel: SW Niger, *Global and Planetary Change*, 61, 3-4, p. 135-150

Lechevalier C., 1986. Données récentes sur l'environnement postglaciaire et l'occupation néolithique dans la partie occidentale des collines de Normandie, *Revue Archéologique de l'Ouest*, supplément n°1, 1986, p. 285-290

Lecolle F., 1990. Actes du Colloque "Tufs et travertins quaternaires des bassins de la Seine et de la Somme, et des Régions limitrophes" (Rouen, 1989), *Bulletin du Centre de Géomorphologie de Caen*, 38, 265 p.

Lefort J., 1979. En Macédoine orientale au Xe siècle : habitat rural, communes, domaines, *in Occident et Orient au Xe siècle*, *Actes du IXe Congrès de la Société des Historiens Médiévistes de l'Enseignement Supérieur Public*

Lefort J., 1991. Population et peuplement en Macédoine orientale, *in* Kravari V., Lefort J., Morrisson M. (Eds.), *Hommes et richesses dans l'empire byzantin*, Tome 2, Paris, P. Lethielleux, p. 63-82

Lefort J., Martin J.-M., 1991. L'organisation de l'espace rural : Macédoine et Italie du sud (X^e^ - XIIIe), *in* Kravari V., Lefort J., Morrisson M. (Eds.), *Hommes et richesses dans l'empire byzantin* (1991), p. 11-26

Legaillard L., Cavanillas J., Duclos C., Jeanne L., Paez-Rezende, 2009. *Montaigu la Brisette, le Hameau Dorey, agglomération antique*, Rapport de fouilles, Conseil Général de la Manche, SRA-Basse Normandie, 136 p.

Legaillard L., Cavanillas J., 2011. *Montaigu la Brisette, le Hameau Dorey, agglomération antique*, Rapport de fouilles, Conseil Général de la Manche, SRA-Basse Normandie, 86 p.

Le Goff E. (Dir.), 2000-2002. *Les occupations protohistoriques et antiques de la ZAC « Object'Ifs Sud », Ifs (Calvados)*, *Document Final de Sauvetage urgent*, 4 volumes

Lemerle P., 1945. *Philippes et la Macédoine orientale à l'époque chrétienne et byzantine*. De Boccard, Bibliothèque des Ecoles Françaises d'Athènes et de Rome, 158, 568 p.

Lepaumier H., 2007. Cormelles-le-Royal, Aire des Gens du Voyage, *Bulletin Scientifique Régional*, DRAC Basse-Normandie, p. 34-35

Lepaumier H., Vauterin C.-C., Le Goff E., Villaregut J., 2010. Un réseau de fermes en périphérie caennaise, *in* Barral P., Dedet B., Delrieu F., Giraud P., Le Goff I., Marion S., Villard-Le Tiec A. (Dir.), *L'âge du Fer en Basse-Normandie. Gestes funéraires en Gaule au Second âge du Fer. Actes du XXXIIIe colloque international de l'Association Française pour l'Âge du Fer*, Caen, 2009, Besançon, Presses Universitaires de Franche Comté, série Annales littéraires, série Environnement et Archéologie, p. 139-158

Leroyer, C., 1997. *Homme, climat, végétation au Tardi- et Postglaciaire dans le Bassin Parisien, apports des études palynologiques des fonds de vallées*. Thèse de doctorat, Paris 1, 2 vols, 550 p.

Leroyer C., 2004. L'anthropisation du Bassin parisien du VIIe au IVe millénaire d'après les analyses polliniques de fonds de vallée : mise en évidence d'activités agro-pastorales très précoces, *in* Richard H. (Dir.), *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*, Presses Universitaires Franc-comtoises, Annales littéraire 777, 219 p.

Leroyer C., Allenet G., 2006. L'anthropisation du paysage végétal d'après les données polliniques : l'exemple des fonds de vallées du Bassin Parisien, *in* Alléé P., Lespez L. (Dir.), *L'érosion entre société, climat et paléoenvironnement*, table ronde en l'honneur de R. Neboit-Guilhot, Presses Universitaires Blaise Pascal, p. 63-72

Leroy-Ladurie E., 1983. *Histoire du climat depuis l'An Mil*, Paris, Flammarion, coll. Champs.

Lespez L., 1999. L'évolution des modelés et des paysages de la plaine de Drama et de ses bordures au cours de l'Holocène (Macédoine orientale, Grèce), Thèse, Université Blasie Pascal Clermont Ferrand, 544 p.

Lespez L., 2003. Geomorphic responses to long-term land use changes in Eastern Macedonia (Greece), *Catena* 51, 3-4, p. 181-208

Lespez L., 2007. Les dynamiques des systèmes fluviaux en Grèce du Nord au cours des 7 derniers millénaires : vers une approche multi-scalaire des interactions Nature/Société,

Géomorphologie, Relief, processus, environnement 1, p. 49-66

Lespez L., 2008. L'évolution des paysages du Néolithique à la période ottomane dans la plaine de Philippes, *in* Koukouli-Chryssanthaki H., Treuil R. (Eds.), *Dikili Tash, un village préhistorique en Macédoine orientale 1*, Société Archéologique d'Athènes et École Française d'Athènes, Athènes, 391 p.

Lespez L., 2009. La recherche hors-site : géoarchéologie de la vallée de l'Houay, *in* Marcigny C. (Dir.), *Le Goulet (Orne), Le mont,* Rapport final d'opération, SRA Basse Normandie, p. 197-200

Lespez L., 2010. Environnement et paysages dans la péninsule de La Hague depuis le Néolithique. In Marcigny (dir.), *La Hague dans tous ses états*, OREP éditions, p. 52-67

Lespez L., 2011. Territoires protohistoriques en Grèce du Nord, approche géographique et geoarchéologique, In Treuil R, Philippakis G. (dir.), Archéologie du territoire, de l'Egée au Sahara, Presses Universitaires de la Sorbonne, p. 95-109

Lespez L. (dir.), 2011. *Géoarchéologie dans l'Ouest de la France*, *Norois* 220, 180 p.

Lespez L. (ed.), (sous presse). *Paysages et gestion de l'eau : sept millénaires d'histoire des basses vallées en Normandie*. Bibliothèque du Pôle Rural 3, MRSH Caen-Presses Universitaires de Caen, 345 p.

Lespez L., (sous-presse). Les temps des paysages et de l'environnement des vallées et des plaine littorales bas-normandes, *In* Lespez L. (ed.), *Paysages et gestion de l'eau : sept millénaires d'histoire des basses vallées en Normandie*. Bibliothèque du Pôle Rural 2, MRSH Caen-Association d'Histoire Rurale, p. 197-232

Lespez L., Dalongeville R., 1998. Morphogenèse würmienne en Grèce du Nord : le piémont des montagnes de Lékani. *Géomorphologie, Relief, Processus, Environnement*, 4, 16 p.

Lespez L., Dalongeville R., Noirel-Shutz C., Suc J.-P., Koukouli-Chryssanthaki et Treuil R., 2000. Les paléoenvironnements du site préhistorique de Dikili Tash (Macédoine orientale, Grèce). *Bulletin de Correspondance Hellénique* 124, p. 413-434

Lespez L., Clet-Pellerin M., Levalet F., Bellec F., Davidson R., 2003. L'apport des archives naturelles dans la compréhension de l'évolution des paysages protohistoriques et historiques normands. L'exemple de la péninsule de La Hague, Manche, *Annales de Normandie, Congrès des Sociétés Historiques et Archéologiques de Normandie*, 8, p. 77-93

Lespez L., Clet-Pellerin M., Davidson R., Marcigny C., avec la coll. de Levalet F. et Hardel B., 2004. Evolution des paysages et anthropisation depuis le Néolithique dans la péninsule de La Hague, *Revue d'Archéométrie*, 28, p. 71-88

Lespez L., Tirologos G., 2004. Changements climatiques, transformations des paysages et sources anciennes : l'exemple du témoignage de Théophraste à propos de Philippes (Grèce), *in* Cantat O., Gires J.O. (Dir.), *Actes du XVIIe colloque international de Climatologie : Climat, "Mémoires du temps"*, Caen, 8-10 Septembre 2004, p. 59-62

Lespez L., Clet-Pellerin M., Limondin-Lozouet N., Pastre J.-F., Fontugne M., 2005a. Discontinuités longitudinales des dynamiques sédimentaires holocènes dans les petites vallées de l'Ouest du Bassin Parisien, l'exemple de la Mue, *Quaternaire*, 16, 4, p. 173-198

Lespez L., Carpentier V., Clet-Pellerin M., Garnier E., Guilleux A., Maertens S. 2005b. Gestion de l'eau et dynamique des paysages du Néolithique à nos jours : étude des basses vallées côtières dans le nord-ouest de la France, L'exemple de la basse vallée de la Dives (Calvados), *in Hydrosystèmes normands*, Caen, Livret-Guide de l'excursion 2005 de la commission Hydrosystèmes Continentaux du CNFG, Geophen-UMR LETG 6554 CNRS, p. 55-75

Lespez L., Garnier E., Cador J.-M. et Rocard D, 2005c. Les aménagements hydrauliques et la dynamique des paysages des petits cours d'eau depuis le XVIIIe siècle dans le nord-ouest de la France : l'exemple du bassin versant de la Seulles (Calvados), *in* "La rivière aménagée, entre héritages et modernité", *Aestuaria* 7, p. 89-109 + 3 pl. en couleur.

Lespez L., Hardel B., Clet-Pellerin M., Davidson R., Marcigny C., 2005d. Evolution des paysages du Néolithique à nos jours dans la péninsule de La Hague (Normandie, France), l'exemple de l'Anse Saint-Martin, *in* Marcigny C., Ghesquière E. (Dir.), *Archéologie, Histoire et Anthropologie de la presqu'île de La Hague (Manche)*, Tourlaville : Le Tourp, Imprimerie Artistiques Lecaux, p. 31-43

Lespez L., Carpentier V., Garnier E., Marcigny C., Costa S., Agasse E., 2006. *Gestion de l'eau et dynamique des paysages du Néolithique à nos jours. Etude des basses côtières dans le nord-ouest de la France*, Caen, Rapport Scientifique et financier au Ministère de la Recherche, Geophen – LETG UMR 6554 CNRS, 145 p.

Lespez L., Clet-Pellerin M., 2006. *Les basses vallées côtières du Calvados au cours de*

l'Holocène: dynamique des paysages et peuplement, l'exemple de la Dives, Rapport final de Propection thématique, SRA Basse-Normandie, 7 p.

Lespez L., Clet-Pellerin M., Limondin-Lozouet N., Pastre J.-F., Fontugne M., Marcigny CA., 2008. Fluvial system evolution and environmental changes during the Holocene in the Mue valley (W France). *Geomorphology* 98, 1-2, p. 55-70

Lespez L. et Papadopoulos S., 2008 (2010). Etude géoarchéologique du site d'Aghios Ioannis, à Thasos, *Bulletin de Correspondance Hellénique 132*, p. 667-692

Lespez, L., Rasse, M., Le Drezen, Y., Tribolo C., Huysecom, E., Ballouche, A., 2008. L'évolution hydrogémorphologique de la vallée du Yamé (Pays Dogon, Mali): signal climatique et hydrosystème continental en Afrique de l'Ouest entre 50 et 4 ka, *Géomorphologie : relief, processus, environnement* 3, p. 169-185

Lespez L., Germain-Vallée C., 2009. L'environnement à l'âge du Fer. In Giraud P. (dir.) Gaulois sous les Pommiers, découverte de l'âge du Fer en Basse Normandie, Cahiers du Temps, Bayeux, p. 15-17

Lespez L., Germain-Vallée C. (coord.), 2009. *Archéologie du Paysage de la Plaine de Caen du Néolithique à l'époque contemporaine*, Rapport de Programme Collectif de Recherche, Ministère de la Culture, 86 p + annexes.

Lespez L., Cador J.-M., Carpentier V., Clet-Pellerin, Germaine M.-A., Garnier E., Marcigny C., 2010a, Trajectoire des paysages des vallées normandes et gestion de l'eau, du Néolithique aux enjeux de la gestion contemporaine ", dans : Galop D. (dir.), *Paysage et environnement : de la reconstitution du passé aux modèles prospectifs*, Presses Universitaires de Franche-Comté, Annales littéraires, série Environnement, Société et Archéologie, Besançon, p. 61-75

Lespez L., Clet-Pellerin M., Davidson R., Hermier G., Carpentier V., Cador J.-M, 2010b. Middle to Late Holocene landscape changes and geoarchaeological implications in the marshes of the Dives estuary (NW France). *Quaternary International* 216, p. 23-40

Lespez L., Clet-Pellerin M., 2011. Le paysage, *in* Ghesquière E., Marcigny C. (Dir.), *La « Pierre Tourneresse » à Cairon (Calvados), Un habitat puis un monument funéraire du Néolithique moyen*, PUR, Serie Archéologie et Culture, p. 166-170

Lespez L., Germain-Vallée C., 2011. Les paléoenvironnements de l'Âge du Fer en Basse-Normandie : Etat des connaissances et problèmes posés, *in* Barral P., Delrieu F., Le Goff, E., Marion S., Villard Le Tiec A. (Dir.), *Actes du XXIIIe colloque International de l'AFEAF*, Presses Universitaires de Franche-Comté ; Annales littéraires, série Environnement, Société et Archéologie, Besançon, p. 35-49

Lespez L, Cador J.-M., Clet-Pellerin M., Garnier E., Germaine M.-A., Marcigny C., Viel V., (sous-presse). Onze millénaires de métamorphoses des paysages fluviaux de la Seulles et de ses affluents, *In* Lespez L. (ed.), *Paysages et gestion de l'eau : sept millénaires d'histoire des basses vallées en Normandie*. Bibliothèque du Pôle Rural 3, MRSH Caen-Presses Universitaires de Caen, p. 143-172

Lespez L, Clet-Pellerin M., Davidson R, Germain-Vallée C., (sous-presse). L'apport et les limites des archives sédimentaires dans la compréhension des dynamiques des systèmes fluviaux et des paysages des basses vallées dans l'ouest de la France, *In* Lespez L. (ed.), *Paysages et gestion de l'eau : sept millénaires d'histoire des basses vallées en Normandie*. Bibliothèque du Pôle Rural 3, MRSH Caen-Presses Universitaires de Caen, p. 21-50

Lespez L, Marcigny C., Clet-Pellerin M., Davidson R, Hardel B., (sous-presse). Les paysages de La Hague du Néolithique à nos jours, le rôle des sociétés dans la construction des paysages d'un Finistère Atlantique, *In* Lespez L. (ed.), *Paysages et gestion de l'eau : sept millénaires d'histoire des basses vallées en Normandie*. Bibliothèque du Pôle Rural 3, MRSH Caen-Association d'Histoire Rurale, p. 115-142

Lespez L., Viel V., Cador J.-M., Germaine M.-A., Germain-Vallée C., Rollet A.-J., Delahaye D. (accepté). The environmental changes of small stream since the Neolithic period in Normandy. What lessons for the current management in the context European Water Framework Directive. *In* Arnaud-Fassetta G. and Reynard (Eds). *Continental hydrosystems and territory and the different laws and practices of water management in Europe. Hydrosystèmes continentaux et territoires européens confrontés aux différentes lois sur l'eau*, Pfeil, Munich, 12 p.

Leveau P., Trément F., Walsh K., Barker G. (Eds.), 1999. *Environmental reconstruction in Mediterranean landscape archaeology*, The Archaeology of Mediterranean Landscapes 2, Oxbow books, Oxford, 210 p.

Leveau P. (dir.), 1999. Le Rhône romain. Dynamiques fluviales, dynamiques sociales. *Gallia*, 56, p. 1-175

Leveau P. 2004. Le Rhône et les Romains, terrassiers infatigables, hydrauliciens habiles. La géoarchéologie et le renouvellement d'un paradigme, *in* Burnouf J., Leveau P., (Dir.), *Fleuves et Marais, une Histoire au Croisement de la Nature et de la Culture*, Sociétés préindustrielles et milieux fluviaux, lacustres et palustres, pratiques sociales et hydrosystèmes, C.T.H.S., Paris, p. 85-92

Leveau P., 2007. Les Zones humides dans les systèmes agraires antiques : le paradigme du "Romain dessicateur" et la gestion romaine des marais, *in* Beck C., Benarrous R., Derex J.-M., Gallicé A. (Dir.), *Les zones humides européennes : espaces productifs d'hier et d'aujourd'hui*, Actes du premier colloque international du groupe d'Histoire des Zones humides (G.H.Z.H.), Le Blanc 21-23 octobre 2005, Aestuarium, 2007, p. 293-308

Leveau P., Provansal M., Bruneton H., Palet-Martinez J.-M., Poupet P., Walsh K., 2002. La crise environnementale de la fin de l'Antiquité et du haut Moyen Age : définition d'un modèle et retour aux milieux réels, *in* Richard H., Vignot A. (Dir.), *Équilibres et rupture dans les écosystèmes depuis 20 000 ans en Europe de l'Ouest*, Annales Littéraires, Série Environnement, Sociétés et Archéologie, n° 3, Les Belles Lettres, Paris, p. 291-304

Lévêque C., Muxart T., Abbadie L., Weila A., van der Leeuw S., 2003. L'anthroposystème : entité structurelle et fonctionnelle des interactions sociétés – milieux, *in* Lévêque C., van der Leeuw S. (Eds), *Quelles natures voulons-nous ?*, Elsevier, Paris, p. 110-129

Levi-Strauss C., 1962. *La pensée sauvage*, Plon, 389 p.

Levy J., 2003. Déterminisme, *in* Levy J., Lussaut M., (Eds.), *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Paris, Belin.

Levy J., Lussaut M., 2003. *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Paris, Belin, 1033 p.

Lewin J., Macklin M., Johnstone E., 2005. Interpreting alluvial archives: sedimentological factors in the British Holocene fluvial record, *Quaternary Science Reviews*, 24, p. 1873–1889

Lewin J., Maklin M., Woodward J. (Eds), 1995. *Mediterranean Quaternary River Environments*, Rotterdam, Balkema, 285 p.

Lewin J. 1983. Changes of channel patterns and floodplains, *in* Gregory K. J., B*ackground to palaeohydrology: a perspective*, John Wiley & Sons (Canada) Ltd., Toronto, p. 303-319

Lewis C., Mitchell-Fox P., Dyer C., 1997. *Village, Hamlet and Field: Changing Medieval Settlements in Central England (Manchester)*, p. 199–201

Lézine A.-M., 1989. Late Quaternary vegetation and climate of the Sahel, *Quaternary Research* 2, p. 317-334

Lézine A.-M., Cazet J.-P., 2005. High resolution pollen record from core KW31, Gulf of Guinea, documents the history of the lowland forests of West Equatorial Africa since 40000 yr ago, *Quaternary Research* 64, p. 225-237

Lézine A.-M., Duplessy J.-C., Cazet J.-P., 2005. West African monsoon variability during the last deglaciation and the Holocene: evidence from fresh water algae, pollen and isotope data from core KW31, Gulf of Guinea, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 219, p. 225-237

Lézine A.-M., von Grafenstein U., Andersen N., Belmecheri S., Bordon A., Caron B., Cazet J.-P., Erlenkeuser H., Fouache E., Grenier C., Huntsman-Mapila P., Hureau-Mazaudier D., Manelli D., Mazaud A., Robert C., Sulpizio R., Tiercelin J.-J., Zanchetta G., Zeqollari Z., 2010. Lake Ohrid, Albania, provides an exceptional multi-proxy record of environmental changes during the last glacial–interglacial cycle, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 287, 1–4, p. 116-127

Lézine A.-M., Hély C., Grenier C., Braconnot P., Krinner G., 2011. Sahara and Sahel vulnerability to climate changes, lessons from Holocene hydrological data, *Quaternary Science Reviews*, Volume 30, Issues 21–22, p. 3001-3012

Lichardus, J., Lichardus-Itten M. et al., 1985. *La Protohistoire de l.Europe. Le Néolithique et le Chalcolithique*, Paris, Presses Universitaires de France, Nouvelle Clio.

Lichardus-Itten M., Demoule J.-P., Perniceva L., Grebska-Kulova M., Kulov I., 2002. The site of Kovačevo and the beginnings of the Neolithic period in Southwestern Bulgaria. The french-Bulgarian excavations 1986-2000, *in* Lichardus-Itten M., Lichardus J., Nikolov V. (Dir.), *Beiträge zu jungsteinzeitlichen Forschungen in Bulgarien*, Bonn, p. 99-136

Liébault F., 2003. *Les rivières torrentielles des montagnes drômoises : évolution contemporaine et fonctionnement géomorphologique actuel (massifs du Diois et des Baronnies)*, Thèse de géographie, Université Lyon 2, 356 p.

Liébault F., Piégay H., 2002. Causes of 20th century channel narrowing in mountain and piedmont rivers of southeastern France, *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, 4, p. 1096-

9837

Limondin-Lozouet N., Antoine P., 2001. Paleoenvironnemental changes inferred from malacofaunas in the Lateglacial and Early Holocene fluvial sequence at Conty (Northern France), *Boreas*, 30, p. 148-164

Limondon-Lozouet N., Antoine P., 2006. A new *Lyrodiscus* (Mollusca, Gastropoda) assemblage from Saint-Acheul (Somme Valley): a reappraisal of MIS 11 malacofaunas from northern France, *Boreas*, 35, p. 622-633

Limondin-Lozouet N., Gauthier A., Preece R.C., 2005. Enregistrement des biocénoses de la première moitié de l'Holocène en contexte tufacé à Saint Germain-le-Vasson (Calvados), *Quaternaire*, p. 255-271

Limondin-Lozouet N., Preece R.C., 2004. Molluscan successions from the Holocene tufa of St Germain-le-Vasson, Normandy (France) and their biogeographical significance, *Journal of Quaternary Science*, 19, 1, p. 55-71

Linseele L., 2010. Did Specialized Pastoralism Develop Differently in Africa than in the Near East? An Example from the West African Sahel, *Journal of World Prehistory*, 23, 2, p. 43-77

Loomis J.-B., Kent P., Strange L., Fausch K., Covich A., 2000. Measuring the total economic value of restoring ecosystem services in an impaired river basin : results from a contingent valuation survey, *Ecological Economics*, vol. 33, p. 103-117

Lorius C., Carpentier L., 2011. *Voyage dans l'Anthropocène*, Actes Sud, Coll. Questions de société.

Lowenthal D., 1997. Paysages culturels, *Le Courrier de l'UNESCO*, septembre 1997, p. 18-20

Lowenthal D., 1999. From landscapes of the future to landscapes of the past, *Norsk Geografisk Tidsskrift*, 53, 2-3, p. 139-144.

Lowenthal D., 2000. Environmental history : from the conquest to the rescue of nature, *in* Murphy B. A., Johnson D. L., *Cultural encounter with the environment*, New York, p. 177-200 [traduit dans Lowenthal D., 2008. Passage du temps sur le paysage, De la conquête de la nature à son sauvetage, Infolio, p. 95-120]

Luginbühl Y., 2001, *La demande sociale de paysage*, Rapport au Conseil national du paysage, 28 mai 2001, 17 p.

Lussaut M. 2003. *in* Levy J., Lussaut M., (Eds.), *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Paris, Belin

Luterbacher J., Koenig S., Franke J., van der Schrier G., Zorita E., Moberg A., Jacobeit J., Della-Marta P., Küttel M., Xoplaki E., Wheeler D., Rutishauser T., Stössel M., Wanner H., Brázdil R., Dobrovolný P., Camuffo D., Bertolin C., van Engelen A., Gonzalez-Rouco F., Wilson R., Pfister C., Limanówka D., Nordli Ø., Leijonhufvud L., Söderberg J., Allan R., Barriendos M., Glaser Rüdiger, Riemann D., Hao Z., Zerefos C., 2010. Circulation dynamics and its influence on European and Mediterranean January–April climate over the past half millennium: results and insights from instrumental data, documentary evidence and coupled climate models, *Climatic Change*, 101, 1, p. 201-234

M

Maas G. S., Macklin M. G., Kirkby M. J., 1999. Late Pleistocene and Holocene River Development in Mediterranean Steepland Environments, Southwest Crete, Greece, *in* Benito G., Baker V.R., Gregory K.J. (Eds), *Paleohydrology and Environmental Change*, J. Wiley & Sons, p. 153-165

Maas G. S., Macklin M. G., 2002. The impact of recent climate change on flooding and sediment supply within a Mediterranean mountain catchment, southwestern Crete, Greece, *Earth Surface Processes and Landforms*, 27, 10, p. 1096-9837

Macaire J.-J., 1990. L'enregistrement du temps dans les dépôts fluviatiles superficiels. De la géodynamique à la chronostratigraphie, *Quaternaire* 1,1, p. 41-49

Macaire J.J., Bellemlih S., Di-Giovanni C., De Luca P., Visset L., Bernard J., 2002. Sediment yield and storage variations in the Negron River catchment (South Western Parisian Basin, France) during the holocene period, *Earth Surface Processes and Landforms*, 27(9), p. 991-1009

Mackay A., Battarbee R., Birks J., Oldfield F. (Eds) 2005. *Global change in the Holocene*, Arnold, London, 528 p.

Macklin M.G., 1999. Holocene river environments in prehistoric Britain: human interaction and impact, *Quaternary Proceedings* 7, p. 521–30

Macklin M., Lewin J., 1993. River sediments, great floods and centennial-scale Holocene climate change, *Journal of Quaternary Science*, 18 (2), p. 101-105

Macklin M.G., Lewin J., 2003. River sediments, great floods and centennial- scale Holocene climate change, *Journal of Quaternary Science*, 18, p. 101–105

Macklin M.G., Johnstone E., Lewin J., 2005. Pervasive and long-term forcing of Holocene river instability and flooding in Great Britain by centennial-scale climate change, *The Holocene*, 15, p. 937–943

Macklin M.G., Benito G., Gregory K.J., Johnstone E., Lewin J., Michczyńska D.J., Soja R., Starkel L., Thorndycraft V.R., 2006. Past hydrological events reflected in the Holocene fluvial record of Europe, *Catena*, 66, 1-2, p. 145-154

Macklin M. G., Jones A. F., Lewin J., 2010. River response to rapid Holocene environmental change: evidence and explanation in British catchments, *Quaternary Science Reviews* 29, p. 1555-1576

Macphail R.I., 1992. Soil micromorphological evidence of ancient soil erosion, in Boardman J., Bell M. (Eds.), *Past and Present Soil Erosion,* p. 197-215

Magny M. 1995. *Une histoire du climat. Des derniers mammouths au siècle de l'automobile*, Paris, Errance, 176 p.

Magny M., 1993. Solar influences on Holocene climatic changes illustrated by correlations between past lake-level fluctuations and the atmospheric 14C record, *Quaternary Research* 40, p. 1–9

Magny M., 2003. Holocene climatic variability as reflected by mid-European lake-level fluctuations, and its probable impact on prehistoric human settlements, *Quaternary International*, 113, p. 65– 79

Magny M., 2006. Holocene fluctuations of lake levels in west-central Europe: methods of reconstruction, regional pattern, palaeoclimatic significance and forcing factors, *Encyclopedia of Quaternary Geology*, p. 1389-1399

Magny M., Miramont C., Sivan O., 2002. Assessment of the impact of climate and anthropogenic factors on Holocene Mediterranean vegetation in Europe on the basis of palaeohydrological records, *Paleogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 186 (1–2), p. 47–59

Magny M., Begeot C., Guiot J., Peyron O., 2003. Contrasting patterns of hydrological changes in Europe in response to Holocene climate cooling phases, *Quaternary Science Reviews*, 22, p. 1589–1596

Magny M., de Beaulieu J.L., Drescher-Schneider R., Vannière B., Walter-Simonnet A.V., Miras Y., Millet L., Bossuet G., Peyron O., Brugiapaglia E. and Leroux, A. 2007. Holocene climate changes in the central Mediterranean as recorded by lake-level fluctuations at Lake Accesa (Tuscany, Italy), *Quaternary Science Reviews* 26, p. 1736-1758

Magny M., Vannière B., Zanchetta G., Fouache E., Touchais G., Petrika L., Coussot C., Walter-Simonnet A.V., Arnaud F., 2009. Possible complexity of the climatic event around 4300-3800 cal BP in the central and western Mediterranean, *The Holocene* 19, p. 823-833

Magny M., Peyron O., Gauthier E., Rouèche Y., Bordon A., Billaud Y., Chapron E., Marguet A., Pétrequin P., Vannière B., 2009. Quantitative reconstruction of climatic variations during the Bronze and early Iron ages based on pollen and lake-level data in the NW Alps, France, *Quaternary International* 200, 1-2, p. 102-110

Magny M., Peyron O. Sadori L. Ortu E. Zanchetta G., Vannière B., Tinner W., 2011. Contrasting patterns of precipitation seasonality during the Holocene in the south- and north-central Mediterranean, J*ournal of Quaternary Science*, p. 1099-1417

Magny M., Vannière B., Calo C., Millet L., Leroux A., Peyron O., Zanchetta G., La Mantia T., Tinner W., 2011. Holocene hydrological changes in south-western Mediterranean as recorded by lake-level fluctuations at Lago Preola, a coastal lake in southern Sicily, Italy, *Quaternary Science Reviews*, Volume 30, Issues 19–20, p. 2459-2475

Mahé G. Pasturel J.-E., 2009. 1896-2006 Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers, *Comptes Rendus Geosciences* 341, 7, p. 538-546

Makaske B., de Vries E., Tainter J.A., McIntosh R.J., 2007. Aeolian and fluviolacustrine landforms and prehistoric human occupation on a tectonically influenced floodplain margin, The Méma, central Mali, Geologie en Mijnbouw 86, 3, p. 241-256

Makaske B., 1998. Anastomosing river: forms, processes and sediments. Nederlandse Geografische Studies 249, Koninklijk Nederlands Aardrijkskundig Genootschap/Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht, Utrecht.

Malamidou D., Tsirtsoni Z., Yiouni P., Lespez L., Kilikoglou V., Tsolakidou A., 2005. Matières premières et production des poteries néolithiques à décor peint " noir sur rouge " en

Grèce du Nord, *Bulletin de Correspondance Hellénique*, 32 p

Malavoi J.-R., Adam P., 2007. La restauration morphologique des cours d'eau : concepts et principes de mise en œuvre, *Ingénieries*, n°50 (Juin), p. 49-61

Malavoi J.-R., Bravard J.-P., 2010. *Eléments d'hydromorphologie fluviale*, ONEMA, Vincennes, 225 p.

Malavoi J.-R., Salgues D., 2011. *Arasement et dérasement de seuils. Aide à la définition de Cahier des Charges pour les études de faisabilité. Compartiments hydromorphologie et hydroécologie, Action 24 Ingénierie de la restauration physique des habitats,* Rapport ONEMA-CEMAGREF, 83 p.

Maley J., 2000. Last Glacial Maximum lacustrine and fluviatile formations in the Tibesti and other Saharan mountain, and large scale climatic teleconnections linked to the activity of the Subtropical Jet Stream, *Global and Planetary Change*, 26, p. 121-136

Maley J., 2004. Le bassin du lac Tchad au Quaternaire re´cent : formations se´dimentaires, pale´oenvironnements et préhistoire. La question des Paléotchads, *in* Renault-Miskovsky J., Semah A.M. (Eds.), *Guide de la Pre´histoire Mondiale*, Publ., Errance, Paris, p. 179–217

Malinowsky B. 1944. *Une théorie scientifique de la culture et autres essais.* Traduction française, 1968. Paris, François Maspero, 1968, 182 p.

Mandel R.D., 1995. Geomorphic controls on the Archaic record in the Central Plains of the United States, *in* Bettis III, E.A. (Ed.), Archaeological Geology of the Archaic Period in North America, *Geological Society of America Special Paper* 297, p. 37–66

Mangerud J., Andersen S. T., Berglund B. E., Donner J., 1974. Quaternary stratigraphy of Norden, a proposal for terminology and classification, Boreas 3, 3, p. 109-126.

Manning K., Pelling R., Higham T., Schwenniger J.L., Fuller D.Q., 2011. 4500-Year old domesticated pearl millet (Pennisetum glaucum) from the Tilemsi Valley, Mali: new insights into an alternative cereal domestication pathway, *Journal of Archaeological Science*, Volume 38, Issue 2, p. 312-322

Manning K., 2010. A developmental history for early West African agriculture, *in* Allsworth-Jones P. (Ed.), *West African archaeology. New developments, new perspectives*, p. 43 - 52

Maran J., 1998. Die Badener Kultur und der ägäisch-anatolische Bereich. Ein Neubewertung eines alten Forschungsproblems, *Germania* 76, p. 497-525

Marchand G., 2009. Chasseurs cueilleurs et agriculteurs en Europe occidentale : les échanges comme la condition de la Néolithisation, *in* Demoule J.-P. (Dir.), *La Révolution néolithique dans le monde*, CNRS Editions, Paris, p. 165-180

Marchant R., Hooghiemstra H., 2004. Rapid environmental change in African and South American tropics around 4000 years before present: a review, *Earth Science Reviews*, 66, p. 217-260

Marcigny C. (Dir.), 2005. *Archéologie, histoire et anthropologie de la presqu'île de La Hague (Manche)*. Première année de recherche 2005, Le Tourp, Imprimerie Artistiques Lecaux, Tourlaville, 129 p.

Marcigny C., (Dir.), 2010. *La Hague dans tous ses états*, OREP éditions, 159 p.

Marcigny C., Ghesquière E. et Desloges J., (Eds) 2007a. *La Hache et la Meule, les premiers paysans du Néolithique en Normandie (6000-2000 avant notre ère)*, éd. Du Muséum du Havre, Le Havre, 191 p

Marcigny C., Juhel L., Ghesquière E., 2007b. Stratigraphie et datations de l'abri sous roche de « La Jupinerie » à Omonville-la-Petite (50), *Bulletin du Groupe de Recherches Archéologiques du Cotentin*, n° 12, janvier 2007, Querqueville, p. 14-21

Marcigny C., Lespez L., Ghesquière E., M. Clet-Pellerin, 2007c, Emprise et déprise agricole à l'âge du Bronze moyen sur le littoral de la Manche ? Une lecture du phénomène grâce aux sites normands, *in* Richard H., Magny M., Mordant C. (Dir.), *Environnements et Cultures à l'Âge du bronze en Europe occidentale,* CTHS, PUB, Besançon, p. 311-326

Marcigny C., Talon M., 2009, Sur les rives de la Manche. Qu'en est-il du passage de l'Âge du bronze à l'Âge du fer à partir des découvertes récentes, *in* Lambert-Roulière M.-J., Daubigney A., Milcent P.-Y., Talon M., Vital J. (Dir.), *De l'Âge du bronze à l'Âge du fer en France et en Europe occidentale (Xe-VIIe siècle av. J.-C.), Actes du XXXe colloque international de l'AFEAF*, Revue Archéologique de l'Est, suppl. 27, p. 385-403

Marcigny C., Ghesquière E. avec la collaboration de Lespez L., 2008. *in* Guilaine J. (Dir.), *Villes, villages, campagnes de l'Âge du bronze*, Errance, Paris, 2008, p. 256-278

Marcigny C., Ghesquière M., Juhel L., Charraud F., 2011. Entre Néolithique ancien et néolithique

moyen en Normandie et dans les îles anglo-normandes, *in* Billard C., Legris M. (Eds), *Premiers Néolithiques de l'ouest*, PUR, p. 117-161

Marguerie D, 1992. *Evolution de la végétation sous l'impact humain en Armorique du Néolithique aux périodes historiques*, Travaux du laboratoire d'Anthropologie de Rennes, 40, Université de Rennes 1, 313 p.

Marguerie D., 2003. Bocages armoricains et sociétés, genèse, évolution et interactions, *in Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisés,* Paris, p. 115-131

Marguerie D., Hunot J.-Y., 2007. Charcoal analysis and dendrology : data from archaeological sites in western France, *Journal of Archaeological Sciences*, 34, p.1417-1433

Marinatos S., The volcanic destruction of Minoan Crete, *Antiquity* 13 (1939), p. 425-439

Gianluca M., Rohling E.J., Sangiorgi F., Hayes A., Casford J.L., Lotter A., Kucera M., Brinkhuis H., 2009. Early and middle Holocene in the Aegean Sea: interplay between high and low latitude climate variability, *Quaternary Science Reviews*, Volume 28, Issues 27–28, p. 3246-3262

Marinova E., Thiébault S., 2008. Anthracological analysis from Kovacevo, southwest Bulgaria : woodland vegetation and its use during the earliest stages of the European Neolithic, *Vegetation history and archaeobotany*, vol. 17, n°2, p. 223–231

Marinval P., 1999. A Carpological Approach to the Neolithization of Southern France, *in* Anderson P.C. (Dir.), *Prehistory of Agriculture. New Experimental and Ethnographic Approaches*. Monograph 40, CRA et Institut of Archaeology, Univ. of California, Los Angeles, p. 173-179

Marriner N., Morhange C., Skrimshire, 2010. Geoscience meets the four horsemen? Tracking the rise of neocatastrophism, *Global and Planeatary Change*, 74, p. 43-48

Marriner N., Morhange C., 2007. Geoscience of ancient Mediterranean harbours, *Earth-Science Reviews*, 80, p. 137-194

Martinez S., 1997. L'homme et ses outils, *Dossiers d'Archéologie*, 222, p. 36-39

Massa C., Bichet V., Gauthier E., Perren B., Mathieu O., Petit C., Monna F., Giraudeau J., Losno R., Richard H., 2012. A 2500 year record of natural and anthropogenic soil erosion in South Greenland, *Quaternary Science Reviews*, Volume 32, 16, p. 119-130

Mayewski P.A., Rohling E., Stager C., Karlen, W., Maasch K., Meeker L.D., Meyerson E., Gasse F., vanKreveld S., Holmgren K., Lee-Thorp J., Rosqvist G., Rack F., Staubwasser M., Schneider R., 2004. Holocene climate variability, *Quaternary Research* 62, p. 243–255

Mayor A., Huysecom E., Gallay A., Rasse M., Ballouche A., 2005. Population dynamics and palaeoclimate over the past 3000 years in the Dogon Country, Mali, *Journal of Anthropological Archaeology*, 24, p. 25-61

Mazier F., Galop D., Brun C., Buttler A., 2006. Modern pollen assemblages from grazed vegetation in the Western Pyrenees Mountains (France). A numerical tool for more precise reconstruction of past cultural landscapes, *The Holocene,* 16, 1, p. 91-103

Mazurié de Keroualin, 2003. *Genèse et diffusion de l'agriculture en Europe : agriculteurs, chasseurs, pasteurs*, Paris, Errance, coll. «Hespérides», 184 p.

Mc Gowan B., 1981. *Economic life in Ottoman Europe, Taxation trade and the struggle for land 1600-1800*, Cambridge, Cambridge University Press et Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, 231 p.

Mc Neill J.R., 1992. *The Mountains of Mediterranean world, An environmental history*. Cambridge, Cambridge University Press, 417 p.

McIntosh S. 2006. The Holocene prehistory of West Africa 10,000-1000 BP, *in* Akyeampong, E.K. (Ed), Themes in West Africa's history. Athens, Ohio University Press, p. 11-32

McIntosh S., 1998. *The peoples of the Middle Niger: The Island of Gold*, Blacwell, Oxford.

McIntosh S., 2003. *Ancient Middle Niger: Urbanism and the Self-Organizing Landscape. (Case Studies in Early Societies)* by Roderick J. McIntosh, Cambridge University Press, 278 p.

McIntosh S.K., McIntosh R.J., 1980. Prehistoric investigations at Jenne, Mali, Oxford: British Archaeological Reports,

Menesson B., *Étude diachronique de l'évolution des paysages du Néolithique à nos jours dans la péninsule de la Hague : l'exemple de la Mare de Vauville*, Mémoire de recherches de Master I de Géographie, 163 p.

Mercader J., Runge F., Vrydaghs L., Doutrelepont H., Corneille E., EJordi J.-T., 2000. Phytoliths from Archaeological Sites in the Tropical Forest of Ituri, Democratic Republic of Congo, *Quaternary Research*, Volume 54, Issue 1, p. 102-112

Mérot P., Gascuel-Odoux C., Walter C., Zang X., Molenat J., 1998. Influence du réseau de haies des paysages bocagers sur le cheminement des eaux de surface, *Rev. Sci. Eau* 12/1, p. 23-44

Messerli B., Grosjean M., Hofer T., Núñez L., Pfister C., 2000. From nature-dominated to human-dominated environmental changes, *Quaternary Science Reviews*, Volume 19, Issues 1–5, 1, p. 459-479

Meynier A., 1967. *Les paysages agraires*, Paris, Armand Colin, 207 p.

Miall A.D. 1996, *The geology of fluvial deposits: sedimentary facies, basin analysis and petroleum geology*, Berlin Springer-Verlag.

Michelin Y., 1995, *Les jardins de Vulcain*, Paris, éditions de la maison des sciences de l'homme Paris, 155 p.

Minoura, K., Imamura, F., Kuran, U., Nakamura, T., Papadopoulos, G.A., Takahashi, T., Yalciner, A.C., 2000. Discovery of Minoan tsunami deposits, *Geology* 28, 1, p. 59-52

Miramont C., Boutterin C., Sivan O., Bruneton H., Mantran M., 2008. Grandes séquences et principales ruptures morphogéniques en Haute Provence, Les complexes sédimentaires des petits organismes torrentiels de Moyenne Durance, *Cahiers de l'Environnement* (Coll. Edytem) 6, p. 145–154

Miskovsky J.-C. (Ed.), 2002. *Géologie de la Préhistoire, méthodes, techniques, applications,* Association pour l'étude de l'environnement géologique de la Préhistoire, Paris, Géopré, Presses universitaires de Perpignan, 1519 p.

Missitzis L., 1985. A royal Decree of Alexander the Great on the Lands of Philippi, *Ancient World* 12, p. 3-14

Monaco C., Tortorici L., 2004. Faulting and effects of earthquakes on Minoan archaeological sites in Crete (Greece), *Tectonophysics* 382, p. 103-116

Montesquieu, 1748. *De l'esprit des lois*

Montgomery D. R., 2008. Dreams of Natural Streams, *Science*, 319, p. 291-292

Morhange C., Provansal M. (Ed.), 2007. Géoarchéologie, *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 104 p.

Morin E., Macaire J.-J., Hinschberger F., Gay-Ovéjéro I., Rodrigues S., Bakyono J.-P., Visset L., 2011. Spatio-temporal evolution of the Choisille River (southern Parisian Basin, France) during the Weichselian and the Holocene as a record of climate trend and human activity in north-western Europe, *Quaternary Science Reviews* 30, 3-4, p. 347-363

Morzadec-Kerfoun, 1974. *Variations de la ligne de rivage armoricaine au Quaternaire. Analyses polliniques de dépôts organiques littoraux*. Mem. Soc. Geol. Min. Bretagne, 17, Rennes, 208 p.

Moyle, P. B., Mount, J. F., 2007. Homogenous rivers, homogenous faunas, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 104, p. 5711–5712

Munoz S. E., Gajewski C., Peros M. C., 2010. Synchronous environmental and cultural change in the prehistory of the northeastern United States, *Proceedings of National Academic Science,* 107 (51), p. 22008-2201

N

Nanson G.C., Croke J.C., 1992. A genetic classification of floodplains, *Geomorphology* 4, p. 459–486

Neboit-Guilhot R., 1977. Un exemple de morphogenèse accélérée dans l'Antiquité. Les vallées du Basento et du Cavone en Lucanie (Italie), *Méditerranée*, p. 39-50

Neboit-Guilhot R., 1980. Morphogenèse et occupation humaine dans l'Antiquité, *Bulletin de l'Association des Géographes Français*, 466, p. 21-27

Neboit-Ghuilot R., 1983. *L'homme et l'érosion*, Clermont-Ferrand, Fac de Lettres et Sc. Humaines, Univ. Blaise Pascal, 17, 184 p.

Neboit-Guilhot R., 1999. Autour du concept d'érosion accélérée : l'homme, le temps et la morphogénèse, *Géomorphologie*, vol. 5, 5-2, p. 159-172

Neboit-Guilhot, 2010. *L'homme et l'érosion*, Clermont-Ferrand, Fac de Lettres et Sc. Humaines, Univ. Blaise Pascal, 17, 349 p.3e édition revue et augmentée.

Neboit-Guilhot R., Lespez L., 2006. Alluvionnement et creusement sur la rive nord de la Méditerranée. Vers une lecture systémique des rythmes historiques de la morphogenèse, *in* Allée P., Lespez L. (Eds), *L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnemen*, Actes de la Table Ronde en l'honneur de René Neboit-Guilhot, Coll. "Nature et Société 3, Presses Universitaires Blaise Pascal, Clermont Ferrand, p. 335-352

Needham S., Macklin M.G. (Ed.), 1992. *Alluvial archaeology in Britain*, Oxbow Monograph 27, Oxford, 277 p.

Neumann, K., 2003. The late emergence of agriculture in Sub-Saharan Africa: archaeobotanical evidence and ecological considerations, *in* Neumann K., Butler A., Kahlheber, S. (Eds.), Food, Fuel and Fields, *Progress in African Archaeobotany*, Heinrich-Barth-Institut, Köln, p. 71-92

Neumann, K., 2005. The romance of farming: plant cultivation and domestication in Africa, *in* Stahl A.B. (Ed.), *African Archaeology, A Critical Introduction*, Blackwell, Malden, p. 249-275

Neumann K., Fahmy A., Lespez L., Ballouche A., Huysecom E., 2009. The Early Holocene palaeoenvironment of Ounjougou (Mali): Phytoliths in a multiproxy context, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 276, p. 87-106

Ngomanda A., Neumann K., Schweizer A., Maley J., 2009. Seasonality change and the third millennium BP rainforest crisis in southern Cameroon (Central Africa), *Quaternary Research* 71, 3, p. 307-318

Nicholas W.A., Chivas A.R., Murray-Wallace C.V., Fink D., 2011. Prompt transgression and gradual salinisation of the Black Sea during the early Holocene constrained by amino acid racemization and radiocarbon dating *Quaternary Science Reviews*, Volume 30, Issues 27–28, p. 3769-3790

Nicolaïday B., 1859. *Les Turcs et la Turquie contemporaine*. I, II, Paris, F. Sartorius

Nielsen A.B., Odgaard B.V., 2005. Reconstructing land cover from pollen assemblages from small lakes in Denmark, *Rev. Palaeobot. Palynol*. 133, p. 1–21

Notebaert B, Verstraeten G, Rommens T, et al. 2009. Establishing a Holocene sediment budget for the river Dijle, *Catena*, 77, p. 150–163

Notebaert B., Verstraeten G., 2010. Sensivity of West and Central European river systems to environmental changes during the Holocene: A review, *Earth-Science Reviews* 103, p. 163-182

Notebaert B., Verstraeten G., Vandenberghe D., Marinova E., Poesen J., Govers G., 2011. Changing hillslope and fluvial Holocene sediment dynamics in a Belgian loess catchment, *Journal of Quaternary Science* 26, 1, p. 1099-1417

Ntinou M., 2002. *La paleovegetacion en el Norte de Grecia desde el Tardiglaciar hasta el Atlantico*, BAR, Oxford.

Nuninger L., Sanders L. (coord.), 2006. La modélisation des réseaux d'habitat en archéologie : trois expériences, *Mappemonde*. [http://mappemonde.mgm.fr/num11/articles/art06302.html]

Nuninger L., Favory F. (Dir.), 2011. *Archaedyn Dynamique spatiale du peuplement et ressources naturelles : vers une analyse intégrée dans le long terme de la Préhistoire au Moyen Âge*, ACI Espaces et Territoires Rapport de fin de contrat, 75 p. [http://hal.archivesouvertes.fr/docs/00/48/31/41/PDF/080213_ACI_Archaedyn_rapportfinal_fr_Def_web.pdf]

Nyssen J., Naudts J., De Geyndt K., Haile Mitiku, Poesen J., Moeyersons J., Deckers J., 2008b. Soils and land use in the Tigray highlands (Northern Ethiopia), *Land Degrad*, Dev. 19, p. 257–274

Nyssen J., Haile M., Naudts J., Munro N., Poesen J., Moeyersons J., Frankl A., Deckers J., Pankhurst R., 2009. Desertification? Northern Ethiopia re-photographed after 140 years, *Sci. Total Environ.* 407, p. 2749–2755

O

O'Connell M., Molloy K., 2001. Farming and woodland dynamics in Ireland during the Neolithic, *Biol Environ (Proc R Ir Acad, Ser B)*, 101, p. 99–128

Ollivier V., Guendon J.L., Ali A., Roiron P., Ambert P., 2006. Évolution postglaciaire des environnements provençaux et alpins : cadre chronologique, faciès et dynamique morpho-sédimentaire, *Quaternaire*, vol. 17, n° 2, p. 51-67

Ozainne S., 2011. *Le peuplement d'Afrique de l'Ouest sub-saharienne entre 2500 et 500 av. J.-C. : cadre chrono-culturel, économique et environnemental de la fin du Néolithique en zone soudano-sahélienne*, Thèse présentée de Sciences mention d'archéologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Genève, 535 p.

Ozainne S., Huysecom E., Ballouche A., Rasse M. 2004. Le site des Varves à Ounjougou (Mali). Nouvelles données sur le peuplement néolithique des zones subsahariennes en Afrique de l'Ouest, *in* Schneider J., Roost Vischer L., Péclard D. (Eds), *Le Forum suisse des Africanistes 4*, LIT Verlag, Bâle, Münster.

Ozainne S., Huysecom E., Mayor A., Robion-Brunner C., Soriano S. 2009a. Une chronologie pour le peuplement et le climat du pays dogon: la séquence culturelle et environnementale du gisement d'Ounjougou (Mali), *Antropo*, 18, p. 37-46

Ozainne S., Lespez L., Le Drezen Y., Eichhorn B., Neumann K., Huysecom E., 2009b. Developing a chronology integrating archaeological and environmental data from different contexts: the Late Holocene sequence of Ounjougou (Mali), *Radiocarbon* 51, 2, p. 457-470

Özdogan M., 1999. Northwestern Turkey: Neolithic cultures in between the Balkans and Anatolia, *in* Özdogan M., Basgelen N. (Ed.) *Neolithic in Turkey. The Cradle of Civilization*, p. 203-24

Özdogan M., 2001. The Enez Hoca Cesme Excavation, *in* Belli O. (Ed.), *Istanbul University's Contribution to Archaeology in Turkey (1932-200),* Istanbul University Rectorate Publication 4285, p. 41-43

P

Panzac D., 1992. La population de la Macédoine au XIXe siècle (1820-1912)*, Revue du Monde Musulman et de la Méditerranée*, 66, p. 113-134

Papazoglou F., 1988. Les villes de Macédoine à l'époque romaine. *BCH, suppl. XVI*, p. 384-414

Papin G., *Étude hydrologique et environnementale de la Mare de Vauville. Mise en évidence des temporalités de fonctionnent*, Mémoire de recherches de Master I de Géographie, 155 p.

Papy F., Douyer C., 1991. Influence des états de surface du territoire agricole sur le déclenchement des inondations catastrophiques, *Agronomie*, 11, p. 201-215

Parsons A.J., 2012. How useful are catchment sediment budgets?, *Progress in Physical Geography*, 36, p. 60-71

Pascal M., Lorvelec O., 2005. French attempts to eradicate non-indigenous mammals and their consequences for native biota, *Biological Invasions 7*, p. 135-140

Passega R., 1957. Texture as characteritics of clastic deposition, *Bulletin of the American Association of Petroleum geologists*, 41-94, p. 1952-1984

Pastre J.-F, Fontugne M., Kuzucuoglu C., Leroyer C., Limondin-Lozouet N., Talon M., 1997. L'évolution Tardi- et Postglaciaire des lits fluviaux au nord-est de Paris (France). Relation avec les données paléoenvironnementales et l'impact anthropique sur les versants. *Géomorphologie* 4, p. 291- 312

Pastre J.-F, Leroyer C., Limondin-Lozouet N., Antoine P., Gauthier A., Le Jeune Y., Orth P., 2003a. Quinze mille ans d'environnement dans le Bassin parisien (France) : mémoires sédimentaires des fonds de vallée. In *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisés,* Elsevier, Paris, p. 43-55

Pastre J.-F, Leroyer C., Limondin-Lozouet N., Fontugne M., Hatte C., Krier V., 2002a. L'Holocène du Bassin parisien : variations environnementales et réponses géoécologiques des fonds de vallées, *in* Richard H., Vignot A. (Eds), *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20000 ans en Europe de l'Ouest*. Annales Littéraire de l'Université de Franche-Comté, Série Environnement, Sociétés et Archéologie 3, Besançon, p. 39-45

Pastre J.-F, Leroyer C., Limondin-Lozouet N., Orth P., Chausse C., Fontugne M., Gauthier A., Kunesh S., Le Jeune Y., Saad M.-C., 2002b. Variations paléoenvironnementales et paléohydrologiques durant les 15000 derniers millénaires : les réponses morphosédimentaires des vallées du Bassin parisien, *in* Bravard J.-P., Magny M. (Dir.), *Les fleuves ont une histoire, paléo-environnement des rivières et des lacs français depuis 15000 ans*, Errance, Paris, p. 29-44

Pastre J.-F., Limondin-Lozouet N., Leroyer C., Ponel P., 2003b. River System evolution and environmental changes during the Late Glacial in the Paris Basin (France), *Quaternary Science Reviews* 22, p. 2177-2188

Pastre J.-F., Limondin-Lozouet N., Gebhardt A., Leroyer C., Fontugne M., Krier V., 2001. Lateglacial and Holocene fluvial records from the central part of the Paris basin (France), *in* Maddy D., Macklin M.G., Woodward J.C. (Eds.), *River basin sediment systems: Archives of environmental change*, Blkema, p. 357-373

Pastre J.-F., Orth P., Le Jeune Y., Bensaadoune S., 2006, L'homme et l'érosion dans le bassin parisien (France). La réponse morphosédimentaire des fonds de vallées au cours de la seconde partie de l'Holocène, *in* Allée P., Lespez L. (Dir.), *L'érosion entre Société, Climat et Paléoenvironnement. Actes de la Table Ronde en l'honneur de R. Neboit-Guilhot*, Presses Universitaires Blaise Pascal, Clermont Ferrand, p. 237-247

Pellerin J., 1968. *La Campagne de Caen; plateaux jurassiques et bordure du massif ancien. Etude géomorphologique*, Thèse, Centre de Géomorphologie, Caen, 363 p.

Pelletier M., 1990. *La Carte de Cassini. L'extraordinaire aventure de la carte de France*, Paris, Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées, 263 p.

Perilla F., 1932. *A travers la Macédoine*. Athènes, Editions Perilla.

Perlès C., 2009. Grèce et Balkans: deux voies de pénétration distinctes du Néolithique en Europe ? *in* Demoule J.-P. (Dir.), *La Révolution néolithique dans le monde*, CNRS Editions, Paris, p. 263-281

Perlès, C. 2001. *The Early Neolithic in Greece: the First Farmers in Europe*, Cambridge, Cambridge University Press.

Petit C. (Dir.), 2005. *Occupation et gestion des plaines alluviales dans le Nord de la France de l'âge du Fer à l'époque gallo-romaine, Actes de la Table Ronde de Molesme*, 17-18 septembre 1999, Presses Universitaires de Franche Comté, 213 p.

Petit F., 1995. Régime hydrologique et dynamique fluviale des rivières ardennaises, *in* Demoulin A. (Ed), *L'Ardenne : essai de géographie physique. Livre en hommage au Professeur A. Pissart*, p. 194-223

Petit C., 2006. *Géoarchéologie et anthropisation de l'environnement*, Mémoire d'Habilitation à Diriger des recherches, Université de Bourgone, 206 p.

Petmezas S., 1996. Serrès et sa région sous les Ottomans, *in* Odorico, *Conseils et mémoires de Synadinos, prêtre de Serrès en Macédoine (XVIIè siècle)*, Paris, Editions de l'Association Pierre Belon, p. 429-569

Pétrequin P., Arbogast R.-M., Bourquin-Mignot C., Duplaix A., Martineau R., Pétrequin A.-M., Viellet A., 2002. Le mythe de la stabilité : déséquilibres et réajustements d'une communauté agricole néolithique dans le Jura français, du 32ème siècle au 30ème siècle av. J.-C., *in* Richard H., Vignot A. (Eds), *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20000 ans en Europe de l'Ouest (septembre 2000)*, Collection Annales Littéraires de l'Université de Franche-Comté, Besançon, p. 175–190

Peyron O., Goring S., Dormoy I., Kotthoff U., Pross J., de Beaulieu J.L., Drescher-Schneider R., Vannière B., Magny M., 2011. Holocene seasonality changes in the central Mediterranean region reconstructed from the pollen sequences of Lake Accesa (Italy) and Tenaghi Philippon (Greece), *The Holocene*, 21, p. 131-46

Peyron O., Goring S., Dormoy I., Kotthoff U., Pross J., de Beaulieu J.-L., Drescher-Schneider R., Vannière B., Magny M., 2011. Holocene seasonality changes in the central Mediterranean region reconstructed from the pollen sequences of Lake Accesa (Italy) and Tenaghi Philippon (Greece), *The Holocene* 21, p. 131-146

Pichard G., 1995. Les crues sur le bas Rhône de 1500 à nos jours. Pour une histoire hydroclimatique, *Méditerranée*, t. 82 (3-4), p. 105-116

Pichard G., 2001. L'espace absorbé par l'économique ? Endettement communautaire et pression sur l'environnement en Provence (1640-1730). *Histoire et Sociétés Rurales*, 16, p. 81-115

Pichard G., 2004. Torrents et société à Vergons au temps du Petit Âge Glaciaire. *Méditerranée*, 1-2 (vol. d'hommages à Maurice JORDA)

Pichot D., Margerie M., 2004, Approche pluridisciplinaire sur l'aménagement des petits cours d'eau par les sociétés médiévales dans l'ouest de la France (VIIe-XVIIe siècle), *in* Burnouf J., Leveau P. (Dir.), *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture, Sociétés préindustrielles et milieux fluviaux, lacustres et palustres : pratiques sociales et hydrosystèmes*, Paris, CTHS, p. 111-125

Piégay H., Walling D.E., Landon N., He, Q., Liébault F., Petiot R., 2004. Contemporary changes in sediment yield in an alpine mountain basin due to afforestation (the upper Drôme in France), *Catena* 55, p. 183–212

Piégay H., Schumm S., 2005. System approaches in fluvial geomorphology, *in* Piégay H., Church M. (Ed.), *Tools in Fluvial Geomorphology*, Wiley, p. 105-134

Piperno D.R., 1988. *Phytolit analysis : an archeological and geological perspective*, Academic Press, San Diego

Piperno D.R., 2006. *Phytolits : a comprehensive guide for archeologists and paleoecologists*, AltaMira Press, 238 p.

Ponel P., Gandouin E., Coope G.R., Andrieu-Ponel V., Guiter F., Van Vliet-Lanoe B., Franquet E., Brocandel M., Brulhet J., 2007. Insect evidence for environmental and climate changes from Younger Dryas to Sub- Boreal in a river Xoodplain at St-Momelin (St-Omer basin, northern France), Coleoptera and Trichoptera. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 245, p. 483–504

Pope K., Van Andel T. H., 1984. Late Quaternary Alluviation and soil Formation in the Southern Argolid: Its history, Causes and Archeological Implications, *Journal of Archeological Science*, 11, p. 281-306

Pope R., Wilkinson K., Millington A., 2003. Human and Climatic impact on Late Quaternary

deposition in the Sparta basin piedmont: evidence from alluvial fan systems, *Geoarchaeology*, 7, 18, p. 685-724

Pouquet J., 1952. *Les Monts du Tessala (chaînes sud-telliennes d'Oranie), essai morphogénique*, Paris, SEDES, 320 p.

Power M.J., Marlon J., Ortiz N., Bartlein P.J., Harrison S.P., Mayle F.E., Ballouche A., Bradshaw R.H., Carcaillet C., Cordova C., Mooney S., Moreno P., Prentice I.C., Thonicke K., Tinner W., Whitlock C., Zhang Y., Zhao Y., Ali A.A., Anderson R.S., Beer R., Behling H., Briles C., Brown K.J., Brunelle A., Bush M., Camill P., Chu G.Q., Clark J., Colombaroli D., Connor S., Daniau A.-L., Daniels M., Dodson J., Doughty E., Edwards M.E., Finsinger W., Foster D., Frechette J., Gaillard M.-J., Gavin D.G., Gobet E., Haberle S., Hallett D.J., Higuera P., Hope G., Horn S., Inoue J., Kaltenrieder P., Kennedy L., Kong Z.C., Larsen C., Long C.J., Lynch J., Lynch E.A., McGlone M., Meeks S., Mensing S., Meyer G., Minckley T., Mohr J., Nelson D.M., New J., Newnham R., Noti R., Oswald W., Pierce J., Richard P.J.H., Rowe C., SanchezGoñi M.F., Shuman B.J., Takahara H., Toney J., Turney C., Urrego-Sanchez D.H., Umbanhowar C., Vandergoes M., Vanniere B., Vescovi E., Walsh M., Wang X., Williams N., Wilmshurst J., Zhang J.H., 2008. Changes in fire regime since the Last Glacial Maximum: an assessment based on a global synthesis and analysis of charcoal data, *Climate Dynamics* 30 (7e8), p. 887-907

Prebble M., Schallenberg M., Carter J., Shulmeister, J., 2002. An analysis of phytolith assemblages for the quantitative reconstruction of late Quaternary environments of the Lower Taieri Plain, Otago, South Island, New Zealand I. Modern assemblages and transfer functions, *Journal of Paleolimnology* 27, p. 393-413

Prévost-Dermarkar S., 2003. Les fours néolithiques de Dikili Tash (Macédoine, Grèce) : une approche expérimentale des techniques de construction des voûtes en terre à bâtir, *in* Frère-Sautot M.-C. (Ed.), *Le feu domestique et ses structures au Néolithique et aux Âges des métaux (Actes du colloque de Bourg-en-Bresse et Beaune, 7-8 octobre 2000),* Monique Mergoil, Montagnac, p. 215-223

Pross J., Kotthoff U., Müller U.C., Peyron O., Dormoy I., Schmiedl G., Kalaitzidis S., Smith A.M., 2009. Massive perturbation in terrestrial ecosystems of the Eastern Mediterranean region associated with the 8.2 kyr B.P. climatic event, *Geology*, 37, p. 887-90

Provansal M., Berger J.-F., Bravard J.-P., Salvador P.-G., Arnaud-Fassetta G., Bruneton H., Verot-Bourrely, A., 1999. Le régime du Rhône et les mutations des environnements fluviaux du lac de Genève à la mer, *Gallia* 56, p. 13–32

Provansal M., Morhange C., 1994. Seuils climatiques et réponses morphogéniques en Basse-Provence depuis 5 000 ans, *Quaternaire*, 5, 3-4, p. 113-118

Puissegur J.J., 1976. *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne*. Mémoires Géologiques de l'Université de Dijon 3, Doin, Paris, 241 p.

Purdue L., 2011. *Dynamique des paysages agraires et gestion de l'eau dans le bassin semi-désertique de Phoenix (Arizona) de la préhistoire à l'époque moderne*, Thèse d'archéologie, Université de Nice Sophia Antipolis, 533 p.

Purdue L., Miles W., Woodson K., Darling A., Berger J.-F., 2010. Micromorphological study of irrigation canal sediments: Landscape evolution and hydraulic management in the middle Gila River valley (Phoenix Basin, Arizona) during the Hohokam occupation, *Quaternary International*, vol. 216, 1-2, p. 129-144

Pyke G., Youni P., 1996. The excavation and the ceramic assemblage, BSA, Supplementary, *in* Rodden R.J., Wardle K.A. (Eds.), *Nea Nikomideia I. the Excavation of an Early Neolithic Village in Northern Greece 1961-1981*, vol. 25, British School at Athens, Athens.

R

Rackham O., Moody J., 1996. *The Making of the Cretan Landscape,* Manchester.

Rapp G., Hill, C.L., 1998. *Geoarchaeology. The earth-science approach to archaeological interpretation*, Yale University Press, New Haven, US, 274 p.

Rasse M., 2008. La diffusion du Néolithique en Europe (7000-5000 av. J.-C.) et sa représentation cartographique, *Mappemonde,* 90 (2008-2), 22 p. (http://mappemonde.mgm.fr/num18/articles/art08205.html)

Rasse M., Soriano S. Tribolo Ch., Stokes S., Huysecom E., 2004. La séquence pléistocène supérieur d'Ounjougou (Pays Dogon, Mali) : évolution géomorphologique, enregistrements sédimentaires et changements culturels, *Quaternaire*, 15, (4), p. 329-341

Rasse M., Ballouche A., Huysecom E., Le Drézen Y., Neumann K., Ozainne S., Tribolo C. 2006. Evolution géomorphologique, enregistrements sédimentaires et dynamiques paléoenvironnementales holocènes à Ounjougou

(Plateau dogon, Mali, Afrique de l'Ouest), *Quaternaire* 17, p. 61-74

Reimer P.J., Baillie M.G.L., Bard E., Bayliss A., Beck J.W., Bertrand C.J.H., Blackwell P.G., Buck C.E., Burr G.S., Cutler K.B., Damon P.E., Edwards R.L., Fairbanks R.G., Friedrich M., Guilderson T.P., Hogg A.G., Hughen K.A., Kromer B., McCormac G., Manning S., Bronk-Ramsey C., Reimer R.W., Remmele S., Southon J.R., Stuiver M., Talamo S., Taylor F.W., van der Plicht J., Weyhenmeyer C.E., 2004. IntCal04 terrestrial radiocarbon age calibration, 0-26 cal kyr BP. *Radiocarbon,* 46 (3), p. 1029-58

Reineck H.E., Singh I.B. 1980. Depositional sedimentary environments, Springer, Berlin.

Renfrew C., Gimbutas M., Elster E. (Eds), 1986. *Excavation at Sitagroi : a prehistoric village in Northeast Greece*, T. I. Los Angeles, University of California.

Revkin A., 1992. *Global Warming : Understanding the Forecast*, American Museum of Natural History, Environmental Defense Fund, New York, Abbeville Press, 180 p.

Rice P.M., Demarest A.A., Rice D.S., 2004. The terminal classic and the ''Classic Maya Collapse'' in perspective, *in* Demarest A.A., Rice P.M., Rice D.S. (Eds.), *The Terminal Classic in the Maya Lowlands*, University Press of Colorado, Boulder, CO, p. 1–11

Richard H. (Dir.) 2004. *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques*, Presses Universitaires Franc-comtoises, Annales littéraire 777, 219 p.

Richard H., Vignot A. (Eds), 2000. *Equilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20000 ans en Europe de l'Ouest* , Annales Littéraire de l'Université de Franche-Comté, Série Environnement, Sociétés et Archéologie 3, Besançon, 483 p.

Riehl S., 2009. Archaeobotanical evidence for the interrelationship of agricultural decision-making and climate change in the ancient Near East, *Quaternary International*, Volume 197, Issues 1–2, p. 93-114

Rippon S. J., Fyfe R. M., Brown A. G, 2006. Beyond Villages and Open Fields: The Origins and Development of a Historic Landscape Characterised by Dispersed Settlement in South-West England, *Medieval Archaeology*, 50 , 1, p. 31-70

Rivals C. 2000, *Le moulin et le meunier*, Tome 1 : « une technique et un métier », éd. Empreinte, Portet-sur-Garonne, 239 p.

Roberts N., 1998. *The Holocene. An environmental history*, Blackwell, Oxford, 316 p.

Roberts N., Eastwood W.J., Kuzucuoğlu C., Fiorentino G., Caracuta V., 2011. Climatic, vegetation and cultural change in the eastern Mediterranean during the mid- Holocene environmental transition, *The Holocene*, 21 (1), p. 147–162

Robion-Brunner C., 2010. *Peuplements des forgerons et traditions sidérurgiques : Vers une histoire de la production du fer sur le plateau de Bandiagara (pays dogon, Mali) durant les empires précoloniaux*, Francfort, Monographie du programme Paléoenvironnement et peuplement humain en Afrique de l'Ouest, *Journal of African Archaeology*.

Rohling E.J., Mayewski P.A., Abu-Zied R.H., Casford J.S.L., Hayes A., 2002. Holocene atmosphere–ocean interactions: records from Greenland and the Aegean Sea, *Climate Dynamics*, 18, p. 587–593

Rohling E.J., Hayes A., Mayewski P.A., Kucera M., 2009. Holocene climate variability in the eastern Mediterranean, and the End of the Bronze Age, *in* Bachhuber C., Roberts R.G. (Eds.), *Forces of Transformation: The End of the Bronze Age in the Mediterranean*, BANEA Publication Series 1, Oxbow Books, Oxford, 332-9, p. 2-5

Rommens T., Verstraeten G., Bogman P., 2006. Holocene alluvial sediment storage in a small river catchment in the loess area of central Belgium, *Geomorphology*, 77, p. 187–201

Roose E., 1977. *Erosion et ruissellement en Afrique de l'Ouest : 20 années de mesures*, ORSTOM, Trav. Et Doc., 78,108 p.

Rougerie G., Beroutchachvili B., 1991. *Géosystèmes et paysages*, Armand Colin, 305 p.

Rovner I., 1971. Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction, *Quaternary Research*, Volume 1, Issue 3, p. 343-359

Rucina S. M., Muiruri V. M., Downton L, Marchant R., 2010. Late-Holocene savanna dynamics in the Amboseli Basin, Kenya, *The Holocene* 20, p. 667-677

Ruddiman W.F., 2003. The Anthropogenic Greenhouse Era Begun Thousand ofYears Ago, *Climatic Change*, 61, p. 261-293

Ruddiman W.F., Ellis E.C., 2009. Effect of per-capita land-use changes on Holocene forest clearance and CO2 emissions, *Quaternary Science Reviews,* 28, p. 3011–3015

Ruddiman W.F., Kutzbach J.E., Vavrus S.J., 2011. Can natural or anthropogenic explanations of late-Holocene CO_2 and CH_4 increases be falsified?, The Holocene, 21, p. 865-887

Rull V., Cañellas-Boltà N., Sáez A., Giralt S., Pla S., Margalef O., 2010. Paleoecology of Easter Island: Evidence and uncertainties, *Earth-Science Reviews*, Volume 99, Issues 1–2, p. 50-60

Runge F., 1999. The opal phytolith inventory of soils in central Africa–quantities, shapes, classification, and spectra, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 107 (1-2), p. 23–53

Runge F., 1996. Opalphytolithe in Pflanzen aus dem humiden und semi-ariden Osten Afrikas und ihre Bedeutung für die Klima- und Vegetationsgeschichte, *Botanische Jahrbücher für Systematik* 118, p. 303–363

Runnels C., 2001. Review of Aegean Prehistory IV: The Stone Age of Greece from the Palaeolithic to the advent of the Neolithic with an Addendum, *in* Cullen T. (Ed.), *Aegean Prehistory : A review,* Boston, p. 225-258

Ryan W., Pitman W., 2000. Noah's Flood: The New Scientific Discoveries About the Event That Changed History. Simon and Schuster, New York.

Ryan W.B.F., Pitman III W.C., Major C.O., Shimkus K., Moskalenko V., Jones G.A., Dimitrov P., Gorur N., Sakinc M., Yuce H., 1997. An abrupt drowning of the Black Sea shelf, *Marine Geology* 138, p. 119–126

Ryan W.B.F., Major C.O., Lericolais G., Goldstein S.L., 2003. Catastrophic flooding of the Black Sea. Annual *Review of Earth and Planetary Science* 31, p. 525–554

S

Sabatier P., Dezileau L., Colin C., Briqueu L., Bouchette F., Martinez P., Siani G., Raynal O., Von Grafenstein U., 2012. 7000 years of paleostorm activity in the NW Mediterranean Sea in response to Holocene climate events, *Quaternary Research*, Volume 77, Issue 1, p. 1-11

Sadori L., Jahns S., Peyron O., 2011. Mid-Holocene vegetation history of the central Mediterranean, *The Holocene*, vol. 21, 1, p. 117-129

Salvador P.-G., Arnaud-Fassetta G., Carcaud N., Castanet C., Ferdinand L., 2009. Dynamique fluviale holocène et géoarchéologie en milieu fluvial, *in* Laganier R., Arnaud-Fassetta G. (Dir.), *Les géographies de l'eau, processus, dynamique et gestion de l'hydrosystème*, L'Harmattan.

Salvador P.-G., 2005. *Géomorphologie et géoarchéologie des plaines alluviales (piémont alpin et nord de la France)*, Dossier d'habilitation à diriger des recherches, texte de synthèse, université des Sciences et Technologies de Lille 1, 298 p.

Salvador P.G., Vérot-Bourrely A., Bravard J.P., Franc O., Macé S., 2002. Les crues du Rhône à l'époque gallo-romaine dans la region lyonnaise, *in* Bravard J.P., Magny M. (Eds.), *Les paléoenvironnements fluviatiles et lacustres en France depuis 15 00 ans*, Paris, Errance, p. 215-221

Salviat F., 1990. Vignes et vins anciens de Maronée à Mendé, *in Colloque à la Mémoire de Lazaridis,* Thessalonique, p. 457-476

Salzmann U., Hoelzmann P., Morczinek I., 2002. Late Quaternary Climate and Vegetation of the Sudanian Zone of Northeast Nigeria, *Quaternary* Research, 58, p. 73-83

Salzmann U., Waller M., 1998. The Holocene vegetational history of the Nigerian Sahel based on multiple pollen profiles, *Review of Palaeobotany and Palynology*, 100, p. 39-72

Salzmann U., 2000. Are savannas degraded forests?—A Holocene pollen record from the Sudanian zone of NE-Nigeria, *Vegetation History and Archaeobotany*, 9, p. 1–15

Sampson A., Facorellis G., Maniatis Y. 1999. New evidence for the cave occupation during the Late Neolithic period in Greece, *in* Evin J., Oberlin C., Daugas J.P., Salles J.F. (Dir.), *14C et Archéologie, Actes du 3ème congrès International, Lyon, 6-10 avril 1998*, Lyon, p. 279-286

Samsaris D. C., 1976. *Géographie historique de la Macédoine orientale pendant l'Antiquité,* Thessalonique, Publication du bureau des études macédoniennes, Bibliothèque macédonienne, 49, 219 p. (en grec)

Samways M., 1999. Translocating fauna to foreign lands: here comes the Homogenocene, *Journal of Insect Conservation*, 3 (2), p. 65-6

San Juan G., 2003. *Basly-La Campagne. Bilan Scientifique de la région Basse-Normandie 2001,* DRAC Basse-Normandie, Service Régional de l'Archéologie de Basse Normandie, 17 p.

San Juan G., 2004. *Basly-La Campagne. Bilan Scientifique de la région Basse-Normandie 2003,* DRAC Basse-Normandie, Service Régional de l'Archéologie de Basse Normandie, p. 19-20

San Juan G., Meniel P., Matterne-ZeckV., Savary X., Jardel K., 1999, L'occupation gauloise au nord-ouest de Caen. L'évaluation en sondage du plateau de Thaon (Calvados), *Revue archéologique de l'ouest*, 15, p. 131-194

Sancho C., Pena J.L., Munoz A., Benito G., McDonald E., Rhodes E.J., Longares L.A., 2008. Holocene alluvial morphopedosedimentary record and environmental changes in the Bardenas Reales Natural Park (NE Spain). *Catena* 73, 3, p. 225-238

Sauer C. O., 1925 - *The Morphology of Landscape*, University of California Publications in Geography.

Saunders K.M., Taffs K.H., 2009. Palaeoecology: A tool to improve the management of Australian estuaries, *Journal of Environmental Management*, Volume 90, Issue 8, p. 2730-2736

Sautter G., Pélissier P., 1964. Pour un atlas des terroirs africains. Structure type d'une étude de terroir, *L'Homme*, EHESS, janv.-avril 1964, IV, n°1, p. 56-72

Sautter G., 1968. *La région traditionnelle en Afrique tropicale, Régionalisation et développement,* Paris, C.N.R.S., 287 p.

Schilman B., Bar-Matthews M., Almogi-Labin A., Luz B., 2001. Global climate instability reflected by Eastern Mediterranean marine records during the late Holocene, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 176, p. 157-176

Schultze J., 1937. *Neugriechenland*.

Schulz E., Pomel S., 1992. Die anthropogene entstehung des Sahel, *Würzb. Geog. Arb*., 84, p. 263-288

Schumm S.A., 1977: *The fluvial system*, Wiley.

Sebag D., 2002. *Apports de la matière organique pour la reconstitution des paléoenvironnements holocènes de la basse vallée la Seine, fluctuations des conditions hydrologiques locales et environnements de dépôt*, Doctorat, Université de Rouen, 356 p.

Sechi S., Sebag D., Laignel B., Lepert T., Frouin M., Durand A., 2010. Quaternary landscape response to climate change. The last millennia history of detrital sedimentation in the Lower Seine Valley (Normandy, NW France): review, *Terra Nova* 20, p. 214-222

Seignac, Marguerie P., 2011. Les restes anthracologique, *in* Marcigny C., Ghesquières E. (Dir.), *Les fouilles de La Pierre Tourneresse*. PUR, Coll. *Archéologie* et Culture, Rennes, p. 1589-166

Servant, M., 1983. *Séquences continentales et variations climatiques: évolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur*, Travaux et documents de l'ORSTOM 159, Paris.

Shanahan T. M., Overpeck J.T., Anchukaitis K.J., Beck J.W., Cole J.E., Dettman O.L., Peck J.A., Scholz C.A., King J.W., 2009. Atlantic Forcing of Persistent Drought in West Africa, *Science* 17, 324 (5925), p. 377-380

Shanahan T.-M., Overpeck J.-T., Wheeler W., Beck J.-W., Pigati J.-S., Talbot M.-R., Scholz C.-A., Peck J., King J.-W., 2006. Paleoclimatic variations in West Africa from a record of Late Pleistocene and Holocene lake level stands of Lake Bosumtwi, Ghana, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 242, p. 287-302

Sherrat A., 1997. Climatic cycles and behavioural revolutions: The emergence of modern humans and the beginning of farming, *Antiquity*, 71, p. 271-287

Simmons I.G., 1975. Towards an ecology of Mesolithic man in the uplands of Great Britain*, J Archaeol Sciences* 2, p. 1-15

Simmons I. G. 2001. *An Environmental History of Great Britain, From 10,000 Years Ago to the Present,* Edinburgh: Edinburgh University Press

Simon L., 2005, Conclusion : Oui, dans : Arnould P., Glon E., *La nature a-t-elle encore une place dans les milieux géographiques ?*, Publications de la Sorbonne, Géographie-26, p. 263-267

Sintès G., Brunet M., 2003. Phénomènes d'érosion et de remblaiement sur l'île de Thasos (Égée du Nord), *in* Boussac M.F. (Ed.), Morphogenèse en Méditerranée orientale pendant les époques historiques, *Topoi*, 11, p. 603-613

Sommé J., Fagnart J.P., Léger A.M., Valentin A., Puisségur J.J., 2004. Terrasses fluviatiles du Pléistocène moyen en France septentrionale : signification dynamique et climatique, *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, 21, 1, p. 52-58

Soriano S., Rasse M., Tribolo C., Huysecom E., 2010. Ounjougou (Pays dogon, Mali) : une séquence à haute résolution pour le Paléolithique moyen d'Afrique sahélienne. Afrique, *Archéologie et Arts*, 6, p. 49-66

Soulet G., Delaygue G., Vallet-Coulomb C., Böttcher M.E., Sonzogni C., Lericolais G., Bard E., 2010. Glacial hydrologic conditions in the Black Sea reconstructed using geochemical pore water profiles, *Earth and Planetary Science Letters*, Volume 296, Issues 1–2, p. 57-66

Starkel L., 1983. The reflection of hydrologic changes in the fluvial environment of the temperate zone during the last 15000 years, In: Gregory K.J. (Ed.), *Background to Paleohydrology*, Wiley, p. 213–237

Starkel L., 1995. New data on the Late Vistulian and Holocene evolution of the Wisłoka River valley near Dębica, In: Starkel L. (Ed.), Evolution of the Vistula River valley during the last 15000 years, part V. *Geographical Studies*, Special Issue 8 (IGiPZPAN), p. 73–90

Staubwasser M., Weiss H., 2006. Holocene climate and cultural evolution in late prehistoric-early historic West Asia, Quaternary Research 66, p. 372-387

Stephan P., 2010. *Les flèches de galets de Bretagne : morphodynamiques passée, présente et prévisible*, These de géographie, Université de Brest, 560 p.

Stephanidou A., 1991. *La ville-port de Kavala, pendant la turcokratia, 1391-1912*, Thessalonique, 385 p.

Stojanovski A., 1978. *Les documents turcs sur l'histoire du peuple macédonien*, Skopje, Les archives de Macédoine, T. IV (en macédonien).

Strömberg C.A.E., 2004. Using phytolit assemblage to reconstruct the origin and spread of grass-dominated habitats in the great plains of North America during the late Eocene to early Miocene, *Paleogeography, Paleoclimatolgy, Paleoecology*, 207, p. 239-275

Sugita S., 1993. A model of pollen source area for an entire lake surface, *Quaternary Research*, 39, p. 239–244

Sugita S., 1994. Pollen representation of vegetation in quaternary sediments: theory and method in patchy vegetation, *Journal of Ecology* 82, p. 881–897

Sugita S., 2007a. Theory of quantitative reconstruction of vegetation I, Pollen from large sites REVEALS regional vegetation, *The Holocene*, 17, p. 229–241

Sugita S., 2007b. Theory of quantitative reconstruction of vegetation. II. All you need is love, *The Holocene*, 17, p. 243–257

Sverrisdottir B., 2004. *Reykjavik 871±2*, Reykjavik City museum ed., 143 p.

Sweeney B. W., Bott T. L., Jackson J. K., Kaplan L. A., Newbold J. D., Standley L. J., Hession W. C., R. J. Horwitz, 2004. Riparian deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 101, 39, p. 14132–14137

T

Théophraste, 1988. *Recherches sur les plantes*. Coll. Budé, Les Belles-Lettres, Paris.

Thiébault S., 2010. *Archéologie environnementale de la France*, La Découverte, coll. Archéologie de la France, 117 p.

Thomas M. F., Thorp M. B., 1995. Geomorphic response to rapid climatic and hydrologic change during the late Pleistocene and early Holocene in the humid and sub-humid tropics, *Quaternary Science Reviews* 14, 2, p. 193-207

Thomas M.F., 2003. Late Quaternary sediment fluxes from tropical watersheds, *Sedimentary Geology* 162, p. 63-81

Thomas M.F., 2008. Understanding the impacts of Late Quaternary climate change in tropical and sub-tropical regions, *Geomorphology* 101, 1-2, p. 146-158

Thomas M.F., Thorp M.B., 2003. Palaeohydrological reconstructions for Tropical Africa – evidence and problems; *in* Benito G., Gregory K.J. (Eds.), *Palaeohydrology: Understanding Global Change*, John Wiley and Sons, Chichester, p. 167-192

Thorndycraft V., Benito G., 2006. Late Holocene fluvial chronologyy of Spain: the role of climatic variability and human impact, *Catena*, 66, p. 34-41

Thorndycraft V.R., Benito G., Sanchez-moya Y., Sopena A., 2012. Bayesian age modelling applied to palaeoflood geochronologies and the investigation of Holocene flood magnitude and frequency, *The Holocene*, vol. 22, n°1, p. 13-22

Tipping R., Bunting M.J., Davies A.L., Murray H., Fraser S., McCulloch R., 2009. Modelling land use around an early Neolithic timber 'hall' in north east Scotland from high spatial resolution pollen analyses. *Journal of Archaeological Science.* 36, p. 140–149

Tirologos G., 2006. Les recherches sur les cadastres romains du territoire colonial de Philippes (Macédoine orientale – Grèce) : bilan et perspectives, *in* Actes du colloque international *"Autour des libri coloniarum : colonisation et colonies dans le monde romain"* Presses universitaires de Franche-Comté, p. 131-149

Todorova H. 1978. *The Eneolithic period in Bulgaria in the 5th millenium B.C.,* BAR I.S. 49, Oxford.

Todorova H., 1995. The Neolithic, Eneolithic and Transitional period in Bulgarian prehistory, *in*

Bailey D.W., Panayotov I. (Eds.), *Prehistoric Bulgaria*, Wiskonsin, p. 149-191

Todorova H., Stefanovich M., Ivanov G. (Eds.), 2007. *The Struma/Strymon River Valley in Prehistory*. In the Steps of James Harvey, Gaul 2, Gerda Henkel Stiftung, Sofia

Tol R., Wagner S., 2010. Climate change and violent conflict in Europe over the last millennium, *Climatic Change* 99, 1, p. 65-79

Tonkov S., Bozilova E., Possnert G., Velčev A., 2008. A contribution to the postglacial vegetation history of the Rila Mountains, Bulgaria: the pollen record of Lake Trilistnika, *Quaternary International*, 190, p. 58-70

Tonkov S., Possnert G., Bozilova E., 2011. The Lateglacial in the Rila Mountains (Bulgaria) revisited: The pollen record of Lake Ribno (2184 m), *Review of Palaeobotany and Palynology*, vol. 166, 1/2, p. 1-11

Tonkov, S. 2003. Holocene palaeovegetation in the northwestern Pirin Mountains as reconstructed from pollen analysis, *Review Palaeobotany and Palynology*, 124, 1/2, p. 51-61

Toucanne S., Zaragosi S., Bourillet J.F., Marieu V., Cremer M., Kageyama M., Van Vliet-Lanoë B., Eynaud F., Turon J.L., Gibbard P.L., 2010. The first estimation of Fleuve Manche palaeoriver discharge during the last deglaciation : Evidence for Fennoscandian ice sheet meltwater flow in the English Channel ca 20–18 ka ago, *Earth and Planetary Science Letters*, Volume 290, Issues 3–4, 20, p. 459-473

Trément F., 1999. Archéologie d'un paysage. Les étangs de Saint-Blaise (Bouches-du-Rhône), Paris, MSH, *Documents d'Archéologie Française (DAF),* n° 74, 314 p., fig. h.-t.

Treuil R., Schmid M., Lespez L., 2006. Malia, le Quartier Mu : la canalisation I 19- I 20 (bâtiment A), *BCH* 130.2, p.758-763

Treuil R. (Dir), 1992. Dikili Tash, village préhistorique de Macédoine orientale I : Fouilles de Jean Deshayes (1961-1975), *Bulletin de Correspondance Hellénique*, Suppl. 24

Treuil R., Blecon J., Erard-Cerceau I., Jullien R., Karali-Yannacopoulos L., Marangou C., Séfériadès M., 1992. *Dikili Tash, village préhistorique de Macédoine orientale I. Fouilles de Jean Deshayes (1961-1975)*, volume 1, Bulletin de Correspondance Hellénique Supplément XXIV, Paris

Treuil R., Darcque P., Poursat J.C., Touchais G. (Dir.), 2008. *Les civilisations égéennes du Néolithique et de l'Âge du Bronze*, 2e édition refondue, Paris, PUF.

Triantaphyllou M.V., Kouli K., Tsourou T., Koukousioura O., Pavlopoulos K., Dermitzakis M.D., 2010. Paleoenvironmental changes since 3000 BC in the coastal marsh of Vravron (Attica, SE Greece), *Quaternary International*, Volume 216, Issues 1–2, 1, p. 14-22

Trimble S.W., 1974. *Man-Induced Soil Erosion on the Southern Piedmont, 1700–1970*, Soil and Water Conservation Society of America, Ankeny, Iowa.

Trimble S.W., 1981. Changes in sediment storage in the Coon Creek basin, Driftless Area, Wisconsin, 1853 to 1975, *Science* 214, p. 181-183

Trimble S.W., 1983. A sediment budget for Coon Creek basin in the Driftless Area, Wisconsin, 1853-1977, *American Journal of Science*, 283, p. 454–474

Trimble S.W., 1999. Decreased rates of alluvial sediment storage in the Coon Creek Basin, Wisconsin, 1975-93, *Science*, 285, p. 1244–1246

Trimble S.W., 2009. Fluvial processes, morphology and sediment budgets in the Coon Creek Basin, WI, USA, 1975-1993, *Geomorphology*, 108, p. 8–23

Trush W.J., McBain S.M, Leopold L.B. 2000. Attributes of an alluvial river and their relation to water policy and management, *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A* 97, 22, p. 11858–11863

Tsirtsoni Z. (Ed.), (en préparation.). *The Human Face of Radiocarbon : interpreting chronology in prehistoric Greece and Bulgaria*, Travaux de la Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon.

Tsirtsoni Z., 2010. La fin de l'époque Néolithique en Grèce et dans les Balkans, *in* Papadimitriou N., Tsirtsoni Z. (Eds.), *La Grèce dans le context culturel des Balkans au 5e et 4e millénaire av. J.-C.* Fondation N.P. Goulandris, Athènes, p. 93-103 [en grec].

Turner J., Greig J. R.A., 1975. Some Holocene pollen diagrams from Greece, *Review of Palaeobotany and Palynology*, Volume 20, Issue 3, p. 171-177

Turney Chris S.M., Brown H.B., 2007. Catastrophic early Holocene sea level rise, human migration and the Neolithic transition in Europe, *Quaternary Science Reviews*, Volume 26, Issues 17–18, p. 2036-2041

Twiss P.C., Suess E., Smith R.M., 1969. Morphological classification of grass phytolits, *Soil Science Society of America Proceedings*, 33, p. 109-115

V

Vacalopoulos A., 1973. *A History of Macedonia 1354-1833*

Valamoti S.M., Mangafa M., Koukouli-Chrysanthaki Ch., Malamidou D., 2007. Grape-pressings from northern Greece: the earliest wine in the Aegean?, *Antiquity* 81, p. 54-61

Van Andel Tj. H., Runnels C.N., Pope K.O., 1997. Five Thousand Years of Land Use and Abuse in the Southern Argolid, Greece, *in* Kardulias P.N., Shutes M.T. (Eds.), *Aegean Strategies: Studies of Culture and Environment on the European Fringe,* Lanham, Md.: Rowman and Littlefield, p. 33–59

Van Andel T., Zanger E., Demitrack A., 1990. Land use and soil erosion in Prehistoric and Historical Greece, *Journal of Field Archaeology*, 17, p. 379-396

Van Andel T.H., Runnels C.N., Pope K.O., 1986. Five thousand years of land use and abuse in the Southern Argolid, Greece, *Hesperia*, 55 (1), p. 103-128

Van Andel, T.H., Runnels C.N., 1995. The Earliest Farmers in Europe, *Antiquity* 69, p. 481-500

Van De Wiel M.J., Coulthard T.J., Macklin M.G., Lewin J. 2007. Embedding reach-scale fluvial dynamics within the CAESAR cellular automaton landscape evolution model, *Geomorphology,* 90, p. 283–301

Van den Bossche B., Carpentier V., Marcigny C., 2009. Evolution des formes de l'exploitation agricole dans la campagne normande (2500-30 avant J.-C.), l'exemple des fouilles préventives de la périphérie de Caen, *Revue archéologique de l'Ouest*, 26, p. 57-83

Van der Knaap W.O., Lamentowicz M., van Leeuwen J.F.N., Hangartner S., Leuenberger M., Mauquoy D., Goslar T., Mitchell E.A.D., Lamentowicz Ł., Kamenik C., 2011. A multi-proxy, high-resolution record of peatland development and its drivers during the last millennium from the subalpine Swiss Alps, *Quaternary Science Reviews*, Volume 30, Issues p. 3467-3480

Van der Leeuw S.E., The ARCHAEOMEDES research team, 2005. Climate, hydrology, land use, and environmental degradation in the lower Rhone Valley during the Roman period, *Comptes Rendus Geoscience*, Volume 337, Issues 1–2, p. 9-27

Van der Leuw S., Favory F., Fiches J.-L. (Dir.), 2003. *Archéologie et systèmes socioenvironnementaux. Etudes multiscalaires sur la vallée du Rhône dans le programme ARCHAEOMEDES*, Monographie 27, CRA, CNRS, 403 p.

Van Geel B., Buurman J., Waterbolk H.T., 1996. Archaeological and palaeocological indications about an abrupt climate change in The Netherlands, and evidence for climatological teleconnections around 2650 BP, *Journal of Quaternary Science,* 9, p. 109-118

Van Vliet Lanoë B., 1988. Approche morphologique et micromorphologique de la dynamique de solifluxion dans les massifs de la Font Sancte et du Chambeyron, *Bull. Centre de Géomorphologie CNRS*, Caen, 34, p. 29-45

Vandenberghe J., 1995. Timescales, climate and river development, *Quaternary Science Reviews*, 14 (6), p. 631-638

Vanmaercke M., Poesen J., Verstraeten G., de Vente J., Ocakoglu F., 2011. Sediment yield in Europe: Spatial patterns and scale dependency, *Geomorphology*, Volume 130, Issues 3–4, p. 142-161

Vannière B., Power M.J., Roberts N., Tinner W., Carrión J., Magny M., Bartlein P., Colombaroli D., Daniau D.L., Finsinger W., Gil-Romera G., Kaltenrieder P., Pini R., Sadori L., Turner R., Valsecchi V., Vescovi E., 2011. Circum-Mediterranean fire activity and climate changes during the mid-Holocene environmental transition (8500–2500 cal. yr BP), *The Holocene,* 21(1), p. 53-73

Vera F.W.M., 2000. *Grazing ecology and forest history*. Cabi publishing, Wallingford, 506 p.

Verhoeven M., 2004. Beyond Boundaries : Nature, culture and a Hollistic Approach to domestication in the Levant, *Journal of World Prehistory*, Vol. 18, n°3, 2004, p. 179-282

Vermeulen F., 2009. Roman water. A Geoarchaeological Approach to Studying the Water Supply of Moderate Roman Cities, *Zeitschrift fur Geomorphologie*, Supplementary Issues, 53, 1, p.111-130

Verstraeten G., Lang A., Houben P., 2009a. Human impact on sediment dynamics: quantification and timing, *Catena*, 77, p. 77–80

Verstraeten G., Rommens T., Peeters I., 2009b. A temporarily changing Holocene sediment budget for a loess-covered catchment (central Belgium), *Geomorphology*, 108, p. 24–34

Veyne P., 2005. *L'Empire gréco-romain*, Paris, Seuil.

Vickers K., Erlendsson E., Church M.J., Edwards K.J., Bending J., 2011. 1000 years of

environmental change and human impact at Stóra-Mörk, southern Iceland: A multiproxy study of a dynamic and vulnerable landscape, *The Holocene*, 21, p. 979-995

Vidal de la Blache P., 1903, *Tableau de la géographie de la France*, Hachette, Paris, 559 p.

Viel V., 2007. *Analyse spatiale et temporelle du ruissellement érosif et des transferts sédimentaires dans les hydrosystèmes normands. Exemple du bassin versant de la Seulles*, Mémoire de Master 2, Université de Caen Basse-Normandie, 43 p.

Viel V., Delahaye D., Lespez L., 2012. Les dynamiques hydrosédimentaires des cours d'eau à faible énergie. Vers un observatoire des hydrosystèmes bas-normands, *in* Arnaud-Fassetta G., Reynard E. (Eds.), *Continental hydrosystems and territory and the different laws and practices of water management in Europe. Hydrosystèmes continentaux et territoires européens confrontés aux différentes lois sur l'eau*, Pfeil, Munich, 11 p.

Viel V., en cours. *Analyse spatiale et temporelle des transferts sédimentaires dans les hydrosystèmes normands. Exemple du bassin versant de la Seulles*, Thèse de géographie, Université de Caen Basse-Normandie.

Viel V., Lespez L., Delahaye D., Le Gouée P., 2011. Establishing a Holocene sediment budget for a small river catchment in Western France, *18e INQUA Congress*, Session 58, Bern, 21-27th July 2011, Abstract, http://www.inqua2011.ch

Vigier L. Caudron A., 2011. Evaluation de la restauration de l'habitat physique d'un cours d'eau de Haute Savoie (le Dadon) : mise en place, premiers résultats et perspectives, *Sciences, Eaux et Territoires*, 5, p. 26-31

Vigne J.-D., 2009. Les débuts de l'élevage des ongulés dans l'Ancien Monde : interactions entre société et biodiversité, *in* Demoule J.-P. (Dir.), *La Révolution néolithique dans le monde*, CNRS Editions, Paris, p. 145-163

Viquesnel A., 1854-1868. *Voyage dans la Turquie d'Europe, description physique et géologique de la Thrace*, 2 vol., Paris, Gide et Beaudry.

Visset, L, 1979. Recherches palynologiques sur la végétation Pléistocène et Holocène de quelques sites du district phytogéographique de Basse-Loire, *Bulletin de la Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France*, supplément H.S., Nantes, 282 p.

Visset, L., Cyprien, A.-L., Ouguerram, A., Barbier, D. et Bernard, J., 2004. Les indices polliniques d'anthropisation précoce dans l'Ouest de la France. Le cas de Cerealia, Fagopyrum, Juglans, *in* Richard H. (Dir.), *Néolithisation précoce. Premières traces d'anthropisation du couvert végétal à partir des données polliniques.Annales littéraires*, 777, série environnement, sociétés et archéologie, 7, Besançon, Presses Universitaires Franc-Comtoises, p. 69-79

Vita-Finzi C., 1969. *The Mediterranean Valleys: Geological Changes in Historical Times*, Cambridge University Press, Cambridge, 140 p.

Vogt J., 1953. Erosion des sols et techniques de cultures en climat tempéré maritime de transition France et Allemagne, *Revue de Géomorphologie Dynamique*, IV, p.157-183

Vos P.C., de Wolf H., 1993. Diatoms as a toll for reconstructing sedimentary environments in coastal wetlands; methodological aspects, *Hydrobiologia*, 269/270, p. 285-296

Vött A., Brückner H., Handl M., Schriever A., 2006. Holocene palaeogeographies of the Astakos coastal plain (Akarnania, NW Greece), *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 239, p. 126-146

Vött A., Lang F., Brückner H., Gaki-Papanastassiou K., Maroukian H., Papanastassiou D., Giannikos A., Hadler H., Handl M., Ntageretzis K., Willershäuser T., Zander A., 2011. Sedimentological and geoarchaeological evidence of multiple evidence of multiple tsunamigenic imprint on the Bay of Palairos-Pogonia (Akarnania, NW Greece), *Quaternary International*, Volume 242, Issue 1, p. 213-239

Vouvalidis K., Ateş Ö., Syrides G., Pavlides S., Tutkun S.Z., Chatzipetros A., Özden S., Mavrodis P., Sboras S. and Kürçer A., 2010. Holocene fluvial processes in Troy plain, European Geosciences Union General Assembly, Vienna, Austria, 2-7 May 2010, *Geophysical Research Abstracts,* 13.

W

Wagner B., Lotter A.F., Nowaczyk N., Reed J.M., Schwalb A., Sulpizio R., Valsecchi V., Wessels M., Zanchetta G., 2009. A 40,000-year record of environmental change from ancient Lake Ohrid (Albania and Macedonia), *Journal of Paleolimnology*, 41, p. 407-430

Wagstaff J.-M., 1981. Buried assumption: some problems in the interpretation of the "Younger Fill" raised by recent data from Greece, *Journal of Archeology Science*, 8, p. 247-264

Wainwright J., Thornes J.B., 2004. *Environmental issues in the Mediterranean: Processes and*

perspectives from the past and present, London, Routledge.

Walker B. H., Anderies J. M., Kinzig A. P., Ryan P., 2006. Exploring resilience in social-ecological systems through comparative studies and theory development: introduction to the special issue, *Ecology and Society*, 11 (1), 12.

Waller M. P., Long A. J., 2003. Holocene coastal evolution and sea-level change on the southern coast of England : a review, *Journal of Quaternary Science*, 18, 3-4, p. 351-359

Walter R.C., Merritts D.J., 2008. Natural Streams and the Legacy of Water-Powered Mills, *Science*, 319, 5861, p. 299-304

Wang H., Holmes J. A., Street-Perrott F. A., Waller M. P., Perrott R. A., 2008. Holocene environmental change in the West African Sahel: sedimentological and mineral-magnetic analyses of lake sediments from Jikariya Lake, northeastern Nigeria, *Journal of Quaternary Science*, 23, 5, p. 449-460

Wang X., Chen F., Zhang J., Yang, Y., Li J., Hasi, E., Zhang C., Xia, D., 2010. Climate, Desertification, and the Rise and Collapse of China's Historical Dynasties, *Human ecology* 38, 1, 157-172.

Wanner H., Solomina O., Grosjean M., Ritz S. P., Jetel M., 2011. Structure and origin of Holocene cold events, *Quaternary Science Reviews* 30, 21–22, p. 3109-3123

Wanner H., Beer J., Butikofer J., Crowley TJ., Cubasch U., Flückiger J., Goosse H., Grosjean M., Joos M., Kaplan J.O., Küttel M., A. Müller S., Prentice I.C., Solomina O., Stocker T.F., Tarasov P., Wagner M., Widmann M. 2008. Mid- to Late Holocene climate change: an overview, *Quaternary Science Reviews*, 27, p. 1791–1828

Ward W. A., Sharp-Joukowski M. (Ed.), 1992. The crisis years : the 12th century B.C. From beyond the Danube to the Tigris, Acts of the symposium, Brown University, Providence (1989)

Waters M.R., 1992. *Principles of geoarchaeology: a North American perspective*, University of Arizona Press, Tucson.

Weisrock A., Wengler L., Mathieu J., Ouammou A., Fontugne M., Mercier N., Reyss J.L., Valladas H., Guery P., 2006. Upper Pleistocene comparativeOSL, U/Th and 14C datings of sedimentary sequences and correlative morphodynamical implications in the South-Western Anti-Atlas (Oued Noun, 29° N, Morocco), *Quaternaire*, vol. 17/1, p. 45-59

Weiss H., Courty M.A., Wetterstrom W., Guichard F., Senoir L., Meadow R., Curnow A., 1993. The genesis and collapse of third millennium North Mesopotamian civilization, *Science*, 261, p. 995-1004

Weldeab S., Schneider R.R., Kolling M., Wefer G., 2005. Holocene African droughts relate to eastern equatorial Atlantic cooling, *Geology* 33, p. 981-984

Welsh K.E., Dearing J.A., Chiverrell R.C., Coulthard T.J., 2009. Testing a cellular modelling approach to simulating late Holocene sediment and water transfer from catchment to lake in the French Alps since 1826, *The Holocene*, 19, p.785-798

Weninger B., Alram-Stern E., Bauer E., Clare L., Danzeglocke U., Jöris C., Kubatzki C., Rollefson G., H. Todorova, Van Andel T., 2006. Climate forcing due to the 8200 cal BP event observed at Early Neolithic sites in the eastern Mediterranean, *Quaternary Research*, 66, p. 401-420

Weninger B., Clare L., Rohling E., Bar-Yosef O., Böhner U., Budja M., Bundschuh M., Feurdean A., Gebel H-G., Jöris O., Linstädter O., Mayewski, P. Mühlenbruch T., Reingruber A., Rollefson G., Schyle D., Thissen D., Todorova H., Zielhofer, C., 2009. The Impact of Rapid Climate Change on Prehistoric Societies during the Holocene in the Eastern Mediterranean, *Documenta Praehistorica* XXXVI, p. 7-59

Whitehouse N.J., Smith D.N. 2010. How fragmented was the British Holocene wildwood? Perspectives on the "Vera" grazing debate using fossil beetles, *Quaternary Science Reviews,* vol. 29, 3-4, p. 539-553

Whitelaw T., 1991. Investigations at the Neolithic sites of Kephala and Paoura, in Cherry J., Davis J.L., Mantzourani E. (Eds.), La*ndscape Archaeology as Long-term History: Northern Keos in the Cycladic Islands,* Monumenta Archaeologica 16, Los Angeles: University of California Press, p. 199-216

Whittaker C. R. (Ed), 1988. *Pastoral economies in classical antiquit*, Cambridge, The Cambridge Philological Society, 218 p.

Wilkinson T.J., 2003. Archaeological Landscapes of the Near East, University of Arizona Press, Tucson, 261 p.

Willard D., Bernhardt C., 2011. Impacts of past climate and sea level change on Everglades wetlands: placing a century of anthropogenic change into a late-Holocene context, *Climatic Change*, Vol. 107, n°1-2, p. 59-80 (22)

Willcox G., 2005. The distribution, natural habitats and availability of wild cereals in relation to their domestication in the Near East:

multiple events, multiple centres, *Vegetation History and Archaeobotany* 14/4, p. 534-541

Willcox G., 2007. The adoption of farming and the beginnings of the Neolithic in the Euphrates valley: cereal exploitation between the 12th and the 8th millennium BC cal, *in* Colledge S., Conolly J. (Eds), *The origins and spread of domestic plants in Southwest Asia and Europe*, p. 21-36

Willcox G., 2011. Searching for the origins of arable weeds in the Near East, *Vegetation History and Archaeobotany*, n°334, p. 1-5

Willcox G., Buxo R., Herveux L., 2009. Late Pleistocene and Early Holocene climate and the beginnings of cultivation in northern Syria, *The Holocene* 19, 1, p. 151-158

Willcox G., Fornite S., Herveux L., 2008. Early Holocene cultivation before domestication in northern Syria, *Vegetation History and Archaeobotany,* 17/3, p. 313-325

Williams G.P., Wolman M.G., 1984. Downstream effects of dams on Alluvial rivers, Professional Paper, vol. 1286, *US Geological Survey*, Washington D.C.

Williams M.A.J., Adamson D., Cook B., McEvedy R., 2000. Late Quaternary environments in the White Nile region, Sudan. *Global and Planetary Change* 26, p. 305-316

Williams M.A.J., Adamson D., Prescott J.R., Williams F.M., 2003. New light on the age of the White Nile, Geology 31, p. 1001-1004.

Williams M.A.J., Williams F.M., Duller G.A.T., Munro R.N., El Tom O.A.M., Barrows T.T., Macklin M., Woodward J., Talbot M.R., Haberlah D., Fluin J., 2010. Late Quaternary floods and droughts in the Nile valley, Sudan: new evidence from optically stimulated luminescence and AMS radiocarbon dating, *Quaternary Science Reviews* 29, 9-10, p. 1116-1137

Willis K.J., 1994. The vegetational history of the Balkans, *Quaternary Science Review*, 13, p. 769-788

Willis K.J., Bennett K.D., 1994. The Neolithic Transition - fact or fiction? Palaeoecological evidence from the Balkans, *The Holocene*, 4, p. 326-330

Willis K.J., Birks H.J.B., 2006. What Is Natural? The Need for a Long-Term Perspective in Biodiversity Conservation, *Science*, vol. 314, n°5803, p. 1261-1265

Wimjstra T.A., 1969. Palynology of the first 30m of a 120m deep section in Northern Greece, *Acta Botanica Nederlandica* 18 (4), p. 511-528

Witkowski A., Lange-Bertalot H., Metzelin D., 2000. *Iconographia Diatomologica*, 7, Diatom flora of marine coast I. Koeltz.

Wolman M.G., 1967. Two problems involving river channels and their background observations, *Northwest Univ. Stud. Geogr.*, 14, p. 67-107

X

Y

Z

Zangger E., 1993. *The Geoarchaeology of the Argolid*, Berlin.

Zangger E., Timpson M.E. Yazvenko S.B., Kuhnke F., Knauss J., 1997. Landscape Evolution and Site Preservation, The Pylos Regional Archaeological Project, Part II, *Hesperia* 68, 4, p. 548-641

Zarinebaf F., Bennet J., Davis J.-L., 2005. *A Historical and Economic Geography of Ottoman Greece: The Southwestern Morea in the 18th Century* (*Hesperia* Supplement 34), Princeton: American School of Classical Studies at Athens

Zech-Matterne V., Bouby L., Bouchette A., Cabanis M., Derreumaux M., Durand F., Marinval P., Pradat B., Dietsch-Sellami M.-F., Wiethold J., 2009. L'agriculture du VI*e* au I*er* s. av. J.-C. en France, Etat des recherches carpologiques sur les établissements ruraux, *in* Bertrand I., Duval A., Gomez De Soto J., Maguer P. (Dir.)., *Habitats et paysages ruraux en Gaule et regards sur d'autres régions du monde celtique. Actes du XXXI*e *colloque AFEAF*, Chauvigny (France), 2007, Chauvigny, Association des Publications Chauvinoises, tome II, p. 383-416

Zeder M.A., 2008. Domestication and early agriculture in the Mediterranean Basin: Origins, diffusion, and impact, *Proc. of the Nat. Aca. of Sciences of the USA*, vol. 105, Issue 33, p. 11597-11604

Zhang G., Zhu E., Wang J., Zhu G., Ma G, Zheng, C., Zhao, L., Li, Zhongxuan, 2010. Environmental archaeology on Longshan Culture (4500–4000 aBP) at Yuhuicun Site in Bengbu, Anhui Province, *Journal of Geographical Sciences* 20, 3, p. 455-468.

Zhang Y., Stiner M.C., Dennell R., Wang C., Zhang S., Gao X.,2010. Zooarchaeological perspectives on the Chinese Early and Late Paleolithic from the Ma'anshan site (Guizhou, South China),

Journal of Archaeological Science, Volume 37, Issue 8, p. 2066-2077

Zielhofer C., Bussmann J., Ibouhouten H., Fenech K., 2010. Flood frequencies reveal Holocene Rapid Climate Changes (Lower Moulouya River, NE Morocco), *Journal of Quaternary Science, 25*, p. 700-714

Zielhofer C., Faust D., 2008. Mid-and Late fluvial chronology of Tunisia, Q*uaternary Science Reviews*, 27, p. 580-588

Zielhofer C., Faust D., Linstadter J., 2008. Late Pleistocene and Holocene alluvial archives in the southwestern Mediterranean: Changes in fluvial dynamics and past human response, *Quaternary International*, 181, 1, p. 39-54

Zohary D., Hopf M., 2000. *Domestication of plants in the Old World*, Oxford University Press, Oxford.

Zolitschka B., Behre K.-E., Schneider J., 2003. Human and climatic impact impact on the environment as derived from colluvial, fluvial and lacustrine archive – examples from the Bronze Age to the Migration period, Germany, *Quaternary Science Reviews*, 22, p. 81-100

TABLE DES MATIERES

Avant-Propos ..... p. 3
Sommaire ..... p. 9

PARTIE I – ITINERAIRE DE RECHERCHE ET POSITIONNEMENT SCIENTIFIQUE ..... p. 13

1. Itinéraire de recherche ..... p. 14
1.1. L'initiation à la recherche et ses vicissitudes ..... p. 14
1.2. La recherche doctorale ..... p. 15
1.3. Le développement des recherches en Normandie ..... p. 16
1.3.1. La mise en place de recherches pluridisciplinaires et l'initiation à la recherche des étudiants caennais p. 18
1.3.2. Le passage à une recherche appliquée et la contribution à la réflexion sur la gestion contemporaine ..... p. 18
1.4. La poursuite des recherches géoarchéologiques et paléoenvironnementales en Grèce ..... p. 19
1.4.1. Approfondissement ..... p. 19
1.4.2. Elargissement des terrains d'étude ..... p. 20
1.5. L'opportunité ouest africaine ..... p. 21

2. Position de la recherche et définition d'une problématique ..... p. 22
2.1. Les thématiques de recherche ..... p. 22
2.1.1. L'étude géomorphologique des systèmes fluviaux holocènes ..... p. 22
2.1.2. Géoarchéologie et archéologie du paysage ..... p. 24
2.1.2.1. Du Géosystème à l'Anthroposystème ..... p. 24
2.1.2.2. L'intégration des approches paléoenvironnementales et anthropologiques ..... p. 25
2.1.2.3. Démarches d'interface ..... p. 26
2.1.2.4. Archéologie du paysage ..... p. 27
2.2. Problématique ..... p. 29
2.2.1. La nécessité de la longue durée ..... p. 29
2.2.2. Une étude comparative de systèmes ordinaires ..... p. 30
2.2.3. L'étude privilégiée du rôle des sociétés ..... p. 31

3. Méthodes de Recherche ..... p. 32
3.1. Une approche multiscalaire et fonctionnelle des systèmes fluviaux ..... p. 32
3.2. La lecture des archives alluviales ..... p. 36
3.2.1. Formes et architecture des corps sédimentaires ..... p. 36
3.2.2. Des faciès sédimentaires aux analyses granulométriques ..... p. 40
3.2.3. L'apport des analyses micromorphologiques ..... p. 45
3.3. Les analyses paléobiologiques dans les systèmes fluvio-palustres ..... p. 48
3.3.1. Le recours à des méthodes classiques ..... p. 48
3.3.1.1. Les analyses polliniques ..... p. 48
3.3.1.1.1. Démarche ..... p. 48
3.3.1.1.2. Méthodes ..... p. 50
3.3.1.1.3. La représentativité spatiale des analyses polliniques ..... p. 51
3.3.2. Le développement de nouvelles méthodes d'analyse de systèmes fluviaux et de leurs paysages ..... p. 54
3.3.2.1. Le signal incendie ..... p. 54
3.1.3.2. Les phytolithes ..... p. 56
3.1.3.2.1. Méthodes ..... p. 56
3.1.3.2.1. Phytolithes et système fluvial ..... p. 57
3.4. La résolution temporelle des archives sédimentaires ..... p. 59
3.4. La collaboration avec les archéologues et les historiens ..... p. 61

PARTIE II – TRAJECTOIRES ..... p. 65

CHAPITRE 1 - LES TEMPS DE L'ENVIRONNEMENT ET DES PAYSAGES DES SYSTEMES FLUVIAUX ET PALUSTRES AU COURS DE L'HOLOCENE EN BASSE-NORMANDIE ..... p. 67

1. Les archives bas-normandes pour l'histoire des paysages et des systèmes fluviaux ..... p. 67
1.1. Les archives sédimentaires ..... p. 67
1.1.1. Répartition et caractéristiques des archives sédimentaires holocènes en Basse-Normandie ..... p. 67
1.1.2. L'historique des investigations et l'acquisition de données nouvelles ..... p. 70
1.1.2.1. Des recherches anciennes ..... p. 70
1.1.2.2. L'acquisition de nouvelles données ..... p. 71
1.1.2.3. La représentativité spatiale des analyses paléoenvironnementales ..... p. 73
1.2. Des paysages contemporains aux archives historiques et archéologiques ..... p. 74
1.2.1. Dynamiques environnementales et paysages contemporains ..... p. 75
1.2.2. Les recherches archéologiques et géoarchéologiques ..... p. 75
1.2.3. Les recherches historiques ..... p. 76

2. Avant l'Holocène : déglaciation planétaire et mutations de l'environnement et des paysages au Tardiglaciaire (14 000-9 500 av. J.-C.) ..... p. 78

3. Le temps de la Nature I : des cours d'eau méandriformes au sein d'un environnement forestier en expansion (9 500-6 900 av. J.-C.) ..... p. 80

4. Le temps de la Nature II : l'essor des milieux fluvio-palustres au sein de vallées boisées (6 900-3 500 av. J.-C.) ..... p. 82

5. Le temps des métamorphoses : L'atterrissement des fonds de vallée et l'ouverture des paysages (3 300 av. J.-C. à 500 ap. J.-C.) ..... p. 86
5.1. Les transformations discrètes des vallées au milieu de paysages qui s'ouvrent progressivement (3 300-800 av. J.-C.) ..... p. 86
5.2. Les métamorphoses réalisées (1000-50 av. J.-C.) ..... p. 89

6. Le temps de la maîtrise hydraulique (50 av. J.-C.-1500 ap. J.-C.) ..... p. 95

7. Friches hydrauliques et transformations des paysages contemporains ..... p. 101

CHAPITRE 2 : SOCIETES, ENVIRONNEMENT ET PAYSAGES EN GRECE AU COURS DE L'HOLOCENE ..... p. 105

1. Les investigations dans les archives grecques ..... p. 105

2. La Néolithisation en Grèce du Nord et le site de Dikili Tash ..... p. 108
2.1. Le contexte environnemental : la reconquête forestière ..... p. 109
2.2. La néolithisation de la Grèce ..... p. 110
2.3. De nouvelles données à Dikili Tash ..... p. 111
2.3.1. Les carottages du site de Dikili Tash ..... p. 112
2.3.2. La description des carottages ..... p. 114
2.3.3. Premières interprétations ..... p. 116
2.3.3.1. Le paléosol holocène et la topographie initiale du site ..... p. 116
2.3.3.2. Les occupations du Néolithique ancien et l'environnement du site vers 6 200 av. J.-C. ..... p. 118
2.3.3.3. Chronologie et développement de l'habitat ..... p. 121
2.4. Dikili Tash et la transition néolithique au nord de l'Egée ..... p. 121

3. Les sociétés et leur environnement du Néolithique au Bronze moyen (6 500-2 000 av. J.-C.) ..... p. 123
3.1. L'exemple de la basse vallée du Strymon ..... p. 123
3.1.1. Terrain d'étude ..... p. 123
3.1.2. Démarche et méthodes de la recherche ..... p. 126

3.1.3. Les nouvelles données paléoenvironnementales acquises sur le transect de Fidokoryphi ..... p. 127
3.1.3.1. Les faciès sédimentaires ..... p. 127
3.1.3.2. Les dynamiques hydrogémorphologiques ..... p. 129
3.1.3.3. Les données polliniques et leur interprétation ..... p. 131
3.1.3.4. Conclusions provisoires ..... p. 134

4. Les conséquences environnementales du développement des activités agro-pastorales dans le monde égéen et sur ses marges ..... p. 134
4.1. L'ouverture des milieux forestiers et la lente construction de paysages agraires ..... p. 134
4.2. Plaines littorales, systèmes fluviaux et détritisme ..... p. 136

5. Le temps des métamorphoses (2 100 av. J.-C.-600 ap J.-C.) ..... p. 138
5.1. La mise en place progressive d'un monde rural plein ..... p. 138
5.1.1. Les paysages ruraux de la Grèce des palais dans l'Egée méridionale (du Bronze moyen aux âges obscurs, 2 100-750 av. J.-C.) ..... p. 139
5.1.2. Les paysages ruraux de la Grèce septentrionale de la fin de l'âge du Bronze à l'expansion des cités grecques (2 000-400 av. J.-C.) ..... p. 140
5.1.3. Les dynamiques paysagères au cours de la conquête macédonienne ..... p. 141
5.1.4. Les campagnes de l'époque romaine et paléochrétienne, l'exemple de la plaine de Philippes-Drama ..... p. 144
5.1.5. Les relations sociétés/environnement de la Grèce des palais à celle des cités ..... p. 147
5.1.5.1. Les conséquences environnementales de la mise en valeur agricole ..... p. 147
5.1.5.2. Catastrophes naturelles, risques et gestion des milieux ..... p. 148
5.2. La construction de paysages agraires au cours du dernier millénaire ..... p. 150
5.2.1. Des vicissitudes de l'époque byzantine à l'expansion ottomane ..... p. 150
5.2.1.1. Les vicissitudes de l'époque byzantine ..... p. 150
5.2.1.2. La prospérité des piémonts au cours de l'époque ottomane ..... p. 151
5.2.1.2. La conquête progressive des plaines humides et l'essor agricole des montagnes ..... p. 153
5.2.2. La fragilisation progressive de l'environnement hellénique ..... p. 156
5.2.2.1. Les incertitudes de la période byzantine ..... p. 156
5.2.2.2. La crise érosive moderne ..... p. 156

CHAPITRE 3 : SYSTEME FLUVIAL ET DYNAMIQUES PAYSAGERES AU MALI AU COURS DE L'HOLOCENE ..... p. 159

1. La vallée du Yamé et ses archives sédimentaires ..... p. 160
1.1. Le bassin versant du Yamé ..... p. 160
1.1.1. Le contexte bioclimatique et les paysages contemporains ..... p. 160
1.1.2. Les paysages contemporains ..... p. 162
1.1.2. Le cadre géomorphologique ..... p. 162
1.1.3. Le système fluvial ..... p. 165
1.2. Développements méthodologiques ..... p. 168

2. Une rivière divagante longée par une forêt galerie au sein de paysages de savane (9 500-6 710 av. J.-C.) ..... p. 170
2.1. Les incertitudes de la transition Pléistocène-Holocène ..... p. 171
2.2. L'affirmation d'un système fluvial énergique ..... p. 172

3. Une vallée marécageuse aux écoulements dynamiques au sein d'une forêt-galerie et d'une savane soudanienne dense (5 800-1 720 av. J.-C.) ..... p. 177

4. Une plaine d'inondation qui s'assèche progressivement au sein d'une savane soudano-sahélienne (1 720-450 av. J.-C.) ..... p. 178

5. Un fonctionnement torrentiel significatif d'une aridification profonde dans un monde qui change (450 av. J.-C.-250 ap. J.-C.) ..... p. 180

6. Une vallée au fonctionnement irrégulier au sein d'espaces agricoles (350-1930 ap. J.-C.) ..... p. 181

7. Les dynamiques contemporaines ..... p. 183

PARTIE III – DE L'HUMANISATION DE LA FACE DE LA TERRE A L'ANTHROPISATION DES SYSTEMES FLUVIAUX ..... p. 185

CHAPITRE 4 : ANTHROPISATION DE LA SURFACE TERRESTRE ET INTERACTIONS SOCIETES/MILIEUX ..... p. 187

1. Les relations Nature/Société à partir du Néolithique ..... p. 187
1.1. Néolithisation ..... p. 187
1.1.1. En Europe et dans le monde méditerranéen ..... p. 187
1.1.2. En Afrique de l'Ouest ..... p. 188
1.2. Néolithisation et anthropisation de l'espace ..... p. 190
1.3. Le déterminisme et les sociétés agropastorales

2. La Néolithisation et la transformation des milieux biophysiques ..... p. 191
2.1. En Grèce du Nord ..... p. 191
2.1.1. Le site de Dikili Tash et l'impact des activités agropastorales ..... p. 192
2.1.2. Du site de Dikili Tash à la plaine de Philippes-Drama ..... p. 193
2.1.3. Comparaisons interrégionales ..... p. 195
2.2. Les sociétés, principal moteur de l'évolution de l'environnement et des paysages des vallées bas-normandes ..... p. 196
2.2.1. Le Mésolithique : des conséquences écologiques sans transformation paysagère ..... p. 196
2.2.2. Du Néolithique à l'âge du Bronze ..... p. 198

3. La diffusion des paysages culturels ..... p. 199
3.1. De l'anthropisation des paysages à la marque de la culture dans les paysages ..... p. 200
3.1.1. En Normandie ..... p. 200
3.1.2. Dans le monde méditerranéen ..... p. 203
3.1.3. En Afrique de l'ouest ..... p. 204

4. Les déterminismes environnementaux au Néolithique dans les Balkans ..... p. 206
4.1. Le déterminisme et les sociétés agropastorales ..... p. 206
4.2. Les prédispositions géographiques en question à l'échelle des Balkans ..... p. 210
4.3. Les prédispositions environnementales en question à l'échelle régionale ..... p. 212
4.4. Oscillations climatiques globales et néolithisation des Balkans ..... p. 214
4.5. Environnement et populations néolithiques, l'exemple du 4e millénaire av. J.-C. ..... p. 218
4.5.1. La question archéologique et les méthodes de recherche ..... p. 18
4.5.1.1. « Le millénaire perdu » ..... p. 218
4.5.1.2. La basse vallée du Strymon ..... p. 220
4.5.2. Le poids relatif des changements climatiques sur l'environnement et les sociétés du Néolithique à l'âge du Bronze ..... p. 221
4.5.2.1. Les résultats préliminaires de l'enquête archéologique ..... p. 221
4.5.2.2. Le rôle du forçage climatique dans les mutations sociales ..... p. 223

5. Déterminisme environnemental et sociétés ..... p. 224
5.1. Qu'en est-il du déterminisme environnemental aujourd'hui ? ..... p. 224
5.1.1. Synchronisme ou relation causale ? ..... p. 224
5.1.2. Des effondrements d'origine environnementale ? ..... p. 228
5.2. Limites et critiques des modèles déterministes contemporains ..... p. 230
5.2.1. Les limites des données disponibles ..... p. 230
5.2.2. Limites des données disponibles ..... p. 234
4.3. Projets ..... p. 235

CHAPITRE 5 : L'ANTHROPISATION DES SYSTEMES FLUVIAUX ..... p. 239

1. Le détritisme d'origine anthropique et la métamorphose des systèmes fluviaux ..... p. 239
1.1. L'érosion anthropique et le détritisme alluvial ..... p. 239
1.1.1. L'érosion anthropique ..... p. 240
1.1.2. Le détritisme alluvial d'origine anthropique ..... p. 240

1.1.3. Détritisme alluvial et métamorphoses fluviales ..... p.
1.2. L'accélération de l'aggradation alluviale et la métamorphose des systèmes fluviaux en Europe occidentale et centrale ..... p. 242
1.2.1. En Normandie ..... p. 244
1.2.2. Comparaisons ..... p. 245
1.3. L'aggradation alluviale et la métamorphose des systèmes fluviaux dans le monde méditerranéen et Afrique subtropicale ..... p. 246
1.3.1. En Grèce du nord ..... p. 247
1.3.2. L'ambigüité des crises détritiques dans le monde égéen et en Méditerranée ..... p. 248
1.3.3. La crise détritique des derniers siècles ..... p. 250
1.3.4. La métamorphose des systèmes fluviaux en Afrique soudano-sahélienne ..... p. 252
1.4. La maîtrise hydraulique et ses conséquences géomorphologiques ..... p. 253
1.5. Conclusion ..... p. 254

2. Connexion, anthropisation et climat ..... p. 255
2.1. Les réponses géomorphologiques à la mise en valeur agricole aux échelles locales ..... p. 255
2.1.1. L'érosion des sols et de la production des sédiments colluviaux ..... p. 256
2.1.1.1. En Normandie ..... p. 256
2.1.1.2. Quelques éléments de comparaison ..... p. 259
2.1.2. Hétérochronie des remplissages dans les petits bassins versants (0-40 km²) ..... p. 260
2.1.2.1. Hétérochronie des réponses des bassins versants élémentaires de Grèce du Nord face à l'anthropisation ..... p. 260
2.1.2.2. Quelques éléments de comparaison ..... p. 262
2.2. Discussion ..... p. 262
2.2.1. Résilience et accélération de l'érosion des sols cultivés ..... p. 263
2.2.2. Complexité des réponses morphogéniques à la mise en valeur des sols par l'agriculture ..... p. 263
2.2.3. Oscillations climatiques et événements climatiques ..... p. 265

3. L'étude nécessaire des interactions au sein des systèmes fluviaux ..... p. 267
3.1. Complexité des réponses géomorphologiques dans les systèmes fluviaux de dimension moyenne (50-800 km²) ..... p. 267
3.1.1. Les leçons du Nouveau Monde ..... p. 268
3.1.2. Les hystérésis dans les transferts longitudinaux : l'exemple grec ..... p. 271
3.1.3. Les hystérésis dans les transferts longitudinaux : comparaisons européennes ..... p. 273
3.1.4. Le rôle des facteurs de contrôle interne : l'exemple des relations avec les aquifères pour le Yamé (Mali) et la Mue (Normandie) ..... p. 274
3.2. La place et le poids des oscillations hydro-climatiques séculaires dans le fonctionnement des systèmes fluviaux ..... p. 275
3.2.1. L'enregistrement des oscillations climatiques dans les systèmes fluviaux de moyenne dimension ..... p. 275
3.2.2. L'impact des oscillations climatiques holocènes sur les grands systèmes fluviaux ..... p. 277

4. Conclusion ..... p. 279
4.1. Les temps des systèmes fluviaux ..... p. 279
Le temps de la Nature (9 500-3 000 av. J.-C.) ..... p. 281
Transition et préparation (3 500-700 av. J.-C.) ..... p. 281
Métamorphoses et crises (700 av. J.-C.-1850 ap. J-C.) ..... p. 282
Un nouvel équilibre morphologique ? ..... p. 282
4.2. Projets ..... p. 283
4.2.1. Utiliser les budgets sédimentaires sur le temps long ..... p. 283
4.2.2. Les calendriers de l'érosion des sols et des transferts sédimentaires ..... p. 284
4.2.3. Le poids des événements extrêmes ..... p. 285
4.2.4. La modélisation des flux sédimentaires sur la longue durée ..... p. 286

CHAPITRE 6 : A QUOI SERT LA CONNAISSANCE DU TEMPS LONG POUR GERER LE PRESENT ? ..... p. 289

1. Anthropocène ..... p. 289

2. L'apport des connaissances sur le temps long à la gestion des cours d'eau de faible énergie dans l'ouest de la France ..... p. 291

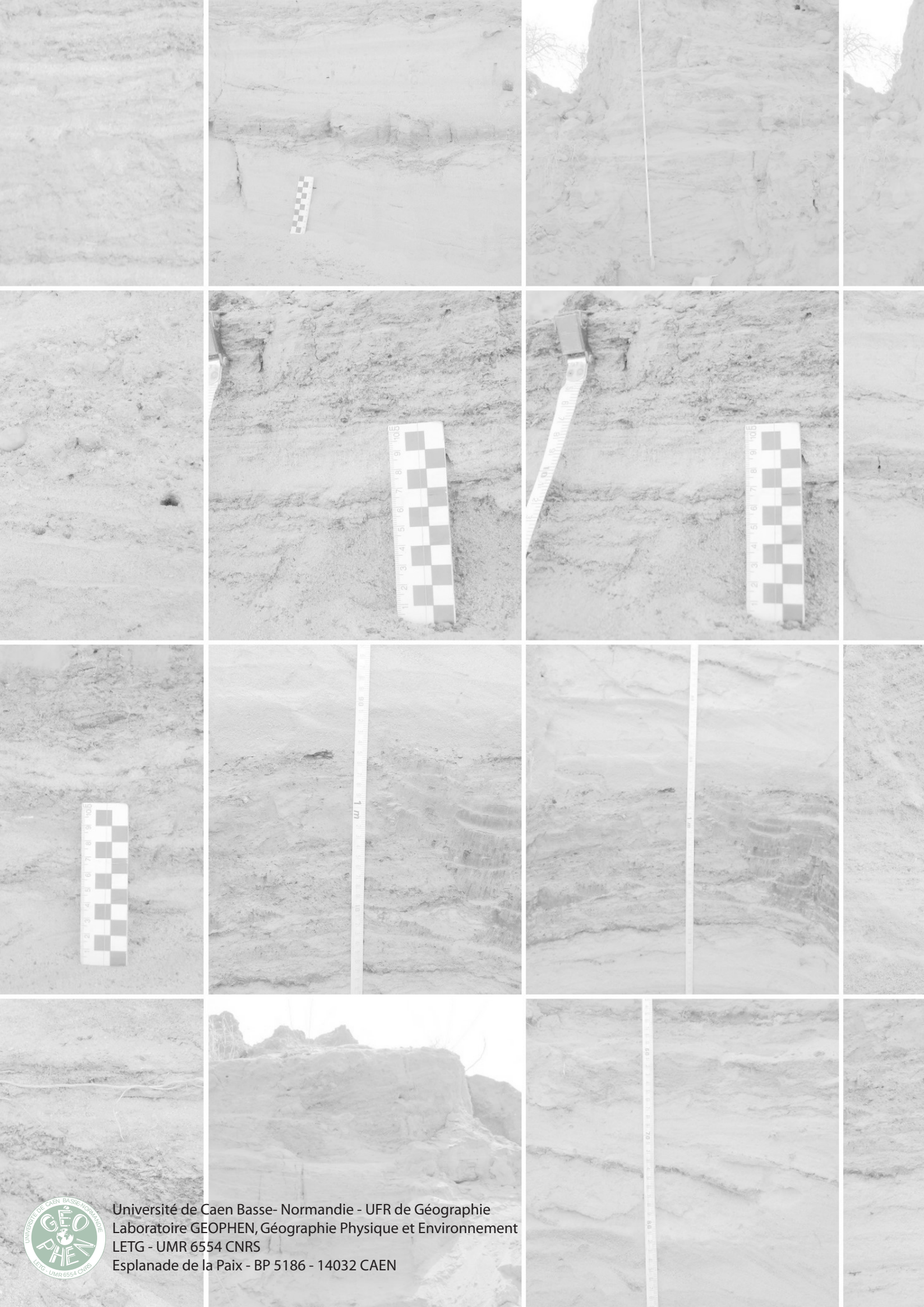
2.1. DCE et restauration hydrogémorphologique ..... p. 291
2.2. The « Dreams of Natural Streams » (Montgomery, 2008) ..... p. 292
2.2.1. La tentation de la Nature … ..... p. 292
2.2.2. … s'est emparée de certains experts ..... p. 293
2.2.3. Quelles conséquences pour les principes et les pratiques de gestion ? ..... p. 294
2.3. Quel modèle de référence ? ..... p. 295
2.3.1. Quel est l'équilibre dynamique contemporain ? ..... p. 295
2.3.2. La nécessaire intégration des héritages sédimentaires dans le diagnostic contemporain ..... p. 296
2.3.3. Quel modèle promouvoir ? ..... p. 296
2.3.4. Abandonner les modèles de référence pour promouvoir les services écologiques ? ..... p. 298
2.4. Conclusion : pour une gestion inventive et ouverte des cours d'eau ordinaires ..... p. 299

3. L'apport des connaissances sur le temps long à la gestion de l'environnement et des paysages p. 300
3.1. L'intérêt fondamental des études paléoenvironnementales pour la gestion contemporaine ..... p. 300
3.2. L'exemple de la péninsule de la Hague ..... p. 303
3.2.1. La vulnérabilité des paysages de la Hague ..... p. 303
3.2.2. Une gestion durable des paysages de Landes de Vauville ..... p. 305
3.2.3. La Réserve Naturelle Nationale de la Mare de Vauville ..... p. 307

4. En guise de conclusion provisoire ..... p. 310

TABLES ..... p. 313

Table des figures ..... p. 313
Table des tableaux ..... p. 317
Table des photographies ..... p. 318
Bibliographie ..... p. 319
Table des matières ..... p. 369
Annexes ..... p. 375



Université de Caen Basse- Normandie - UFR de Géographie
Laboratoire GEOPHEN, Géographie Physique et Environnement
LETG - UMR 6554 CNRS
Esplanade de la Paix - BP 5186 - 14032 CAEN