



UPVD  
Université de Perpignan Via Domitia

# Morphodynamique à multi-échelles du trait de côte du Golfe du Lion depuis le dernier optimum climatique



Pierre FERRER

Soutenance de thèse de doctorat

Sous la direction de Jean Benkhélil et la co-direction de Raphaël Certain et Thierry Courp

20 juillet 2010 - Perpignan

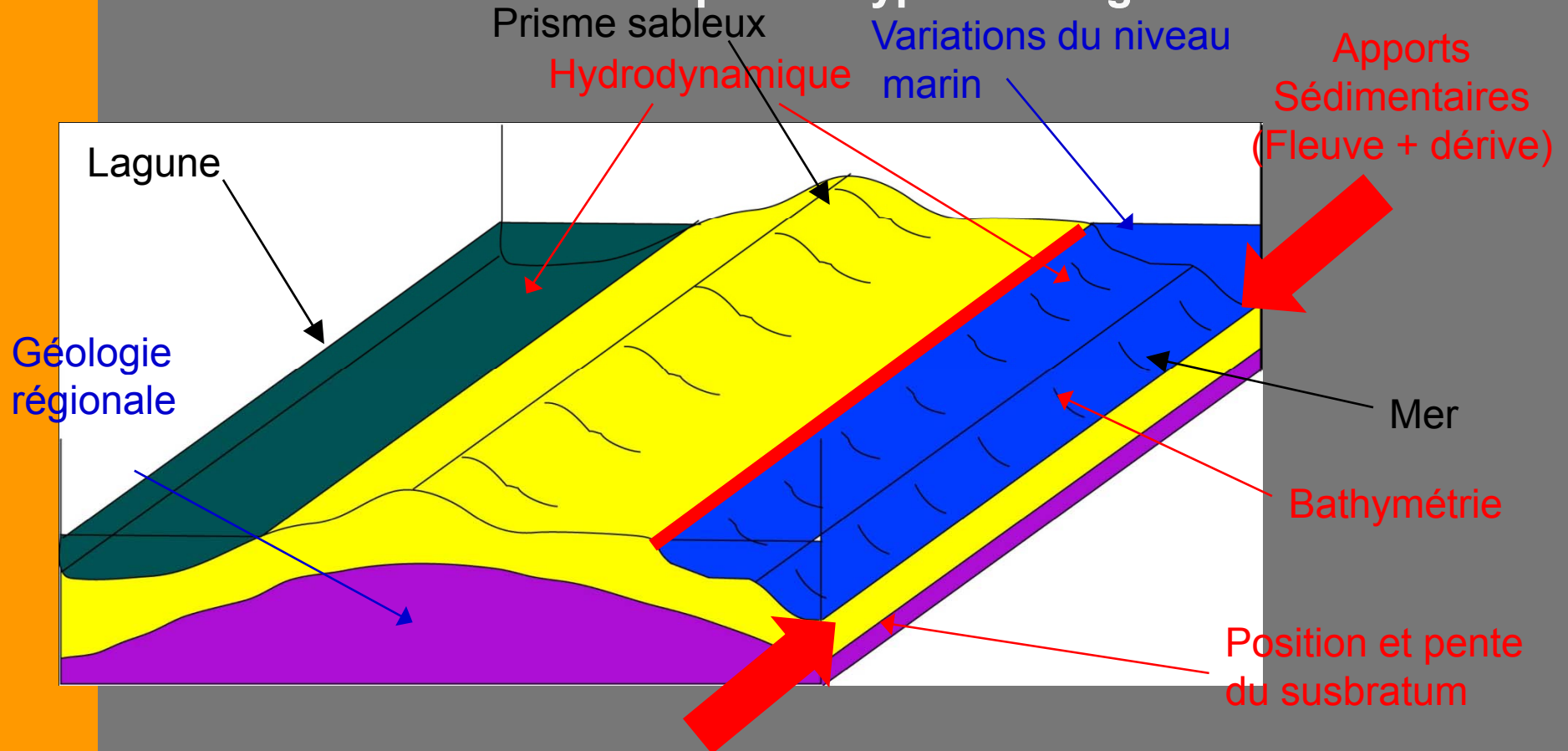
# Généralités sur les littoraux sableux



- Importance en linéaire et en population des **littoraux sableux** [Van Rijn, 1998 ; Breuil, 2004] qui peuvent subir une **érosion** importante [Pilkey & Hume, 2001]

# Littoral sableux = Prisme sableux

## Facteurs de contrôle d'un prisme-type du Languedoc-Roussillon



Trait de côte utilisé comme marqueur de la dynamique du littoral

[Certain, 2002 ; Stépanian, 2002 ; Dehouck, 2006]

## Contexte et objectif de la thèse

Définir la dynamique du **trait de côte** en étudiant l'évolution d'un prisme sableux microtidal dominé par la houle à deux échelles



Identifier ses facteurs de contrôle à chacune des échelles



# Techniques utilisées

Millénaire



Sismique réflexion  
Carottages  
Datations

Pluriannuelle

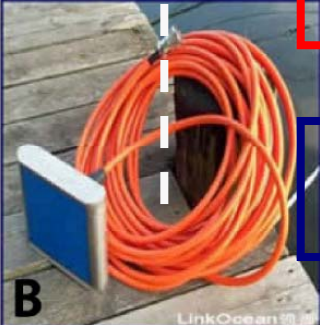
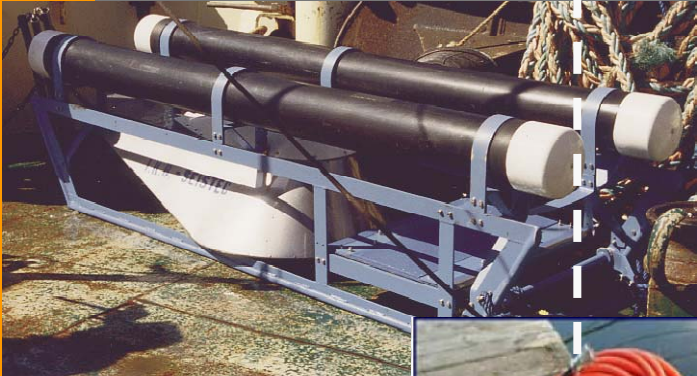


Topographie  
Bathymétrie  
Levé GPS

Prélèvements de surface

Sismique réflexion

Mesures hydrodynamiques





# Languedoc-Roussillon



Barcarès, 1999



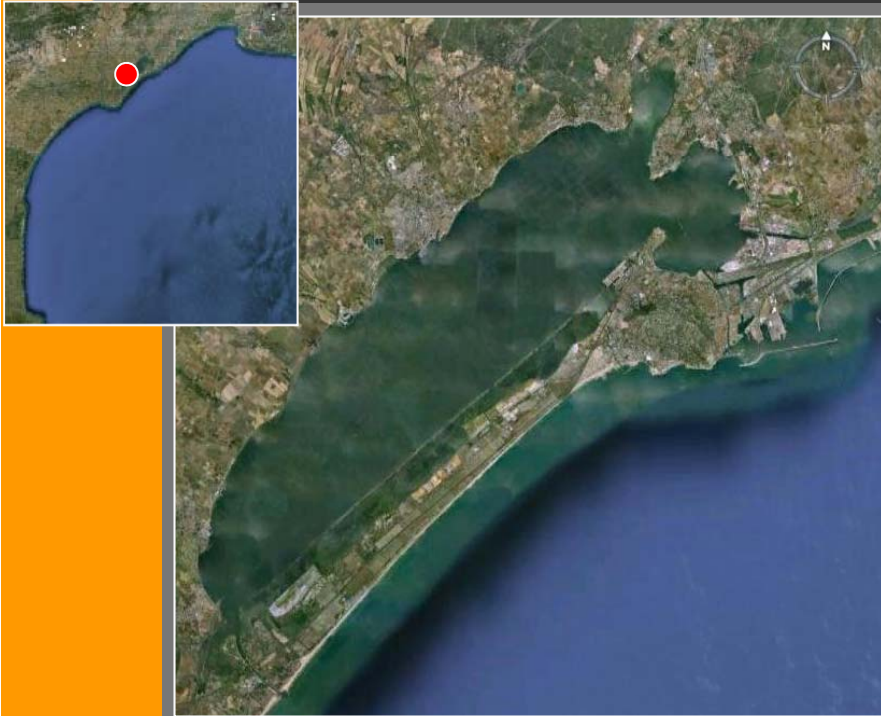
Leucate-Plage, 1997



le secteur [Durand, 1999] qui implique la sableuses et des tendances évolutives du Niveau marin le plus haut : + 2,20 m NGF  
 plusieurs systèmes de barres : rectiligne, [Durand, 1981 ; Robin *et al.*, 2010]



## Lido de Sète (échelle millénaire)



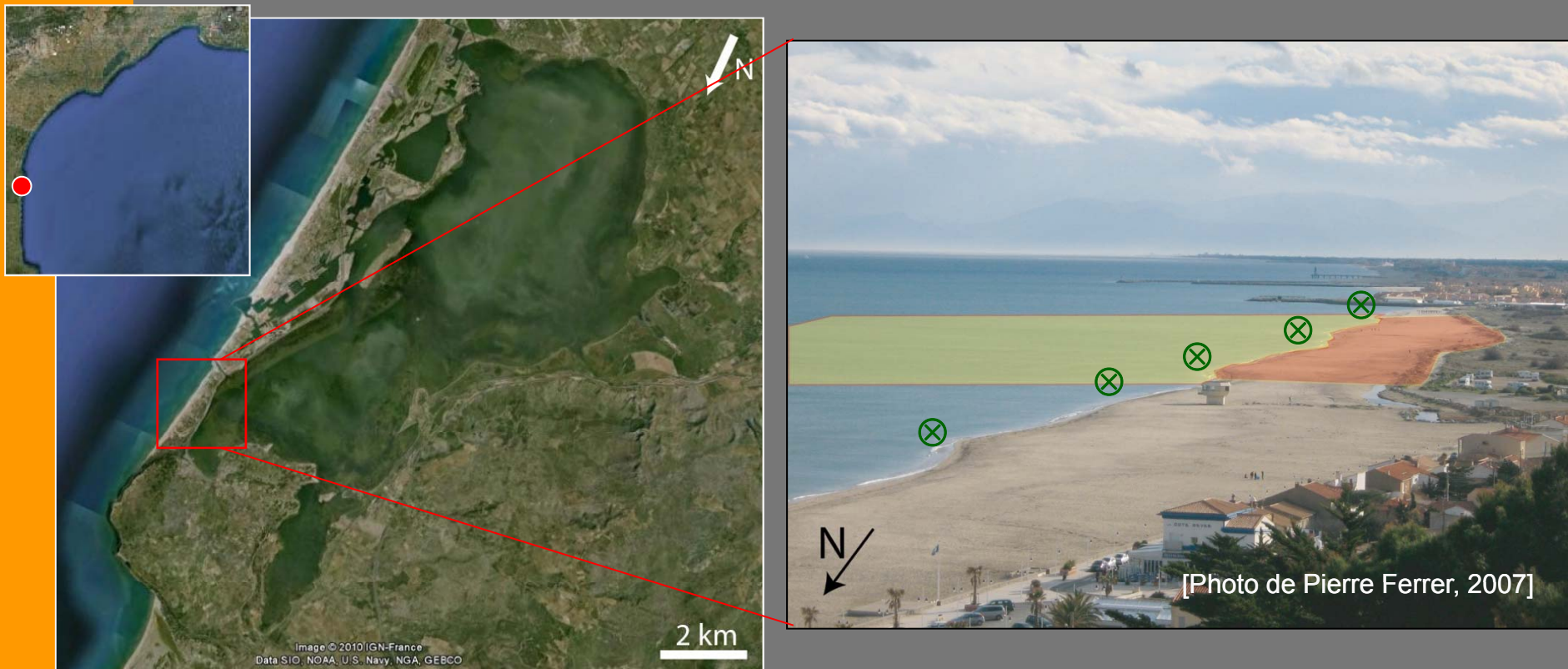
- Lagune dans un contexte particulier :
  - encadrée par des pointements rocheux
  - Qui a pu être influencée par un fleuve
  - peu étudiée comparée aux autres lagunes en LR [Certain *et al.*, 2004 ; Raynal *et al.*, 2009 ; Sabatier *et al.*, 2010 ]
- Nombreuses études sur l'avant-côte [Tessier *et al.*, 2000 ; Certain, 2002 ; Certain *et al.*, 2004] et modèle conceptuel d'évolution des barres décrit [Certain et Barusseau, 2004]
- Etude complète du continuum terre-mer

[Photo de Jean-Manuel Perez, 2010]



# Littoral de Leucate-Plage (échelle pluriannuelle)

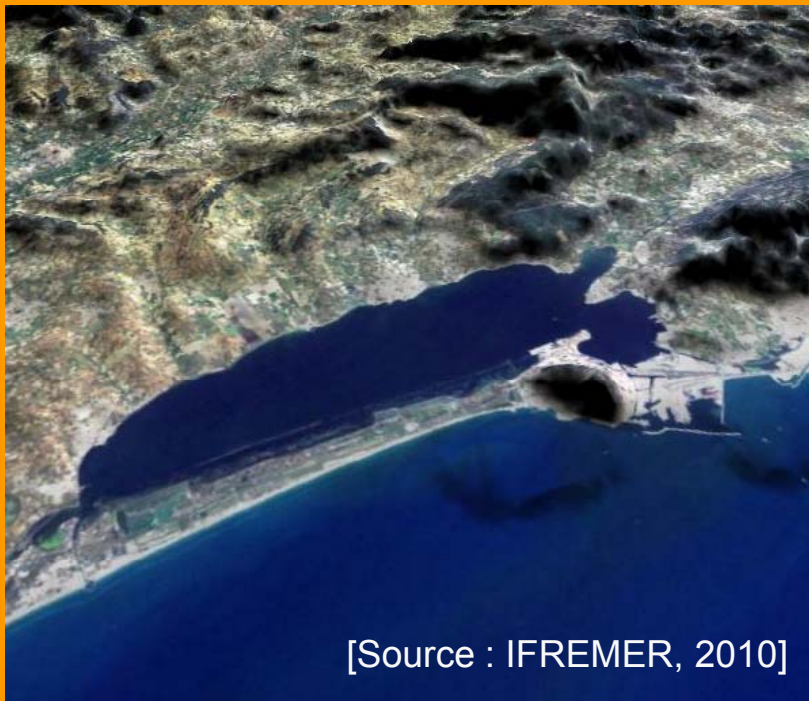
- Forte interaction des systèmes de barres en festons avec le trait de côte
- Base de données existante sur l'avant-côte [Rivière, 1961; Barusseau & Saint-Guily, 1981; Certain, 2002] mais pas de modèle établi
- Schéma paléogéographique connu pour la lagune [Buscail-Martin, 1978 ; Certain *et al.*, 2004] qui permettra d'avoir une vision complète du continuum terre-mer





# Evolution du prisme sableux à l'échelle géologique

Reconstitution paléogéographique et mise en place de la lagune de Thau

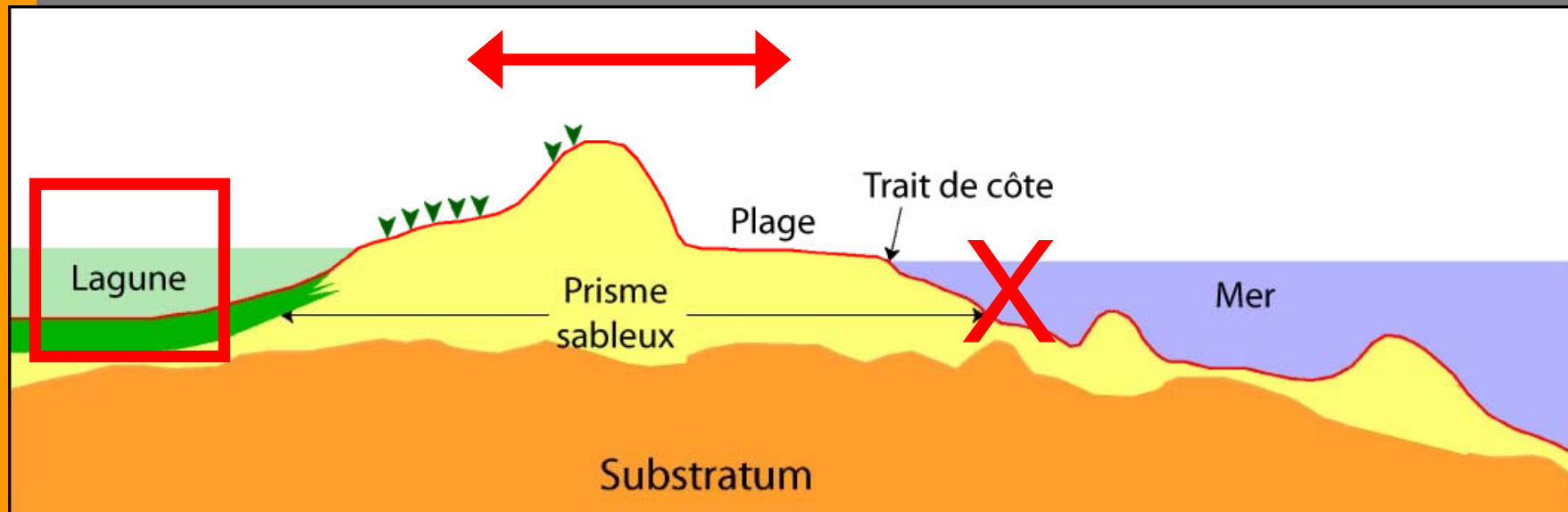


[Source : IFREMER, 2010]



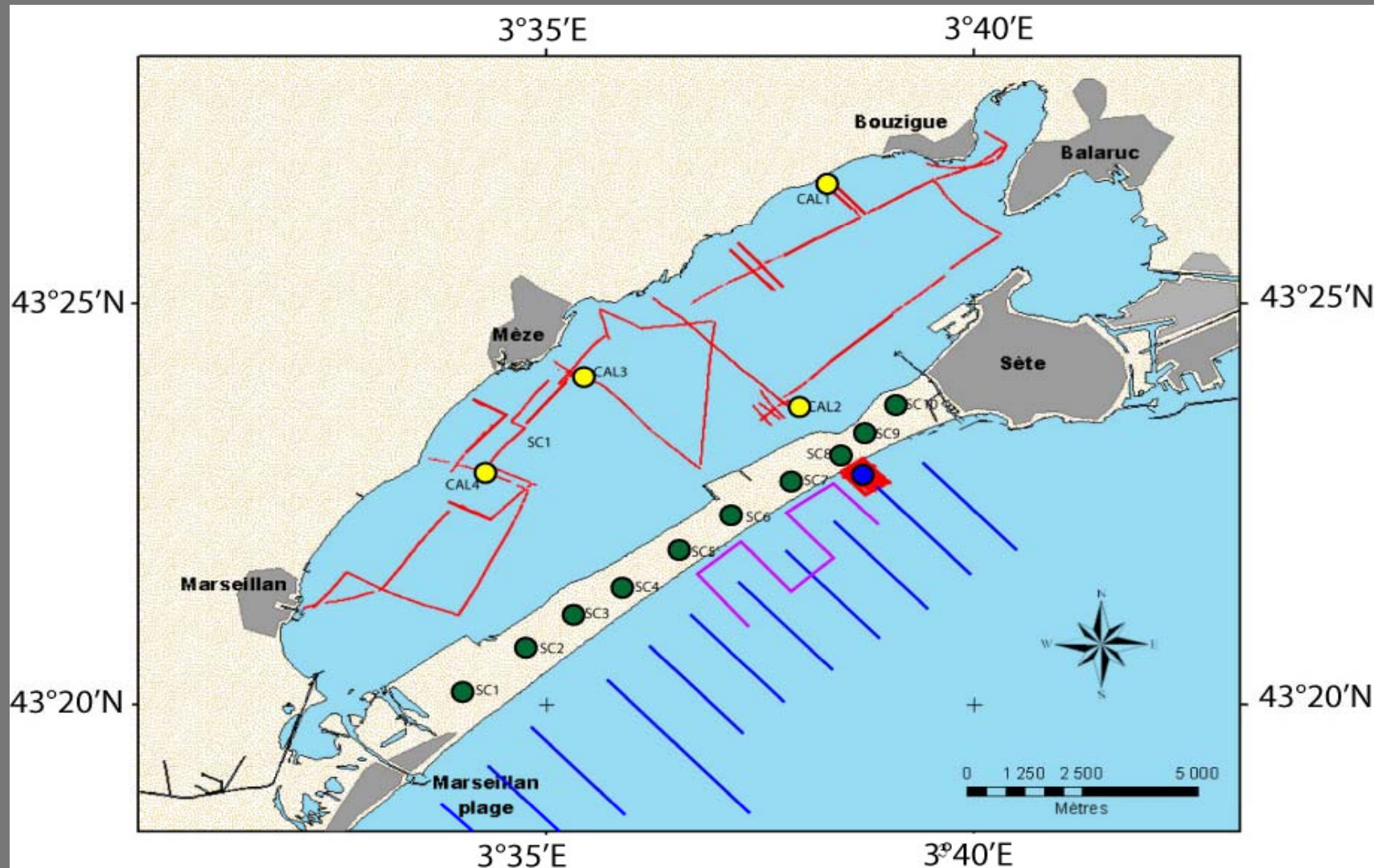
## Évolution millénaire des barrières (Objectifs)

- Appréhender au mieux le continuum terre-mer (lagunes, barrière et avant-côte).
- Le remplissage sédimentaire d'une lagune est-il un bon marqueur des évolutions de la barrière littorale sableuse ? Permet-il de reconstituer l'évolution des lidos ?



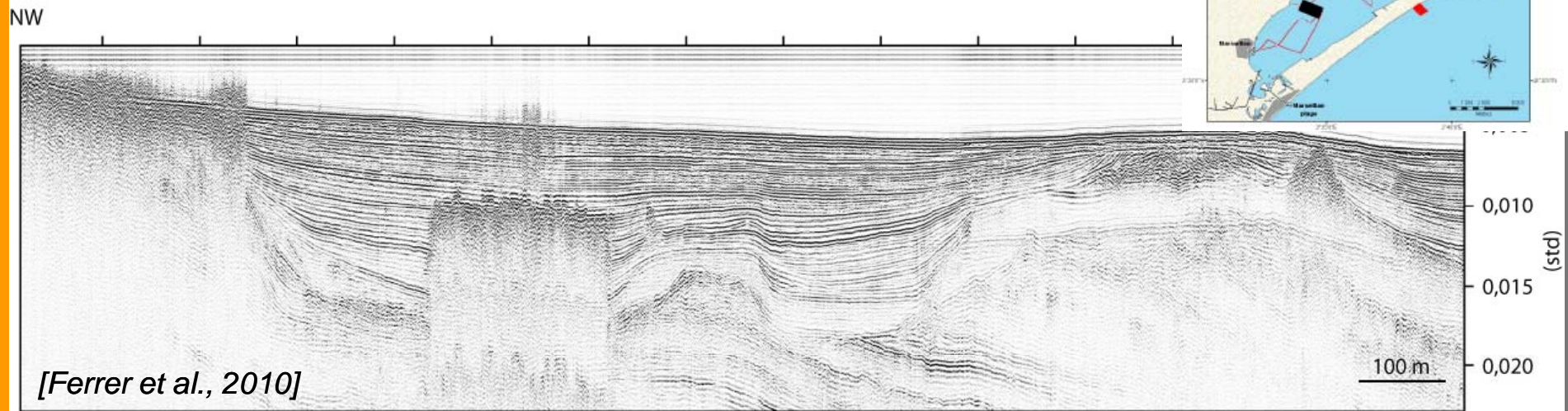


# Campagnes d'acquisition





# Profils sismiques dans la lagune



[Ferrer et al., 2010]



Sur la base de l'ensemble des profils et des carottes, un schéma paléogéographique de mise en place peut être présenté

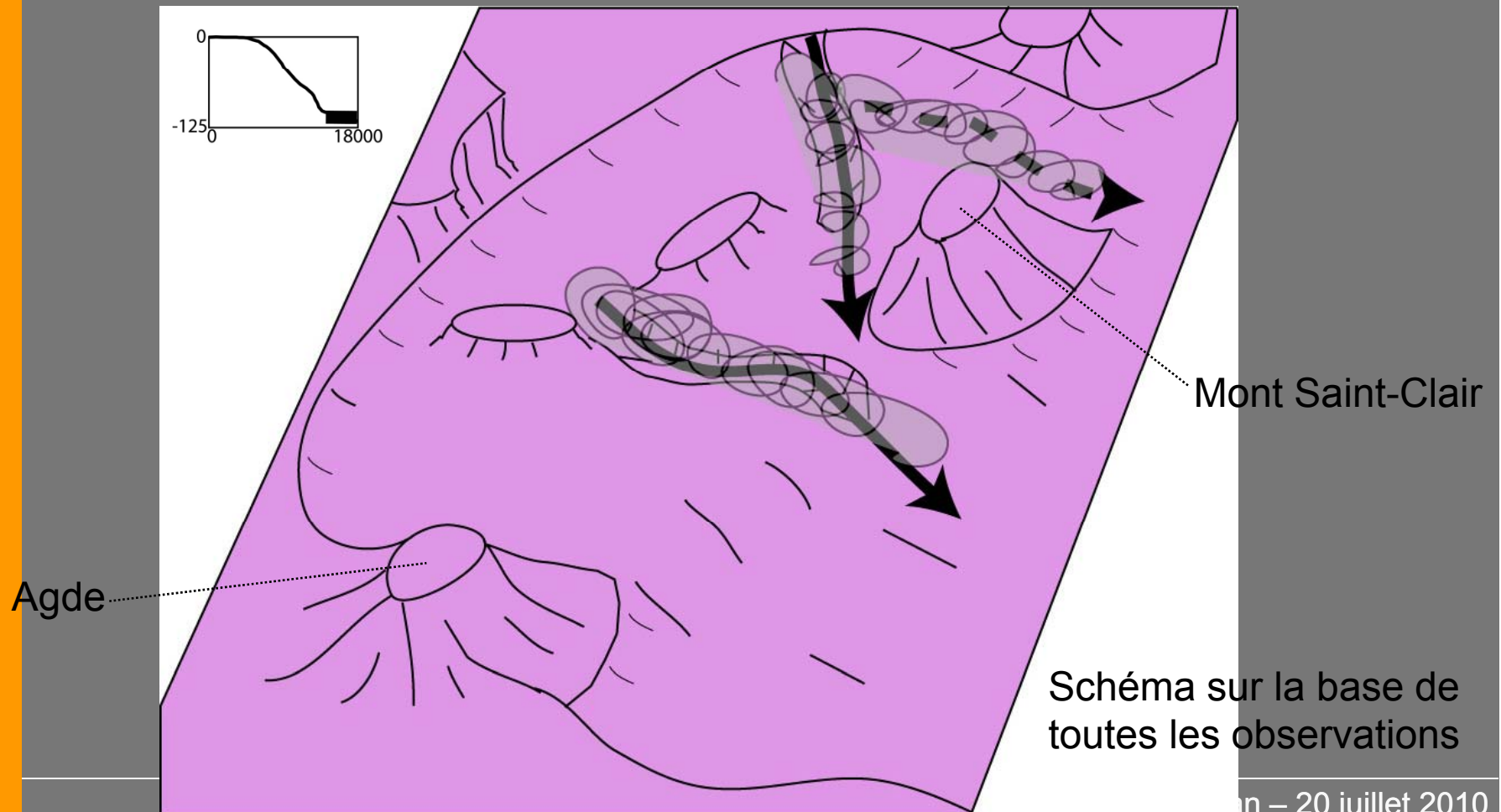
$U0_L$  avec des réflecteurs inclinés vers le SE (même pendage qu'à terre) et un toit érodé RES



# Édification et évolution de la barrière

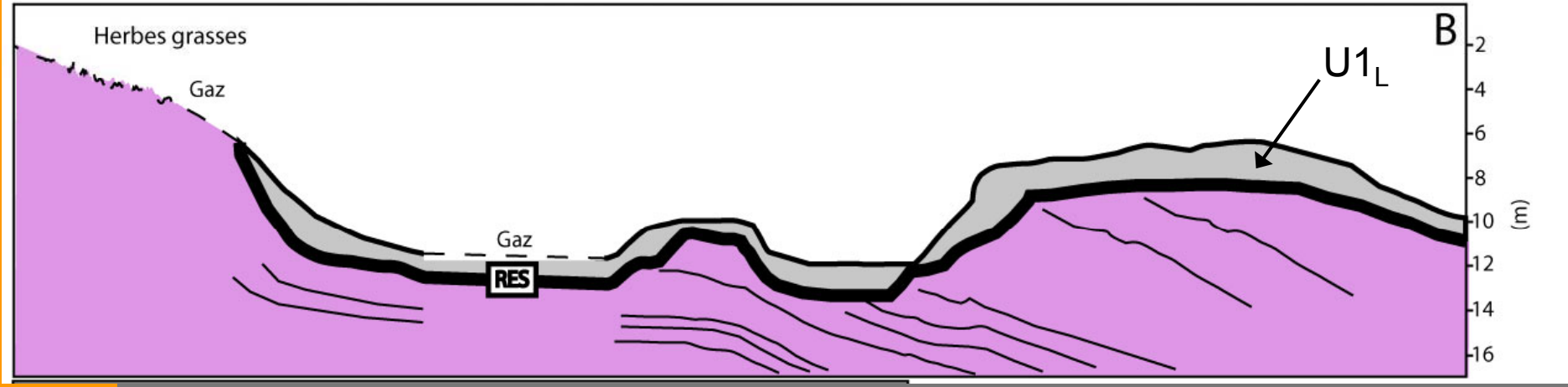
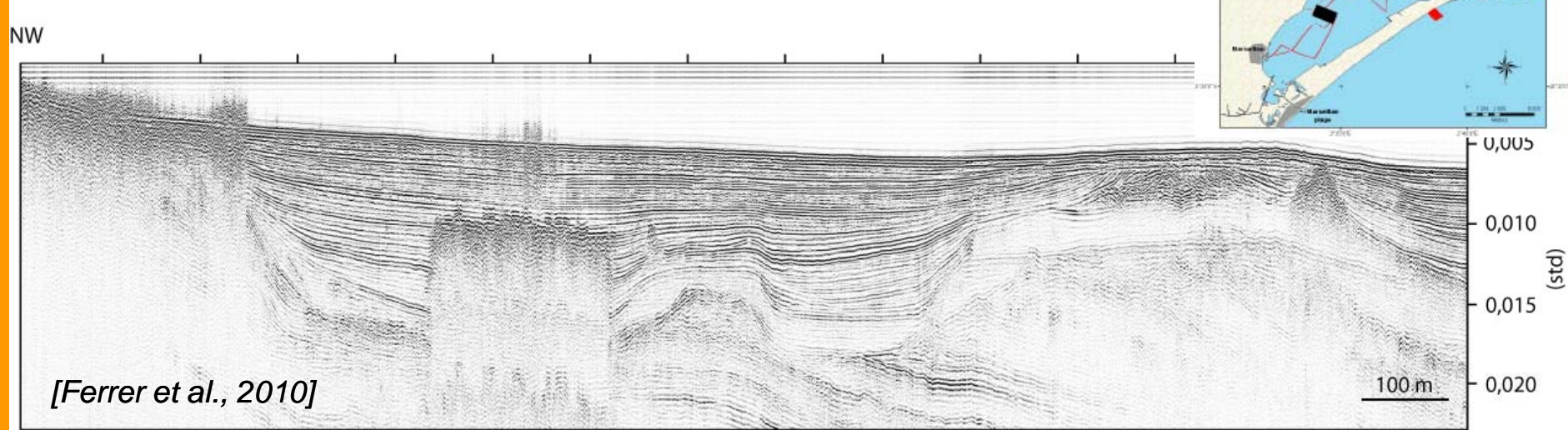
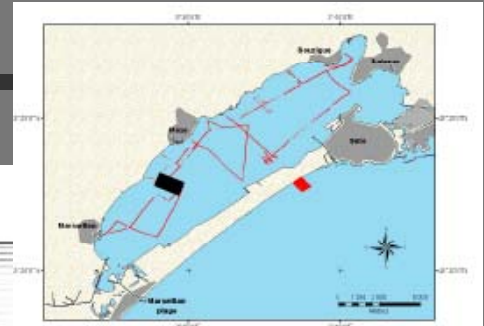
18000 ans BP – Période bas niveau marin :

- Substratum érodé par la dynamique fluviale
- Présence de vallées incisées et de hauts fonds





# Profils sismiques dans la lagune

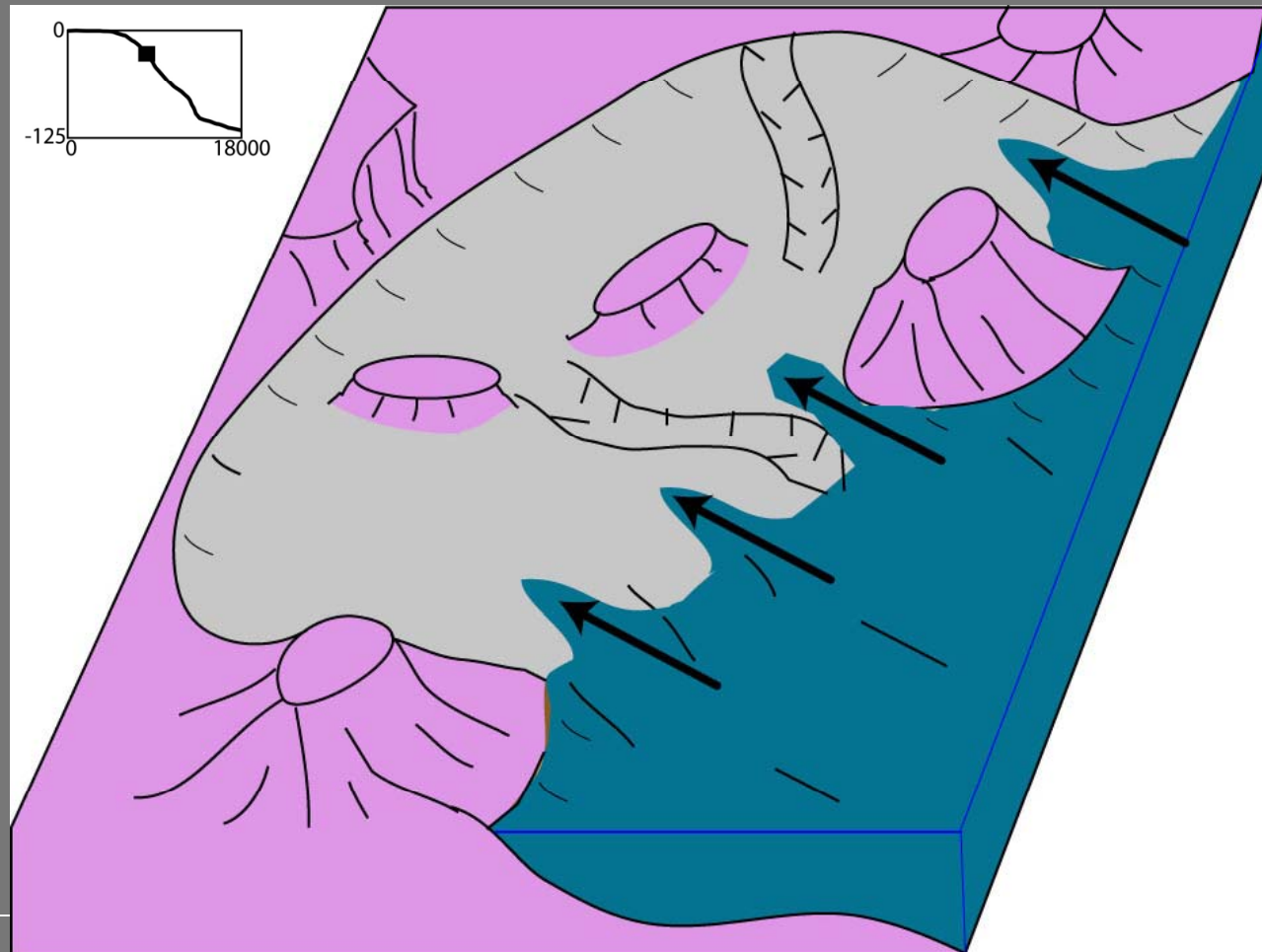




## Édification et évolution de la barrière

10000 à 8000 ans BP :

- Remontée du niveau marin
- Remaniement des dépôts continentaux
- Mise en place des terrasses fluviales

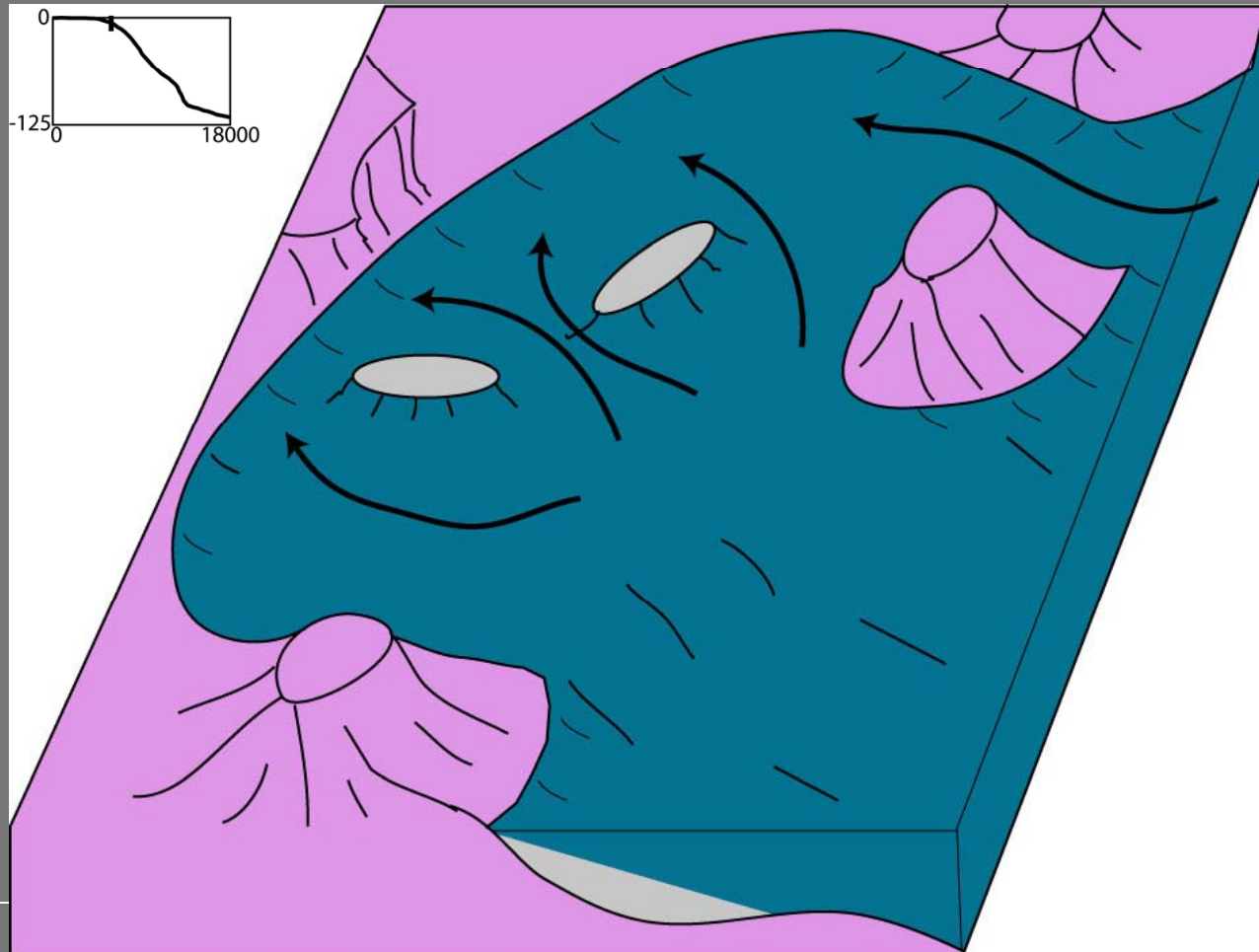




## Édification et évolution de la barrière

Vers 6500 ans BP :

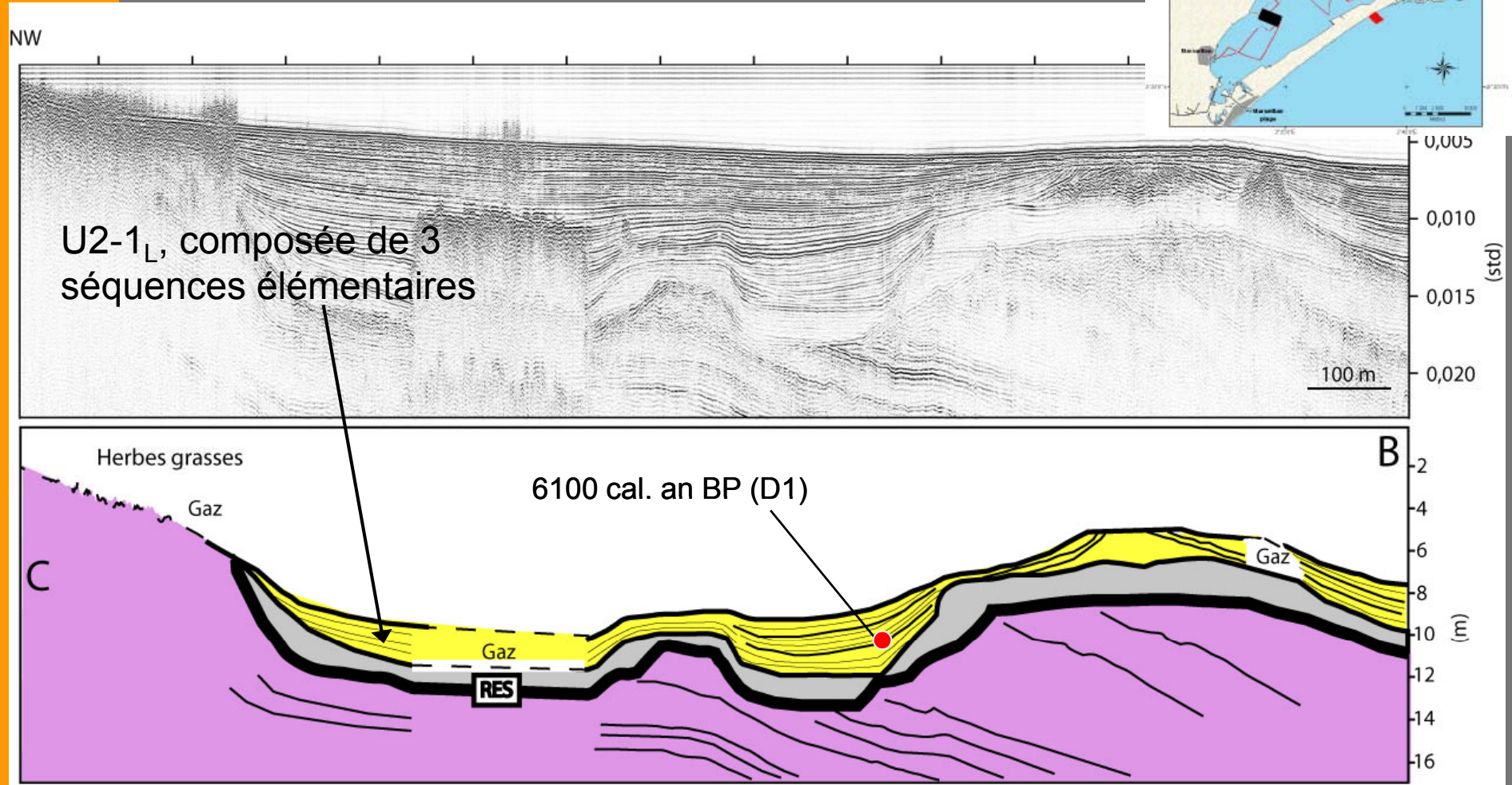
- Niveau marin proche de l'actuel
- Submersion totale de la lagune de Thau
- Dépôt de sables transgressifs







# Profils sismiques dans la lagune



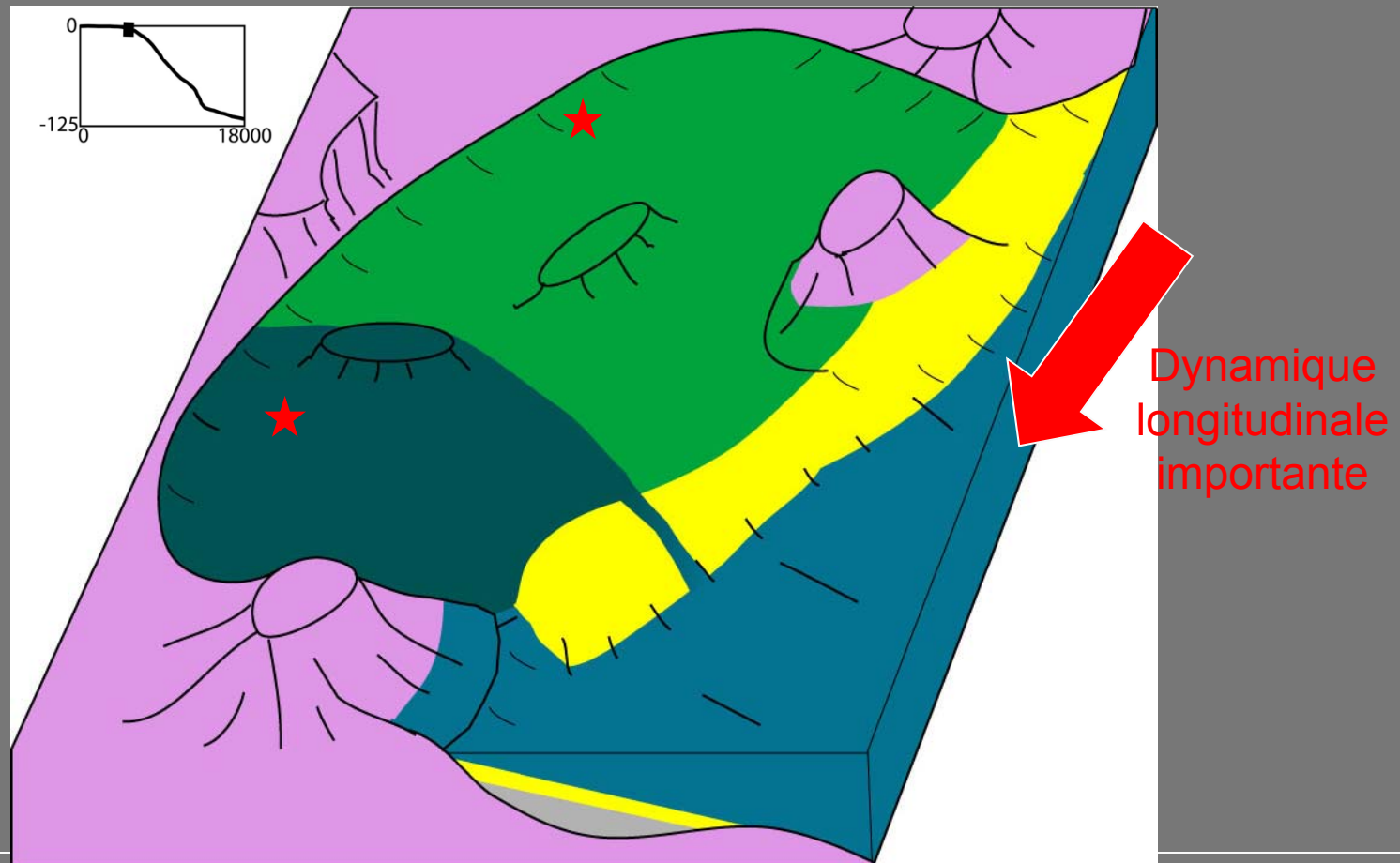
[Ferrer et al., 2010]



## Édification et évolution de la barrière

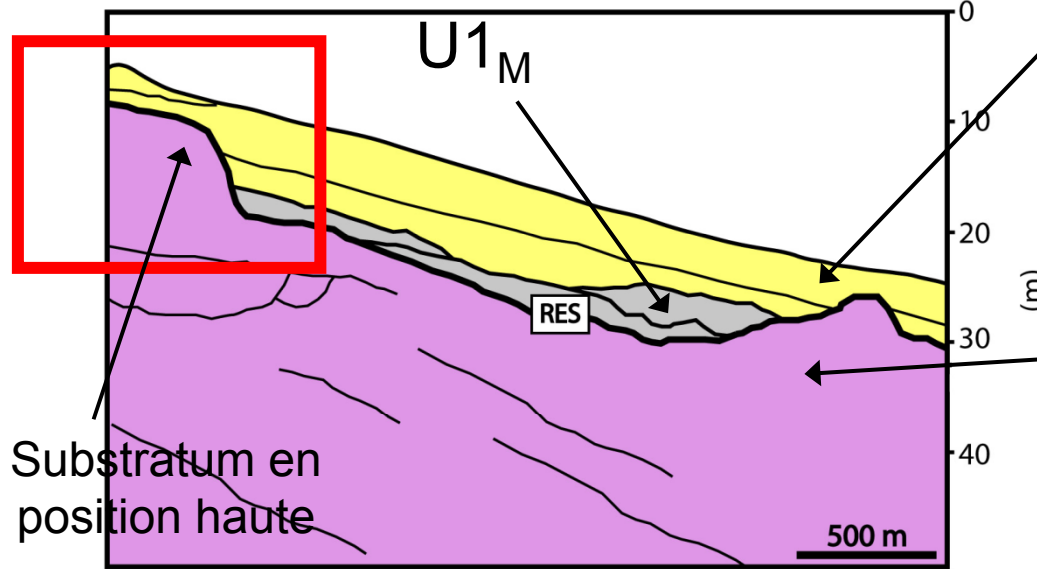
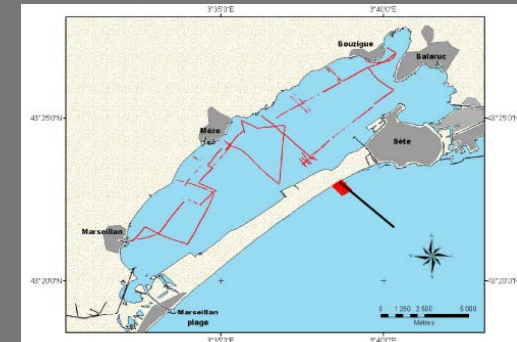
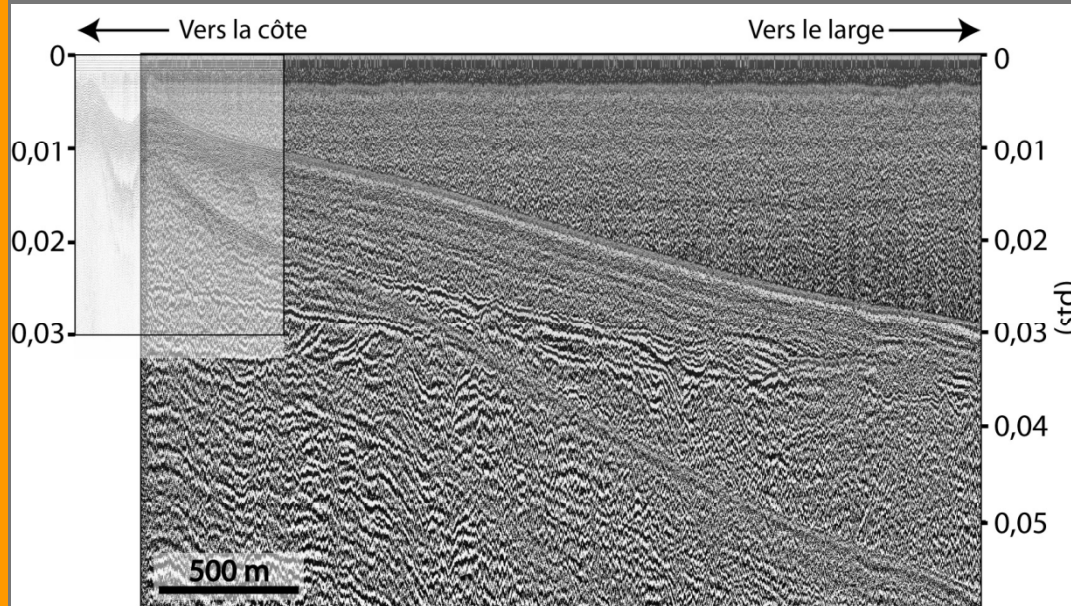
De 6500 à 5500 ans BP :

- Première phase de construction de la barrière littorale avec une lagune ouverte sur la mer Méditerranée au sud
- première phase de remplissage de la lagune





# Fixation du prisme

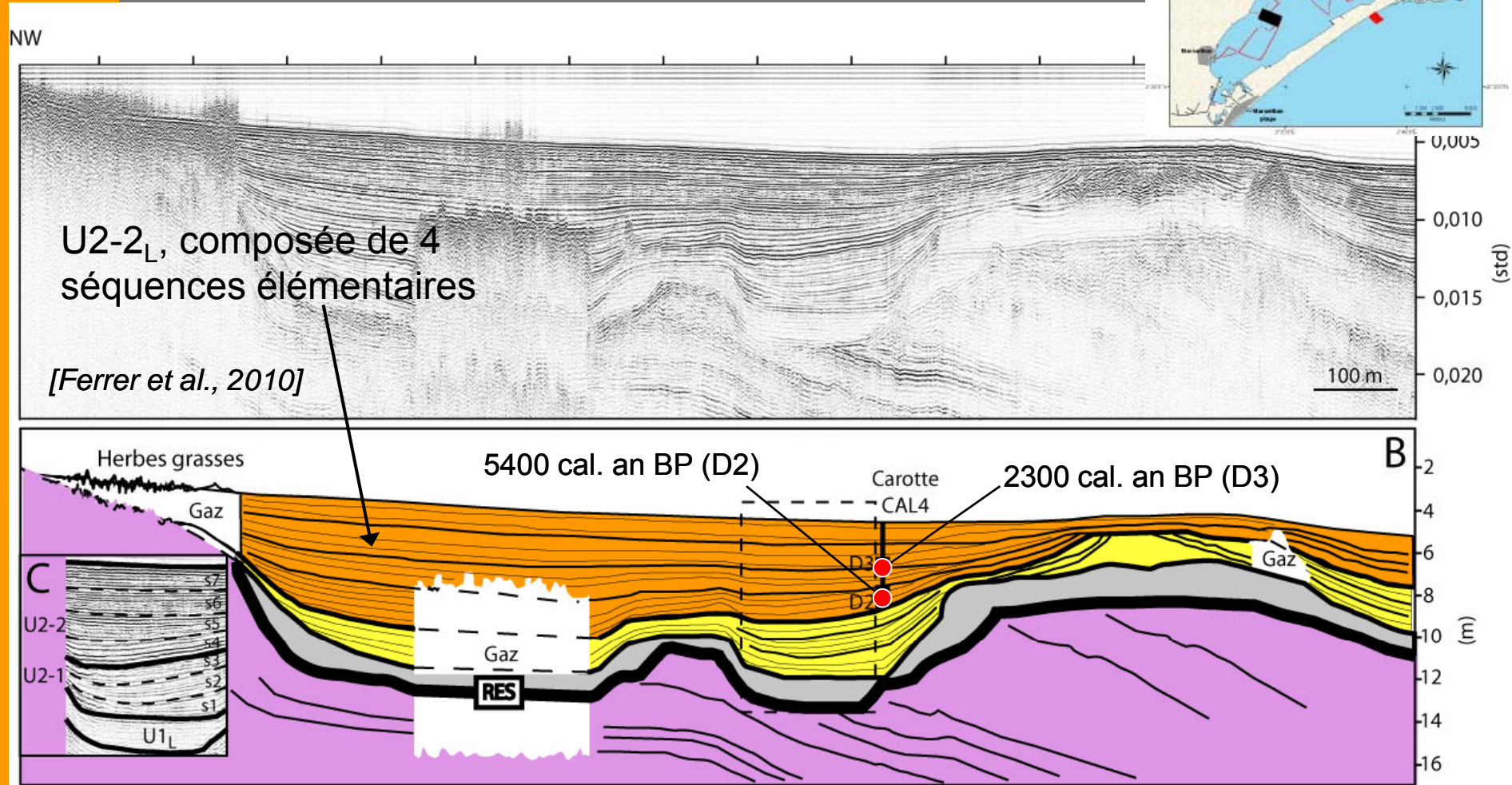


$U2_M$ , divisée en 2 sous-unités (post-glaciaire)

$U0_M$ , réflecteurs inclinés vers le SE et un toit érodé RES

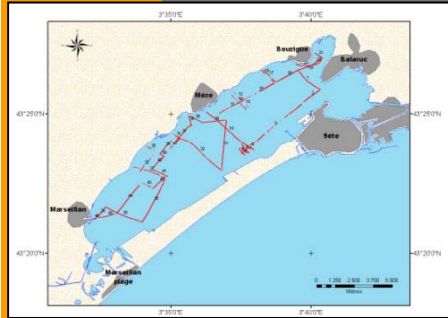


# Profils sismiques dans la lagune





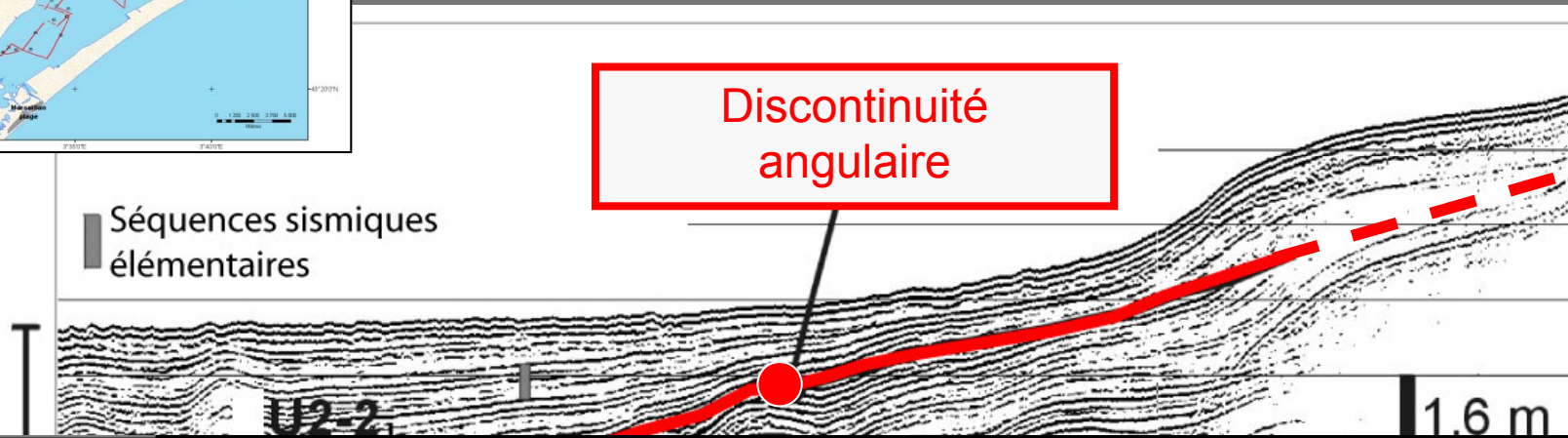
# Profils sismiques dans la lagune



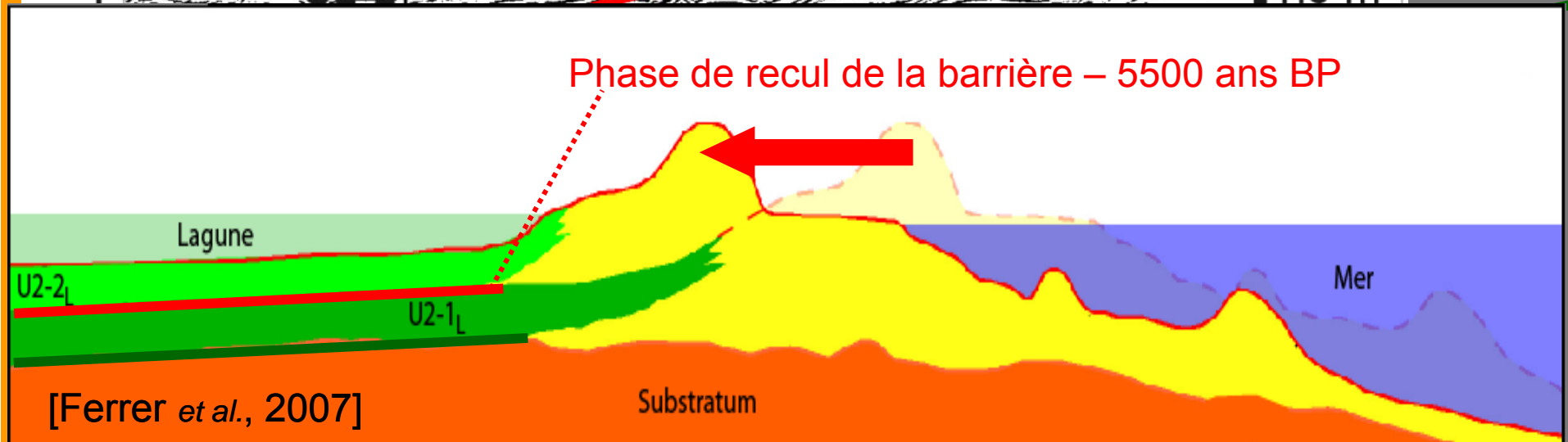
Séquences sismiques élémentaires

Discontinuité angulaire

→ Lido



Phase de recul de la barrière – 5500 ans BP

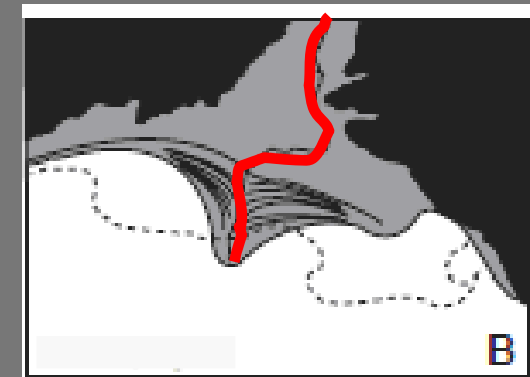
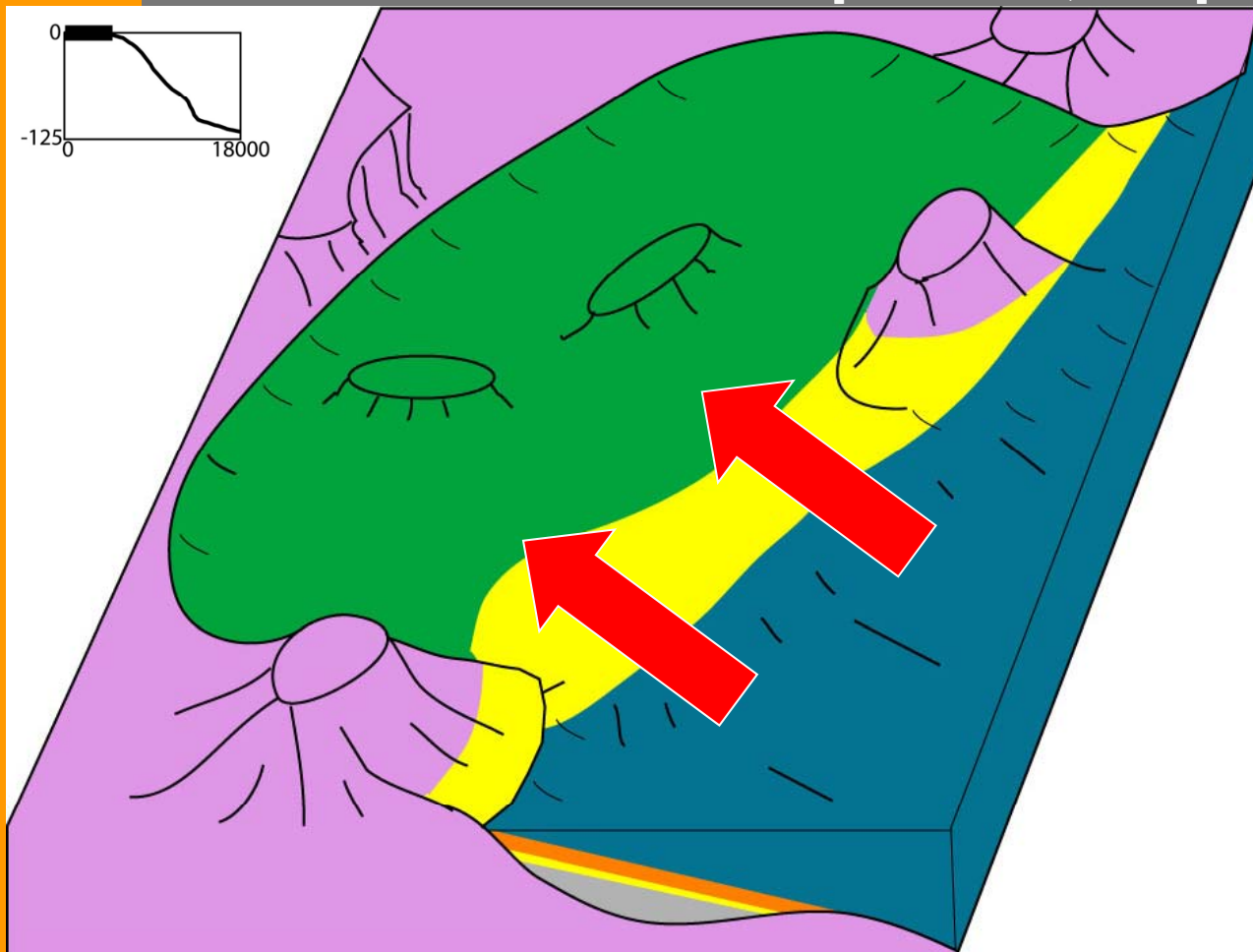




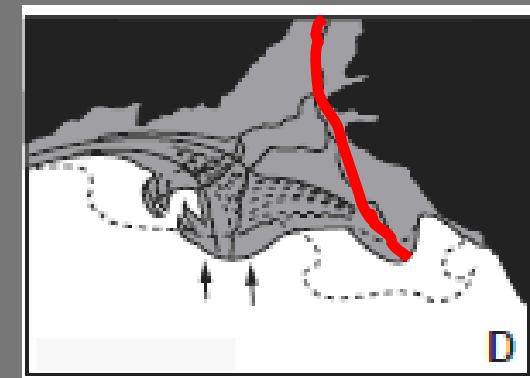
# Édification et évolution de la barrière

Après 5500 ans BP :

- Lagune totalement isolée
- Suivi d'un recul brutal de la barrière littorale lié à la diminution des apports sédimentaires du Rhône [Vella *et al.*, 2005]



5500 ans BP



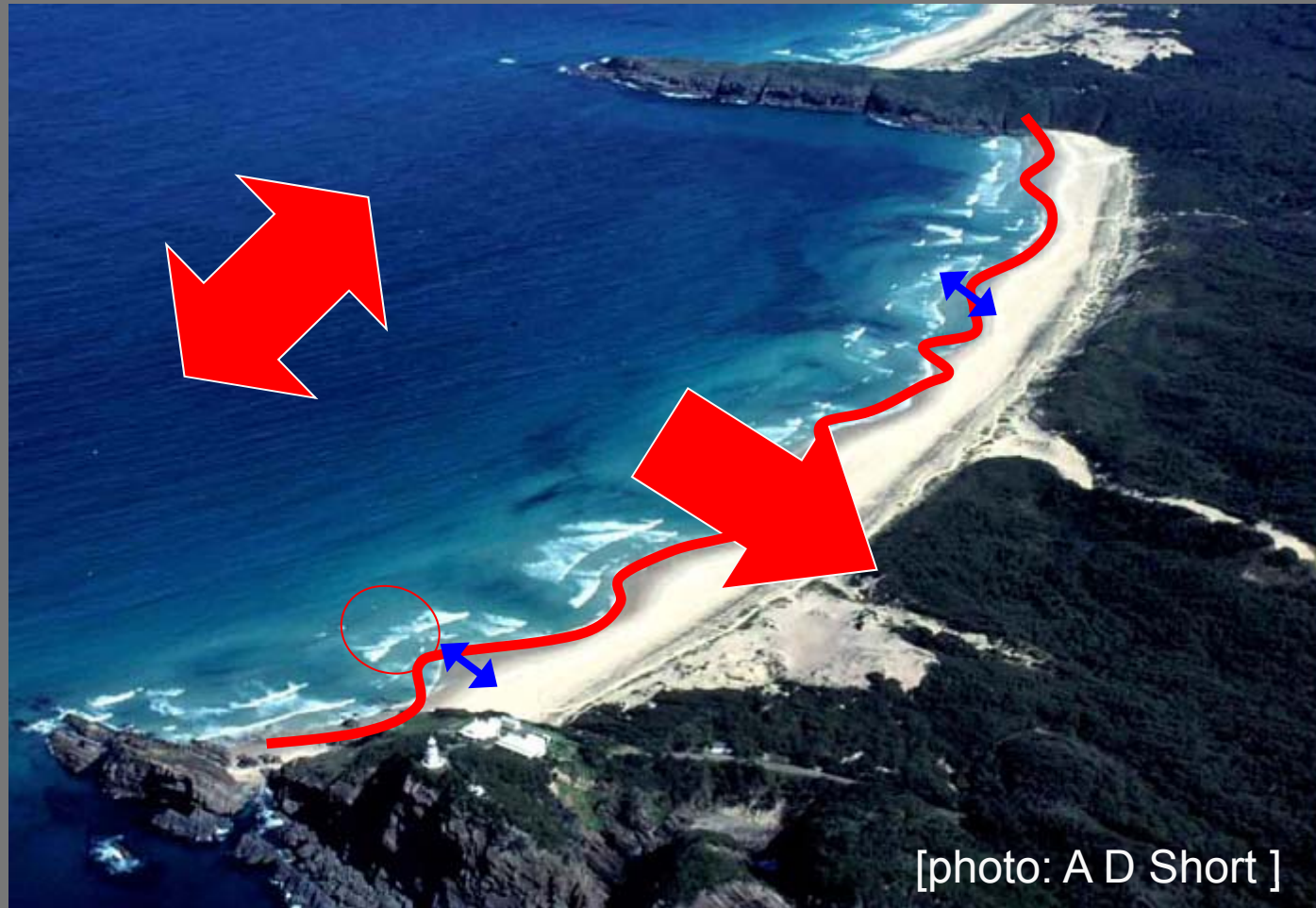


## Conclusion intermédiaire

- Identification des paramètres de contrôle :
  - **L'héritage géologique** [Cooper, 2001 ; Regnauld *et al.*, 2004]
  - **Les apports sédimentaires du Rhône et la dynamique longshore** [Vella *et al.*, 2005 ; Raynal, 2009]
  - **Les variations climatiques** (niveau marin [Labeyrie *et al.*, 1976; Aloïsi *et al.*, 1978; Dubar and Anthony, 1995], intensité des forçages, régimes hydrauliques fluviaux...)
- Repositionnement **du contexte actuel** dans une évolution plus long terme → gestion du trait de côte



# Long-terme → Pluriannuel





# Evolution d'un prisme sableux à l'échelle pluriannuelle

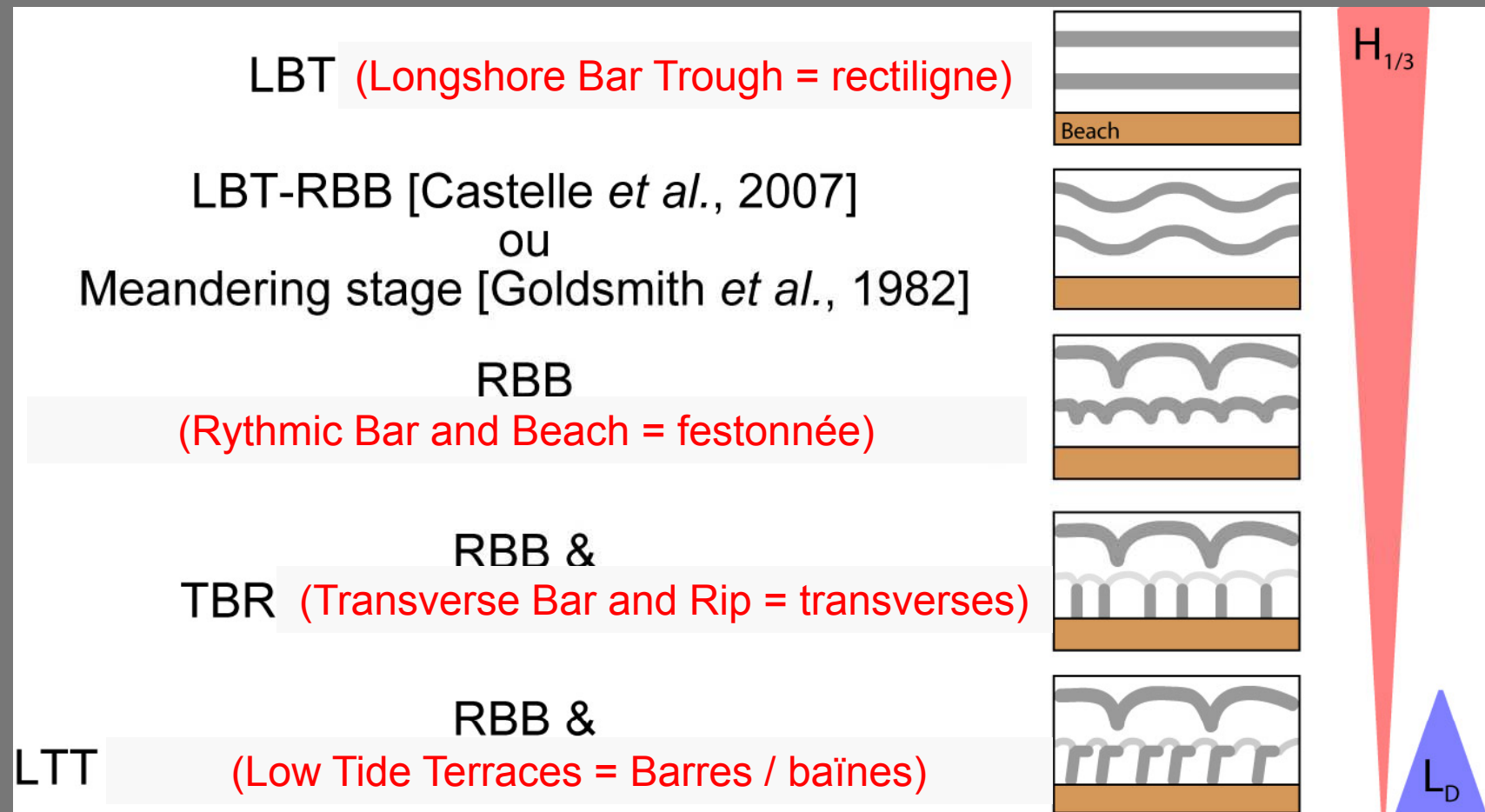
Cas d'un littoral à deux barres festonnées  
(Leucate-Plage)





## Les états de plage [Short & Aagaard, 1993]

Séquence d'évolution pour un système intermédiaire à deux barres (durée courte)





## La morphodynamique du littoral de Leucate-Plage à l'échelle pluriannuelle (Objectifs)

- Peut-on décrire plus finement les séquences d'évolution des barres déjà décrites en milieu microtidal [Goldsmith *et al.*, 1982] ?
- Les états de plage [Wright & Short, 1984 ; Brander, 1999] sont-ils suffisants ?
- Quelles sont les interactions entre la plage émergée et la plage immergée et leurs conséquences sur le trait de côte [Masselink and Puleo, 2006] ?



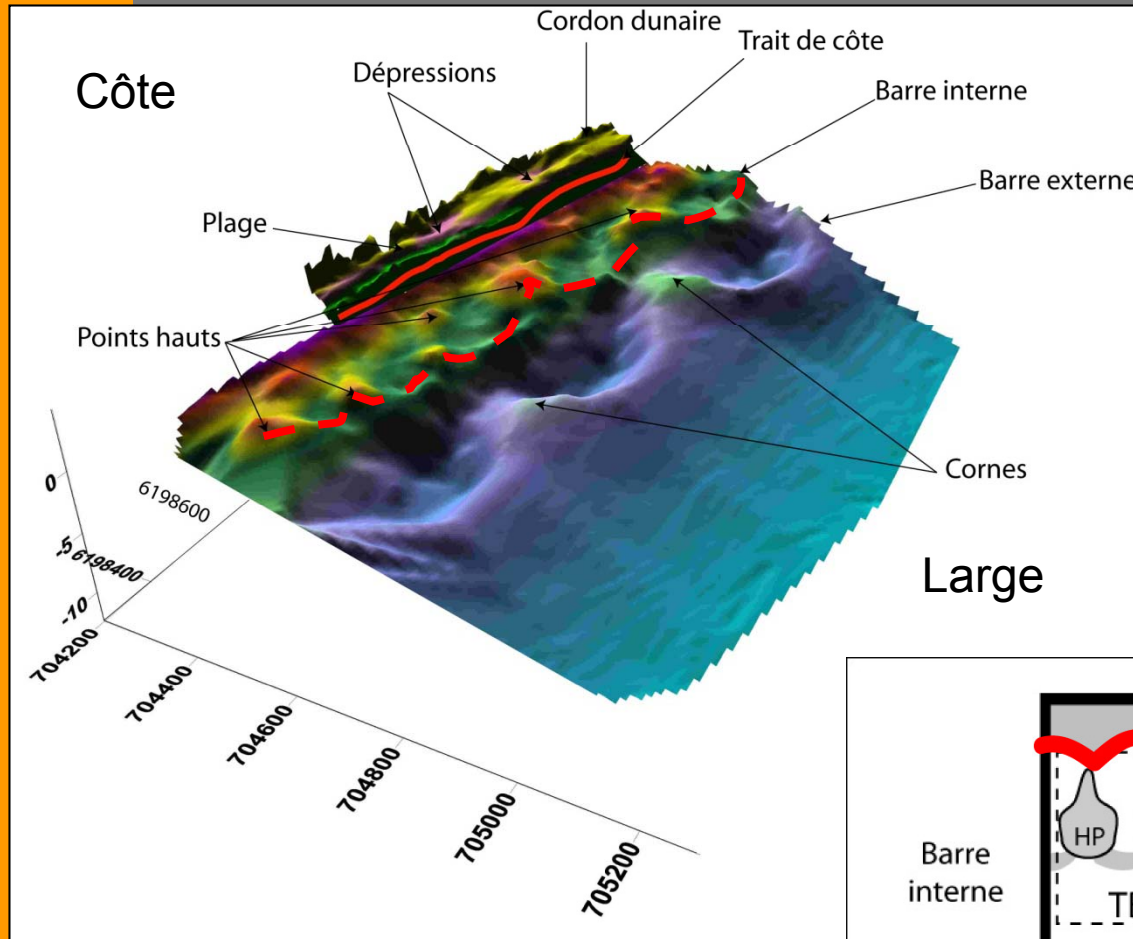
## Suivi de la plage



- Suivi topo-bathymétrique mensuel et/ou post-tempête : 28 cartes (2000 à 2002 – 2006 à 2009)
- Levé du trait de côte incluant les sinuosités de plage
- Campagne intensive de mesures hydrodynamiques : 1 mois de données
- Sismique réflexion : disponible sédimentaire et dynamique des barres



# Le système littoral de Leucate-Plage

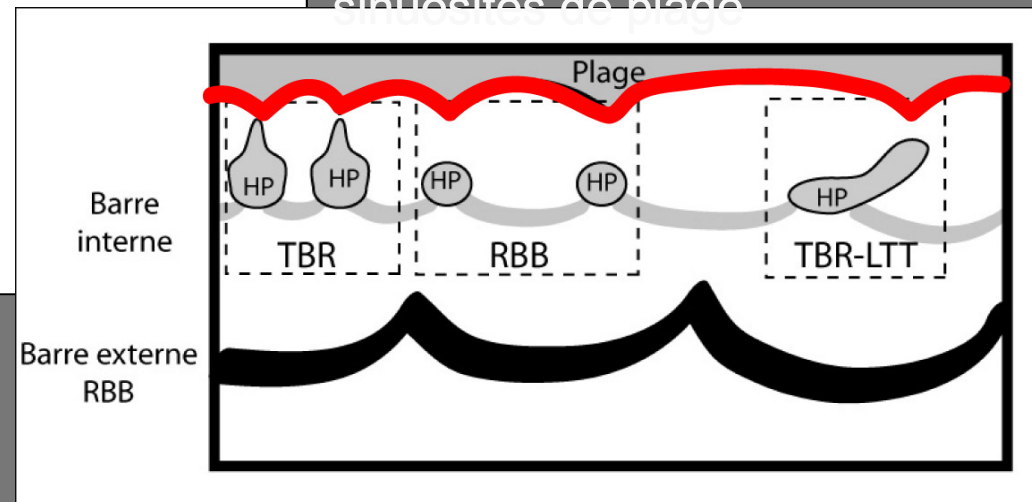


- Cornes de la barre interne identifiables comme des points hauts tout au long du suivi depuis 2000, oscillant autour d'une position d'équilibre ( $\pm 100$  m)

- RBB / TBR / TBR-LTT

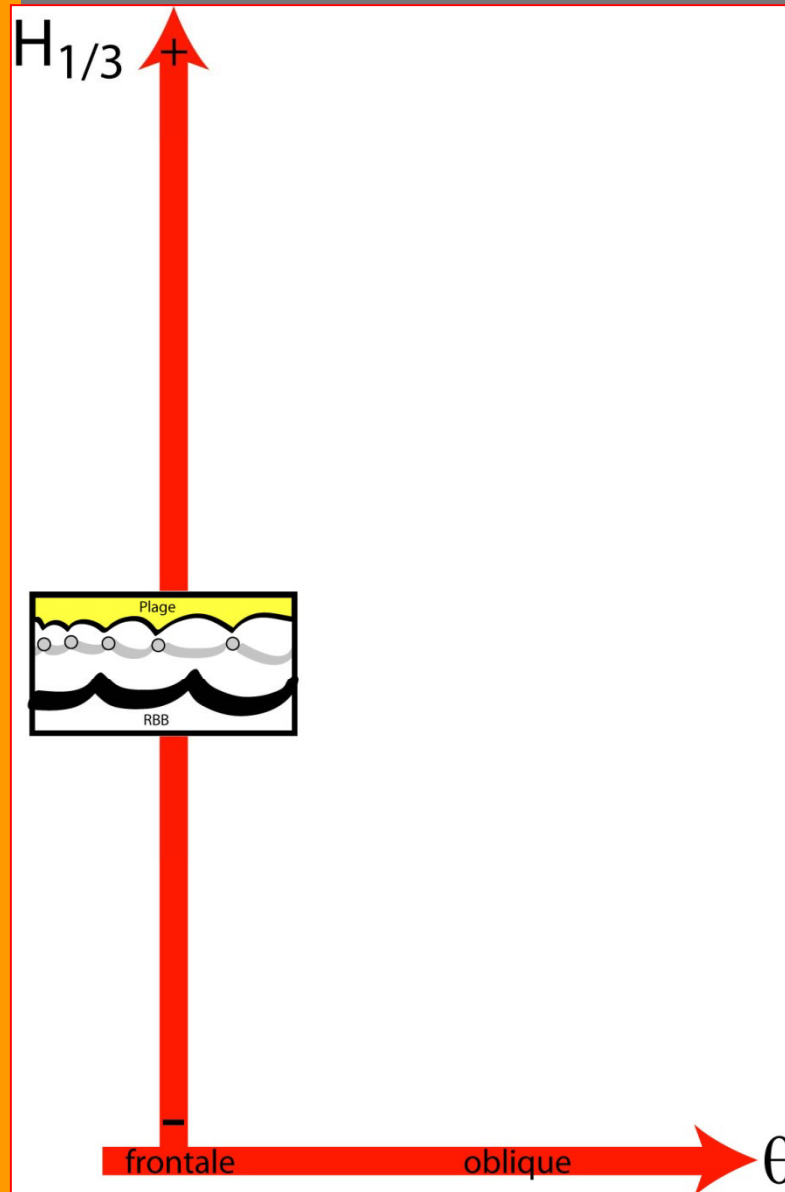
- Trait de côte avec des sinuosités de plage

- Adaptation des formes sur l'avant-côte à volume constant



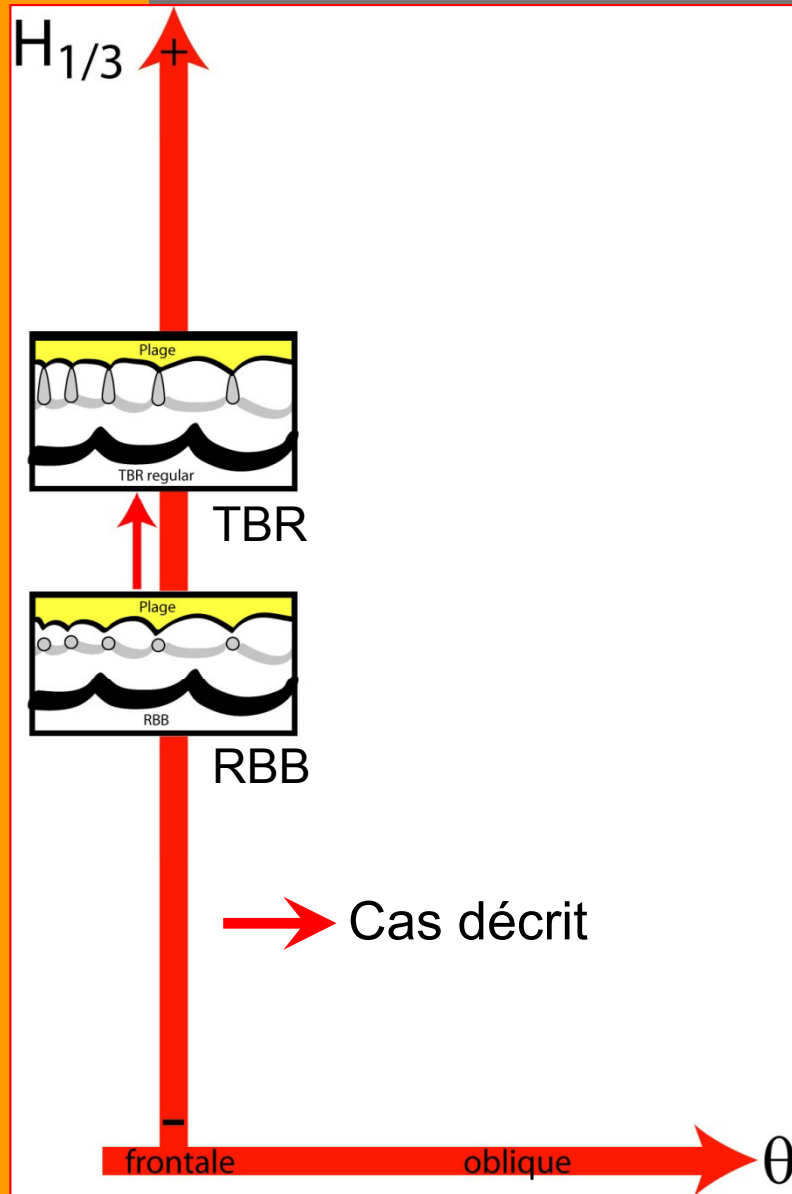


## Modèle conceptuel de Leucate-Plage



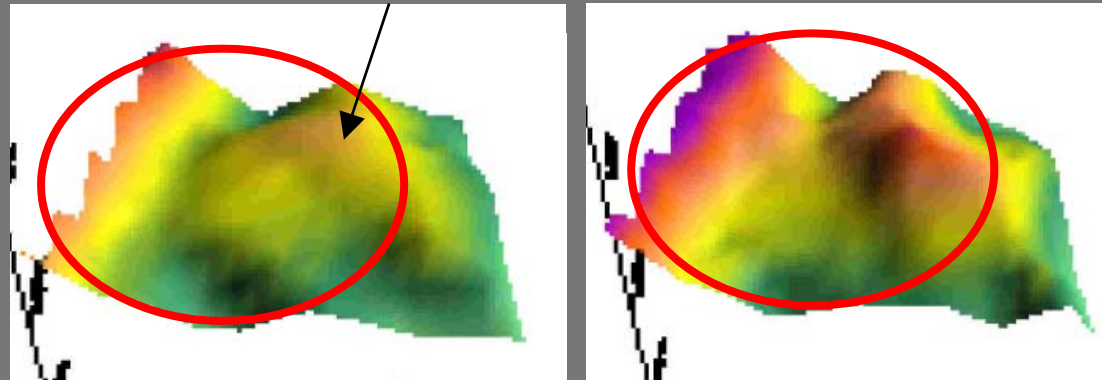
- Facteurs morphodynamiques :
  - Hauteur significative
  - Incidence de la houle
- Modèle **idéalisé**, réalité différente avec plusieurs états simultanés
- RBB le plus fréquent

# Construction du modèle



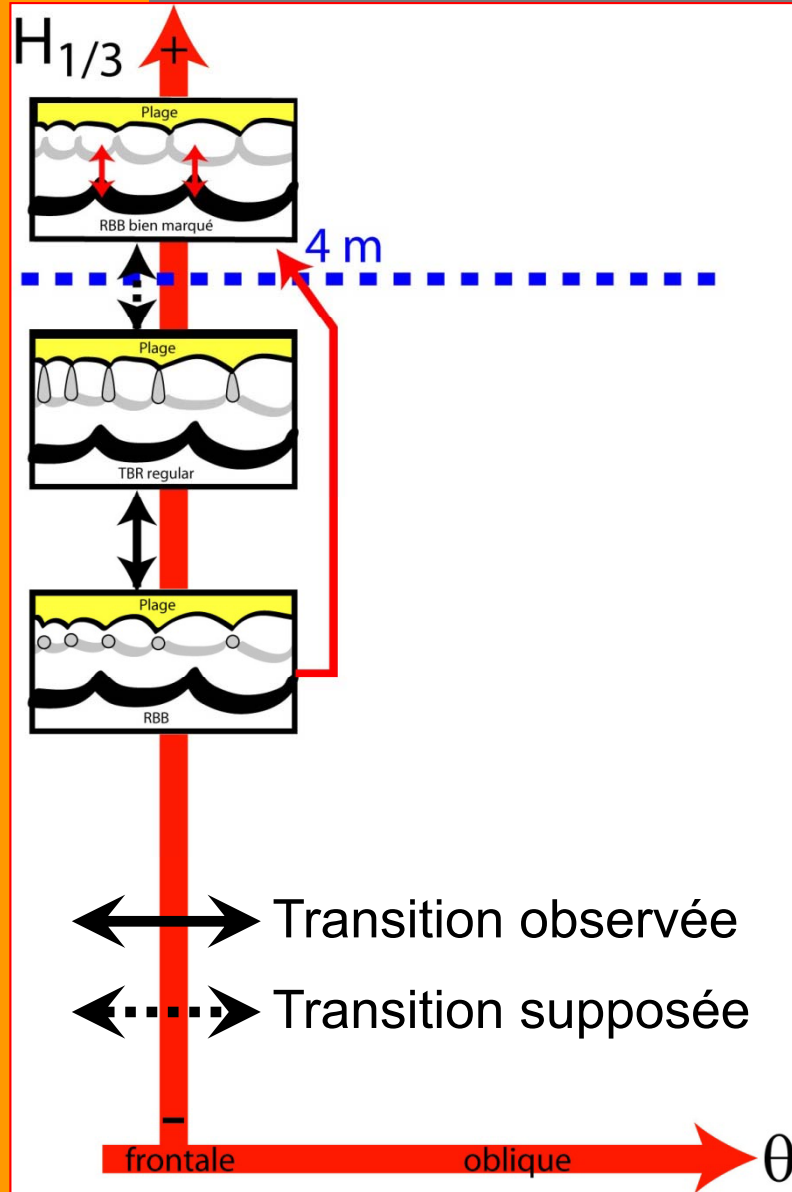
- Etat initial : RBB
- Hydrodynamique :  $H_{1/3} < 2,5$  m & incidence frontale & évènement très énergétique et court
- Points hauts connectés au trait de côte

Corne de la barre interne = point haut

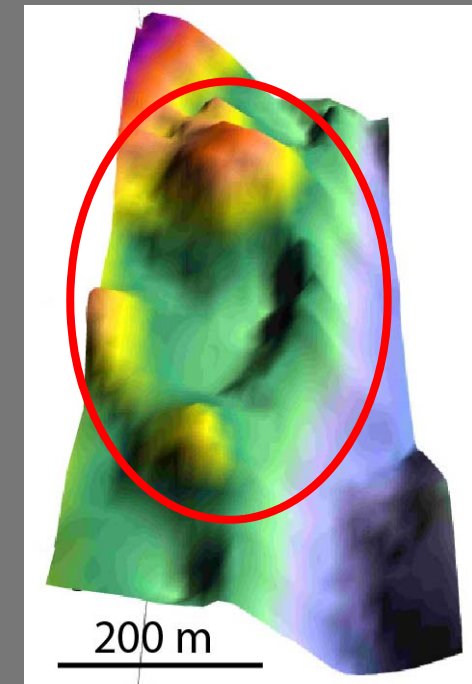


Passage d'un RBB à un TBR  
« regular »

# Construction du modèle



- Etat initial : RBB
- Incidence frontale &  $H_{1/3} > 2,5$  m
- Raidissement des flancs de la crête de la barre interne



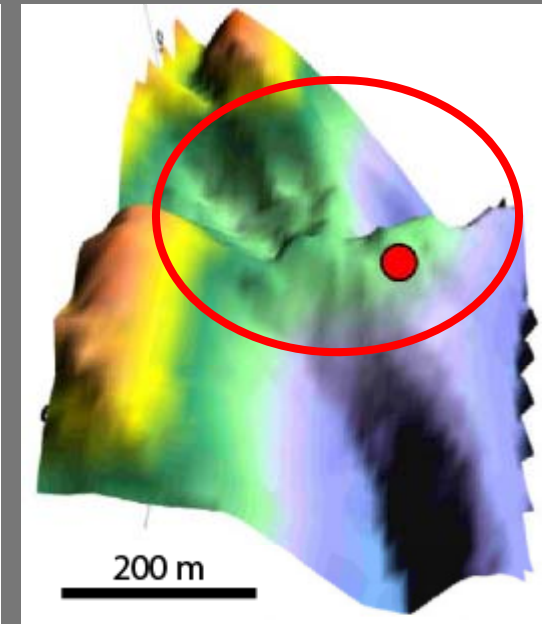
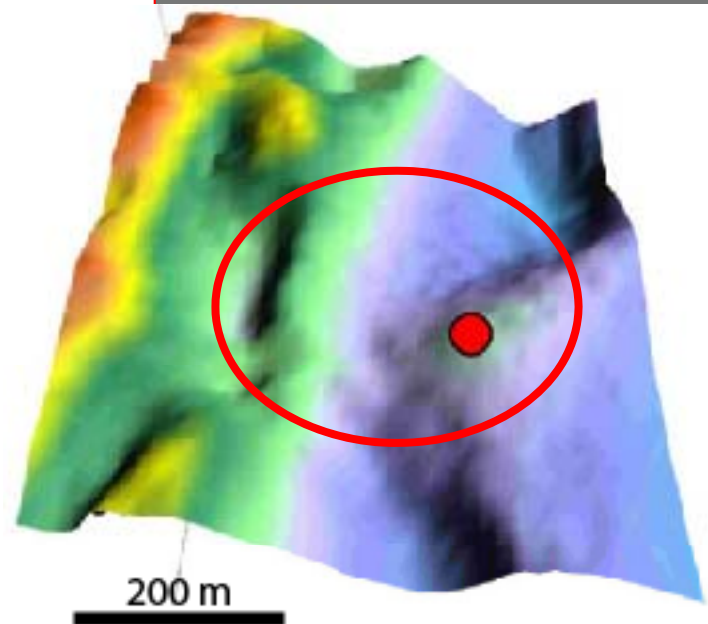
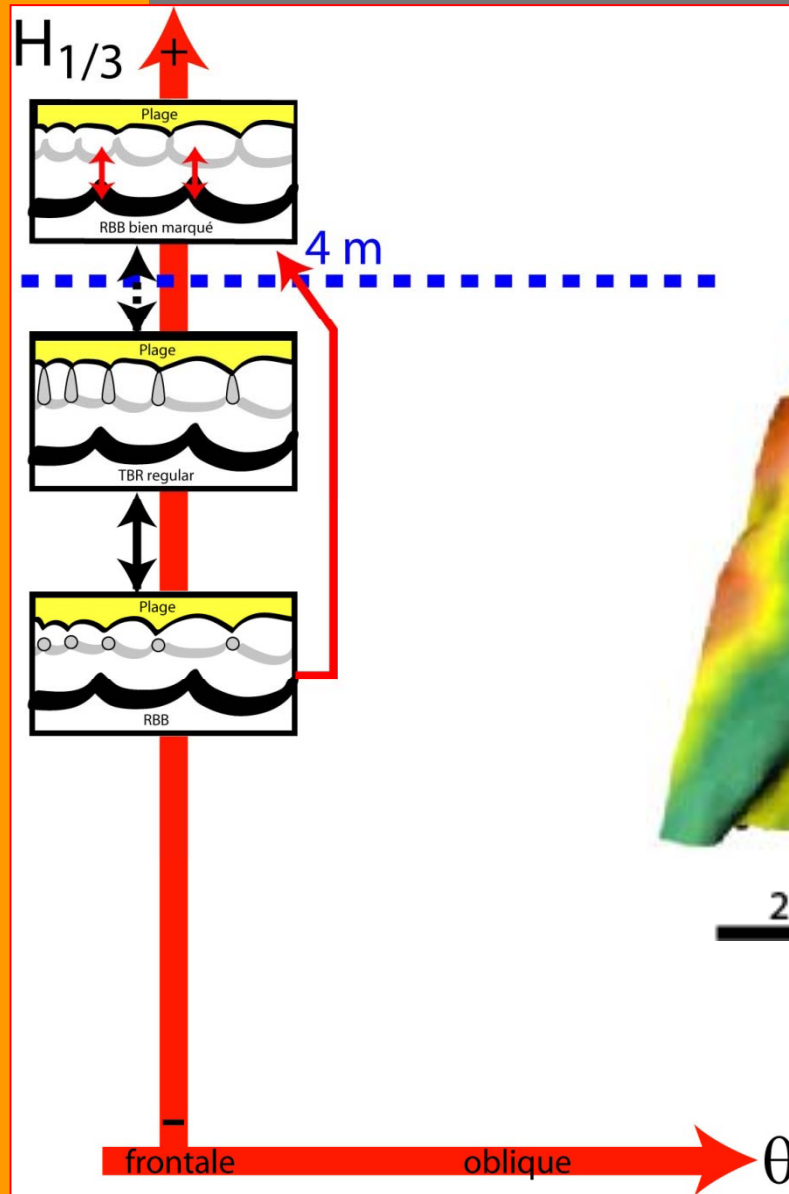
Passage à un RBB  
Bien marqué





## Construction du modèle

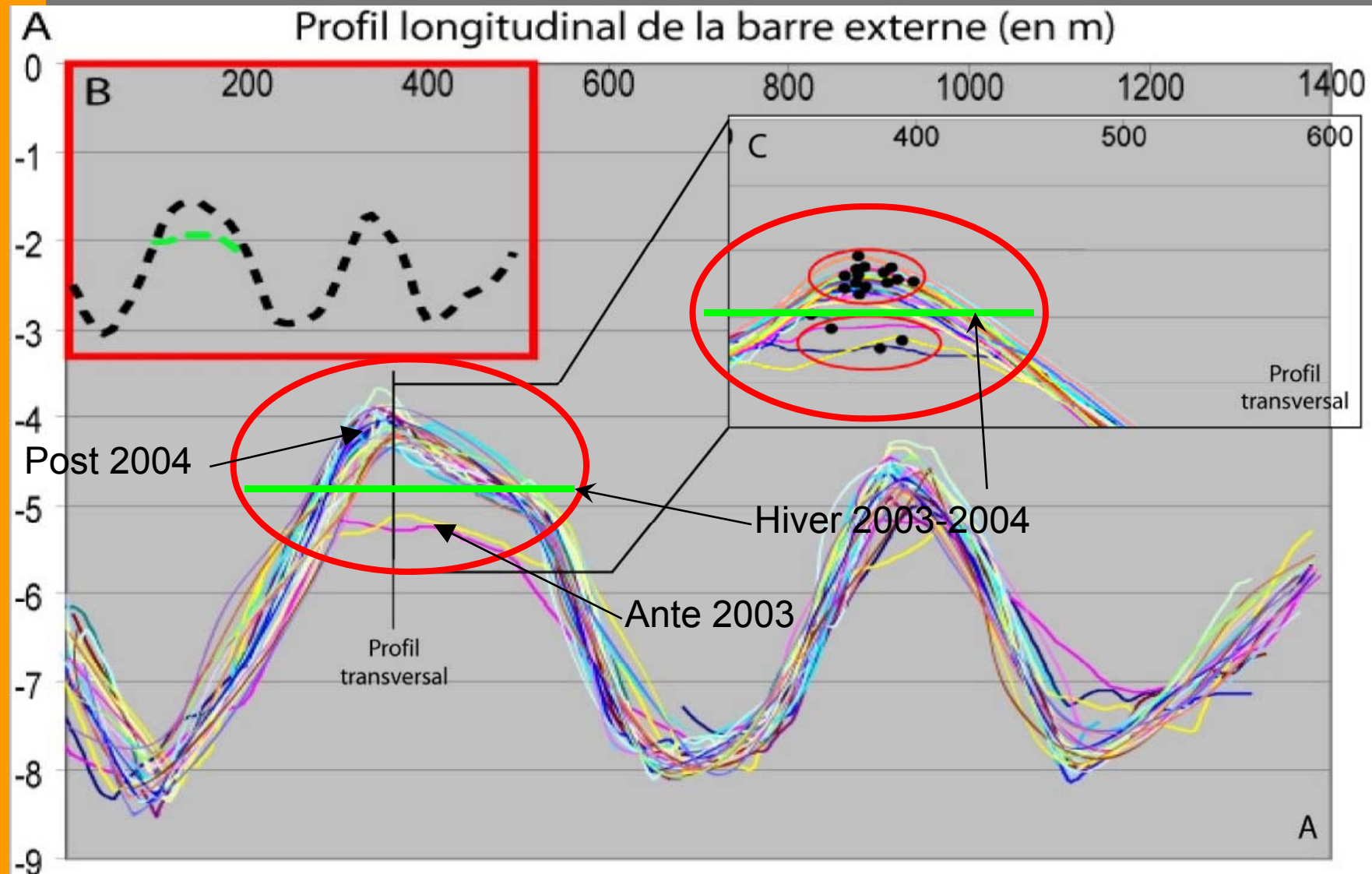
- Etat initial : RBB
- Incidence frontale &  $H_{1/3} > 4$  m
- Erosion du sommet de la corne et/ou déstabilisation de la crête interne



Accolement de la barre externe  
à la barre interne

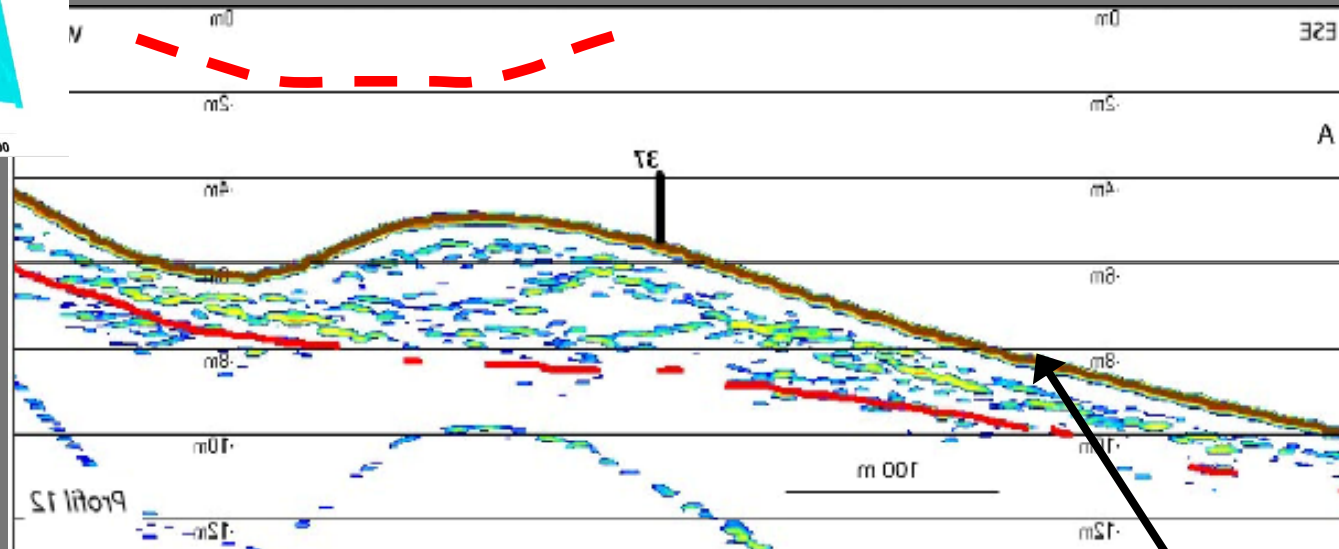
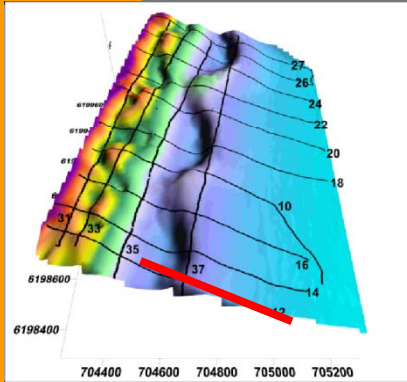


# Construction du modèle





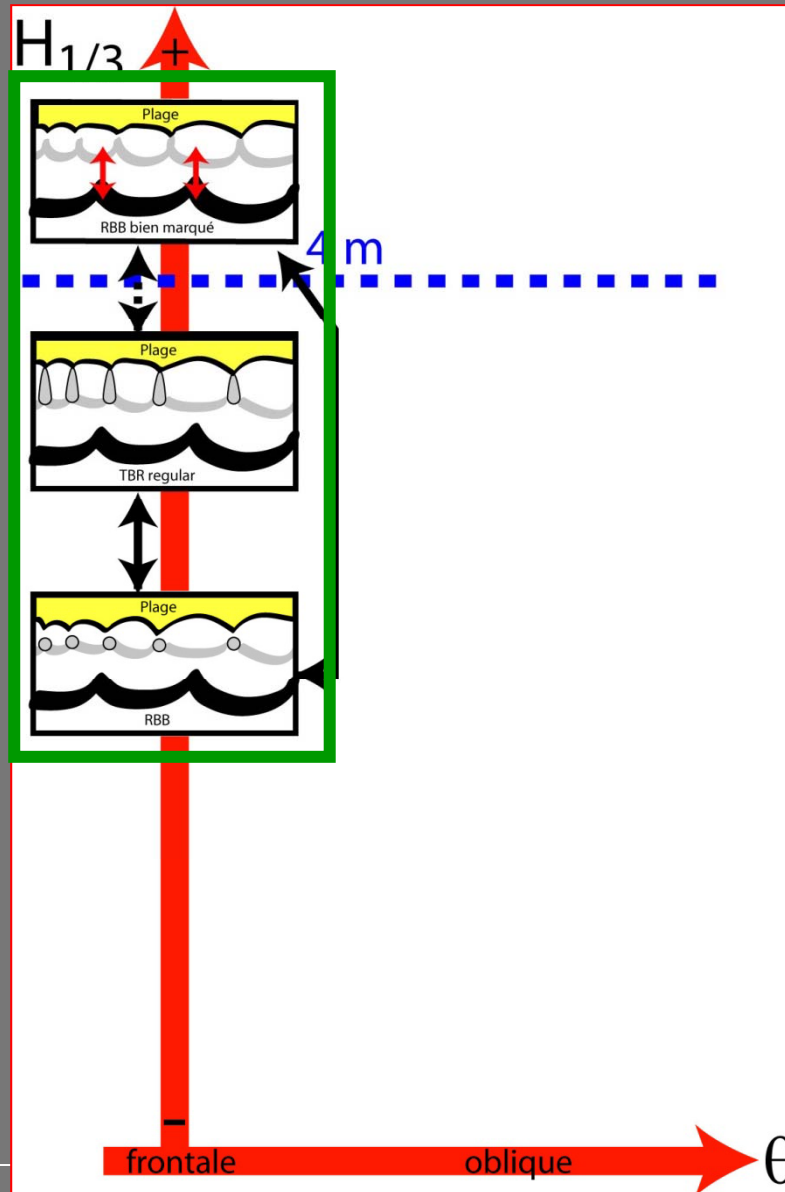
# Construction du modèle (2d)



Substratum



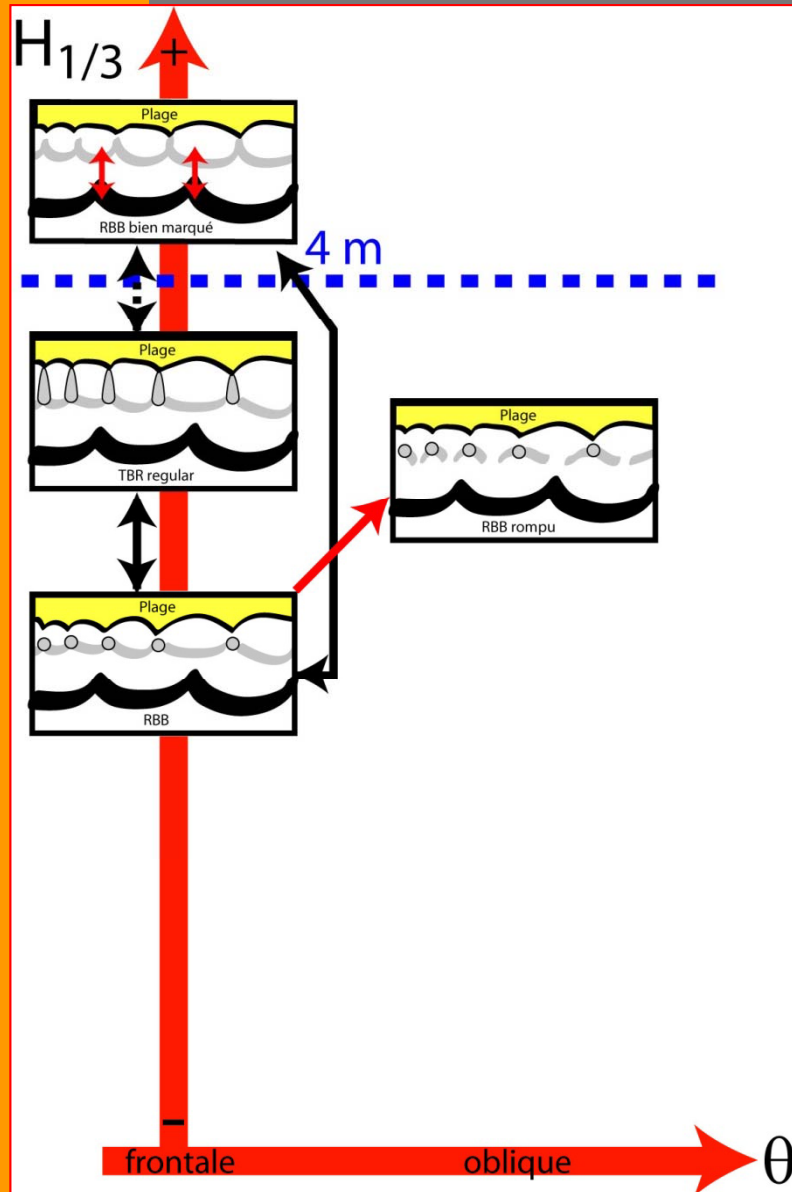
# Construction du modèle



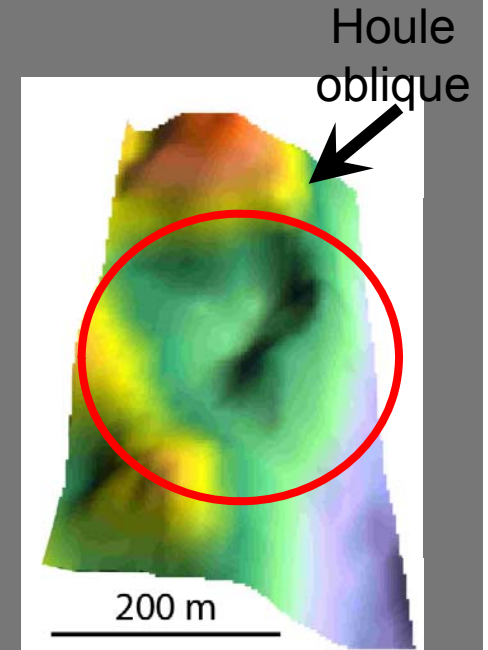
- Séquence 1
- Etat initial : RBB
- Incidence frontale
- Hauteur significative croissante



## Construction du modèle



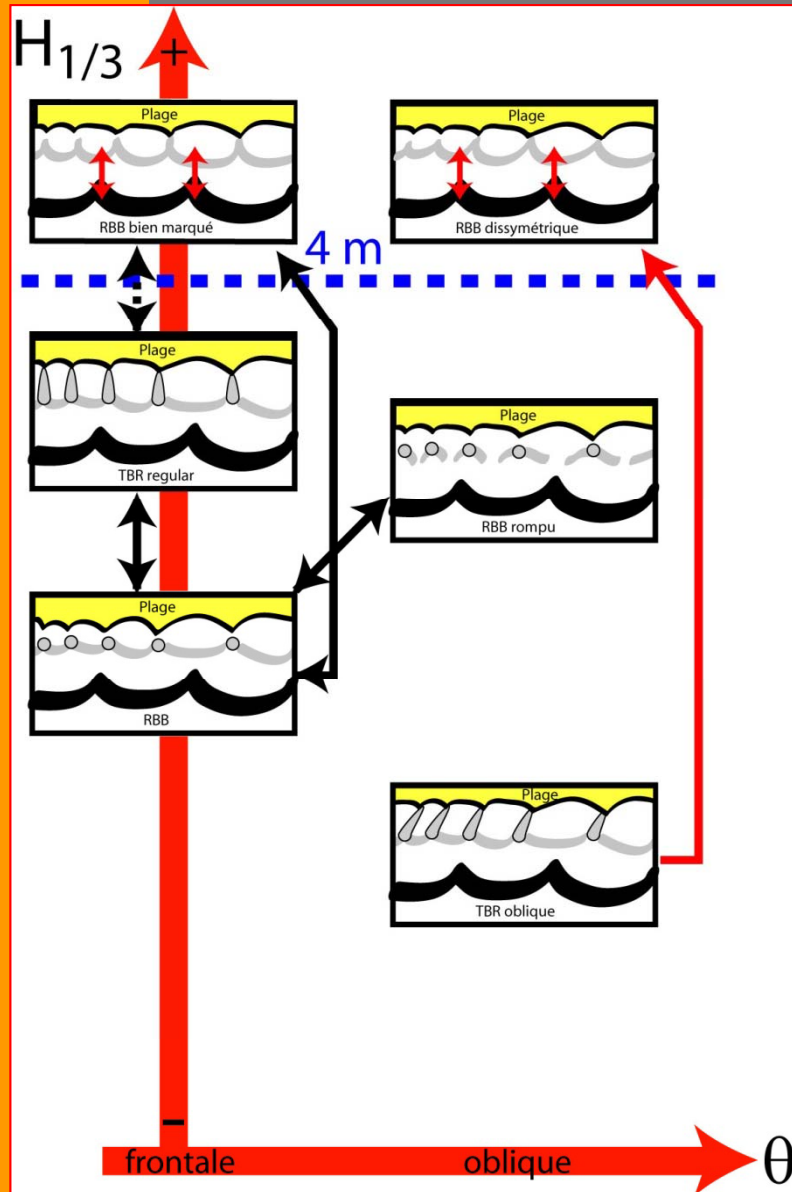
- Etat initial : RBB
- Incidence oblique &  $H_{1/3} < 2,5$  m
- Rupture des crêtes des festons par les courants de retour et d'arrachement dans leur partie sud



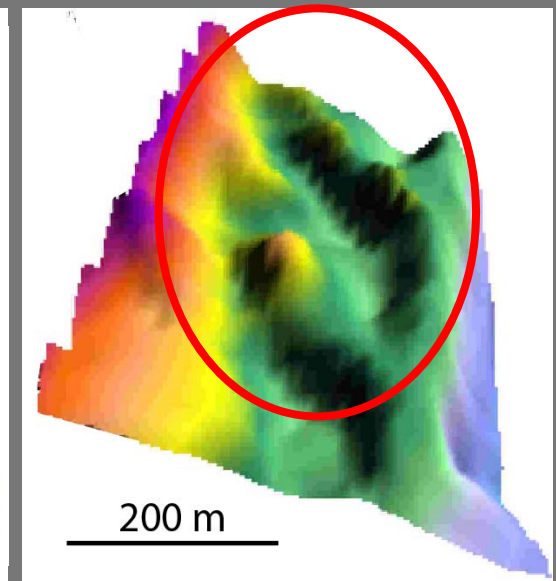
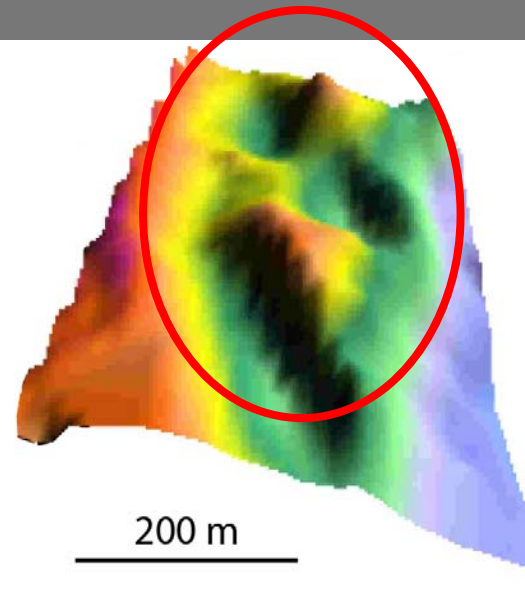
Passage d'un RBB  
à un RBB « rompu »



## Construction du modèle



- Etat initial : TBR « oblique »
- Incidence oblique &  $H_{1/3} > 4$  m
- Rupture des ponts sableux

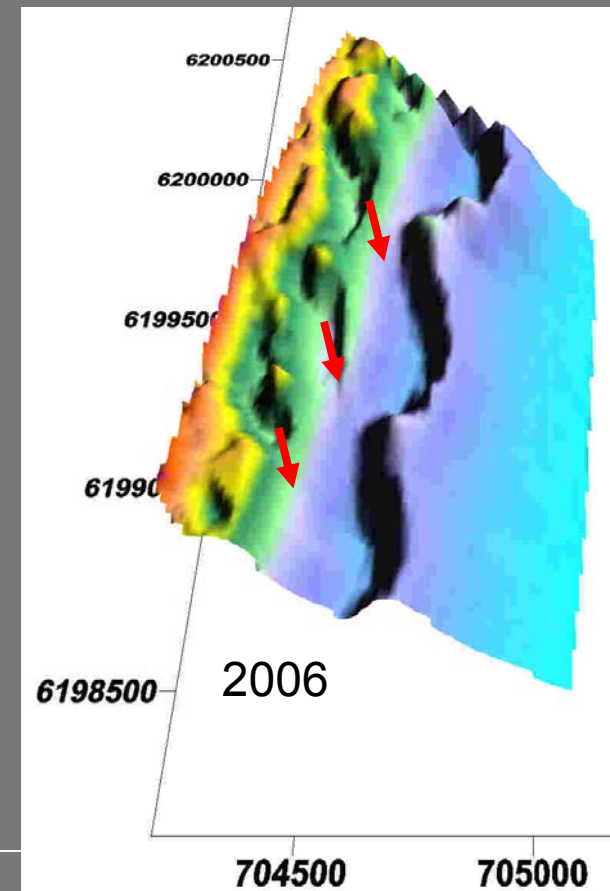
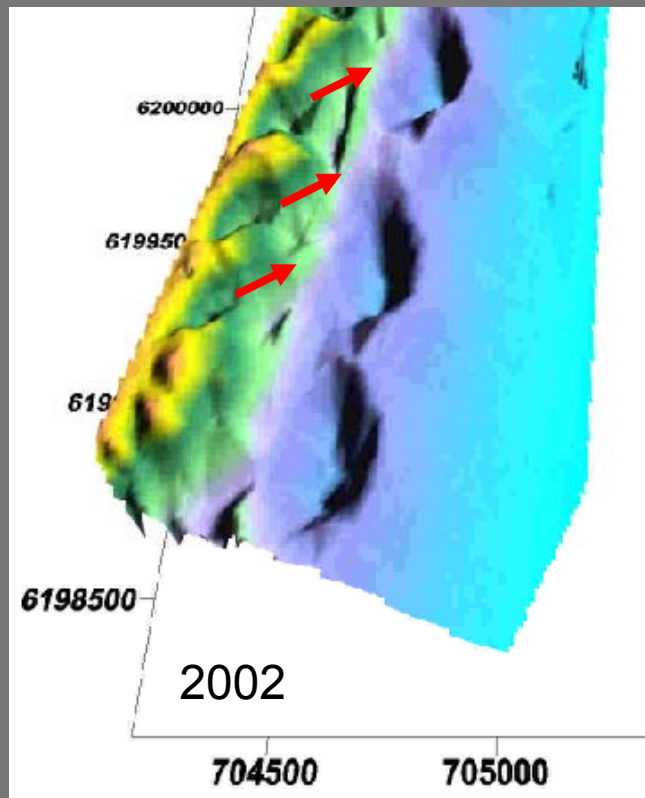


Passage d'un TBR « oblique »  
à un RBB dissymétrique



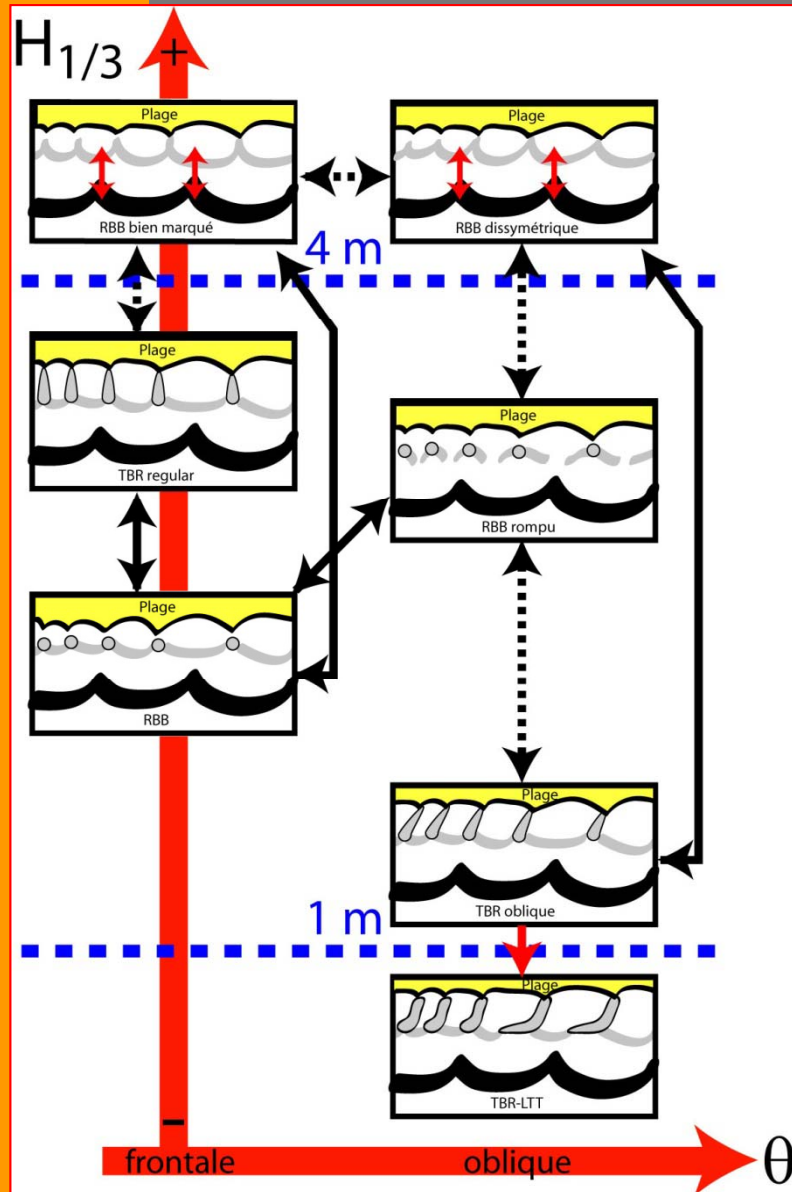
## Construction du modèle

- Etat initial : TBR « oblique »
- Incidence oblique &  $H_{1/3} > 7$  m
- Réorientation des chenaux

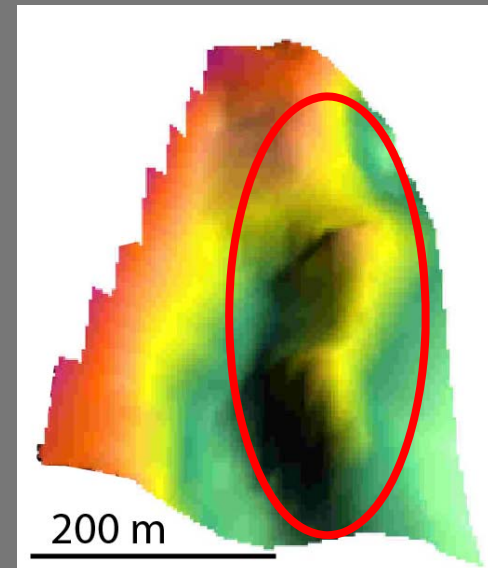




## Construction du modèle



- Incidence oblique &  $H_{1/3} < 1$  m et courant longitudinal important (houle oblique, mer de vent)
- Extension longitudinale des barres transverses

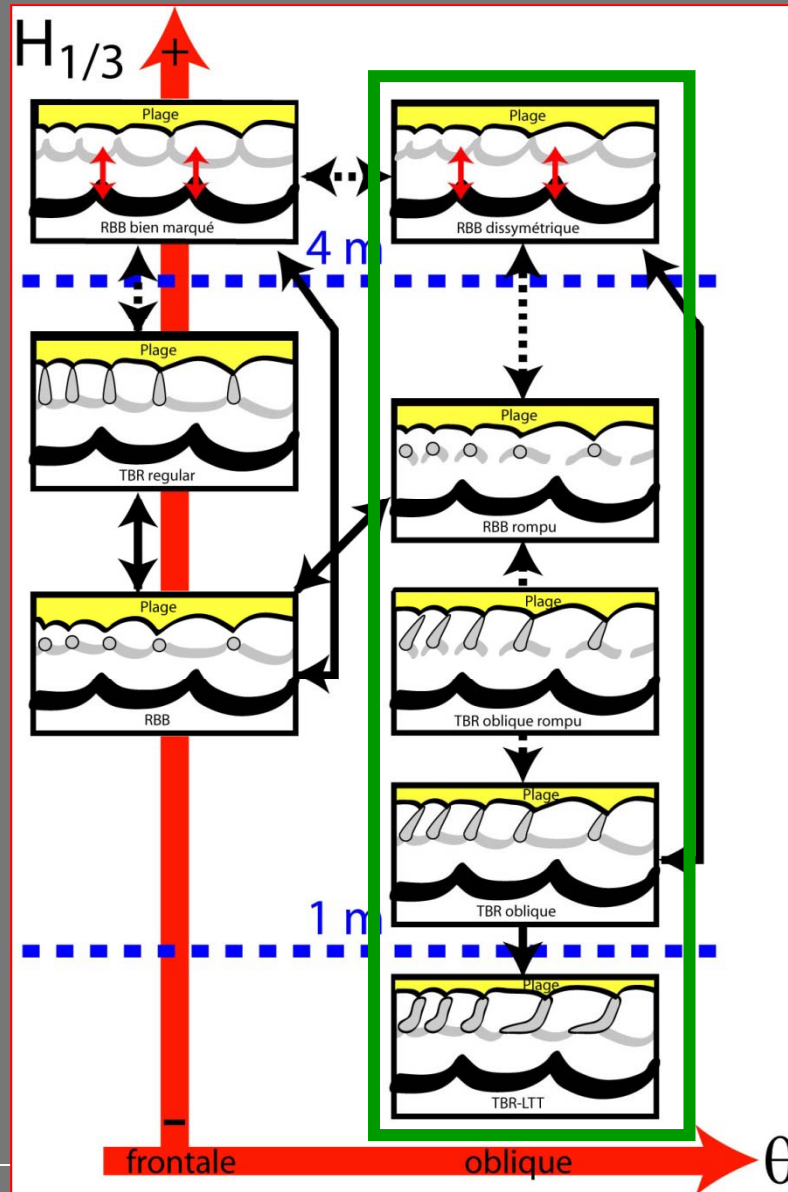


Passage d'un TBR « oblique »  
à un TBR-LTT





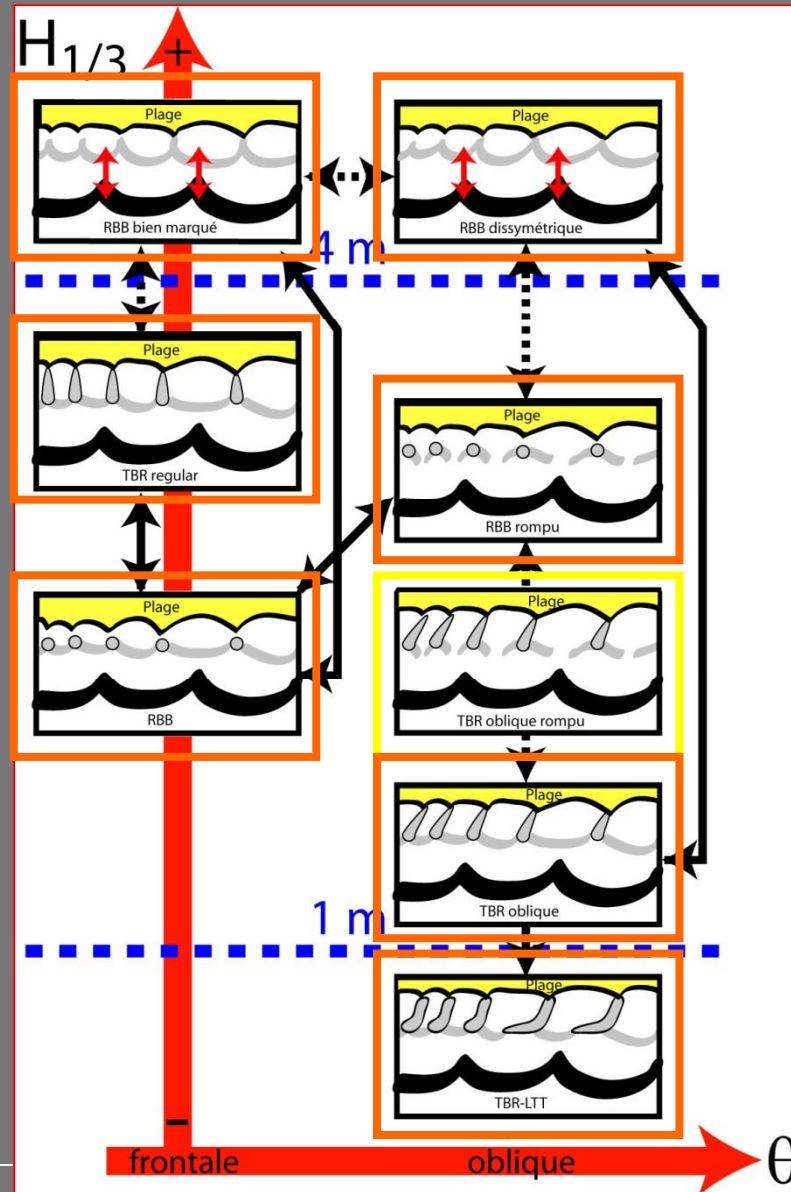
# Construction du modèle



- Séquence 2
- Etat initial : TBR oblique
- Incidence oblique
- Hauteur significative variable
- Courant longitudinal plus important



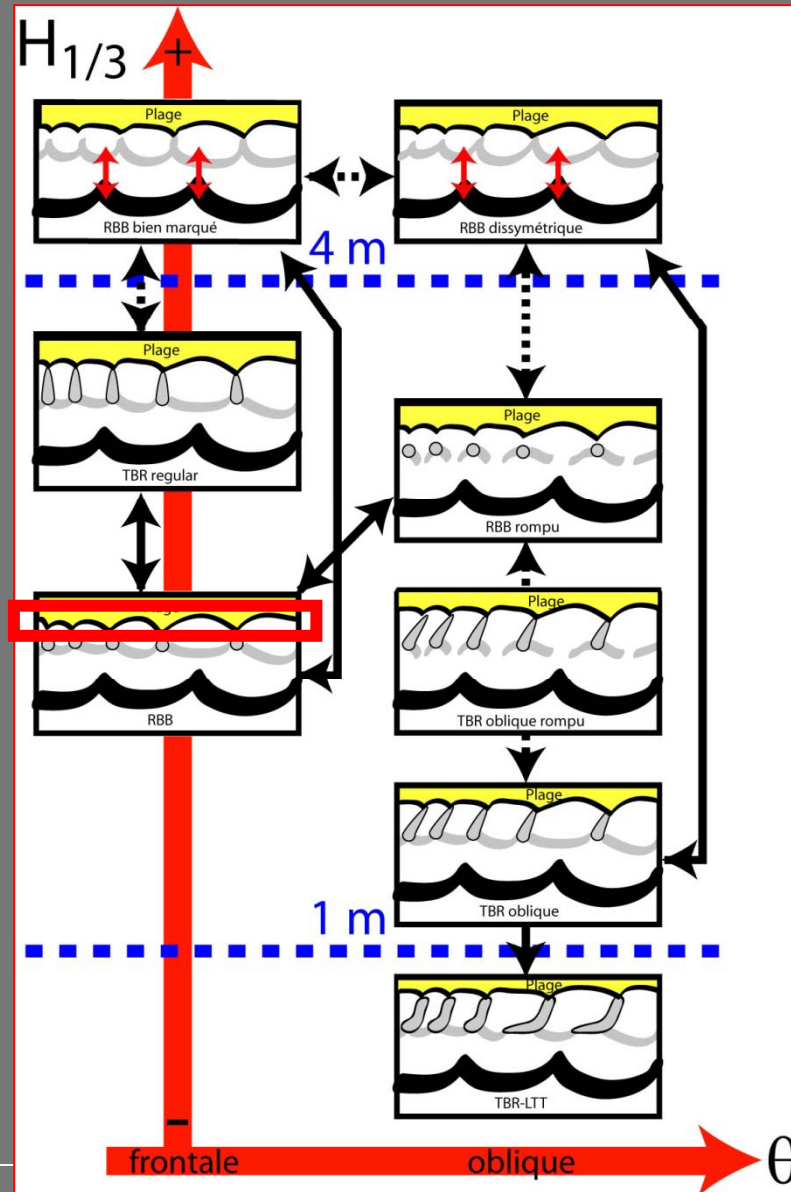
# Construction du modèle



- Etats observés
- Etats observés partiellement
- Détermination des seuils d'activation des barres interne et externe
  - BI : 1 m / 4,5 m
  - BE : 4 m / 7 m



# Construction du modèle



- Facteurs morphodynamiques :

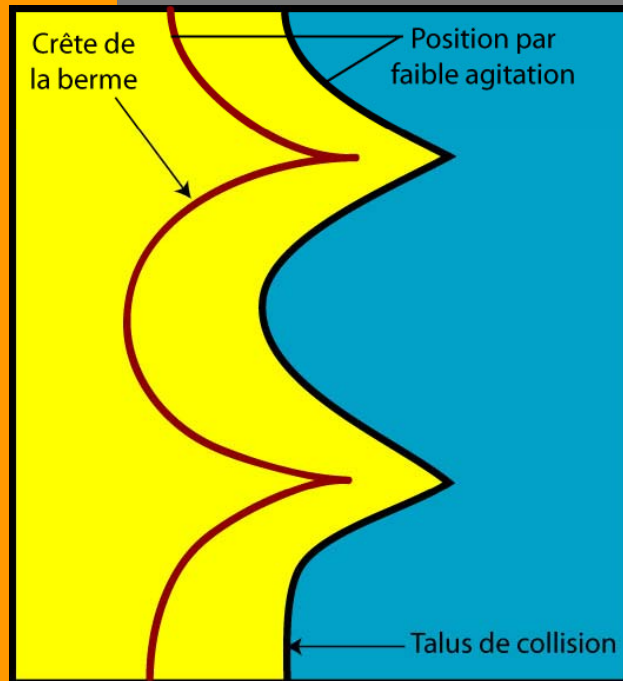
- Hauteur significative
- Incidence de la houle

- Plage émergée :

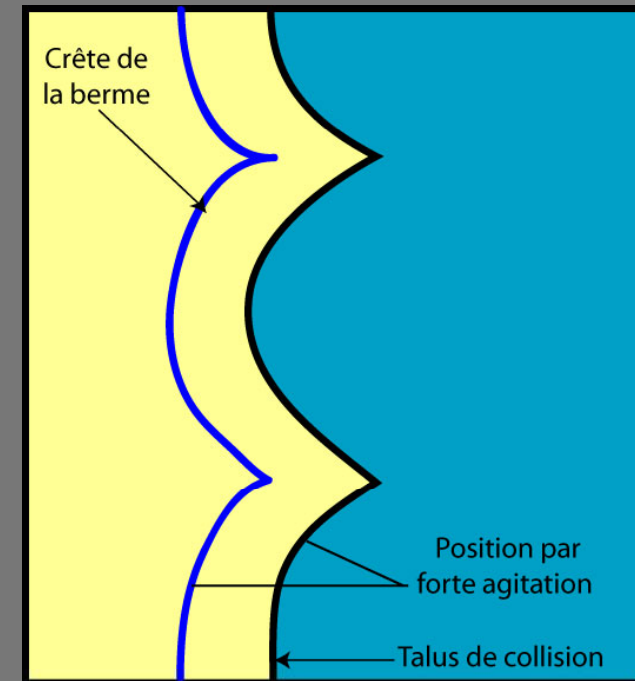
- Échelle plus petite
- Variations de l'ordre de la vingtaine de mètres



## Construction du modèle



$$H_{1/3} > 4 \text{ m}$$

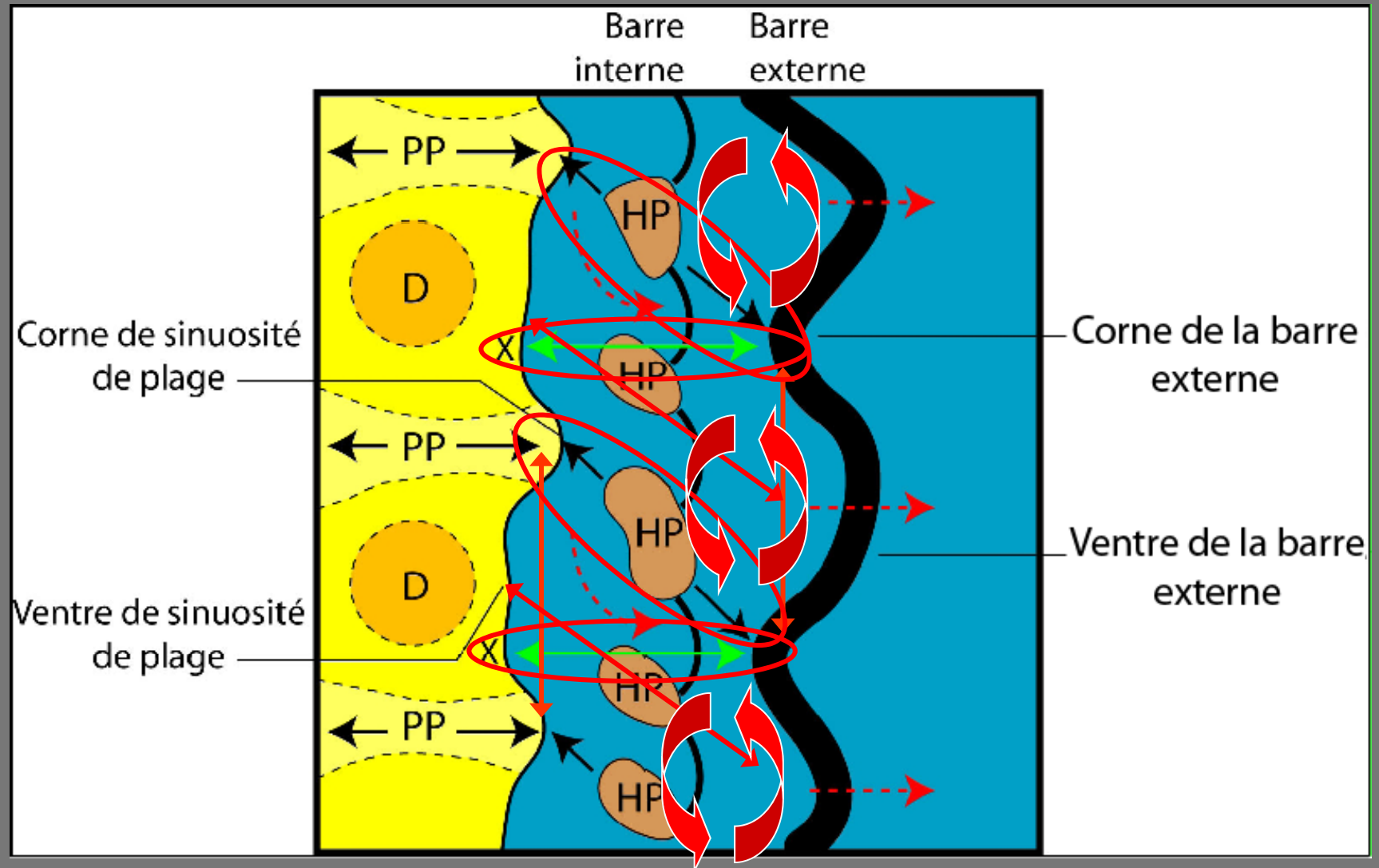


- Recul généralisé du trait de côte
- Accrétion de la crête de la berme
- Recul de la crête de la berme au niveau des cornes
- Avancée de la crête de la berme au niveau des ventres

Quel est le lien avec les morphologies d'avant-côte ?



# Agencement du système littoral et interconnexions des unités





## Conclusion intermédiaire

- Barre externe RBB active sous conditions de tempêtes décennales
- Barre interne complexe et variable (RBB → TBR-LTT, avec création de nouveaux états)
- Interconnexions essentielles trait de côte – barre interne - barre externe [Short & Aagaard, 1993] = sinuosités de plage / barre externe → **importance du contrôle par la barre externe**



## Conclusion intermédiaire

- Identification des paramètres de contrôle :
  - L'hydrodynamique locale :
    - Hauteur significative [Wright & Short, 1984 ; Goldsmith *et al.*, 1982 ; Castelle *et al.*, 2007]
    - Incidence de la houle
    - Boucles de recirculation [Castelle *et al.*, 2006, 2010]
  - La morphologie héritée



Stabilité du système de Leucate-Plage par rapport  
aux autres systèmes en contextes hydrodynamiques  
différents

# Conclusion et perspectives

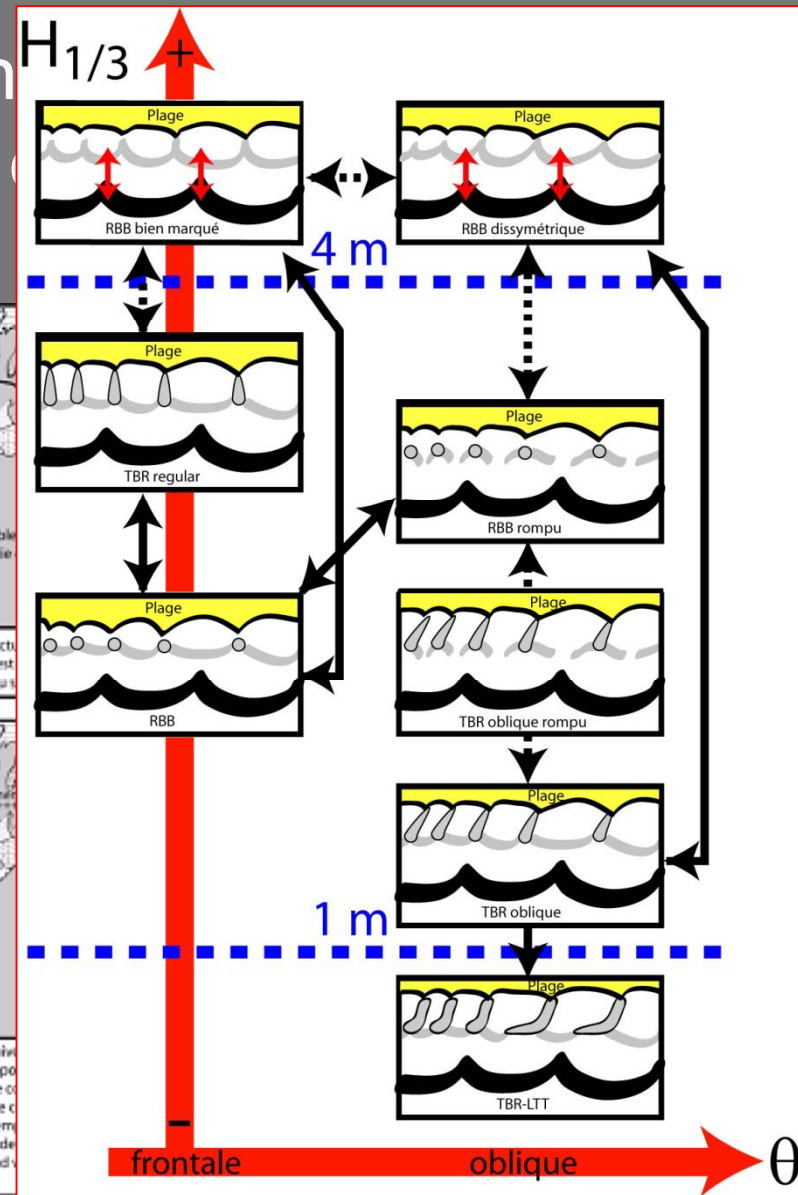
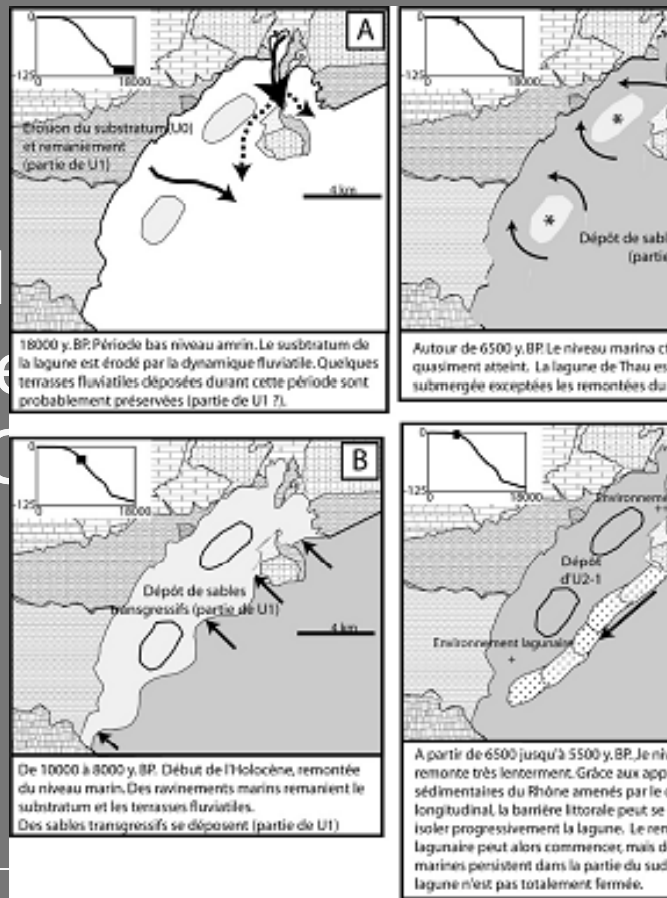




# Conclusion générale

- Modèle de reconstitution de la lagune de Thau et [Barrelier *et al.*, BSGF, 2010]

- Modélisation de la barrière littorale [Barrelier *et al.*, C. R. Geosci. Paris, 2008]

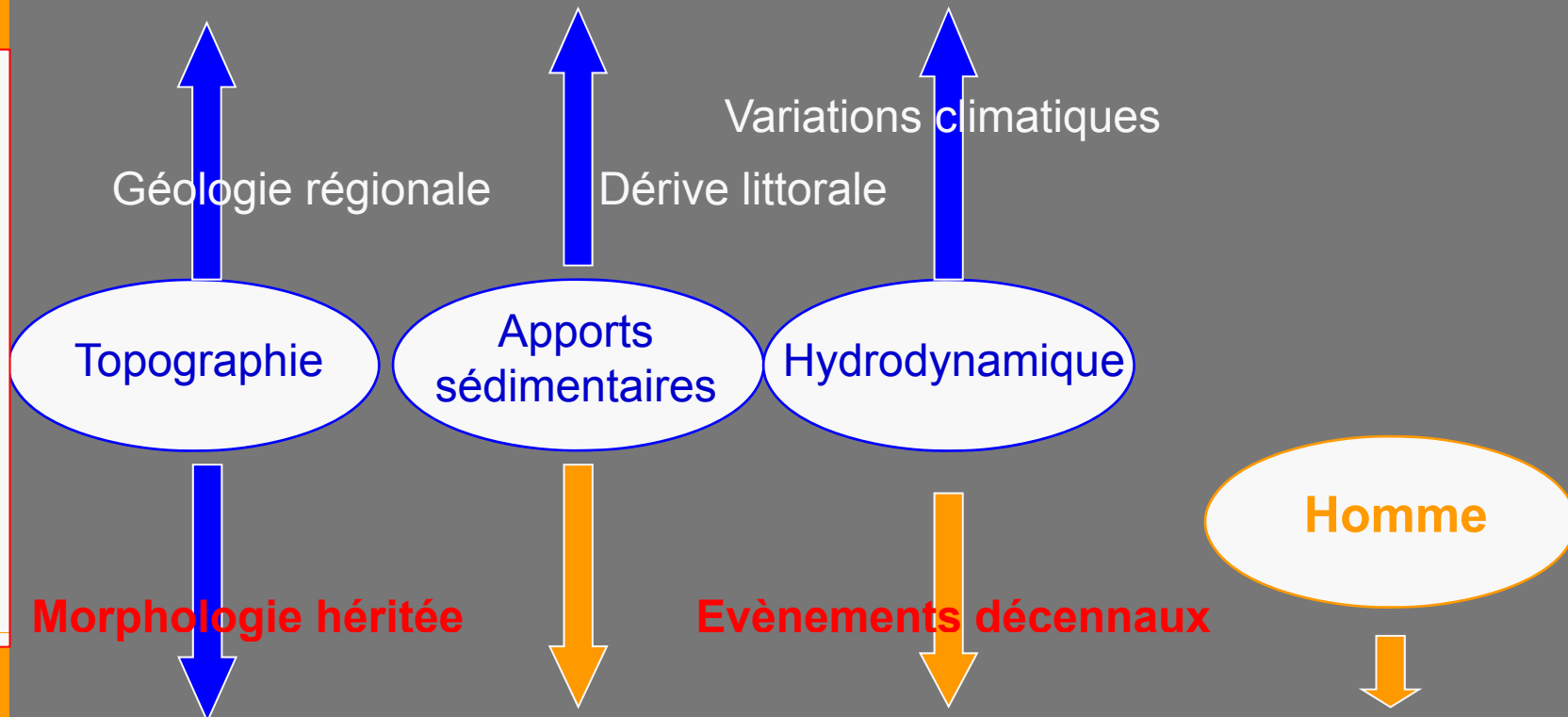




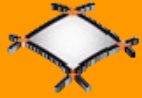
## Conclusion générale

Échelle millénaire = évolution du prisme sableux

Trait de côte

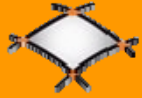


Échelle pluriannuelle = interactions plage émergée / plage immergée



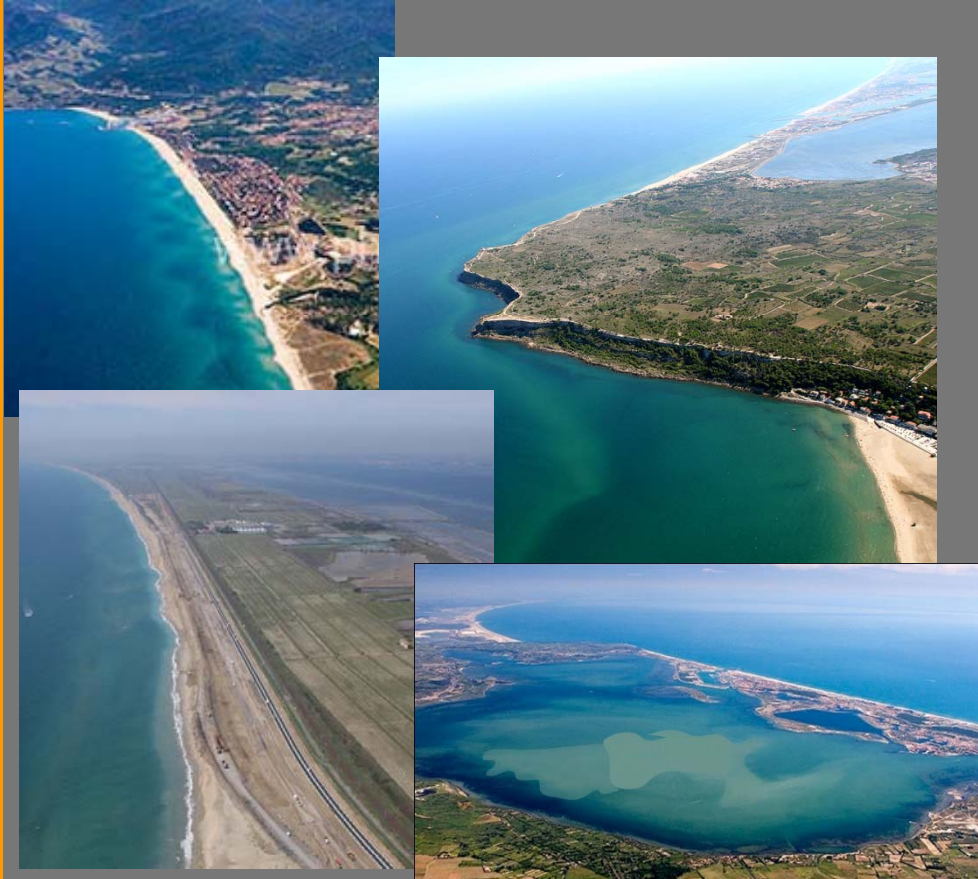
## Perspectives d'étude à l'échelle du lido

- Analyse centimétrique du remplissage sédimentaire à l'aide de carottages longs
- Définir le rôle des différents facteurs de contrôle sur différents sites microtidaux
- Appliquer cette démarche d'étude sur d'autres lagunes au contexte climatique différent (Mauritanie, Saint Pierre et Miquelon)



## Perspectives d'étude à l'échelle du système côtier

- Associer le suivi topo-bathymétrique à un suivi vidéo pour observer l'évolution des barres syn-tempêtes
- Nouvelles campagnes de mesures hydrodynamiques pour enregistrer des évènements annuels, voir décennaux
- Quantifier les échanges entre la plage émergée et celle immergée par traçage radioactivable ou fluorescent
- Utiliser de nouvelles techniques (L.I.D.A.R., drone) pour augmenter la couverture spatiale et la transition morphologique plage émergée / plage immergée



Merci  
de  
votre  
attention