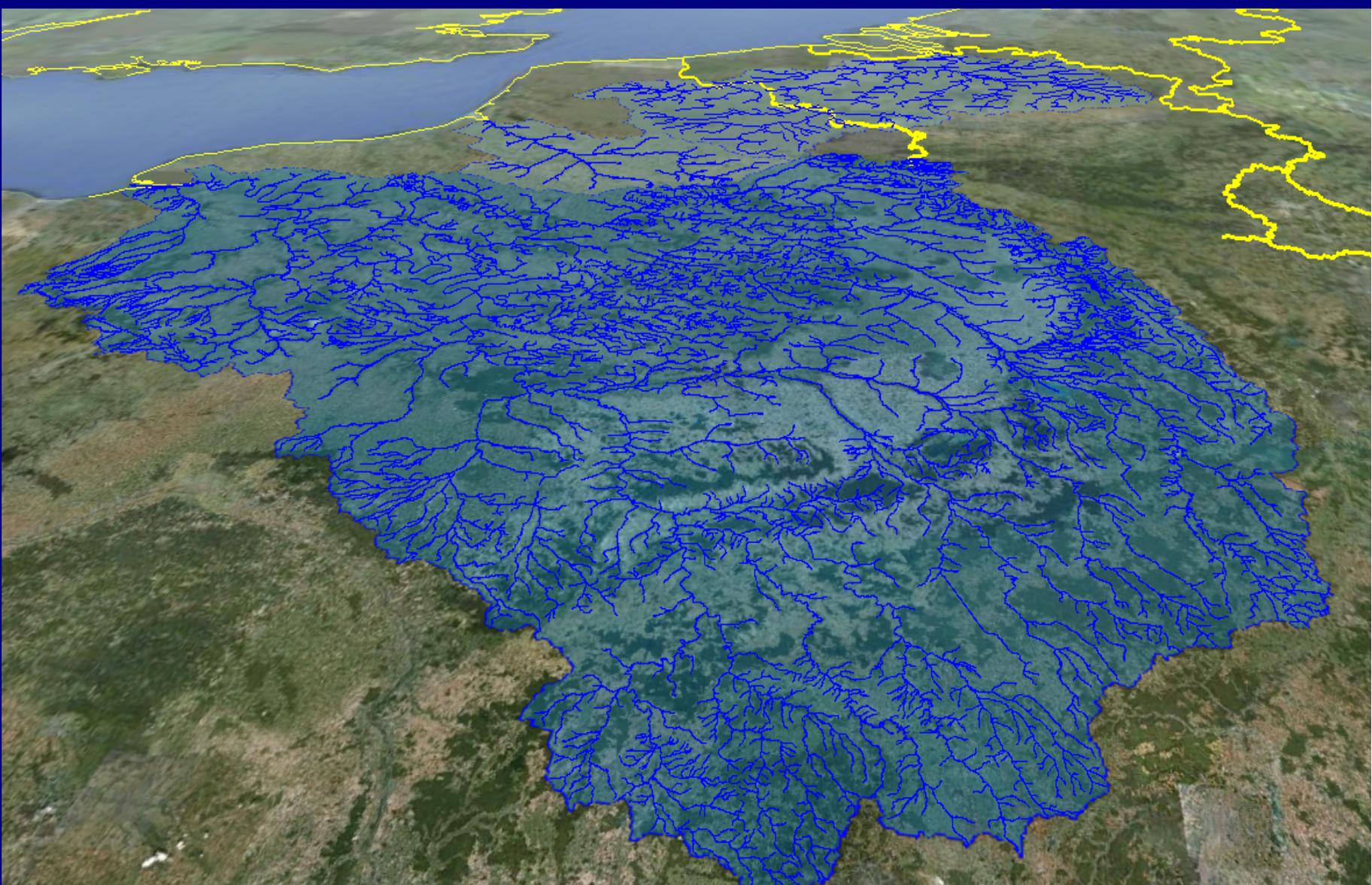


# Passé, présent et devenir de la cascade de nutriments dans les bassins de la Seine, de la Somme et de l'Escaut

Paul Passy



Sous la codirection de Josette Garnier et Gilles Billen  
4 décembre 2012

**Efflorescences  
d'algues indésirables**



*Ulva armoricana*  
sur les côtes bretonnes

**Efflorescences  
d'algues indésirables**



*Phaeocystis*, à Ambleteuse



*Phaeocystis*, sur les côtes belges

**Efflorescences  
d'algues indésirables**



*Dinoflagellés, large du Québec*

## Nuisibles pour l'économie touristique



Plages interdites aux activités  
touristiques en Bretagne



De 500 000 à 1 500 000 € de  
ramassage et de traitement

## Nuisibles pour l'économie touristique



Des touristes indisposés par une *Marée verte* en Chine

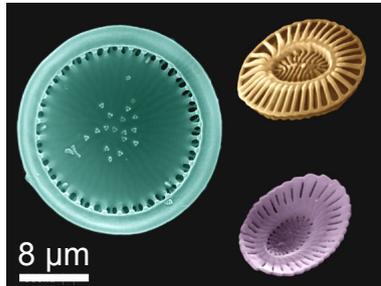


Plages rendues dangereuses fermées en Louisiane

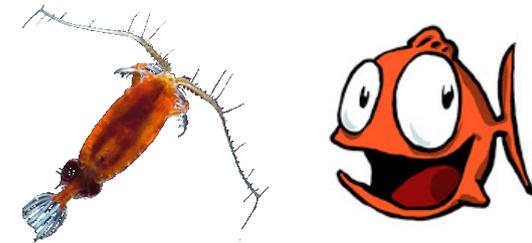
## Nuisibles pour la biodiversité et la pêche

2 types (principaux) d'algues

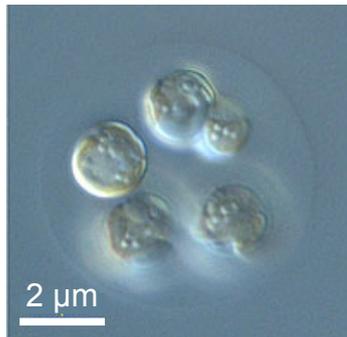
Algues siliceuses  
(*Diatomées*)



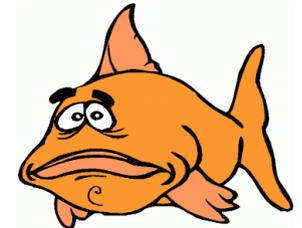
Facilement assimilables par la chaîne trophique supérieure



Algues non siliceuses  
(*Phaeocystis*)



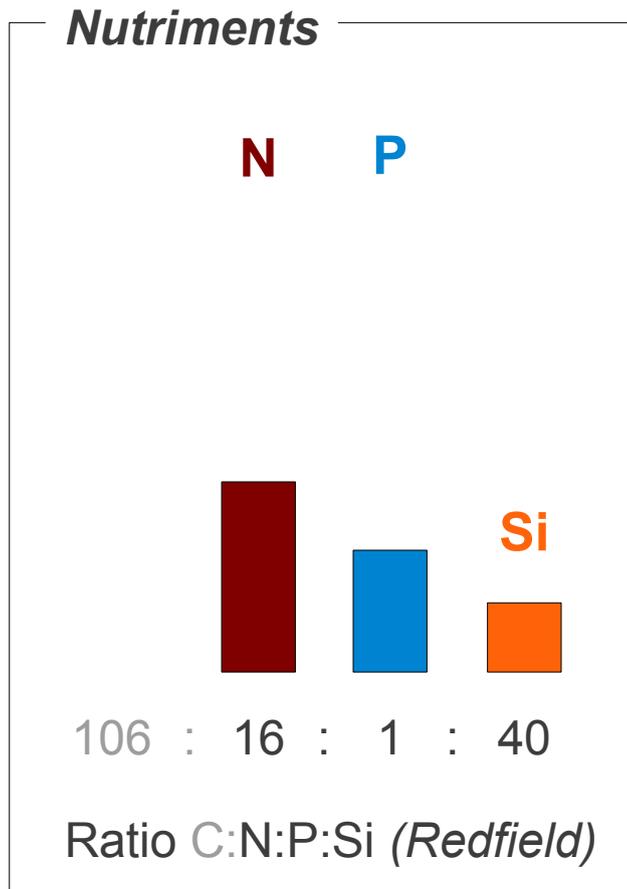
Organismes individuels trop petits et colonies trop grandes =  
Difficilement assimilables par la chaîne trophique supérieure



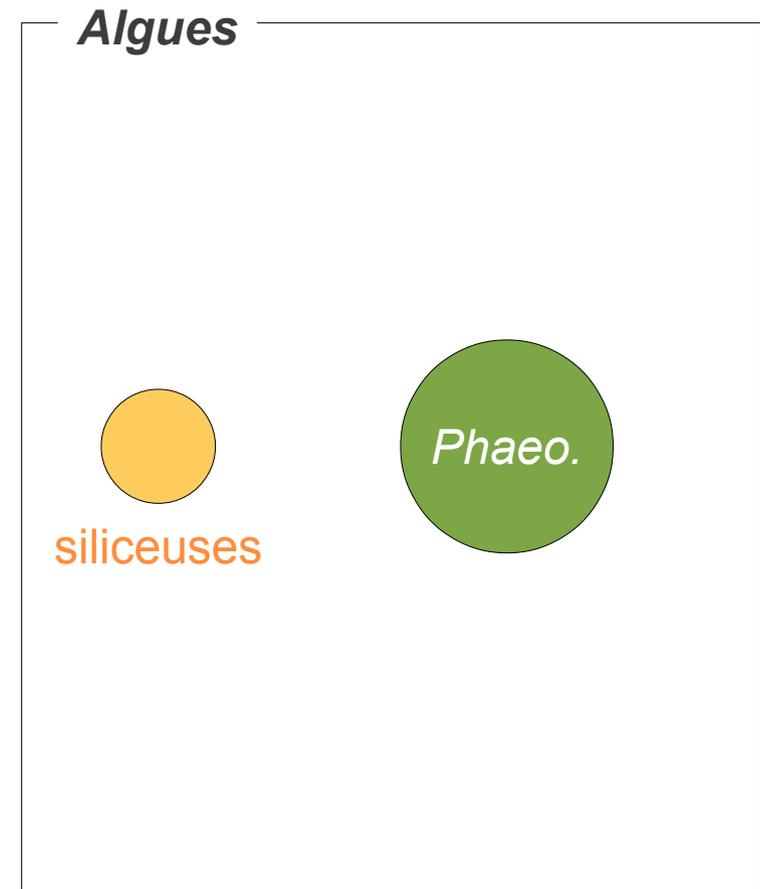
**Développements algaux liés aux nutriments disponibles dans le milieu**

## Développements algaux

### Équilibre théorique

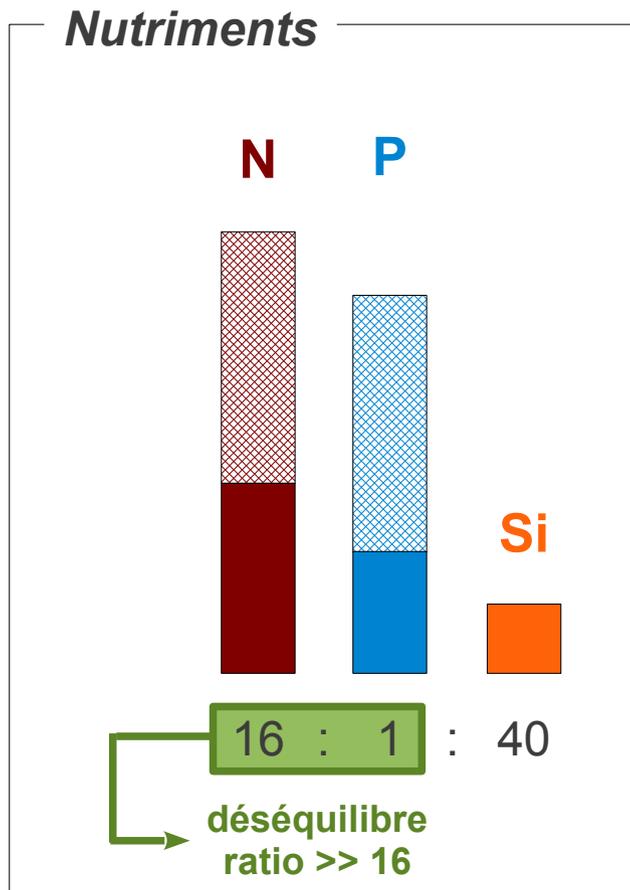


*prélèvement*



## Développements algaux

Enrichissement du milieu  
(par les activités humaines)

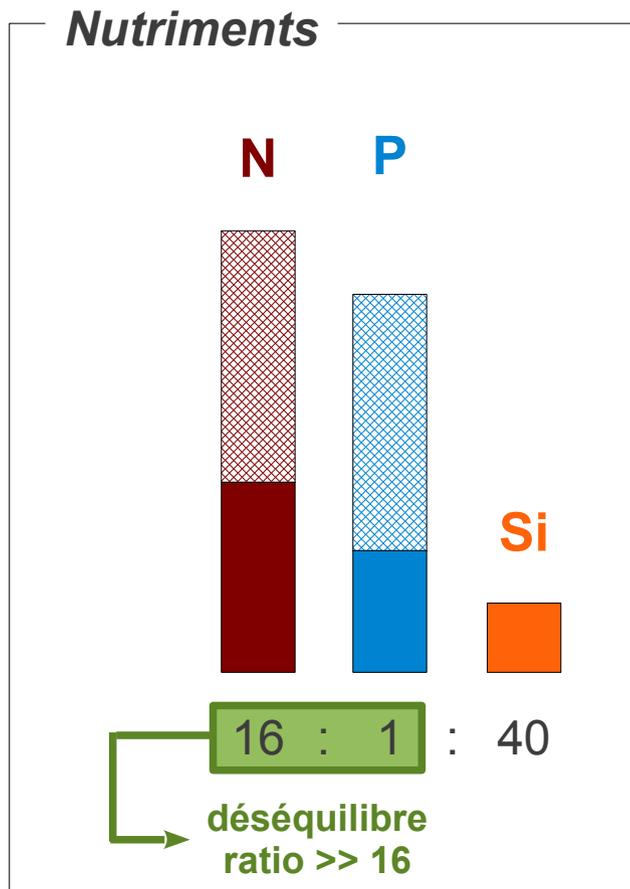


*prélèvement*  
→  
*ratio C:N:P:(Si)*

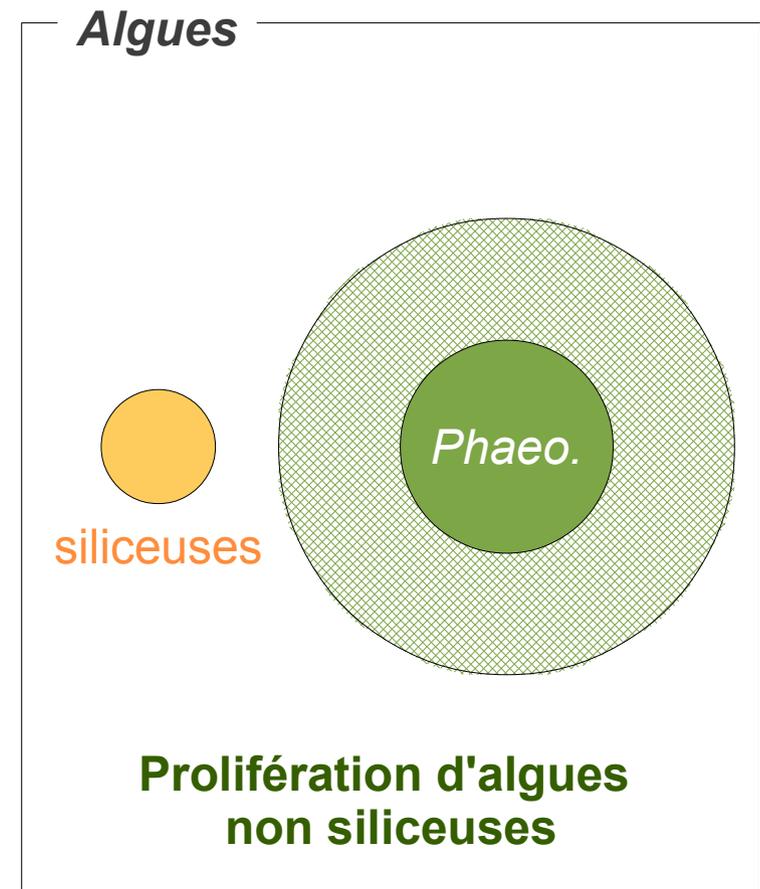


## Développements algaux

Enrichissement du milieu  
(par les activités humaines)



prélèvement  
→  
ratio C:N:P:(Si)



**Objectif : tendre de nouveau vers l'équilibre**

## Nuisibles pour la biodiversité et la pêche

**N et P en excès par rapport à Si  
à la zone côtière**

Accumulation  
d'algues non siliceuses

Mortalité en masse

Matière organique abondante

Prolifération microbienne et bactérienne

Consommation de l'oxygène dissous

**Hypoxie / Anoxie**

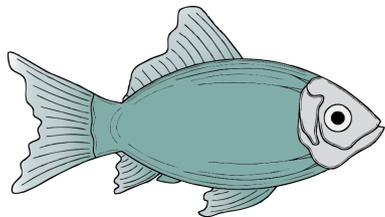




*Tourisme*

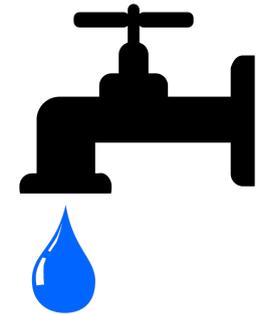


*Agriculture*

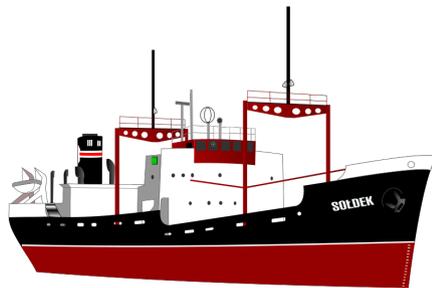


*Écosystème*

**De nombreuses interactions  
entre de (très) nombreux acteurs  
avec des enjeux conflictuels**



*Adduction d'eau*



*Pêche*



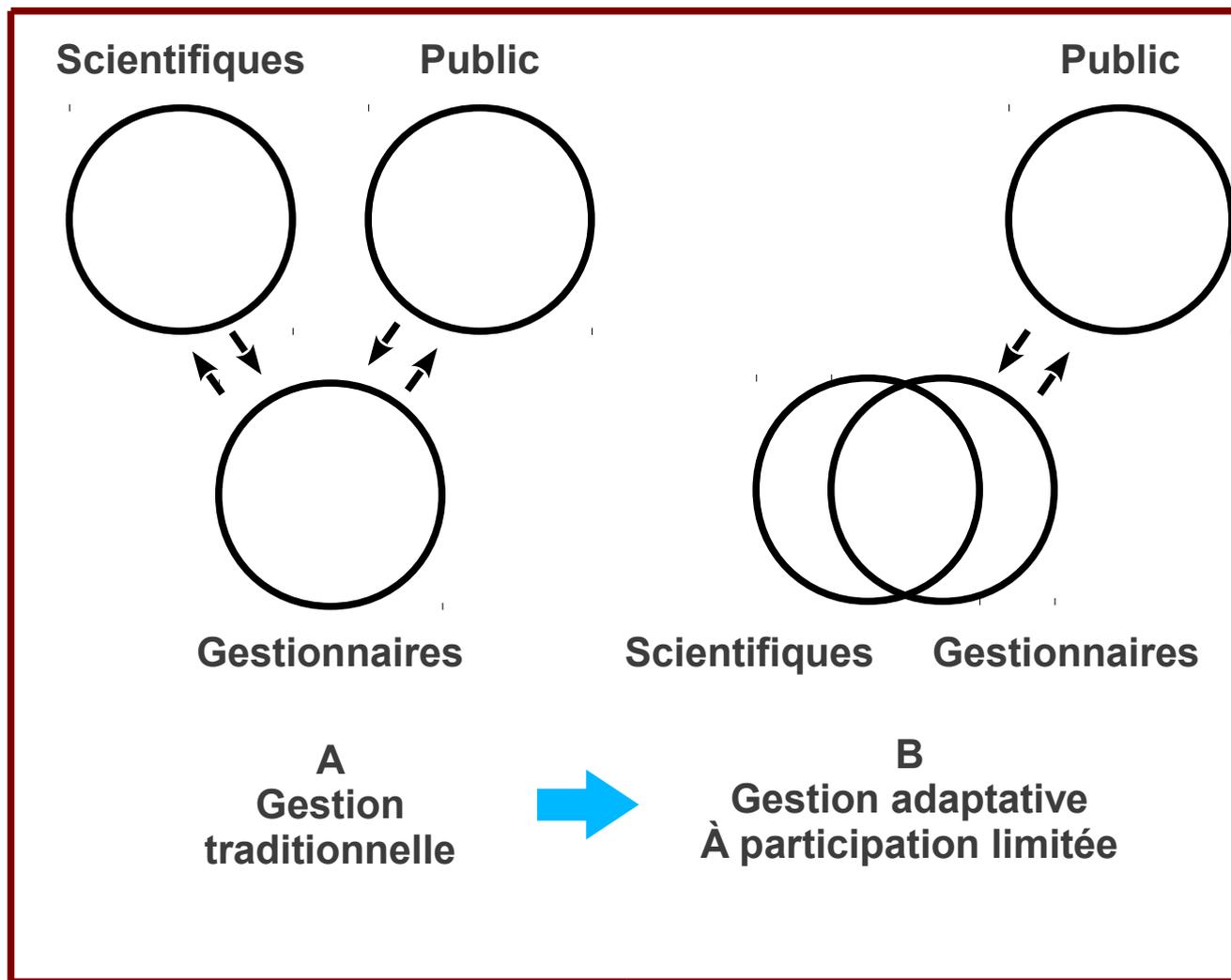
*Épuration des eaux*



*Législation*

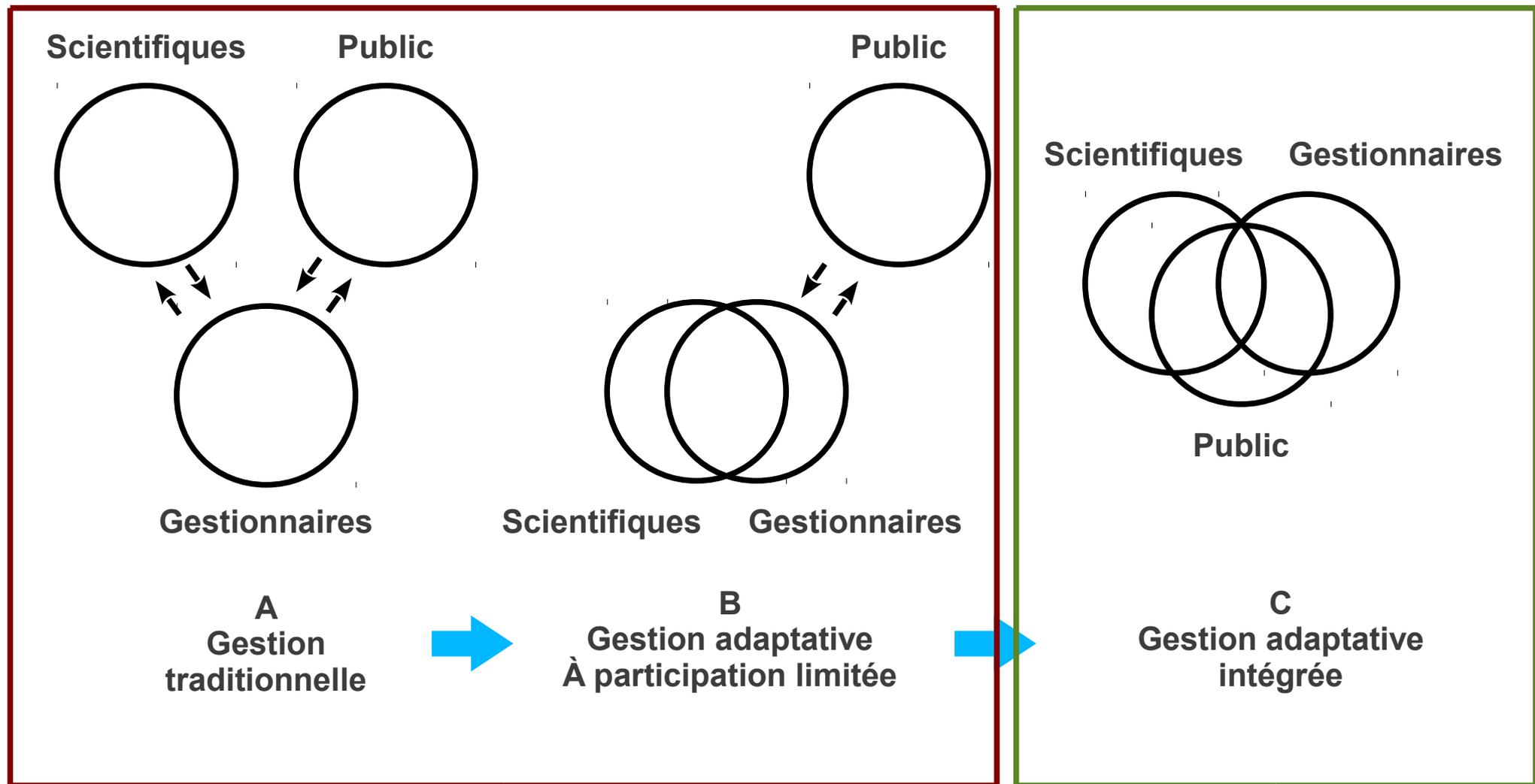
*... et plus encore*

« Mettre en relation des citoyens, des scientifiques et des gestionnaires pour améliorer la santé des eaux côtières européennes »



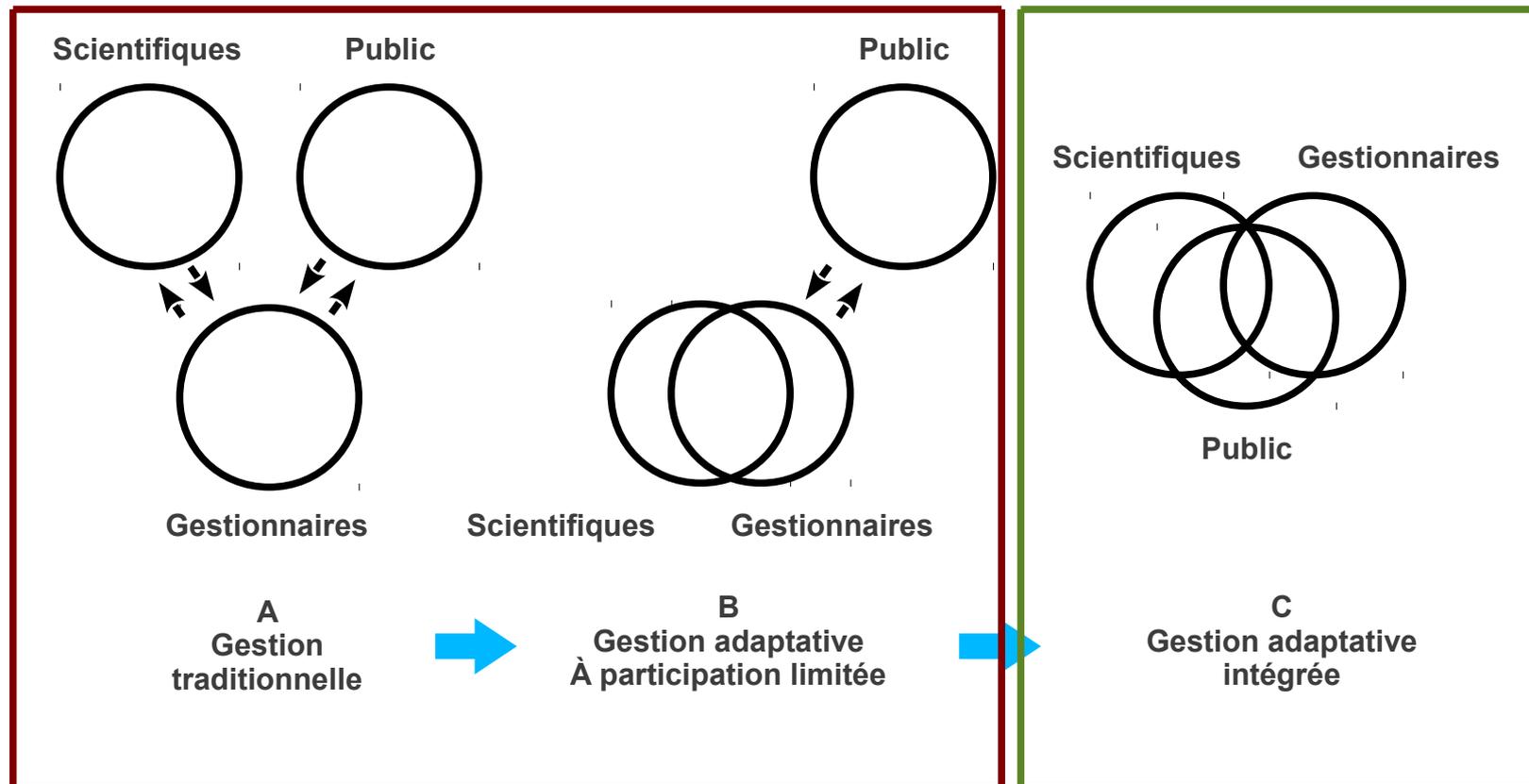
Les schémas d'interaction existants

« Mettre en relation des citoyens, des scientifiques et des gestionnaires pour améliorer la santé des eaux côtières européennes »



Les schémas d'interaction existants

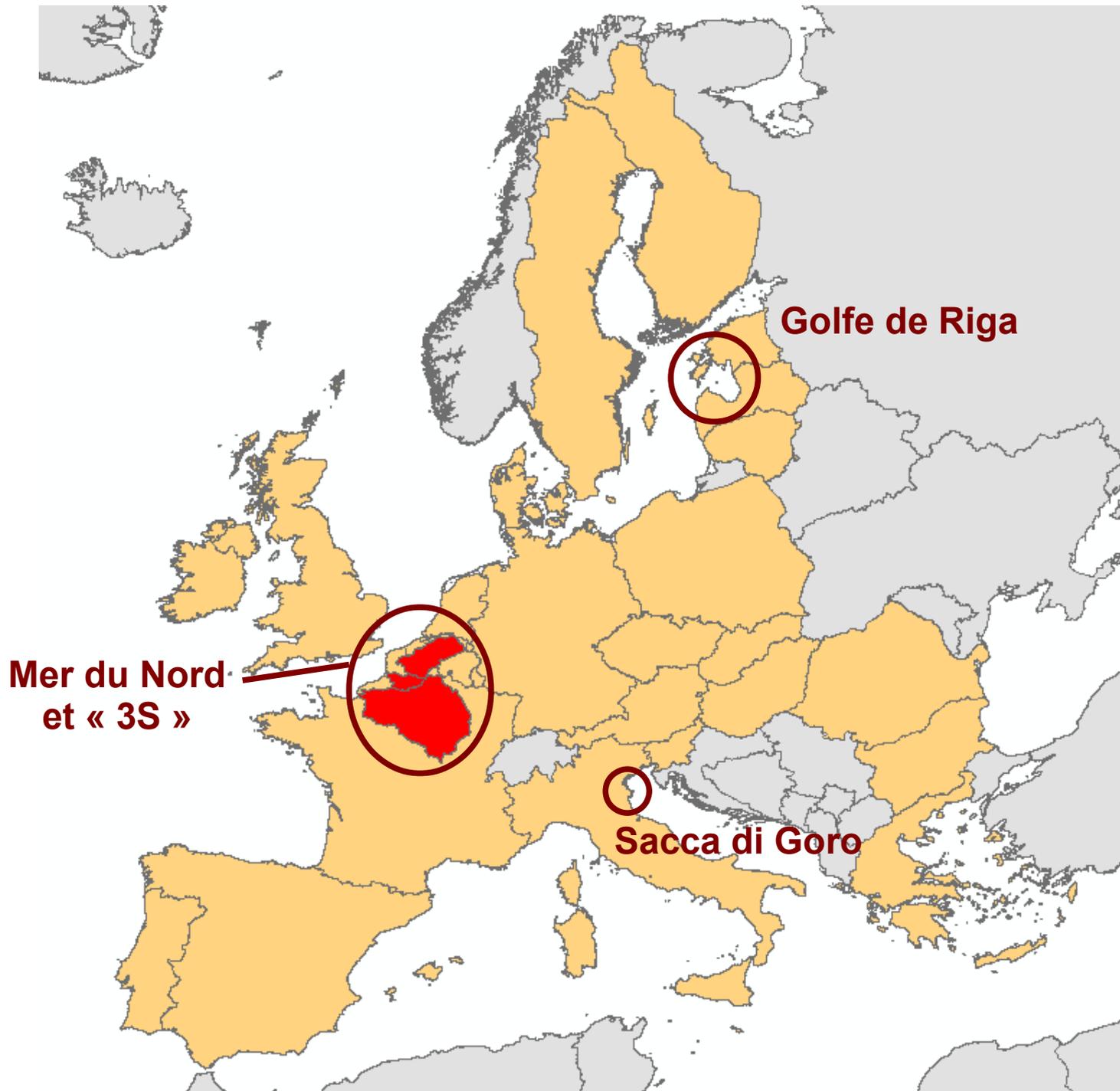
Schéma d'interaction plus efficace que vise le projet AWARE



Thèse effectuée au sein du projet AWARE

**Rôle des scientifiques : *informer le public et construire les scénarios en vue de l'amélioration des hydrosystèmes côtiers***

Trois cas d'études



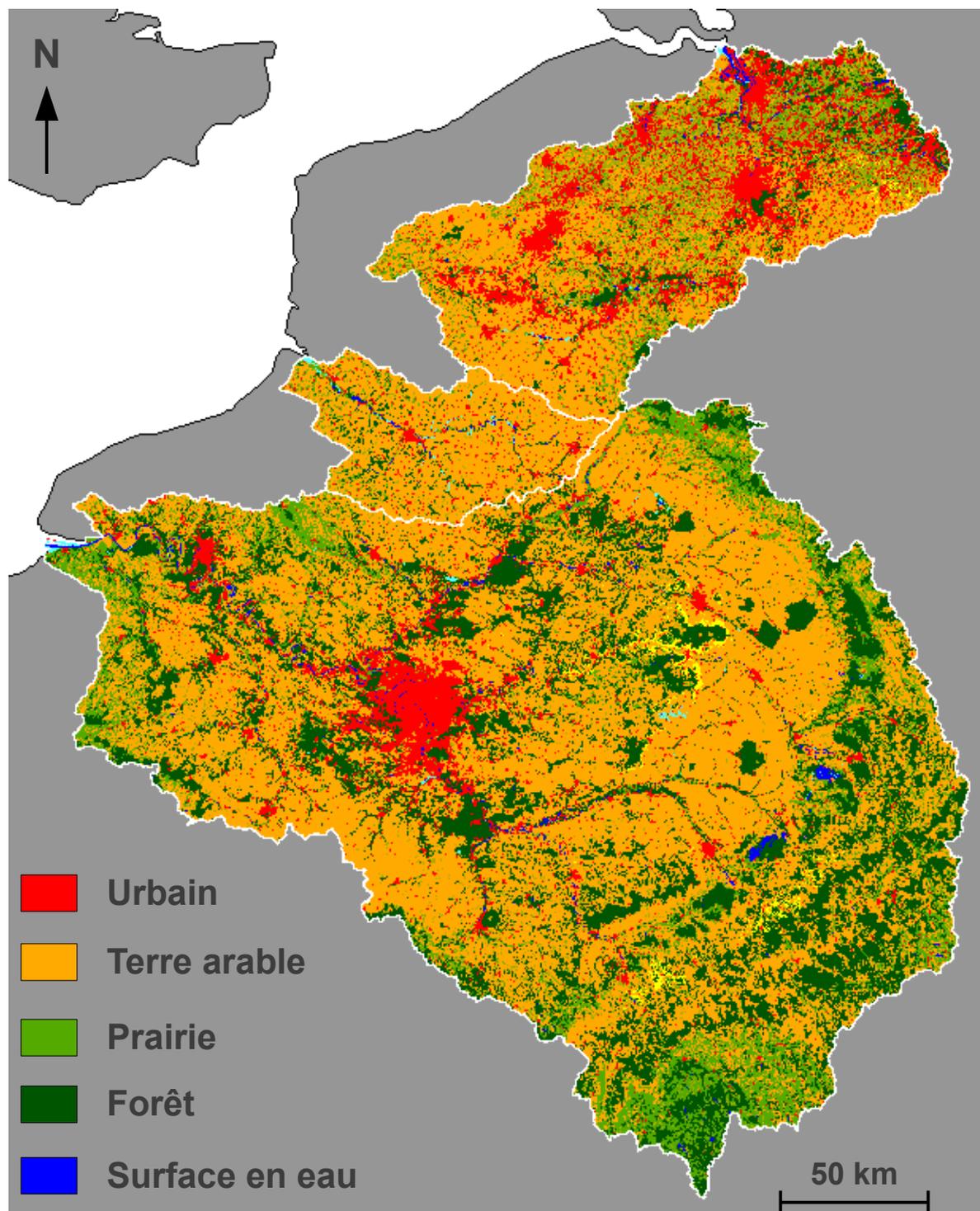


**Superficies :**

- Seine 76 265 km<sup>2</sup>
- Somme 6 200 km<sup>2</sup>
- Escaut 19 900 km<sup>2</sup>

**Strahler à l'exutoire :**

- Seine 7
- Somme 4
- Escaut 6

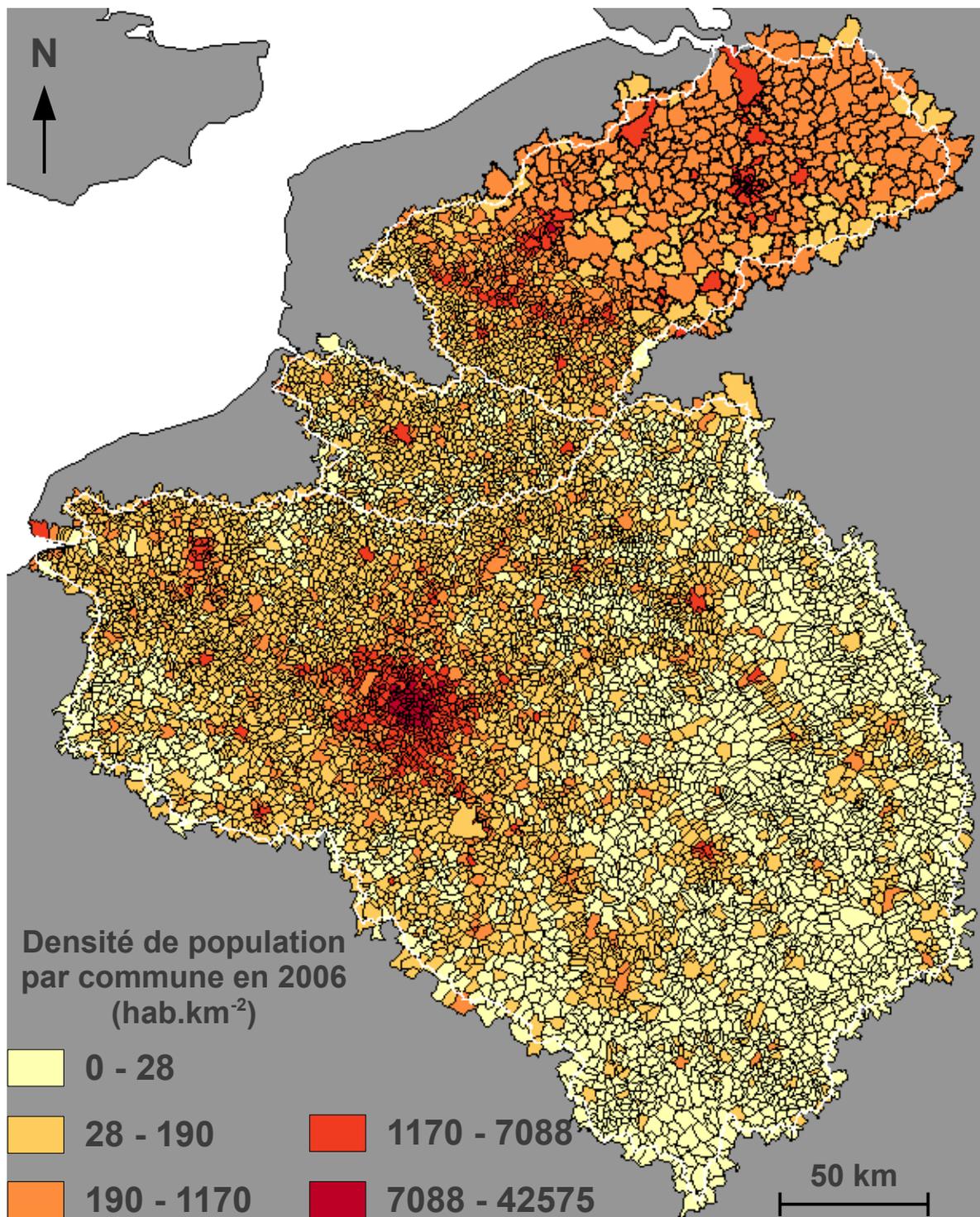


*Usage du sol :*

**Escaut** : plutôt urbain  
avec élevage intensif

**Somme** : grandes  
cultures

**Seine** : urbain au centre,  
grandes cultures et  
prairies et forêts sur les  
marges



**Escaut**

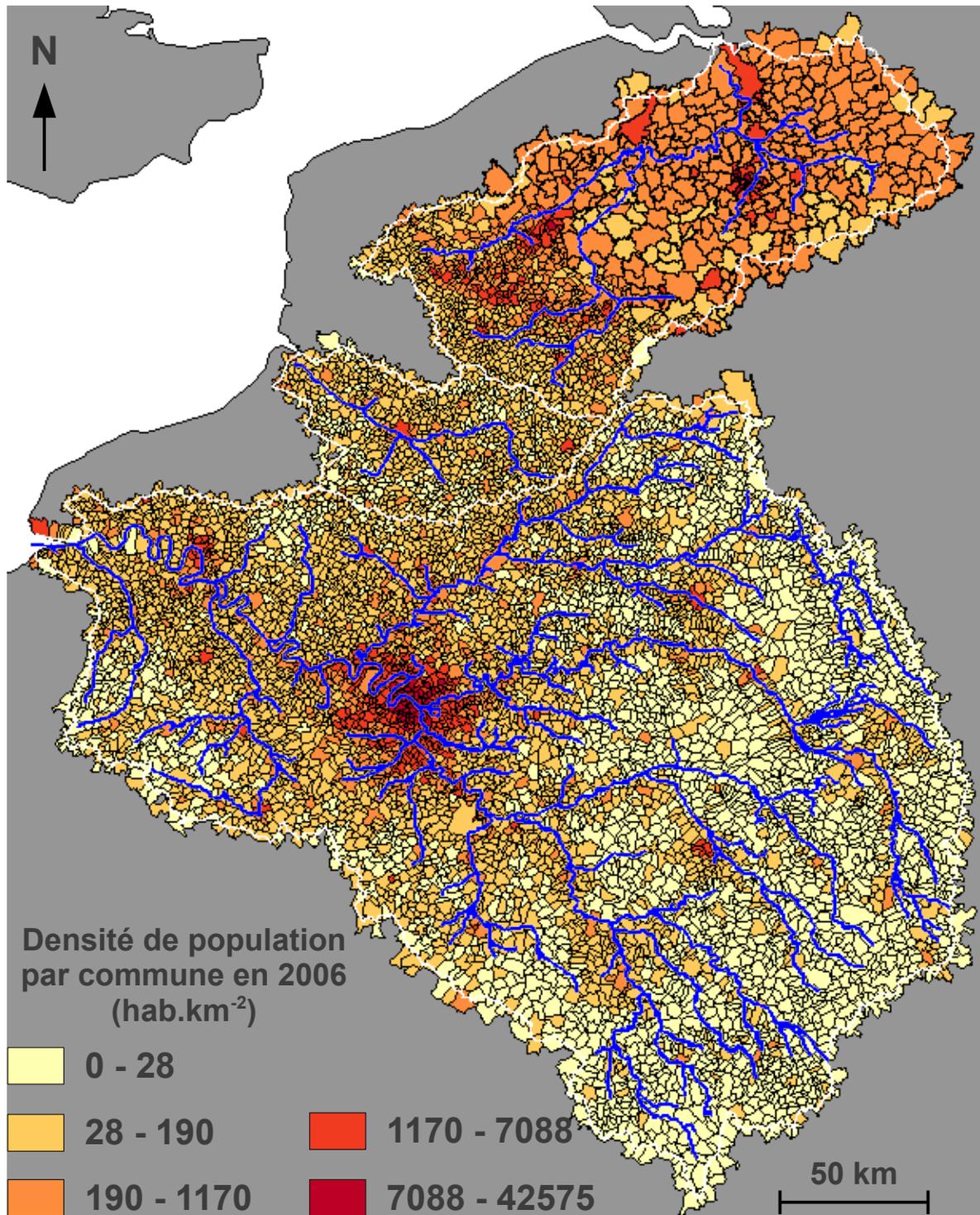
10 797 719 hab  
545 hab.km<sup>-2</sup>

**Somme**

683 675 hab  
110 hab.km<sup>-2</sup>

**Seine**

16 440 175 hab  
215 hab.km<sup>-2</sup>



**Escaut**

10 797 719 hab  
545 hab.km<sup>-2</sup>

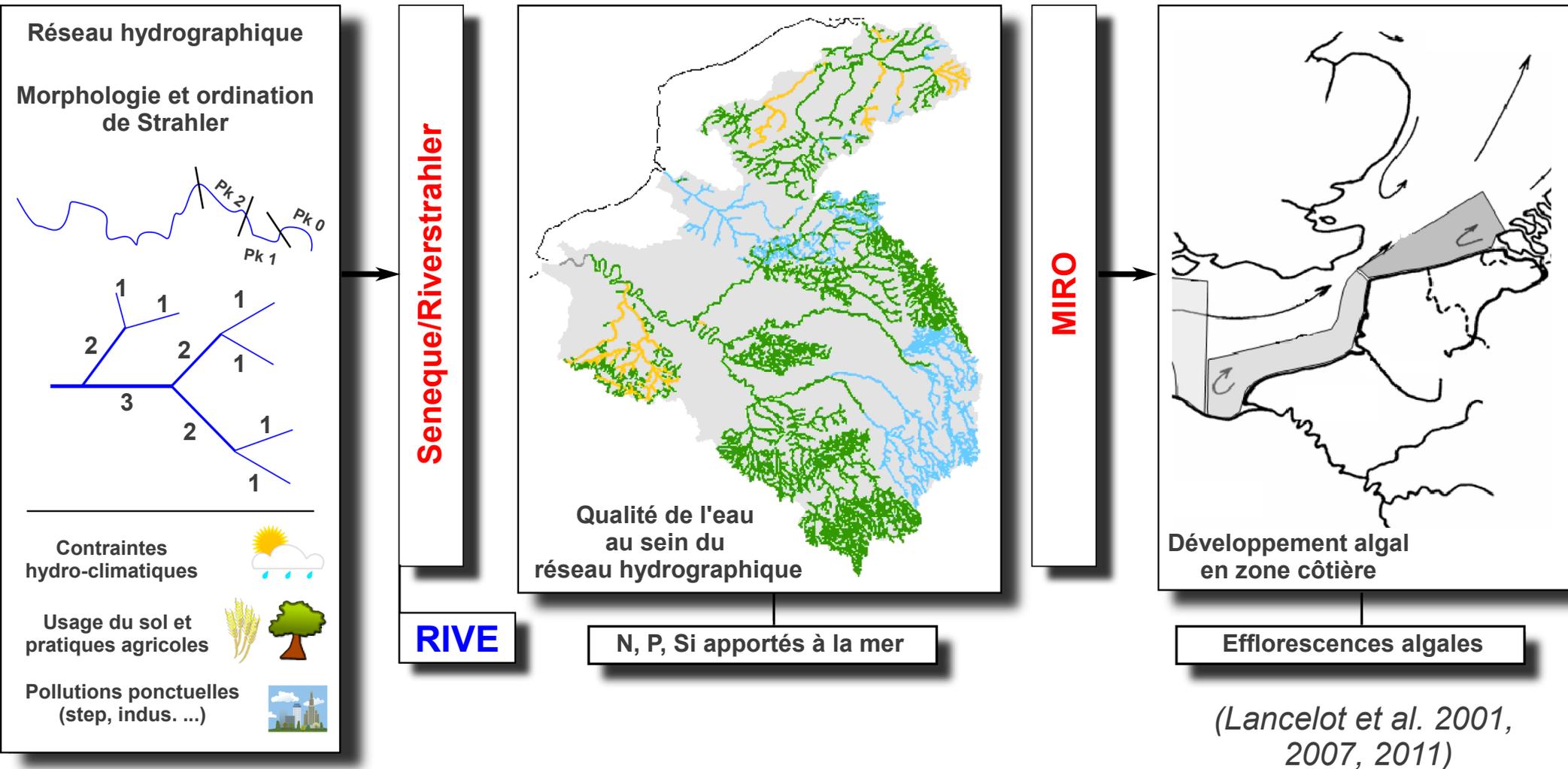
**Somme**

683 675 hab  
110 hab.km<sup>-2</sup>

**Seine**

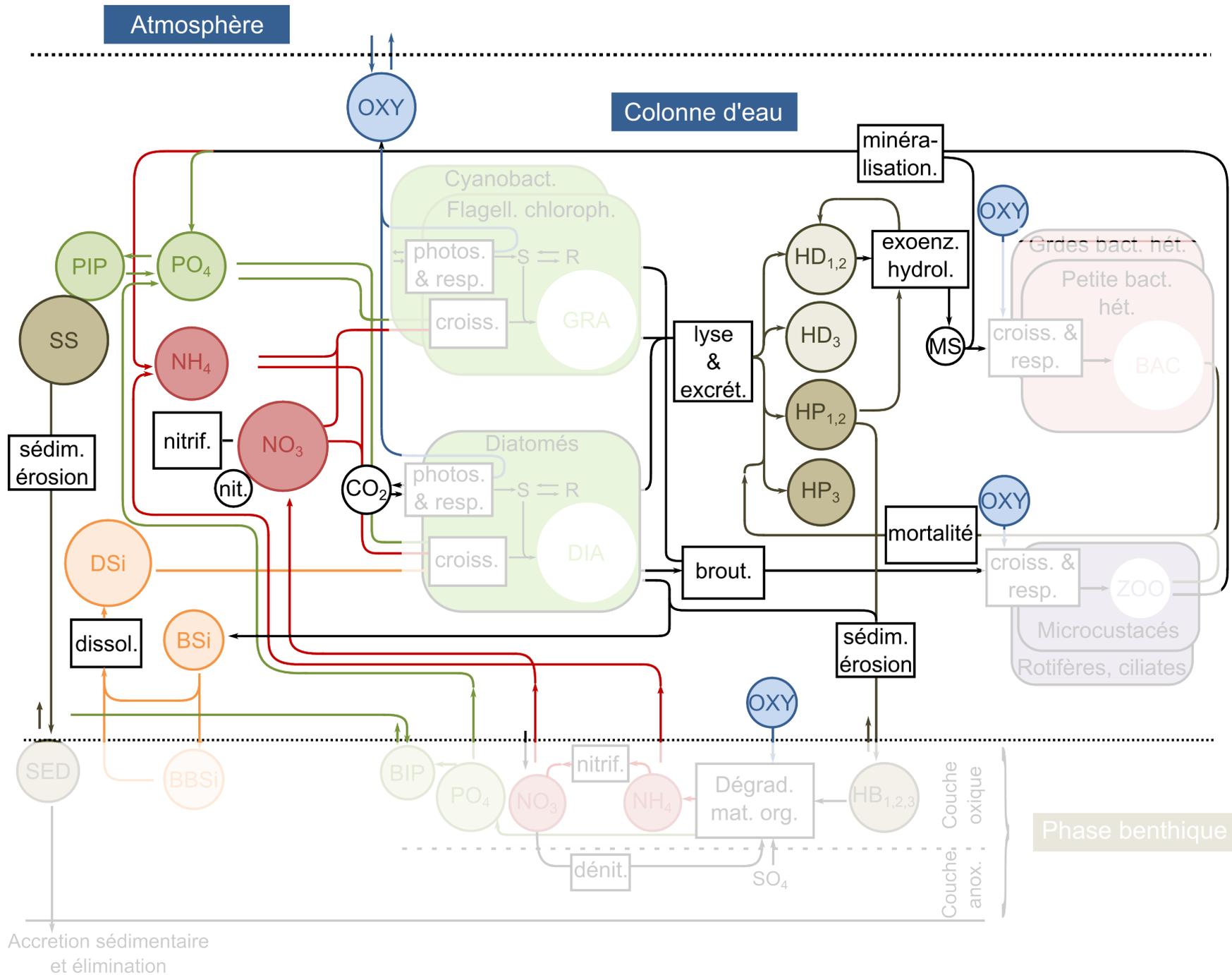
16 440 175 hab  
215 hab.km<sup>-2</sup>

## La chaîne de modélisation Seneque/Riverstrahler - MIRO

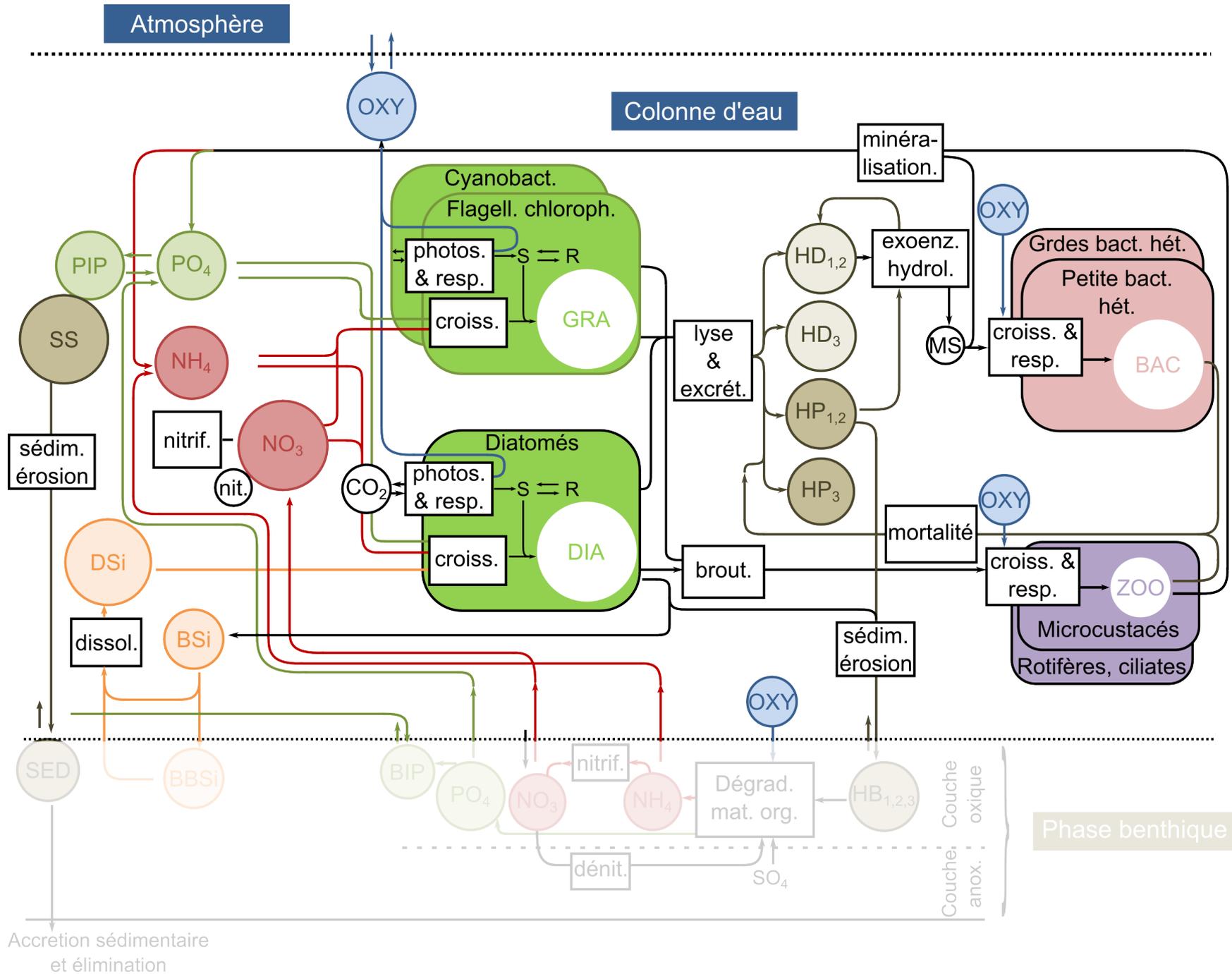


Modélisation du continuum aquatique terre - mer

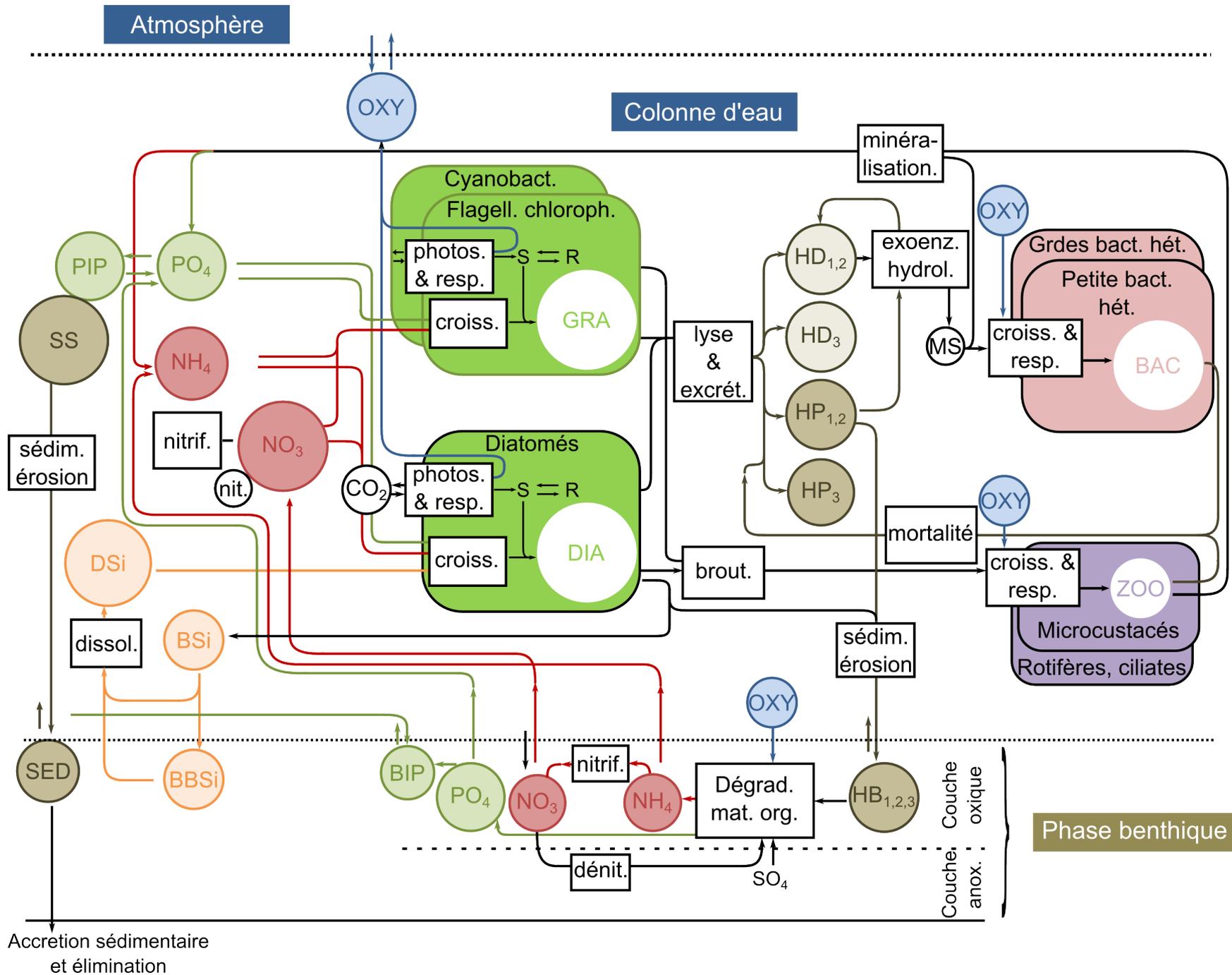
## Le module RIVE - variables d'état



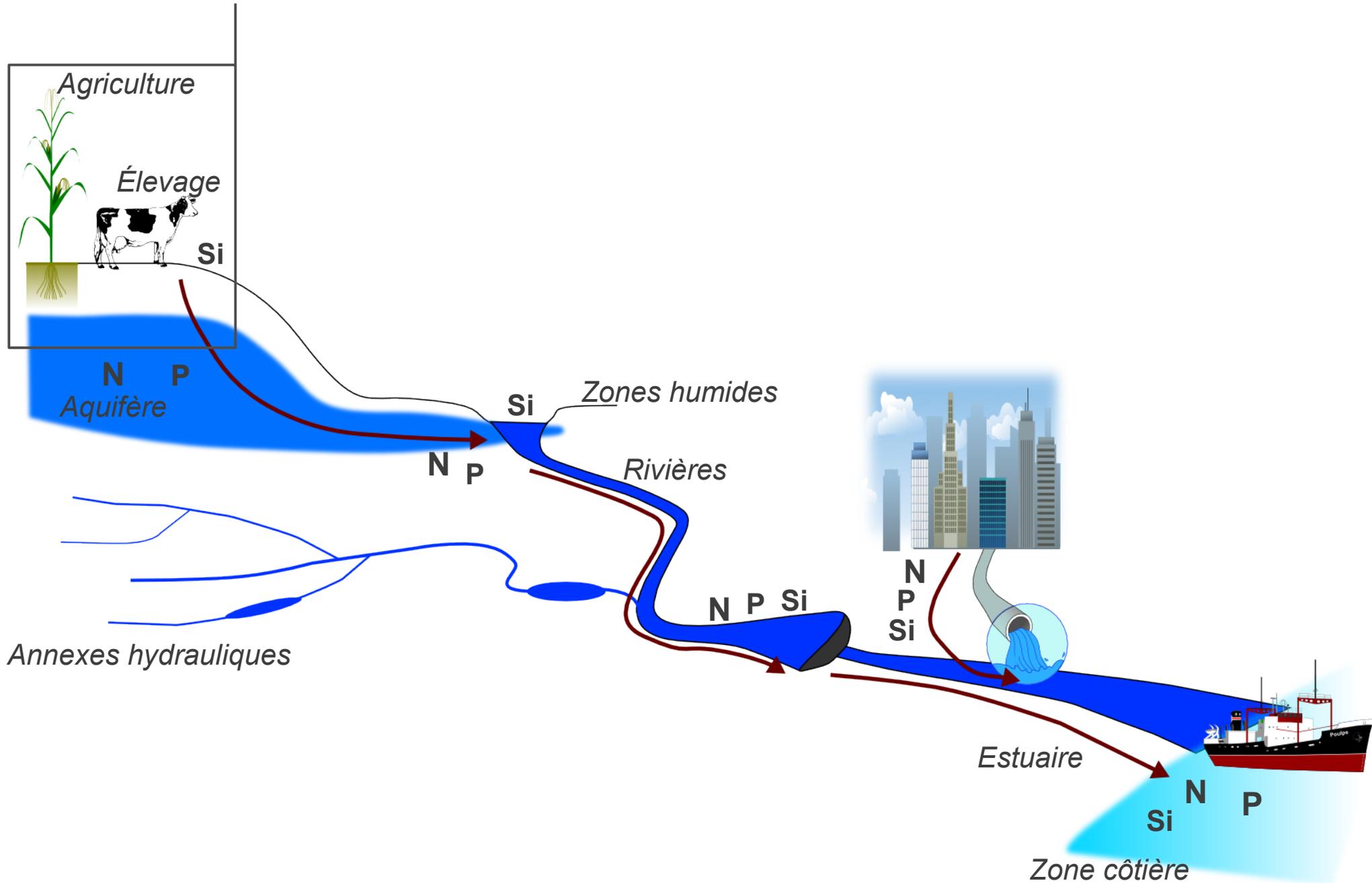
## Le module RIVE - compartiments



## Le module RIVE - phases

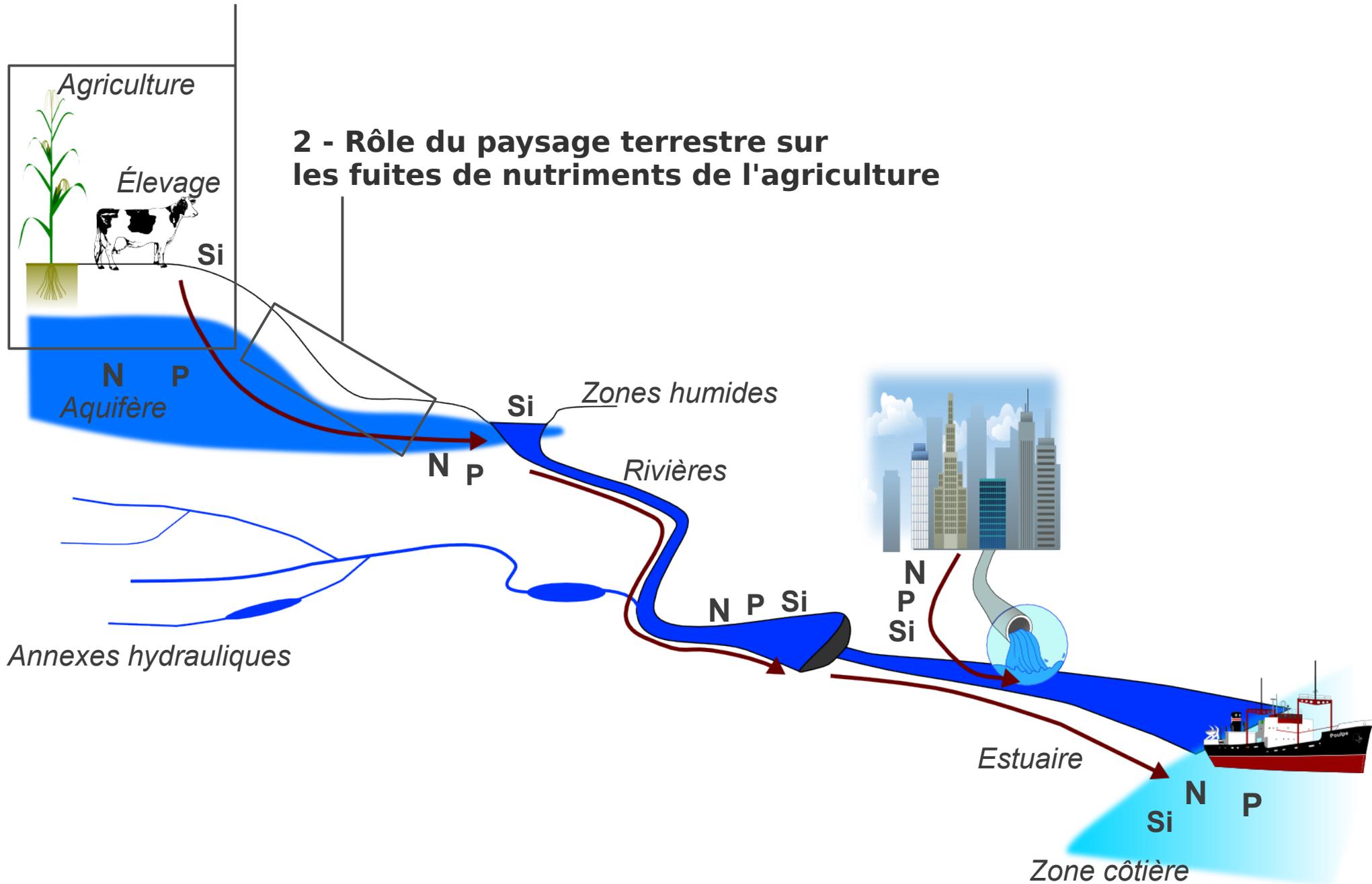


### 1 - Fuites de nutriments de l'agriculture



1 - Fuites de nutriments de l'agriculture

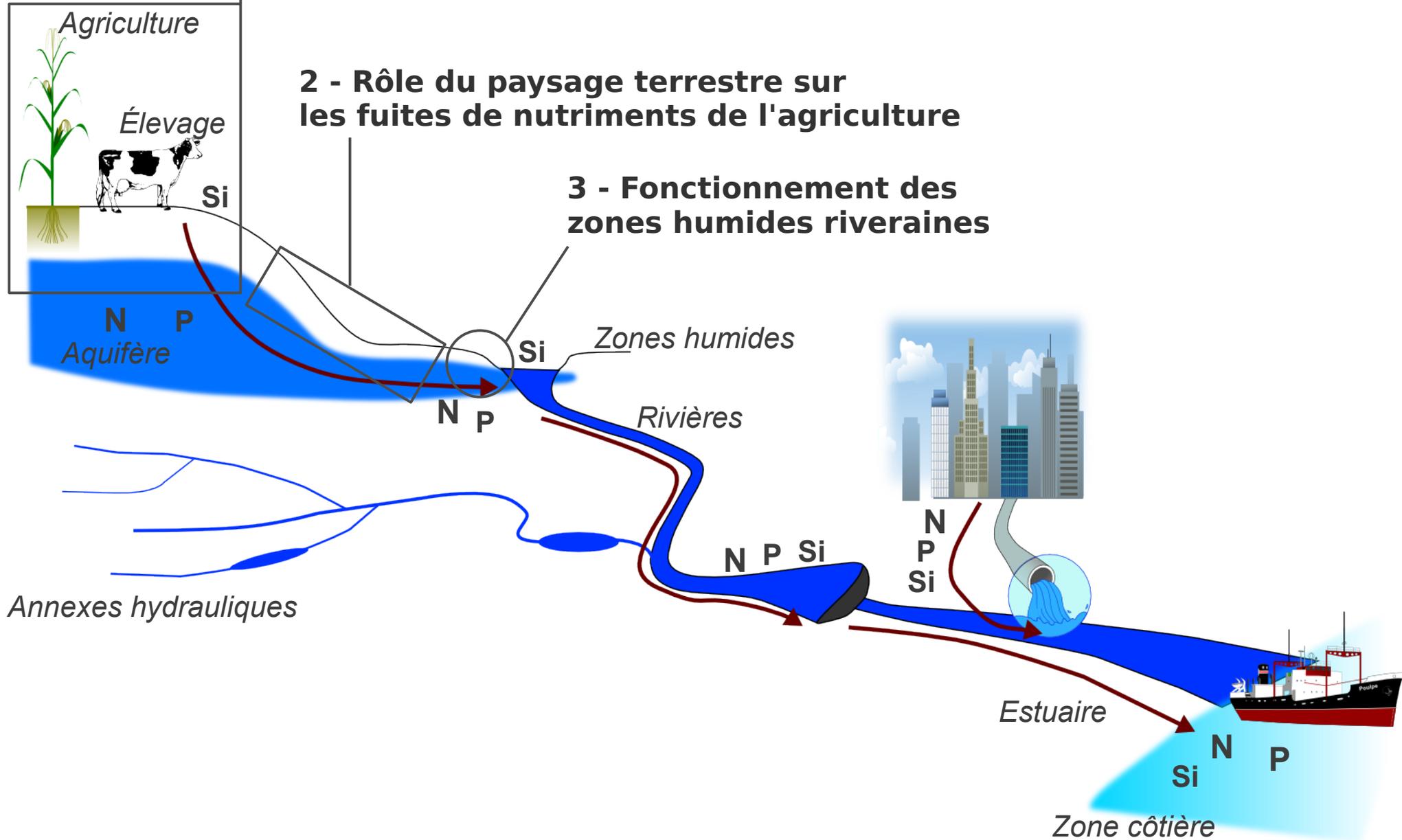
2 - Rôle du paysage terrestre sur les fuites de nutriments de l'agriculture



1 - Fuites de nutriments de l'agriculture

2 - Rôle du paysage terrestre sur les fuites de nutriments de l'agriculture

3 - Fonctionnement des zones humides riveraines

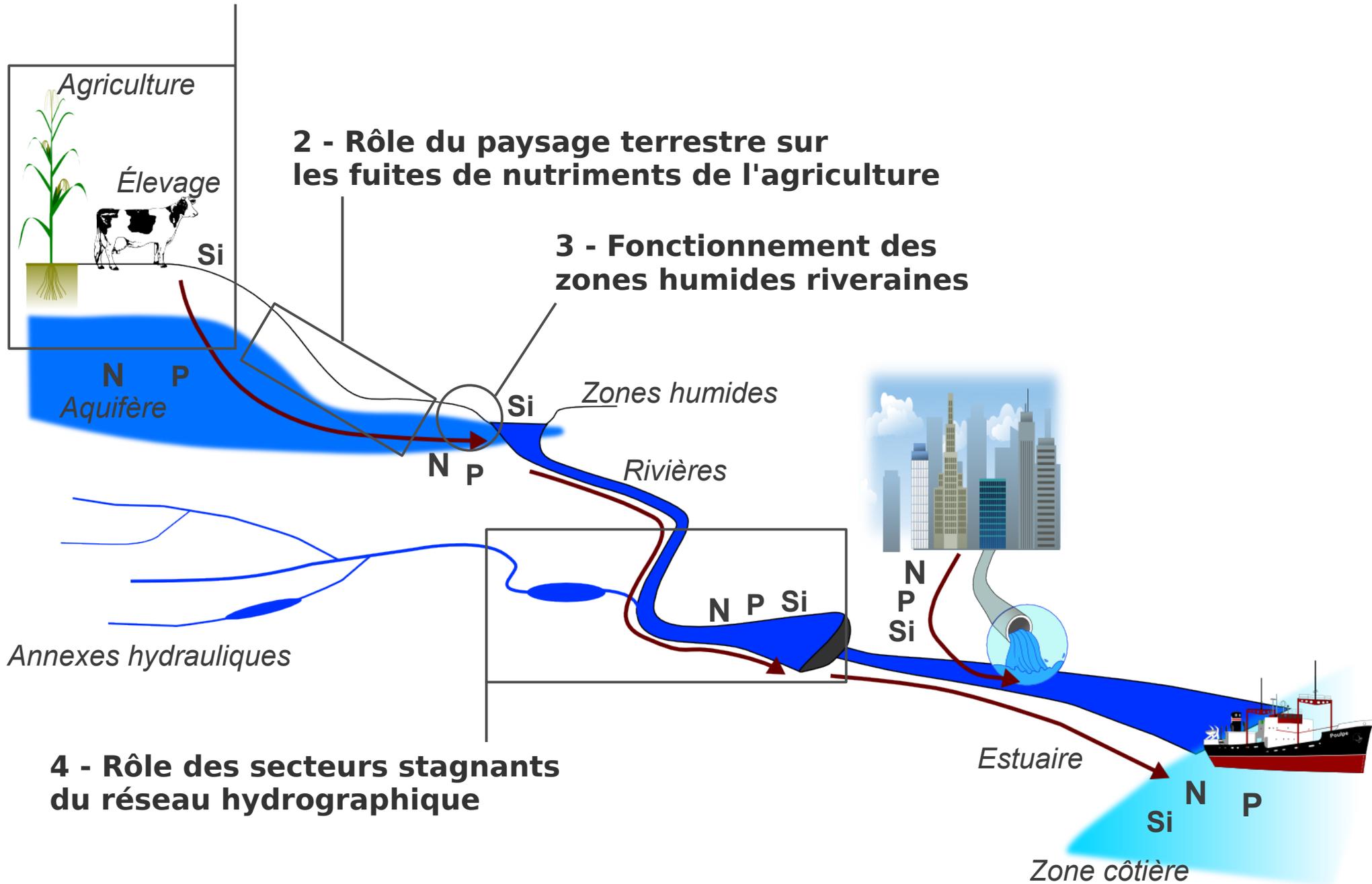


## 1 - Fuites de nutriments de l'agriculture

## 2 - Rôle du paysage terrestre sur les fuites de nutriments de l'agriculture

## 3 - Fonctionnement des zones humides riveraines

## 4 - Rôle des secteurs stagnants du réseau hydrographique

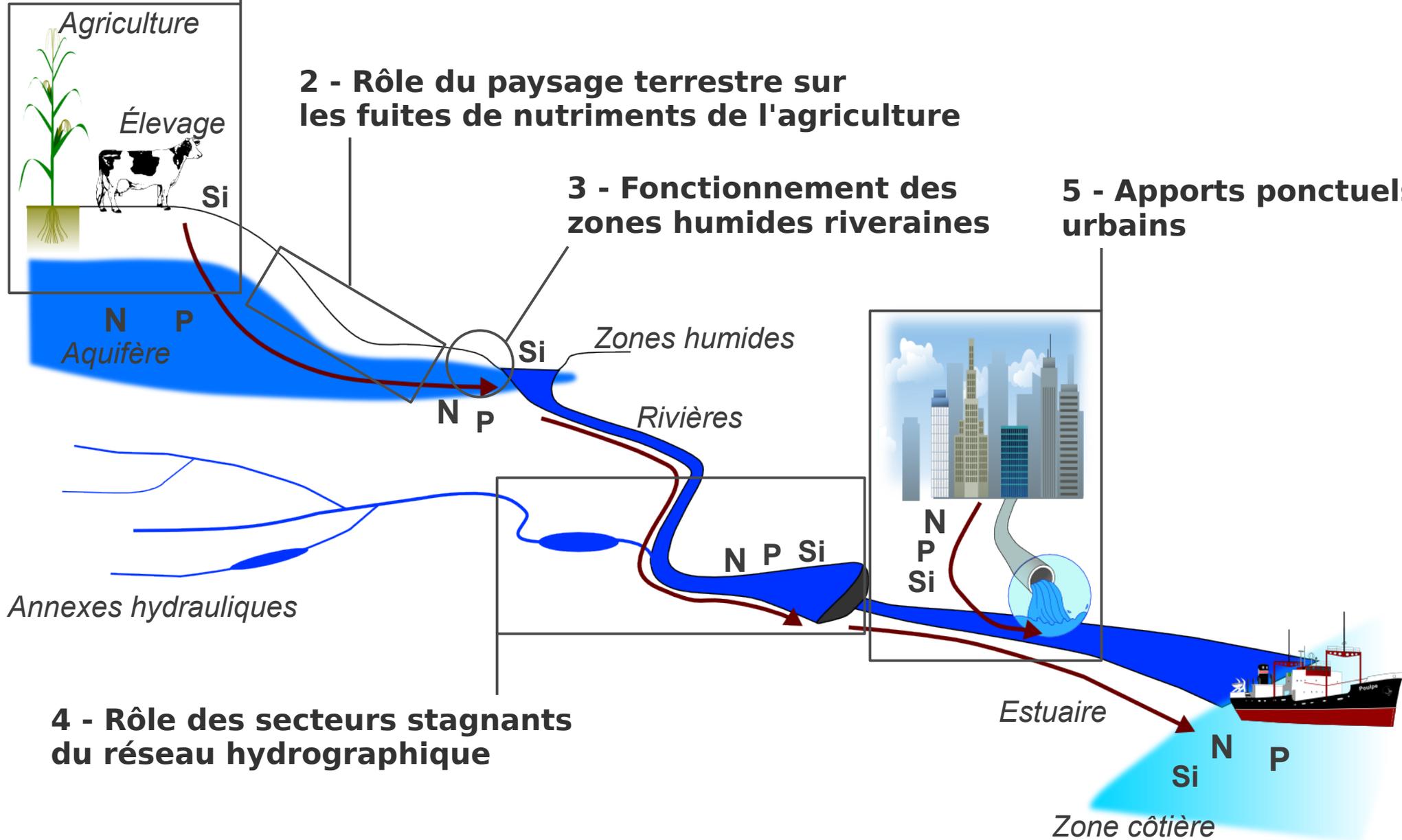


## 1 - Fuites de nutriments de l'agriculture

## 2 - Rôle du paysage terrestre sur les fuites de nutriments de l'agriculture

## 3 - Fonctionnement des zones humides riveraines

## 5 - Apports ponctuels urbains



## 1 - Fuites de nutriments de l'agriculture

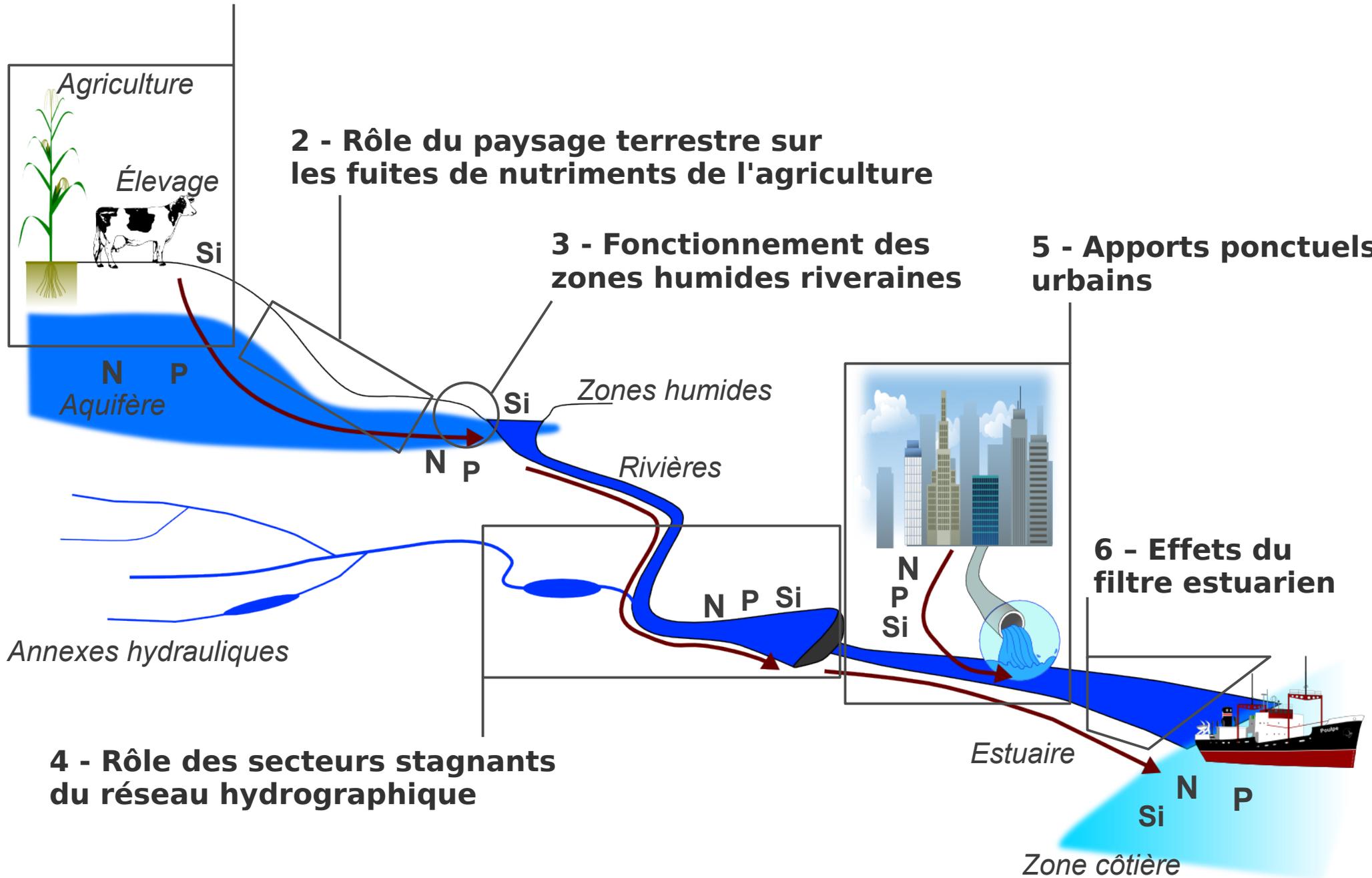
## 2 - Rôle du paysage terrestre sur les fuites de nutriments de l'agriculture

## 3 - Fonctionnement des zones humides riveraines

## 5 - Apports ponctuels urbains

## 6 - Effets du filtre estuarien

## 4 - Rôle des secteurs stagnants du réseau hydrographique



1 - Fuites de nutriments de l'agriculture

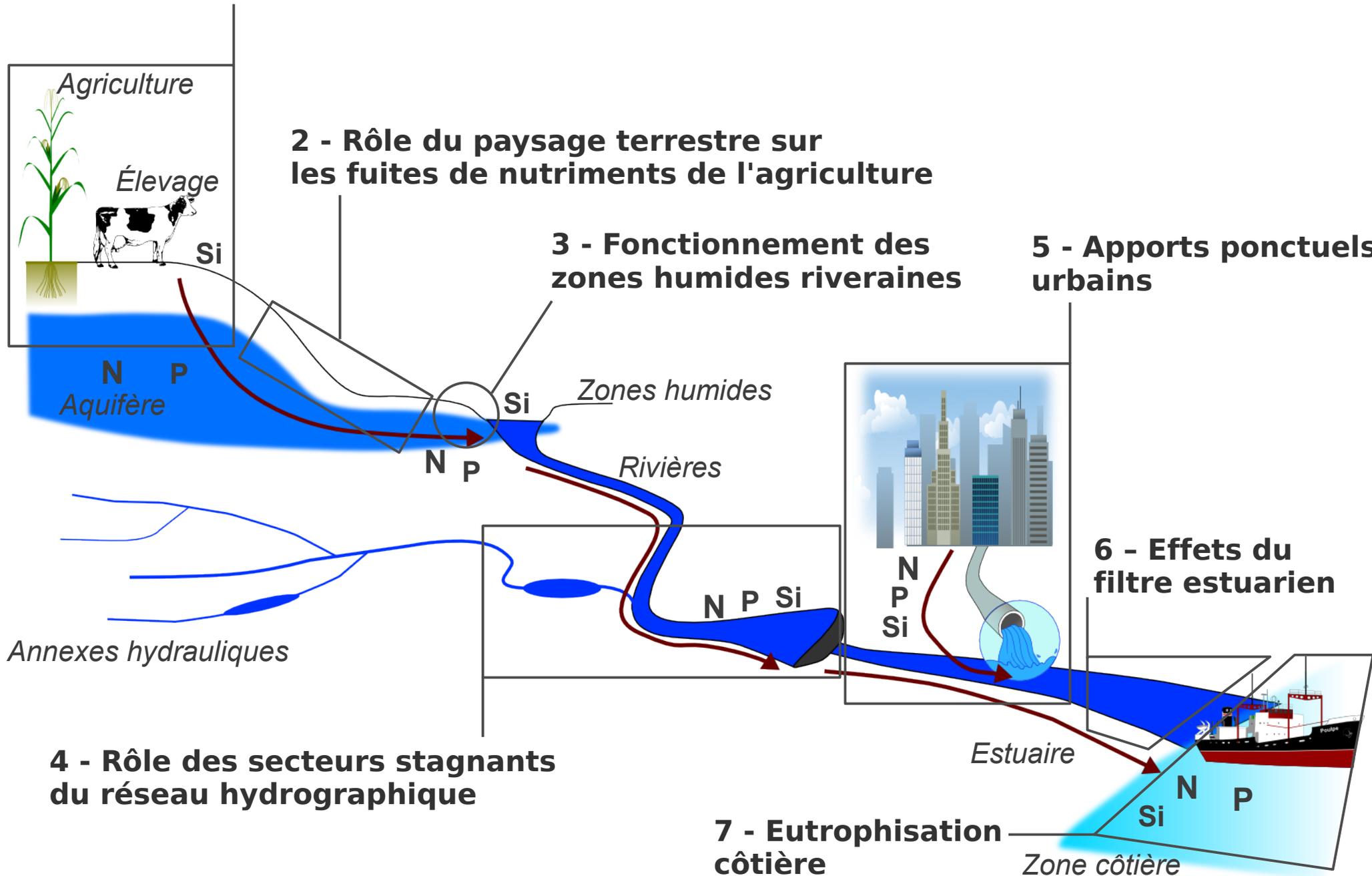
2 - Rôle du paysage terrestre sur les fuites de nutriments de l'agriculture

3 - Fonctionnement des zones humides riveraines

5 - Apports ponctuels urbains

6 - Effets du filtre estuarien

7 - Eutrophisation côtière



**I - La situation présente au regard du passé, quelles évolutions en termes de pollutions diffuses et ponctuelles depuis 1984 ?**

**II - Quels rôles jouent les secteurs stagnants sur les flux de nutriments ?**

**III - Quels scénarios pour le futur ?**

**Conclusions générales et perspectives**

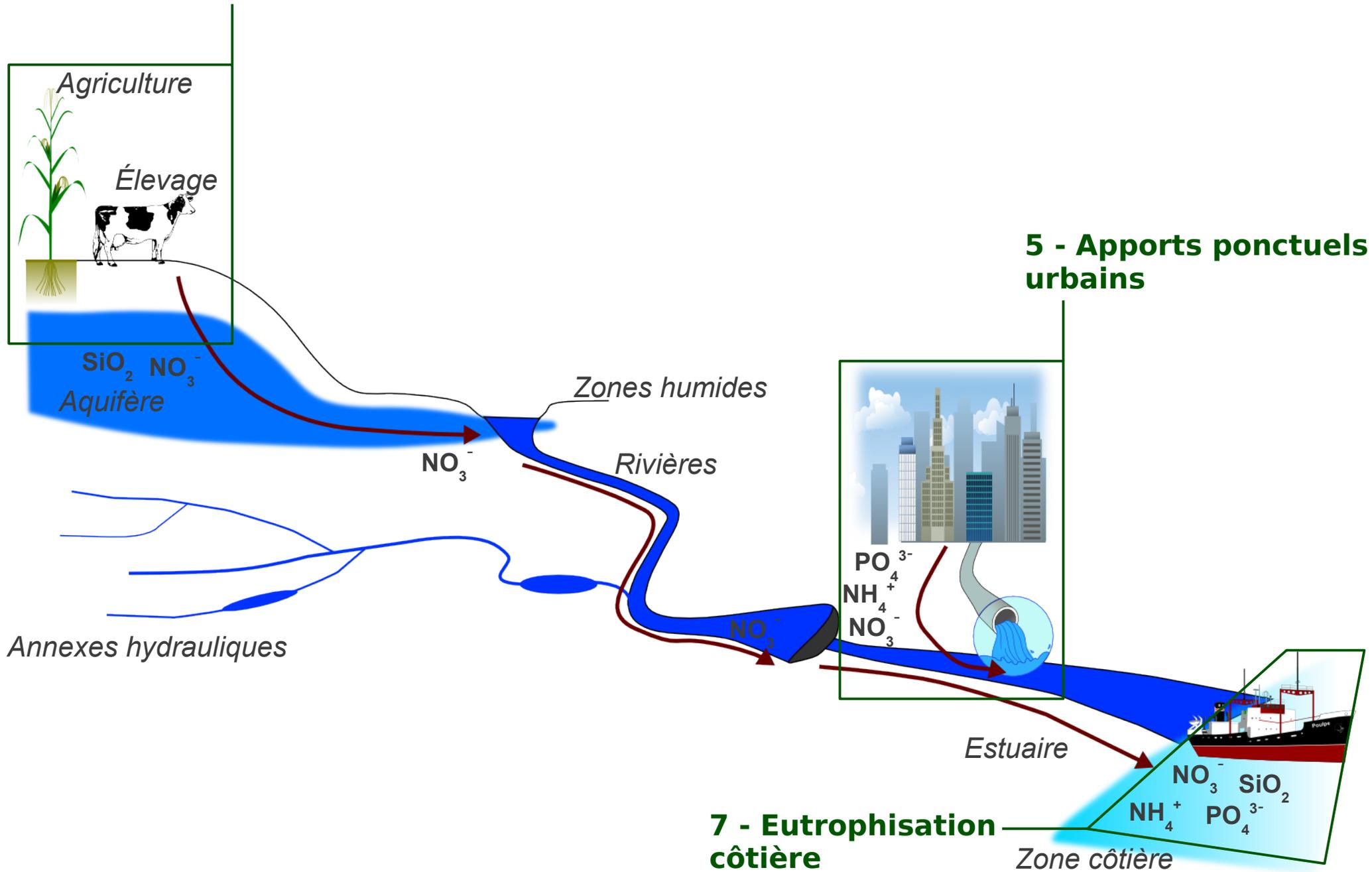
**I - LA SITUATION PRÉSENTE AU REGARD DU PASSÉ, QUELLES ÉVOLUTIONS EN TERMES DE POLLUTIONS DIFFUSES ET PONCTUELLES DEPUIS 1984 ?**



**Quels changements en termes de nutriments exportés à la mer ?**

**Quels impacts pour la zone côtière ?**

## 1 - Fuites de nutriments de l'agriculture





**COMMISSION  
OSPAR**

*« Protéger l'environnement marin de l'Atlantique du Nord-Est »*

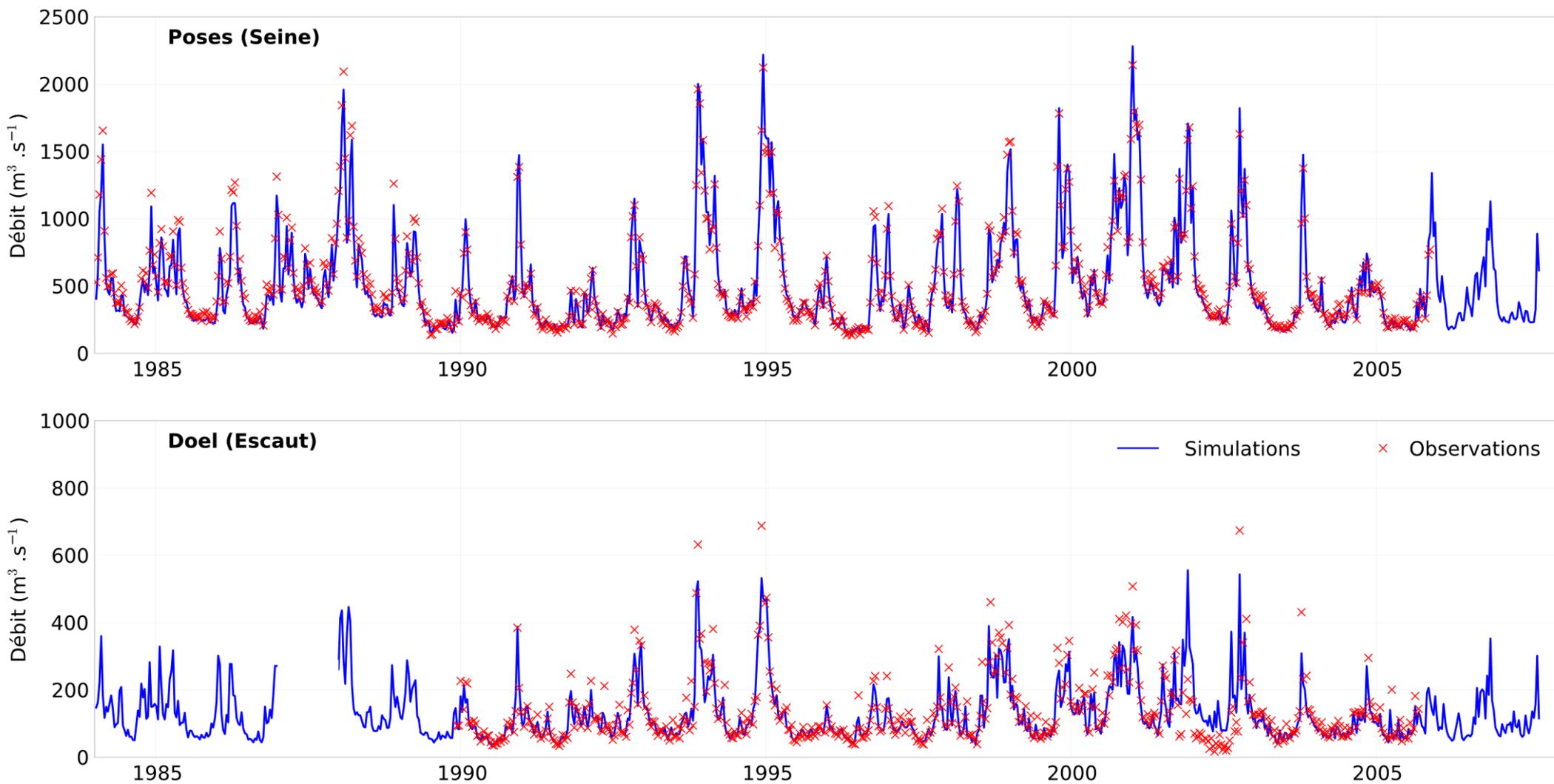


Les 5 secteurs d'action pris en compte par la commission OSPAR

# 50 %

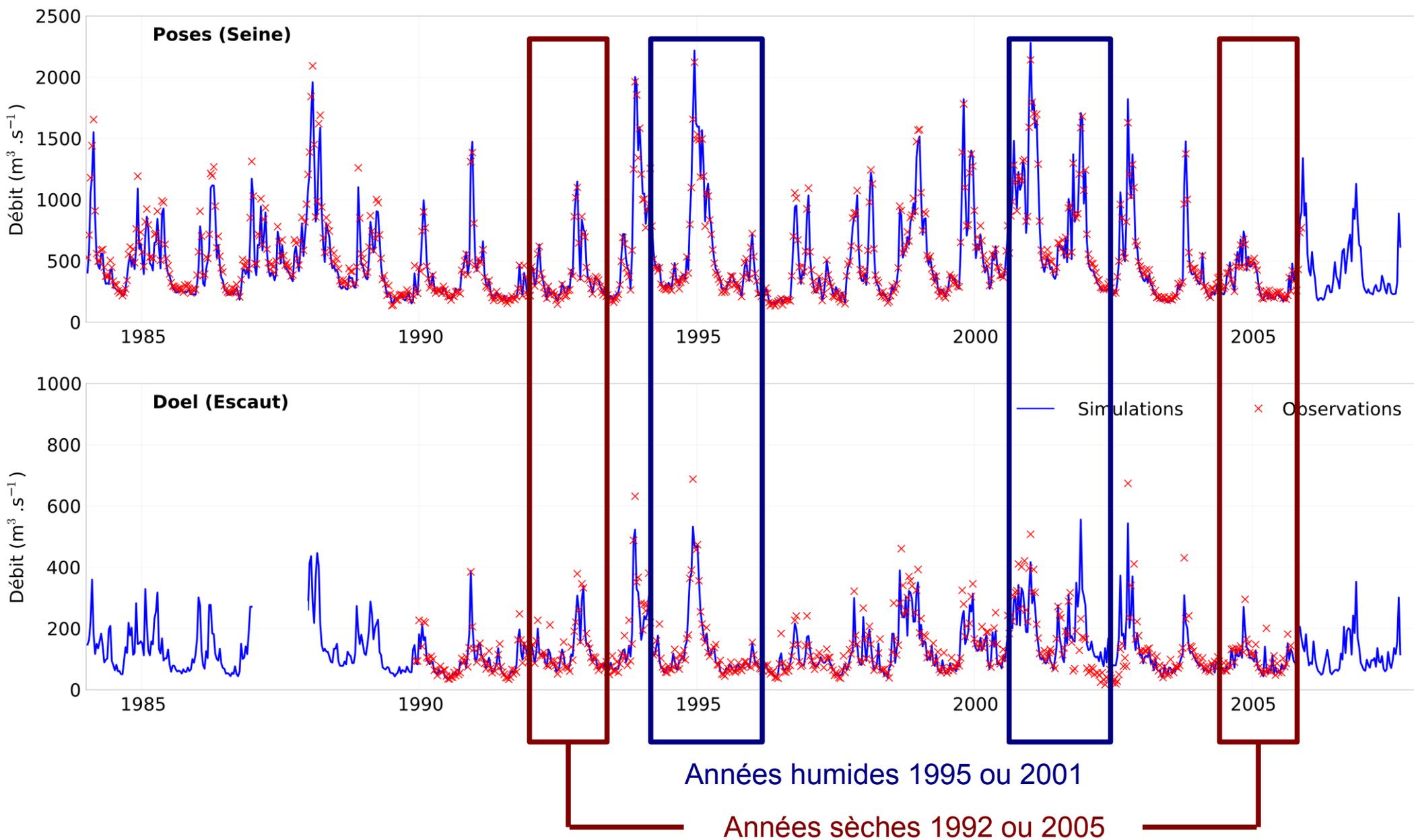
**Objectifs OSPAR de réduction des flux de N et de P entre 1985 et 2010, fixés par 15 états européens**

## Une hydrologie similaire



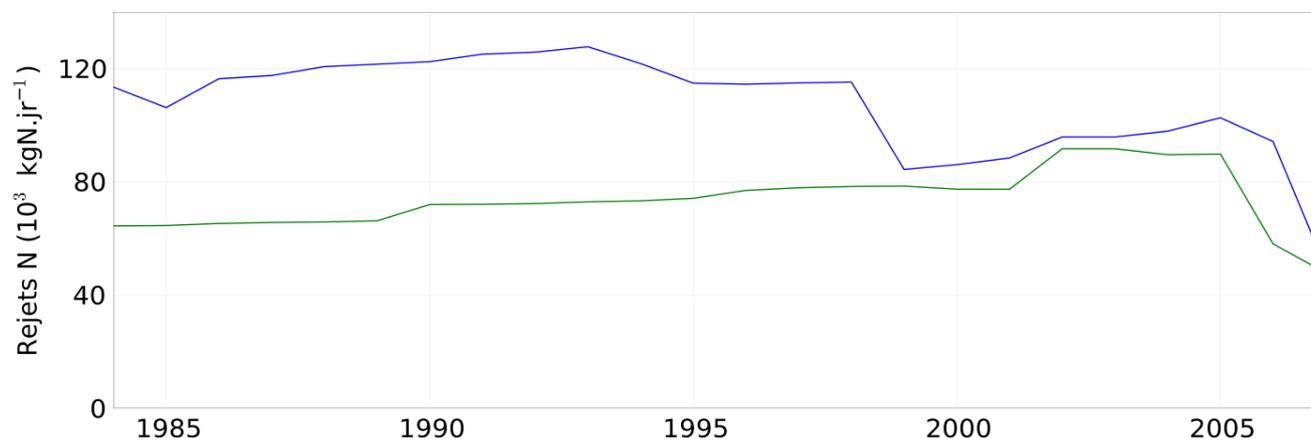
*Nouvelle méthode de simulation des débits  
(Eckhardt et al, 2007)*

## Une hydrologie similaire

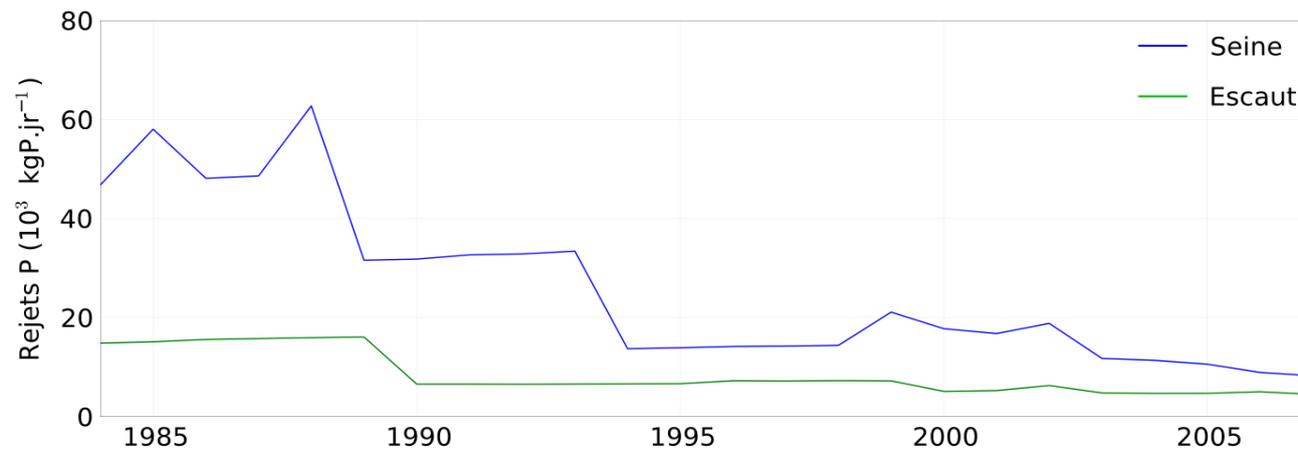


## Évolution des pollutions ponctuelles

N



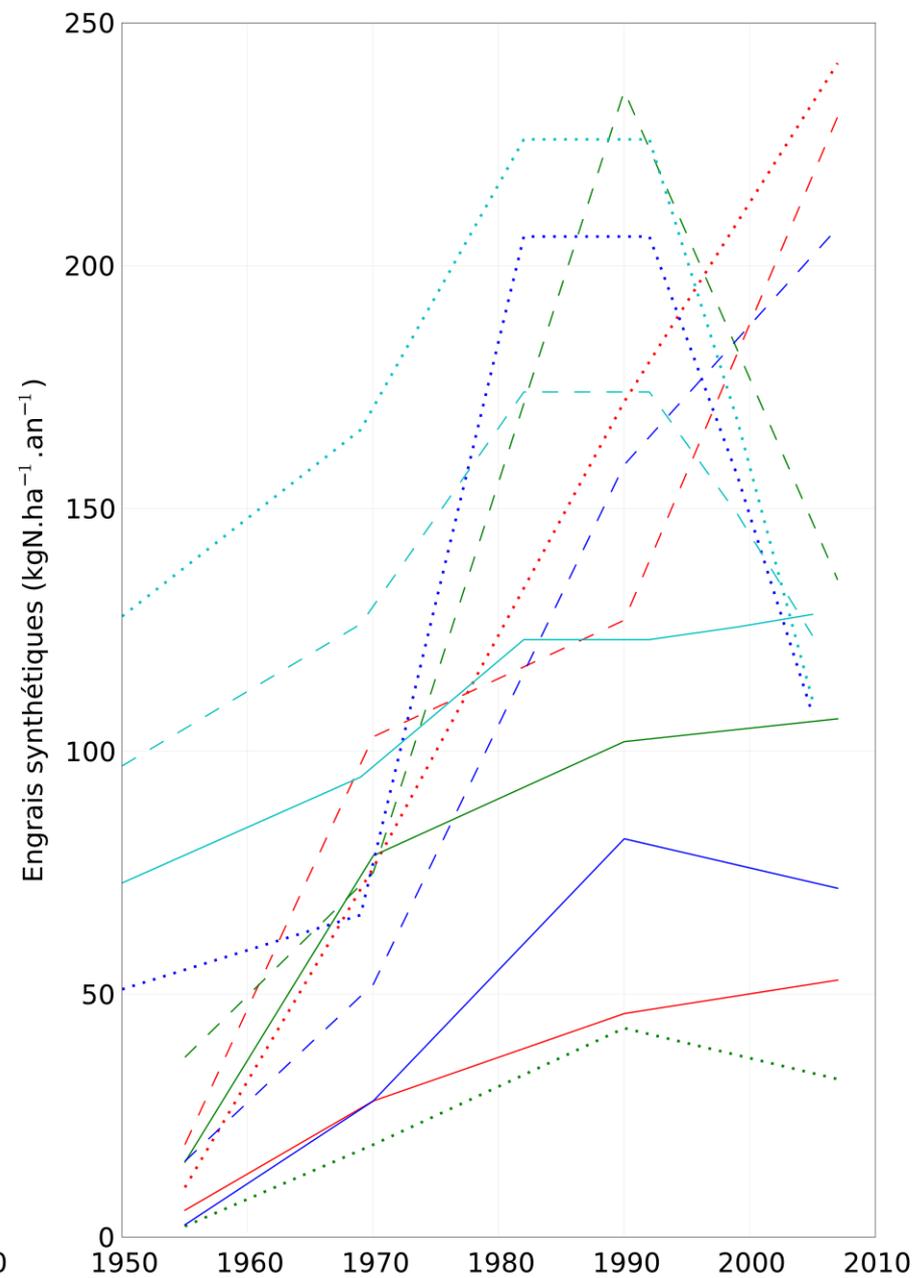
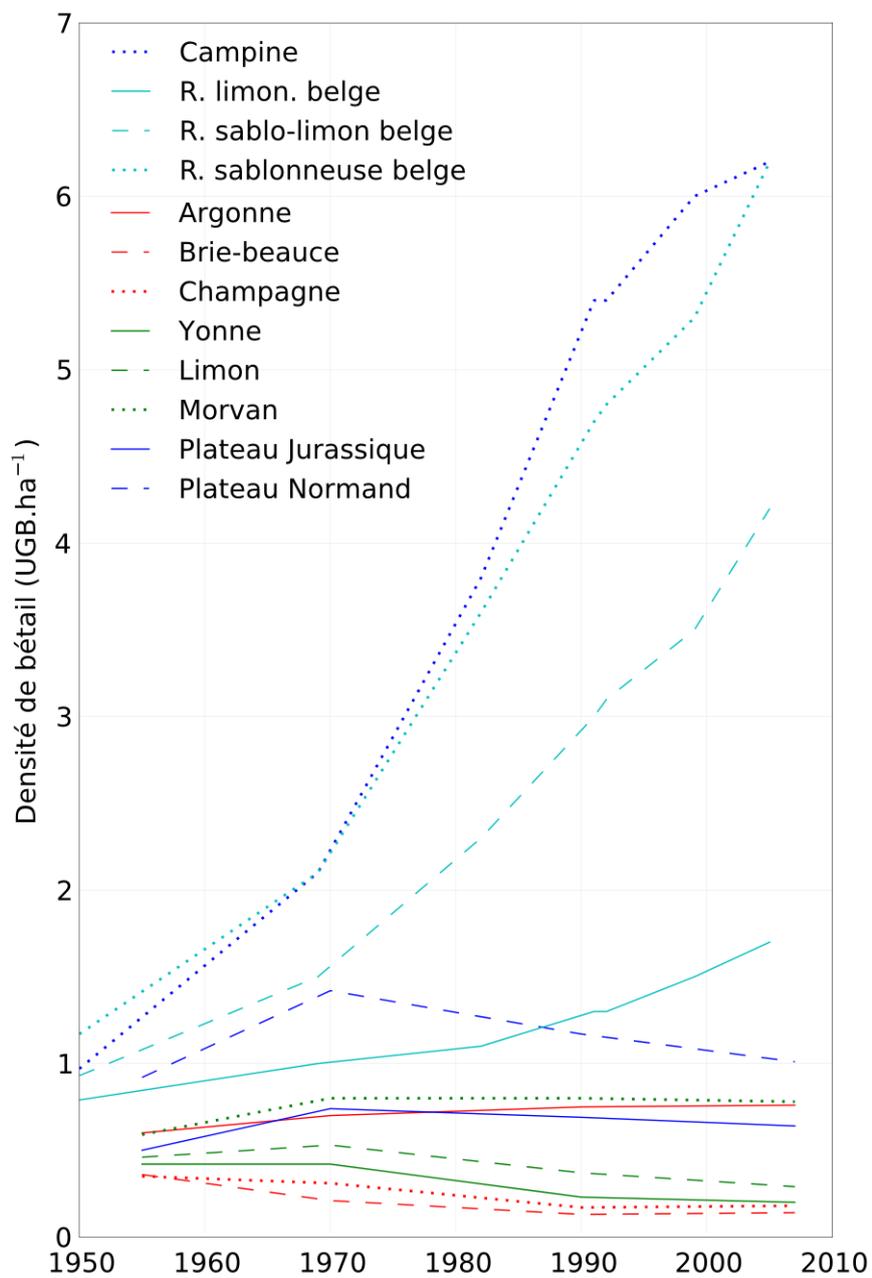
P



**Effets contradictoires entre taux de raccordement en progression et meilleurs traitements en stations d'épuration**

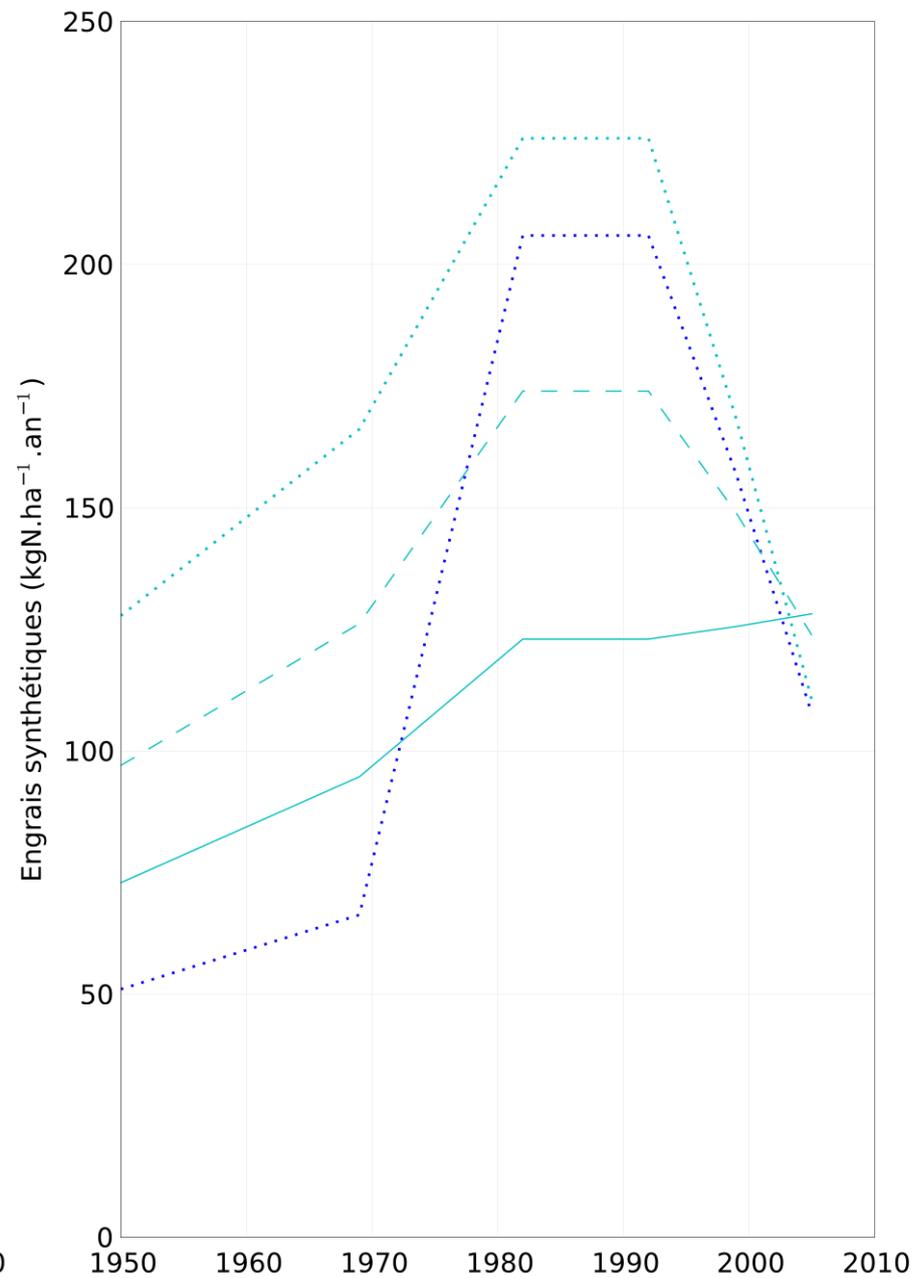
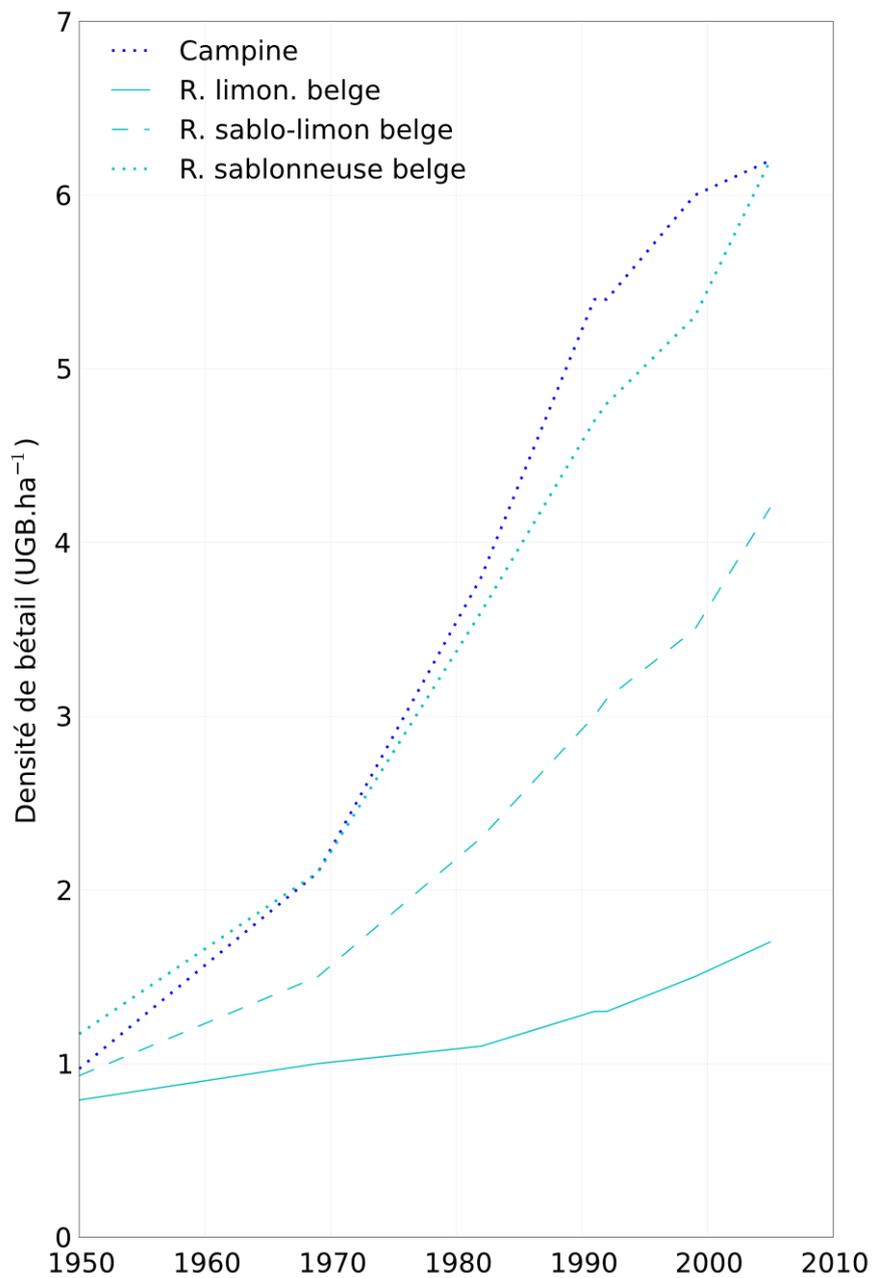
## Vers une spécialisation des régions agricoles

### Cheptel et fertilisation



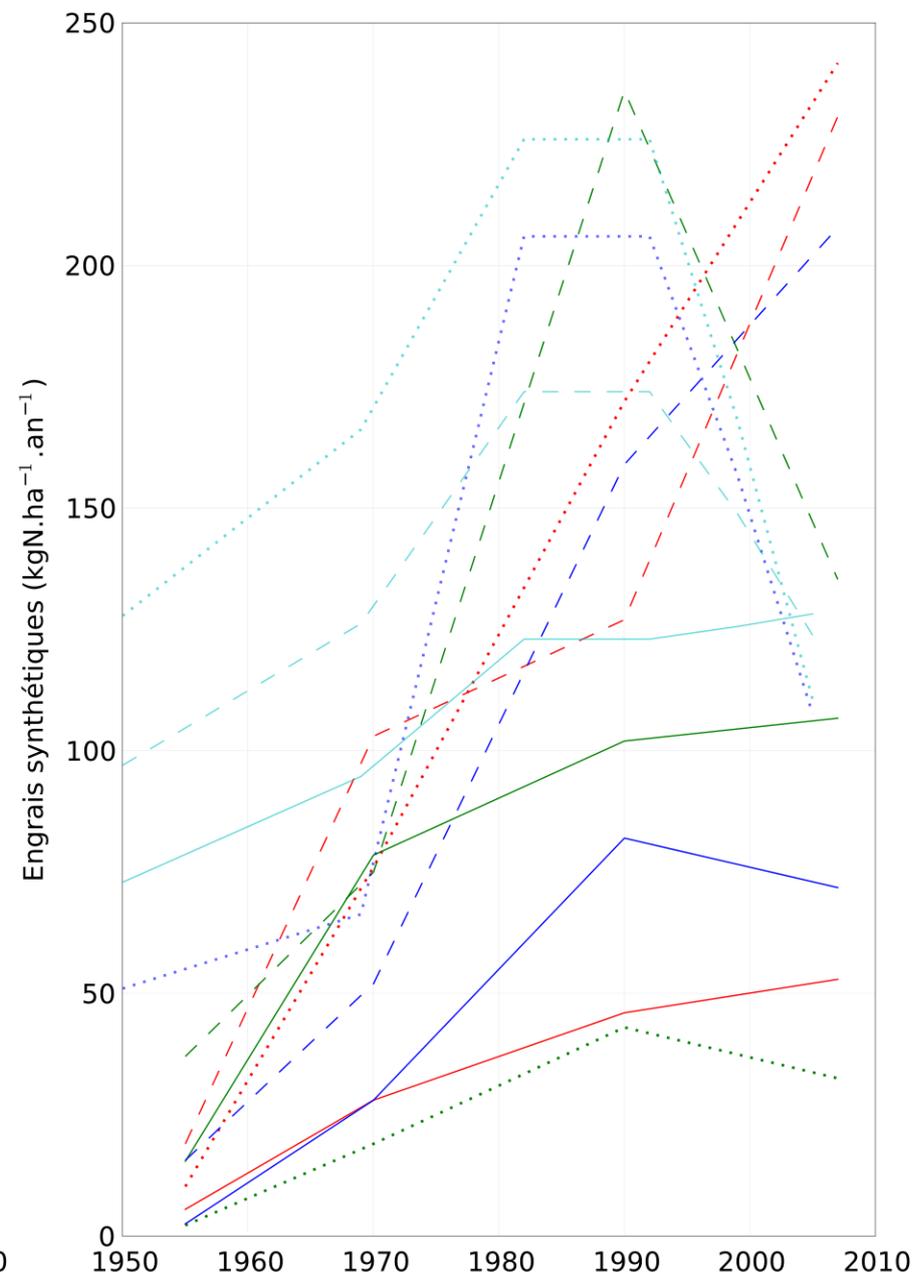
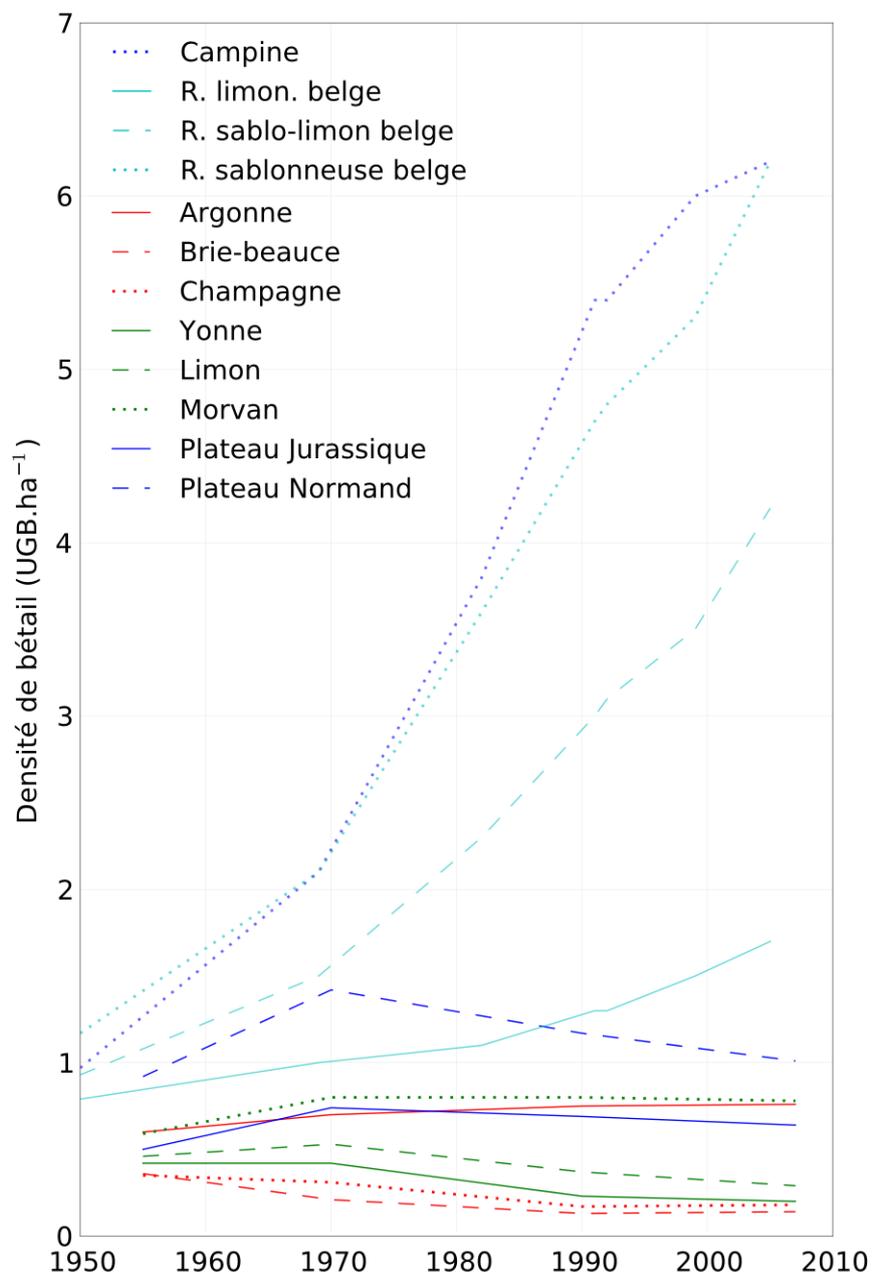
## Vers une spécialisation des régions agricoles

Des régions tournées vers l'élevage

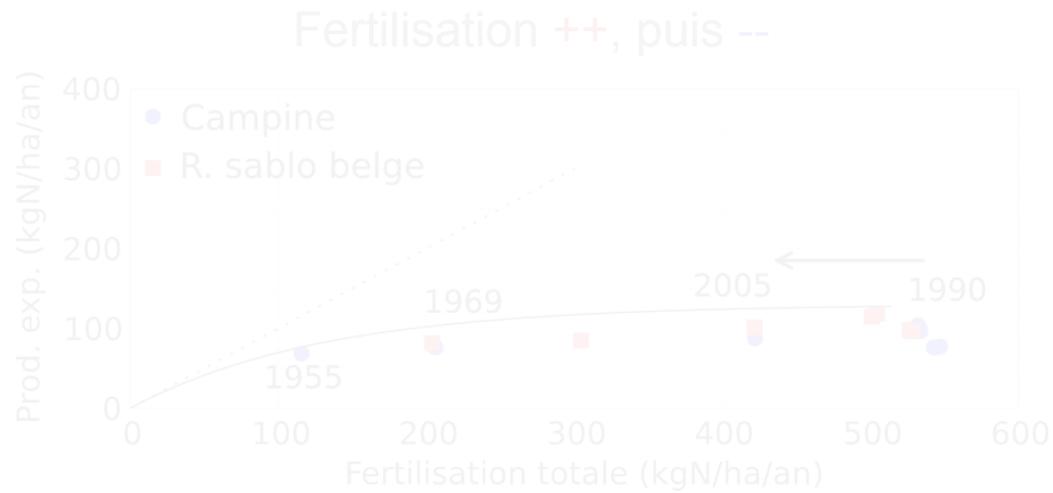
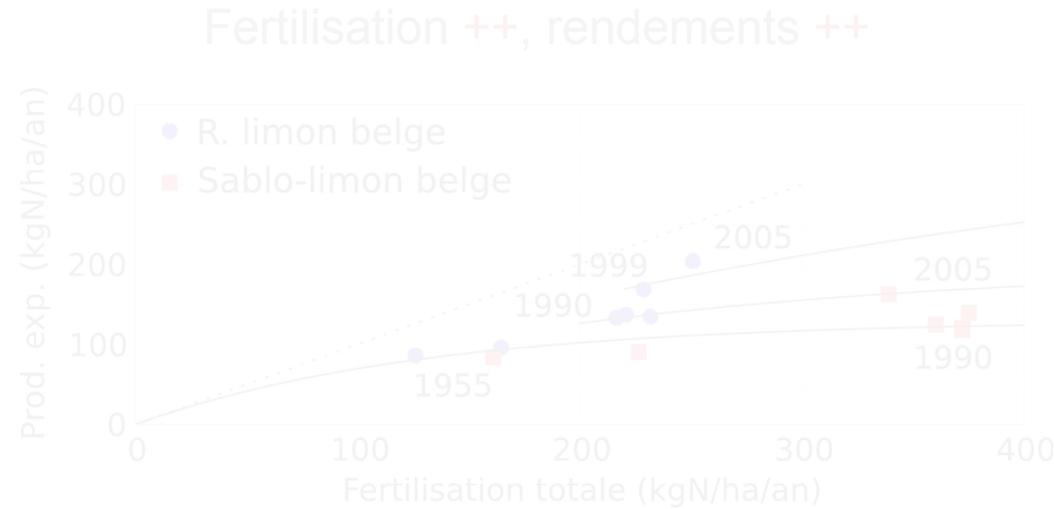
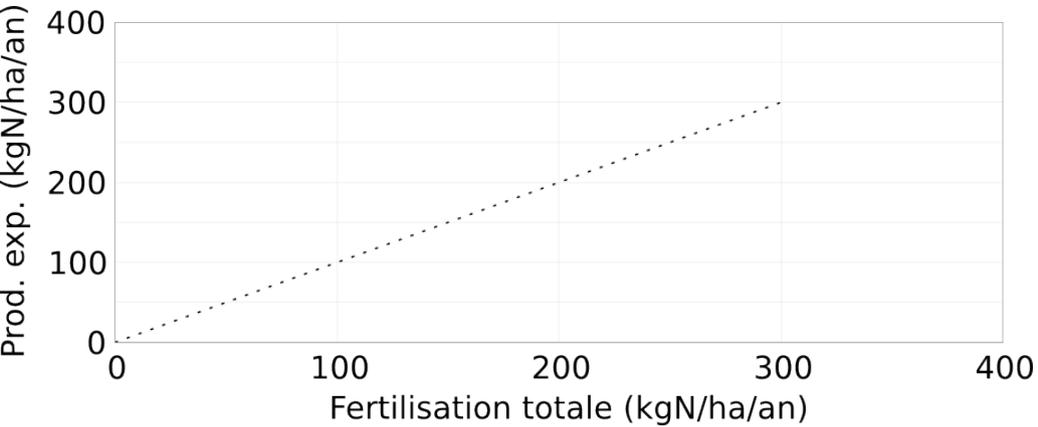


## Vers une spécialisation des régions agricoles

Des régions à élevage peu présents et à fertilisation minérale en augmentation

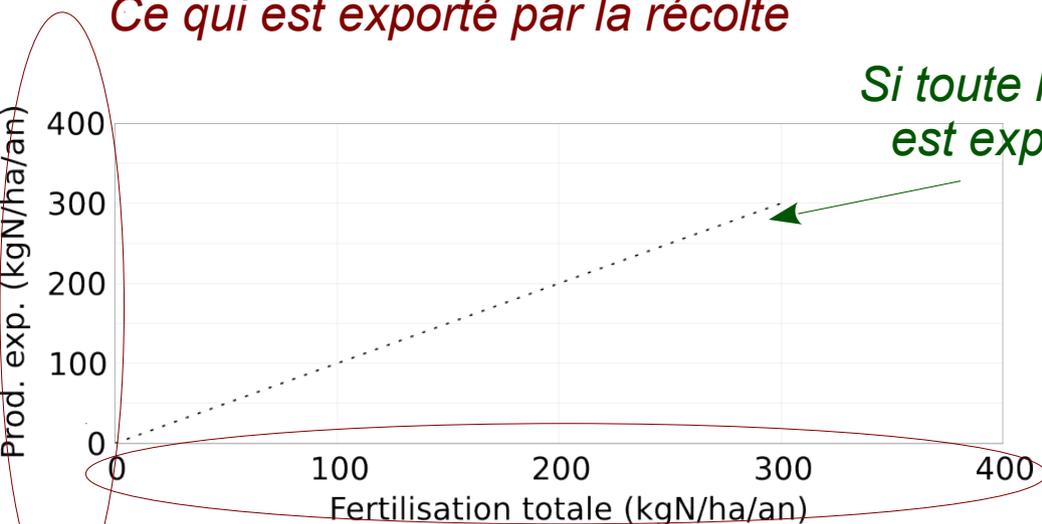


## Des trajectoires contrastées

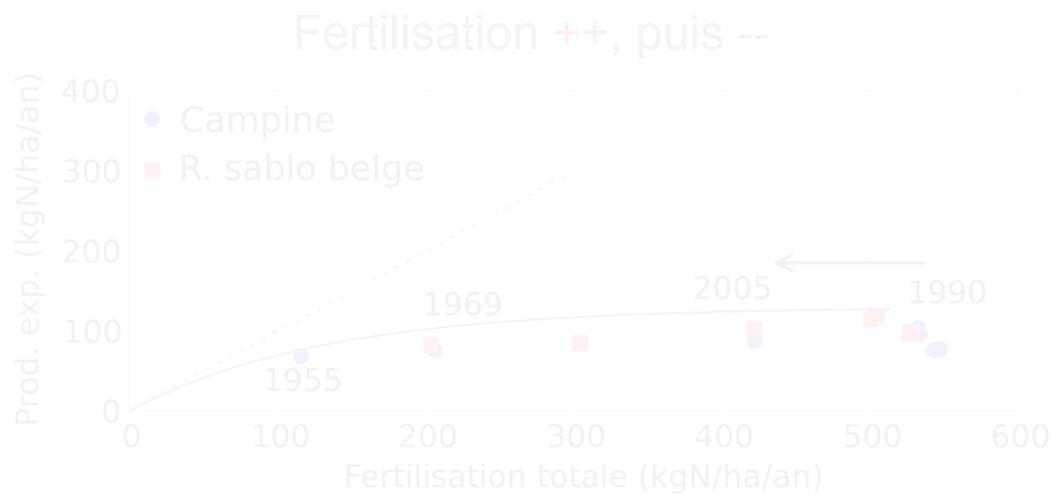
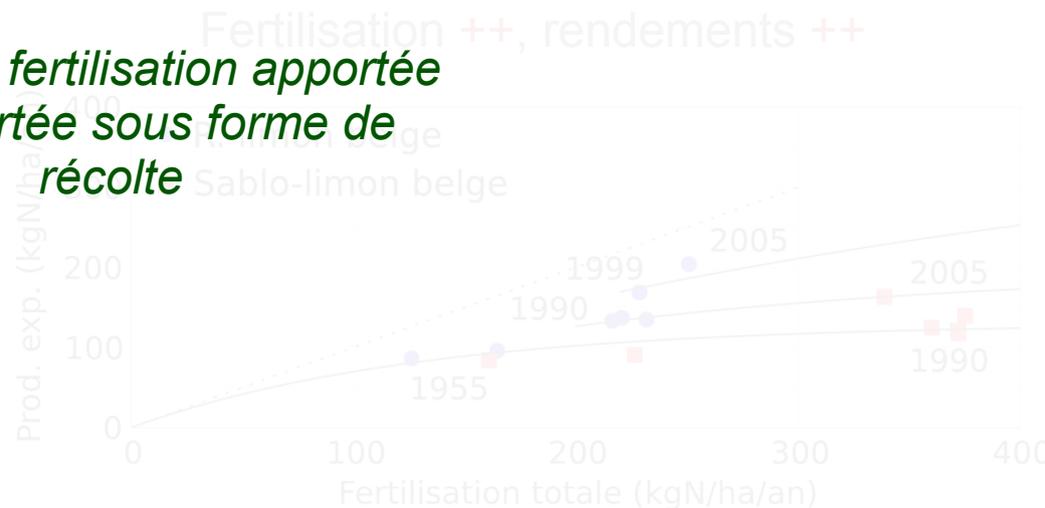


## Des trajectoires contrastées

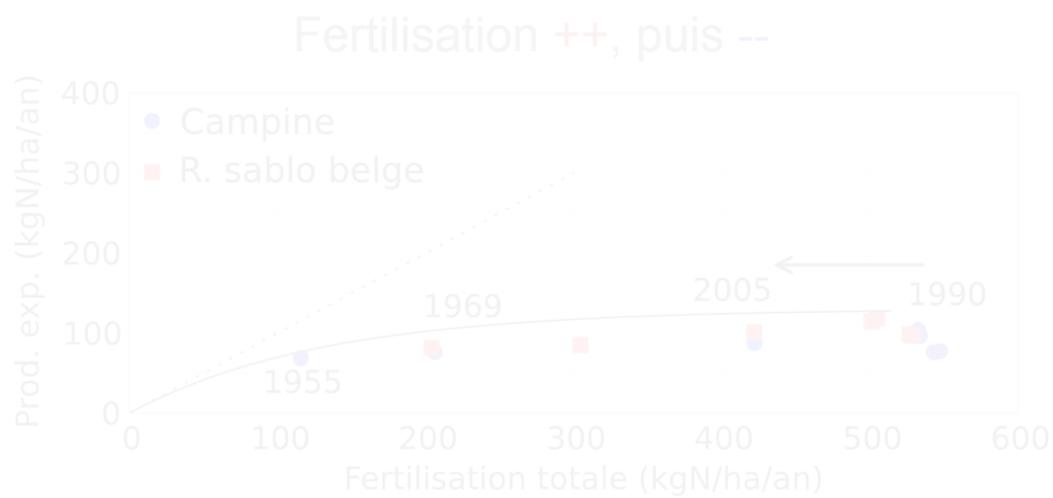
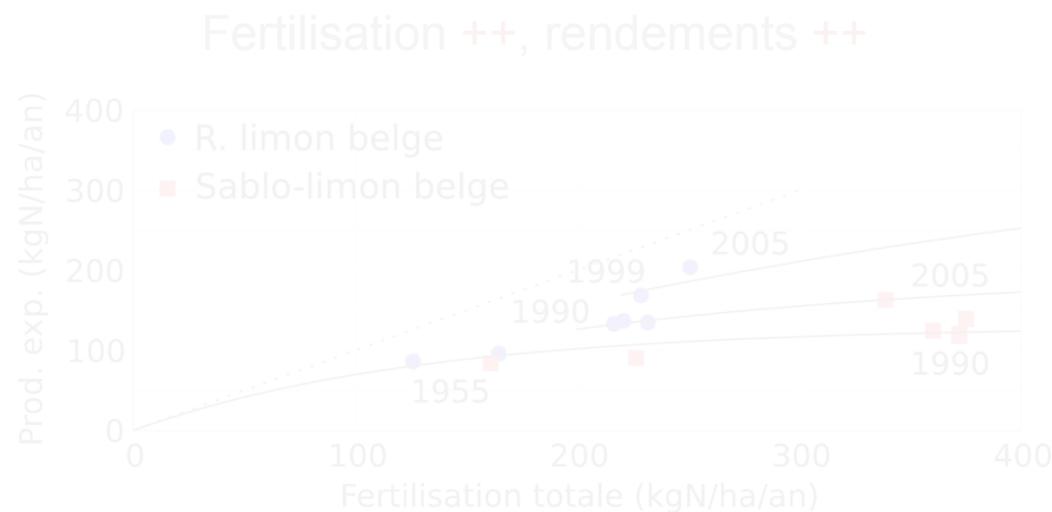
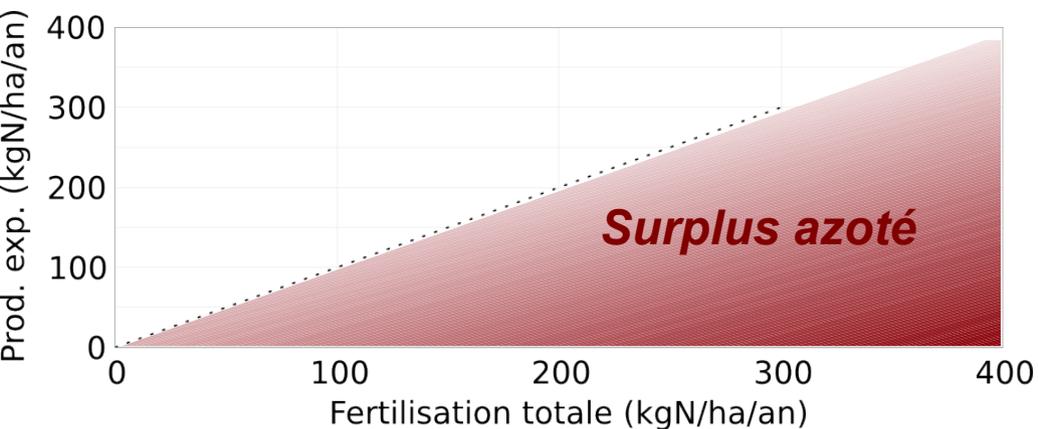
*Ce qui est exporté par la récolte*



*Fertilisation apportée aux champs*

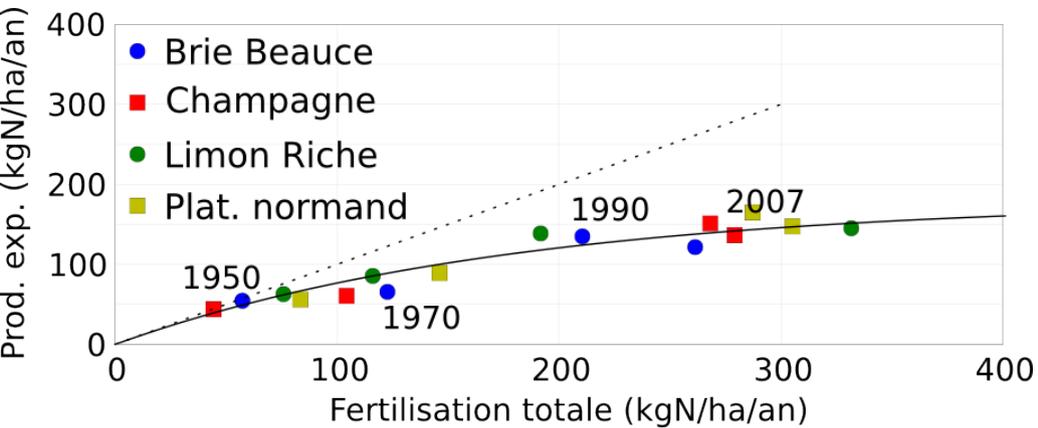


## Des trajectoires contrastées

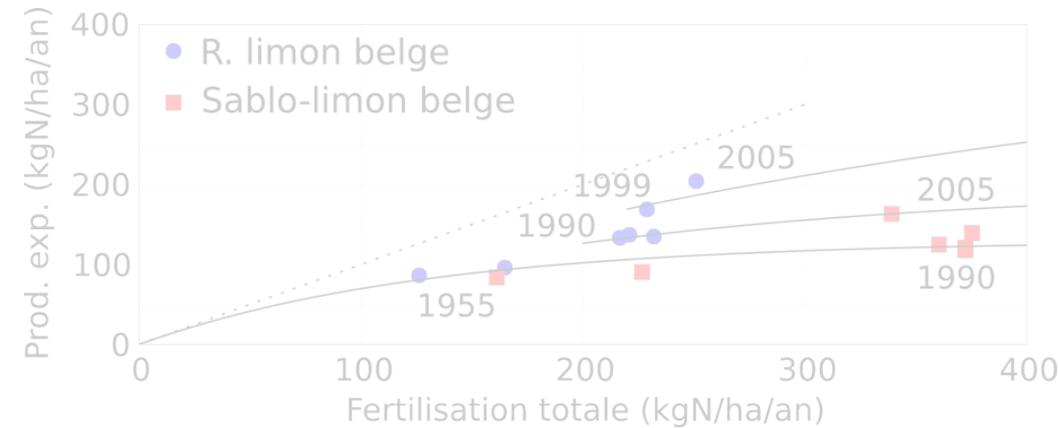


## Des trajectoires contrastées

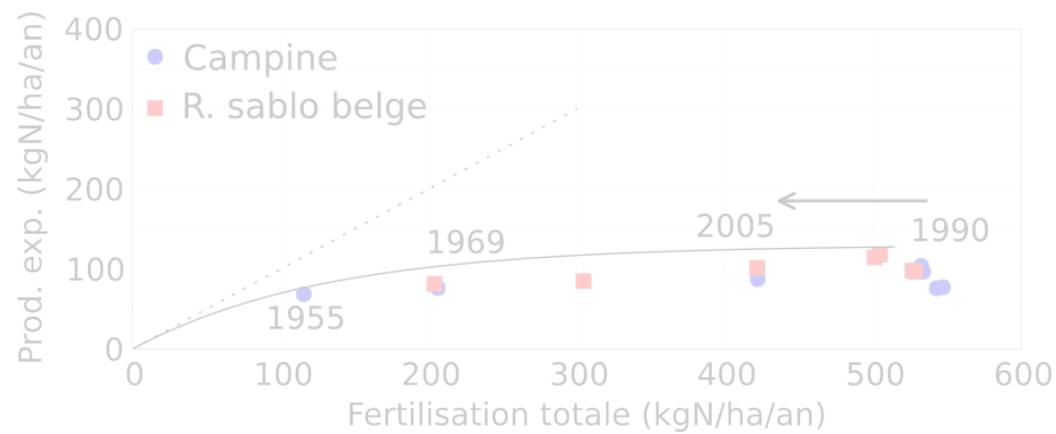
Fertilisation ++, rendements +



Fertilisation ++, rendements ++

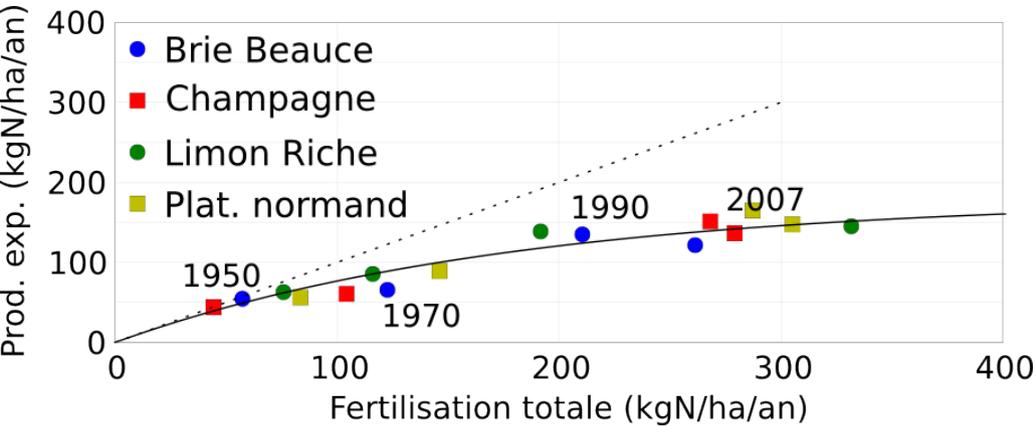


Fertilisation ++, puis --

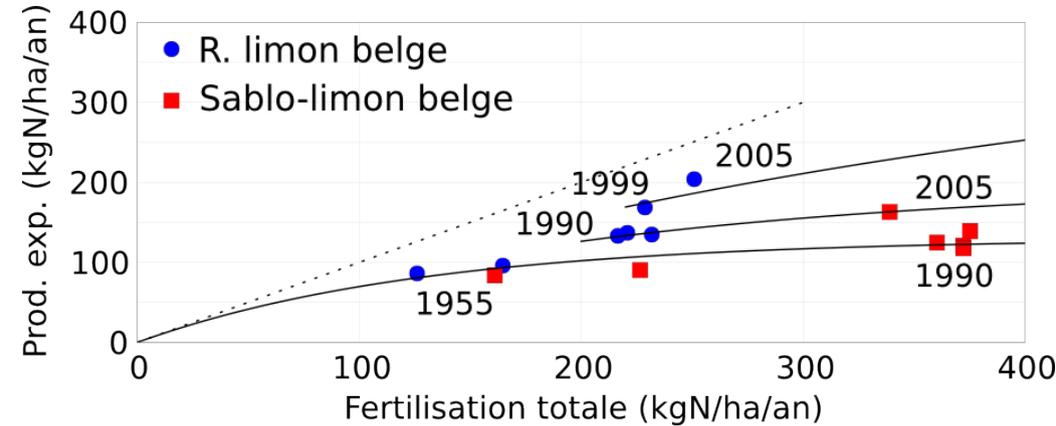


## Des trajectoires contrastées

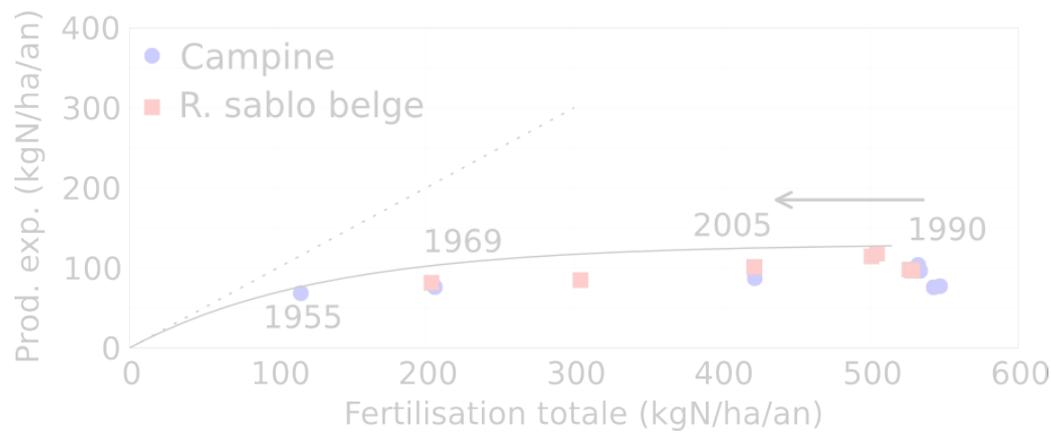
Fertilisation ++, rendements +



Fertilisation ++, rendements ++

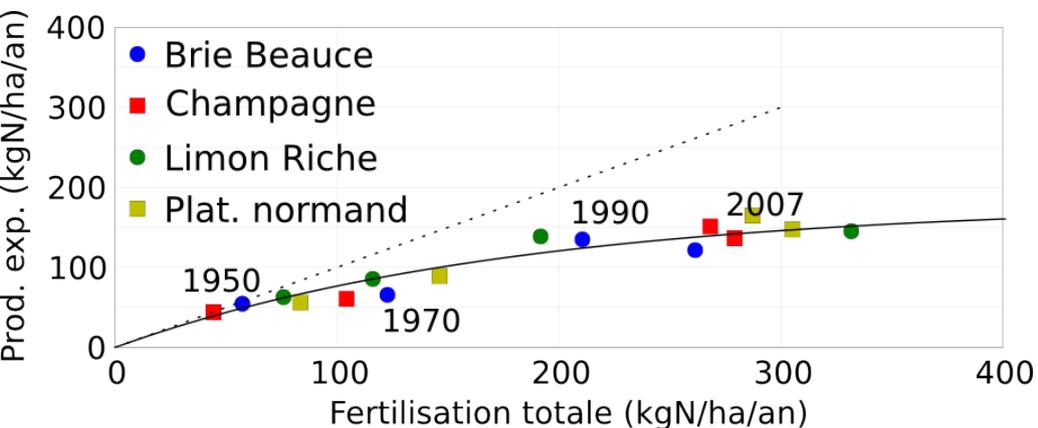


Fertilisation ++, puis --

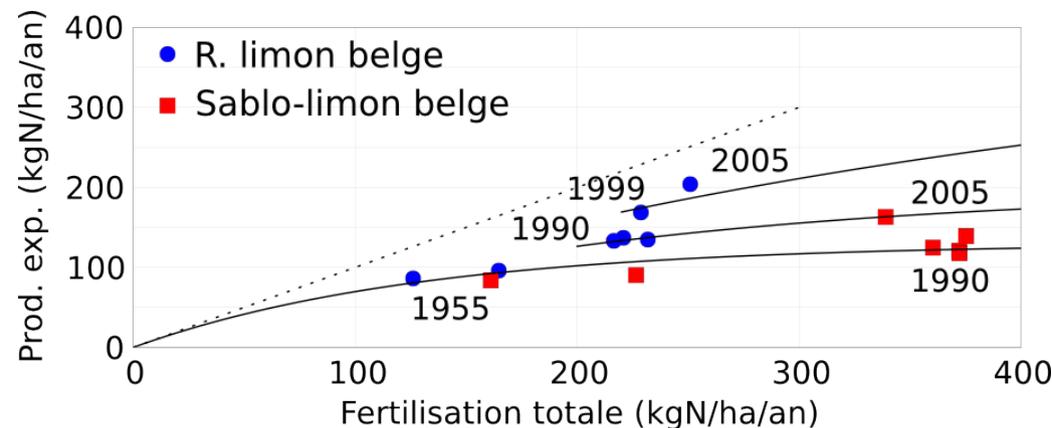


## Des trajectoires contrastées

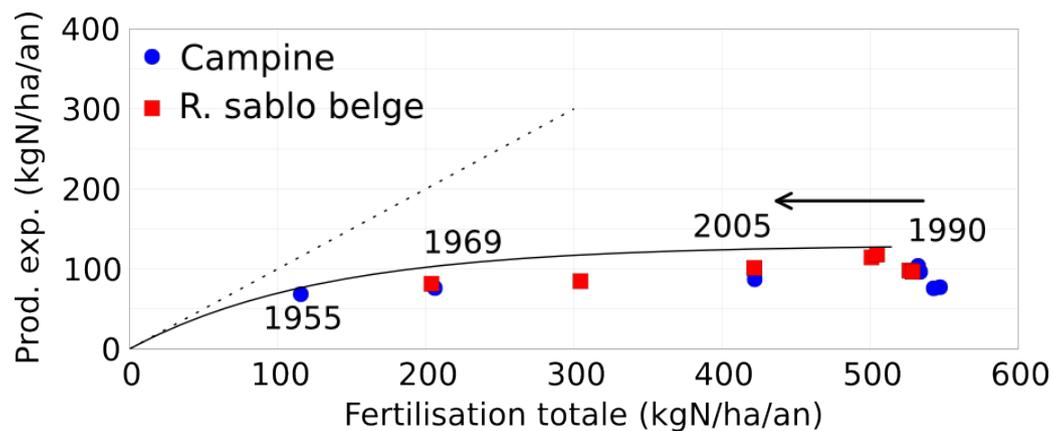
Fertilisation ++, rendements +

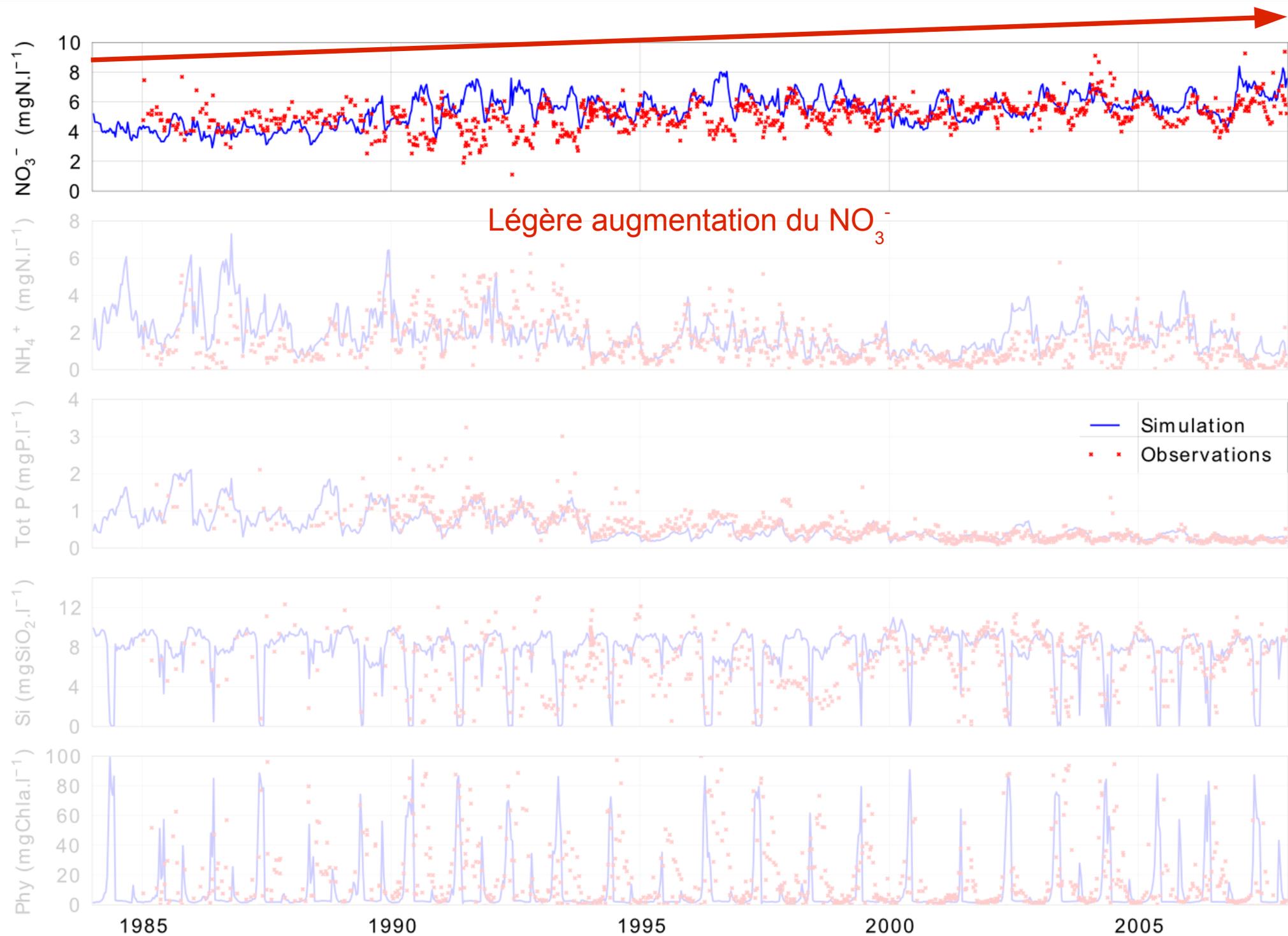


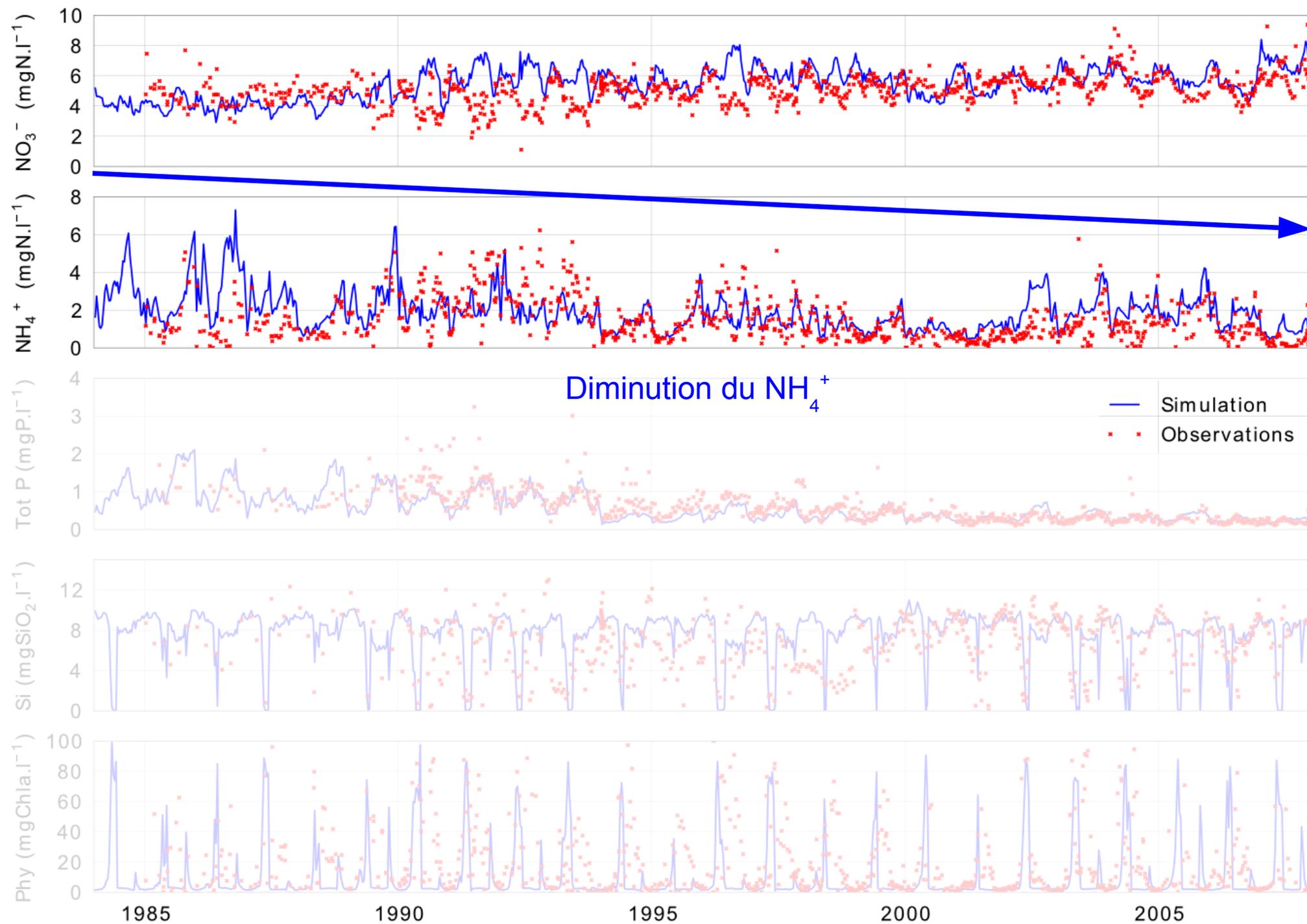
Fertilisation ++, rendements ++

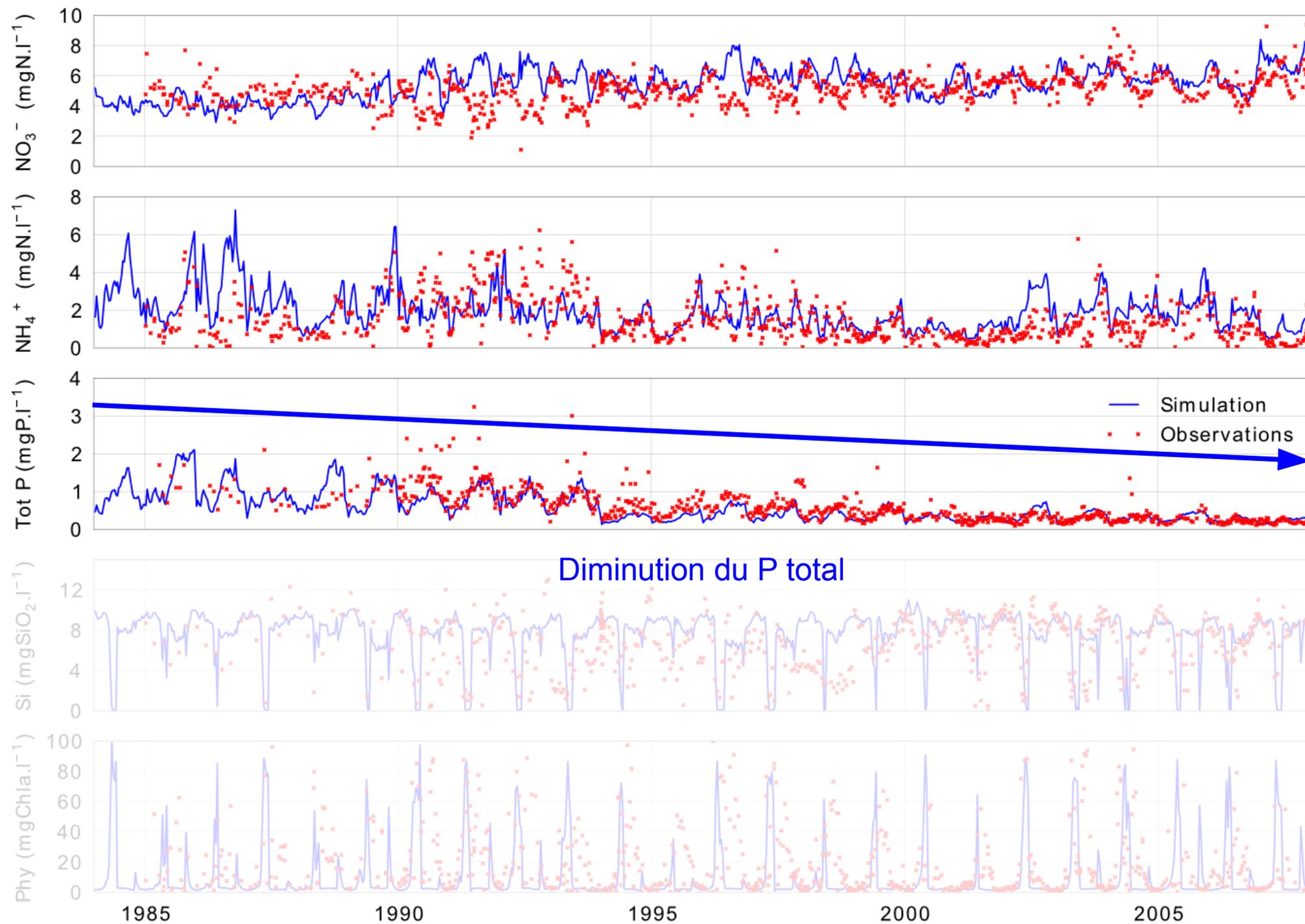


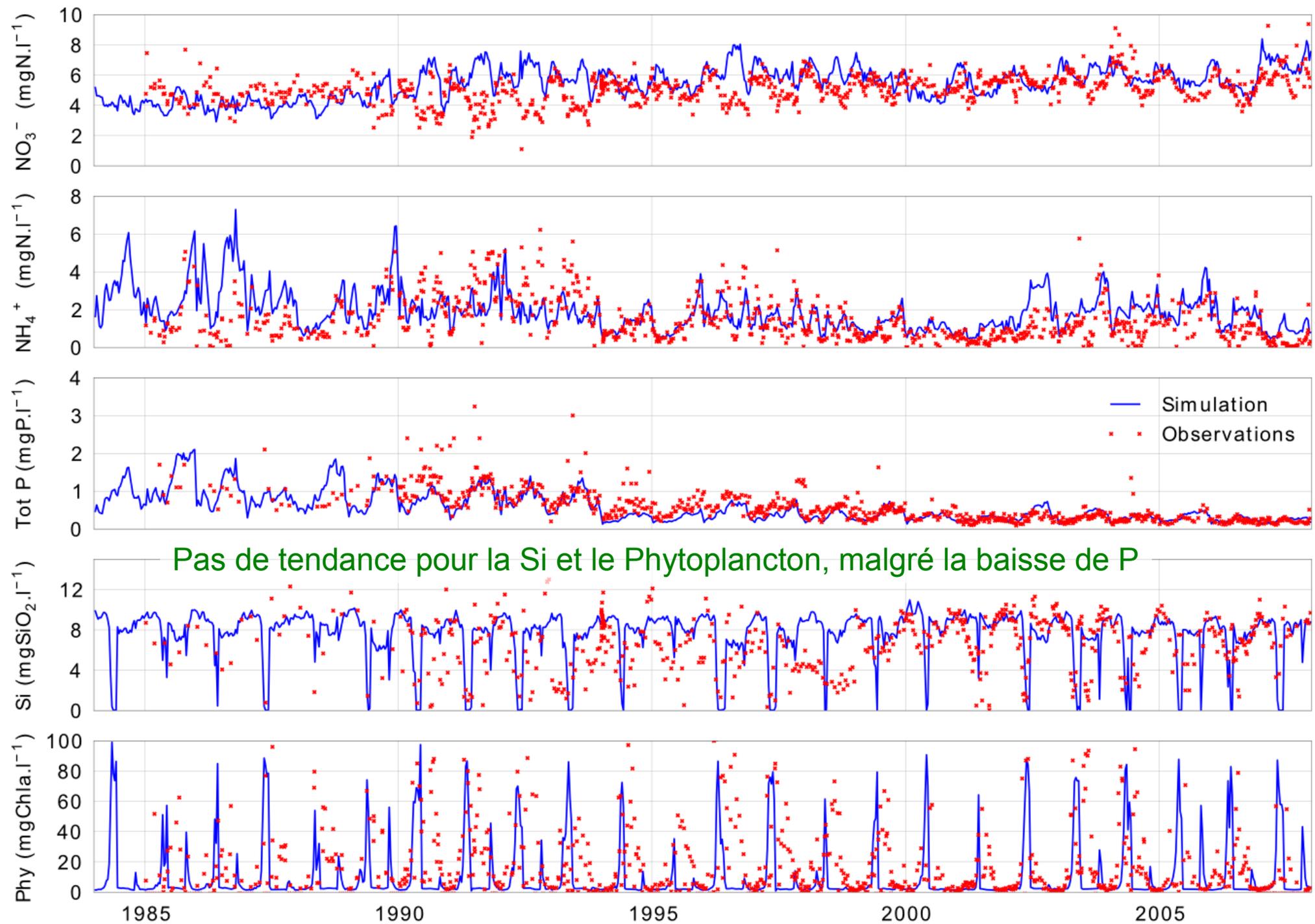
Fertilisation ++, puis --

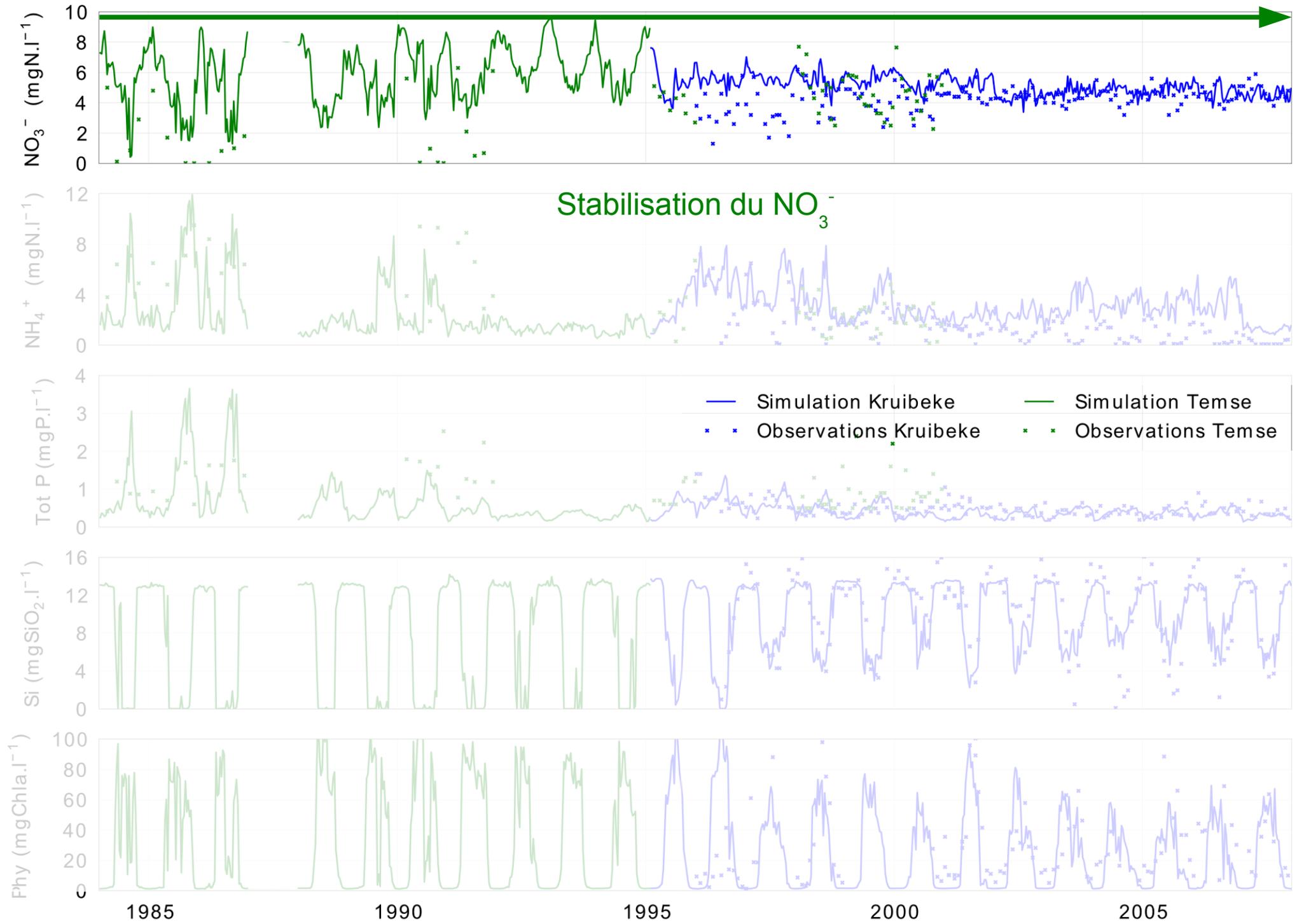


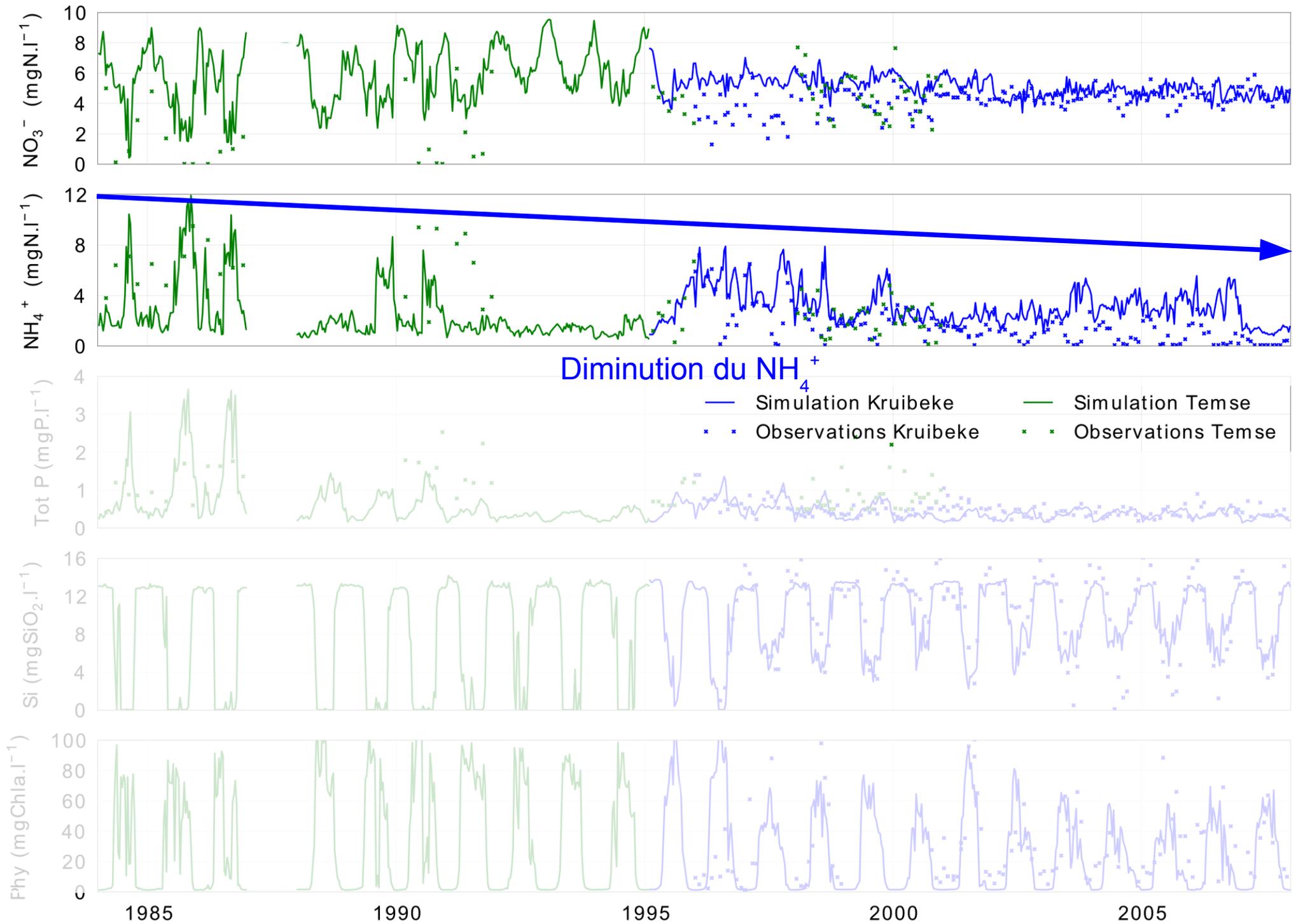


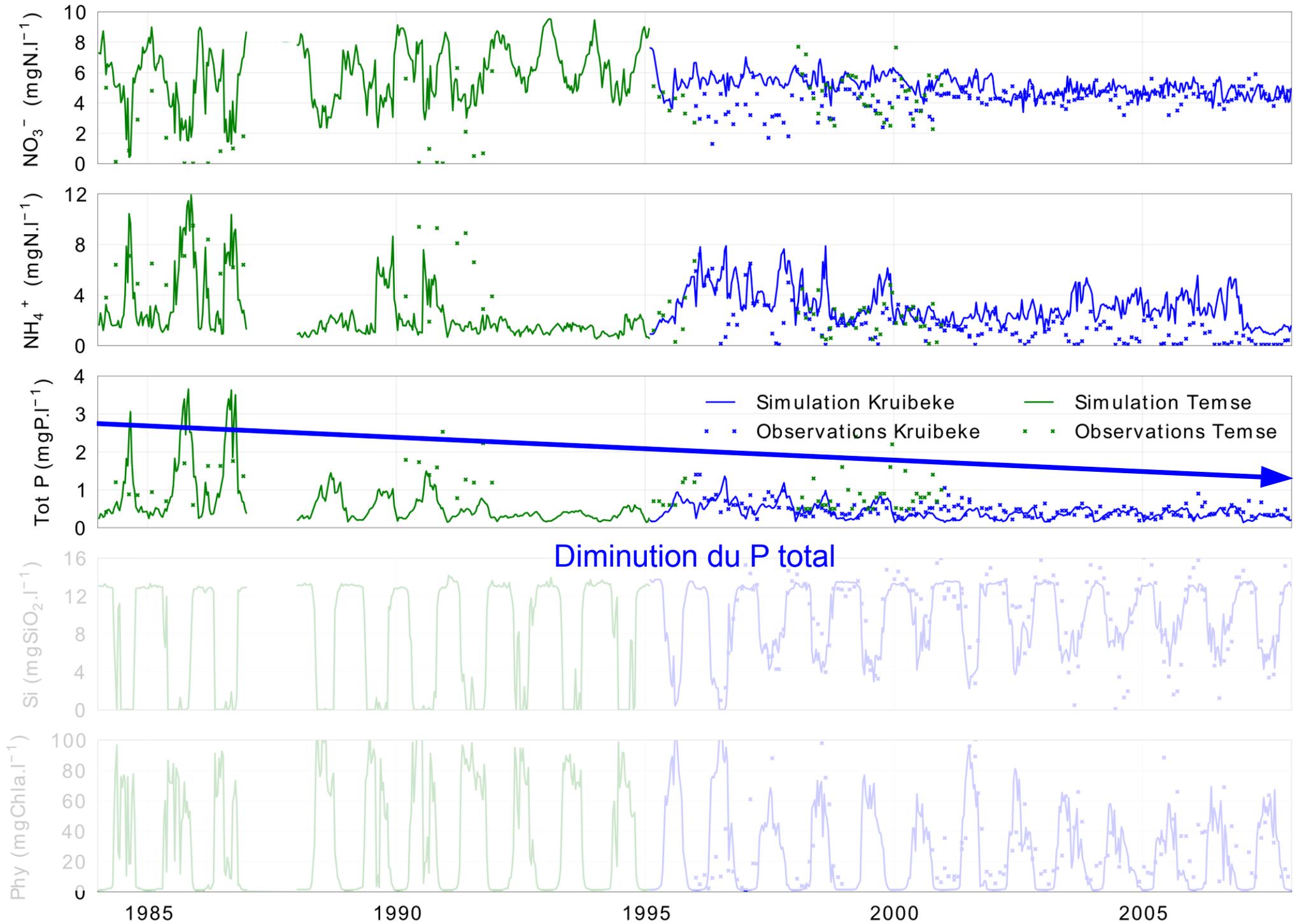


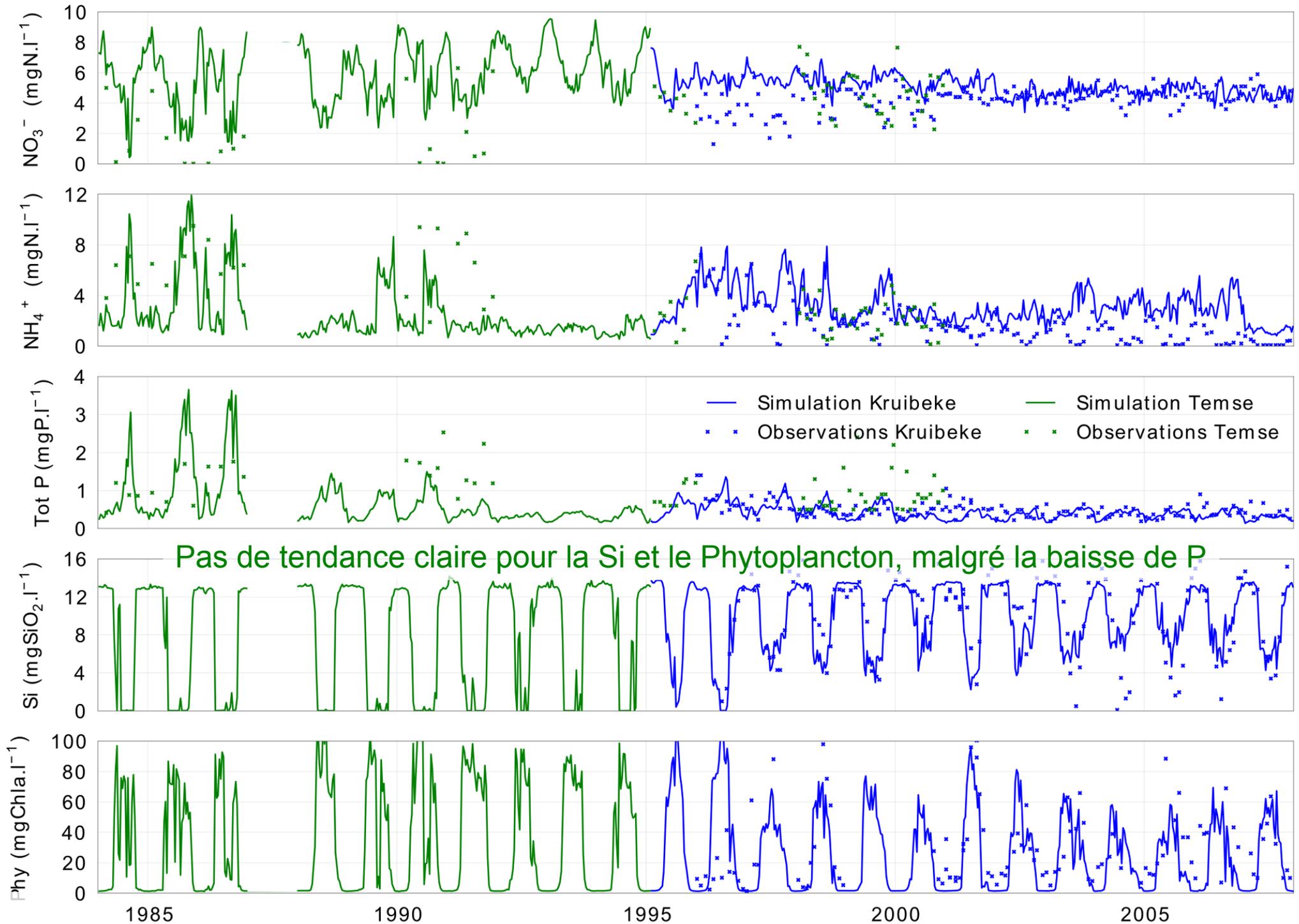






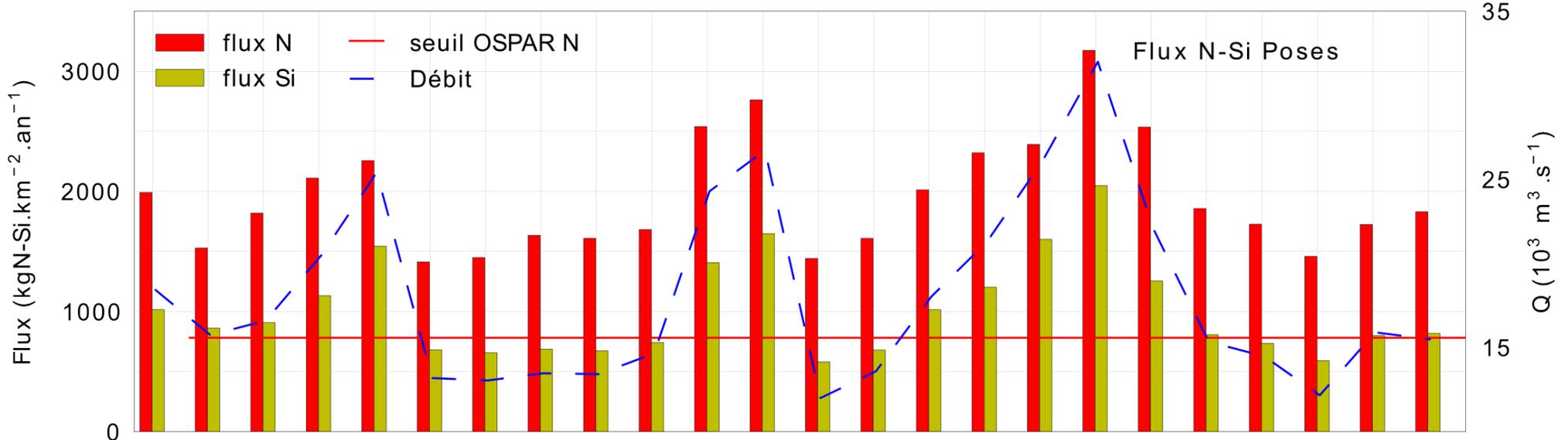




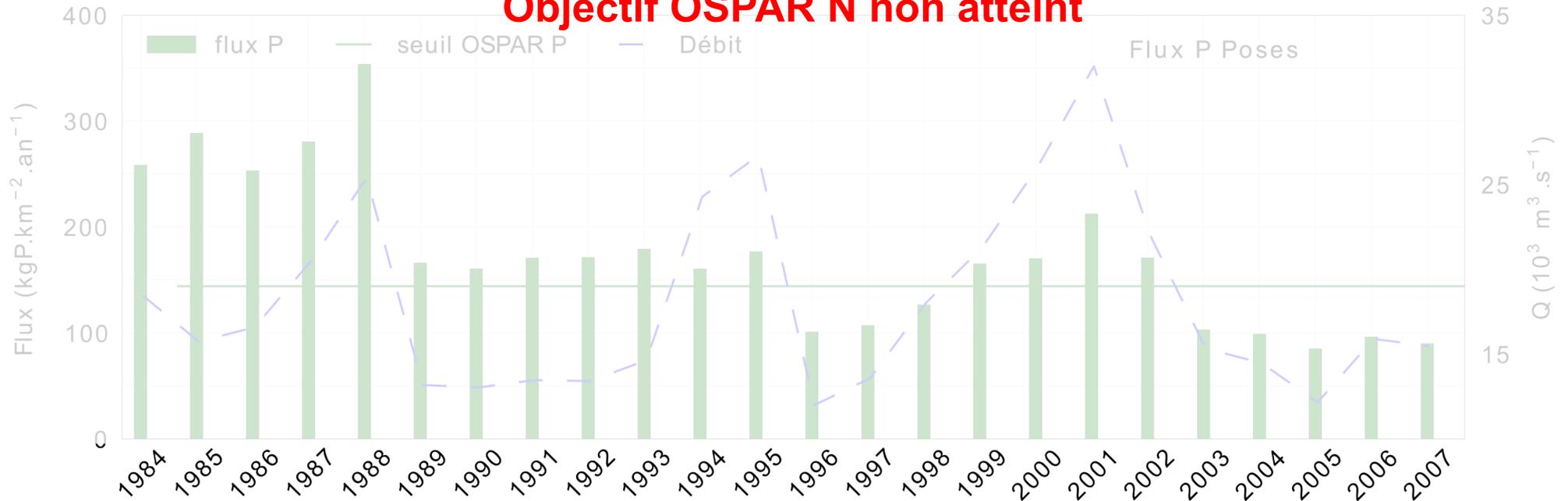


## Flux N, P, Si à Poses

N et Si d'origine **diffuse** = très sensibles à l'hydrologie

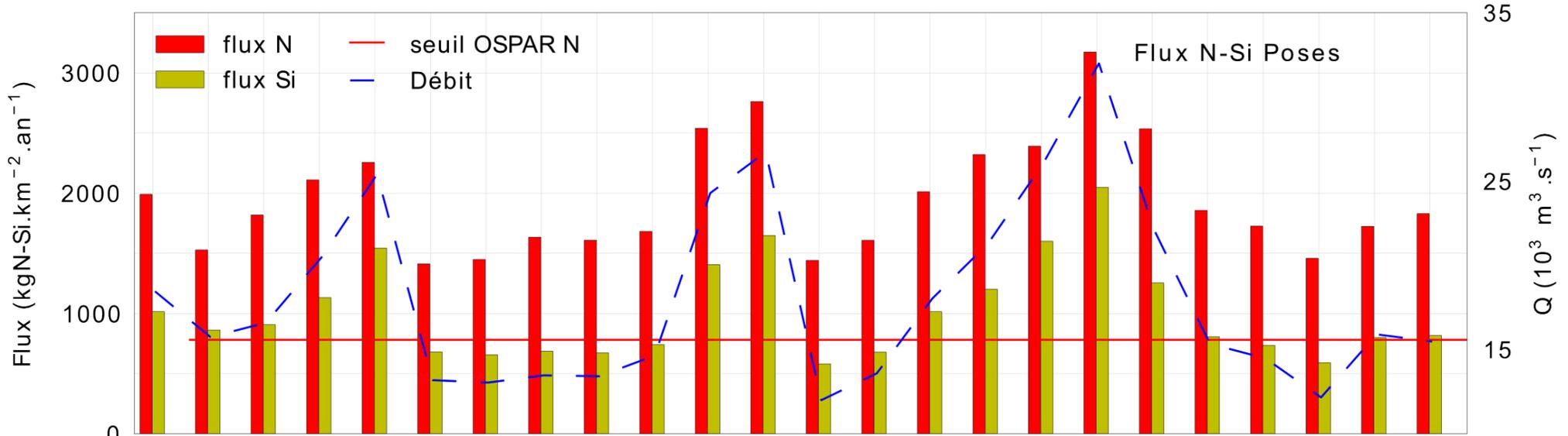


**Objectif OSPAR N non atteint**

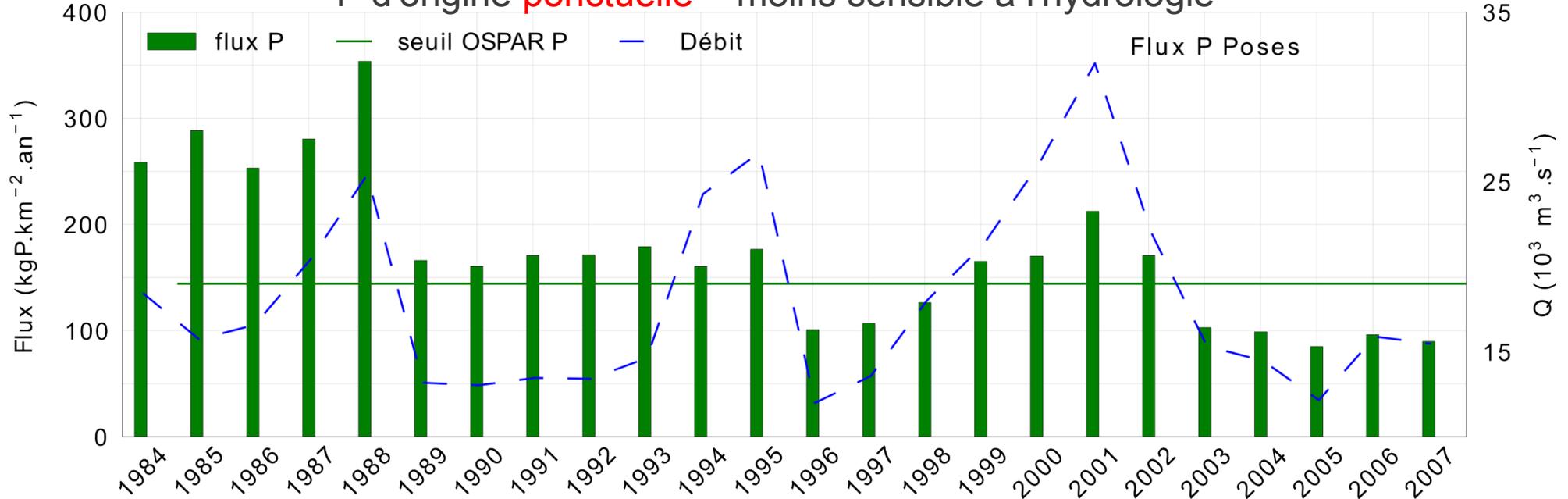


## Flux N, P, Si à Poses

N et Si d'origine **diffuse** = très sensibles à l'hydrologie



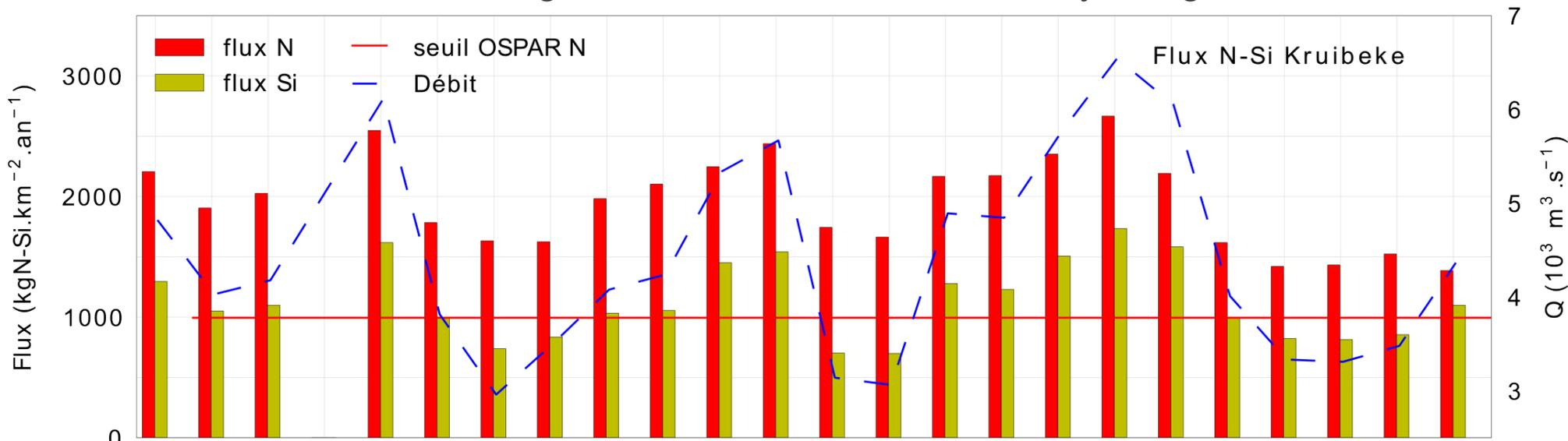
P d'origine **ponctuelle** = moins sensible à l'hydrologie



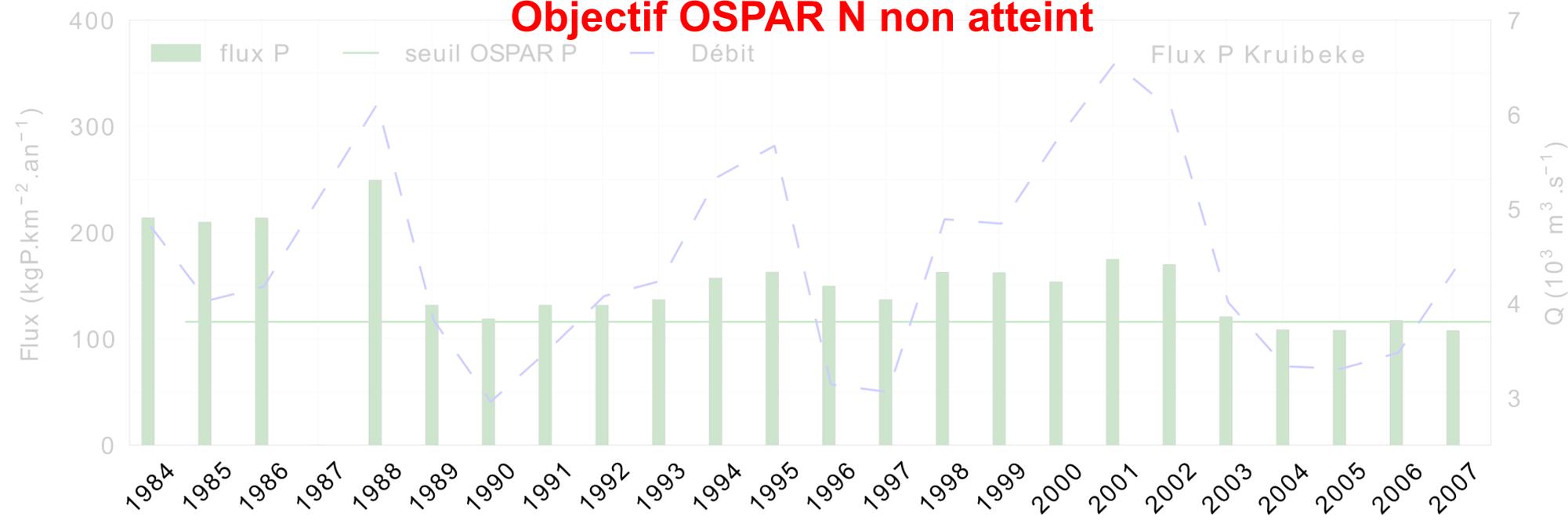
**Objectif OSPAR P atteint**

## Flux N, P, Si à l'exutoire de l'Escaut

N et Si d'origine **diffuse** = très sensibles à l'hydrologie

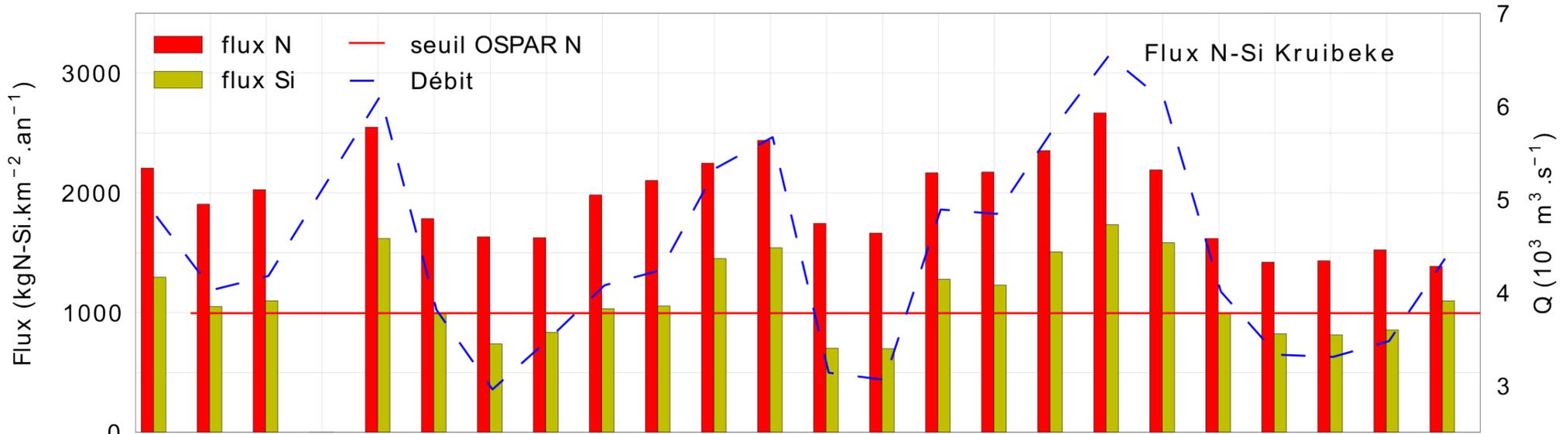


**Objectif OSPAR N non atteint**

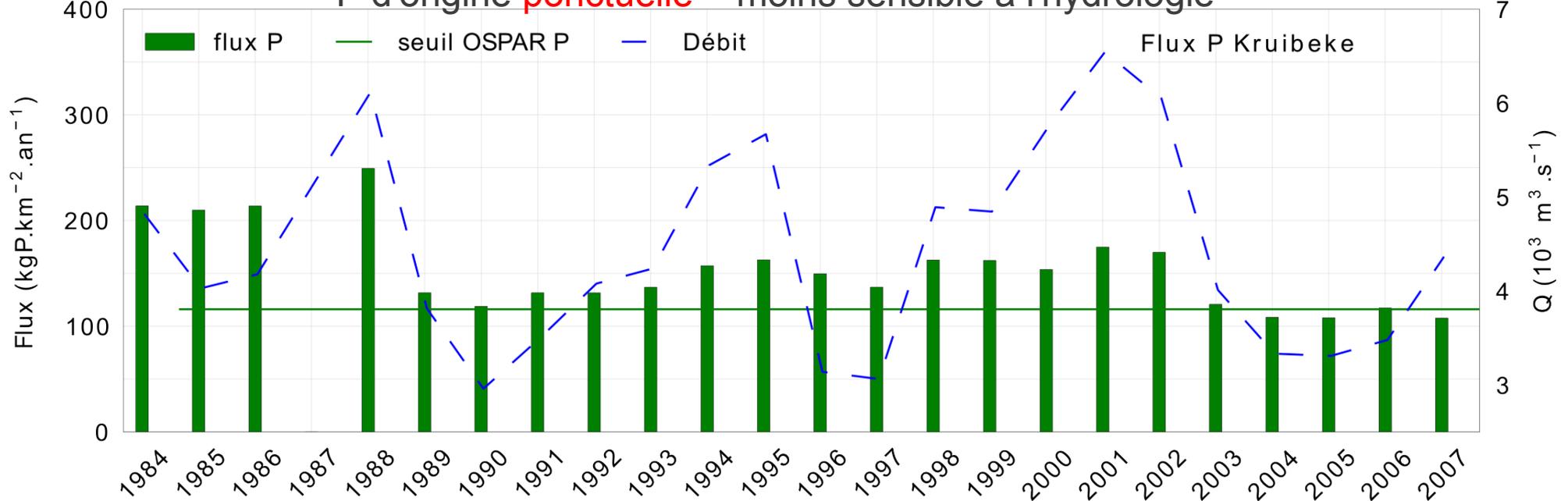


## Flux N, P, Si à l'exutoire de l'Escaut

N et Si d'origine **diffuse** = très sensibles à l'hydrologie

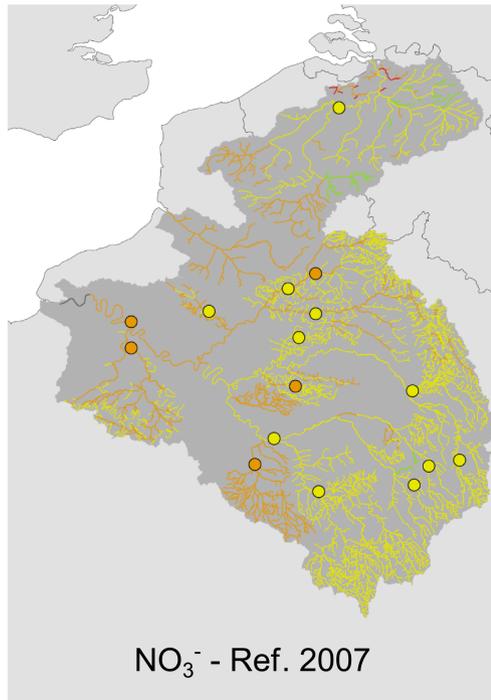
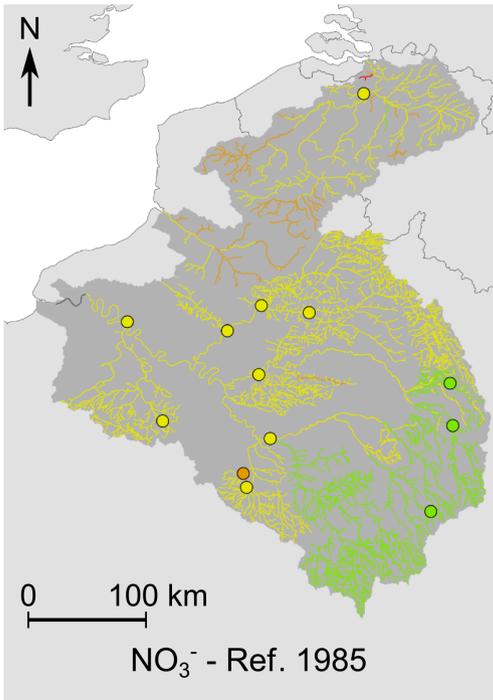


P d'origine **ponctuelle** = moins sensible à l'hydrologie

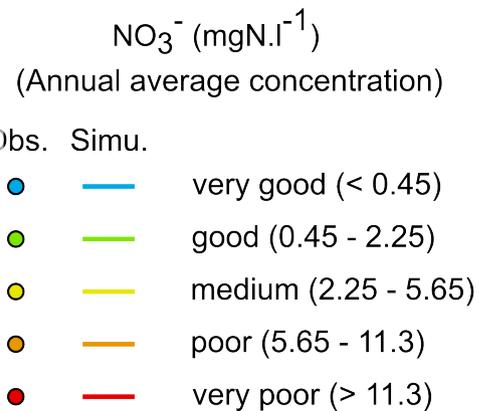
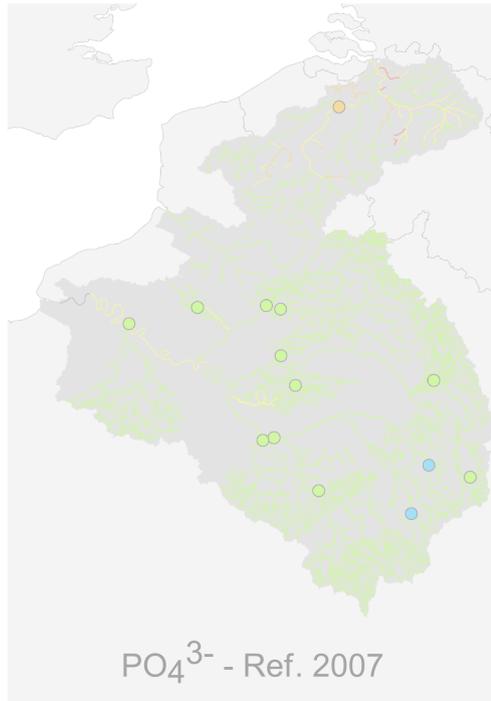
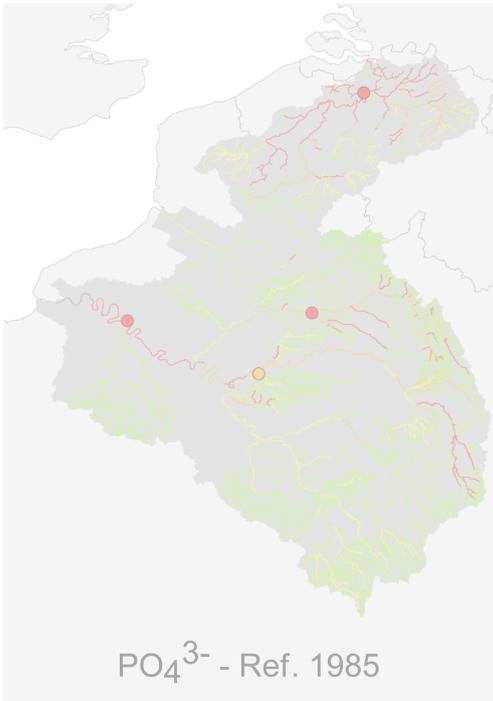


**Objectif OSPAR P atteint**

## Evolution de la qualité de l'eau au sein des bassins

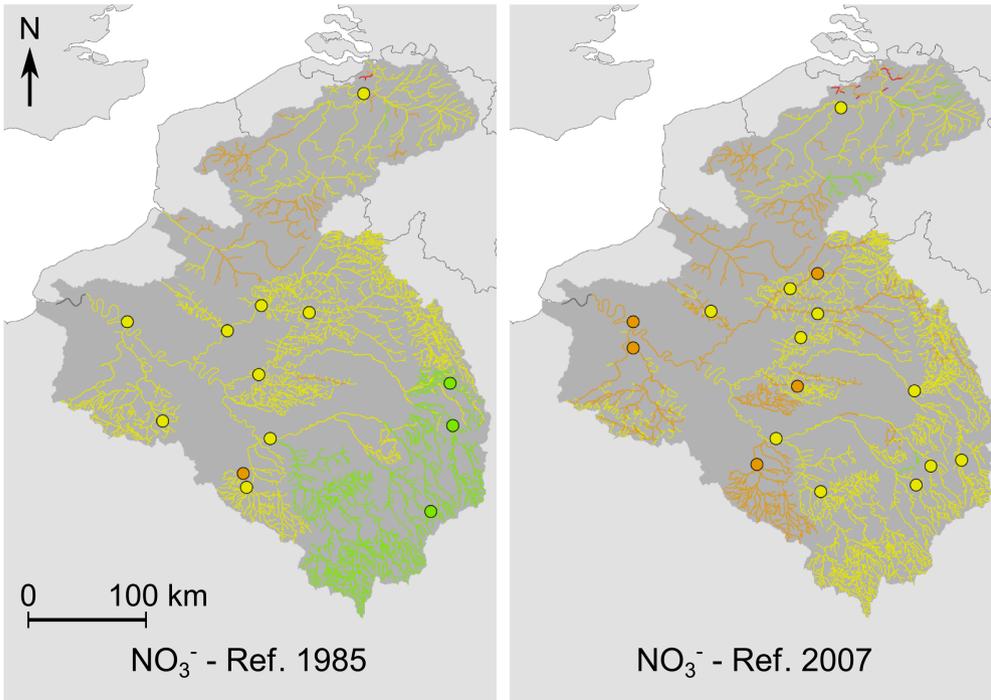


**Augmentation des concentrations en nitrate**

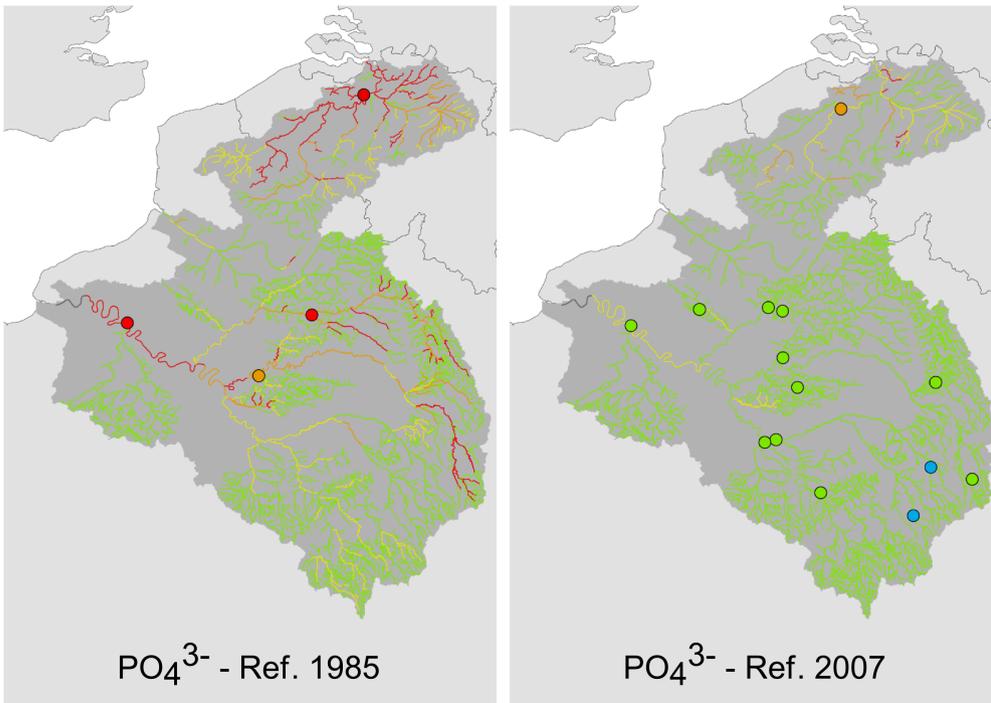


**Échelle DCE**

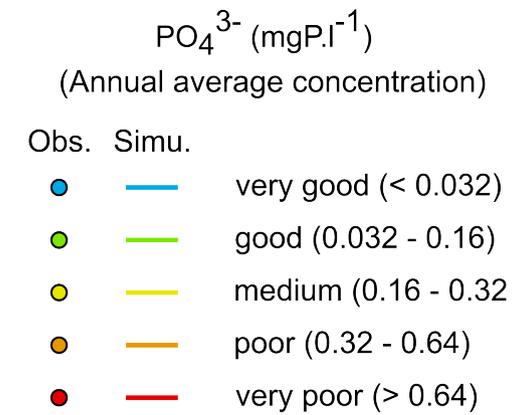
## Evolution de la qualité de l'eau au sein des bassins



**Augmentation des concentrations en nitrate**

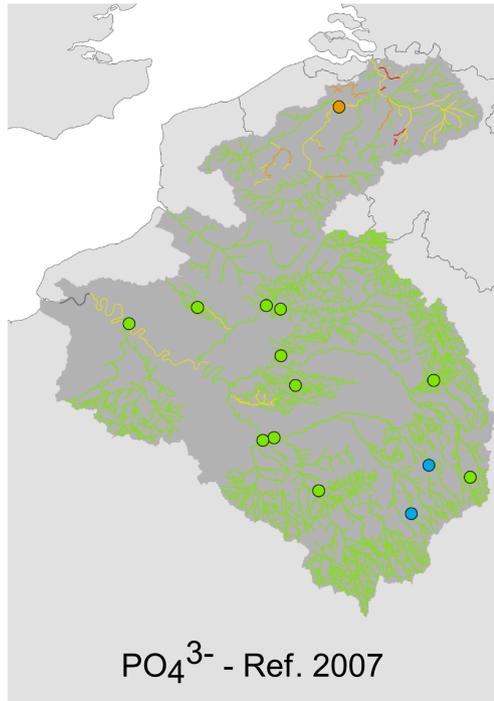
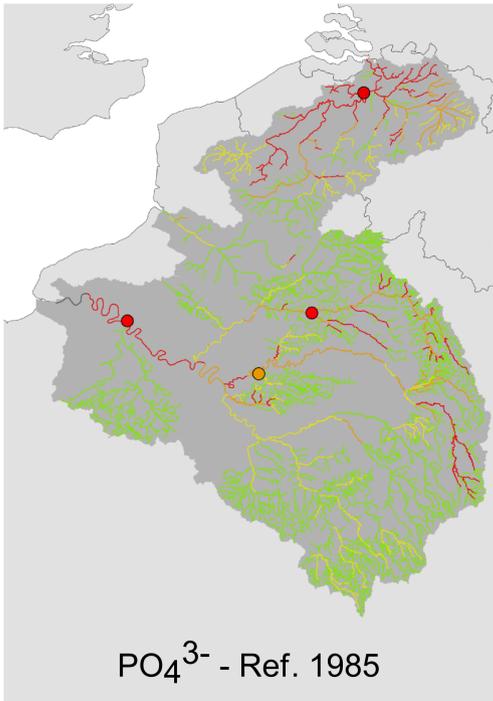
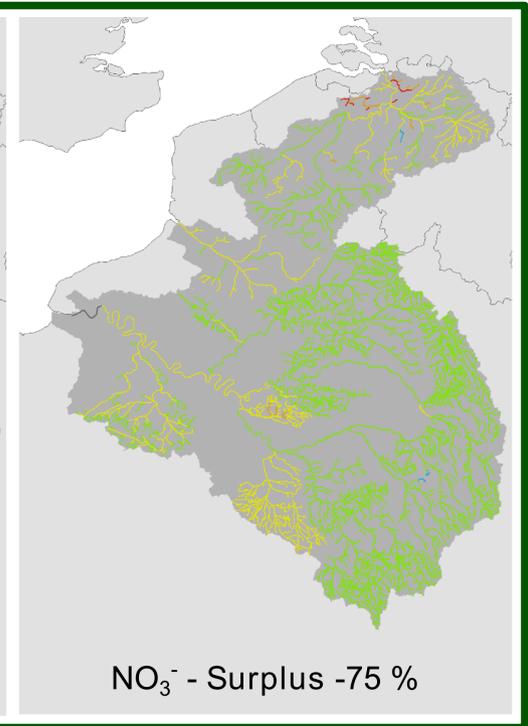
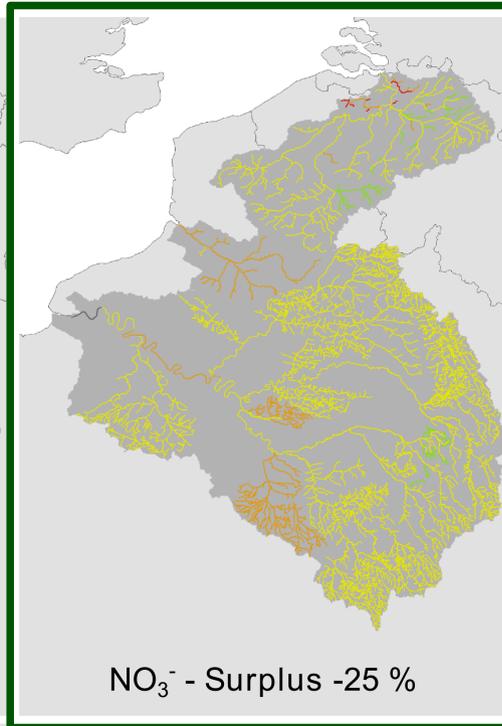
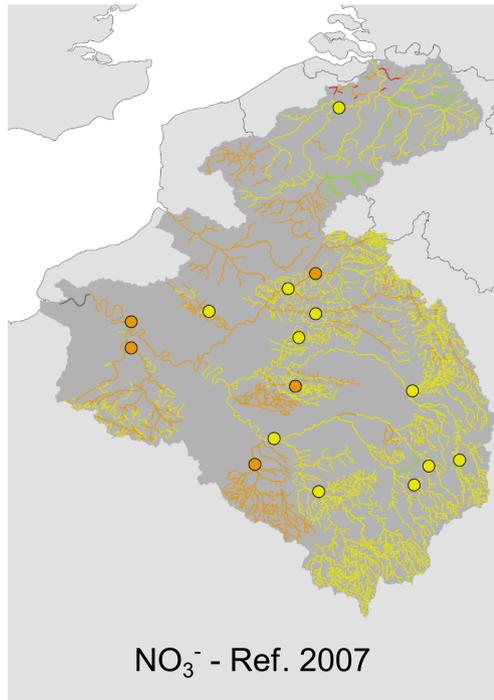
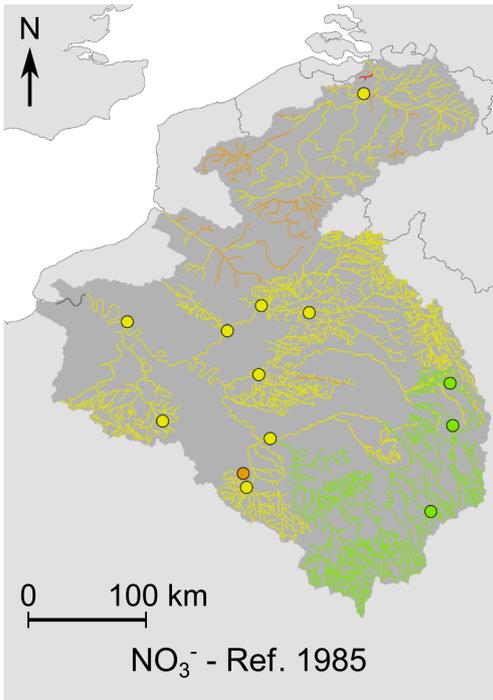


**Diminution des concentrations en phosphore**



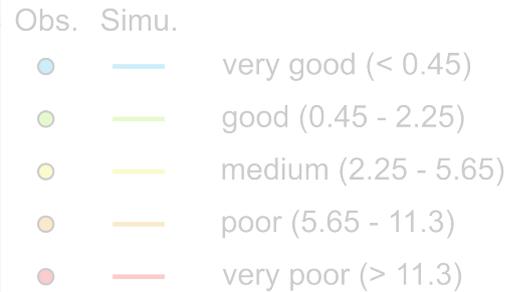
## Scénarios de réduction des surplus

## Scénarios



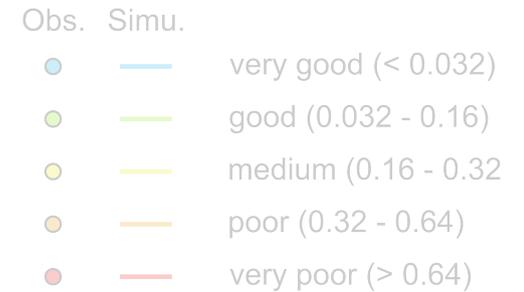
**Amélioration, qualité « moyenne »**

(Annual average concentration)



**Amélioration, qualité « bonne »**

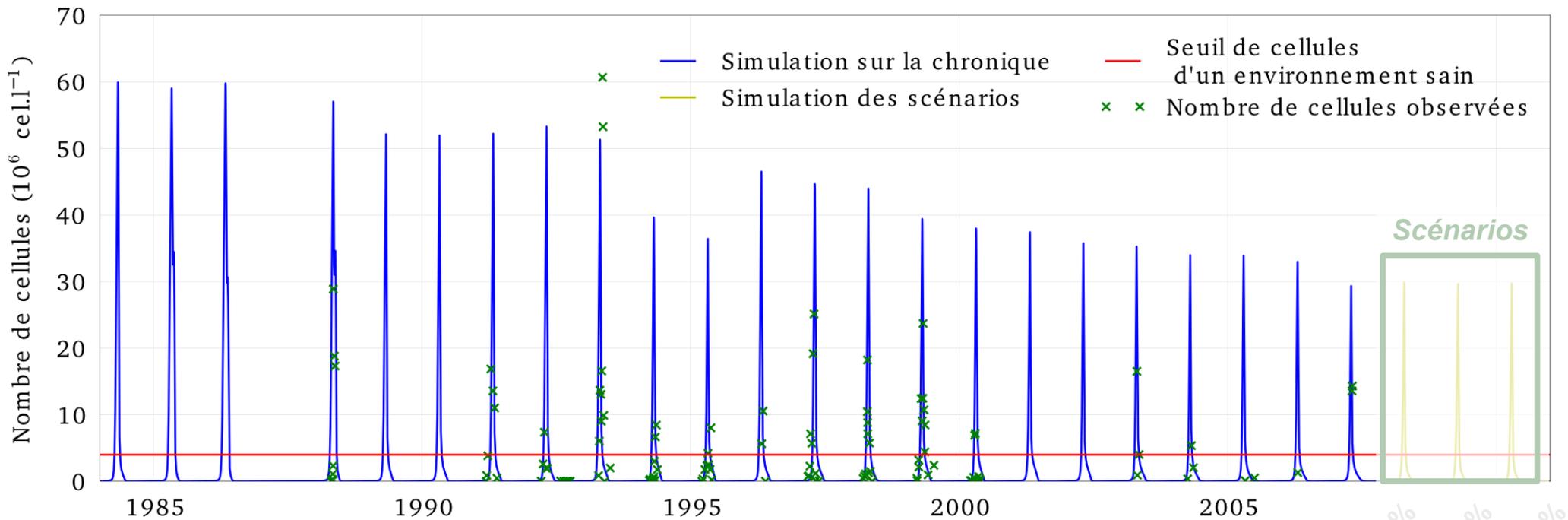
(Annual average concentration)



Intensité des efflorescences de *Phaeocystis* en mer du Nord

## Evolution depuis 1984

Diminution de 60 millions de cellules à 30 millions

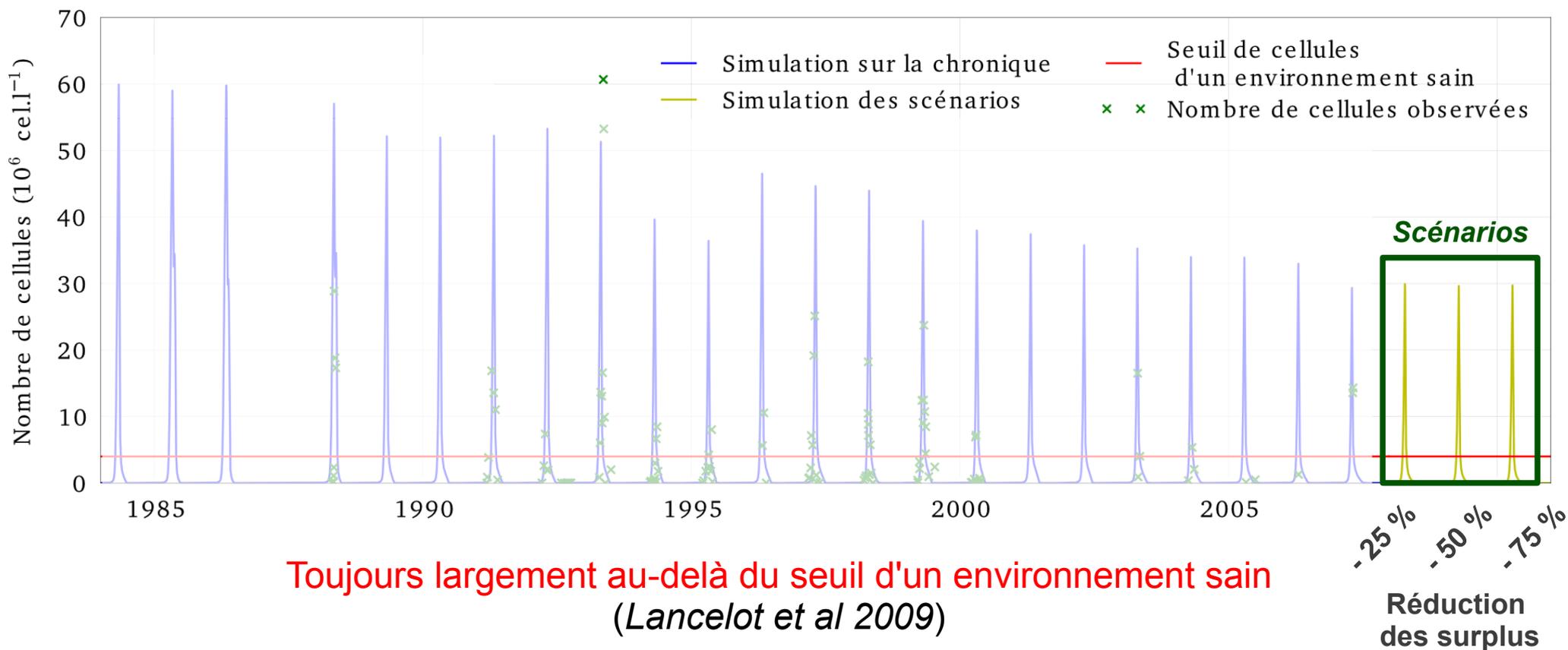


Toujours largement au-delà du seuil d'un environnement sain  
(Lancelot et al 2009)

Intensité des efflorescences de *Phaeocystis* en mer du Nord

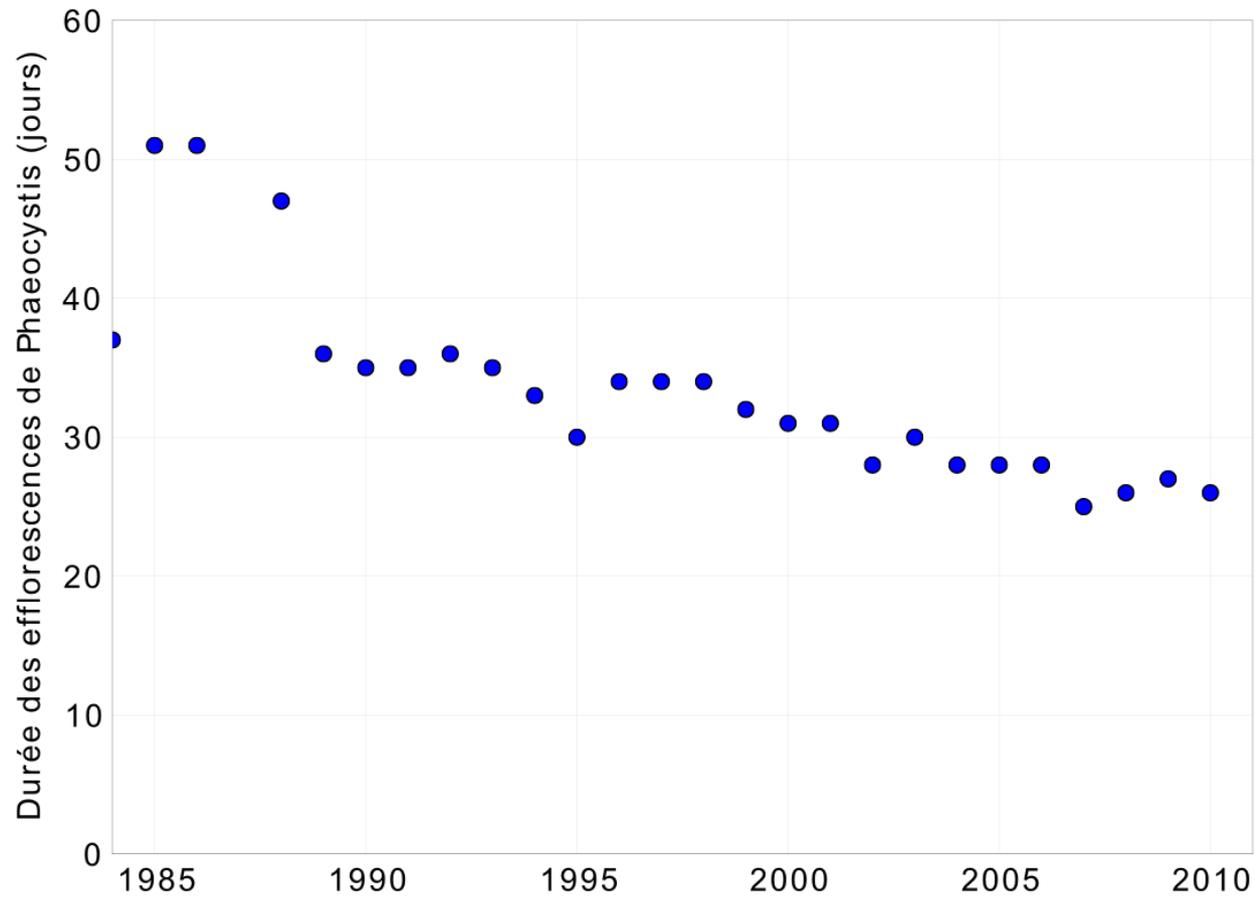
## Scénarios de réduction de surplus

Pas de diminution supplémentaire

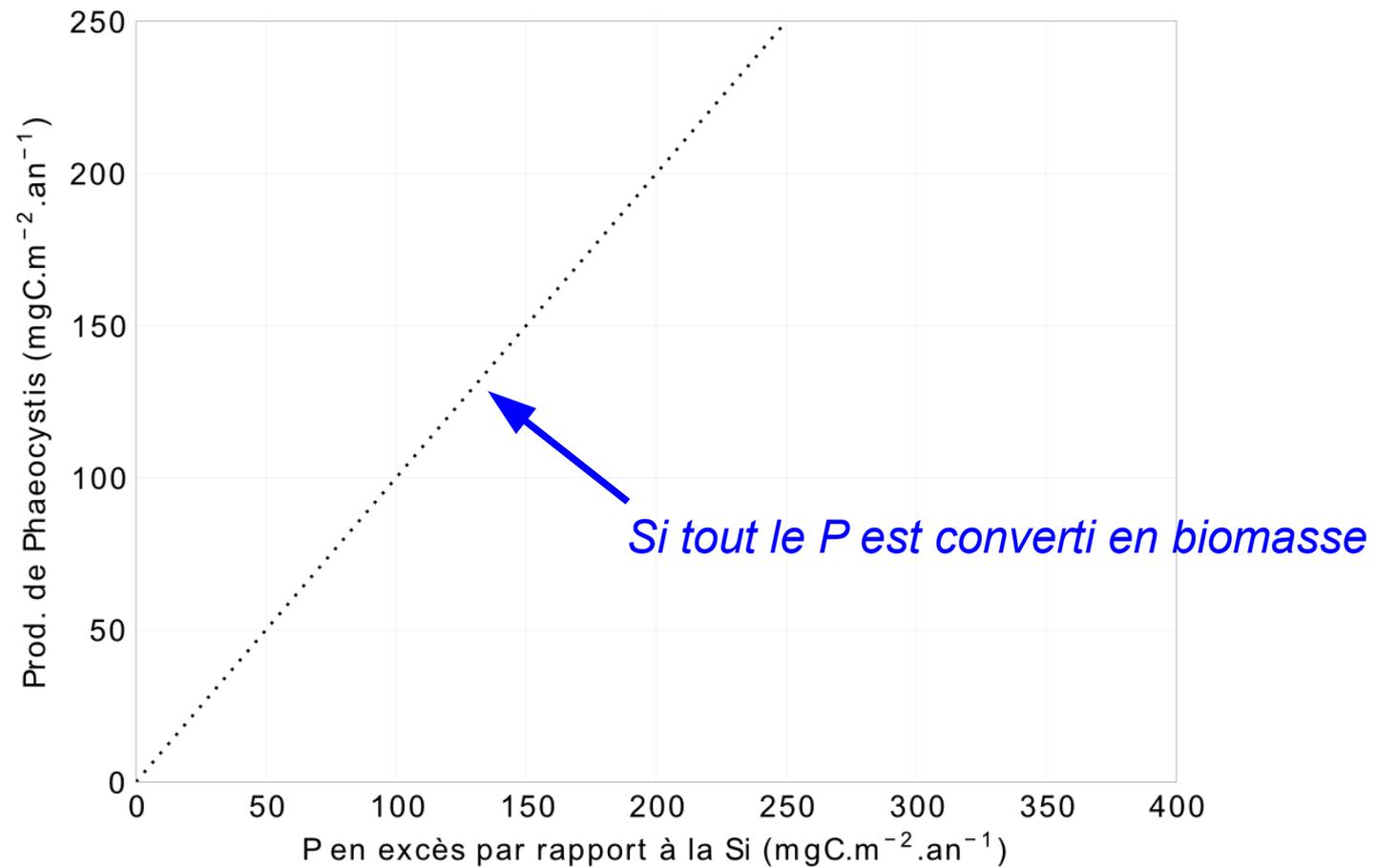


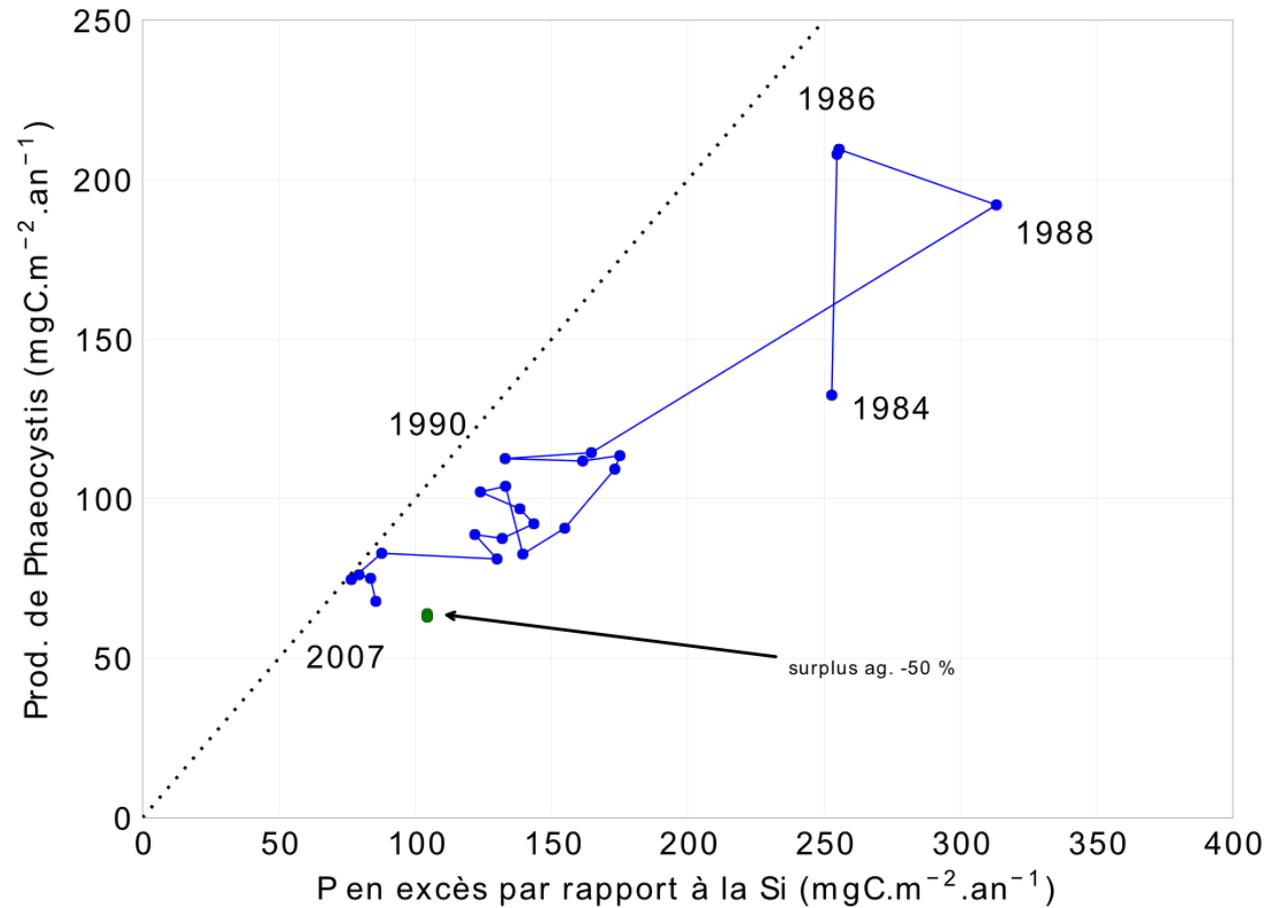
Développement de *Phaeocystis* en mer du Nord

## Durée des efflorescences



Diminution de 51 à 28 jours

Développement de *Phaeocystis* en mer du NordProduction de *Phaeocystis*

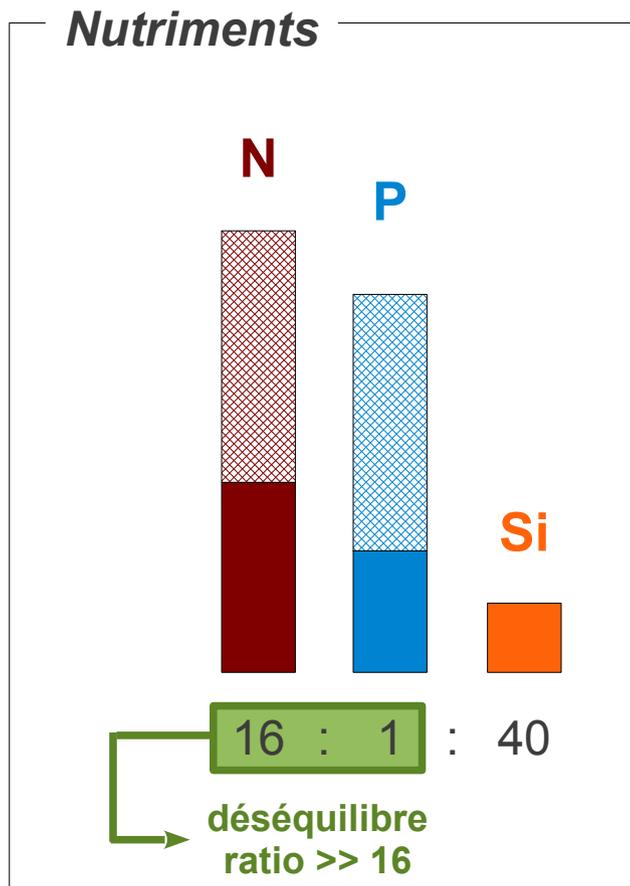
Développement de *Phaeocystis* en mer du NordProduction de *Phaeocystis*

*Phaeocystis* gouverné par le phosphore

Quels changements en termes de nutriments exportés à la mer ?

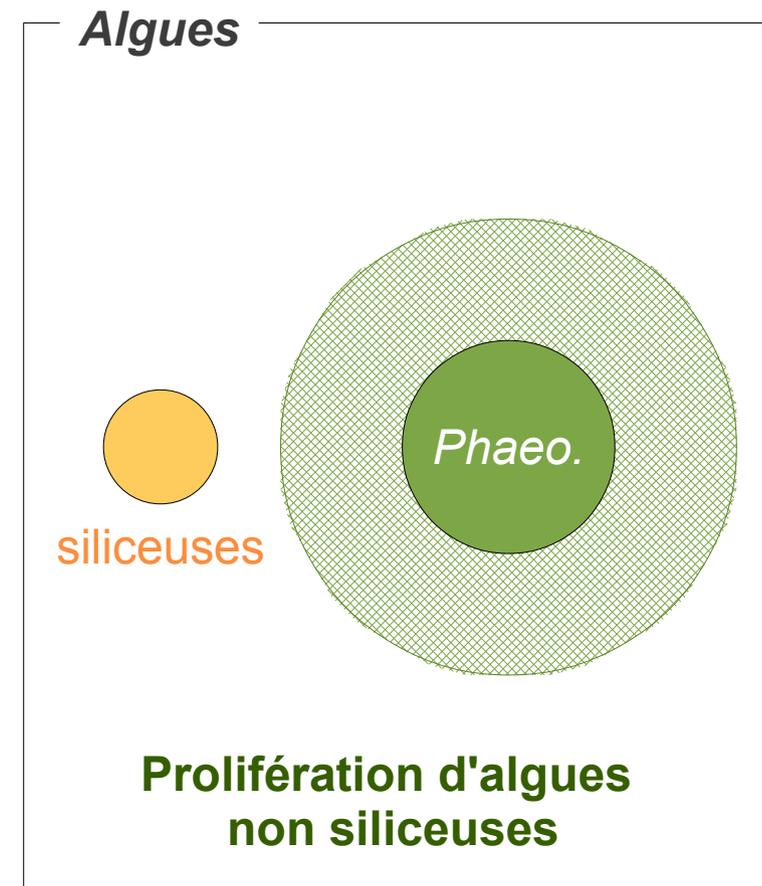
Quels impacts pour la zone côtière ?

1984



*prélèvement*

ratio C:N:P:(Si)

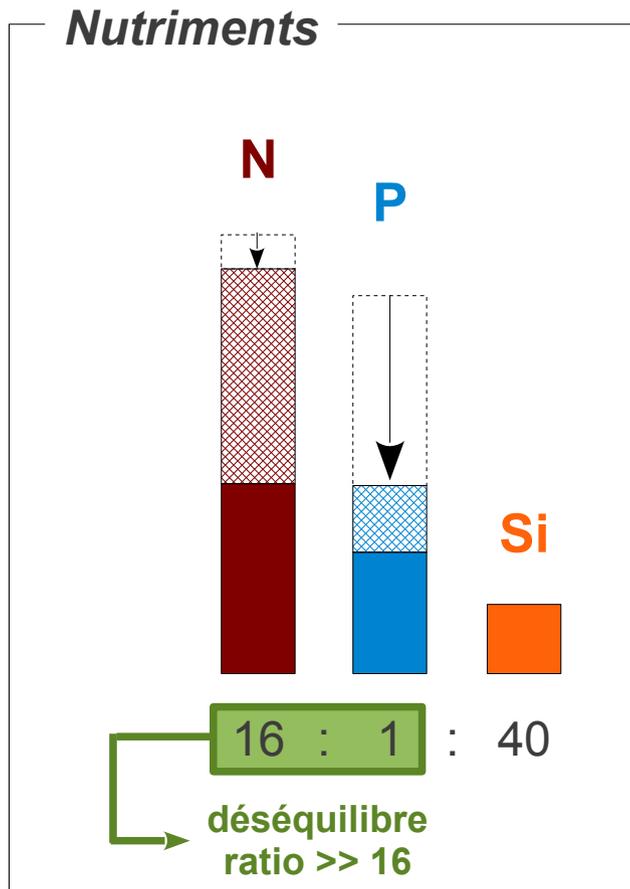


**N limitant**

Quels changements en termes de nutriments exportés à la mer ?

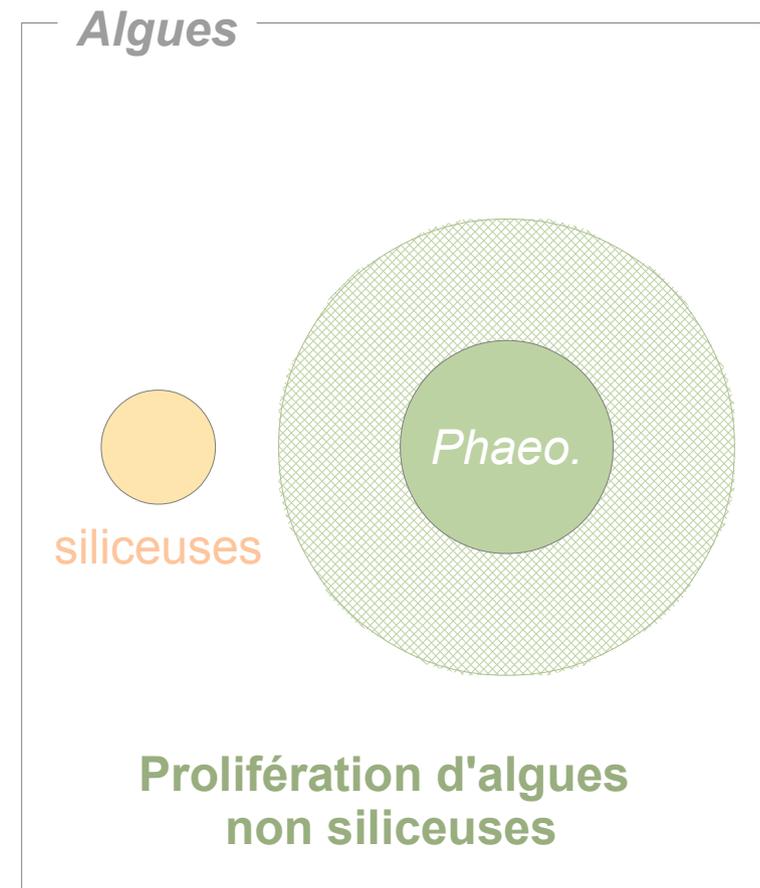
Quels impacts pour la zone côtière ?

1984 → 2007



*prélèvement*

ratio C:N:P:(Si)

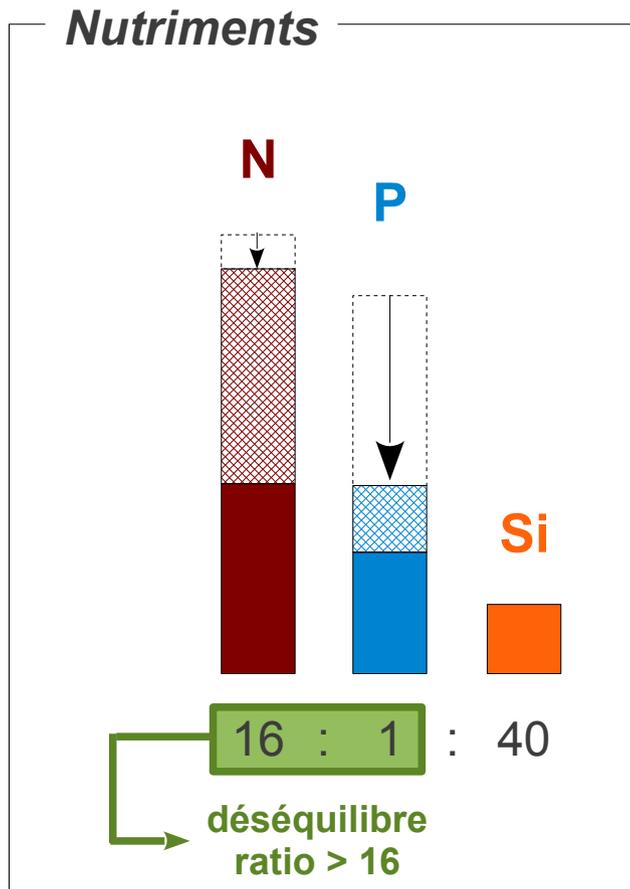


**N limitant**

Quels changements en termes de nutriments exportés à la mer ?

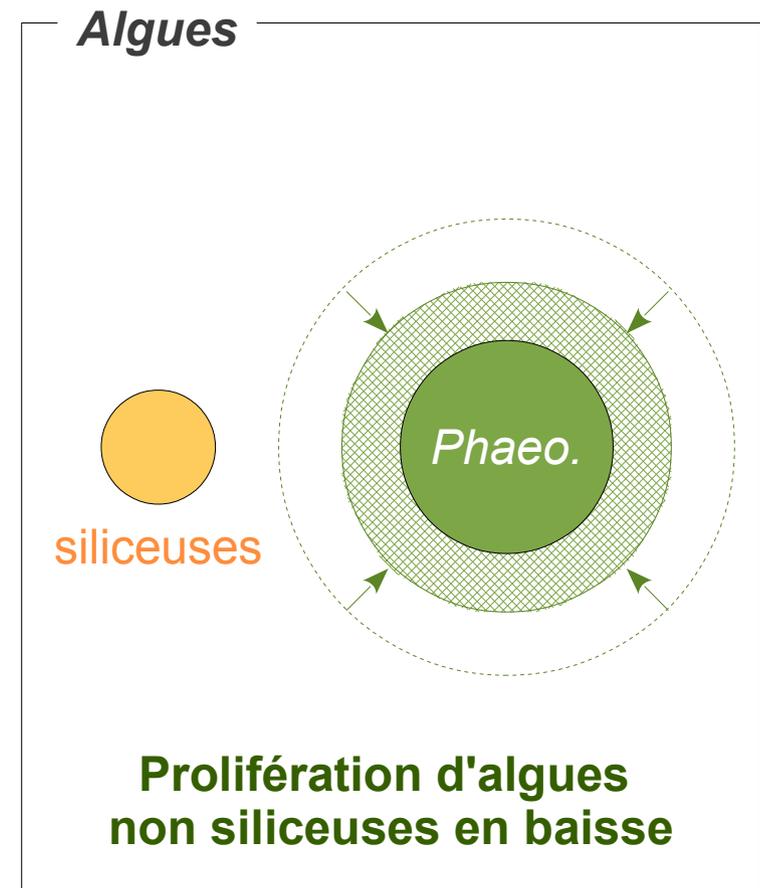
Quels impacts pour la zone côtière ?

1984 → 2007



*prélèvement*

ratio C:N:P:(Si)

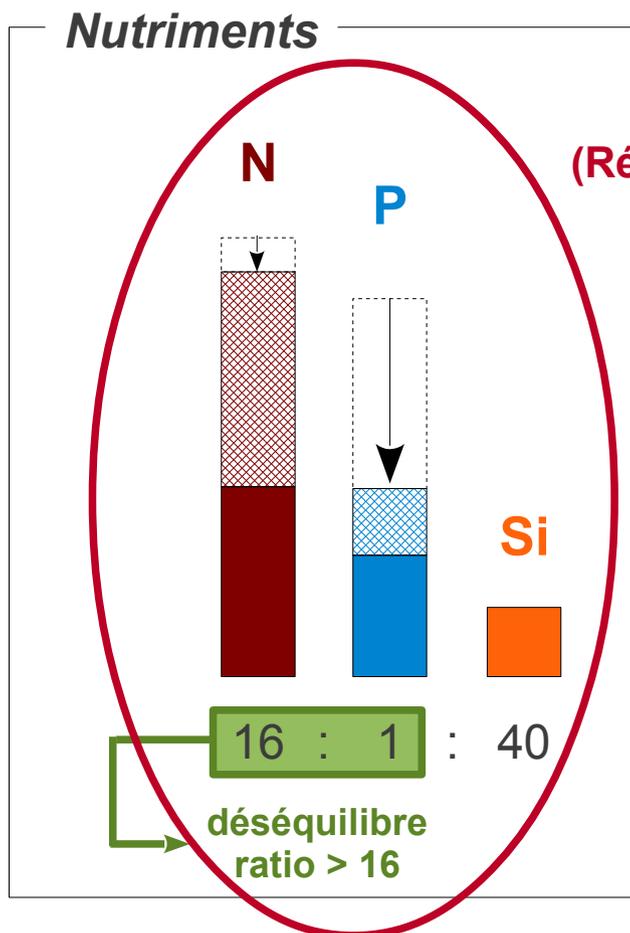


**P limitant**

Quels changements en termes de nutriments exportés à la mer ?

Quels impacts pour la zone côtière ?

1984 → 2007



**Réduire les flux d'azote !**  
(Réduire *Phaeocystis* n'est pas le seul objectif)

prélèvement  
→  
ratio C:N:P:(Si)



Prolifération d'algues  
non siliceuses

**P limitant**

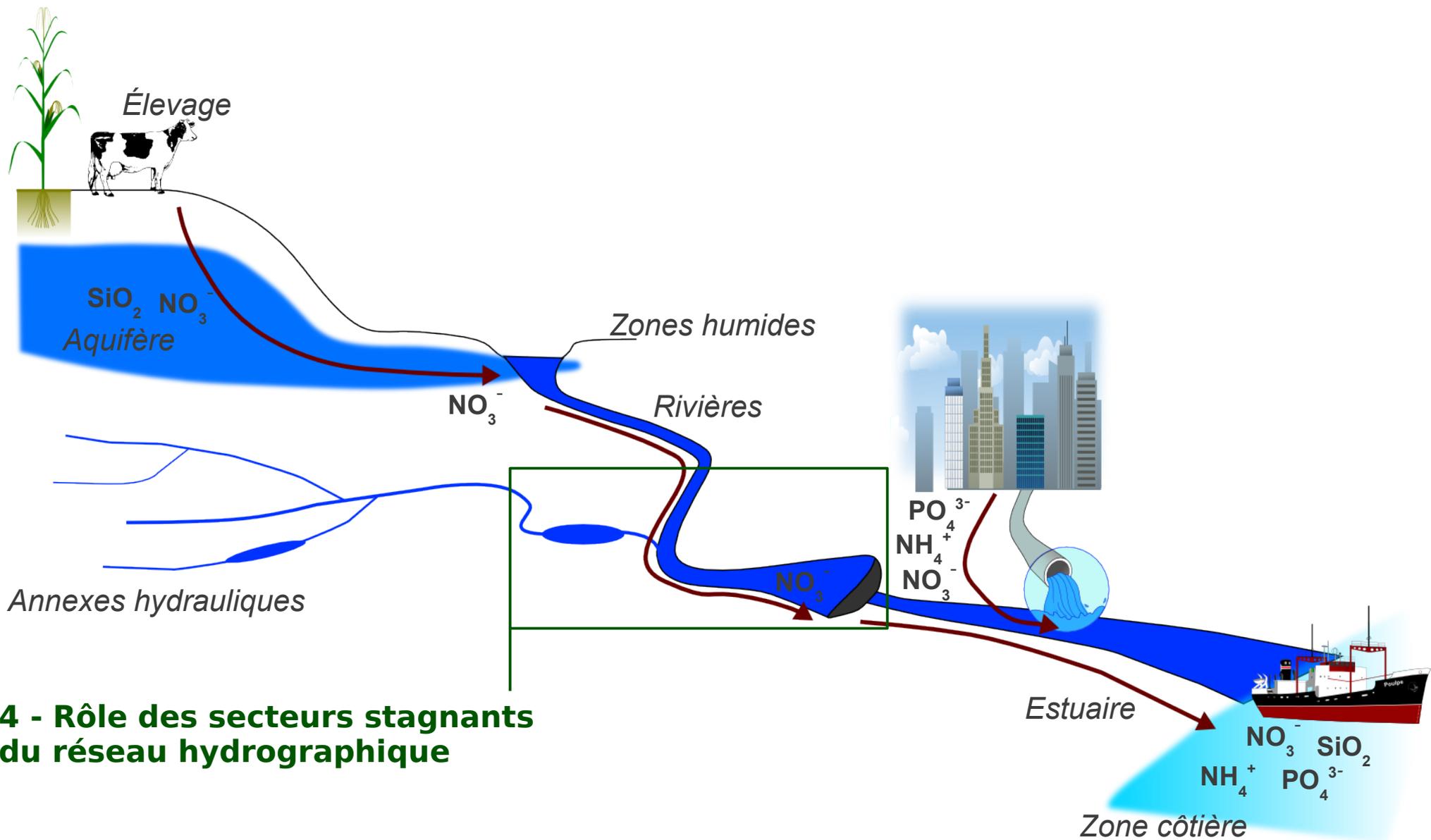
Gène pour la potabilisation,  
efflorescences d'algues toxiques ...

## II - QUELS RÔLES JOUENT LES SECTEURS STAGNANTS SUR LES FLUX DE NUTRIMENTS ?

Comment les étangs abattent-ils l'azote ?

Quels scénarios de réintroduction d'étangs ?

Quelle efficacité en termes de réductions des flux d'azote  
d'une telle **mesure curative** ?



## 4 - Rôle des secteurs stagnants du réseau hydrographique

### Abattement d'azote dans les étangs, lacs et réservoirs



Grands Lacs de Seine  
**rétenion N = 40 %**  
(Garnier et al, 1999)



Zones humides artificielles  
(État-Unis)  
**rétenion N = 43 %**  
(Mitsch et al, 2005)



Lacs scandinaves  
**rétenion N = 55 %**  
(Jansson et al, 1994)

Principal mécanisme de rétention : **dénitrification benthique**

Avantage de se focaliser sur les étangs : « facile » à intégrer à Seneque

## Localisation et caractéristiques de la « Mare à Gobard »



**Bassin de l'Orgeval**

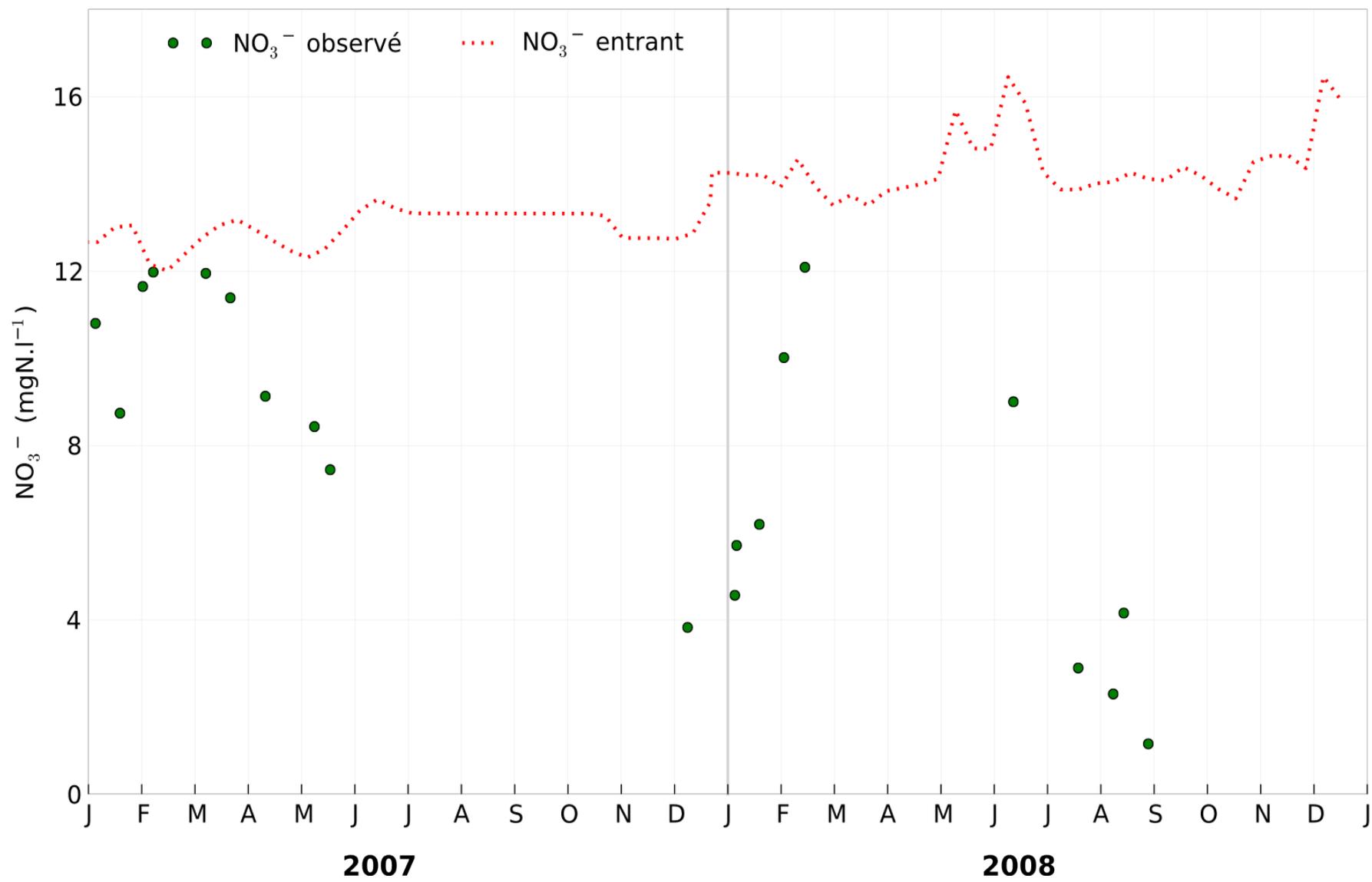


Volume  $\approx 8\,000\text{ m}^3$

Superficie  $\approx 3\,700\text{ m}^2$

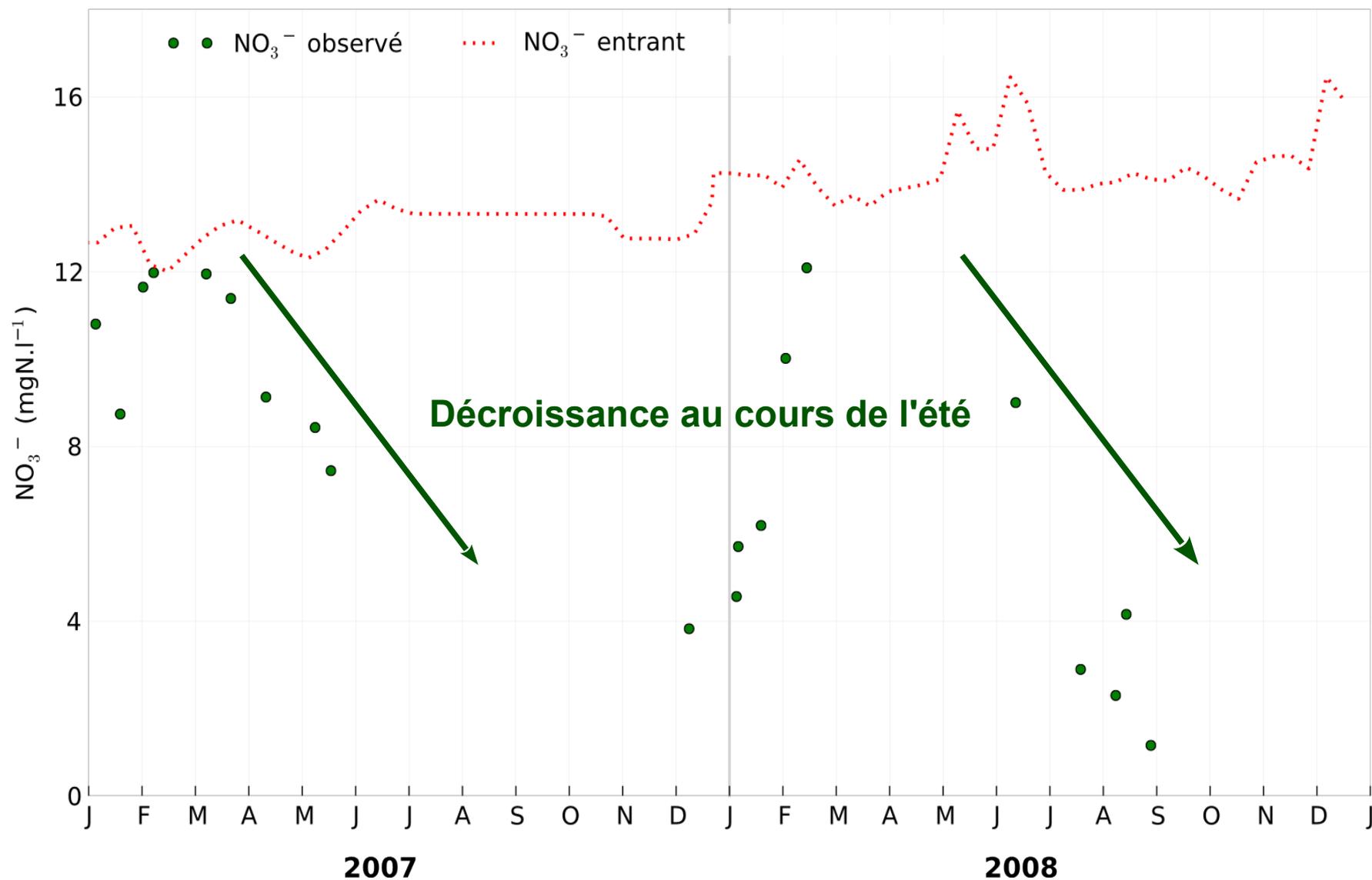
Reçoit des eaux de drainage  
Agricole de 35 ha de terres arables

## Suivi et modélisation de l'azote dans la « Mare à Gobard »



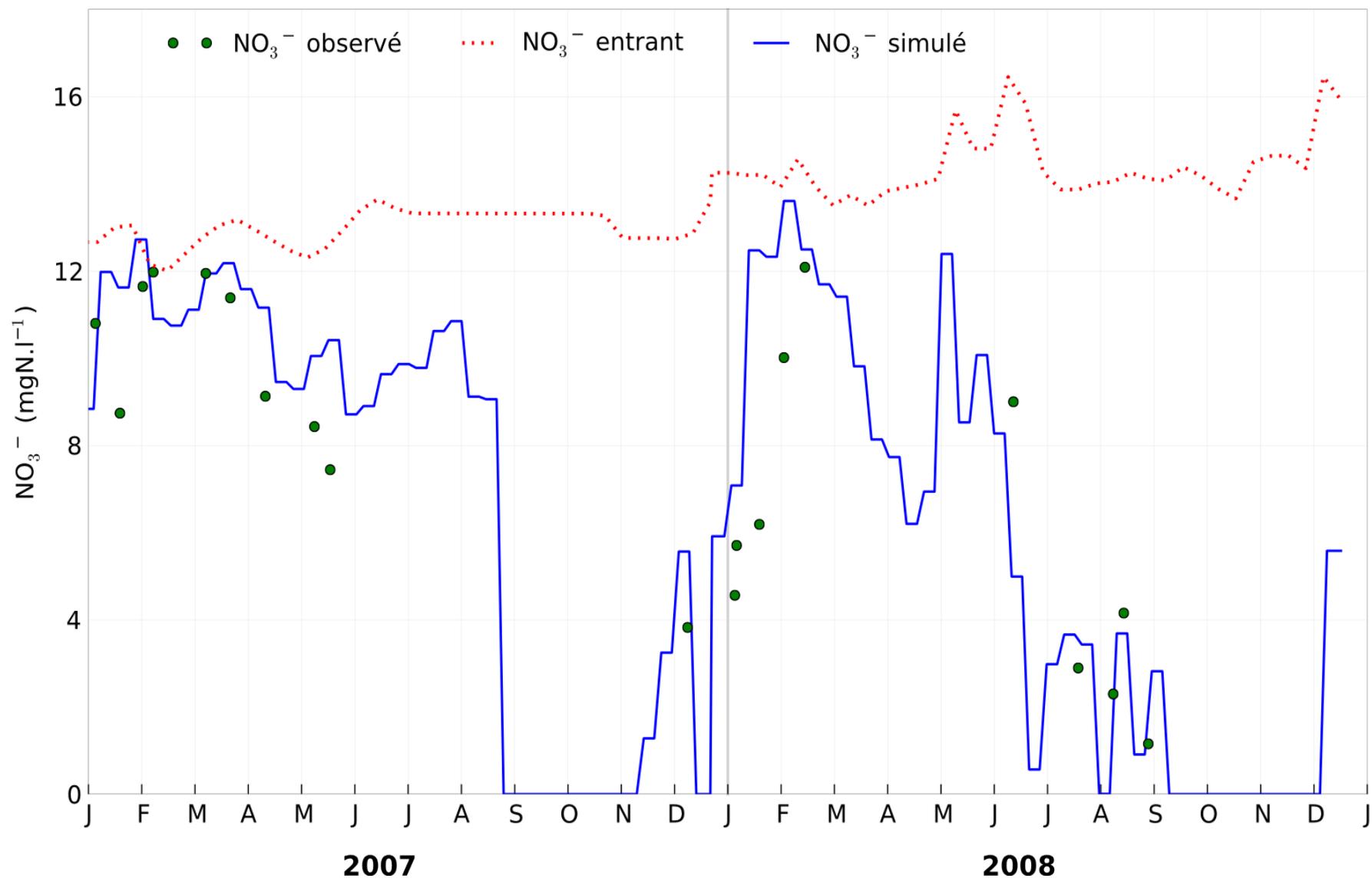
Evolution saisonnière de la concentration en nitrate

Suivi et modélisation de l'azote dans la « Mare à Gobard »



**Abattement estival mesuré de plus de 50 %**

## Suivi et modélisation de l'azote dans la « Mare à Gobard »

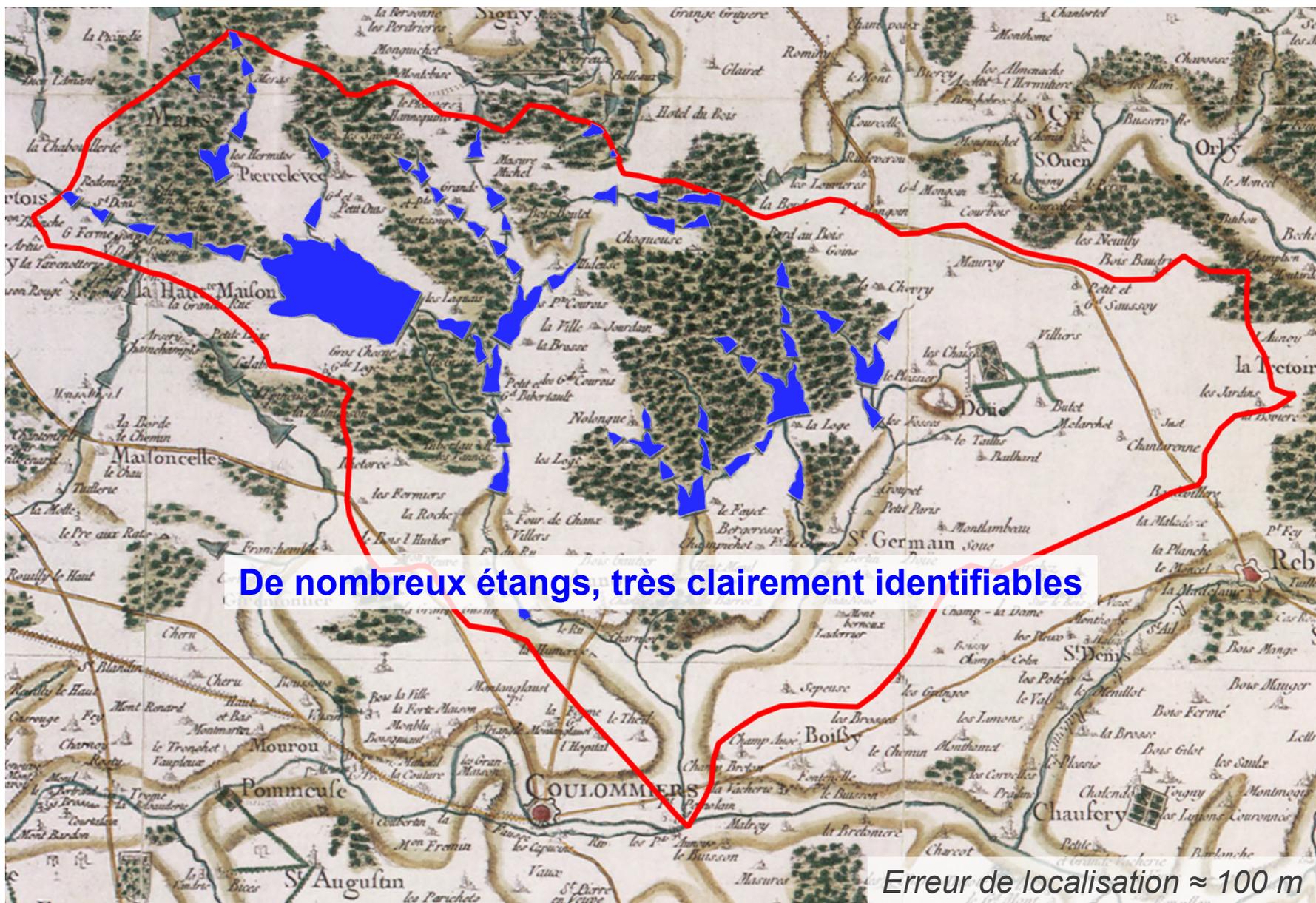


Validation simulation: RMSE 0,52



## La mémoire des territoires, les étangs du passé

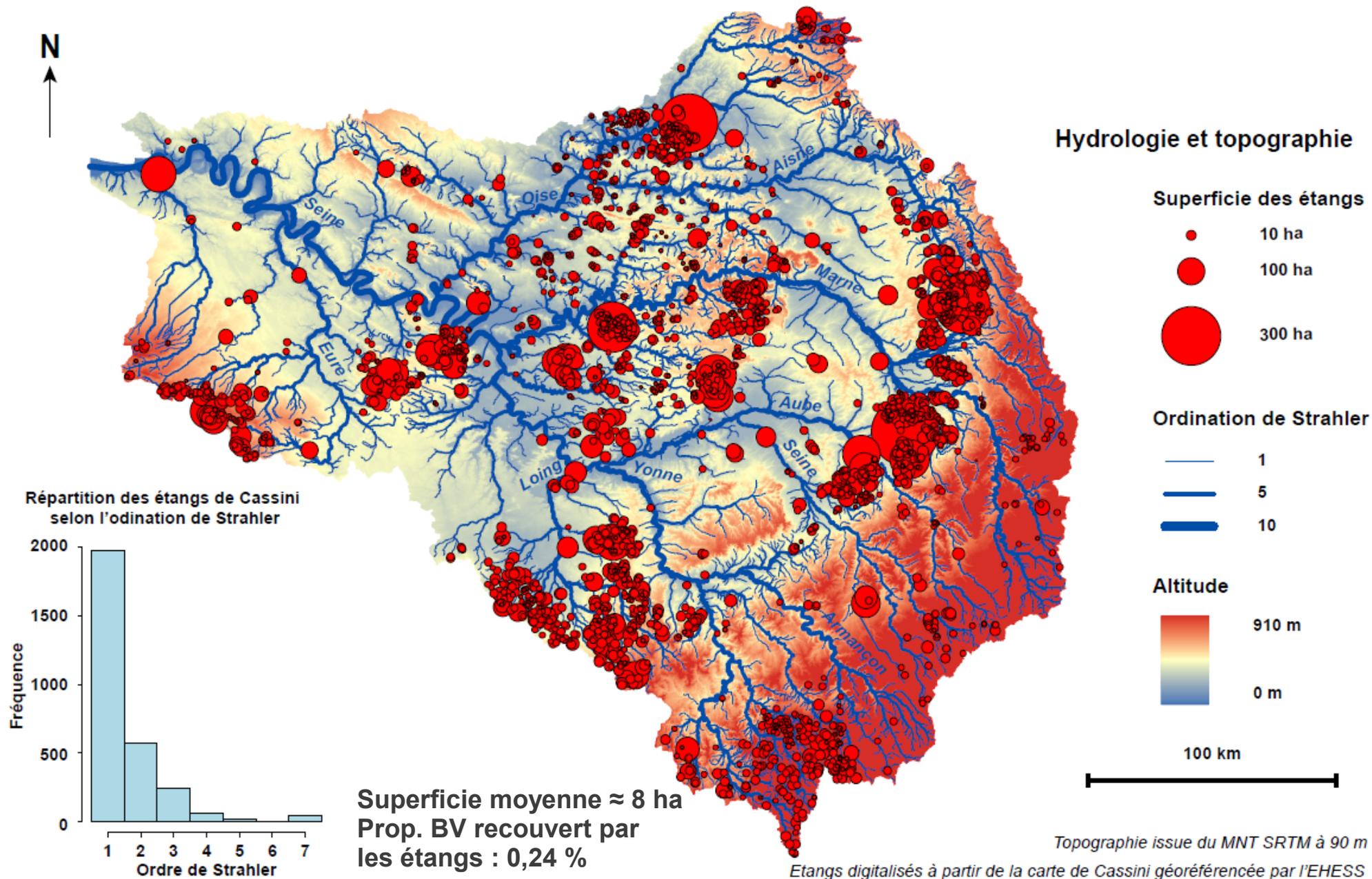
La carte de Cassini, première carte de France détaillée (fin 18<sup>ème</sup>)



Le bassin de l'Orgeval tel que représenté sur la carte de Cassini

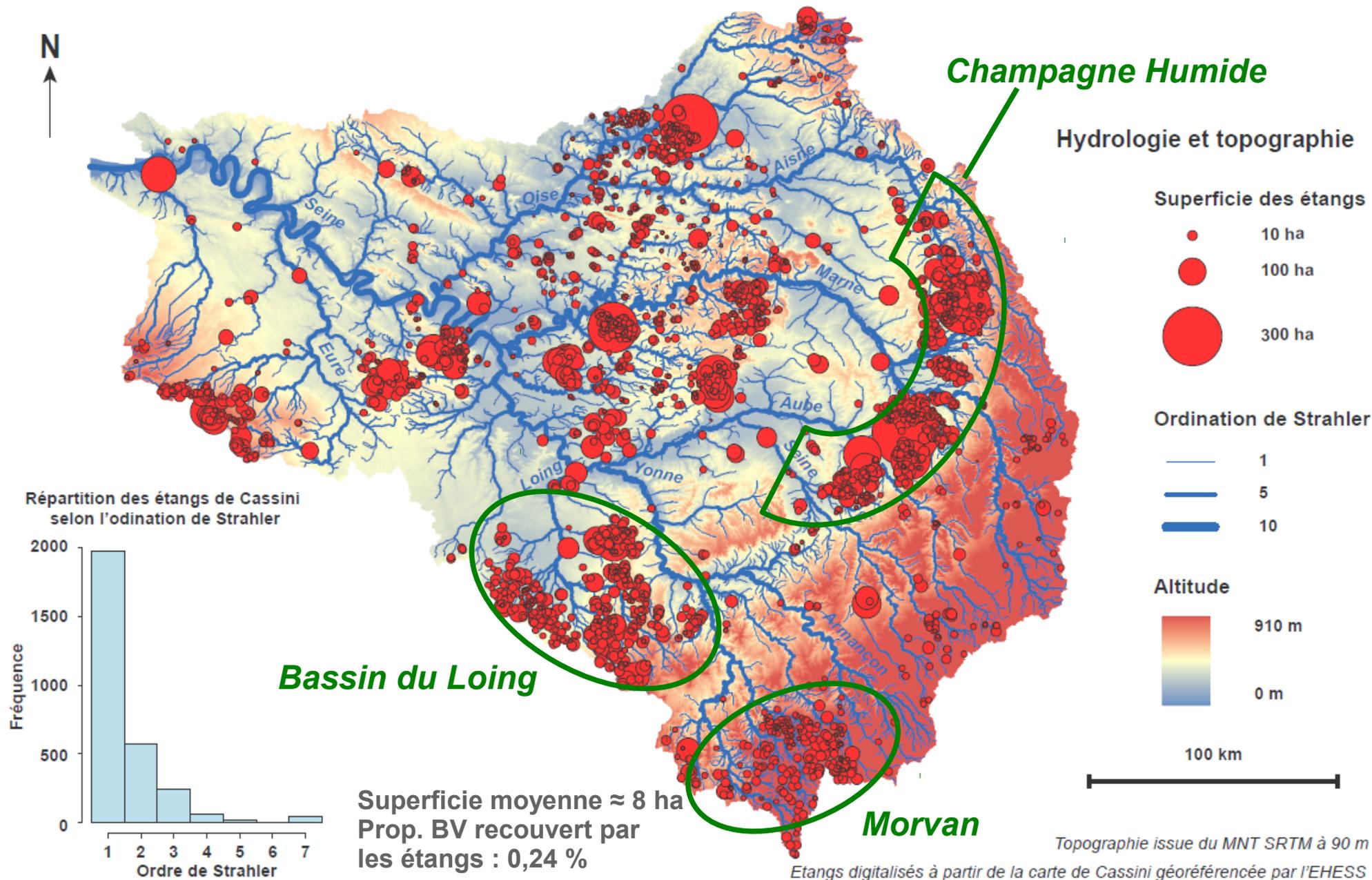
Plus de 2500 étangs au fil de l'eau à la fin du 18<sup>ème</sup>

## REPARTITION DES ETANGS DE CASSINI SUR LE BASSIN DE LA SEINE



Plus de 2500 étangs au fil de l'eau à la fin du 18<sup>ème</sup>

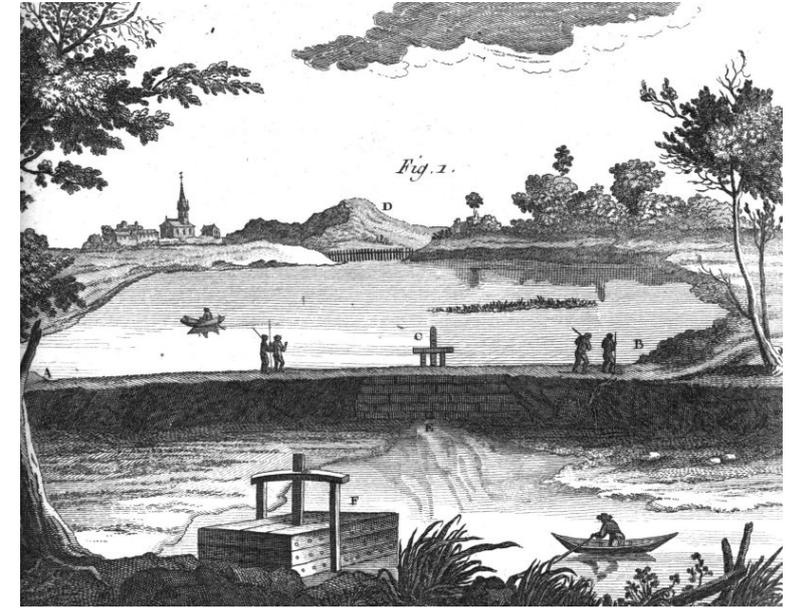
## REPARTITION DES ETANGS DE CASSINI SUR LE BASSIN DE LA SEINE



## Des étangs aux usages multiples



*Actionner des moulins*

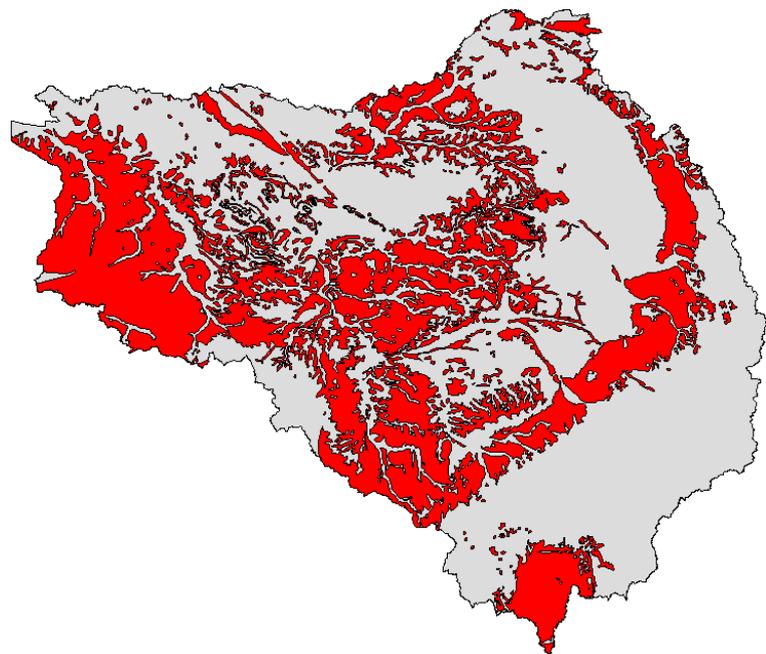


*Aquaculture et pêche*



*Flottage du bois vers Paris*

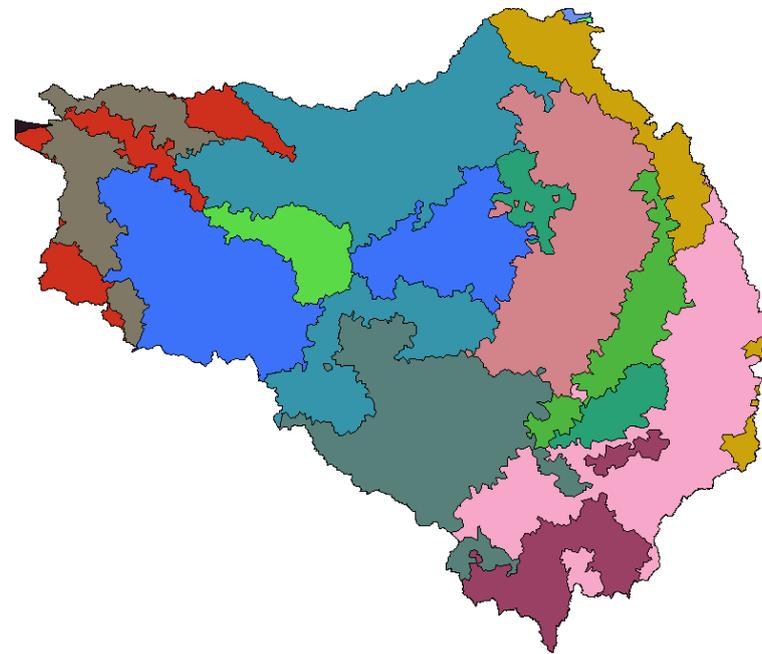
### Construction de deux scénarios de réintroduction d'étangs



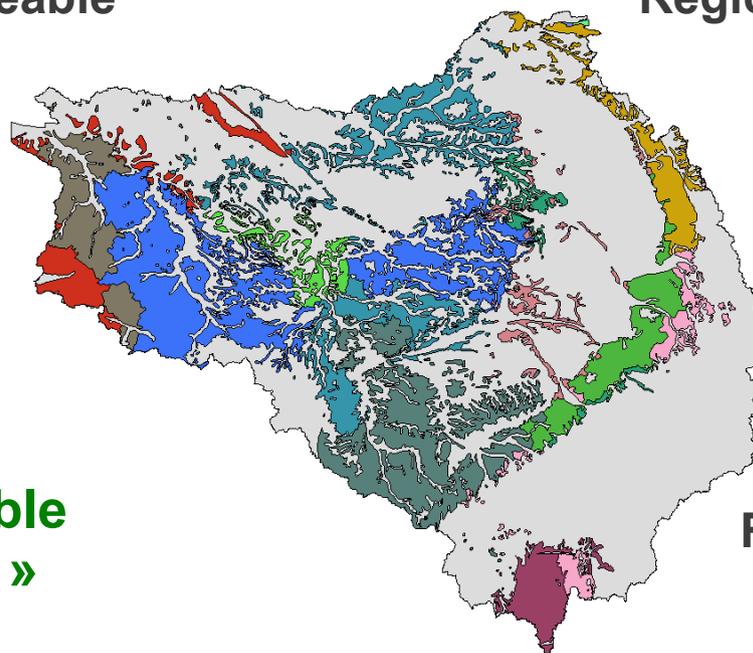
Substrat imperméable

+

=



Régions agricoles homogènes



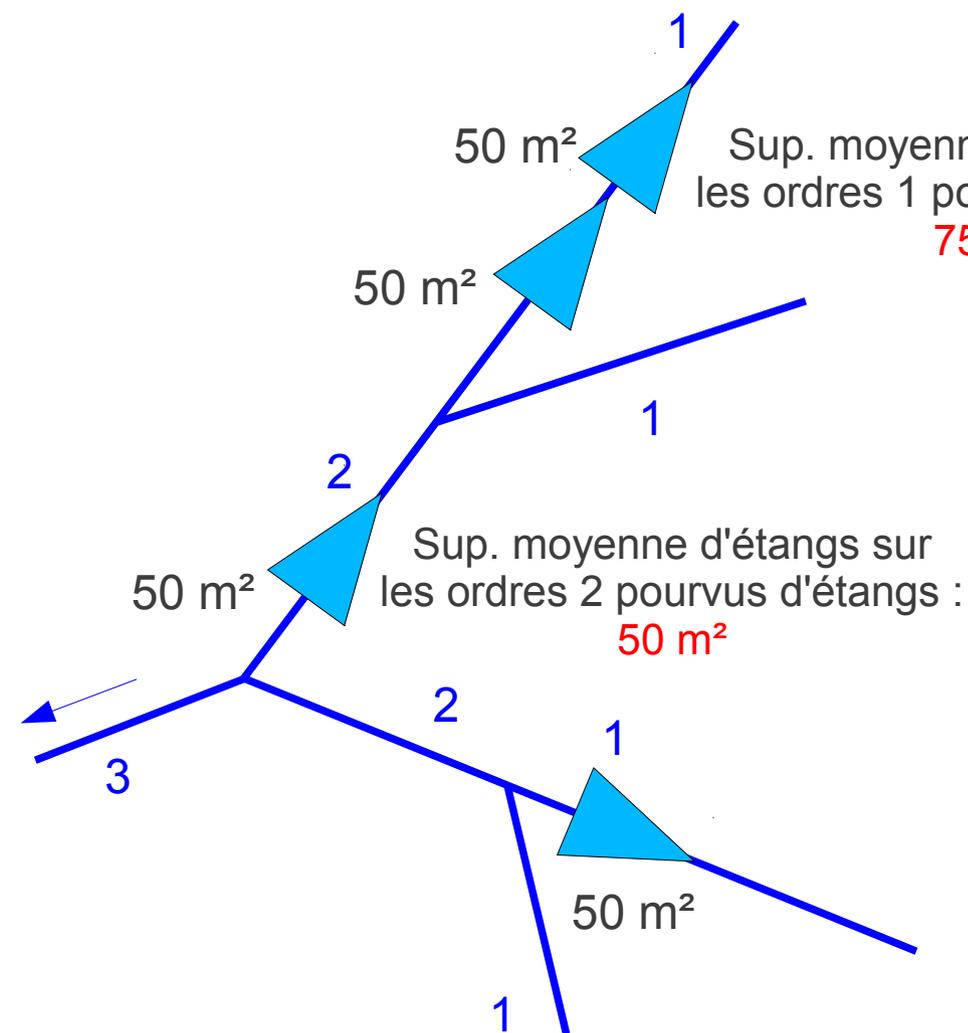
#### Intérêt :

- physiquement possible
- mémoire du « terroir »

Régions agricoles homogènes  
sur substrat imperméable où  
réimplanter des étangs

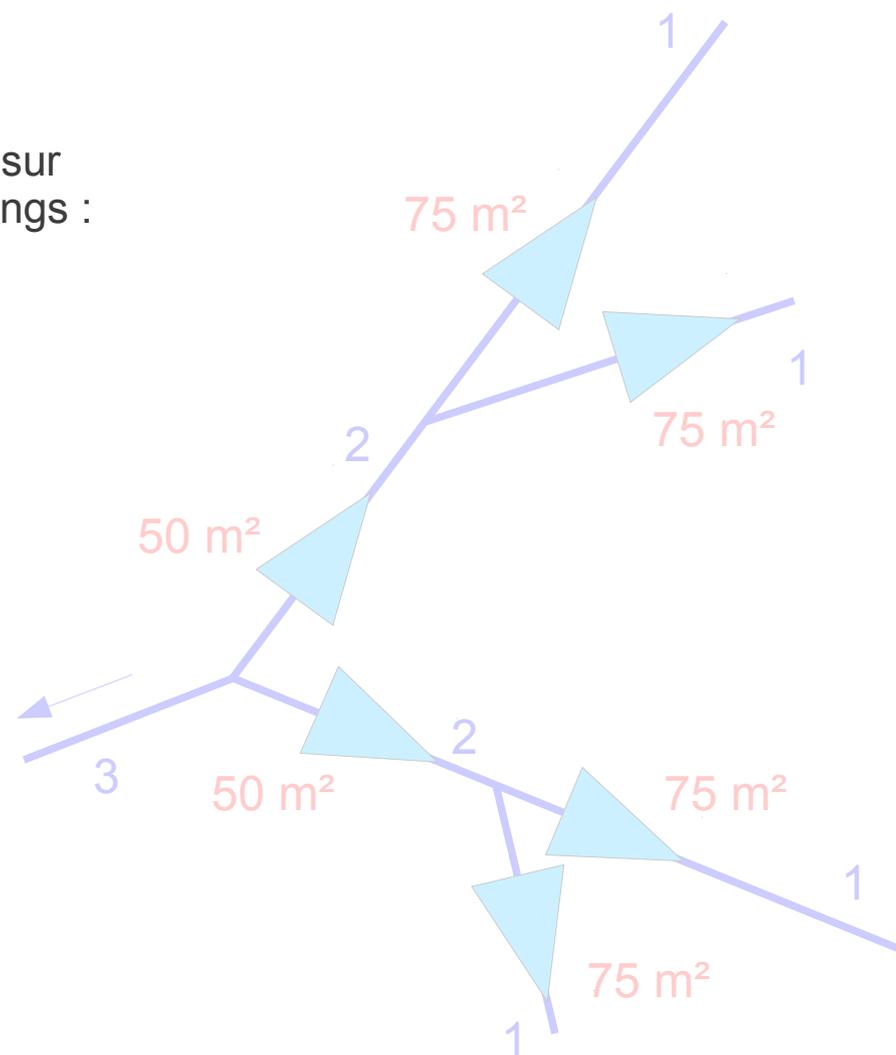
## Construction de deux scénarios de réintroduction d'étangs

Exemple au sein d'une région agricole homogène sur substrat imperméable



Situation sur la carte de Cassini  
**Proportion d'étangs : 0.24 %**

« **Scénario Cassini** »

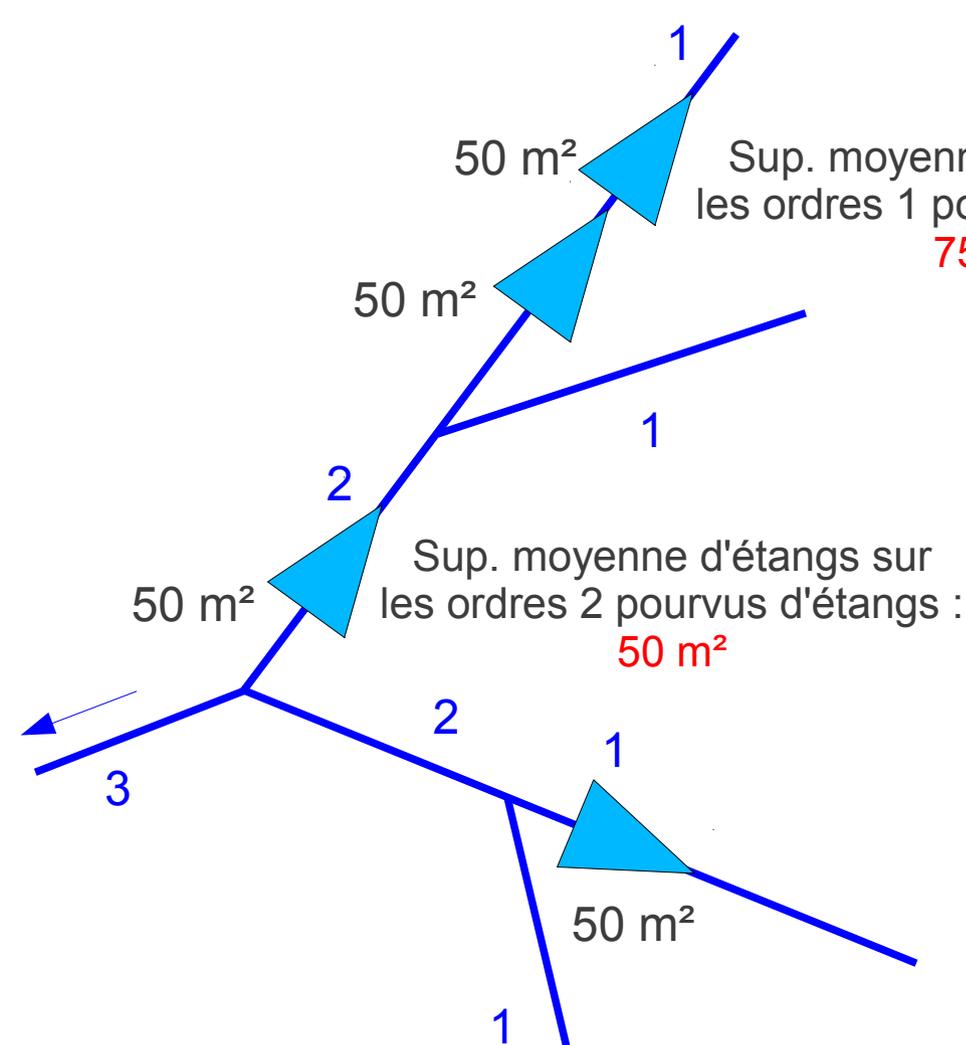


Situation Cassini plus  
**Proportion d'étangs : 0.76 %**

« **Scénario Cassini Plus** »

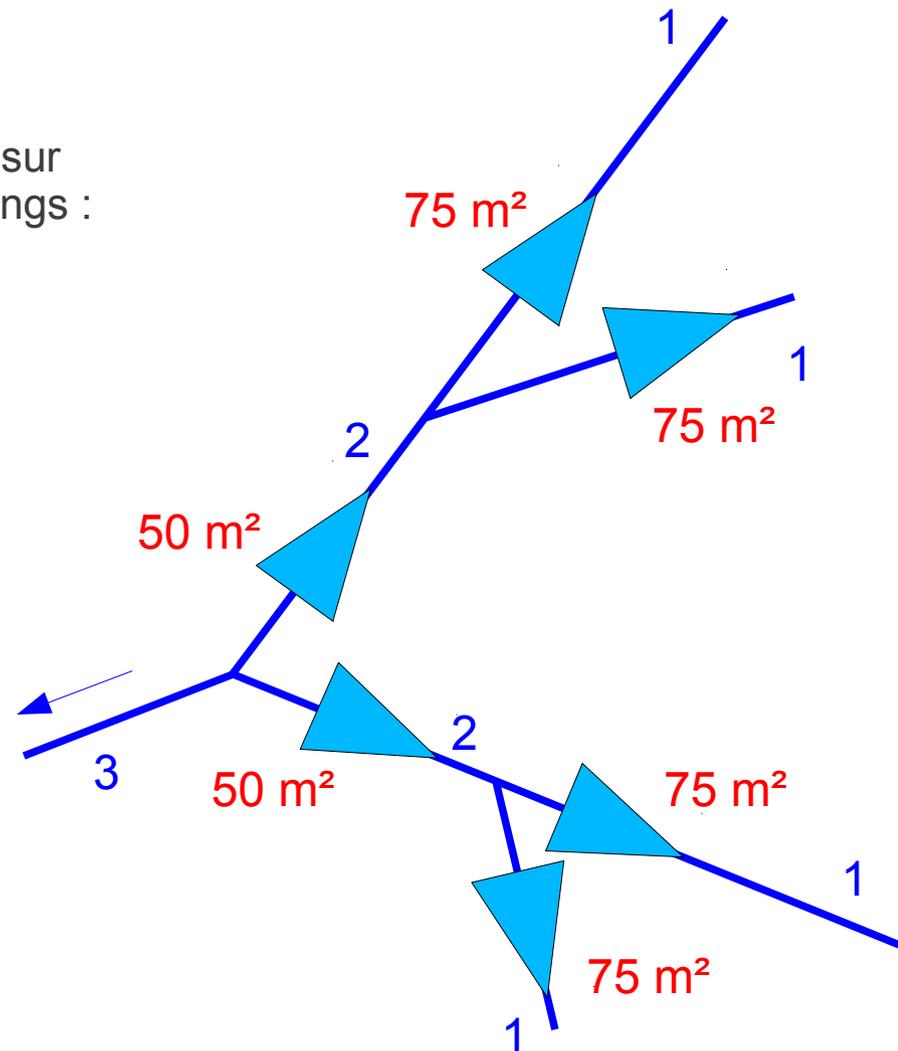
## Construction de deux scénarios de réintroduction d'étangs

Exemple au sein d'une région agricole homogène sur substrat imperméable



Situation sur la carte de Cassini  
**Proportion d'étangs : 0.24 %**

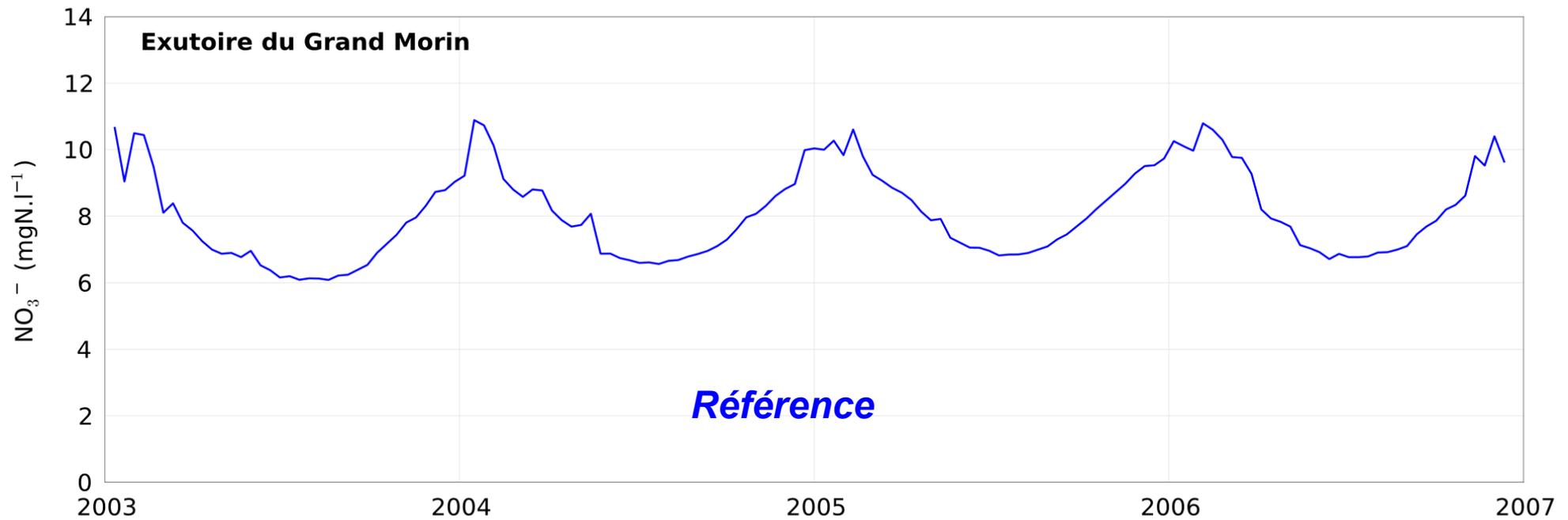
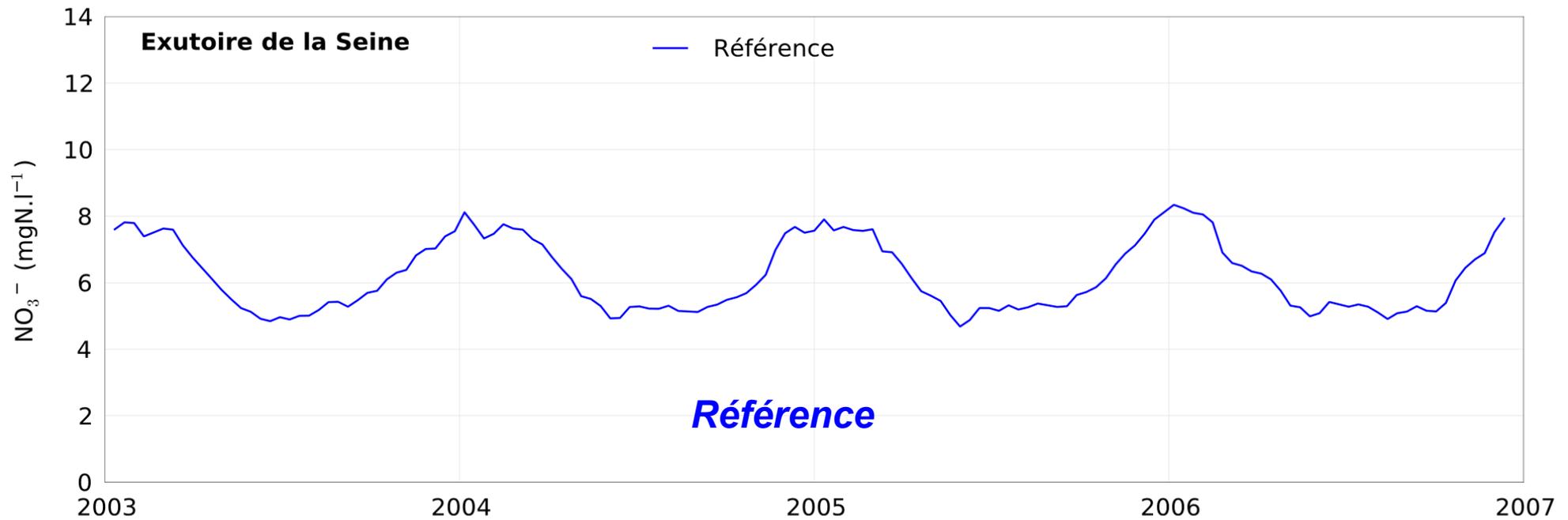
« **Scénario Cassini** »



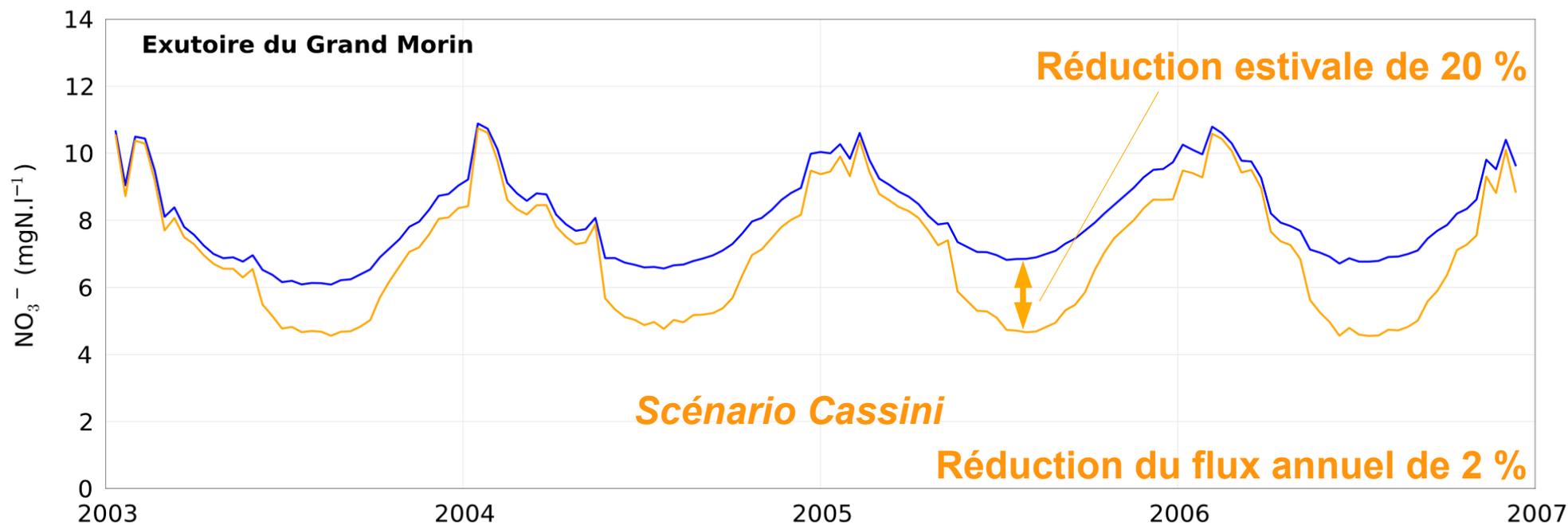
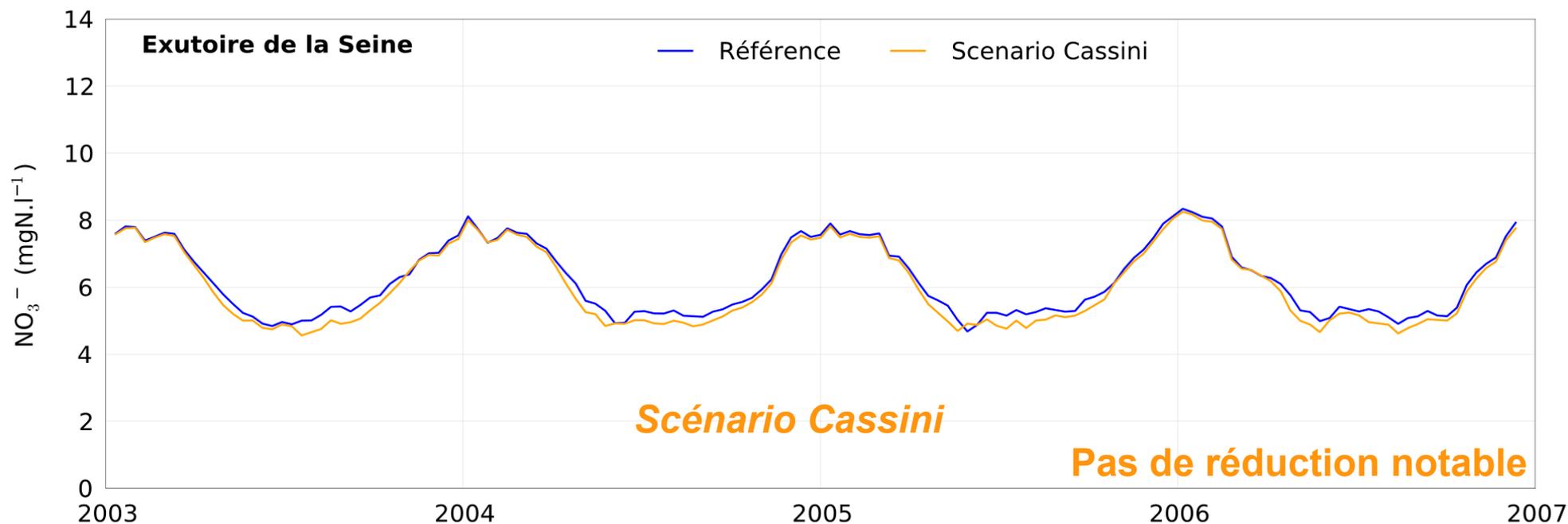
Situation Cassini plus  
**Proportion d'étangs : 0.76 %**

« **Scénario Cassini Plus** »

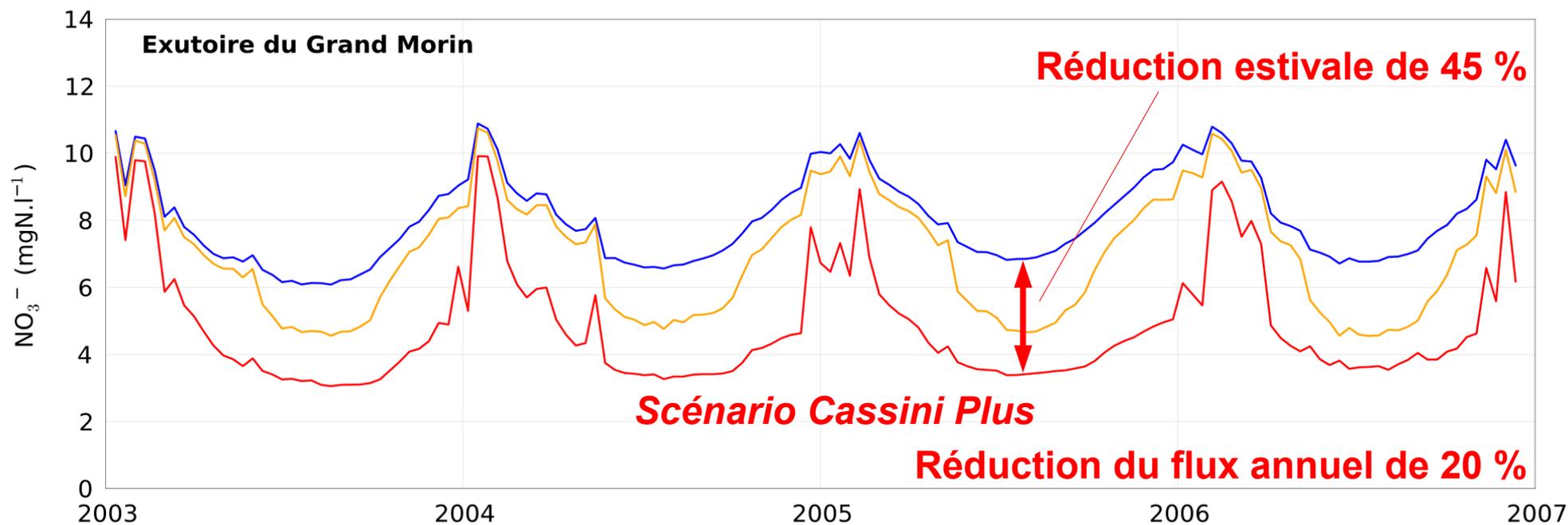
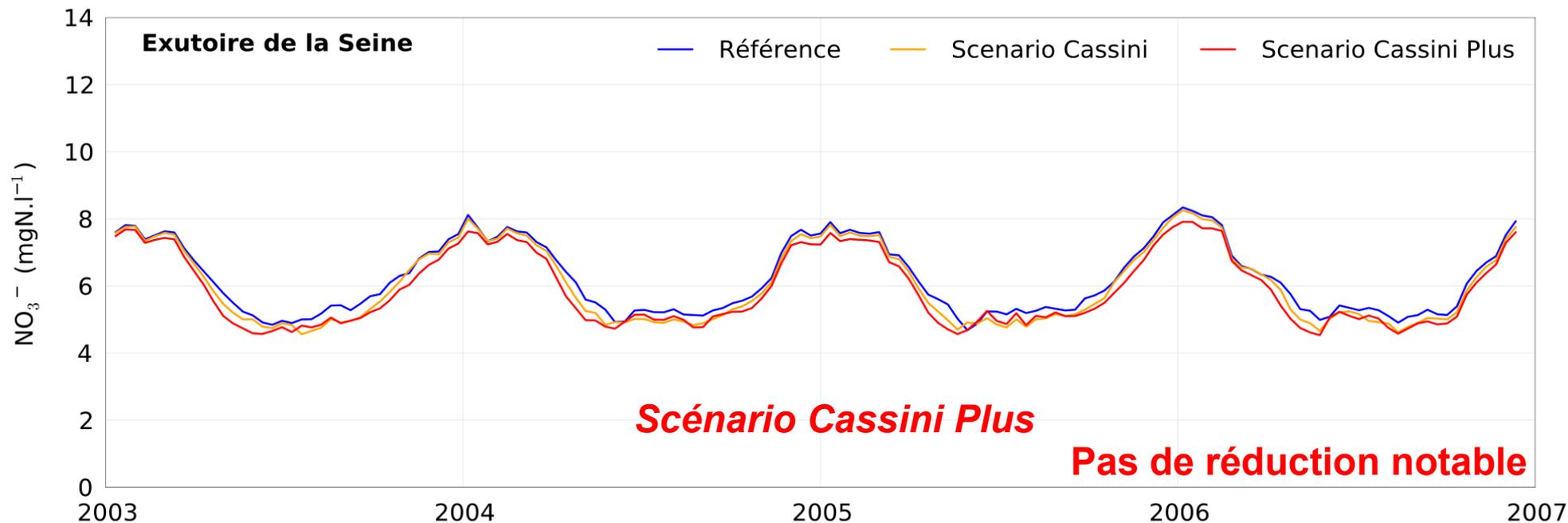
## Effets des étangs sur les concentrations en nitrate



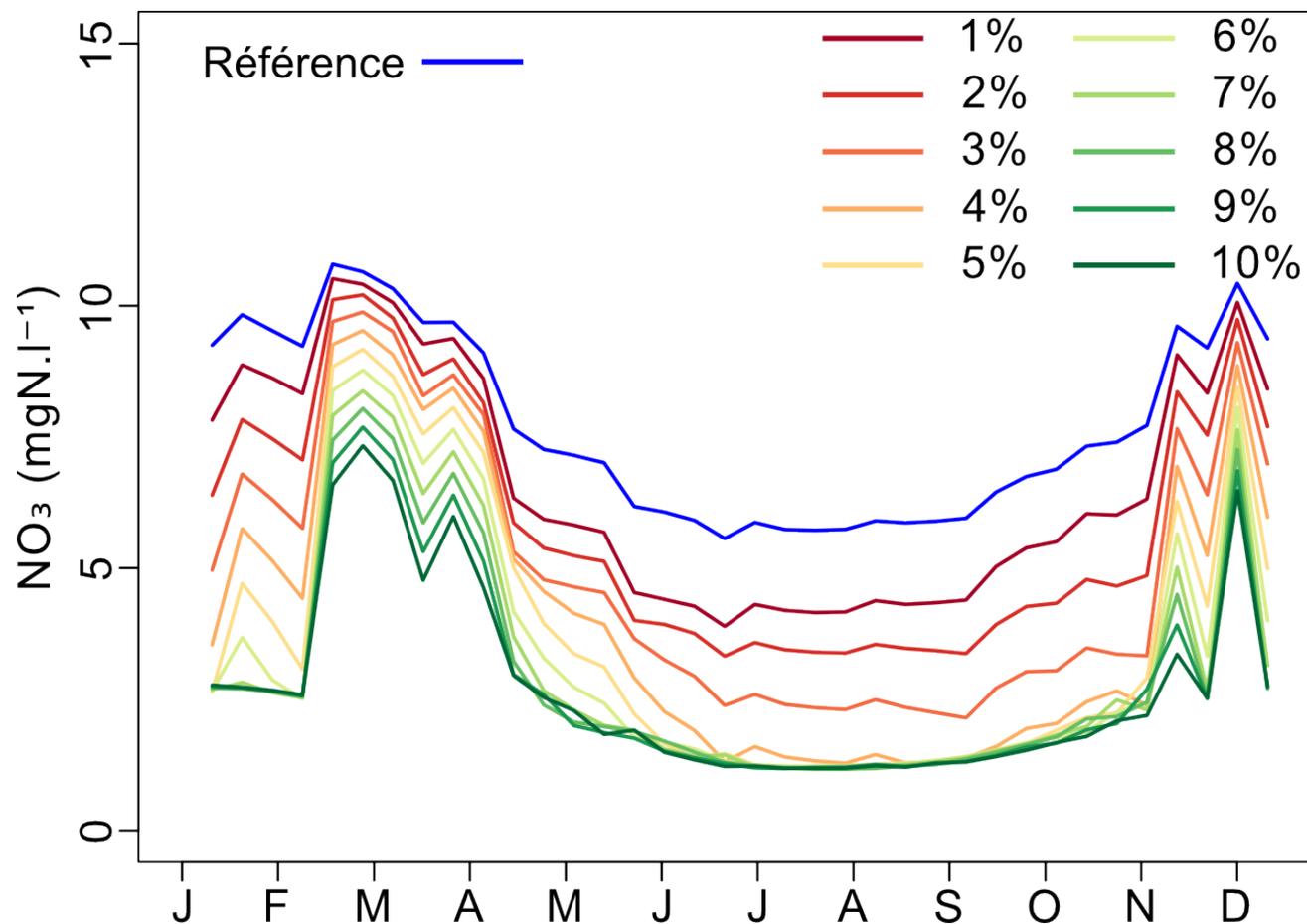
Effets des étangs sur les concentrations en nitrate



Effets des étangs sur les concentrations en nitrate



## Optimisation de la proportion d'étangs au sein d'un bassin versant

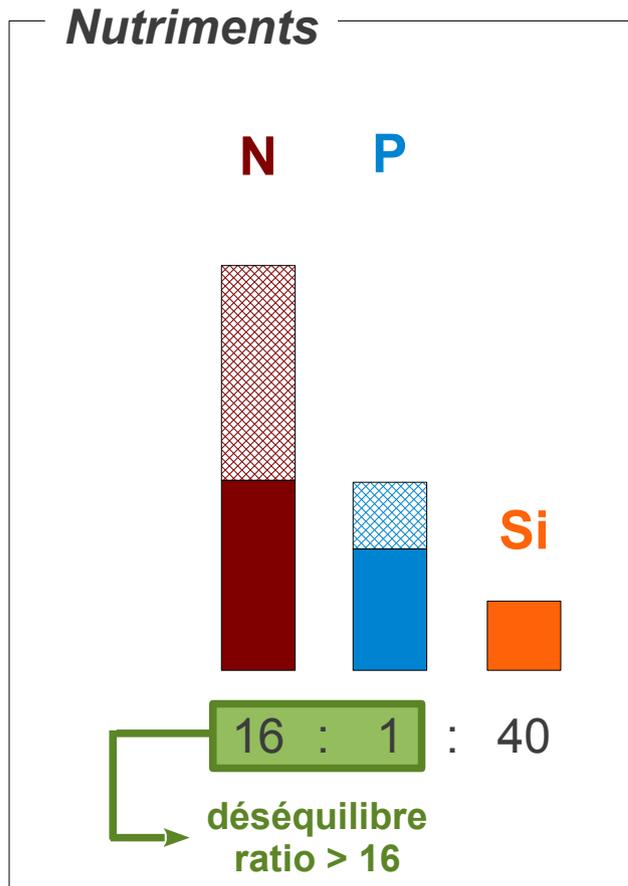


**5 % du bassin recouvert d'étangs suffit pour diminuer de 50 % les flux annuels de nitrate (*Passy et al, 2012*)**

**Au-delà de 5 %, les effets s'amouindrissent**

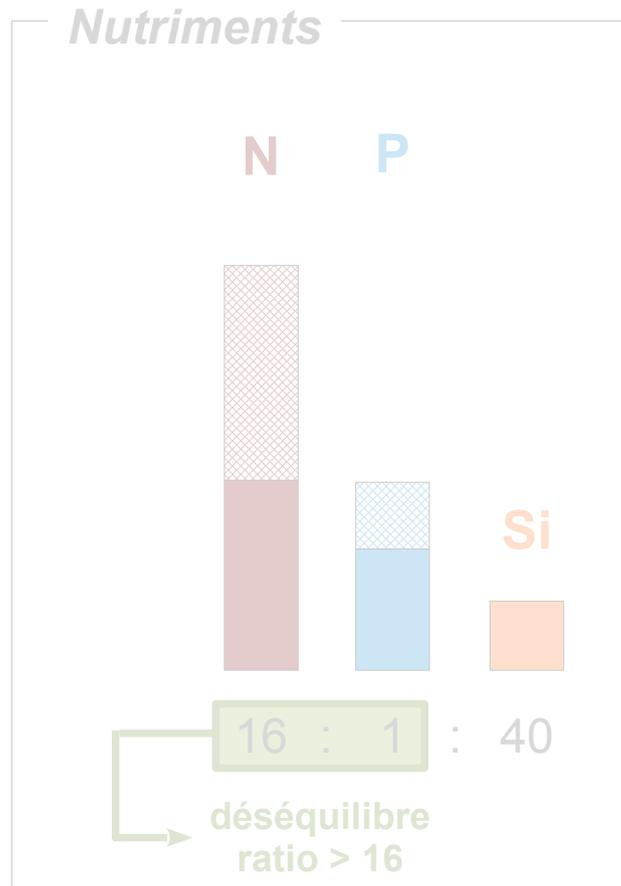
Quelle efficacité en termes de réductions des flux d'azote ?

Référence 2007



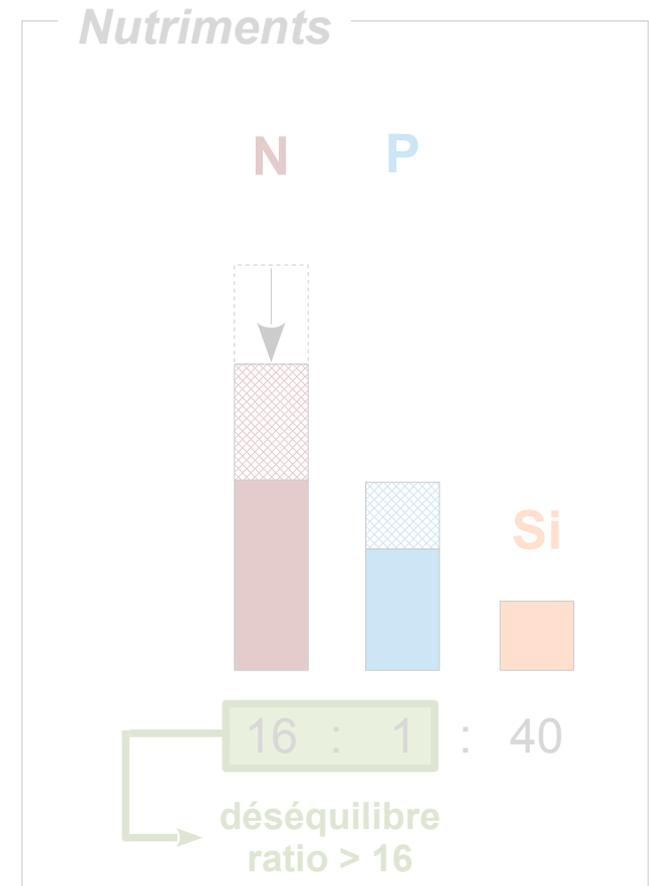
**N largement en excès**

A l'échelle de la Seine



**N (toujours) largement en excès**

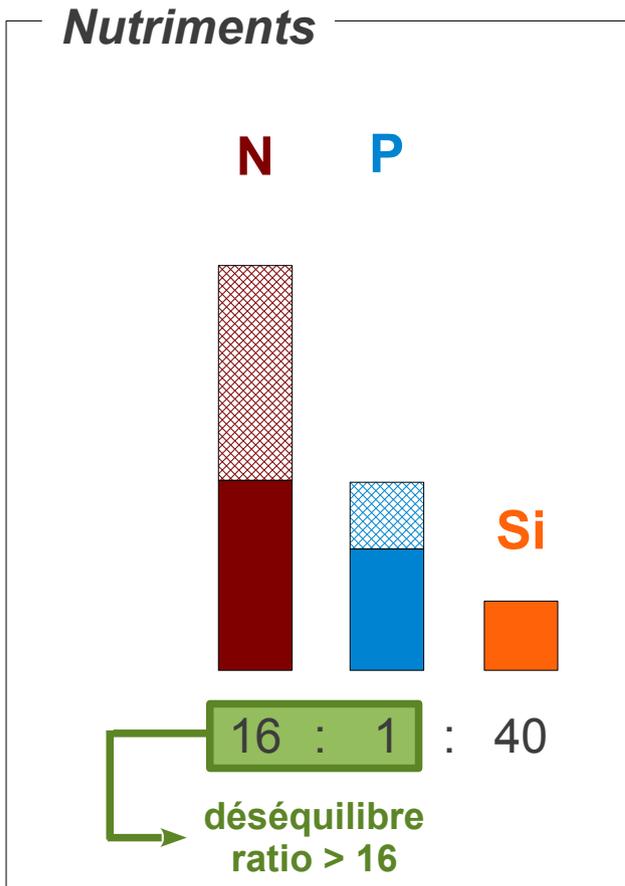
A l'échelle d'un sous bassin recouvert à 5 % d'étangs



**Flux de N en diminution**

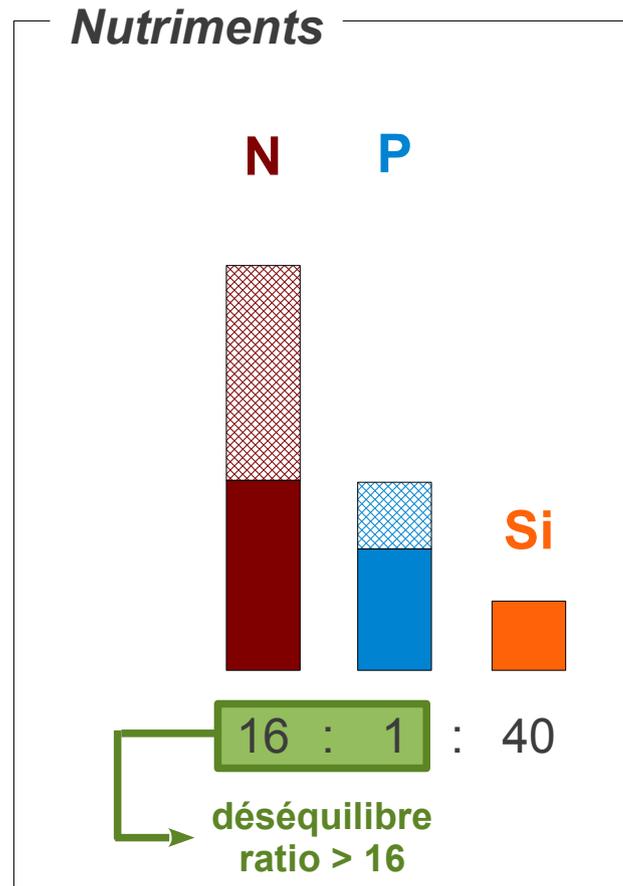
Quelle efficacité en termes de réductions des flux d'azote ?

Référence 2007



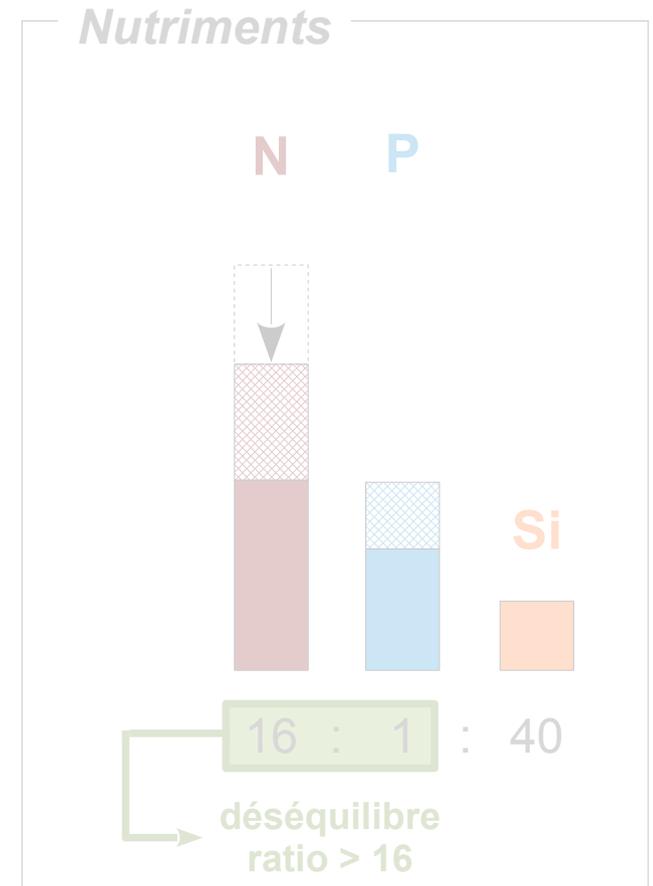
**N largement en excès**

A l'échelle de la Seine



**N (toujours)  
largement en excès**

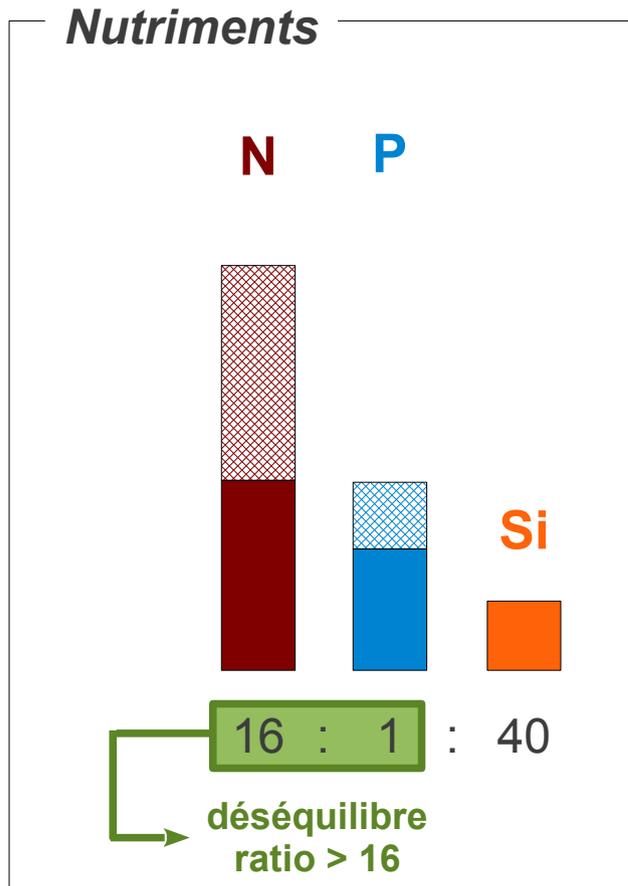
A l'échelle d'un sous bassin recouvert à 5 % d'étangs



**Flux de N en diminution**

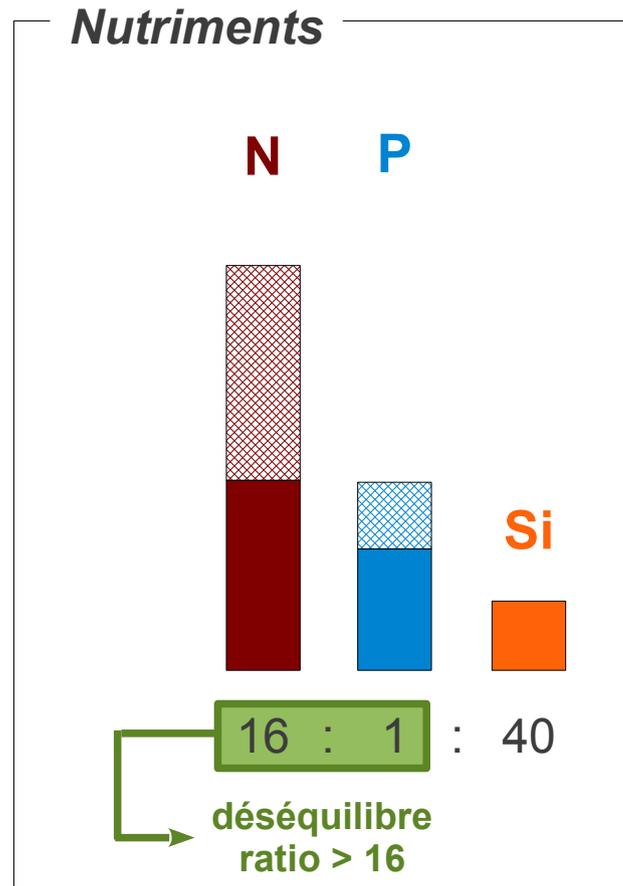
Quelle efficacité en termes de réductions des flux d'azote ?

Référence 2007



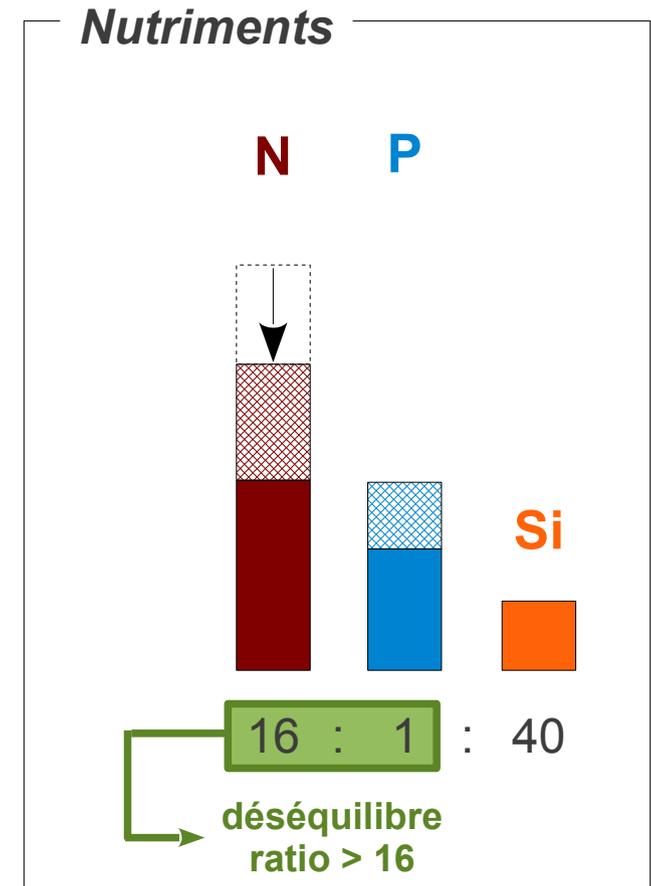
**N largement en excès**

A l'échelle de la Seine



**N (toujours) largement en excès**

A l'échelle d'un sous bassin recouvert à 5 % d'étangs



**Flux de N en diminution**

### III - QUELS SCÉNARIOS POUR LE FUTUR ?

**Faut-il aller plus loin dans le traitement des eaux usées urbaines ?**

**Quelles sont les pistes de réduction des pollutions diffuses ?**

**Quelle amélioration de la zone côtière est-elle envisageable ?**

## La « Directive sur les Eaux Résiduaires Urbaines » (DERU)

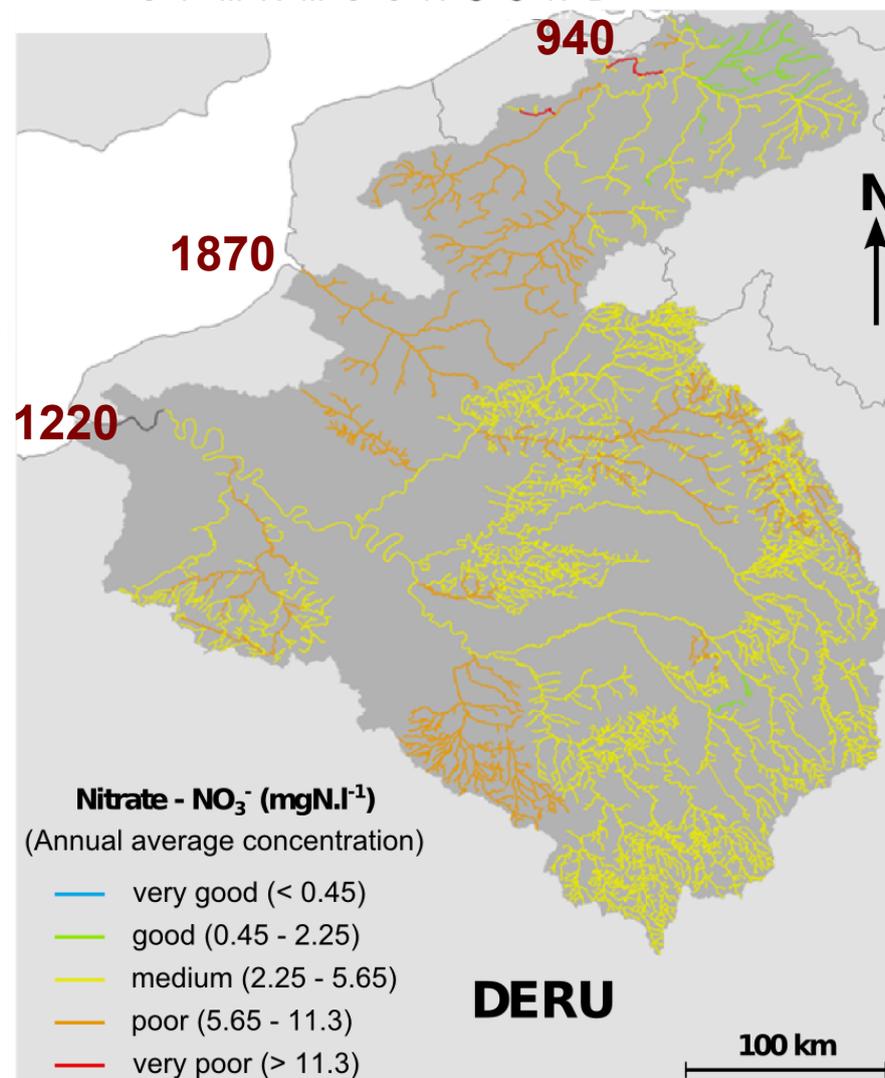
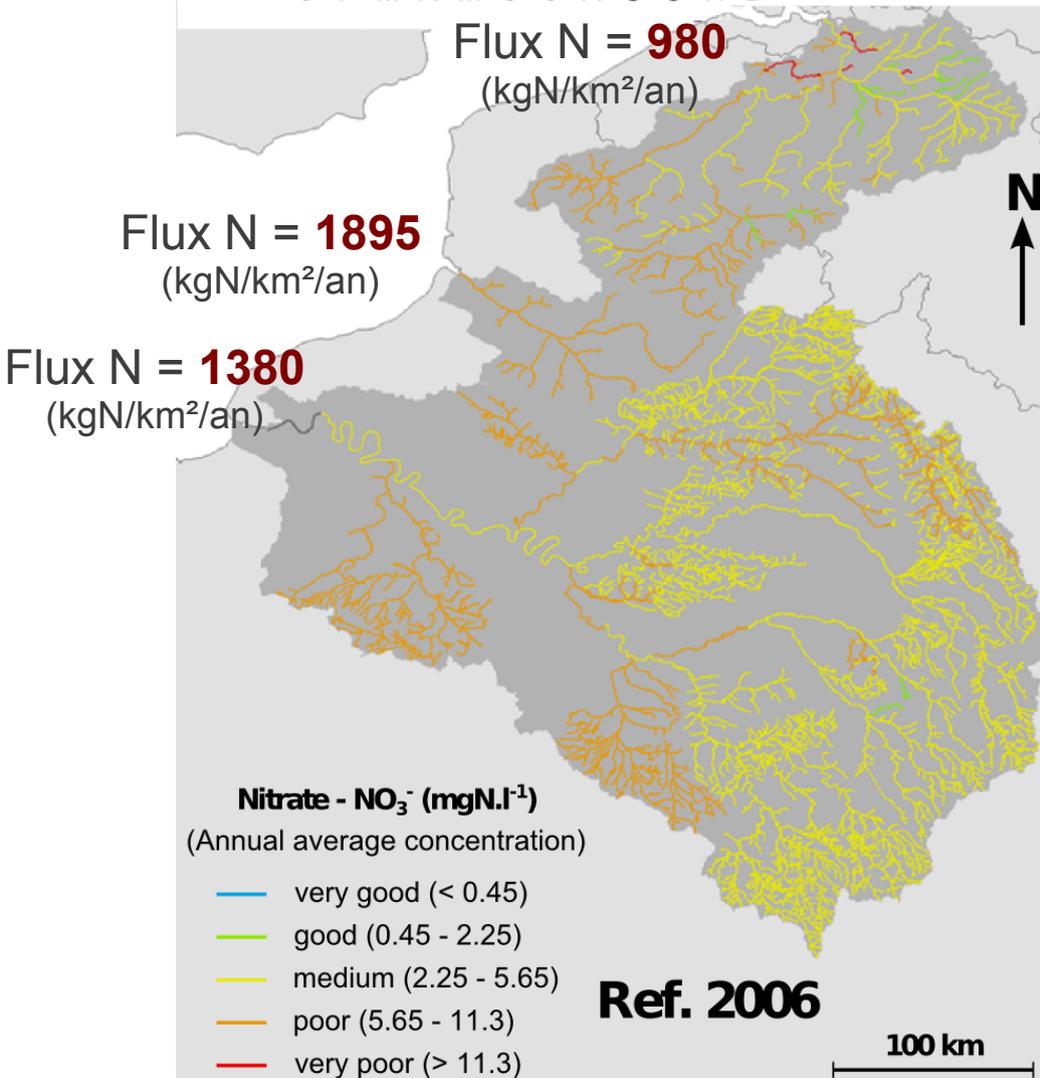
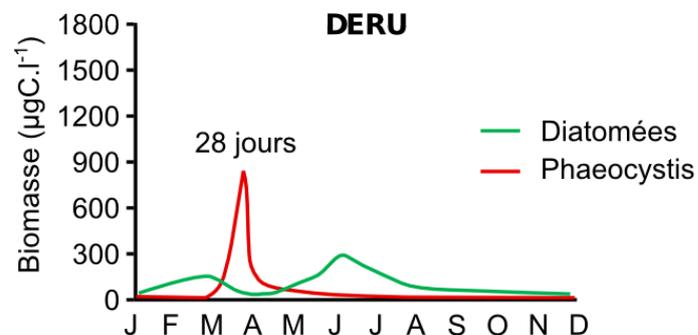
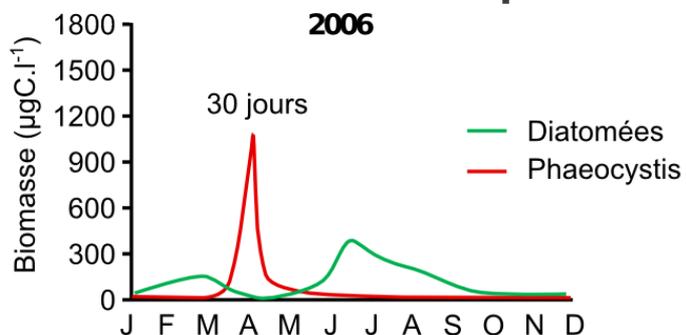


Entre 1991 et 2005, objectif de traiter les eaux usées de toutes les agglomérations de plus de 2 000 équivalents habitants.

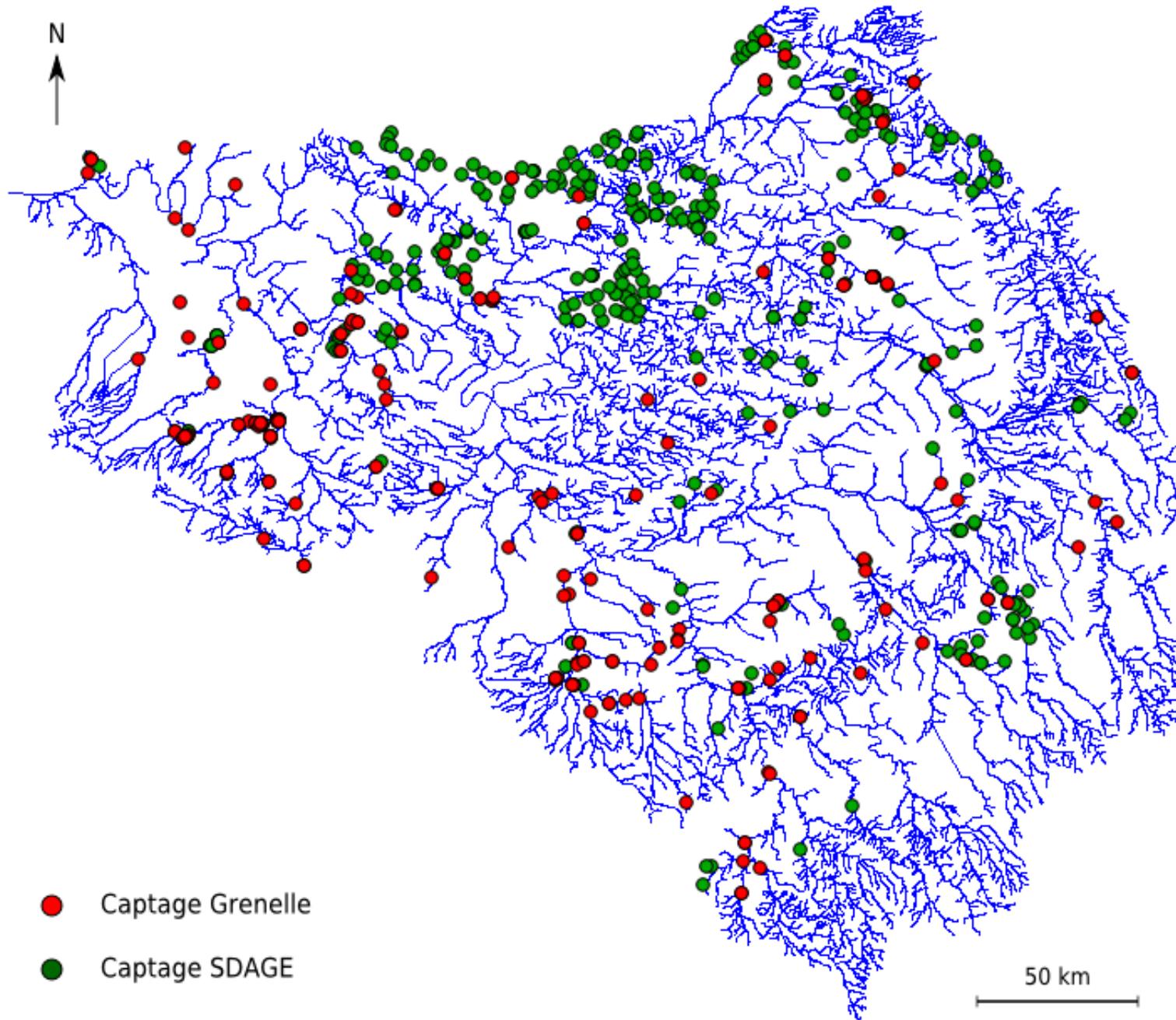
Pour les agglomérations de plus de 10 000 équivalents habitants, obligation de **réduire le phosphore de 90 % et l'azote de 70 %.**

**En 2012, seules l'Autriche, le Danemark et l'Allemagne l'ont remplie !**

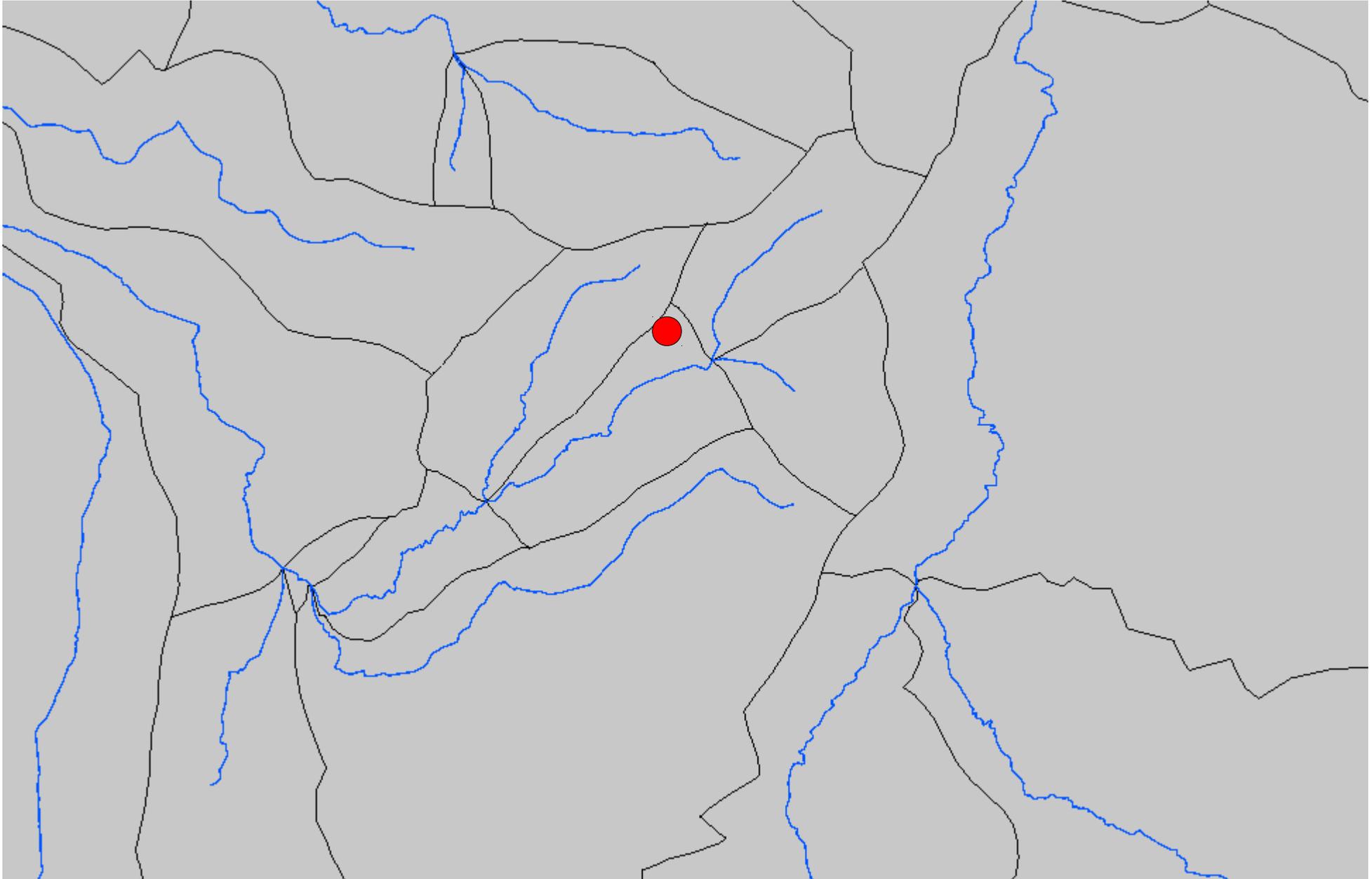
## Achèvement de la mise en place de la DERU



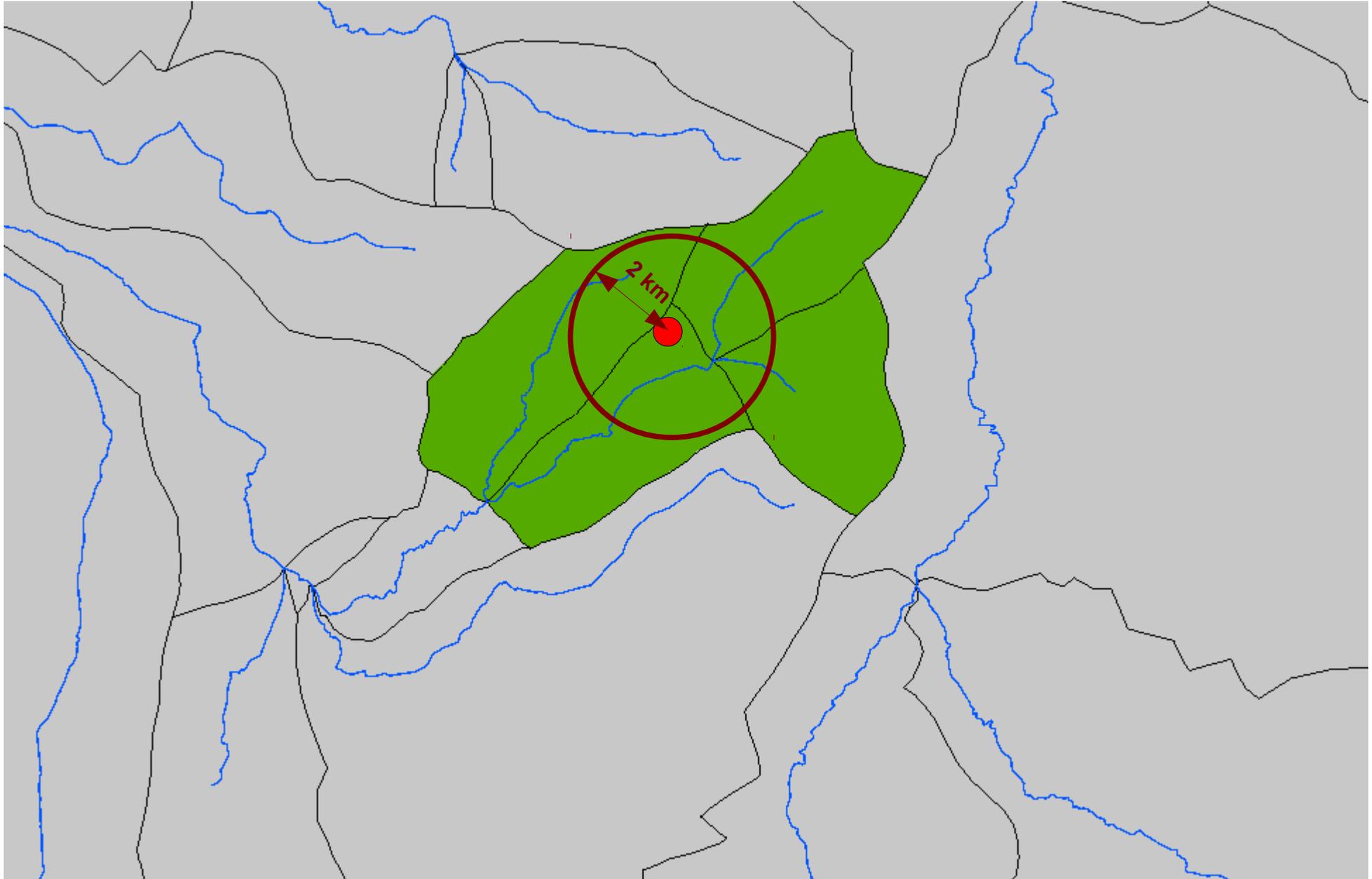
## Vers une agriculture utilisant moins d'intrants sur les terres arables voisines des captages d'eau potable



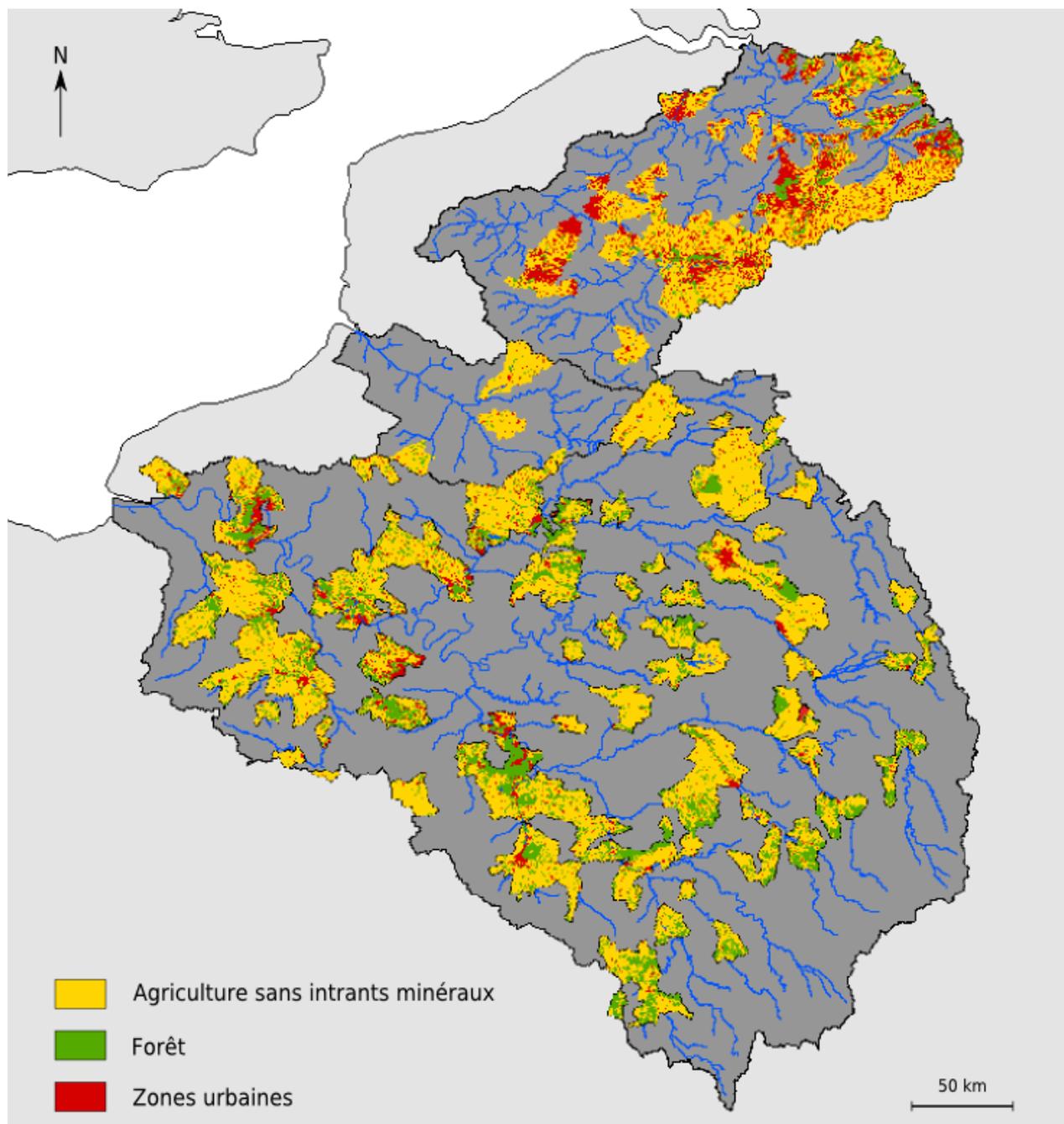
## Vers une agriculture utilisant moins d'intrants sur les terres arables voisines des captages d'eau potable



Vers une agriculture utilisant moins d'intrants sur les terres arables voisines des captages d'eau potable

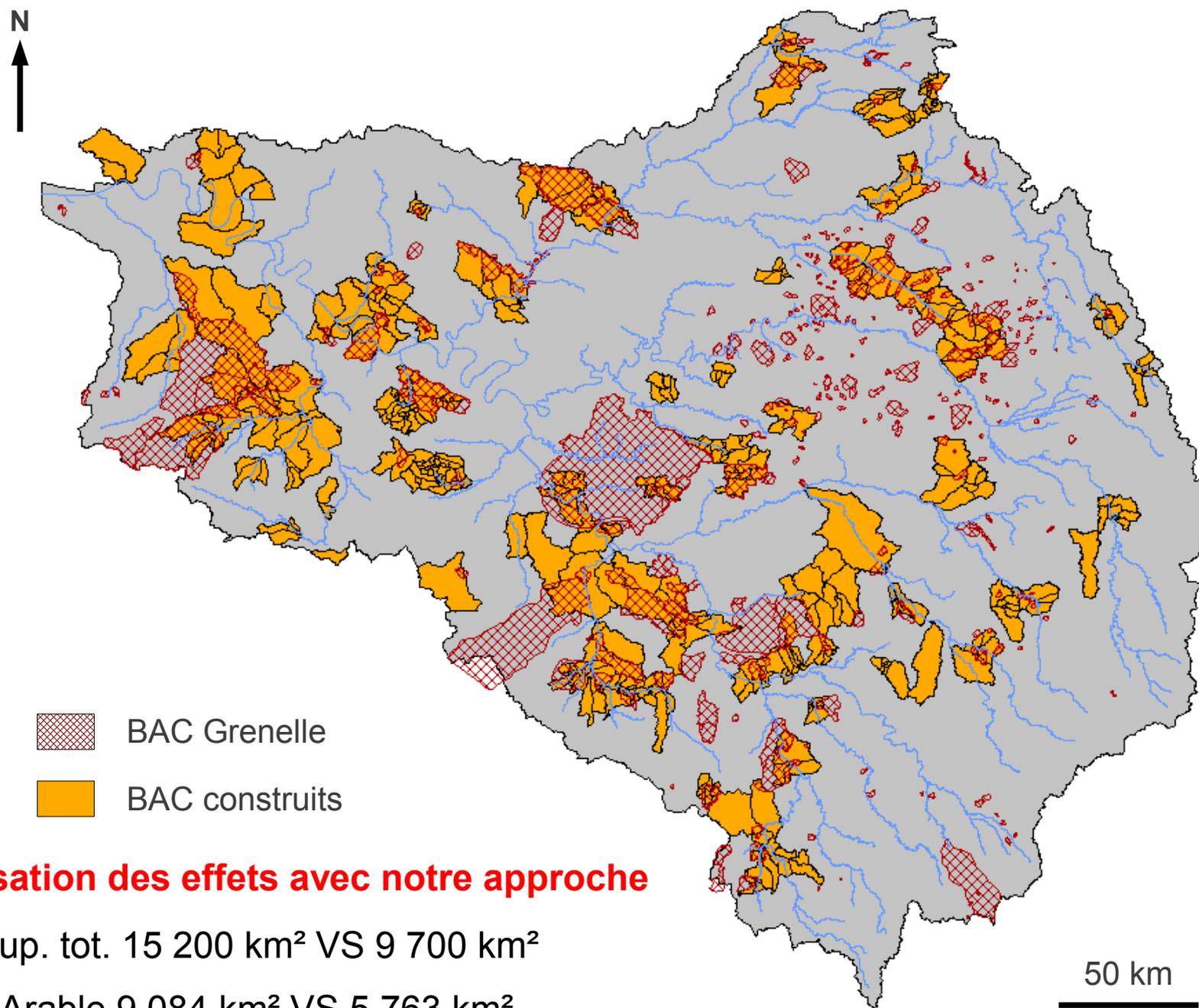


## Vers une agriculture utilisant moins d'intrants sur les terres arables voisines des captages d'eau potable



**1/3 de la SAU du bassin en bio vs 20 % en 2020 selon le Grenelle**

## Comparaison de nos zones de conversion et des BAC Grenelle

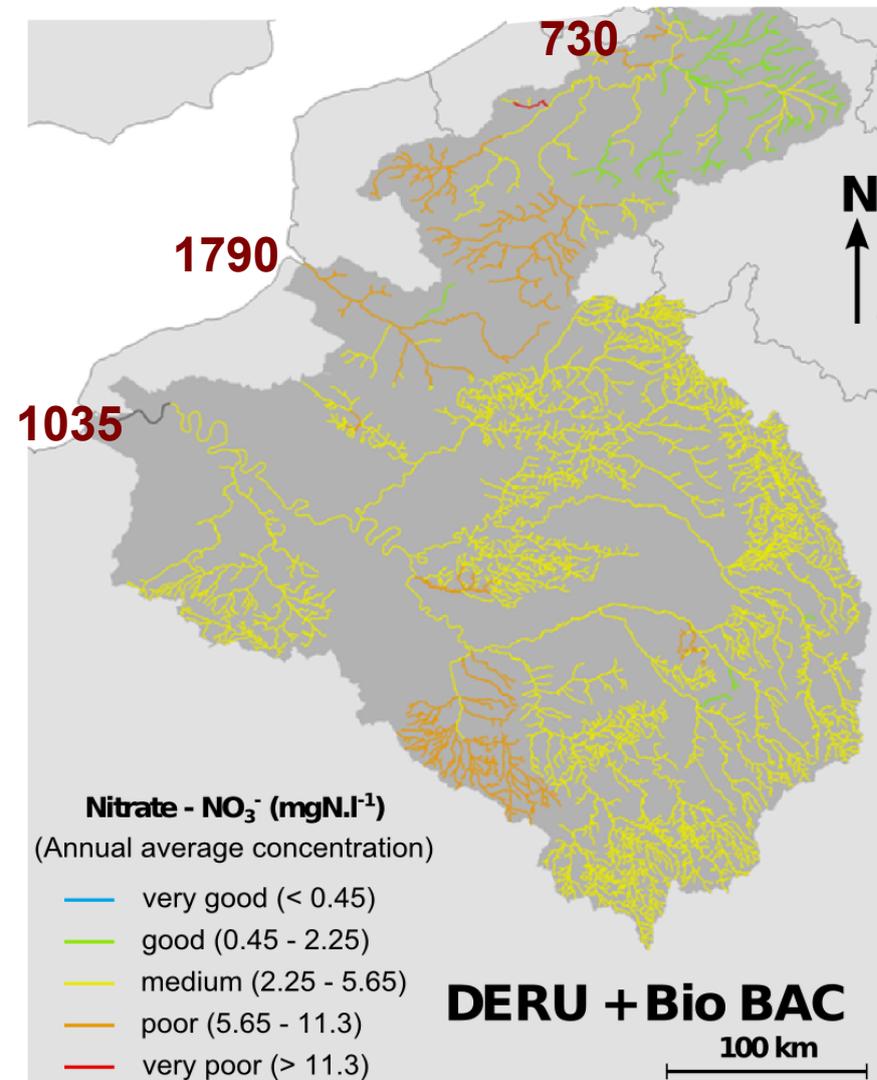
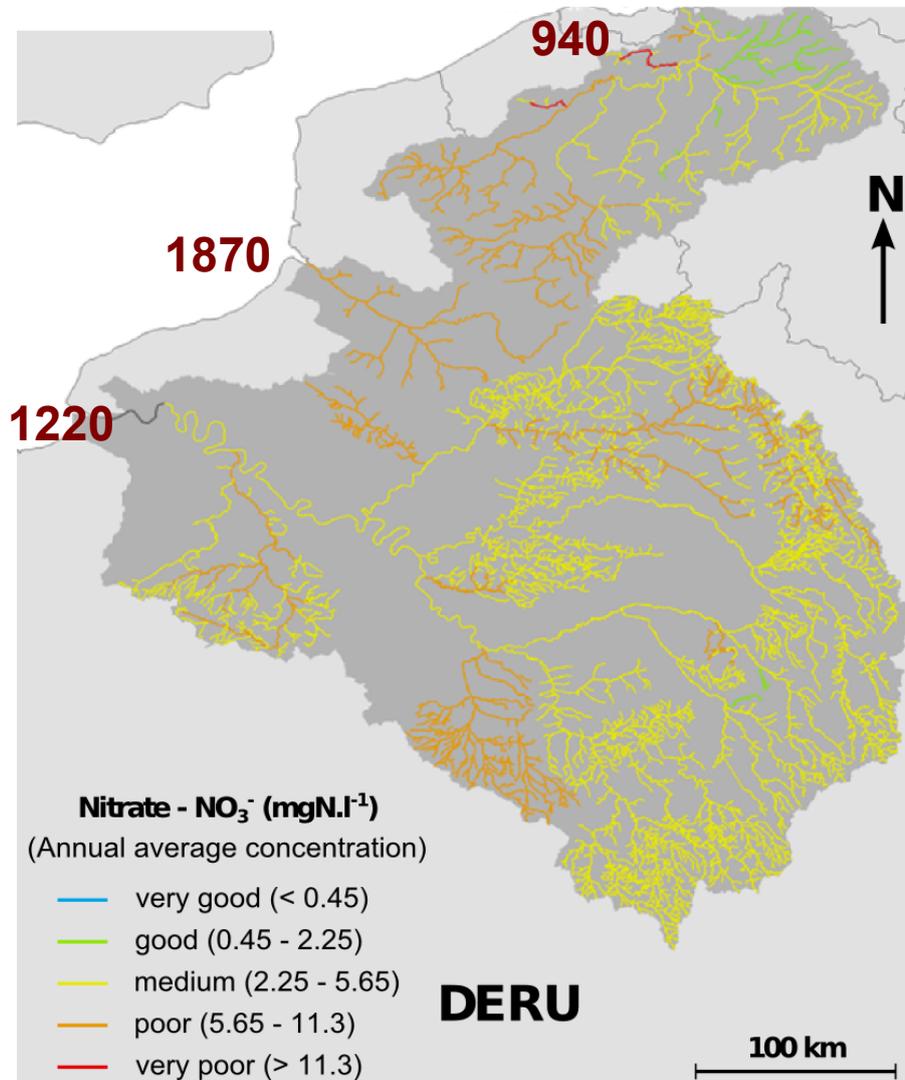
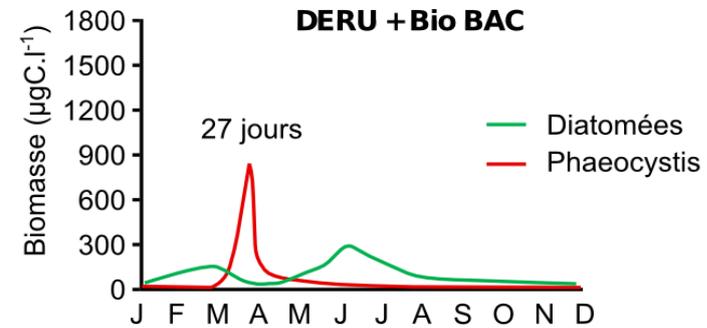
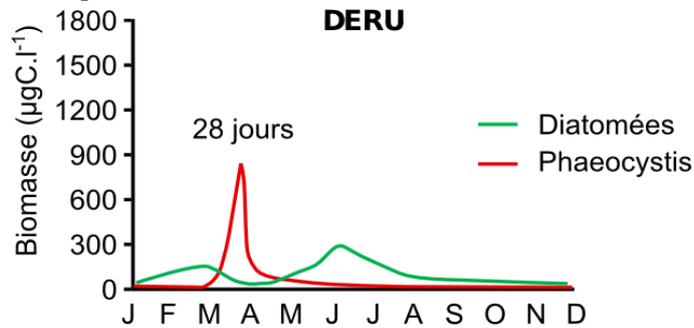


**Maximisation des effets avec notre approche**

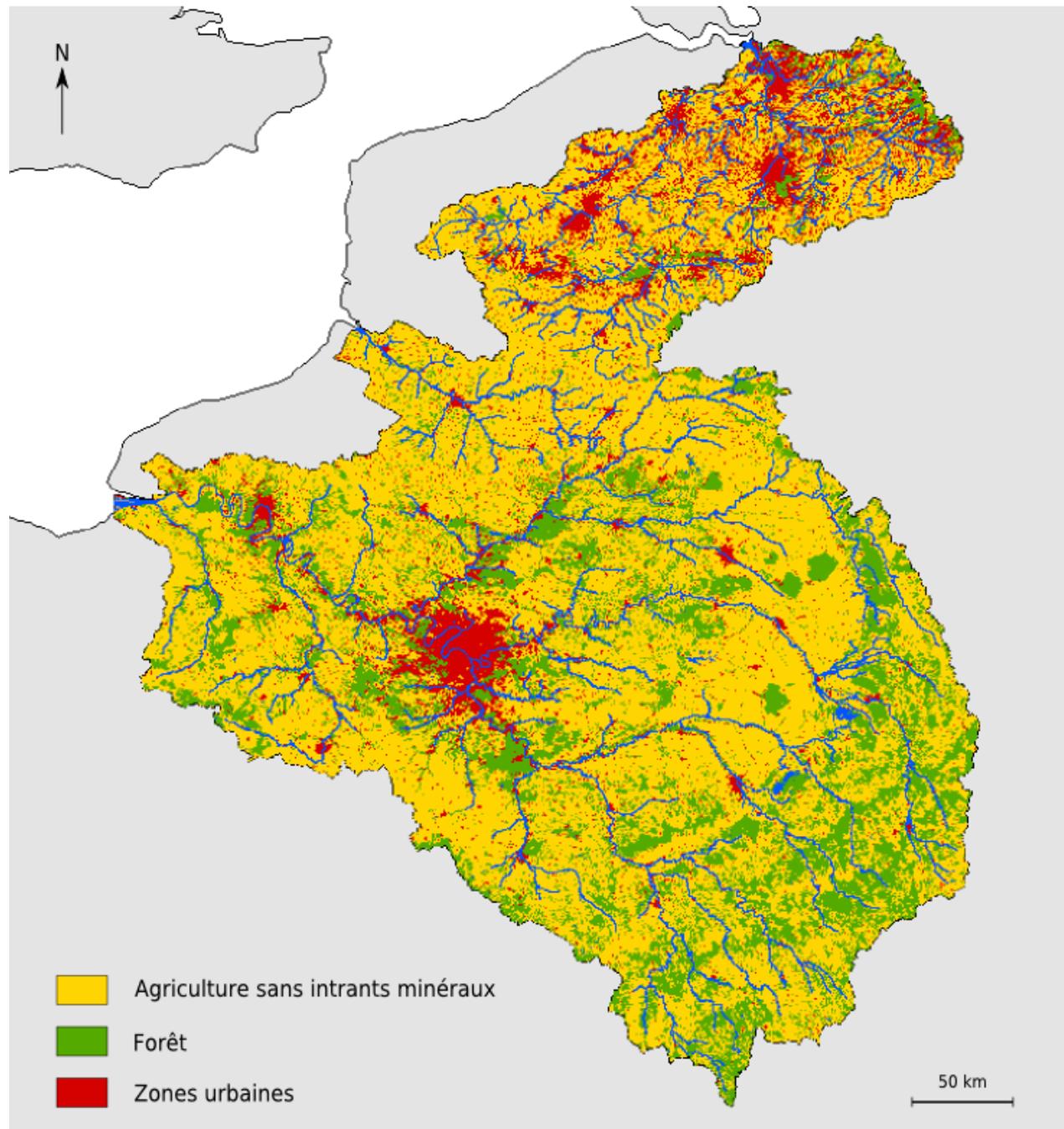
Sup. tot. 15 200 km<sup>2</sup> VS 9 700 km<sup>2</sup>

Arable 9 084 km<sup>2</sup> VS 5 763 km<sup>2</sup>

## Mise en place du bio sur les BAC

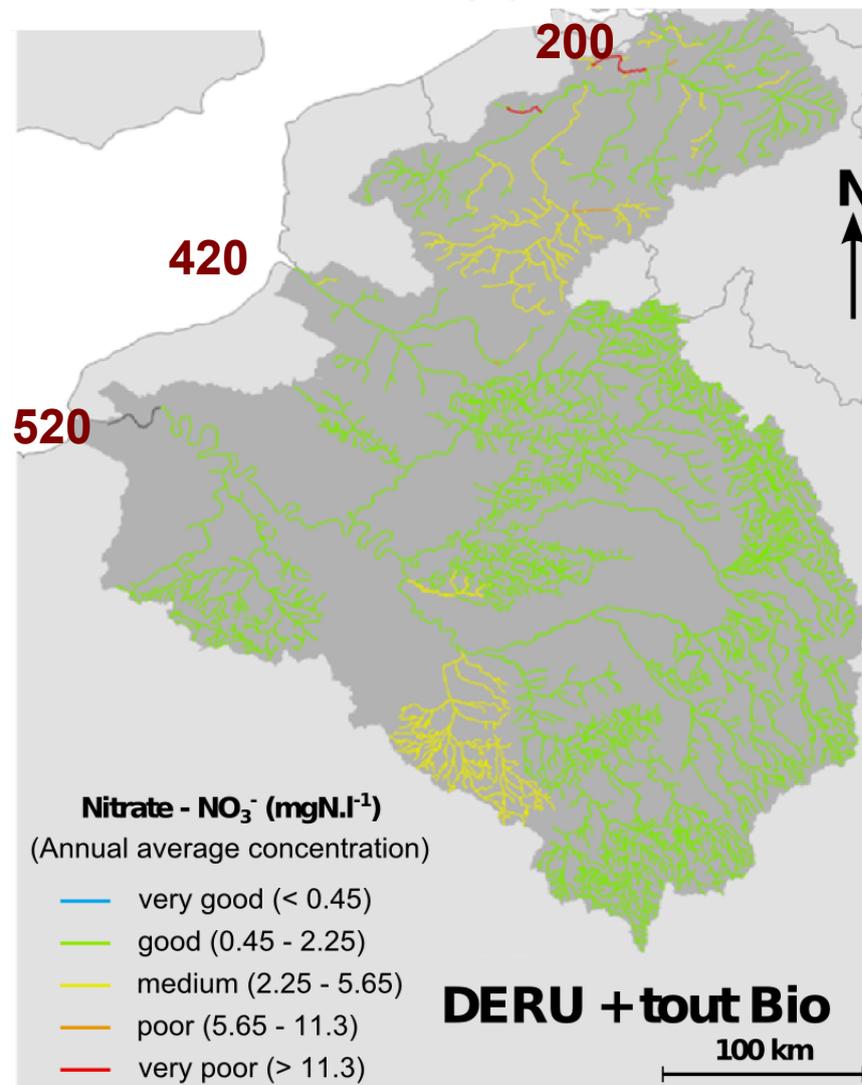
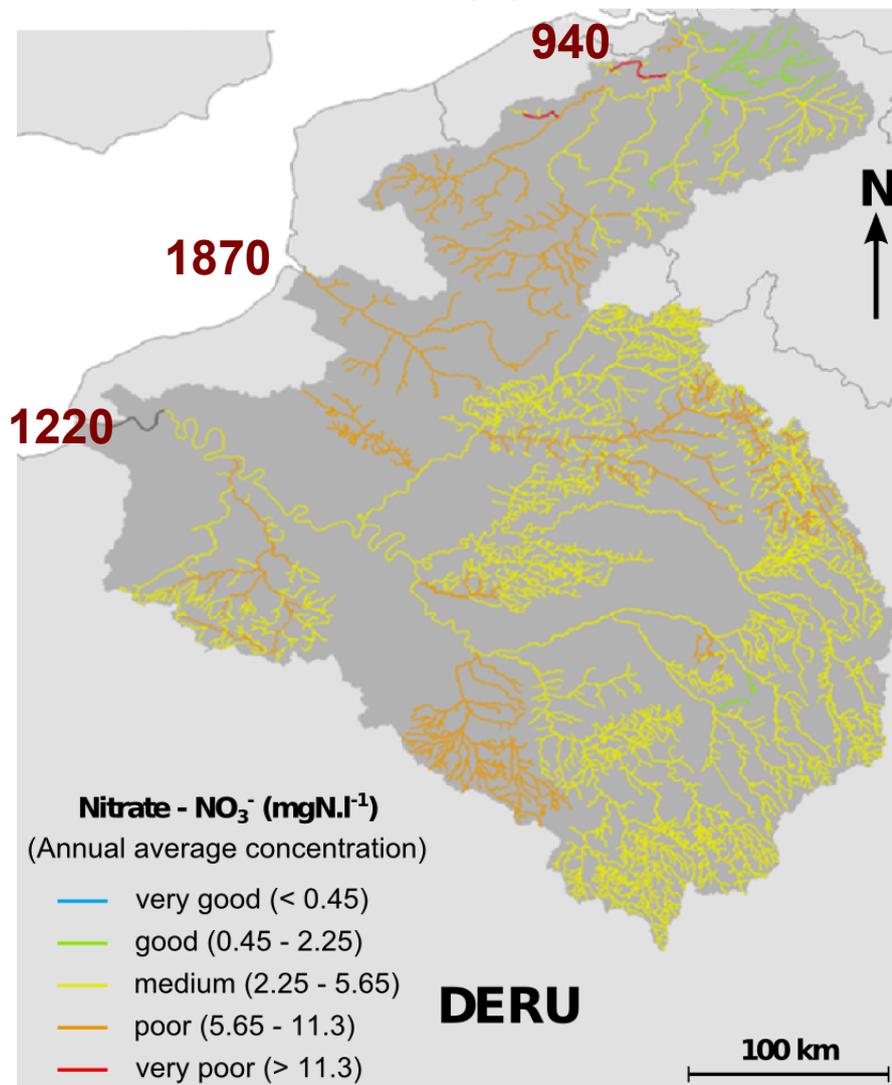
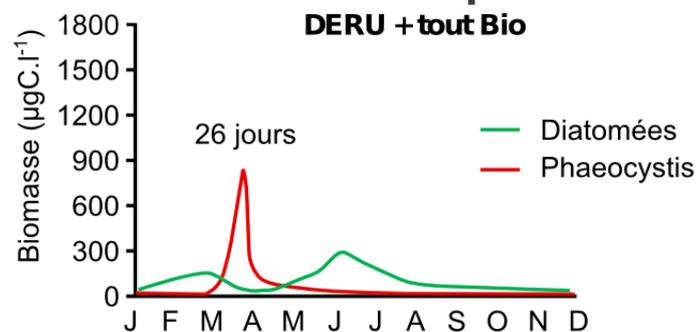
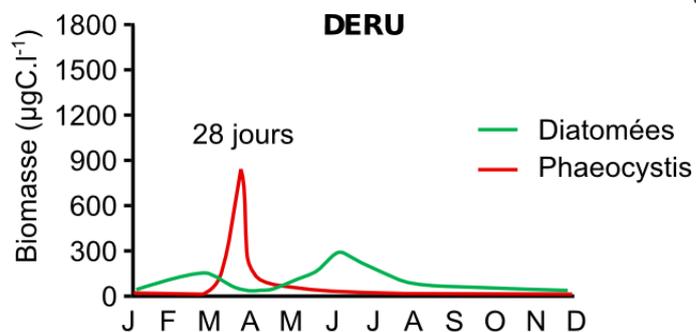


## Pousser les scénarios à leur maximum, maximiser la réponse



*Thieu et al., 2009,  
mais avec l'année  
hydrologique 2006*

Pousser le modèle à son maximum, parvenir au meilleur résultat possible

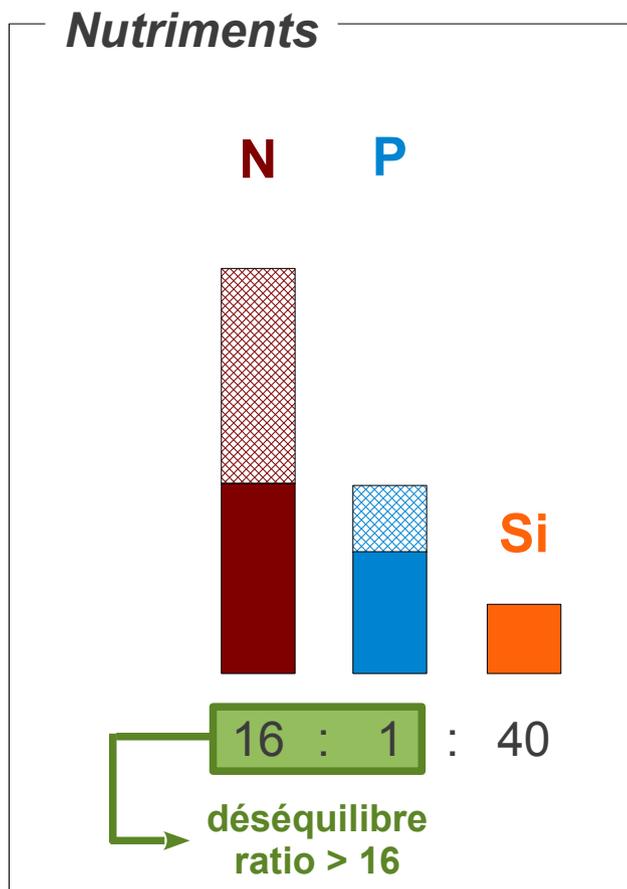


Faut-il aller plus loin dans le traitement des eaux usées urbaines ?

Quelles sont les pistes de réduction des pollutions diffuses ?

Quelle amélioration de la zone côtière est-elle envisageable ?

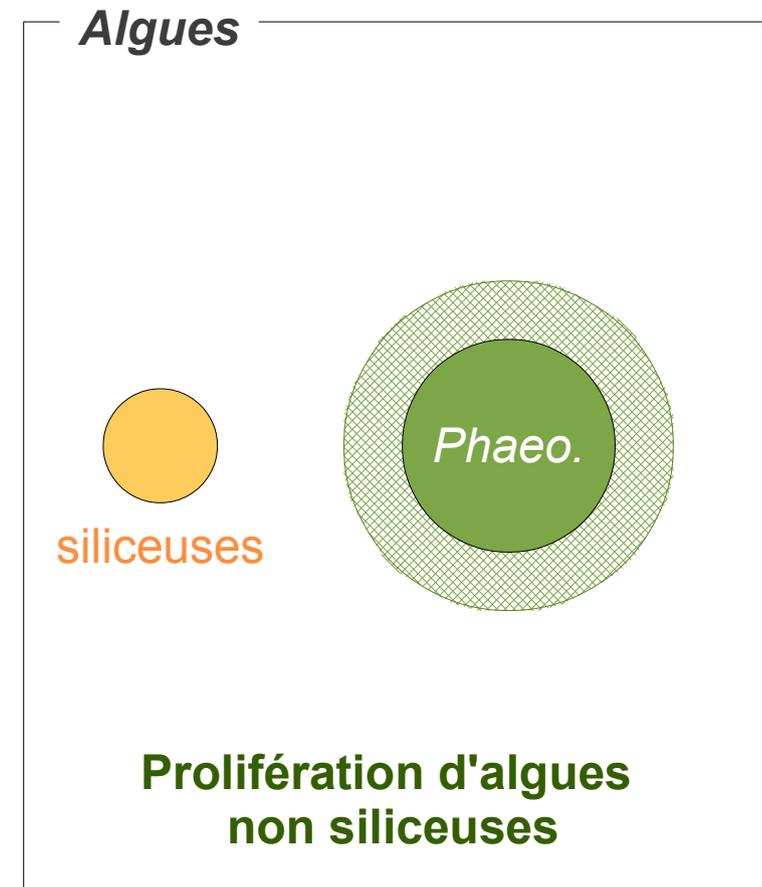
Référence 2007



*prélèvement*

→

*ratio C:N:P:(Si)*

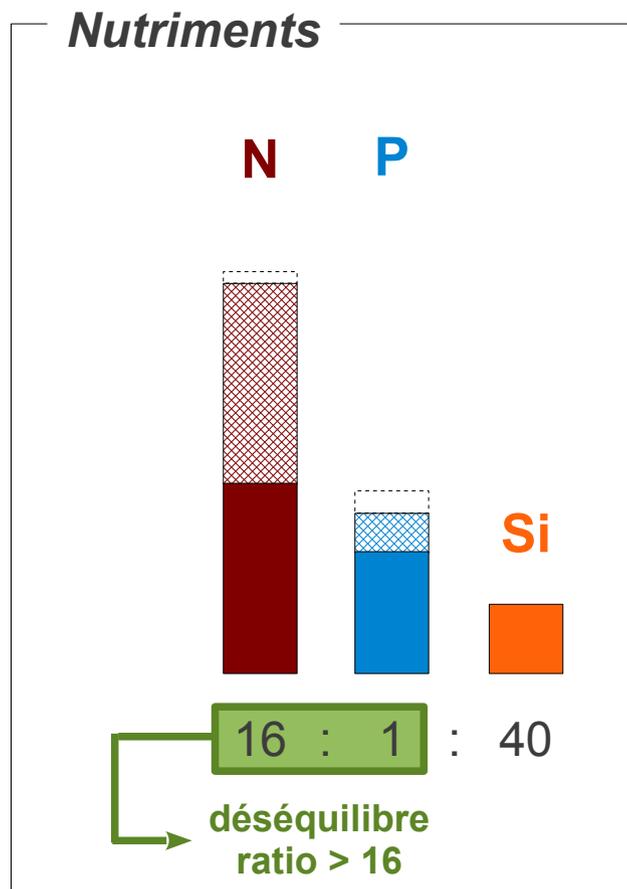


Faut-il aller plus loin dans le traitement des eaux usées urbaines ?

Quelles sont les pistes de réduction des pollutions diffuses ?

Quelle amélioration de la zone côtière est-elle envisageable ?

DERU



*prélèvement*  
→  
*ratio C:N:P:(Si)*



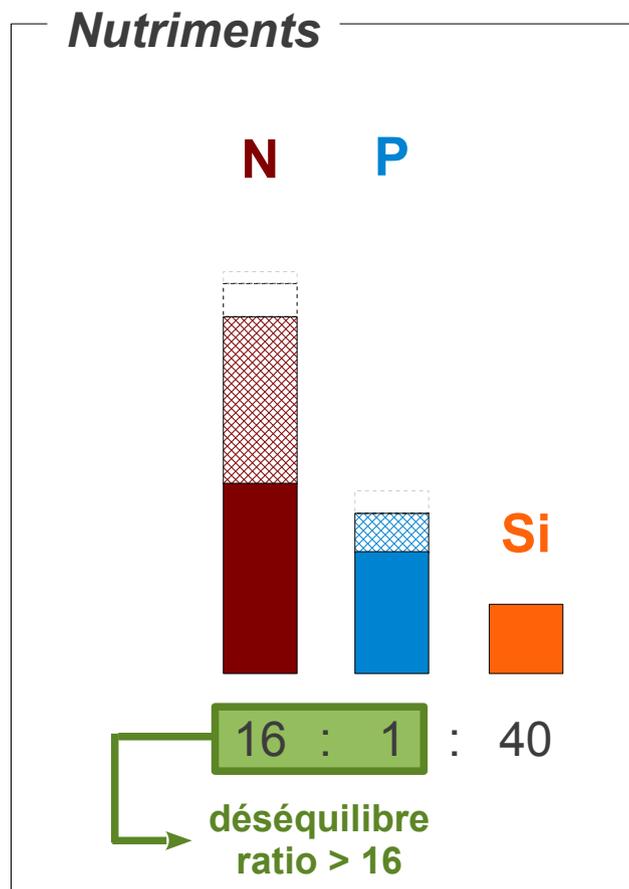
Poursuite de la baisse du P, légère diminution des *Phaeocystis*

Faut-il aller plus loin dans le traitement des eaux usées urbaines ?

Quelles sont les pistes de réduction des pollutions diffuses ?

Quelle amélioration de la zone côtière est-elle envisageable ?

Captage bio



*prélèvement*

→

*ratio C:N:P:(Si)*



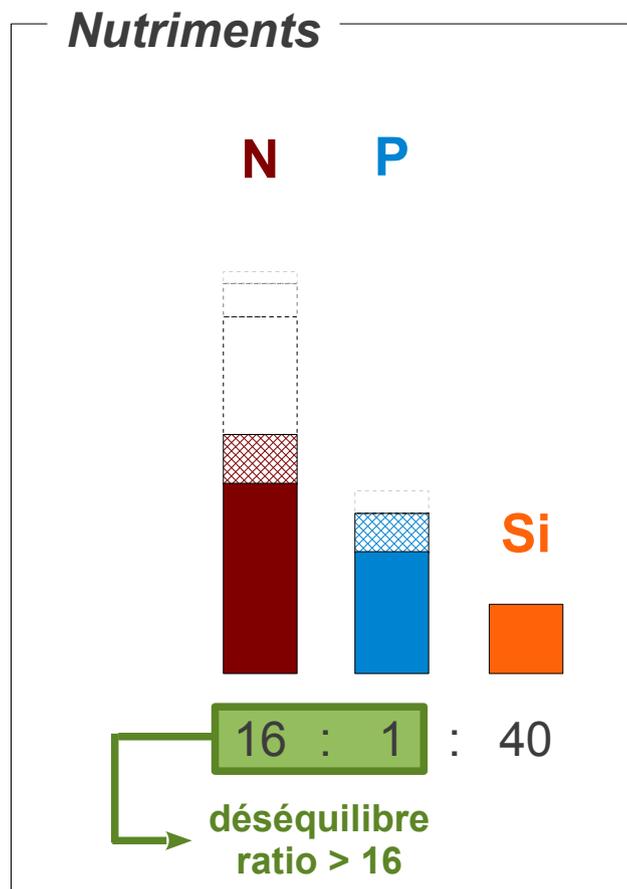
Légère baisse du N, peu d'effet à la zone côtière

Faut-il aller plus loin dans le traitement des eaux usées urbaines ?

Quelles sont les pistes de réduction des pollutions diffuses ?

Quelle amélioration de la zone côtière est-elle envisageable ?

Tout bio



*prélèvement*

→

*ratio C:N:P:(Si)*

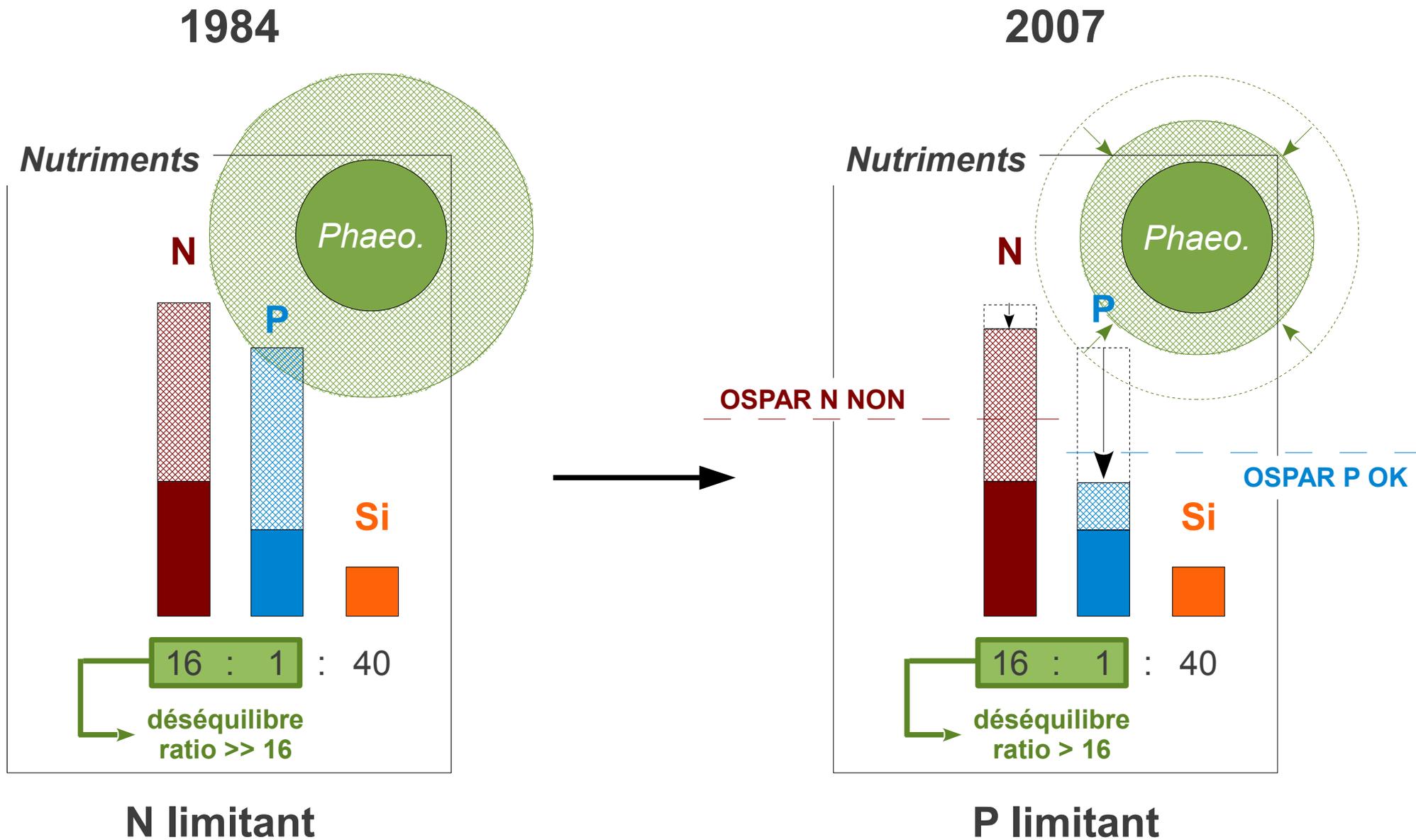


Approche de l'équilibre, mais toujours peu d'effet à la zone côtière



# Récapitulons !

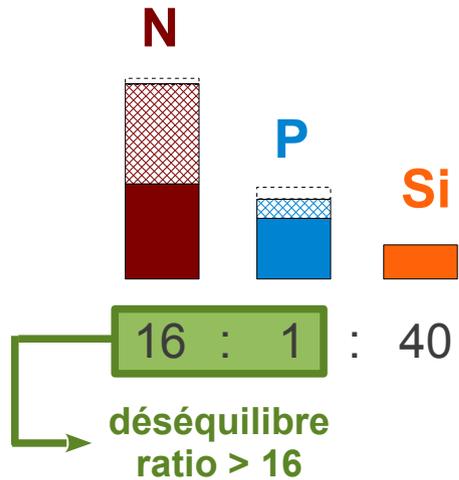




Rejets ponctuels maîtrisés

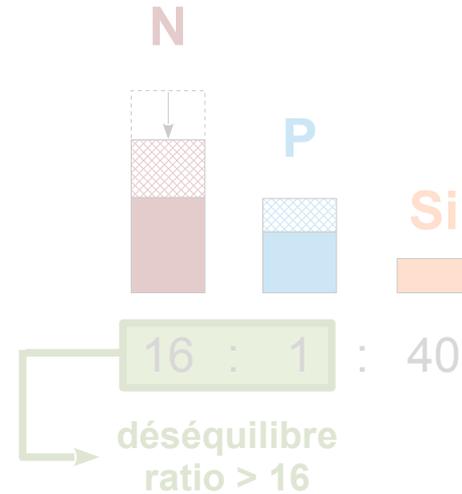
**Les efforts doivent maintenant portés sur les pollutions diffuses**

## Pollutions ponctuelles DERU



Baisse du P  
Diminution des efflorescences  
Peu d'effets au sein du réseau hydro

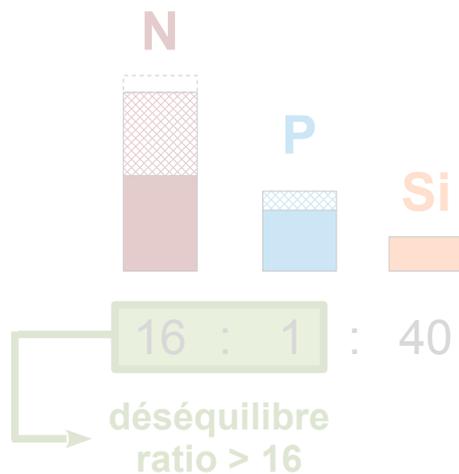
## Pollutions diffuses – solution curative Réintroduction d'étangs



Baisse des flux de N localement  
Pas d'effet à l'échelle de la Seine  
Une proportion de 5 % d'étangs est optimale

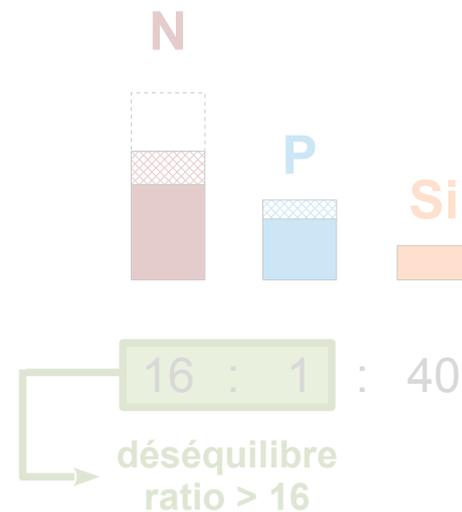
## Pollutions diffuses – solutions préventives

### Captage bio



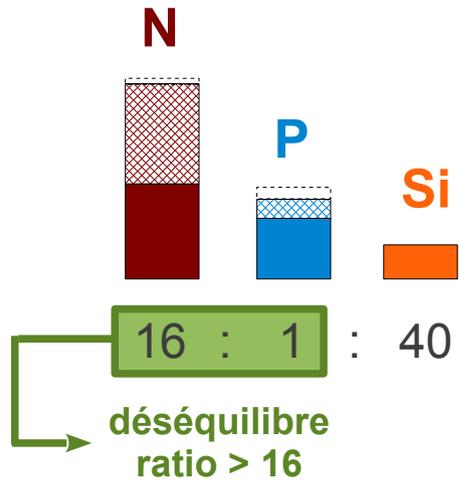
Baisse des flux de N à la côte  
Très peu d'effet sur les *Phaeocystis*  
Amélioration de certaines portions du réseau hydro

### Tout bio



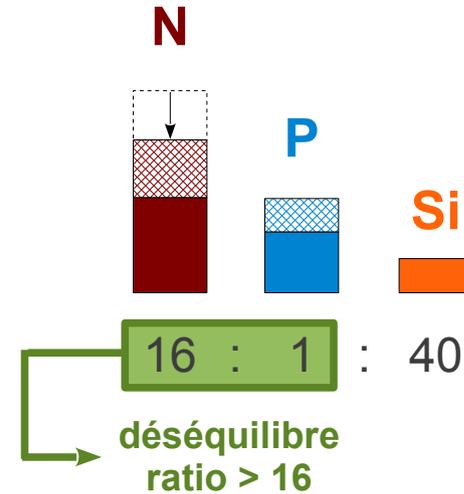
Forte baisse des flux de N à la côte  
Peu d'effet sur les *Phaeocystis*  
Amélioration généralisée du réseau hydro

## Pollutions ponctuelles DERU



Baisse du P  
Diminution des efflorescences  
Peu d'effets au sein du réseau hydro

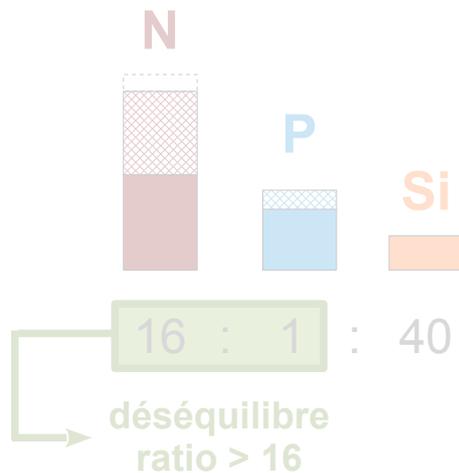
## Pollutions diffuses – solution curative Réintroduction d'étangs



Baisse des flux de N localement  
Pas d'effet à l'échelle de la Seine  
Une proportion de 5 % d'étangs est optimale

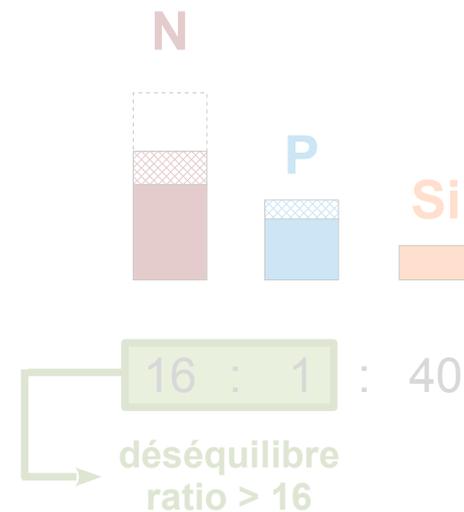
## Pollutions diffuses – solutions préventives

### Captage bio



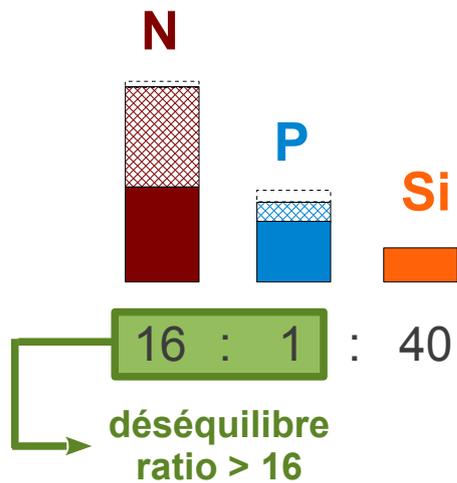
Baisse des flux de N à la côte  
Très peu d'effet sur les *Phaeocystis*  
Amélioration de certaines portions du réseau hydro

### Tout bio



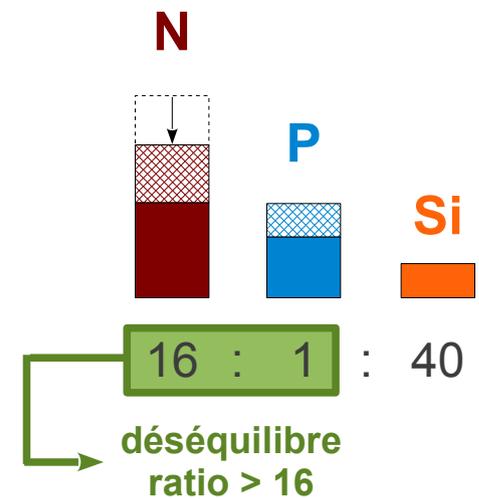
Forte baisse des flux de N à la côte  
Peu d'effet sur les *Phaeocystis*  
Amélioration généralisée du réseau hydro

**Pollutions ponctuelles**  
DERU



Baisse du P  
Diminution des efflorescences  
Peu d'effets au sein du réseau hydro

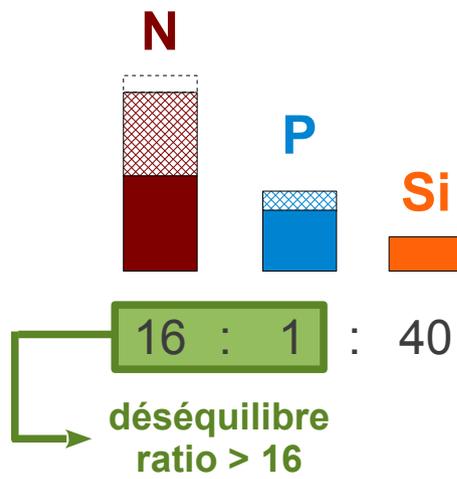
**Pollutions diffuses – solution curative**  
Réintroduction d'étangs



Baisse des flux de N localement  
Pas d'effet à l'échelle de la Seine  
Une proportion de 5 % d'étangs est optimale

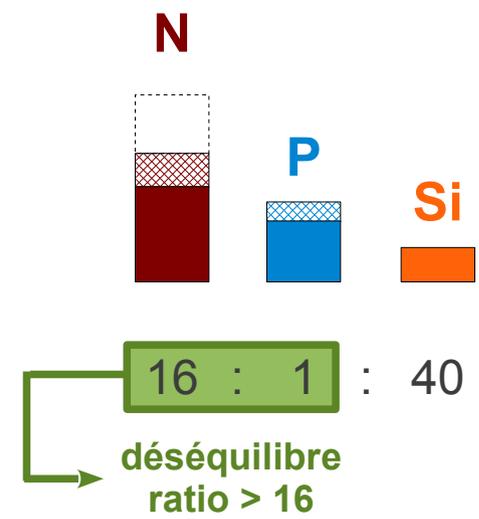
**Pollutions diffuses – solutions préventives**

Captage bio



Baisse des flux de N à la côte  
Très peu d'effet sur les *Phaeocystis*  
Amélioration de certaines portions du réseau hydro

Tout bio



Forte baisse des flux de N à la côte  
Peu d'effet sur les *Phaeocystis*  
Amélioration généralisée du réseau hydro

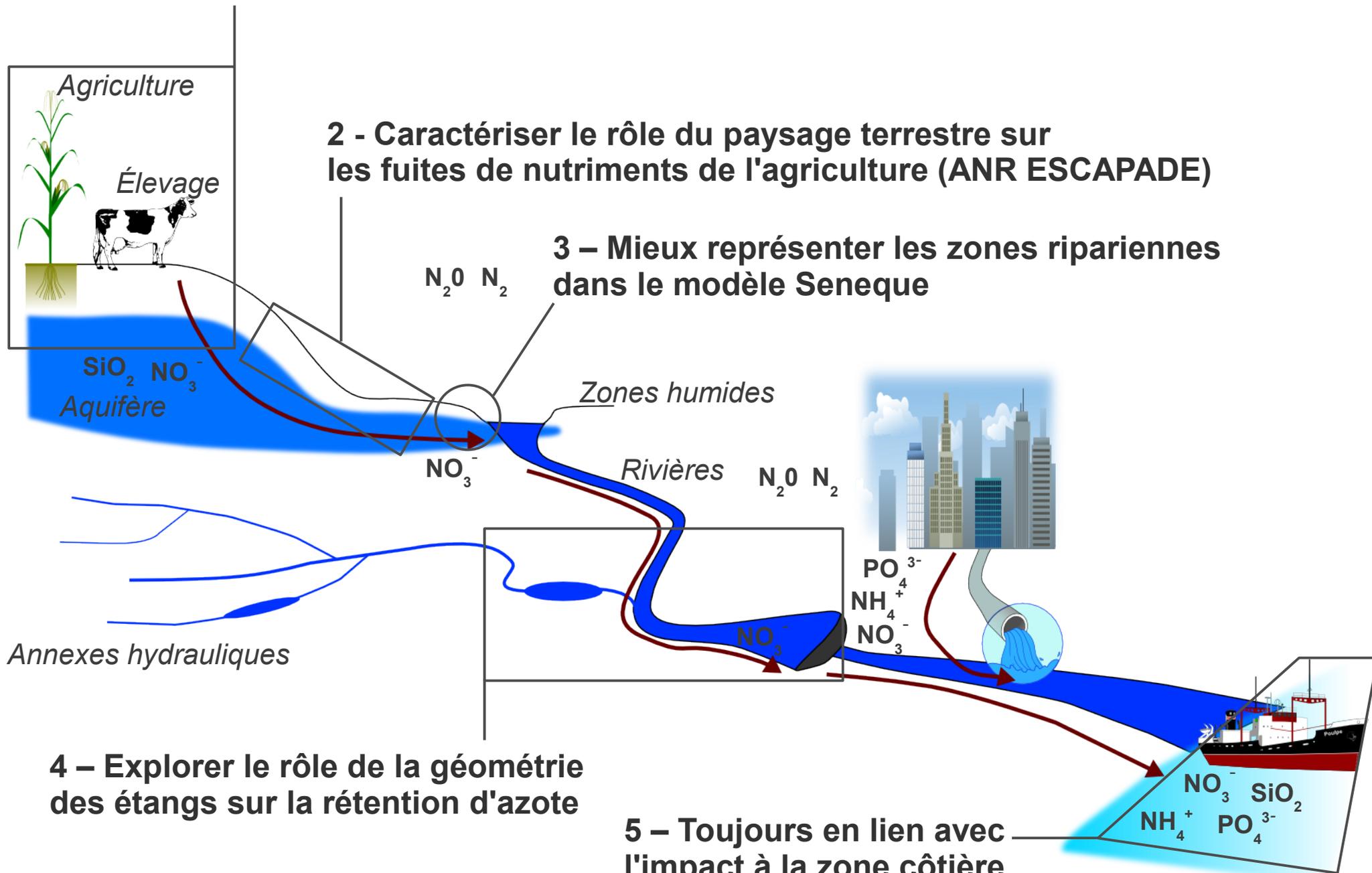
1 – Construire un scénario de conversion des BAC Grenelle en bio

2 - Caractériser le rôle du paysage terrestre sur les fuites de nutriments de l'agriculture (ANR ESCAPADE)

3 – Mieux représenter les zones ripariennes dans le modèle Seneque

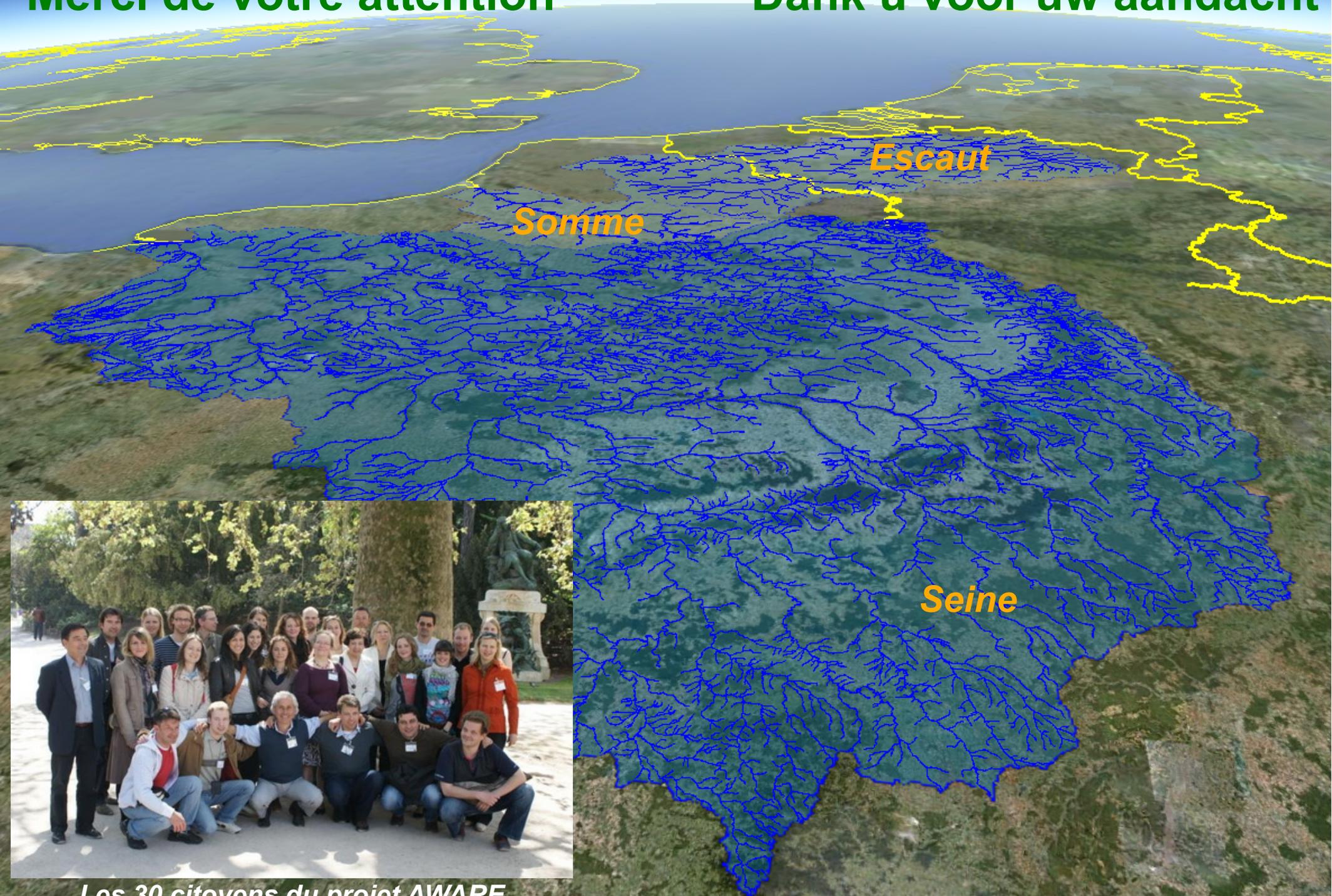
4 – Explorer le rôle de la géométrie des étangs sur la rétention d'azote

5 – Toujours en lien avec l'impact à la zone côtière



**Merci de votre attention**

**Dank u voor uw aandacht**



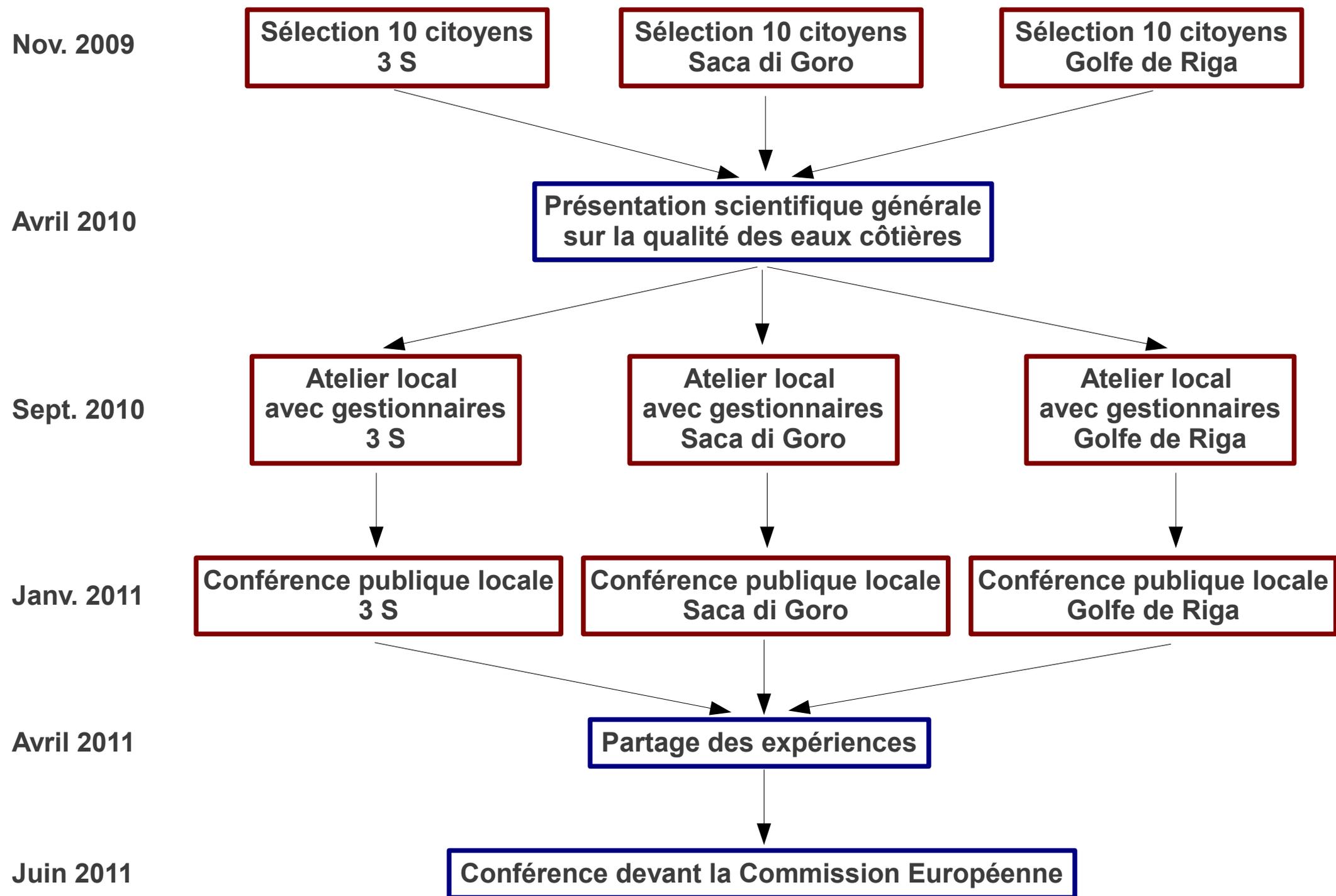
*Les 30 citoyens du projet AWARE*







# AWARE - Processus



# **AWARE – Recommandations des citoyens**

## **I – Transversalité / Cohérence**

- Générer une prise de conscience et une action rapide
- Trouver une unité de vue suffisamment cohérente qui mène à l'action commune

## **II – Information / Transparence / Éducation**

- Vulgariser davantage les données du monde scientifique tout en restant « neutre » de toute influence
- Consolider/consigner les données de manière centralisée
- Sensibiliser la jeune génération via l'école

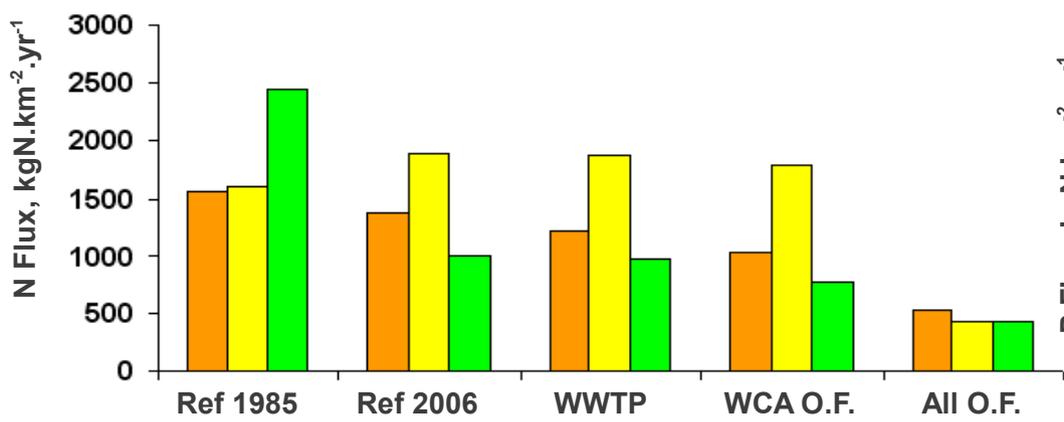
## **III – Sources diffuses / Consommation**

- Revaloriser la place des agriculteurs
- Accompagner ces derniers dans une reconversion
- Valoriser le bon état écologique de l'eau
- Développer et communiquer une vision, fondée sur l'approche territoriale et centrée sur la recherche de solutions

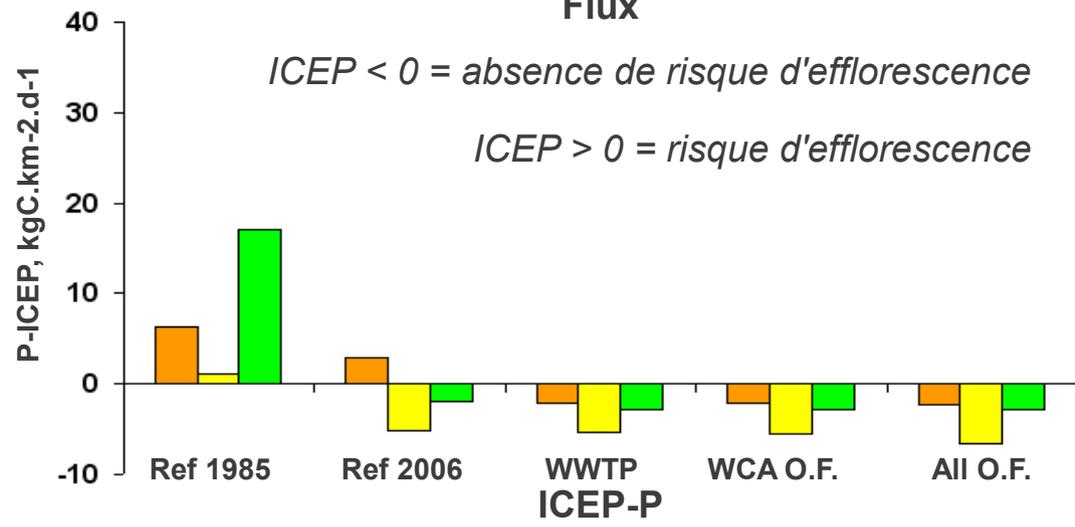
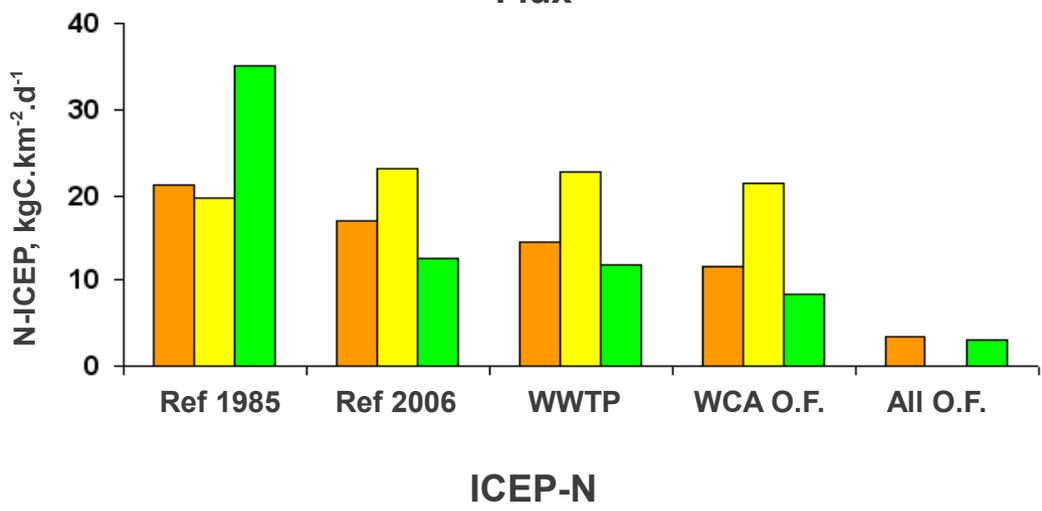
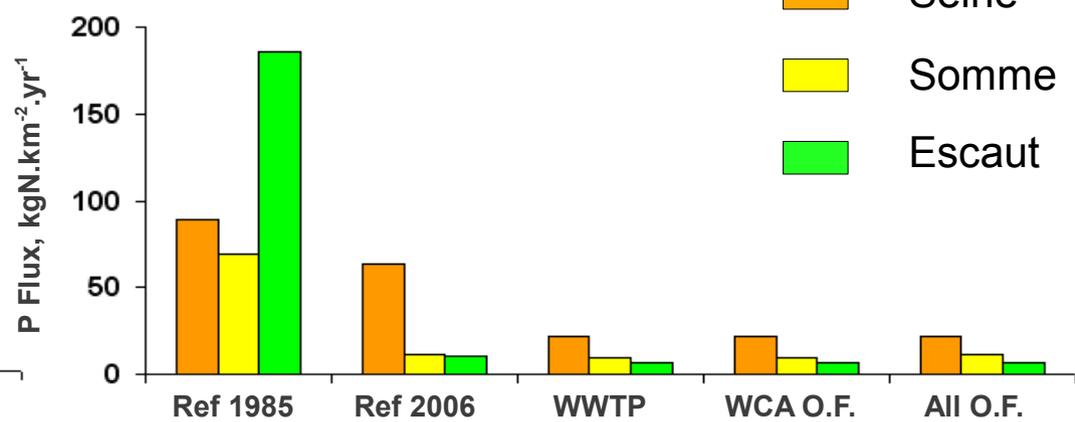
# Flux à la côte et ICEP

## Évolution et scénarios

### Nitrate



### Phosphore



$ICEP-N = 12 * 106 * Flux N / (14 * 16) - Flux Si / 28$

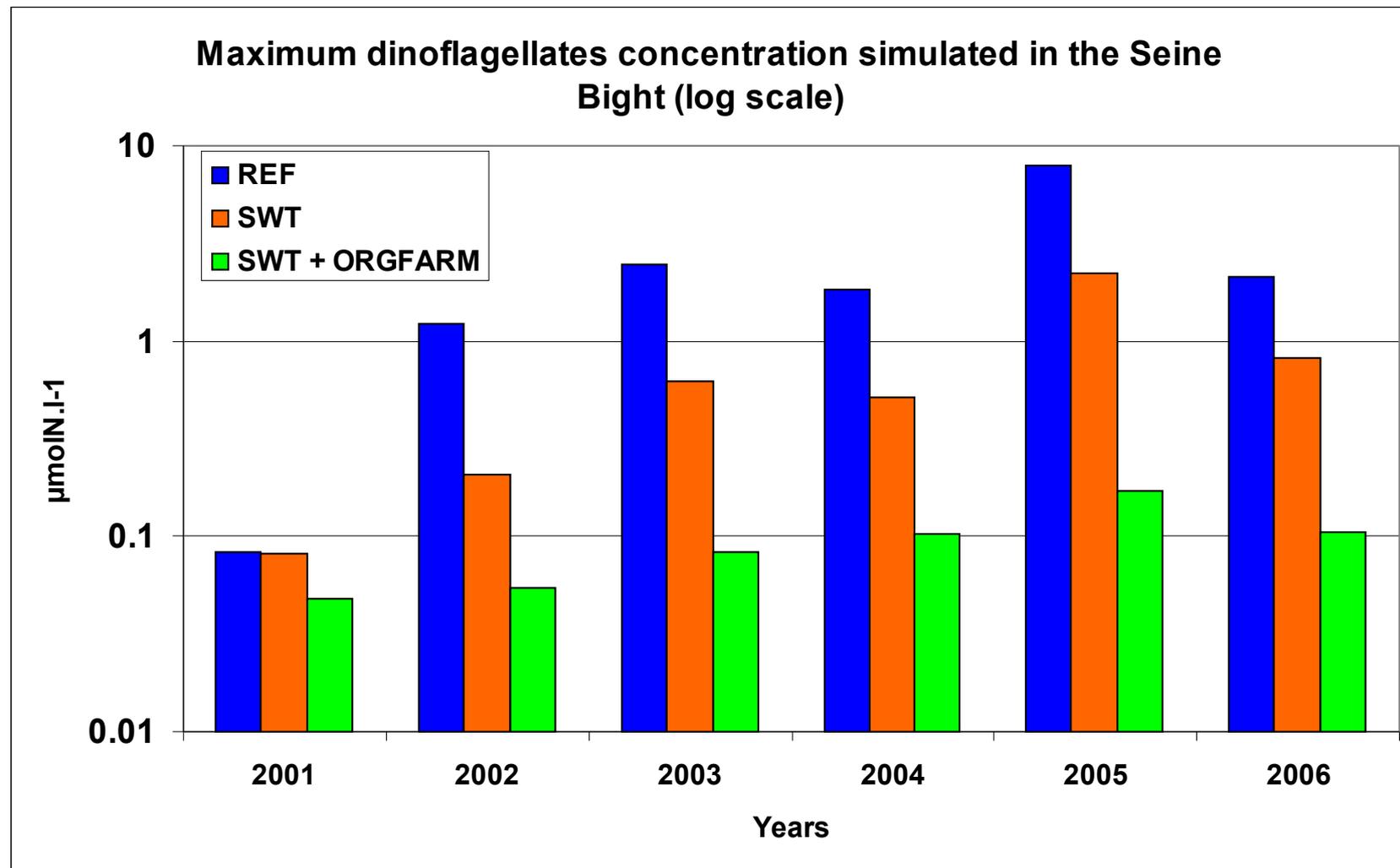
$ICEP-P = 12 * 106 * Flux N / 31 - Flux Si / (28 * 20)$

# NEREIS

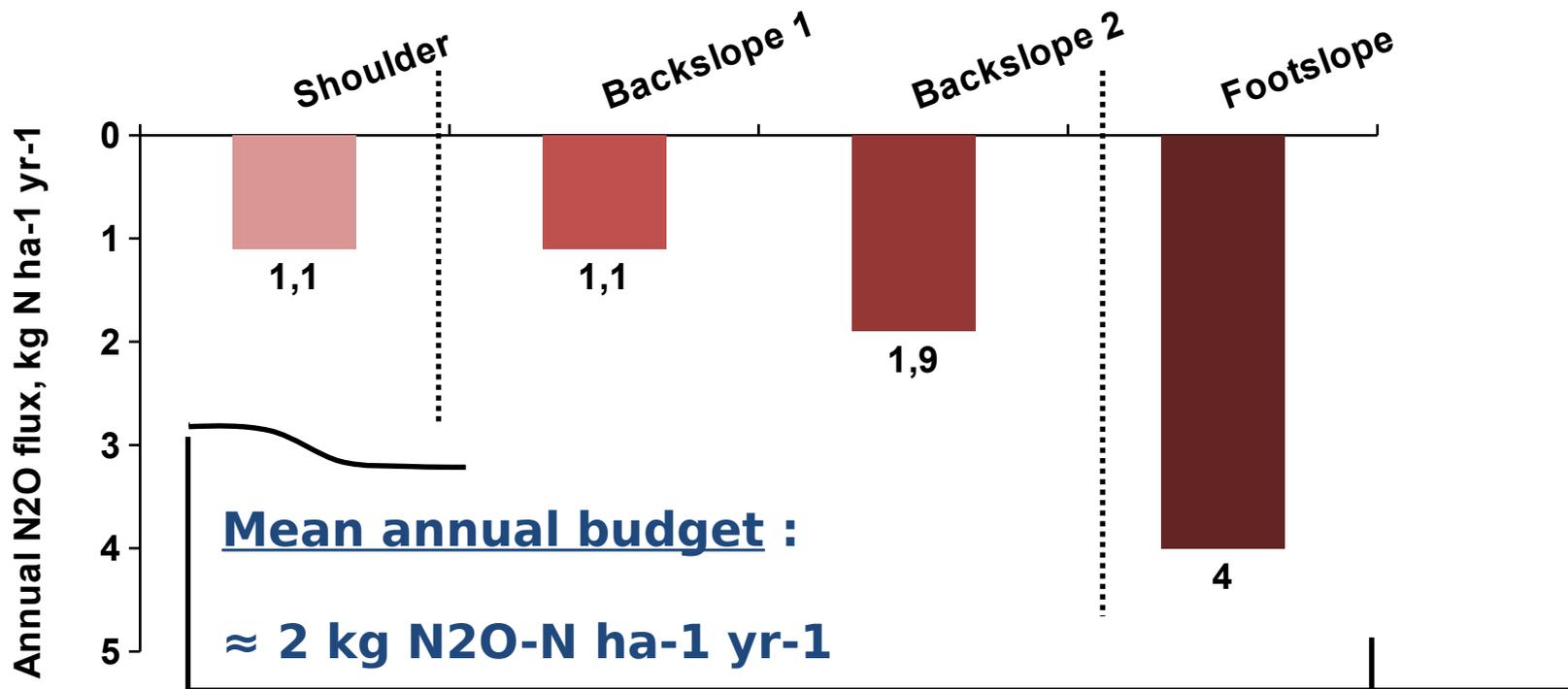
Couplage Seneque – Mars 3D sur la baie de Seine entre 2000 et 2006

Objectifs : quantifier les flux de nutriments à la mer, simuler l'évolution des Diatomées et des Dinoflagellés (dont certaines sont toxiques comme Dinophysis)

Tester des scénarios de diminution des rejets ponctuels (DERU) et de pollutions diffuses (bio) et voir leur influence sur les développements algaux



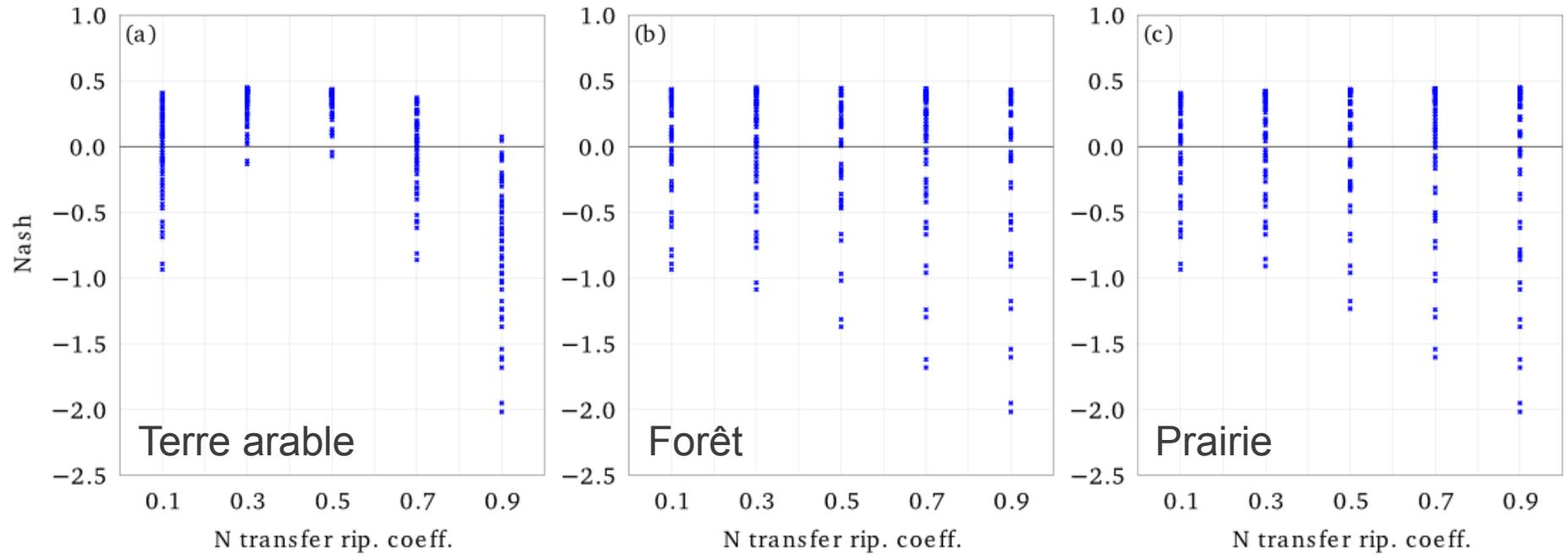
# Émissions de N<sub>2</sub>O à l'échelle du bassin versant



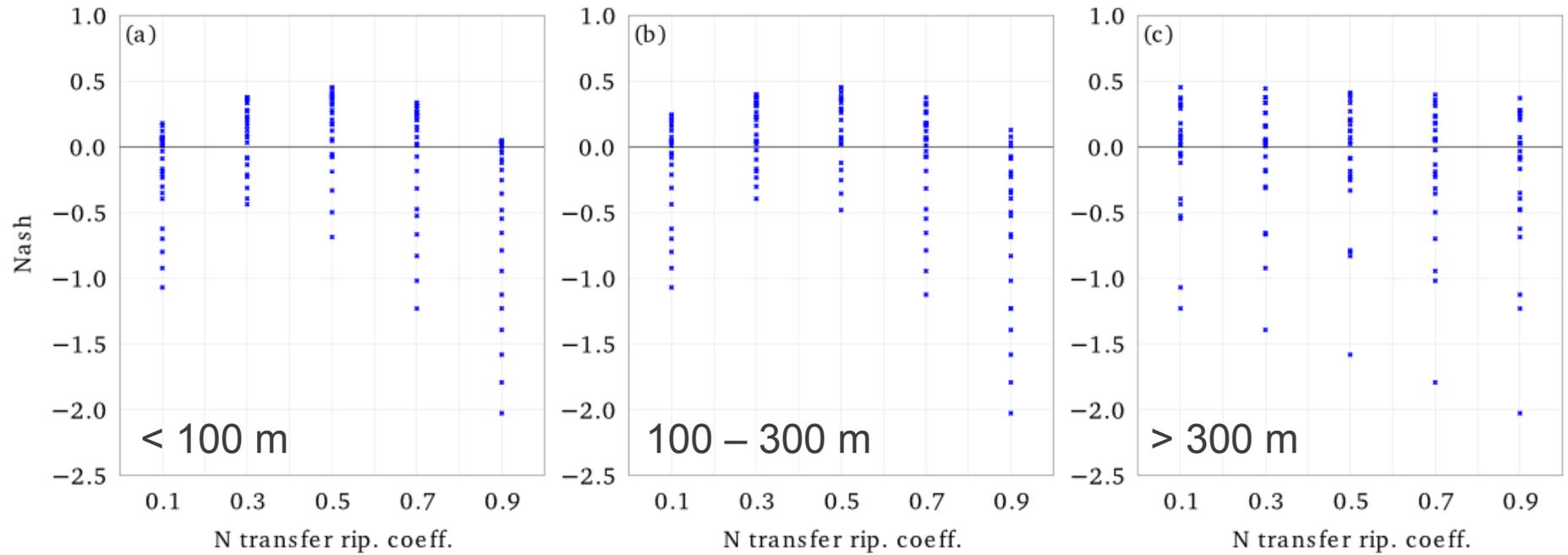
- Very clear landscape pattern with highest emissions in lower slope positions
- Highest emissions in footslope, associated with highest moisture (anaerobic denitrification) and highest N concentrations in soil

# Zones ripariennes dans Senegal

## ZR et usage du sol

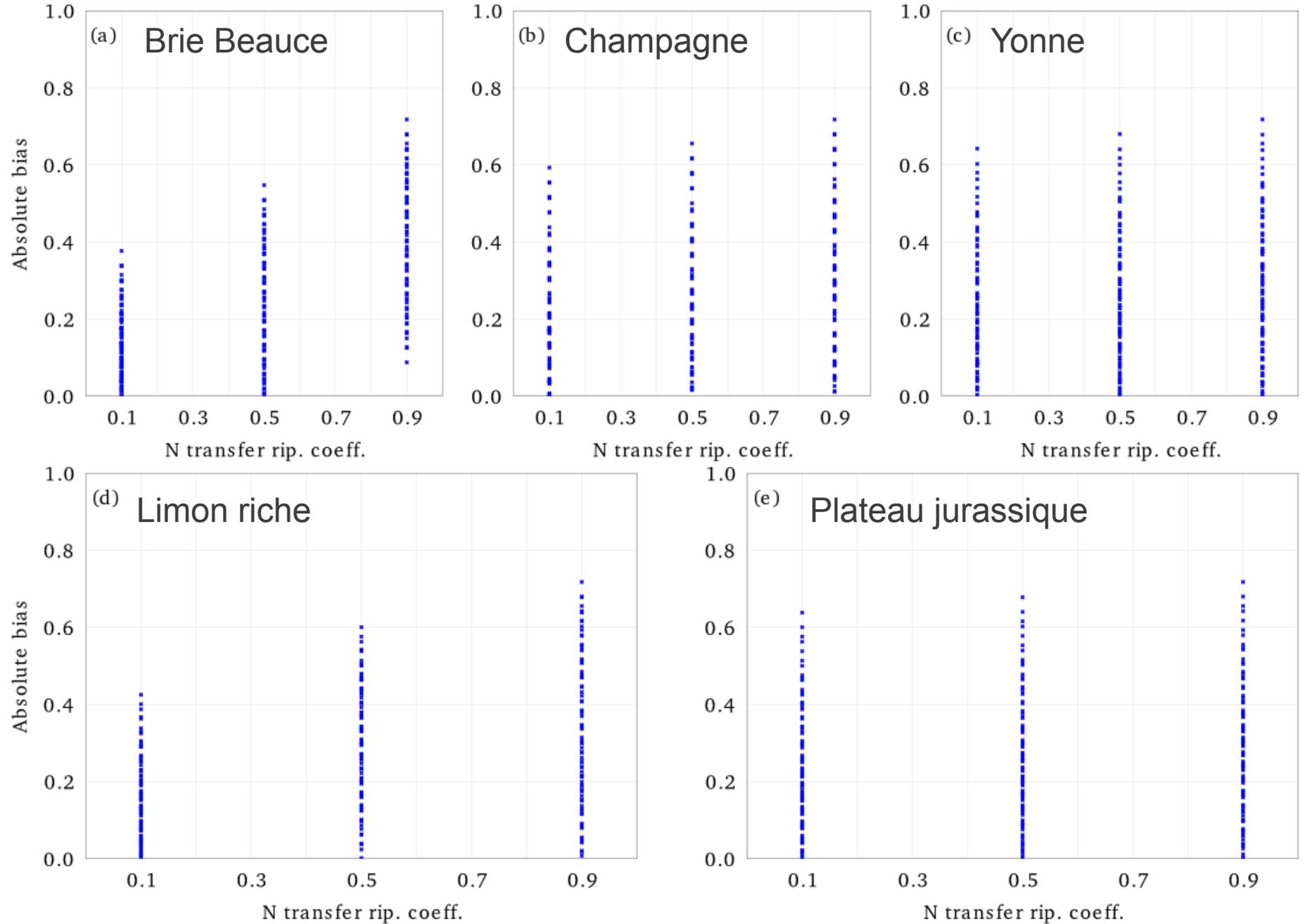


## ZR et largeur de la ZR



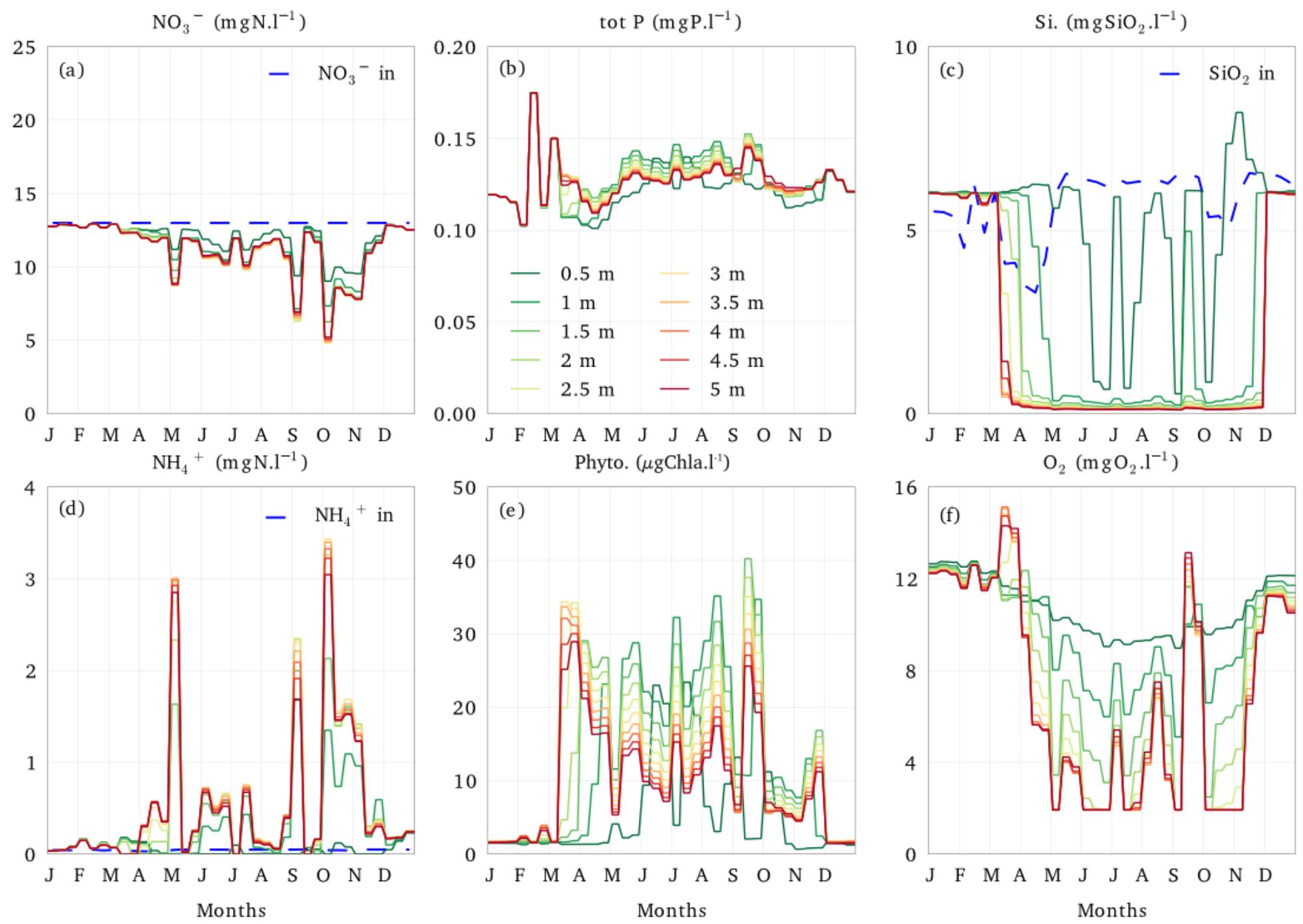
# Zones ripariennes dans Senegue

## ZR et petites régions agricoles



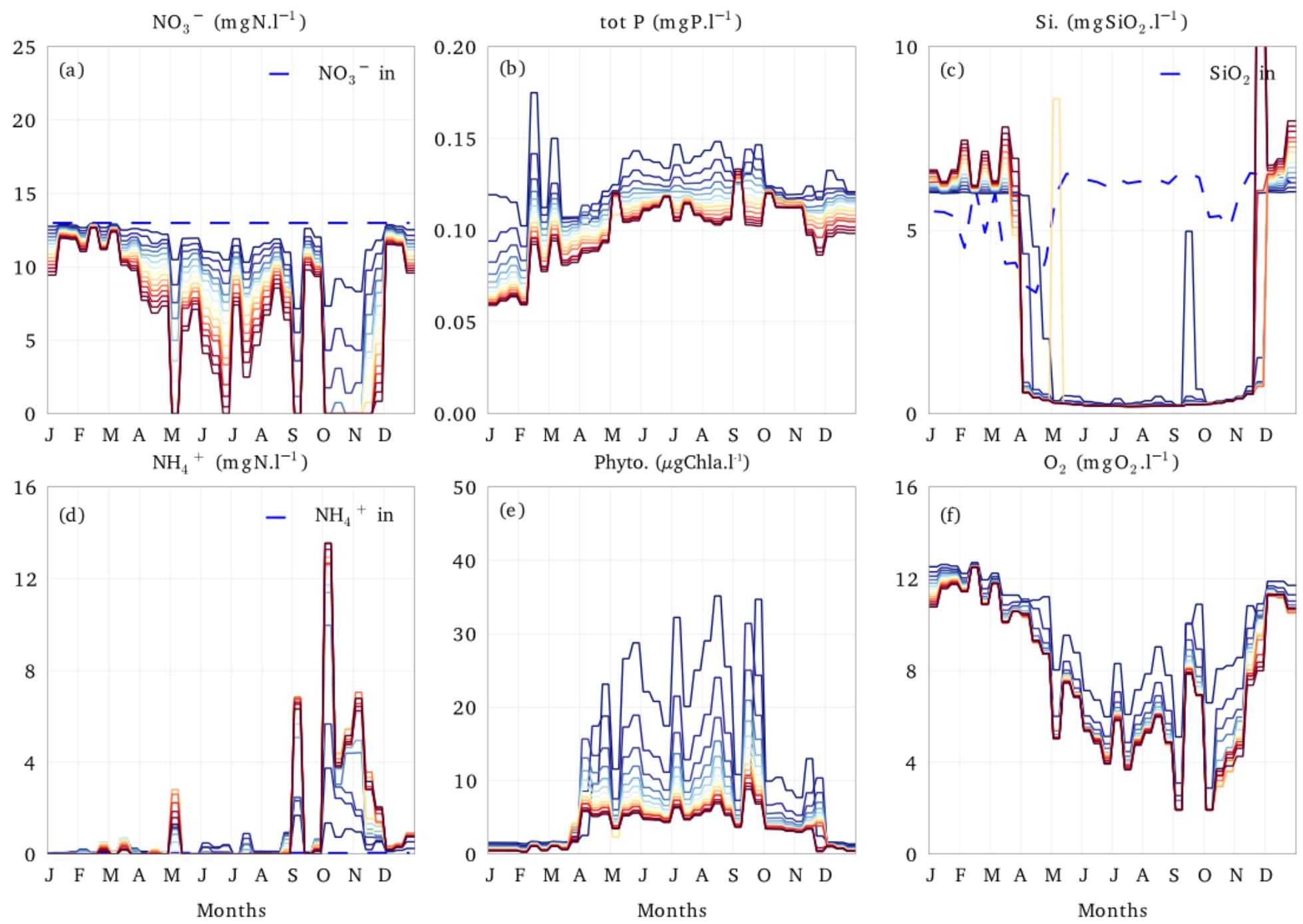
# Étangs et flux de nutriments

## Effet de la profondeur sur les flux de nutriments



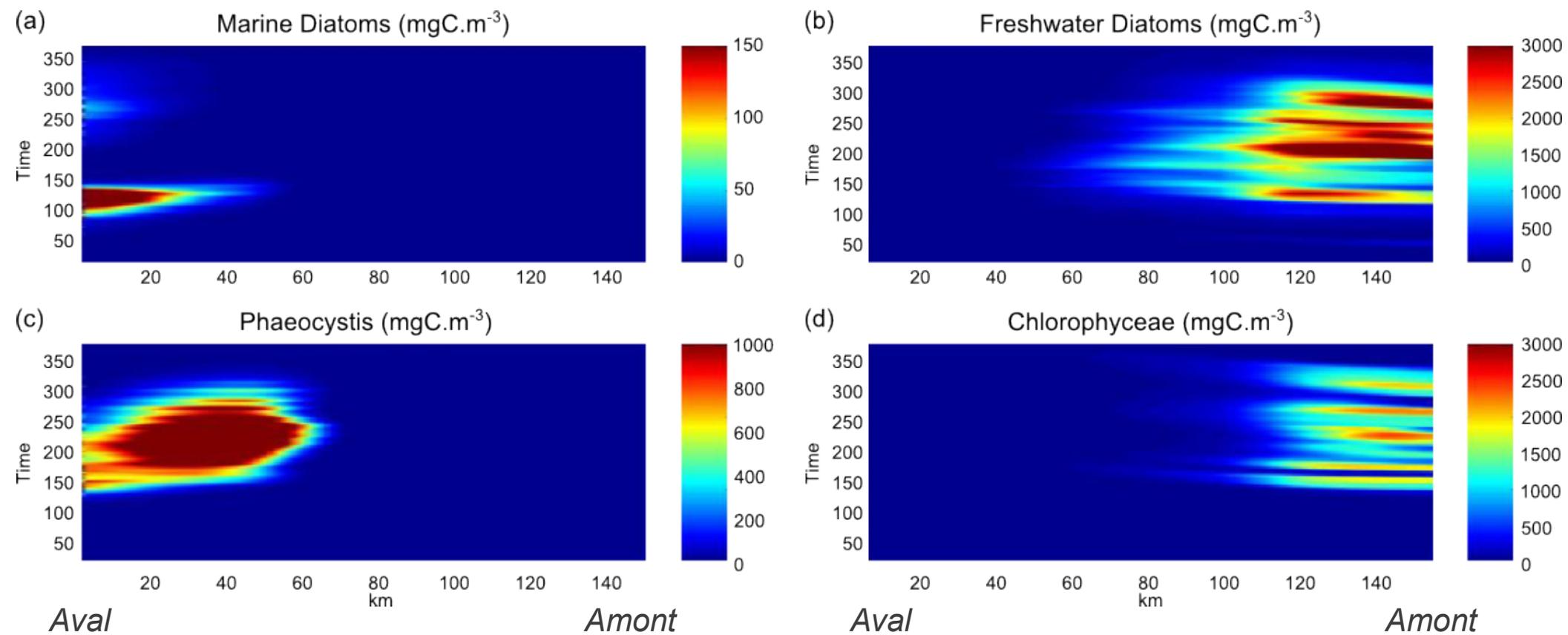
# Étangs et flux de nutriments

## Effet de la superficie sur les flux de nutriments



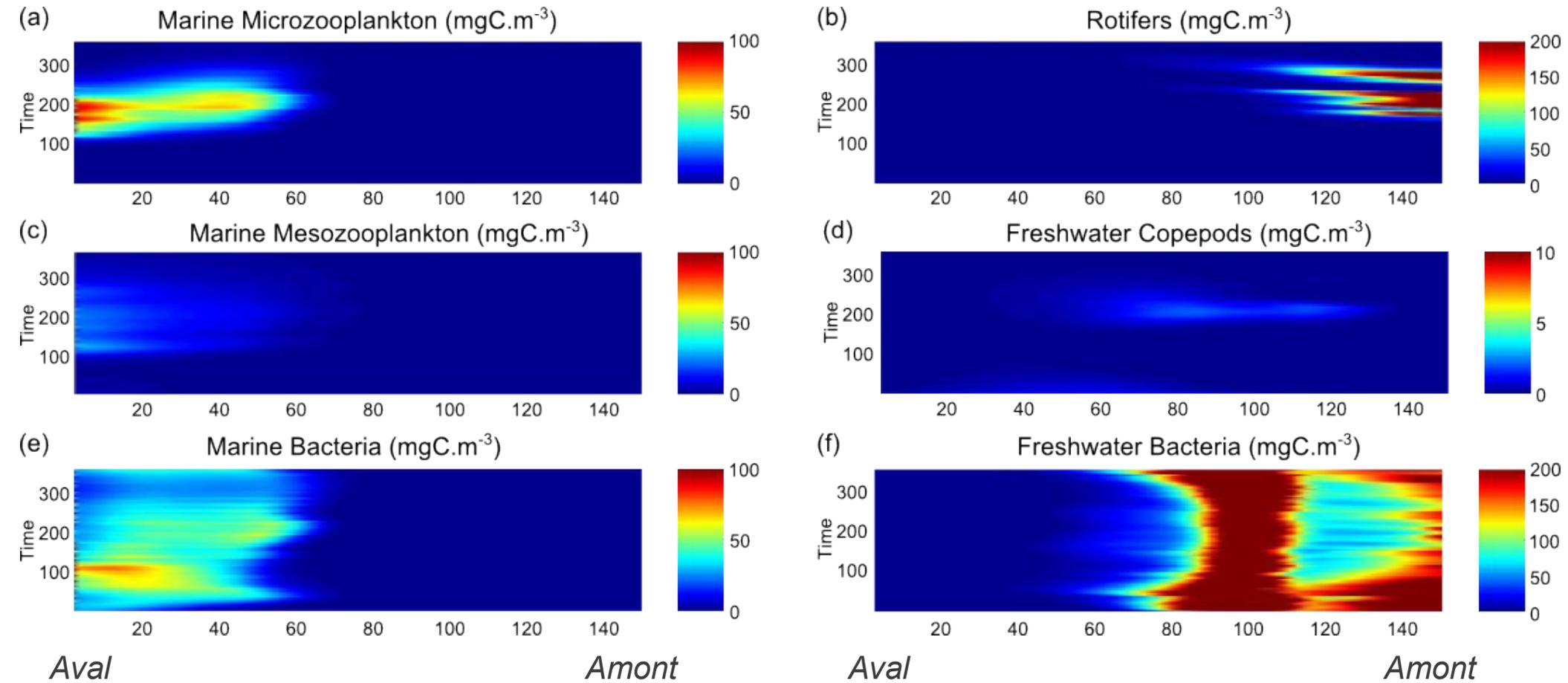
# Filtre estuarien

*Phaeocystis* à l'aval, *Diatomées* à l'amont



# Filtre estuarien

## Le développement des bactéries liés aux rejets ponctuels



# Filtre estuarien

## Effet de l'estuaire de la Seine sur les flux de nutriments

