

« L'eau pour tous, tous pour l'eau ! » Journée de formation

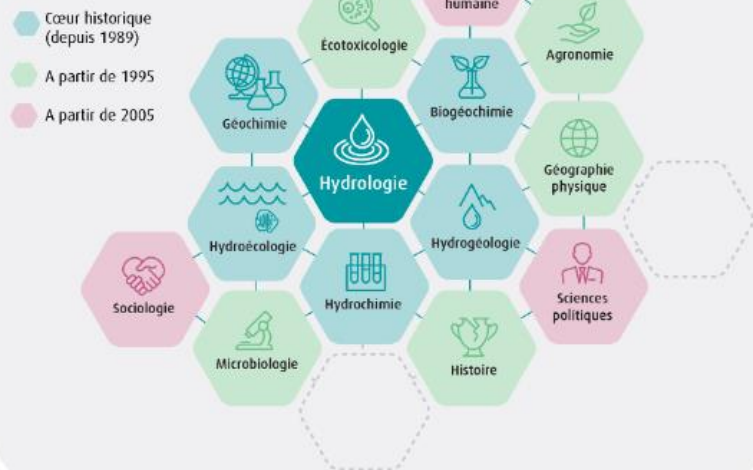
# Les futurs de la ressource en eau dans le bassin de la Seine

## Etat des lieux et scénarios prospectifs à l'horizon 2100

*François Mercier, Mathilde Resch, Alexandre Deloménie, ARCEAU IdF*

*Cellule « Transfert des connaissances » du PIREN-Seine*

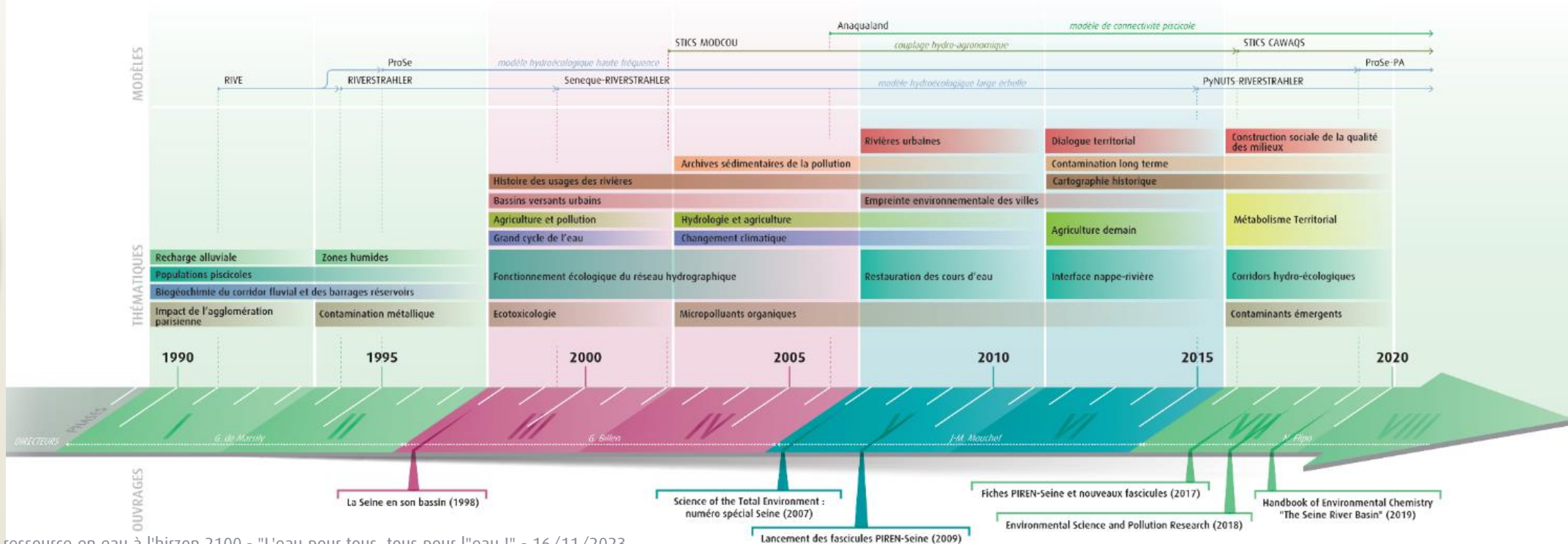
## L'interdisciplinarité



## Une méthodologie



## La mise à disposition des résultats



# L'étude qualitative et quantitative de la ressource en eau au PIREN-Seine

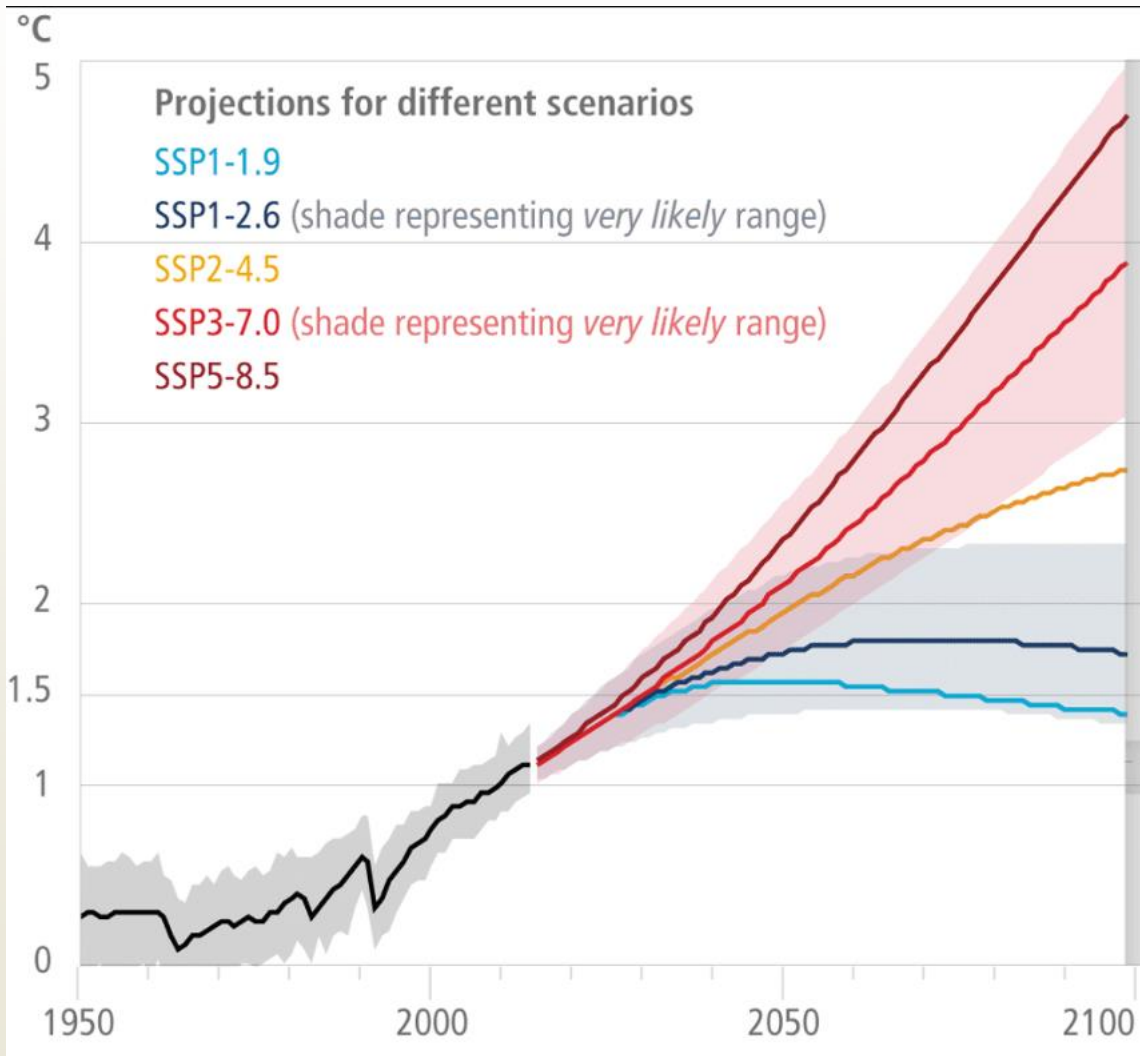
- L'eau, élément central de la recherche scientifique au PIREN-Seine.
- Deux masses étudiées depuis 30 ans : eaux de surface et eaux souterraines.
- Avec deux préoccupations majeures sur l'eau pour le futur du bassin : sa disponibilité et sa qualité.
- Objectif : scénariser les futurs en tenant compte des changements hydroclimatiques, des pratiques anthropiques et des usages de l'eau.

# Horizon 2050/2011 : pourquoi projeter ?

- La gestion de l'eau représente un enjeu de plus en plus important en France, et le bassin de la Seine ne fait pas exception, avec :
  - L'augmentation continue de la population qui exerce une forte pression sur le milieu.
  - Des découvertes dans le domaine de la santé, impliquant des critères de qualité de plus en plus fins.
  - De nouveaux usages (baignade, zones de biodiversité, îlots de fraîcheur, etc.) nécessitant une gestion multi-acteurs.
  - Des changements dans les habitudes et les attentes des consommateurs.

# Horizon 2050 : pourquoi projeter ?

➔ Mais surtout : anticiper les effets du changement climatique



➔ Trois scénarios étudiés :

➔ SSP8-8.5, énergies fossiles « Pétrole »

➔ SSP2-4.5, tendance actuelle « Probable »

➔ SSP1-2.6, mesures enviro. Proches des accords de Paris « Proche Paris »

➔ Cinq modèles utilisés

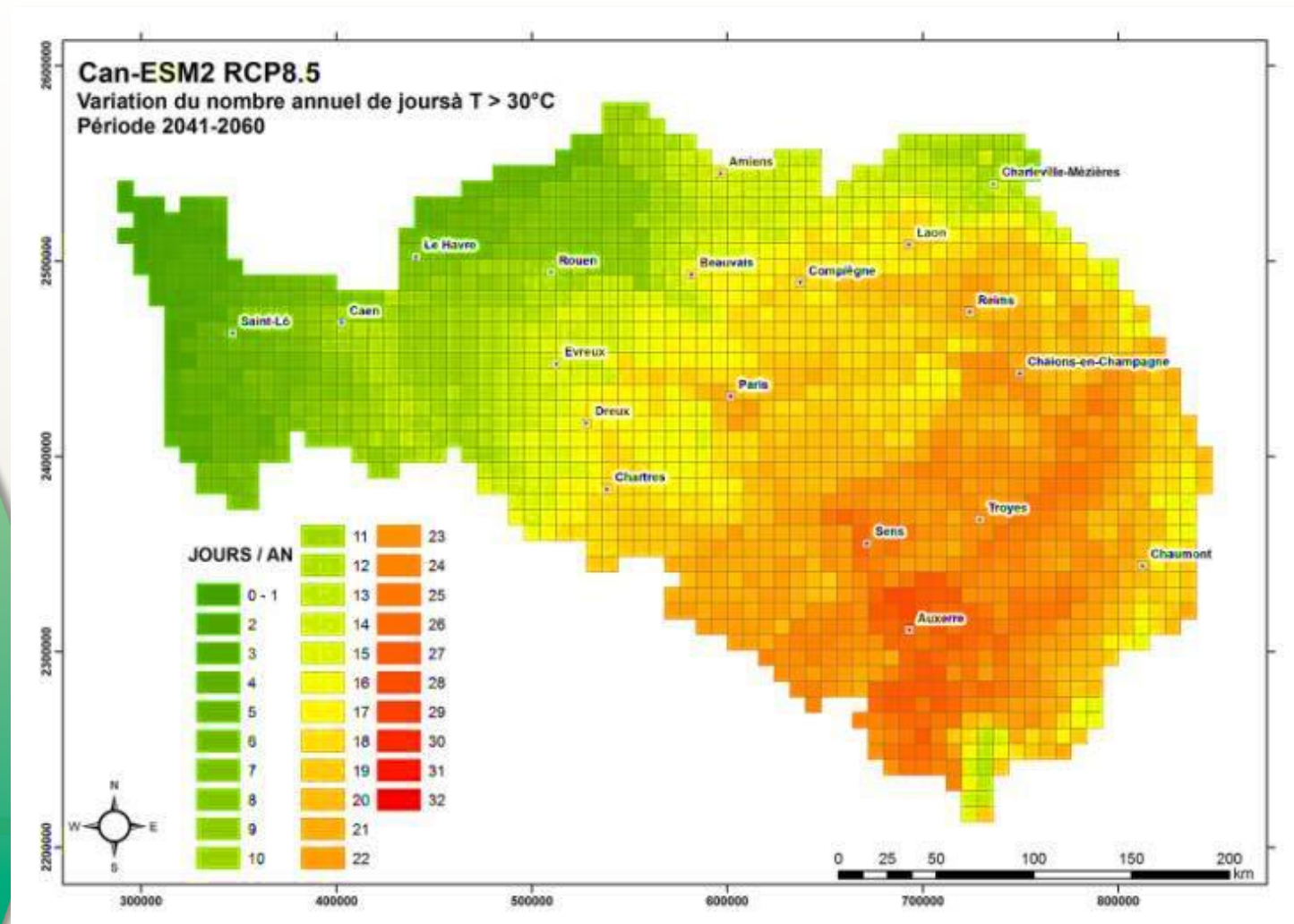


# Evolution quantitative de la ressource en eau :

Quel impact du changement climatique à l'horizon 2050 – 2100 sur le bassin de la Seine ?



# Evolution des extrêmes de température



Les éléments importants :

Quels que soient les modèles utilisés et les scénarios (du plus optimiste au plus pessimiste), on peut anticiper :

- Des gelées stables, ou moins fréquentes
- Une augmentation importante des jours à plus de 30°C (entre + 15 et + 30 jours par an à Paris)

# Evolution des précipitations

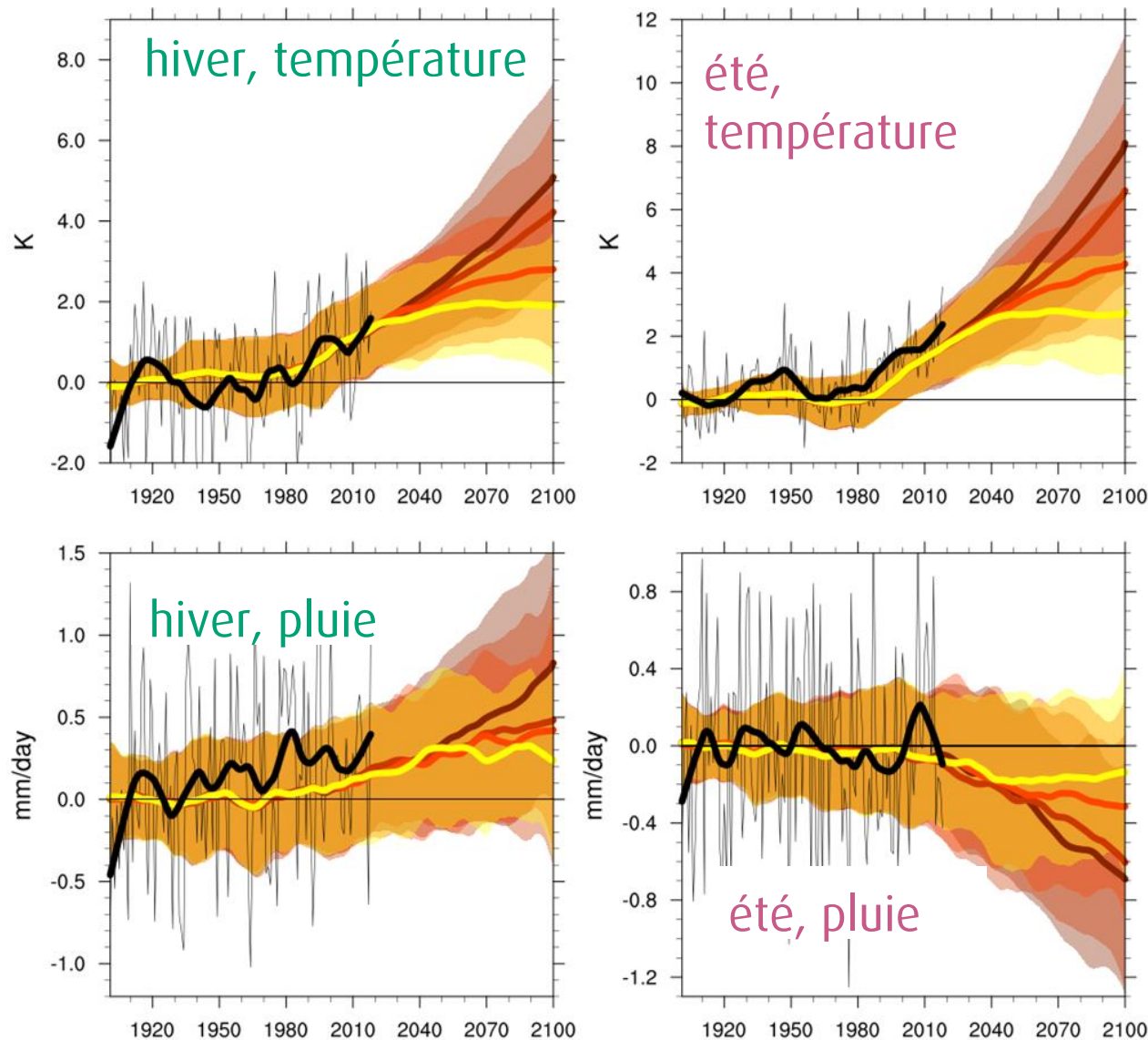
## Les éléments importants :

Quels que soient les modèles utilisés et les scénarios (du plus optimiste au plus pessimiste), on observe une tendance à :

- Une augmentation des précipitations en hiver
- Une baisse des précipitations en été (+/- sévère selon les scénarios)

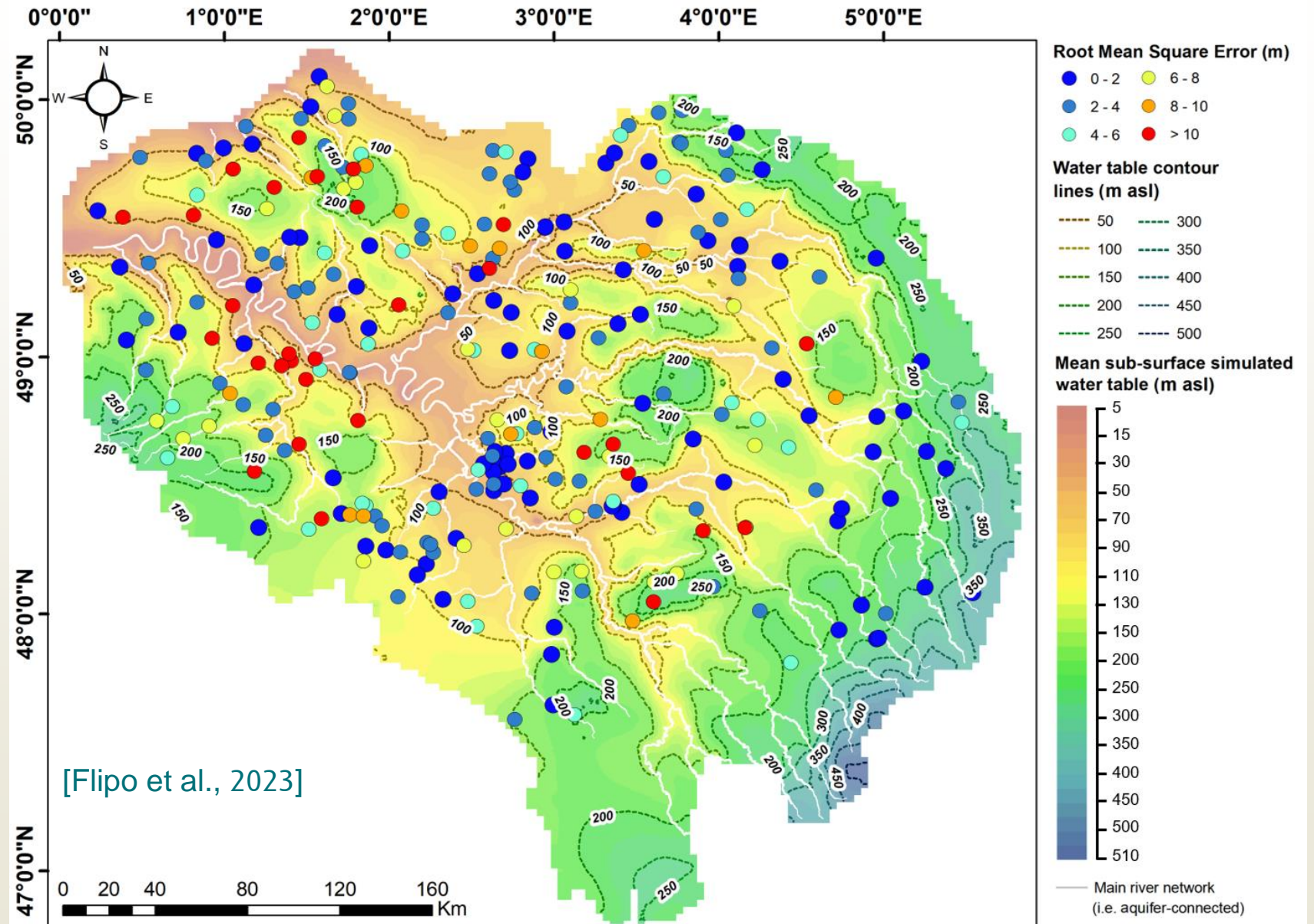
### Scénarios :

- Jaune, « Paris »
- Rouge, « probable »
- Marron, « pétrole »





# Carte piézométrique moyenne actuelle (2003-2020)



# Une crise de l'eau à mi-siècle – MIROC5 RCP8.5 (une des simulations)

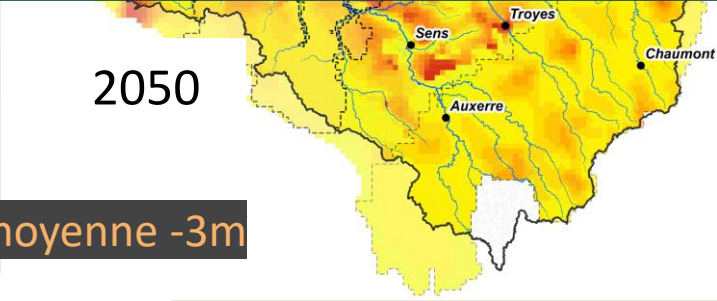
## Référence Carte piézométrique 2003-2020

Diminution drastique de la ressource en eau souterraine dans 30 ans  
Critique pour les cours d'eau amont en contact avec certaines formations tertiaires qui s'assèchent



**CRISE EVITEE DANS LE SCENARIO « Proche PARIS »**  
Maintient à la situation actuelle  
**#Toutnestpasfoutu!**

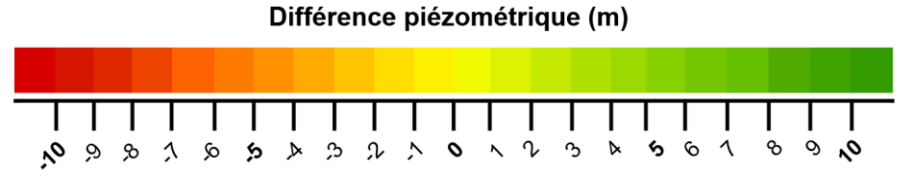
En moyenne +2.8m



En moyenne -3m



En moyenne +0.7m



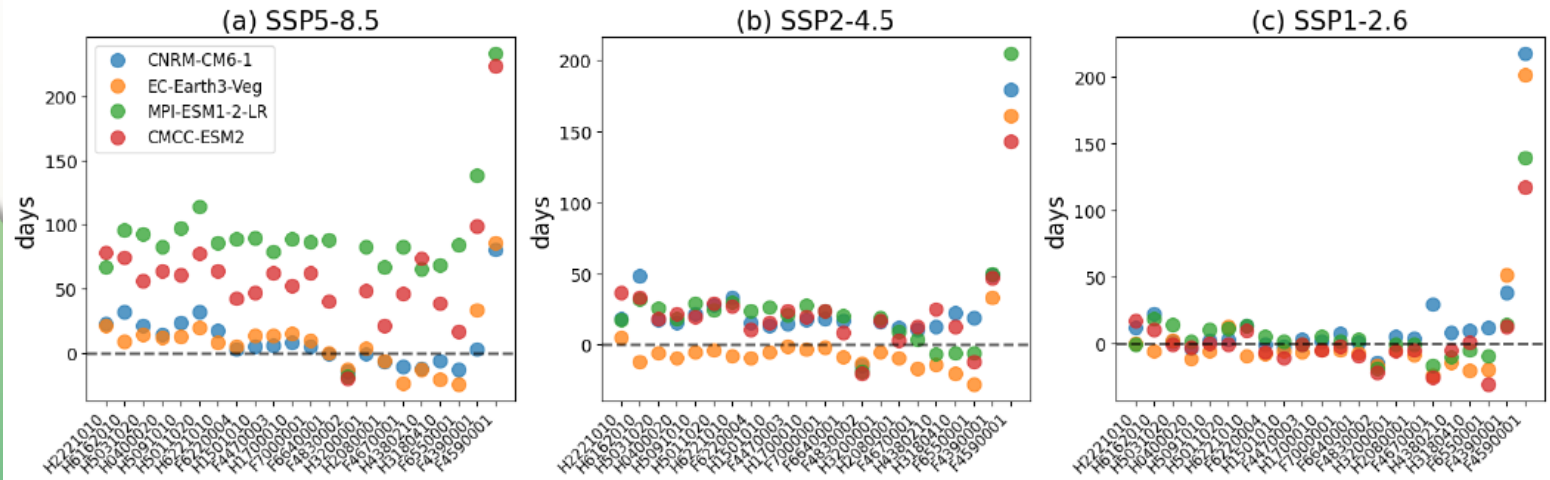
[Gallois et Flipo, 2022]

# Les eaux de surface : le débit de la Seine

## « Pétrole »

## « Probable »

## « Paris »



*Changement du nombre de jours de sécheresse hydrologique entre 2070-2099 et 1971-2000 à différents endroits de la Seine*

**CRISE EVITEE DANS LE SCENARIO « Proche PARIS »**  
**#Toutn'est\_pas\_foutu!**

## Les éléments importants :

► Des résultats contrastés selon les modèles (point sur les graphiques) :

### ► “Proche Paris”

hiver : pas de modification  
été : évolutions de débits contenues dans une fourchette +/- 10%  
allongement des étiages à l'automne. Diminution des débits pouvant atteindre de l'ordre de 15%

### ► “Probable”

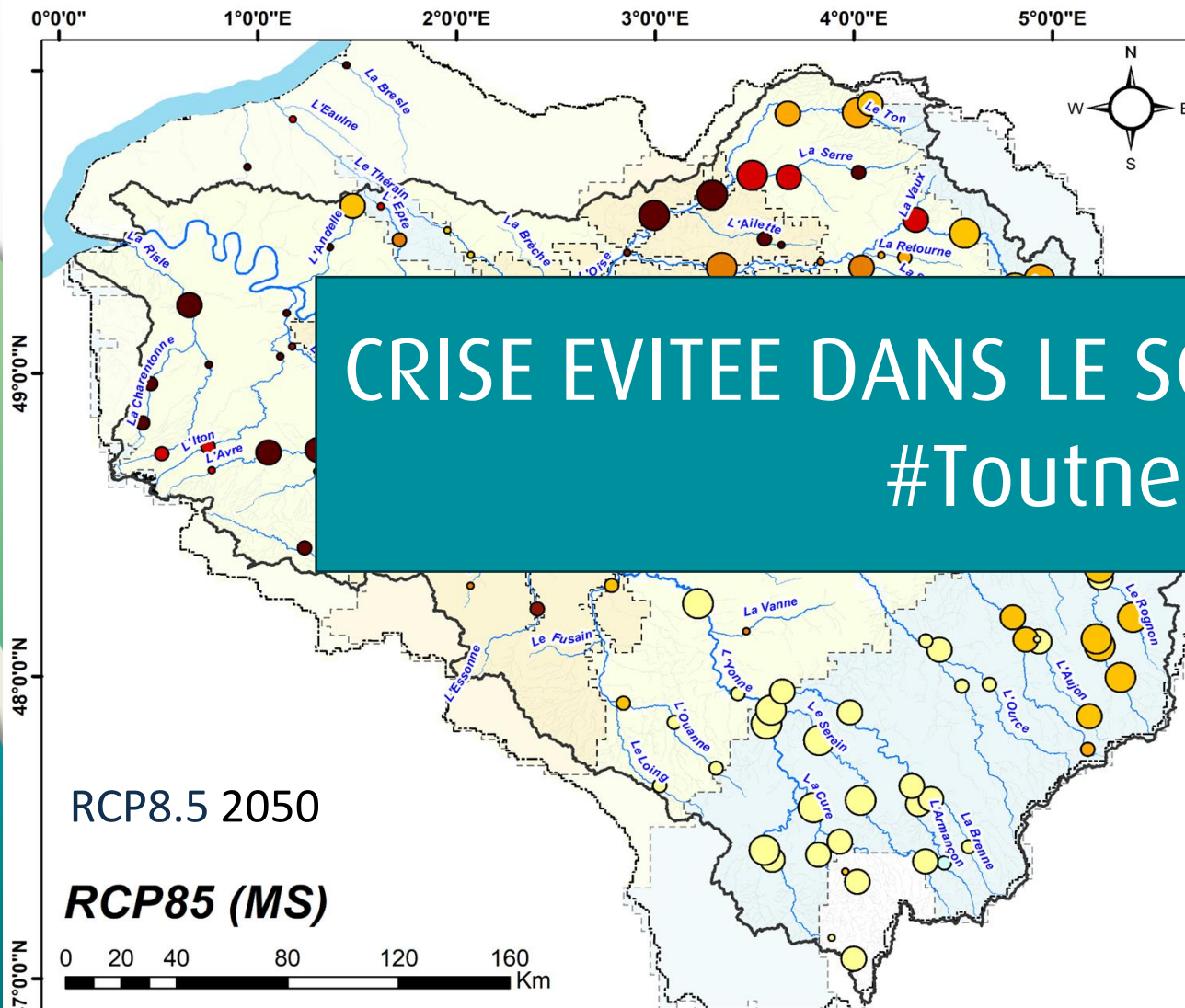
été : diminution des débits de 5 à 30 % selon les modèles, avec un fort gradient d'amont (baisses les plus importantes) en aval  
allongement très significatif des étiages à l'automne (mêmes impacts que été)  
hiver : augmentation des débits de 10 à 20 %

### ► “Pétrole”

été : diminution des débits de 10 à 60 % selon les modèles, avec un fort gradient d'amont (baisses les plus importantes) en aval  
allongement très significatif des étiages à l'automne (mêmes impacts que été)  
hiver : augmentation des débits de 15 à 25 %



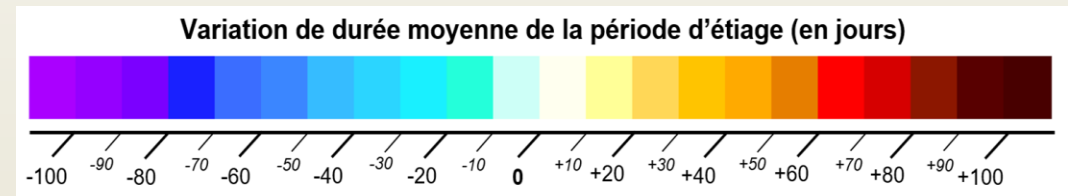
# Impact sur les débits d'étiage – MIROC5 RCP8.5 pour 2050




Etiage = niveau d'eau le plus bas d'une rivière.

**CRISE EVITEE DANS LE SCENARIO « Proche PARIS »**  
**#Toutn'est\_pas\_foutu!**

ns 30



[Gallois et Flipo, 2022]



L'évolution de la qualité de l'eau dans le bassin de la Seine à l'horizon 2050 selon 2 scénarios contrastés :

L'exemple des nitrates

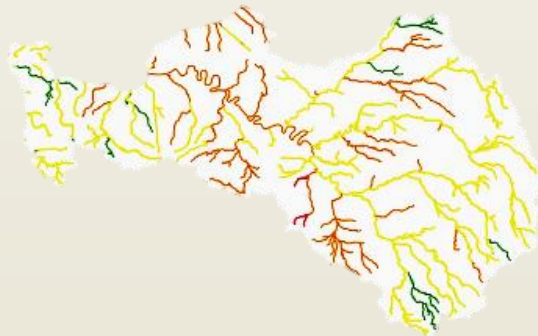
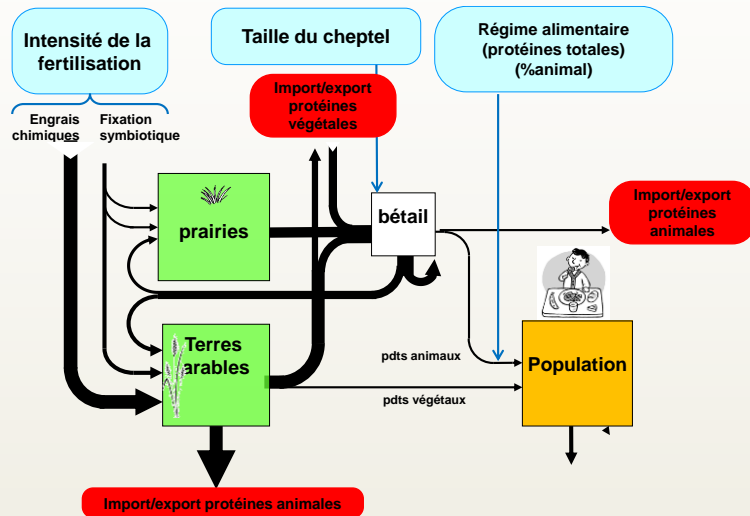


# Pourquoi les nitrates ?

- Facile à mesurer, simplicité d'estimation des stocks
  - Rôle central dans l'agriculture actuelle
  - Seuil de potabilité de l'eau : 50 mg/L
- 
- Avec les risques de diminution de la quantité d'eau disponible → augmentation de la concentration en nitrate (effet dilution).

# La modélisation des nitrates au PIREN-Seine

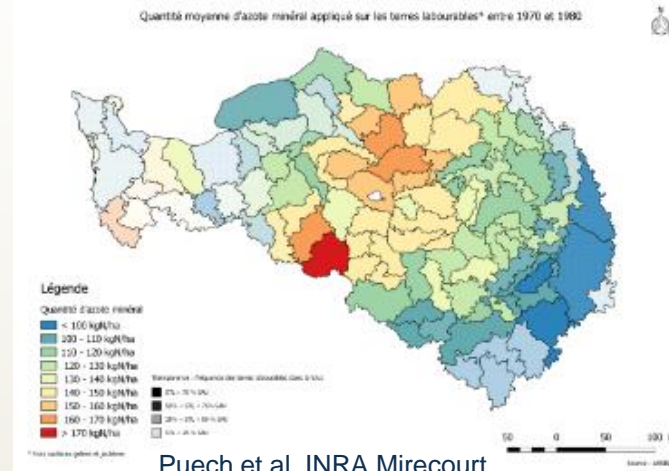
L'approche GRAFS :  
un modèle de comptabilité des flux de N, P, C



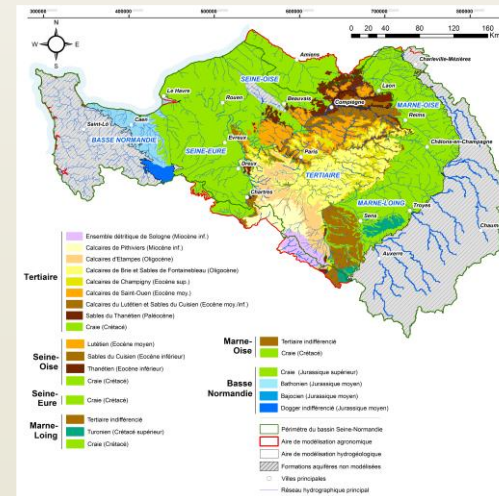
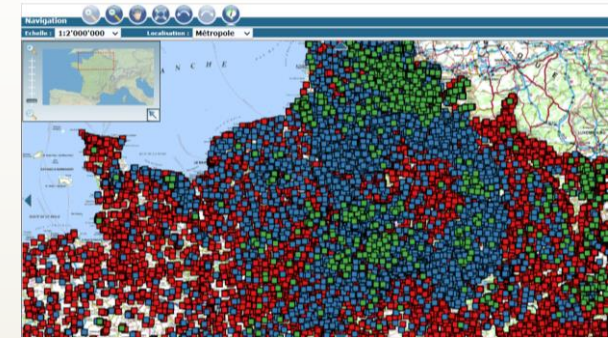
Riverstrahler :  
Transferts et transformations  
de N, P, C, Si dans le réseau  
hydrographique

Thieu et al., METIS

Les bases :  
ArSeine : Pratiques agricoles depuis 1970



ADES : Les eaux souterraines

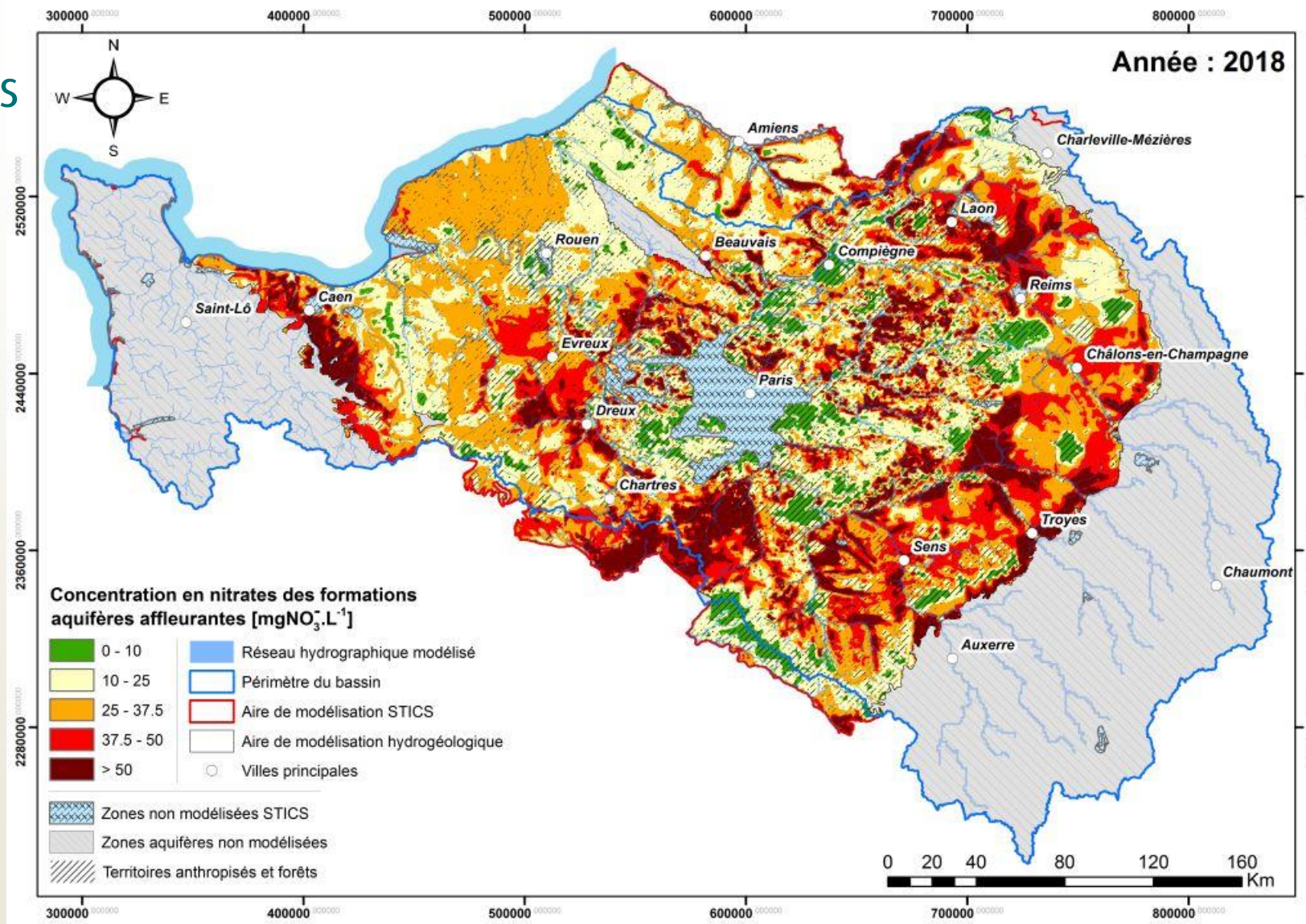


STICS/MODCOU/CAWAQS :  
Transferts d'azote dans le  
système sol-plante et  
dans le système sol-Aquifères

Gallois & Viennot, MinesParisTech

# Avant toutes choses : la référence

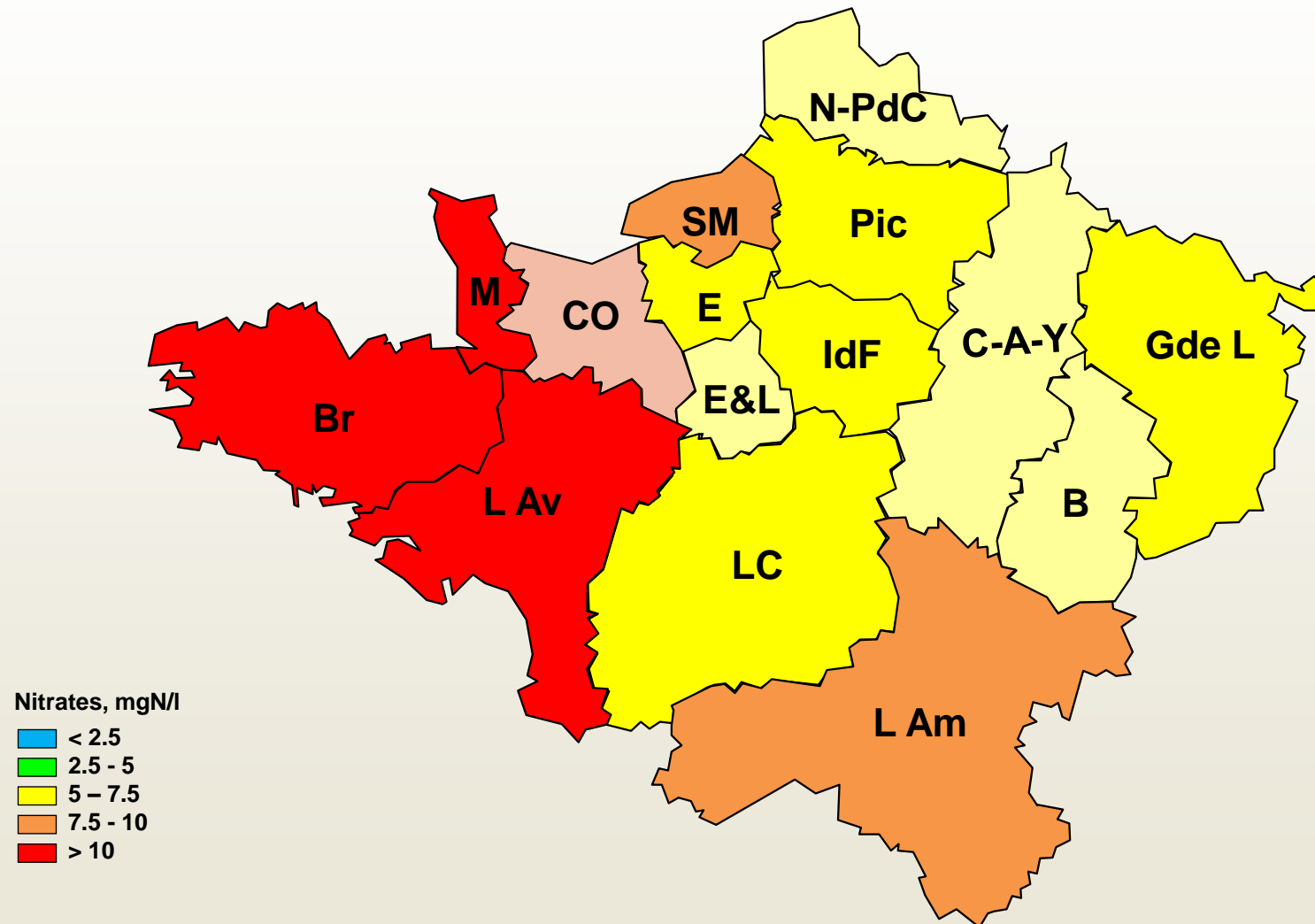
Les nitrates dans  
les eaux  
souterraines :





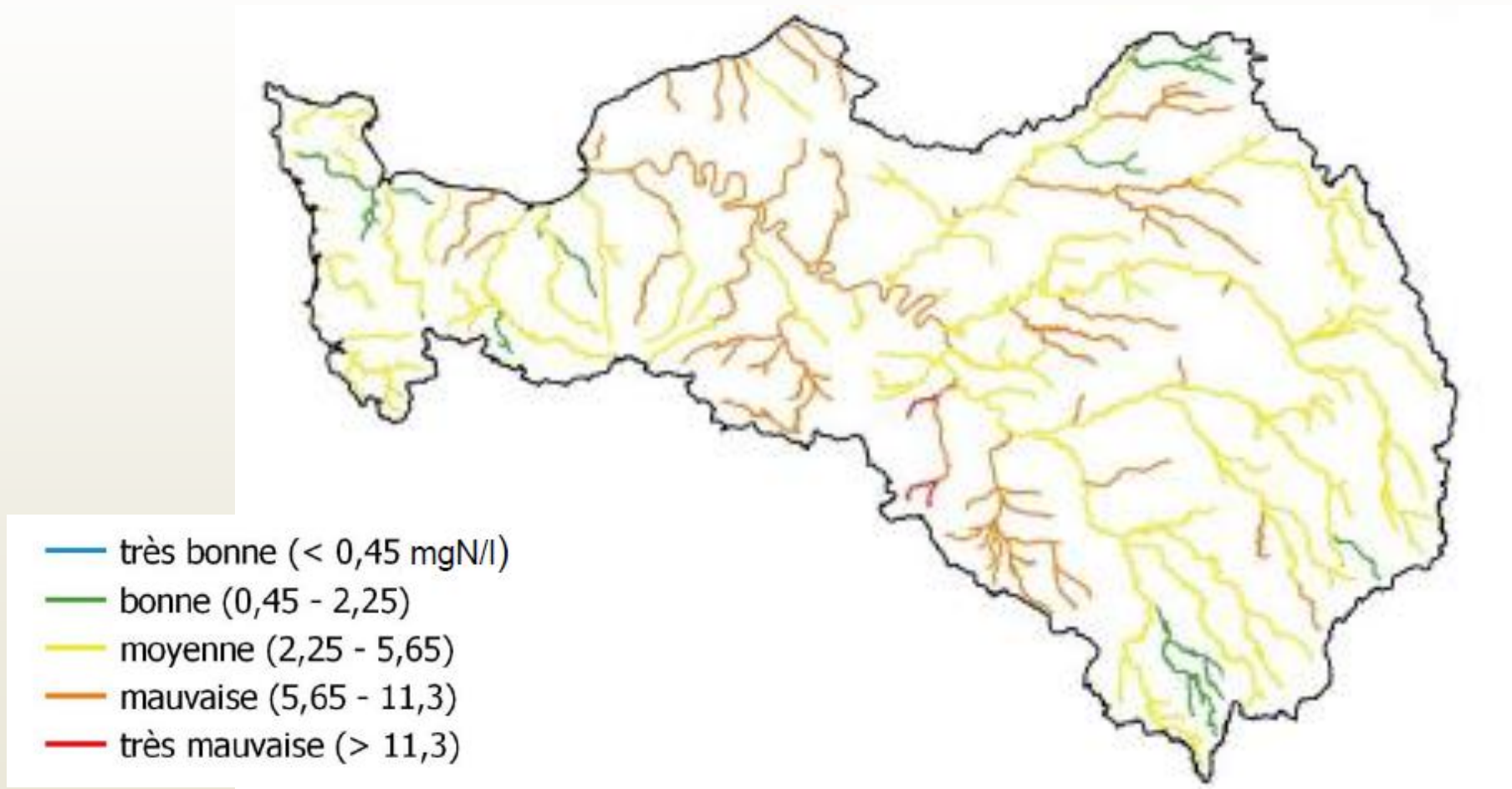
# Avant toutes choses : la référence

Les nitrates en sous-racinaire :



# Avant toutes choses : la référence

Les nitrates dans les eaux de surface :







# D'où la question :

Quels futurs pour la gestion de la ressource en eau du bassin de la Seine sous contrainte climatique ?

# Avant toute chose

Il est toujours important de rappeler ce que sont et ne sont pas les scénarios scientifiques.

## 1. Les scénarios ne sont pas des prévisions du futur

- Les scénarios sont des exercices d'anticipation, visant à illustrer les conséquences à moyen ou long terme de certaines pratiques, dans certains contextes.

## 2. Les scénarios ne sont pas des injonctions

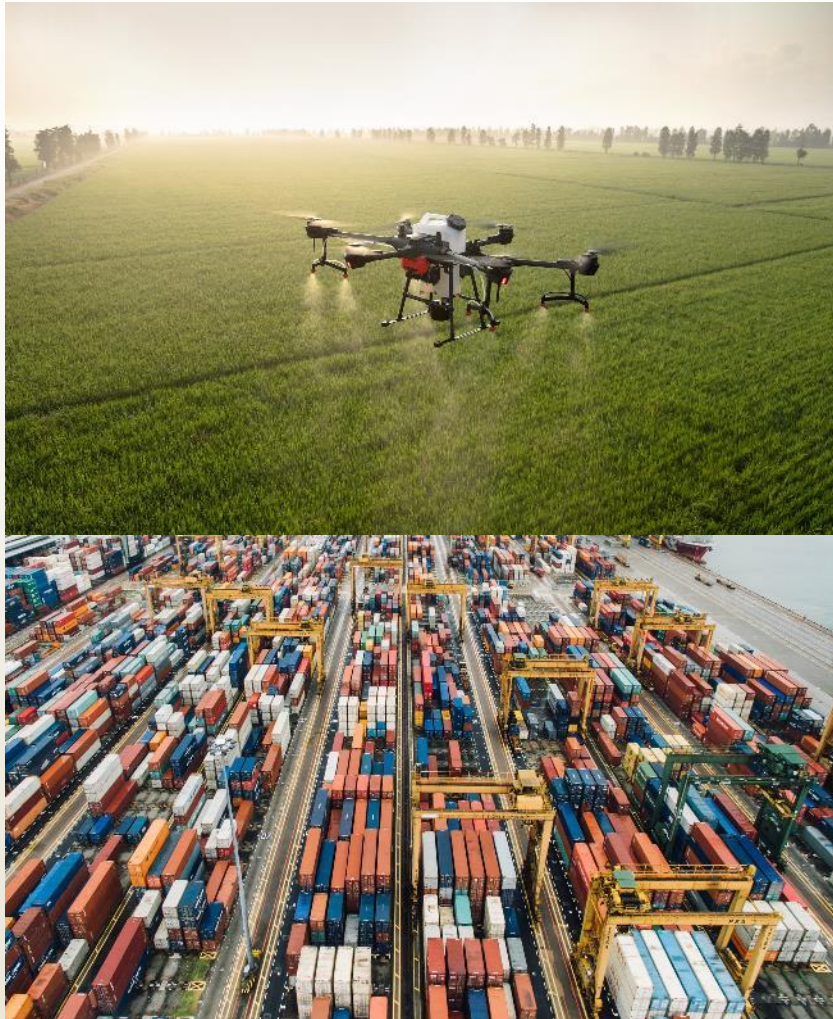
- Les scénarios explorent et exploitent des tendances identifiées et les formalisent dans des narratifs d'évolution de la société.

## 3. Les scénarios ne sont pas omniscients

- Les scénarios sont développés dans le cadre de travaux scientifiques, et répondent à des questions et des objectifs.

# Deux scénarios contrastés :

## Scénario « Spécialisation »



Equivalent au scénario « pétrole »

## Scénario A/R/D



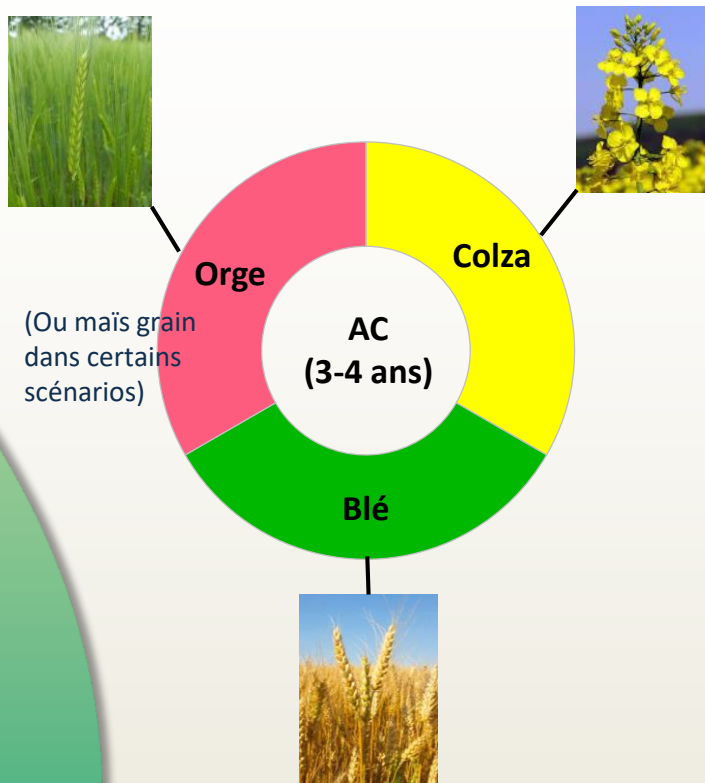
Equivalent au scénario « Accords de Paris »

# Les bases du scénario « Spécialisation »

- Appelé « Intensification-Spécialisation » dans les travaux INRA-Mines ParisTech, ou « Ouverture-Spécialisation » dans les travaux de Sorbonne Université, il comprend :
  - Une intensification de la production, de la spécialisation agricole et de l'exportation.
  - La mise en place progressive d'une agriculture de pointe, technologique, chimique mais « raisonnée », avec des rotations simplifiées et avec des espèces plus adaptées au contexte climatique.
  - L'augmentation de la taille des exploitations.
  - La préservation, voire l'enrichissement de nouvelles normes environnementales, notamment en matière d'épuration sur l'axe Seine.
  - La préservation d'une petite agriculture de niche, soit pour la production en label (AOP, AOC, etc.), soit pour la production bio (5% de la SAU).

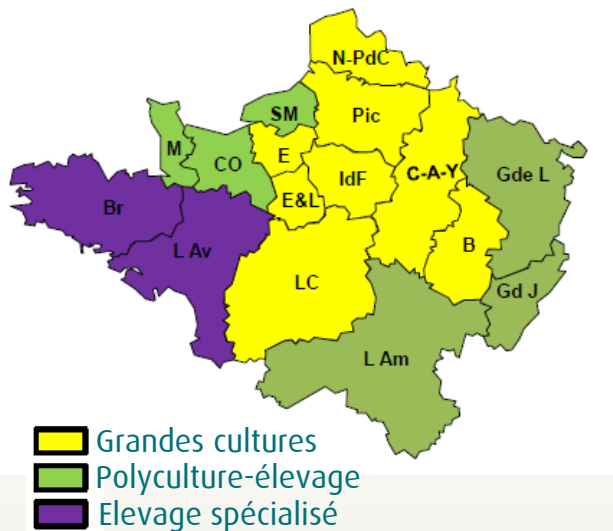


# Agriculture et alimentation

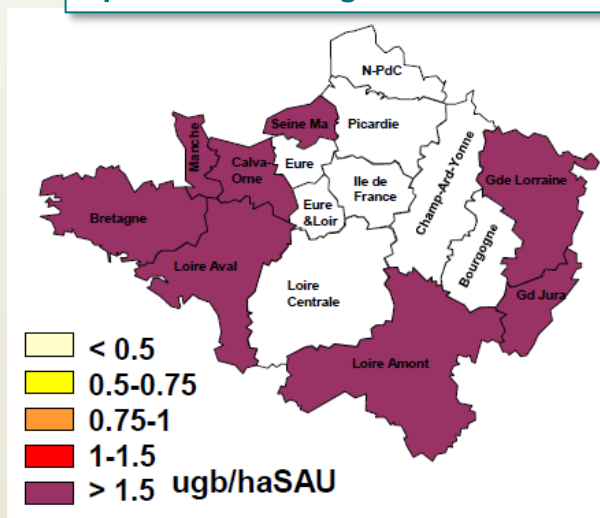


**Spécialisation régionale extrême**

**Agriculture raisonnée**



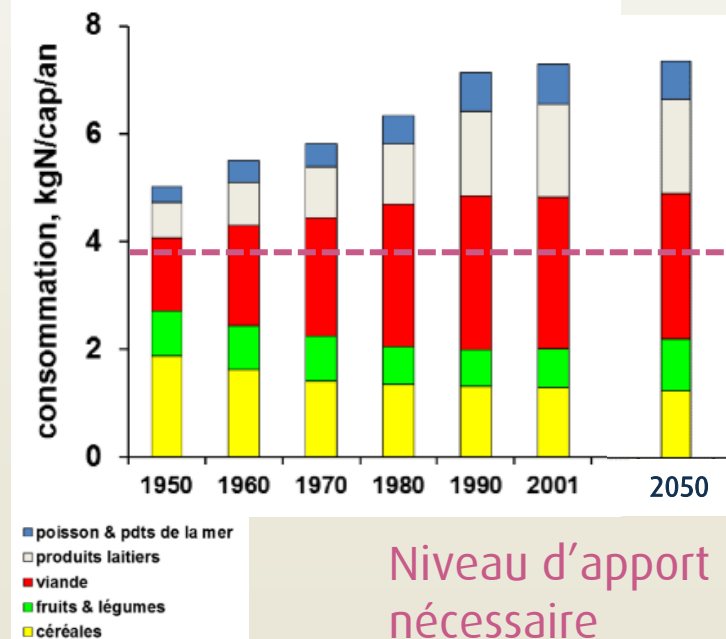
**Spécialisation régionale extrême**



Unité de gros bétail par hectare de SAU



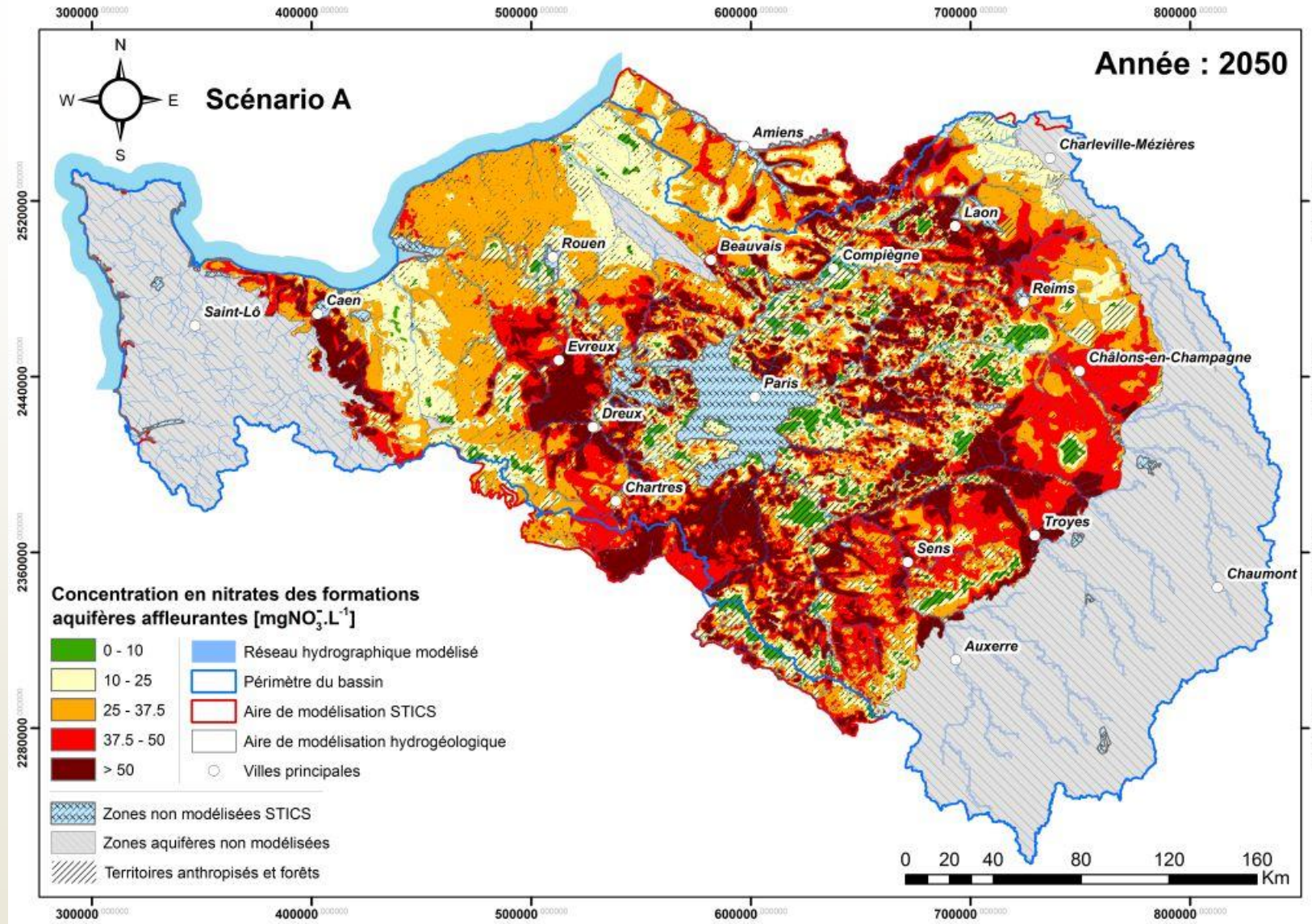
Consommation alimentaire, en kg d'azote par personne et par an



**Niveau d'apport nécessaire**



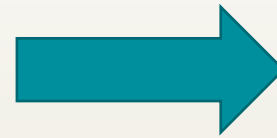
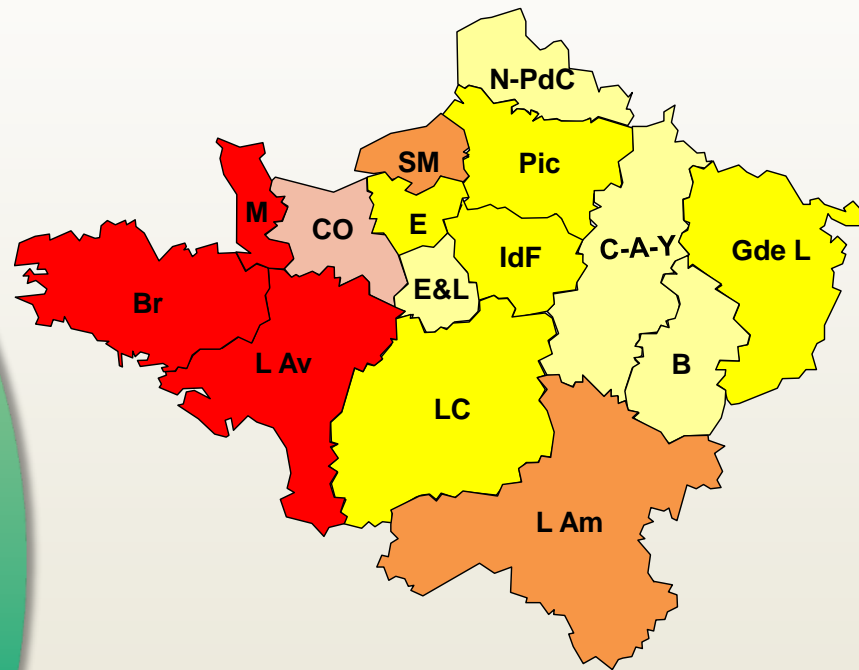
# Scénario « Spécialisation » : la qualité des eaux souterraines



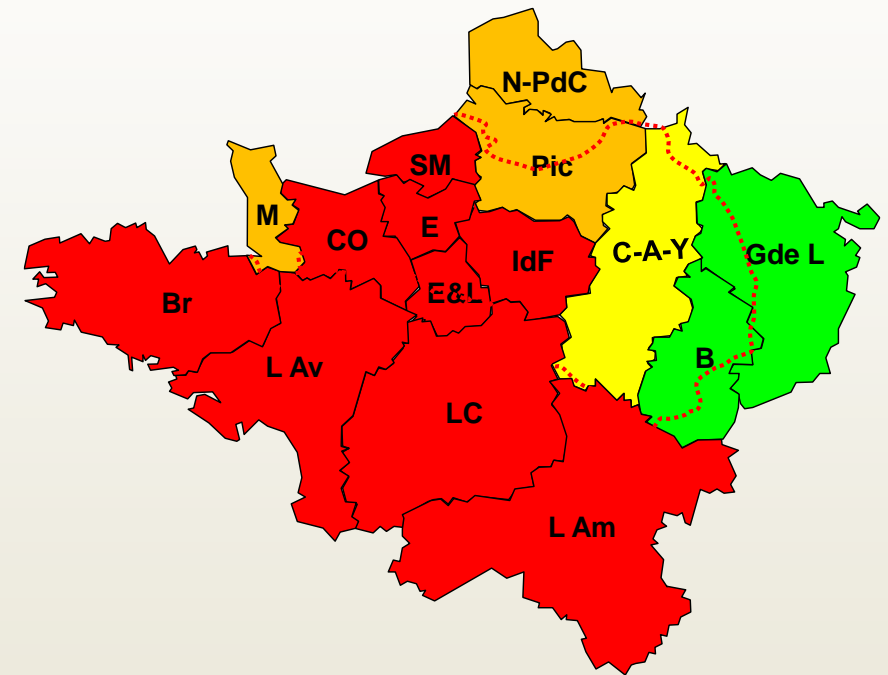
Poursuite de la spécialisation du bassin

# Scénario « Spécialisation » : les nitrates en sous-racinaire

Référence actuelle



Scénario  
« Spécialisation » en 2050



Nitrates, mgN/l

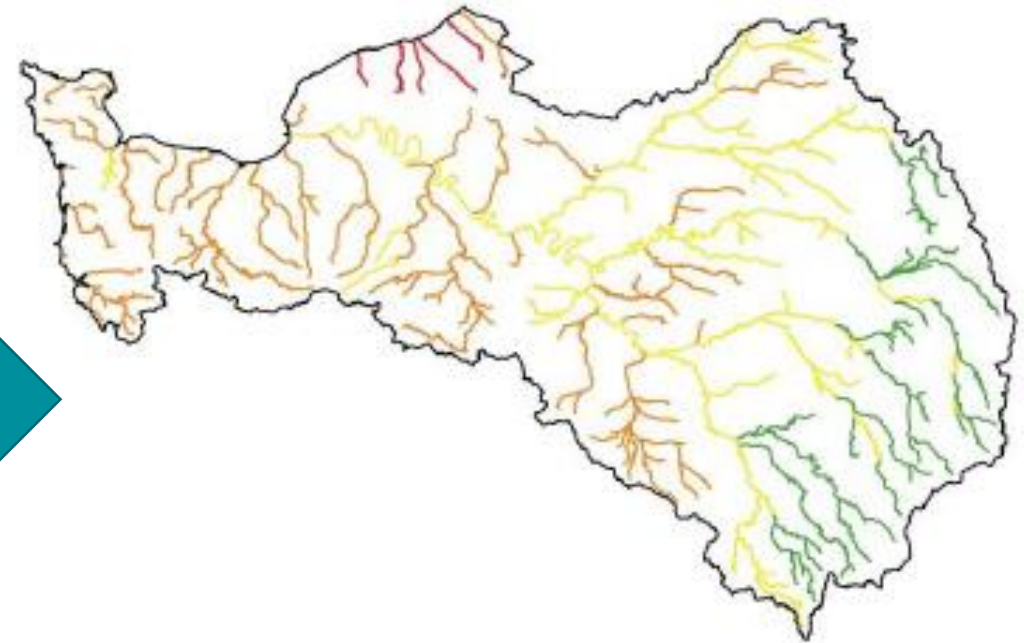


# Scénario « Spécialisation » : les nitrates dans les eaux de surface

Référence actuelle



Scénario  
« Spécialisation » en 2050



- très bonne (< 0,45 mgN/l)
- bonne (0,45 - 2,25)
- moyenne (2,25 - 5,65)
- mauvaise (5,65 - 11,3)
- très mauvaise (> 11,3)

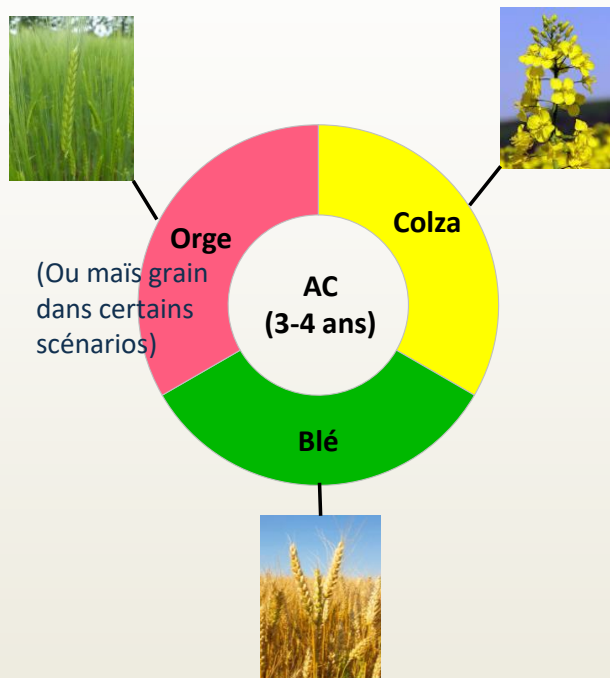


# Le scénario Alternatif/ARD

- Les chercheurs ont développé plusieurs scénarios alternatifs, dont certains sont regroupés ici dans un scénario « ARD » de transition écologique. Celui-ci comprend :
  - Un assainissement urbain avec filières de valorisation à la source (collecte des urines, méthanisation des déchets).
  - Un changement du régime alimentaire en réduisant de moitié l'apport en protéines animales, avec une importante reconnexion agriculture-élevage, et privilégiant l'autonomie alimentaire : ARD (Autonome, Reconnecté, Demitarien)
  - La recherche d'autonomie des exploitations agricoles vis-à-vis des intrants, passage en agriculture biologique 40% à 100% de la SAU en 2050.
  - Des rotations de culture plus importantes, diversification des exploitations de grandes cultures, introduction de cultures de printemps tolérantes à la sécheresse et à faible niveau d'intrants, légumineuses, etc.

# Scénario Alternatif/ARD : Les cultures

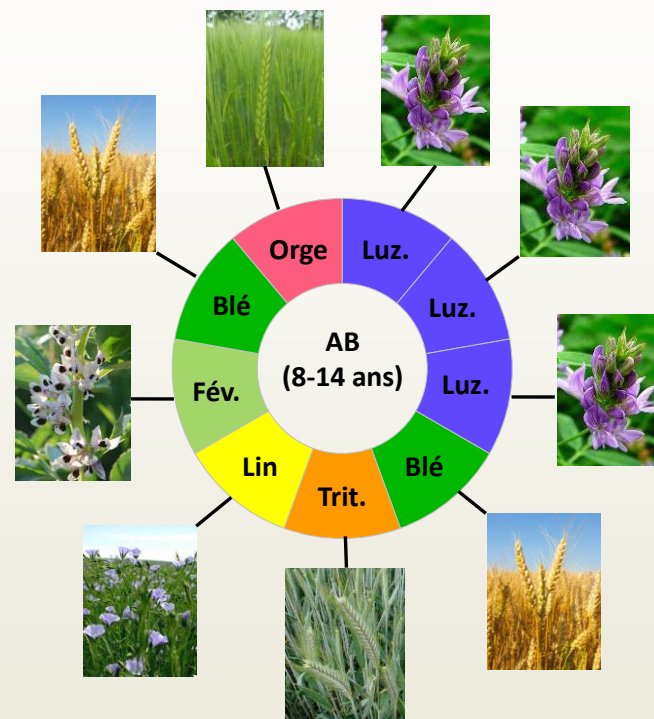
## Scénario « Spécialisation »



**Spécialisation régionale extrême**

**Agriculture raisonnée**

## Scénario « ARD »



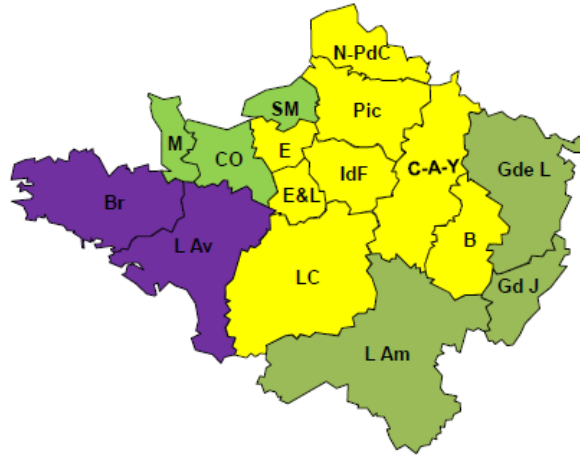
**Rotations longues et diversifiées  
avec une forte proportion de  
légumineuses fourragères**



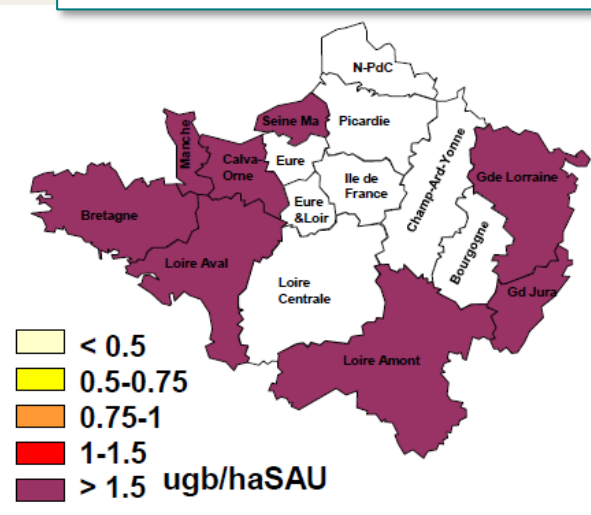
# Scénario Alternatif/ARD : L'élevage

## Scénario « Spécialisation »

- Grandes cultures
- Polyculture-élevage
- Elevage spécialisé



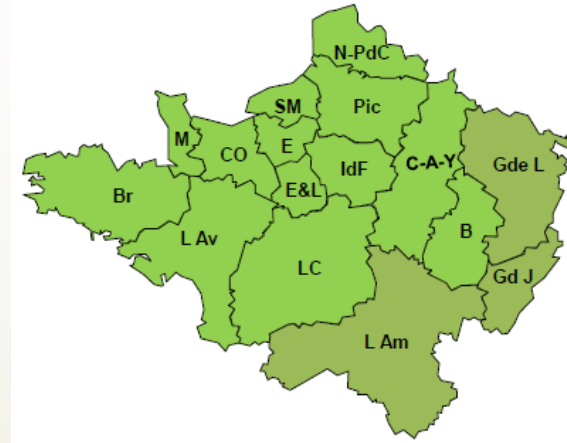
Spécialisation régionale extrême



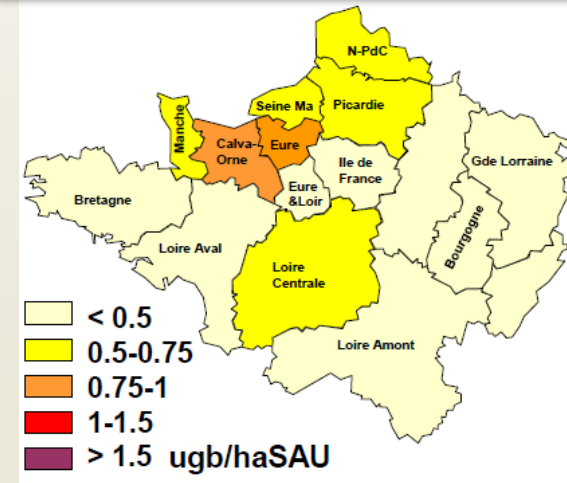
Unité de gros bétail par hectare de SAU

- < 0.5
- 0.5-0.75
- 0.75-1
- 1-1.5
- > 1.5 ugb/haSAU

## Scénario « ARD »



Polyculture-élevage autonome



- < 0.5
- 0.5-0.75
- 0.75-1
- 1-1.5
- > 1.5 ugb/haSAU

# Scénario Alternatif/ARD : le régime alimentaire

## Scénario « Spécialisation »

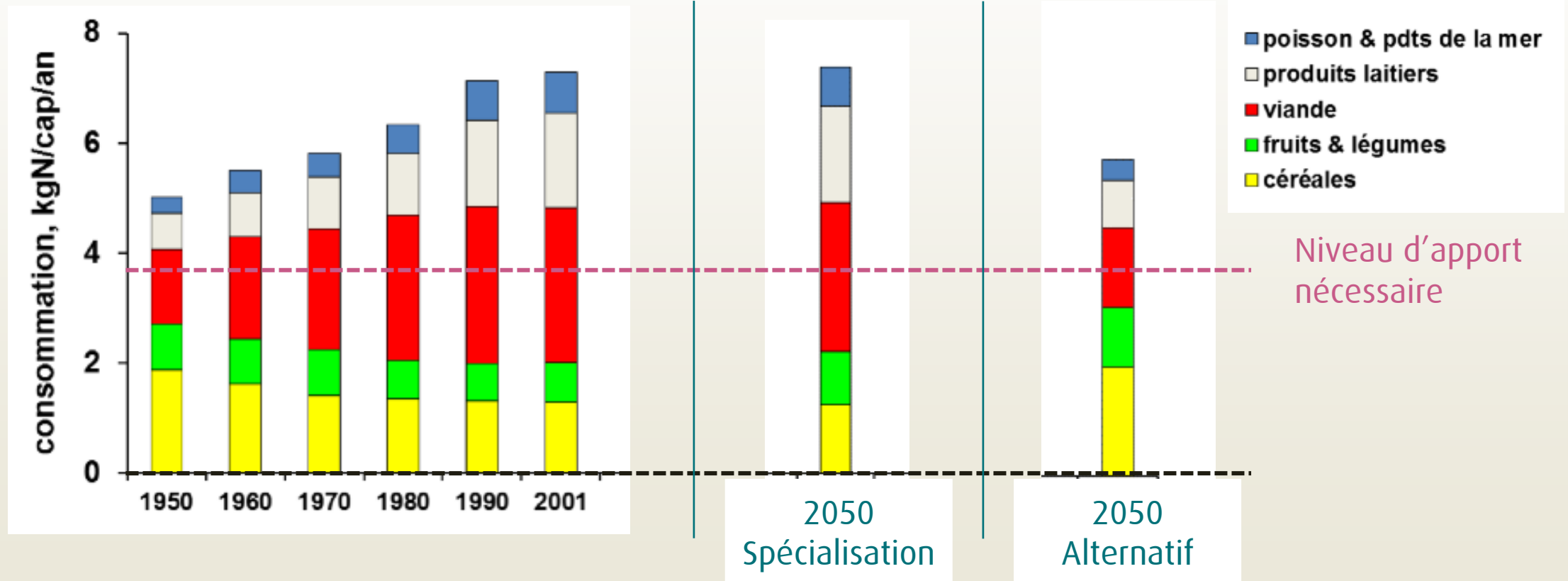


## Scénario « ARD »



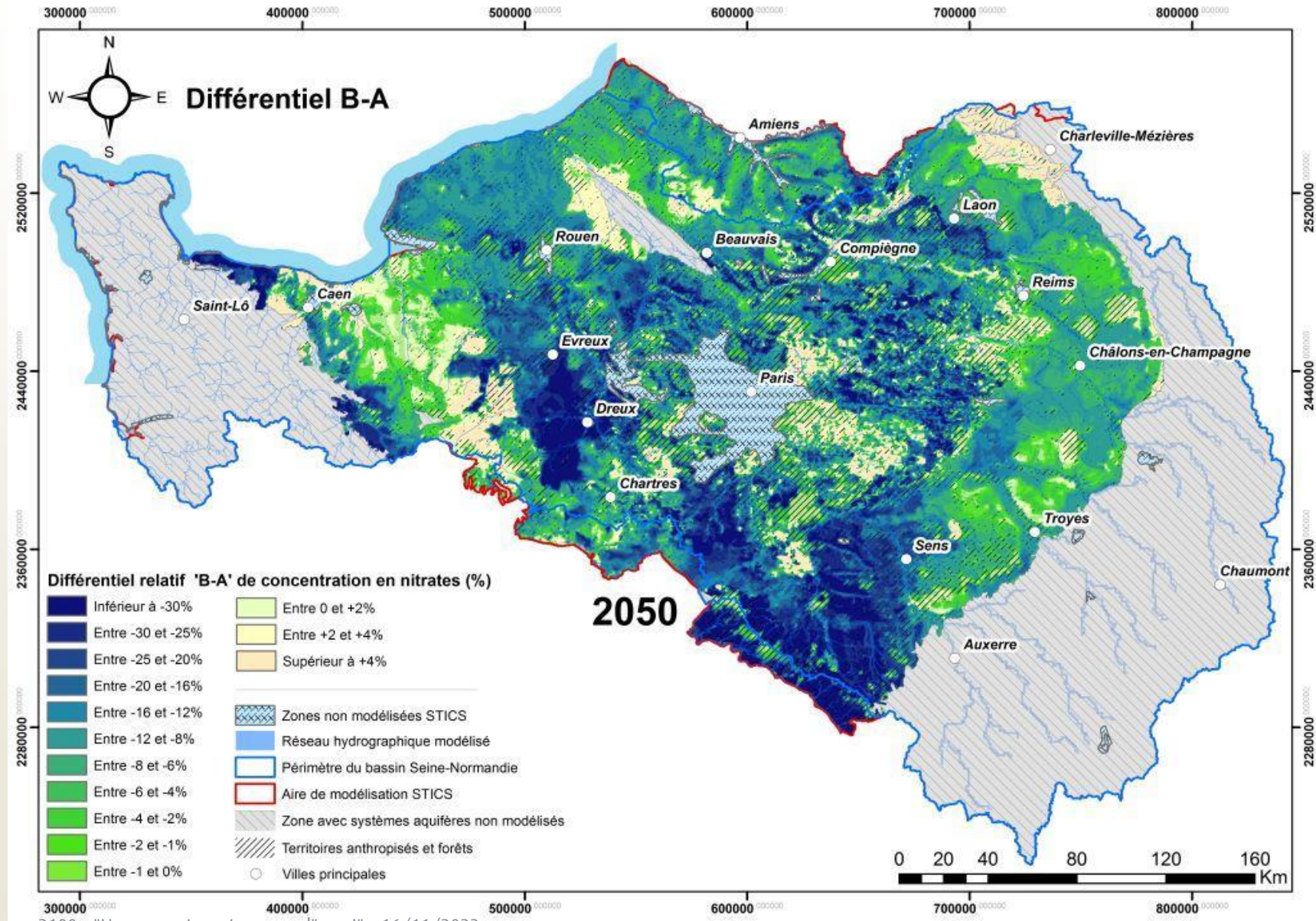
# Scénario Alternatif/ARD : le régime alimentaire

Consommation alimentaire, en kg d'azote par personne et par an



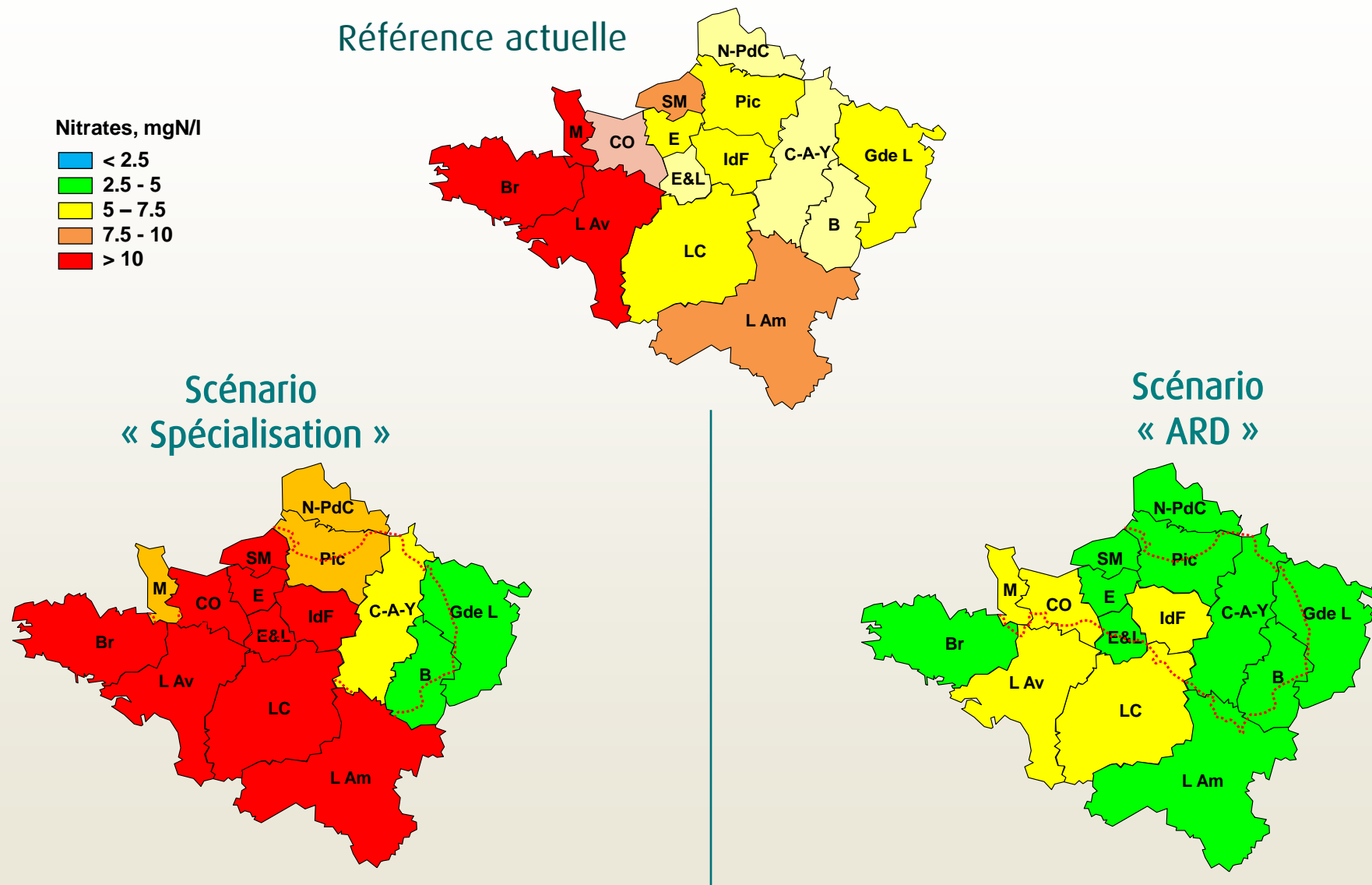


# Scénario Alternatif/ARD : La qualité des eaux souterraines





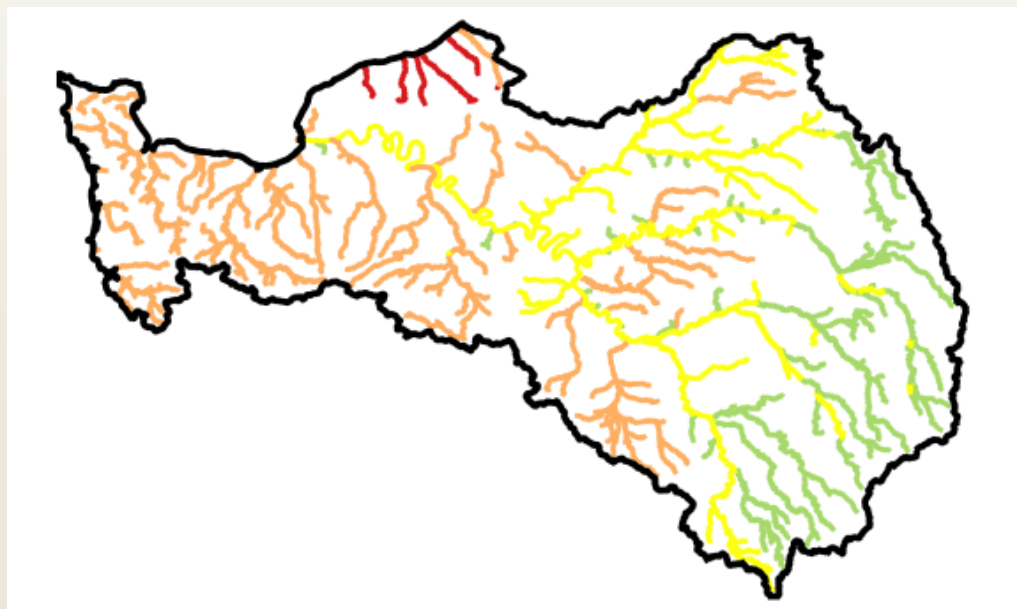
# Scénario Alternatif/ARD : les nitrates en sous-racinaire



# Scénario alternatif ARD : les nitrates dans les eaux de surface

- très bonne (< 0,45 mgN/l)
- bonne (0,45 - 2,25)
- moyenne (2,25 - 5,65)
- mauvaise (5,65 - 11,3)
- très mauvaise (> 11,3)

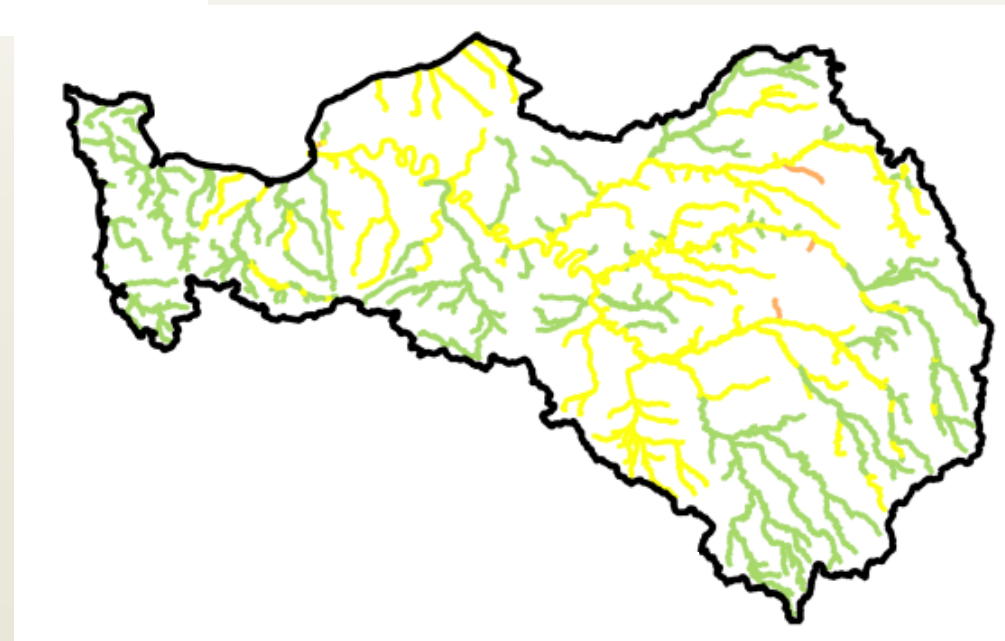
Scénario  
« Spécialisation »



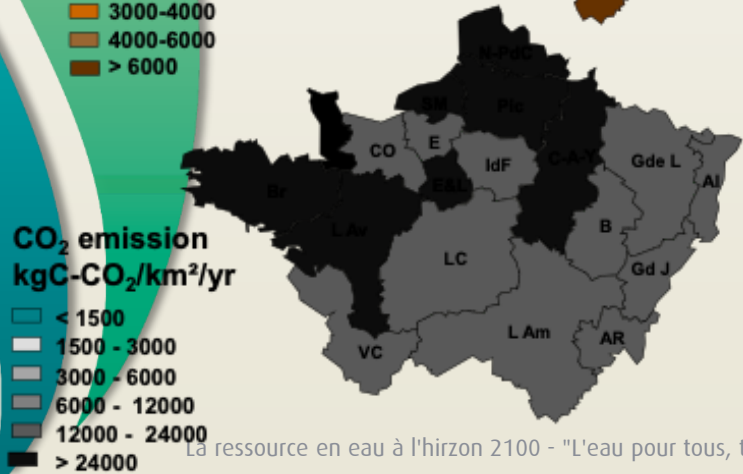
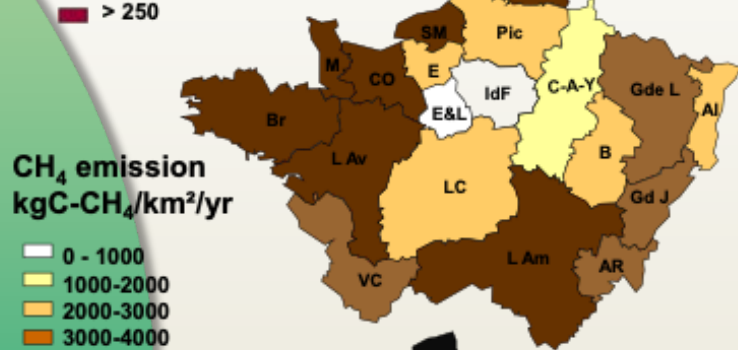
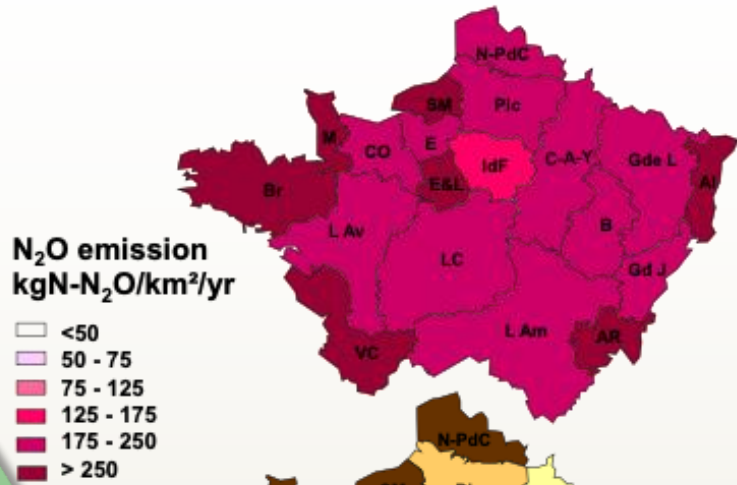
Référence actuelle



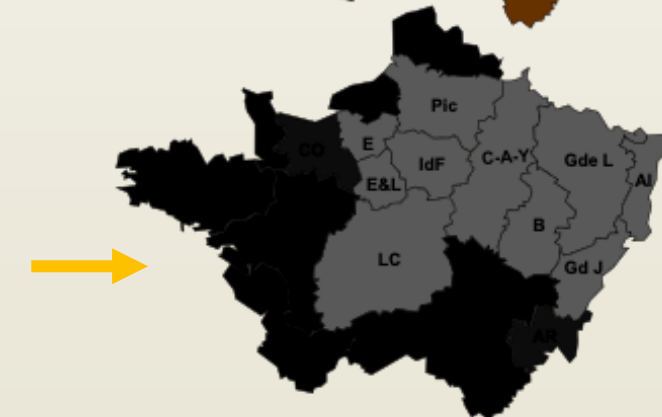
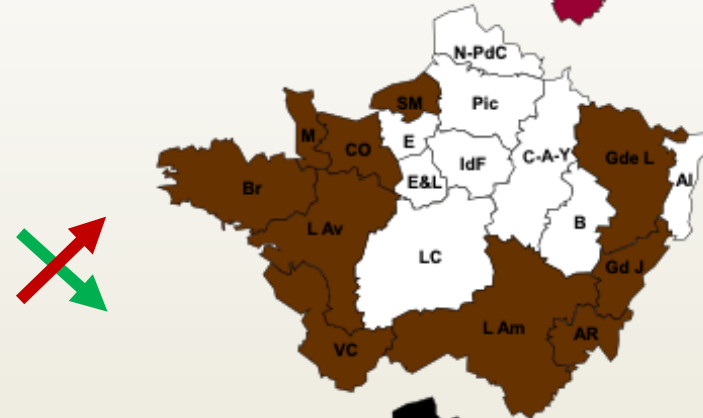
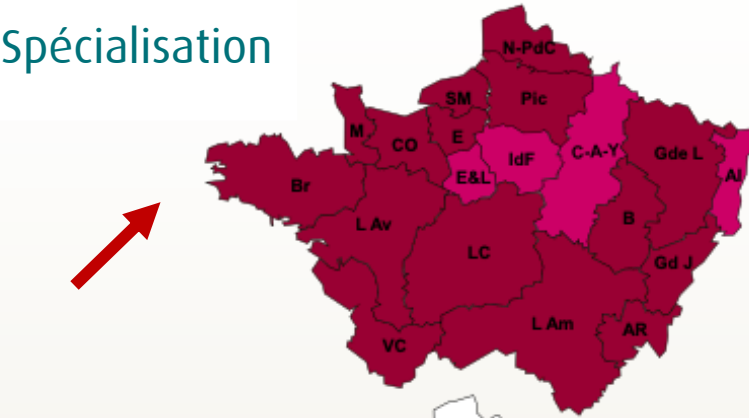
Scénario  
« ARD »



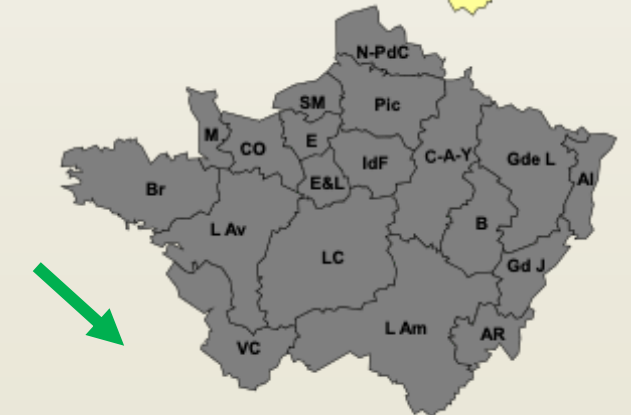
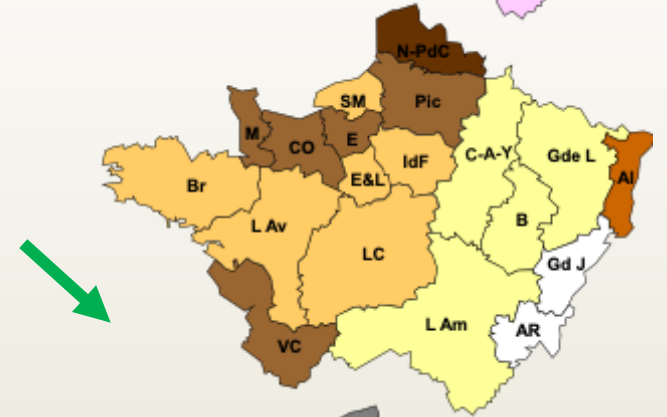
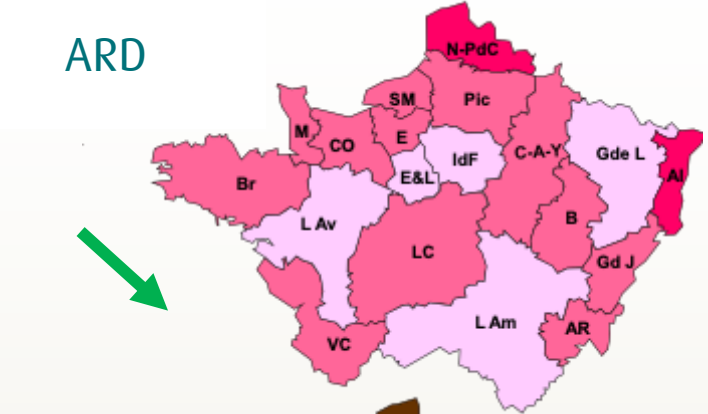
# Quid des GES ? Une comparaison entre scénarios



Spécialisation



ARD



# Transition écologique de l'agriculture : comment faire ?

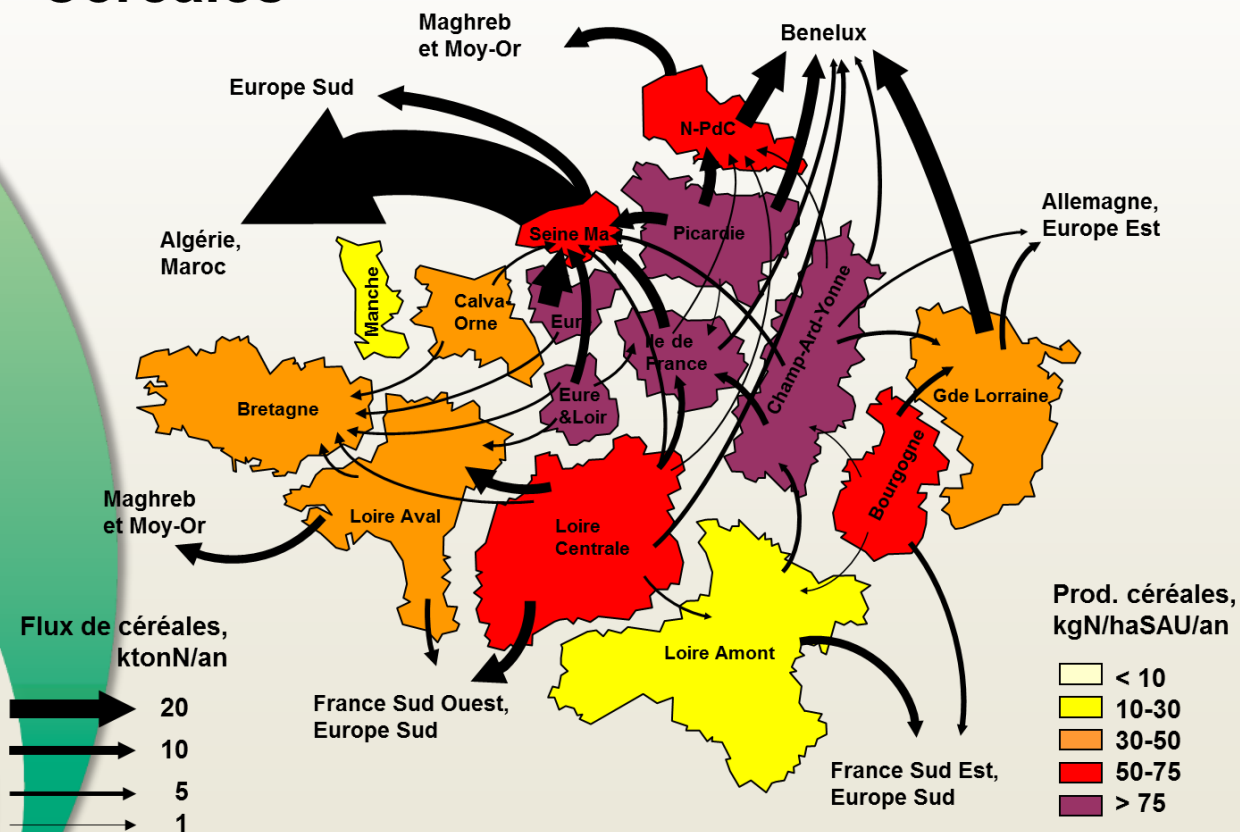
- Réinterroger la balance import-export.
- Regarder le chemin parcouru.
- Se concentrer sur des leviers accessibles.



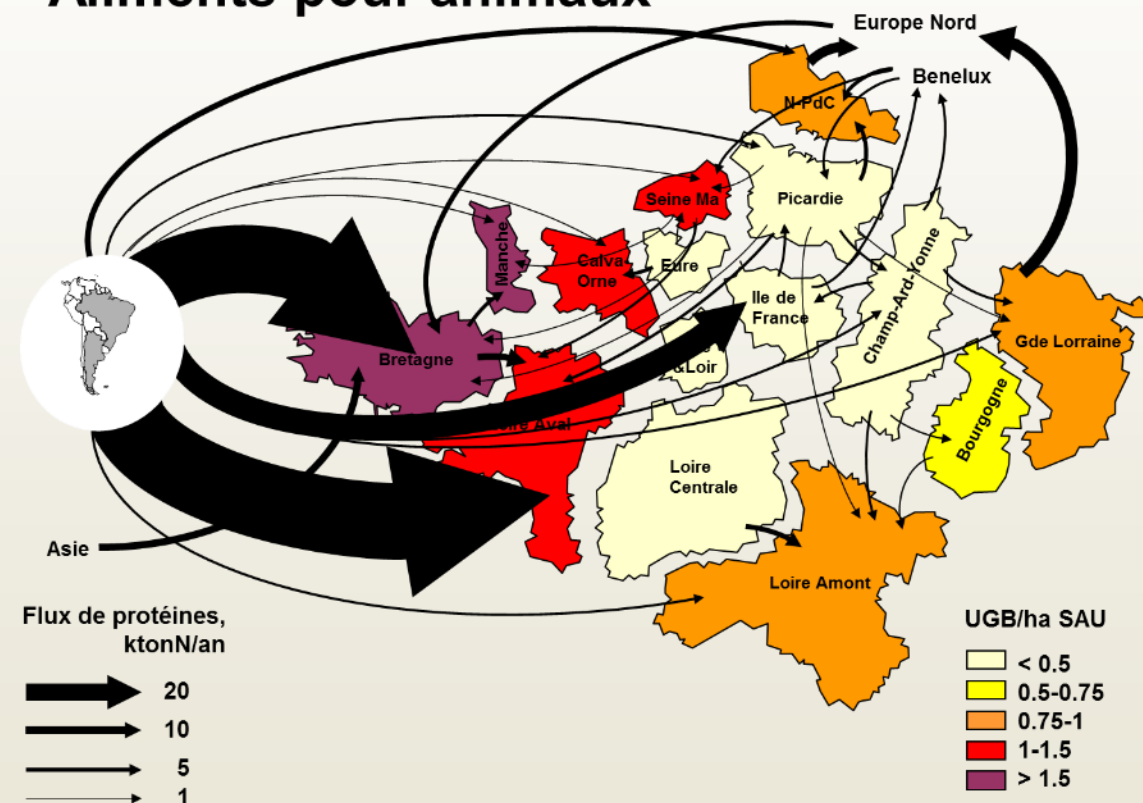
# Un indicateur à réinterroger : la balance import-export

Une modélisation très complexe, réalisée au sein du PIREN-Seine

## Céréales



## Aliments pour animaux



# Un indicateur à réinterroger : la balance import-export

## Les points à retenir

### Scénario « Spécialisation » : Exportation quantitative

- Multiplication par 2 des exportations de céréales
- Multiplication par 4 des importations de fourrage à destination des animaux
- Augmentation de 80 % des exportations de viande, lait et œufs.
- Baisse de 20% d'alimentation animale issue des prairies permanentes
- Baisse de 10% d'alimentation animale issue des productions locales
- A utilisation constante : multiplication par 6 du surplus d'azote sur le territoire du bassin de la Seine
- Prolongation contrôlée des pesticides

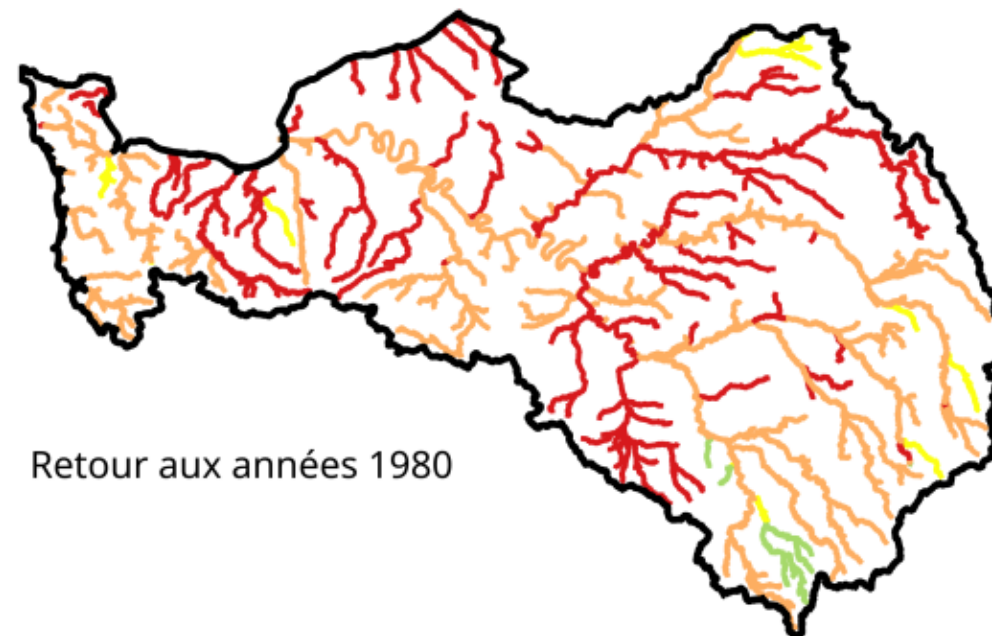
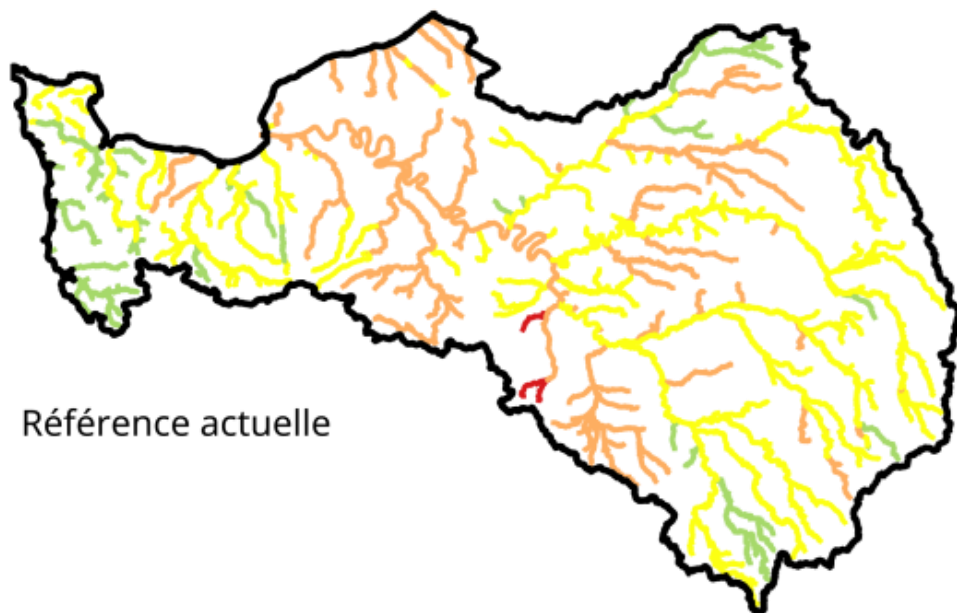
### Scénario « ARD » : Exportation qualitative

- Division par 2 des exportations de céréales
- Fin des importations de fourrage à destination des animaux
- Division par 10 des exportations de viande, lait et œufs.
- Hausse de 5% d'alimentation animale issue des prairies permanentes
- Hausse de 20% d'alimentation animale issue des productions locales
- Fin du surplus d'azote sur le territoire du bassin de la Seine
- Fin des pesticides

# Regarder le chemin parcouru

Afin de percevoir le poids des changements de pratiques et des réglementations environnementales, un scénario « Retour aux années 1980 » a été testé...

- très bonne (< 0,45 mgN/l)
- bonne (0,45 - 2,25)
- moyenne (2,25 - 5,65)
- mauvaise (5,65 - 11,3)
- très mauvaise (> 11,3)



# Se concentrer sur des leviers accessibles

- Favoriser les changements dans l'alimentation personnelle, les cantines, ou les événements professionnels : privilégier l'alimentation bio, la production locale, de saison et demitarienne.
- Impliquer le plus possible les citoyens dans la démarche : gestion locale de l'eau, récupération de d'eau pluviale, jardins partagés et en pleine terre, etc.
- Favoriser les zones naturelles, désimperméabiliser, protéger les milieux aquatiques. Restaurer en co-gestion, plutôt que des projets d'artificialisation/compensation avec gouvernance *top-down* parfois éloignée des attentes locales.





# En guise de conclusion

Quelques points importants à retenir :

- Une baisse significative de la ressource en eau, notamment lors des étiages, est attendue. Une gestion raisonnée de l'eau est nécessaire pour éviter les conflits d'usage.
- Moins de débit et moins d'infiltration = moins d'effet de dilution = baisse de la qualité de l'eau, ce qui posera des problèmes d'alimentation en eau potable
- Plus les changements de pratique arriveront tard, plus les nappes seront contaminées fortement et pour longtemps.

# En guise de conclusion

Quelques points importants à retenir :

- Des scénarios et des pratiques existent pour permettre un changement durable économiquement et écologiquement viable dès aujourd'hui, dont les effets se feront ressentir à moyen et long terme.
- Il est encore possible d'éviter une crise majeure en allant vers une atténuation et en respectant les accords de Paris

**#Toutnestpasfoutu!**

# En guise de conclusion

Un dernier point de précision :

- Ces scénarios ont été couplés avec d'autres scénarios au PIREN-Seine, qui concernent l'aménagement du territoire, l'occupation géographique des populations, les gaz à effet de serre, et la reconnexion physique et sociale « urbain-rural ».
- Le métabolisme de l'agglomération parisienne, *S. Barles et al, 2021*.



# Merci de votre attention

Contact : François MERCIER- ARCEAU-IdF/ PIREN-Seine

[Francois.mercier@arceau-idf.fr](mailto:Francois.mercier@arceau-idf.fr)

06 61 53 41 70

Retrouvez le PIREN-Seine sur [www.piren-seine.fr](http://www.piren-seine.fr)

PIREN  
Seine



Zones  
Ateliers  
LTSER FRANCE SEINE



PSL



INRAE

