

Bagneux – 19 mars 2022

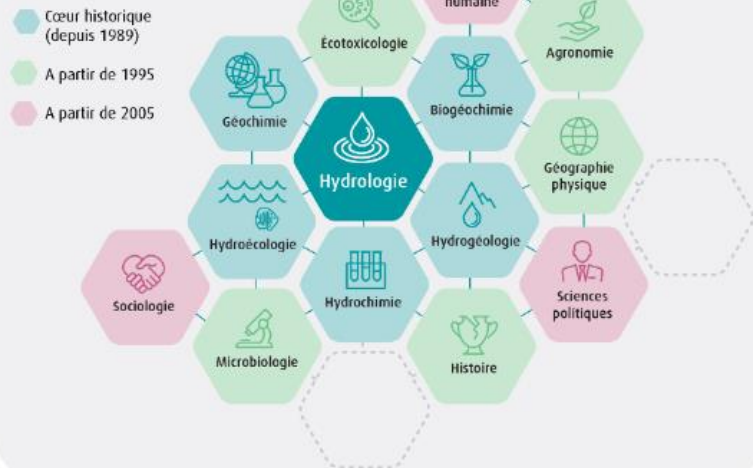
Les futurs de la ressource en eau dans le bassin de la Seine

Etat des lieux et scénarios prospectifs à l'horizon 2050

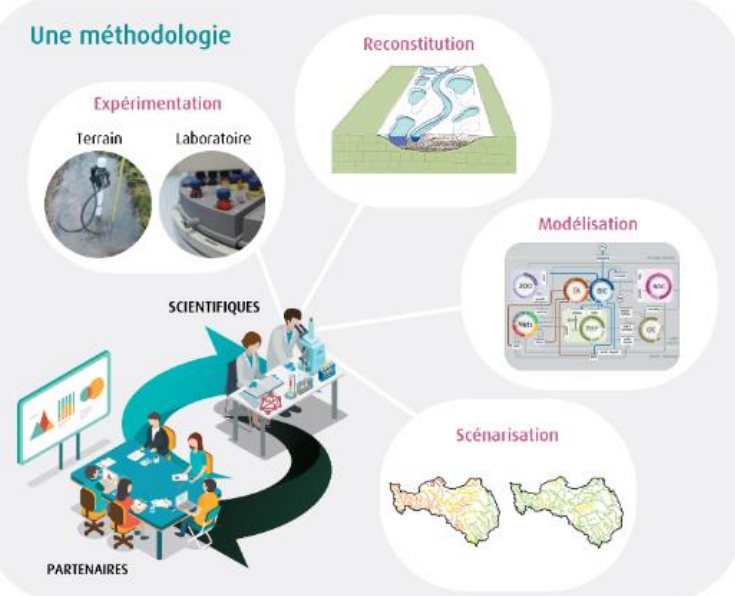
Alexandre Deloménie, ARCEAU-IdF

Cellule « Transfert des connaissances » du PIREN-Seine

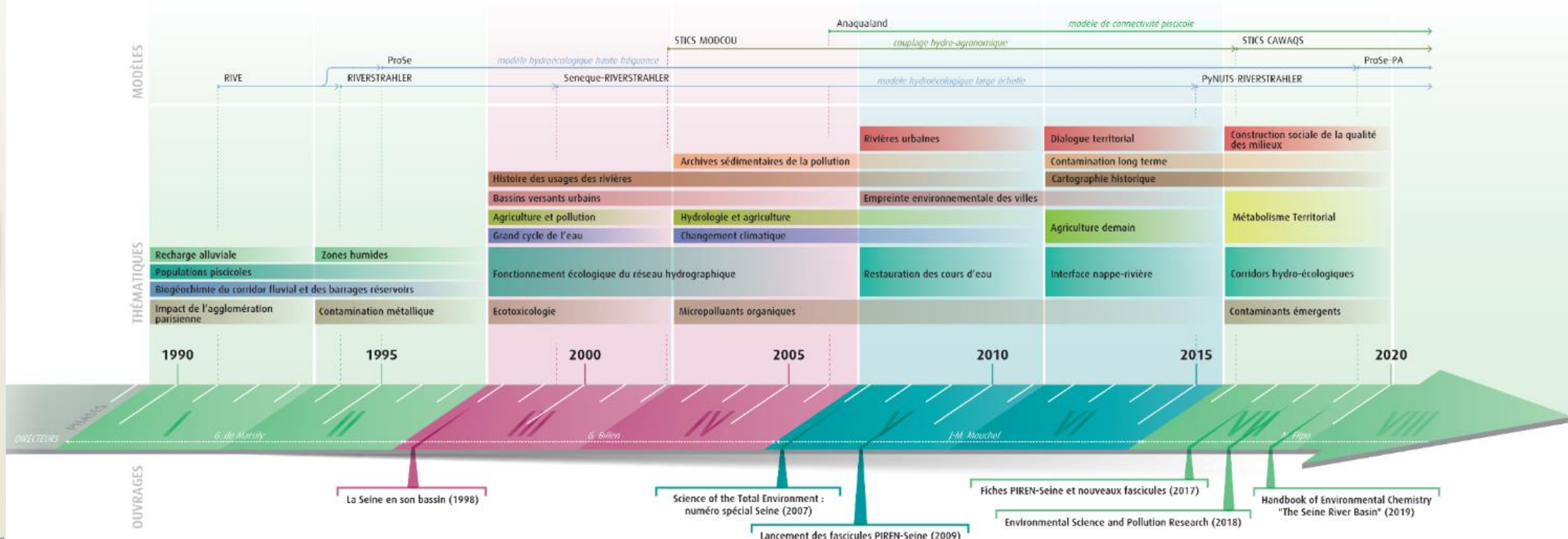
L'interdisciplinarité



Une méthodologie



La mise à disposition des résultats



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

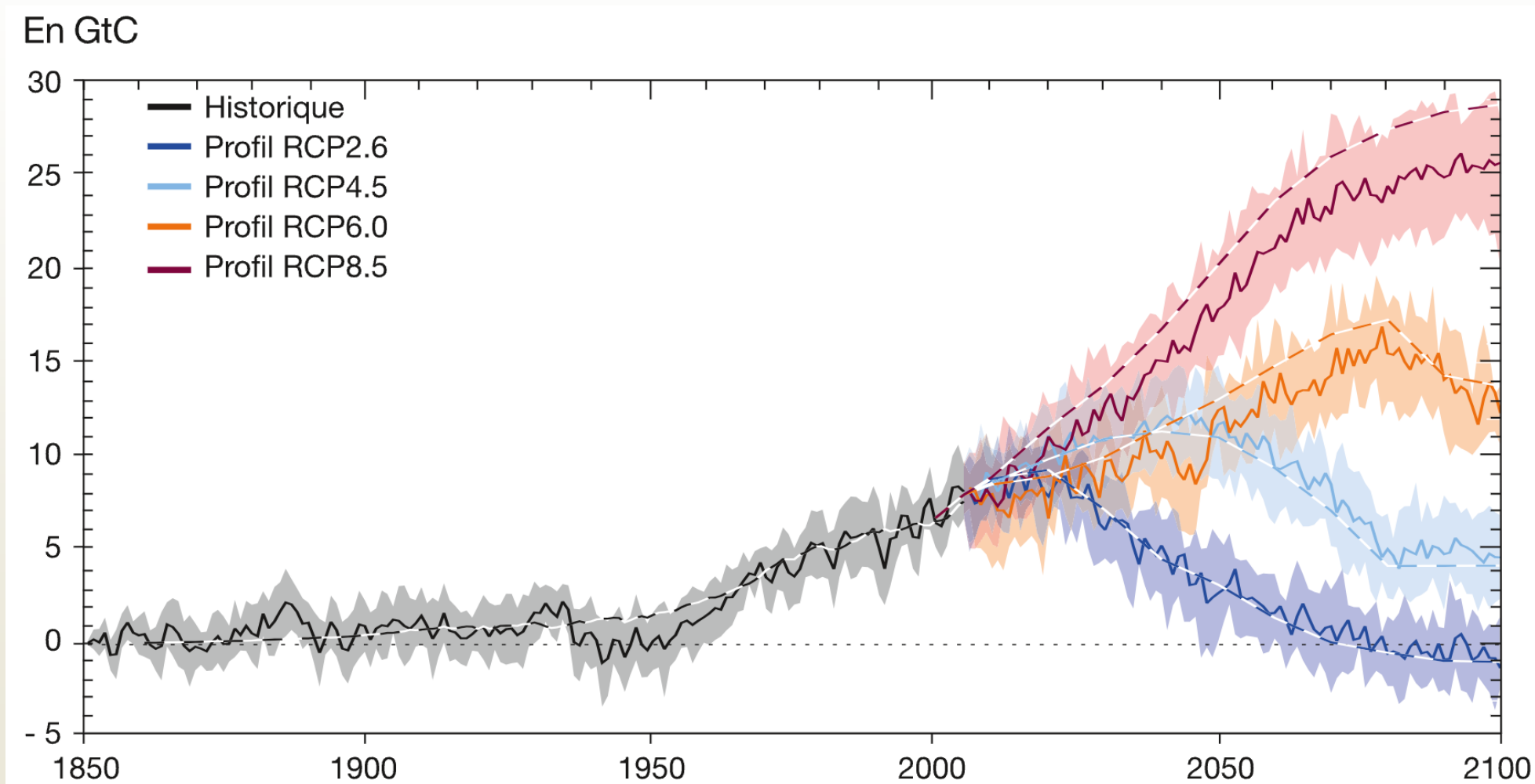
- L'eau, élément central de la recherche scientifique au PIREN-Seine.
- Deux masses étudiées depuis 30 ans : eaux de surface et eaux souterraines.
- Avec deux préoccupations sur l'eau pour le futur du bassin : sa disponibilité et sa qualité.
- Objectif : scénariser les futurs en tenant compte des changements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

Horizon 2050 : 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





Evolution quantitative de la ressource en eau :

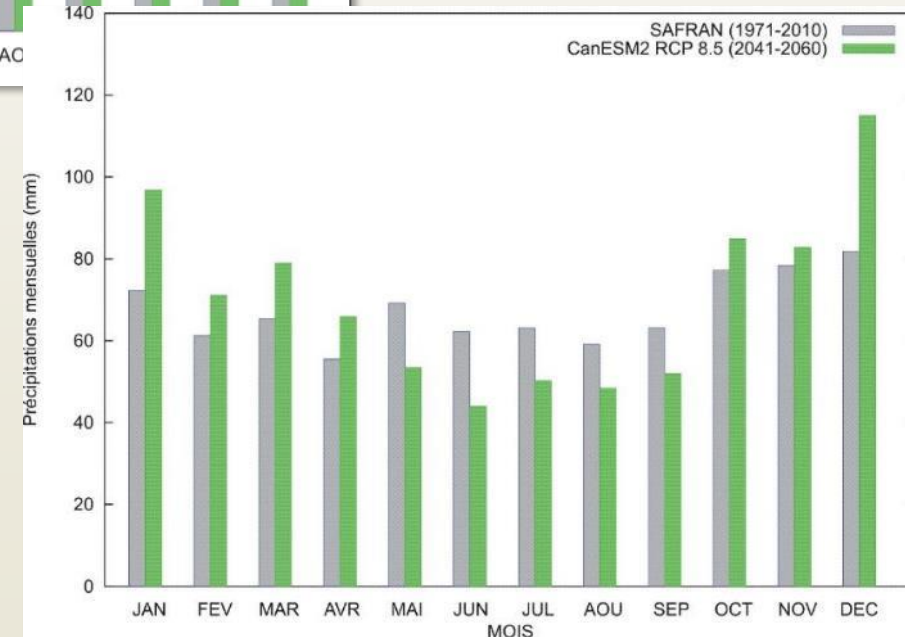
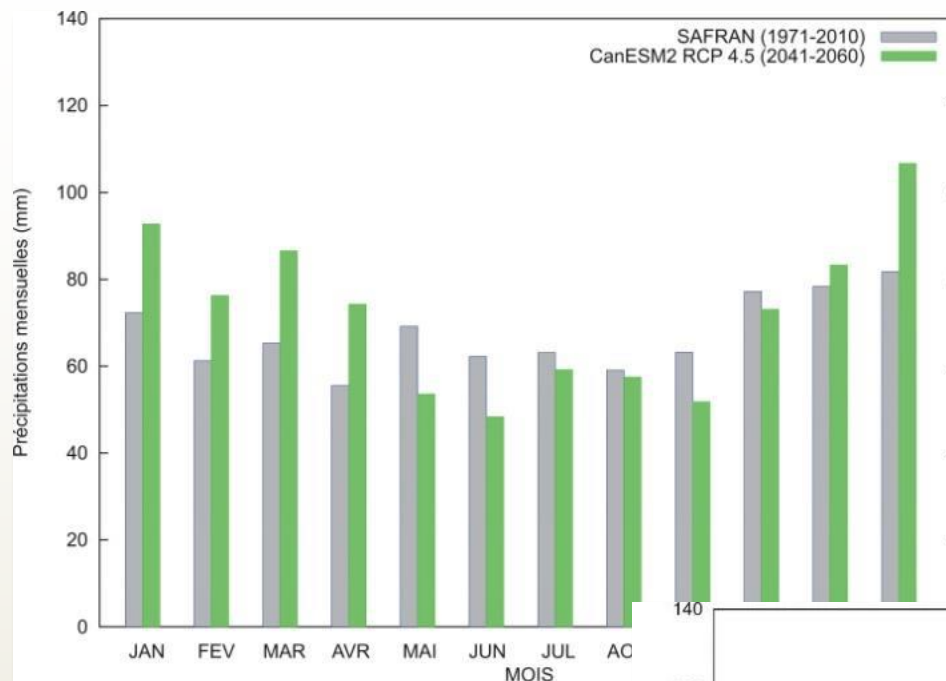
Quel impact du changement climatique à l'horizon 2050 – 2100 sur le bassin de la Seine ?

Evolution des précipitations

Les éléments importants :

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

- ➔ Une augmentation des précipitations en hiver
- ➔ Une baisse importante des précipitations en été

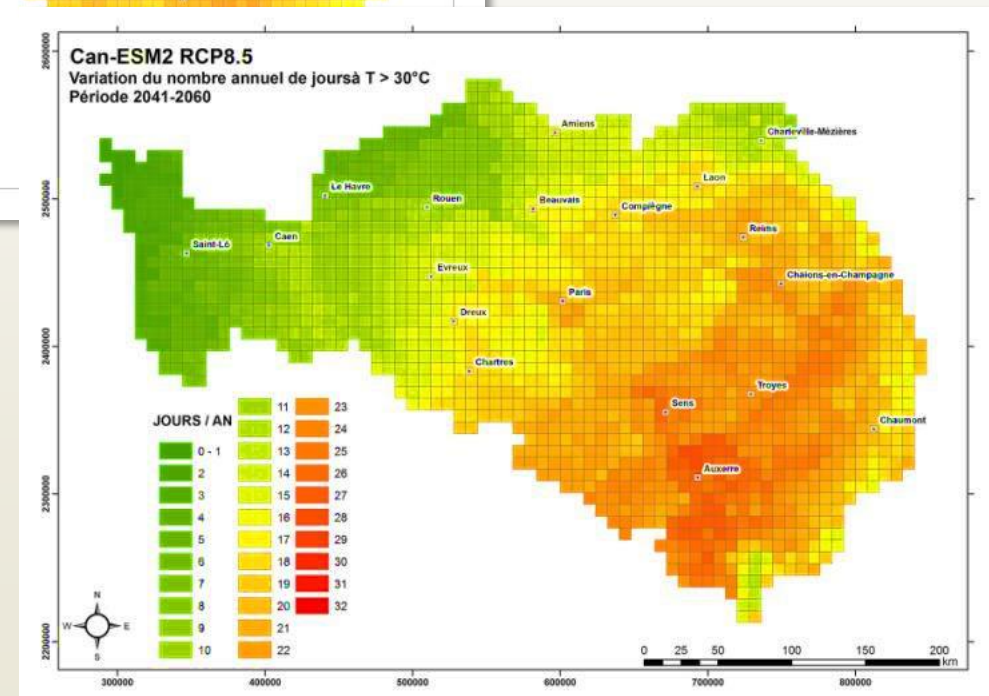
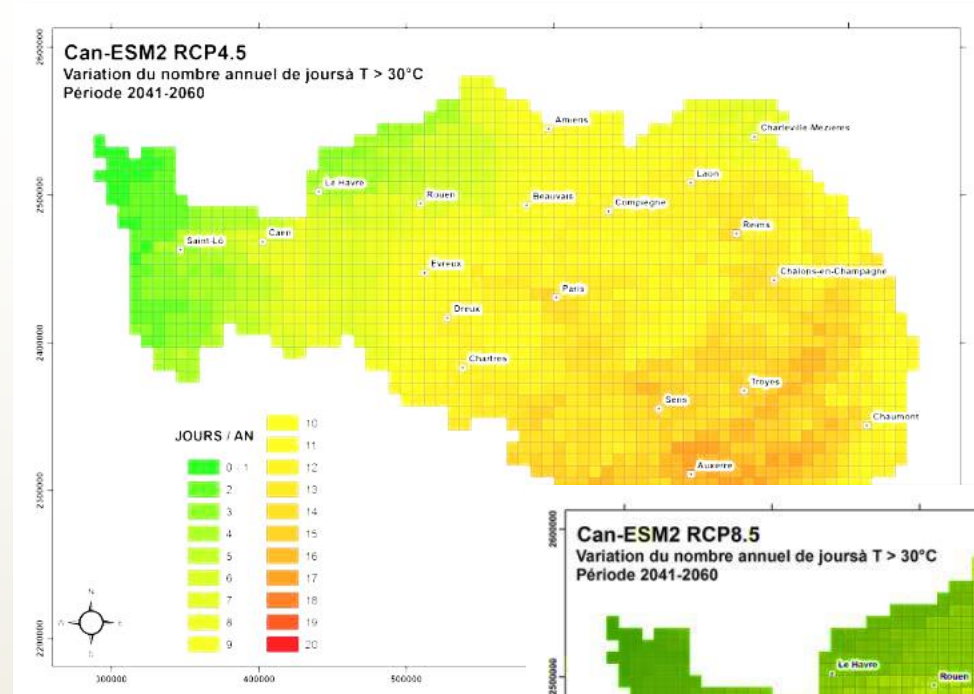


Evolution des extrêmes de température

Les éléments importants :

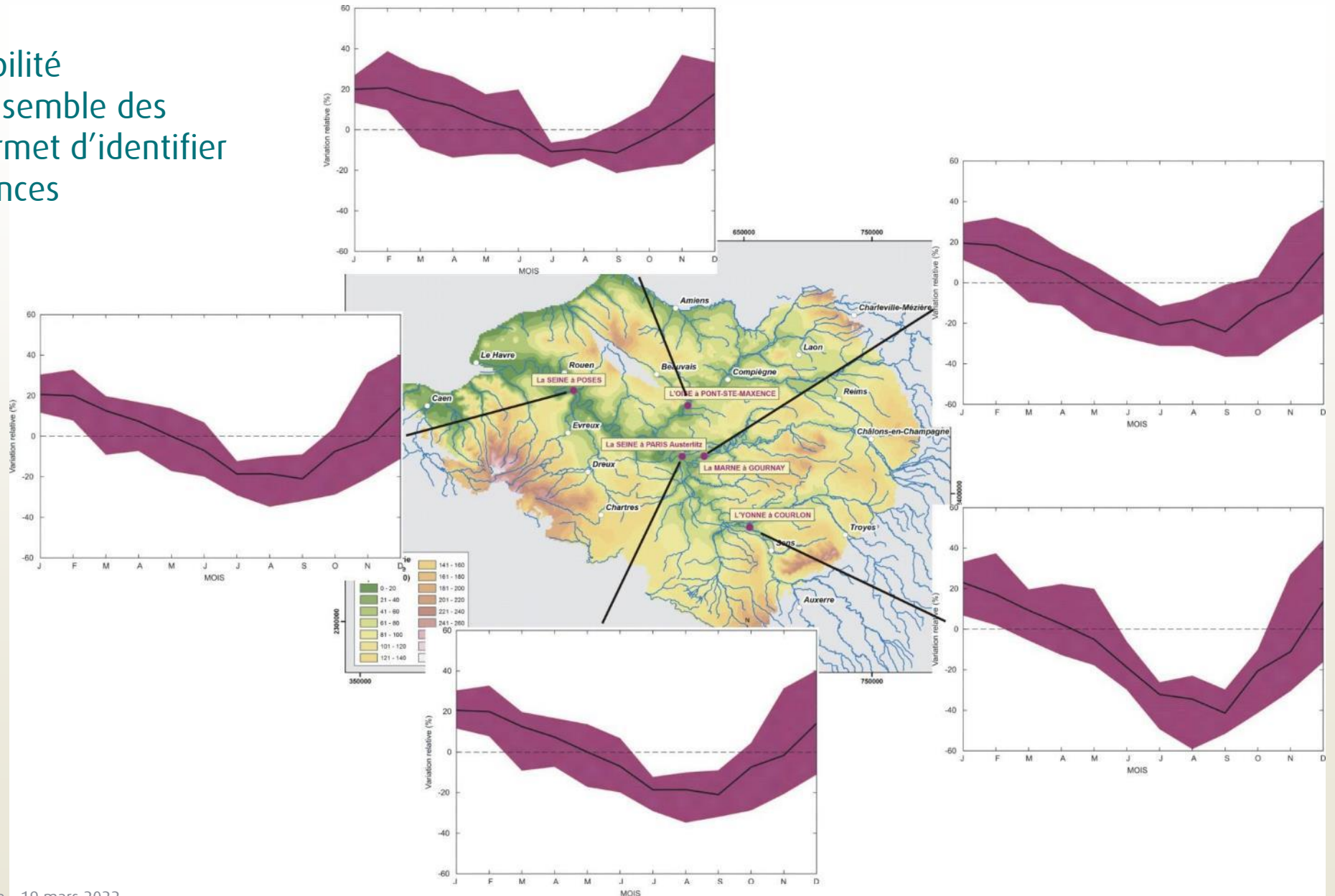
Quels que soient les modèles utilisés et les scénarios (du plus optimiste au plus pessimiste), on peut anticiper :

- 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)

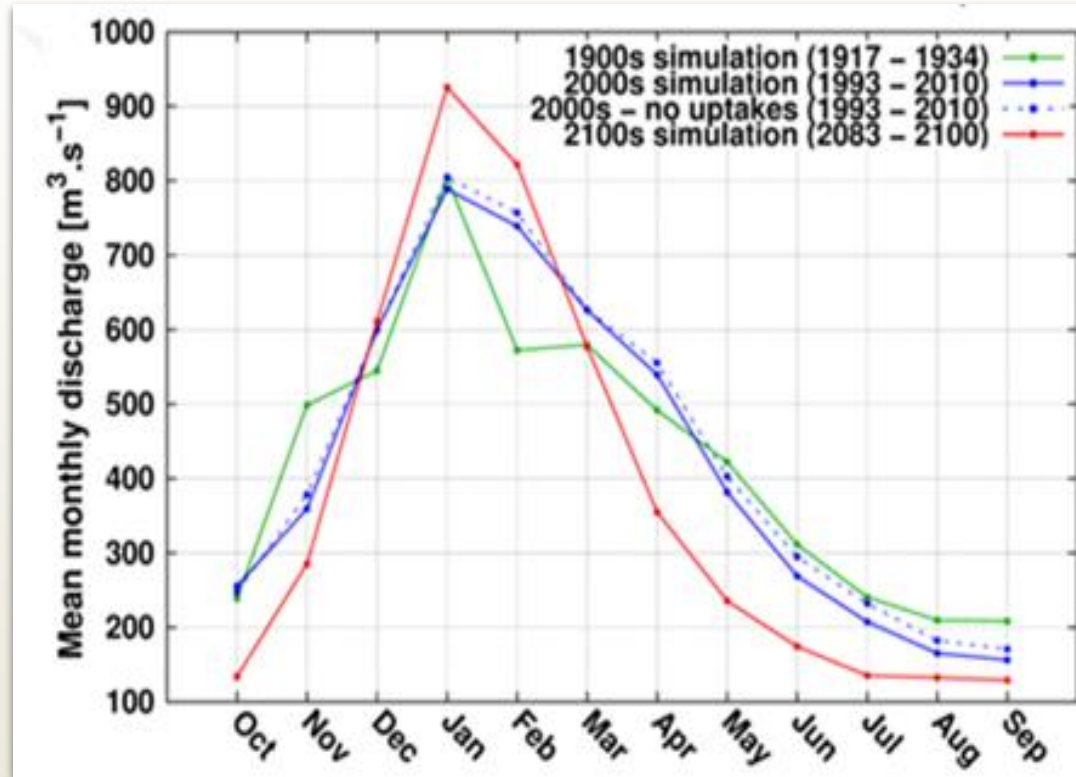


Les eaux de surface : le débit

Malgré une variabilité conséquente, l'ensemble des modélisations permet d'identifier les mêmes tendances



Les eaux de surface : le débit à l'horizon 2100



Régime hydrologique de la Seine à Poses (RCP8.5)

Les éléments importants :

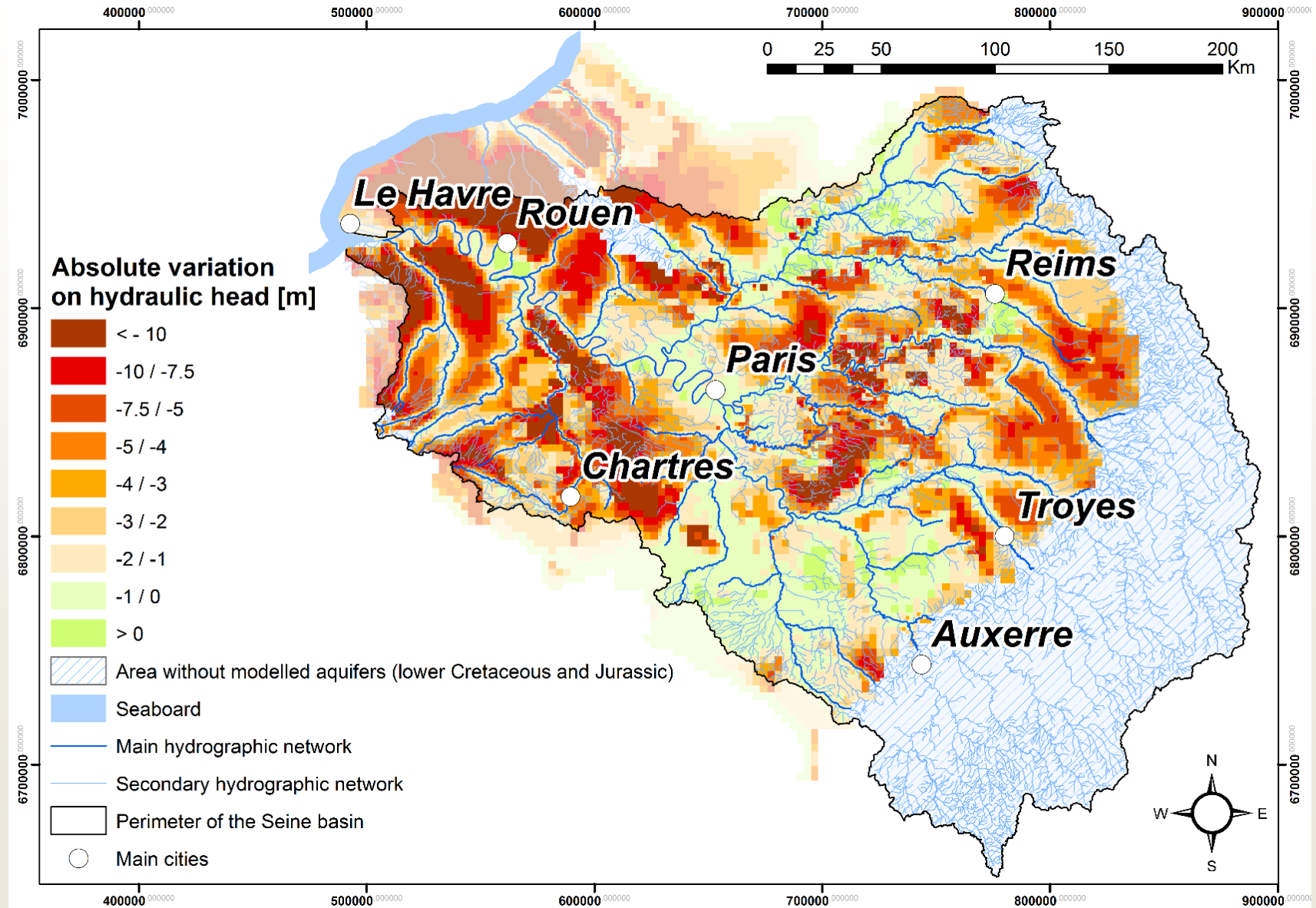
- Une stagnation du débit moyen annuel $\sim \pm 5\%$
- Une saisonnalité plus marquée :
 - $\sim +20\%$ en hiver,
 - $\sim -30\%$ en été.
- Des étiages plus longs, démarrant en mai, se maintenant jusqu'en octobre, voire en novembre.

Evolution de la piézométrie à l'horizon 2100

Ecart piézométrique par rapport à l'actuel (2099-2100 vs. 2017-2018)

Une conséquence majeure pour la qualité de l'eau :

La baisse progressive de l'effet de dilution





D'où la question :

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



L'évolution du bassin de la Seine à l'horizon 2050 selon 2 scénarios contrastés :

- Grand Paris, nouveau Londres
- Les villes en leur bassin

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.

Les paramètres pris en compte

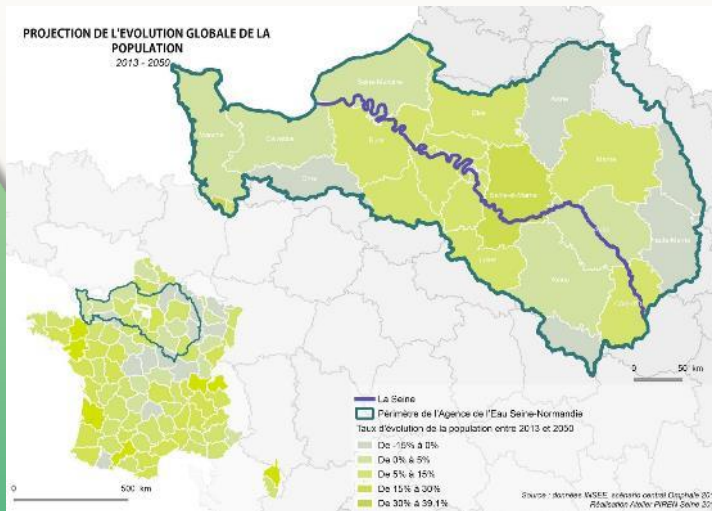
Les scénarios sont souvent segmentés, comme la science, par champs disciplinaires.

Au PIREN-Seine, l'interdisciplinarité du programme permet le croisement des informations, et la prise en compte de nombreux paramètres dans les scénarios :

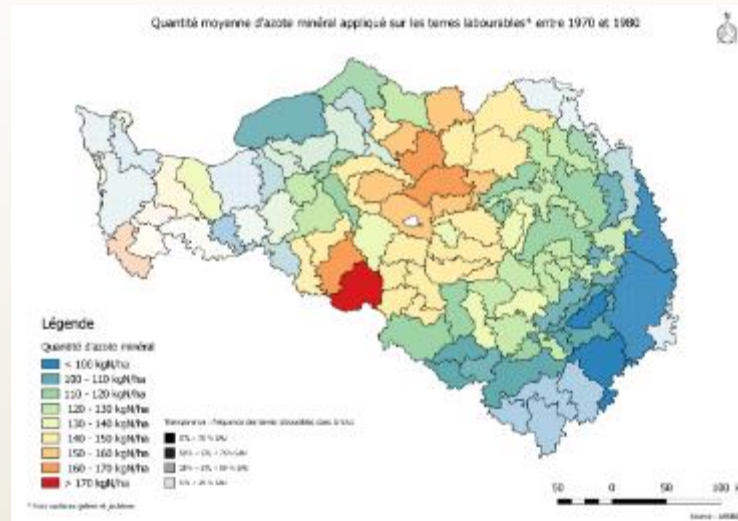
- Démographie
- Economie et social
 - Gouvernance
 - Aménagement
 - Gestion de l'eau
 - Énergie
 - Modes de vie
- Pratiques agro-alimentaires
- Pollution environnementale

Quelques bases de travail...

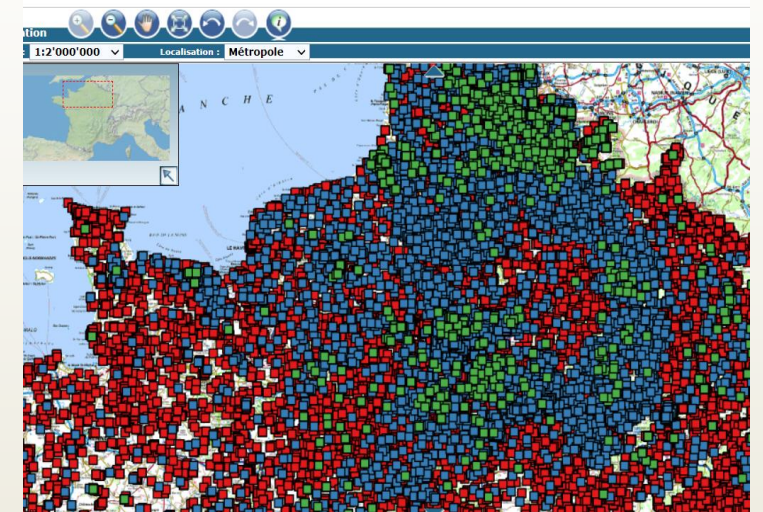
INSEE : Démographie, économie et social



ArSeine : Pratiques agricoles



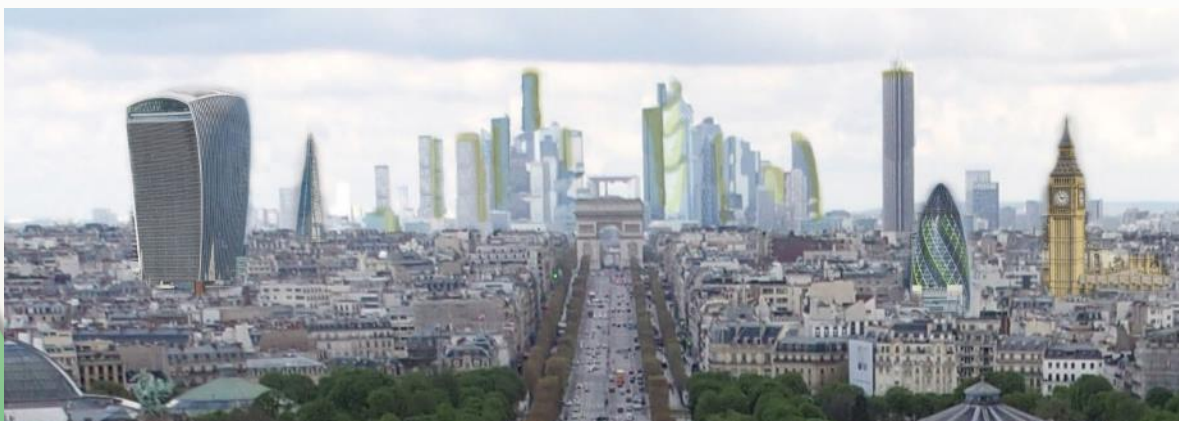
ADES : Les eaux souterraines



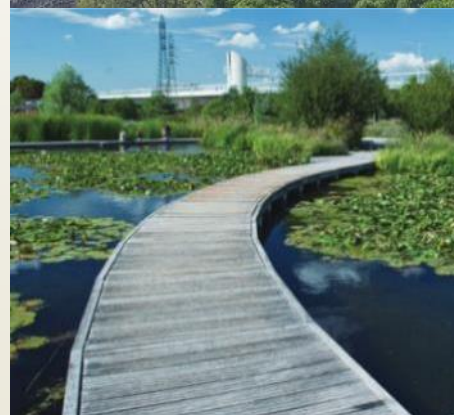
Et une suite interminable d'approches, de modèles et de bibliographie scientifique : GRAPHS, STICS, MODCOU, CAWAQS, RIVERSTRAHLER, etc...

Deux scénarios contrastés :

Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »



Scénario « Les villes en leur bassin »



Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

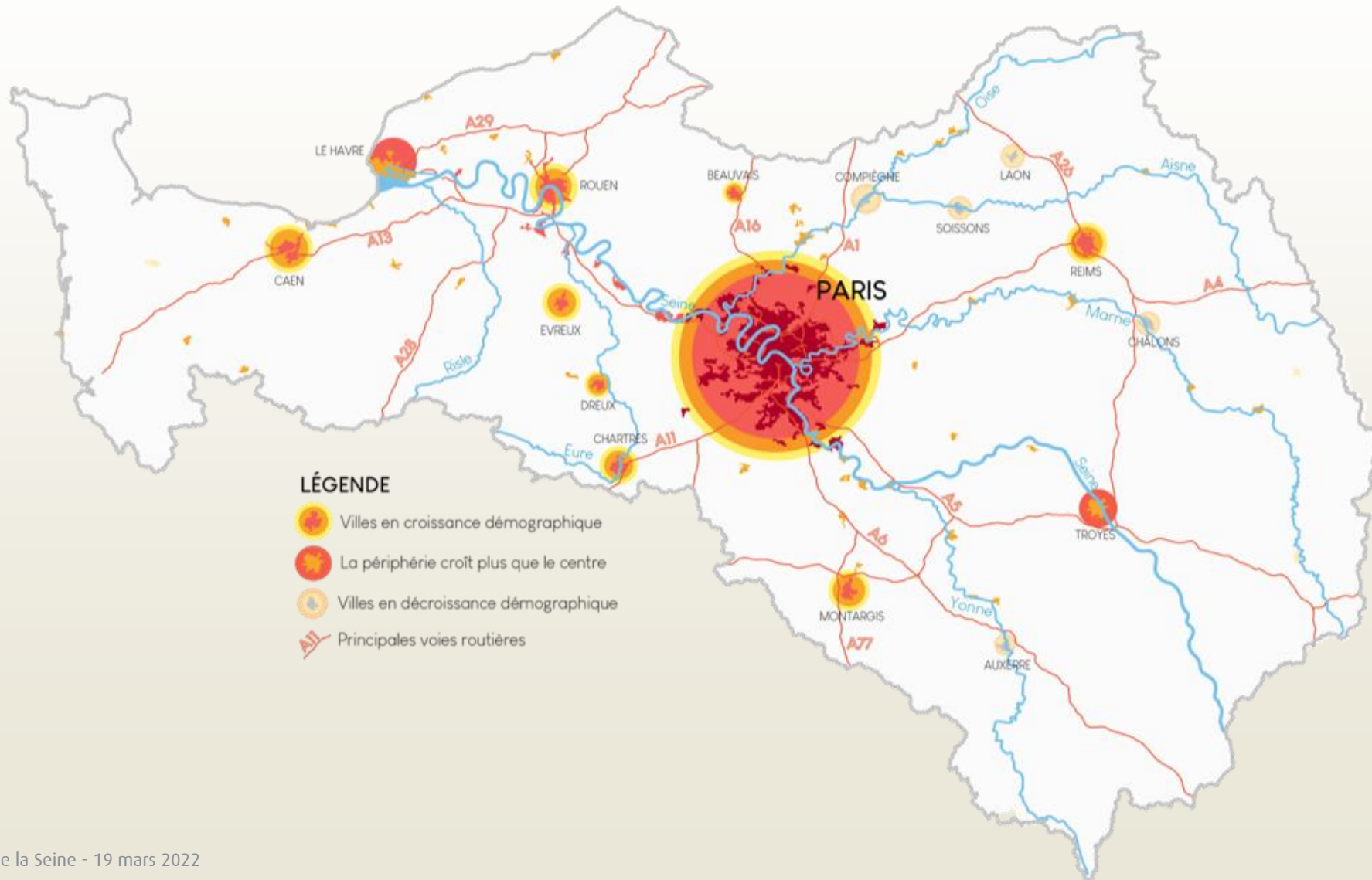
Ce scénario est celui qui explore la poursuite de plusieurs tendances fortes actuelles



- **Démographie** : Augmentation de la population avec une forte métropolisation.
- **Economie et social** : Poursuite de la libéralisation, avec régulations environnementales et sociales ponctuelles, croissance économique, baisse du chômage, précarisation de l'emploi.
- **Gouvernance** : Poursuite de la gouvernance par les institutions et les entreprises, avec prédominance des logiques économiques en *top-down*.
- **Aménagement** : Poursuite de l'artificialisation des sols, des canaux et des routes, avec des compensations environnementales. Hypermobilité et hyperconnectivité. Végétalisation partielle des villes.
- **Gestion de l'eau** : Privatisation partielle de la gestion de l'eau, baisse de la consommation, et augmentation progressive du prix au m³. Gestion *high tech* et linéaire de l'assainissement.
- **Énergie** : Electrification de l'énergie, stabilisation de la consommation, baisse de certains GES comme le CO₂.
- **Modes de vie** : Transport individuel électrique, achats en magasins ou sur internet auprès de grandes enseignes ou de filières spécialisées.
- **Pratiques agro-alimentaires** : 30% de l'agriculture en bio, le reste en agriculture de pointe, phytosanitaires nanodosés, accroissement des exportations et des importations.

Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

- Démographie : Augmentation de la population avec une forte métropolisation.



Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

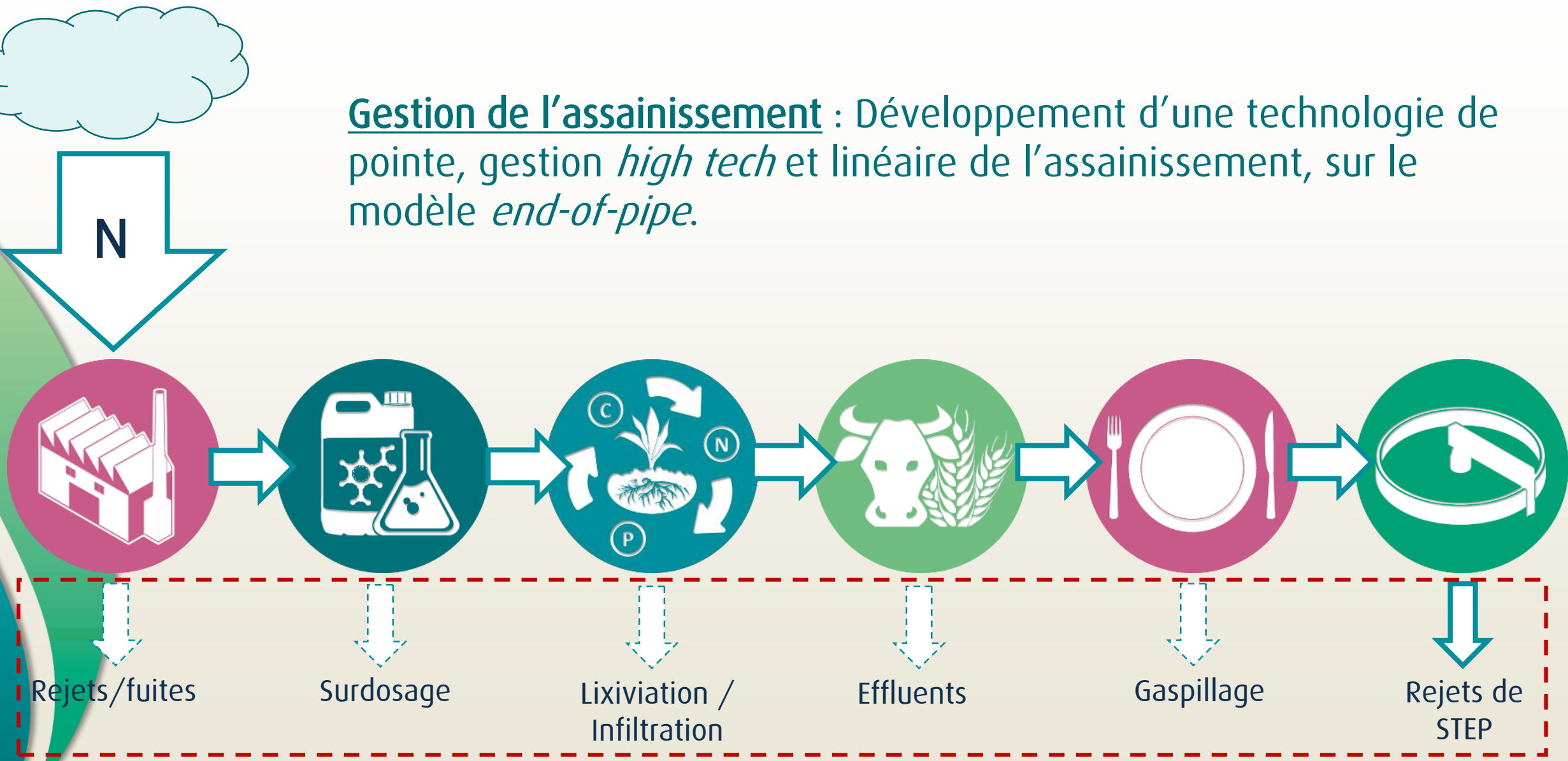
Aménagement du territoire

- Poursuite de l'artificialisation des sols, des canaux et des routes, avec des compensations environnementales.
- Hypermobilité et hyperconnectivité individuelle.
- Végétalisation partielle des villes.
- Peu de désimperméabilisation dans les zones urbaines.
- Difficultés à installer des îlots de fraîcheurs dans des villes surpeuplées.
- Peu de résilience des zones inondables lors des crues
- Peu de lien urbain-rural



Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

Gestion de l'assainissement : Développement d'une technologie de pointe, gestion *high tech* et linéaire de l'assainissement, sur le modèle *end-of-pipe*.



Limiter l'impact par l'amélioration des process

Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

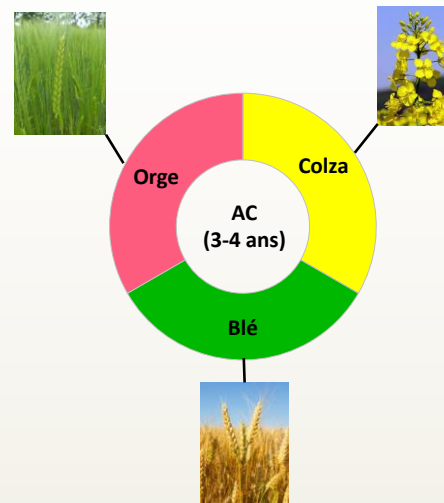
Gestion de l'eau potable :

- Privatisation du service, ou partenariats public-privés privilégiés, avec quelques régies persistantes en modèle public.
- Avec la persistance des intrants, l'imperméabilisation et la baisse de l'effet de dilution, des problèmes de seuil dans les champs captants et les prélèvements de surface vont se poser.
- Augmentation du prix au m³ de l'eau, associée à une baisse de la consommation individuelle. Empreinte hydrique de l'agglomération parisienne en augmentation.

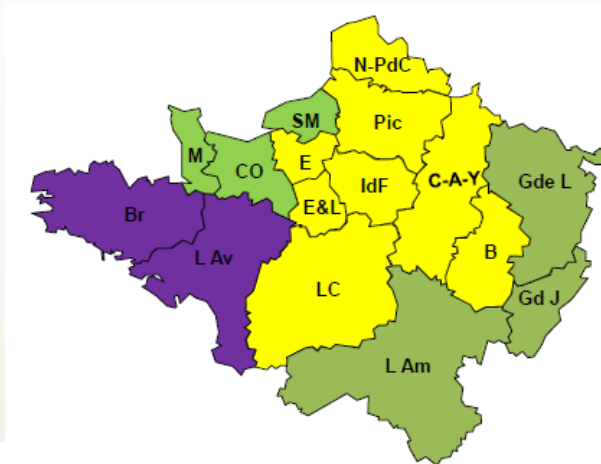
Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

Agriculture du bassin :

- Modèle exportateur, basé sur le quantitatif, avec gestion *High Tech* des intrants.
- Un passage très progressif à 30% d'agriculture biologique en 2050
- Poursuite de la spécialisation régionale de l'agriculture et très peu de connexion urbain-rural
- Régime alimentaire sensiblement identique à celui d'aujourd'hui



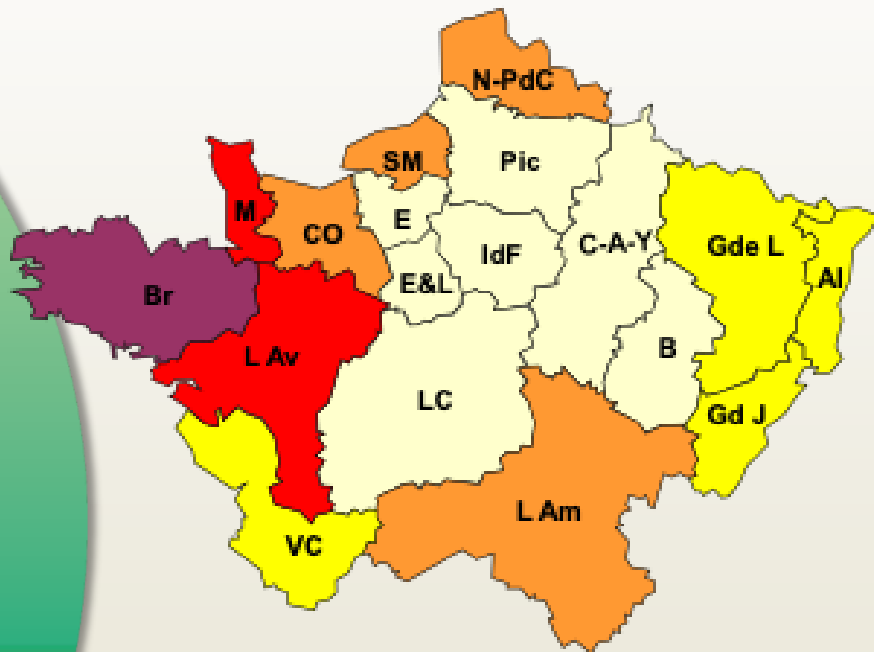
Grandes cultures
Polyculture-élevage
Elevage spécialisé



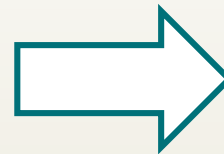
Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

Elevage dans le bassin :

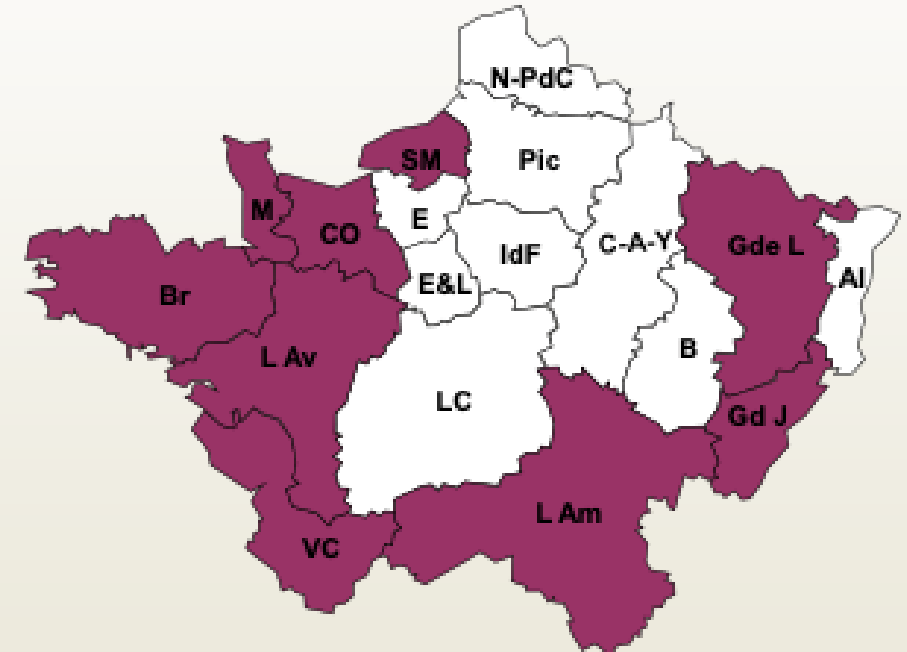
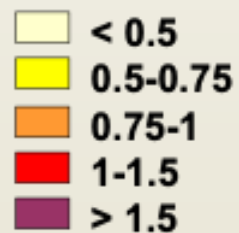
Taille des cheptels, en Unité Gros Bétail par hectare de surface agricole utile



Référence (2014)



UGB/haSAU

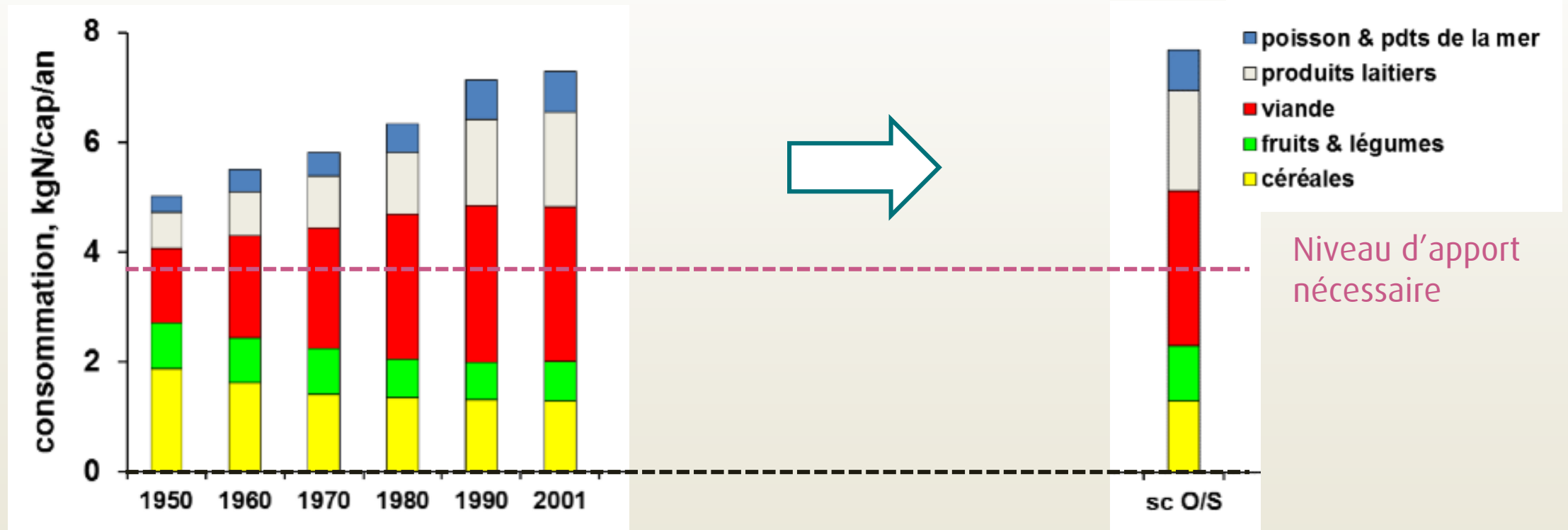


Spécialisé (2050)

Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

Alimentation des habitants du bassin :

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

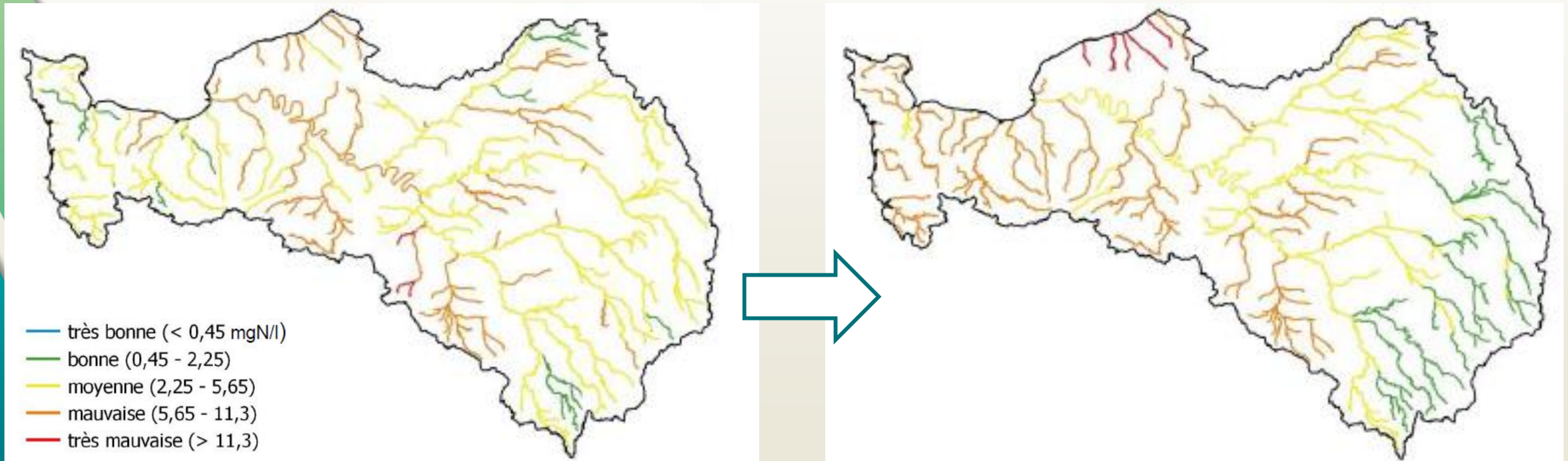


Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

... avec des conséquences sur la qualité de l'eau

Taux de nitrates dans les rivières du bassin en 2015 (à gauche) et en 2050 (à droite)

-modèle RIVERSTRAHLER-



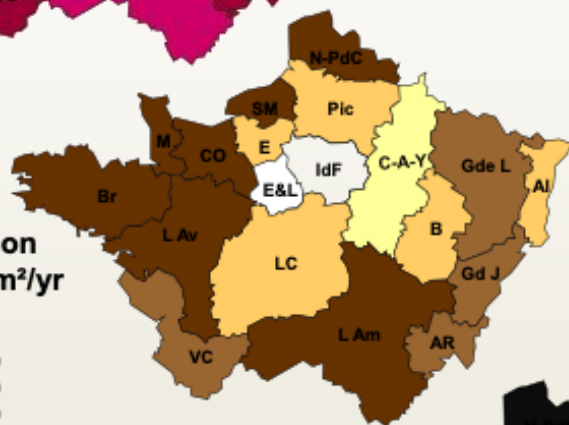
Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

Les gaz à effet de serre d'origine agricole

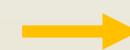
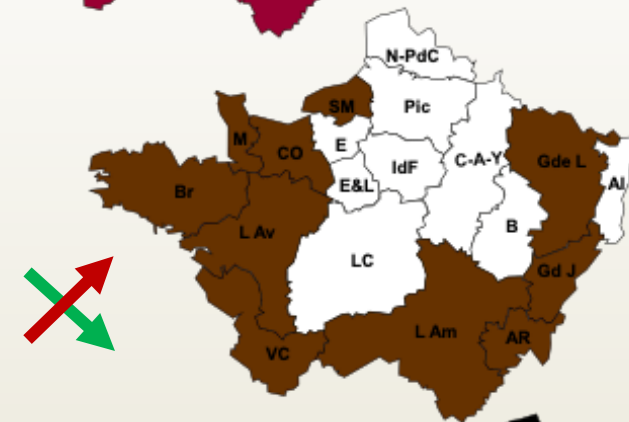
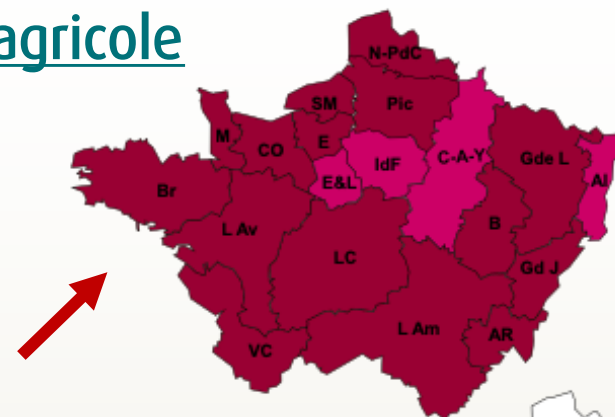
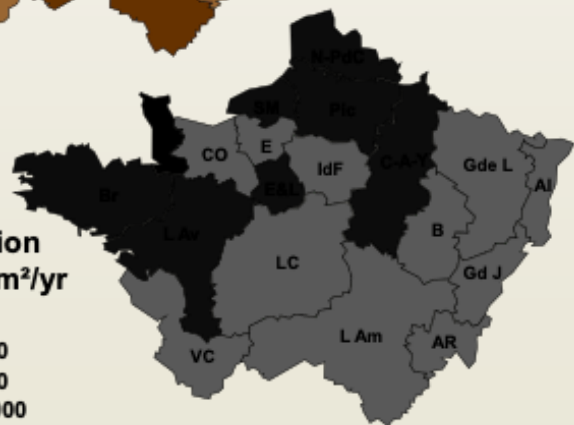
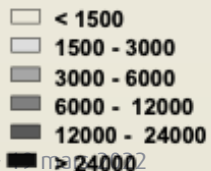
N₂O emission
kgN-N₂O/km²/yr



CH₄ emission
kgC-CH₄/km²/yr



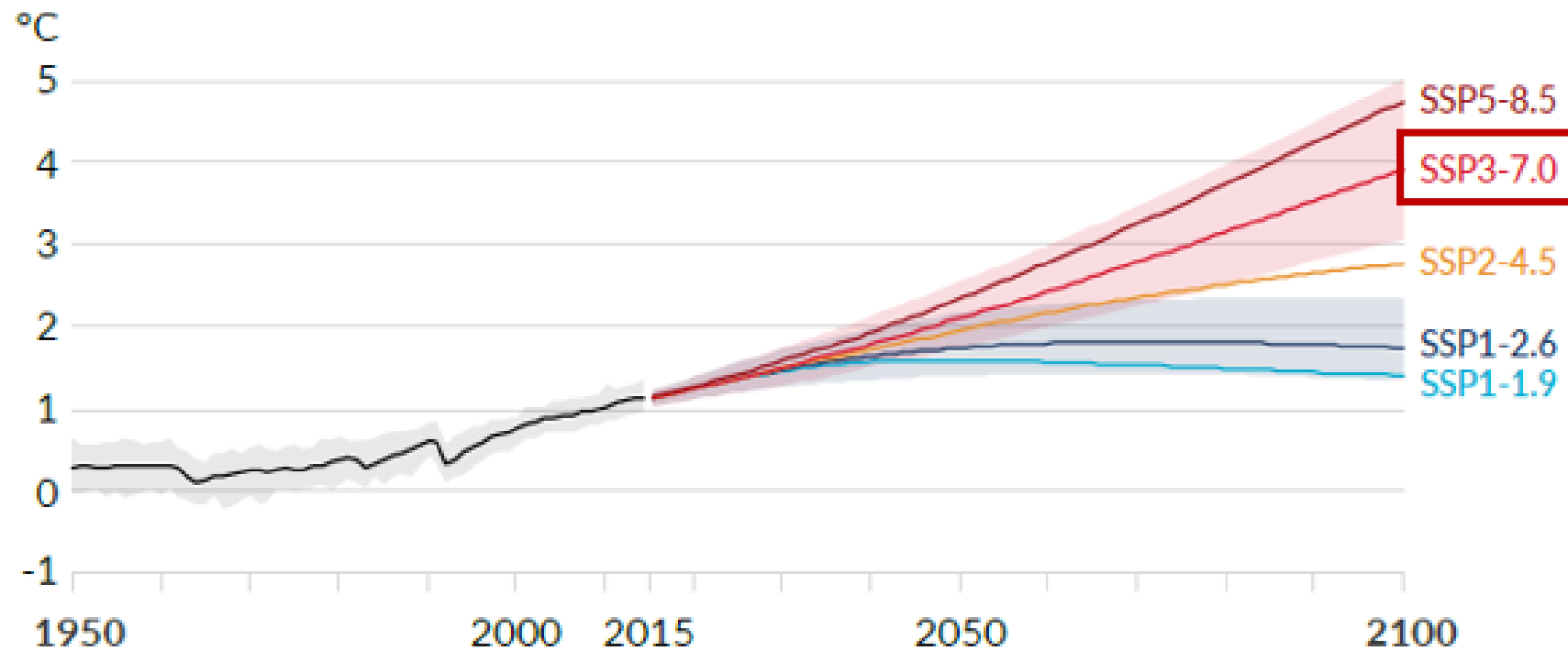
CO₂ emission
kgC-CO₂/km²/yr



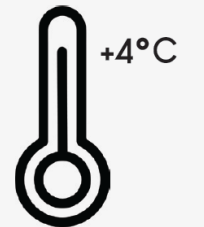
Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

Trajectoire prévue par le GIEC

a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



TRAJECTOIRE
CLIMATIQUE
MONDIALE



Horizon 2100

Scénario « Les villes en leur bassin »

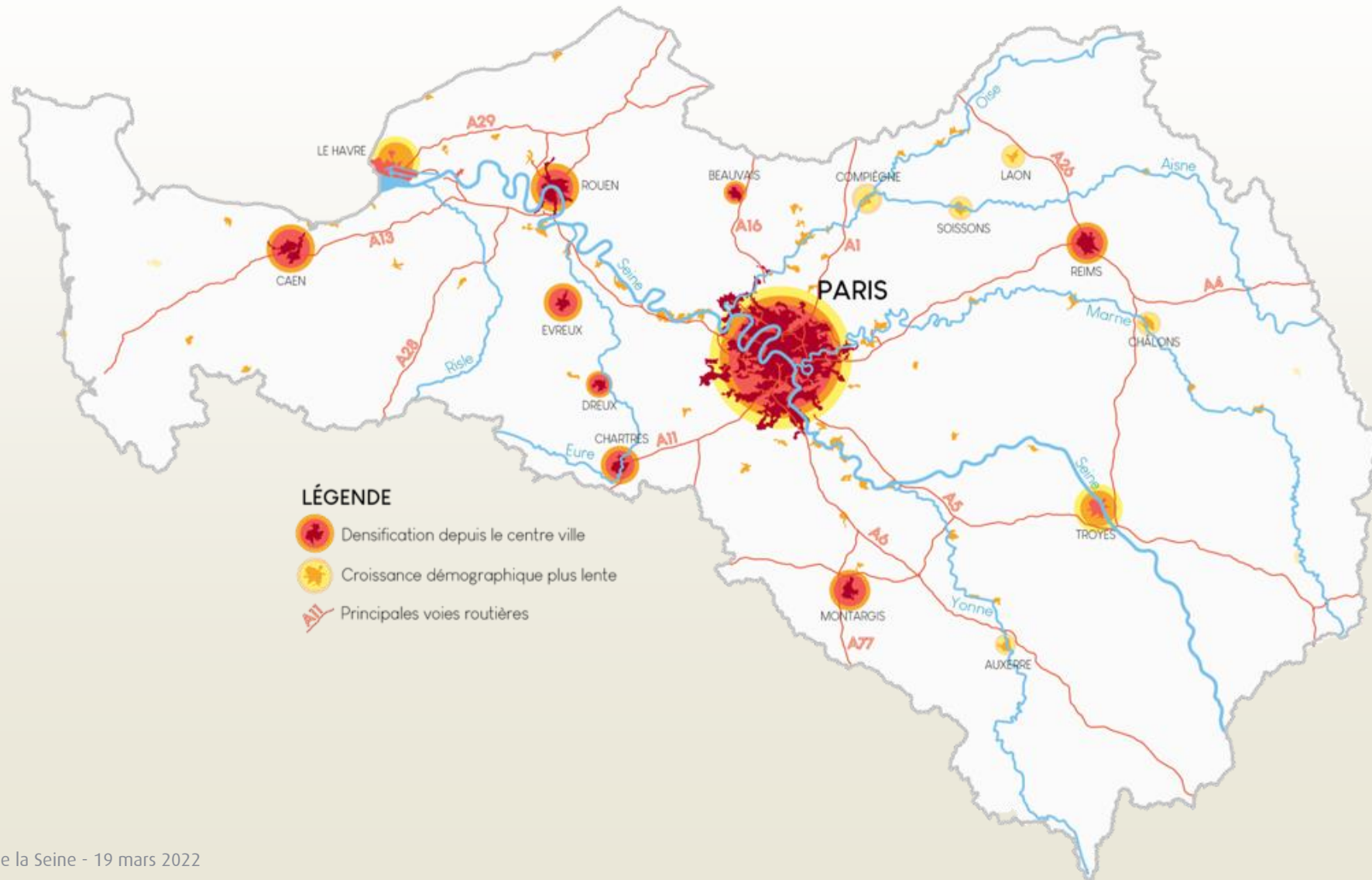
Ce scénario est celui qui explore les signaux faibles et répond à des objectifs environnementaux forts

- **Démographie** : Augmentation de la population avec une répartition sur le bassin
- **Economie et social** : Sortie du libéralisme économique, régulations environnementales et sociales structurelles, priorités aux objectifs de résilience, de sobriété et d'autonomie
- **Gouvernance** : démocratie participative locale renforcée à divers échelons (institutions, entreprises, etc.) prédominance des logiques de solidarité.
- **Aménagement** : Désimperméabilisation, fin de l'étalement urbain, fin des grands travaux de chenalisation, développement du ferroviaire et des transports en commun
- **Gestion de l'eau** : Mutualisation des services de l'eau en régie publique (eau potable, eaux pluviales, assainissement), gestion en réseau, gratuité des premiers m³, passage du traitement linéaire au traitement circulaire
- **Énergie** : Electrification de l'énergie associée à une forte sobriété, auto-production partielle, baisse de la consommation, baisse importante des GES.
- **Modes de vie** : Transports collectifs ou individuel sobre, chaînes logistiques alimentaires locales, solidarités inter et intra-territoriales, réseau ferré de fret important.
- **Pratiques agro-alimentaires** : 95% de l'agriculture en bio, le reste en agro-écologie, fin des phytosanitaires de synthèse, exportations en baisse, exclusivement en labels.



Scénario « Les villes en leur bassin »

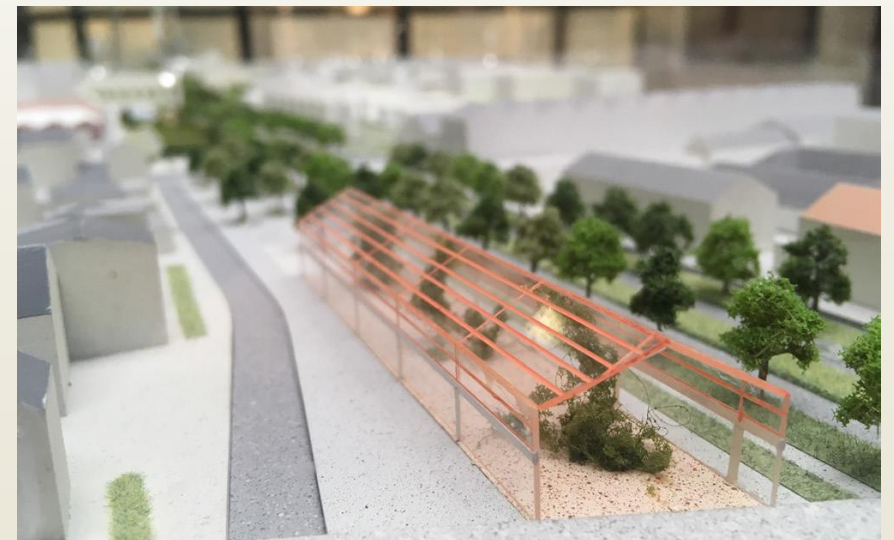
- Démographie : Augmentation de la population avec répartition sur le bassin.



Scénario « Les villes en leur bassin »

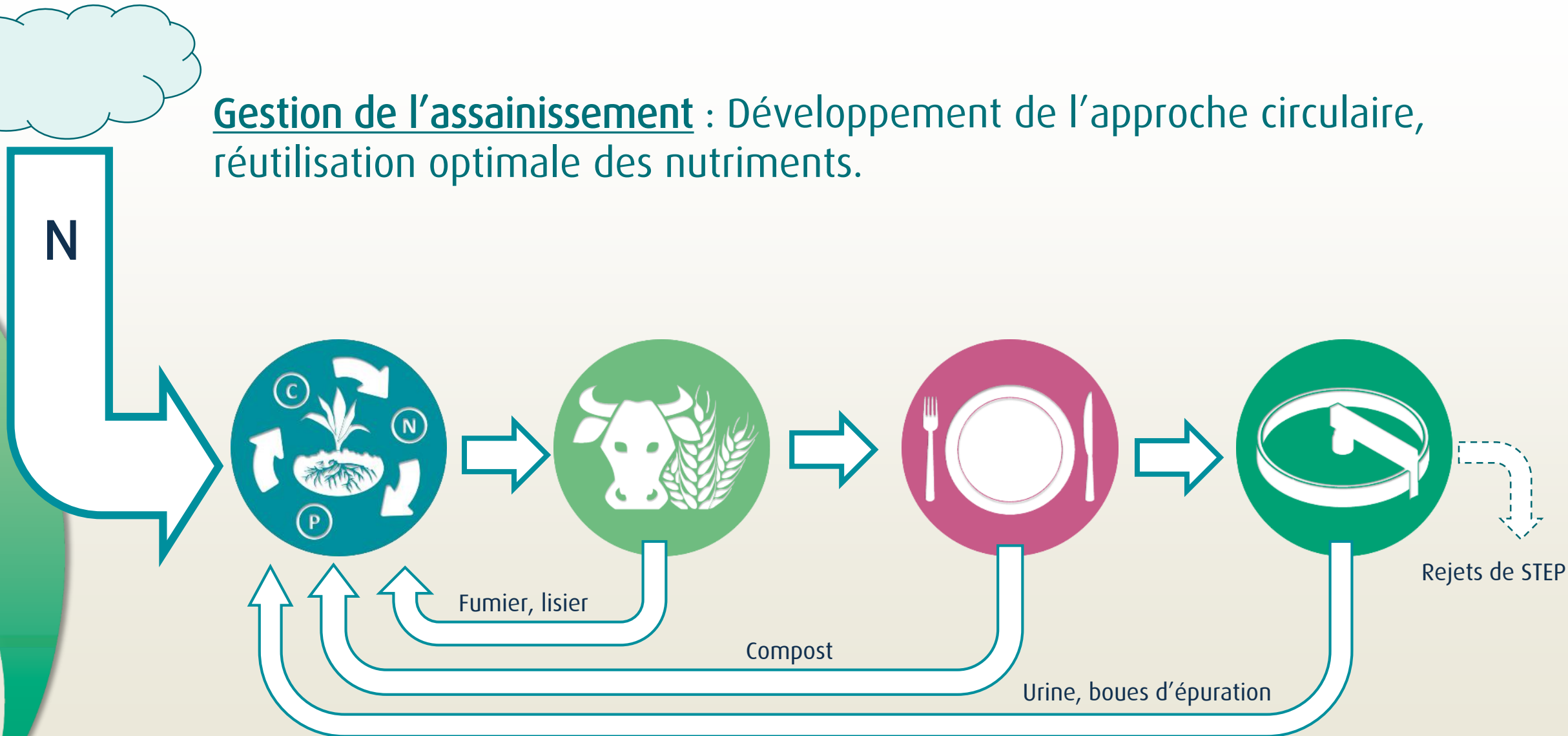
Aménagement du territoire

- Recul de l'artificialisation des sols, investissement dans les transports en commun et dans le réseau ferré, constitution de « réseaux de villes » avec solidarités amont-aval, urbain-rural, grandes villes-petites villes, etc.
- Mobilité individuelle réduite et repensée localement
- Îlots de fraîcheur avec désimperméabilisation totale, nombreux jardins partagés
- Mise en place de zones d'expansion de crue, renaturation des cours d'eau, fin de l'urbanisation en zone inondable



Scénario « Les villes en leur bassin »

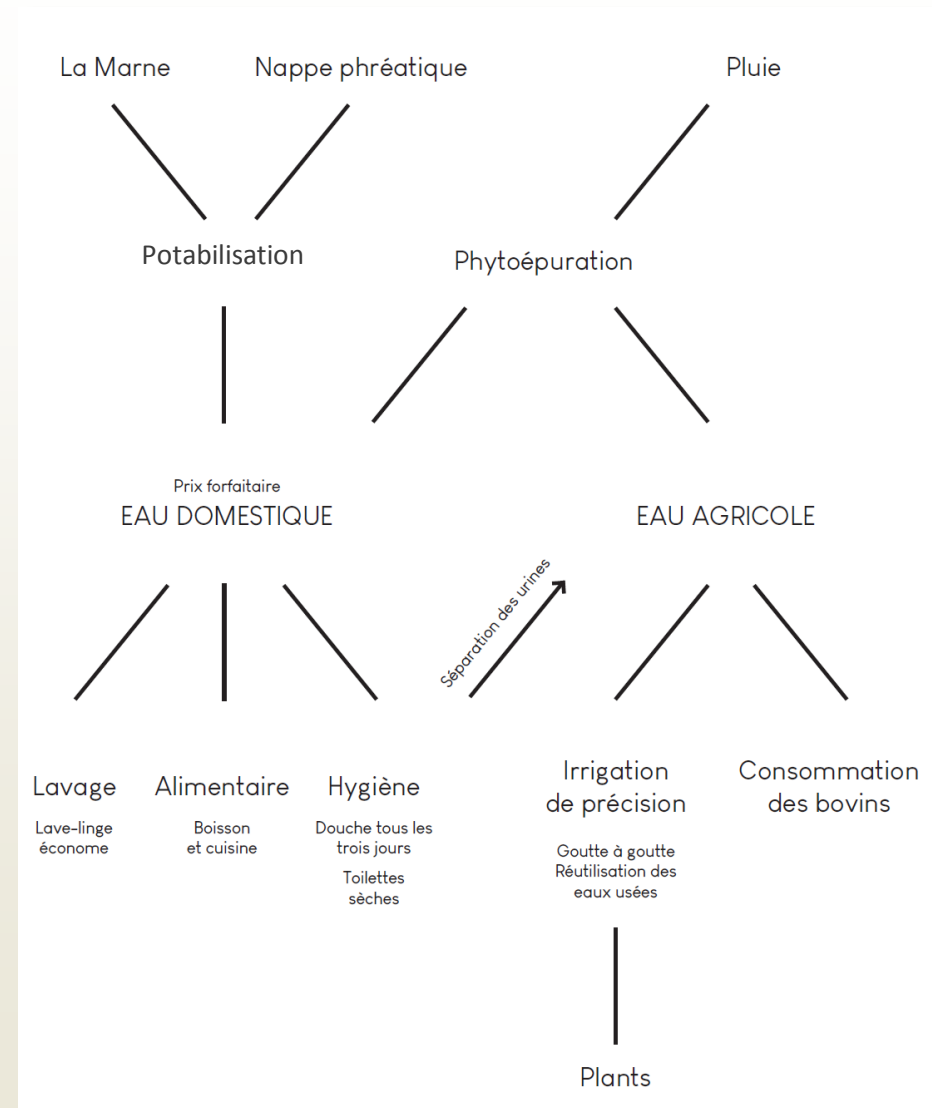
Gestion de l'assainissement : Développement de l'approche circulaire, réutilisation optimale des nutriments.



Scénario « Les villes en leur bassin »

Gestion de l'eau potable :

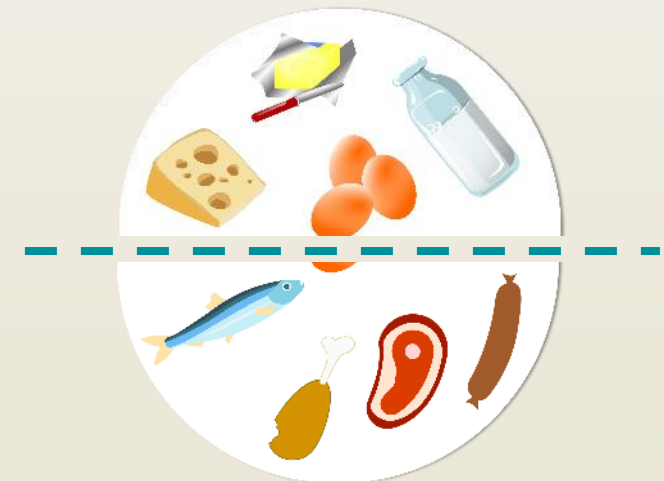
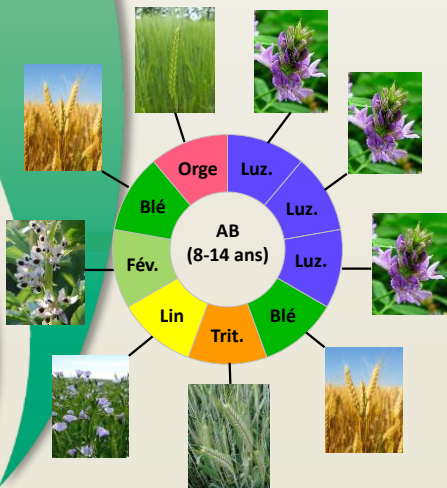
- ➔ Mutualisation de la gestion de l'eau et de l'assainissement francilien (SIAAP-SEDIF-EdP) dans une régie publique, avec un fonctionnement en réseaux et une implication des citoyens (gestion locale partielle)
- ➔ Développement d'un réseau d'eau non potable pour certains usages
- ➔ Meilleure infiltration, réutilisation, limitation du ruissellement, gestion locale des eaux pluviales
- ➔ Baisse drastique de la consommation d'EP, gratuité des premiers m³ et prix forfaitaire au-delà.



Scénario « Les villes en leur bassin »

Agriculture du bassin :

- Modèle autonome avec exportation qualitative, sans intrants de synthèse
- Un passage progressif à 100% d'agriculture biologique en 2050
- Retour à un système de polyculture-élevage pour faciliter la réutilisation des nutriments
- Régime alimentaire demitarien (50% en moins de protéines animales par rapport à aujourd'hui)

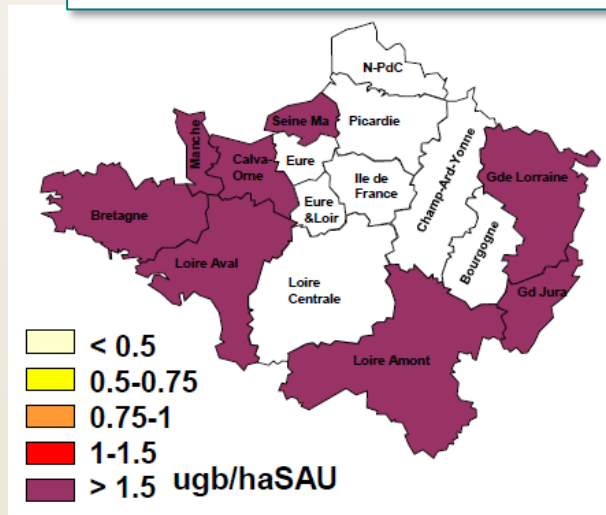


Scénario « Les villes en leur bassin » : L'élevage

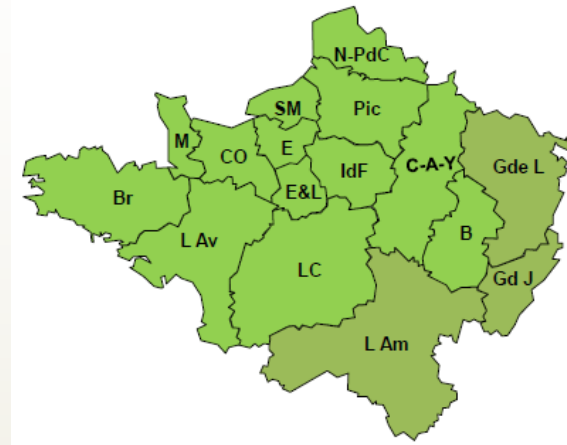
Grand Paris
2050



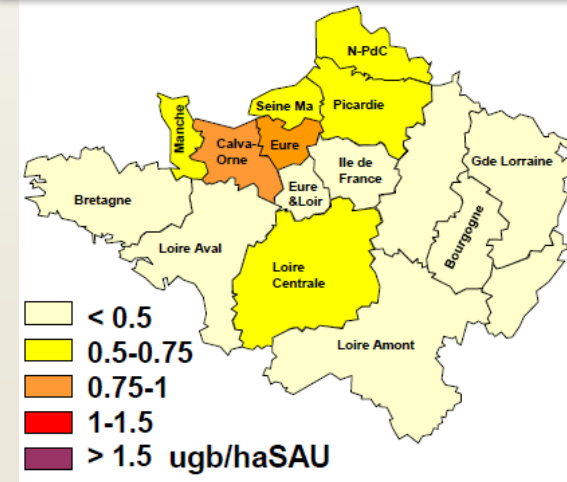
Spécialisation régionale extrême



Villes en leur
Bassin 2050



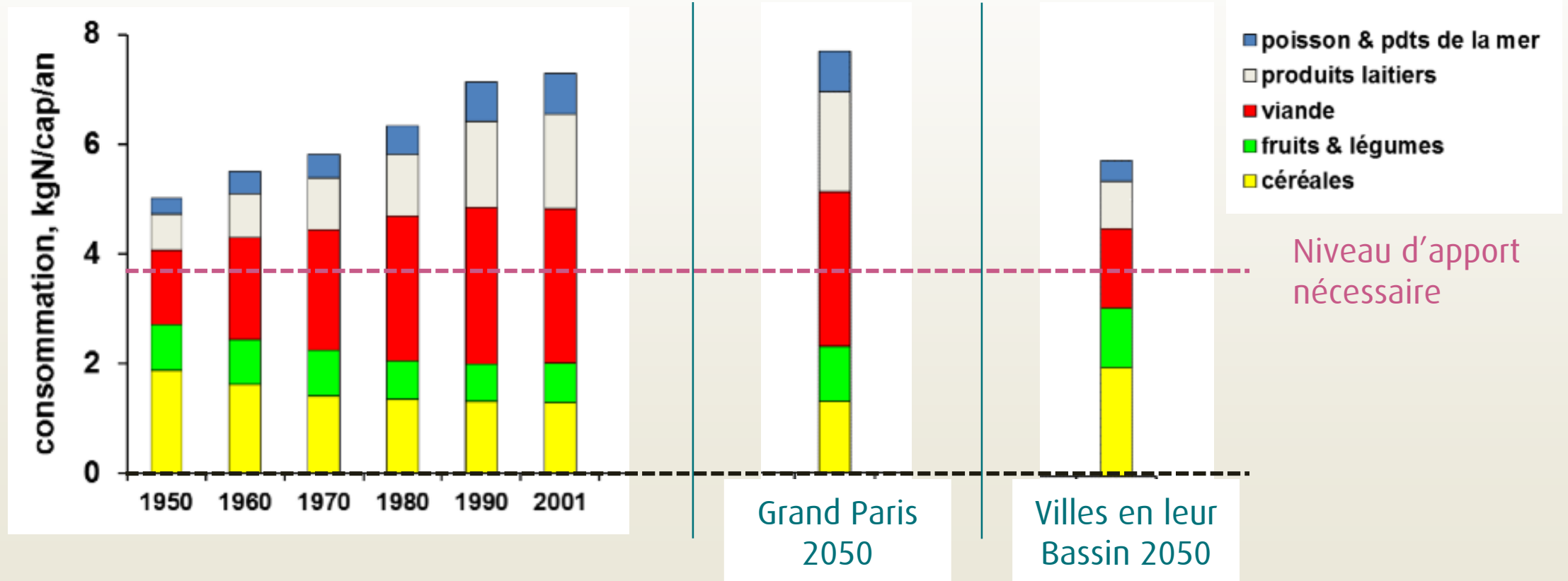
Polyculture-élevage autonome



Scénario « Grand Paris, nouveau Londres »

Alimentation des habitants du bassin :

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



Niveau d'apport nécessaire

Scénario « Les villes en leur bassin » : le régime alimentaire

Grand Paris
2050



Villes en leur
Bassin 2050



Scénario « Les villes en leur bassin » : les nitrates en rivière

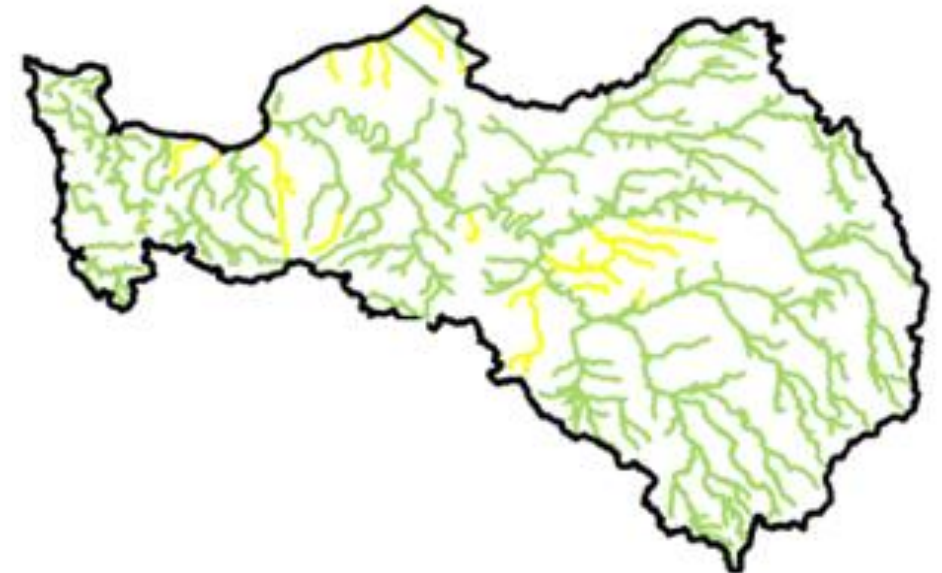
- très bonne (< 0,45 mgN/l)
- bonne (0,45 - 2,25)
- moyenne (2,25 - 5,65)
- mauvaise (5,65 - 11,3)
- très mauvaise (> 11,3)



Grand Paris
2050

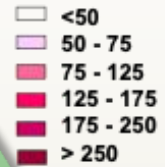


Villes en leur
Bassin 2050



Scénario « Les villes en leur bassin » : les GES

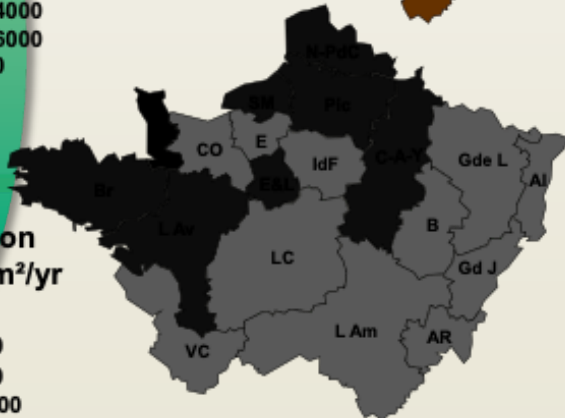
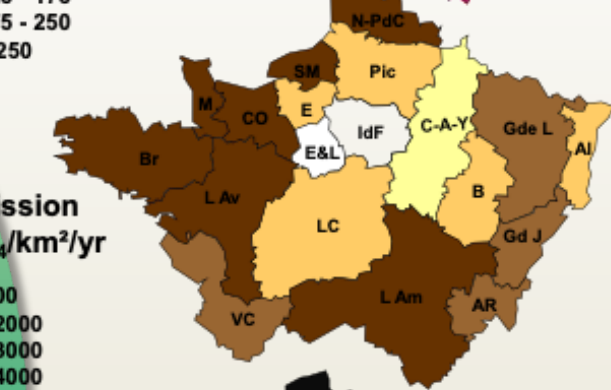
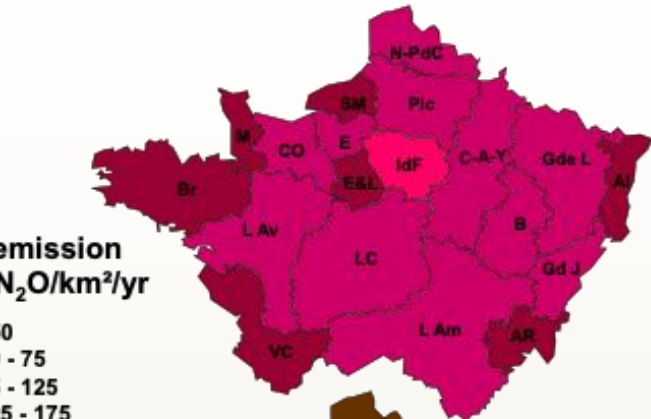
N₂O emission
kgN-N₂O/km²/yr



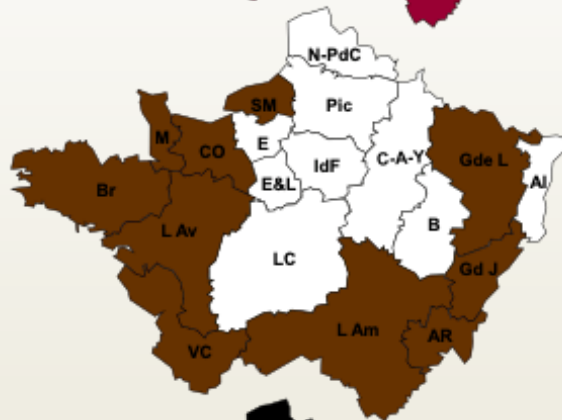
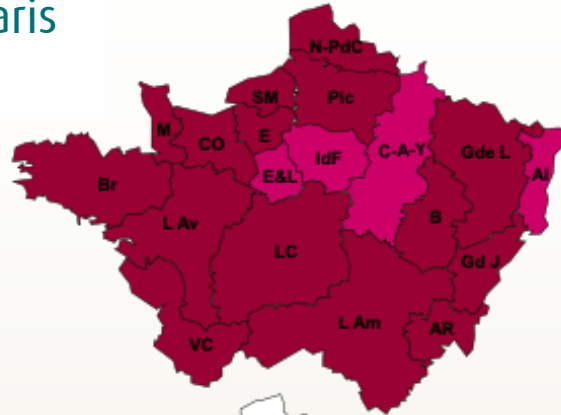
CH₄ emission
kgC-CH₄/km²/yr



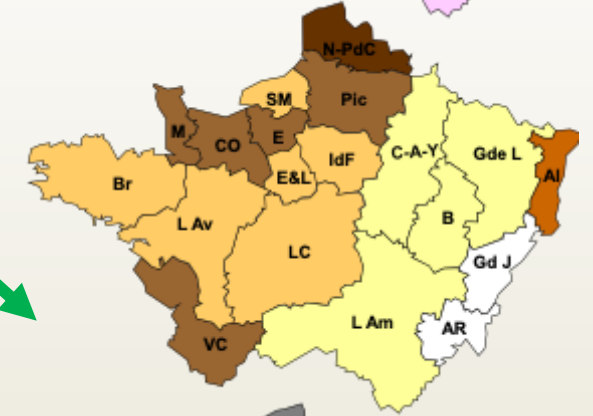
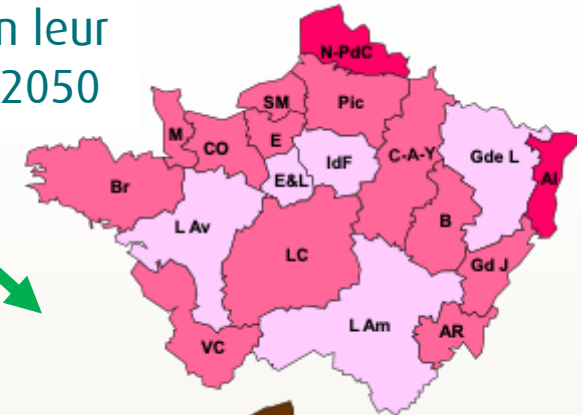
CO₂ emission
kgC-CO₂/km²/yr



Grand Paris
2050



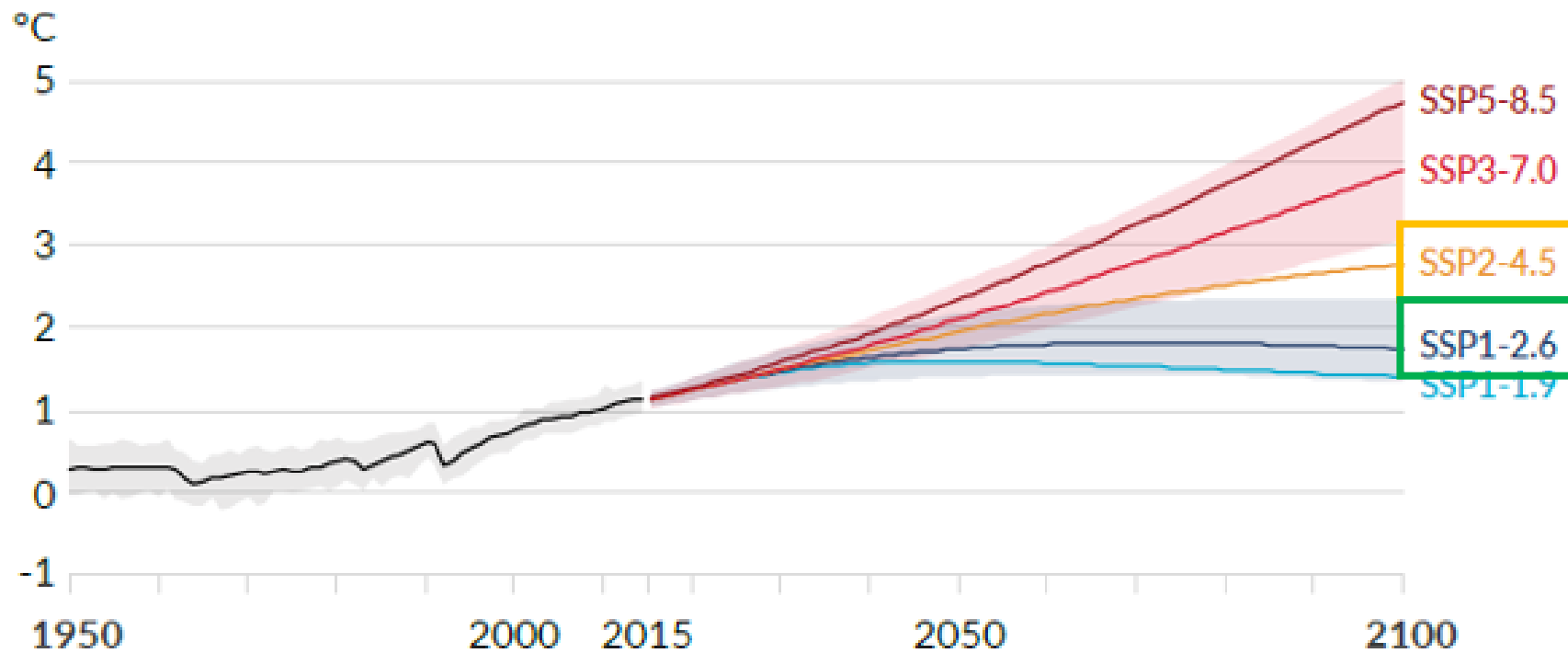
Villes en leur
Bassin 2050



Scénario « Les villes en leur bassin »

Trajectoire prévue par le GIEC

a) Global surface temperature change relative to 1850-1900



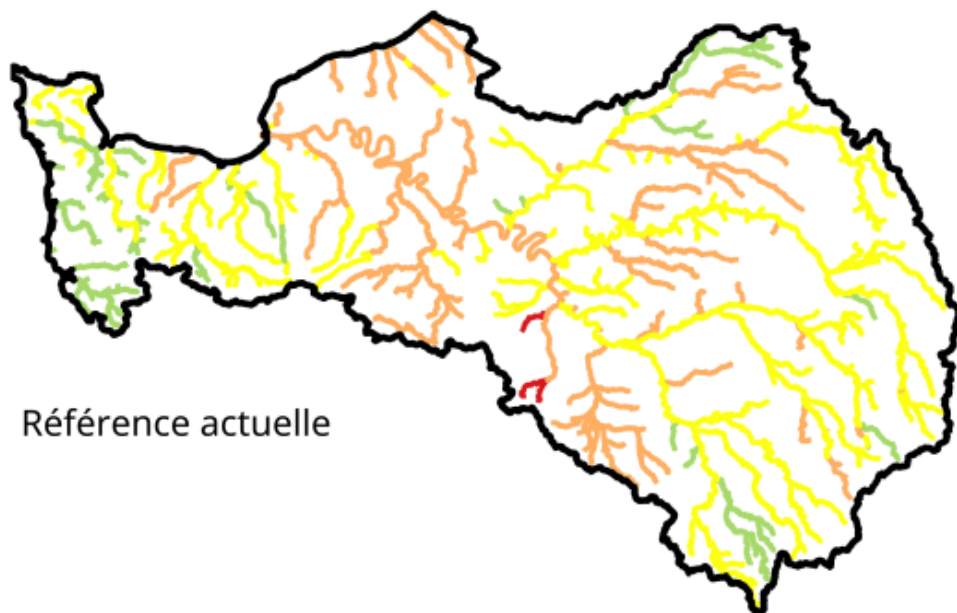
Transition écologique : comment faire ? Quels leviers ?

- Regarder le chemin parcouru
- Se concentrer sur des leviers accessibles
- Un indicateur global à réinterroger : l'import-export

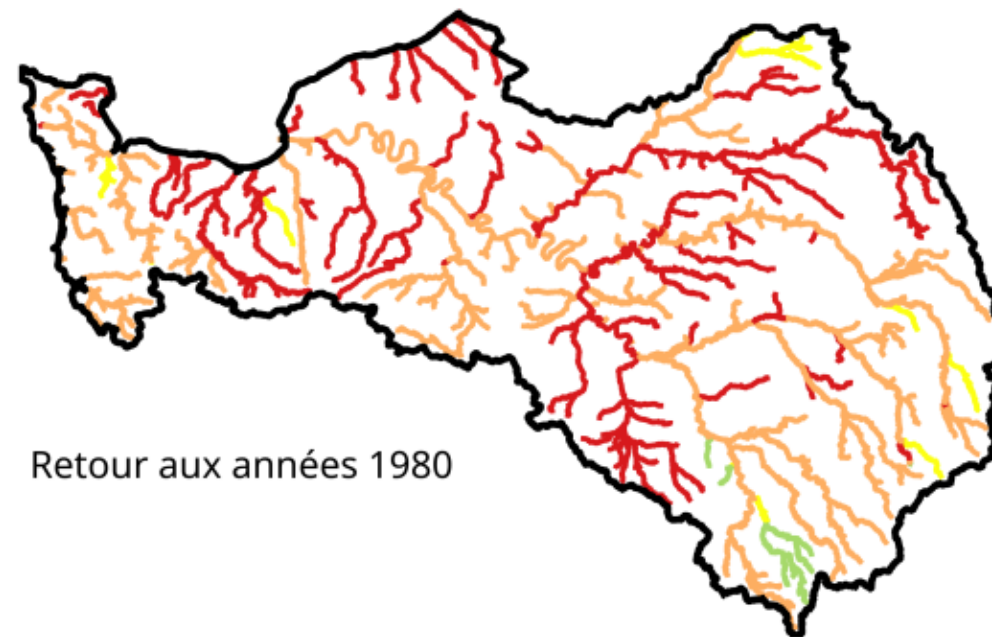
Regarder le chemin parcouru

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)



Référence actuelle



Retour aux années 1980

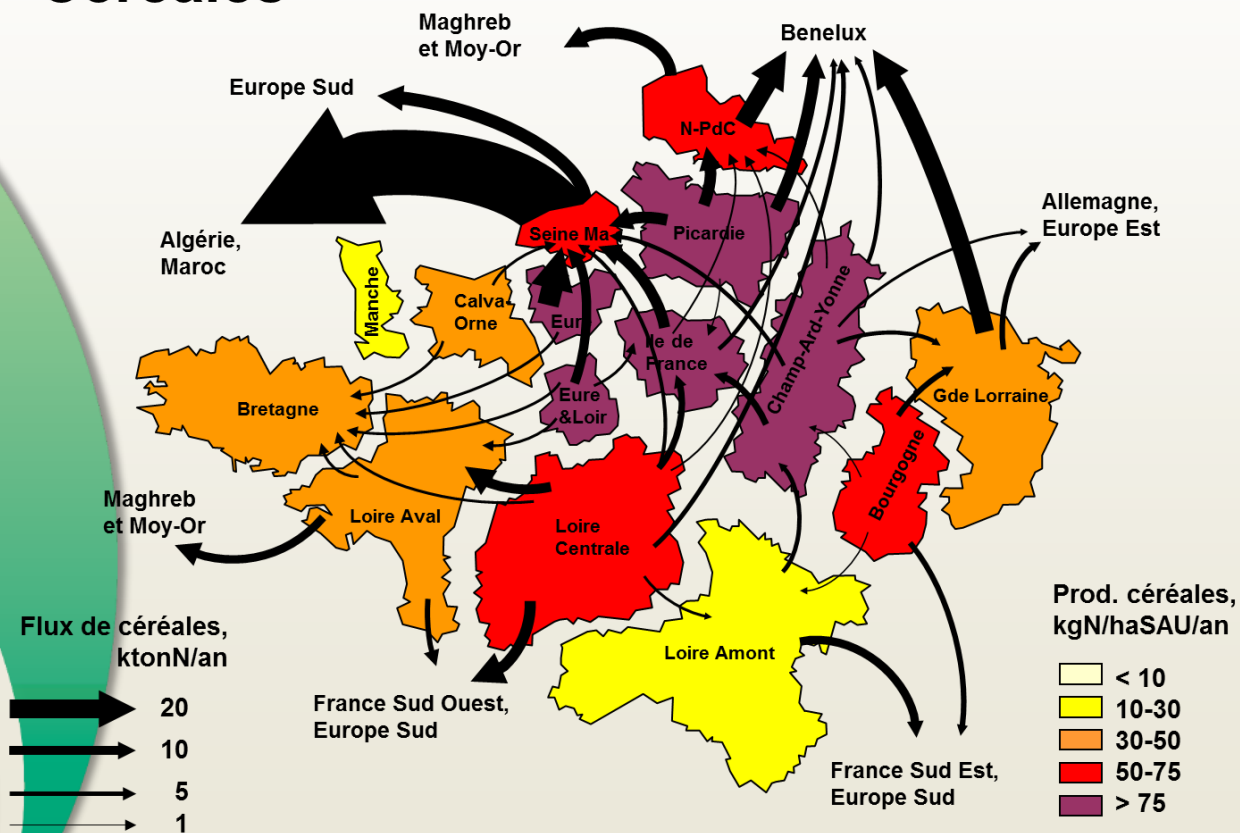
Se concentrer sur des leviers accessibles

- ▶ Favoriser les changements dans l'alimentation par les cantines, ou les événements professionnels : privilégier l'alimentation bio (pollution des nappes et des rivières), la production locale (autonomie territoriale), de saison (sobriété énergétique) et demitarienne (gaz à effet de serre).
- ▶ Favoriser la gestion locale, publique et en réseaux de l'eau, en impliquant le plus possible les citoyens dans la démarche : récupération d'eau pluviale, jardins partagés et en pleine terre, etc.
- ▶ Favoriser les projets de type « îlots de fraîcheur », avec désimperméabilisation, renaturation et co-gestion, plutôt que des projets d'artificialisation/compensation avec gouvernance *top-down* parfois éloignée des attentes locales.

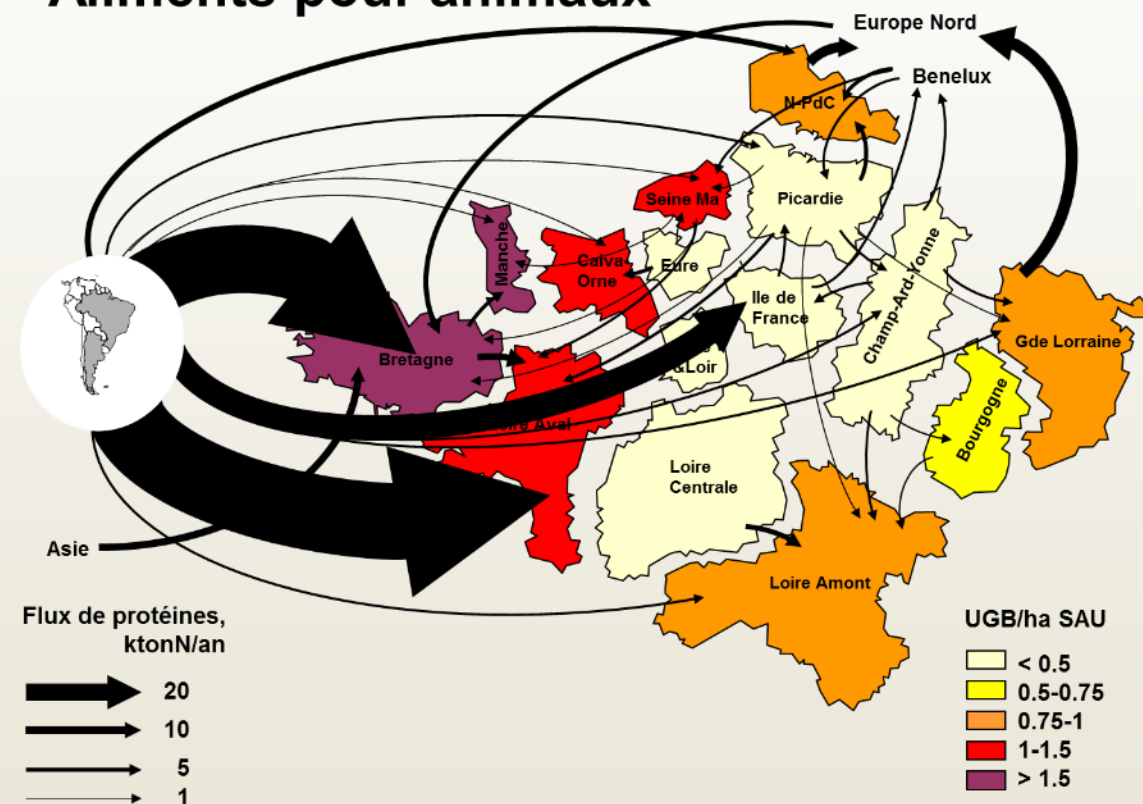
Un indicateur à réinterroger : la balance import-export

Une modélisation complexe, réalisée au sein du PIREN-Seine

Céréales



Aliments pour animaux



Un indicateur à réinterroger : l'import-export

- Il conditionne l'approvisionnement alimentaire des villes.
- Il conditionne l'aménagement du territoire et des réseaux.
- Il néglige les coûts de gestion des externalités (pollution, appauvrissement des sols, artificialisation, etc.) que la collectivité doit gérer *in fine*.
- Il empêche de favoriser des solutions locales, moins coûteuses en énergie.
- Il favorise la course aux profits sur certaines marchandises essentielles.



En guise de conclusion...

En guise de conclusion

Quelques points importants à retenir sur les prévisions du GIEC :

- Une baisse significative de la ressource en eau lors des étiages est attendue. Une gestion raisonnée de l'eau est nécessaire pour éviter les conflits d'usage.
- Des événements extrêmes plus intense et plus fréquents sont attendus (jours de grande chaleur, fortes précipitations, etc.)
- Moins de débit/recharge de nappe = moins d'effet de dilution = baisse de la qualité de l'eau en surface et en sous-terrain.
- 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 :

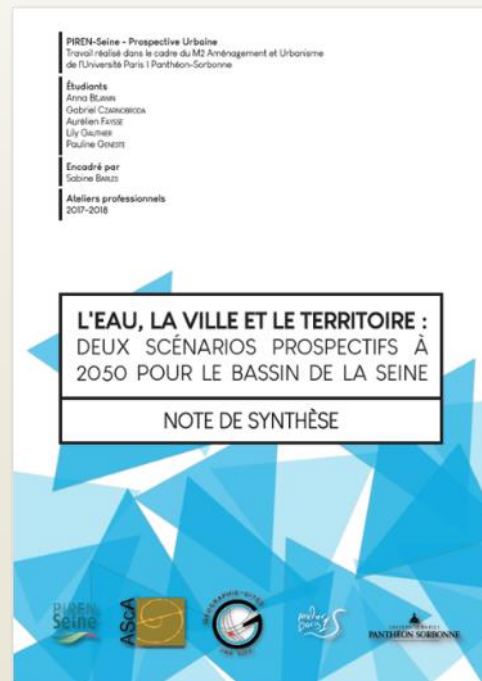
- Des scénarios et des pratiques existent pour permettre un changement durable, économiquement et écologiquement viable dès aujourd'hui, dont les effets se feront ressentir à moyen et long terme.

En guise de conclusion

Un peu de lecture pour aller plus loin...

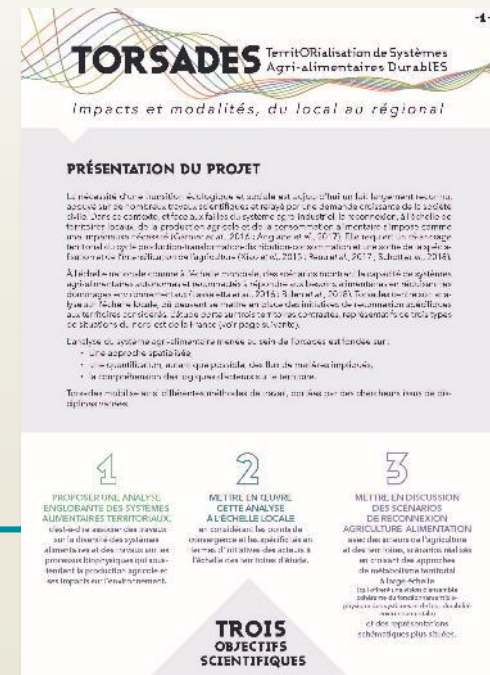


Le métabolisme de l'agglomération parisienne, *Barles et al*, 2021



L'eau, la ville et le territoire : deux scénarios prospectifs à 2050 pour le bassin de la Seine, *Béjanin, Czarnobroda, Faysse, Gauthier, Geneste, Barles*, 2018

TORSADES : 9 fiches pour mieux comprendre les enjeux de la transition agri-alimentaire, *Barrataud et al*, 2021



Merci de votre attention

Contact : Alexandre Deloménie – ARCEAU-IdF/ PIREN-Seine

Alexandre.delomenie@arceau-idf.fr

0687797988

Compléments bibliographiques sur demande.

PIREN
Seine



ZA Zones
Ateliers
LTSER FRANCE SEINE

Retrouvez le PIREN-Seine sur www.piren-seine.fr



PSL



INRAE

