

Eau et changement climatique : apports et limites des modèles

Agnès Ducharne

Directrice de recherche, CNRS, Paris

Membre correspondante de l'Académie d'Agriculture de France

Agnes.Ducharne@upmc.fr



Eau et changement climatique : apports et limites des modèles

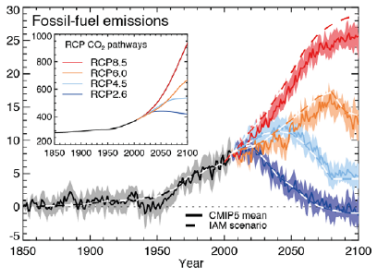
1. Pourquoi la modélisation ?
2. Quelques exemples d'impacts du changement climatique dans le secteur de l'eau
3. De la recherche à l'adaptation : Exemple du bassin Seine-Normandie
4. Conclusions

1. Pourquoi la modélisation ?

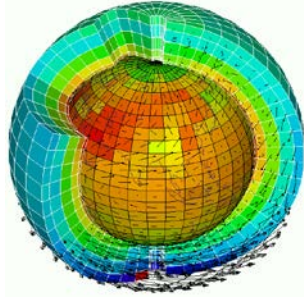
- **Peu de certitudes sur le changement climatique**
 - Augmentation de la teneur en CO₂ et des températures
 - Augmentation du niveau marin, diminution de la neige et des glaces, déplacement des aires de répartition
- **Les autres conséquences sont complexes et difficiles à quantifier**
 - Perturbations du cycle de l'eau
 - Accroissement de la biomasse par fertilisation carbonée sauf conditions défavorables (sécheresse, carence en nutriments, maladies, etc.)
 - Interactions avec de nombreuses autres pressions anthropiques
 - Quasi impossibilité de prévoir les émissions futures (CO₂, méthane, aérosols, etc.)
- **La modélisation permet d'explorer les futurs possibles et leurs déclinaisons régionales**
 - Utilité : synthèse des connaissances, quantification, aide à la décision
 - Limites : complexité de la démarche et incertitudes

Comment procède-t-on ?

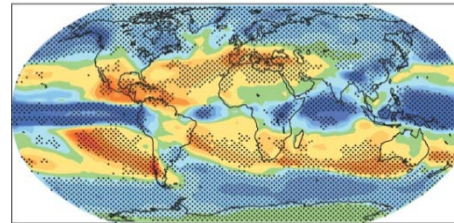
Scénarios d'émissions



Modèles climatique globaux



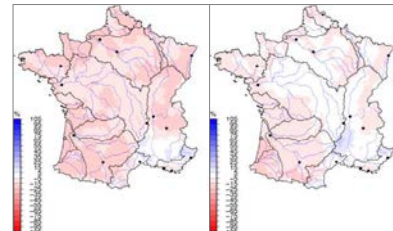
Projections climatiques de grande échelle



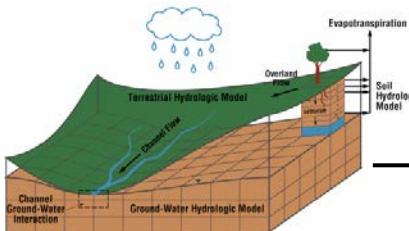
GIEC – WG1

Approche multi-scénarios, multi-modèle pour caractériser les incertitudes

Projections climatiques régionalisées

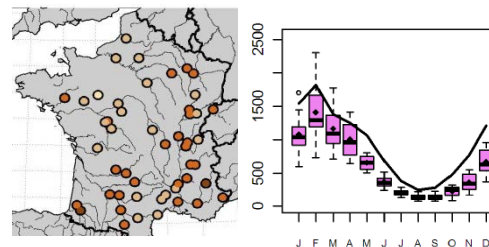


Descente d'échelle
+ correction de biais



Modèles hydrologiques

Projections hydrologiques régionalisées



Impacts, vulnérabilité ?

Impose de tenir compte des incertitudes (en cascade) et de proposer des diagnostics pertinents pour les parties prenantes (gestionnaires...)

Adaptation ?

Impose souvent de tenir compte d'autres pressions (non climatiques) et d'autres modèles d'impact

2. Quelques résultats

- **A l'échelle nationale**

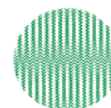
Le **projet Explore 2070**, piloté par le MEDDE de juin 2010 à octobre 2012, a eu pour objectif :

- de connaître les **impacts du changement climatique** sur les milieux aquatiques et la ressource en eau à échéance 2070, pour anticiper les principaux défis à relever et hiérarchiser les risques encourus ;
- d'élaborer et d'évaluer des **stratégies d'adaptation dans le domaine de l'eau** en déterminant les mesures d'adaptation les plus appropriées pour répondre aux défis identifiés tout en minimisant les risques encourus.

- **Dans le bassin de la Seine**

Deux projets de recherche sur les impacts, financés par le programme « Gestion et Impacts du Changement Climatique » du MEDDE, et cofinancés par l'Agence de l'Eau Seine-Normandie :

- GICC-Seine (2002-2005) : **hydrologie et qualité des eaux**
- RExHySS (2007-2009) : **ressources en eau et extrêmes hydrologiques** (crues et étiages)



Géosciences pour une Terre durable



A l'échelle nationale

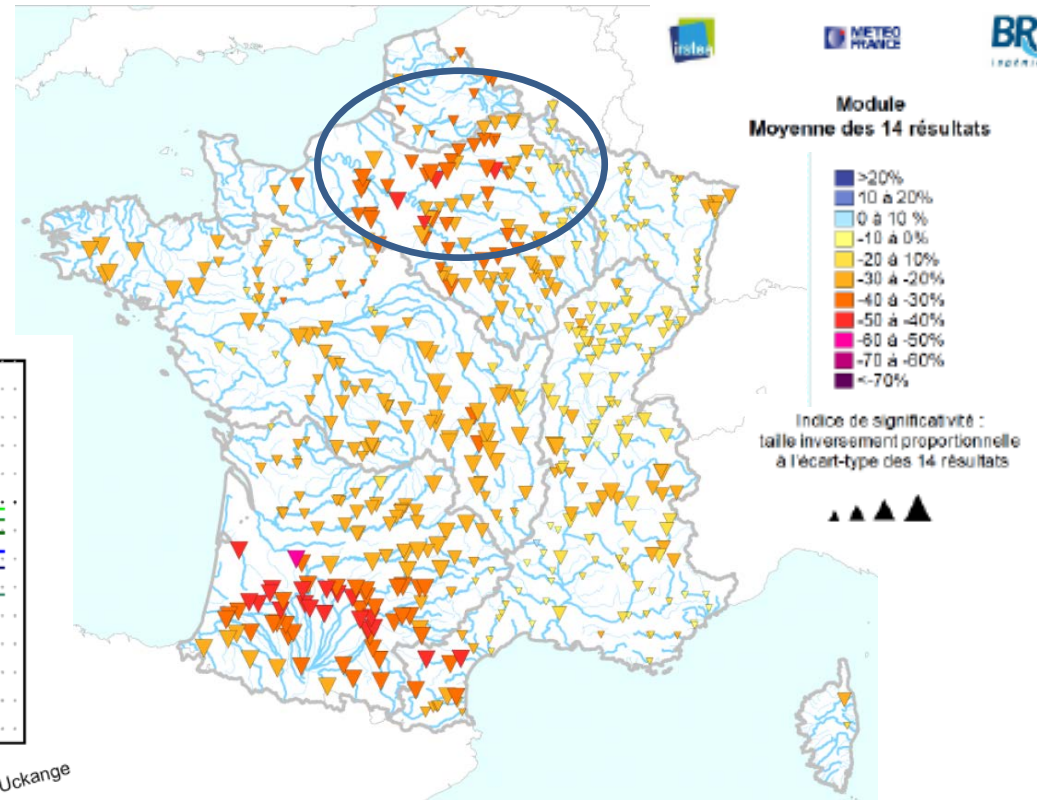
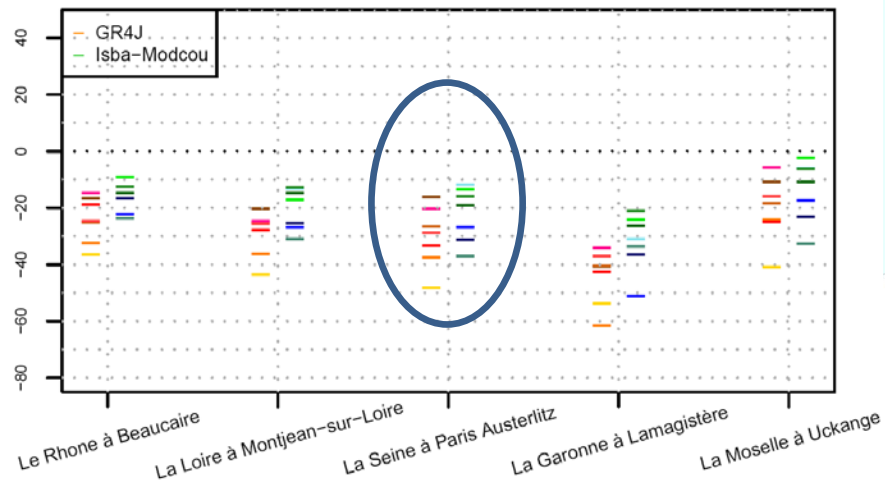
Résultat majeur :

Baisse des ressources en eau sur tout le territoire français à l'horizon 2070

A la base :

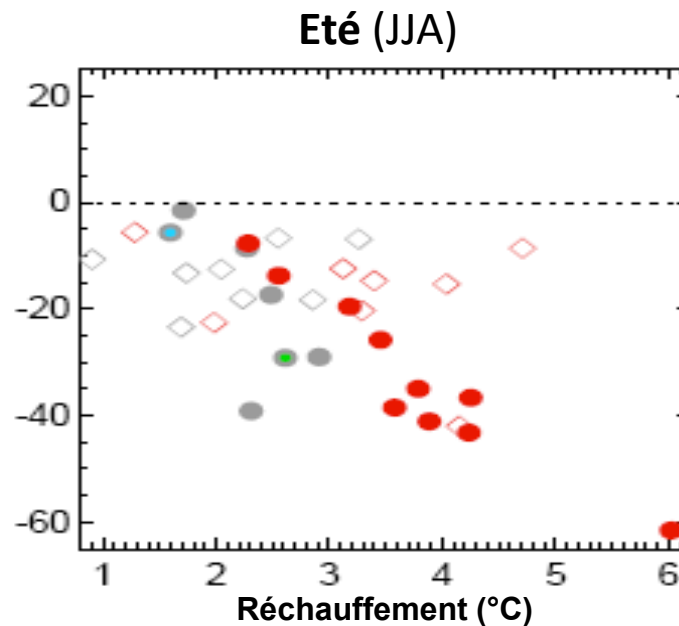
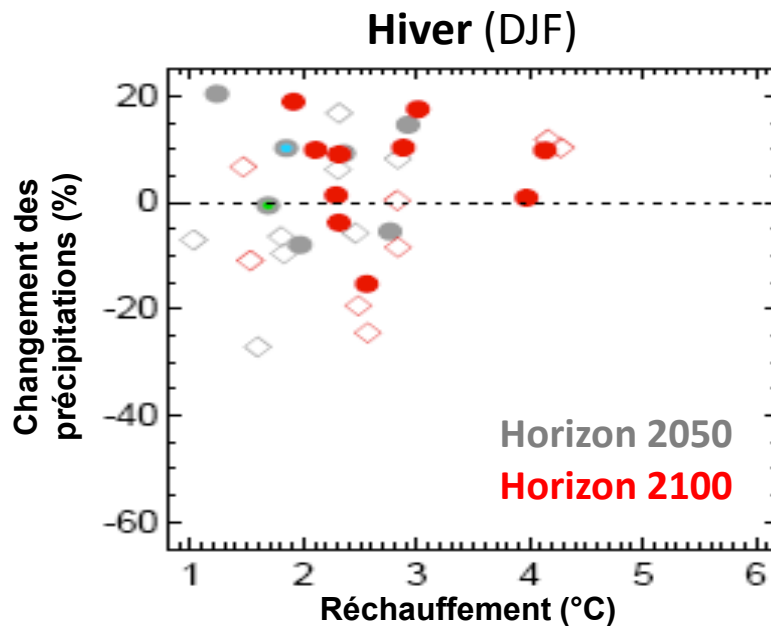
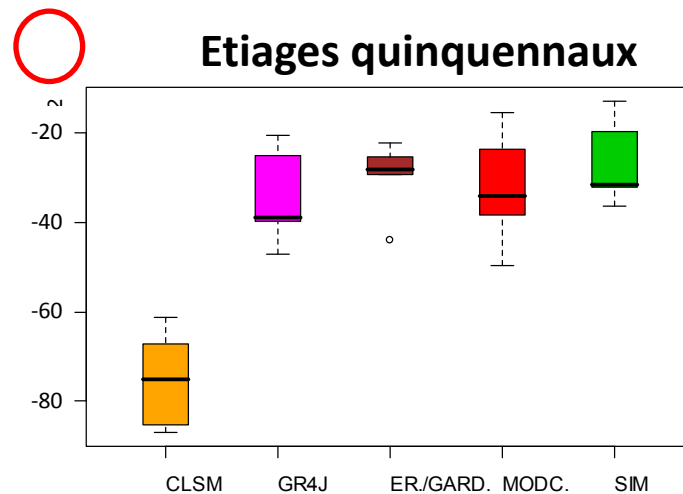
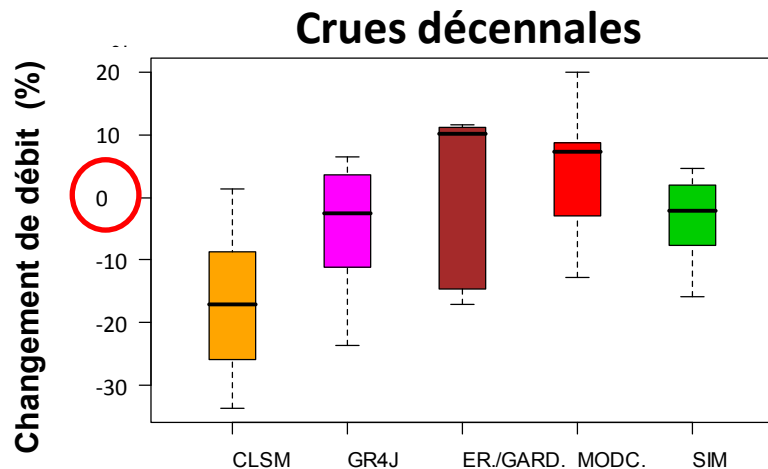
7 projections régionalisées
2 modèles hydrologiques

Changement de débit moyen (%)
à l'aval des grands fleuves



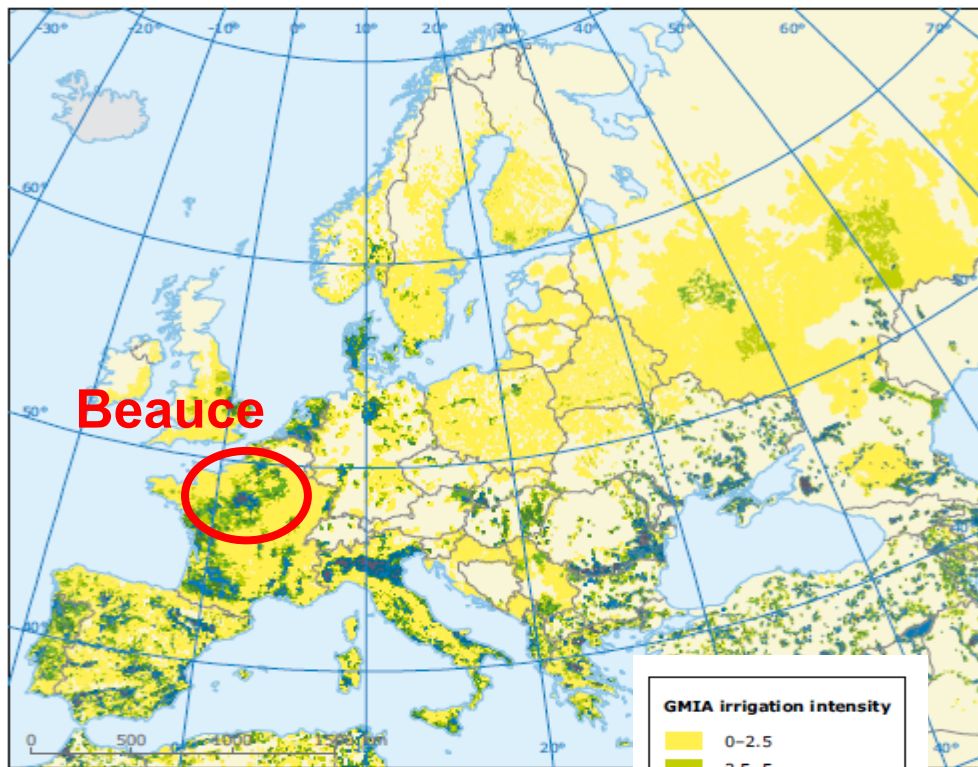
Les extrêmes de débits dans le bassin de la Seine

Changements relatifs entre 2050 et 2000



Interactions potentielles avec l'irrigation

- L'agriculture consomme actuellement 50% des eaux prélevées en France
- L'assèchement des sols devrait entraîner une intensification de l'irrigation
- ➔ **Etude ciblée sur la Beauce** = « hot spot » en Europe, avec irrigation par eaux souterraines



Source: GMIA; Siebert *et al.*, 2007.

1. Modèle agronomique

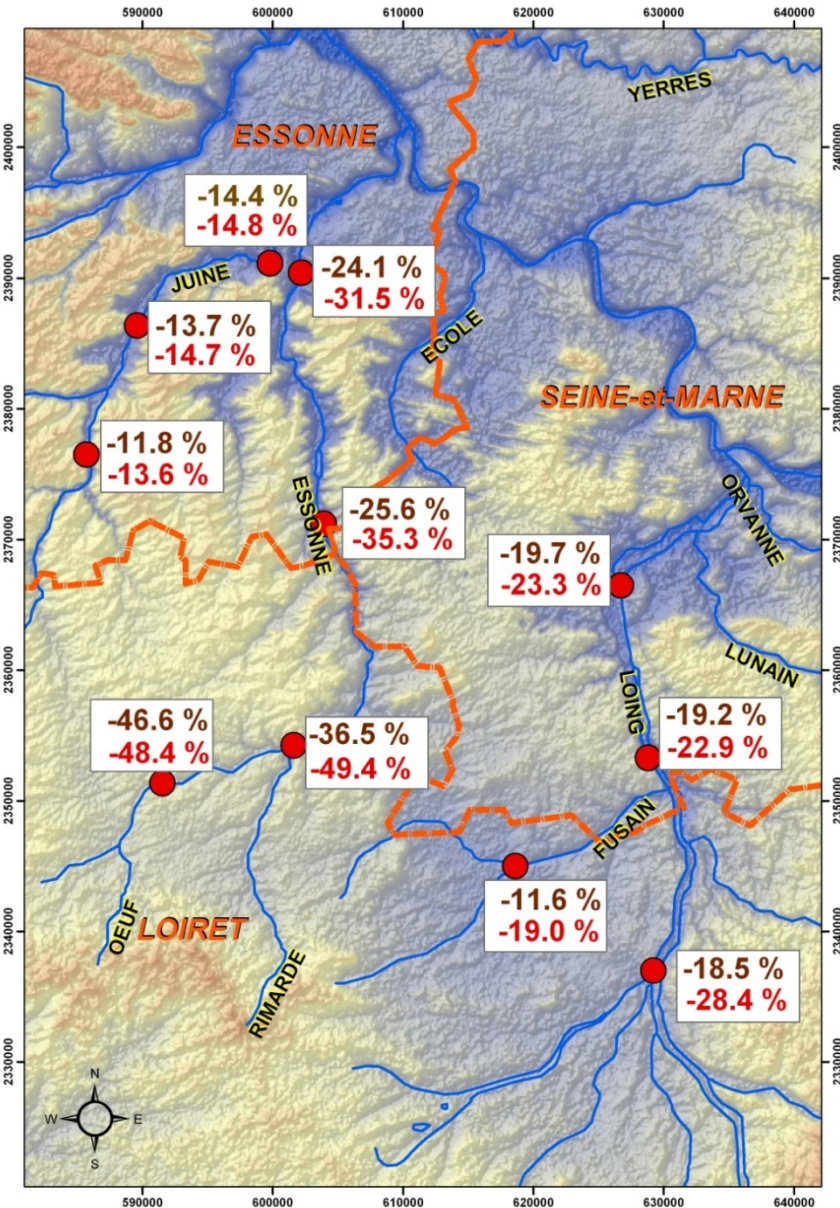
- ➔ l'irrigation pourrait augmenter de 50 à 60% en Beauce à l'horizon 2100

2. Modèles hydrologiques

- ➔ baisse de la recharge d'environ 1/3 à l'horizon 2100 (équivalent au double des pompages souterrains actuels)

3. Quelles conséquences sur les nappes, les débits et l'irrigation ?

Interactions potentielles avec l'irrigation



A l'heure actuelle, le QMNA5 (débit d'étiage quinquennal) est utilisé comme seuil d'alerte sécheresse.

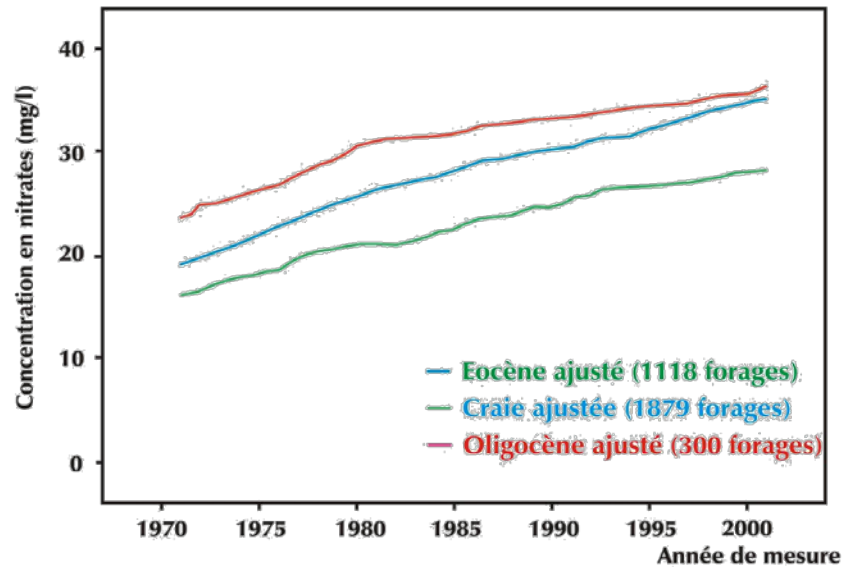
Évolution relative du QMNA5 en fin de siècle sur les cours d'eau de Beauce, selon un modèle hydro-géologique sous scénario climatique A2 régionalisé

1. Effet du changement climatique seul 1+2. Effet cumulé avec l'augmentation de l'irrigation induite par ce changement climatique

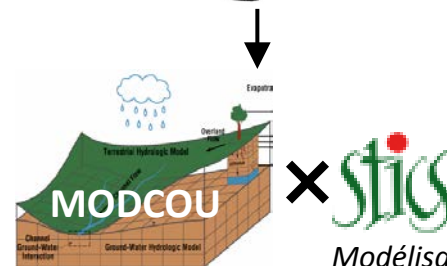
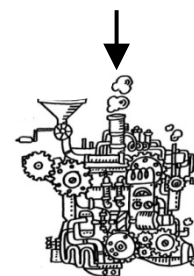
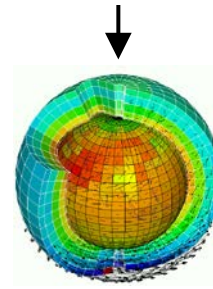
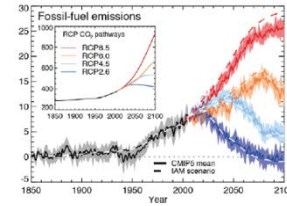
- ➡ L'effet du CC domine largement
- ➡ Si l'on garde un seuil variable dans le temps, les alertes ne seront pas plus fréquentes, mais correspondront à des situations pires
- ➡ Si l'on fixe le QMNA5 actuel comme seuil, alors l'irrigation actuelle ne sera plus possible

Qualité de l'eau et pollution azotée diffuse

Mesures de $[NO_3]$ dans les eaux souterraines depuis 1970 :
+ 4 mgNO₃/l tous les 10 ans



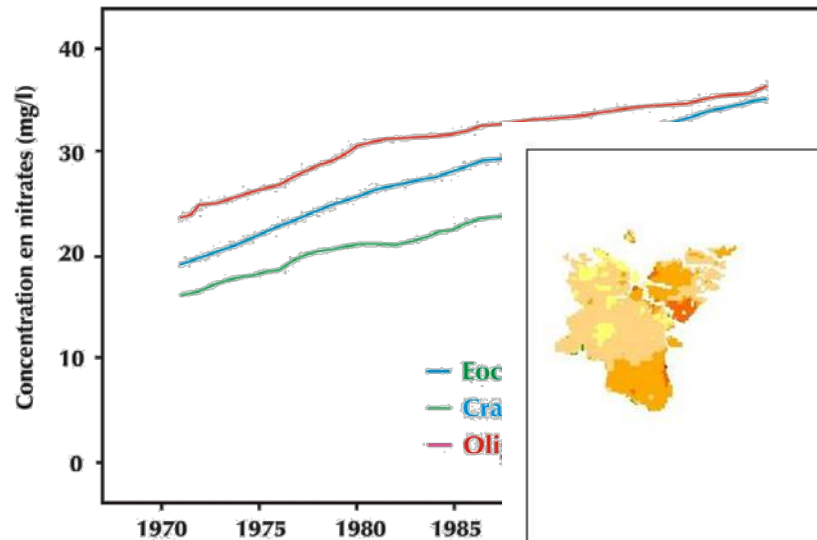
Futur ?



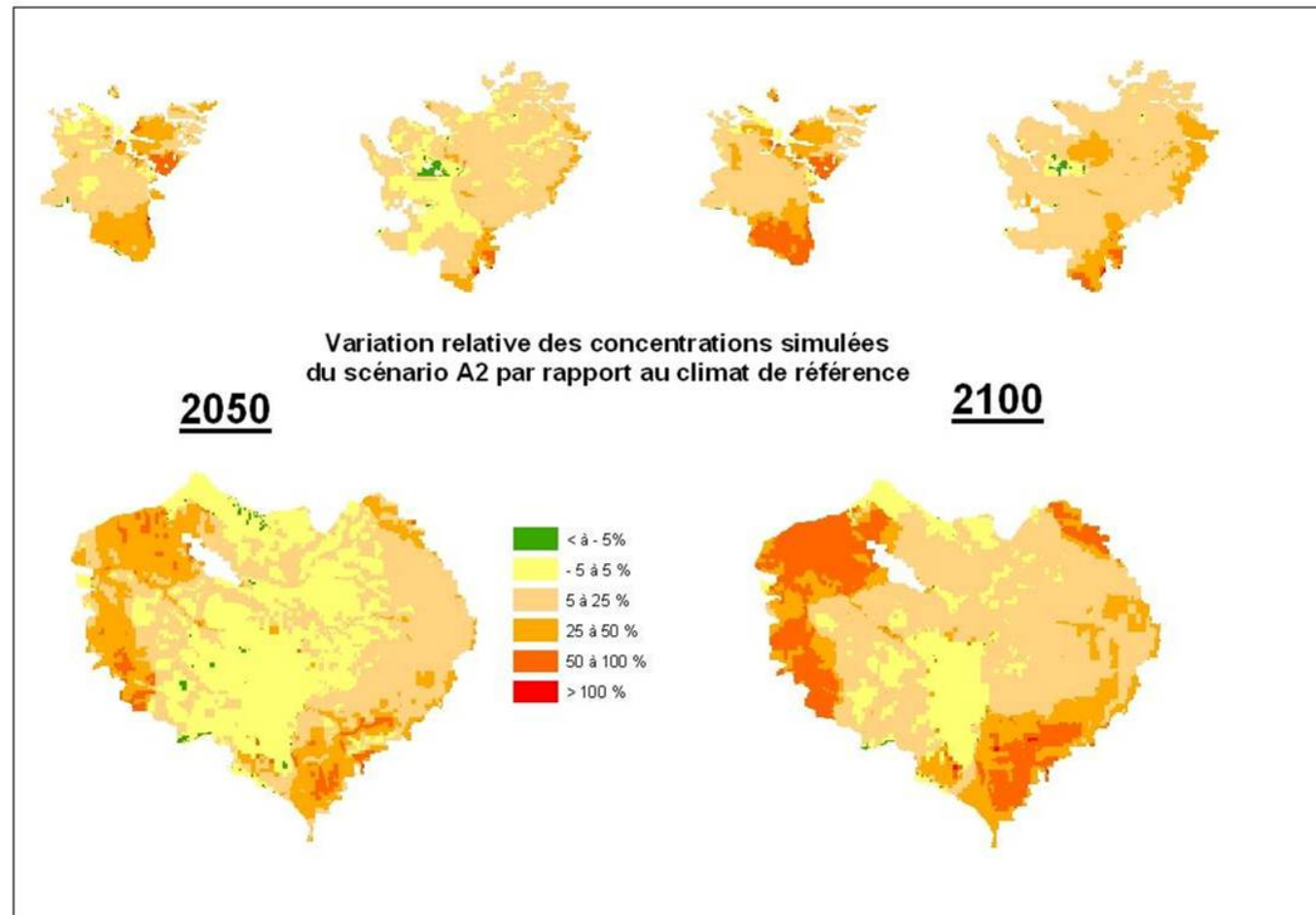
Modélisation des flux de C et N
dans le sols agricoles

Qualité de l'eau et pollution azotée diffuse

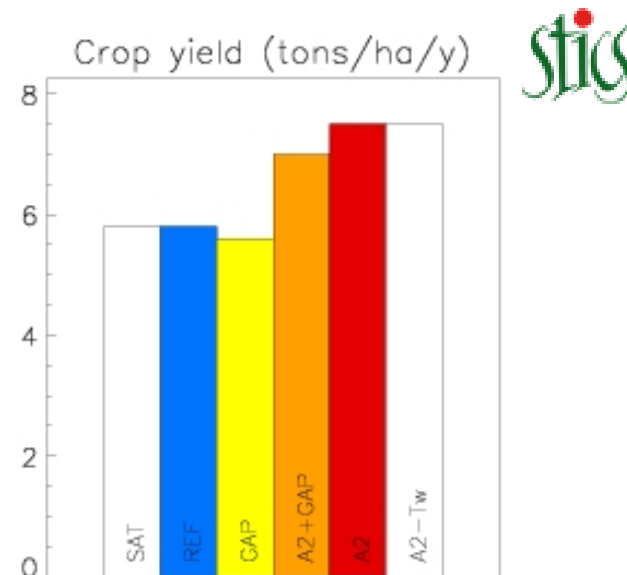
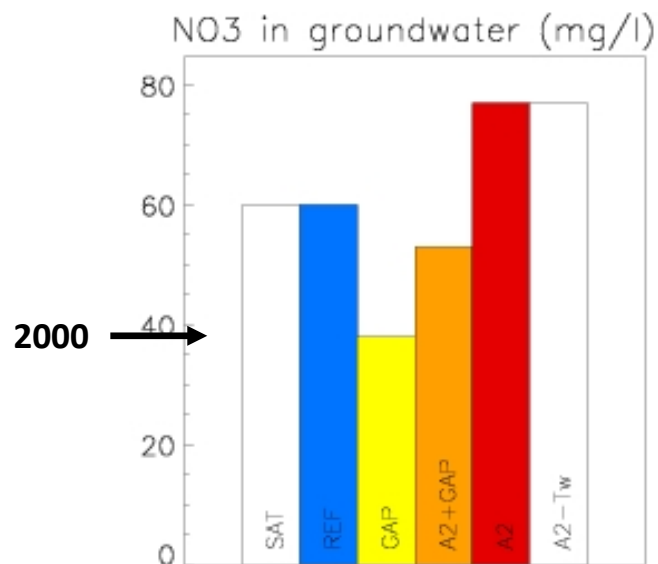
Mesures de [NO₃] dans les eaux souterraines depuis 1970 :
+ 4 mgNO₃/l tous les 10 ans



Simulation couplée STICS/MODCOU pendant 100 ans
sous scénario de changement climatique :
+ 4 mgNO₃/l tous les 10 ans



Changement climatique vs. pratiques agricoles



Couplage des modèles STICS et MODCOU, moyennes interannuelles sur l'ensemble du bassin de la Seine à l'horizon 2100 :

REF

Climat and Agriculture Actuels

GAP

Agriculture Raisonnée

A2

Changement Climatique (1 projection) + Agriculture Actuelle

A2+GAP

CC x AR

3. De la recherche à l'adaptation

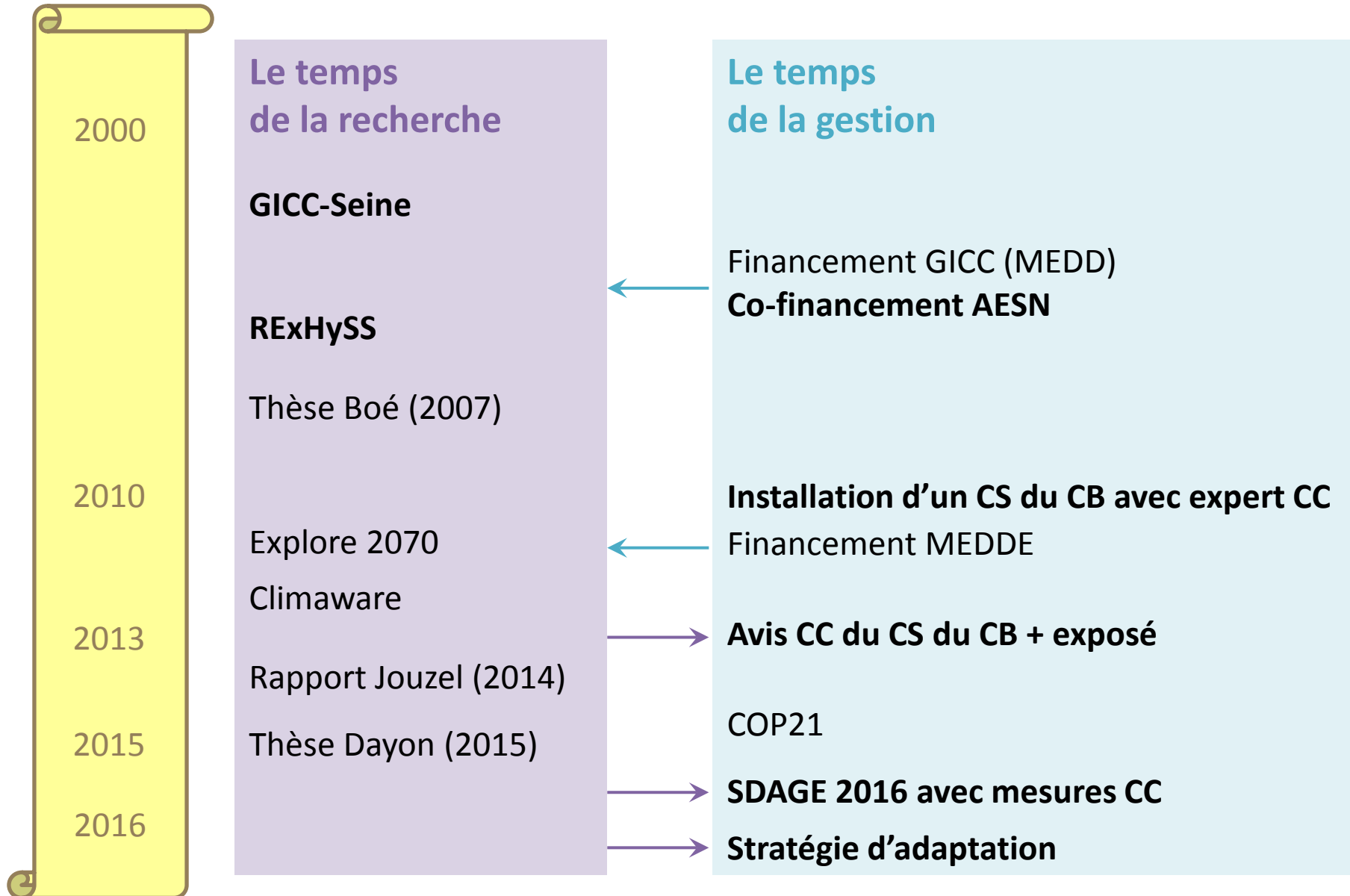
- **Contribution à la stratégie d'adaptation au changement climatique du bassin Seine-Normandie**

Deux actions complémentaires :

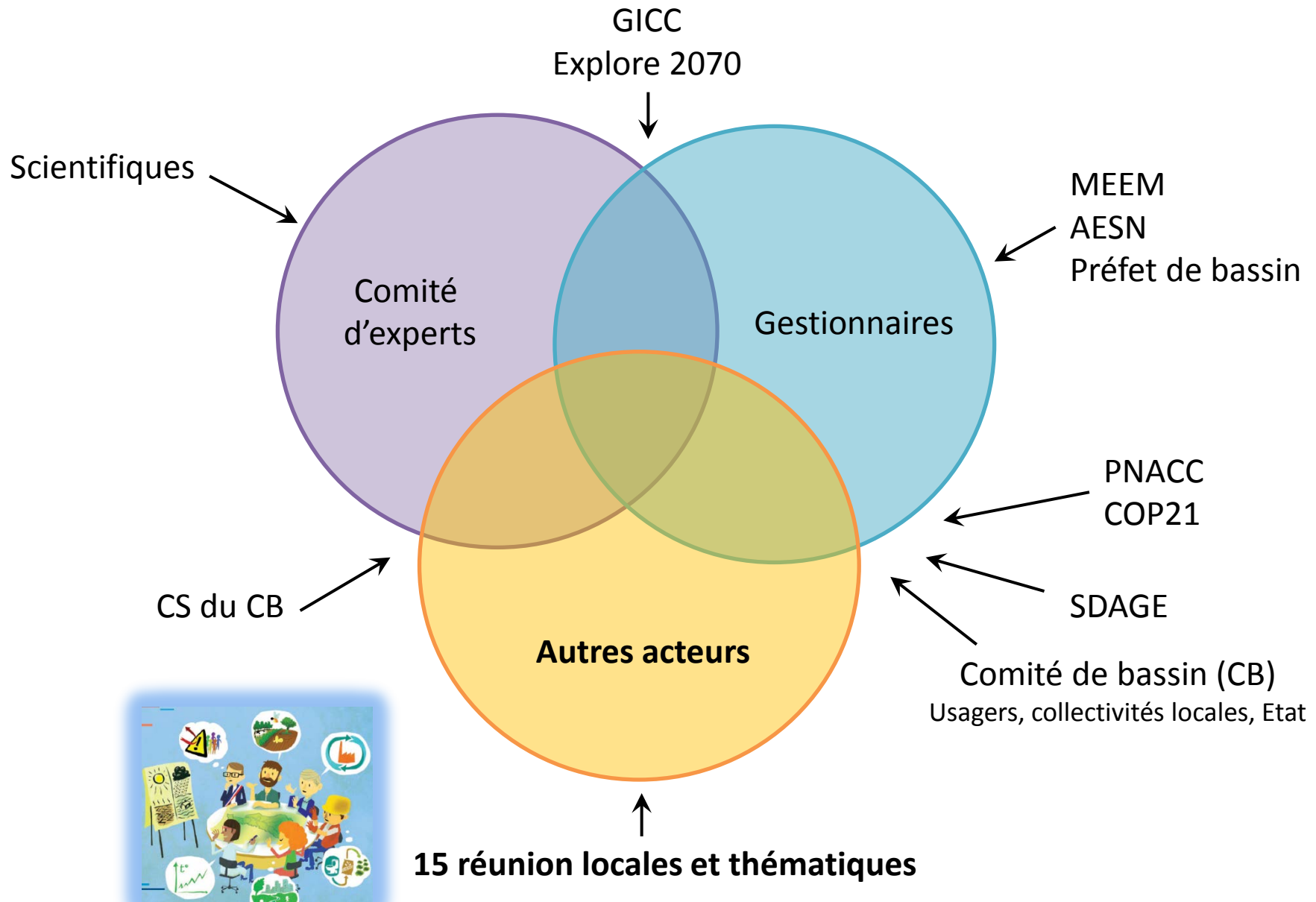
- Recherche sur les impacts
- Membre du CS du comité de bassin (2010-2016)



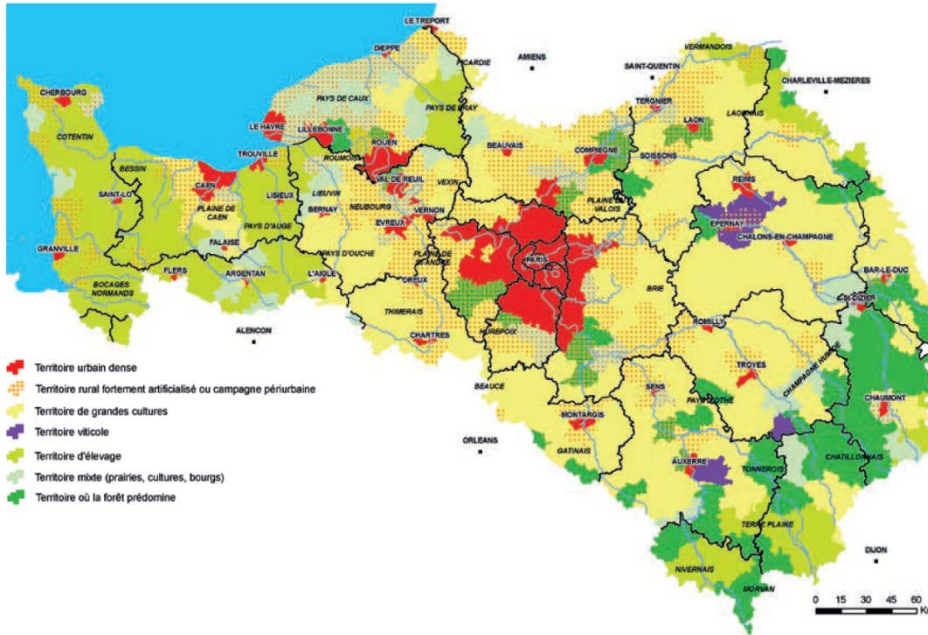
Historique



Une stratégie d'adaptation co-construite



Orientation générale : vers plus de résilience



5 grands objectifs pour plus de résilience

- Réduire la dépendance à l'eau
- Préserver la qualité de l'eau
- Protéger la biodiversité et les services écosystémiques
- Prévenir les risques d'inondation et de coulées de boue
- Anticiper les conséquences de l'élévation du niveau de la mer

4 types de territoires

- Métropoles et centres urbains
- Littoral et estuaires
- Territoires ruraux et agricoles
- Zones péri-urbaines et d'activités industrielles

5 modes d'action prioritaires

- Sans regret
- Evitant la maladaptation
- Atténuantes
- Multi-fonctionnelles
- Solidaires

En pratique

11 « réponses stratégiques »

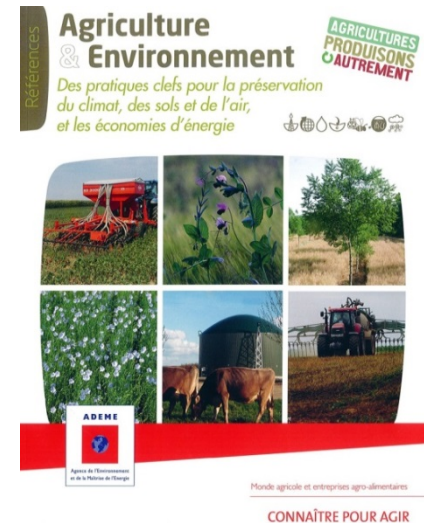
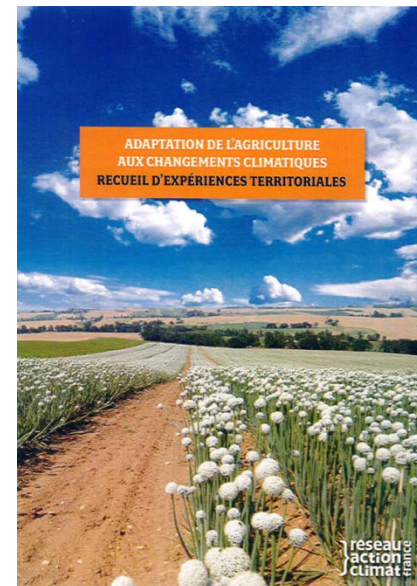
- A. Favoriser l'infiltration à la source et végétaliser la ville
- B. Restaurer la connectivité et la morphologie des cours d'eau et littoraux
- C. **Coproduire des savoirs climatiques locaux**
- D. **Développer des systèmes agricoles et forestiers durables**
- E. Réduire les pollutions à la source
- F. Faire baisser les consommations d'eau et optimiser les prélèvements
- G. Sécuriser l'approvisionnement en eau potable
- H. Agir face à la montée du niveau marin
- I. Adapter la gestion de la navigation
- J. Renforcer la gestion et la gouvernance autour de la ressource
- K. **Développer la connaissance et le suivi**

Chacune déclinée en plusieurs actions ciblées sur certains acteurs/territoires

ACTION D1:

Rendre l'agriculture plus résiliente et robuste au CC

- Allonger les rotations culturales et diversifier les cultures
- Diversifier les variétés à la parcelle
- Développer l'agroforesterie
- Privilégier les systèmes de cultures et variétés sobres en eau
- Développer la sélection et la conception de semences, de mélanges variétaux...



4. Conclusions

Eau et changement climatique : apports et limites des modèles

- **Malgré leurs imperfections, les modèles** (climatiques, hydrologiques, agronomiques) **permettent de mieux cerner la vulnérabilité des hydrosystèmes**

Effets incertains

- Pluies et crues intenses en région Méditerranéenne
- Débits de crue en France du Nord
- **Car fortes incertitudes sur les projections des précipitations**

Effets robustes

- Réchauffement (de l'air, de l'eau, des sols)
- **Augmentation des risques de défaillance de la ressource en eau en été**
Baisse des débits d'étiages et des niveaux piézométriques
Réduction des stocks de neige/glace et de leur effet tampon
- **Implications pratiques pour de nombreux secteurs :**
Agriculture, via l'irrigation, etc.
Industries dépendantes de la ressource en eau (navigation, AEP, énergie, industries polluantes)
Zones humides et milieux aquatiques, qualité de l'eau, DCE...
Bâtiments et infrastructures

- **Ces diagnostics sont importants pour guider l'adaptation**

- Dans le secteur de l'eau, la difficulté majeure de l'adaptation vient des conflits d'usages
- Les solutions techniques sont nécessaires mais pas suffisantes
- La modélisation « intégrée » est une contribution importante en permettant de (re)jouer plusieurs scénarios
- Mais l'appropriation des scénarios par les acteurs est également essentielle

Merci de votre attention

