



eau  
seine  
NORMANDIE

# Changement climatique sur le bassin : quels enjeux? Quelles possibilités d'atténuation & adaptation ?



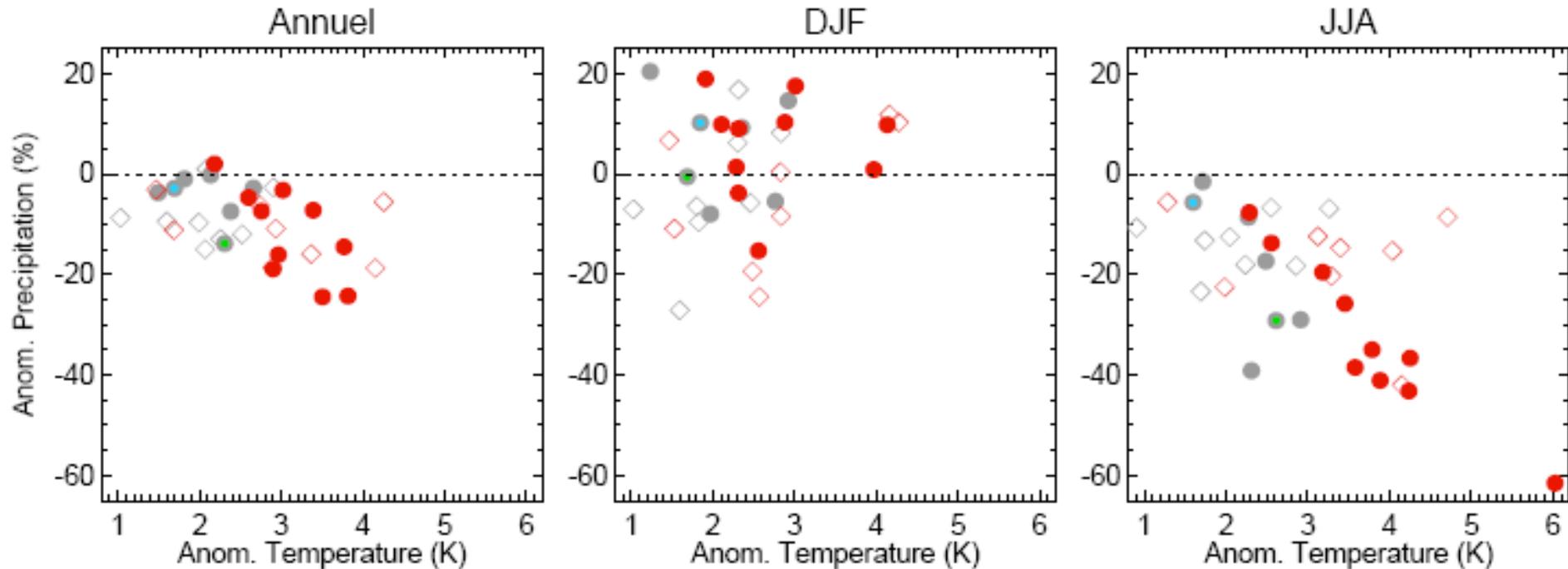
ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



# Changements de température et précipitation

18 scénarios *Fin de siècle* et *Milieu de siècle*



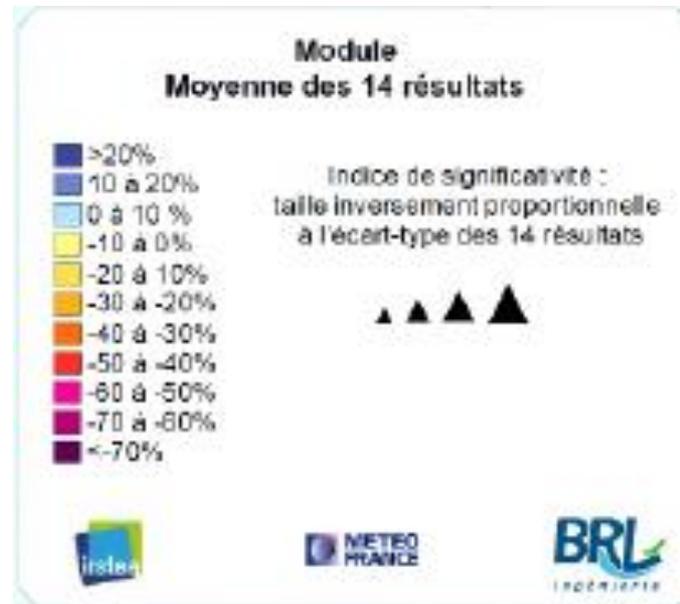
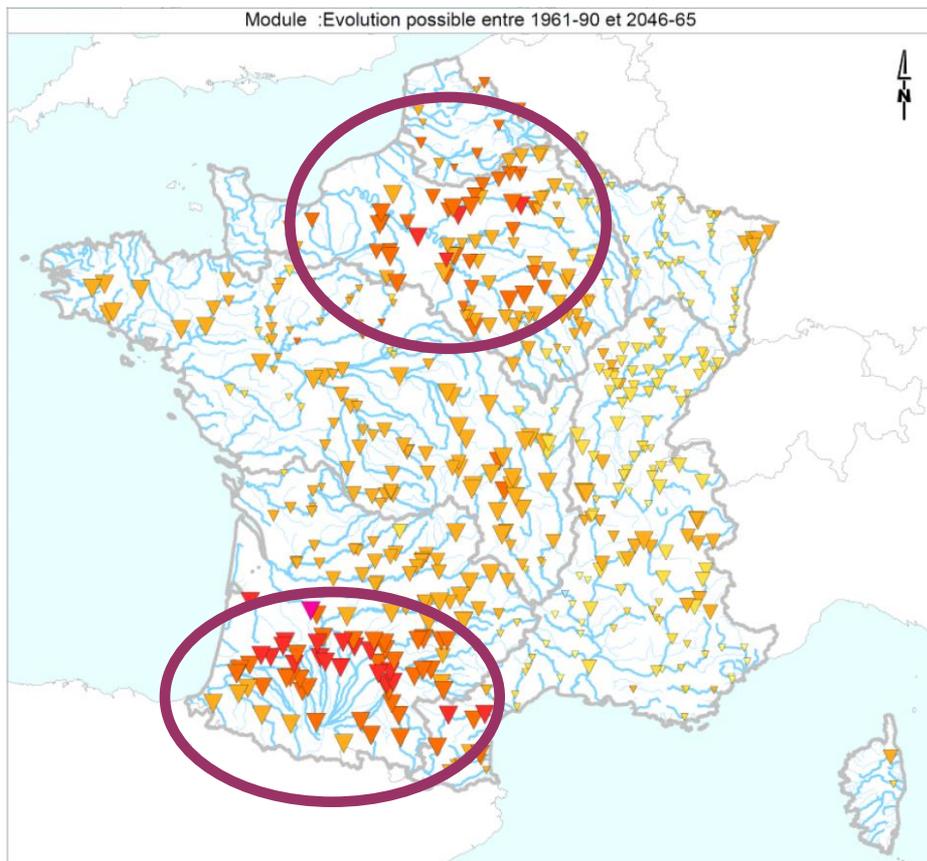
En moyenne sur tous les scénarios :

- Précipitations : -6% en milieu de siècle ; **-12%** en fin de siècle
- ETP : + 16% en milieu de siècle ; **+ 23 %** en fin de siècle



eau  
seine  
NORMANDIE

# Impacts sur l'eau à l'échelle France: Explore 2070



7 projections régionalisées, 2 modèles hydrologiques

ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

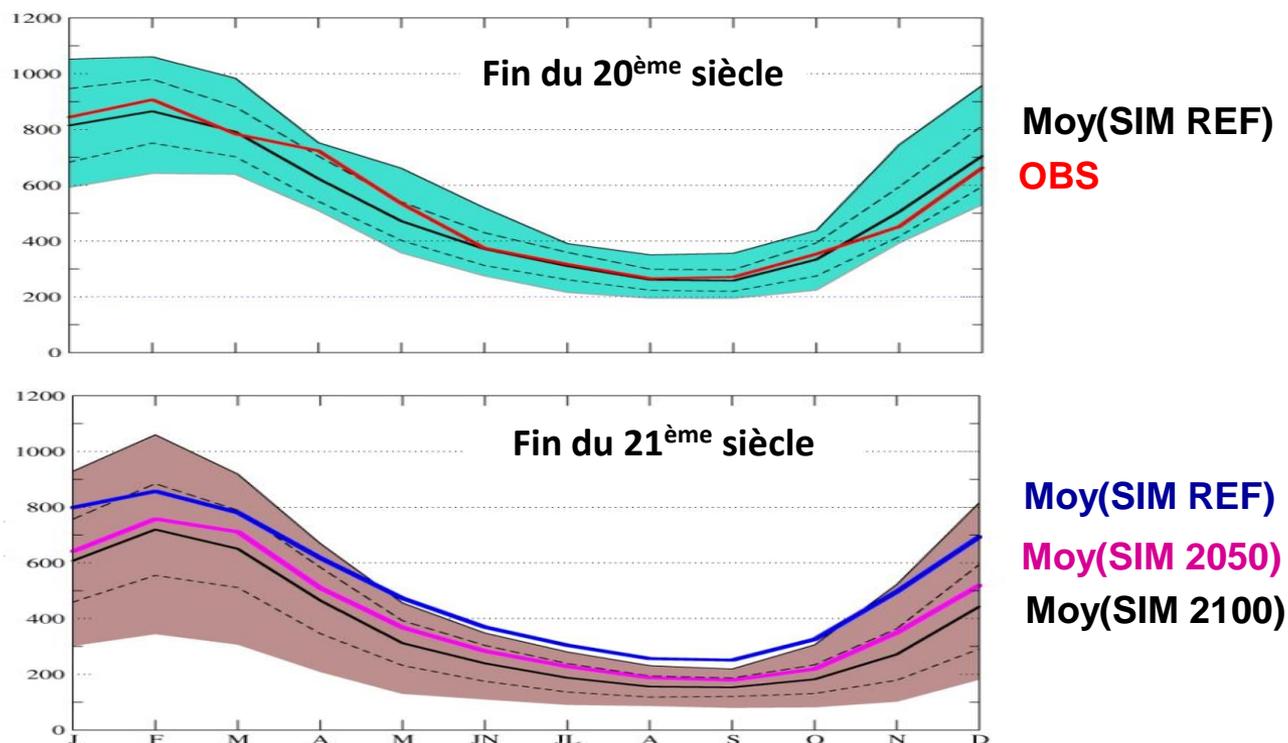
Agence de l'eau

Débit BV Seine : -30%

# Impacts sur le régime hydrologique

## Débit de la Seine à Poses ( $m^3/s$ )

12 scénarios régionalisés x 5 modèles hydrologiques validés



➡ Baisse du débit moyen d'ici à 2100 :  $-150 m^3/s \pm 60 m^3/s$   
( $-28 \% \pm 10\% TP$ )

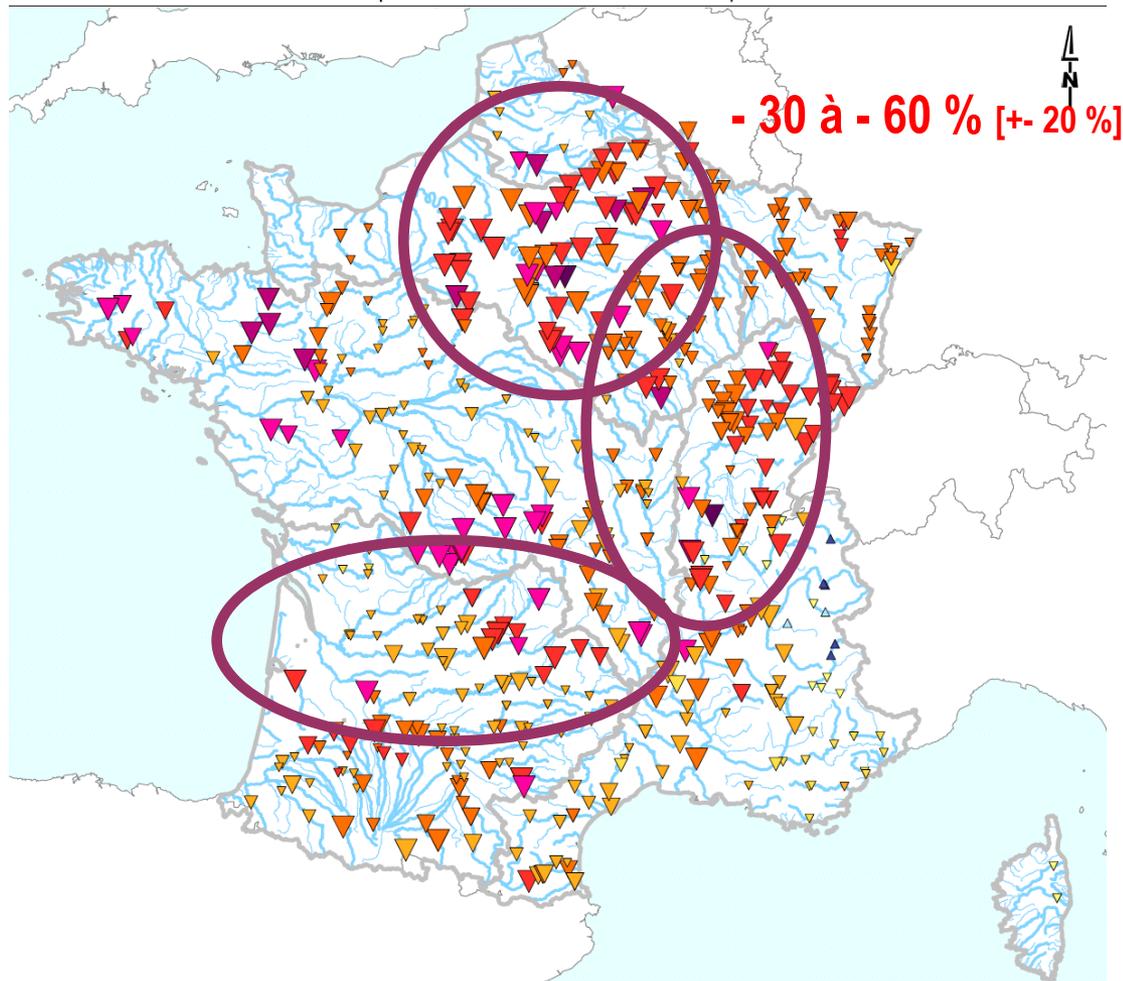


eau  
seine  
NORMANDIE

# Explore 2070 : QMNA5 (étiage)

Débit mensuel minimal annuel de période de retour 5 ans : Evolution possible entre 1961-90 et 2046-65

## QMNA5 (étiage)



- 30 à - 60 % [ $\pm$  20 %]

Q\_Aout  
Moyenne des 14 résultats

- >20%
- 10 à 20%
- 0 à 10 %
- 10 à 0%
- 20 à 10%
- 30 à -20%
- 40 à -30%
- 50 à -40%
- 60 à -50%
- 70 à -60%
- <-70%

Indice de significativité :  
taille inversement proportionnelle  
à l'écart-type des 14 résultats



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

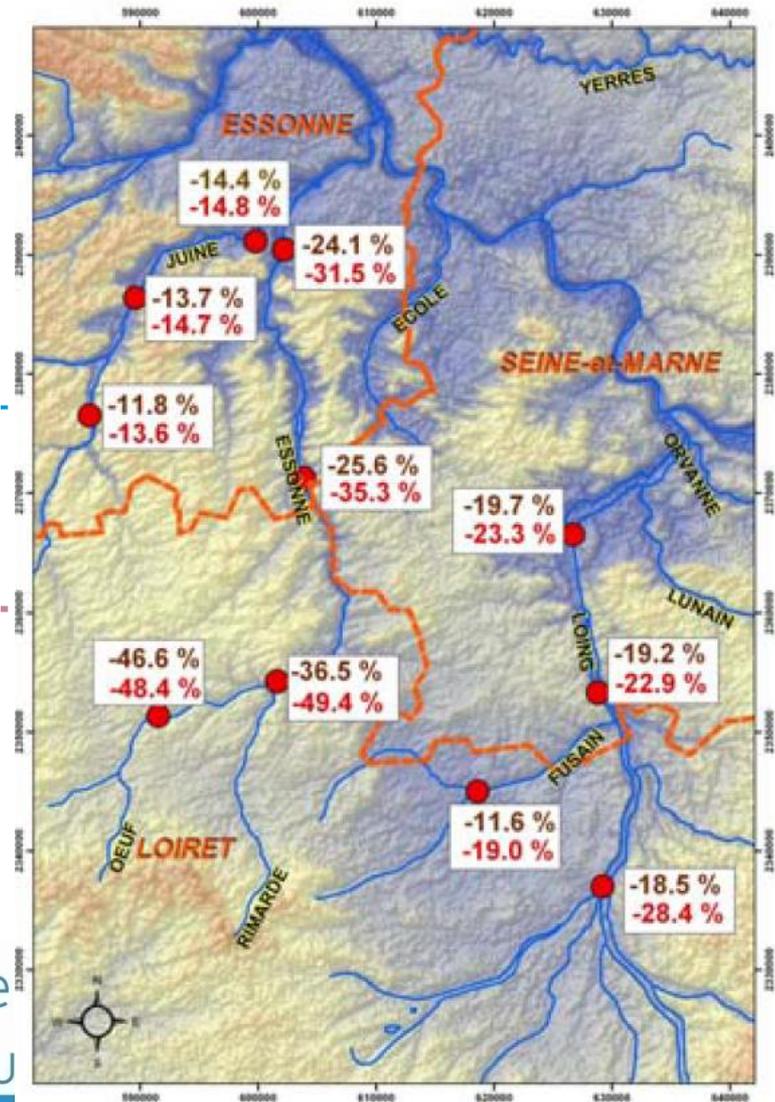
Agence de l'eau



eau  
seine  
NORMANDIE

# Débit d'étiage :

évolution relative du QMNA5 en fin de siècle sur les **cours**  
**d'eau de la Beauce**



Évolution relative du QMNA5 en fin de siècle  
sur les cours d'eau de la Beauce

*Modèle hydrogéologique 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

La baisse du QMNA5 signifie que les valeurs actuelles, utilisées comme seuil alerte sécheresse, deviennent plus fréquentes, donc l'irrigation actuelle n'est plus possible

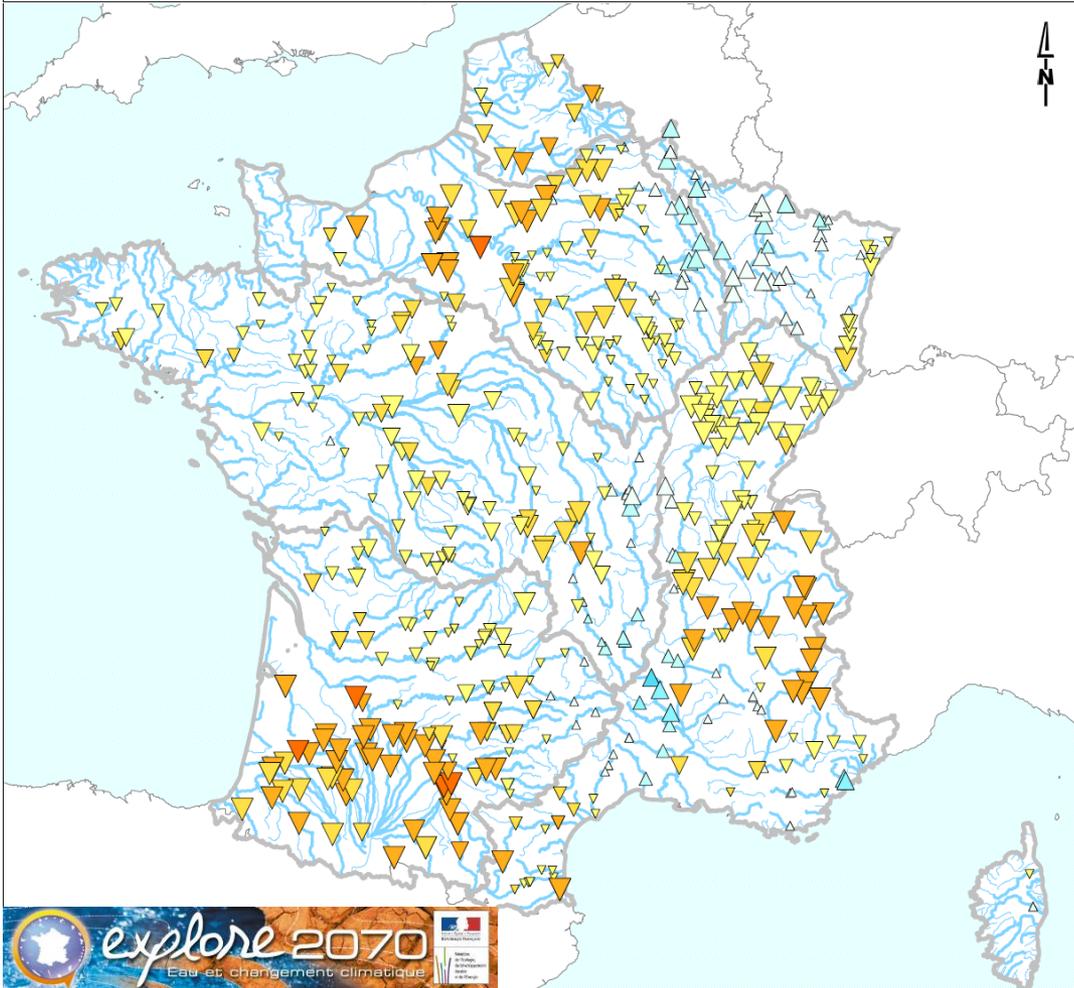
ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



# Explore 2070 : crues (QJXA10)

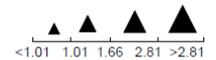
Débit journalier maximal annuel de période de retour 10 ans : Evolution possible entre 1961-90 et 2046-65



Qjxa10  
Moyenne des 14 résultats

- >60%
- 50 à 60%
- 40 à 50 %
- 30 à 40%
- 20 à 30%
- 10 à 20%
- 0 à -10%
- -10 à 0%
- -20 à -10%
- -30 à -20%
- -40 à -30%
- -50 à -40%
- <-50%

Indice de significativité :  
taille inversement proportionnelle  
à l'écart-type des 14 résultats  
(moyenne/écart-type)

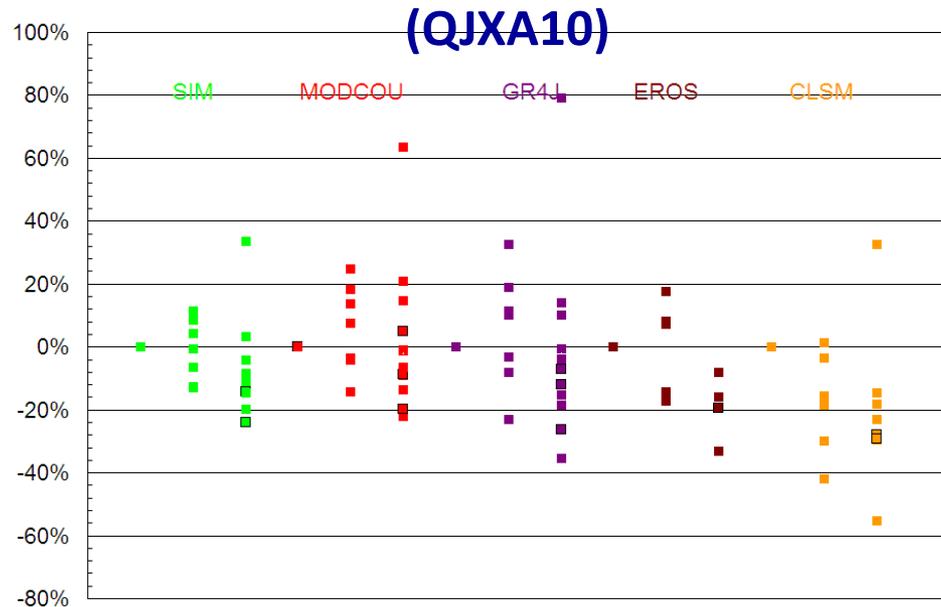


# Débit de crue :

Débit maximum décennal (journalier) de **la Seine à Paris**

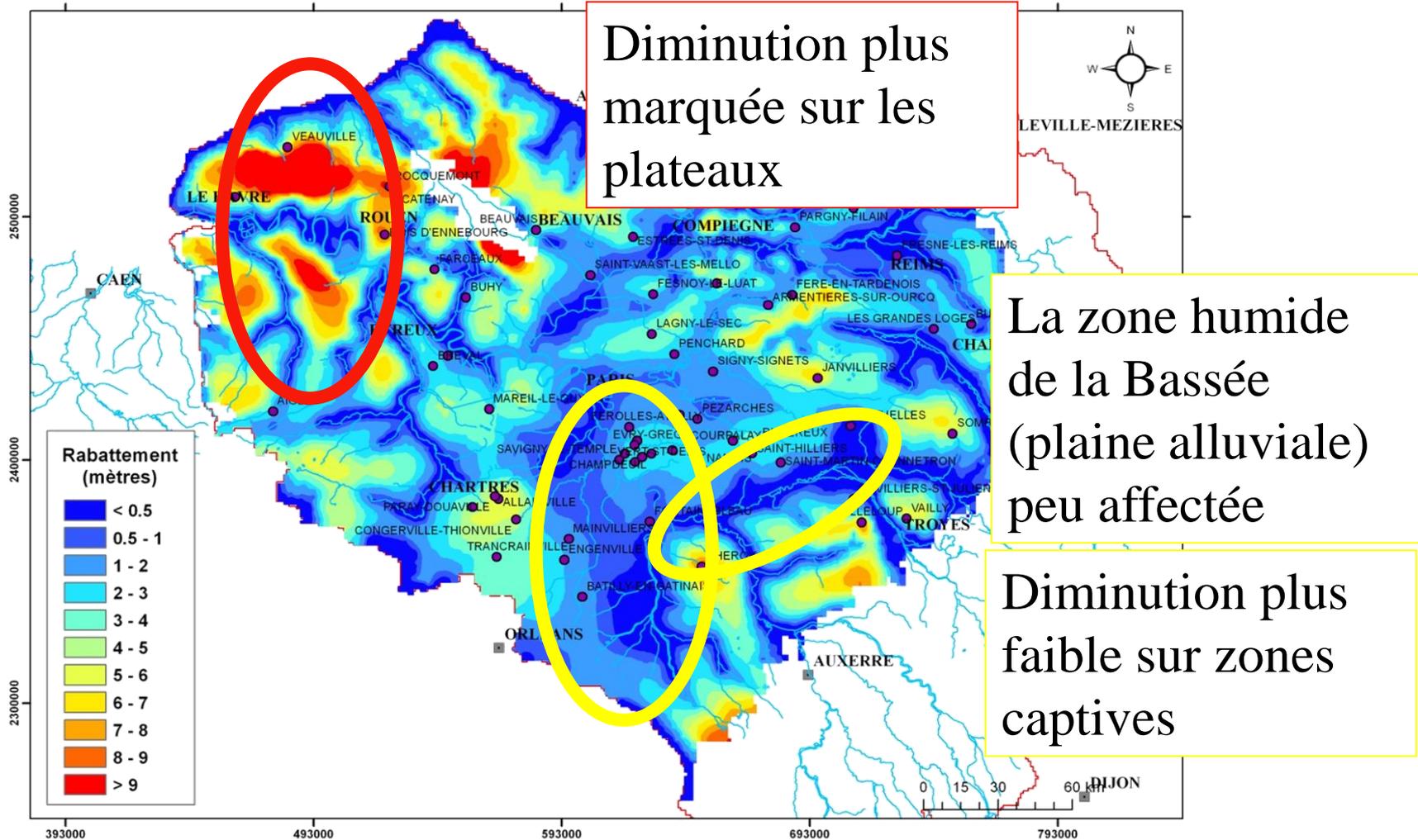
Variations relatives par rapport aux simulations PST

## Débit journalier maximum décennal



➔ Réponse incertaine des pointes de crue (QJXA10)

# Lot hydrologie souterraine



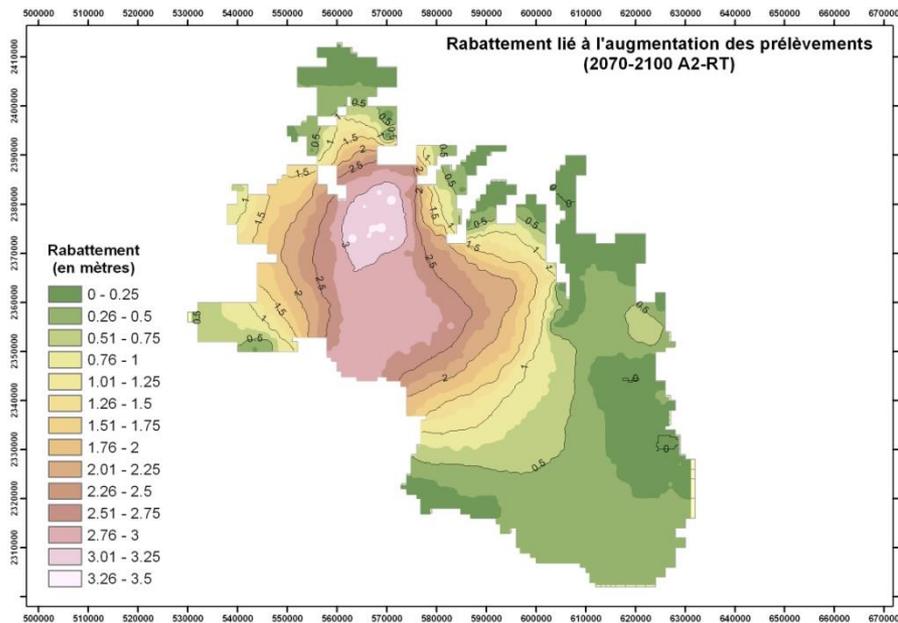
# Baisse de la nappe de Beauce à l'horizon 2100

simulée par un modèle hydrogéologique sous scénario A2 régionalisé  
selon 2 impacts distincts du changement climatique

## 1. Augmentation de l'irrigation (+54%)

simulé par modèle agronomique

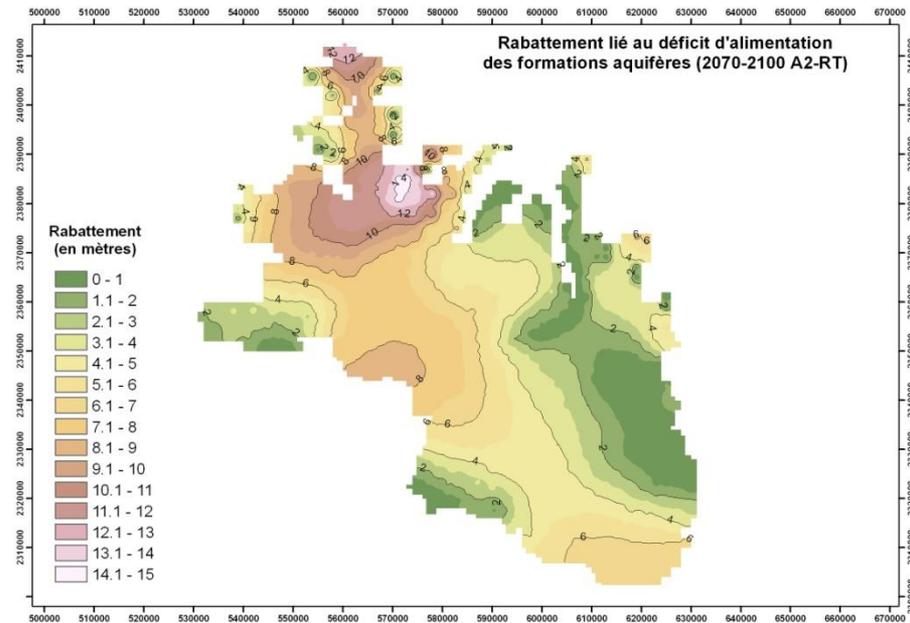
sans déficit de recharge



## 2. Déficit de recharge (-37%)

simulé par modèle hydrogéologique

sans changer l'irrigation



➡ L'effet direct du changement climatique (recharge) suffit à remettre en cause la viabilité de l'irrigation des grandes cultures telle que pratiquée actuellement.



eau  
seine  
NORMANDIE

# Quels enjeux sur le bassin ?

## Des enjeux nouveaux

- **Villes** : îlots de chaleur urbains / Développement du Grand Paris ⇒ vers la rareté de l'eau ?
- **Littoral** : Risques au niveau des zones côtières ⇒ submersion marine, salinisation des eaux sout. ...
- **Rivières** : Température des cours d'eau ⇒ extinction locale faune & flore



## Des enjeux exacerbés ou complexifiés

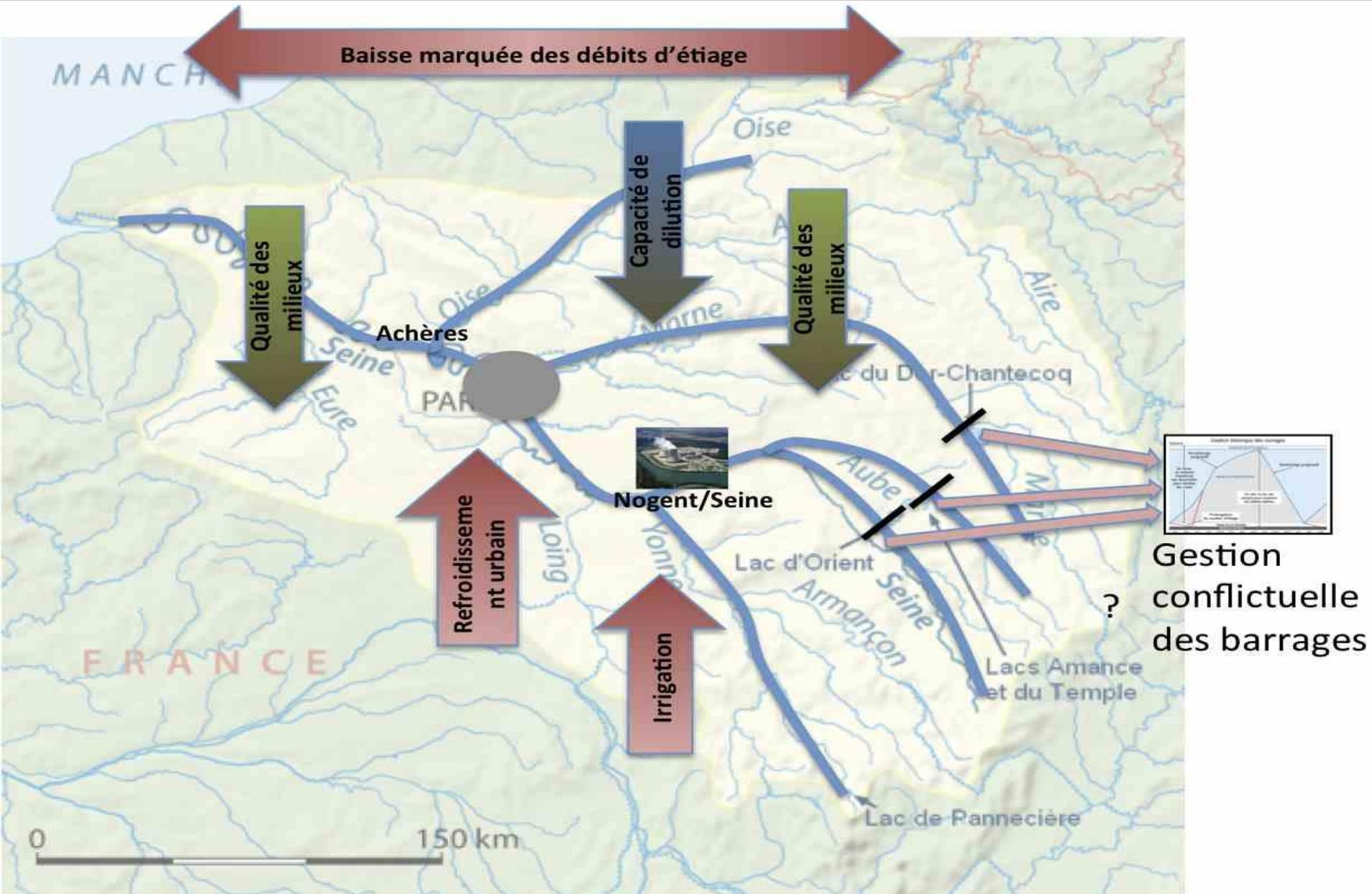
- **Agriculture** : Ressource raréfiée face au syst.d'irrigation actuel, pollution moins diluée/ risques d'inondation et de ruissellement accrus
- **Rivières** : Température des cours d'eau ⇒ eutrophisation / baisse des débits ⇒ pb de dilution et donc pressions renforcée s/ risques d'assecs accrus ⇒ usages, faune flore / Baisse nappe ⇒ assèchement ZH, échanges rivières
- **Centrales thermiques** : refroidissement



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau

# Ex : Système Seine & Grand Paris





# Que peut-on faire en termes d'atténuation ?



eau  
seine  
NORMANDIE



- Sensibiliser les MO
- Soutenir la recherche & renforcer les synergies science-politique
- Favoriser les projets :
  - Stockant du C (recréer un couvert végétal/restaurer les sols,...)
  - Les moins énergivores possibles (STEP autonomes, prévention à la source en termes de polluants ou d'infiltration, ...)
  - Emettant le moins de GES possible (biomasse énergie & eau,...)

ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau

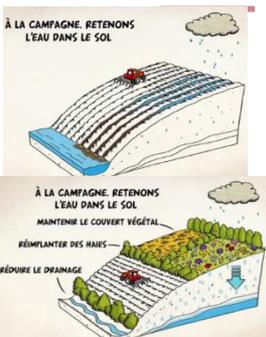
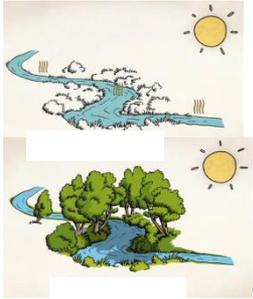
# Que peut-on faire en termes d'adaptation ?



eau  
seine  
NORMANDIE

Globalement, favoriser les projets qui vont dans le sens d'une plus forte résilience et robustesse par rapport aux variations de température, d'eau...

- **Rivière** : continuité et ripisylve pour limiter la hausse de température et permettre aux poissons d'aller vers les zones fraîches, accroître capacités d'autoépuration
- **Villes** : favoriser l'infiltration à la parcelle et la végétalisation en ville
- **Agriculture** : diversification, cultures plus résistantes, sols plus riches en MO, infrastructures
- **Multifonctionnels** : ex TVB pour biodiversité, qualité eau, cadre de vie et CC



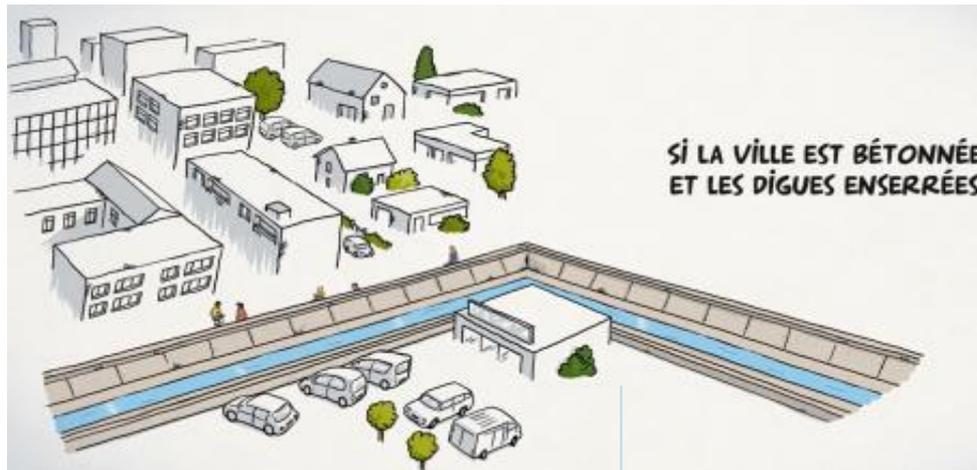
ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau

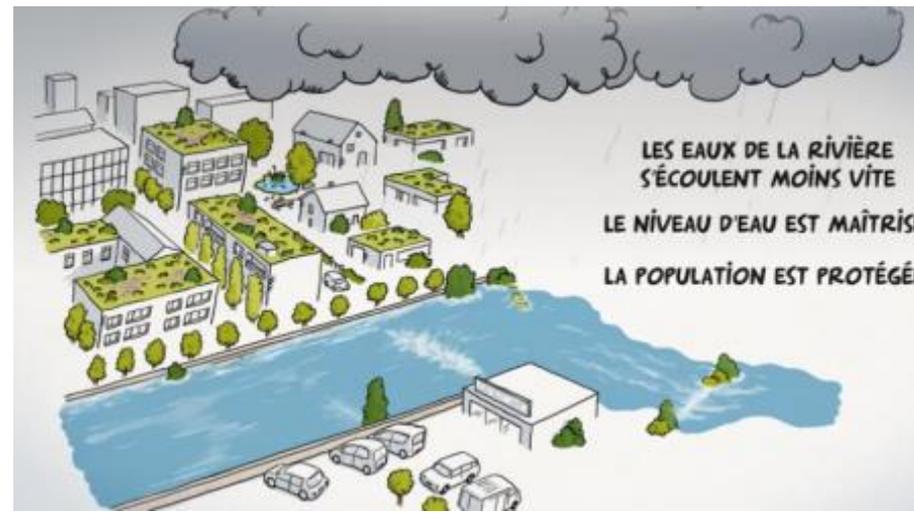
# Rivières et inondation

Rivière bétonnée

Rivière « préservée »



En cas de forte pluie ↓





eau  
seine  
NORMANDIE

# Que fait-on concrètement aujourd'hui ?

- Sensibilisation Acteurs (CB/agents), actions partenariales...
- Des mesures SDAGE mais encore insuffisantes /CS
- Financement/participation expérimentations & recherches :
  - Thèse sur la collecte séparative des urines
  - Etude Agri-accept
  - Recherches PIREN-Seine
  - Participation à la démarche Afterres 2050



COP 21...

ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



eau  
seine  
NORMANDIE

# Que pourrait-on faire demain ?

- **Diminuer plus encore les pressions !**
- Et, pour des territoires **plus résilients et robustes** :
  - îlots de chaleur urbain et aux risques d'inondation accrus : **généraliser la végétalisation** dans la ville, les toitures végétalisées, l'infiltration à la parcelle
  - **Améliorer la « capacité tampon du territoire »**: agroécologie, infiltration, sol, haies, ripisylve...
  - **Traiter différemment nos eaux usées !** Ex: procéder à la collecte séparée des urines...



DONNONS  
vie à l'eau

Agence de l'eau

***Si nous voulons préserver  
notre avenir, nous devons  
changer le présent et pas le  
climat !***



Pour en savoir plus sur le CC et les questions de société posées :

<http://www.lecese.fr/content/participez-au-forum-du-vivre-ensemble-entre-agir-et-subir>



eau  
seine  
NORMANDIE

# Le CC dans le SDAGE 2016-2021 : favoriser l'atténuation

- **Réduire la fertilisation dans les ZV (- de GES)**
- Prise en compte du bilan C des nouveaux projets, valoriser le potentiel énergétique de l'assainissement
- **Maintien des arbres en bordure de rivières, zones tampons, prairies : pièges à CO2**
- Réduction polluants à la source (- transport & traitement)

ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



**eau**  
**seine**  
NORMANDIE

# Le CC dans le SDAGE 2016-2021 sur l'adaptation

- Favoriser le bon fonctionnement des milieux aquatique : capacité de résilience face aux changements
- Favoriser les économies d'eau
- Limiter les autorisations de prélèvement
- Améliorer la connaissance et la sensibilisation
- Favoriser l'expérimentation dès à présent de solutions émergentes d'adaptation (cultures peu exigeantes, recyclage eaux usées, solutions alternatives à l'arrosage en ville, ...)
- Inondation : prise en compte de la DI, limiter l'imperméabilisation, favoriser l'infiltration à la parcelle

ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau

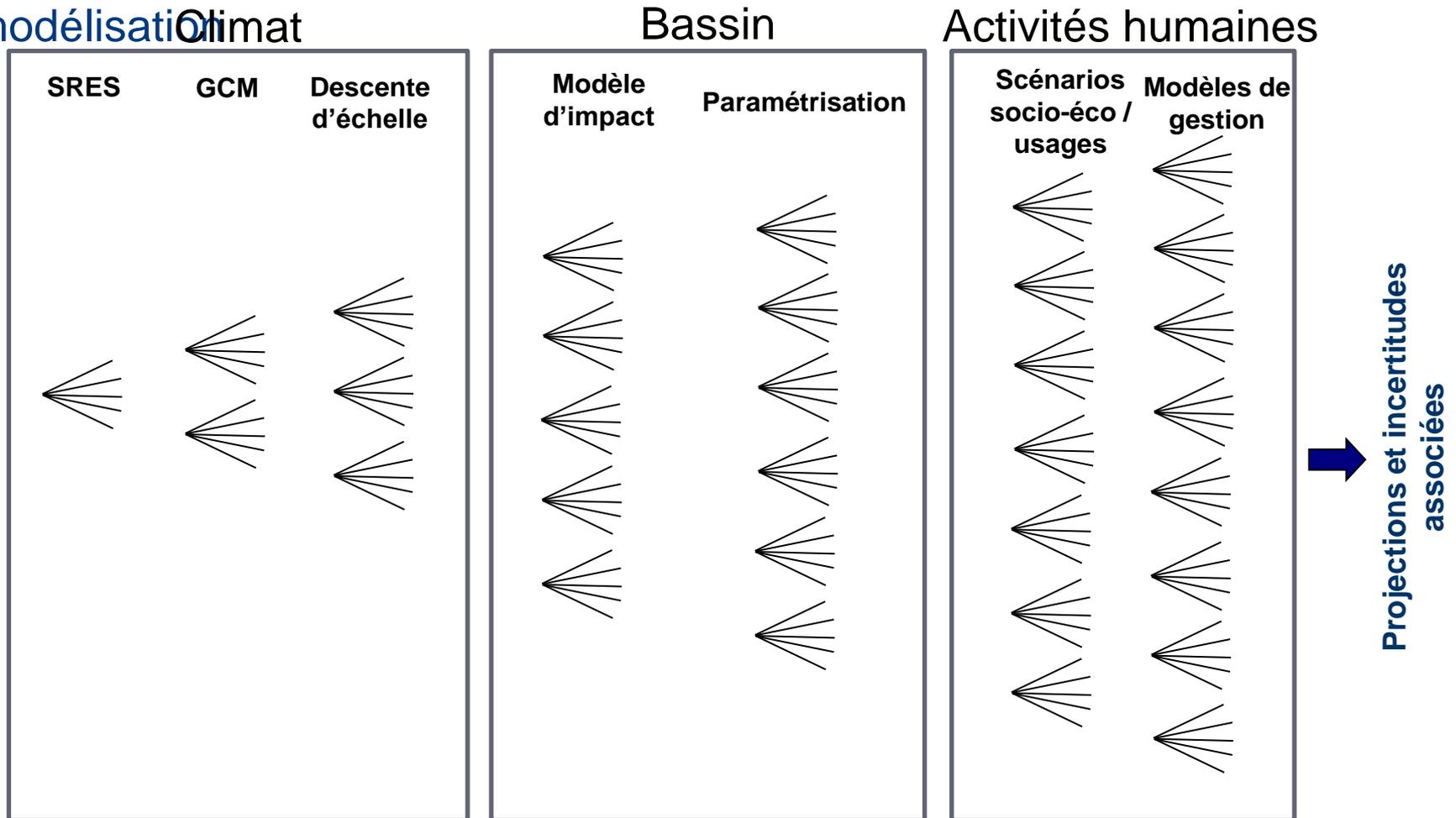
# Origines des incertitudes

- Hypothèses liées au choix du scénario d'émission de GES
- Imperfection des modèles climatiques, méthodes de descente d'échelle, modèles hydrologiques
- Paramétrisation des modèles
- Prise en compte des rétroactions entre les mailles de la chaîne de modélisation
- Difficulté de « validation » des modèles en temps présent
- Méconnaissance de leur capacités d' « extrapolation » en temps futur
- Hypothèse de stationnarité

# Quantification des incertitudes

## Approches multi-scénarios / multi-modèles :

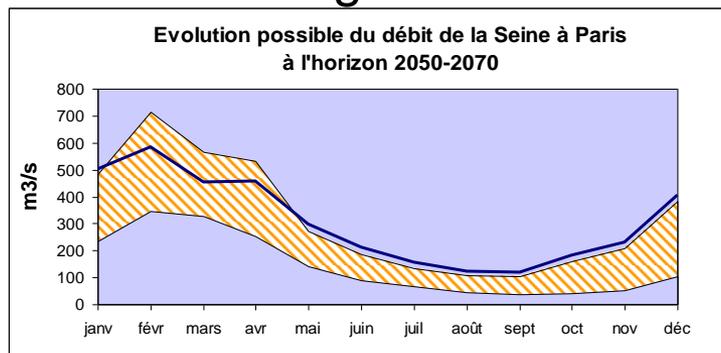
on choisit une variété d'options à chaque étape de la chaîne de modélisation



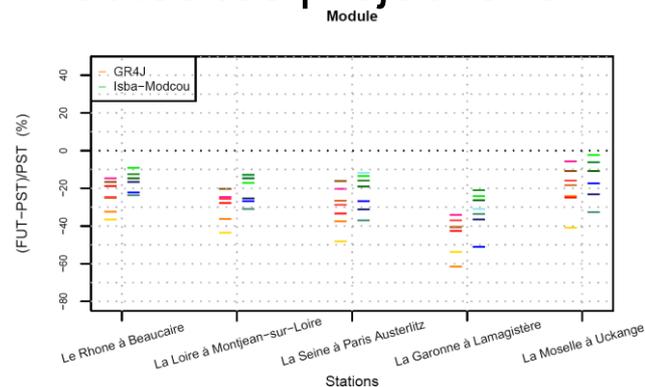
# Représentation des incertitudes

## Donner des intervalles de confiance associés aux projections

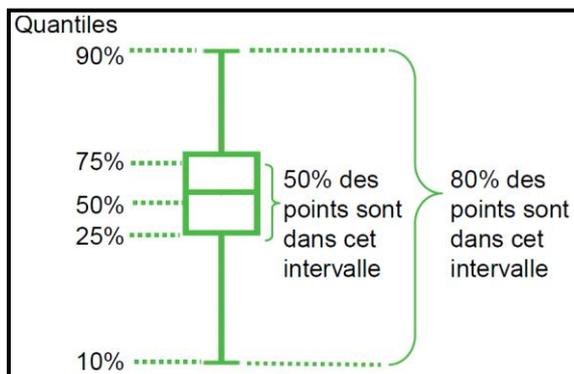
Gamme d'évolution de la courbe des régimes



Résultats individualisés de toutes les projections



Représentation sous forme de « boîtes à moustaches »



Indice de confiance / significativité, lié à la convergence des projections ou la performance des modèles en temps présent





eau  
seine  
NORMANDIE

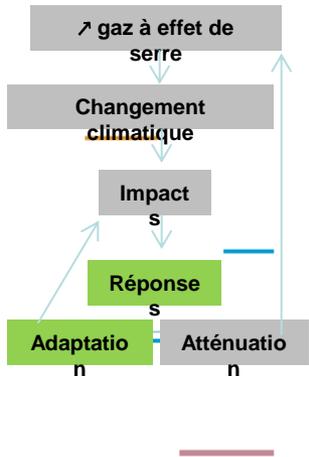
# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'adaptation

La plupart des dispositions du SDAGE favorisent l'adaptation au changement climatique car :

• l'écosystème réagira d'autant mieux au changement climatique qu'il sera en « bonne santé » et donc « résistant »

• la notion de bon état implique des milieux « en bonne santé » :

- Les moins pollués possibles
- Eau en quantité suffisante
- Cours d'eau les plus fonctionnels possibles



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

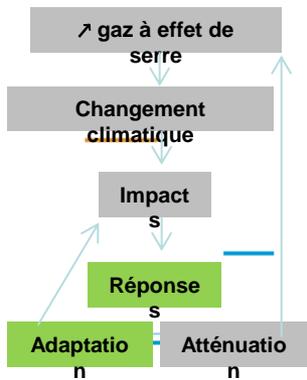
Agence de l'eau



eau  
seine  
NORMANDIE

# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'adaptation

- **Défis 1, 2 et 3** : ↘ pollutions (pour atteindre le bon état) :
  - ↘ pollutions à la source. Ex : disposition 1.1. « Adapter les rejets au milieu récepteur »  
(↘ débits ⇨ ↗ impact de la pollution ⇨ réponse = ↘ pollution)



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



eau  
seine  
NORMANDIE

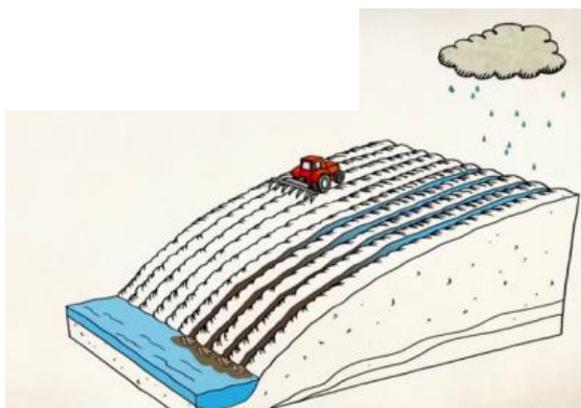
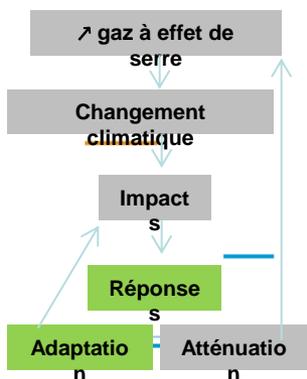
# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'adaptation

➤ **Défis 1, 2 et 3** : ↘ pollutions (pour atteindre le bon état) :

- ↘ pollutions à la source
- ↘ pollutions par transfert vers les rivières. Ex : dispo 2.18.  
« Conserver les éléments fixes du paysage qui freinent les ruissellements »

(↗ fortes pluies ⇒ ↗ ruissellement d'eau polluée ⇒ réponse = ↘ arrivée d'eau polluée au cours d'eau + ↗ épuration de l'eau)

(Impact indirects : ↘ inondations, ↗ maintien des terres agricoles, ↗ biodiversité, ↗ recharge en eau des nappes et des sols)



Disposition



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



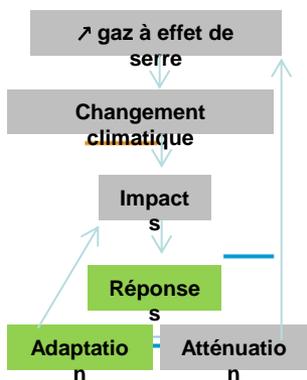
eau  
seine  
NORMANDIE

# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'adaptation

➤ **Défis 1, 2 et 3** : ↘ pollutions (pour atteindre le bon état) :

- ↘ pollutions à la source
- ↘ pollutions par transfert vers les rivières
- Impact indirect de dispositions pour la pollution. Ex : disposition 2.16. « Protéger les milieux aquatiques des pollutions par le maintien de la ripisylve naturelle »

(↗ température de l'air ⇒ ↗ température de l'eau ⇒ ↘ tronçons de rivière favorables à la vie aquatique ⇒ réponse = ↘ augmentation de la température de l'eau)



Disposition



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'adaptation

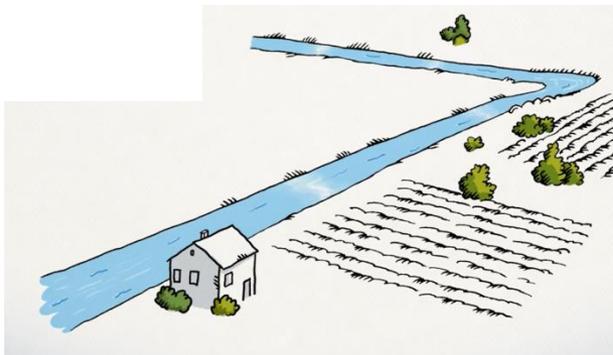
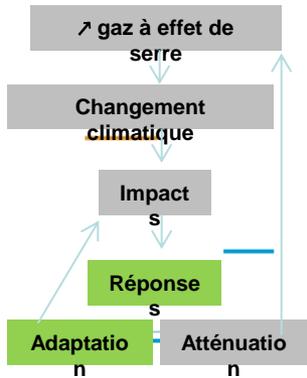
eau  
seine  
NORMANDIE

## ➤ Défi 6 : Protéger et restaurer les milieux aquatiques et humides

- Ex : dispo 6.62 « Restaurer, renaturer et aménager les milieux dégradés »

(↘ débits, ↗ température de l'eau ⇒ impact = ↘ tronçons de rivière favorables à la vie aquatique ⇒ réponse = ↗ tronçons de rivière favorables)

(Impact indirects : ↗ épuration naturelle des pollutions, ↘ inondations, ↗ biodiversité)



Disposition  
➔



ENSEMBLE  
DONNONS  
vie à l'eau

Agence de l'eau



# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'adaptation

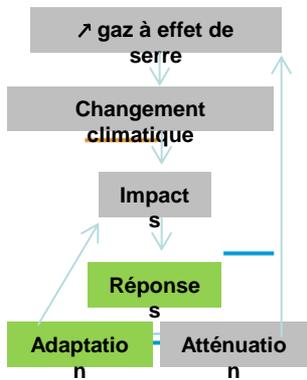
eau  
seine  
NORMANDIE

## ➤ Défi 6 : Protéger et restaurer les milieux aquatiques et humides

- Ex : dispo 6.62 « Restaurer, renaturer et aménager les milieux dégradés »

- Ex : dispo 6.68 « Décloisonner les cours d'eau pour améliorer la continuité écologique »

(↘ débits, ↗ température de l'eau ⇒ impact = ↘ tronçons de rivière favorables à la vie aquatique ⇒ réponse = ↗ possibilité de se déplacer pour accéder à des tronçons de rivière favorables)



Disposition



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



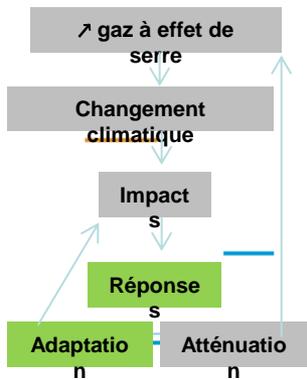
# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'adaptation

eau  
seine  
NORMANDIE

## ➤ Défi 7 : Gestion de la rareté de la ressource en eau

- Ex : dispo 7.113. « Modalités de gestion spécifique des masses d'eau souterraines de la nappe de Beauce » (volumes prélevables)

(↘ pluies et ↗ évapotranspiration potentielle ⇨ ↘ niveau des nappes ⇨ réponse = ↘ volumes prélevables)



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



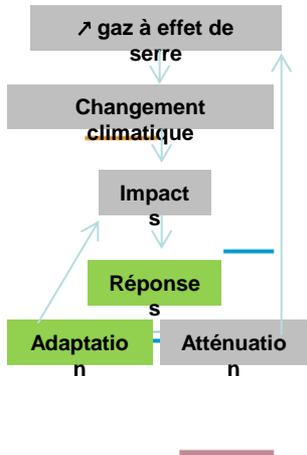
# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'adaptation

eau  
seine  
NORMANDIE

## ➤ Défi 8 : Limiter et prévenir le risque d'inondation

Ex : dispo 8. 139 « Prendre en compte les zones d'expansion de crues fonctionnelles dans les documents d'urbanisme »

(↑ fortes pluies ⇒ ↑ inondations des habitations ⇒ réponse = ↑ zones de stockage des eaux de crues pour ↓ inondations des habitations)



Disposition



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE À L'EAU

Agence de l'eau



# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'atténuation

eau  
seine  
NORMANDIE

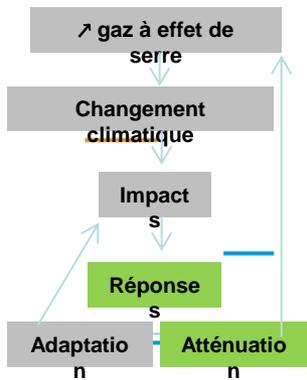
Le nombre de dispositions favorisant l'atténuation du changement climatique est plus limité :

➤ ↘ émission de gaz à effet de serre :

• ↗ utilisation de l'énergie générée par « l'eau » :

Ex : dispo 1.5. « Valoriser le potentiel énergétique de l'assainissement » (énergie mécanique...)

Ex : dispo 6.74. « Concilier le transport par voie d'eau, la production hydroélectrique et le bon état »



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'atténuation

eau  
seine  
NORMANDIE

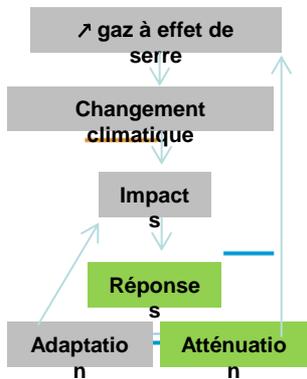
Le nombre de dispositions favorisant l'atténuation du changement climatique est plus limité :

➤ ↘ émission de gaz à effet de serre :

- ↗ utilisation de l'énergie générée par « l'eau »

- ↘ fabrication et transport de produits

Ex : dispo 2.13. « Réduire la pression de fertilisation dans les zones vulnérables » (engrais en agriculture)



Disposition



ENSEMBLE  
DONNONS  
vie à l'eau

Agence de l'eau



# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'atténuation

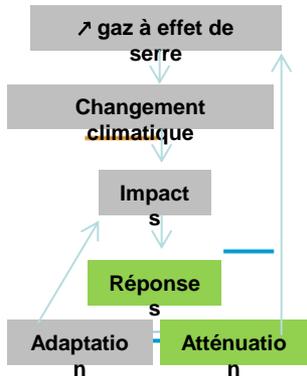
eau  
seine  
NORMANDIE

Le nombre de dispositions favorisant l'atténuation du changement climatique est plus limité :

➤ ↘ émission de gaz à effet de serre :

- ↗ utilisation de l'énergie générée par « l'eau » :
- ↘ fabrication et transport de produits
- ↘ traitement des eaux

Ex : dispo 3.28. « Mettre en œuvre prioritairement la réduction à la source des rejets de micropolluants des acteurs économiques »



ENSEMBLE  
DONNONS  
VIE à L'eau

Agence de l'eau



# Quelles réponses dans le SDAGE Seine-Normandie ? Favoriser l'atténuation

eau  
seine  
NORMANDIE

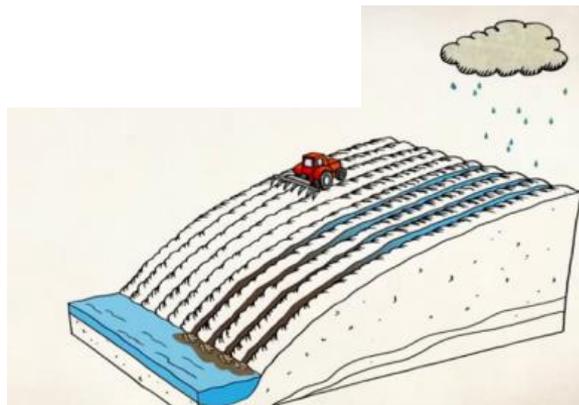
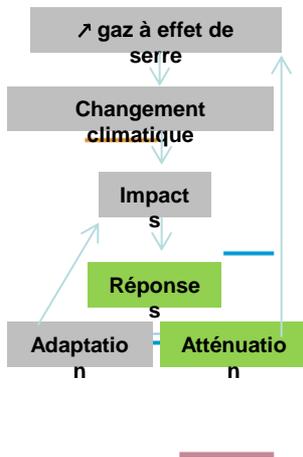
Le nombre de dispositions favorisant l'atténuation du changement climatique est plus limité :

➤ ↘ émission de gaz à effet de serre :

- ↗ utilisation de l'énergie générée par « l'eau »
- ↘ fabrication et transport de produits
- ↘ traitement des eaux

➤ ↗ stockage du CO<sub>2</sub>

- Ex : dispo 2.16, 2.19, 2.20 « Maintenir la ripisylve, mettre en place des zones tampons, les surfaces en herbe existantes (prairies) »



Disposition

