



**HAL**  
open science

## Evolution des enjeux "Eau et Agriculture" dan le contexte du changement climatique

Patrick Durand

► **To cite this version:**

Patrick Durand. Evolution des enjeux "Eau et Agriculture" dan le contexte du changement climatique. Pole Dream : Journée Technique Nationale Eau et Agriculture, Sep 2019, Saint-Malo, France. hal-03340214

**HAL Id: hal-03340214**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03340214>**

Submitted on 10 Sep 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



# Evolution des enjeux « eau et agriculture » dans le contexte du changement climatique

Patrick Durand

Directeur de Recherches, UMR SAS INRA-Agrocampus Ouest Rennes

Contributions de Thierry Caquet et Chantal Gascuel



JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
14 NOVEMBRE 2019 – SAINT-MALO



# Introduction: rappels des notions fondamentales

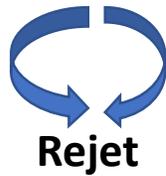


JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
14 NOVEMBRE 2019 – SAINT-MALO

Prélèvement

Recharge

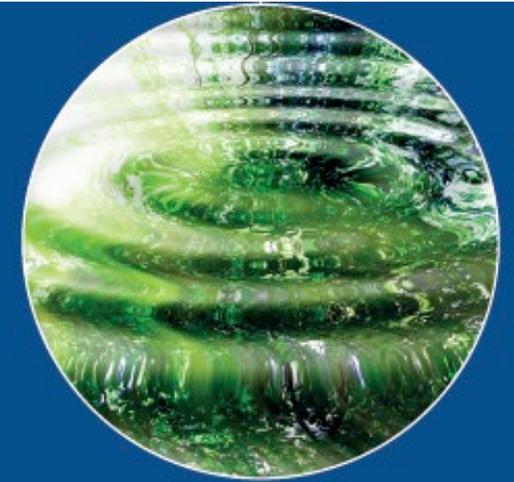
Eau Grise



Eau Bleue



Eau Verte



*l'eau rejetée après usage par l'homme, après traitement ou pas*

*l'eau des lacs, l'eau qui recharge les nappes d'eau, qui coule dans les cours d'eau et va à la mer*

*l'eau du sol, qui alimente les plantes et retourne vers l'atmosphère*

*L'eau qui évacue nos déchets*

*L'eau que nous voyons, que nous buvons*

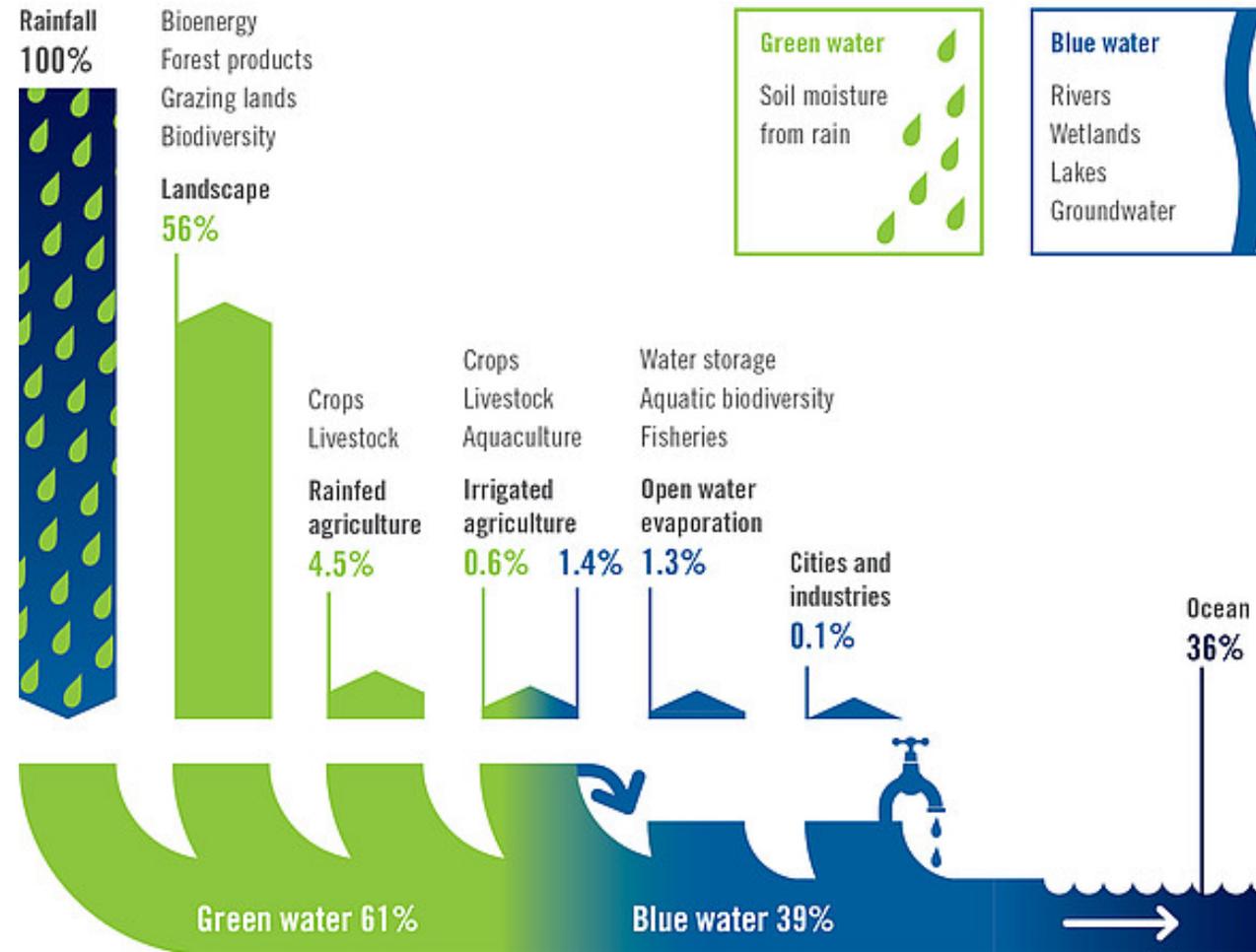
*L'eau qui alimente les plantes*

(Falkenmark et Rockström, 2006)



JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
14 NOVEMBRE 2019 - SAINT-MALO

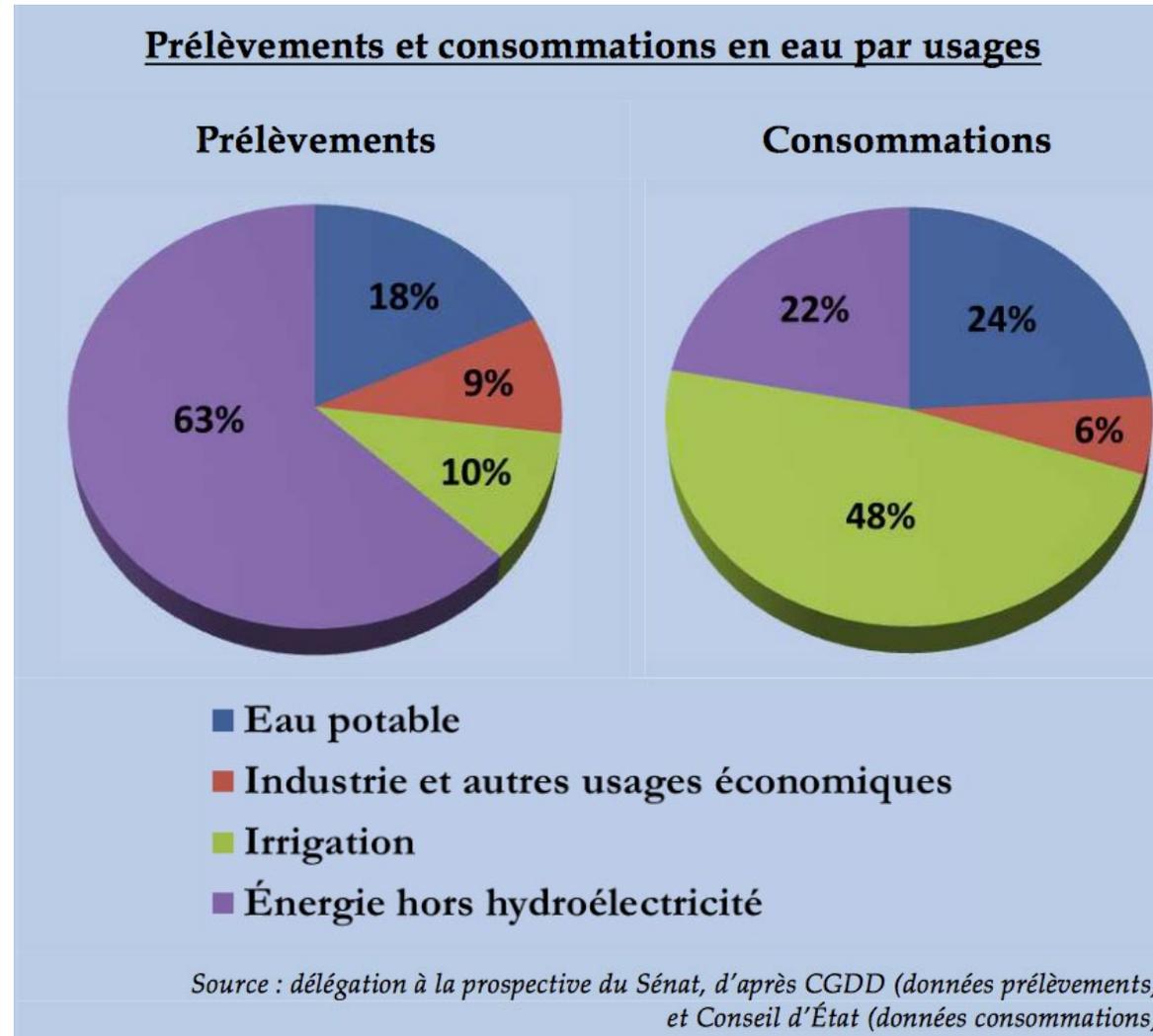
# Estimée à 61% des précipitations, l'eau verte est une ressource majeure pour la production agricole mondiale



(FAO Aquastat, 2014)

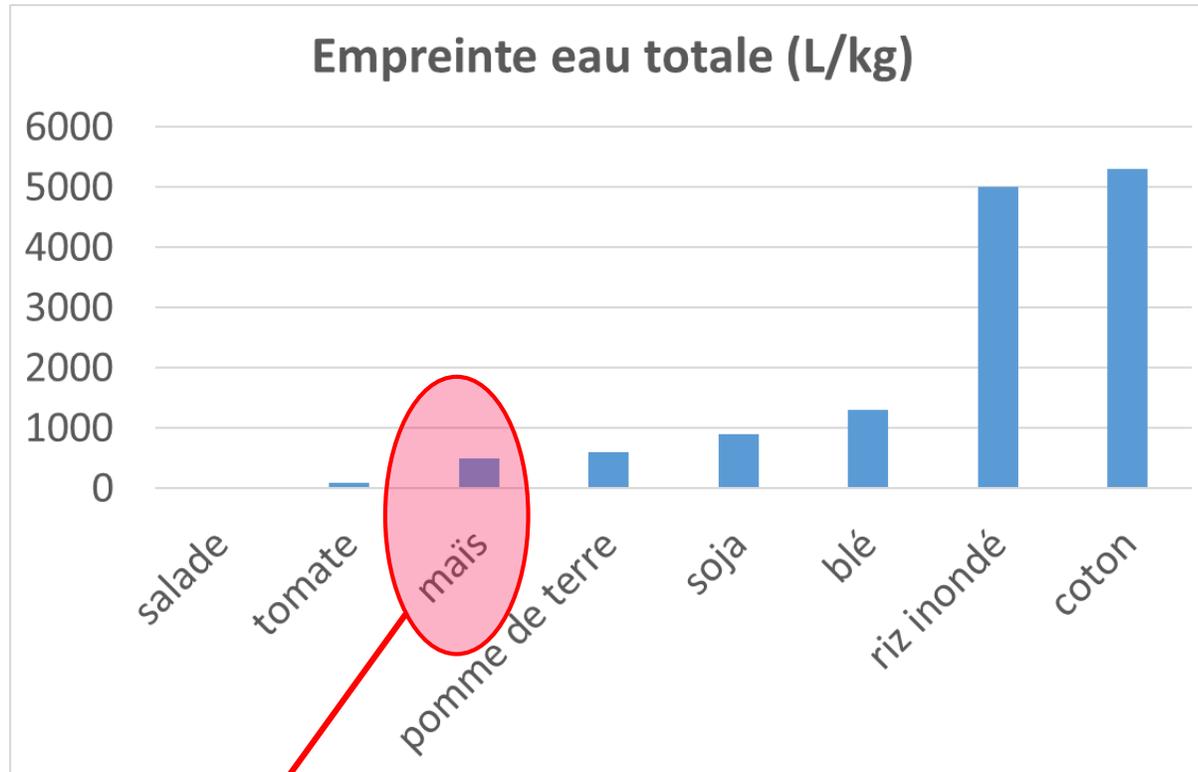


# Prélèvements ≠ Consommations



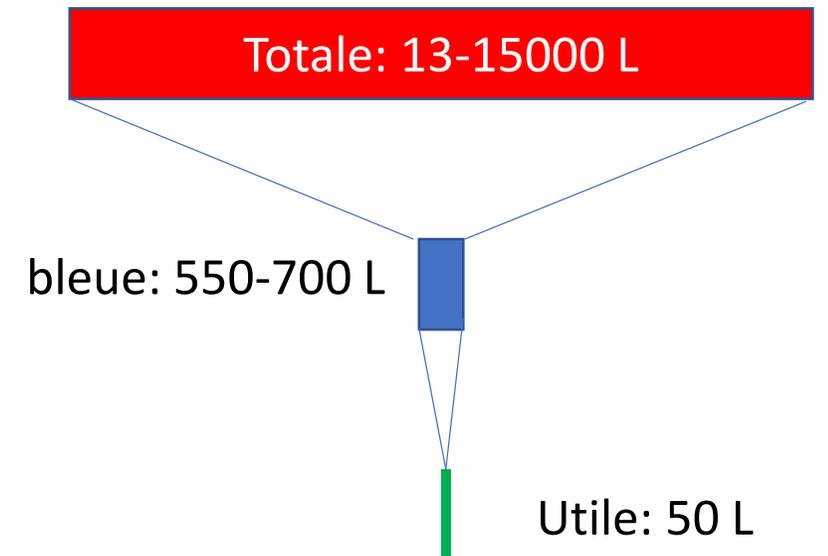
(Rapport Tandonnet-Lozach, 2016)

# L'empreinte eau, concept utile mais délicat à manier



50% de l'empreinte « eau bleue » française

## Empreintes d'un kg de viande de boeuf

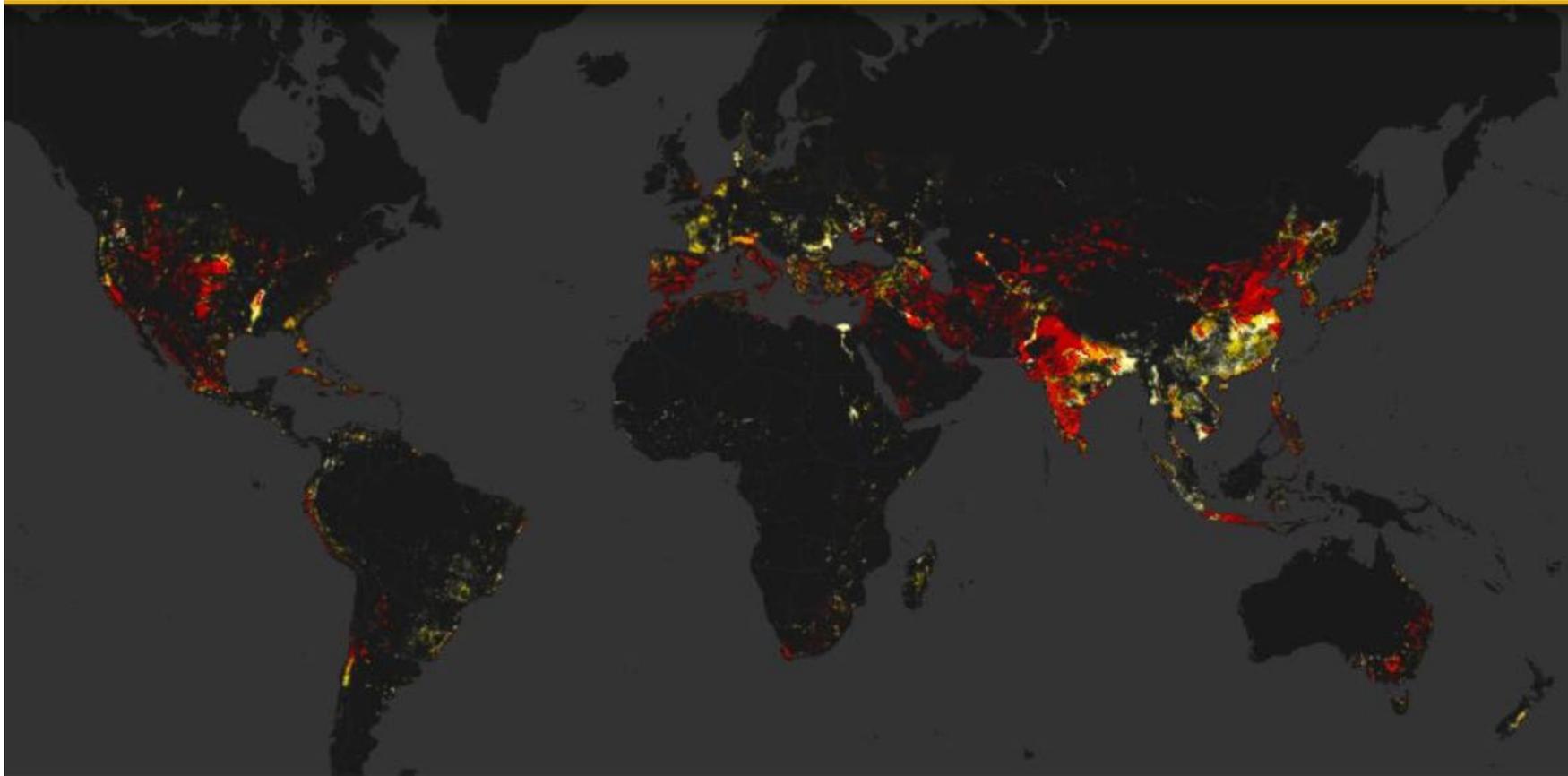


# Eau et changement climatique: une réalité pour aujourd'hui et demain



JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
14 NOVEMBRE 2019 – SAINT-MALO

# Surexploitation actuelle des aquifères par l'irrigation



Source: World Resources Institute

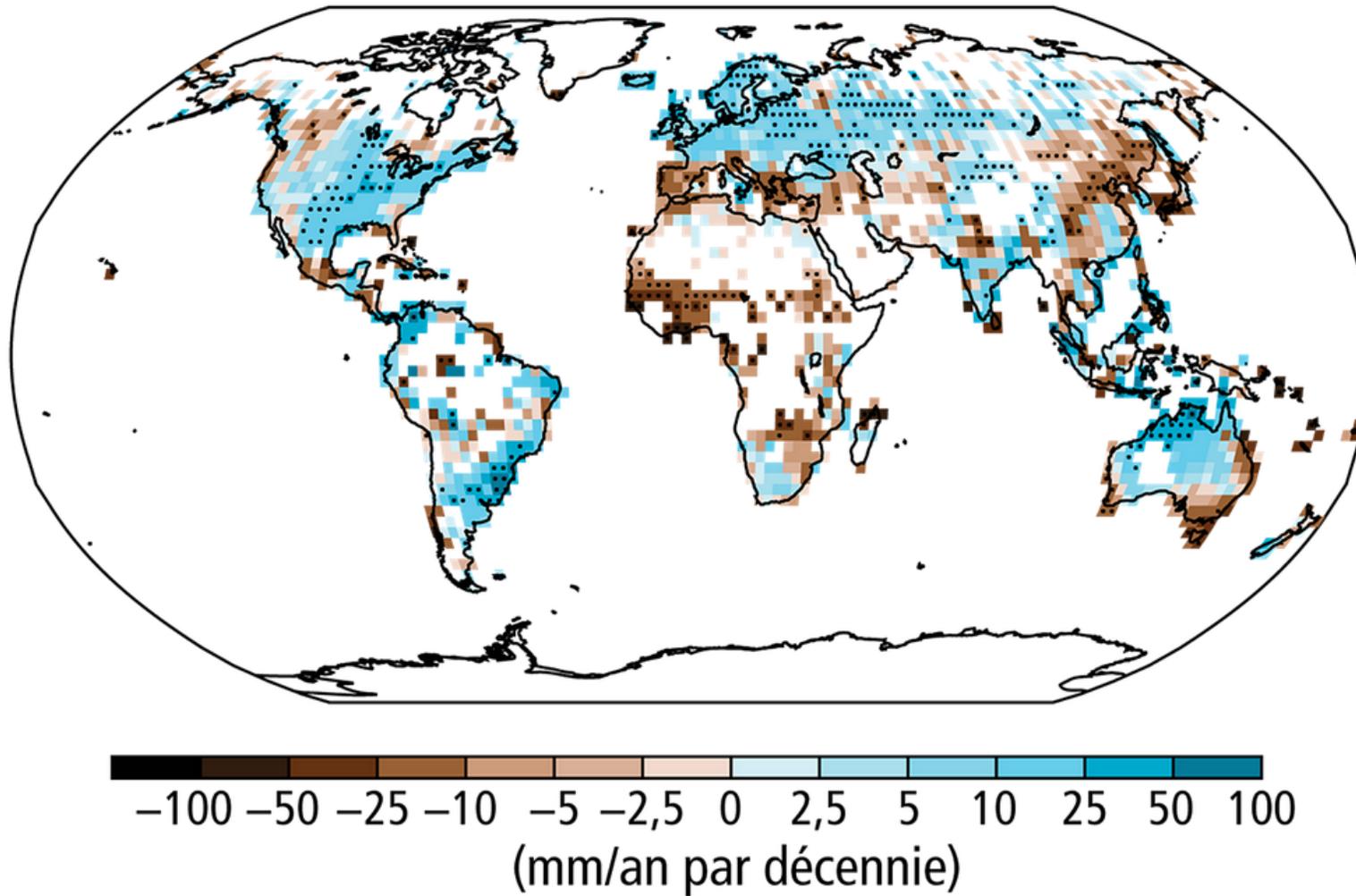
<http://www.wri.org/applications/maps/agriculturemap/#x=-162.42&y=17.61&l=2&v=home&d=gmia>



JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
14 NOVEMBRE 2019 – SAINT-MALO

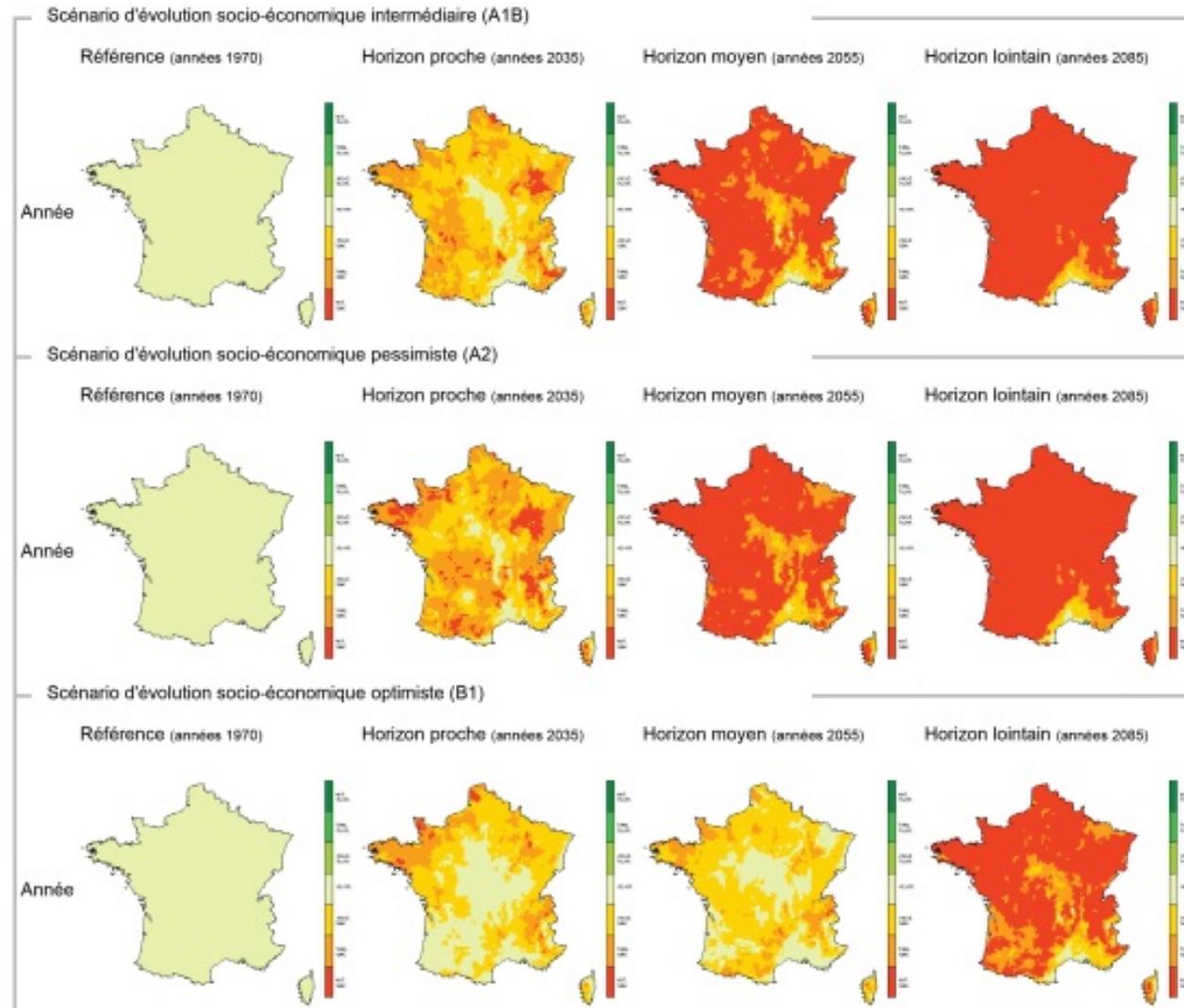
# Évolution des précipitations annuelles entre 1951 et 2010

© GIEC, 2014 in *Rapport de synthèse Changements climatiques*



JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
14 NOVEMBRE 2019 - SAINT-MALO

# Augmentation du risque sécheresse



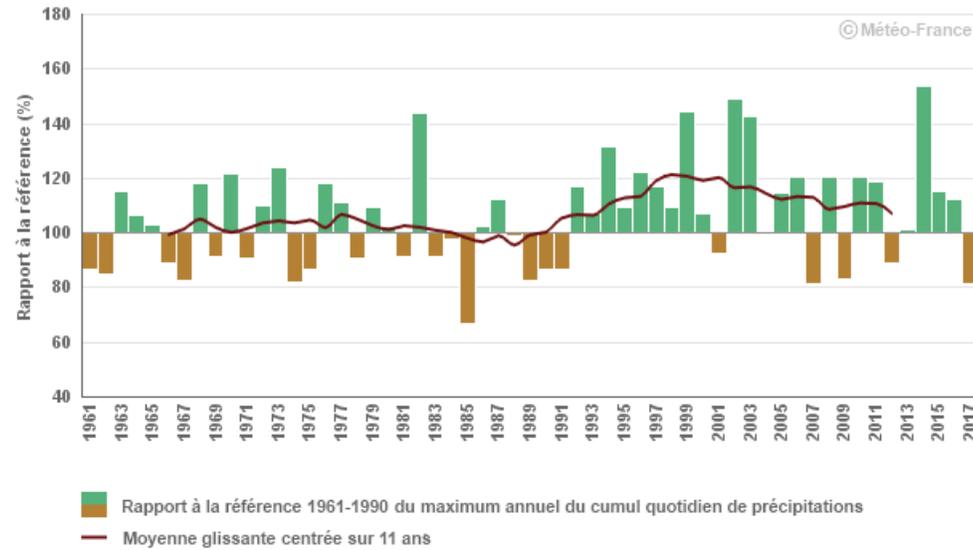
(Projet CLIMSEC ; <http://www.drias-climat.fr/accompagnement/section/174>)



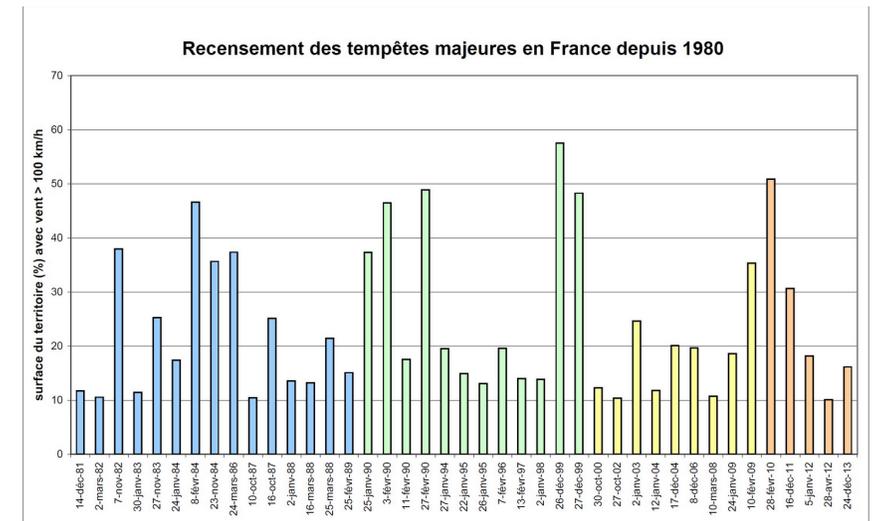
JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
14 NOVEMBRE 2019 – SAINT-MALO

# Augmentation du risque inondation

Intensité des pluies extrêmes en région méditerranéenne  
Sur un réseau de référence pour le suivi des pluies extrêmes



## Mais pas forcément plus de tempêtes



JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
14 NOVEMBRE 2019 – SAINT-MALO



En termes de qualité de l'eau,  
pas si facile de prédire...

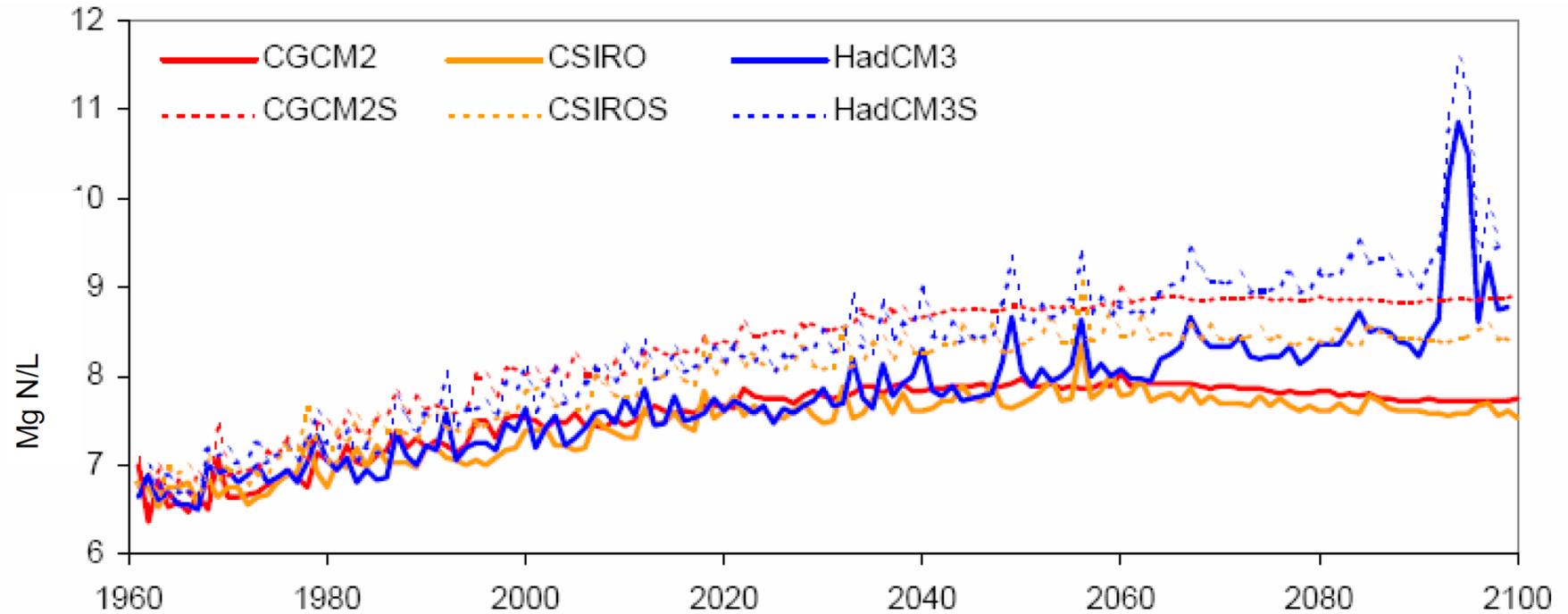


JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
14 NOVEMBRE 2019 – SAINT-MALO

# Impacts du CC sur la qualité de l'eau

- En première approche, la dégradation semble évidente:
  - Moins d'eau en été -> moins de dilution des pollutions ponctuelles, voire diffuses
  - Plus d'eau en hiver et plus de crues violentes-> augmentation des flux de polluants et des pics de pollutions
  - Rendements plus variables, cultures plus fragiles, nouveaux ravageurs-> plus de pesticides, plus de surfertilisation non intentionnelle
  - ...

# C'est ce que prédisent une majorité de modèles pour N-P



**Fig. 5** Nitrate-N concentrations (fifth percentiles shown as dotted lines) over the 21st century under a range of GCMs (A2 emissions) for the upper Kennet River system.

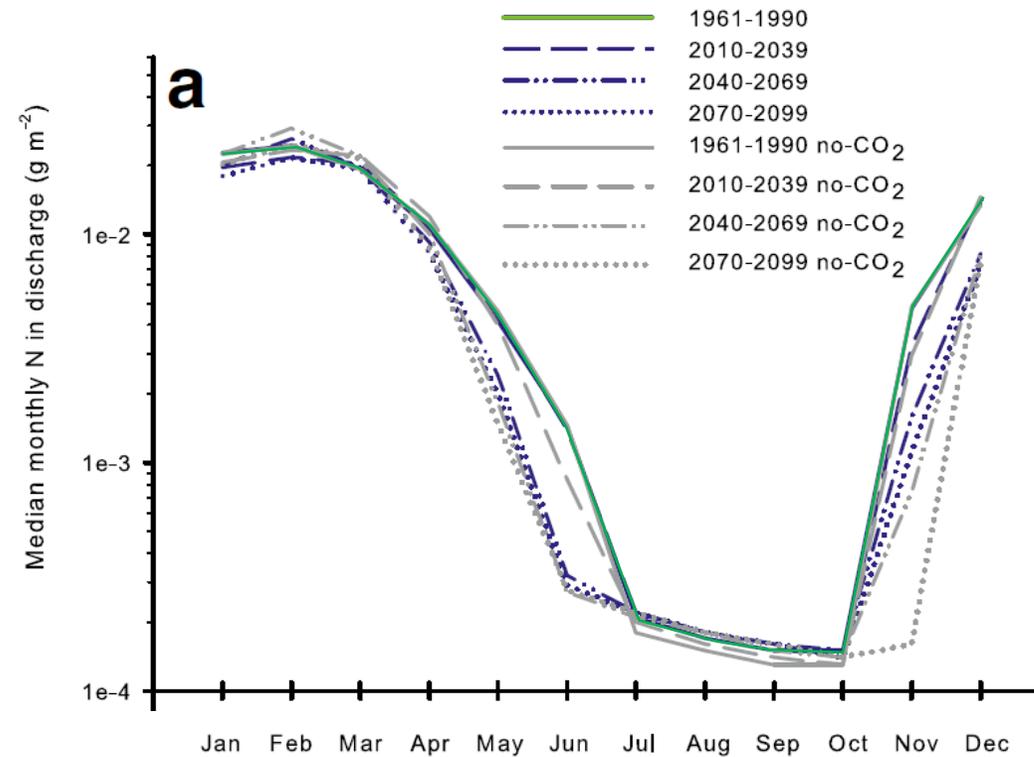
Whitehead et al., H.S.J. 2009

# Mais une analyse plus poussée nuance cette vision

- Croissance plus précoce et stimulée: plus de prélèvements au printemps, sols mieux couverts
- Automne/hivers plus doux -> meilleure efficacité des couverts hivernaux
- Stimulation des processus de dégradation des pesticides et de consommation d'azote
- ...



# Certaines études vont dans ce sens



Salmon-Monviola et al., C.C., 2013

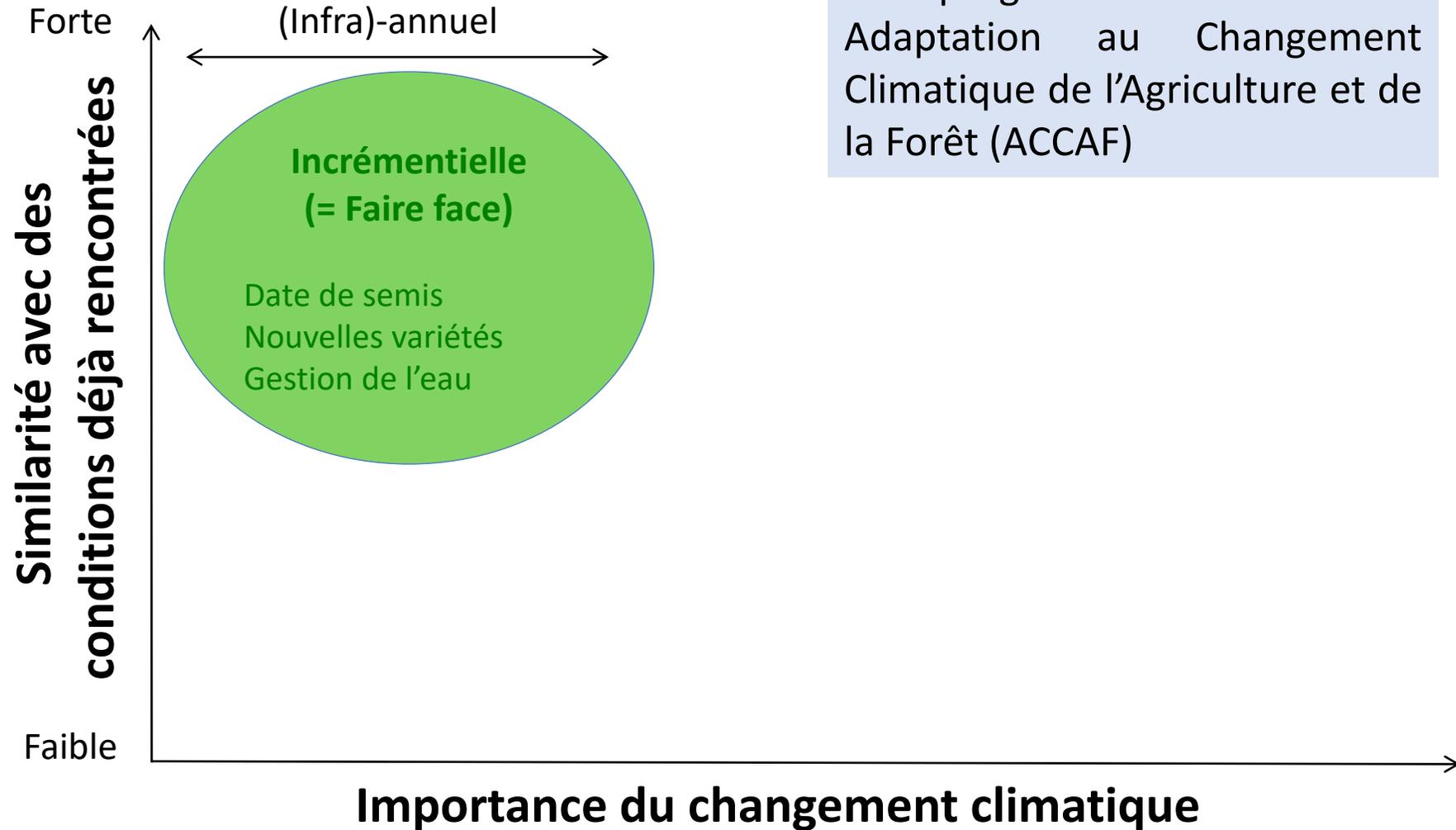
# Finalemment...

- Pour les pesticides, pas de conclusions claires.
- Pour le phosphore et l'état trophique des eaux douces, dégradation probable.
- Pour l'azote, dégradation vraisemblable.
- *Dans tous les cas, et surtout pour N, l'évolution des systèmes de cultures et des pratiques sera probablement plus déterminante que l'effet direct du CC*



# Nature et formes de l'adaptation en agriculture

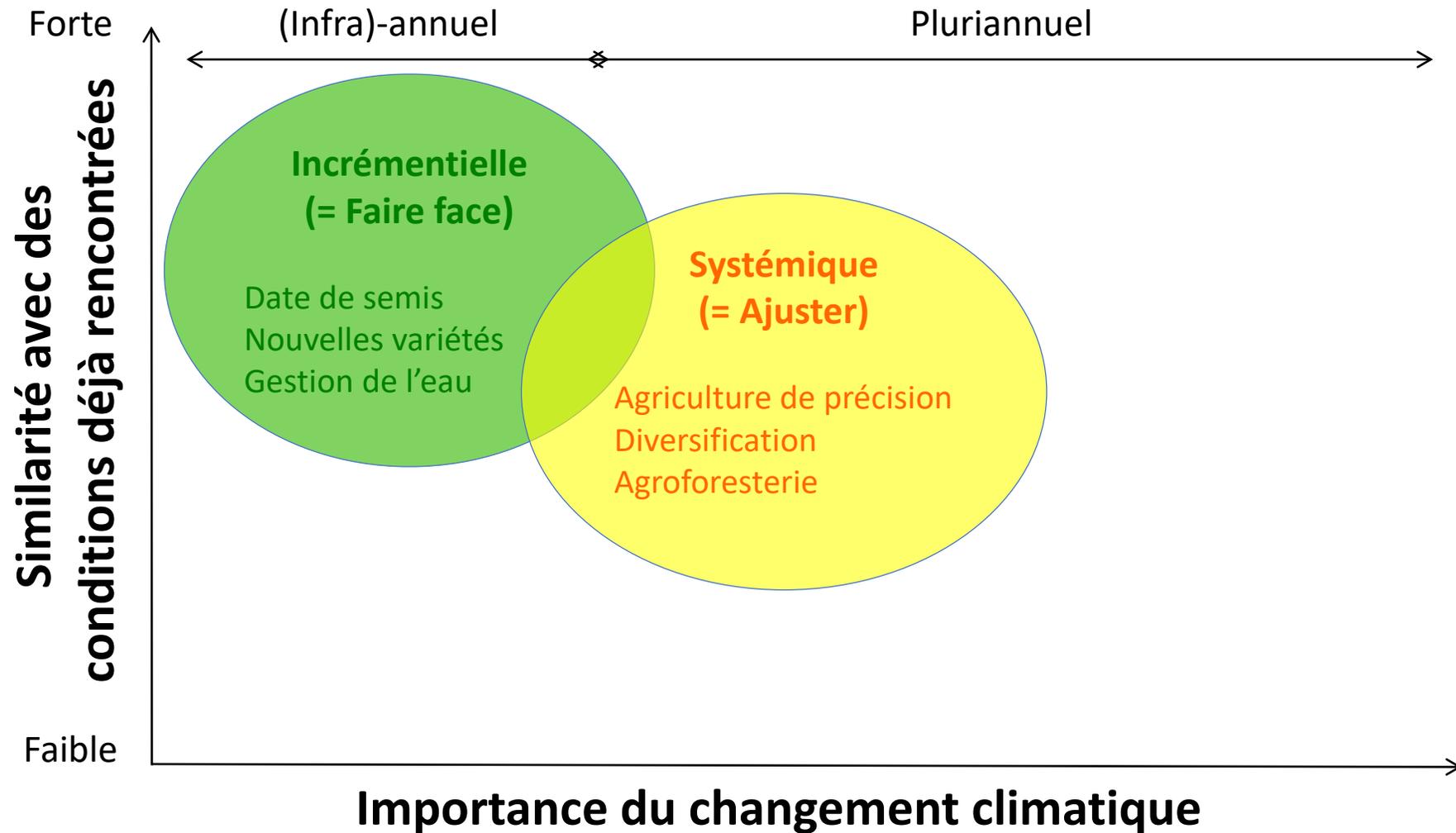
Métaprogramme INRA  
Adaptation au Changement  
Climatique de l'Agriculture et de  
la Forêt (ACCAF)



(d'après Thornton, 2014)



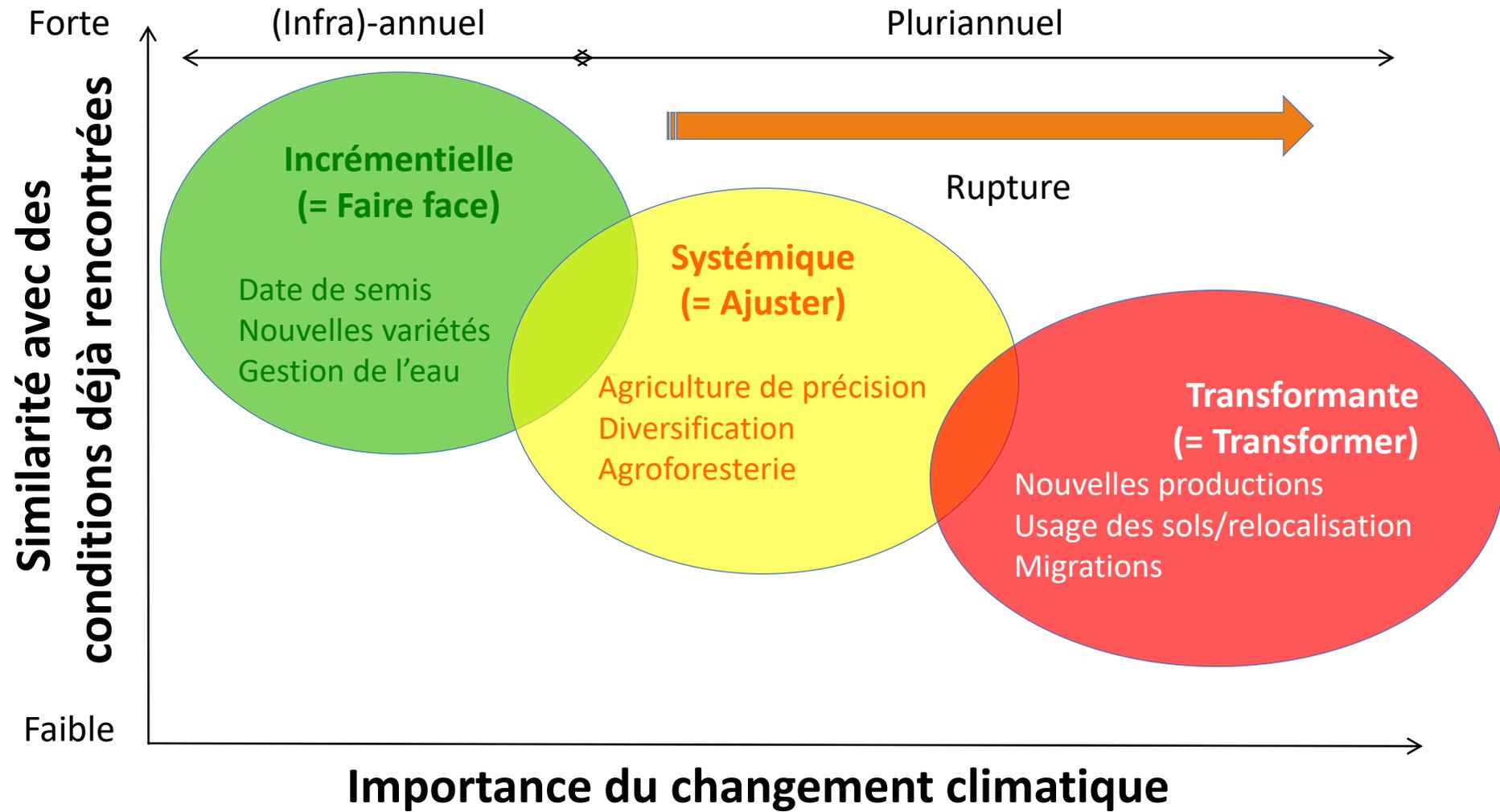
# Nature et formes de l'adaptation en agriculture



(d'après Thornton, 2014)

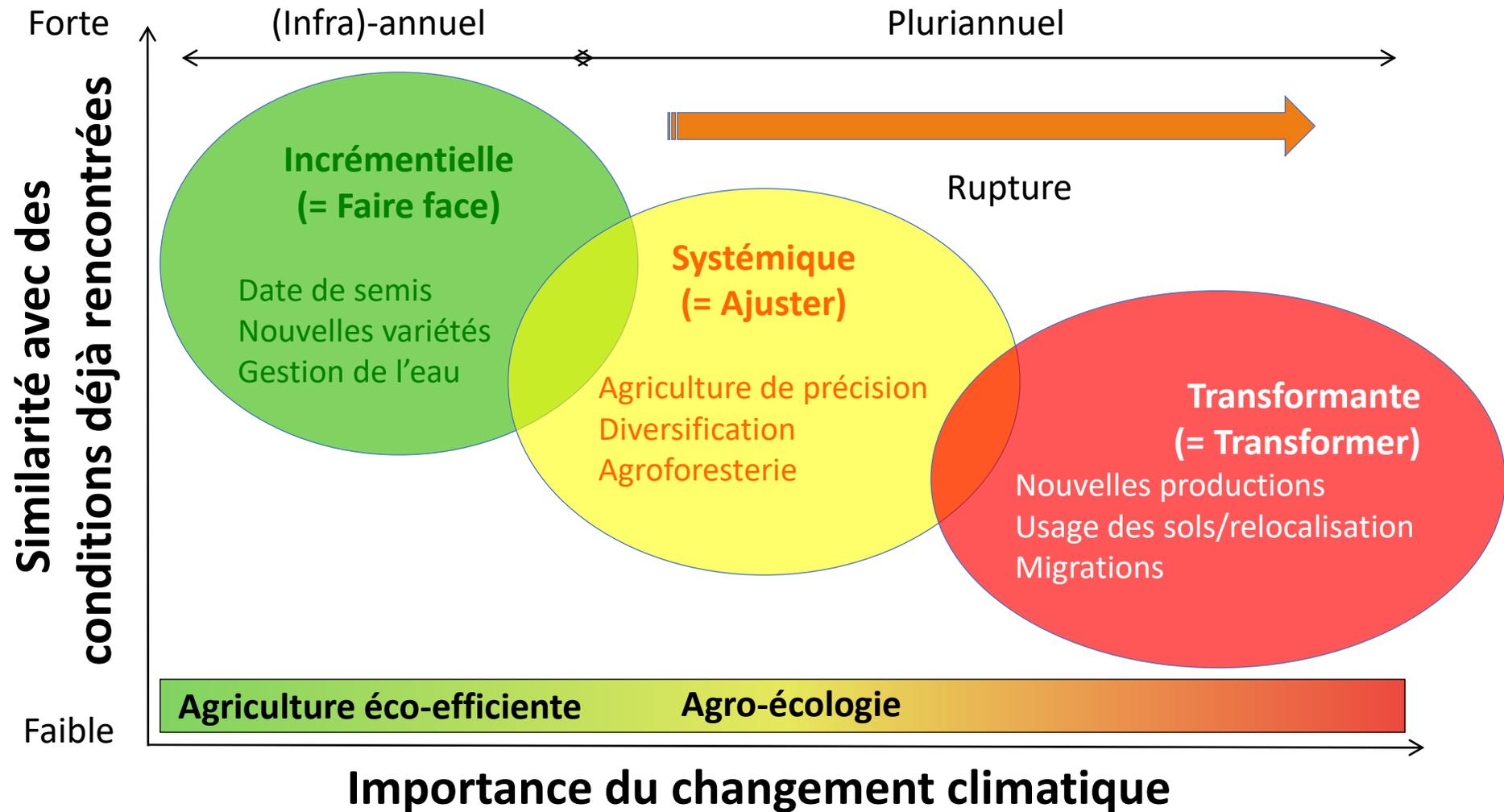


# Nature et formes de l'adaptation en agriculture



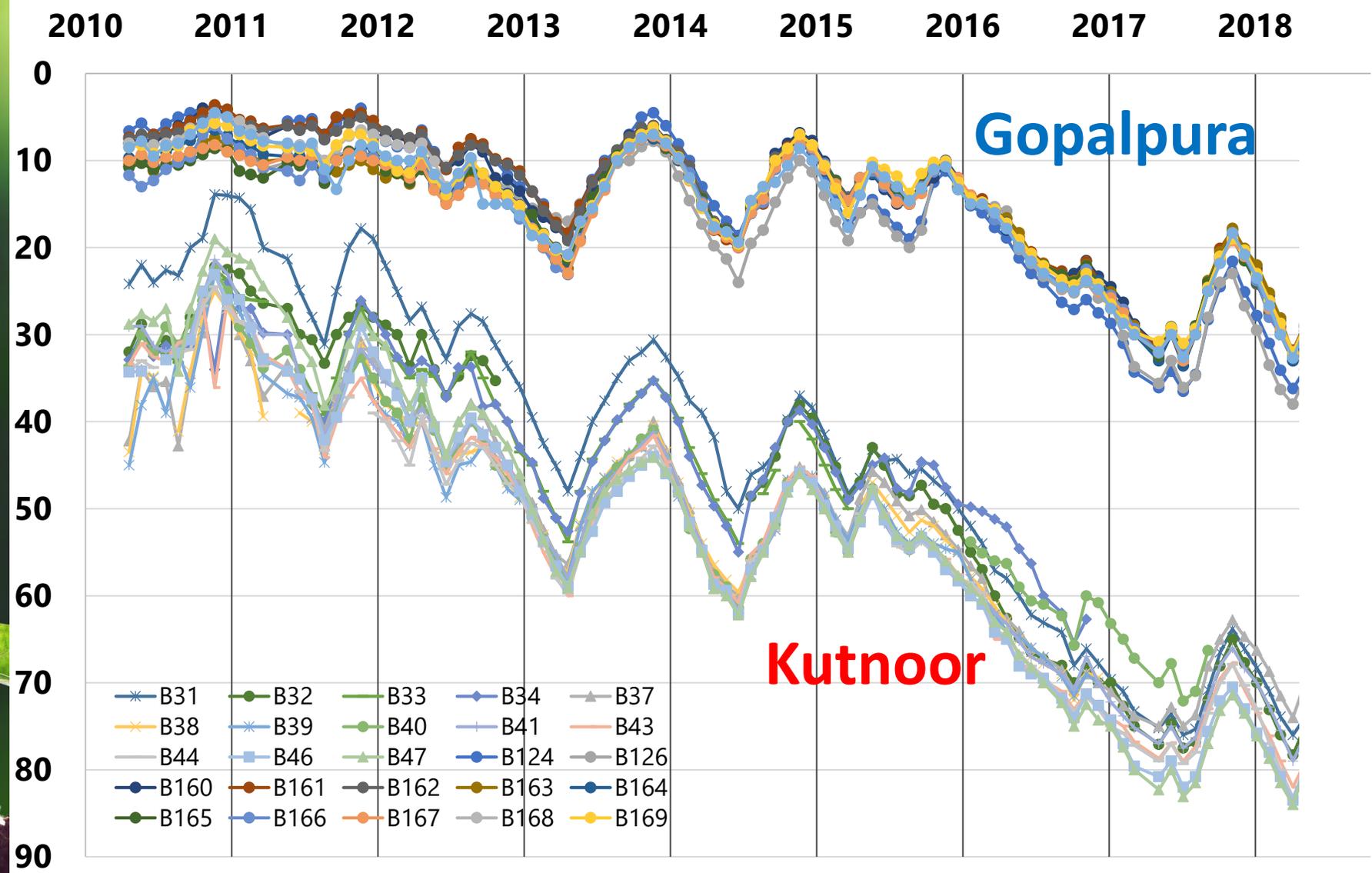
(d'après Thornton, 2014)

# Nature et formes de l'adaptation en agriculture



(d'après Thornton, 2014)

# Groundwater depth (m)



**Steep decline : Disconnection between GW and rivers, turned into ephemeral streams**



JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
11 NOVEMBRE 2019 - SAINT-MALO

# Farmer are fast adaptating ! Techniques...

From furrow irrigation ...



To sprinklers...



Now drip irrigation (subsidized)



# ... and cropping pattern



*Décline of sugar cane,  
Increase of turmeric with associated crop  
(garlic, onion, chilly)*



*Horticulture (short  
cycle irrigated crops)*

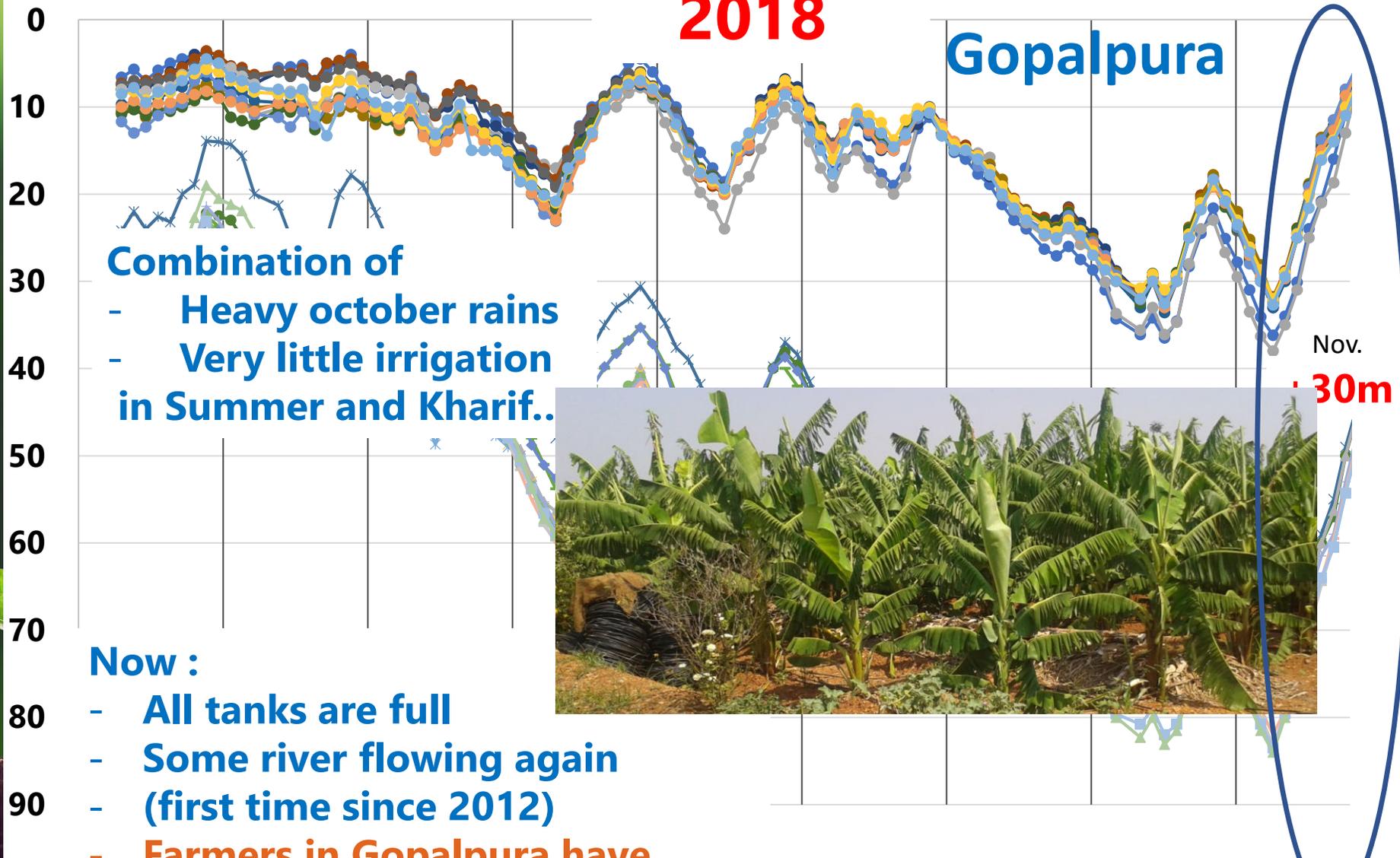
*... even back to rainfed crops*



Groundwater depth (m)

# Monsoon 2018

2010 2011 2012 2013 016 2017 2018



**Combination of**

- Heavy october rains
- Very little irrigation in Summer and Kharif..

**Now :**

- All tanks are full
- Some river flowing again (first time since 2012)
- Farmers in Gopalpura have planted Bananas again in 2019...



# Les options d'adaptation

## ❖ Nouvelles cibles pour la sélection variétale



### Résistance à la sécheresse

#### Evitement

- Profondeur d'enracinement
- Rapport tige/racines
- Mycorhizes

**Optimisation de l'acquisition de l'eau** compatible avec des rendements élevés quelles que soient les conditions hydrologiques

- Fermeture des stomates
- Enroulement des feuilles
- Structure épiderme foliaire

**Efficience d'utilisation de l'eau élevée** car usage conservatif de l'eau. Rendement limité dans certaines conditions hydrologiques

#### Esquive

- Précocité
- Plasticité du développement
- Remobilisation des assimilats

**Raccourcissement de la saison de croissance**  
Croissances potentiellement limitée en absence de stress

#### Tolérance

- Ajustement osmotique
- Solutés protecteurs
- Enzymes tolérantes à la dessiccation

**Mécanismes de survie** des espèces xérophylls. Intérêt limité pour les plantes cultivées



(d'après Bodner *et al.*, 2015)



NBT ?

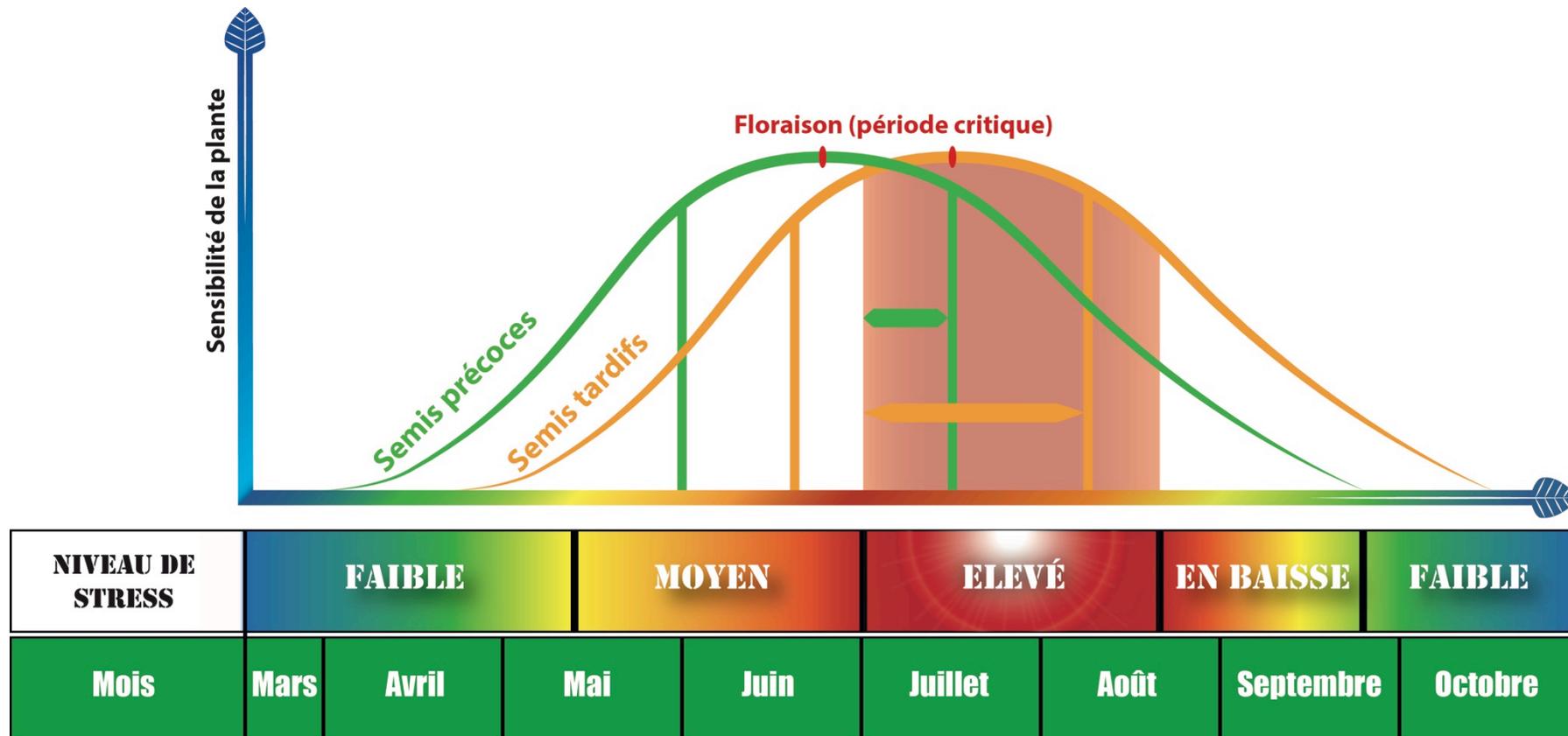
⇒ Des pistes diverses mais un coût en terme de volume de récolte (qualité ?)

⇒ Des stratégies revisitées pour la sélection des variétés pour des couverts plurispécifiques



# Les options d'adaptation

- ❖ Adaptation des itinéraires techniques
  - Décalage de semis (esquive stress thermique, économie d'eau, ...)



(<http://www.semencesdefrance.com/dossier/mais-methode-desquive/>)

# Les options d'adaptation

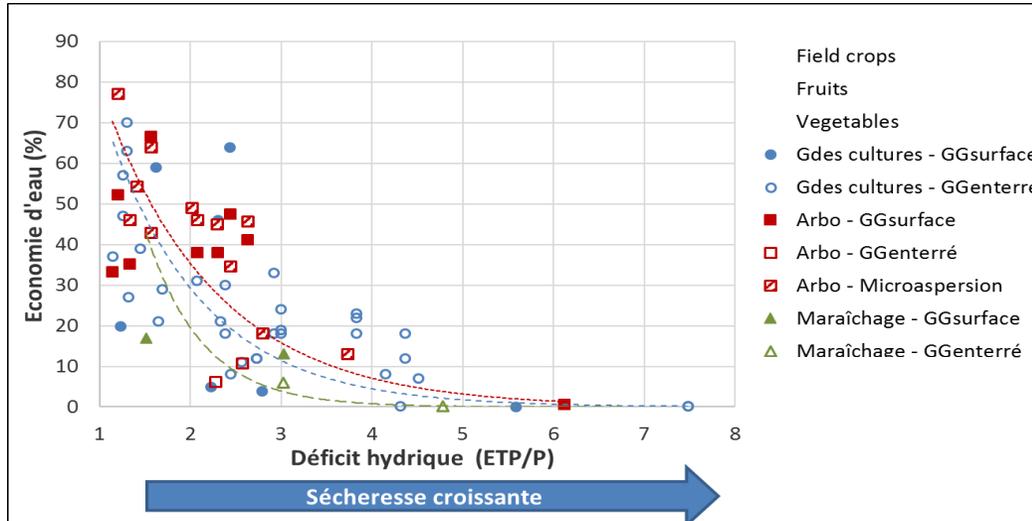
- ❖ Adaptation des techniques culturales et systèmes de culture
  - Irrigation
  - Limitation de contraintes => semis sous couvert, agro-foresterie



# Potentialités d'économies d'eau par la modernisation des systèmes d'irrigation à la parcelle

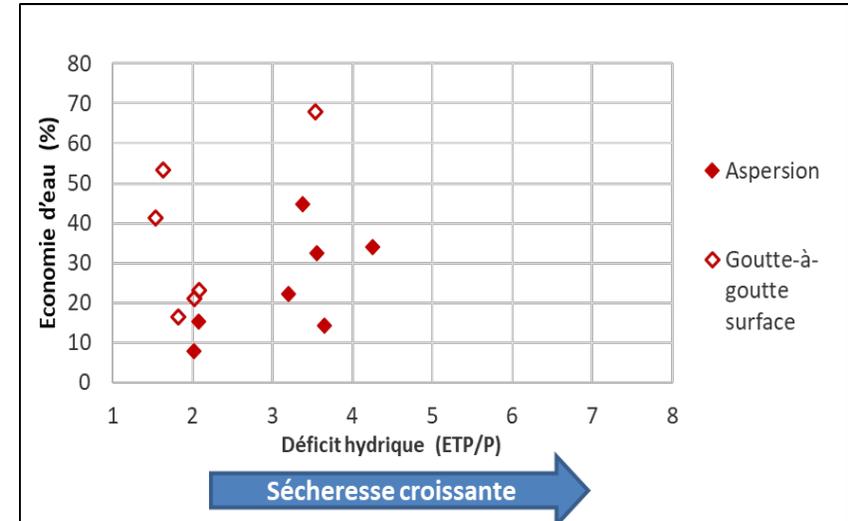
Economies d'eau réalisées par

Changement de système d'irrigation



- **Forte influence de l'année climatique**  
Economies d'eau plus faibles en années sèches,

Utilisation de capteurs d'état hydrique du sol



- **Peu d'influence de l'année climatique**

⇒ **Dans la perspective du changement climatique**  
Meilleur potentiel d'économies d'eau avec **l'adoption d'outils de pilotage de l'irrigation** plutôt qu'avec le changement de technologie d'application de l'eau

Serra-Wittling C., et al. (2019) Plot level assessment of irrigation water savings due to the shift from sprinkler to localized irrigation systems or to the use of soil hydric status probes. Application in the French context. *Agricultural Water Management* 223 : 105682

# Les options d'adaptation

- ❖ Reconception/diversification des systèmes de culture
  - Décalage des aires de culture
  - Remplacement d'espèces (ex. maïs -> sorgho)
  - Diversification intra-parcelle (associations, successions de culture, ...), intra-exploitation (« panier » de cultures) et intra-territoire ↔ **Agro-écologie**
  - Nouvelles domestications

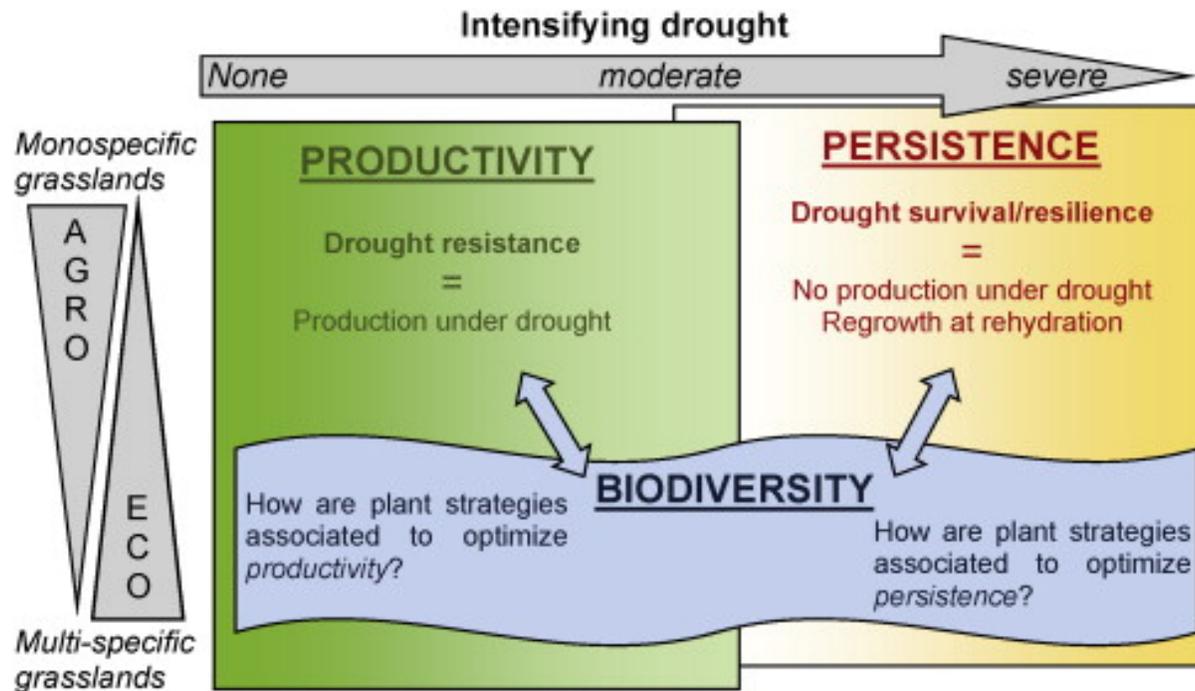
Transition ?  
Valorisation ?



(d'après Debaeke *et al.*, 2014)

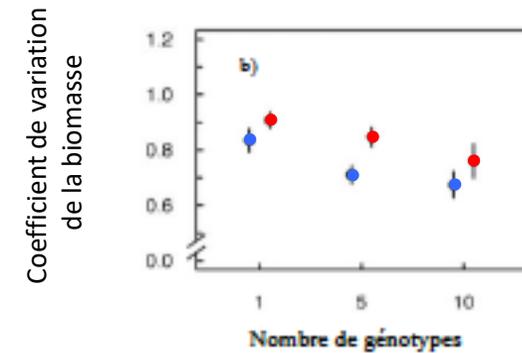
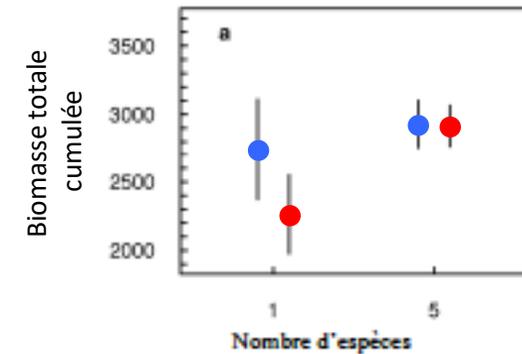


# La diversité comme levier pour la stabilité et la résilience des productions



(Volaire *et al.*, 2014)

● irrigué ● non irrigué

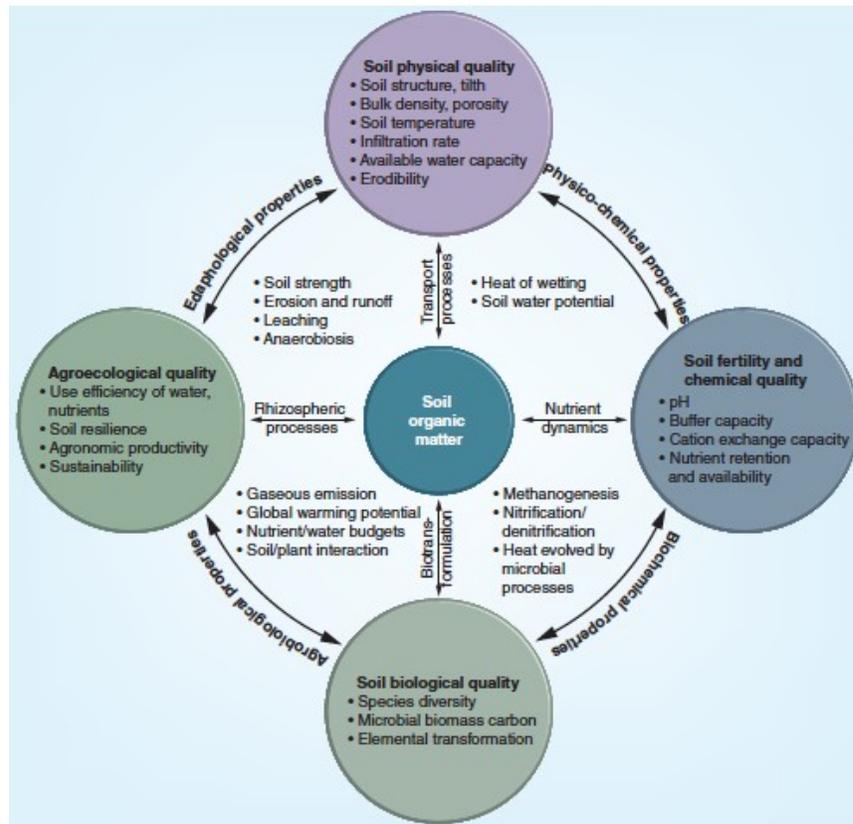


(Litrico *et al.*, 2015)



# Gestion des sols agricoles

Les pratiques qui permettent d'accroître le contenu en matière organique des sols ou de couvrir les sols sont des options gagnant-gagnant pour l'adaptation (augmentation de la capacité de rétention de l'eau, réduction de l'érosion, développement de micro-organismes utiles, ...) et l'atténuation (stockage de C).



## LE 4 POUR 1000

LA SÉQUESTRATION DU CARBONE DANS LES SOLS POUR LA SÉCURITÉ ALIMENTAIRE ET LE CLIMAT

Ministère de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt

La quantité de carbone contenue dans l'**atmosphère** augmente chaque année de **4,3 milliards de tonnes**

**+4,3** Md.t. carbone / an

émissions de CO<sub>2</sub>

Forêts ☹️  
Océans ☹️☹️  
Activités humaines ☹️☹️☹️☹️☹️  
Déforestation ☹️

☉ absorption ☹️ émission

Les **sols** du monde contiennent sous forme de matières organiques **1 500 milliards de tonnes** de carbone

absorption de CO<sub>2</sub> par les végétaux

stockage de carbone organique dans les sols

**1500** Md.t. carbone

**Si on augmente de 4‰ (0,4%)** par an la quantité de carbone contenue dans les sols, **on stoppe l'augmentation annuelle de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère**, en grande partie responsable de l'effet de serre et du changement climatique

augmentation de l'absorption de CO<sub>2</sub> par les végétaux :

sols cultivés, prairies, forêts...

stockage de **+4‰** de carbone dans les sols mondiaux

= des sols + fertiles  
= des sols + adaptés aux effets du changement climatique

### COMMENT STOCKER PLUS DE CARBONE DANS LES SOLS ?

Plus on couvre les sols, plus les sols sont riches en matière organique, et donc en carbone. Jusqu'à présent, la lutte contre le réchauffement climatique s'est beaucoup focalisée sur protection et la restauration des forêts. En dehors des forêts, il faut favoriser le couvert végétal sous toutes ses formes.

☀️

Ne pas laisser un sol nu et moins travailler le sol : les techniques sans labour

☘️

Introduire davantage de cultures intermédiaires, intercalaires et de bandes enherbées

🌳

Développer les haies en bordure des parcelles agricoles et l'agroforesterie

🐄

Optimiser la gestion des prairies, par exemple allonger la durée de pâturage

☀️

Restaurer les terres dégradées, par ex. les zones arides et semi arides du globe

« Cette initiative internationale permet de concilier les objectifs de **sécurité alimentaire** et de **lutte contre le changement climatique**, et donc d'engager dans la COP21, l'ensemble des pays concernés. »

Stéphane Le Foll, ministre de l'Agriculture, de l'Agroalimentaire et de la Forêt



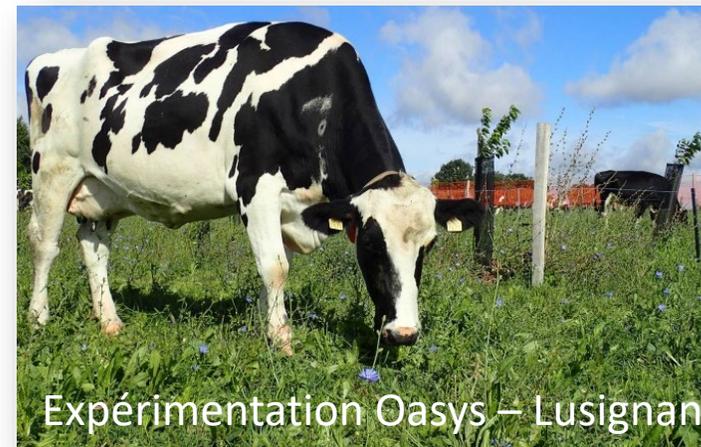
# A l'échelle de l'exploitation

## ❖ Mesures d'anticipation

- ↗ Résilience du système fourrager
  - ✓ Modification de la conduite animale
  - ✓ Modification de la conduite agronomique des prairies
  - ✓ Amélioration génétique des plantes
- Adapter les bâtiments
- Prévoir des espaces ombragés
- Assurer l'alimentation en eau des troupeaux
- Rechercher l'autonomie alimentaire

## ❖ Mesures « correctives »

- Conduites d'alimentation (achat aliments complémentaires, etc.)
- Autres (sevrage précoce, ventes anticipées, décapitalisation, etc.)



(modifié d'après Renaudeau *et al.*, 2014)

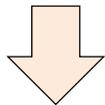


# Elevage et stratégies d'adaptation aux aléas

Synthèse des pratiques dans 3 régions : Grand Ouest (Climaster ; bovins lait), Régions méditerranéennes (Climfourel ; ovins lait/viande, bovins lait/viande, caprins, équins), Alpes du Nord-Jura (Climadapt-Greenland ; bovins lait, ovins viande)

## Gestion de crise

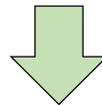
- Achats complémentaires
- Avancement de la vente des animaux de réforme



Adapter de manière ponctuelle le système qui "subit"

## Modifications de pratiques

- Cultures à double fin
- Gestion des prairies
- Surfaces peu productives/peu utilisées



Limiter l'impact d'une année sèche

## Modifications du système d'exploitation

- Pratiques (variétés, espèces, sursemis)
- Systèmes fourragers (intensification vs. extensification)



Adapter le système pour le rendre plus résistant

## Rupture : changement de système

- Diversification
- Vente directe
- Baisse du cheptel



Changer de système pour éviter l'impasse

(d'après Noury *et al.*, 2013)

# Expertise Scientifique Collective (ESCo) sur l'impact cumulé des retenues

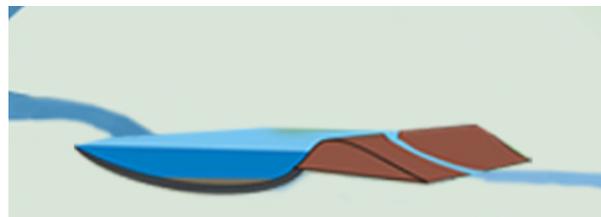
Effets d'une retenue isolée :

⇒ Nécessité de prendre en compte les 3 composantes :



**Bassin amont :**

Géologie, topographie, pédologie, occupation du sol, pratiques agricoles



**Retenue :**

Volume, surface, type d'alimentation, mode de restitution, dynamique de prélèvement, position dans le bassin versant, par rapport au cours d'eau



**Cours d'eau récepteur :**

Débit, substrat, présence d'affluents, alimentations diffuses, style du cours d'eau

⇒ Grande diversité de situations possibles



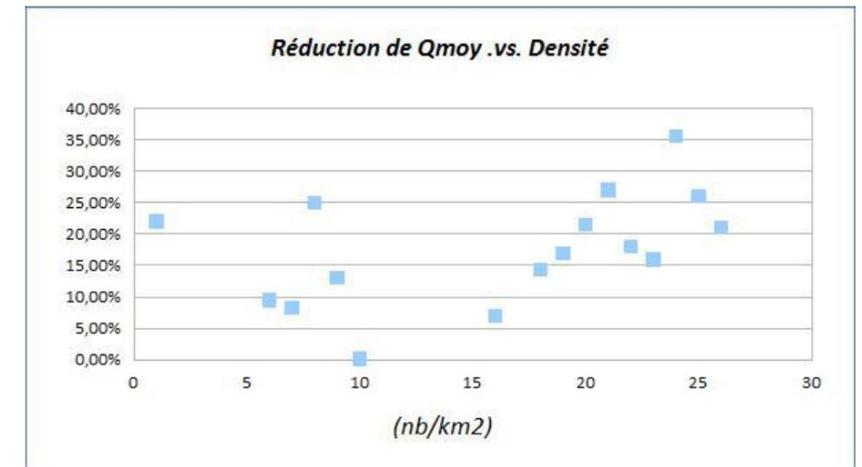
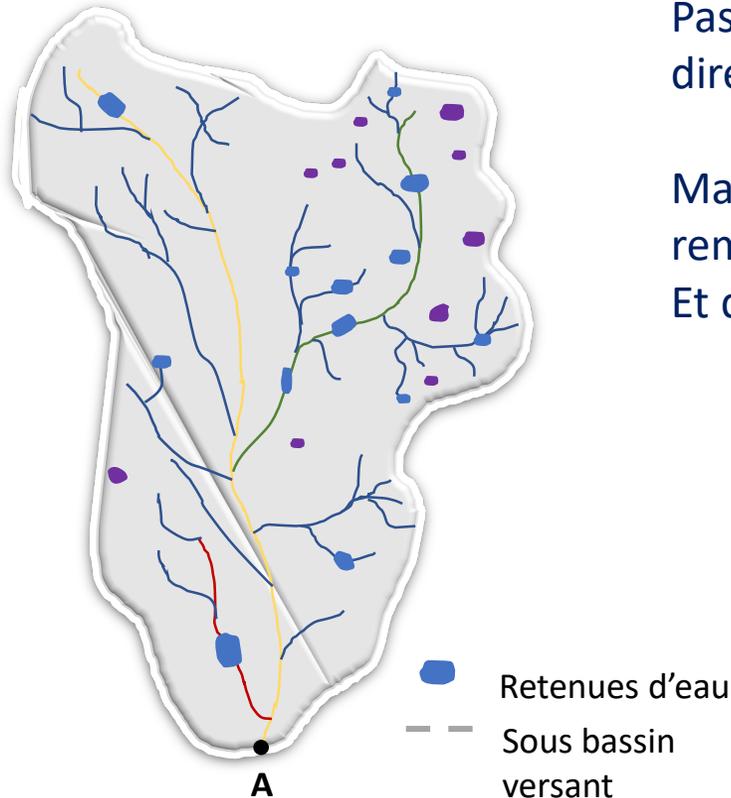
# Expertise Scientifique Collective (ESCo) sur l'impact cumulé des retenues

Effets cumulés des retenues

⇒ Importance de l'implantation des retenues dans le bassin, des connexions entre elles

Pas de résultat, d'indicateur ou de descripteur directement transposable

Mais des modèles et métriques qui peuvent être remobilisés,  
Et demandent à être transposés, validés et calibrés



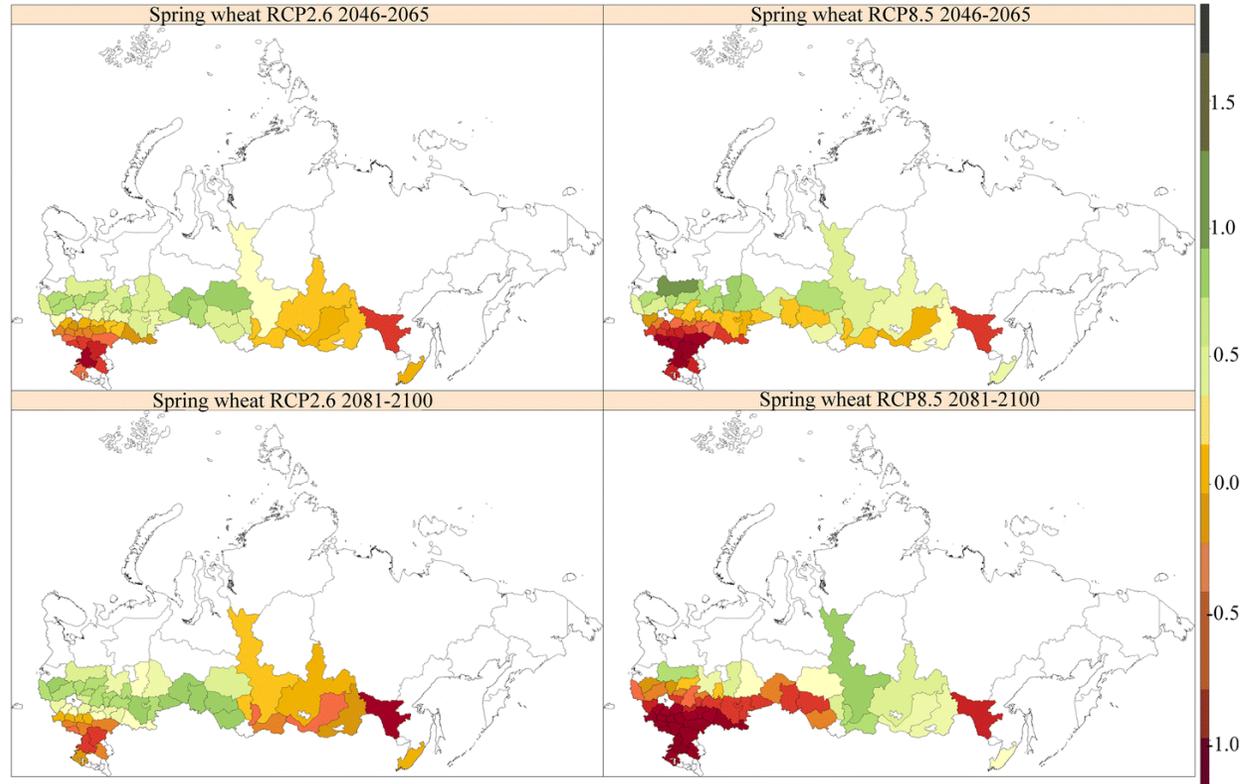
# Les questions politiquement incorrectes

- Le changement climatique peut-il avoir des avantages?
- L'agriculture biologique peut elle ne pas avoir un effet positif sur le CC?

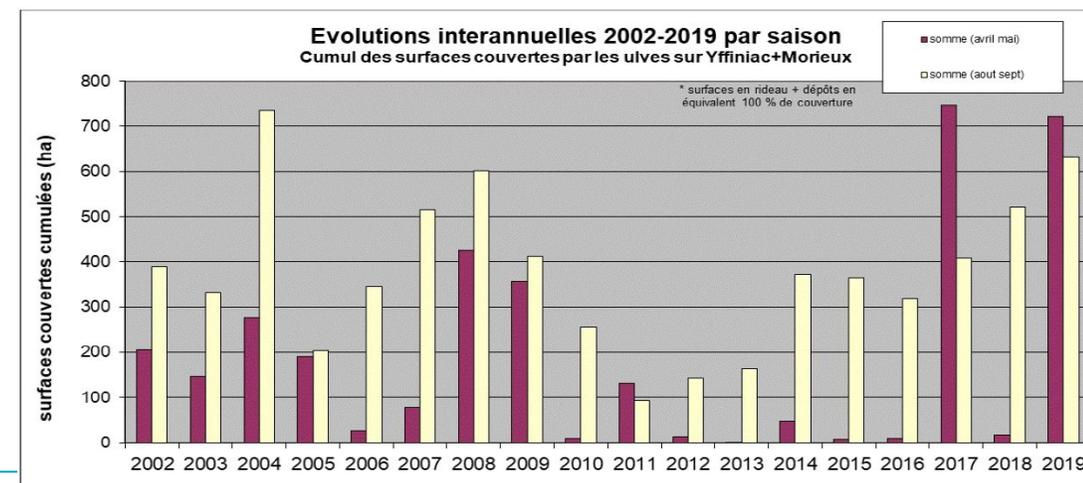
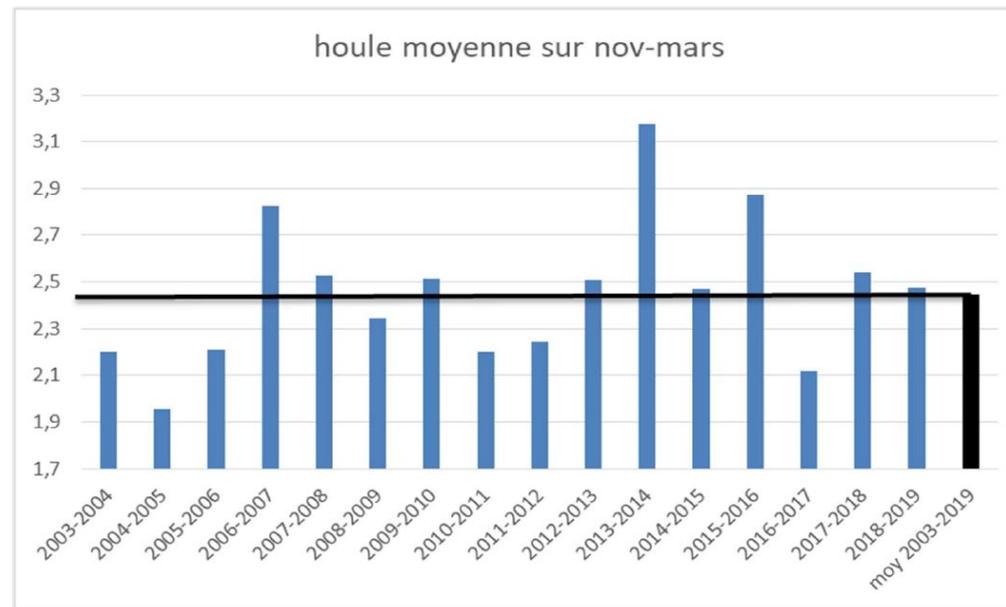
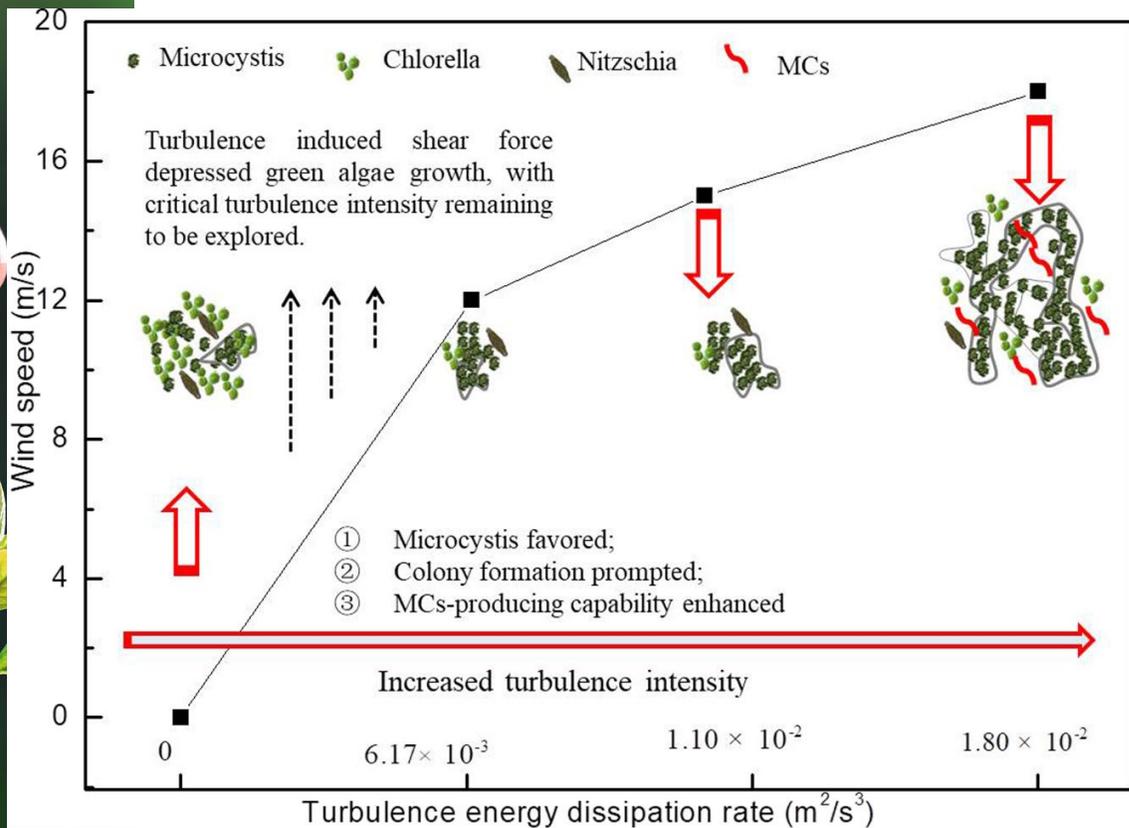
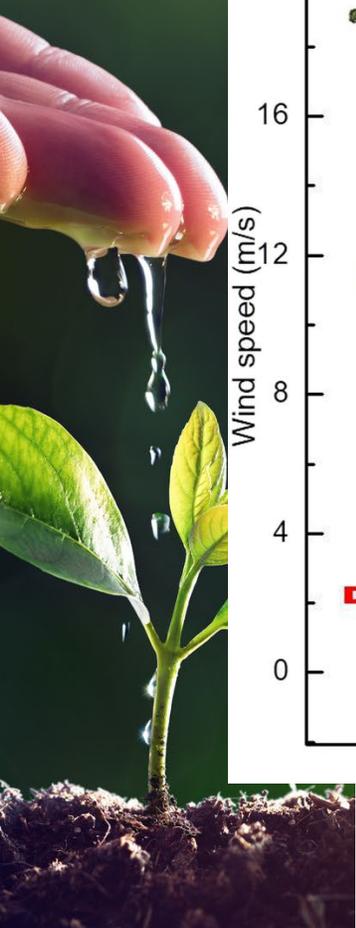


# Effets du CC sur la production agricole

Spatial distribution of climate change impact: Spring wheat



En Russie, les pertes de rendement dans les régions actuellement productives ne seront pas compensées par les gains dans les régions plus froides



JOURNÉE TECHNIQUE NATIONALE EAU & AGRICULTURE  
14 NOVEMBRE 2019 – SAINT-MALO

# Conclusions

- Les impacts du C.C. sur le cycle de l'eau sont déjà sensibles et affectent l'agriculture au premier chef.
- Ils vont s'accroître dans les décennies à venir quel que soient les politiques menées -> adaptations nécessaires
- Les leviers d'adaptation sont nombreux et diversifiés, notamment dans les zones tempérées.
- Combiner solutions basées sur la nature et sur la technologie est indispensable -> *forte stimulation de l'innovation*
- La solidarité et le sens de l'intérêt général sont plus que jamais essentiels pour réussir la future Gestion Intégrée de la Ressource en Eau.

