

# Influence historique de l'irrigation dans le bassin de la Seine

*Agnès Ducharne<sup>1</sup>, Pedro Arboleda-Obando<sup>1</sup>, Lucia Rinchiuso<sup>1</sup>, Luiza Vargas<sup>1</sup>, Aurélien Baro<sup>1</sup>, Amen Al-Yaari<sup>1</sup>, Frédérique Cheruy<sup>2</sup>, Eric Sauquet<sup>3</sup>*

<sup>1</sup> UMR METIS / Sorbonne Université, CNRS, EPHE, IPSL, Paris

<sup>2</sup> Laboratoire de Météorologie Dynamique / Sorbonne Université, CNRS, Ecole Normale Supérieure, Ecole Polytechnique, IPSL, Paris

<sup>3</sup> UR Riverly / INRAe, Villeurbanne

# La problématique de l'irrigation

## ■ Bénéfices agronomiques de l'irrigation

- Rendements accrus
- Meilleure résilience à la sécheresse (cf. Varenne de l'eau)



**LADEPECHE**.fr

30 aout 2022

Une récolte "catastrophique" en 2022 : la pomme de terre est-elle menacée de pénurie ?



# La problématique de l'irrigation

## ■ Bénéfices agronomiques de l'irrigation

- Rendements accrus
- Meilleure résilience à la sécheresse (cf. Varenne de l'eau) ?

## ■ Inconvénients possibles de l'irrigation

- Vulnérabilité accrue si surface irriguée trop grande (Vicente-Serrano et al. 2017)
- Baisse des débits, accroissement des sécheresses hydrologiques (Wan et al. 2018)
- Salinisation

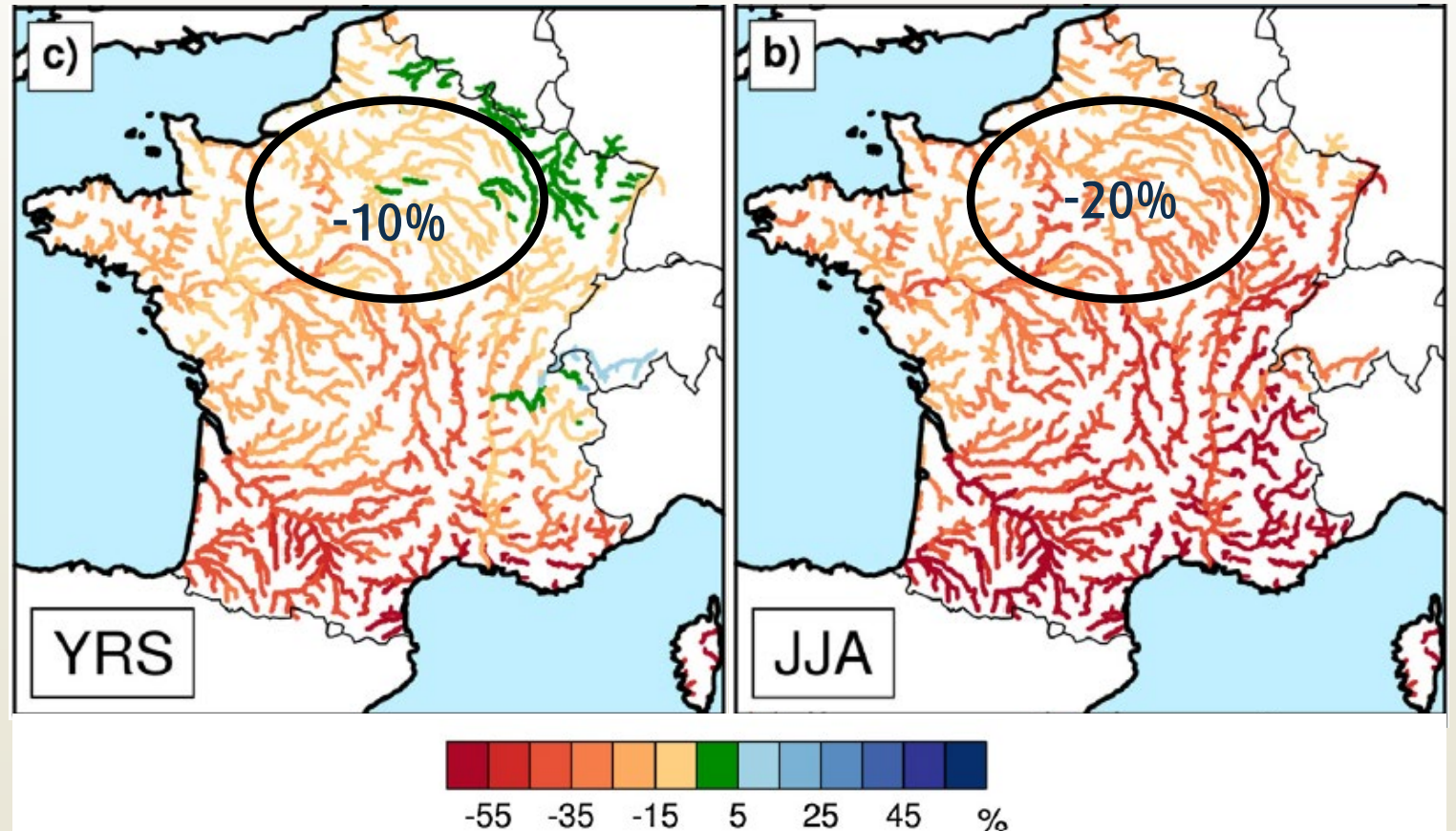
## ■ Interactions avec le climat

- Baisse de la température (Thiery et al. 2020)
- Mais température mouillée & précipitation ?
- Durabilité sous changement climatique, points de bascule ?

# La problématique du changement climatique

- On attend une diminution des ressources en eau en France et Seine avec le changement climatique, avec un accroissement des sécheresses

Dayon et al. 2018  
Changements entre  
2070-2100 et 1960-1990  
Basés sur projections CMIP5  
sous RCP8.5 régionalisées  
Modèle hydrologique SIM  
Pas de correction de biais





# La problématique du changement climatique

- Cette baisse est déjà perceptible à l'échelle de la France : pluies efficaces -14% entre 1990-2001 et 2002-2018
- Mais pas encore d'évolution notable dans le BV Seine

## Évolutions de la ressource en eau renouvelable en France métropolitaine de 1990 à 2018

JUIN 2022



**Graphique 9 : synthèse de l'évolution de la ressource en eau renouvelable annuelle, par sous-bassin DCE\* administratif, de 1990 à 2018**



# La problématique de l'adaptation

1<sup>er</sup> février 2022

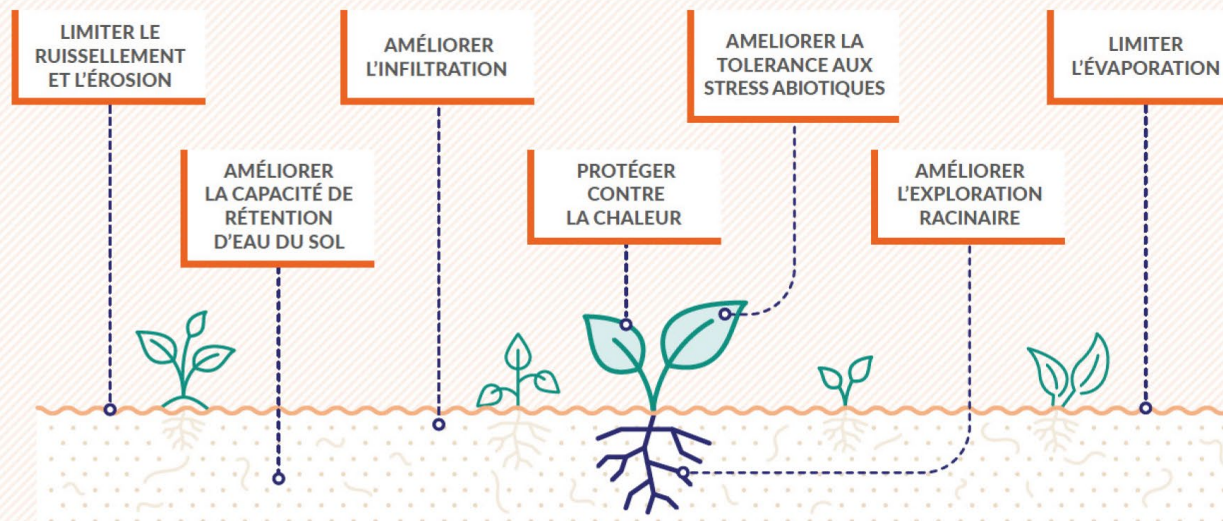
## 1 AGIR À L'ÉCHELLE DE L'EXPLOITATION

### Les Objectifs



## 2 AGIR À L'ÉCHELLE DE LA PARCELLE

### Les Objectifs



L'irrigation est une des solutions d'adaptation privilégiées



# Plan de l'exposé

- Etat des lieux de l'irrigation dans le bassin de la Seine
- Tendances climatiques et hydrologiques observées
- Tendances climatiques simulées
- Progrès en cours pour modéliser l'irrigation  
le modèle ORCHIDEE
- Perspectives

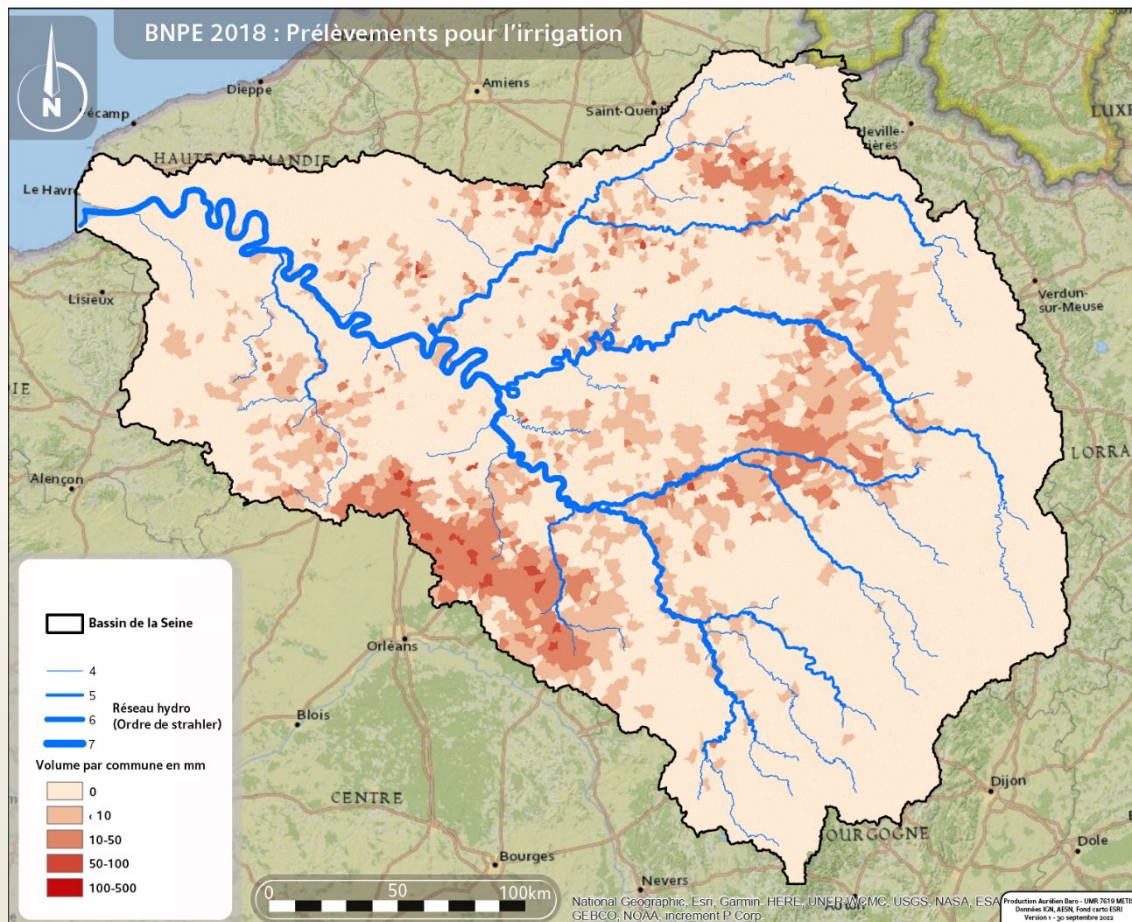
Influence  
historique

dans

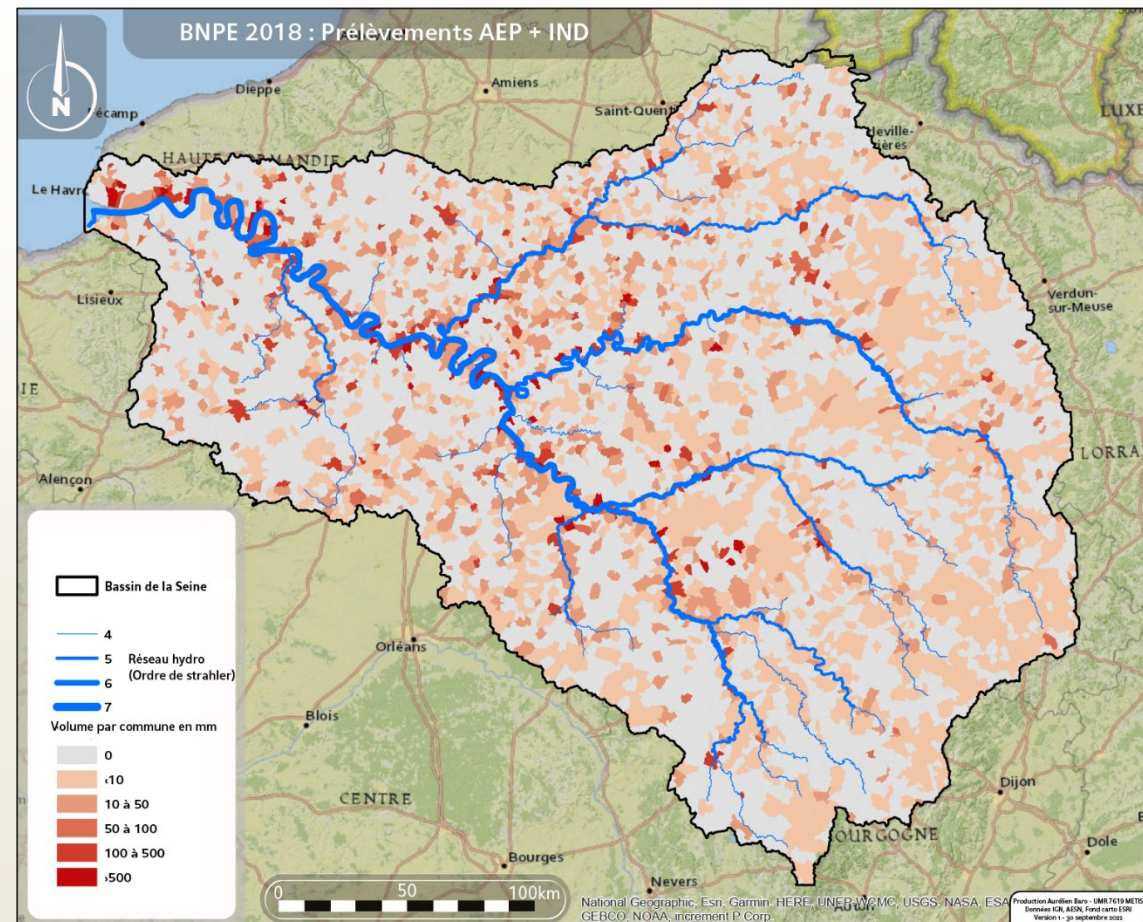
Changement  
climatique



# L'irrigation dans le bassin de la Seine



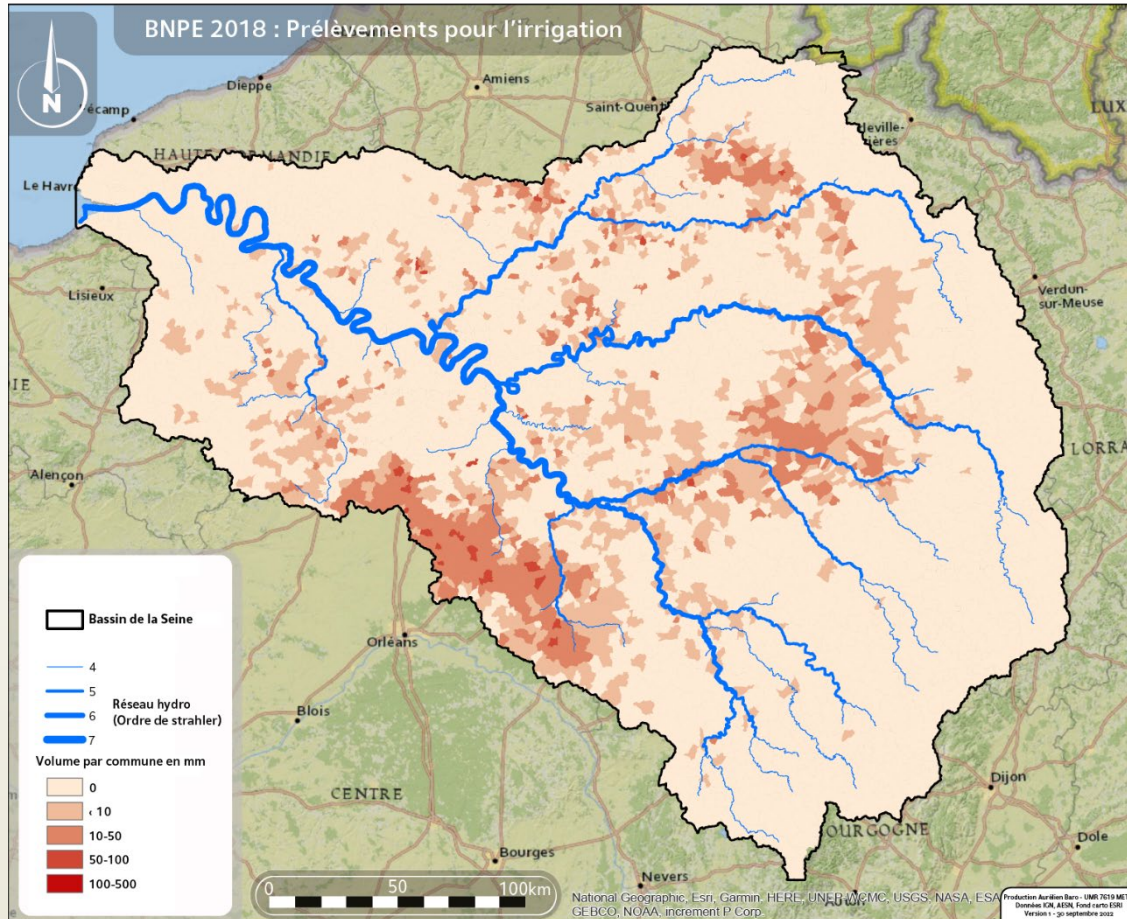
Prélèvements pour l'irrigation (BNPE 2018)  
(mm/an)



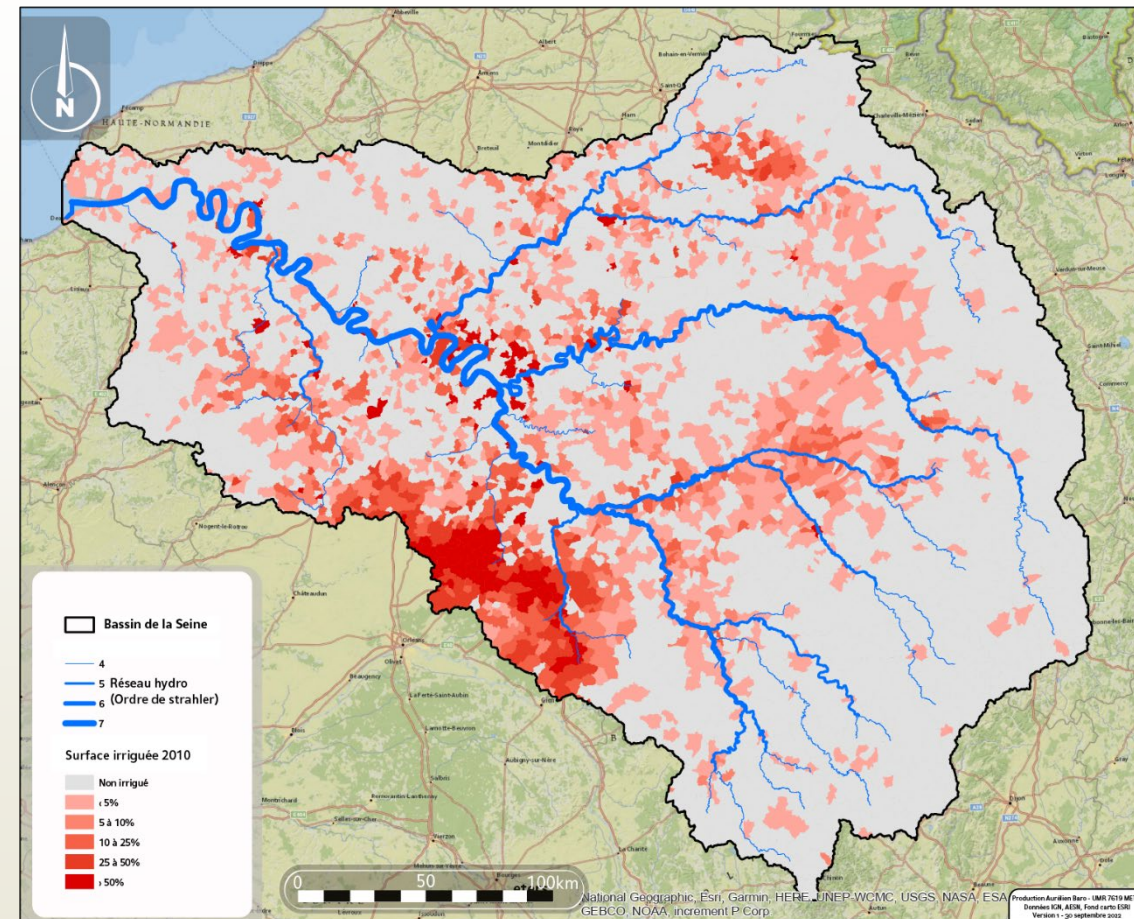
Prélèvements AEP + Industries (BNPE 2018)  
(mm/an)



# L'irrigation dans le bassin de la Seine



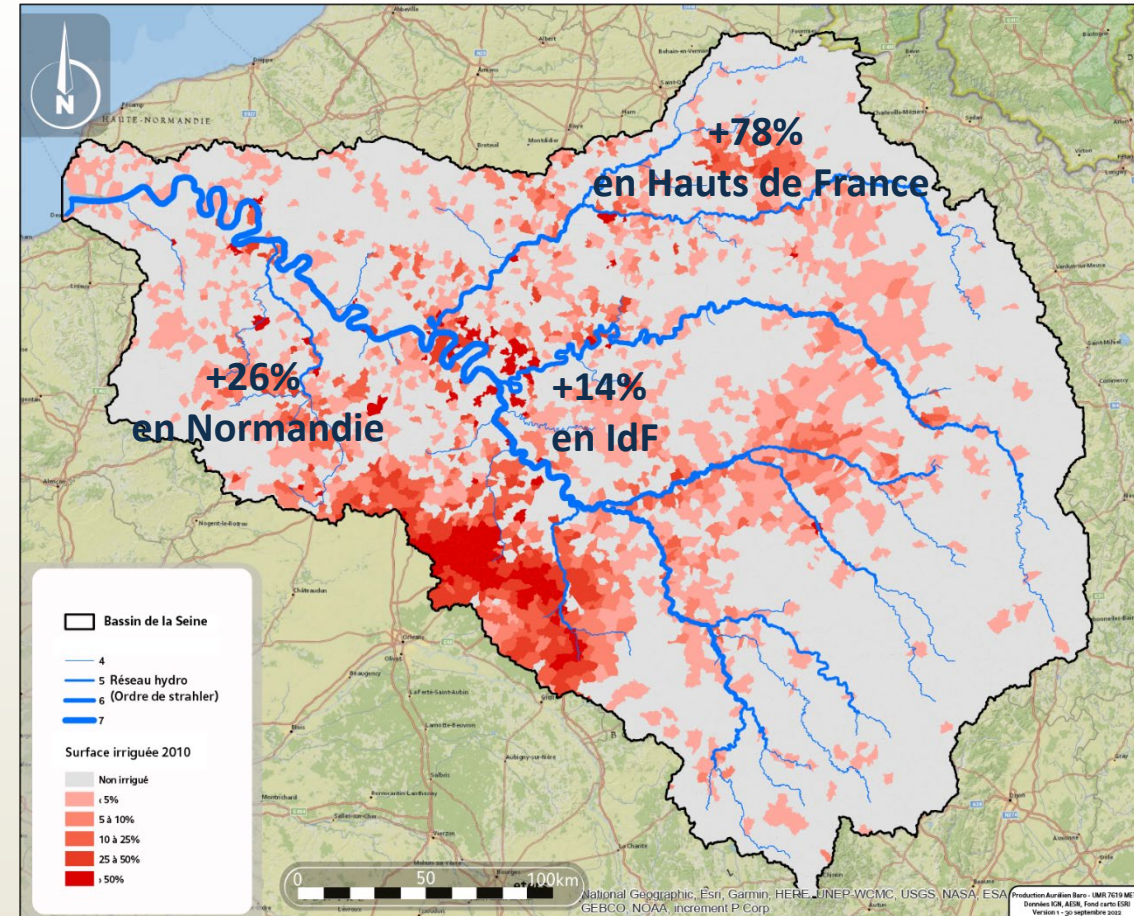
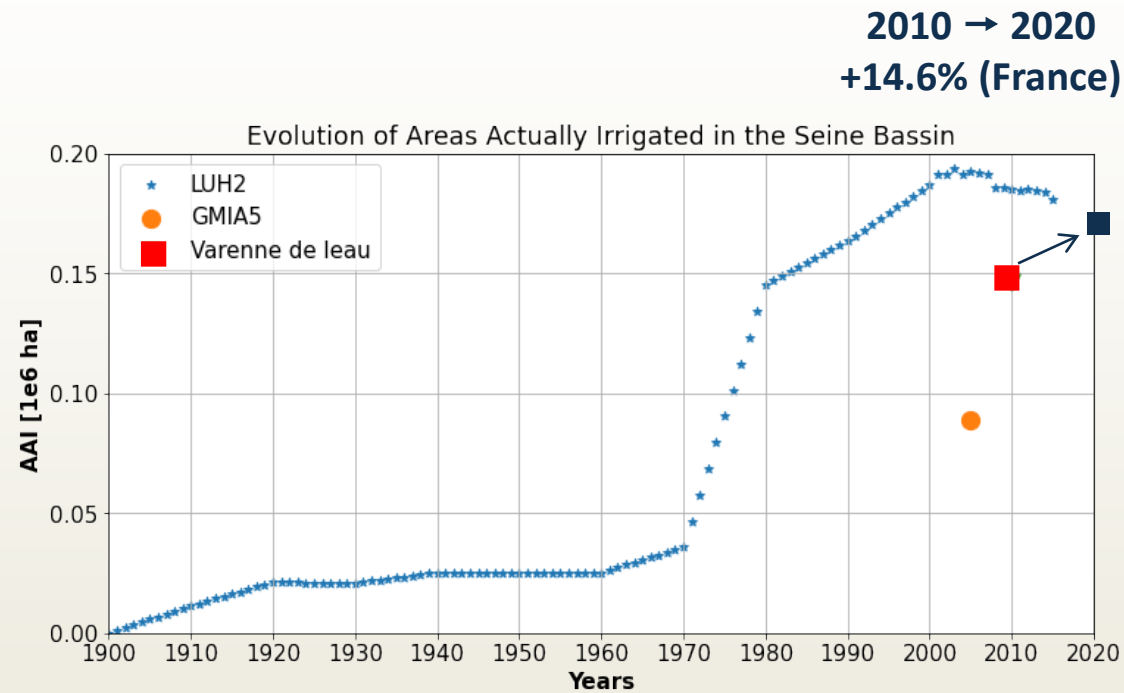
Prélèvements pour l'irrigation (BNPE 2018)  
(mm/an)



Surfaces irriguées Agreste 2010  
(% de la surface des communes)

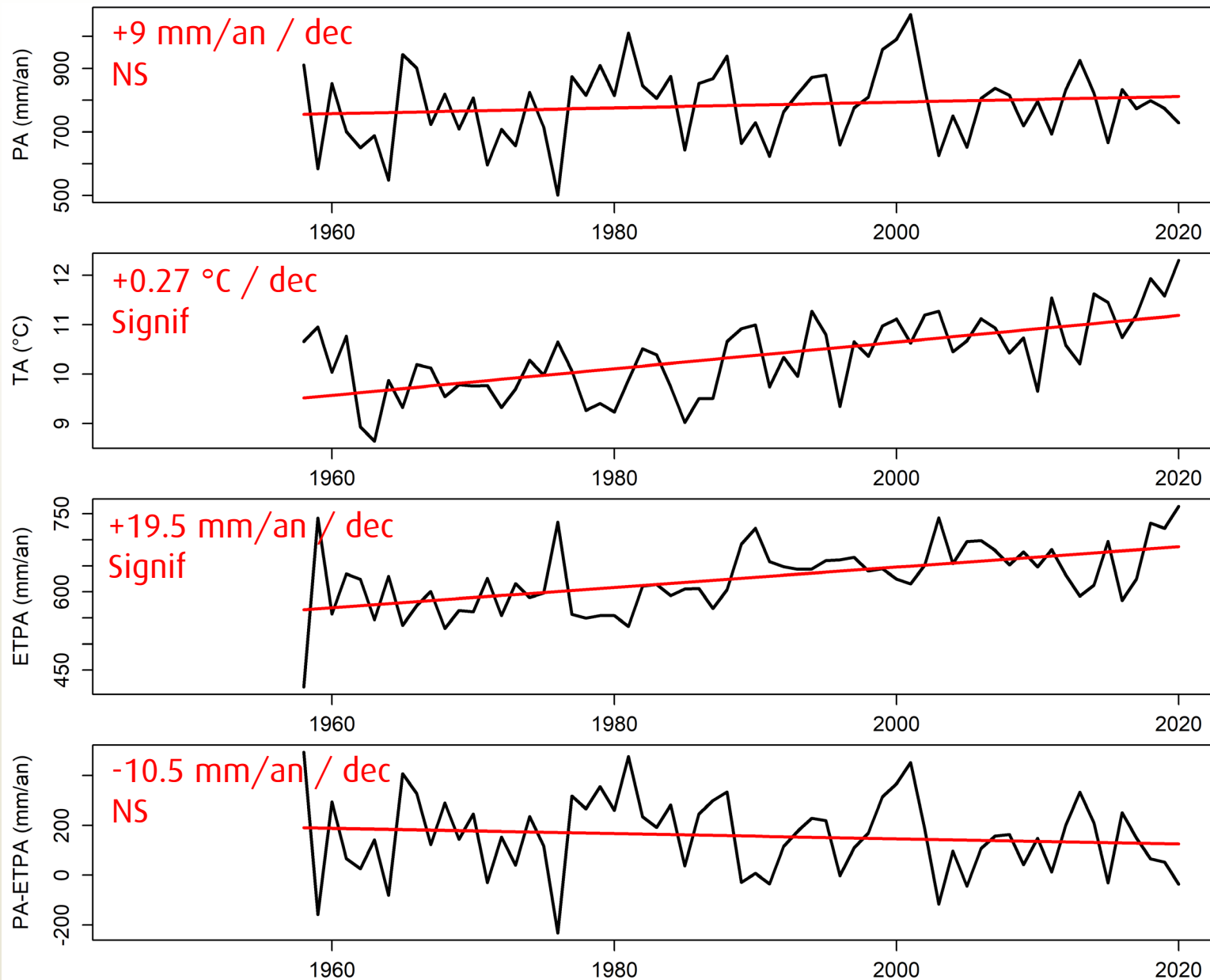


# L'irrigation dans le bassin de la Seine



Surfaces irriguées Agreste 2010  
(% de la surface des communes)

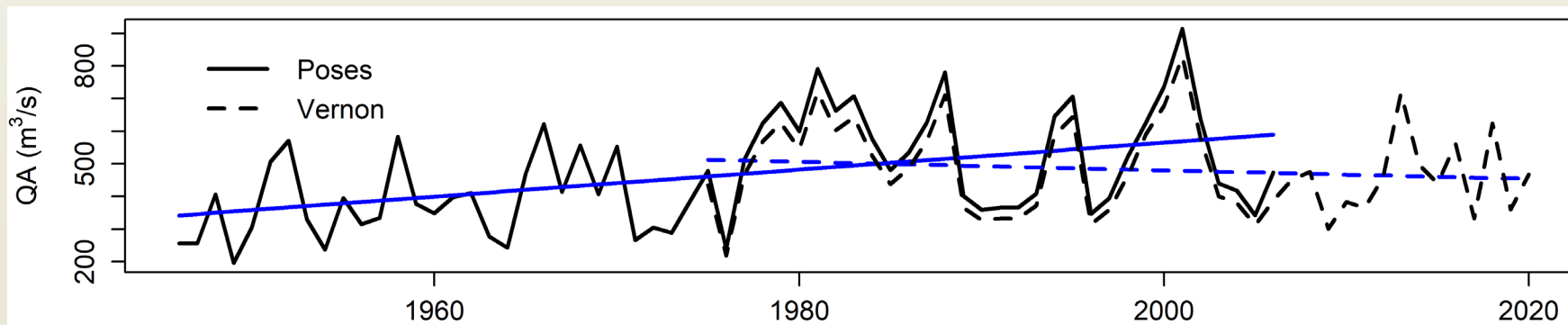
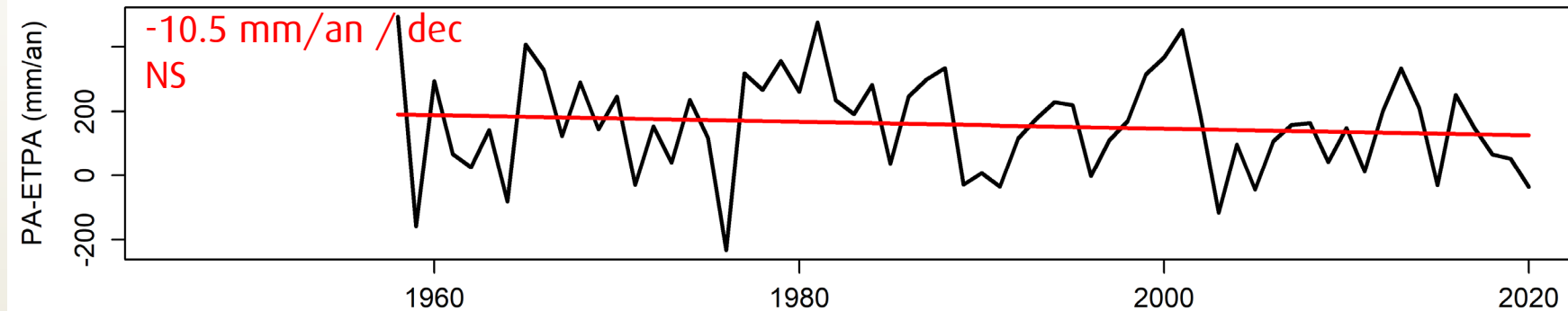
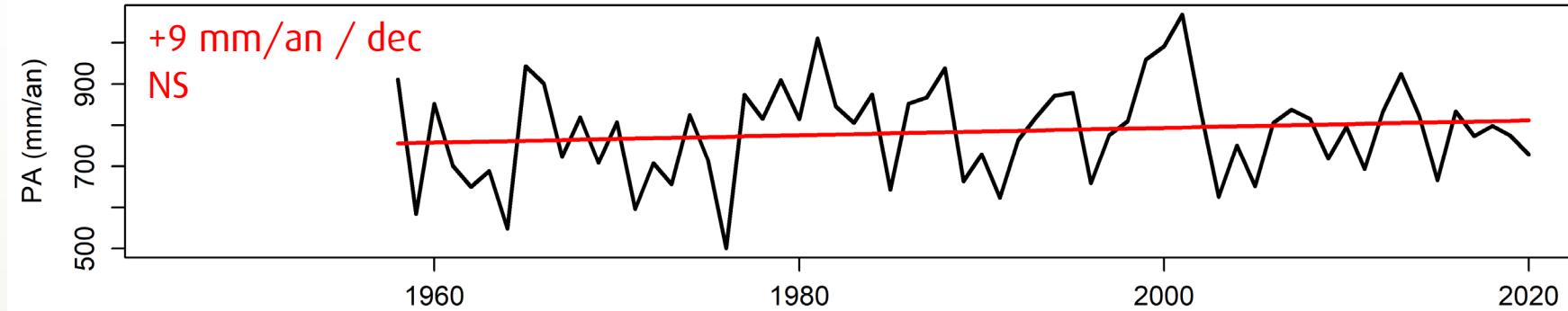
# Evolution climatique 1958-2020



Données SAFRAN  
Moyennes BV Seine



# Evolution hydrologique



Poses 1941-2005  
+41 m<sup>3</sup>/s / dec  
Signif

Vernon 1975-2021  
-13 m<sup>3</sup>/s / dec  
NS

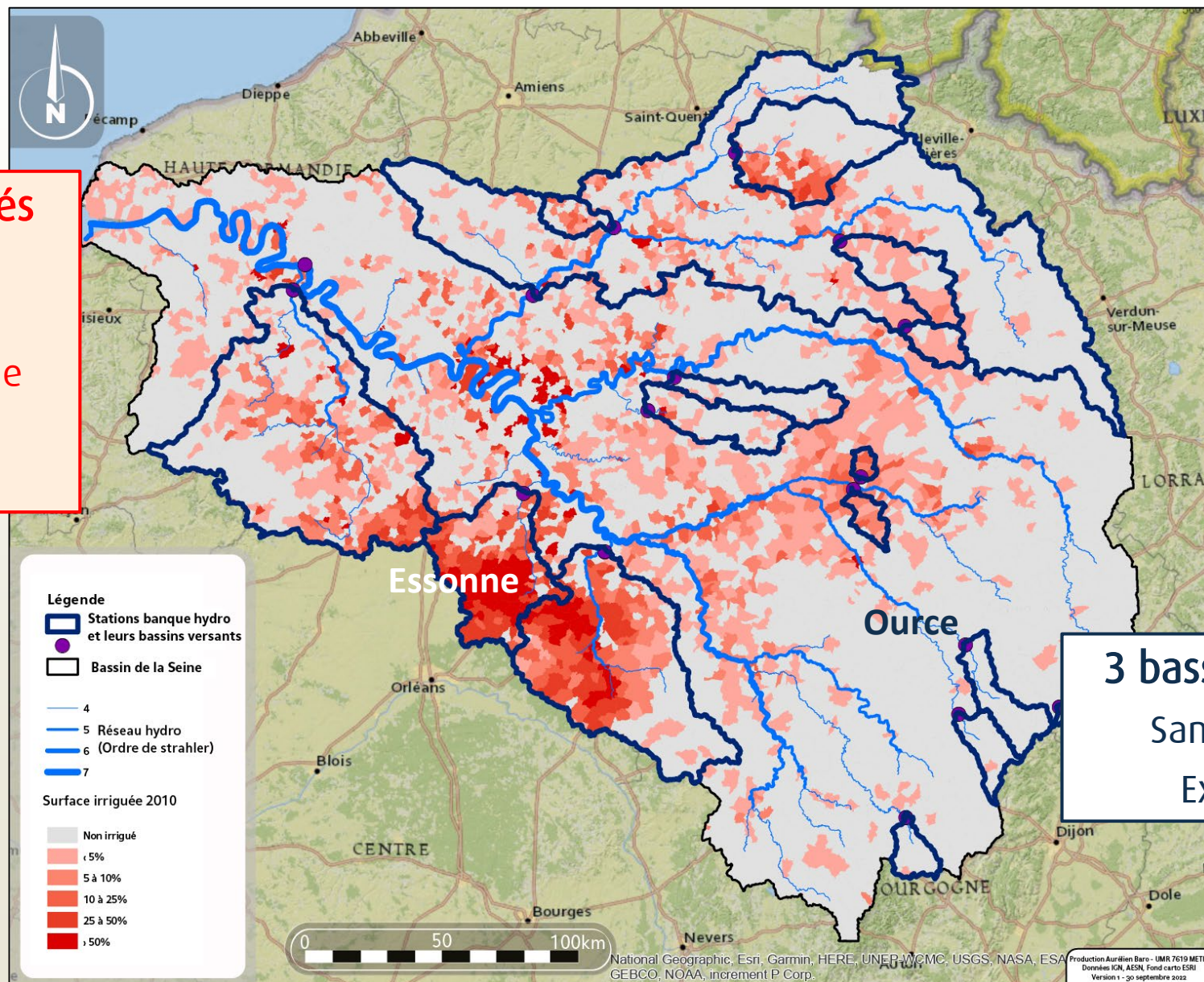
# Liens irrigation – tendances hydrologiques

**12 bassins irrigués**

Fraction irriguée  
0.5 à 40%

Irrigation moyenne  
0.5 à 28 mm/an

Max = Essonne



**3 bassins témoins**

Sans irrigation

Ex = Ource

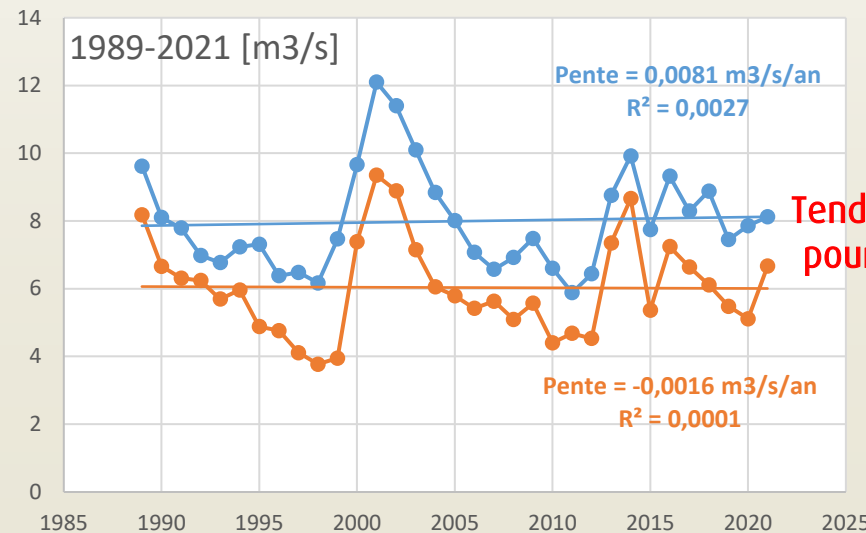
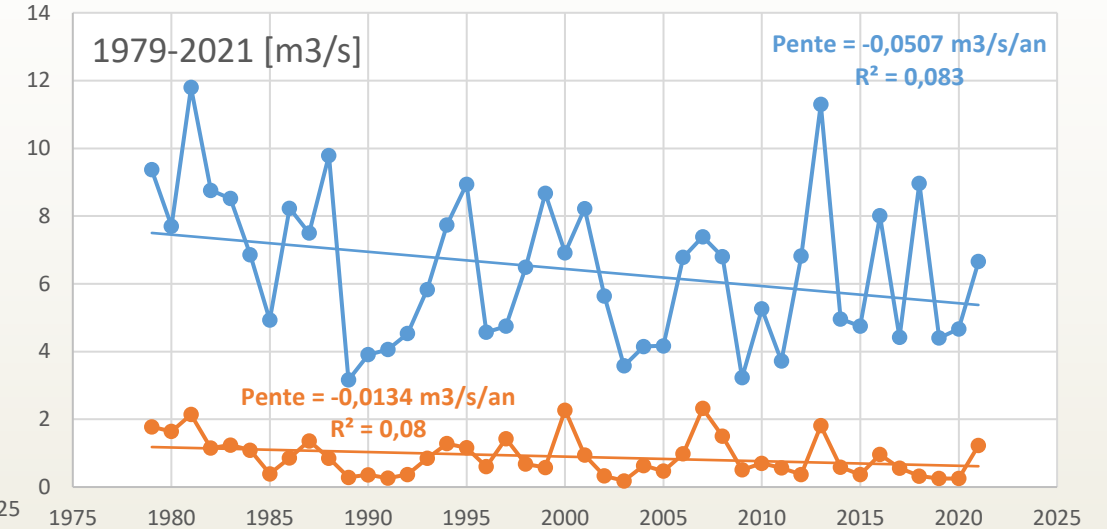
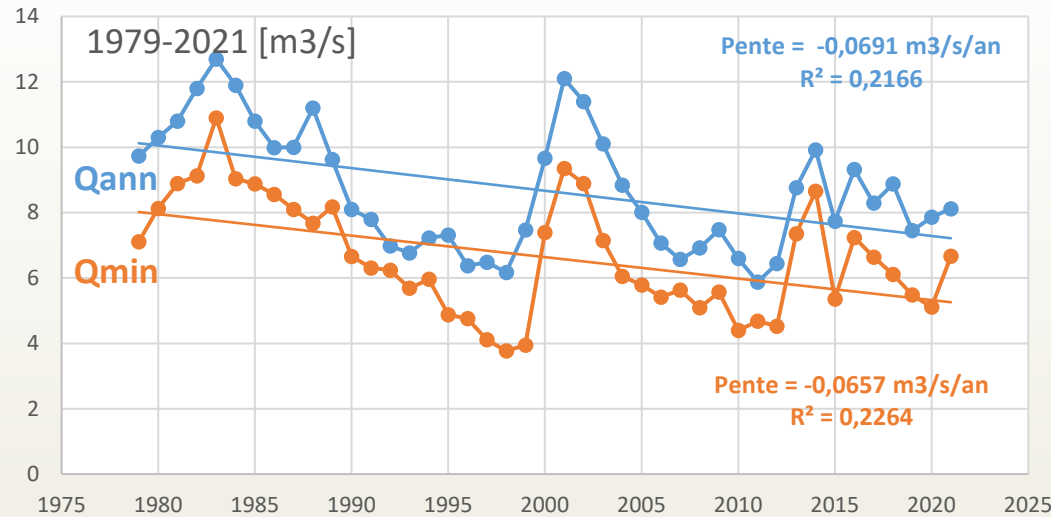
Pas de grosses différences...

## Essonne

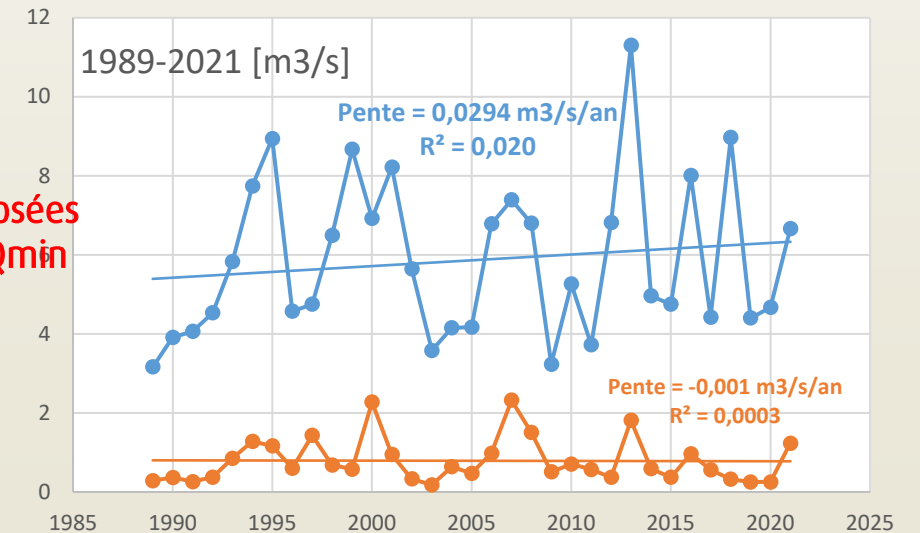
Fraction irriguée = 40%  
Irrigation moyenne = 28 mm/an

## Ource

Sans irrigation



Tendances opposées pour Qann et Qmin





# Généralisation

Pente(Qmin) - Pente(Qann)  
Qann

Code		Fraction irriguée %	Prélèvements		1979-2021		1989-2021				
Hydro2	Bassin		Irrigation mm	Totaux mm	Qann m3/s	Pente %/dec	Qann m3/s	Pente %/dec	Qmin m3/s	Pente %/dec	Diff Pente %/dev
H4042010	Essonne à Ballancourt Herbissonne à	39,9	<b>27,7</b>	49,3	8,7	<b>-8,65</b>	8,0	<b>1,01</b>	6,03	<b>-0,27</b>	<b>-1,21</b>
H1503910	Allibaudières	15,3	<b>26,6</b>	26,6	0,3	<b>-22,18</b>	0,3	<b>19,12</b>	0,02	<b>-13,49</b>	<b>-20,27</b>
H1513210	Barbuisse à Pouan	8,5	<b>18,5</b>	24,7	0,8	<b>-7,30</b>	0,7	<b>12,45</b>	0,19	<b>8,87</b>	<b>-10,02</b>
H3621010	Loing à Episy	12,3	<b>14,2</b>	33,9	20,3	<b>-2,54</b>	18,6	<b>11,92</b>	6,58	<b>12,70</b>	<b>-7,44</b>
H7423711	Aronde à Clairoix	6,0	<b>12,0</b>	32,9	1,2	<b>-13,92</b>	1,1	<b>-8,35</b>	0,67	<b>-13,83</b>	<b>-0,19</b>
H7162010	Serre à Pont à Bucy	3,3	<b>6,4</b>	14,3	14,6	<b>6,25</b>	13,9	<b>-2,33</b>	6,55	<b>-5,83</b>	<b>-0,43</b>
H9501010	Eure à Louviers	4,7	<b>4,1</b>	30,1	25,1	<b>-6,13</b>	23,5	<b>-0,09</b>	15,57	<b>0,03</b>	<b>0,11</b>
<b>H8110010</b>	<b>Seine à Vernon</b>	<b>2,9</b>	<b>3,7</b>	<b>2643,9</b>	<b>504,7</b>	<b>-6,00</b>	<b>481,2</b>	<b>5,54</b>	<b>215,60</b>	<b>1,93</b>	<b>-4,67</b>
H7611010	Oise à Creil	1,2	<b>2,4</b>	653,9	111,3	<b>-6,50</b>	104,5	<b>0,08</b>	39,18	<b>-0,32</b>	<b>-0,20</b>
H5412020	Petit Morin à Jouarre Grand Morin à	0,7	<b>0,7</b>	9,8	3,4	<b>-5,06</b>	3,4	<b>0,45</b>	1,14	<b>-5,88</b>	<b>-2,44</b>
H5732010	Pommeuse	0,7	<b>0,5</b>	12,1	5,5	<b>-8,48</b>	5,2	<b>-9,25</b>	2,31	<b>-3,33</b>	<b>7,76</b>
H0321030	Ource à Attricourt	0	<b>0</b>	64,7	6,4	<b>-8,65</b>	5,9	<b>5,01</b>	0,79	<b>-1,27</b>	<b>-5,19</b>
H0100010	Seine amont à Nod	0	<b>0</b>	2,1	4,6	<b>-7,12</b>	4,3	<b>2,98</b>	0,68	<b>-0,89</b>	<b>-3,12</b>
H2322010	Serein à Bierre	0	<b>0</b>	0,8	2,4	<b>-10,26</b>	2,2	<b>3,51</b>	0,15	<b>6,83</b>	<b>-3,05</b>

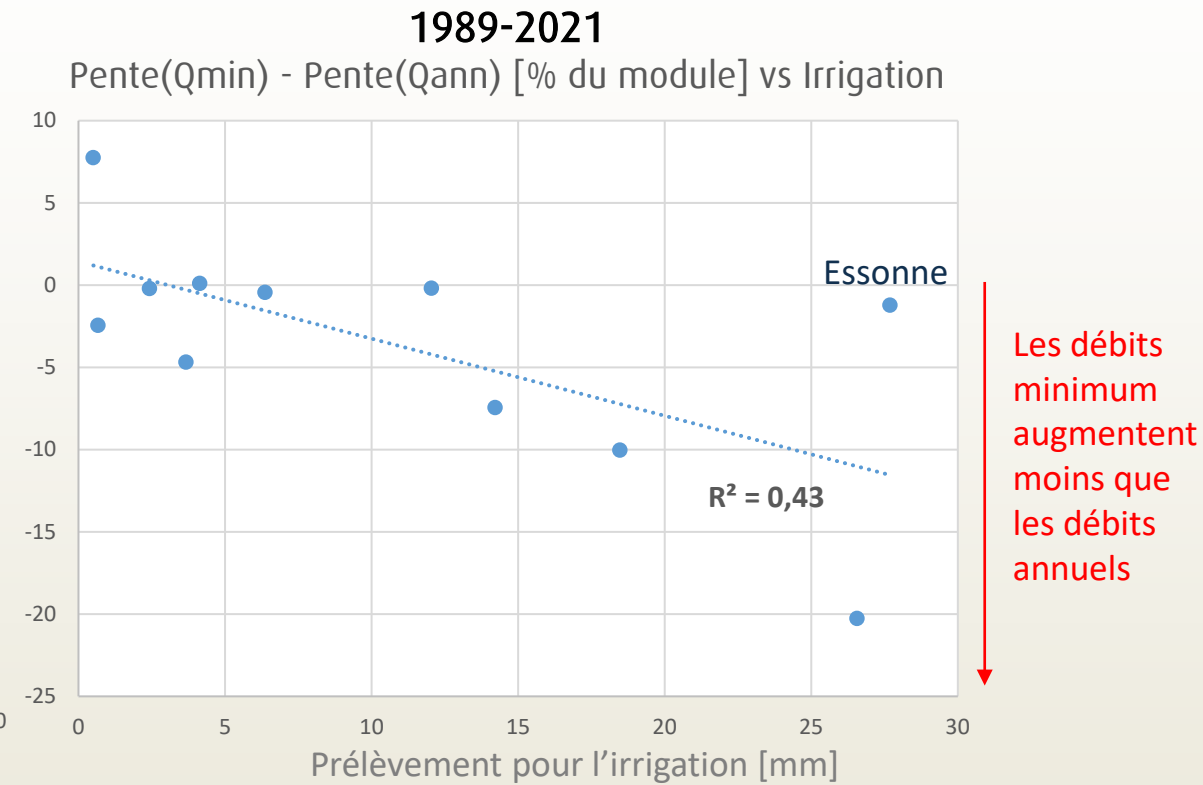
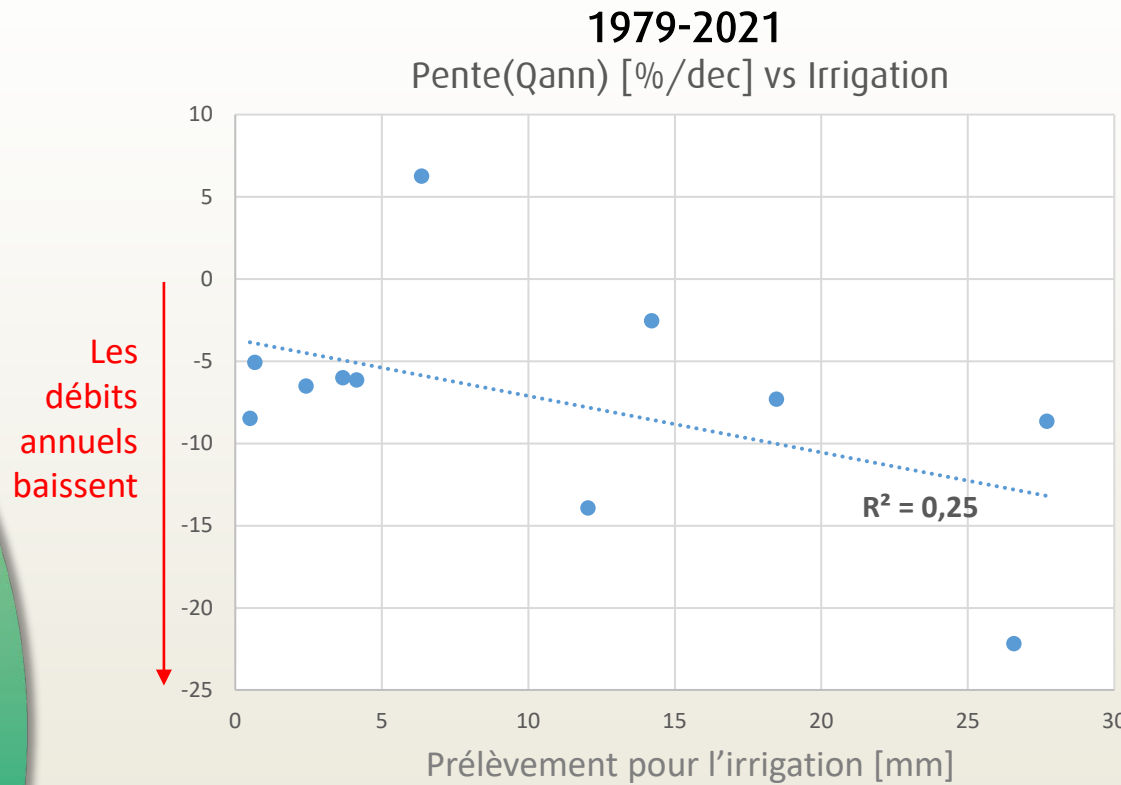
Tendances (pentes) rarement significatives (gras) et non robustes dans le temps  
Dépendance des tendances à l'irrigation non robustes dans le temps

# Généralisation

Pente(Qmin) - Pente(Qann)  
Qann

Code		Fraction irriguée %	Prélèvements		1979-2021		1989-2021				
Hydro2	Bassin		Irrigation mm	Totaux mm	Qann m3/s	Pente %/dec	Qann m3/s	Pente %/dec	Qmin m3/s	Pente %/dec	Diff Pente %/dev
H4042010	Essonne à Ballancourt Herbissonne à	39,9	<b>27,7</b>	49,3	8,7	<b>-8,65</b>	8,0	<b>1,01</b>	6,03	<b>-0,27</b>	<b>-1,21</b>
H1503910	Allibaudières	15,3	<b>26,6</b>	26,6	0,3	<b>-22,18</b>	0,3	<b>19,12</b>	0,02	<b>-13,49</b>	<b>-20,27</b>
H1513210	Barbuisse à Pouan	8,5	<b>18,5</b>	24,7	0,8	<b>-7,30</b>	0,7	<b>12,45</b>	0,19	<b>8,87</b>	<b>-10,02</b>
H3621010	Loing à Episy	12,3	<b>14,2</b>	33,9	20,3	<b>-2,54</b>	18,6	<b>11,92</b>	6,58	<b>12,70</b>	<b>-7,44</b>
H7423711	Aronde à Clairoix	6,0	<b>12,0</b>	32,9	1,2	<b>-13,92</b>	1,1	<b>-8,35</b>	0,67	<b>-13,83</b>	<b>-0,19</b>
H7162010	Serre à Pont à Bucy	3,3	<b>6,4</b>	14,3	14,6	<b>6,25</b>	13,9	<b>-2,33</b>	6,55	<b>-5,83</b>	<b>-0,43</b>
H9501010	Eure à Louviers	4,7	<b>4,1</b>	30,1	25,1	<b>-6,13</b>	23,5	<b>-0,09</b>	15,57	<b>0,03</b>	<b>0,11</b>
<b>H8110010</b>	<b>Seine à Vernon</b>	<b>2,9</b>	<b>3,7</b>	<b>2643,9</b>	<b>504,7</b>	<b>-6,00</b>	<b>481,2</b>	<b>5,54</b>	<b>215,60</b>	<b>1,93</b>	<b>-4,67</b>
H7611010	Oise à Creil	1,2	<b>2,4</b>	653,9	111,3	<b>-6,50</b>	104,5	<b>0,08</b>	39,18	<b>-0,32</b>	<b>-0,20</b>
H5412020	Petit Morin à Jouarre Grand Morin à	0,7	<b>0,7</b>	9,8	3,4	<b>-5,06</b>	3,4	<b>0,45</b>	1,14	<b>-5,88</b>	<b>-2,44</b>
H5732010	Pommeuse	0,7	<b>0,5</b>	12,1	5,5	<b>-8,48</b>	5,2	<b>-9,25</b>	2,31	<b>-3,33</b>	<b>7,76</b>
H0321030	Ource à Attricourt	0	<b>0</b>	64,7	6,4	<b>-8,65</b>	5,9	<b>5,01</b>	0,79	<b>-1,27</b>	<b>-5,19</b>
H0100010	Seine amont à Nod	0	<b>0</b>	2,1	4,6	<b>-7,12</b>	4,3	<b>2,98</b>	0,68	<b>-0,89</b>	<b>-3,12</b>
H2322010	Serein à Bierre	0	<b>0</b>	0,8	2,4	<b>-10,26</b>	2,2	<b>3,51</b>	0,15	<b>6,83</b>	<b>-3,05</b>

# Généralisation



L'influence de l'irrigation sur les débits du bassin de la Seine est tout sauf claire



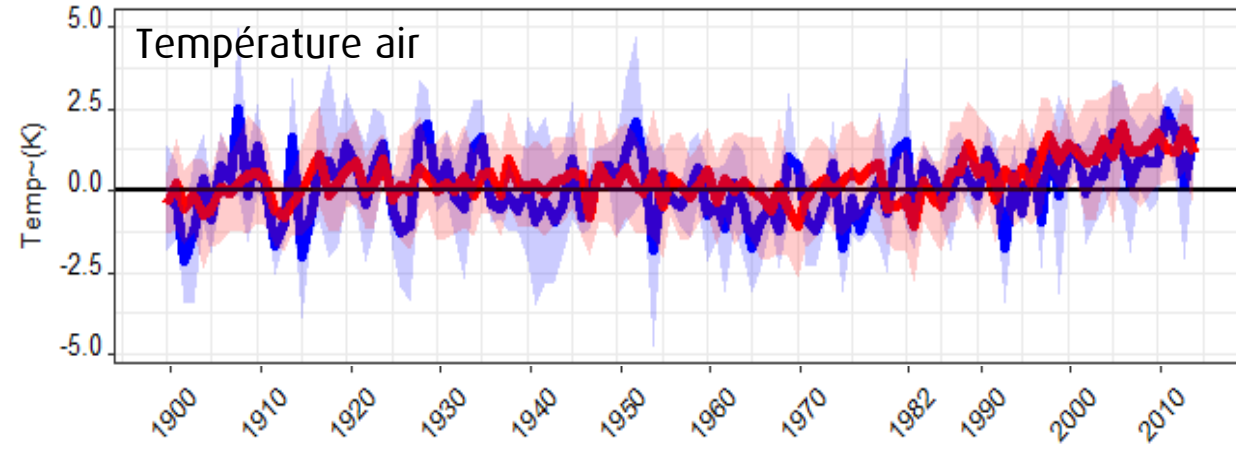
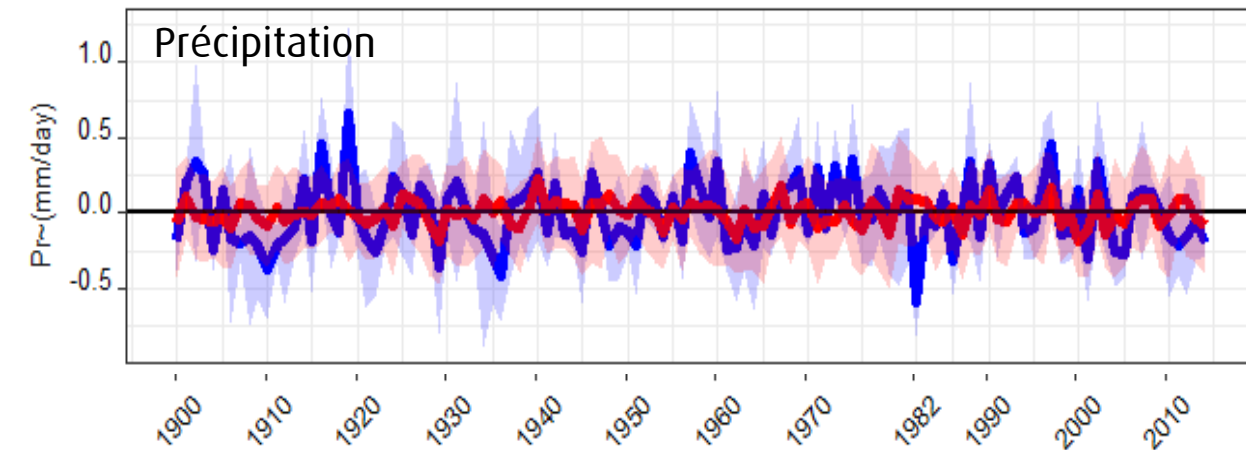
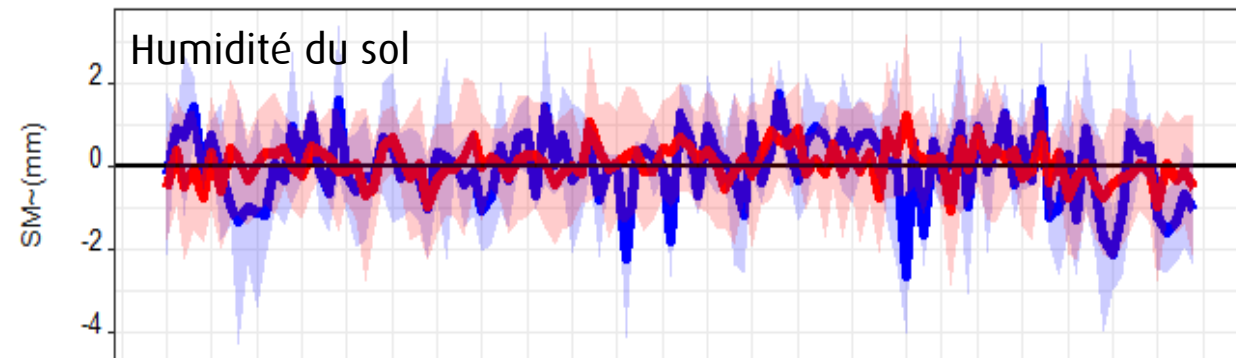
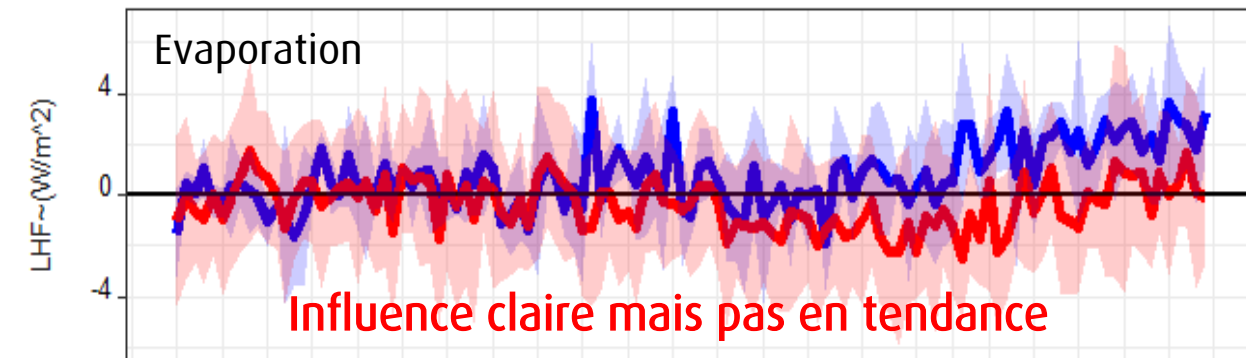
# Tendances climatiques simulées

Modèles de climat CMIP6 1900-2014

3 modèles irrigués vs 18 modèles non irrigués

Moyennes sur bassin de la Seine

Anomalies par rapport à 1900-1920



D'après Al Yaari et al. 2022

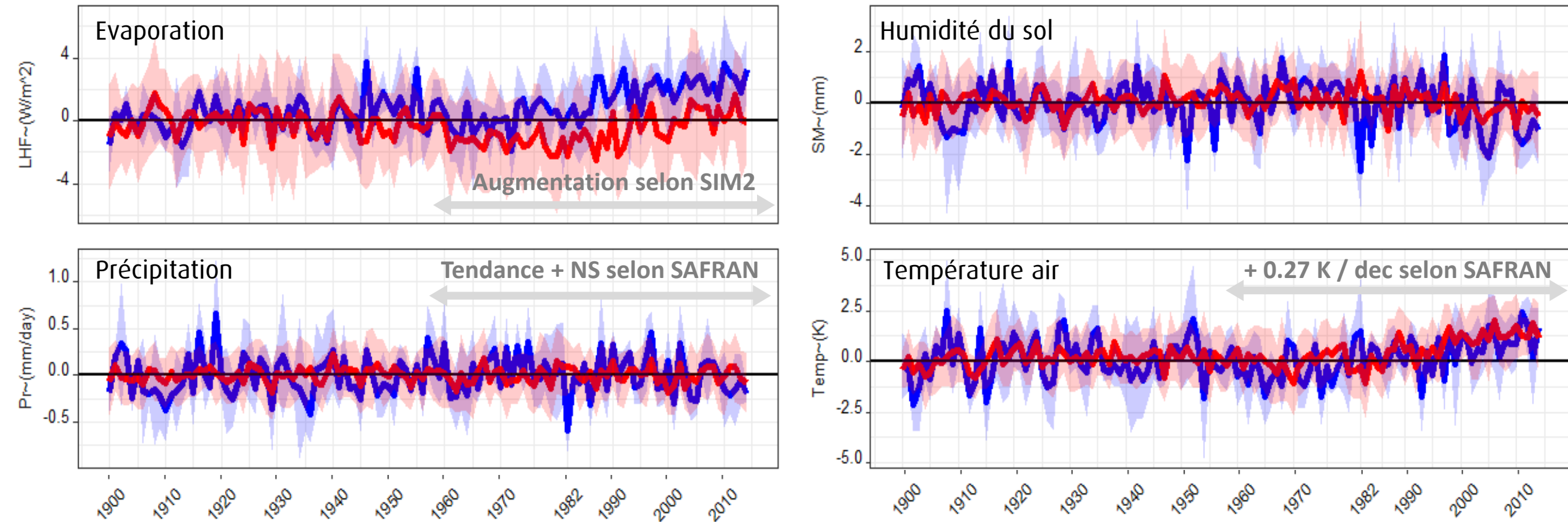
# Tendances climatiques simulées

Modèles de climat CMIP6 1900-2014

3 modèles irrigués vs 18 modèles non irrigués

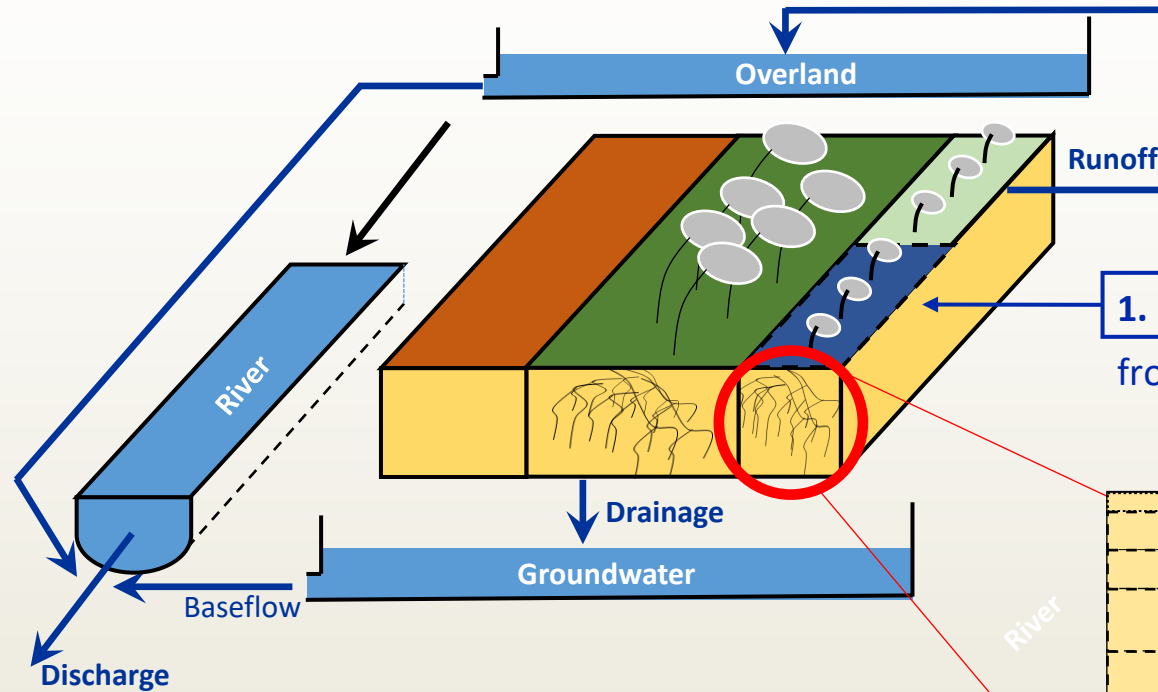
Moyennes sur bassin de la Seine

Anomalies par rapport à 1900-1920



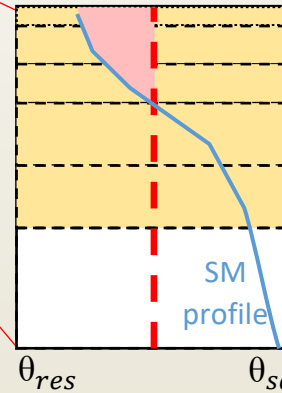
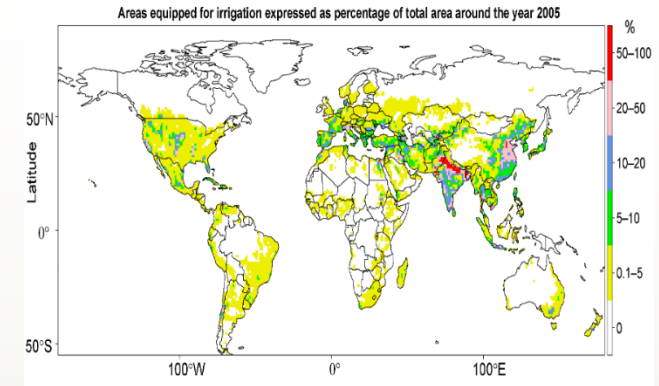
D'après Al Yaari et al. 2022

# Description de l'irrigation dans ORCHIDEE



15 plant functional types incl.  
2 kinds of crops (Wheat and Maize)

1. Irrigation fraction  $f_{irr}$   
from global map

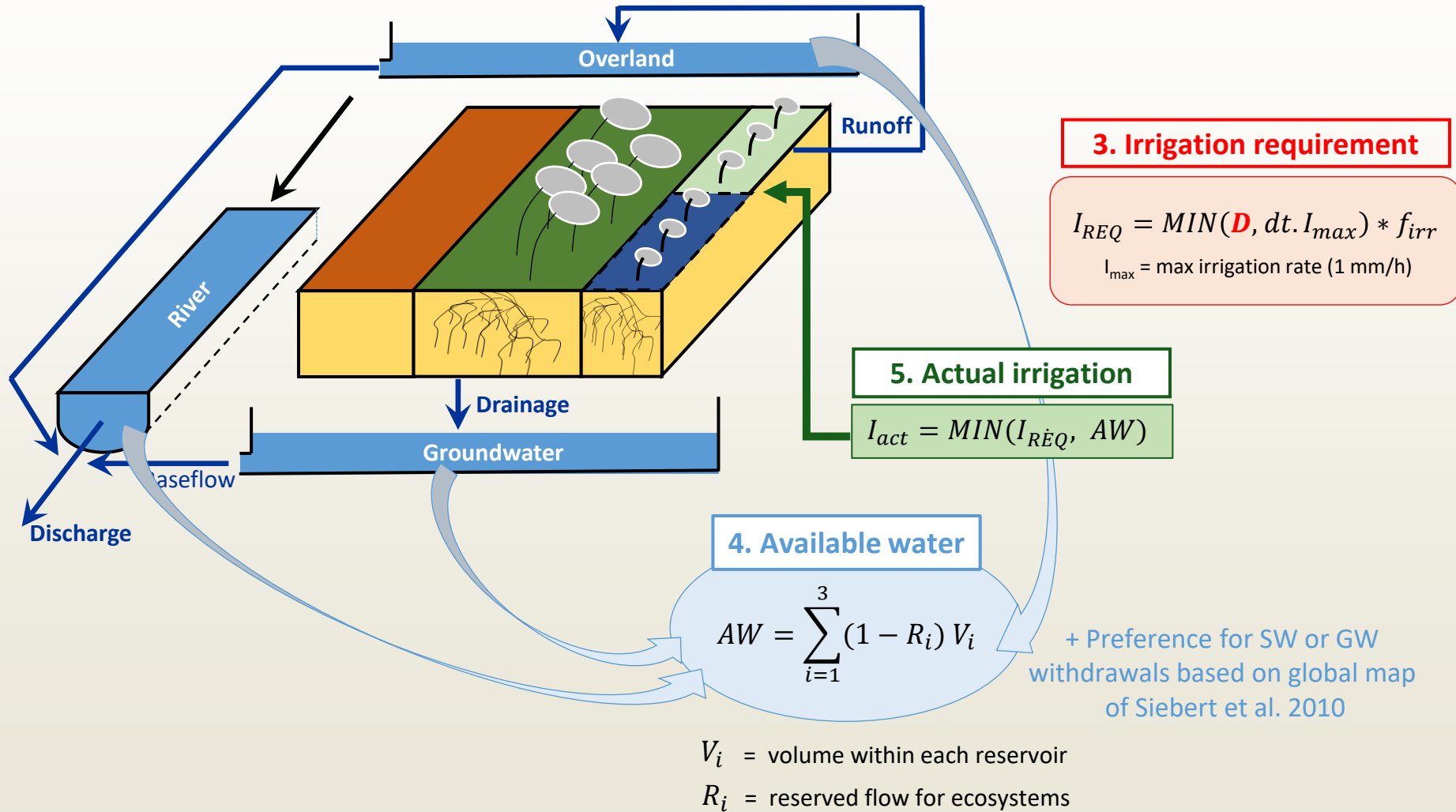


Against target  $SM = \alpha * \theta_{fc}$   
In root zone  
No deficit if LAI too low

2. Soil moisture deficit, D



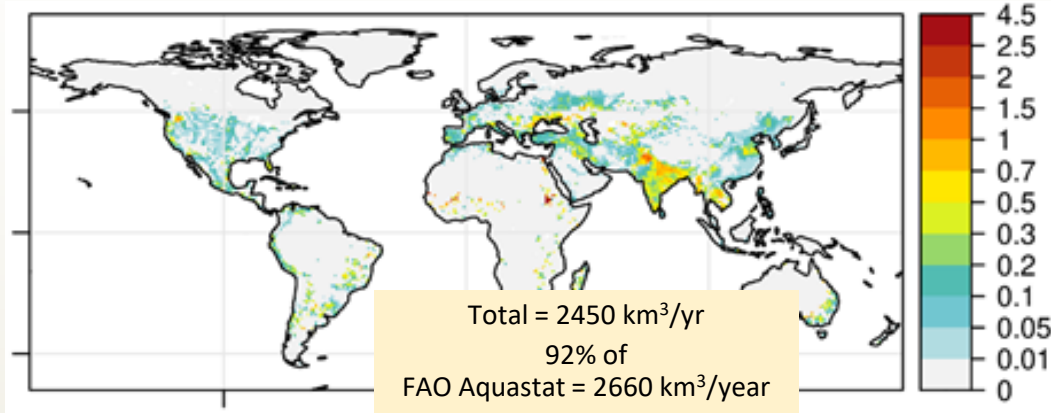
# Description de l'irrigation dans ORCHIDEE



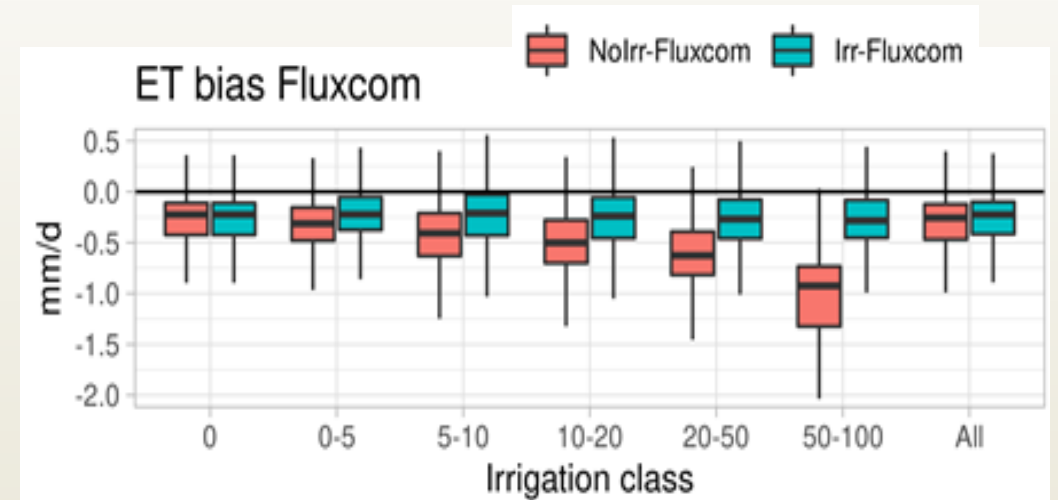
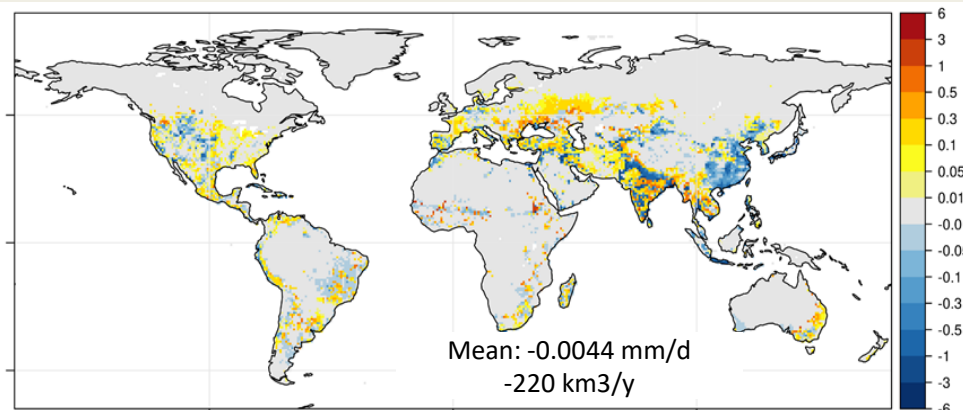
# Description de l'irrigation dans ORCHIDEE

Simulation globale, forçages météo GSWP3 à 0.5°, évaluation autour de 2000

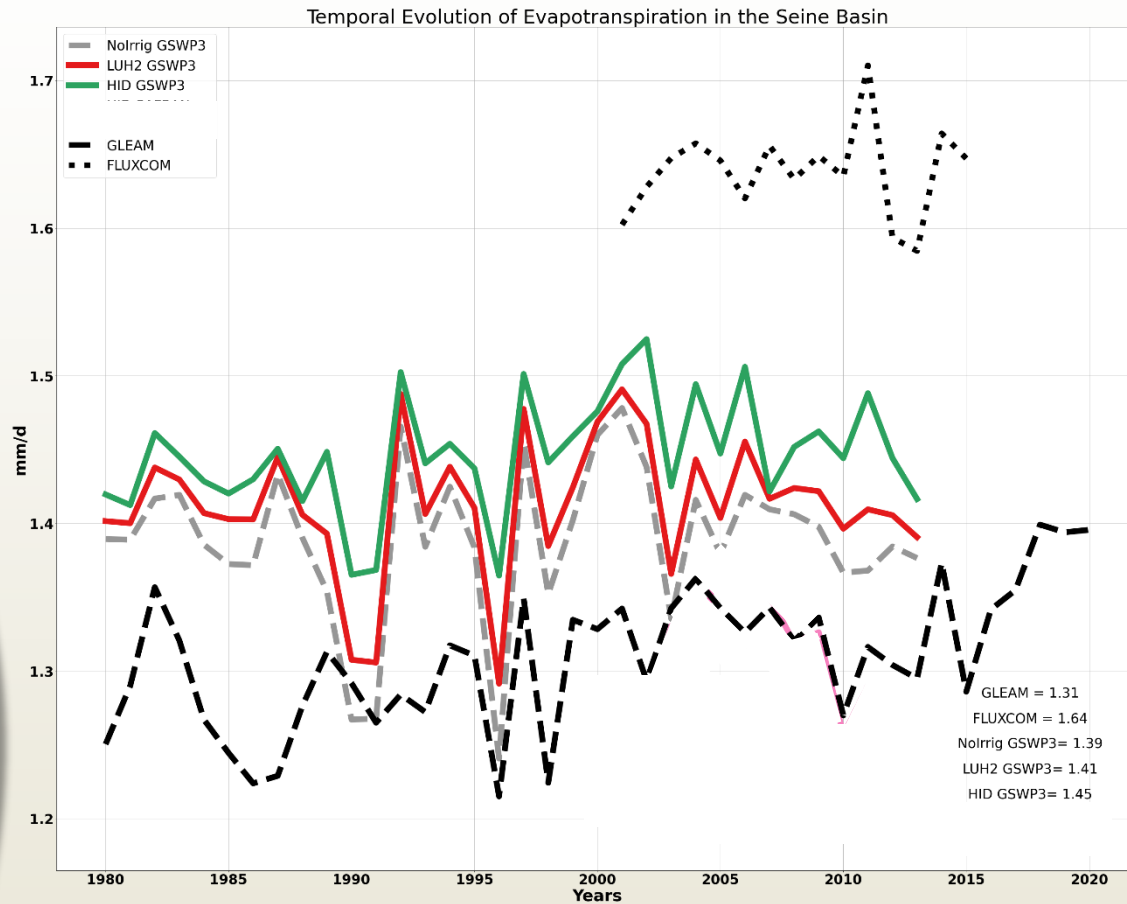
Irrigation simulée (mm/j, annuel)



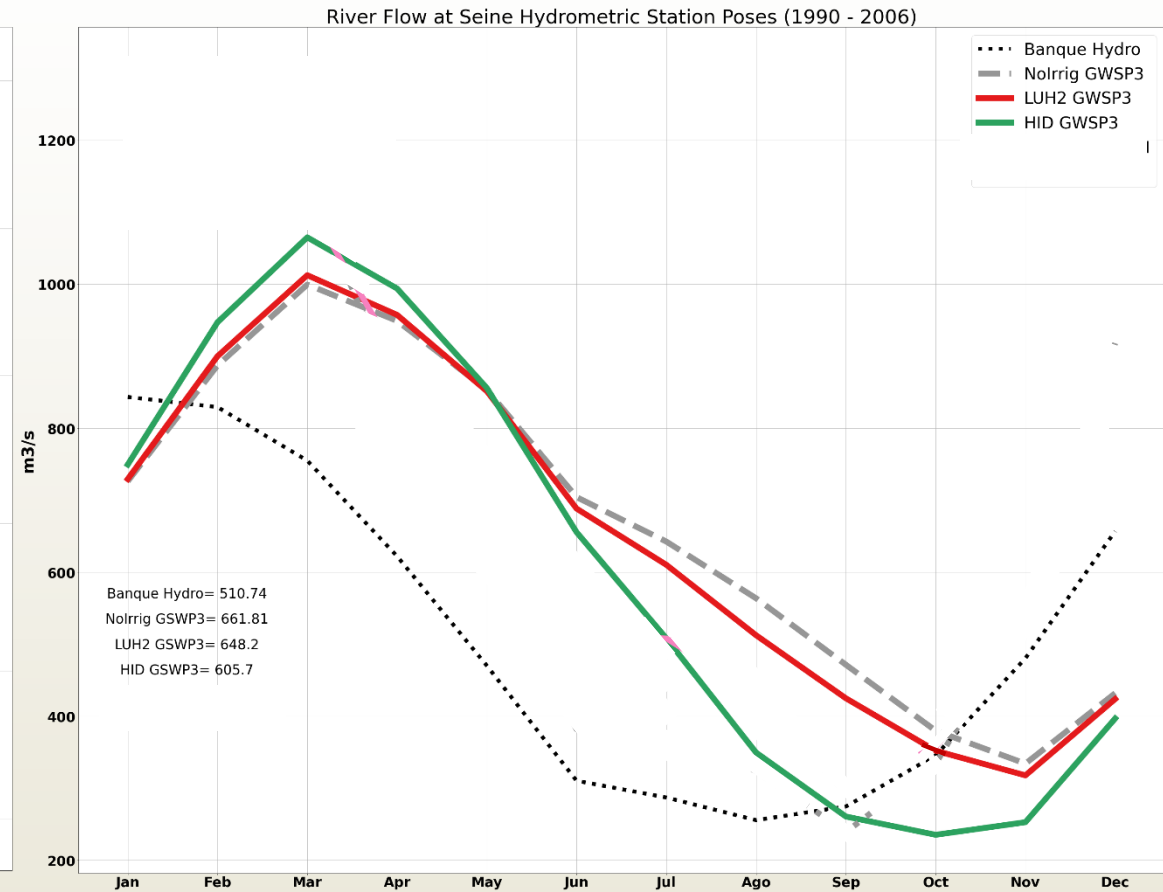
Biais de l'irrigation vs Sacks et al. 2009 (mm/j, annuel)



# Et dans le bassin de la Seine ?



L'irrigation augmente ETR  
Légère tendance ↗ avec HID ??



L'irrigation baisse les débits  
Effet plus fort en été avec HID  
(surfaces irriguées plus larges)



# Perspectives

- **Validation** plus poussée du modèle ORCHIDEE + irrigation dans le bassin (simulations plus longues, avec SAFRAN)
- **Simulations pour projet Explore2** (sous projections DRIAS, 6 modèles hydro)
- **Simulations climatiques couplées surface - atmosphère**
  - IRRMIP en historique (4 modèles de climat avec ensembles de 3 membres)
  - BLUEGEM en historique + SSP5-8.5 avec évolution des surfaces irriguées
- **En réflexion :**
  - Comment décrire les retenues artificielles ?
  - Comment décrire certaines solutions basées sur la nature (mulch, infiltration, matière organique) ?

# Merci de votre attention

PiREN  
Seine



Lac de Serre-Ponçon, Juillet 2022