

11 mai 2023



## DES TRAJECTOIRES HYDROLOGIQUES EN FRANCE POUR LE XXIE SIÈCLE - PREMIERS ENSEIGNEMENTS

Eric SAUQUET (INRAE)

# CONTEXTE : L'ANNÉE 2022 ET NOS VULNÉRABILITÉS

Dans les Deux-Sèvres, face à la sécheresse, stocker de l'eau dans des "méga-bassines" ne coule pas de source

Thomas Baïetto  
France Télévisions

franceinfo:

Publié le 07/07/2022 07:01 Mis à jour le 07/07/2022 10:38

## DOSSIER SÉCHERESSE : PRÉPARER LA RENTRÉE 2022



28 juillet 2022

Le contexte international, les crises sanitaires, les fortes températures et le manque d'eau ont fortement impactées les exploitations agricoles.

De nombreuses questions se posent pour envisager la rentrée sous les meilleurs auspices. Dans le dossier spécial sécheresse, vous trouverez mis à jour au fil de l'eau, un ensemble d'articles pour vous aider à prendre les décisions appropriées à votre situation.

- Venir ou acheter de l'herbe sur pied ou récoltée
- Faire face au manque de fourrage : faire le point sur ses besoins
- Implanter des dérobées estivales pour compenser une partie du déficit fourrager
- Passer les dérobées à la palette en cas de manque de fourrages

• Quel prix pour le maïs sur pied en 2022

## France's river Loire sets new lows as drought dries up its tributaries

By Stephane Mahe



ACTUALITÉ

Risque-t-on une pénurie de pommes de terre en France à cause de la sécheresse ?

- Une attente sociétale
- Une priorité politique

pour semer les (bonnes) graines du changement... au plus vite (préparer l'adaptation)

## Présentation du Plan eau.

Publié le 30 mars 2023

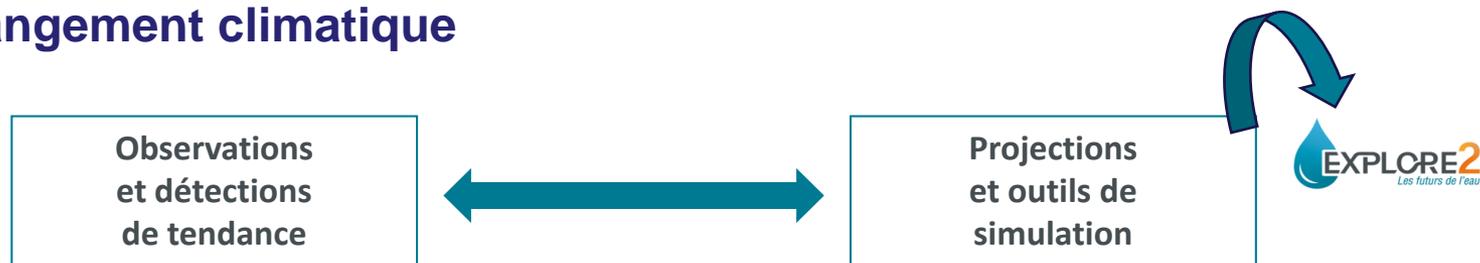
À Savines-le-Lac, le Président de la République a présenté le « Plan eau » : une des priorités de la planification écologique du Gouvernement.

Avec le changement climatique, le cycle de l'eau en France a connu d'importantes modifications au cours des dernières décennies : épisodes de sécheresse comme en 2022, diminution du niveau des nappes phréatiques, changement du rythme des pluies. Ces changements affectent de nombreux secteurs comme l'agriculture, l'énergie, les loisirs ou l'industrie.

# CONTEXTE : LE CHANGEMENT CLIMATIQUE ET SES IMPACTS SUR L'HYDROLOGIE

- Un impact attendu sur le cycle de l'eau : modification de la composition de l'atmosphère → augmentation des températures de l'air → capacité accrue de l'atmosphère à contenir de l'eau, processus d'évaporation et de fonte des glaciers amplifiés
- Un impact sur la gestion de l'eau
- [présent] Des constats / perceptions (impacts) : augmentation des coûts économiques dus aux inondations dans de nombreux territoires, augmentation des restrictions d'eau, etc.
- [futur] Des craintes : implications pour la gestion des risques (dimensionnement des ouvrages de protection, etc.) et de la ressource (conflits d'usage, etc.) et pour les écosystèmes ("déphasage" entre cycles biologiques et crue, accès réduit à des refuges en étiage, etc.)

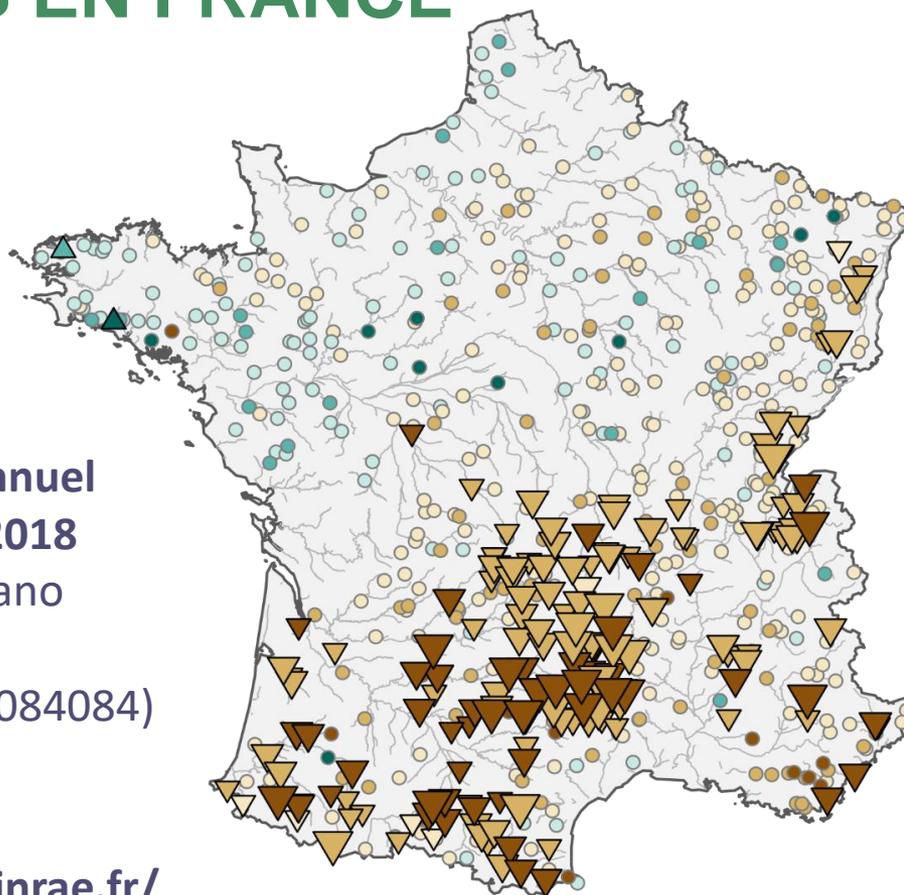
## → Deux approches complémentaires pour appréhender la question du changement climatique



# TENDANCES EN FRANCE

Evolution du débit annuel  
sur la période 1968-2018  
(d'après Vicente-Serrano  
*et al.*, 2019 ;  
doi: 10.1029/2019GL084084)

Cf. plateforme INRAE  
<https://makaho.sk8.inrae.fr/>



Niveau de confiance

- △ Hausse (99%)
- △ Hausse (95%)
- △ Hausse (90%)
- Non sig.
- ▽ Baisse (90%)
- ▽ Baisse (95%)
- ▽ Baisse (99%)

Évolution en % par décennie

- (10, Inf]
- (5, 10]
- (0, 5]
- (-5, 0]
- (-10, -5]
- (-Inf, -10]

**Pourquoi ?** Une étude nationale pionnière Explore2070 (2010-2013) engagée et financée par le ministère en charge de l'écologie, avec pour objectif : l'évaluation des impacts possibles des changements climatiques sur les grandes masses d'eau en France métropolitaine et dans les départements d'Outre-Mer, à l'horizon 2050-2070

Une volonté collective (scientifiques et acteurs de l'eau) de renouveler un exercice national sur la base de données du GIEC plus récentes, mais en évitant les écueils d'Explore2070

### Quelles ambitions ?

- D'engager une plus forte concertation avec les utilisateurs (comités de bassin, agences de l'eau, collectivités, bureaux d'étude, etc.) pour mieux accompagner la prise en main des résultats
- D'intégrer un nombre de points de simulations étendu (par exemple, 1522 dans Explore2070 pour l'hydrologie de surface)
- De mieux quantifier les incertitudes en incluant un plus grand nombre de modèles
- De donner une vision du climat et de l'hydrologie sur l'ensemble du territoire métropolitain au pas de temps journalier sur l'ensemble du 21e siècle

**Animation et coordination scientifique : INRAE**

**Partenaires : BRGM, CNRS, EDF, ENS, INRAE, IRD, Météo-France**

Coût :  
2.2 M€  
pour une  
durée de  
3 ans  
(2021-2024)

## Volet « Accompagnement des utilisateurs »

Deux comités d'utilisateurs (COUT)

### COUT Métropole

MTE, MAA, OFB, AE,  
DREAL, DDT, bureaux  
d'études, collectivités

### COUT Outre-mer

MTE, MOM, OFB, ODE,  
DEAL, collectivités

Supports de communication, formations

Réflexion sur le format de présentation  
des données et leur accès

Recensement des besoins en données et  
en information dans les Outre-mer

→ MOOC pour expliquer les résultats du  
projet (notions scientifiques sur le  
changement climatique, bonne utilisation  
des résultats des  
simulations, etc.)

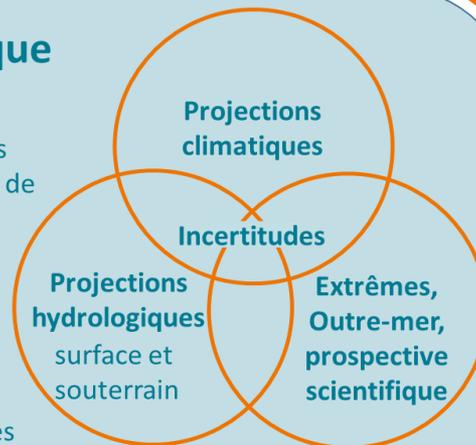


## Volet scientifique

Coordination des simulations  
(sélection des projections, des  
variables d'intérêt, des points de  
simulation, etc.)

Bilan des connaissances en  
France métropolitaine et  
dans les Outre-mer

→ Rapports de synthèse,  
séries temporelles de variables  
climatiques et hydrologiques,  
calcul d'indicateurs statistiques pour la gestion de l'eau



Co-financements :



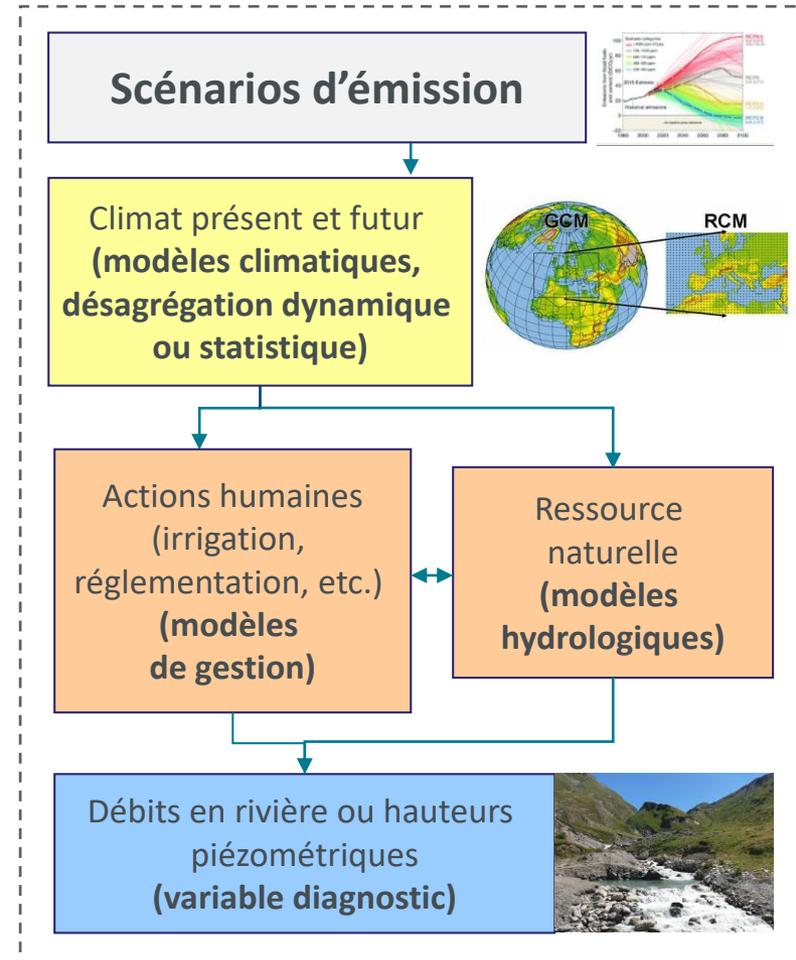
Assistance à maîtrise d'ouvrage :



# PRINCIPES DE MODÉLISATION

- Une approche « emboîtée » pour accéder au climat local et aux échelles des bassins versants
- Des représentations simplifiées porteuses d'incertitudes à tous les niveaux de modélisation

Tous les résultats doivent être assortis des incertitudes



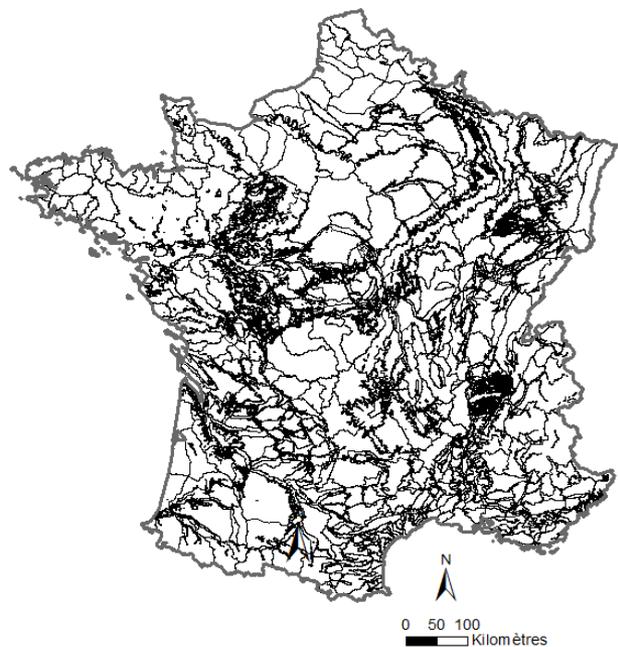
# PROJECTIONS CLIMATIQUES RÉGIONALISÉES

Cf. présentation précédente

# PROJECTIONS HYDROLOGIQUES

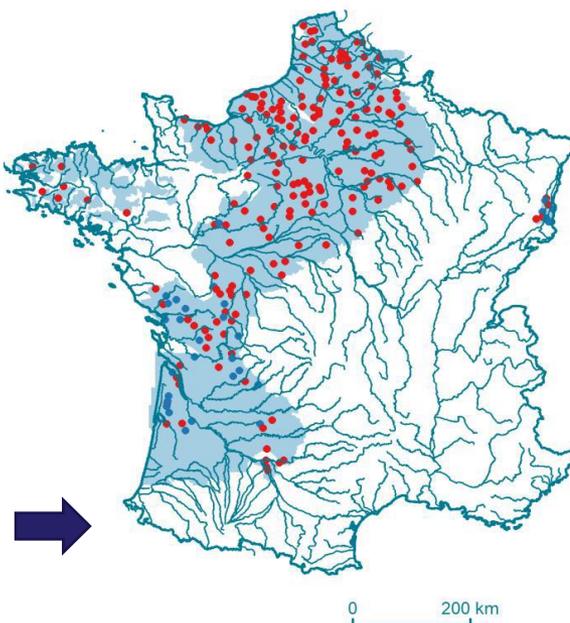
- **Concernent les eaux de surface et les eaux souterraines (dont recharge)**
- Une “hydrologie de référence” sur laquelle on peut bâtir des exercices prospectifs (simuler les actions de l’homme sur la gestion de l’eau et le bassin versant)
- Multi-modèles : 8 modèles d’hydrologie de surface, la plateforme AQUI-FR complétée de modèles hydrogéologiques régionaux et une estimation de la recharge par un modèle du BRGM
- Multi-scénarios : projections climatiques régionalisées en entrée des modèles hydrologiques
- Résultats fournis pour l’ensemble du 21<sup>e</sup> siècle sur un grand nombre de points dont des stations hydrométriques, des bassins non jaugés, et des points à enjeu de gestion pour l’hydrologie de surface (pas de temps journalier) et sur une grille régulière pour la piézométrie (pas de temps mensuel)
- **Un cadre commun de modélisation pour faciliter l’évaluation de la chaîne de modélisation à tous les niveaux (du climat à l’hydrologie), l’analyse et l’interprétation des résultats, et la caractérisation des incertitudes sous changement climatique**

# PROJECTIONS HYDROLOGIQUES – POINTS DE SIMULATION

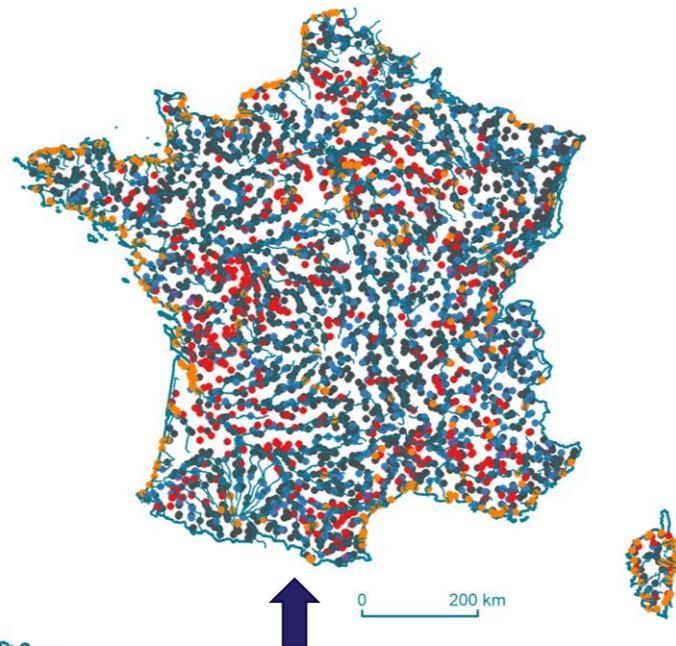


Masse d'eau souterraine

Eaux souterraines



- HYDRO & EDF
- RCS
- Explore2070
- ONDE
- Points nodaux



Eaux de surface

- RCS (ADES)
- Autre (ADES)
- Domaine modélisé

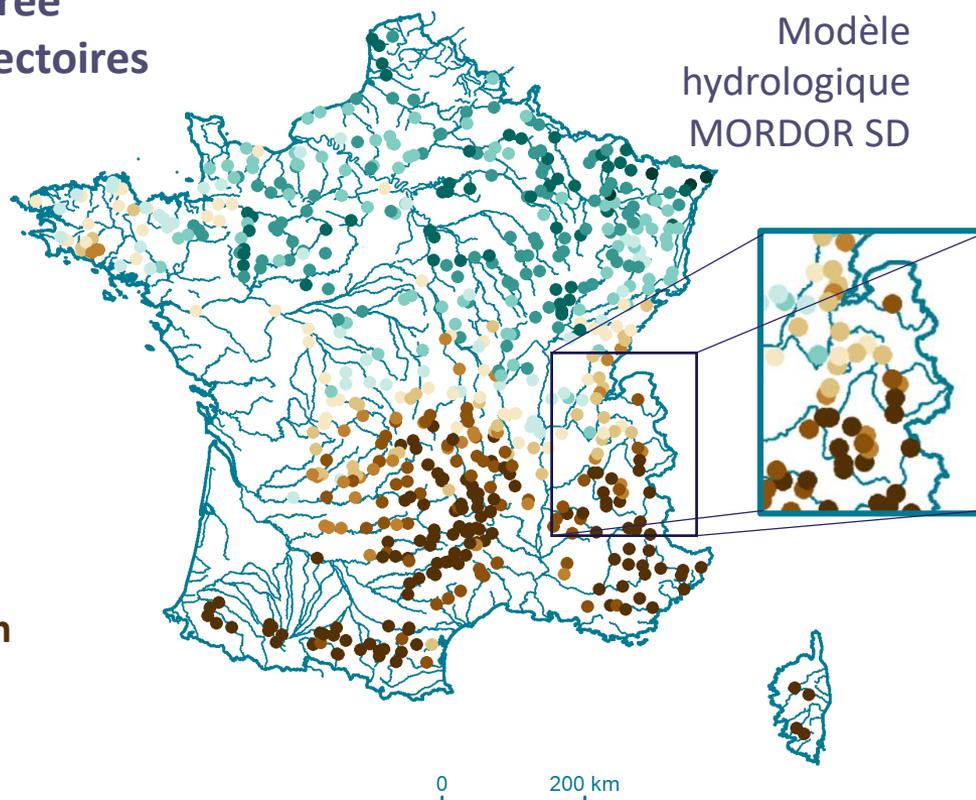
# PROJECTIONS HYDROLOGIQUES

- Un modèle hydrologique avec en entrée 36 projections climatiques → 36 trajectoires hydrologiques → Comment résumer l'information ?

## Cohérence du signe du changement

Est-ce qu'une majorité de hausses ou de baisses des débits annuels se dessine sous RCP 8.5 sur l'ensemble du 21<sup>e</sup> siècle ?

Plus la couleur est intense, plus il y a consensus (**en vert à la hausse** ; **en marron à la baisse**) → apparition d'un contraste nord-sud avec une baisse commune aux cours d'eau sur la partie sud



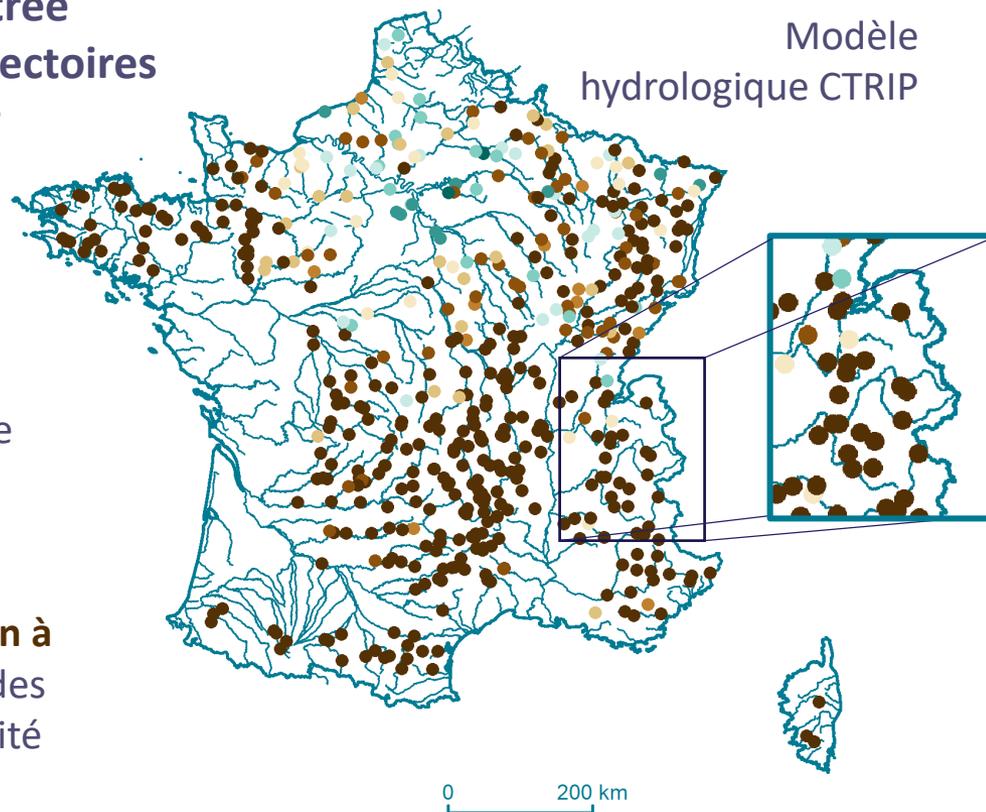
# PROJECTIONS HYDROLOGIQUES

- Un modèle hydrologique avec en entrée 36 projections climatiques → 36 trajectoires hydrologiques → Comment résumer l'information ?

## Cohérence du signe du changement

Est-ce qu'une majorité de hausses ou de baisses du débit d'étiage VCN10 se dessine sous RCP8.5 sur l'ensemble du 21<sup>e</sup> siècle ?

Plus la couleur est intense, plus il y a consensus (**en vert à la hausse ; en marron à la baisse**) → une zone « partagée » avec des hausses possibles MAIS une grande majorité du territoire à la baisse



# PROJECTIONS HYDROLOGIQUES

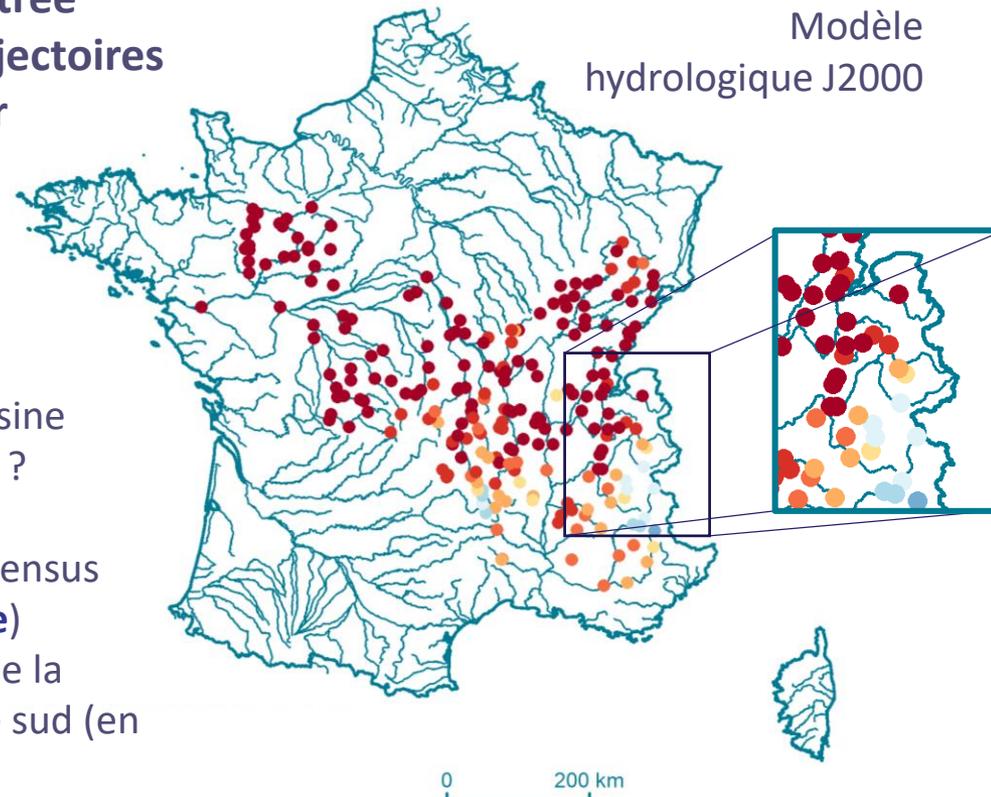
- Un modèle hydrologique avec en entrée 36 projections climatiques → 36 trajectoires hydrologiques → Comment résumer l'information ?

## Cohérence du signe du changement

Est-ce qu'une majorité de hausses ou de baisses du débit de crue (QJXA) se dessine sous RCP8.5 sur l'ensemble du XXI<sup>e</sup> siècle ?

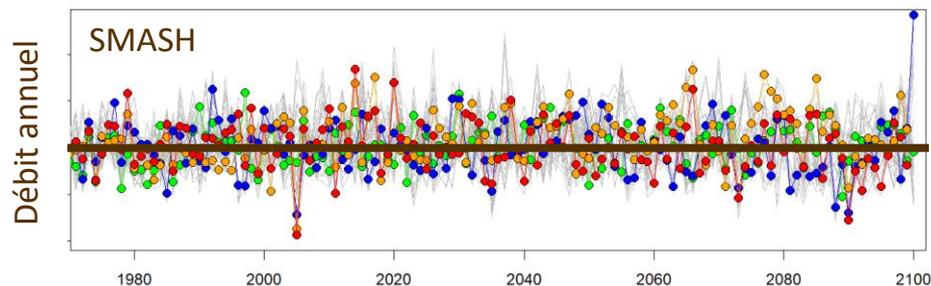
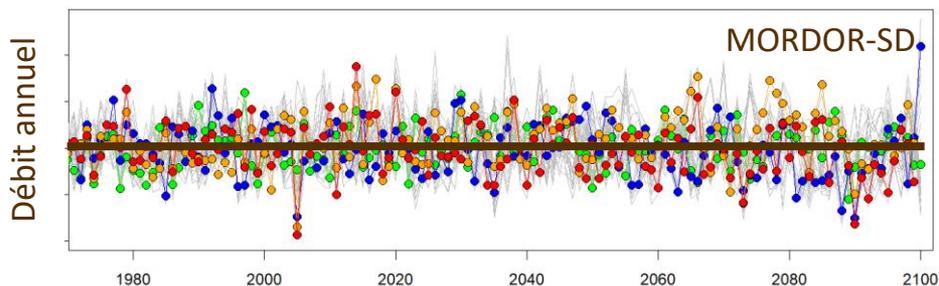
Plus la couleur est intense, plus il y a consensus (**en rouge à la hausse** ; **en bleu à la baisse**)  
→ une tendance à la hausse sur le nord de la France MAIS des baisses possibles dans le sud (en orange autant de hausses que de baisses)

**!/ les processus générateurs de crue vont évoluer !/**

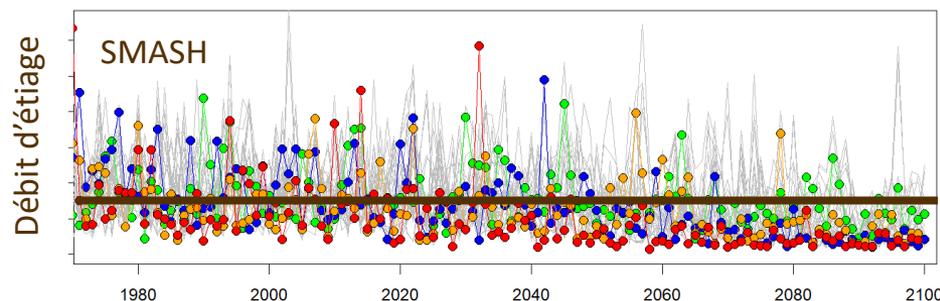


# PROJECTIONS HYDROLOGIQUES – ZOOM AUTOUR D'ANNECY

- Des illustrations sur le Fier au régime pluvio-nival selon les modèles hydrologiques SMASH et MORDOR-SD soumis à quatre trajectoires climatiques contrastées sous RCP8.5



- Fort réchauffement et fort assèchement en été**
- Sec toute l'année, pas de recharge l'hiver**
- Faible réchauffement et faible changement de précipitations**
- Chaud et humide à toutes les saisons**

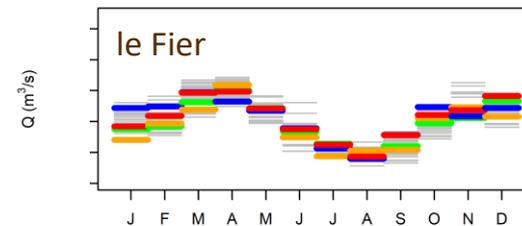
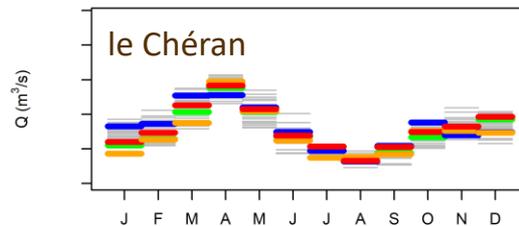


Des changements non uniformes selon la variable hydrologique  
Une variabilité interannuelle qui existera toujours

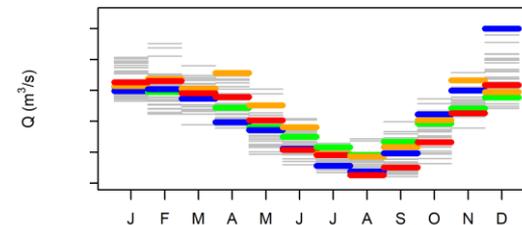
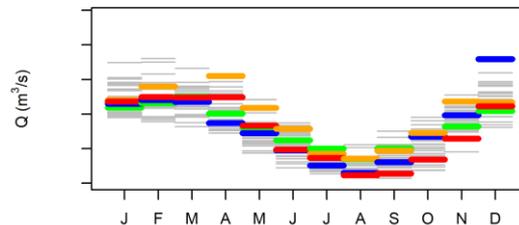
# PROJECTIONS HYDROLOGIQUES – ZOOM AUTOUR D'ANNECY

- Des illustrations sur deux bassins versants au régime pluvio-nival selon le modèle hydrologique SMASH soumis à quatre trajectoires climatiques contrastées sous RCP8.5
- **Fort réchauffement et fort assèchement en été**
- **Sec toute l'année, pas de recharge l'hiver**
- **Faible réchauffement et faible changement de précipitations**
- **Chaud et humide à toutes les saisons**

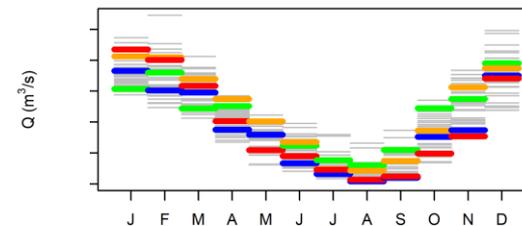
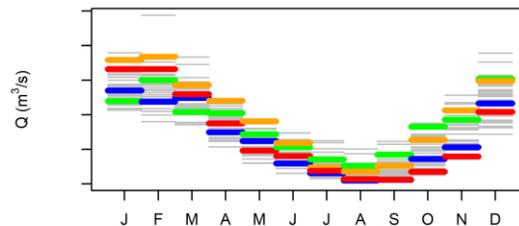
Présent



2041-2070



2081-2100



# DES ÉLÉMENTS À RETENIR

## Le changement climatique est en marche :

- Un phénomène global avec des changements non homogènes en Europe, en France, etc. en température (cf. continents versus océans), en précipitations (cf. gradient en latitude)
- En secteur de montagne, une très forte hétérogénéité et complexité de modélisation du fait de l'orographie (et de la neige)
- La notion de stationnarité n'existe plus et on va devoir vivre avec :
  - Le climat ne sera pas stabilisé d'ici « demain »
  - La gestion de l'eau (y c. les besoins en eau) d'hier ne sera pas la même que demain
  - Les outils (y c. les statistiques) doivent s'adapter à ces non stationnarités
- Les projections sont réalisées avec des modélisations toujours imparfaites (un modèle est une simplification de la réalité), mais qui correspondent à l'état de développement le plus abouti au moment de leur application. Les modèles sont challengés par le changement climatique  
→ besoin d'actualiser les projections hydro-climatiques régulièrement

# DES ÉLÉMENTS À RETENIR

- Les résultats et hypothèses font l'objet de débats scientifiques (un modèle peut toujours être remis en cause du fait des choix opérés de simplifications)
- Les exercices du GIEC vont se poursuivre jusque ... Il y a toujours un décalage entre la publication des résultats des exercices de simulation et leur mise à disposition (et exploitation) dans la communauté des impacts (y. c. hydrologie)
- Les incertitudes sont inhérentes à l'exercice d'anticipation (que seront demain les émissions de GES ?) et le seul moyen de les appréhender est l'approche multi-modèle x multi-scénario **MAIS** les incertitudes ne doivent pas être un frein à l'adaptation
- Concernant l'adaptation : ne pas s'adapter à une trajectoire hydrologique, s'engager dans une approche systémique, **ne pas oublier l'atténuation dans les stratégies d'adaptation**

**Des analyses préliminaires présentées sur 611 points de simulation**

Prochaines étapes : analyse de l'ensemble (été 2023), mise en ligne sur DRIAS-Eau (automne 2023) et accompagnement dont MOOC, fiches de synthèse... (2023-2024)



Merci de votre attention



Les sites web :

<https://professionnels.ofb.fr/fr/node/1244>

<https://entrepot.recherche.data.gouv.fr/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.57745/OMWYR0>

<https://www.drias-eau.fr/>

Contact : eric.sauquet@inrae.fr