



**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Hydrologie Milieux Usages Climat

Hmuc



AXE LOIRE

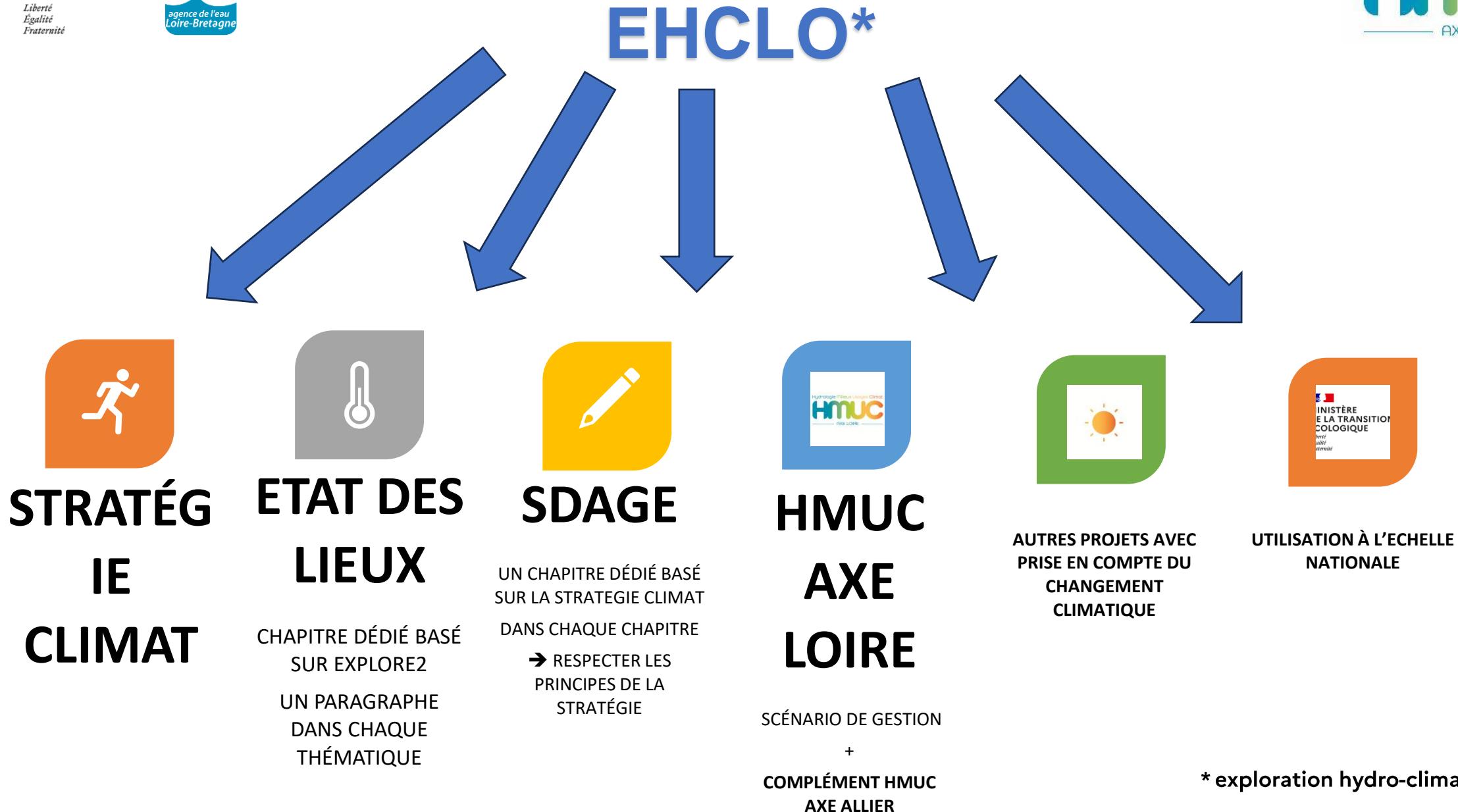
Exploration Hydro Climatique de la Loire Projet EHclo

En partenariat avec : **INRAE**

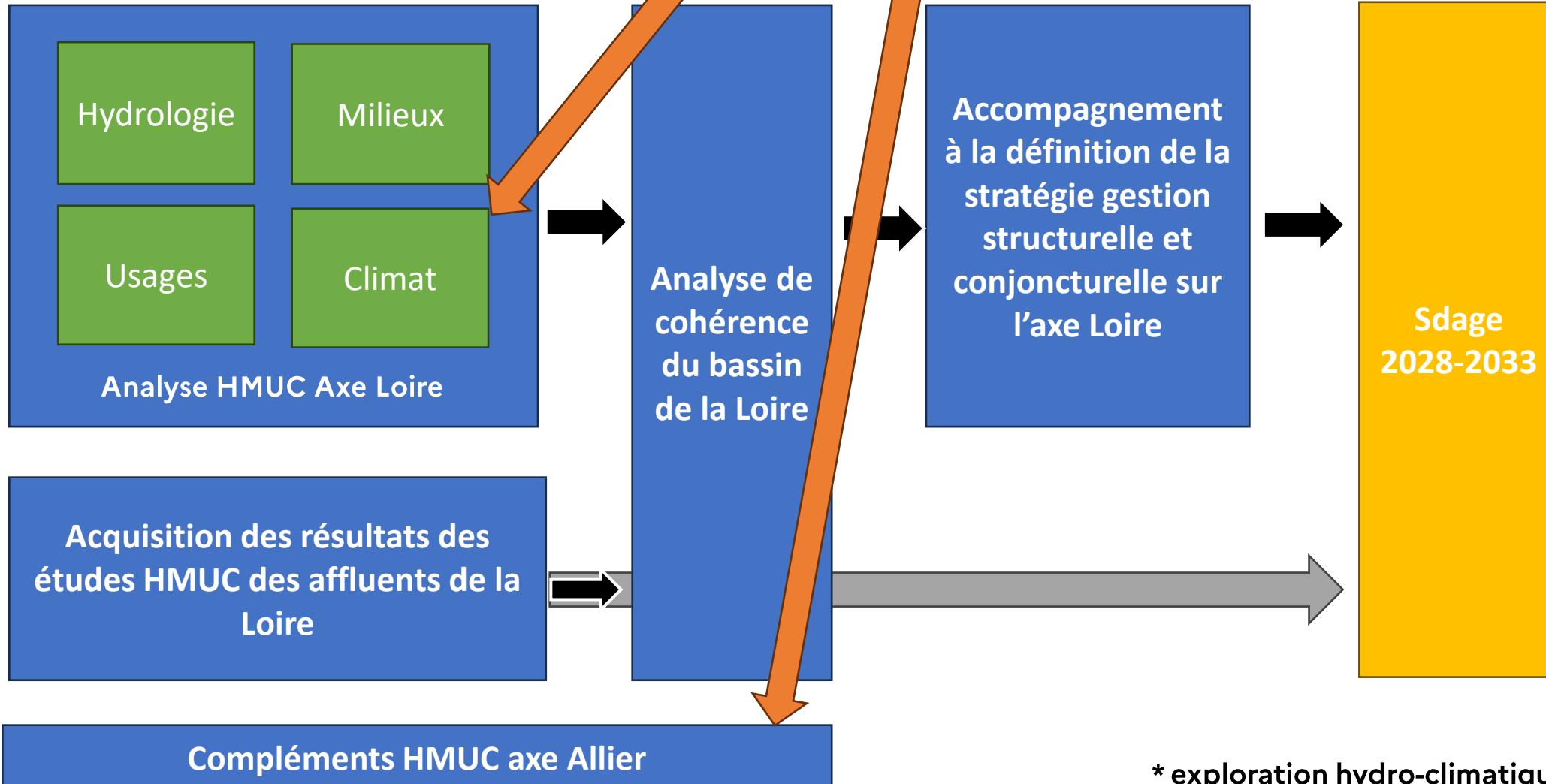


Contexte





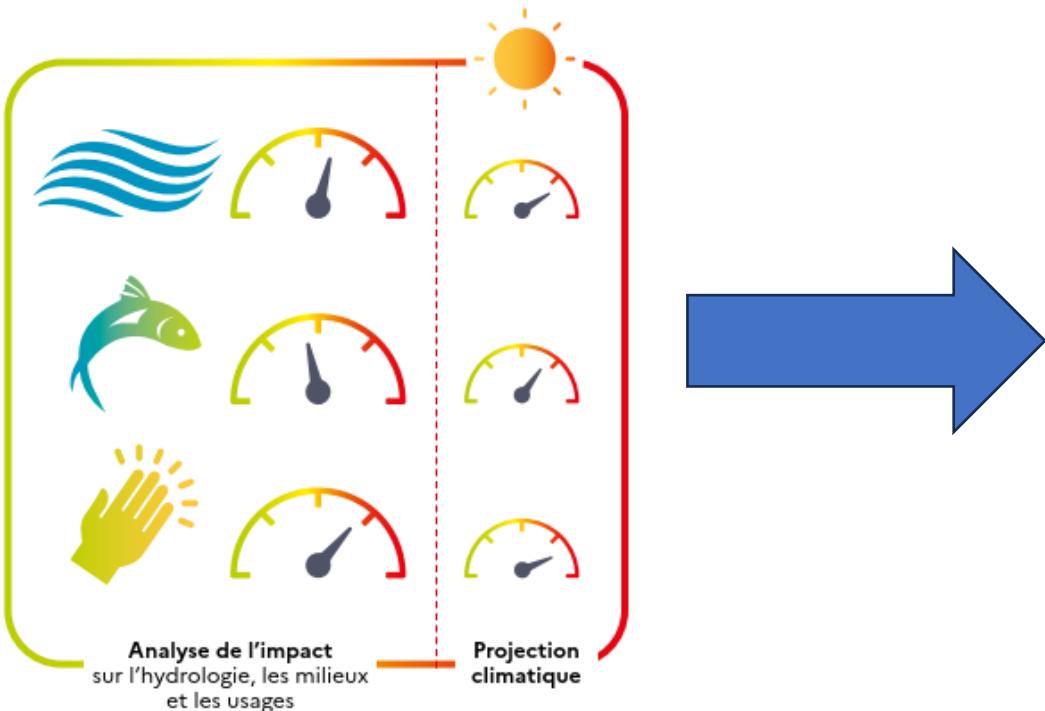
Vision schématique de la démarche



* exploration hydro-climatique de la Loire

Cas d'application : la Loire

Analyse multicritère



Outils d'aide à la décision



LA LOIRE D'HIER ET D'AUJOURD'HUI : DES ÉVOLUTIONS DÉJÀ VISIBLES

Depuis plus de 60 ans, la Loire est suivie grâce à un réseau de stations hydrométriques et d'analyses climatiques. Ces observations mettent en évidence des tendances nettes qui traduisent l'influence du changement climatique sur le fleuve.



CLIMAT, TENDANCES OBSERVÉES SUR LA PÉRIODE 1968-2024

	HIVER	PRINTEMPS	ÉTÉ	AUTOMNE
TEMPÉRATURES MINIMALES	↗↗	↗↗	↗↗↗	↗↗
TEMPÉRATURES MAXIMALES	↗↗	↗↗↗	↗↗↗	↗↗
PRÉCIPITATIONS	↖	→	→	→

HYDROLOGIE, TENDANCES OBSERVÉES LIÉES AU CLIMAT SUR LA PÉRIODE 1968-2024

	AMONT	aval
DÉBITS MOYENS	↖↖	→
BAS DÉBITS	↖↖↖	→
HAUTS DÉBITS	↖	→

1 flèche = faible évolution
2 flèches = évolution moyenne
3 flèches = forte évolution

Méthodologie de définition des narratifs hydro climatiques



Pourquoi des narratifs ?

- Répondre à un besoin de **vision prospective** face au changement climatique
- Permettre une **analyse cohérente et territorialisée** de l'évolution de la ressource en eau.
- Proposer une **approche robuste** pour la planification et l'adaptation à l'échelle du bassin Loire-Bretagne basée sur les dernières connaissances sur le sujet



EXPLORE2
Des futurs de l'eau

**MESSAGES ET ENSEIGNEMENTS
DU PROJET EXPLORE2**

Eric SAUQUET (INRAE), Sonia SIAUVE (OIEau), Natacha JACQUIN (OIEau), Audrey BORNANCIN-PLANTIER (OIEau), Patrick ARNAUD (INRAE), Maud BEREL (MTECT), Sébastien BERNUS (Météo-France), Jérémie BONNEAU (INRAE), Maud BOUSQUET (ACTeon), Flora BRANGER (INRAE), Yvan CABALLERO (BRGM), François COLLEONI (INRAE), Lila COLET (EDF), Lola CORRI (Météo-France), Agathe DROUIN (Météo-France), Agnès DUCHARNE (Sorbonne université), Guillaume EVIN (INRAE), Maïté FOURNIER (ACTeon), Joël GAILHARD (EDF), Florence HABETS (ENS), Frédéric HENDRICK (EDF), Louis HERAUT (INRAE), Benoît HINGRAY (IGE), Peng HUANG (Sorbonne université), Tristan JAOUEN (INRAE), Alexis JEANTET (Météo-France), Sandra LANINI (BRGM), Matthieu LE LAY (EDF), Sarah LOUDIN (ACTeon), Claire MAGAND (OFB), Paula MARSON (Météo-France), Louise MIMEAU (INRAE), Céline MONTEIL (EDF), Simon MUNIER (Météo-France), Charles PERRIN (INRAE), Alix REVERDY (IGE), Olivier ROBELIN (INRAE), Yoann ROBIN (LSCE), Fabienne ROUSSET (Météo-France), Jean-Michel SOUBEYROUX (Météo-France), Laurent STROHMINGER (INRAE), Soulyvahn THAO (LSCE), Guillaume THIREL (INRAE), Flore TOCQUER (Météo-France), Yves TRAMBLAY (IRD), Jean-Pierre VERGNES (BRGM), Jean-Philippe VIDAL (INRAE), Mathieu VRAC (LSCE)

28/06/2024

Avec le soutien financier de :

INRAE OIEau IPSL IGE Météo France Sorbonne Université brgm EDF PSL ACTeon OFB

Pourquoi des narratifs ?

Et aussi !

- Il ne faut pas considérer uniquement les résultats d'une seule combinaison de modèles, ni uniquement la **médiane** de l'ensemble
- Privilégier les approches plurielles et considérer des projections contrastées (4 narratifs)
- Ce ne sont pas des prévisions, ce sont des futurs possibles

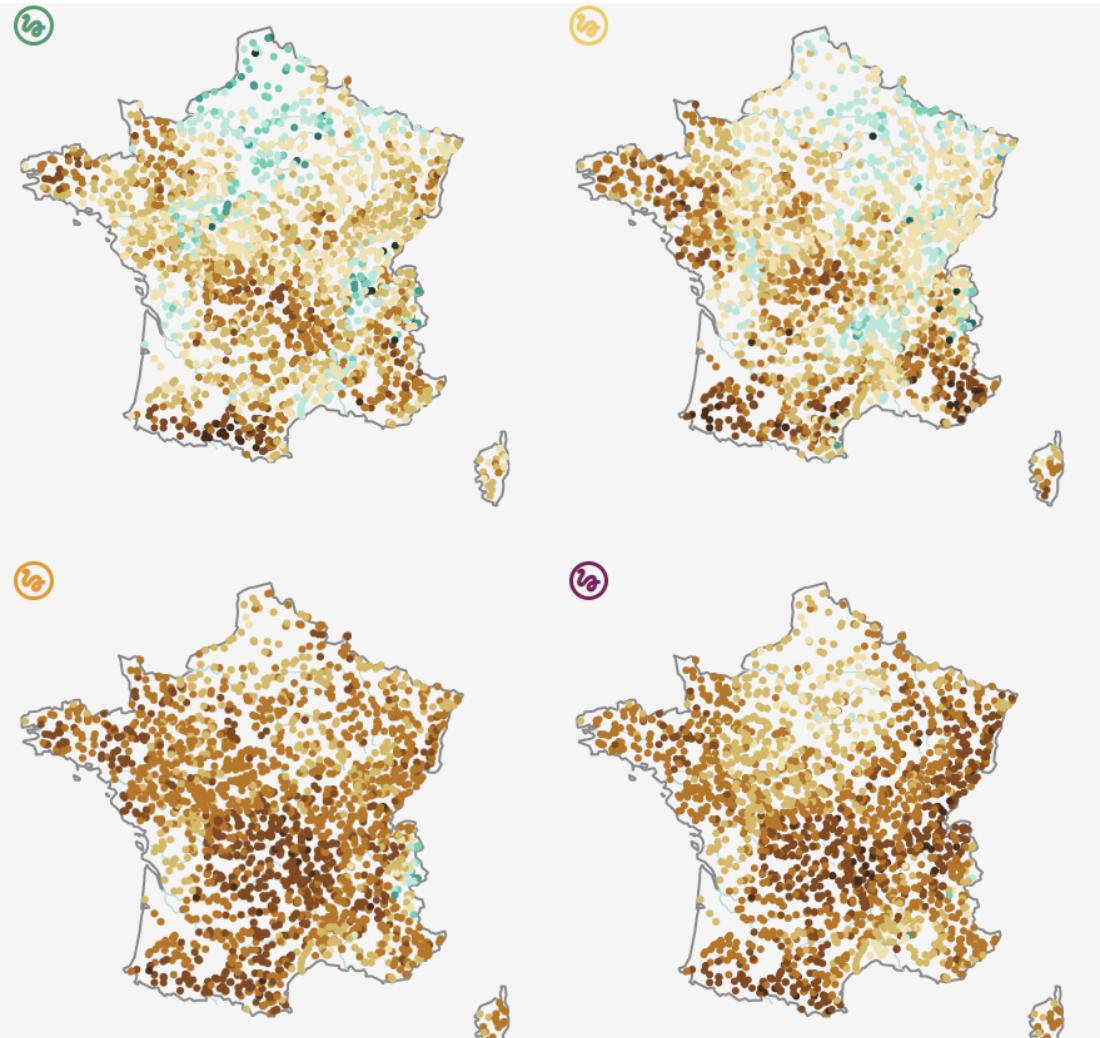
Attention aux risques de « surprises » climatique !

- Certains phénomènes ou mécanismes ne sont pas (ou sont mal) représentés dans les modèles

LES QUATRE NARRATIFS HYDRO-CLIMATIQUES



Des narratifs climatiques déjà disponibles....



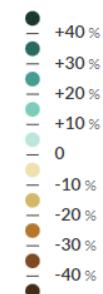
DES ÉTIAGES PLUS SÉVÈRES

← ET C'EST CERTAIN →

L'ensemble des projections du projet Explore2 s'accorde sur cette sévérité accrue des étiages d'été.

Chaînes de modélisation pour chaque narratif

VERT Réchauffement marqué et augmentation des précipitations
JAUNE Changements futurs relativement peu marqués
ORANGE Fort réchauffement et fort assèchement en été (et en annuel)
VIOLET Fort réchauffement et forts contrastes saisonniers en précipitations



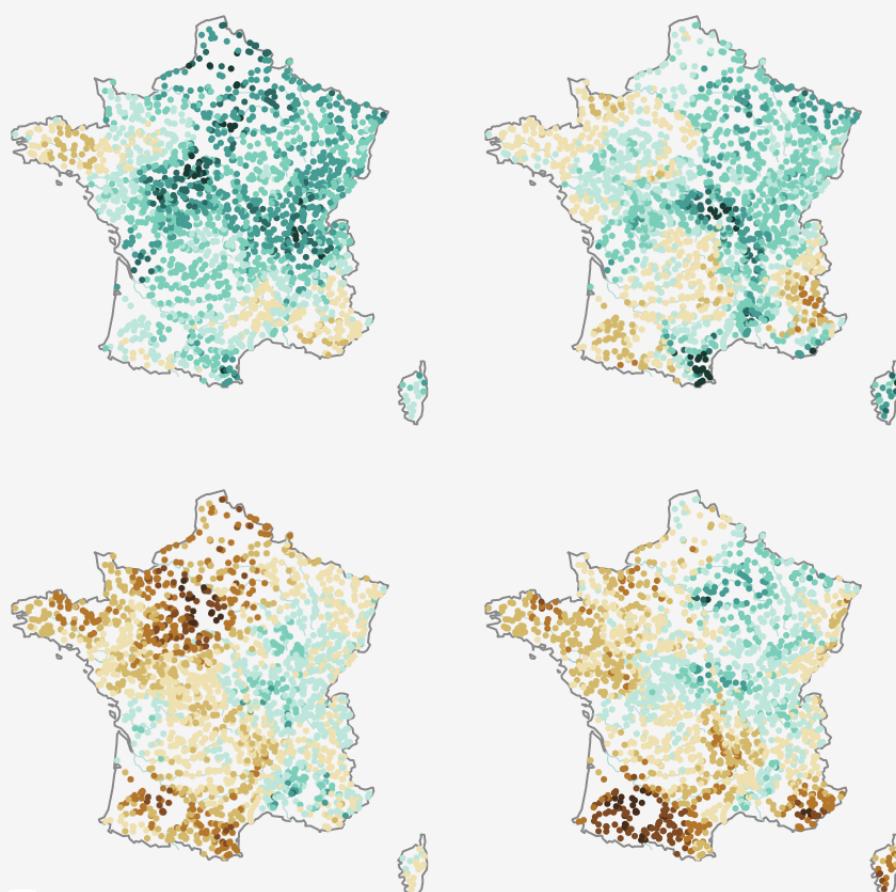
VCN10

Minimum estival de la moyenne sur 10 jours du débit journalier
Année hydrologique de Mai à fin Novembre

Horizon moyen

Période futur de 2041 à 2070
Période de référence de 1976 à 2005

Des narratifs climatiques déjà disponibles....

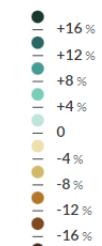


PLUS D'EAU OU MOINS D'EAU ?

← ET ENTRE LES DEUX →

Mais des incertitudes subsistent sur la position exacte de cette zone de transition dans le futur, les modèles climatiques la projetant entre le sud de l'Angleterre et le milieu de la France. Les certitudes sont donc fortes sur moins d'eau dans la partie sud de la France, et des incertitudes subsistent sur plus d'eau dans la partie nord.

Chaînes de modélisation pour quatre futurs



QA

Moyenne annuelle du débit journalier
Année hydrologique de Septembre à fin Août

Horizon moyen

Période futur de 2041 à 2070
Période de référence de 1976 à 2005

Au moins 4 modèles hydrologiques par point



Narratifs nationaux :

- Moyenne des modèles hydrologiques disponibles
- Un bassin de la Loire dans une zone d'incertitude (risque d'incohérence spatiale)
- Pas de prise en compte de la Trajectoire de Réchauffement de référence pour l'Adaptation au Changement climatique

Une méthodologie déployée pour s'adapter à chaque contexte

Une diversité des futurs climatiques possibles pour un scénario d'émission :

17 projections climatiques disponibles X 9 modèles hydrologiques X 1 correction de biais = 153 chaînes de simulations possibles.

Choix de 4 chaînes contrastées parmi ces 153

Une méthodologie proposée par l'INRAE pour réaliser ce choix basé sur 3 grands principes :

- Deux horizons temporels retenus adaptés à la TRACC nationale :
 - Horizon +2.7°C (autour de 2050)
 - Horizon +4.0°C (à l'horizon 2100)
- Un découpage territoriale basé sur les régions hydrologiques
- L'utilisation de 3 indicateurs hydrologiques pour couvrir l'ensemble du régime hydrologique de nos cours d'eau
 - Débit moyen annuel (QA)
 - Débit de sévérité des étiages (VCN10)
 - Débit de hautes eaux (QJXA)



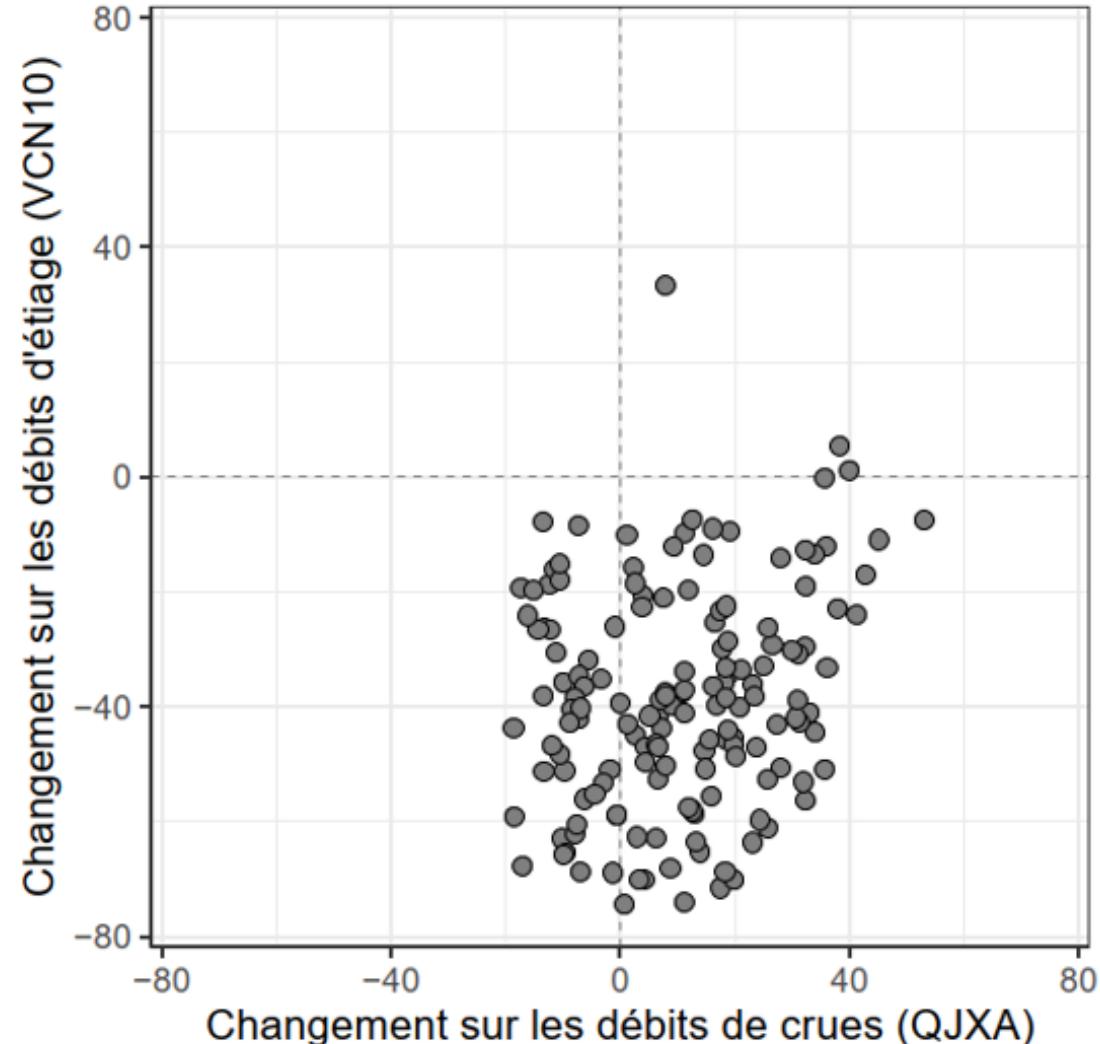
Figure 1 : Régions hydrologiques (BD Cartage)

Une méthode complexe mais nécessaire

Exemple de choix des narratifs :

1. Choix des variables cibles

- Adaptation souhaitée aux changements sur les crues et les étiages

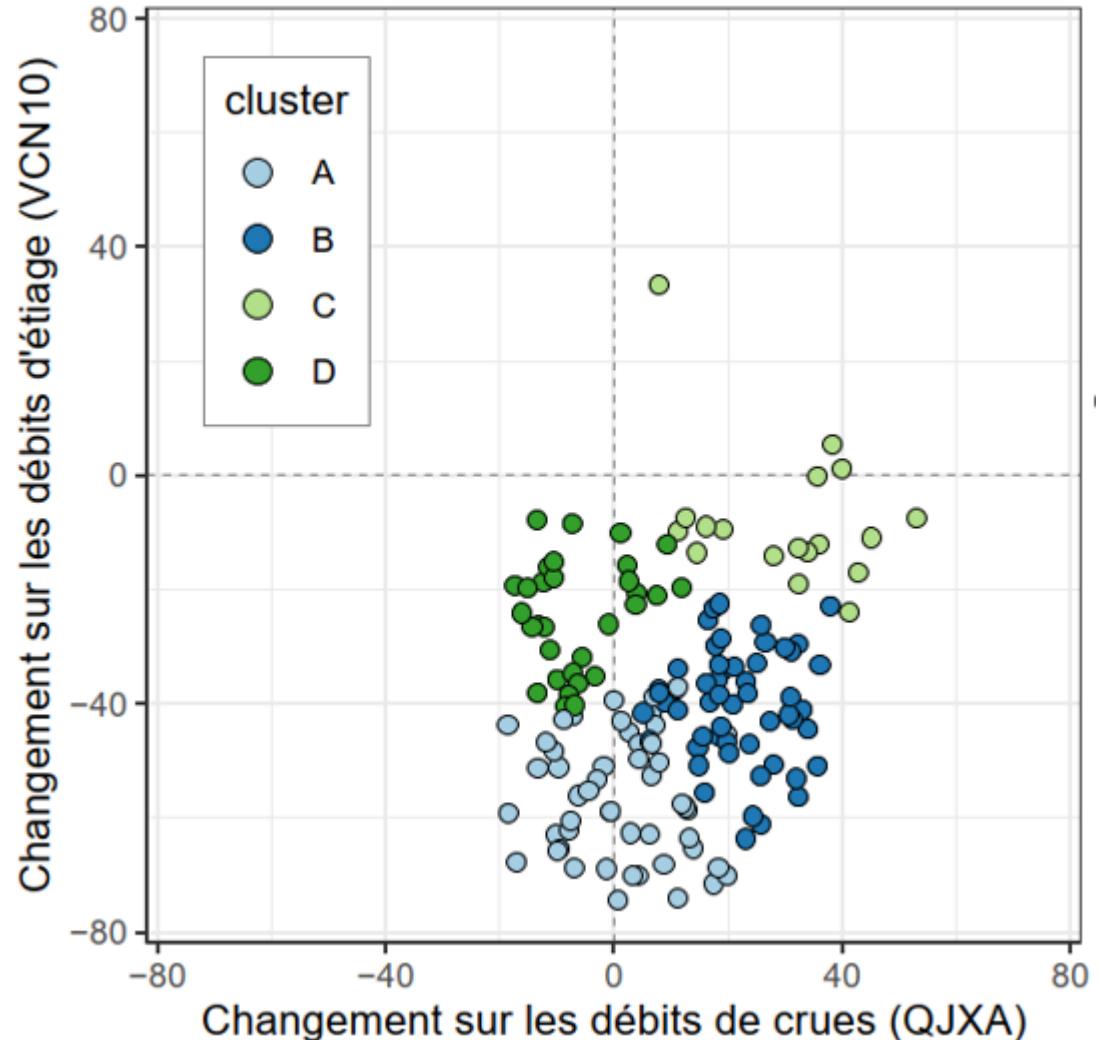


Une méthode complexe mais nécessaire

Exemple de choix des narratifs :

1. Choix des variables cibles
 - Adaptation souhaitée aux changements sur les crues et les étiages

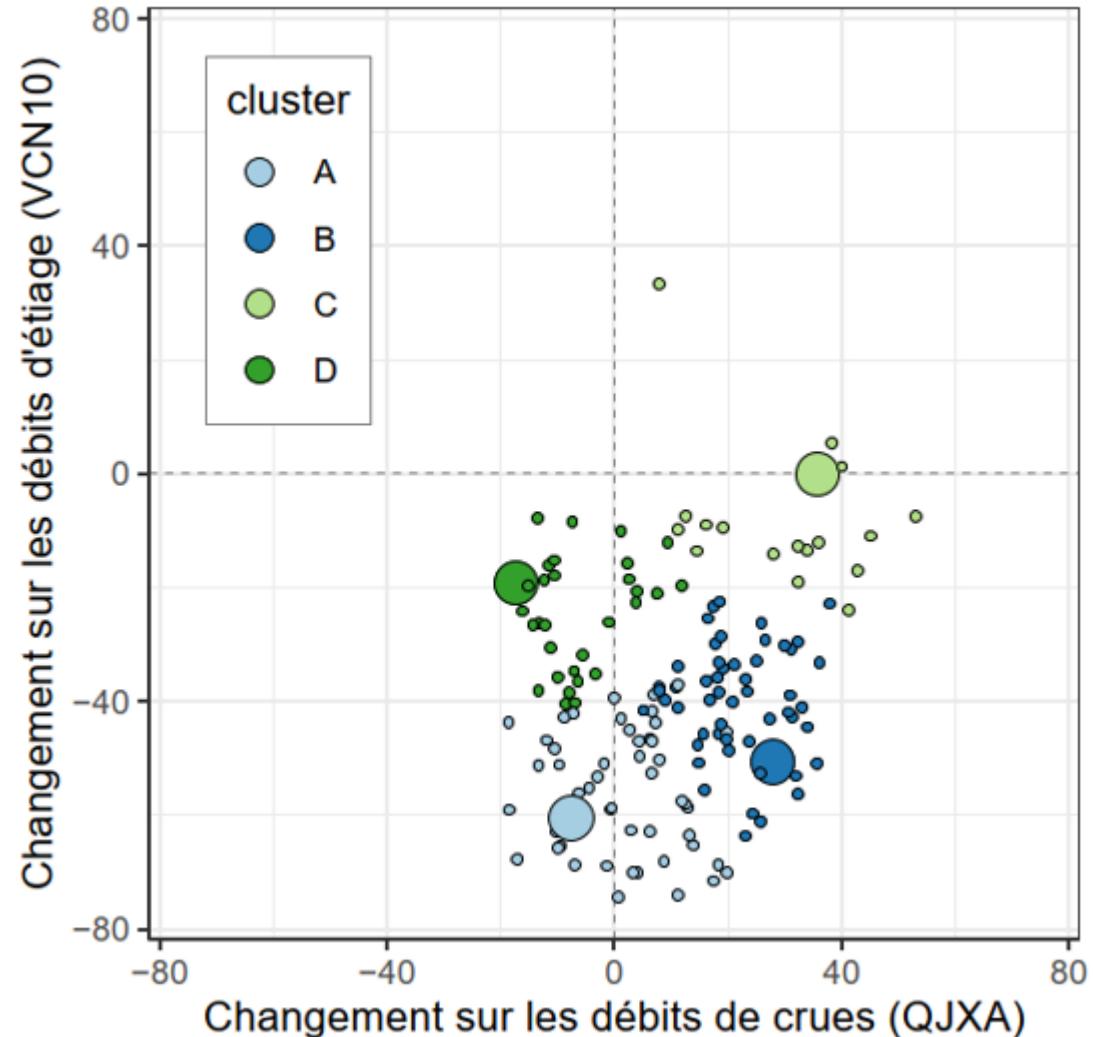
2. Identification de familles de futurs hydrologiques
 - A : Très forte baisse des étiages sans évolution de crues
 - B : forte baisse des étiages et augmentation des crues
 - C : Forte augmentation des crues et faible baisse des étiages
 - D : Baisses des étiages et faibles diminutions des crues



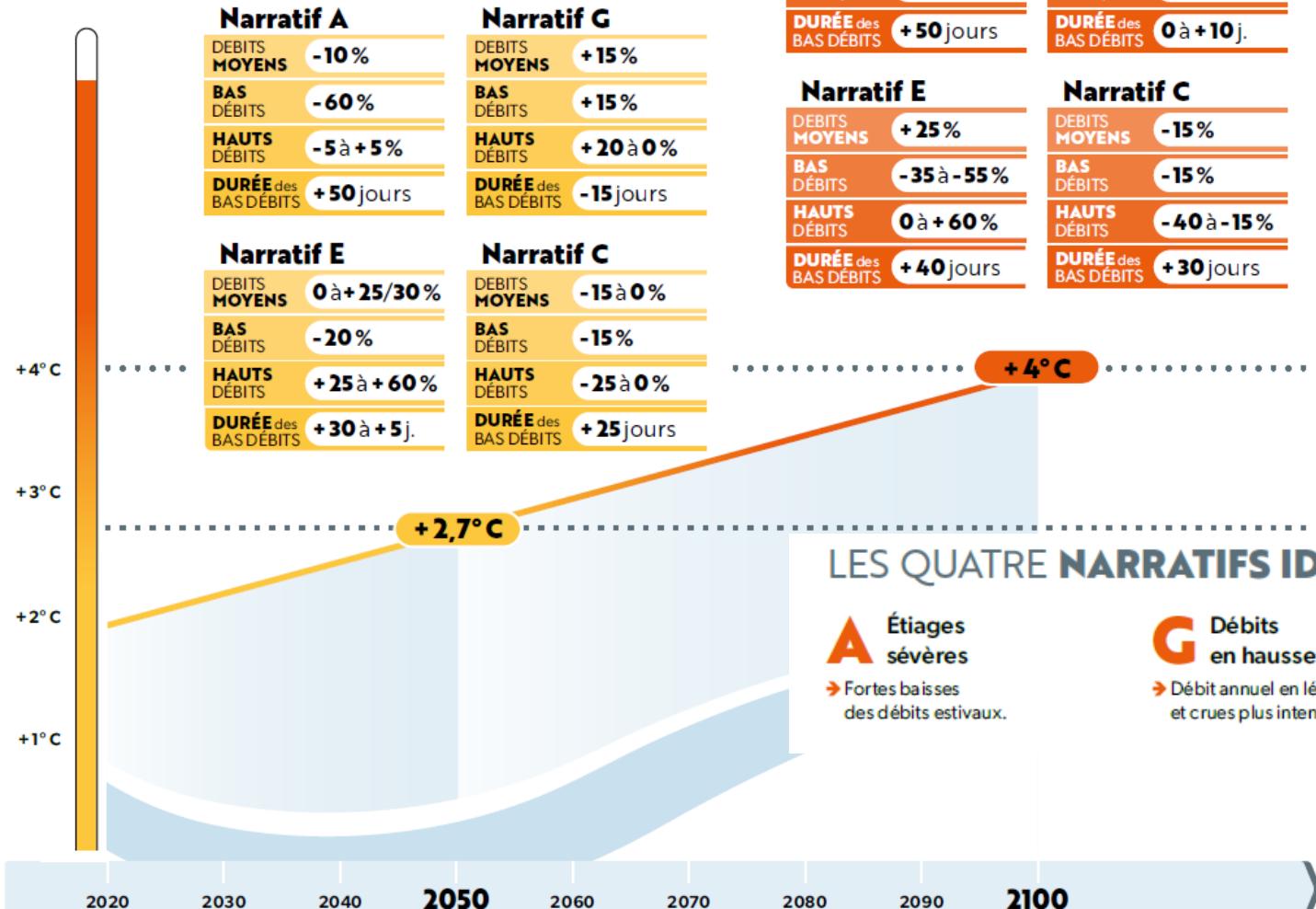
Une méthode complexe mais nécessaire

Exemple de choix des narratifs :

1. Choix des variables cibles
 - Adaptation souhaitée aux changements sur les crues et les étiages
2. Identification de familles de futurs hydrologiques
 - A : Très forte baisse des étiages sans évolution de crues
 - B : forte baisse des étiages et augmentation des crues
 - C : Forte augmentation des crues et faible baisse des étiages
 - D : Baisses des étiages et faibles diminutions des crues
3. Sélection d'un futur dans chaque famille



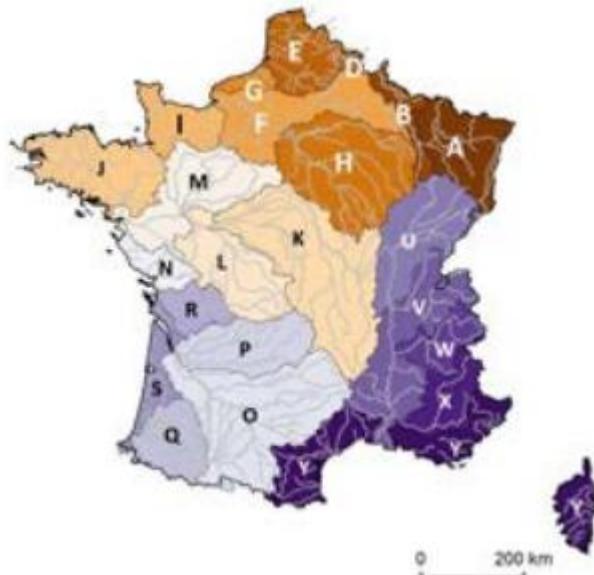
Les narratifs proposés pour la Loire



2 jeux de 4 narratifs pour s'adapter aux changements climatiques

Pour aller plus loin (développé par INRAE hors partenariat) :

Des fiches de synthèses pour contextualiser le climat et l'hydrologie d'une France à +2.7°C et +4°C sur un découpage basé sur les résultats des 24 régions hydrographiques en 187 secteurs



Et bientôt un site dédié...

