Évolutions actuelle et future des ressources de surface - Quels enseignements tirer des projets nationaux et régionaux ?

Eric SAUQUET, UR RiverLy, Lyon-Villeurbanne

Contexte : le changement climatique et ses impacts sur l'hydrologie

- Un fait : 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
- Des constats / perceptions (impacts) : augmentation des coûts économiques dus aux inondations dans de nombreux territoires dans le monde, augmentation des restrictions d'eau, etc.
- Des craintes : implications pour la gestion des risques (zonages, dimensionnement des ouvrages de protection, etc.) et de la ressource (conflits d'usage) et pour les écosystèmes ("déphasage" avec des cycles biologiques en crue, accès réduit à des refuges en étiage, etc.)

➔ **Deux approches complémentaires pour appréhender la question du changement climatique**

Observations et détections de tendance

Contrôle des modèles

Attribution des changements constatés

Projections et outils de simulation

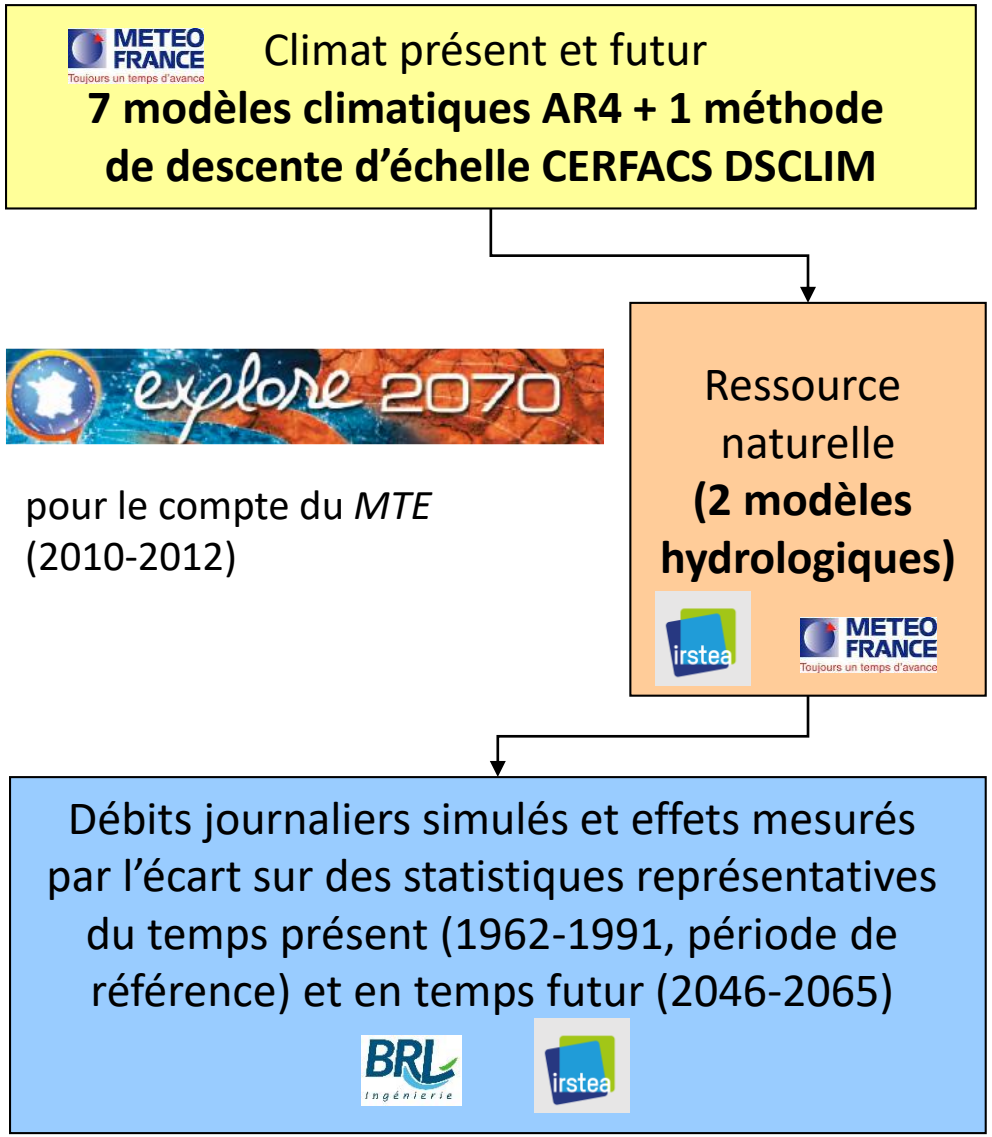
Le devenir de la ressource

Quelques expériences en France

Les études d'impact
sur la ressource NATURELLE

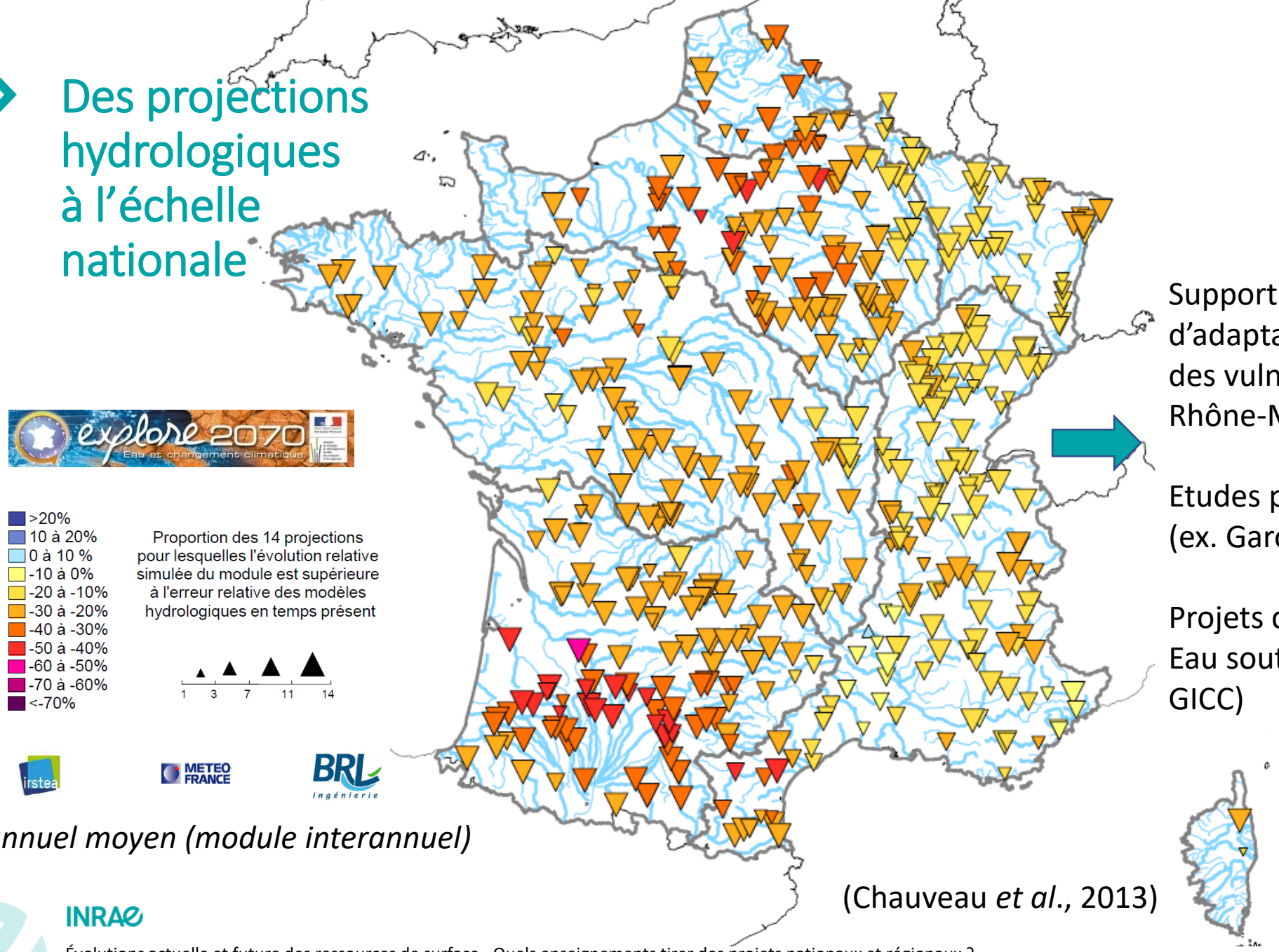
Objectif : caractériser l'hydro-système soumis à des perturbations grâce à une chaîne de modélisation reproduisant le passé et susceptible de décrire le futur

Une étude nationale : **Explore 2070**
Des résultats issus d'une chaîne de modélisation multi-modèles mise en place pour permettre le traitement uniforme de tout le territoire métropolitain



- **Des inquiétudes qui ont glissé progressivement des crues vers les étiages**

Des projections hydrologiques à l'échelle nationale



Débit annuel moyen (module interannuel)

(Chauveau *et al.*, 2013)

Support de stratégies locales d'adaptation (ex. caractérisation des vulnérabilités du bassin Rhône-Méditerranée)

Etudes prospectives territoriales (ex. Garonne2050)

Projets de recherche (ex. GEPET-Eau soutenu par le programme GICC)

Les petits ruisseaux feront-ils les grandes rivières ?

Des questionnements autour de l'intermittence sur les têtes de bassin

Une connaissance fondée sur l'Observatoire National Des Etiages (onde.eaufrance.fr)

Environ 3300 sites régulièrement observés depuis 2012 entre mai et septembre en tête de bassin pour surveiller et comprendre l'assèchement des cours d'eau **en été** via des observations **visuelles** réalisées par les agents de l'OFB

© OFB

Un double objectif ➔ deux types de suivi

Connaissance	⇨	Suivi usuel	Fixe au niveau national de mai à sept. ; 1 x / mois (soit 5 / an) 25 de chaque mois +/- 2 jours	Chaque année
Gestion de crise	⇨	Suivi complémentaire	Périodes et fréquences variables selon des départements	En cas de situation sensible

➔ Une connaissance fragmentaire

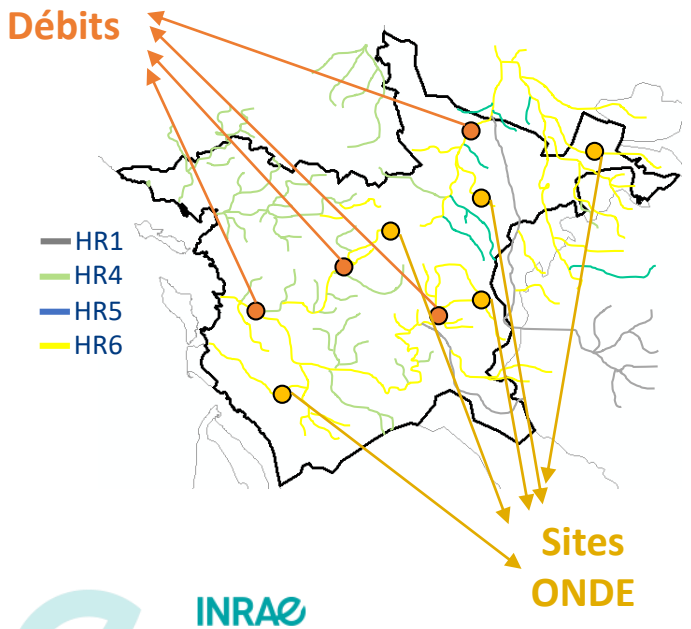
Les petits ruisseaux feront-ils les grandes rivières ?

De la donnée ponctuelle à une série continue d'assec

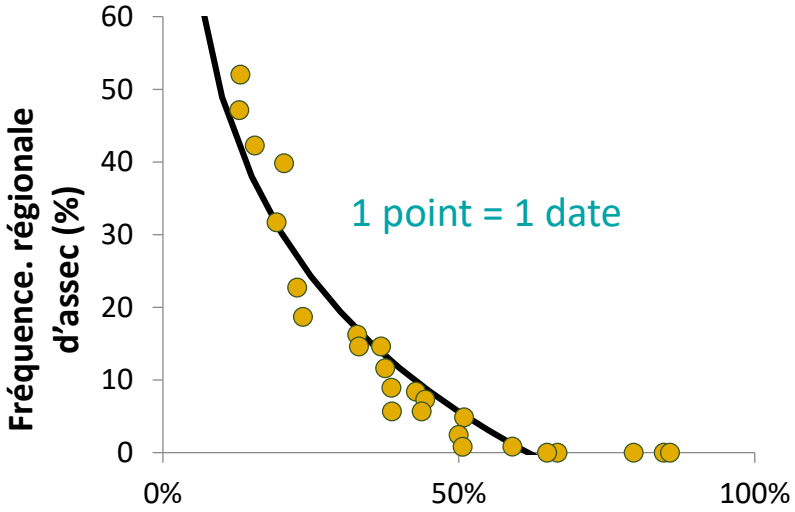
Stratégie de modélisation paramétrique par région homogène (Beaufort et al., 2018)

- la fréquence d'assec à l'échelle régionale est fortement corrélée à l'état hydrique du secteur concerné
- l'indicateur doit se déduire de données disponibles en continu

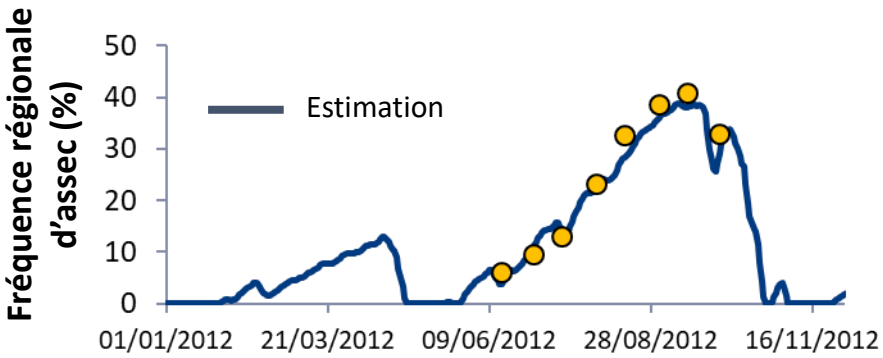
- Sélection d'un indicateur basé sur les débits Q aux stations hydrométriques



- Mise en place d'une relation empirique entre % d'assec aux sites ONDE et cet indicateur



- Application de cette relation entre les dates de relevés aux sites ONDE



Finalement

%assec(t) = f(Q(t))

Les petits ruisseaux feront-ils les grandes rivières ?

De la donnée ponctuelle actuel à une série continue d'assec pour le futur

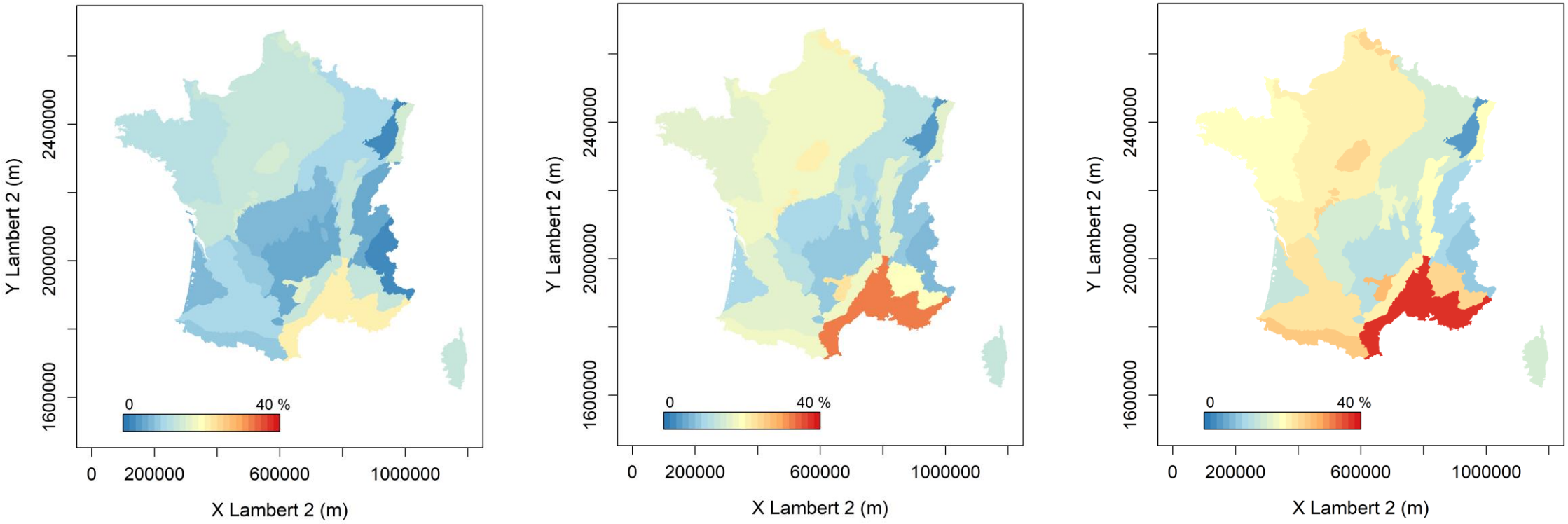
Même stratégie de modélisation : ***%assec(t) = f(Q(t))*** où la relation empirique ***f*** est calée sur les données passées et application avec des données de débits aux mêmes stations simulés sous changement climatique

Application à la caractérisation de l'intermittence sous changement climatique (RCP2.6 et RCP8.5, régionalisés avec une méthode des anomalies améliorée, simulations hydrologiques obtenues avec le modèle GR6J appliqué sur 635 stations hydrométriques)

Extraction de variables pertinentes pour l'écologie (dates de début et fin des assecs, % de territoires en assec sur 20 jours consécutifs de période de retour 5 ans, indicateur de variabilité et de prédictibilité)

Les petits ruisseaux feront-ils les grandes rivières ?

De la donnée ponctuelle actuel à une série continue d'assec pour le futur (Sauquet et al., accepté)

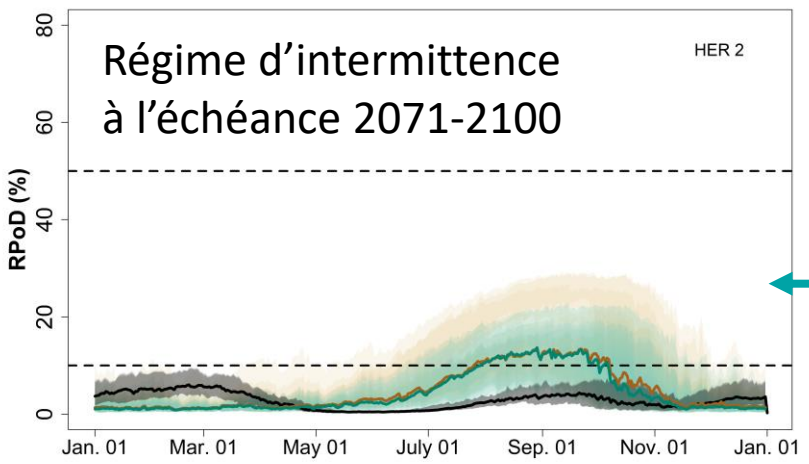


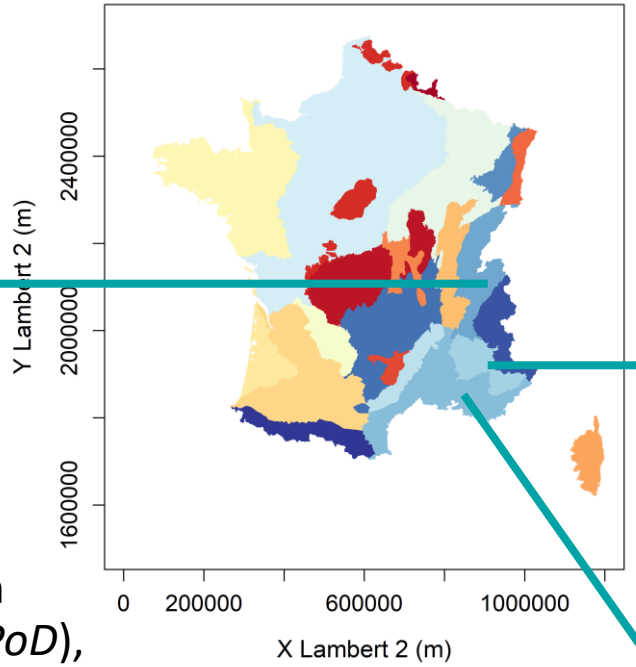
Probabilités régionales d'intermittence de mai à octobre actuelle, sur la période 2021-2050 et 2071-2100

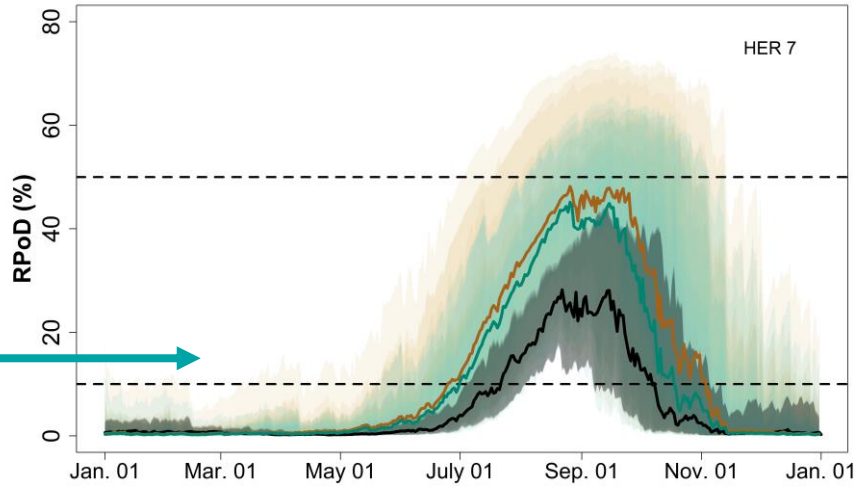
➔ Des contrastes régionaux accentués, des changements non uniformes, des situations inédites

Les petits ruisseaux feront-ils les grandes rivières ?

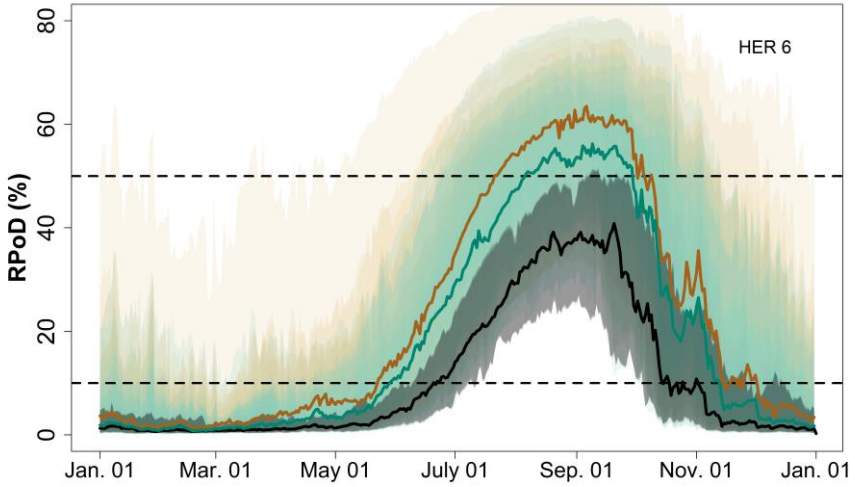
De la donnée ponctuelle actuel à une série continue d'assec pour le futur





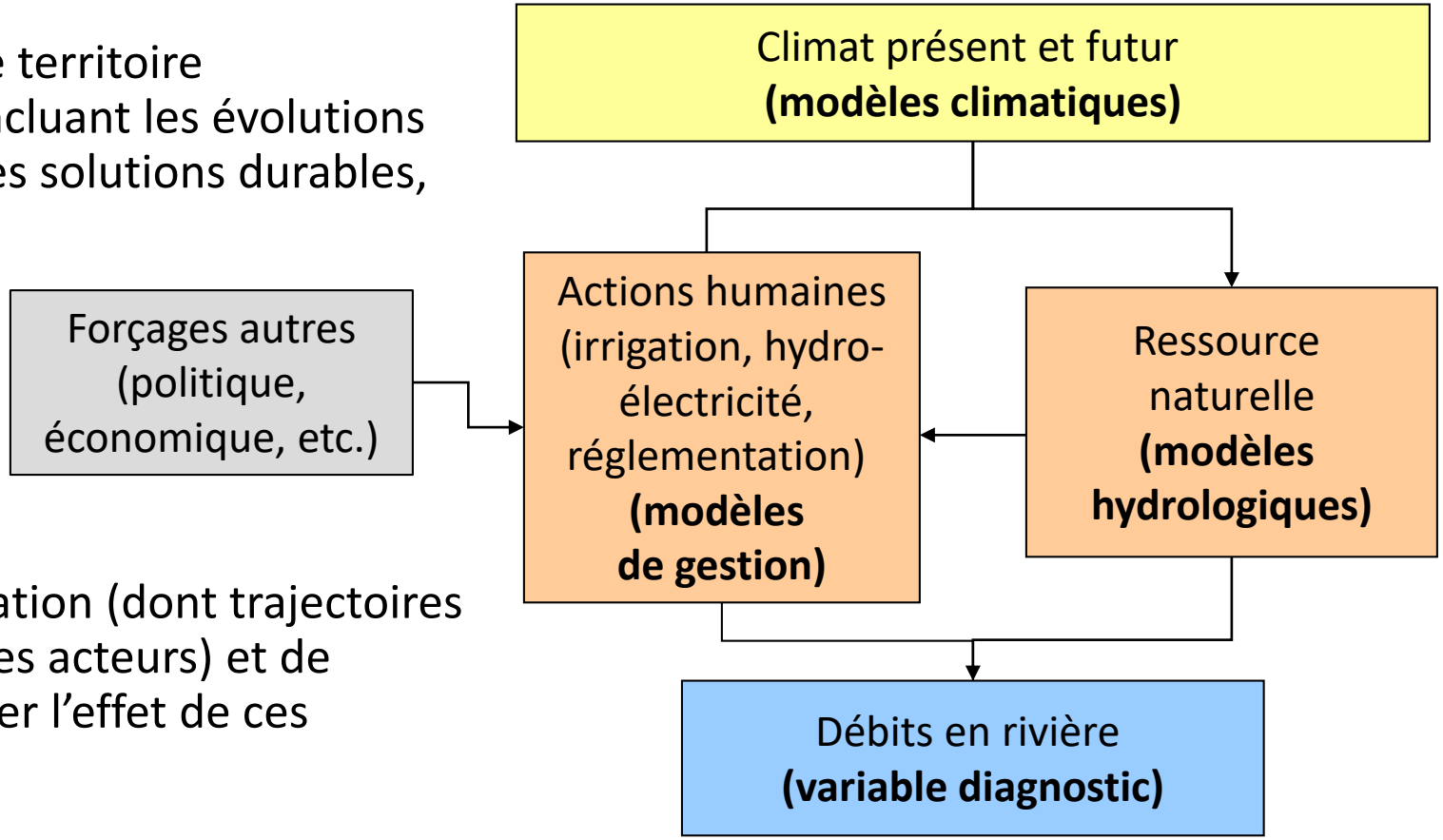


Changement probable : augmentation du risque d'intermittence régional (*RPoD*), augmentation de la durée de l'assèchement, en particulier dans les régions où l'intermittence est historiquement bien présente, et des changements de saisonnalité dans les régions alpines



L'eau et les prospectives territoriales

Un enjeu de projeter/imaginer le territoire dans les prochaines années en incluant les évolutions l'affectant pour agir (aller vers des solutions durables, identifier des ruptures)



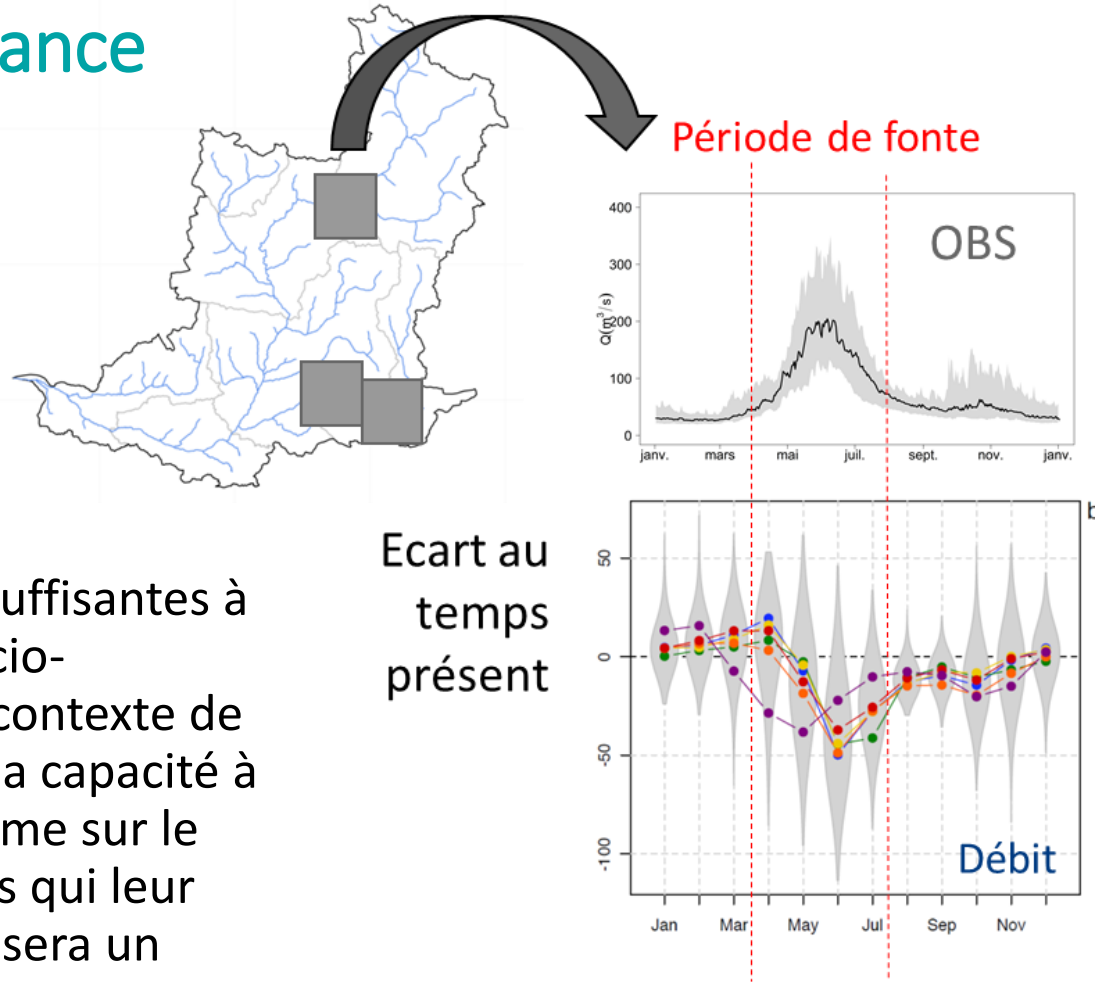
Mobilisation d'outils de scénarisation (dont trajectoires socio-économiques, mobilisant les acteurs) et de modélisation (utile pour quantifier l'effet de ces scénarios)

Nécessité de faire un diagnostic sur la situation actuelle, d'intégrer la gestion de l'eau et les actions humaines (explicitement ou implicitement) dans les modèles

Illustration d'une démarche de prospective dans un cadre de recherche : le projet R²D²2050

Les perspectives pour le système Durance

Résultats du projet R²D² 2050 (Sauquet et al., 2016)



- Des résultats obtenus avec les modalités de gestion actuelle avec des incertitudes (mais il faut apprendre à les gérer) MAIS des tendances fortes incitent à la poursuite de mesures sans regret
- Même si les réserves physiques en eau semblent suffisantes à l'horizon 2050, les changements climatiques et socio-économiques (eux les premiers d'ailleurs dans un contexte de « bassin déversant ») vont modifier sensiblement la capacité à satisfaire les différents usages, sur la Durance comme sur le Verdon. Il faudra donc aux acteurs trouver les voies qui leur permettront de parvenir à un nouvel équilibre qui sera un compromis
- **Message clef : « Si on ne fait rien, la situation deviendra difficile à gérer », partagé en ateliers de restitution**

Conclusions

En France

- Les tendances dégagées semblent cohérentes avec les conclusions des études d'impact mais la question de l'attribution en hydrologie n'est pas résolue. L'actualisation de telles études suppose la pérennisation de stations de référence

- Les études d'impact projettent des étiages estivaux plus sévères dans les secteurs de plaine et des étiages hivernaux moins sévères dans les secteurs de montagne dans les décennies futures que par le passé. Les études d'impact s'accordent principalement sur le signe de la tendance (effet proportionnel au caractère extrême du scénario d'évolution de la composition en GES)

- Des besoins d'actualiser *en continu* les connaissances (reconstitutions, observations, modélisations) notamment pour mettre en perspective les événements récents et mieux appréhender le futur

- Des besoins de mieux représenter la vulnérabilité pour prioriser/anticiper les actions et adaptations

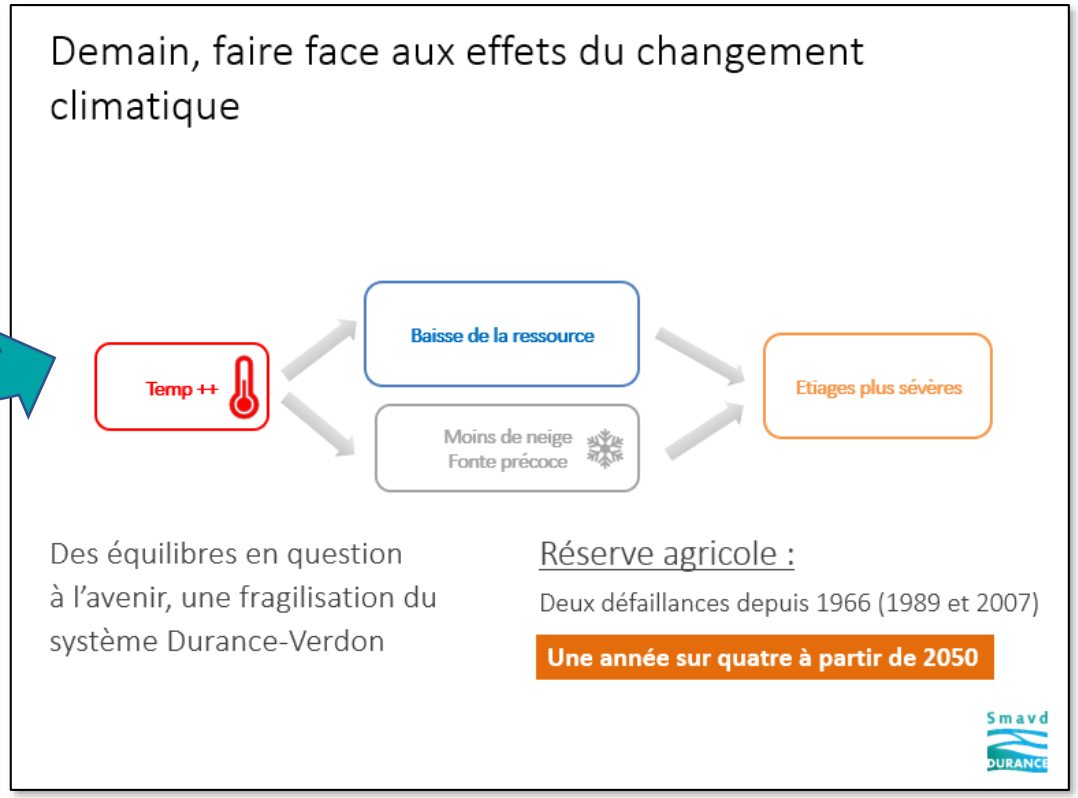
Des retombées pour le territoire du projet R²D² 2050

Une référence dans les réflexions du Syndicat Mixte d'Aménagement de la Vallée de la Durance dans ses missions (coordination des politiques publiques à l'échelle du bassin versant, élaboration du SAGE)

R²D² 2050 et ses résultats : un ressort argumentaire

Un vecteur de prise de conscience de la vulnérabilité du territoire

Acculturation des acteurs aux exercices de prospective et la mise sur agenda du sujet du changement climatique



Une étude économique pour appréhender les coûts et objectiver les jeux d'acteurs

Une démarche innovante de modélisation intégrée du bassin versant pour tester des scénarios

Dumoulin, P. (2019). Des multiples vertus de la modélisation intégrée : le cas du bassin versant de la Durance face au changement climatique. *Colloque UNESCO-SHF : « **Sécheresses 2019, Paris 11-12 et 13 décembre 2019** »*

Les perspectives

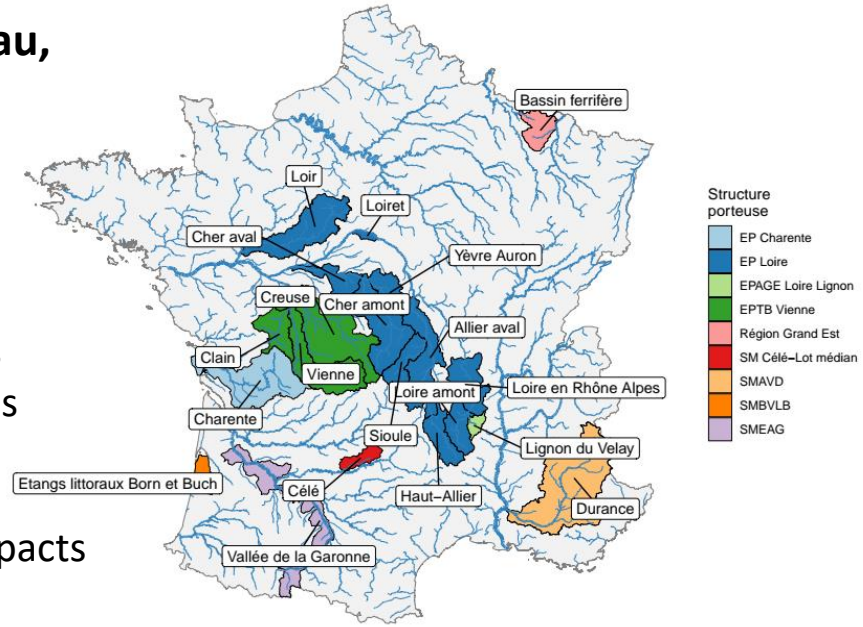
- Une amélioration continue des modèles hydrologiques qui doit être appuyée par des observations :
  - Perspectives d'amélioration des modèles, mais sans donnée fiable de validation, que peuvent-ils faire ?
  - Sans filet dans des situations climatiques nouvelles, TOUS les modèles sont livrés à eux mêmes (d'où besoin de mieux comprendre les processus et de mieux les représenter en temps présent)
  - Utiliser plusieurs modèles permet de mieux caractériser les incertitudes, de mieux cerner ce qui est robuste et de ne pas optimiser une stratégie d'adaptation sur une évolution possible parmi d'autres
- **Un besoin de soutien en ingénierie de projet identifié ➔ développement des services hydro-climatiques dédiés**
- **Une des actions à engager suite à la consultation nationale des Assises de l'eau est de : « mettre à disposition des données actualisées de l'étude Explore2070 »** (p.m. d'autres études ont été réalisées depuis : ex. Dayon (2015), Thirel et al. (2019) mais d'envergure moindre)

Life Eau&Climat

Supporting long-term local decision-making for climate-adapted Water Management

L'objectif est d'aider les acteurs de la gestion locale des ressources en eau, en particulier dans le cadre des Schémas d'Aménagement et de Gestion des Eaux (SAGE), à évaluer les effets du changement climatique, à les prendre en compte dans leur planification et à mettre en œuvre des mesures d'adaptation

- Mobiliser et appuyer les acteurs locaux, en mettant à leur disposition des outils adaptés pour évaluer les vulnérabilités du territoire et planifier leurs trajectoires d'adaptation en les sensibilisant aux enjeux du changement climatique
- Améliorer l'accès aux données hydroclimatiques nécessaires à modéliser les impacts du changement climatique sur l'eau et développer et mettre à disposition des indicateurs pertinents
- Mobiliser les acteurs de la recherche et accélérer le transfert de connaissances, en facilitant le dialogue entre chercheurs et membres des CLE et en synthétisant et diffusant les résultats récents sur le thème



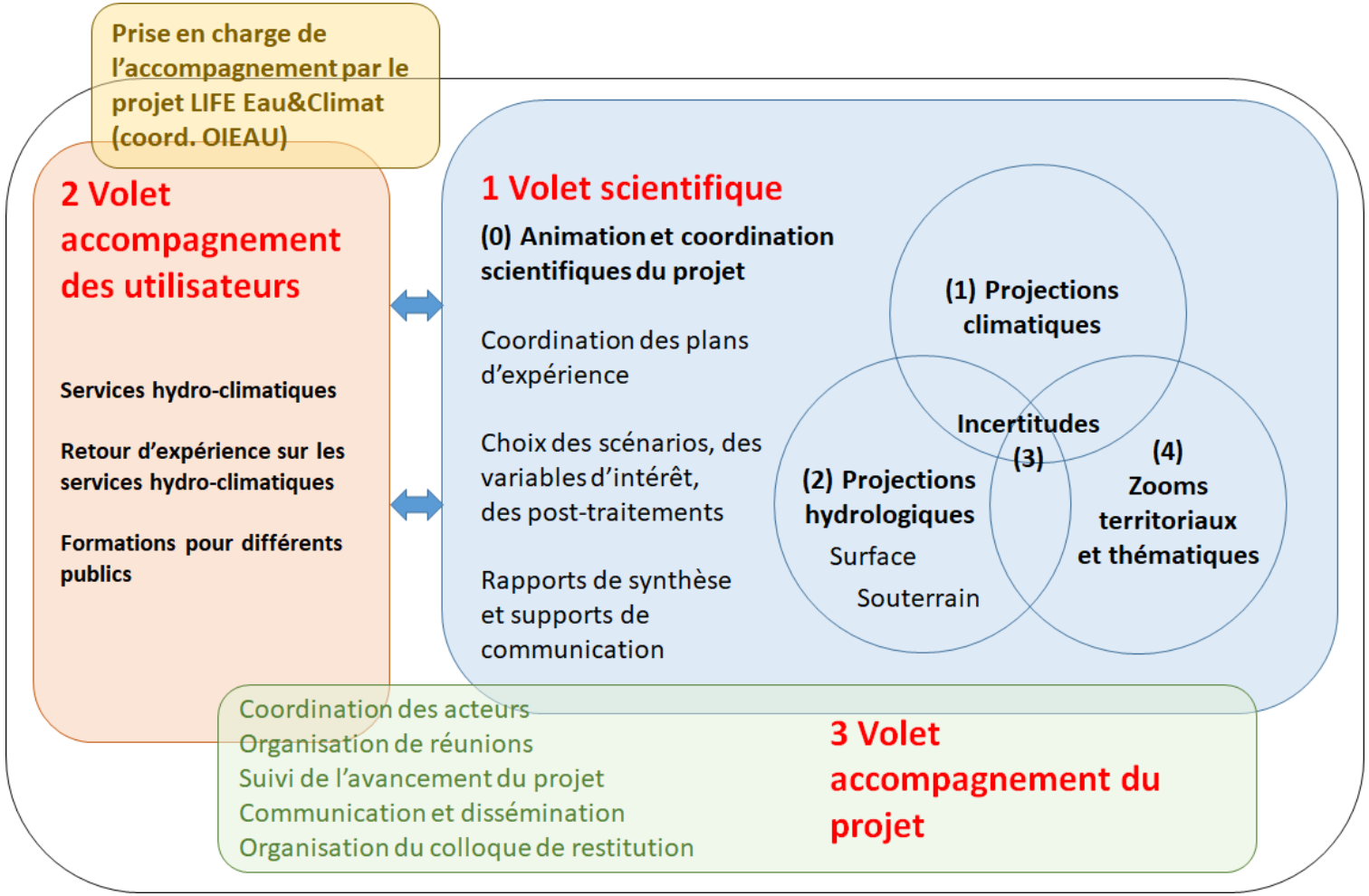
- Coordination : Office International de l'Eau
- Financement : EU LIFE (2 M€), Agences de l'Eau et ADEME
- https://www.gesteau.fr/life-eau-climat

Une réactualisation des résultats d'

Le projet "Explore 2" (2021-2024) : Elaboration de projections hydro-climatiques en France pour le XXIe siècle (financement : MTE, OFB – coord. scientifique : E. Sauquet)

Objectif : réactualiser les résultats des volets « Hydrologie de surface » et « Hydrologie souterraine » d'Explore2070 sur des bases scientifiques renouvelées et en extraire des informations utiles aux gestionnaires

Partenariat : un Consortium scientifique, regroupant des organismes de recherche et centres universitaires français actifs dans le domaine du changement climatique : Météo-France, INRAE, BRGM, ENS, Sorbonne Université, IGE, LSCE, EDF, HSM



Merci de votre attention

Quelques références

Beaufort, A., Lamouroux, N., Pella, H., Datry, T., Sauquet, E.. Extrapolating regional probability of drying of headwater streams using discrete observations and gauging networks. Hydrol. Earth Syst. Sci., 22, 3033–3051 (2018)

Chauveau et al. Quels impacts des changements climatiques sur les eaux de surface en France à l'horizon 2070 ? La Houille Blanche, 4 : 5-15 (2013)

Dayon G. Evolution du cycle hydrologique continental en France au cours des prochaines décennies, thèse, Univ. Toulouse (2015)

Sauquet et al. Le partage de la ressource en eau sur la Durance en 2050 : vers une évolution du mode de gestion des grands ouvrages duranciens ? La Houille Blanche, 5: 1-6 (2016)

Sauquet, E., Beaufort, A., Sarremejane, R., Thirel, G. Assessing flow intermittence in France under climate change. Hydrological Sciences Journal, accepté

Thirel, G., Gerlinger, K., Perrin, C., Drogue, G., Renard, B., Wagner, J.-P.. Quels futurs possibles pour les débits des affluents français du Rhin (Moselle, Sarre, Ill) ? La Houille Blanche, 5-6, 140-149 (2019)