



**ACCOMPAGNEMENT DE LECTURE DES FICHES
INCERTITUDES
POUR EXPLORE2**

**Guillaume EVIN, IGE
10/06/2024**

Avec le soutien financier de :



Le projet Explore2, porté par INRAE et l'Office International de l'eau (OiEau), s'inscrit dans la suite de l'étude Explore 2070 (2010-2012) grâce à laquelle les acteurs de la recherche, autour du Ministère de l'écologie, avaient établi des premiers scénarios prospectifs de disponibilités des ressources en eau à l'échelle de la France à horizon 2070. Officiellement lancé en juillet 2021, co-financé par les partenaires du projet, le Ministère de la transition écologique (MTE) et l'Office français de la biodiversité (OFB), le projet Explore2 a pour objectif, d'ici 2024, d'actualiser les connaissances sur l'impact du changement climatique sur l'hydrologie à partir des publications du GIEC (CMIP5), mais aussi d'accompagner les acteurs des territoires dans la compréhension et l'utilisation de ces résultats pour adapter leurs stratégies de gestion de la ressource en eau.

Nom du projet	Explore2 : Anticiper les évolutions climatiques et hydrologiques en France
Nom du rapport	Accompagnement de lecture des fiches incertitudes pour Explore2
Auteur(s)	Guillaume EVIN, IGE
Numéro de version	1
Date contractuelle de remise du livrable	10/06/2024
Date effective de remise du livrable	xxx
Statut du document	version provisoire/ version finale
Accès en ligne	libre /restreint/ confidentiel
Mots-clés (5 maximum)	

Table des matières

Exemple de fiche.....	5
Volet A. Changements projetés : moyenne d'ensemble et incertitudes.....	6
Volet B. Accord sur le signe de la tendance.....	6
Volet C. Pourcentage de l'incertitude totale expliquée par chaque source d'incertitude.....	6
Volet D-F. Réponses individuelles des modèles : Effets principaux.....	6
Références.....	7

Résumé

Ce document a pour objectif d'accompagner la lecture des fiches incertitudes produites avec l'ensemble de projections hydroclimatiques d'Explore2 obtenus avec la méthode de correction ADAMONT. Le lecteur pourra consulter le rapport Explore2 dédié aux incertitudes pour des informations complémentaires (Evin et al., 2024) ainsi que les notices de lecture des illustrations produites (Reverdy et al., 2023a,b).

Acronymes

GCM : *General Circulation Model*, modèle physique de représentation du climat à l'échelle planétaire.

HM : *Hydrological Model*, modèle hydrologique du fonctionnement d'un ou plusieurs bassins versants.

RCM : *Regional Climate Model*, modèle physique de représentation du climat à l'échelle régionale.

RCP : *Representative Concentration Pathways*, scénario d'émissions de gaz à effet de serre et aérosols.

Exemple de fiche

La page suivante présente un exemple de fiche « incertitudes » pour la station « La Garonne à Portet-Sur-Garonne » (O200001001). Elle présente les changements relatifs moyens (en %) et les incertitudes associées pour trois indicateurs hydrologiques :

- **QA** : Débit journalier moyen annuel,
- **QJXA** : Débit journalier maximal annuel,
- **QMNA** : Débit (Q) mensuel (M) minimal (N) de chaque année civile (A).

Pour chaque indicateur (en colonne), les différents volets A-E (en ligne) présentent différentes caractéristiques détaillées dans la suite de ce document. L'en-tête contient les légendes relatives à chacun des volets, et la localisation de la station dans la carte de France.

O200001001 – La Garonne à Portet-Sur-Garonne

A: Dispersion

Dispersion HM reconstitué

RCP2.6 RCP4.5 RCP8.5

Dispersion modèle

RCP2.6 RCP4.5 RCP8.5

Variabilité naturelle

RCP2.6 RCP4.5 RCP8.5

B: Accord

▲ Hausse

○ Aucun

▼ Baisse

C: Partition

Var. naturelle

Var. résiduelle

HM

RCM

GCM

RCP

D: GCM

CNRM-CM5

EC-EARTH

HadGEM2-ES

IPSL-CM5A-MR

MPI-ESM-LR

NorESM1-M

E: RCM

ALADIN63

CCLM4-8-17

HadREM3-GA7

HIRHAM5

RACMO22E

RCA4

RegCM4-6

REMO

WRF381P

F: HM

CTRIP

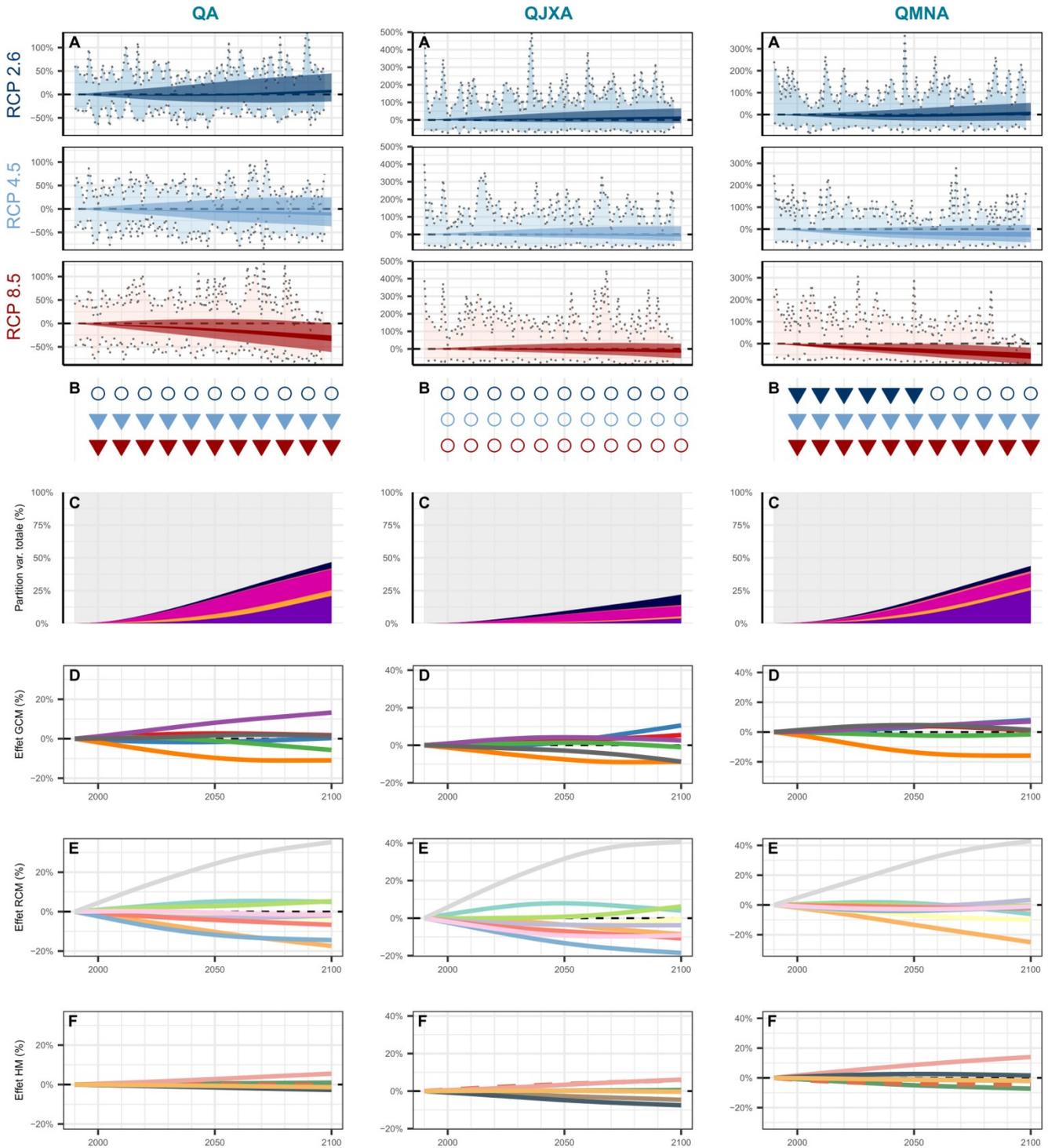
GRSD

MORDOR-SD

ORCHIDEE

SIM2

SMASH



Volet A. Changements projetés : moyenne d'ensemble et incertitudes

Pour chaque scénario d'émission et les indicateurs QA, QJXA et QMNA, le volet A présente différentes dispersions des changements relatifs projetés par les différents modèles de climat (GCMs, RCMs) et les différents modèles hydrologiques (HMs):

- **La bande colorée centrale (très foncée)** représente la dispersion des réponses climatiques *moyennes* projetées par les différents modèles hydrologiques, qu'ils soient disponibles ou reconstitués. Cette bande permet de visualiser ces changements *moyens* sur la même base de modèles hydrologiques par région (voir Figure 1) :

- Sur tous les points de simulation, l'ensemble de modèles inclut *a minima* SMASH, CTRIP, GRSD et ORCHIDEE,
- SIM2 et MORDOR-SD couvrent la majeure partie du territoire sauf certains bassins côtiers ou proches des frontières,
- EROS, MORDOR-TS et J2000 couvrent en plus des régions spécifiques (respectivement le bassin de la Loire et la Bretagne ; le bassin de la Loire ; les bassins de la Loire et du Rhône).

- **La plage colorée foncée** représente la bande d'incertitude "Modèle", représentant la dispersion entre les réponses climatiques des différentes chaînes de simulation de l'ensemble. Elle est issue des quantiles 5% et 95% des réponses estimées par QUALYPSO.

- **La plage colorée claire** représente la courbe enveloppe des projections brutes, illustrant les variations interannuelles possibles de la variable considérée dues à la variabilité interne du climat.

Utilité pour l'utilisateur : Visualiser rapidement les tendances d'évolution d'un indicateur pour chaque scénario d'émission, ainsi que leur incertitude et la gamme de variabilité interne telles qu'estimées dans l'ensemble de projection considéré.

Volet B. Accord sur le signe de la tendance

Le volet B représente l'accord sur le signe de changement. Il est indiqué sous forme chronologique (une valeur par décennie) pour chacun des trois scénarios d'émission. Un triangle orienté vers le haut (respectivement vers le bas) indique que 80% des modèles sont en accord sur un changement positif (respectivement négatif). Un cercle indique les autres cas.

Utilité pour l'utilisateur : Faire une première estimation de l'accord sur le signe des tendances observées.

Volet C. Pourcentage de l'incertitude totale expliquée par chaque source d'incertitude

Le volet C présente la partition de variance, c'est-à-dire la contribution relative des différentes sources d'incertitude à l'incertitude totale (y compris la variabilité interne, en % de la variance totale) :

- (gris) : incertitude associée à la variabilité interne du climat ;
- (bleu foncé) : incertitude liée à la variabilité résiduelle ;
- (saumon) : incertitude HM (variance des effets principaux des différents HMs) ;
- (fuchsia) : incertitude RCM (variance des effets principaux des différents RCMs) ;
- (orange) : incertitude GCM (variance des effets principaux des différents GCMs) ;
- (violet) : incertitude RCP (variance des effets principaux des différents scénarios RCPs).

Utilité pour l'utilisateur : Mettre en évidence les maillons de la chaîne de modélisation pour lesquels le désaccord est le plus important entre les modèles.

Volet D-F. Réponses individuelles des modèles : Effets principaux

Les trois dernières lignes représentent les effets principaux (%) des différents D) GCMs (modèles climatiques globaux), E) RCMs (modèles climatiques régionaux), F) HMs (modèles hydrologiques). Tous les scénarios d'émission sont considérés.

Utilité pour l'utilisateur : La connaissance des effets principaux des différents modèles permet d'identifier les modèles proches de la moyenne d'ensemble, ainsi que les modèles les plus « déviants » par rapport à la moyenne d'ensemble estimée. Elle permet donc éventuellement par la suite d'orienter le choix de chaînes de modélisation spécifiques pour une étude d'impacts, en donnant la possibilité par exemple de sélectionner des scénarios parmi les plus humides ou les plus secs suivant le besoin. Il faut néanmoins garder à l'esprit que ces effets des modèles individuels ne prennent pas en compte les possibles interactions entre RCPs, GCMs, RCMs... spécifiques et ne donnent pas d'information sur la cause de la « déviance » (bug/imperfection de modélisation ou réelle conséquence de l'incertitude liée à la représentation imparfaite du système planétaire dans les modèles de climat).

A noter :

1. L'**effet principal d'un modèle donné** est la différence entre la réponse climatique moyenne en changement obtenue pour ce modèle par rapport à la réponse climatique moyenne en changement obtenue pour tout l'ensemble (c'est-à-dire par rapport à la moyenne d'ensemble des réponses moyennes en changement).
2. Par construction, la somme des effets principaux pour les différents modèles d'un type donné est donc toujours nulle (par exemple, la somme des effets principaux obtenus pour les six GCMs est nulle).
3. Les effets moyens des HMs sont estimés sur la base de tous les modèles hydrologiques, les effets reconstruits étant visualisés par des courbes en pointillé. *Pour quelques stations, cette reconstruction n'est pas possible et ces effets sont absents.*
4. Une valeur négative (resp. positive) d'effet principal obtenue pour un modèle donné ne correspond pas forcément à une baisse (resp. une hausse) de l'indicateur. Ce ne serait pas le cas par exemple si la réponse au changement moyen de l'ensemble considéré est un changement très positif (resp. très négatif).
5. Les effets principaux ne contiennent pas l'information de la variabilité naturelle du climat.

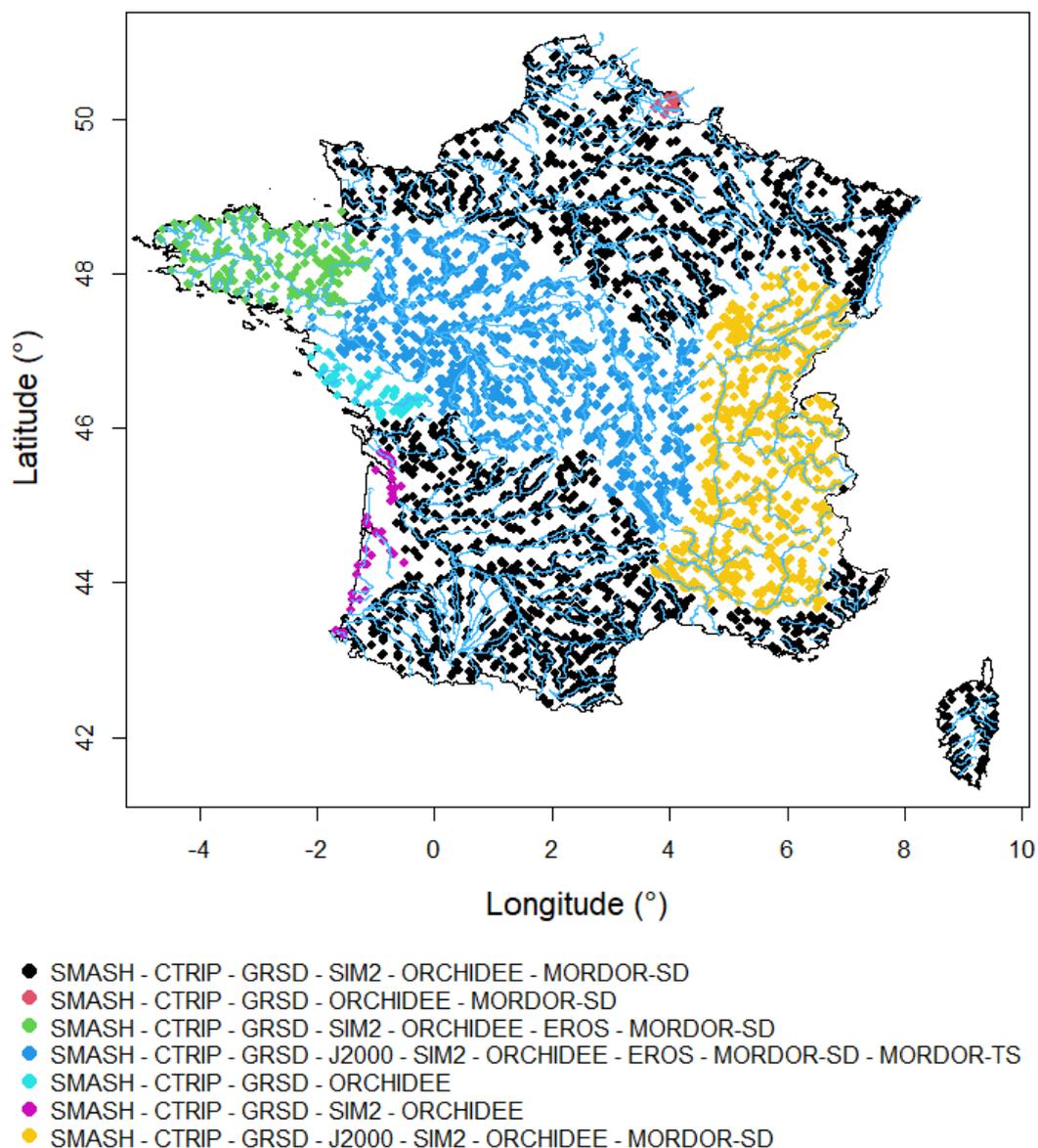


Figure 1 : Répartition des points de simulation Explore2 par ensemble de modèles hydrologiques dans les fiches incertitudes. Selon les régions hydrographiques, les modèles hydrologiques ayant produit des simulations ne sont pas les mêmes. Les fiches incertitudes contiennent les résultats des réponses climatiques moyennes disponibles ou reconstituées des modèles hydrologiques ayant produit des simulations dans la région hydrographique.

Références

REVERDY, A., G. EVIN et B. HINGRAY (2023a). *Notice descriptive des incertitudes pour les utilisateurs des projections Explore2. Notice courte.* Projet Ministère Transition Ecologique et Office Français de la Biodiversité. UGA, CNRS, INRAE, Grenoble. hal-04258382. Rapp. tech. DOI : [10.57745/IVDUSF](https://doi.org/10.57745/IVDUSF).

REVERDY, A., G. EVIN et B. HINGRAY (2023b). *Notice descriptive des incertitudes pour les utilisateurs des projections Explore2. Notice détaillée.* Projet Ministère Transition Ecologique et Office Français de la Biodiversité. UGA, CNRS, INRAE, Grenoble. hal-04258394. Rapp. tech. DOI : [10.57745/AMZCEZ](https://doi.org/10.57745/AMZCEZ).

G. EVIN, B. HINGRAY, A. REVERDY, A. DUCHARNE et E. SAUQUET (2024). *Explore2 : Ensemble de projections Explore2 : Changements moyens et incertitudes associées.* Rapp. tech. INRAE; CNRS; IGE, p. 89. <https://hal.science/hal-04609542>.