

Impacts des changements climatiques sur les débits de la Moselle à l'horizon 2070

Résultats du projet Explore2070

Aurélie CARROGET

Direction de l'eau et de la biodiversité, MEDDE

Charles PERRIN

Unité de recherche Hydrosystèmes et bioprocédés, Irstea

50^{ème} anniversaire de la canalisation de la Moselle
Colloque sur les enjeux environnementaux
Mercredi 4 juin 2014



Le projet Explore2070

- Projet piloté par le Ministère de l'Ecologie
- Début du projet : Juin 2010 - Durée totale du projet : 30 mois
- Objectifs
 - ▶ Élaborer et évaluer des stratégies d'adaptation
 - ◆ Anticiper les défis majeurs liés au changement climatique et minimiser les risques
 - ◆ Évaluer la pertinence de mesures/stratégies d'adaptation
 - ◆ En déduire les principaux enseignements permettant de guider l'adaptation
- Deux phases :
 - ▶ Déterminer les impacts du changements climatiques
 - ▶ Élaborer des stratégies d'adaptation

Organisation du projet

- **Projet construit en lots :**
 - ▶ Cinq lots thématiques : Hydrologie de surface, Hydrologie souterraine, Littoral, Ecosystèmes aquatiques, Prospective démographique et socio-économique
 - ▶ Un lot Intégration et analyse systémique



Méthodologie générale

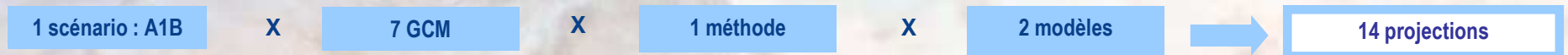
- Analyse au temps présent (2010) et au temps futur (2070)
- Couverture nationale avec un découpage de la France en 100 bassins métropolitaine + DOM (Guadeloupe, Guyane, Martinique, Réunion)
- Prospective démographique et socio-économique pour déterminer les pressions sur la ressource
- Construction des bases de données et du modèle intégrateur Explore 2070, module de confrontation offre/demande en eau

Scénarios utilisés et stratégies d'adaptation

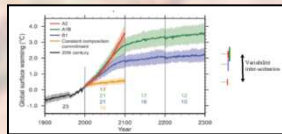
- Scénario d'émission de gaz à effet de serre : A1B du GIEC
- Scénario démographiques et socio-économiques
 - ▶ Scénario 1 : Densification de l'habitat
 - ▶ Scénario 2 : Étalement urbain
- Trois stratégies d'adaptation :
 - ▶ Stratégie 1 axée sur la sobriété dans les usages de l'eau
 - ▶ Stratégie 2 passant par l'augmentation des besoins en eau
 - ▶ Stratégie intermédiaire entre les deux précédentes

Travaux du Lot Hydrologie de surface

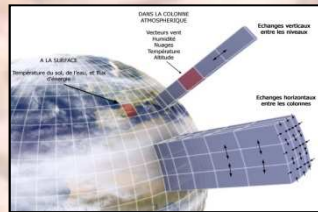
- Partenariat BRLi, Irstea, Météo-France
- Approche multi-modèles (7 modèles climatiques, 2 modèles hydrologiques)
- Plus de 500 points de simulation complets
- Evolutions entre simulations 1961-1990 et 2046-2065



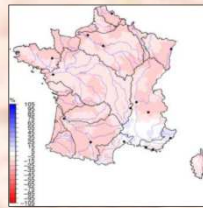
Choix de Scénario d'émission de GES



Modélisation climatique (GCM)

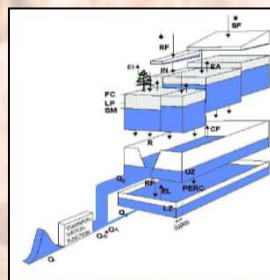


Descente d'échelle

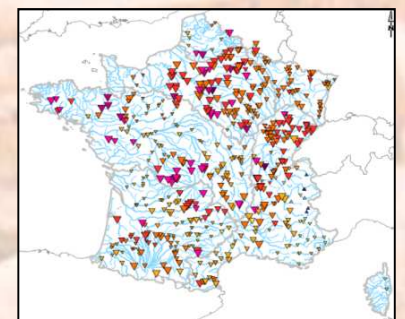


2 modèles - Isba-Modcou - GR4J

Modélisation hydrologique

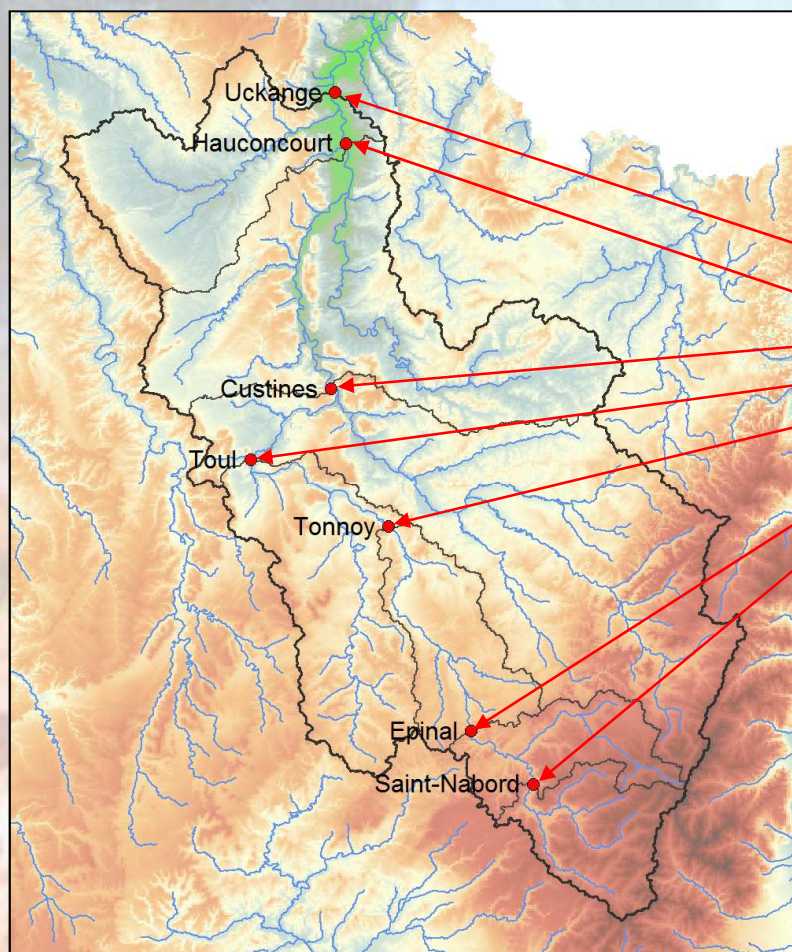


Analyse statistique des résultats
Analyse d'incertitudes
Illustration



Stations sur la Moselle

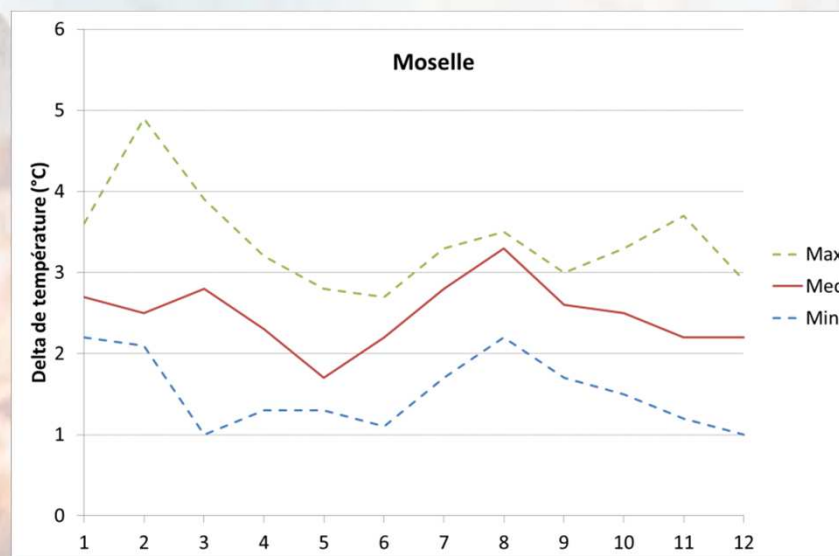
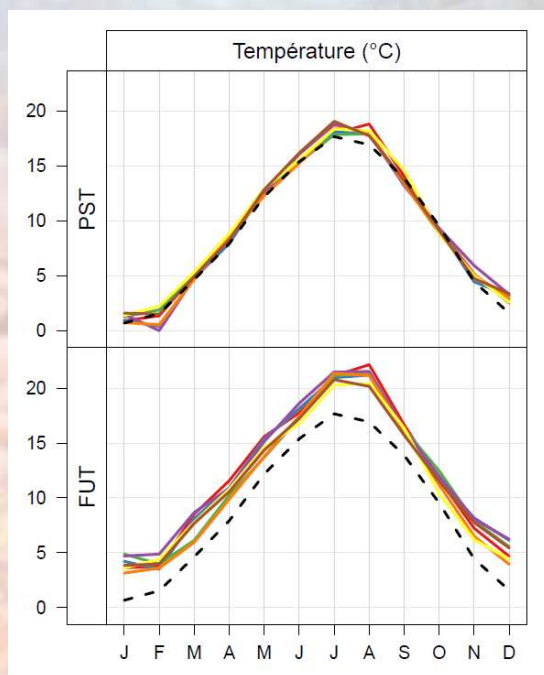
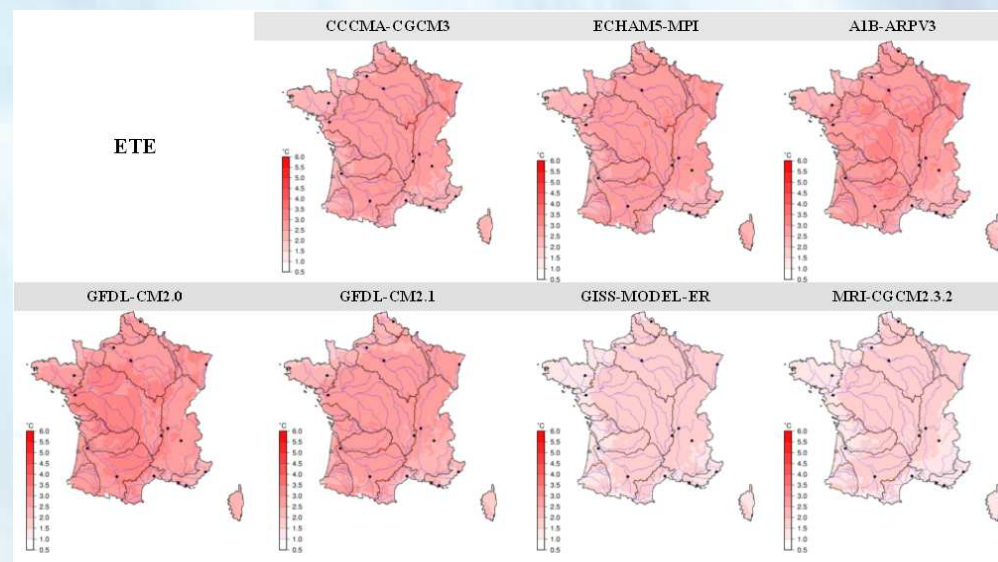
- 11 stations retenues sur le bassin de la Moselle dans Explore2070, dont 7 avec deux modèles hydrologiques



Station	Code Hydro	Superficie (km²)	Modèle hydrologique	
			GR4J	Isba-Modcou
<i>Frontière</i>	-	11 579		x
Uckange	A8500610	10 785	x	x
Hauconcourt	A7930610	9 384	x	x
Custines	A7010610	6 835	x	x
Toul	A5730610	3 346	x	x
Tonnoy	A5110610	1 977	x	x
Saint-Mard	A5100610	1 940		x
Epinal	A4250640	1 218	x	x
Saint-Nabord	A4200630	627	x	x
Rupt-sur-Moselle	A4050620	152	x	
Fresse-sur-Moselle	A4020610	70	x	

Evolution du climat : températures

- Augmentation d'environ 2.5 °C sur la métropole
- Plus prononcée en été
- Moselle : augmentation moyenne annuelle de 2.5 °C, jusqu'à 3°C en été



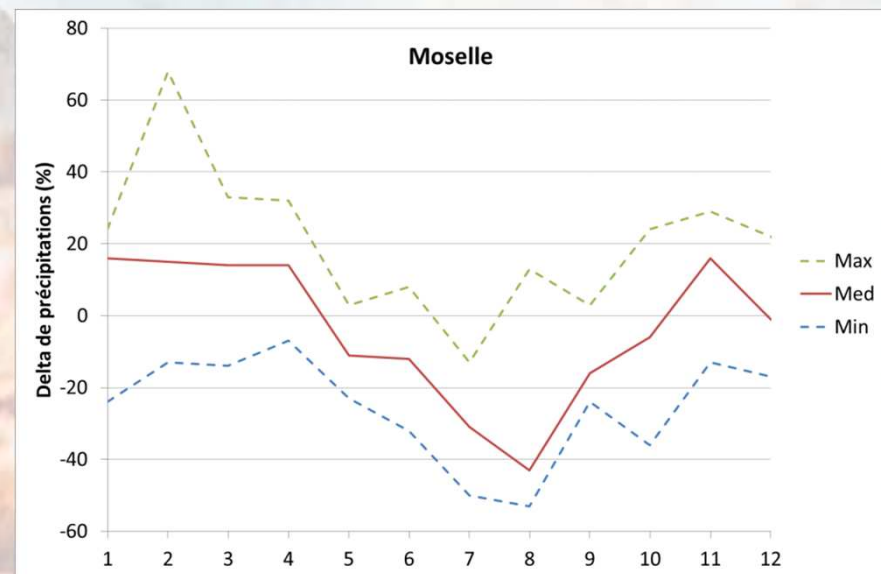
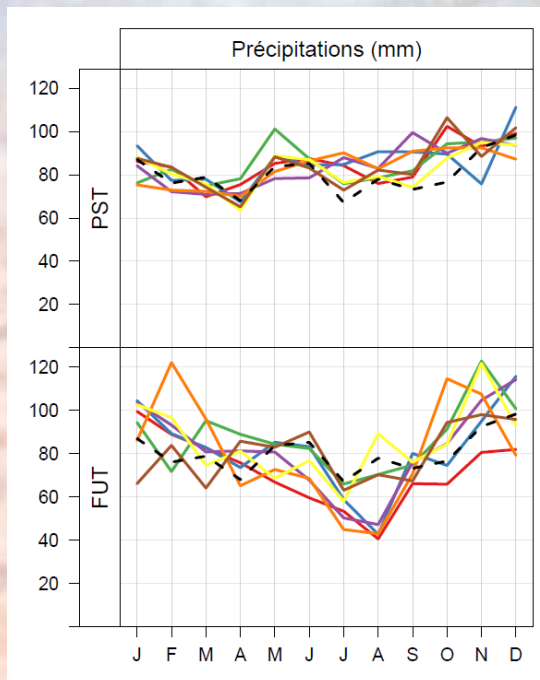
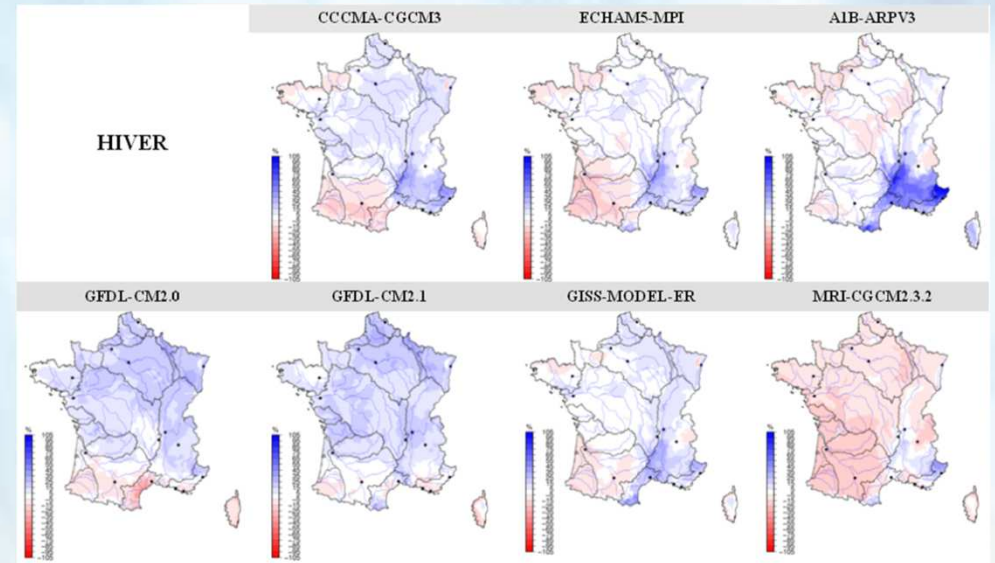
Simulations de température sur la Moselle utilisées dans Explore2070

PST : 1961-1990
FUT : 2046-2065



Evolutions du climat : précipitations

- Tendence à la baisse sur la métropole entre 5 et 10%
- Plus prononcée en été (15 à 25 %)
- Moselle : précipitations annuelles stables mais baisse estivale et augmentation hivernale



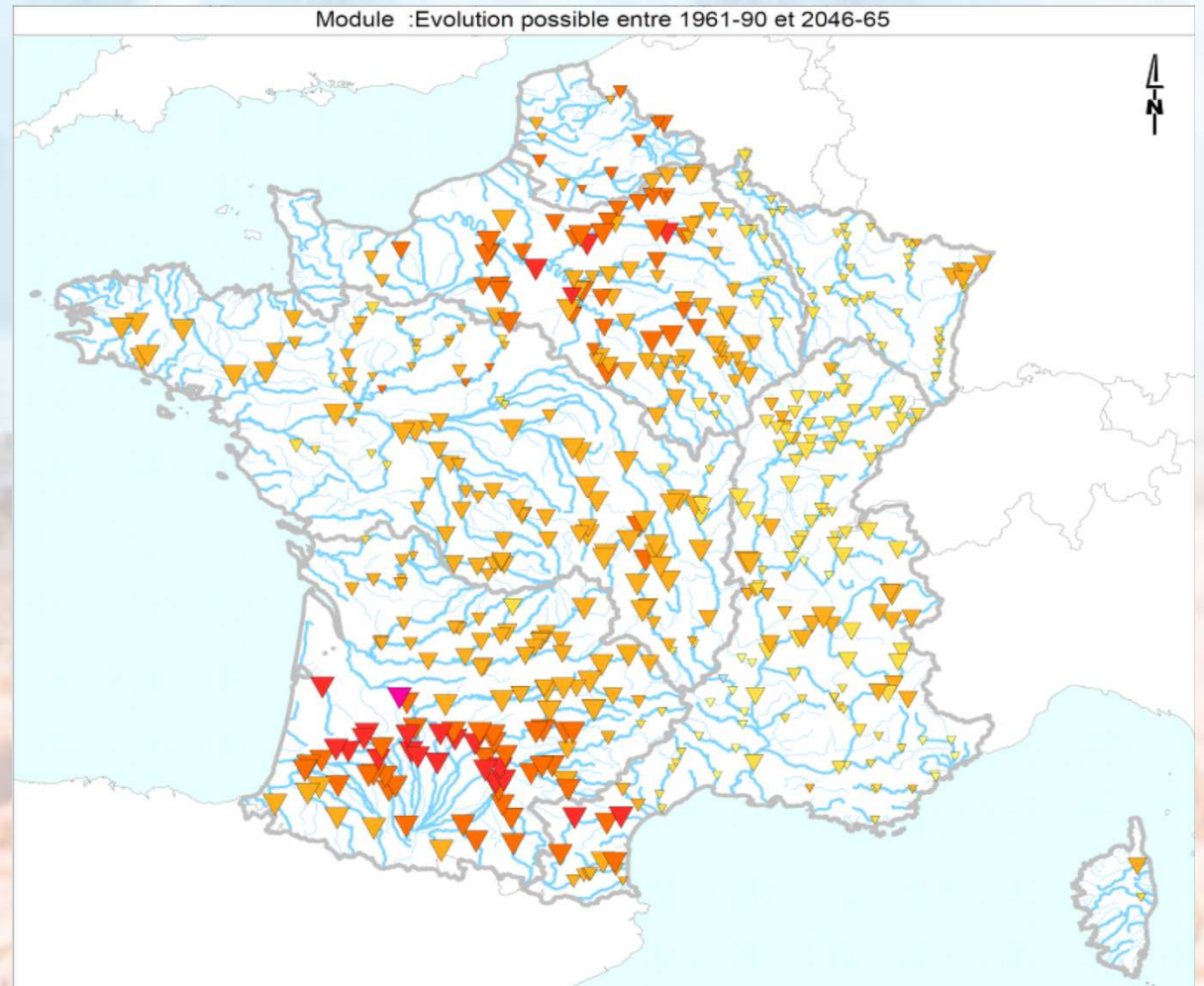
Simulations de précipitations sur la Moselle utilisées dans Explore2070

PST : 1961-1990
FUT : 2046-2065

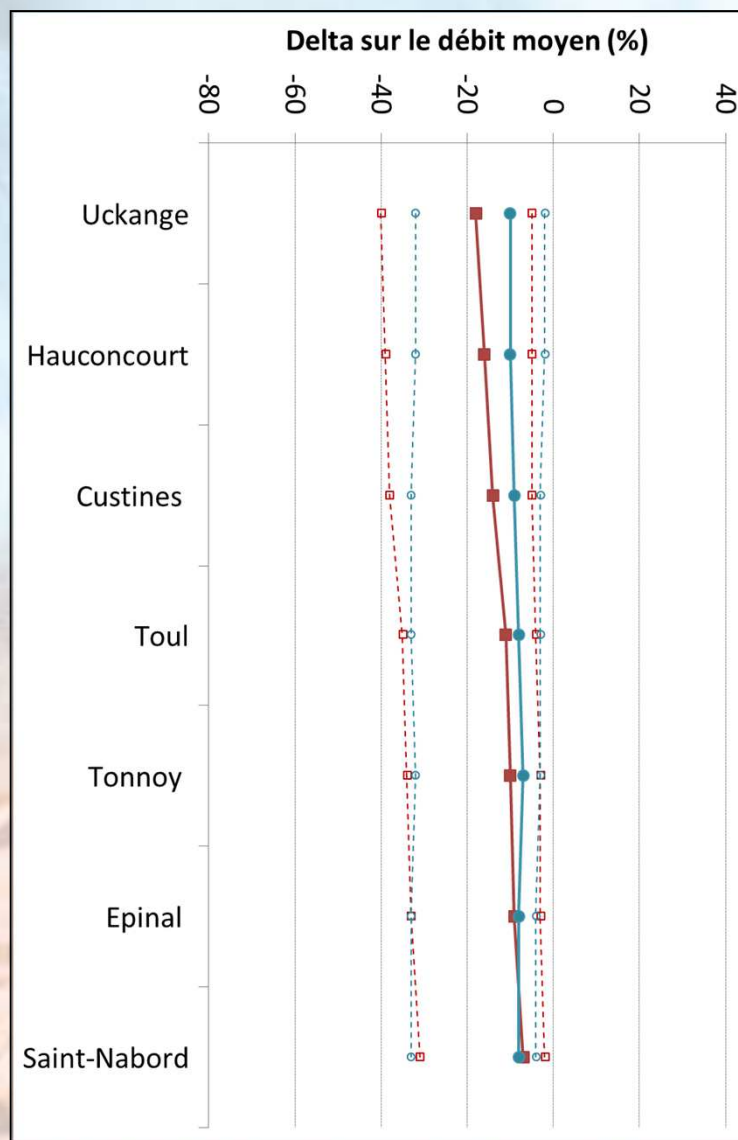
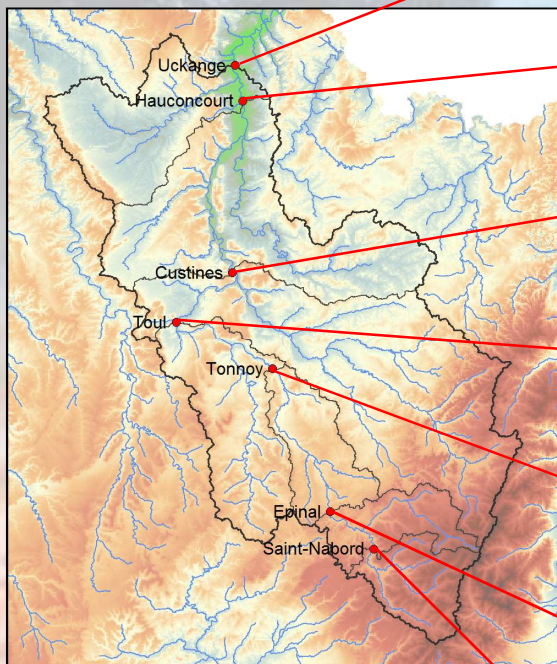


Evolution du débit moyen annuel en France

- Baisses quasi-générale sur l'ensemble du territoire
- Bassins de la Garonne et de la Seine particulièrement impactés
- Des baisses moindres sur l'Est du territoire



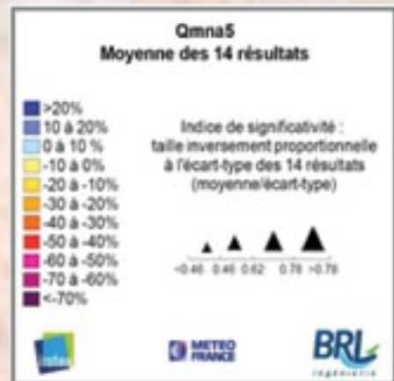
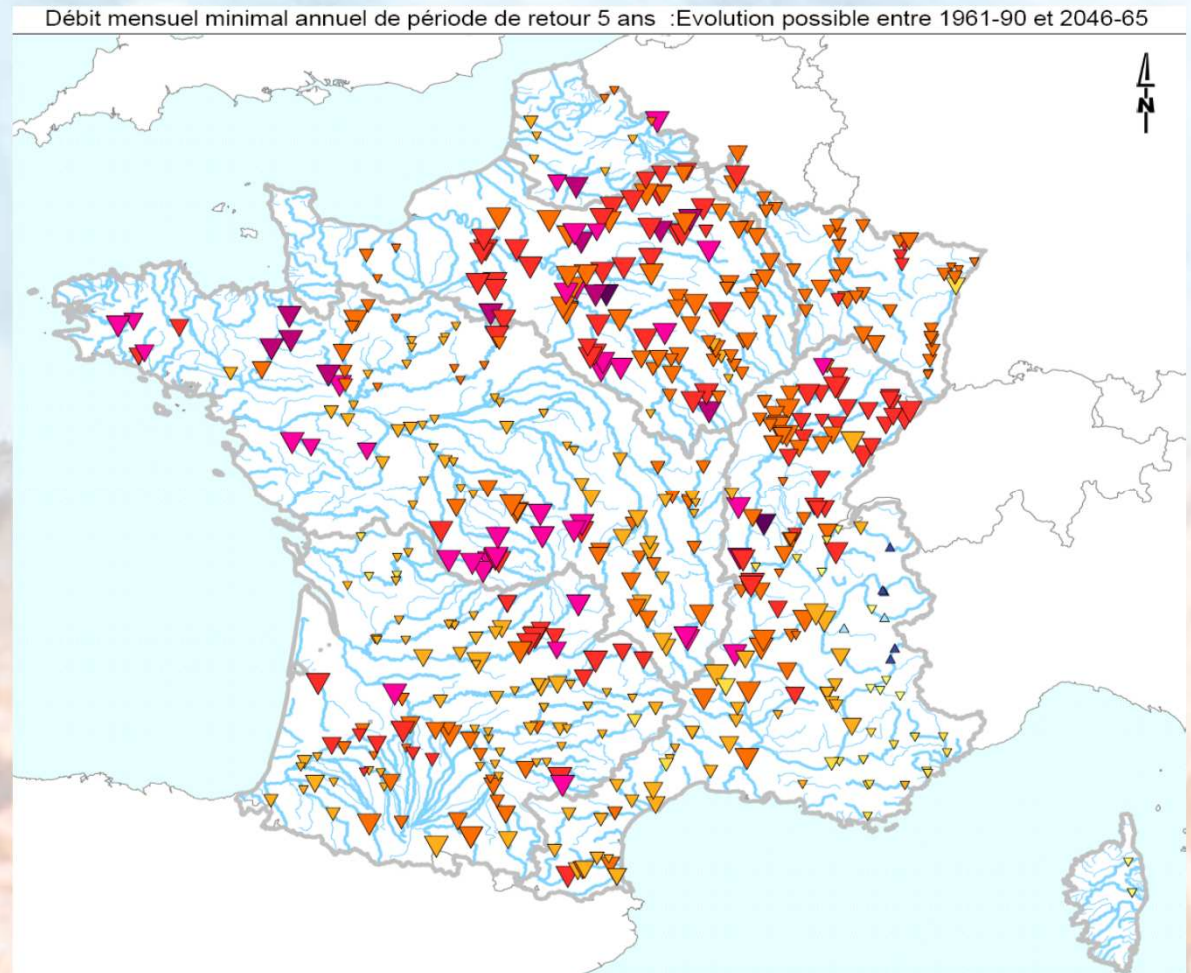
Evolution du débit moyen annuel sur la Moselle



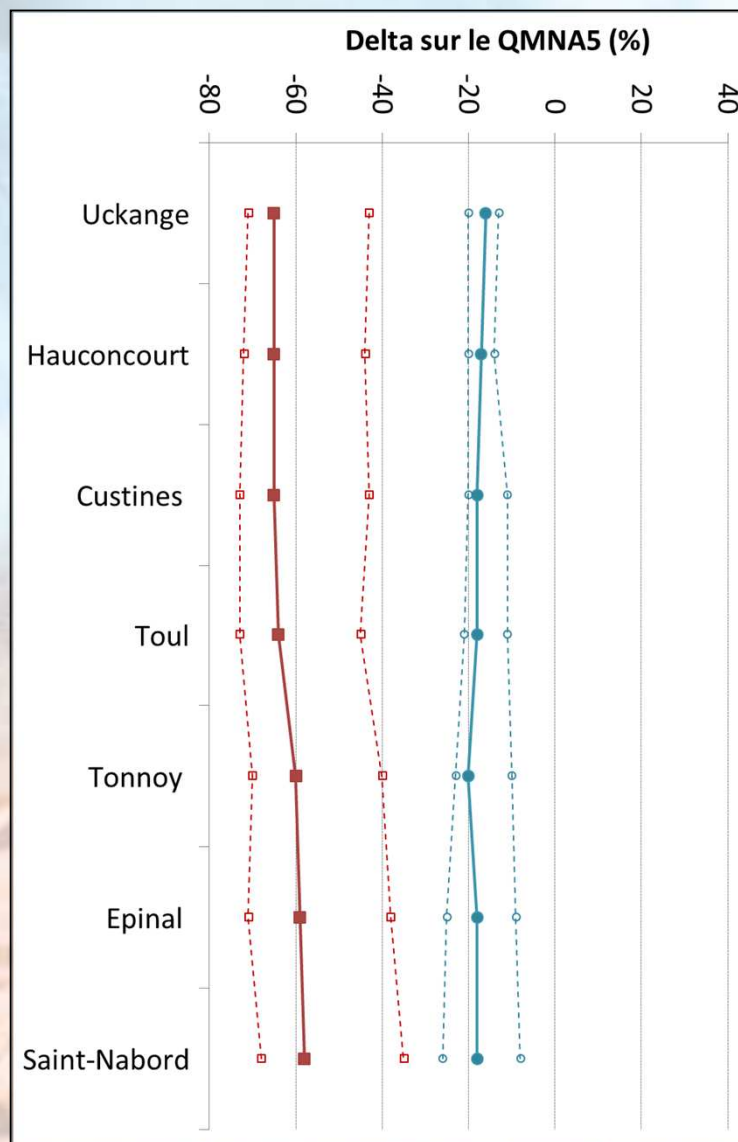
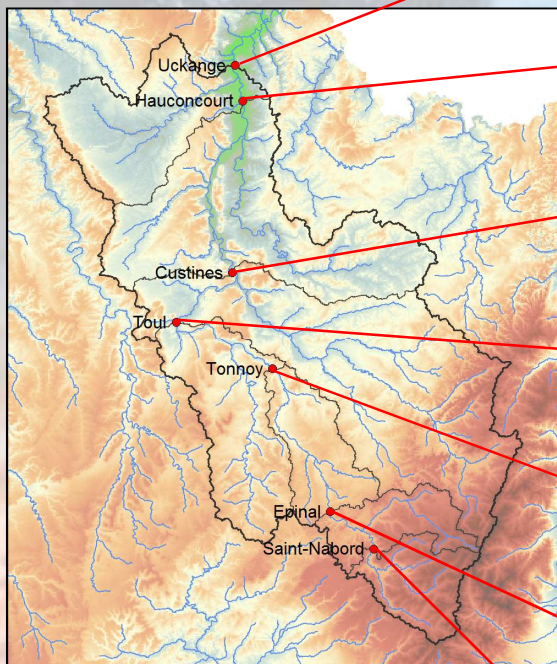
- Toutes les projections à la baisse
- Des baisses relatives médianes de l'ordre de 10%
- Baisses entre 2 et 40%
- Baisses un peu plus prononcées à l'aval du bassin
- Bon accord des deux modèles hydrologiques

Evolution du débit mensuel quinquennal sec (QMNA5) en France

- Baisse quasi générale sur l'ensemble du territoire
- Des baisses plus prononcées que sur les débits moyens
- Bassin de la Seine et sous-bassins de la Loire et du Rhône fortement touchés



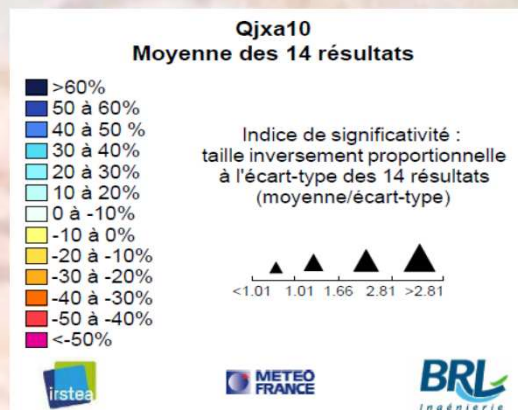
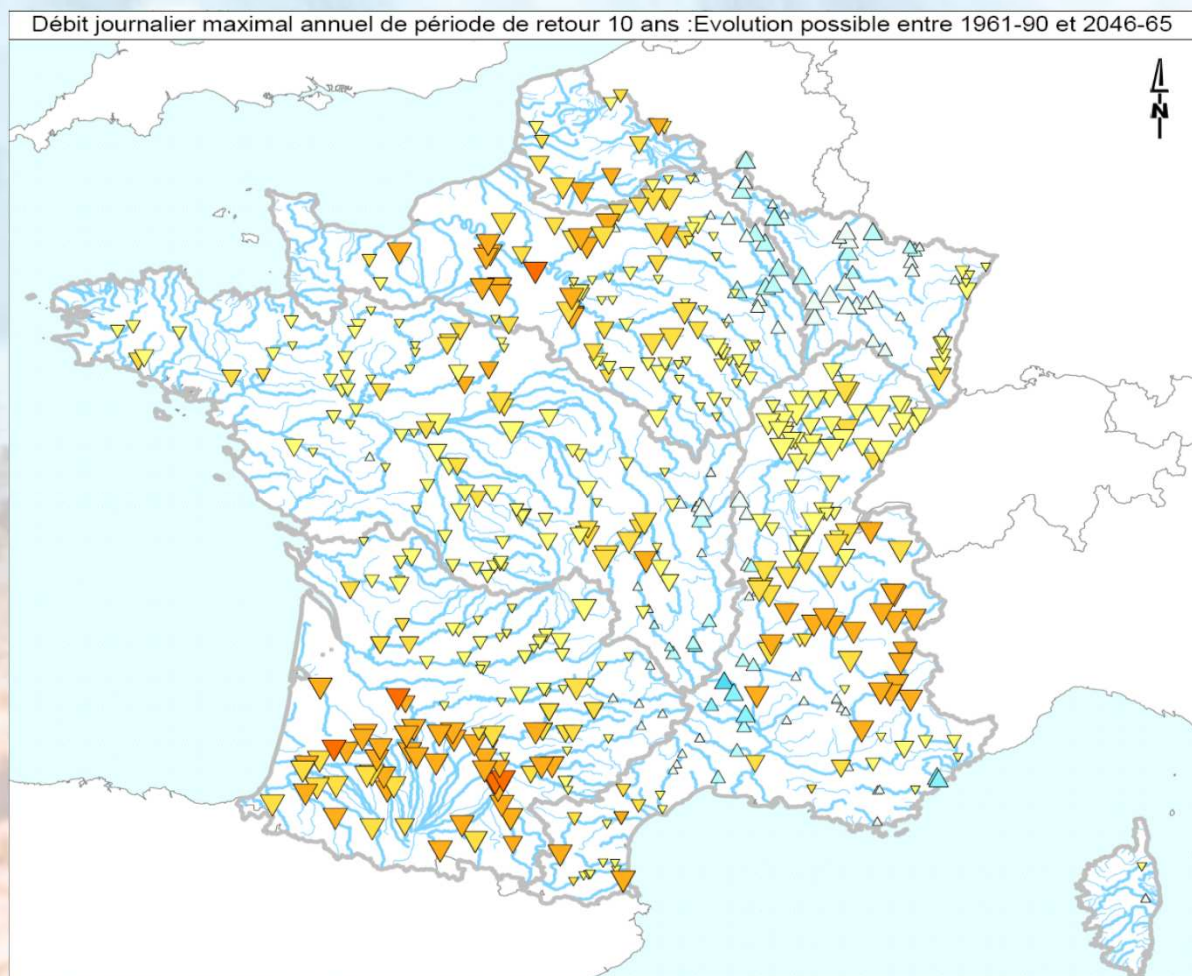
Evolution du QMNA5 sur la Moselle



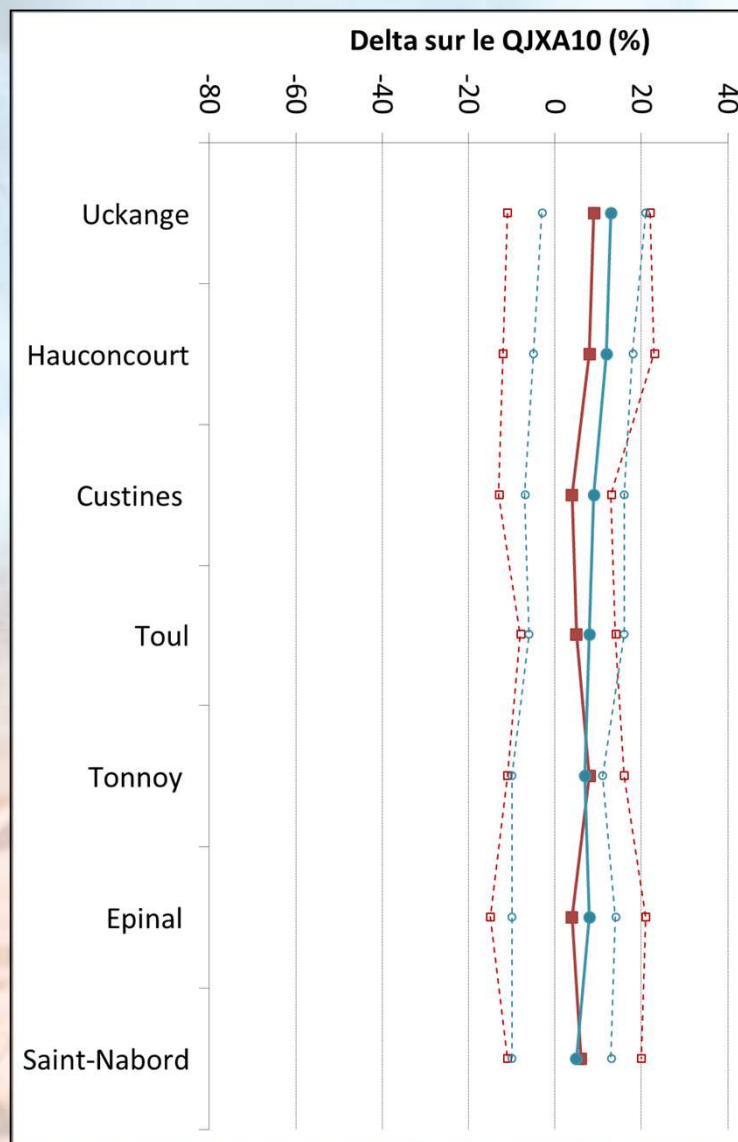
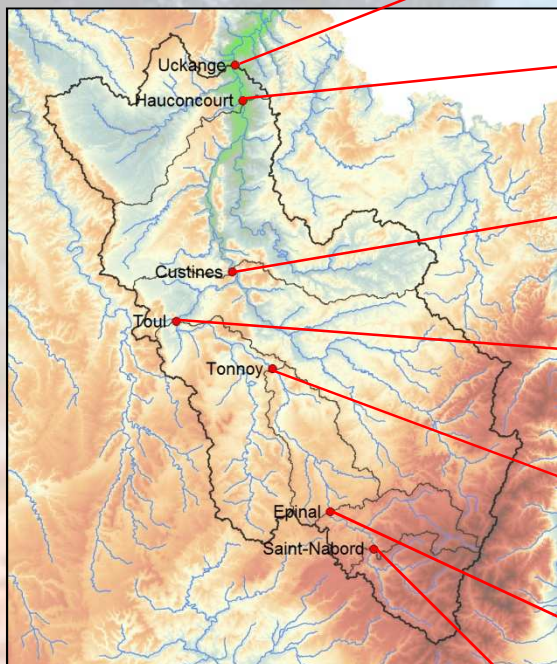
- Toutes les projections à la baisse
- Fortes incertitudes sur le niveau de baisse
- Gros écarts entre les deux modèles hydrologiques
- GR4J nettement plus pessimiste qu'Isba-Modcou
- Sensibilités différentes des modèles aux entrées climatiques

Evolution de la crue décennale (QJXA10) en France

- Des évolutions plus modérées et plus incertaines
- Des tendances plutôt à la baisse
- Mais des zones avec des hausses



Evolution du QJXA10 sur la Moselle

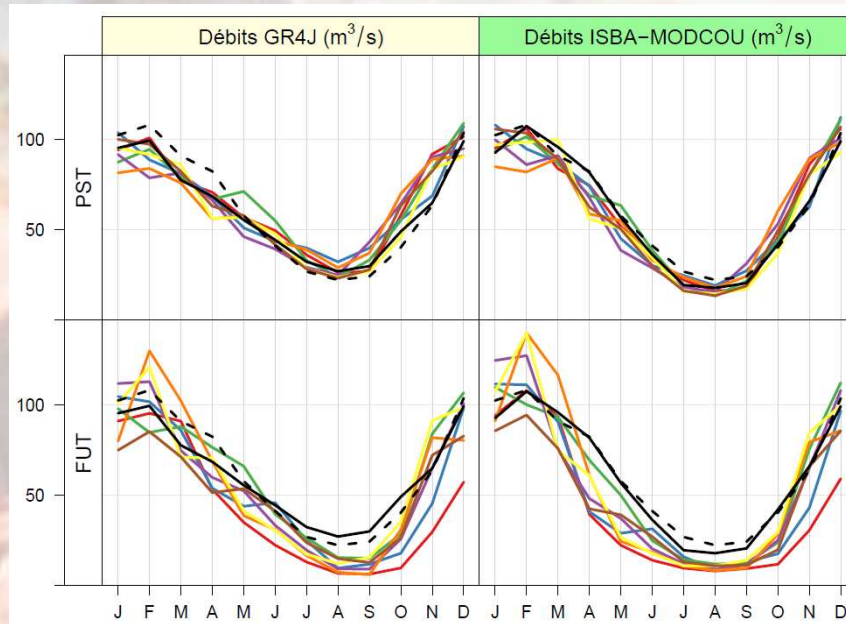
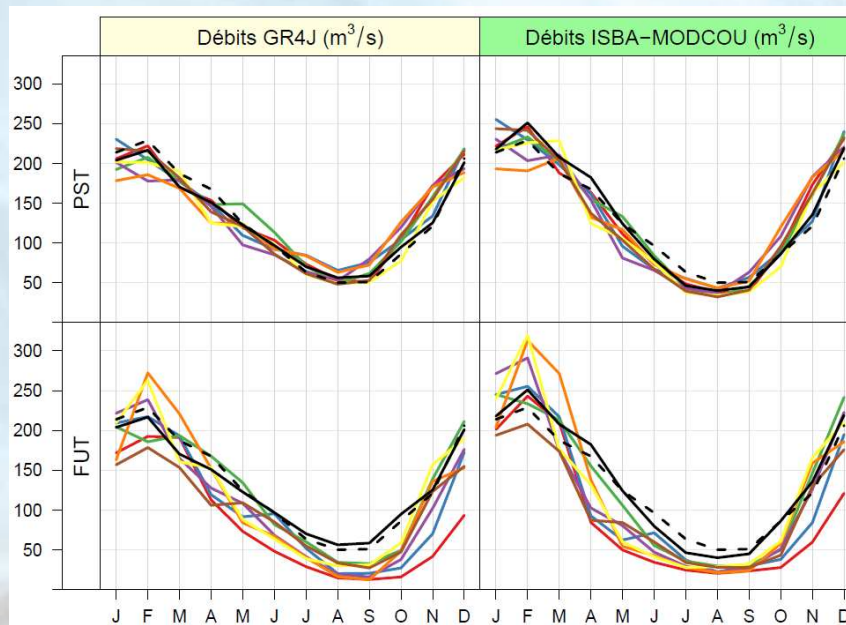
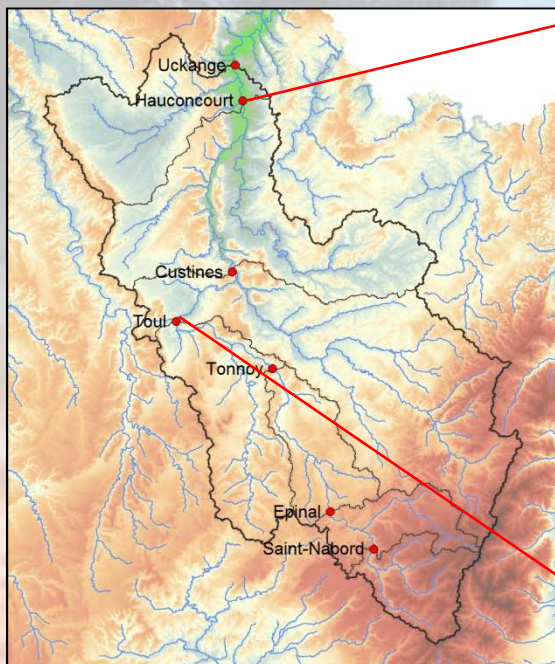


- Evolutions médianes en hausses (5-13%)
- Evolutions contrastées en fonction des simulations climatiques
- Très bonne cohérence entre les deux modèles hydrologiques
- Augmentations légèrement plus fortes pour la crue vicennale

■ GR4J ● Isba-Modcou

Exemples d'évolution des régimes

Hauconcourt (9 384 km²)



- Saisonnalité plus accentuée
- Baisse sur les mois de printemps plus marquée pour Isba-Modcou

Comparaison à des études antérieures sur le bassin du Rhin

- Belz et al. (2007¹) – station de Cochem (27 000 km²)
 - ▶ Tendance à la hausse des débits moyens au cours du 20^{ème} siècle
- Te Linde et al. (2010, WRR²) – station de Cochem (27 000 km²) :
 - ▶ Evolution à la hausse des crues rares à d'ici 2050 de 8-30 % pour T=10 ans, 10-40% pour T = 500 ans
- Görgen et al. (2010, projet RheinBlick2050³) – station de Trier (23 900 km²) :
 - ▶ Pas de tendance significative sur les débits moyens, mais tendance à la hausse des débits hivernaux et à la baisse des débits estivaux sur 2070-2100
 - ▶ Forte tendance à la baisse des étiages sur 2070-2100 (-20 à -50 %)
 - ▶ Tendance à la hausse des crues, plus marquées en fin de siècle
- Demirel et al. (2013, HESS⁴) – station de Cochem (27 000 km²) :
 - ▶ Impact significatif du CC sur la saisonnalité des étiages, mais avec de fortes incertitudes

¹ <http://www.chr-khr.org/en/project/discharge-regime-rhine-and-its-tributaries-20th-century>

² <http://dx.doi.org/10.1029/2009WR007707>

³ <http://www.chr-khr.org/en/project/impact-regional-climate-change-discharge-rhine-river-basin-rheinblick2050>

⁴ <http://www.hydrol-earth-syst-sci-discuss.net/10/6807/2013/hessd-10-6807-2013.html>

Conclusions et perspectives

- Evolutions marquées à la baisse des débits moyens et des étiages à l'échelle du territoire, particulièrement impactantes pour les problématiques de ressource en eau
- Sur la Moselle :
 - ▶ tendance à la baisse de l'ordre de 10% des débits moyens
 - ▶ niveau de baisse très incertain sur les étiages (15 – 60 %)
 - ▶ hausse modérée des crues de l'ordre de 10%
 - ▶ relative homogénéité des évolutions sur l'ensemble du bassin
- Nombreuses sources d'incertitudes, plus ou moins importantes suivant la gamme de débit considérée (modèles hydrologiques sur les étiages, simulations climatiques sur les débits moyens et les crues)

Conclusions et perspectives

- Stratégies d'adaptation :
 - ▶ Aucune des stratégies testées dans le cadre d'Explore 2070 ne parvient à rétablir une situation d'équilibre ressource/demande proche de la situation actuelle
 - ▶ Poursuite du développement de l'outil pour tester + de stratégies, nécessité croiser l'eau avec les autres politiques sectorielles liées à l'usage de l'eau
 - ▶ Mobilisation des résultats dans les bassins, implication des parties prenantes pour la construction des stratégies d'adaptation en fonction des vulnérabilités des territoires
- Actualisation souhaitable avec les nouvelles projections du GIEC (AR5)

Pour plus d'informations

- ▶ Aurélie Carroget aurelie.carroget@developpement-durable.gouv.fr
- ▶ Charles Perrin charles.perrin@irstea.fr
- ▶ Rapports disponibles sur :
<http://www.developpement-durable.gouv.fr/Evaluation-des-strategies-d.html>
- ▶ Résumé des résultats du Lot Hydrologie de surface :

Chauveau, M., Chazot, S., Perrin, C., Bourgin, P.-Y., Sauquet, E., Vidal, J.-P., Rouchy, N., Martin, E., David, J., Norotte, T., Maugis, P., and De Lacaze, X.: Quels impacts des changements climatiques sur les eaux de surface en France à l'horizon 2070 ? (What will be the impacts of climate change on surface hydrology in France by 2070?), La Houille Blanche, 5-15, 2013, <http://dx.doi.org/10.1051/lhb/2013027>.

Comparaison des performances GR4J – Isba-Modcou sur 1961-1990

