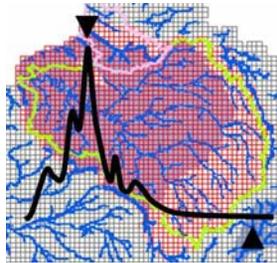


Projet REXHySS

Impact du changement climatique sur les Ressources en eau et les Extrêmes Hydrologiques dans les bassins de la Seine et la Somme

Coordinatrice : A. Ducharne (CNRS)

www.sisyphes.jussieu.fr/~agnes/rexhyss/



28 mai 2008 – Colloque de restitution du programme GICC

Bassins versants étudiés

Somme ~ 7,000 km²

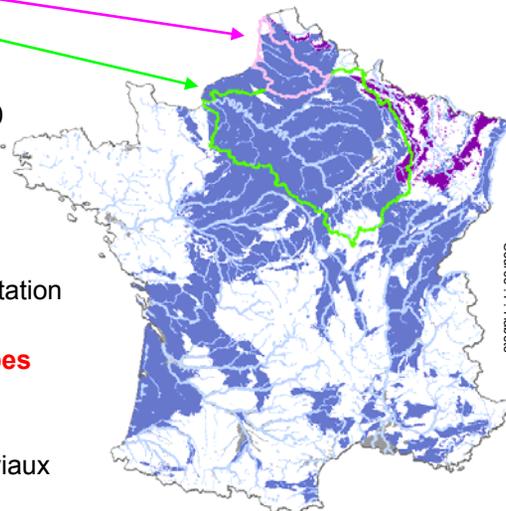
Seine ~ 75,000 km²

Bassins bien connus :

- ➔ Stations hydrométriques > 150
- ➔ Piézomètres > 100
- ➔ Nombreux modèles validés

Caractéristiques actuelles :

- ➔ Climat océanique avec précipitation assez homogène toute l'année
- ➔ **Influence marquée des nappes aquifères sur les débits**
- ➔ Agriculture intensive
- ➔ Urbanisation des corridors fluviaux



Source : F. Habets

Carte des principales formations aquifères

Démarche générale = Modélisation

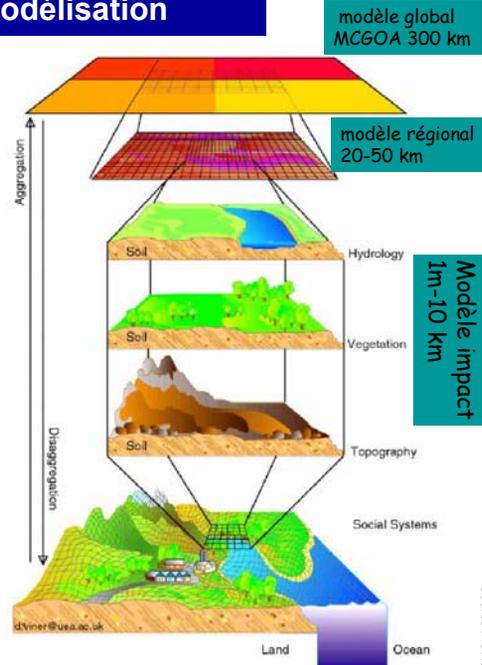
Objectifs de la désagrégation :

- ➔ introduire les hétérogénéités spatiales non résolues par les modèles de climat (e.g. relief)
- ➔ corriger les principaux défauts des distributions spatio-temporelles simulées (e.g. biais)

Innovation dans RExHySS :

2 méthodes récentes permettant d'aborder l'évolution des extrêmes météo et hydrologiques en plus du CC moyen:

- ➔ régimes de temps
- ➔ correction variable



Objectifs généraux

1. Changements des extrêmes hydrologiques

- Crues, étiages et sécheresse
- Analyse fréquentielle et prédétermination
 - Alimenté par débits, humidités du sol et niveaux piézométriques simulés par plusieurs modèles hydrologiques.

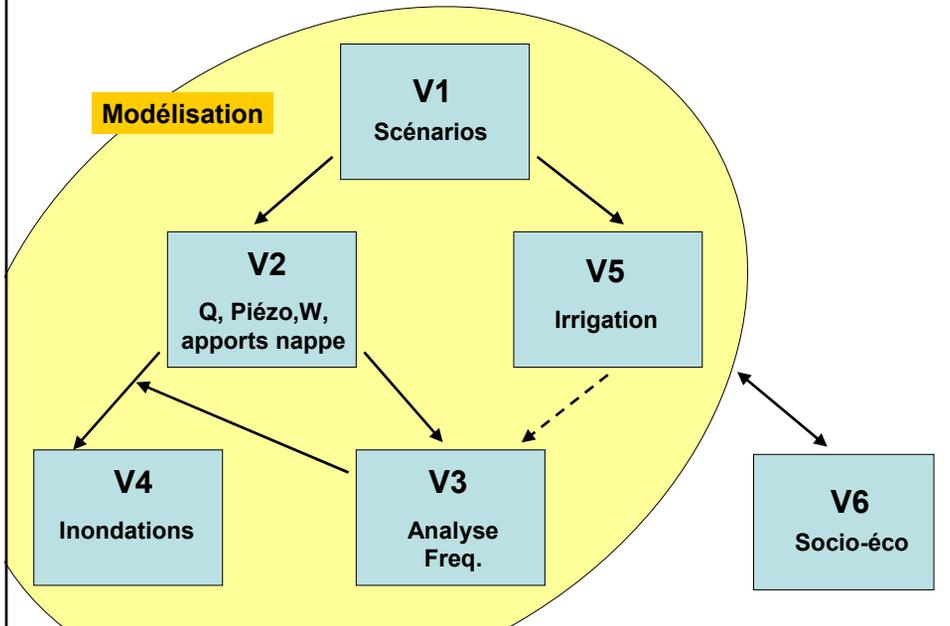
2. Manifestations particulièrement sensibles pour la société

- Inondations
 - Changements de fréquence des crues débordantes
 - Changements d'extension dans des zones clés des bassins (vallée de la Somme en amont d'Abbeville, corridor fluvial de la Seine) pour les crues extrêmes
- Besoins en irrigation et impacts sur les ressources en eau, la production agricole et la pollution azotée
 - Changements de ces processus et de leurs interactions, simulés grâce au modèle couplé STICS/MODCOU

3. Envisager les conséquences sur les systèmes sociaux

- Discussion avec acteurs de l'aménagement du territoire et de la gestion de l'eau
- Expertise socio-économique pouvant guider des politiques d'adaptation

Articulation en volets thématiques



Question scientifique majeure : les incertitudes (1)

➔ **Modélisation hydrologique : approche multi - modèles**

6 Modèles	Spatialisation	Bilans d'eau	Nappes	Bassins	Partenaire
MARTHE	Distribué	Conceptuels $\Delta t = 1 \text{ j}$	Explicite 2D	Somme	BRGM
MODCOU	Distribué	Conceptuels $\Delta t = 1 \text{ j}$	Explicite 2D multicouche	Seine Somme	ENSMP
SIM	Distribué	Couplés aux bilans d'énergie (ISBA) $\Delta t = 1 \text{ h}$	Explicite (MODCOU)	Seine Somme	Météo-France
CLSM	Semi-distribué	Couplés aux bilans d'énergie $\Delta t = 1 \text{ h}$	Conceptuel	Seine Somme	Sisyphé
GARDENIA	Semi-distribué	Conceptuels $\Delta t = 1 \text{ j}$	Conceptuel	Somme	BRGM
GR4J	Global (BV emboîtés)	Conceptuels $\Delta t = 1 \text{ j}$	Conceptuel	Seine Somme	Sisyphé

Question scientifique majeure : les incertitudes (2)

➔ Modélisation climatique : approche multi - scénarios

Modèle climatique (MCG)	Période et émissions	Régimes de temps	Correction variable	Δ
ARPEGE-Climat Zoomé, non couplé Version V4 CNRM	TP 1950-2010	X	X	Prévu
	A1B 2071-2100 A2 2071-2100	X	X X	Prévu
ARPEGE-Climat Zoomé, non couplé Version V3+ CERFACS	A1B Continu : 1950-2100	X	<i>Incertitudes liées aux émissions</i>	
4 GCMs parmi les 20 du GIEC AR4 Couplés OA, résolution grossière	TP 1970-1999	X		
	A1B 2046-2065	X		

Incertitudes liées à la désagrégation

Incertitudes liées aux MCG

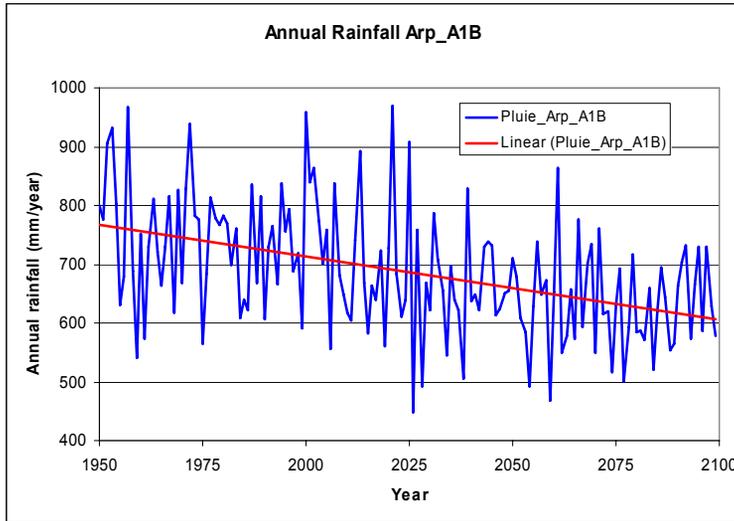
Résultats préliminaires

Modèle climatique (MCG)	Période et émissions	Régimes de temps	Correction variable	Δ
ARPEGE-Climat Zoomé, non couplé Version V4 CNRM	TP 1950-2010	X	X	Prévu
	A1B 2071-2100 A2 2071-2100	X	A1B A2	Prévu
ARPEGE-Climat Zoomé, non couplé Version V3+ CERFACS	A1B Continu : 1950-2100	A1Bcont		
4 GCMs parmi les 20 du GIEC AR4 Couplés OA, résolution grossière	TP 1970-1999	X		
	A1B 2046-2065	X		

**Modèles hydrogéologiques
MODCOU et MARTHE
+
Modèle hydrologique GR4J**

Scénario A1Bcont dans le bassin de la Somme (1)

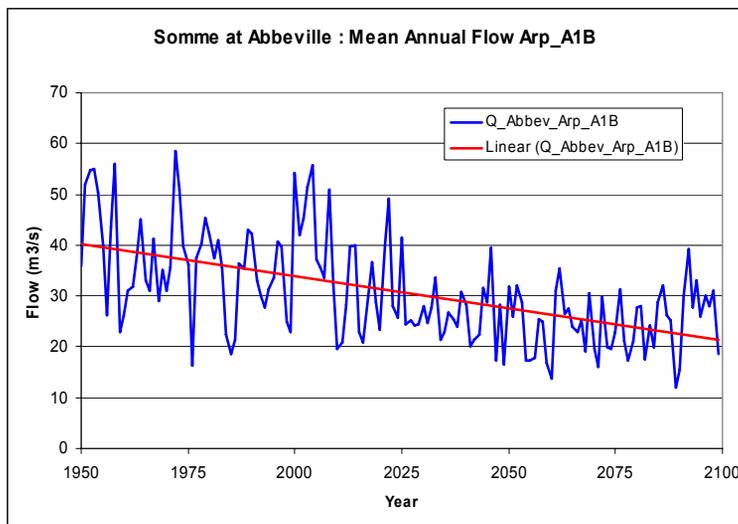
- ➔ Augmentation de l'ETP annuelle : +300 mm/an en 150 ans
- ➔ Baisse des précipitations annuelles : -150 mm/an (ca. -20%) en 150 ans



Source : D. Thiéry

Scénario A1Bcont dans le bassin de la Somme (2)

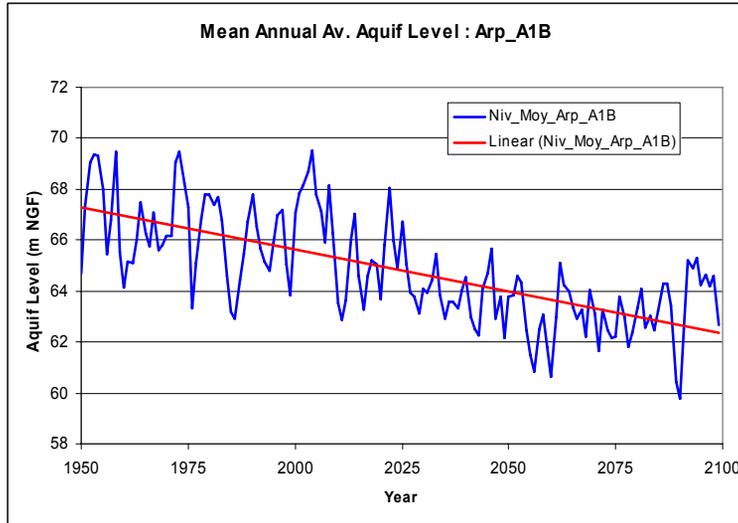
- ➔ Baisse du débit moyen : -50% en 150 ans (modèle MARTHE)



Source : D. Thiéry

Scénario A1Bcont dans le bassin de la Somme (3)

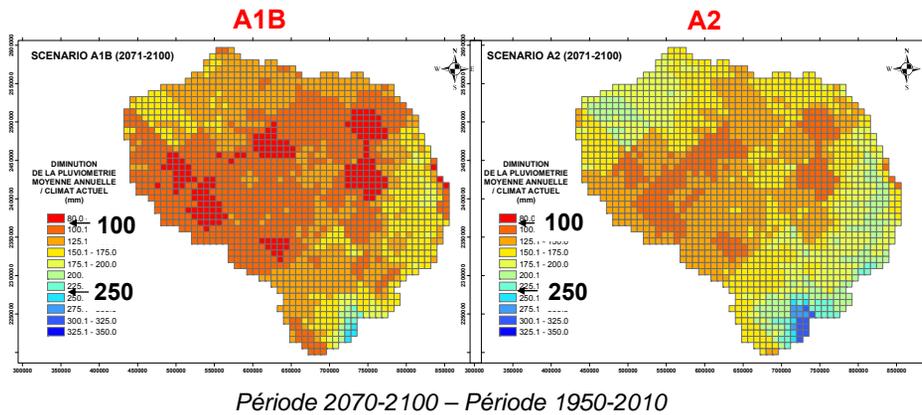
- ➔ Baisse du niveau piézométrique : -5 m en 150 ans
Moyennes annuelles sur 54 piézomètres, modèle MARTHE



Source : D. Thiéry

Scénarios A1B et A2 dans le bassin de la Seine (1)

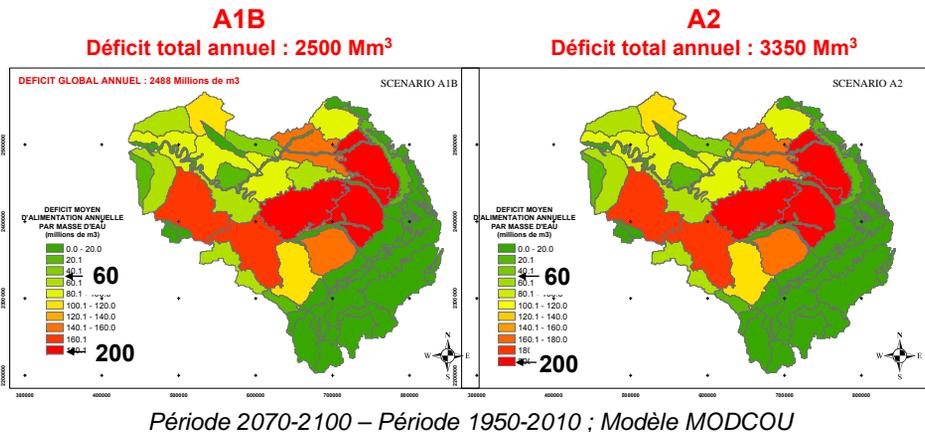
- ➔ Déficits de précipitation moyenne (mm/an) dans le bassin de la Seine



Source : P. Vannot

Scénarios A1B et A2 dans le bassin de la Seine (2)

➔ Déficits annuels de recharge des nappes (en millions de m³/an)

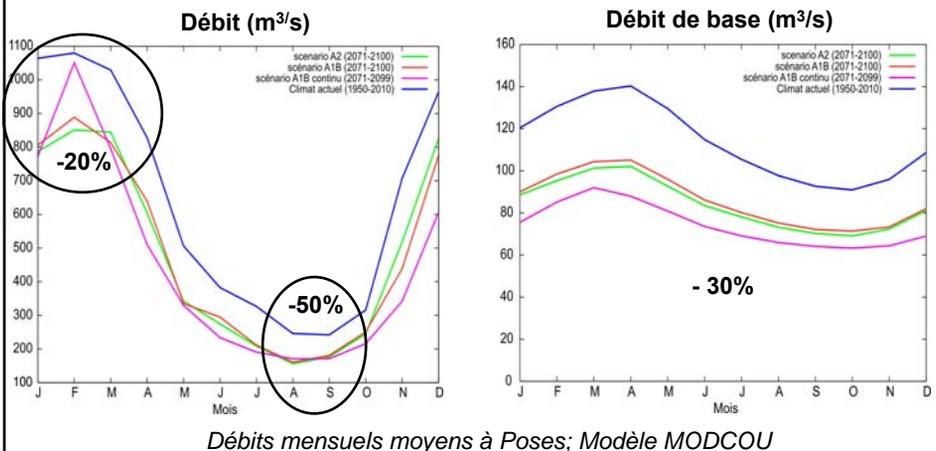


➔ Déficits comparables aux prélèvements totaux actuels (nappes + surface)
= 3000 Mm³ en 2001 (dont seulement 3% pour l'irrigation)

Source : P. Vimeont

Scénarios A1B et A2 dans le bassin de la Seine (3)

- ➔ Réduction des débits d'étiage et de crue
- ➔ Partiellement expliqué par une baisse du débit de base

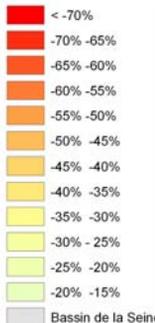


Source : P. Vimeont

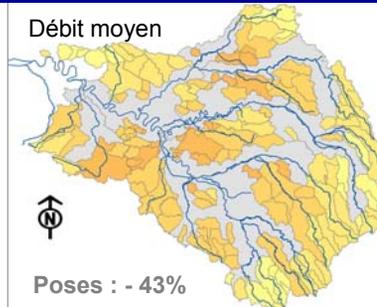
Changement des débits extrêmes

- ➔ Scénario A1Bcont
- ➔ Modèle GR4J
- ➔ Variation des débits entre les décennies 2000-2010 et 2090-2100

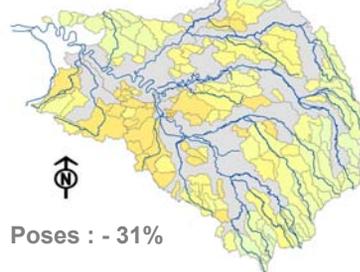
Légende



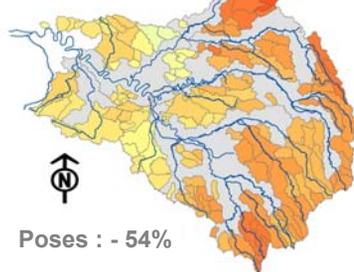
Débit moyen



Quantile de débit Q05 (crues)



Quantile de débit Q95 (étiages)



Source : L. Quin

Conclusions

- ➔ Désagrégation de 3 scénarios simulés pour le 4^{ème} rapport du GIEC (AR4)
 - ➔ **Assèchement prononcé au cours du 21^{ème} siècle**
 - sur les débits **et** les niveaux piézométriques
 - en étiage **et** en crue
- ➔ Radicalement différent des résultats obtenus à partir de scénarios simulés pour le 3^{ème} rapport du GIEC (projet GICC-Seine)
- ➔ Explication principale : les précipitations n'augmentent plus en hiver
- ➔ Nécessité de compléter l'analyse des incertitudes
- ➔ Mais convergence avec 15 scénarios A1B simulés pour AR4 (Boé, 2007)
- ➔ **Les scénarios de CC ne sont pas des prédictions et évoluent avec nos connaissances**
- ➔ **Une part des incertitudes échappe à toute évaluation a priori**
- ➔ Remise en question de certains objectifs initiaux
 - extension des inondations ? ou vulnérabilité des zones humides riveraines ?
 - besoins accrus en irrigation soutenables ? ou évolution radicale du système agricole ?

Remerciements

➔ aux nombreux collègues impliqués

➔ au programme GICC

➔ aux nombreux projets antérieurs
qui ont permis ce projet : GICC-Seine,
IMFREX, RIVAGES, ENSEMBLES,
DISCENDO, ESCRIME, PNRH-Somme,
PIREN-Seine, etc.

	Partenaires	Personnes
P1	CERFACS	L. Terray E. Maisonnave J. Boé C. Pagé
P2	CNRM	E. Martin M. Déqué
P3	Sisyphe	A. Ducharme L. Oudin F. Habets S. Gascoin P. Ribstein M. Bourqui
P4	ENSMP/Armines	P. Viennot E. Ledoux
P5	Cemagref Lyon	E. Leblois E. Sauquet
P6	BRGM Orléans	D. Thiery
P7	SOGREAH	P. Sauvaget J. Rieu
P8	Hydratec	T. Lepelletier
P9	INRA (UMR EGC)	A. Perrier