

# PROJET GRETA – (GRoundwater EvoluTions and resilience of Associated biodiversity – Upper Rhine)

## APPORTS SUR LA THÉMATIQUE DE LA RECHARGE DE L'AQUIFÈRE RHÉNAN

Elodie GIUGLARIS, Lisa BAULON  
Séminaire Observatoire de l'Eau - 17/10/2023

## Présentation du projet

# GRETA (GRoundwater EvoluTions and resilience of Associated biodiversity – Upper Rhine)

- Projet franco-allemand portant sur l'évolution hydrodynamique de l'aquifère rhénan actuel et futur et l'évaluation de l'impact sur la biodiversité
  - Équipe pluridisciplinaire regroupant des acteurs académiques et institutionnels
  - Plusieurs axes de travail et outils prévus :
    - Analyse de la piézométrie et des paramètres les influençant : drivers climatiques, prélèvements, relations aux rivières et au Rhin
    - Modélisation spatialisée/maillée avec un travail à grande échelle;
    - Modélisation locale
- ➔ Approche de la recharge via les différentes méthodologies

## Présentation du projet

# GRETA (GRoundwater EvoluTions and resilience of Associated biodiversity – Upper Rhine)

Approche de la recharge via les différentes méthodologies prévues dans le projet :

- Identification des paramètres influençant la recharge : échanges nappe / cours d'eaux (aménagement, restauration), Rhin, cours d'eaux vosgiens, paramètres climatiques;
  - Mise à jour des limites des secteurs considérés comme « homogènes » ?
- Modélisation locale avec modèles globaux + test de deep learning: représentation physique mais non spatial de la recharge → calcul local de la recharge et de ses paramètres
- Modélisations spatialisés /maillés :
  - Prise en compte de la ZNS, des sols, et d'une vision (simplifiée) de l'occupation du sol (imperméabilisation des villes, forêts, culture...);
  - Simulation hydrologique des cours d'eaux vosgiens + forêts noires ainsi que de leur BV
  - Utilisation et mise à jour du Modèle LOGAR (données de recharge souvent utilisée lors des citations).

# Compréhension des facteurs climatiques influençant la recharge et les niveaux de la nappe d'Alsace

## Divers facteurs influençant la recharge

### Facteurs anthropiques :

- Occupation des sols
- Prélèvements
- ...

### Facteurs climatiques :

- CC (=> évolution T, (P) en lien avec l'augmentation GES)
- Variabilité interne du climat (=> fluctuations naturelles infra-saisonnieres à multi-décennales de T, P en fonction de l'évolution (état) des forçages atmosphériques/océaniques (=modes de variabilité))

Recharge de la nappe  
d'Alsace

# Compréhension des facteurs climatiques influençant la recharge et les niveaux de la nappe d'Alsace

## Divers facteurs influençant la recharge

Facteurs anthropiques :

- Occupation des sols
- ...

Facteurs climatiques :

- CC (=> évolution T, (P) en lien avec l'augmentation GES)
- Variabilité interne du climat (=> fluctuations naturelles infra-saisonnieres à multi-décennales de T, P en fonction de l'évolution (état) des forçages atmosphériques/océaniques (=modes de variabilité))

Recharge de la nappe  
d'Alsace

Possibilité d'identifier ces fluctuations naturelles par traitement de signal dans les variables responsables de la recharge (P, T, ETP) et de les relier à des modes de variabilité climatique (NAO, ENSO, etc.)

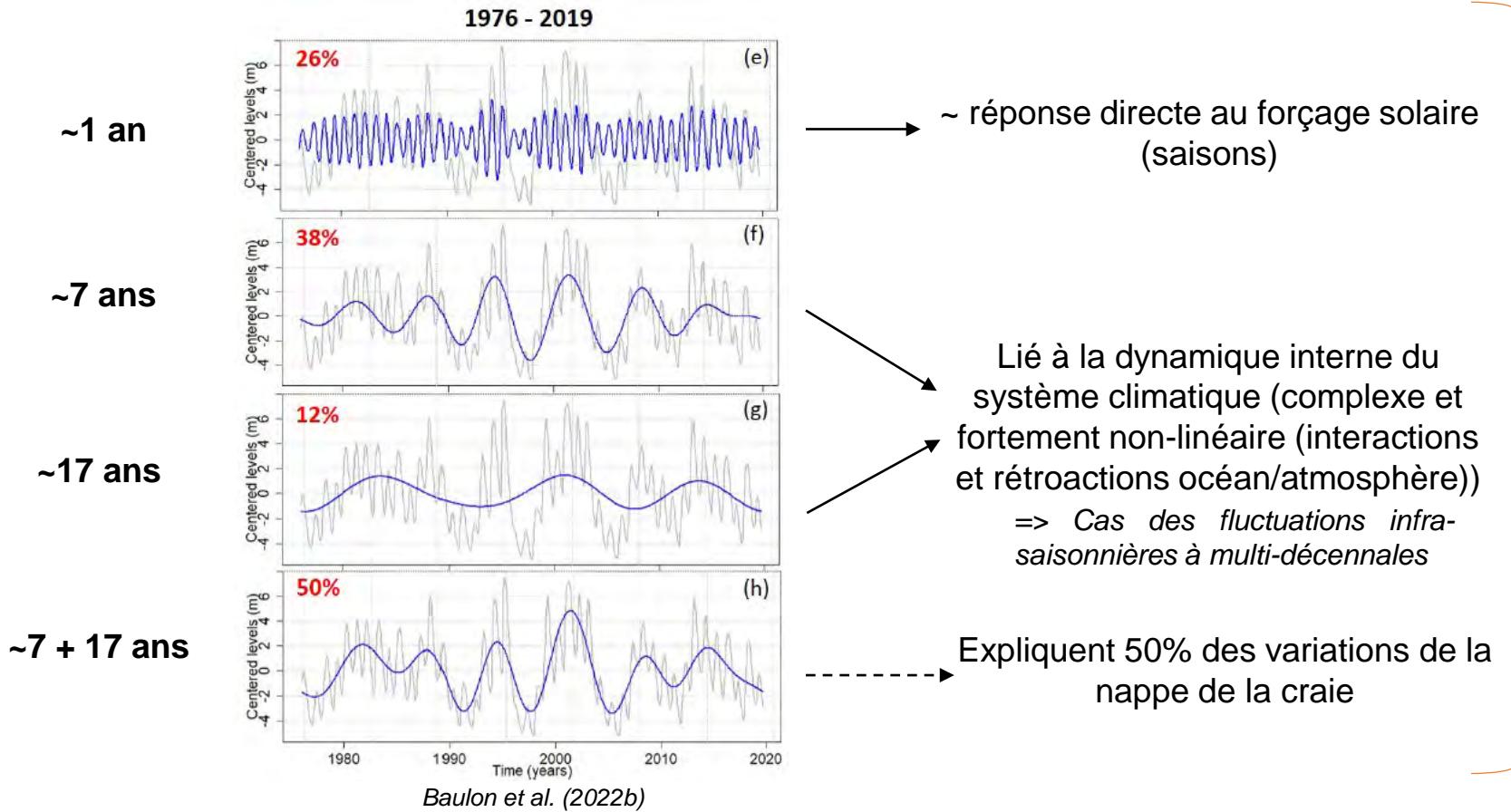
NB : ces fluctuations naturelles sont de facto présentent dans les niveaux de nappe.

## Compréhension des facteurs climatiques influençant la recharge et les niveaux de la nappe d'Alsace

# Différentes échelles de variabilité (oscillations) identifiables

⇒ Possibilité d'extraire ces fluctuations naturelles par traitement du signal (bleu)

### Exemple de la nappe de la craie d'Artois-Picardie

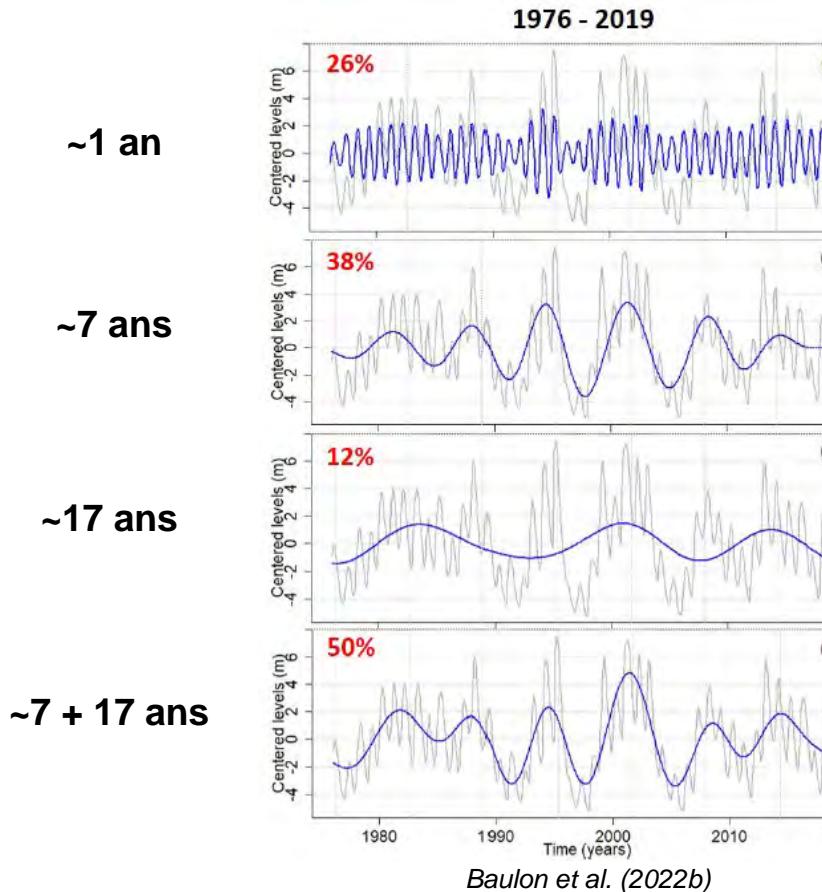


## Compréhension des facteurs climatiques influençant la recharge et les niveaux de la nappe d'Alsace

# Différentes échelles de variabilité (oscillations) identifiables

⇒ Possibilité d'extraire ces fluctuations naturelles par traitement du signal (bleu)

### Exemple de la nappe de la craie d'Artois-Picardie



Lié à la dynamique interne du système climatique (complexe et fortement non-linéaire (interactions et rétroactions océan/atmosphère))  
=> Cas des fluctuations infra-saisonnieres à multi-décennales

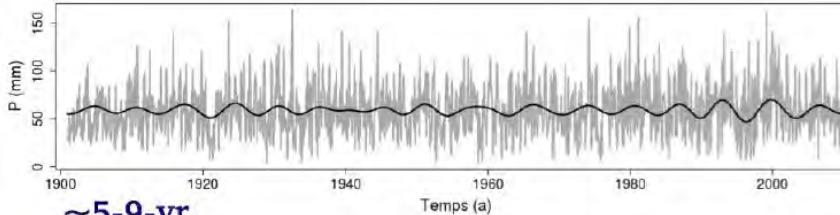
Certains modes de variabilité atmosphérique/océanique décrivent cette dynamique (e.g. ENSO)

## Compréhension des facteurs climatiques influençant la recharge et les niveaux de la nappe d'Alsace

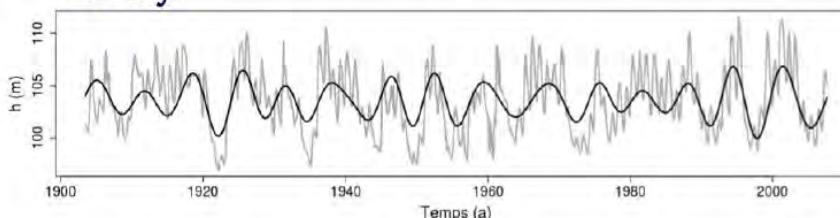
# Différentes échelles de variabilité (oscillations) identifiables

⇒ Présentes dans toutes les variables météorologiques (P, T, ETP, PE) et hydrologiques (Q, N)

Pluie



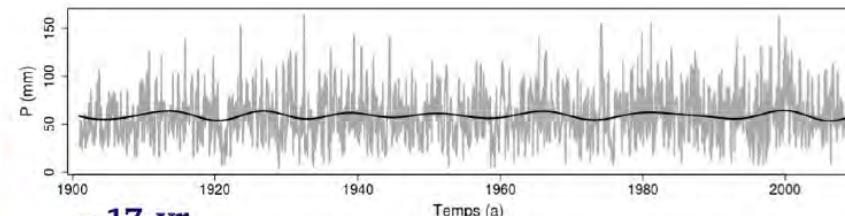
Niveaux de nappe (craie)



Amplification de la variance

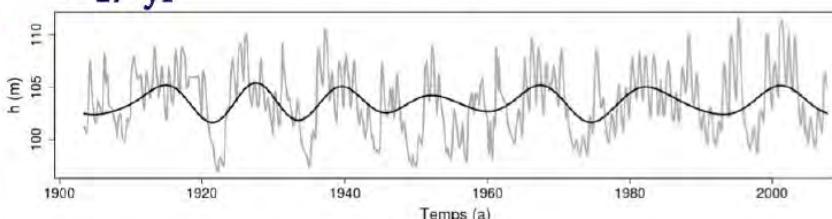
Dépendante des propriétés physiques du BV et de l'aquifère (Gudmundsson et al., 2011)

Pluie



Amplification de la variance

Niveaux de nappe (craie)

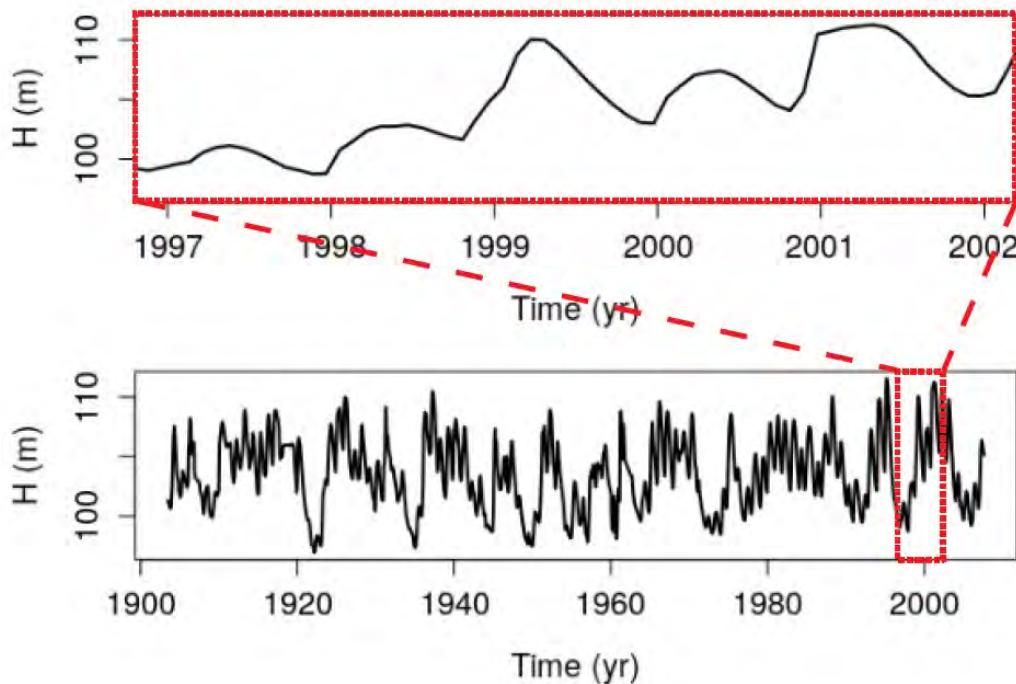


N. Massei

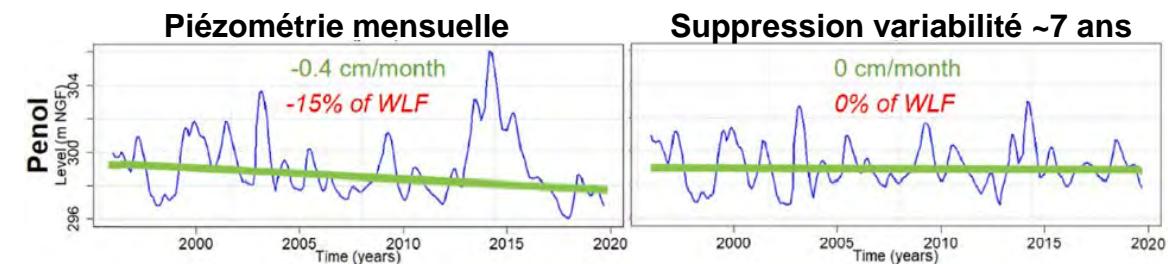
## Compréhension des facteurs climatiques influençant la recharge et les niveaux de la nappe d'Alsace

# Pourquoi s'intéresser à ces oscillations hydroclimatiques BF ?

- ⇒ Elles se superposent aux effets du changement climatique (amplification/atténuation/occultation)
- ⇒ Elles perturbent l'estimation des effets du CC (notamment sur la recharge, les niveaux de nappe) et l'attribution des tendances au CC (Baulon et al., 2022a)



Exemple simplifié (N. Massei)



Baulon et al. (2022a)

Tendance à  
la baisse

Plus de  
tendance

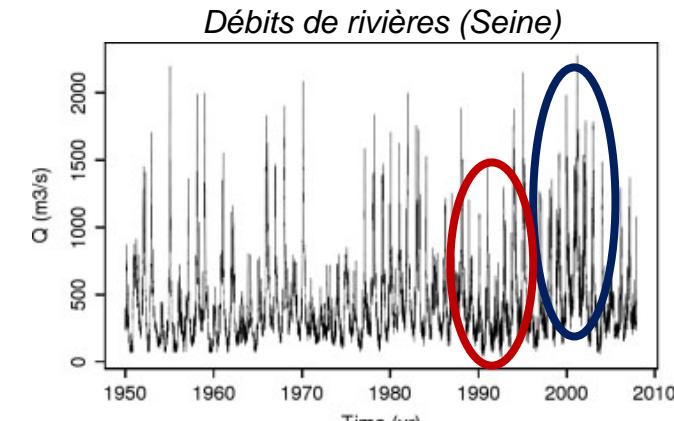
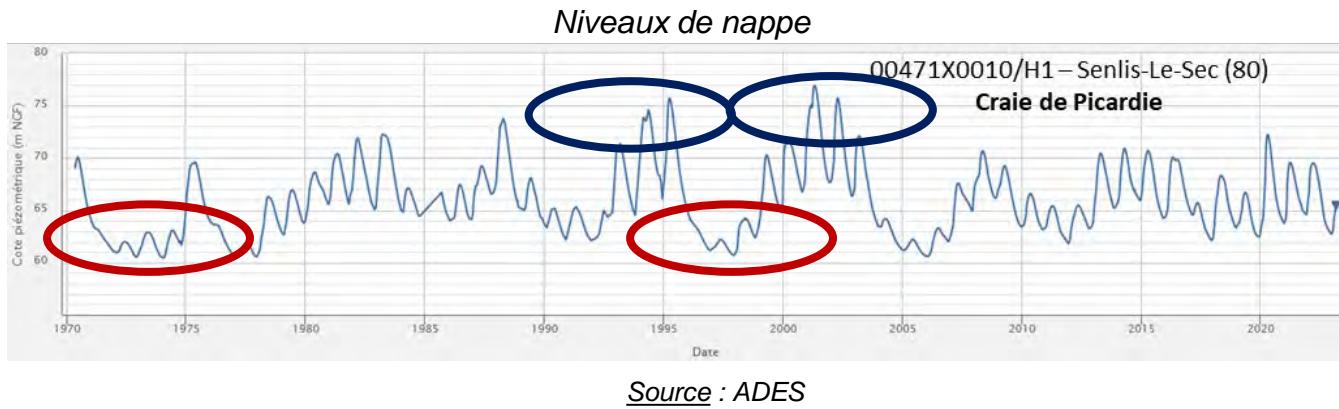
⇒ Donc la tendance à la baisse ne serait pas liée au CC ?

(Même type d'influence observée dans les précipitations)

## Compréhension des facteurs climatiques influençant la recharge et les niveaux de la nappe d'Alsace

# Pourquoi s'intéresser à ces oscillations hydroclimatiques BF ?

- ⇒ Elles se superposent aux effets du changement climatique (amplification/atténuation/occultation)
- ⇒ Elles perturbent l'estimation des effets du CC (notamment sur la recharge, les niveaux de nappe) et l'attribution des tendances au CC (Baulon et al., 2022a)
- ⇒ Elles expliquent en partie l'émergence de périodes riches en sécheresses ou en inondations (Baulon et al., 2022b).

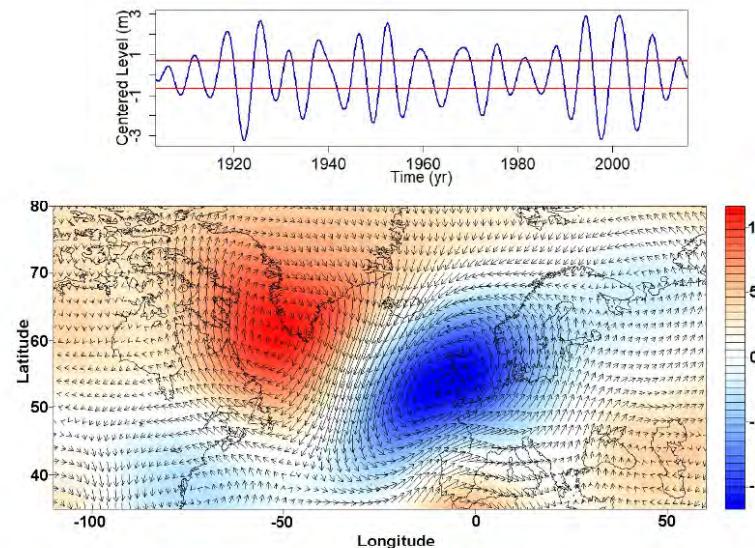


=> Nécessité de comprendre quels sont les modes de variabilité climatique (atmosphériques ou océaniques) qui contrôlent ces oscillations dans les variables hydroclimatiques ( $P$ ,  $T$ ,  $ETP$ ,  $PE$ ,  $Q$ ,  $N$ ) et qui contrôlent ainsi en partie l'évolution passée de la recharge et des niveaux de nappe

## Compréhension des facteurs climatiques influençant la recharge et les niveaux de la nappe d'Alsace

# Identification des modes de variabilité climatique expliquant les oscillations BF de la pluie, la recharge, les niveaux piézométriques

- ⇒ Utilisation de variables atmosphériques (e.g. Z500) plutôt que d'indices prédéfinis comme l'indice NAO : permet d'identifier les centres d'actions (=patrons climatiques) qui caractérisent au mieux la variabilité hydrologique locale
- ⇒ Carte composite par échelle de variabilité (~7 ans, ~17 ans, etc.) permettant d'identifier les patrons de la circulation atmosphérique liés à chacune des échelles de la variabilité hydrologique locale



Lecture : ~ carte de corrélation présentant différence des situations moyennes en périodes de haut et de bas niveaux piézométriques.

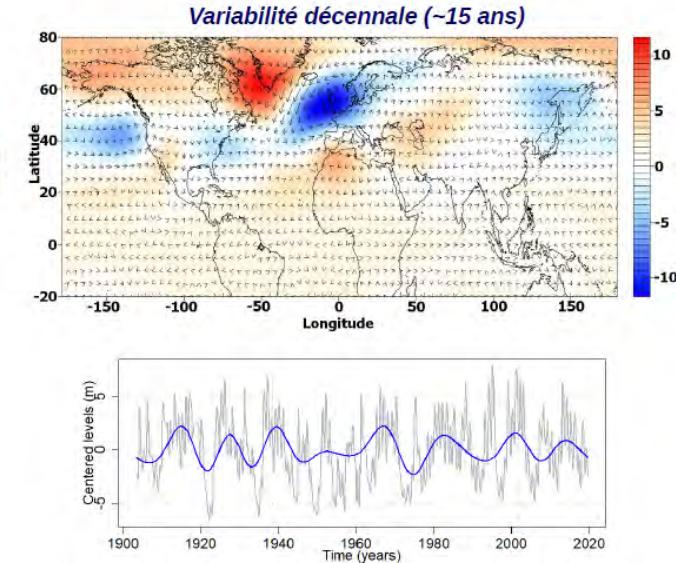
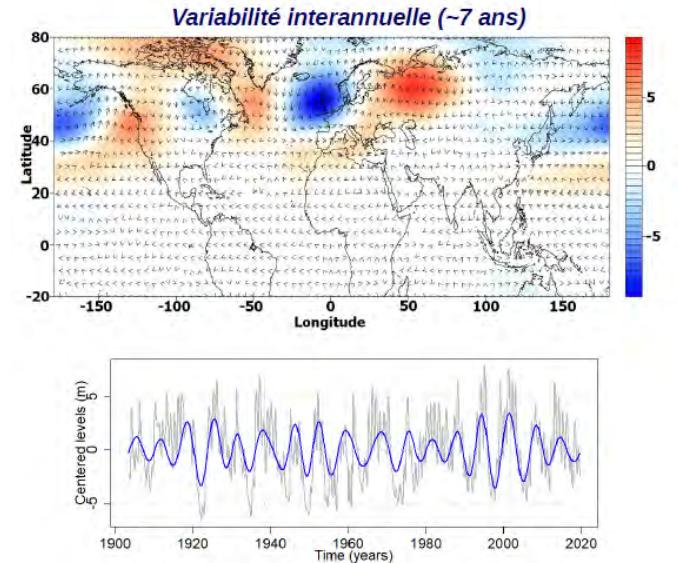
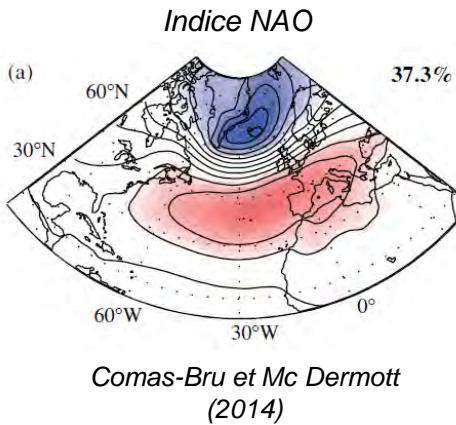
Thèse L.Baulon, 2023

## Compréhension des facteurs climatiques influençant la recharge et les niveaux de la nappe d'Alsace

# Identification des modes de variabilité climatique expliquant les oscillations BF de la pluie, la recharge, les niveaux piézométriques

### Exemple pour la craie d'Artois-Picardie

⇒ Patrons de la circulation atmosphérique nettement différents pour les 2 principales variabilités basses fréquences de la piézométrie (patrons similaires pour la pluie)



Baulon (2023)

⇒ Ne correspondent pas vraiment aux centres d'action de l'indice NAO => la NAO ne serait en l'occurrence pas le meilleur prédicteur de la variabilité hydrologique locale sur la période 1901-2015

## Compréhension des facteurs climatiques influençant la recharge et les niveaux de la nappe d'Alsace

# Application à l'aquifère rhénan

Ces travaux seront repris et appliqués à l'aquifère rhénan (voir approfondis sur certains aspects). Il s'agira de :

- Identifier et caractériser les différentes oscillations basses fréquences constituant le signal climatique local et piézométrique
- Déterminer les patrons de la circulation atmosphérique et océanique qui régissent la variabilité climatique et hydrologique locale

RDV en 2024 !