

Influence de la variabilité basse- fréquence sur les hauts et bas niveaux piézométriques dans le bassin de la Seine

*Lisa BAULON^{1,2}, Delphine ALLIER², Nicolas MASSEI¹, Hélène BESSIERE², Matthieu FOURNIER¹,
Violaine BAULT²*

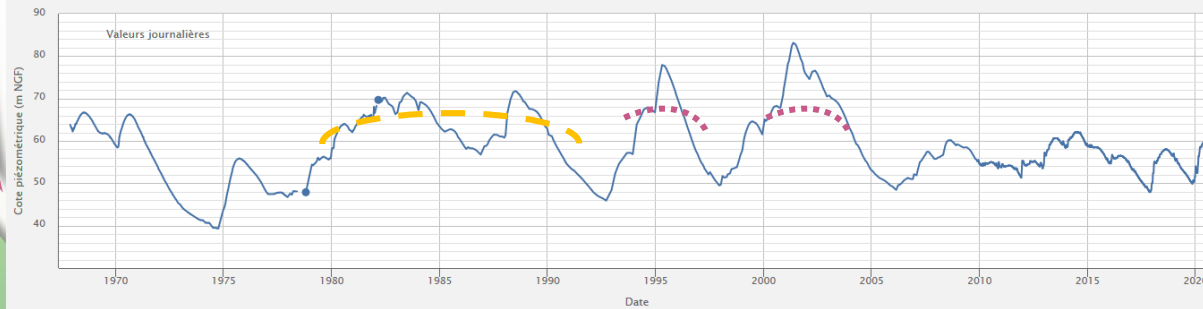
Journée scientifique PIREN SEINE
15/12/2020

¹ Normandie Univ, UNIROUEN, UNICAEN, CNRS, M2C, 76000 Rouen, France

² BRGM, 3, avenue C. Guillemin, 45060 Orléans cedex 2, France

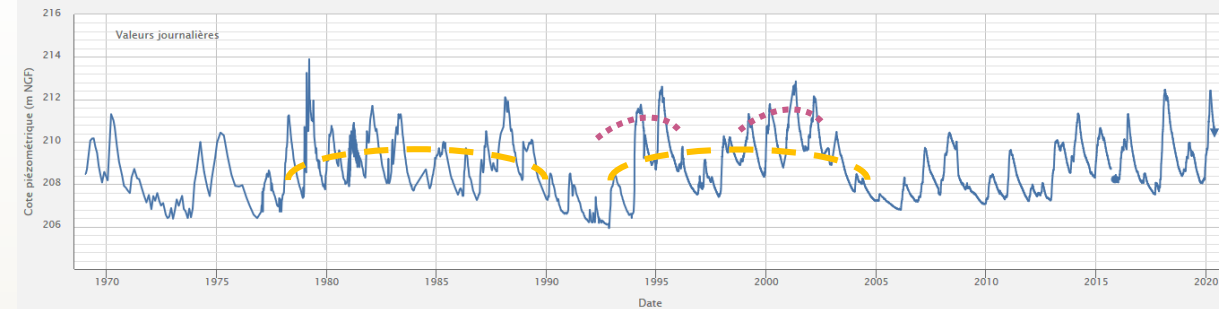
Bassin de la Seine : aquifères à dynamique mixte et pluriannuelle

BSS000FJMV (00766X0004/S1) – Puits Ferme du Mouchel (Blacqueville) – 76 – Seine-Maritime (76)

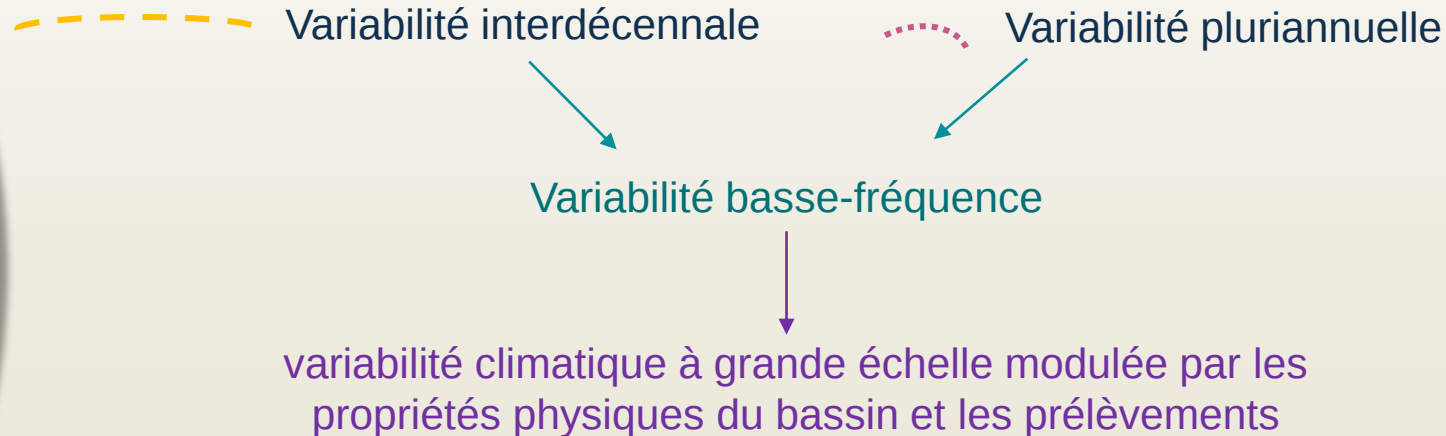


Exemple d'un piézomètre à comportement pluriannuel
(Source : ADES)

BSS000PRTA (01871X0031/S1) – Calcaires de Champigny à JANVILLIERS – Marne (51)



Exemple d'un piézomètre à comportement mixte
(Source : ADES)

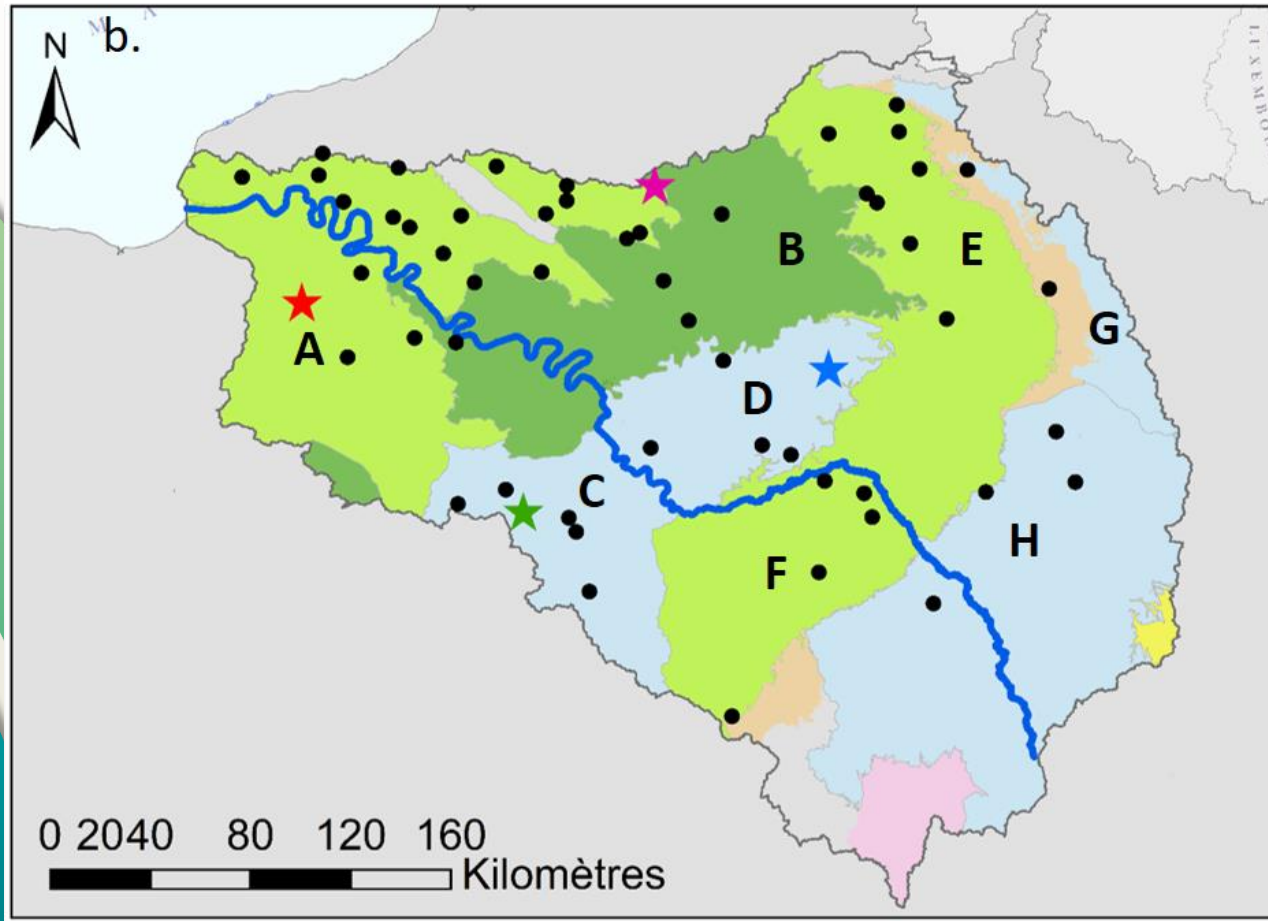


- Comment se répartissent les différentes échelles de variabilité au sein des différents secteurs hydrogéologiques du bassin de la Seine ?
- La variabilité basse-fréquence est-elle responsable de l'atteinte des très hauts et très bas niveaux piézométriques observés durant les dernières décennies ?

Piézomètres peu influencés par les pompages

1 période de référence : meilleur compromis entre durée d'observation et répartition spatiale sur le bassin de la Seine.

1976-2019



Type d'aquifère

- Formations alluviales
- Socle
- Craie
- Sables verts
- Calcaires
- Sables
- Grès et calcaires
- Formations volcaniques
- Formations non étudiées

Piézomètres de l'étude

- ★ Cuvilly
- ★ Janvilliers
- ★ Bourberain
- ★ Goupillières
- ★ Thionville
- ★ Penol

Piézomètres de la BDD

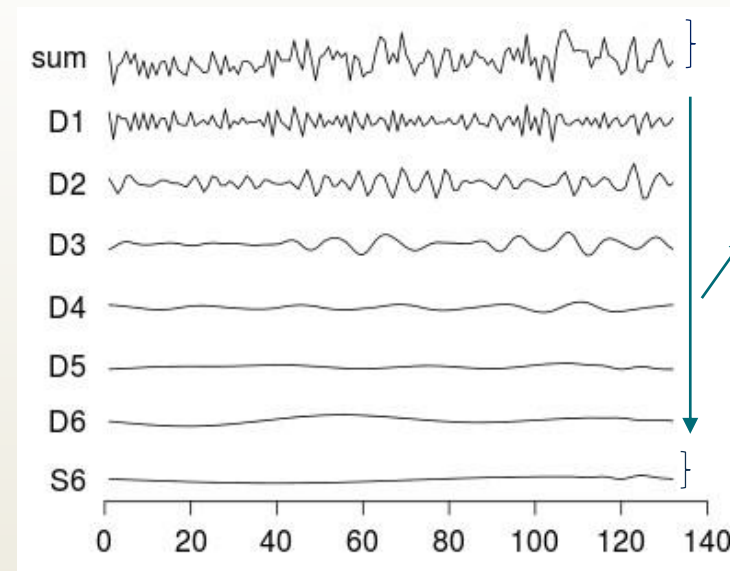
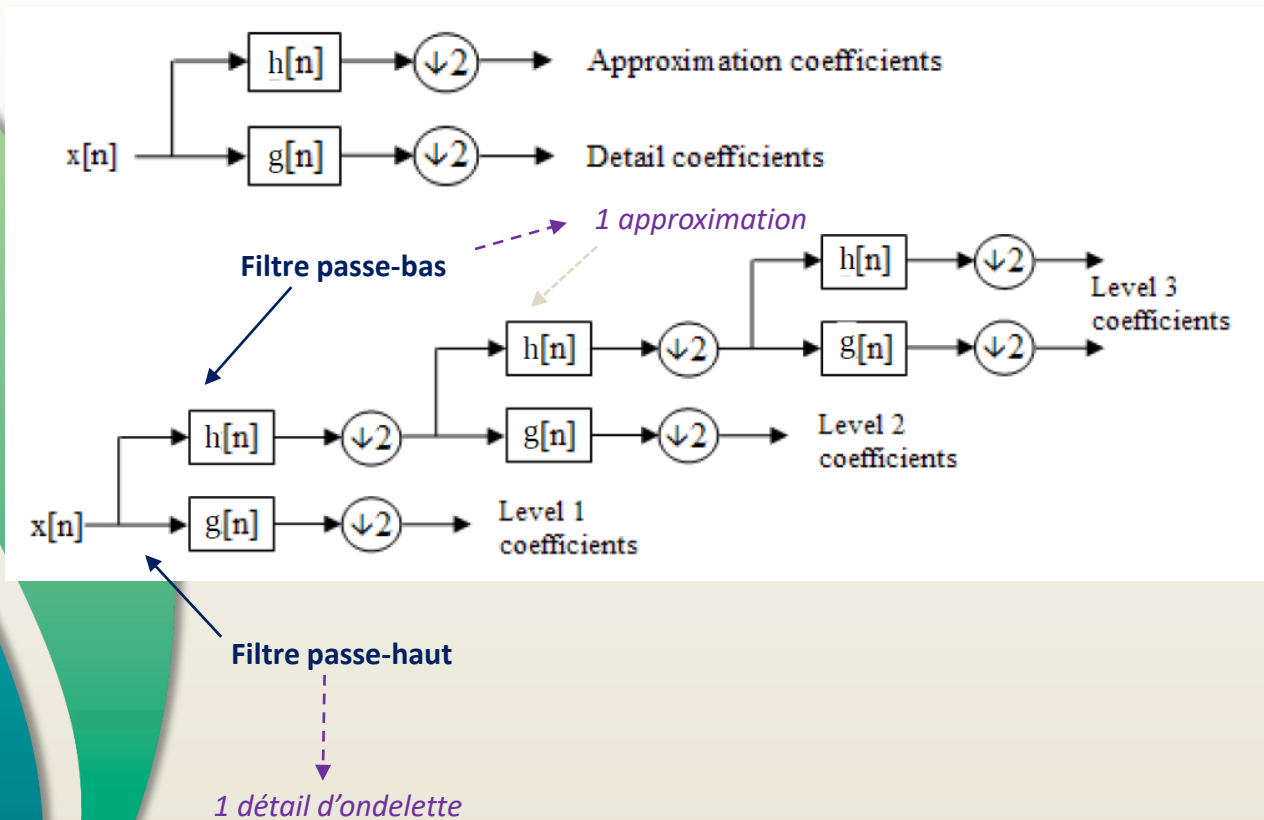
- Piézomètres sélectionnés

Secteurs hydrogéologiques

- A** Craie du Séno-Turonien de Normandie/Picardie
- B** Sables de l'Yprésien et Lutétien du B. Parisien
- C** Calcaires de Beauce
- D** Calcaires de l'Eocène Supérieur du B. Parisien
- E/F** Craie du Crétacé Supérieur de Champagne/Bourgogne
- G/H** Calcaires du Jurassique de Lorraine/Côte des Bar

Méthodologie : analyse multirésolution par ondelettes (modwt)

Cornish et al. (2006)



Signal total
(i.e. niveaux piézométriques)

Périodicité
moyenne

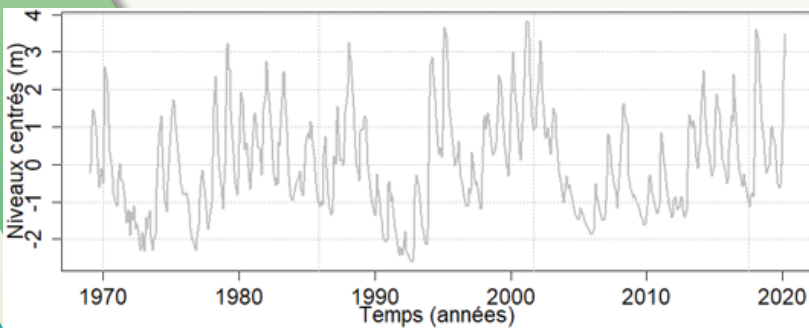
Détails d'ondelettes

Dernière approximation

Méthodologie : analyse multirésolution par ondelettes (modwt)

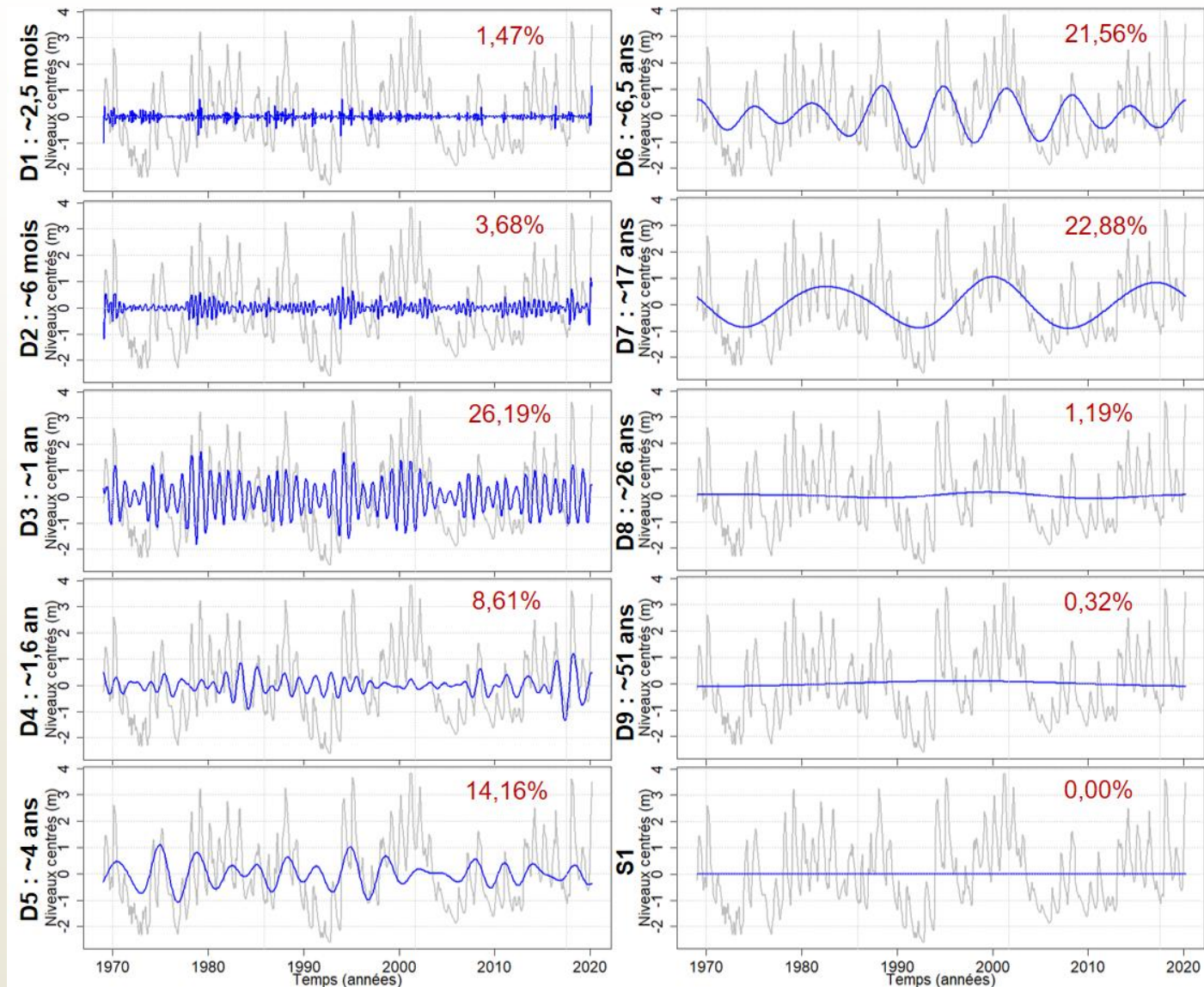
Cornish et al. (2006)

Exemple de la chronique de Janvilliers dans les calcaires de Champigny (comportement mixte)

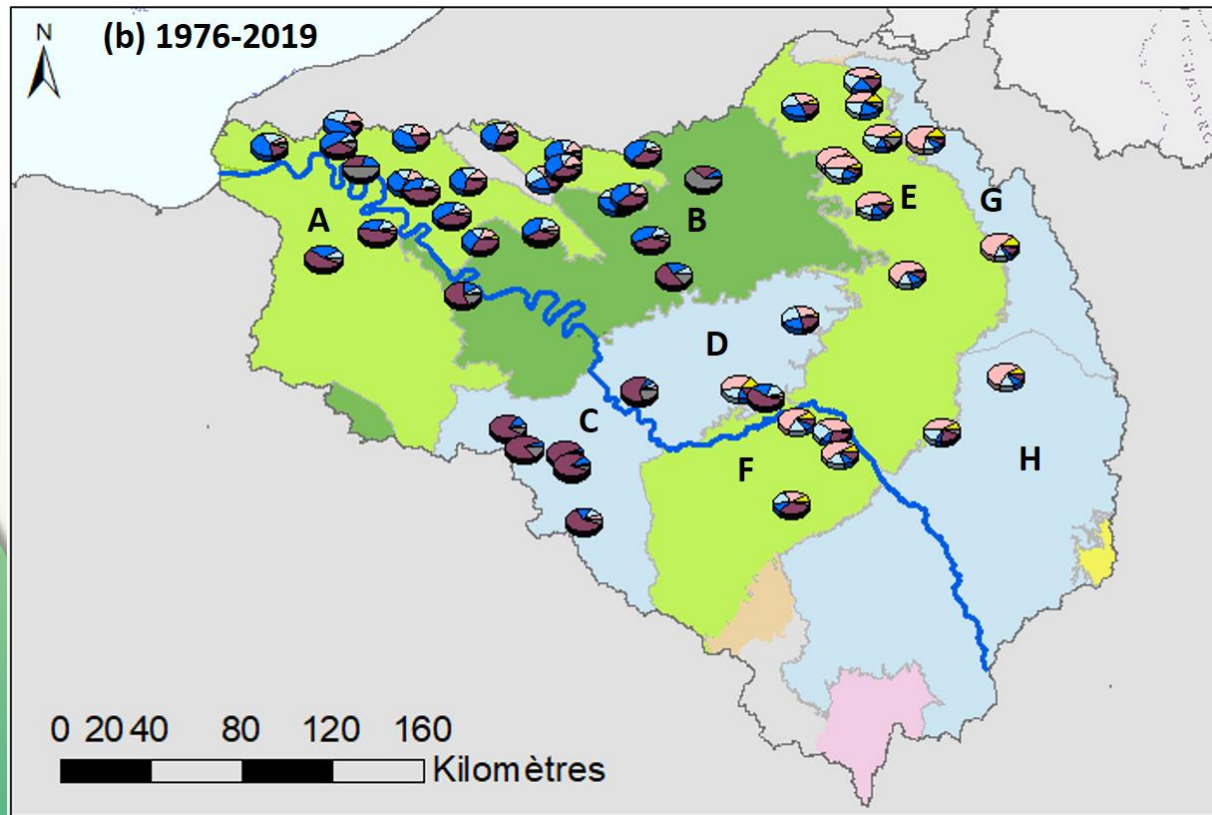


Calcul d'un % d'énergie = « importance » du
détail dans la variabilité totale des niveaux
piézométriques

↓
Cartographie



Répartition du pourcentage d'énergie des composantes pour chaque chronique piézométrique



Type d'aquifère

- Formations alluviales
- Socle
- Craie
- Sables verts
- Calcaires
- Sables
- Grès et calcaires
- Formations volcaniques
- Formations non étudiées

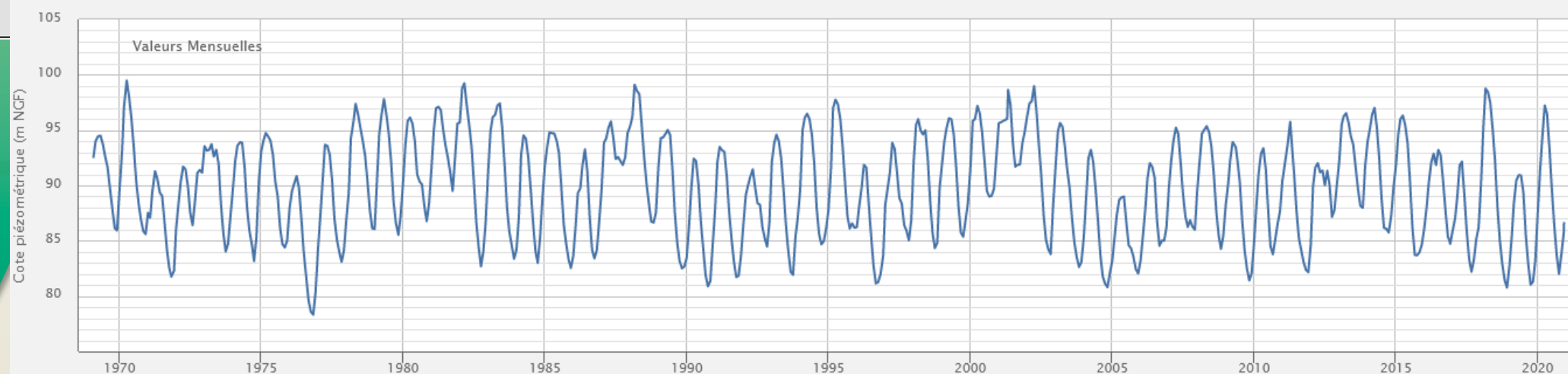
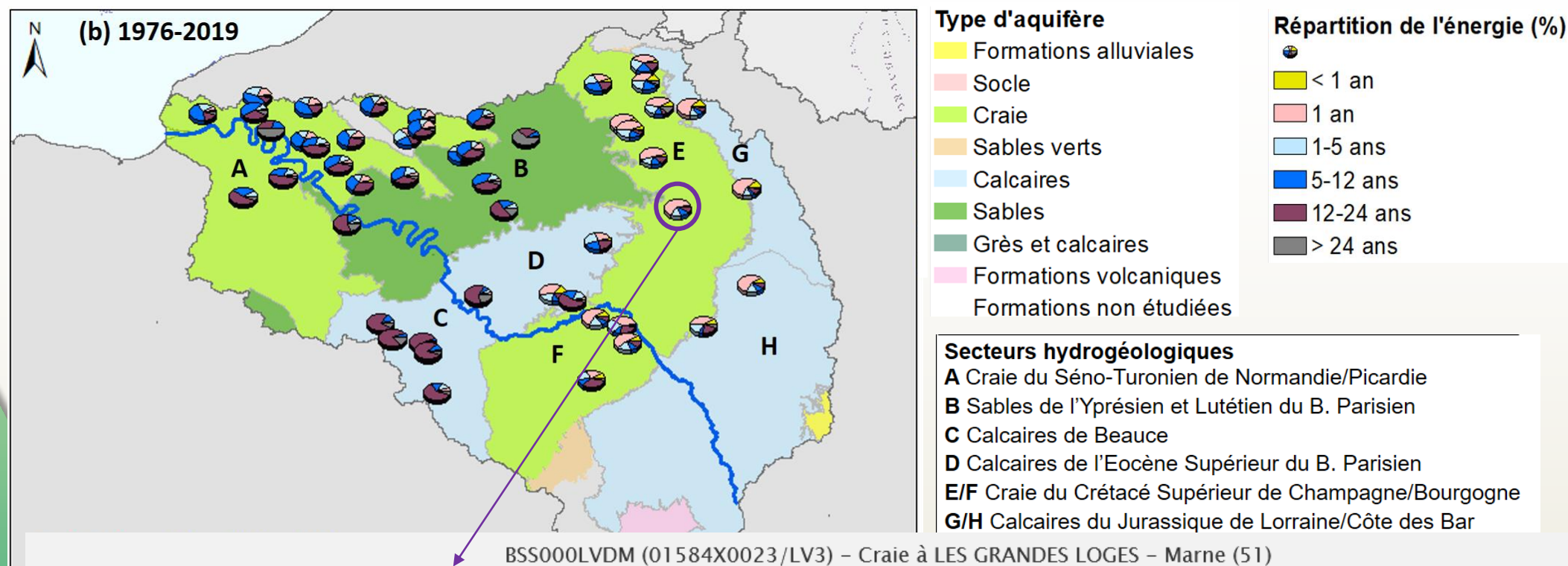
Répartition de l'énergie (%)

- < 1 an
- 1 an
- 1-5 ans
- 5-12 ans
- 12-24 ans
- > 24 ans

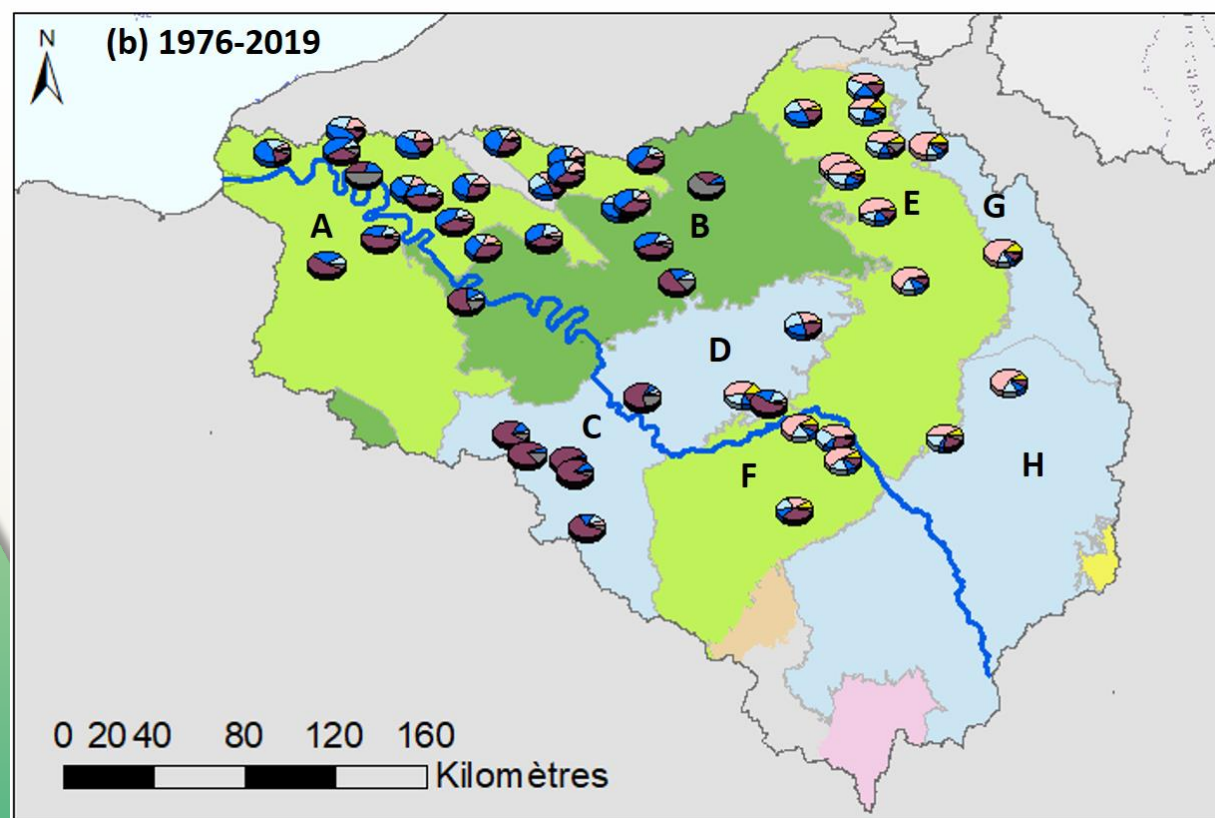
Secteurs hydrogéologiques

- A** Craie du Séno-Turonien de Normandie/Picardie
- B** Sables de l'Yprésien et Lutétien du B. Parisien
- C** Calcaires de Beauce
- D** Calcaires de l'Eocène Supérieur du B. Parisien
- E/F** Craie du Crétacé Supérieur de Champagne/Bourgogne
- G/H** Calcaires du Jurassique de Lorraine/Côte des Bar

Répartition du pourcentage d'énergie des composantes pour chaque chronique piézométrique



Répartition du pourcentage d'énergie des composantes pour chaque chronique piézométrique



Type d'aquifère

- Formations alluviales
- Socle
- Craie
- Sables verts
- Calcaires
- Sables
- Grès et calcaires
- Formations volcaniques
- Formations non étudiées

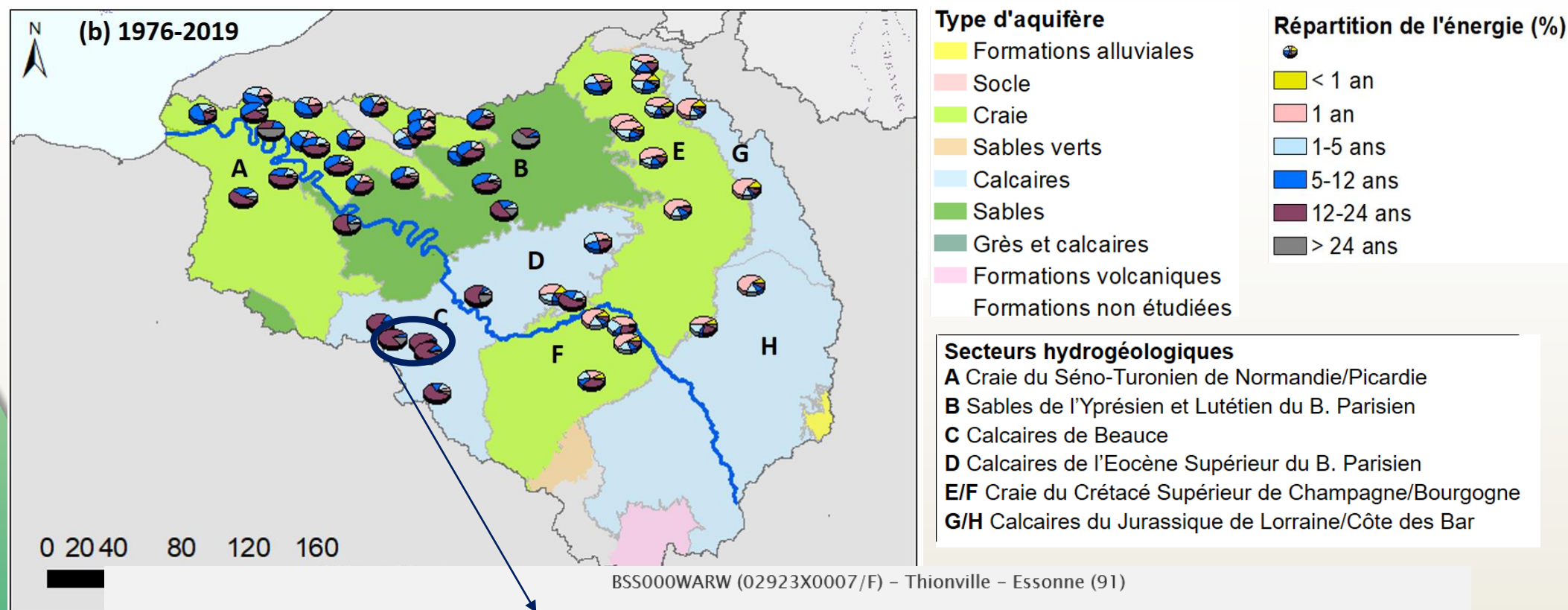
Répartition de l'énergie (%)

- < 1 an
- 1 an
- 1-5 ans
- 5-12 ans
- 12-24 ans
- > 24 ans

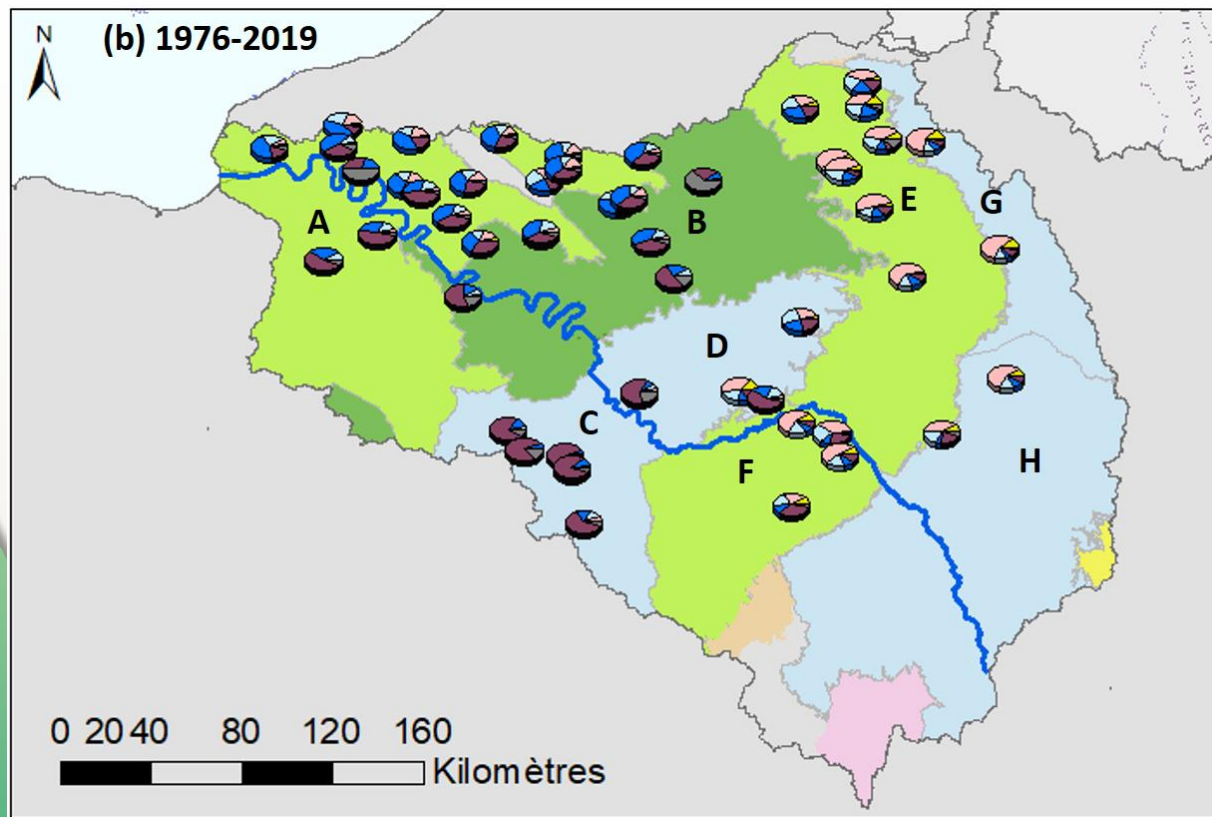
Secteurs hydrogéologiques

- A** Craie du Séno-Turonien de Normandie/Picardie
- B** Sables de l'Yprésien et Lutétien du B. Parisien
- C** Calcaires de Beauce
- D** Calcaires de l'Eocène Supérieur du B. Parisien
- E/F** Craie du Crétacé Supérieur de Champagne/Bourgogne
- G/H** Calcaires du Jurassique de Lorraine/Côte des Bar

Répartition du pourcentage d'énergie des composantes pour chaque chronique piézométrique



Répartition du pourcentage d'énergie des composantes pour chaque chronique piézométrique



Type d'aquifère

- Formations alluviales
- Socle
- Craie
- Sables verts
- Calcaires
- Sables
- Grès et calcaires
- Formations volcaniques
- Formations non étudiées

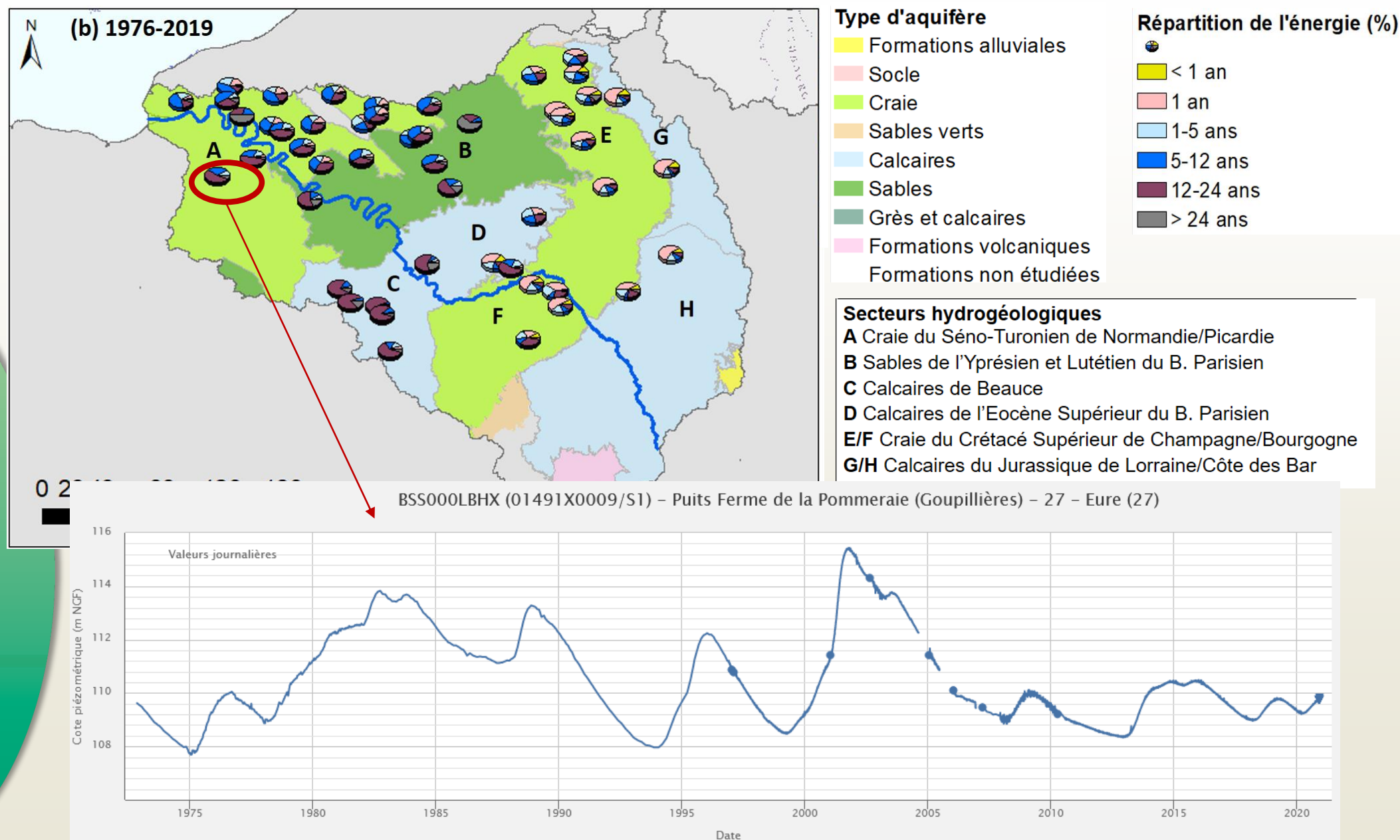
Répartition de l'énergie (%)

- < 1 an
- 1 an
- 1-5 ans
- 5-12 ans
- 12-24 ans
- > 24 ans

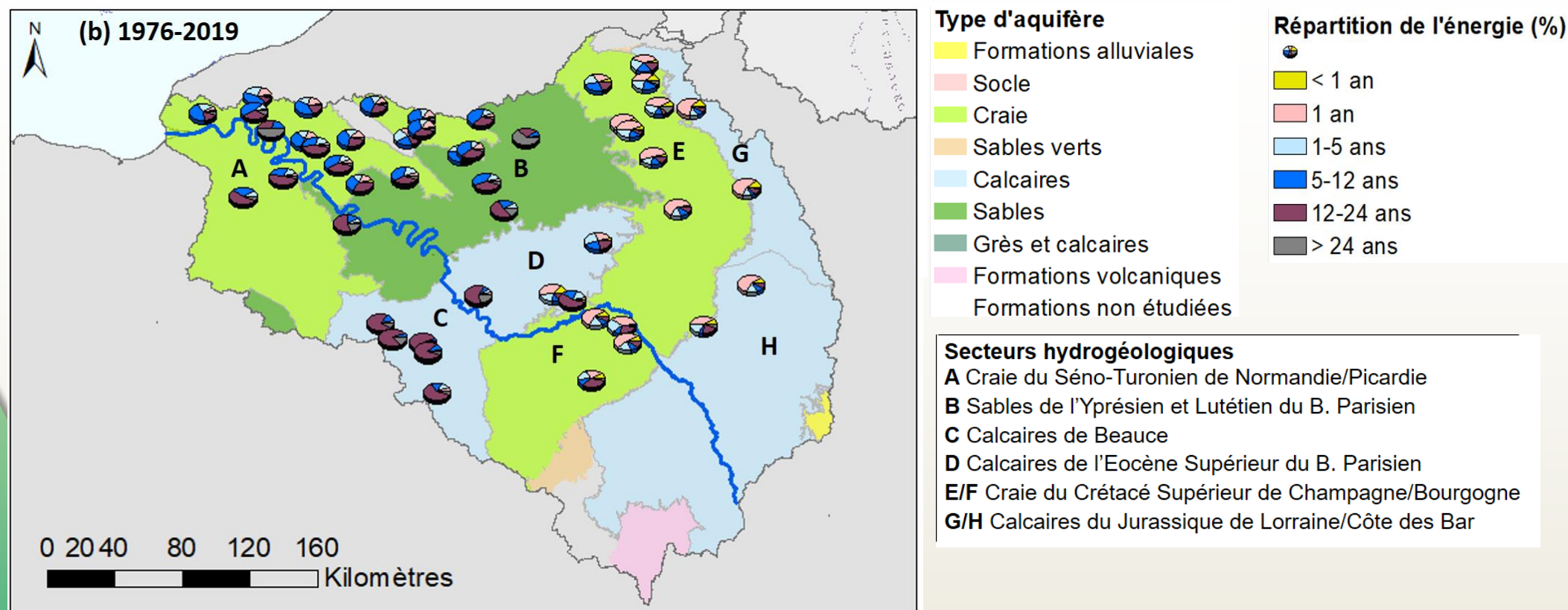
Secteurs hydrogéologiques

- A Craie du Séno-Turonien de Normandie/Picardie
- B Sables de l'Yprésien et Lutétien du B. Parisien
- C Calcaires de Beauce
- D Calcaires de l'Eocène Supérieur du B. Parisien
- E/F Craie du Crétacé Supérieur de Champagne/Bourgogne
- G/H Calcaires du Jurassique de Lorraine/Côte des Bar

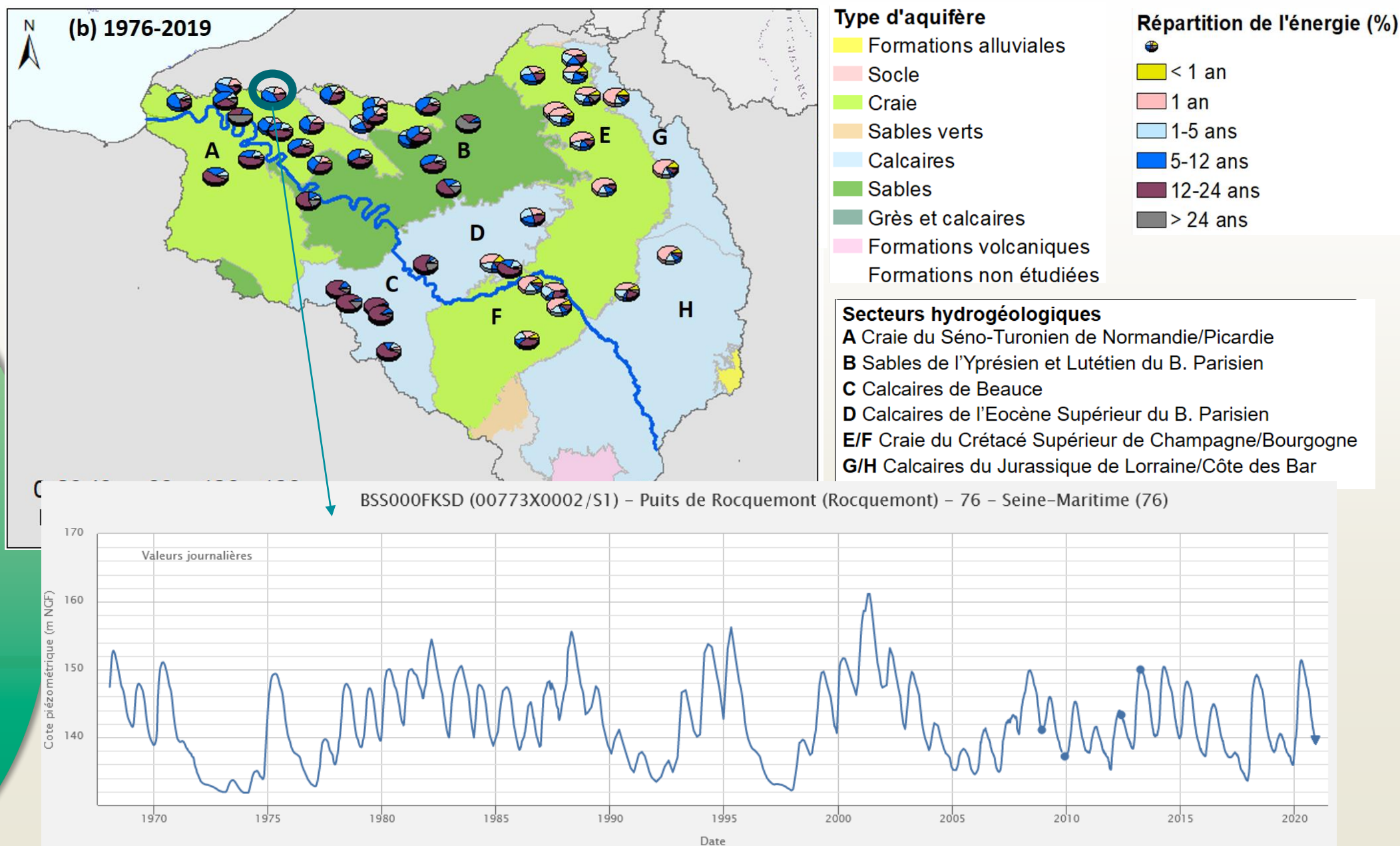
Répartition du pourcentage d'énergie des composantes pour chaque chronique piézométrique



Répartition du pourcentage d'énergie des composantes pour chaque chronique piézométrique



Répartition du pourcentage d'énergie des composantes pour chaque chronique piézométrique



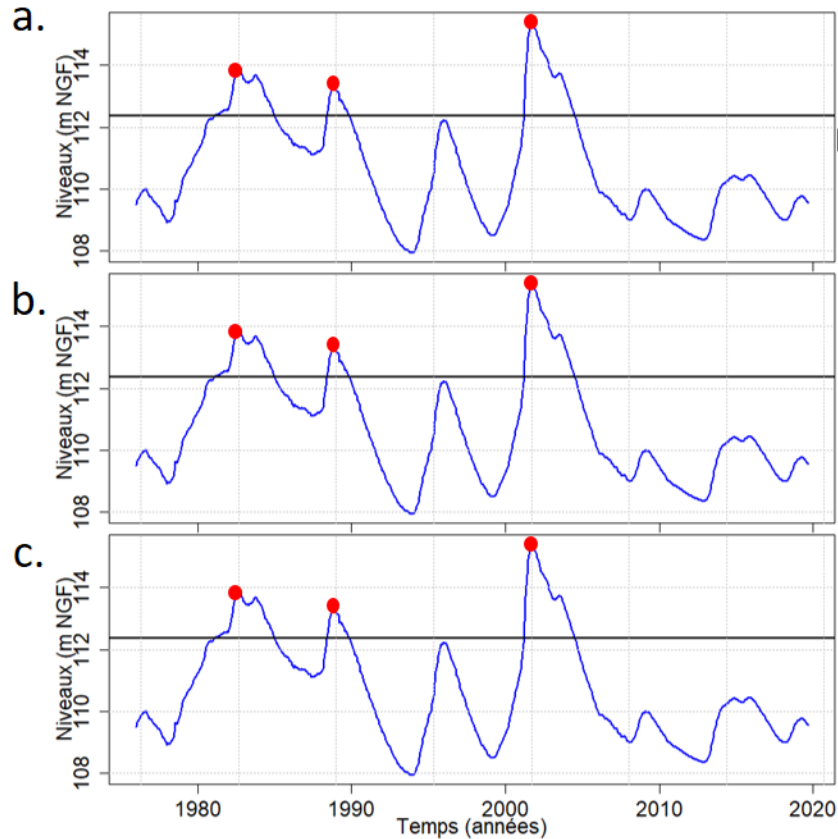
Méthodologie : analyse multirésolution par ondelettes (modwt)

Soustraction du/des détail(s) d'ondelettes d'intérêt

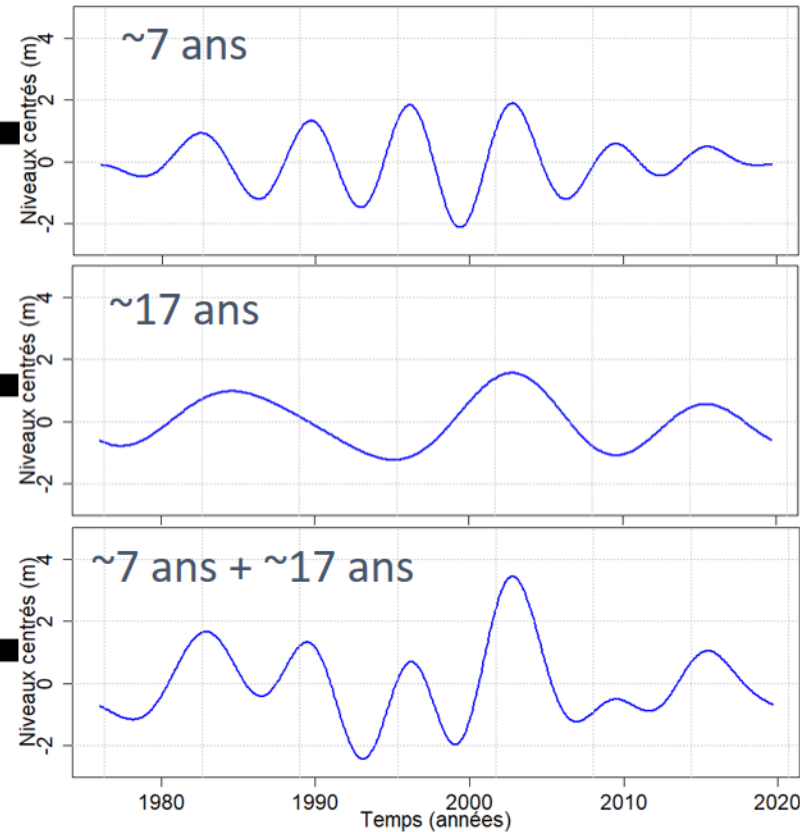
N.B. Basse fréquence : > ~7 ans

II.

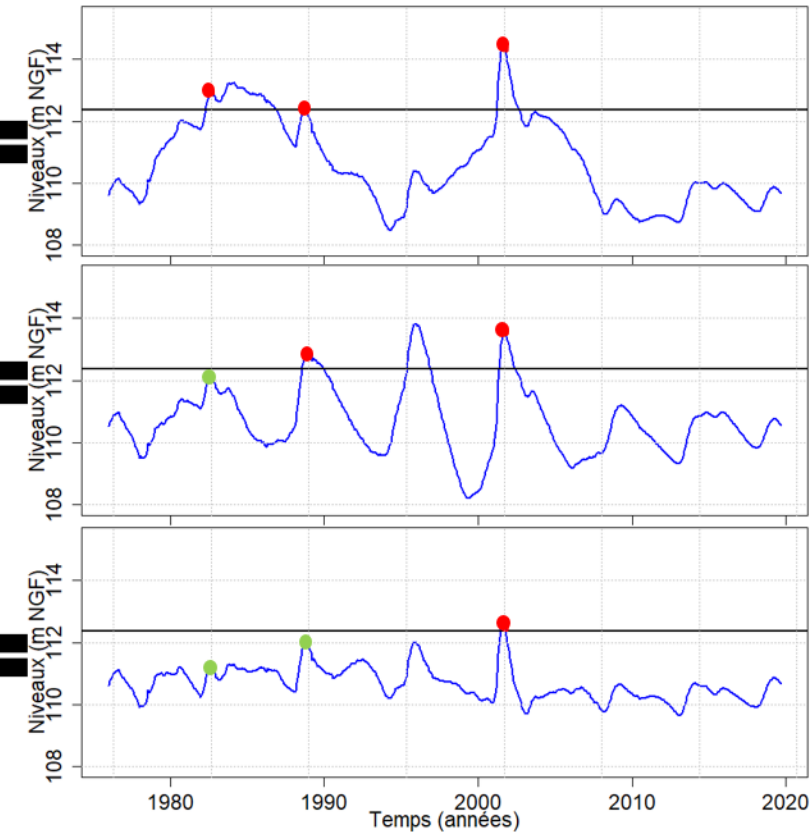
Signal original



Détails d'ondelettes soustraits



Signal filtré



1- Cibler les pics de hauts niveaux supérieurs au seuil fixé (e.g. percentile 0.8)

2- Filtrage du ou des détails d'intérêt

3- Influence du retrait sur le dépassement

=> Même démarche pour les bas niveaux piézométriques

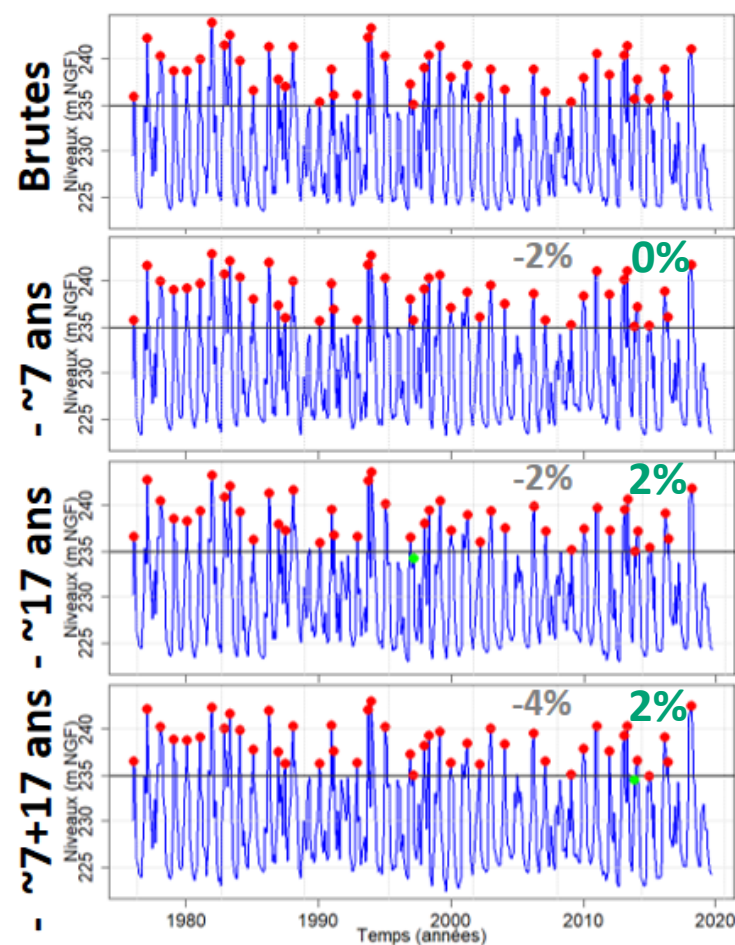
Calcul d'un pourcentage d'événements générés par la composante (i.e. événements repassant sous le seuil)

Influence de la variabilité basse-fréquence sur les hauts et bas niveaux piézométriques

Piézomètre à comportement annuel dominant (calcaires du Jura)

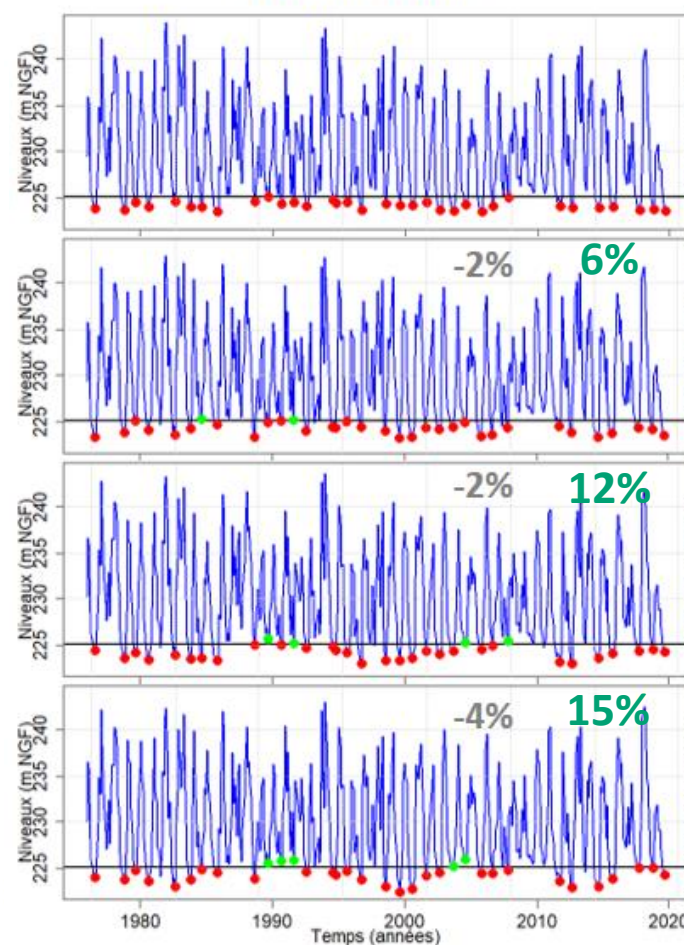
Cas des pics de HE

Bourberain



Cas des pics de BE

Bourberain



Fréquence d'apparition des pics : quasi-annuelle
 ➡ Caractéristique des nappes « réactives »

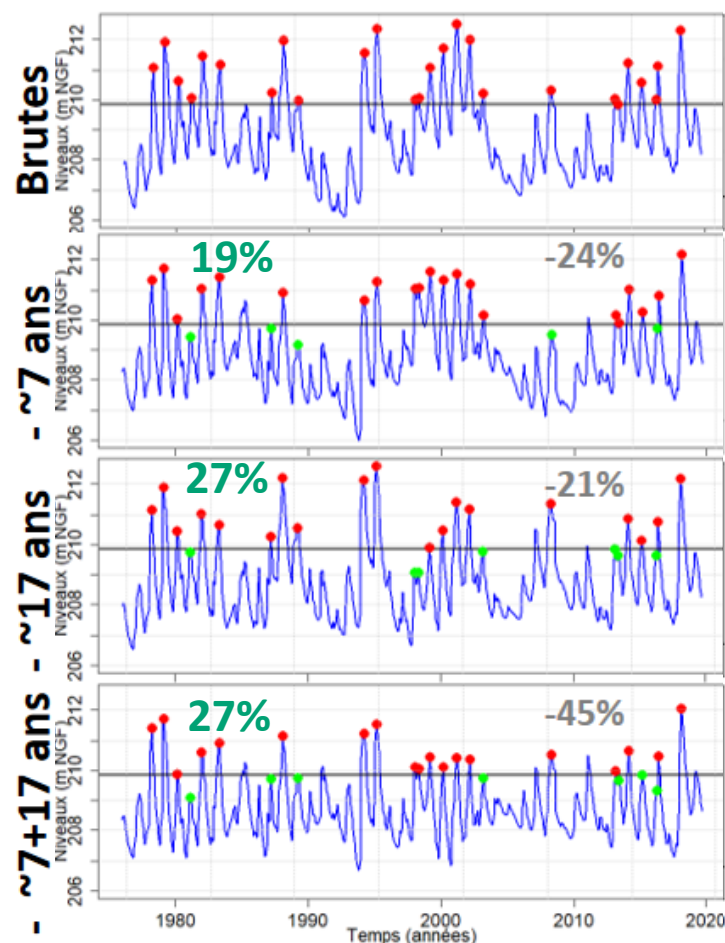
Basse-fréquence très peu explicative de la variabilité des niveaux piézométriques
 ↓
 Très peu d'événements portés par ces composantes

Influence de la variabilité basse-fréquence sur les hauts et bas niveaux piézométriques

Piézomètre à comportement mixte (calcaires de Champigny)

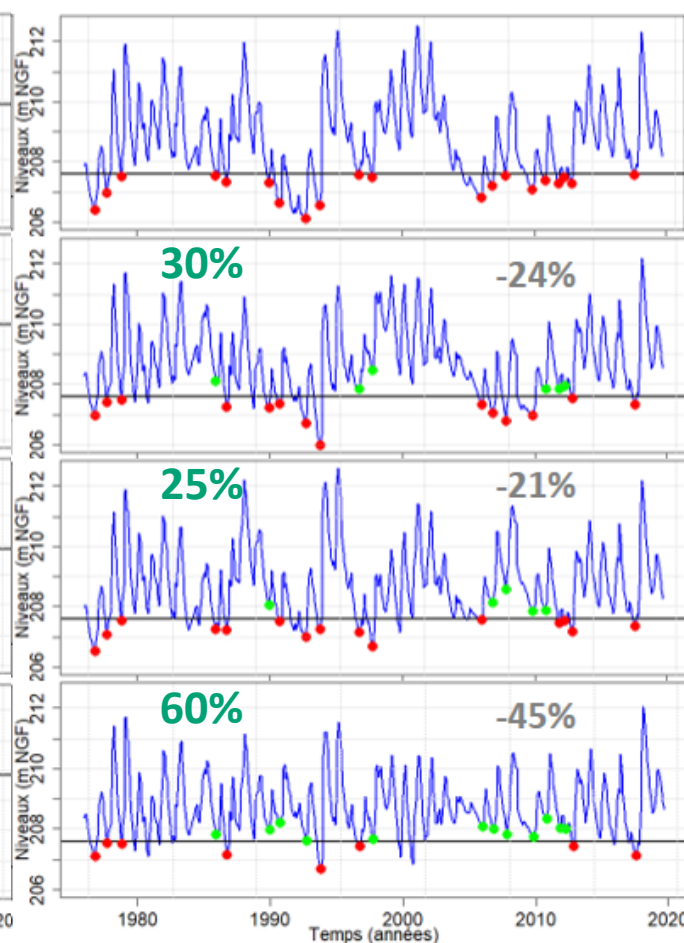
Cas des pics de HE

Janvilliers



Cas des pics de BE

Janvilliers



Fréquence d'apparition des pics : quasi-annuelle sur des périodes temporelles spécifiques

- *Pics de HE : hauts niveaux pluriannuel et/ou interdécennal*
- *Pics de BE : bas niveaux pluriannuel et/ou interdécennal*

➡ Caractéristique des nappes à comportement « mixte »

Basse-fréquence explicative de ~45% de la variabilité des niveaux piézométriques

Evénements portés par la variabilité basse-fréquence et la variabilité annuelle

HE : + générées par variabilité annuelle
BE : + générées par la variabilité basse-fréquence

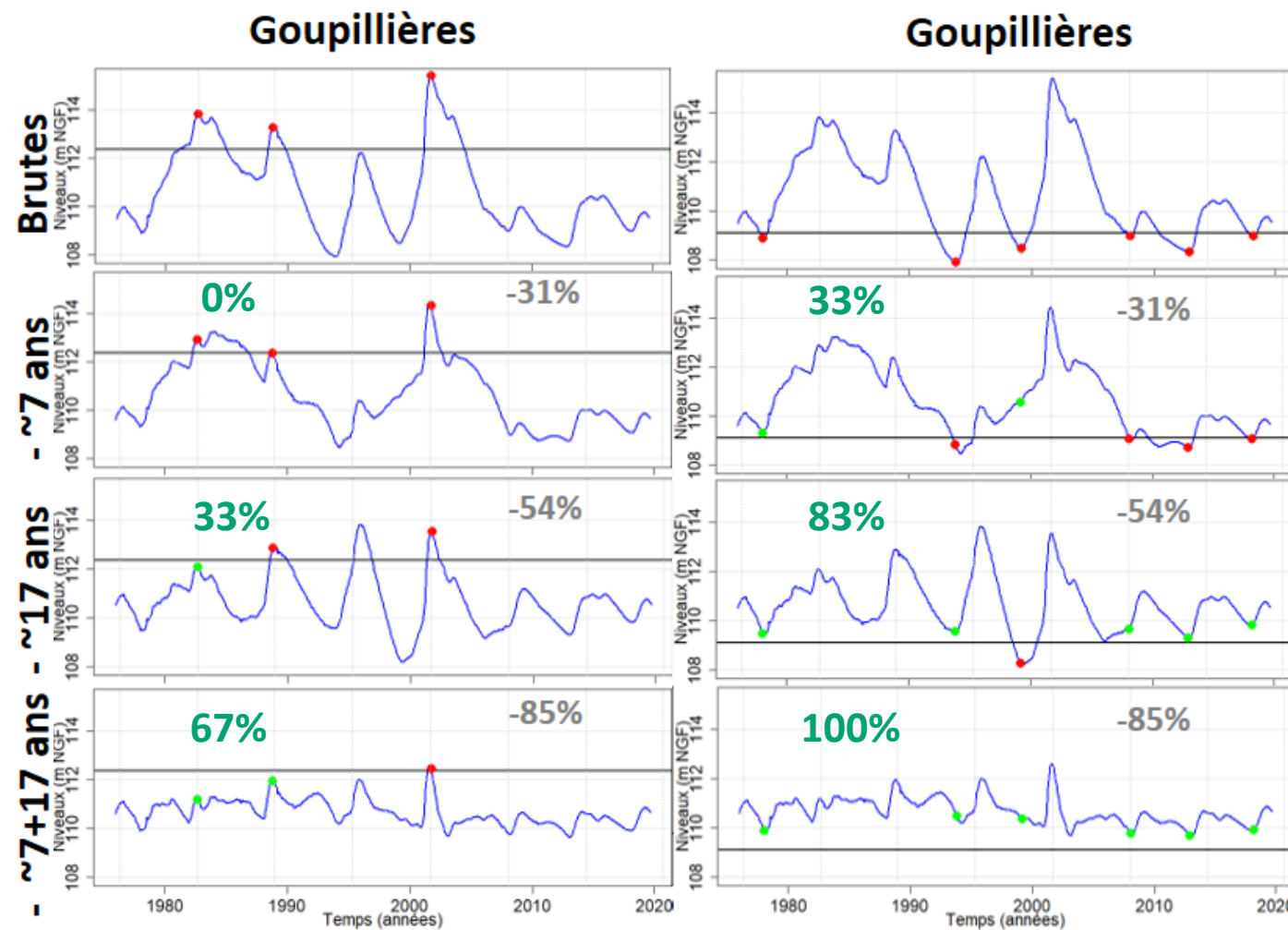
Gris : % d'énergie « enlevé » Vert : % d'extrêmes générés par la composante

Influence de la variabilité basse-fréquence sur les hauts et bas niveaux piézométriques

Piézomètre à comportement pluriannuel/interdécennal dominant (craie du Séno-Turonien)

Cas des pics de HE

Cas des pics de BE



Fréquence d'apparition des pics : pluriannuelle (minimum 5 ans entre 2 événements successifs)

➡ Caractéristique des nappes inertielles (*i.e.* fort effet mémoire)

Basse-fréquence explicative de ~85% de la variabilité des niveaux piézométriques

↓ Événements tous portés par la variabilité basse-fréquence (sauf 2001)

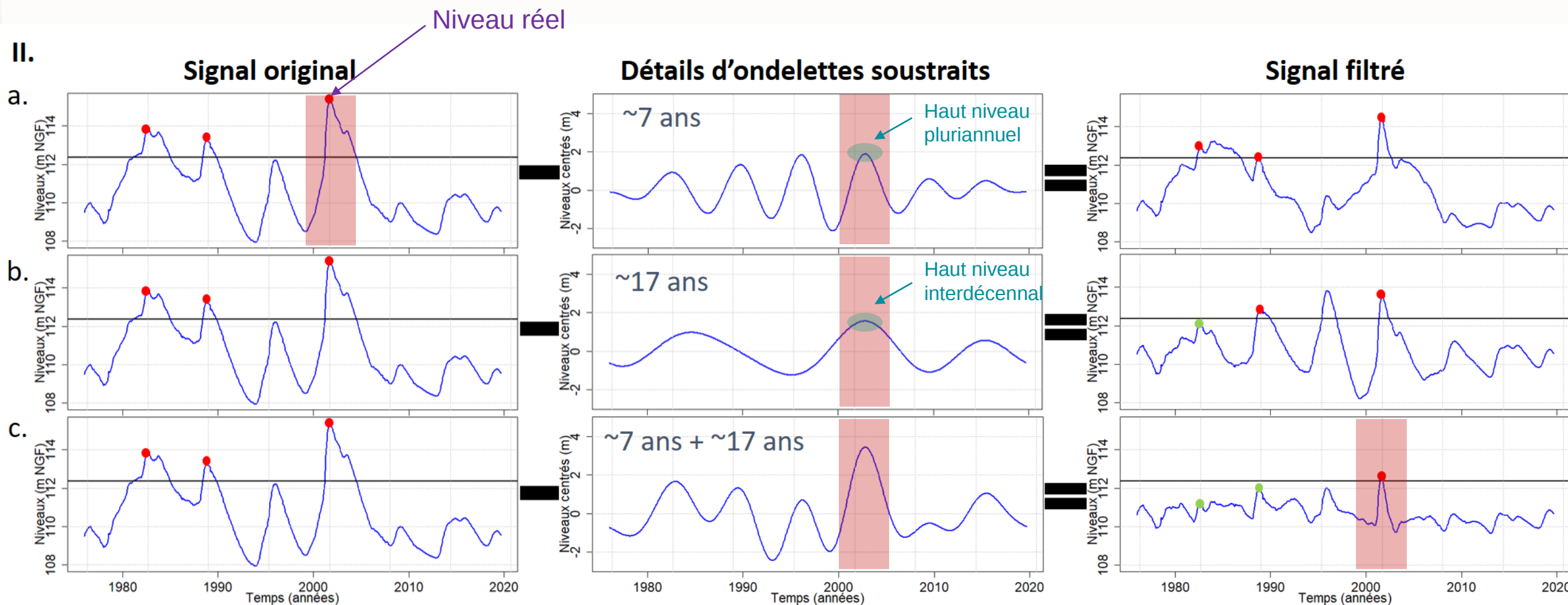
BE : principalement générées par la variabilité interdécennale (~17 ans)

HE : principalement générées par l'association des 2 échelles (~7 et ~17 ans)

Influence de la variabilité basse-fréquence sur les hauts et bas niveaux piézométriques

Piézomètre à comportement pluriannuel/interdécennal dominant (craie du Séno-Turonien)

Effet de concomitance : exemple des hautes-eaux de 2001



HE 2001 : combinaison d'un haut niveau pluriannuel et interdécennal (avec « optimum » d'amplitude) associés à une recharge annuelle importante

Influence de la variabilité basse-fréquence sur les hauts et bas niveaux piézométriques

Piézomètre à comportement pluriannuel/interdécennal dominant (craie du Séno-Turonien)

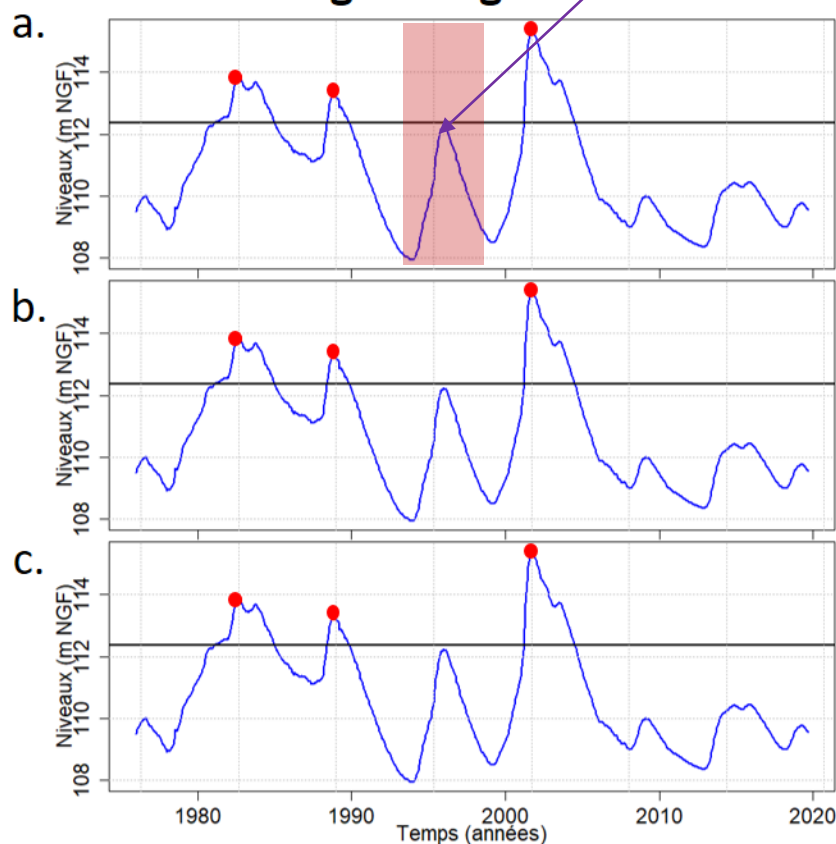
Effet de modulation : exemple des hautes-eaux de 1995

Niveau qui aurait pu être atteint sans modulation par la variabilité interdécennale

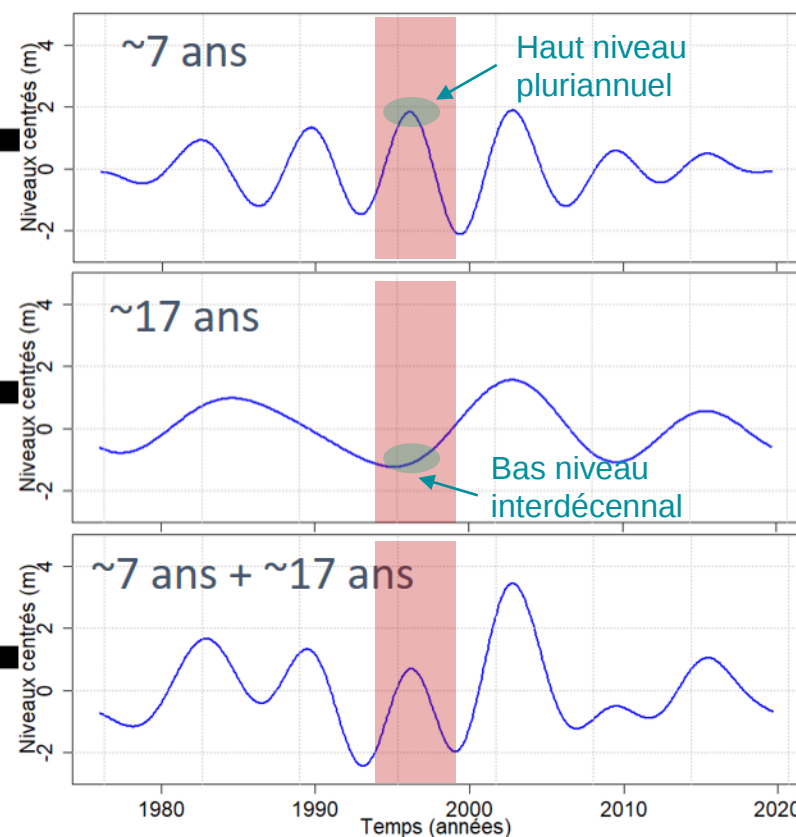
II.

Signal original

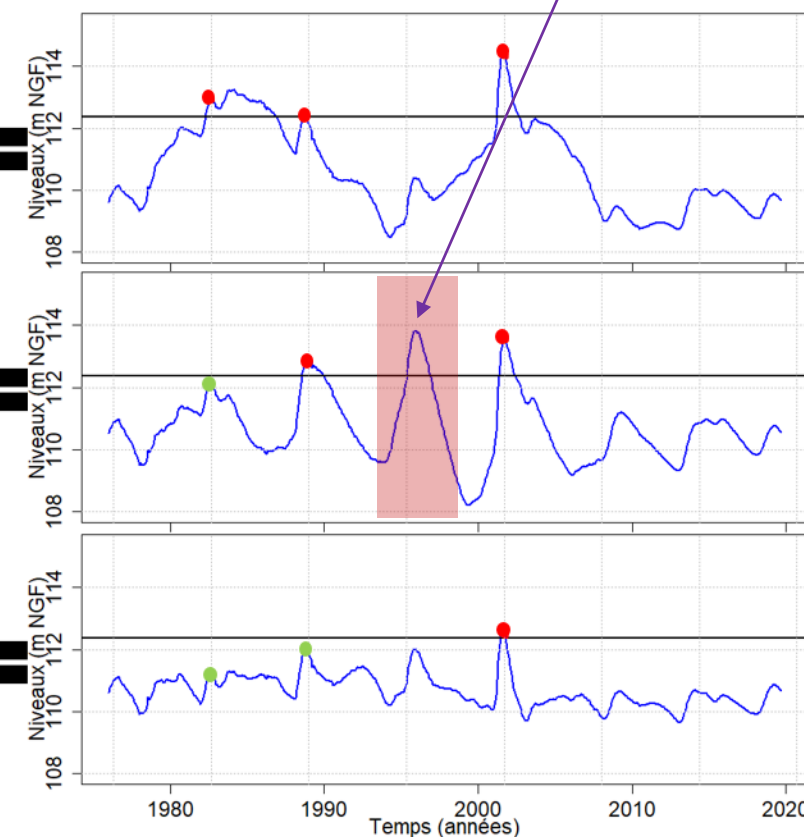
Niveau réel



Détails d'ondelettes soustraites



Signal filtré

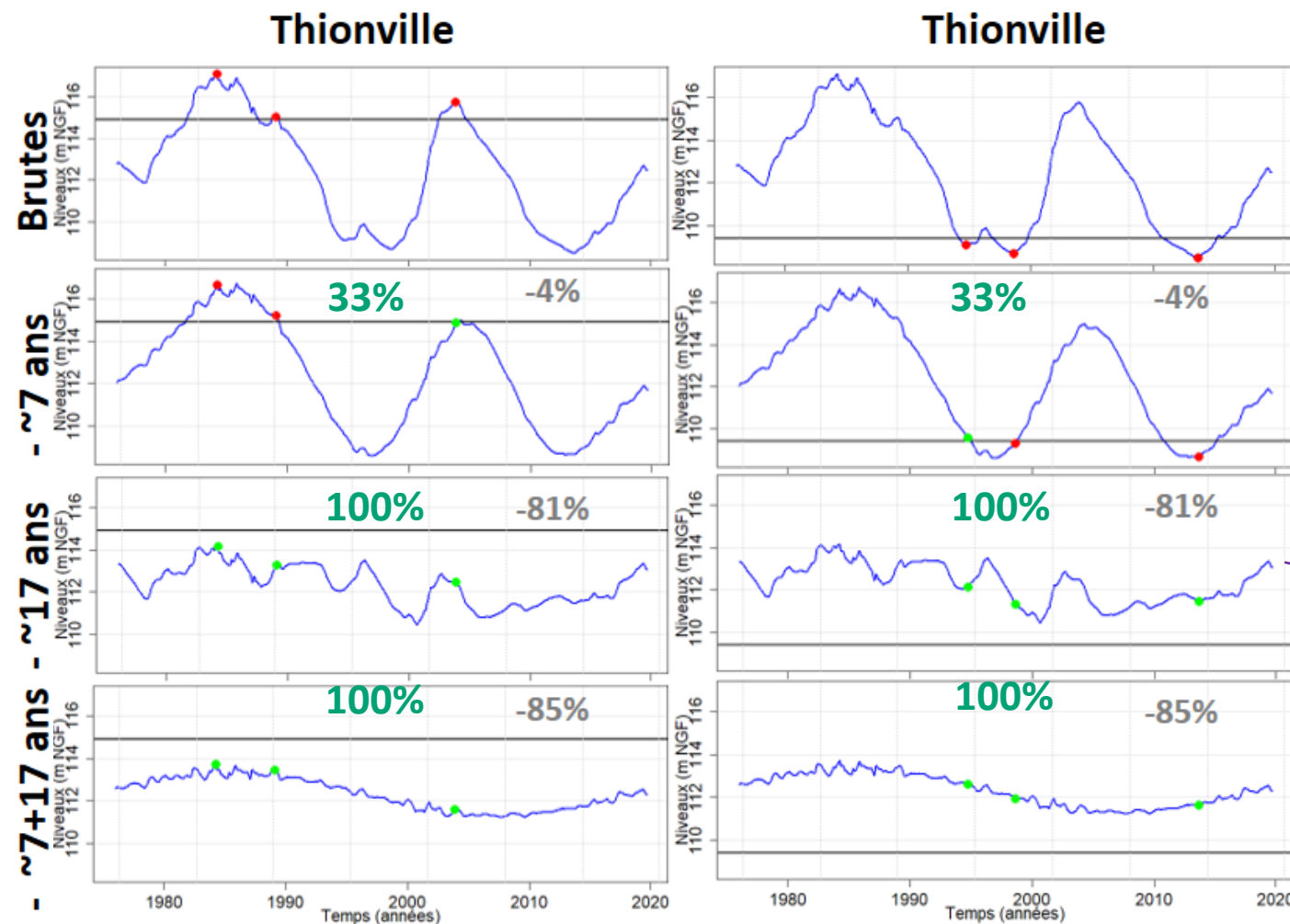


Influence de la variabilité basse-fréquence sur les hauts et bas niveaux piézométriques

Piézomètre à comportement interdécennal dominant (calcaires de Beauce)

Cas des pics de HE

Cas des pics de BE



Fréquence d'apparition des pics : pluriannuelle voire interdécennale (minimum 5 ans entre 2 événements successifs)

➡ Caractéristique des nappes très inertielles (i.e. fort effet mémoire)

Basse-fréquence explicative de ~85% de la variabilité des niveaux piézométriques

↓
Événements tous portés par la variabilité basse-fréquence

➡ BE et HE : générées par la variabilité interdécennale (~17 ans)

Gris : % d'énergie « enlevé »

Vert : % d'extrêmes portés par la composante

Conclusion

- A l'échelle du bassin de la Seine, les nappes présentent 4 grands types de comportement (fonction du type de formation hydrogéologique et de son état de fracturation) :
 - ✓ Interdécennal, pluriannuel/interdécennal, mixte, annuel dominant
- Influence de la variabilité pluriannuelle et interdécennale sur les pics de HE et BE
 - ✓ Plus ces échelles sont marquées, plus la quantité de pics de HE et BE se réduit, puisque portés par cette variabilité basse-fréquence
 - ✓ Plus forte influence de ces composantes sur les BE que sur les HE (cause ?)
 - ✓ Lorsque ces 2 échelles s'expriment dans des proportions à-peu-près égales, ces 2 composantes peuvent interférer : amplification ou atténuation des hauts ou bas niveaux piézométriques

Perspectives

- Elargissement de l'étude sur les HE et BE à l'ensemble des piézomètres constituant une BDD de piézomètres peu influencés par les pompages, et notamment à quelques longues chroniques (~100 ans)
- Quantification de l'influence de la variabilité basse-fréquence sur l'intensité, l'amplitude et l'occurrence des extrêmes
- Etude du déterminisme climatique de ces variabilités pluriannuelle et interdécennale et des hauts-bas niveaux piézométriques associés.



MERCI DE VOTRE ATTENTION !