



12^{ème} Journée de l'APRONA

Ciarus STRASBOURG 30 novembre 2022

*Analyse statistique des variations piézométriques,
tendances et prévisions des niveaux de nappe*

Fabien Toulet

1- Bilan été 2022

Niveaux minimum de la nappe

Niveaux moyens de la nappe

2 – Analyse du signal piézométrique

Cycles

Tendances

Corrélations Nappe / Rivières

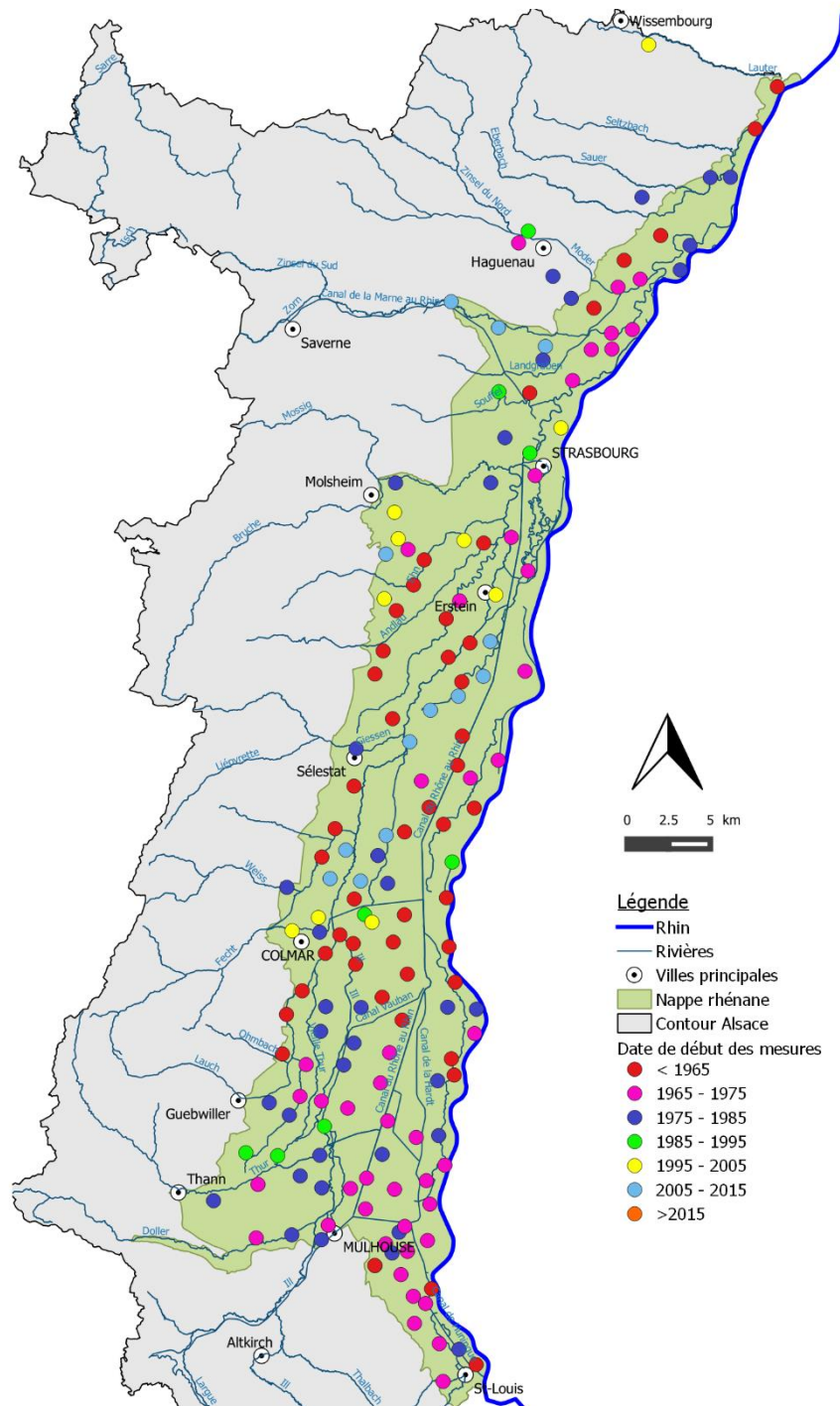
3 – Outils de prévisions des niveaux

Décharge de nappe

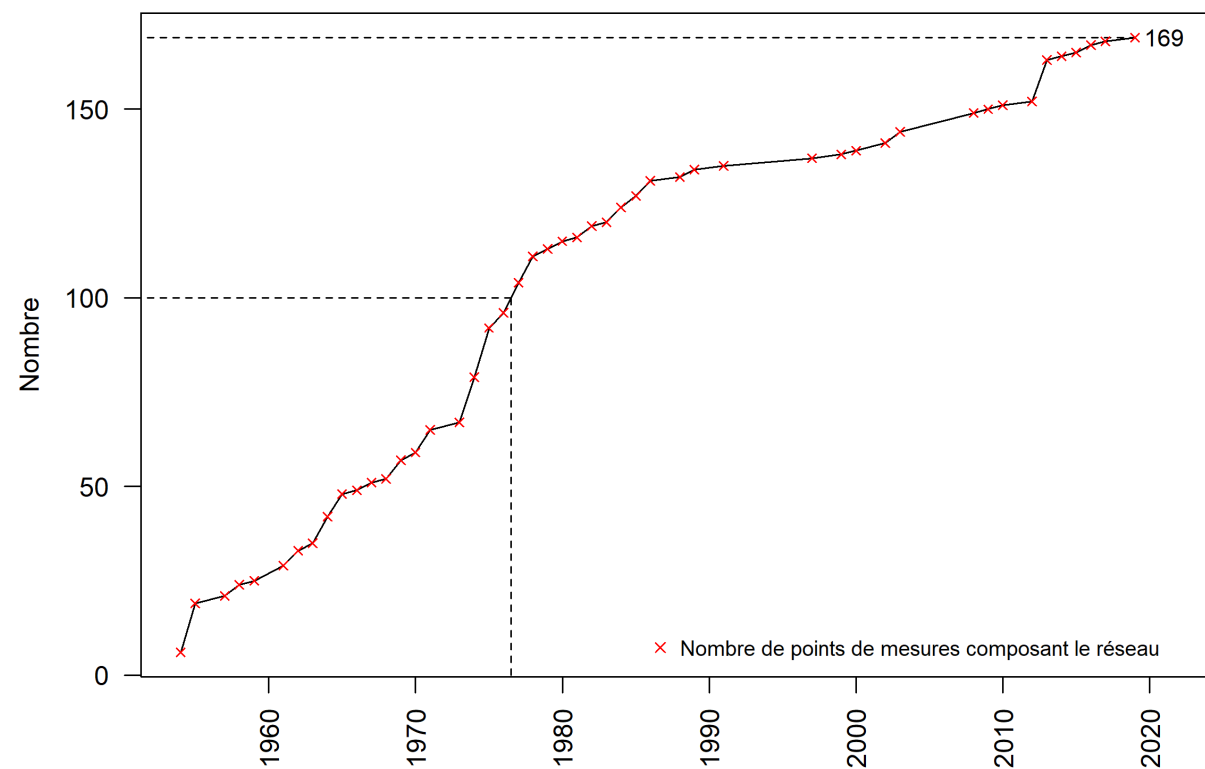
Modèle PASTAS

Réseaux de neurones

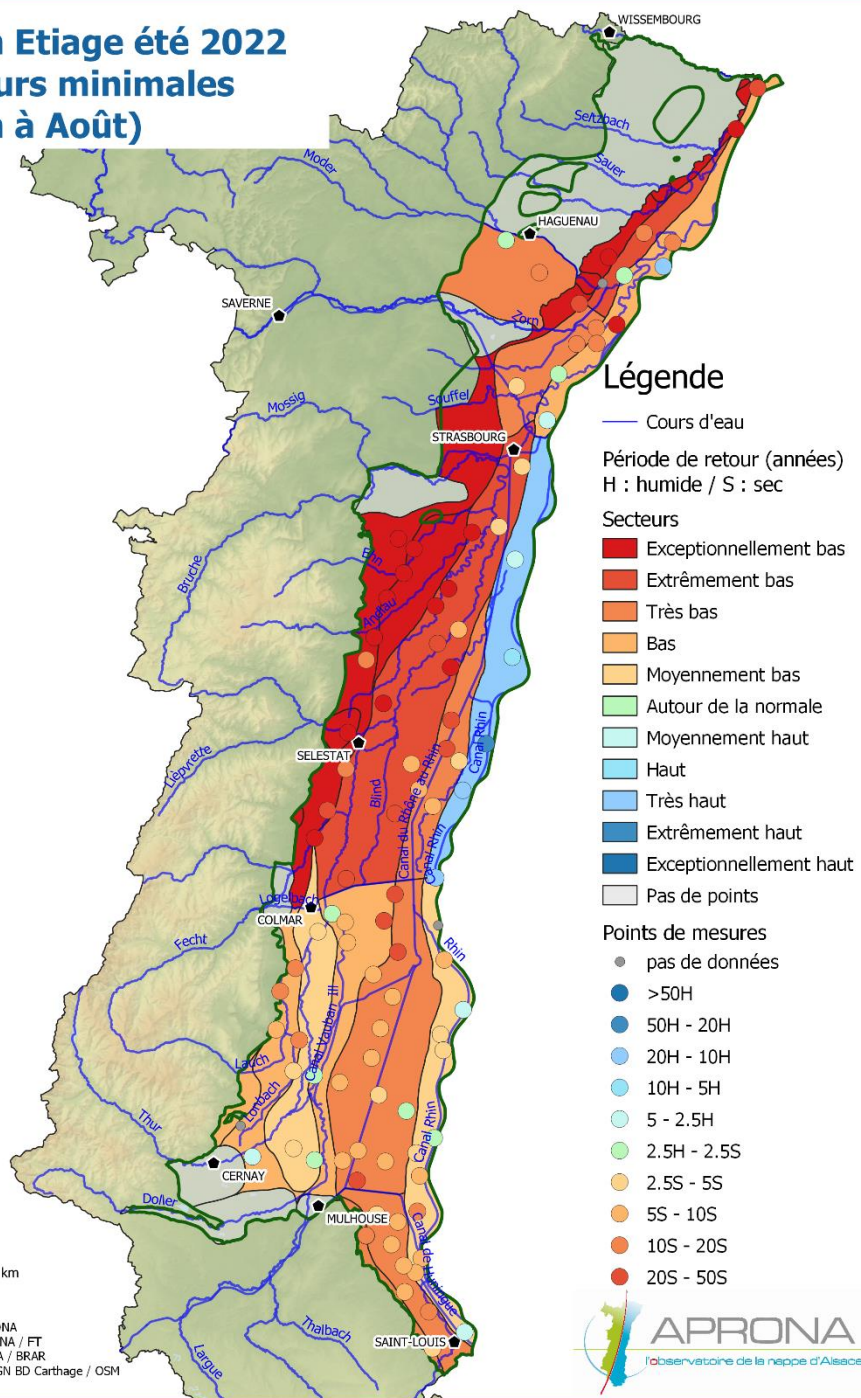
4 – Synthèse / perspectives



Nombre de points disposant de mesures



Bilan Etiage été 2022 Valeurs minimales (Juin à Août)



Bilan à l'échelle de la nappe rhénane

A noter :

- 2022 au 2^{ème} rang des étiages estivaux mais une situation contrastée ;
- Déficits très marqués en zone de bordures (Colmar – Strasbourg) et dans le grand Ried ;
- Des niveaux « très hauts » dans la bande rhénane centrale.

Année	Indicateur	Rang
1976	-3.25	1
2022	-2.32	2
1991	-2.23	2
1993	-2.11	4
2019	-1.79	5
2020	-1.78	6
2003	-1.56	7
2018	-1.55	8
1998	-1.45	9
1992	-1.44	10

Bilan à l'échelle du grand Ried

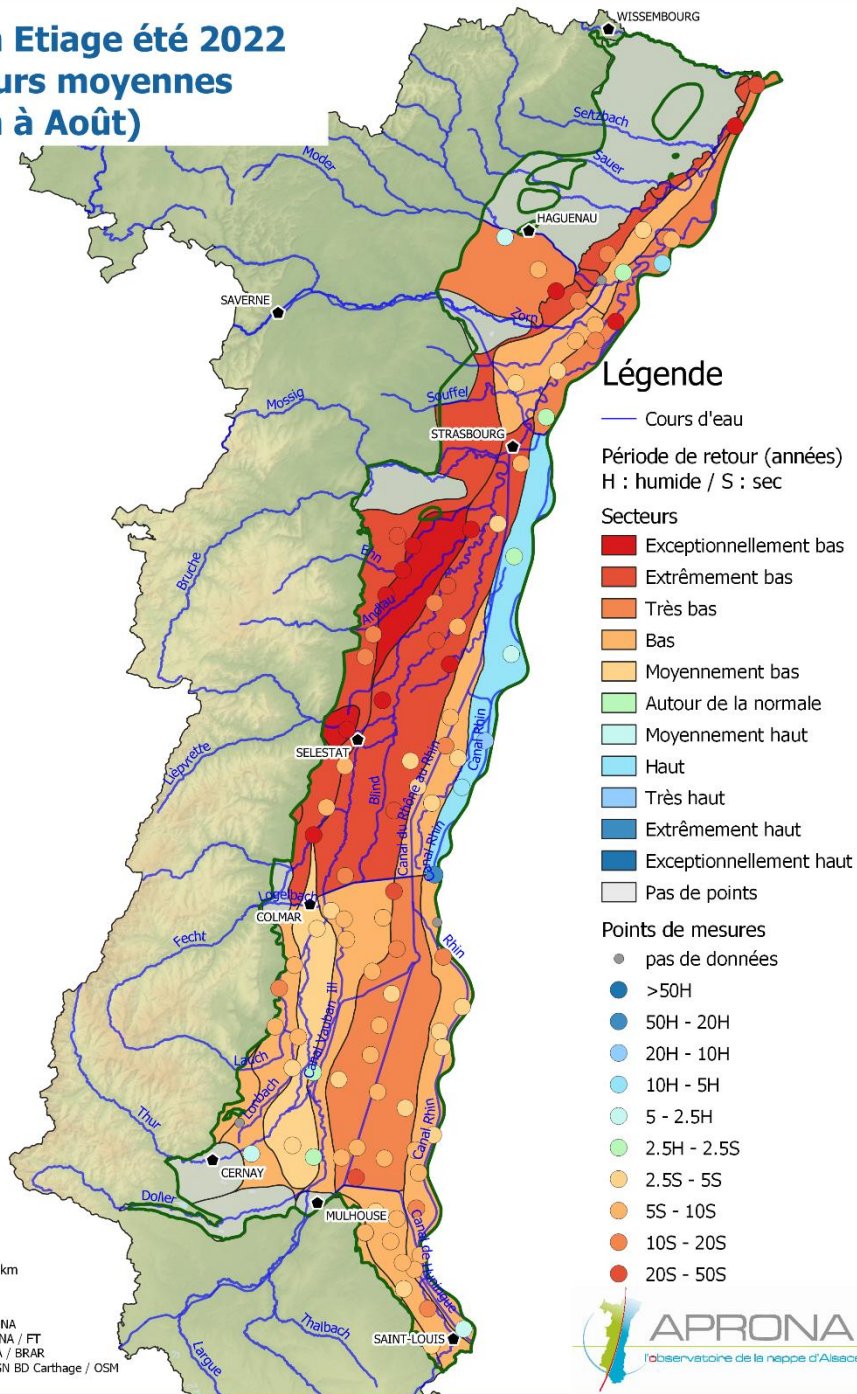
A noter :

- 2022 au 1^{er} rang ;
- Aux 5 premières places, 4 des 8 dernières années.

Année	Indicateur	Rang
2022	-3.47	1
2015	-2.94	2
2003	-2.88	3
2020	-2.88	4
2018	-2.82	5
1976	-2.76	6
2019	-2.53	7
1991	-2.06	8
2006	-2.06	9
1998	-1.88	10

Bilan Etiage été 2022

Valeurs moyennes (Juin à Août)



Bilan à l'échelle de la nappe rhénane

- 2022 au **4^{ème}** rang des étiages estivaux une situation contrastée ;
- Déficits marqués en zone de bordures (Colmar – Strasbourg) et dans le grand Ried ;
- Des niveaux « hauts » dans la bande rhénane centrale.

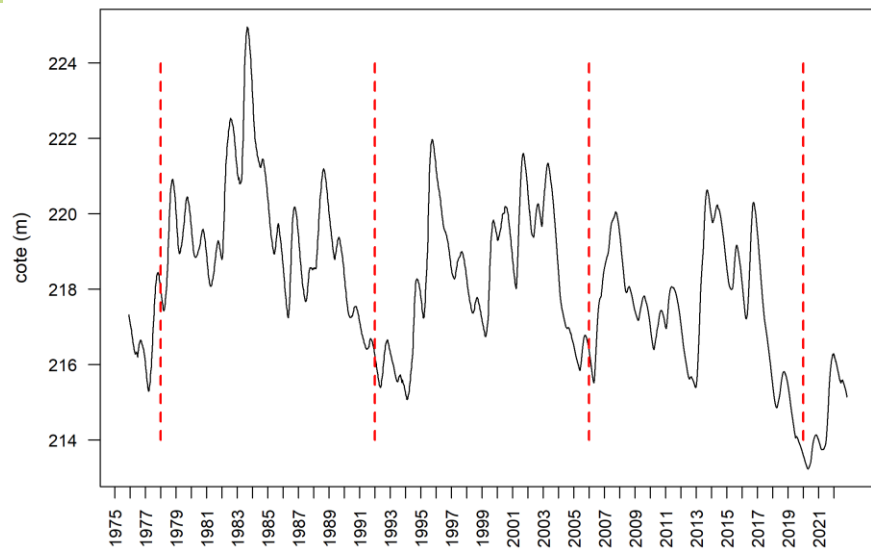
Année	Indicateur	Rang
1976	-3.56	1
1991	-2.36	2
1993	-2.35	3
2022	-2.01	4
2020	-1.68	5
2017	-1.52	6
2019	-1.49	7
1998	-1.37	8
1992	-1.36	9
2003	-1.36	10

Bilan à l'échelle du grand Ried

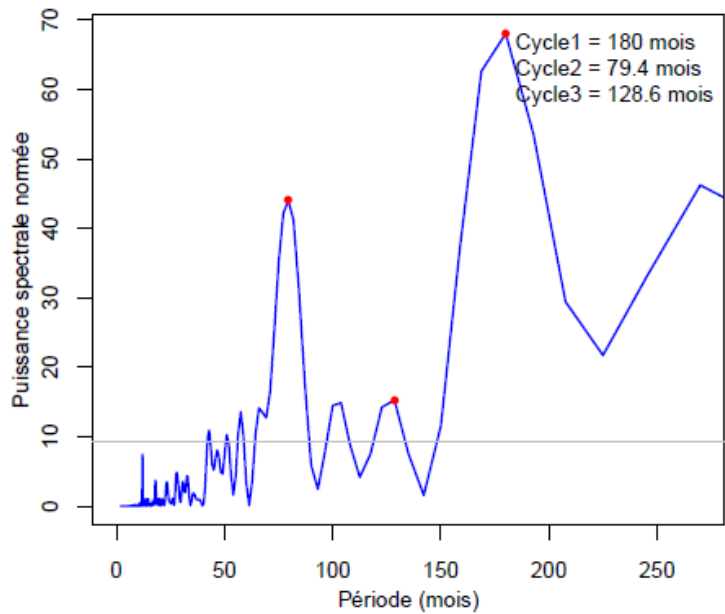
- 2022 au 2^{ème} rang des étiages estivaux ;
- Les dernières années moins hautes dans le classement. Ces étiages sont moins marqués pour les valeurs moyennes que pour les valeurs extrêmes.

Année	Indicateur	Rang
1976	-3.71	1
2022	-2.82	2
1991	-2.75	3
1993	-2.62	4
2003	-2.56	5
2015	-2.35	6
2020	-2.35	7
2017	-2.24	8
1998	-1.75	9
1990	-1.65	10

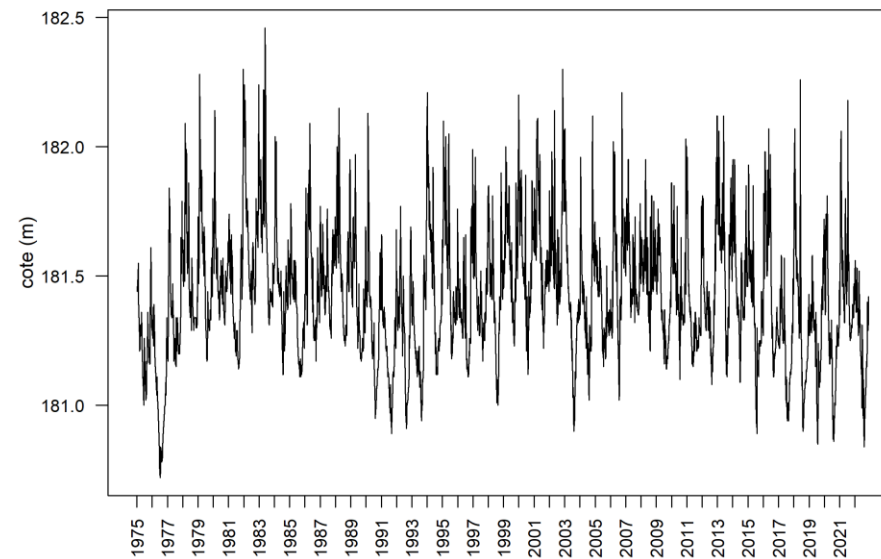
04138X0033



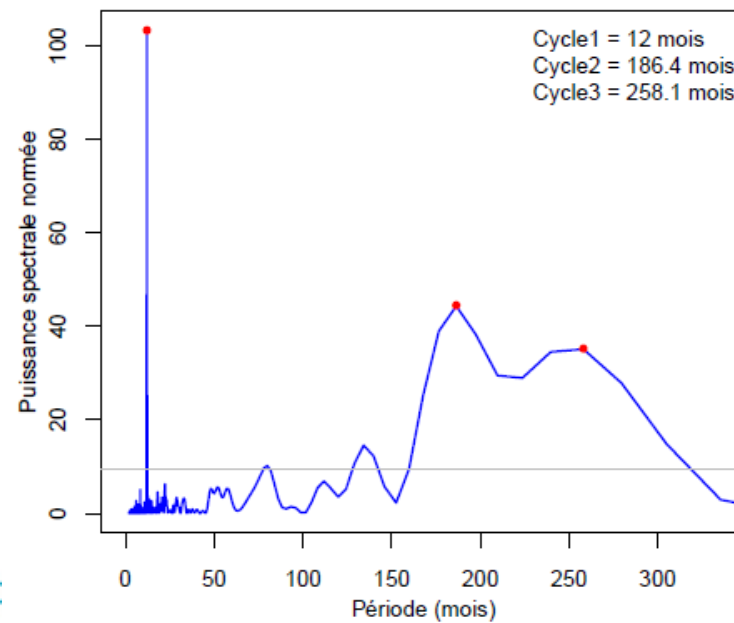
Périodogramme



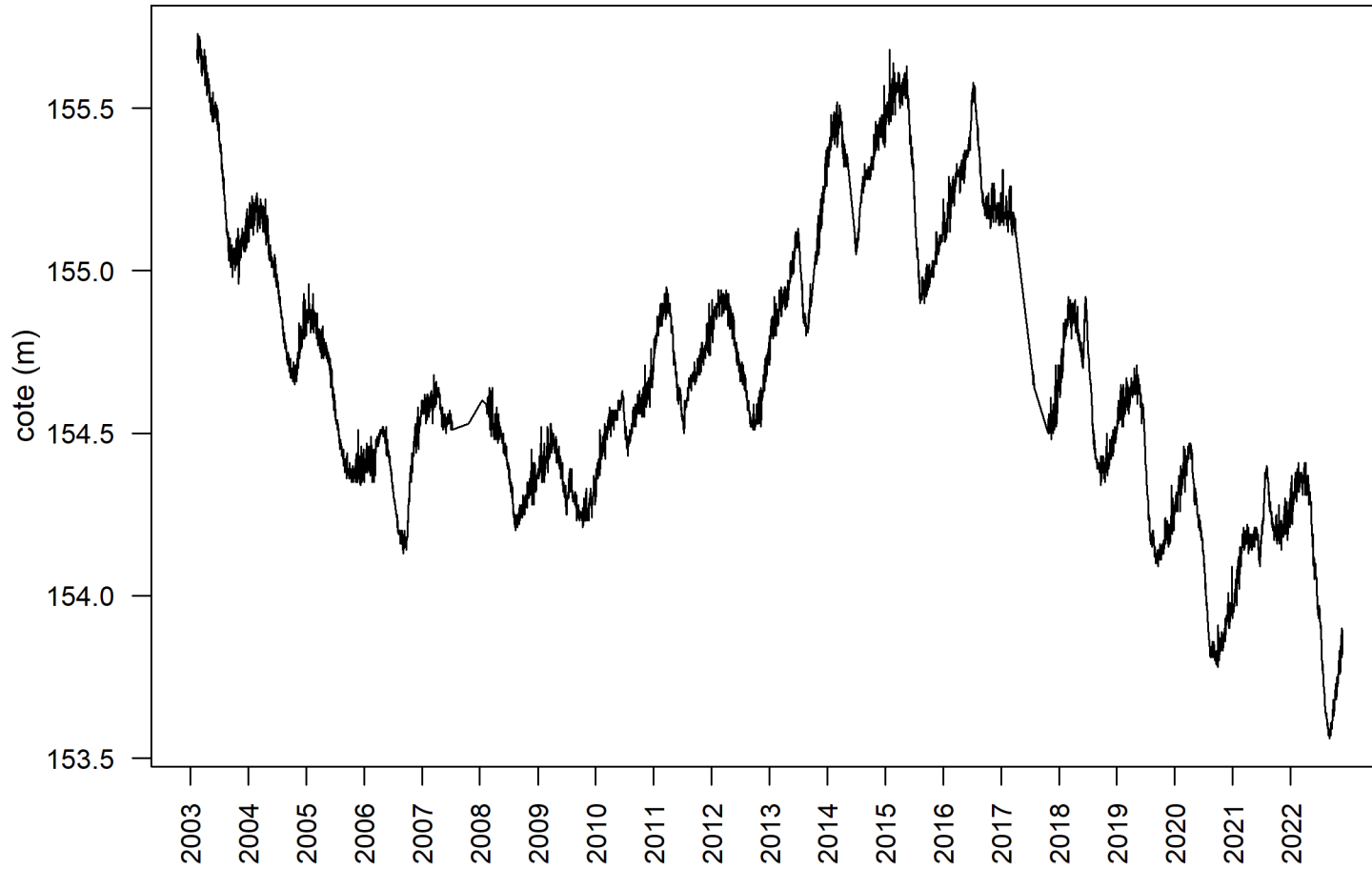
03427X0027 - Holtzwihr



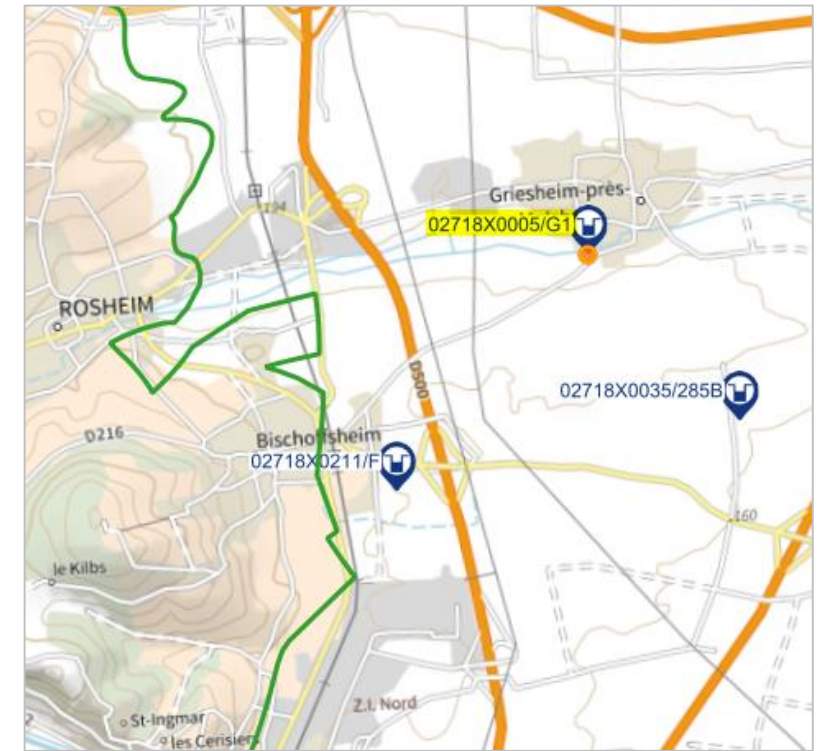
Périodogramme

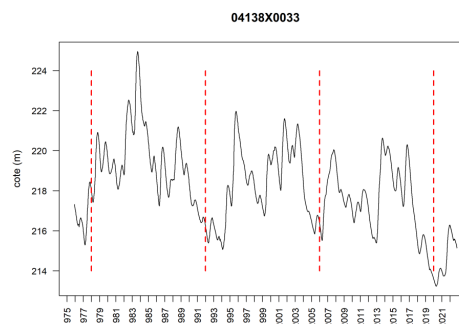
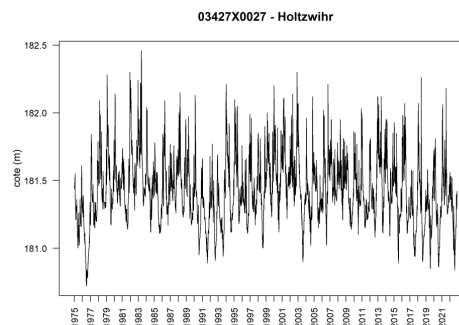
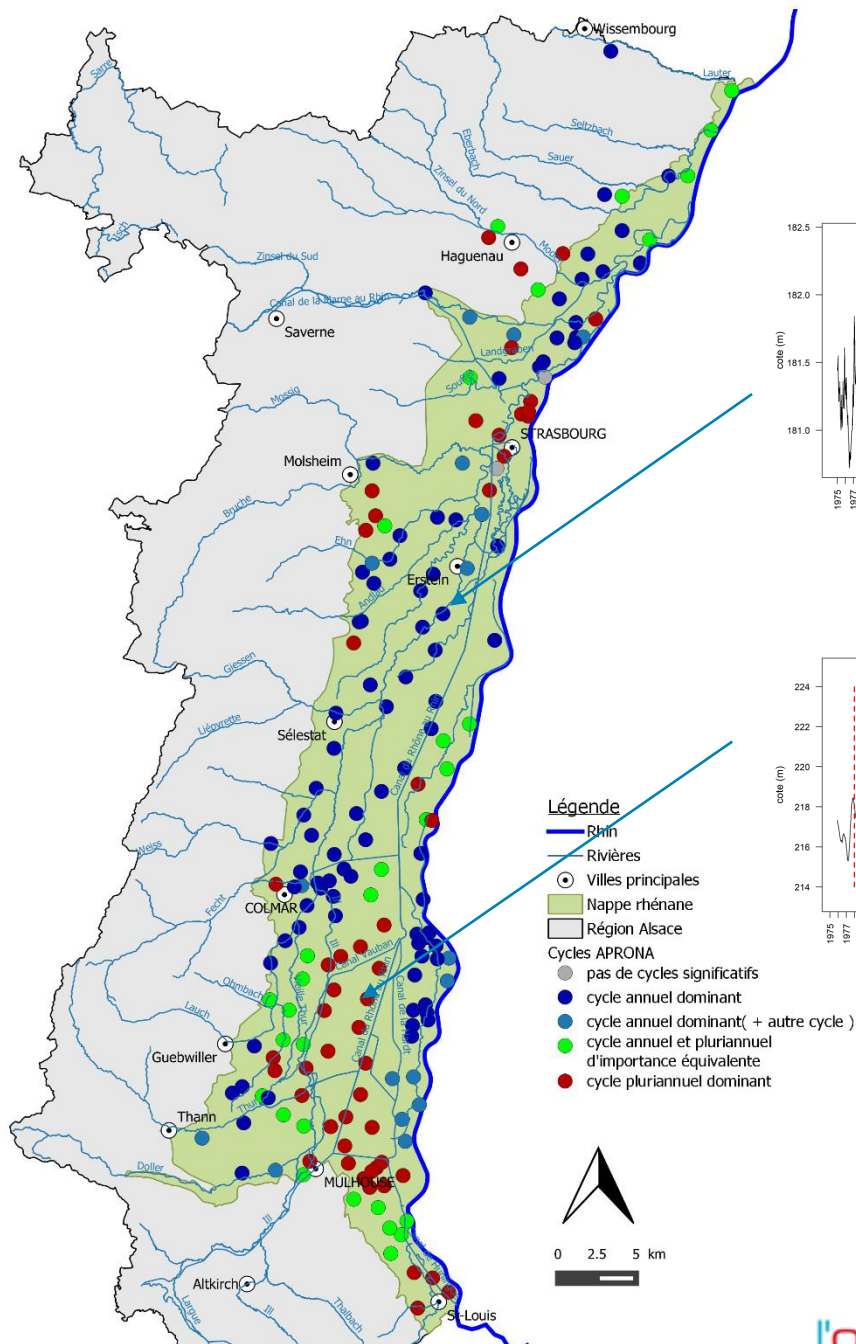


02718X0005 - Griesheim



Profondeur 14m
Zone de bordure

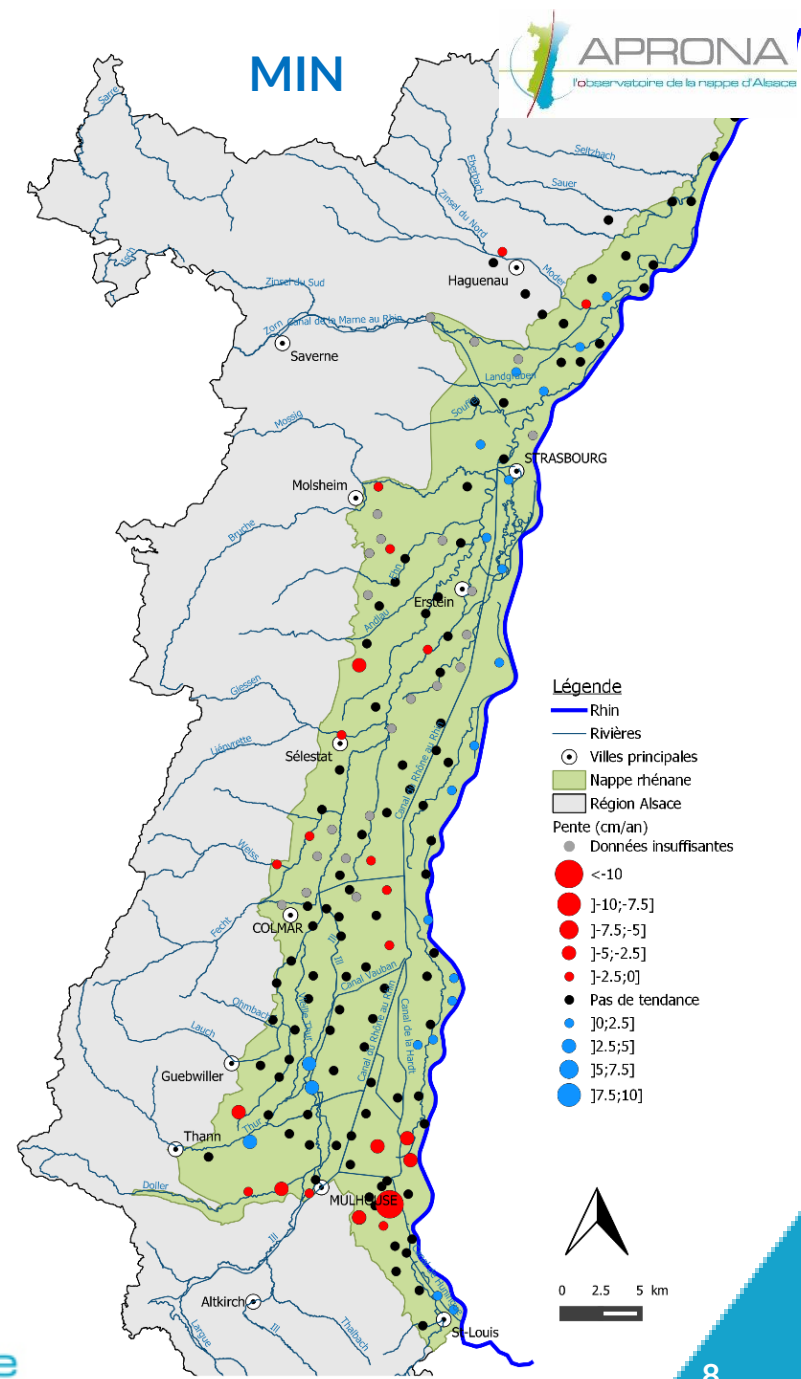
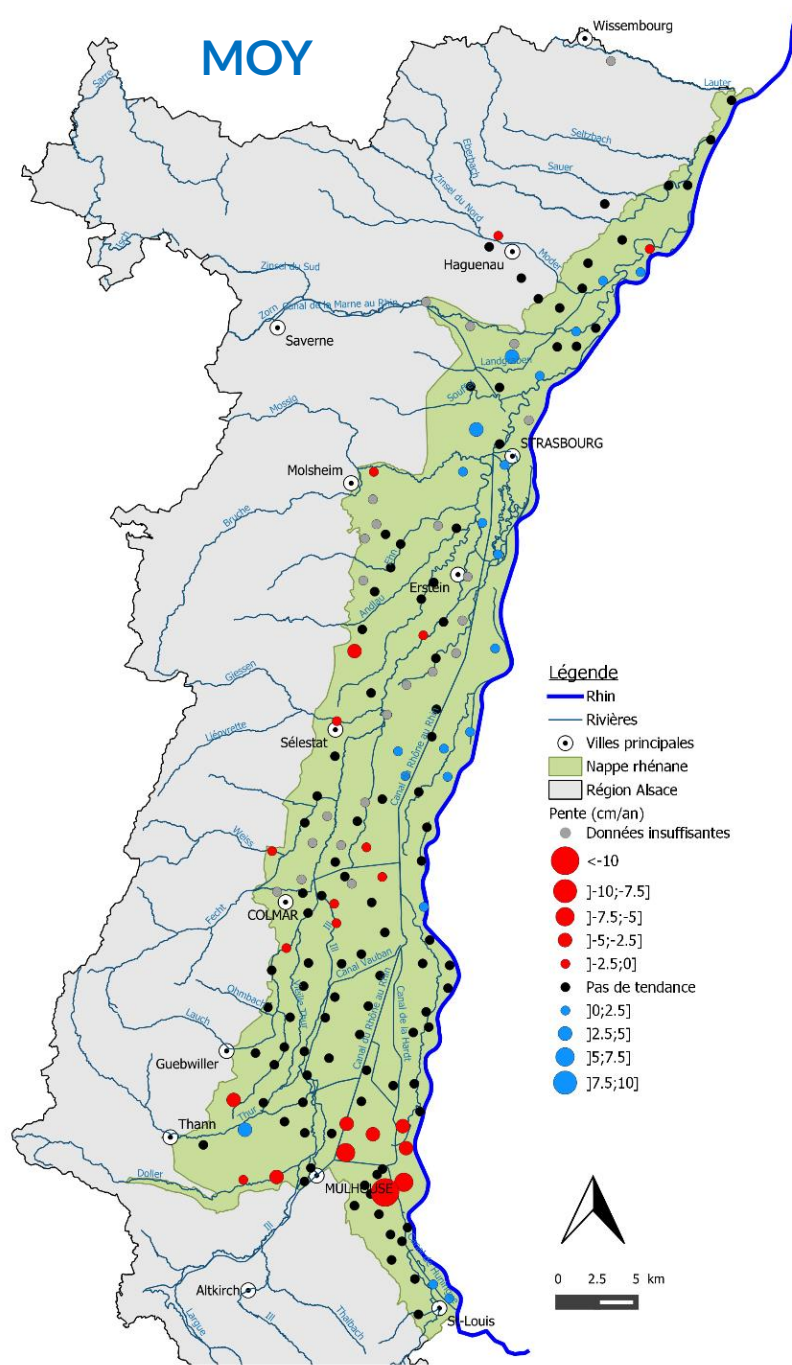
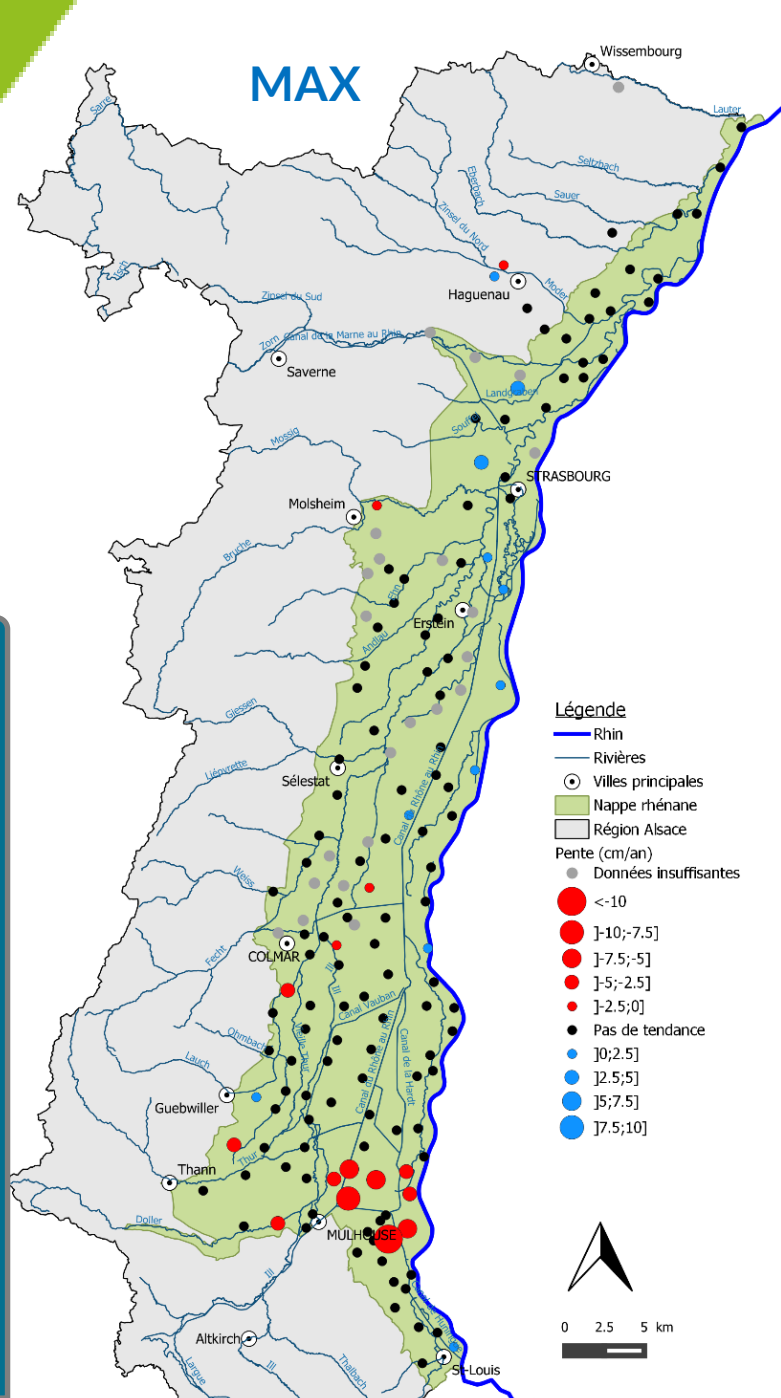


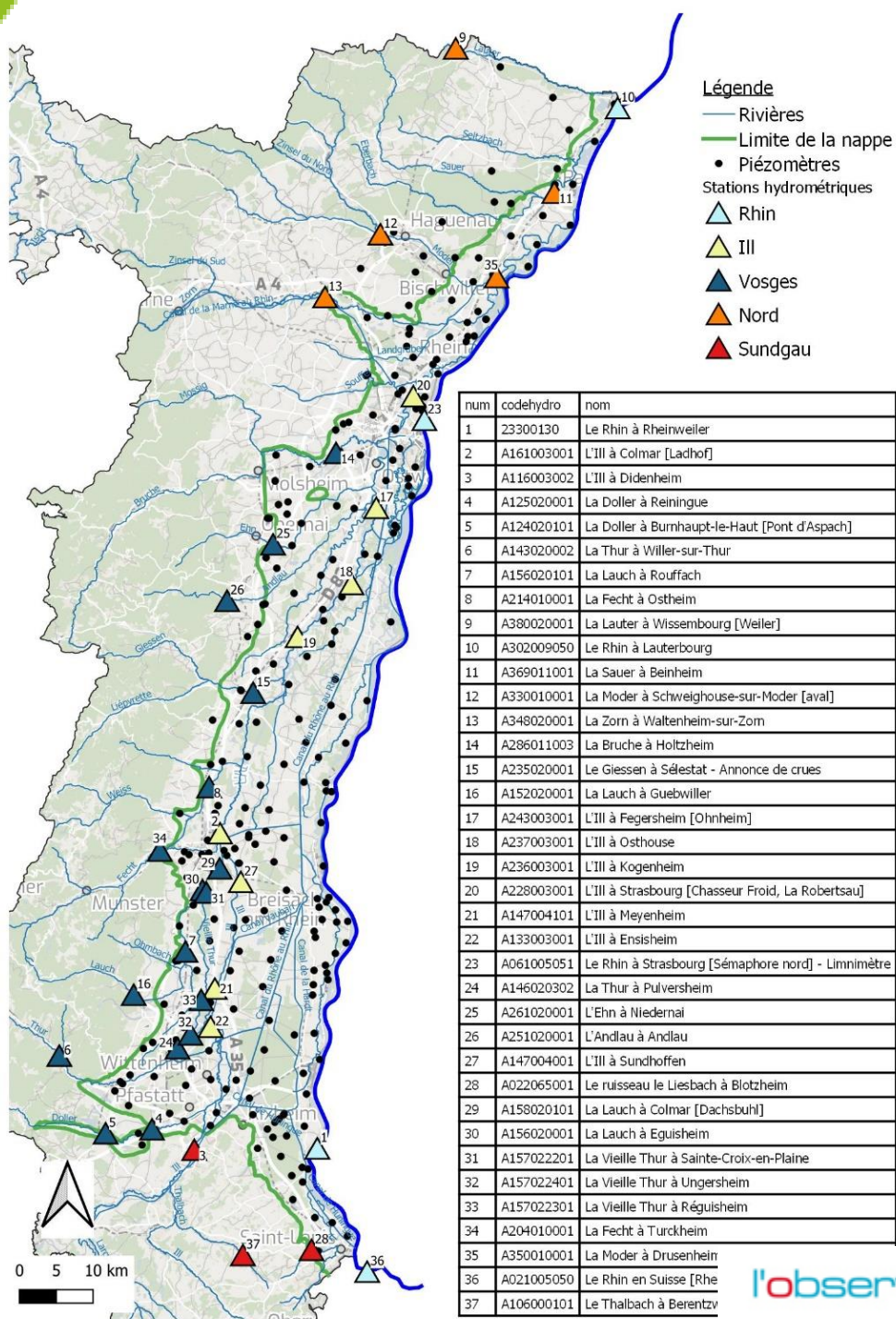


Cyclicité	R _{annuel}	R _{pluriannuel}
Cycle annuel dominant	>50%	<25%
Cycle annuel dominant (+ un autre)	>50%	>25%
Cycles annuel et pluriannuel(s) d'importance équivalente	] 25% ; 50%]	] 25% ; 50%]
Cycle pluriannuel dominant	< 25%	>25%
Cycle non significatif	0%	0%

Cycles annuels : plaine Colmar – Sélestat – Strasbourg et bande rhénane

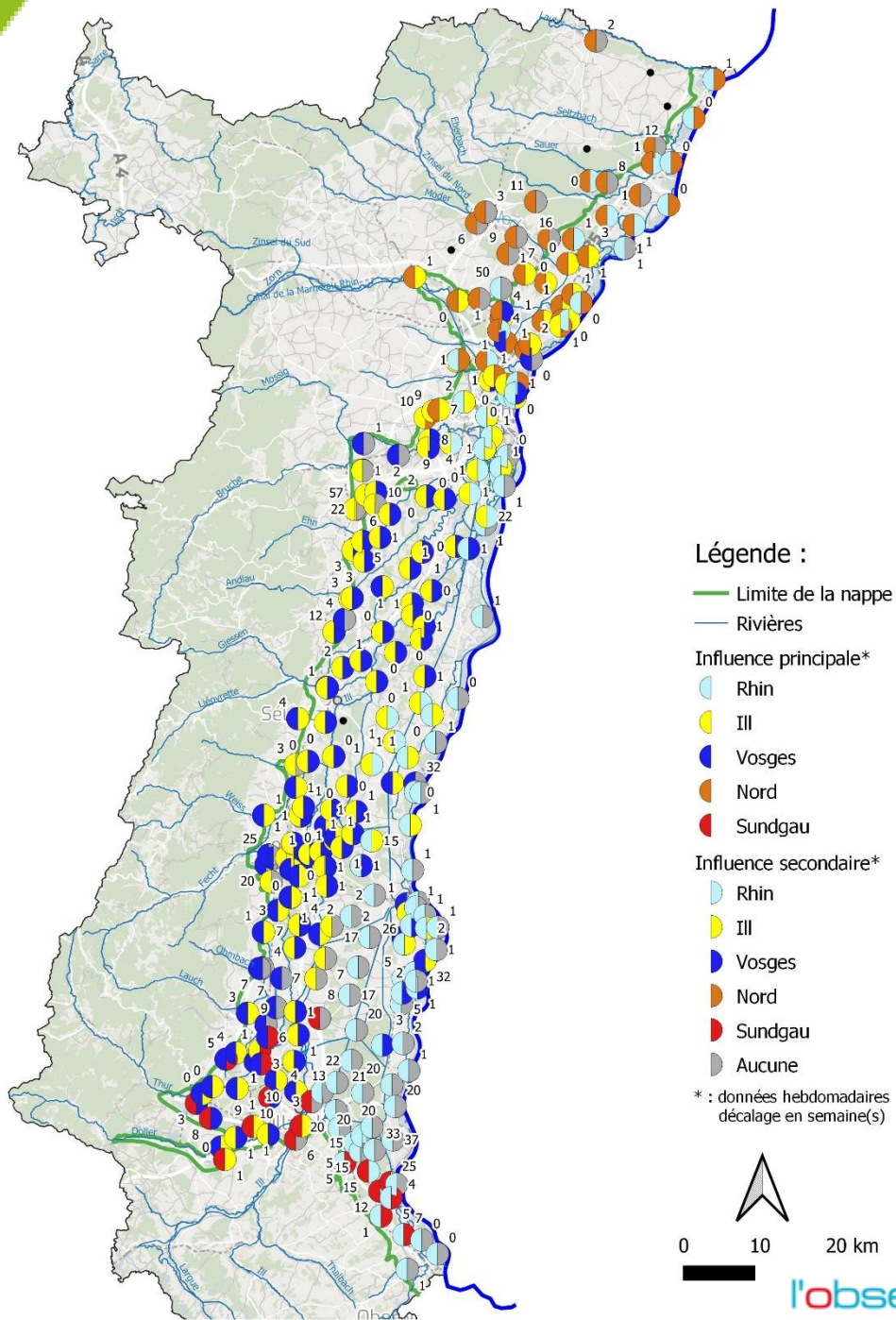
Cycles pluriannuels : qqes points en bordure Ouest et plaine haut-rhinoise





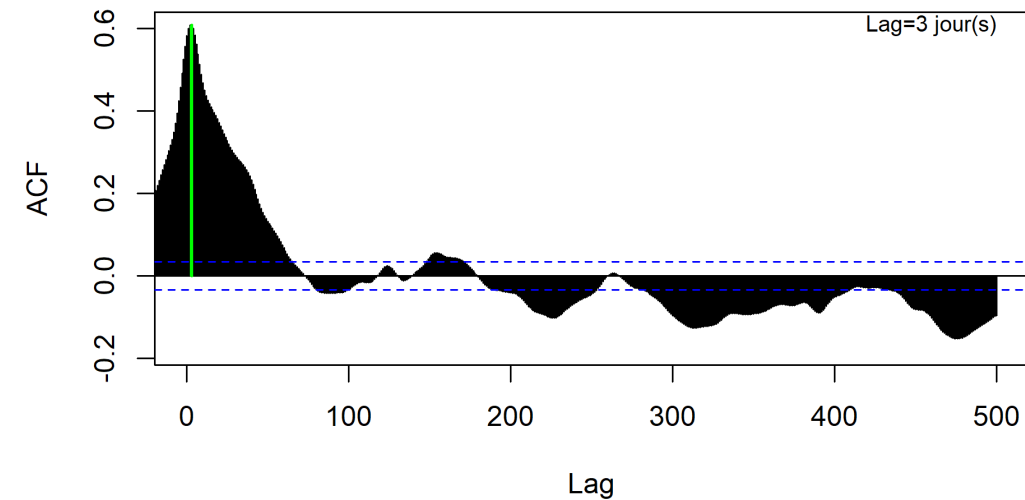
37 stations hydrométriques sont regroupées en 5 groupes :

- Le Rhin : 4 stations.
- L'III : 7 stations réparties régulièrement ;
- Vosges : 17 stations représentatives des principaux cours d'eau vosgiens.
- Nord : La Lauter, la Moder, la Sauer et la Zorn ;
- Sundgau : L'III à Didenheim, le Thalbach et le Liesbach.

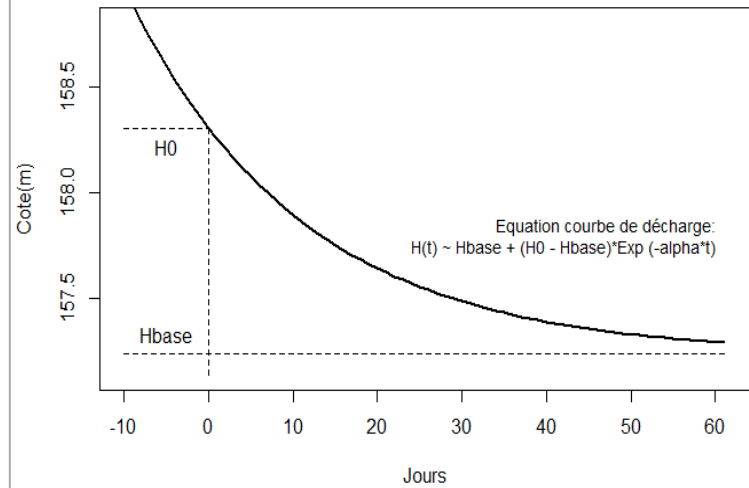


Des corrélogrammes croisés « débits - niveaux piézométriques » et « hauteurs - niveaux piézométriques » aux pas de temps journaliers – hebdomadaires - mensuels calculés pour chaque ouvrage avec les stations hydrométriques situées dans un rayon de 20km autour du point de mesures.

01996X0008 / A061005051 (Jour)



Loi exponentielle de décharge

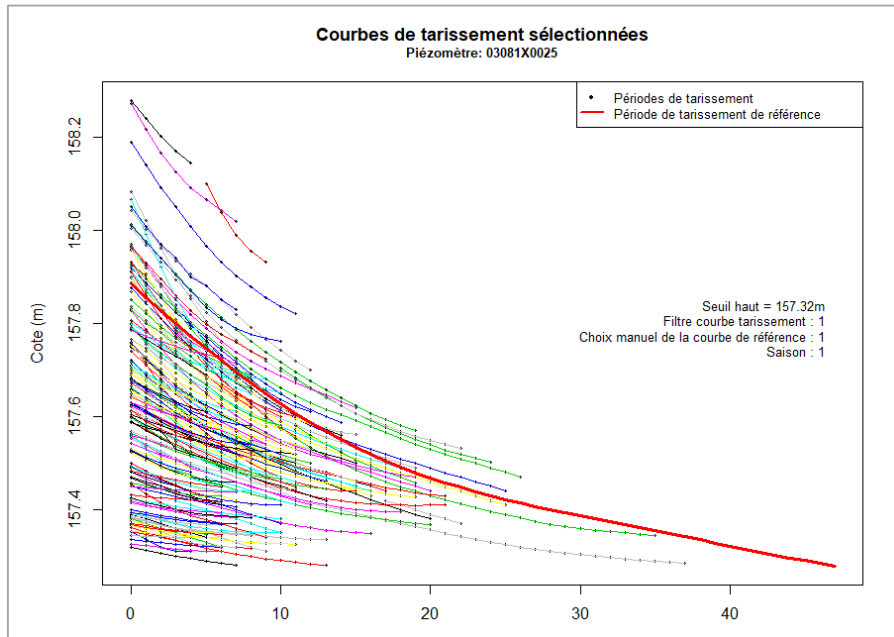


Caler la loi de décharge (=baisse de la nappe en l'absence de recharge) à partir de la chronique piézométrique -> baisse naturelle de la nappe

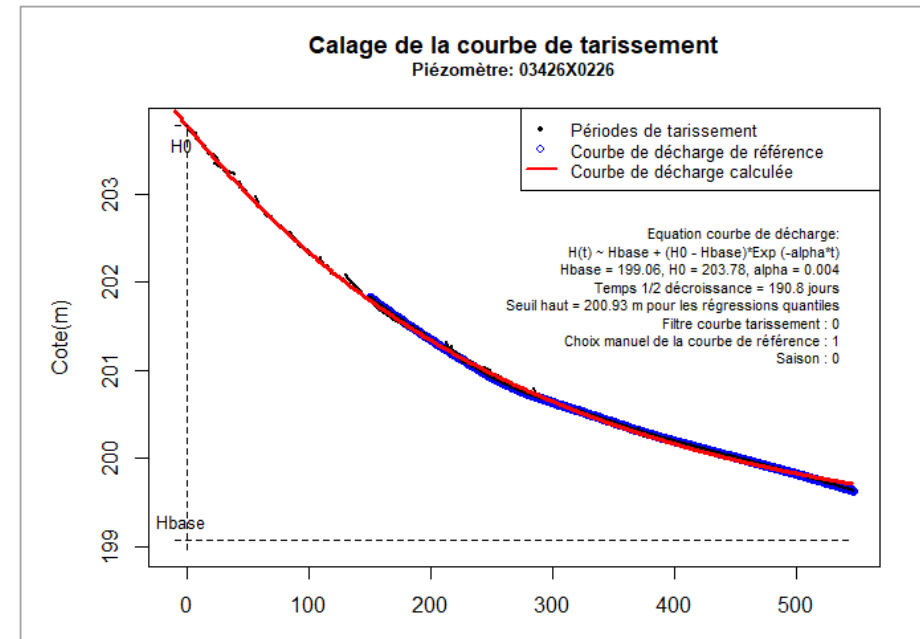
Loi exponentielle de décharge:

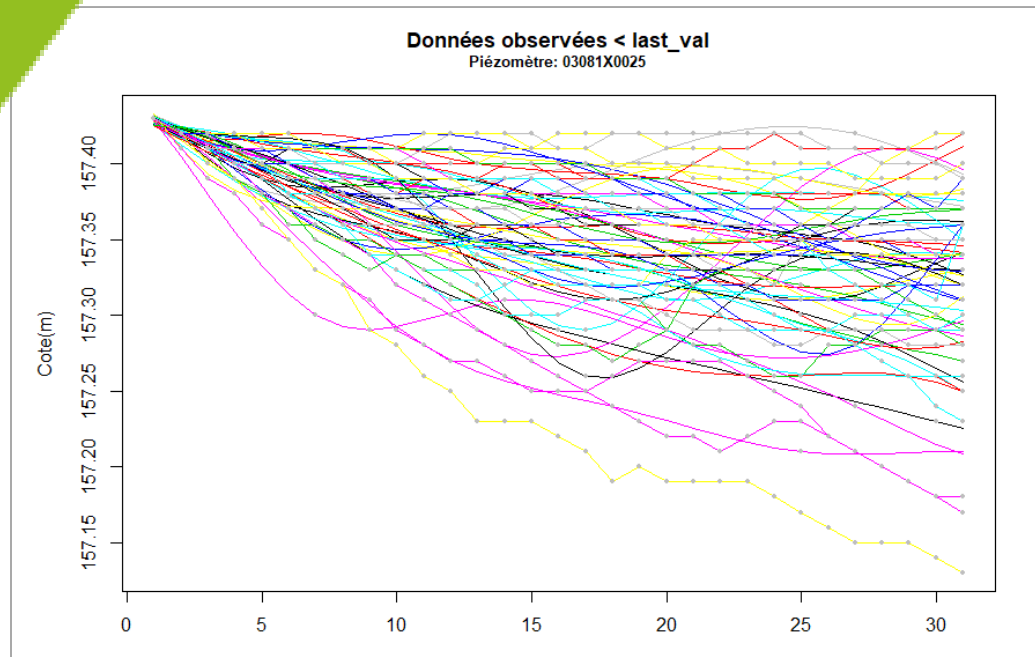
$$H(t) = H_{base} + (H_0 - H_{base}) e^{-\alpha t} \quad T = \frac{\ln(2)}{\alpha}$$

A partir des chroniques historiques

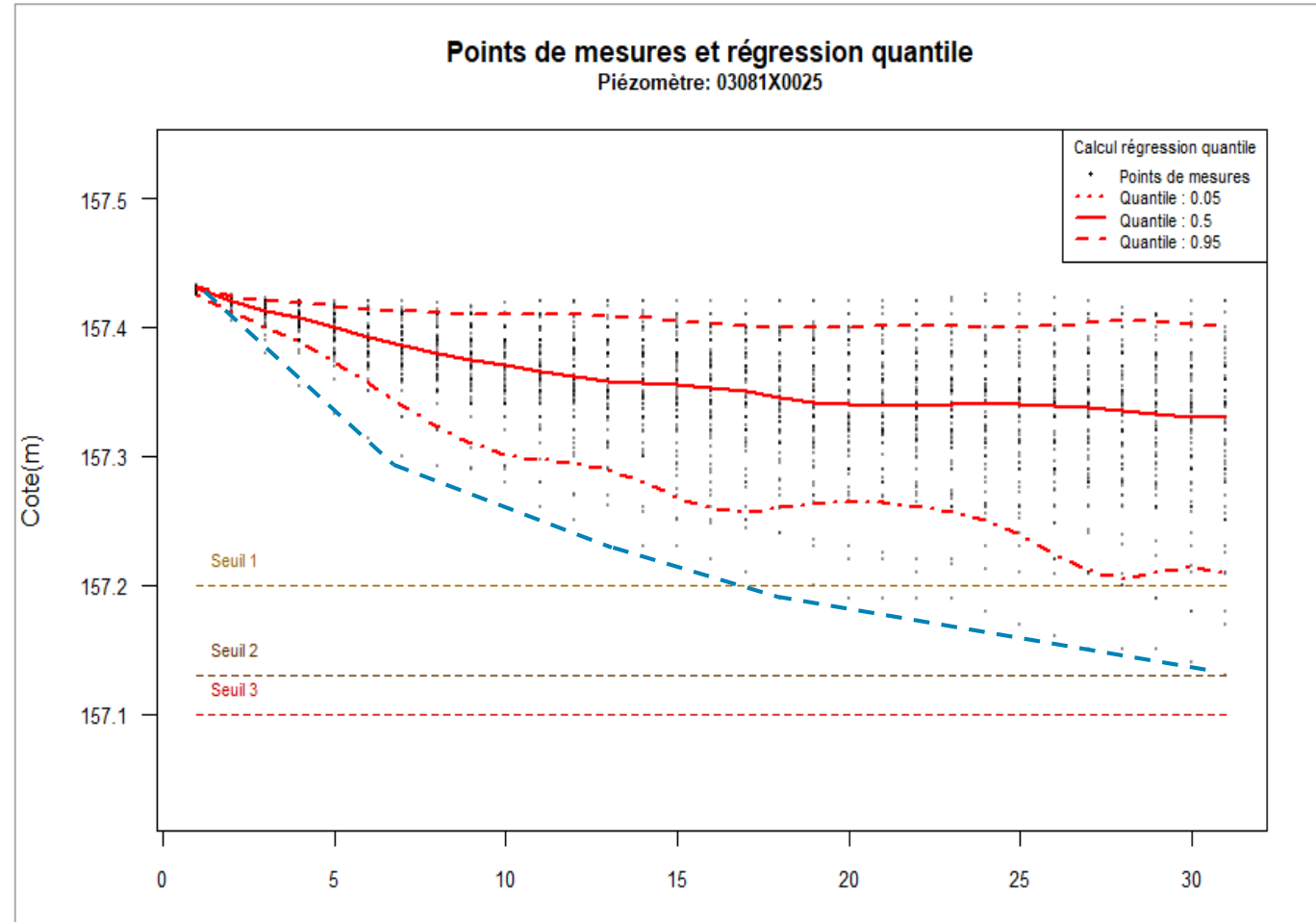


Calage des paramètres de l'équation





Calcul des quantiles, enveloppe minimale

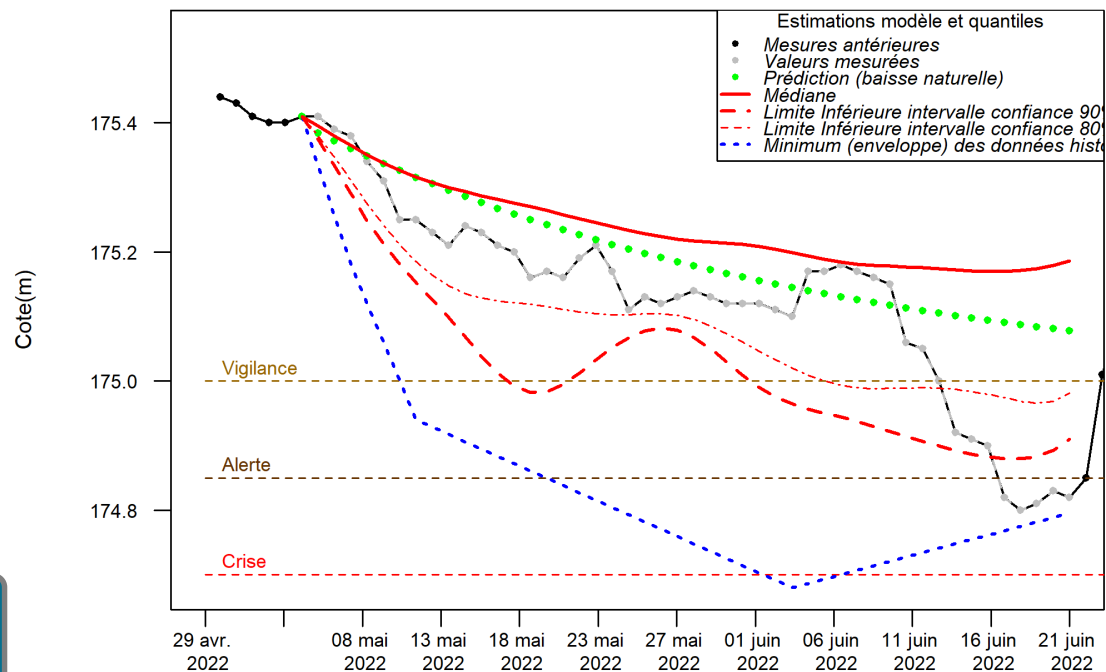


Sélection des épisodes antérieurs caractérisés par :

- Une cote de départ égale à la cote de début de la prévision,
- Une durée égale à la durée de la prévision
- Toutes les mesures $\leq$ cote de début : épisode globalement décroissant

Prévisions ETIAGE à partir des données historiques (Régression quantile)

Piézomètre : 03423X0056 - Période du 06/05/2022 au 21/06/2022



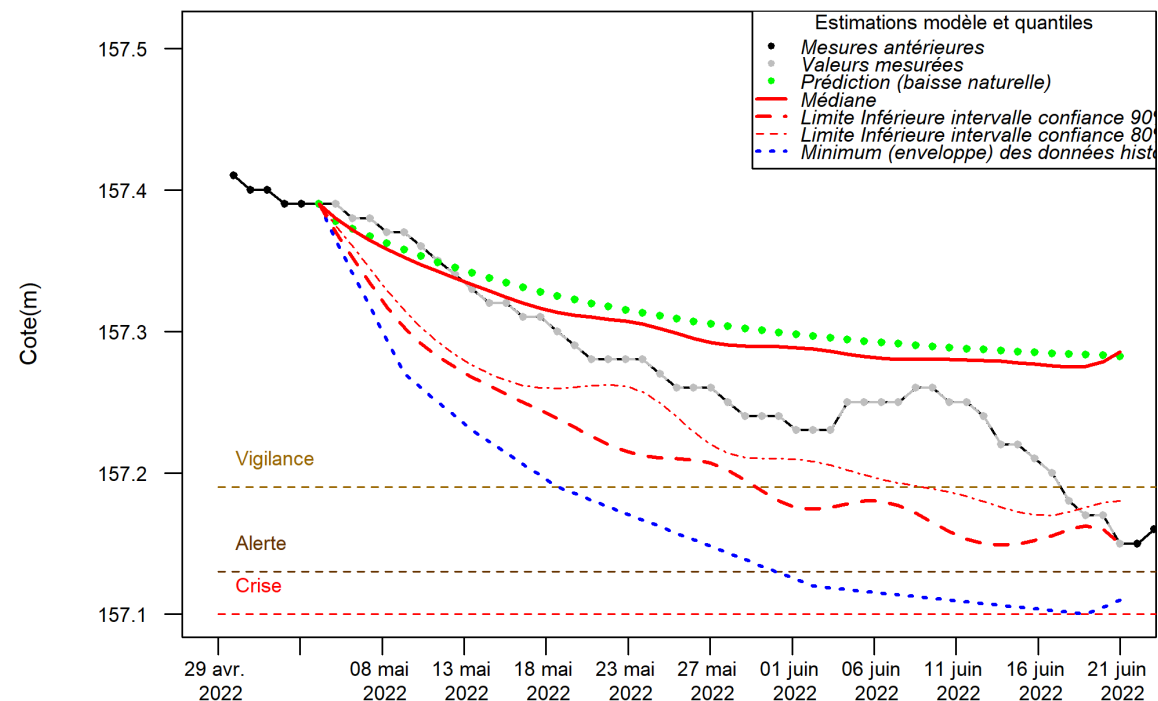
Guemar

Période du 06/05/22 au 21/06/22

Rossfeld

Prévisions ETIAGE à partir des données historiques (Régression quantile)

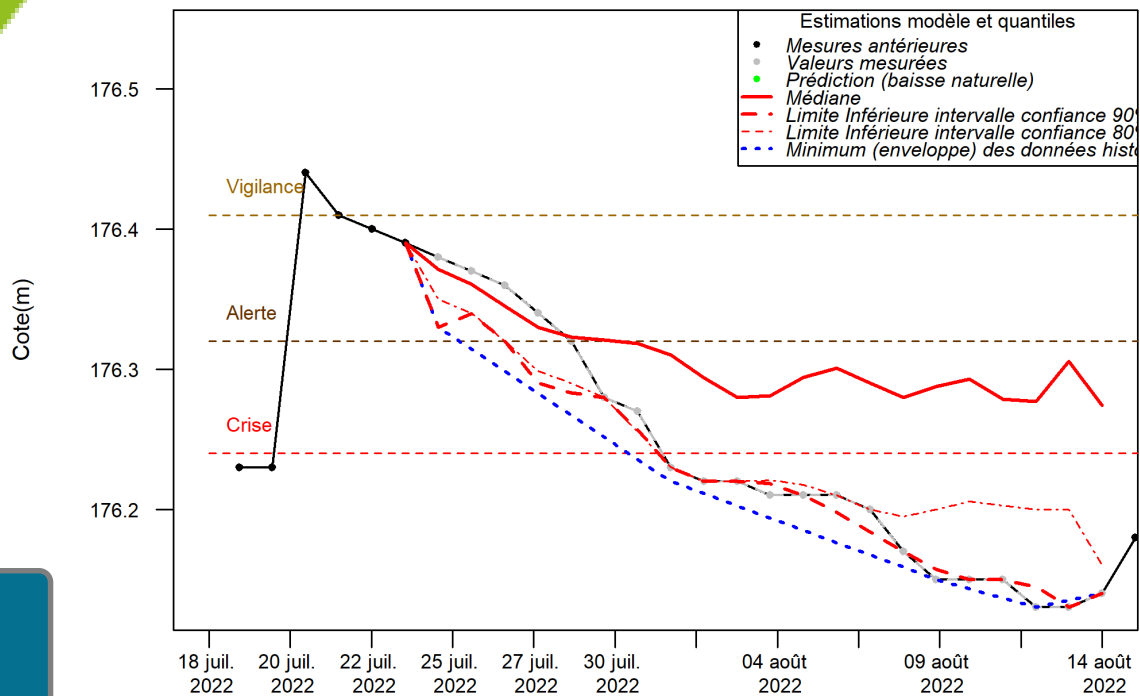
Piézomètre : 03081X0025 - Période du 06/05/2022 au 21/06/2022



Prévisions ETIAGE à partir des données historiques (Régression quantile)

Piézomètre : 03423X0064 - Période du 25/07/2022 au 14/08/2022

Période du 25/07/22 au 14/08/22

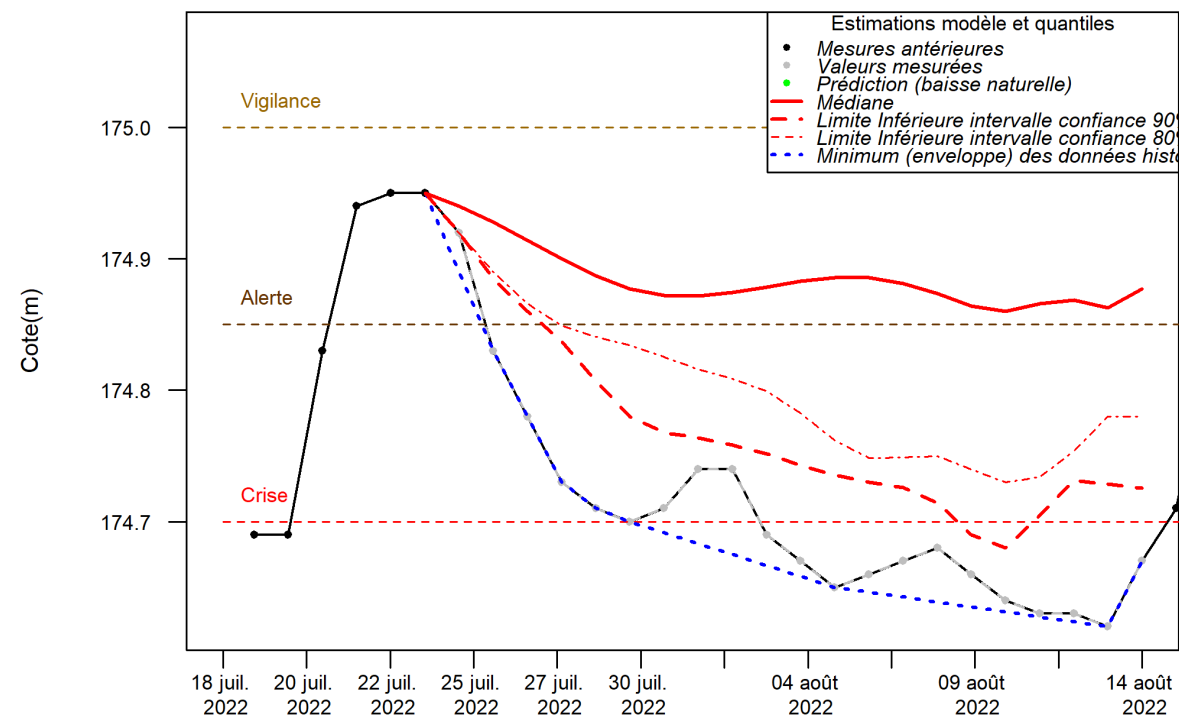


Guemar

Rossfeld

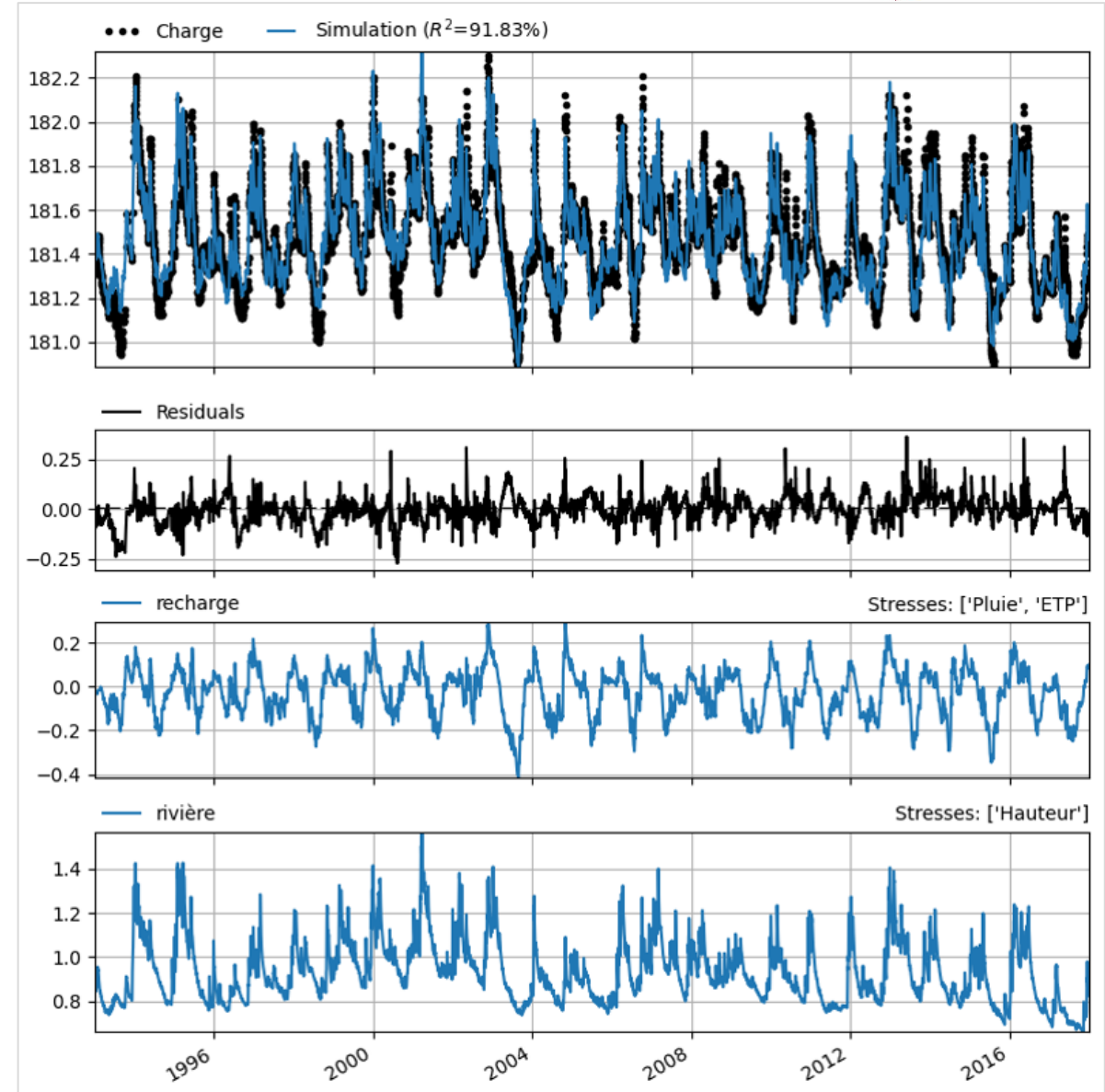
Prévisions ETIAGE à partir des données historiques (Régression quantile)

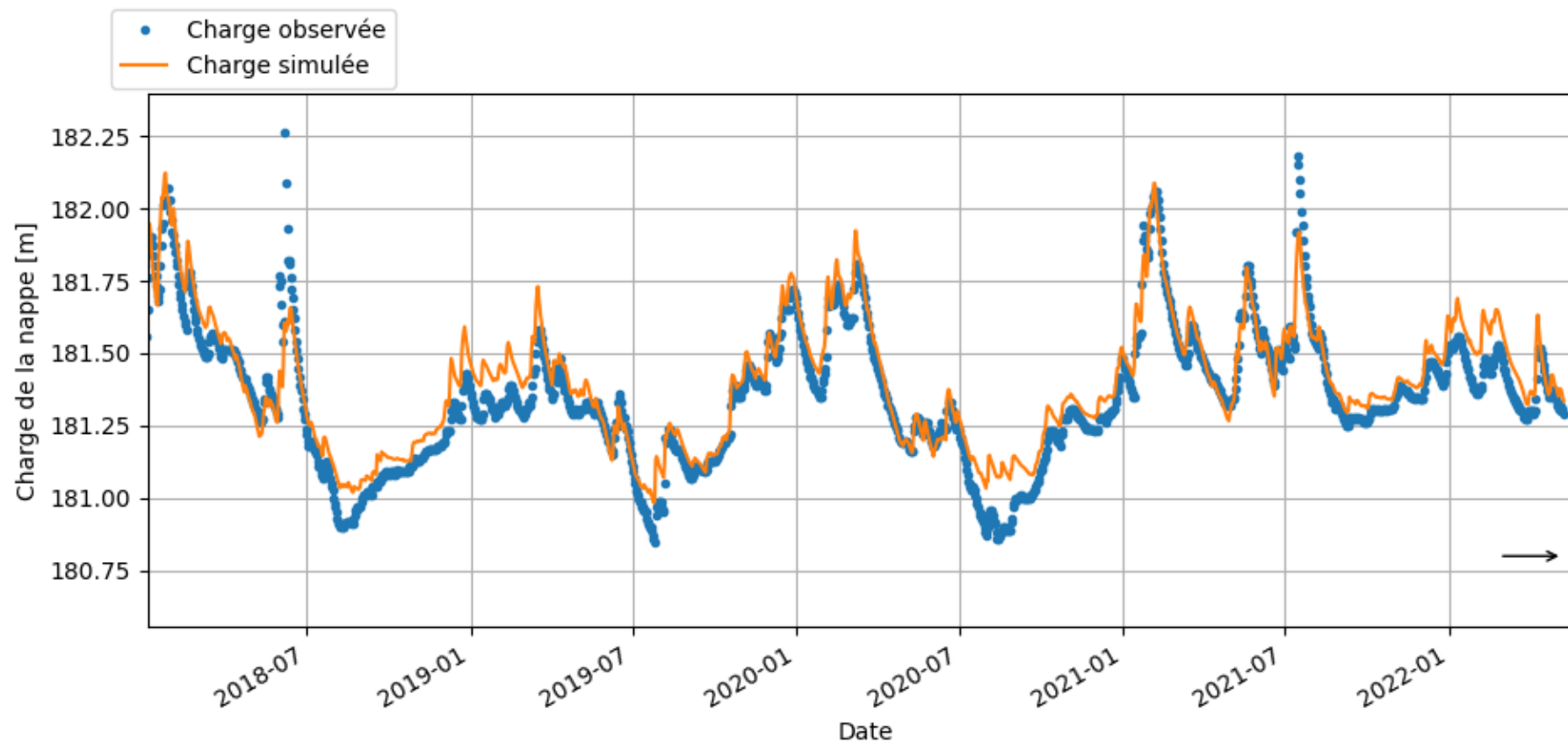
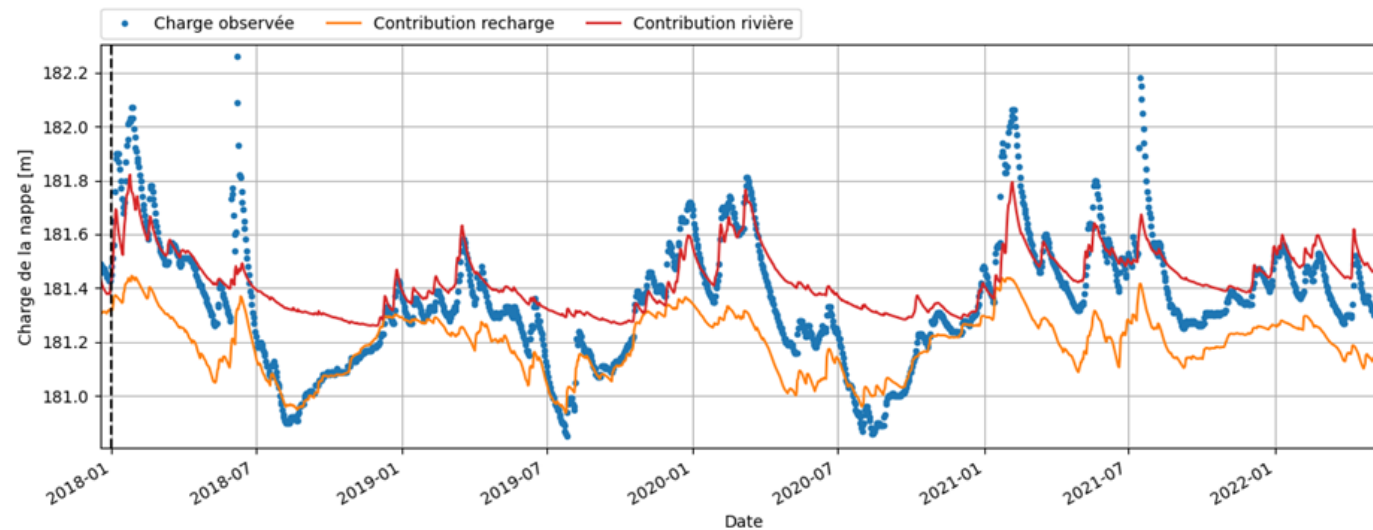
Piézomètre : 03423X0056 - Période du 25/07/2022 au 14/08/2022



Pastas est un programme (package) Python open source pour analyser des séries chronologiques hydro(géo)logiques (Collenteur et al. (2019)).

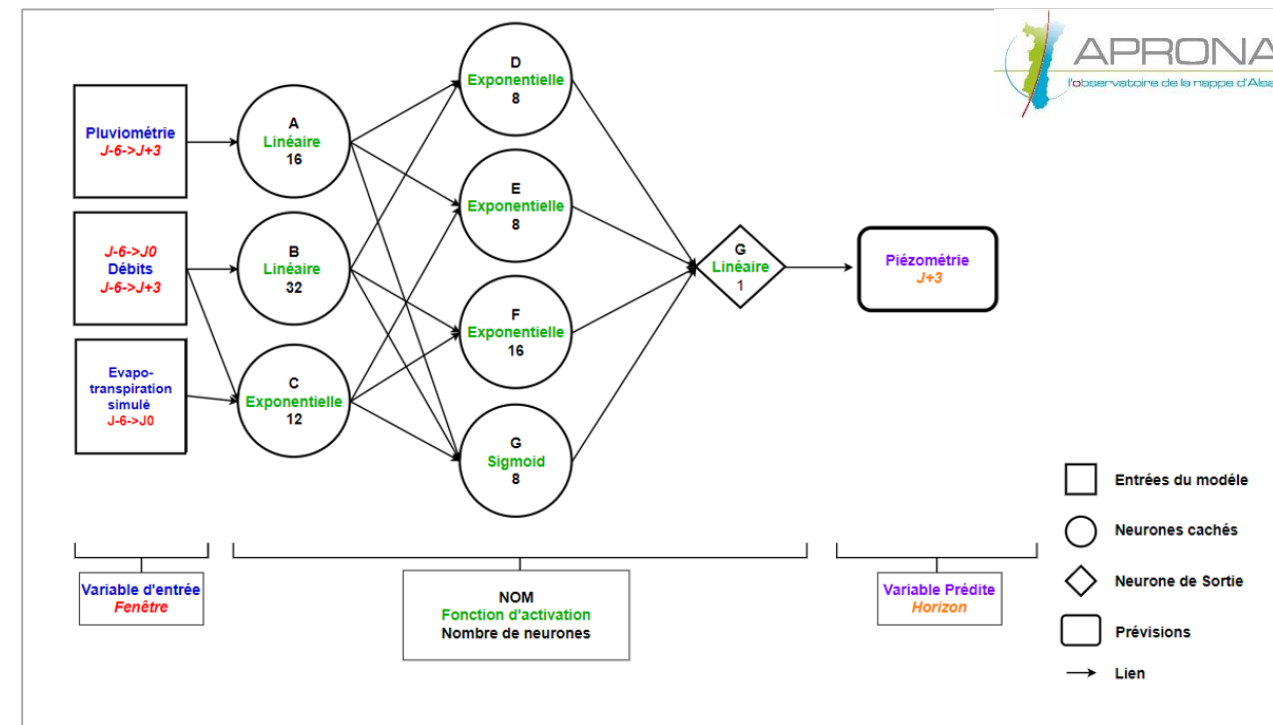
Le modèle Pastas propose une méthode basée sur le traitement des séries temporelles permettant d'ajuster des « fonctions de transfert » ou « fonction réponse » propre à chaque stress impliqué dans l'évolution du niveau de la nappe : recharge, rivière, pompage.





+ simple à mettre en œuvre qu'un modèle de type « réservoirs » ou « maillé »

-> Uniquement basé sur des données brutes (pluie, débits des cours d'eau).



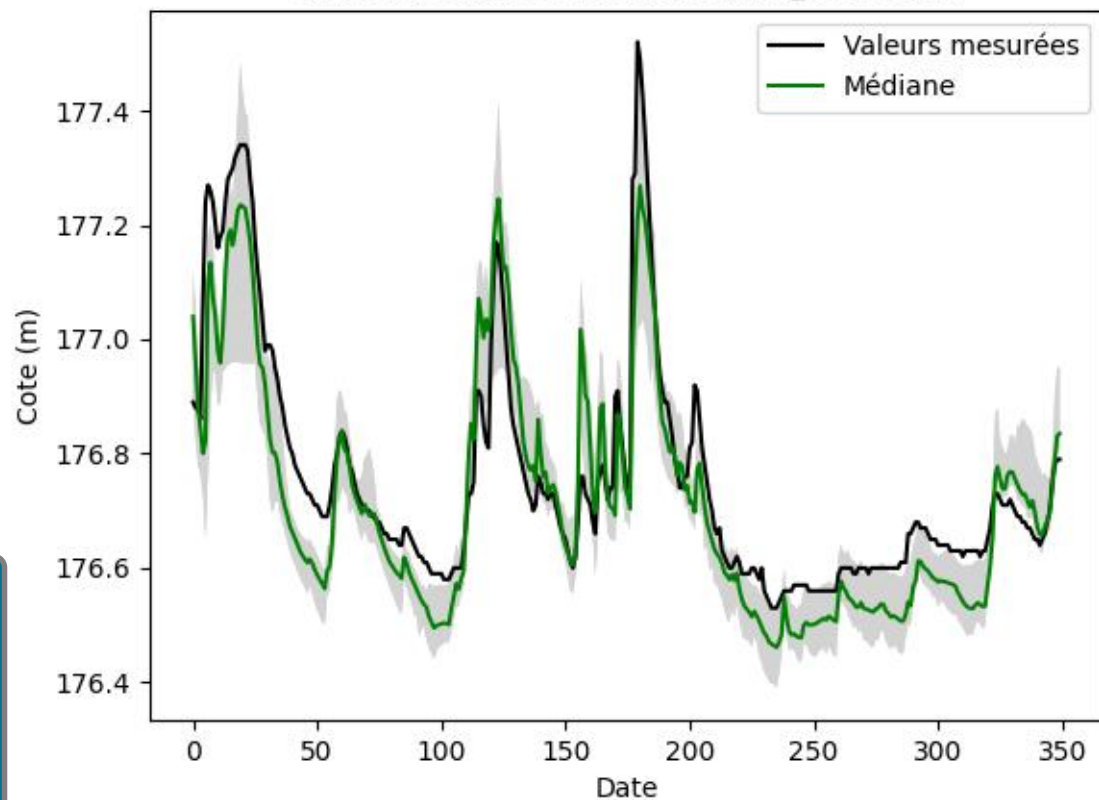
Prédiction des niveaux à partir :

- Des débits de l'III (J-6 à J+3)
- De la pluviométrie à Colmar (J-12 à J+3)

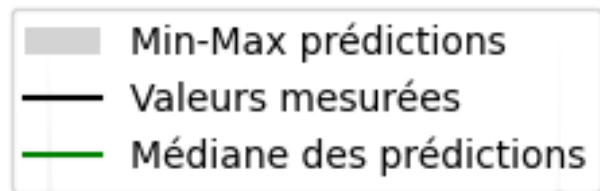
2 points de mesures : Holtzwihr et Illhaeusern

Point: 03423X0064

TE:[2021] SE:[2006] Models:30 (data_2001-2022)



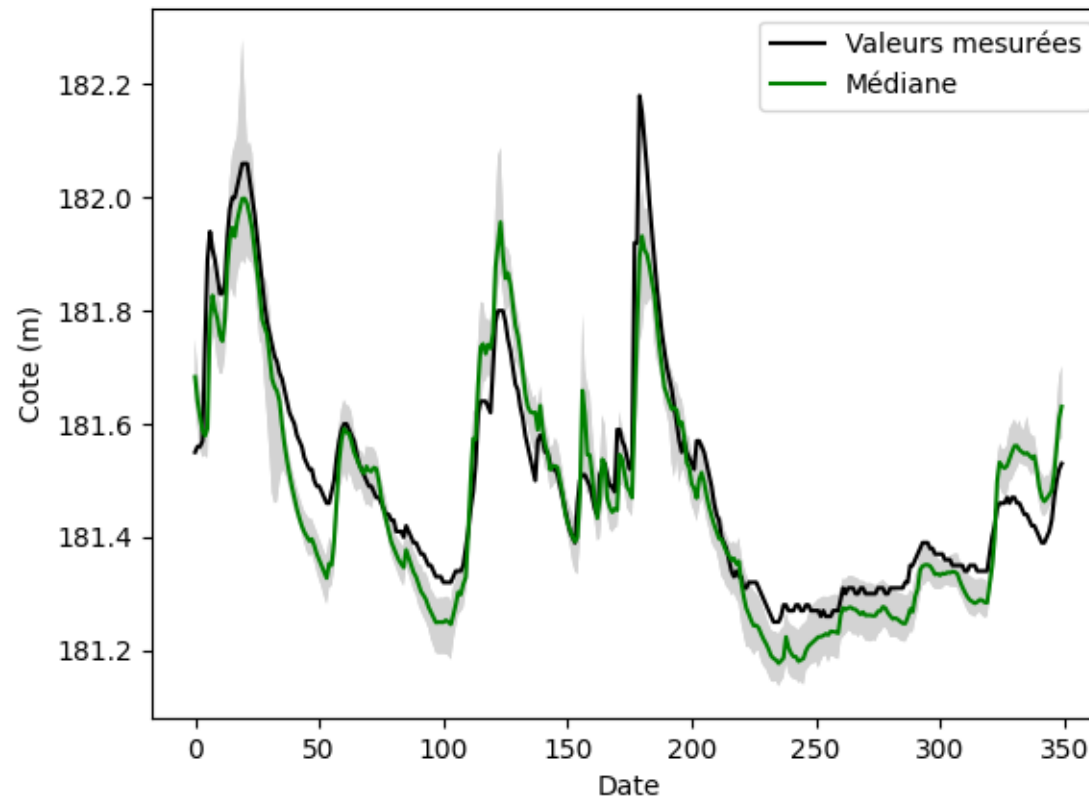
Illhaeusern



Année 2021

Point: 03427X0027

TE:[2021] SE:[2006] Models:30 (data_2001-2022)

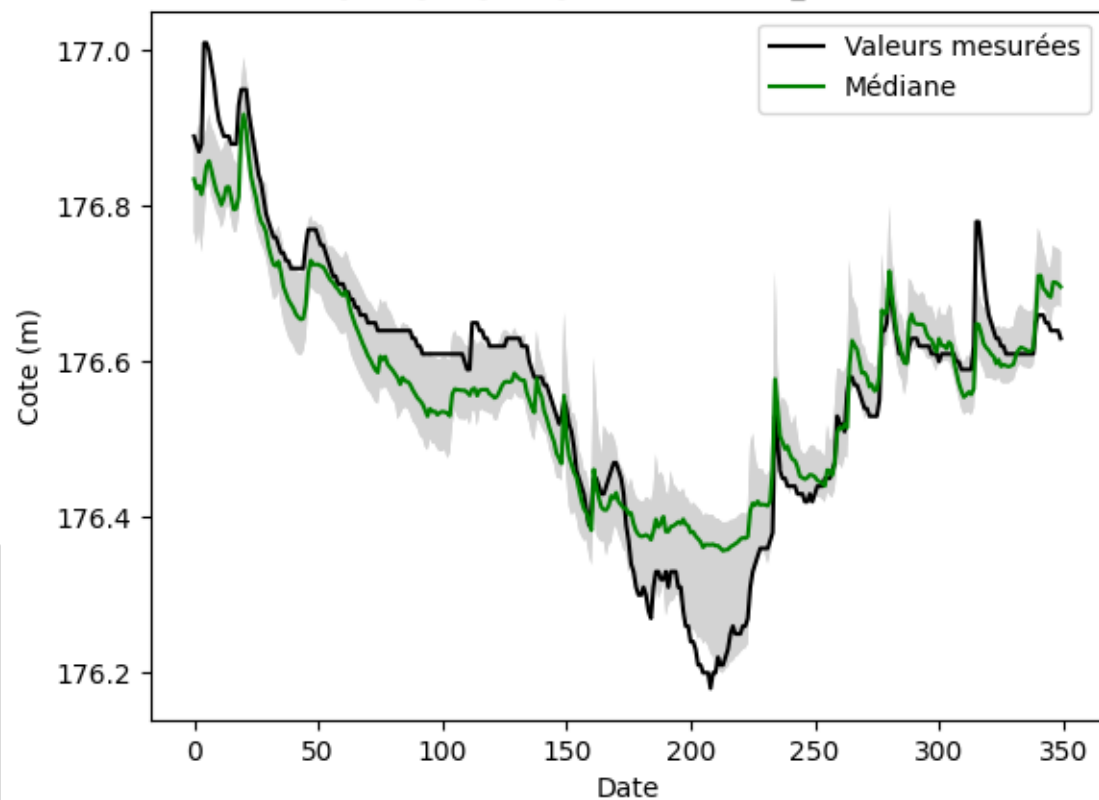


Holtzwihr

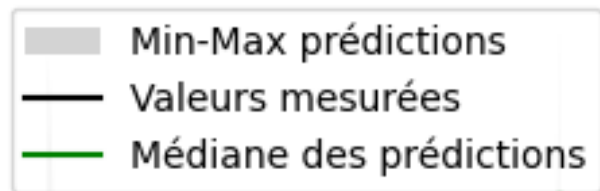
Année 2003

Point: 03423X0064

TE:[2003] SE:[2006] Models:30 (data_1990-2022)

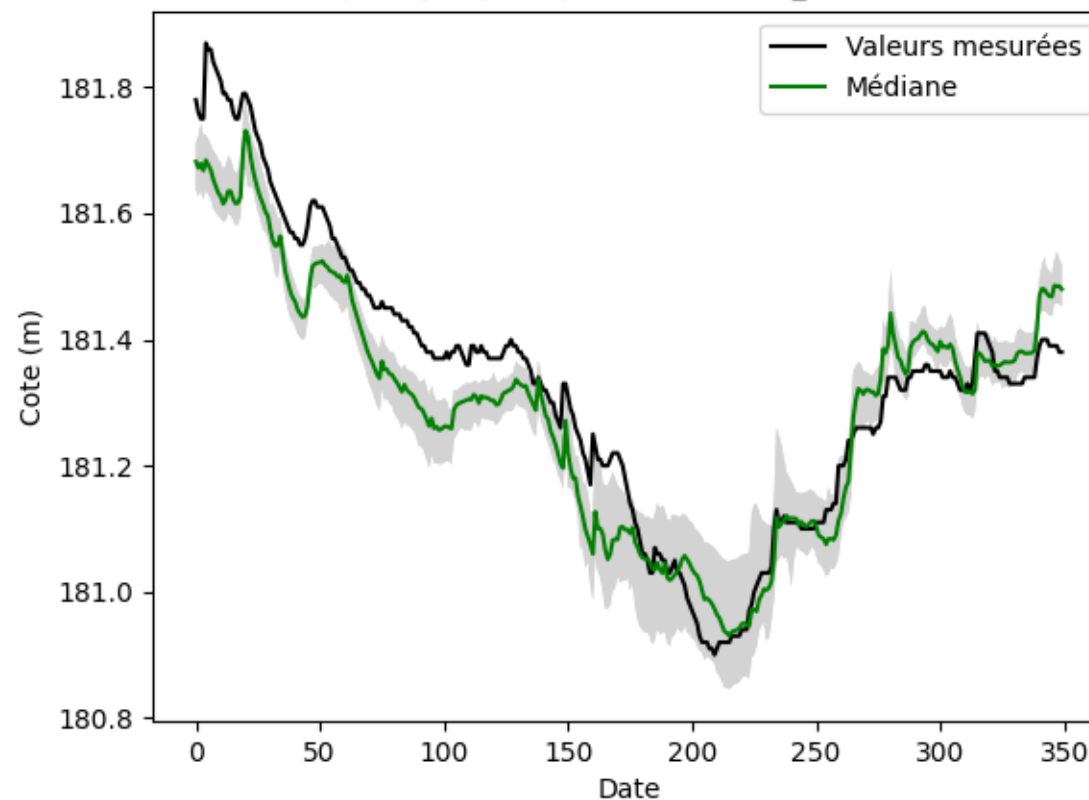


Illhaeusern



Point: 03427X0027

TE:[2003] SE:[2006] Models:30 (data_2001-2022)

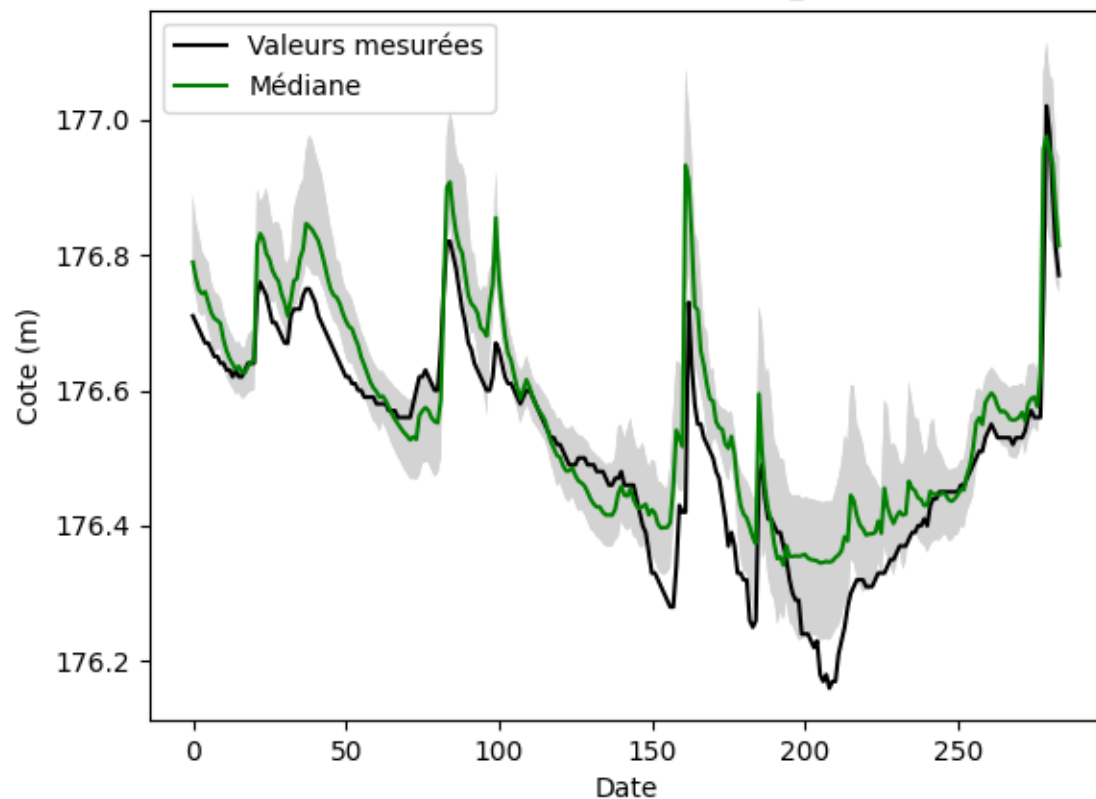


Holtzwihr

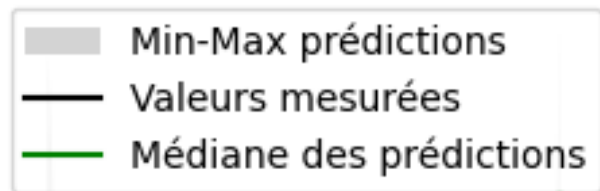
Année 2022

Point: 03423X0064

TE:[2022] SE:[2006] Models:30 (data_2001-2022)

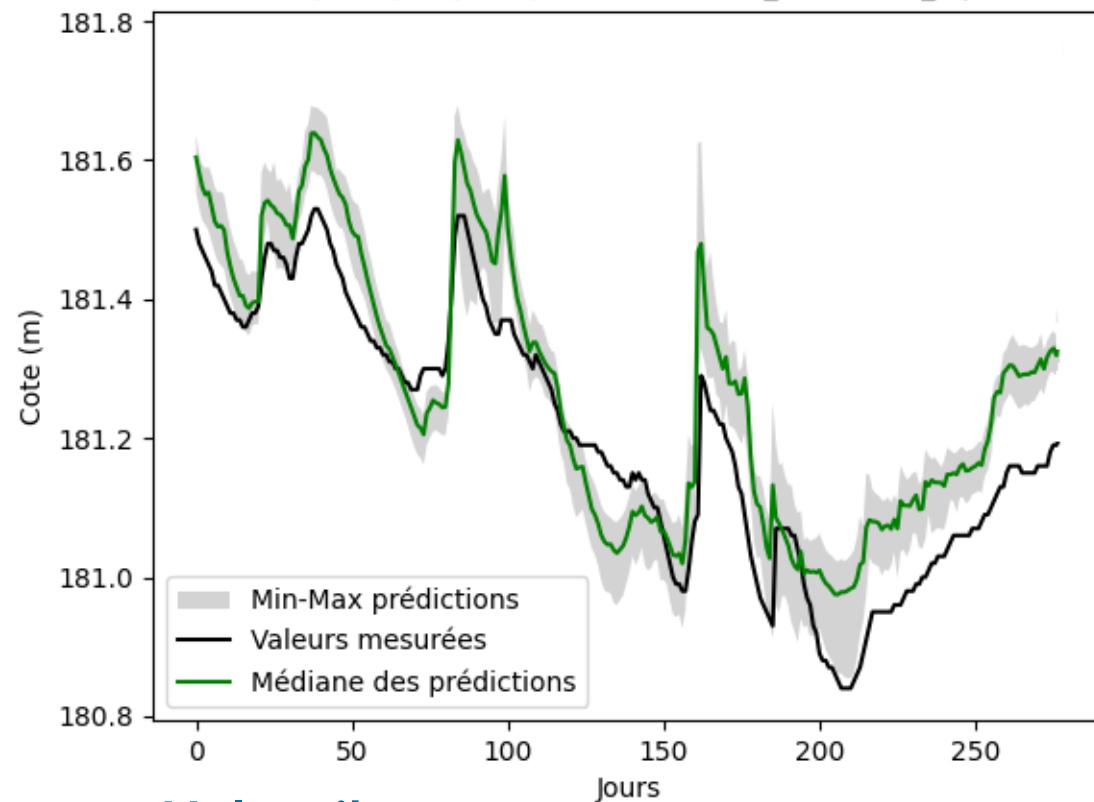


Illhaeusern



Point: 03427X0027

TE:[2022] SE:[2020] Models:40 (data_2000-2022_etp)



Holtzwihr

Été 2022

- Remarquable dans le secteur du grand Ried, en particulier pour les valeurs minimales (4 des 8 dernières années aux 5 premières places),
- Des niveaux « hauts » dans la bande rhénane centrale.

Tendances

- A la baisse dans le secteur de la forêt de la Hardt (Min, moyenne et Max) et quelques points en zone de bordures Ouest
- A la hausse, particulièrement pour les basses eaux, dans la bande rhénane (origine anthropique)

Comportement / cycles

- Annuels : plaine Colmar – Sélestat – Strasbourg et bande rhénane,
- Pluriannuels : quelques points en zone de bordure Ouest et sur la plaine haut-rhinoise.

Des outils de prévisions

- Traitement statistiques des chroniques antérieures (pas de données complémentaires) : prévisions des étiages à courts termes ;
- Modèle PASTAS (Hauteur – Pluie – ETP) : résultats satisfaisants -> ajouter un stress pour les prélèvements afin d'améliorer la simulation des très basses eaux ;
- Réseau de neurones (Débit – Pluie) : résultats satisfaisants -> à poursuivre avec les températures et / ou l'ETP et une variable représentant les prélèvements

Merci de votre attention

