

Utilisation du machine-learning pour le suivi du comportement des barrages

Noémie Roussel (1, 2)

Nicolas Ulrich, Frédéric Andrian (1)

Guillaume Veylon, Claudio Carvajal (2)



(1) Artelia
(2) INRAE

Sommaire

1. Contexte
2. Méthodologie
3. Application à un cas d'étude

1. Contexte

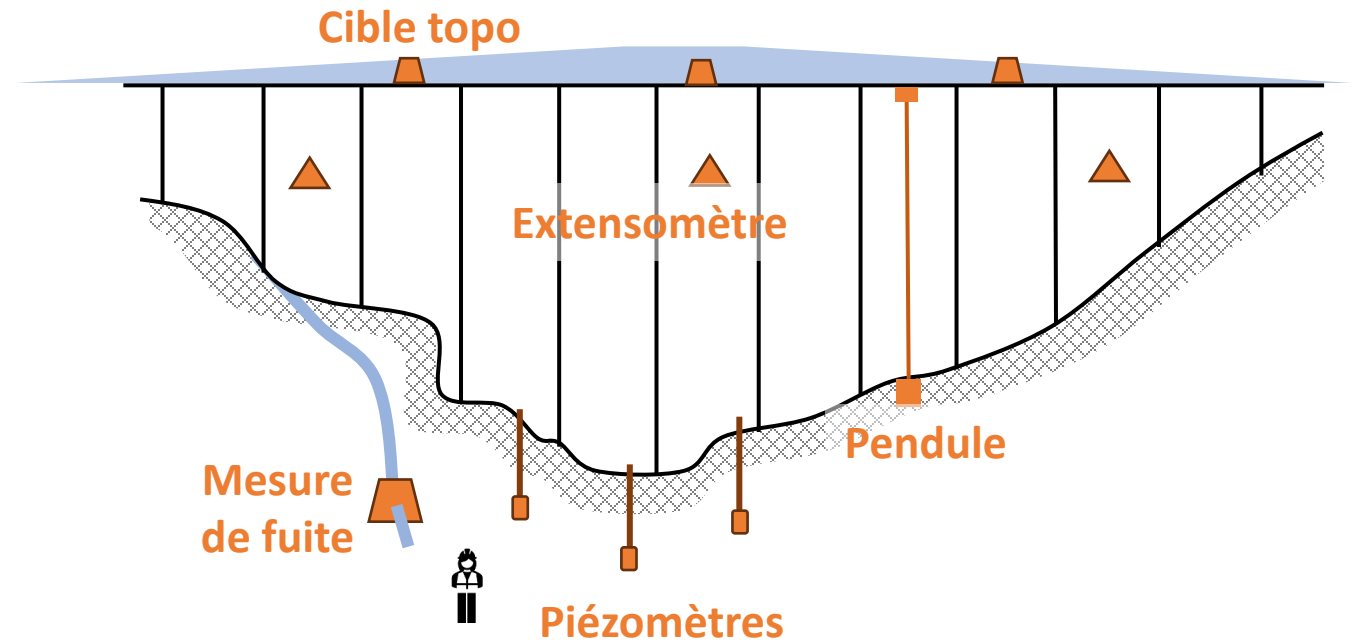
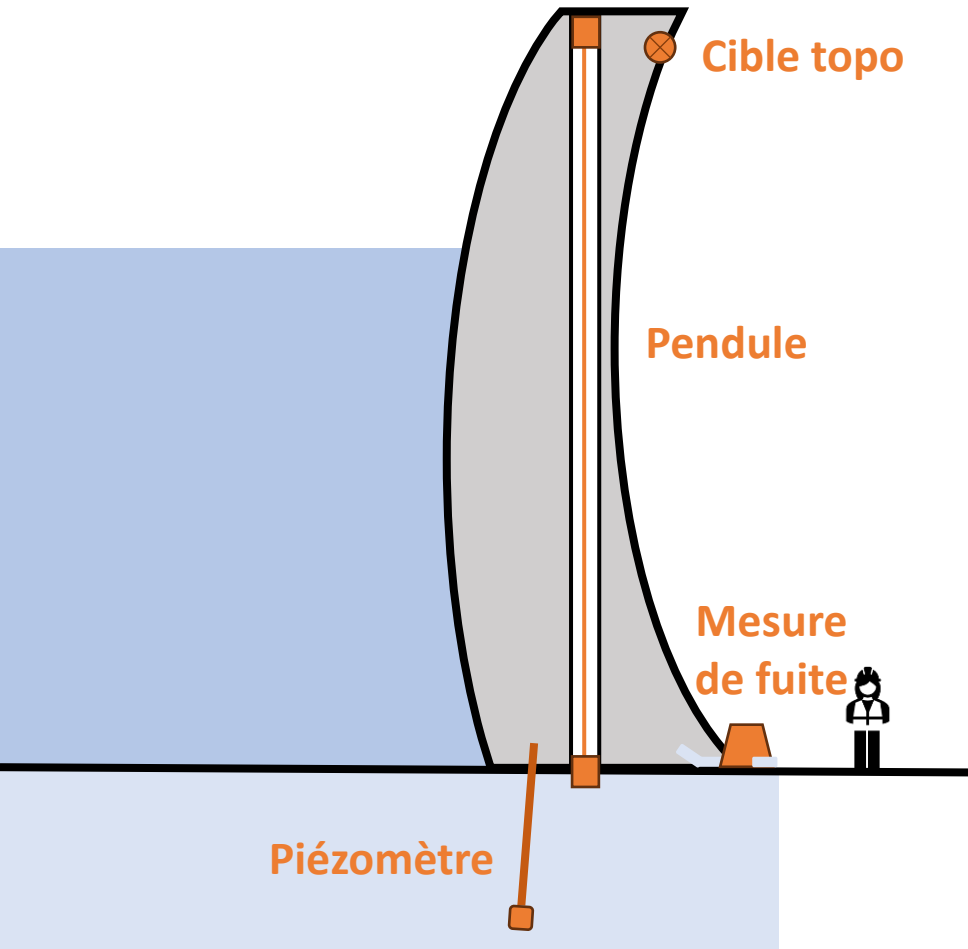
Sûreté des barrages

- **France** : 500 grands barrages
- **Principalement construits entre 1950 – 1990**
- **Enjeu de suivi des ouvrages** pour garantir leur sécurité



1. Contexte

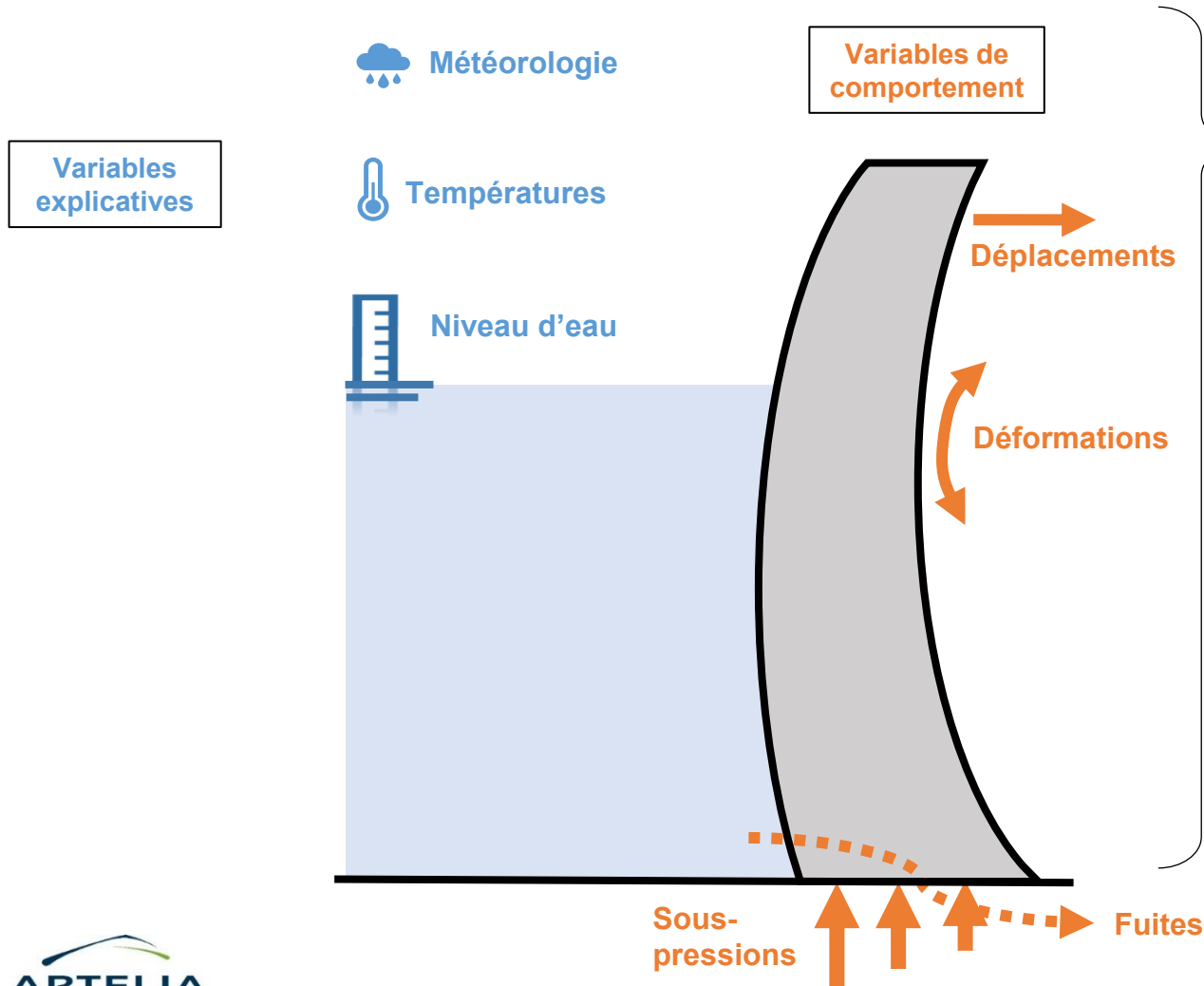
Instrumentation des barrages



- Automatisées ou non
- Mesures hebdomadaires
- Données tabulaires de séries temporelles
- 1000 à 3000 points de données

1. Contexte

Analyse des données d'auscultation



Modélisation statistique :

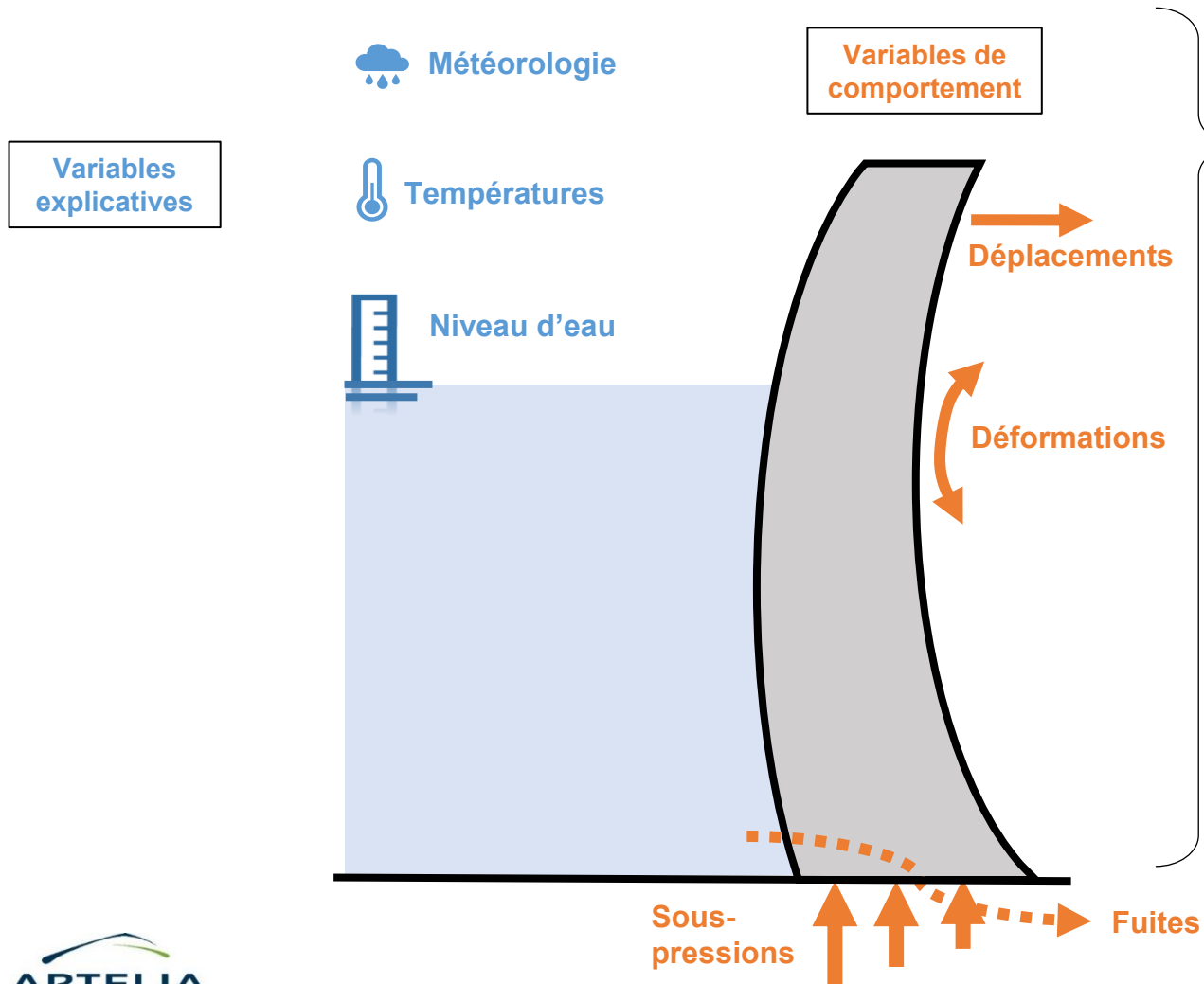
$$y(h, S, t) = \underbrace{Az + Bz^2 + Cz^3}_{\text{réversible}} + \underbrace{A\cos(\theta) + B\sin(\theta)}_{\text{réversible}} + \underbrace{At + Bt^2 + Ce^{-t}}_{\text{irréversible}}$$

Limites :

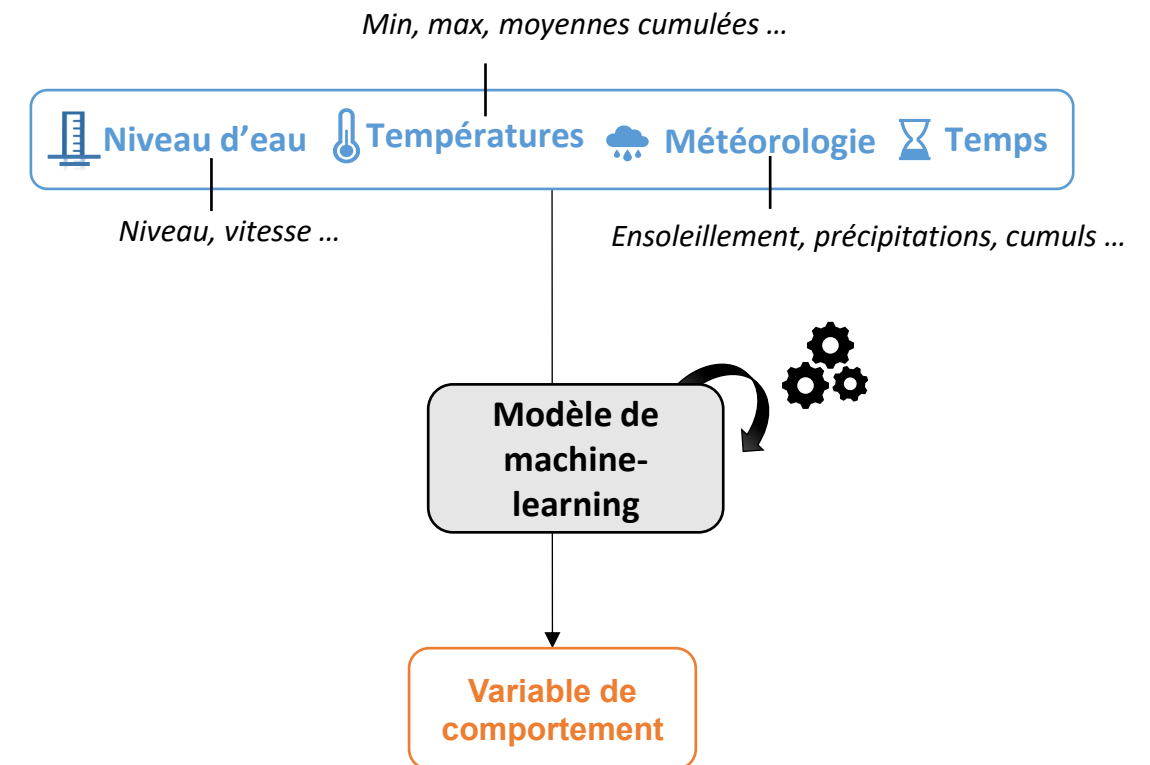
- Fonctions prédéfinies
- Indépendance supposée des paramètres
- Non-prise en compte des effets de seuils, effets de retard

1. Contexte

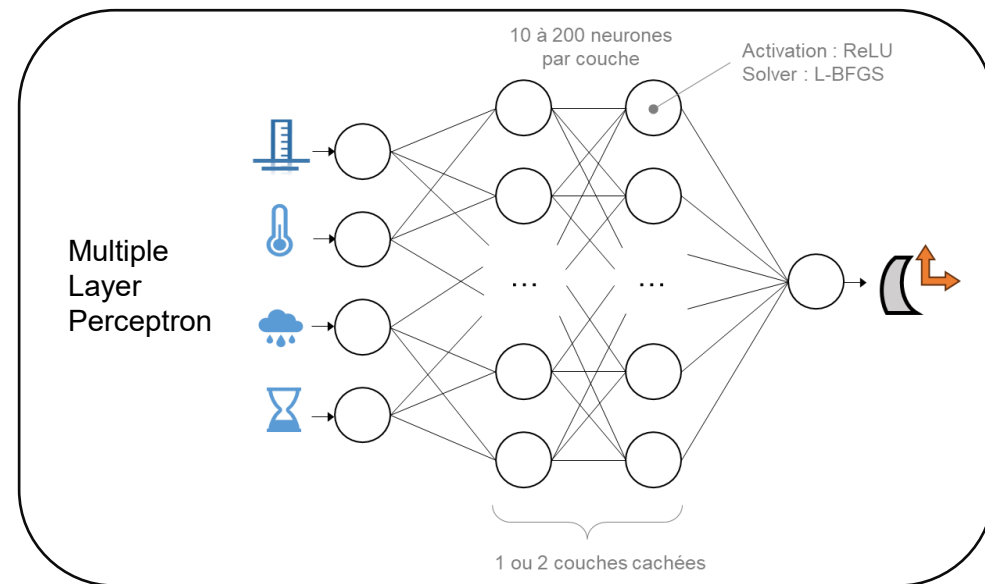
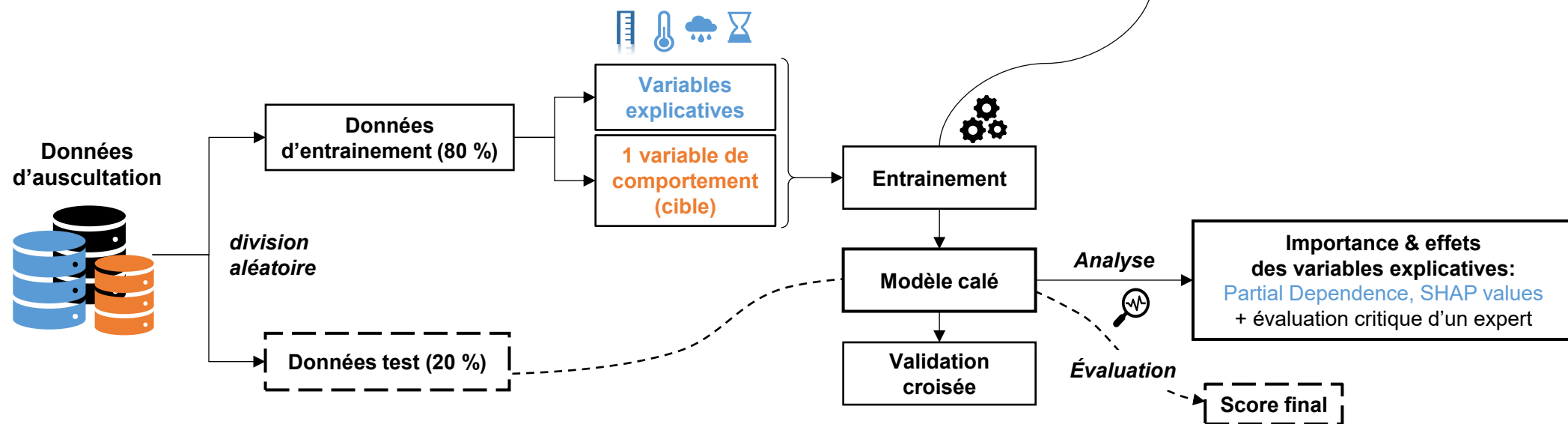
Analyse des données d'auscultation



Machine-learning :



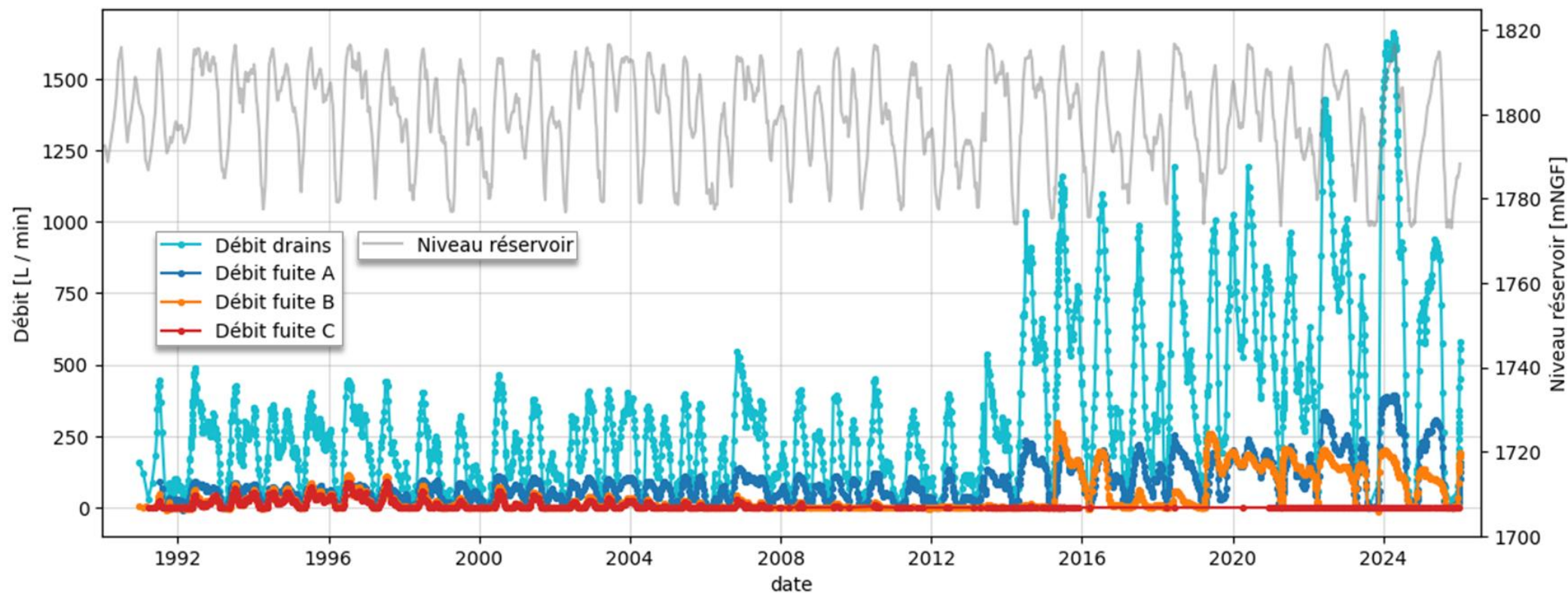
2. Méthodologie



3. Cas d'étude

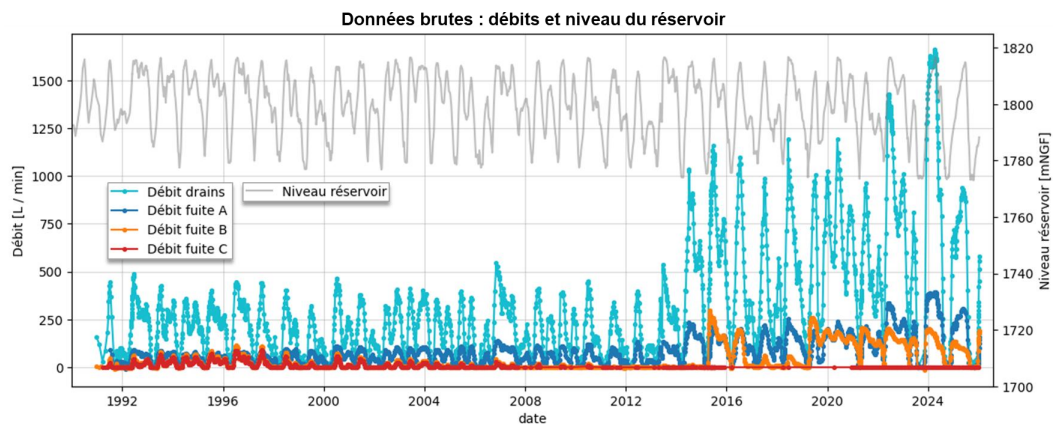
- Barrage poids ayant fait l'objets de divers travaux d'étanchéité

Données brutes : débits et niveau du réservoir

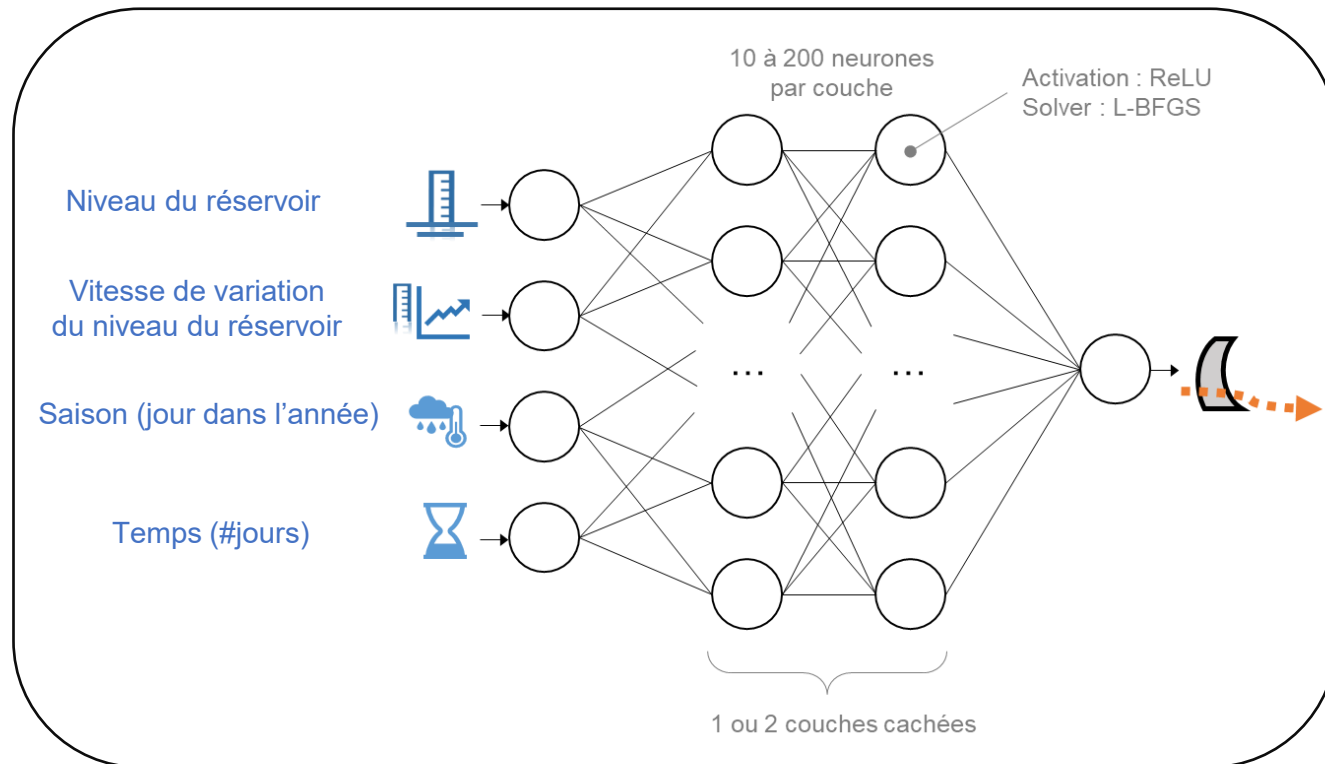


3. Cas d'étude

Modèle



Multiple Layer Perceptron



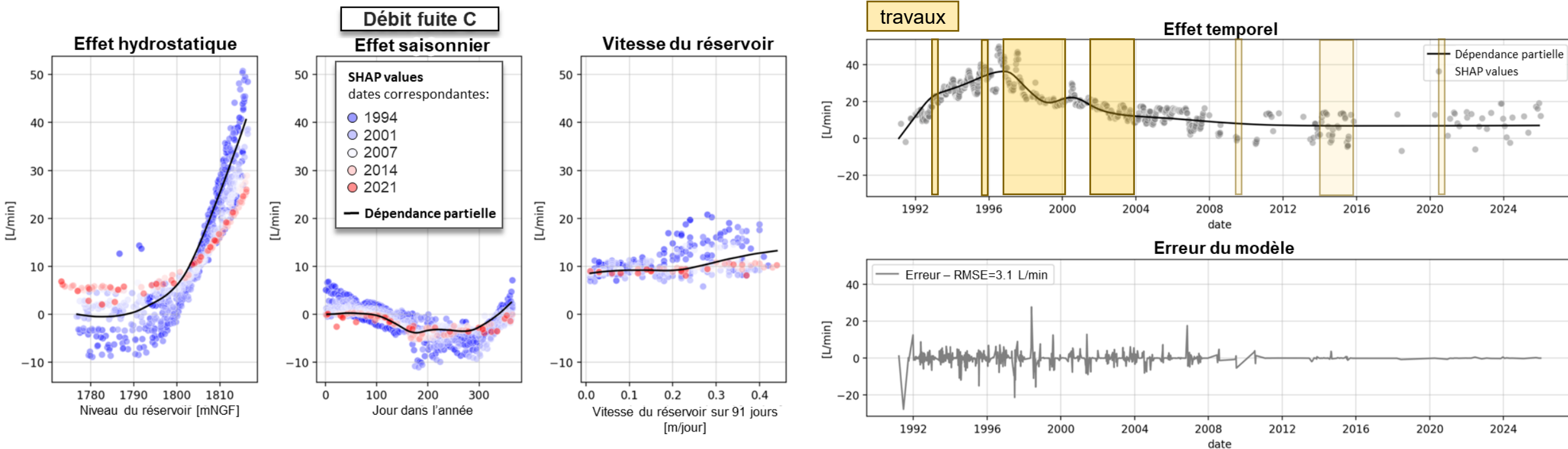
3. Cas d'étude

Résultats

TARGET	Nbr de jour – effet hydro. retard	RMSE – cross-val [L/min]	RMSE - test [L/min]	R ² - test
Drain drains (total)	105	56 ± 9	39.93	0.983
Fuite A (F1)	91	14 ±3	10.27	0.986
Fuite B (F2)	28	29±2	25.42	0.985
Fuite C (CD1)	91	3.1 ±0.4	2.46	0.982
Fuite D (F3)	91	21±8	18	0.909
Fuite E (B)	49	0.8 ±0.1	0.81	0.753

3. Cas d'étude

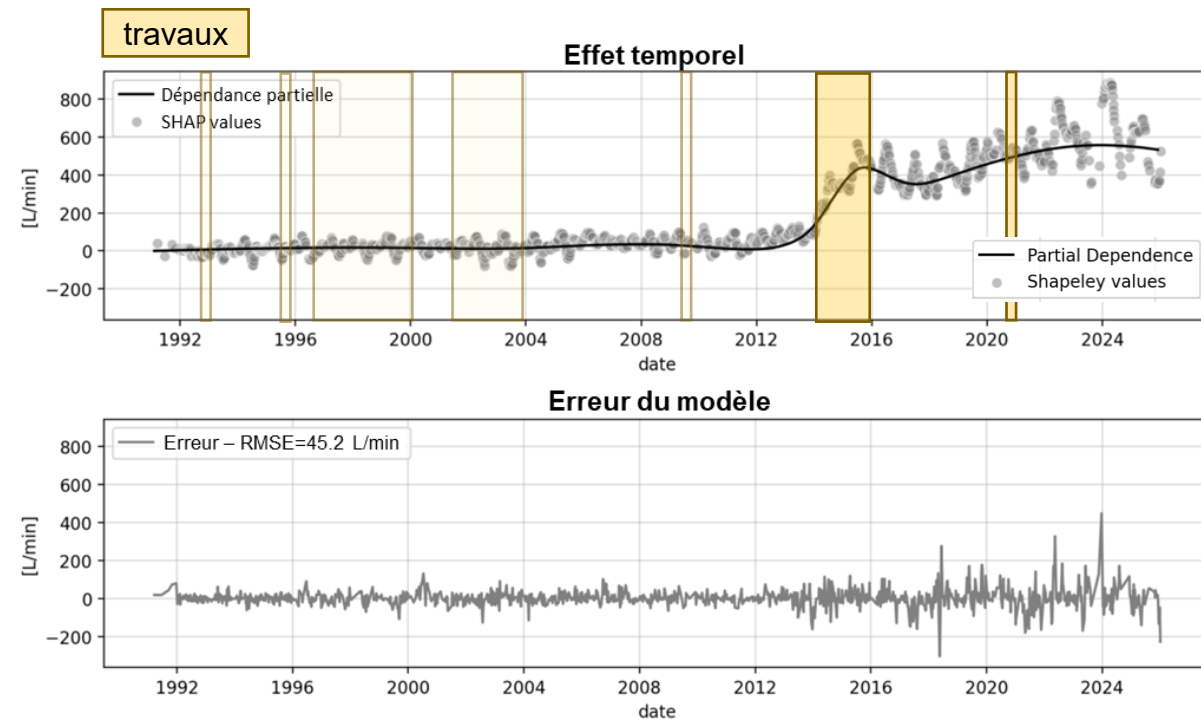
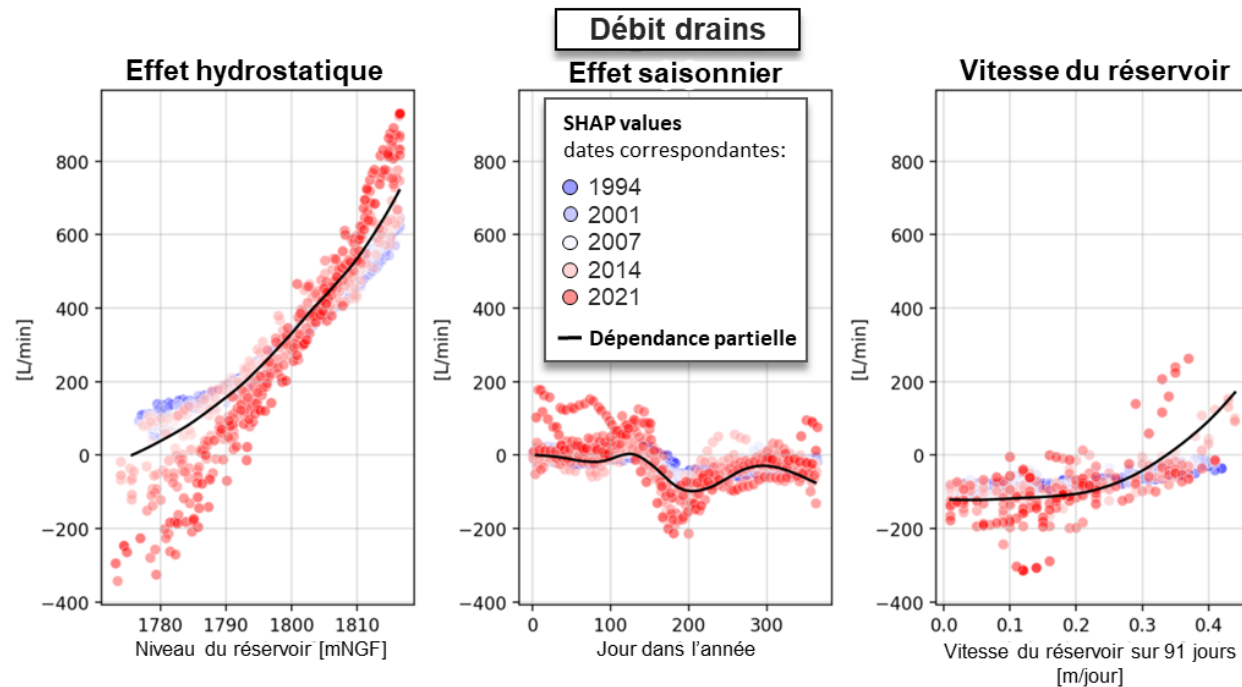
Résultats



- Effet positif du niveau du réservoir, de sa vitesse et des précipitations
- **Diminution de l'effet hydrostatique** avec le temps
- Effet des travaux : **étanchéification**

3. Cas d'étude

Résultats



- Amplification de l'effet hydrostatatique
- 3 comportements :
 - < 2014
 - 2018 -2022
 - 2022 - 2026



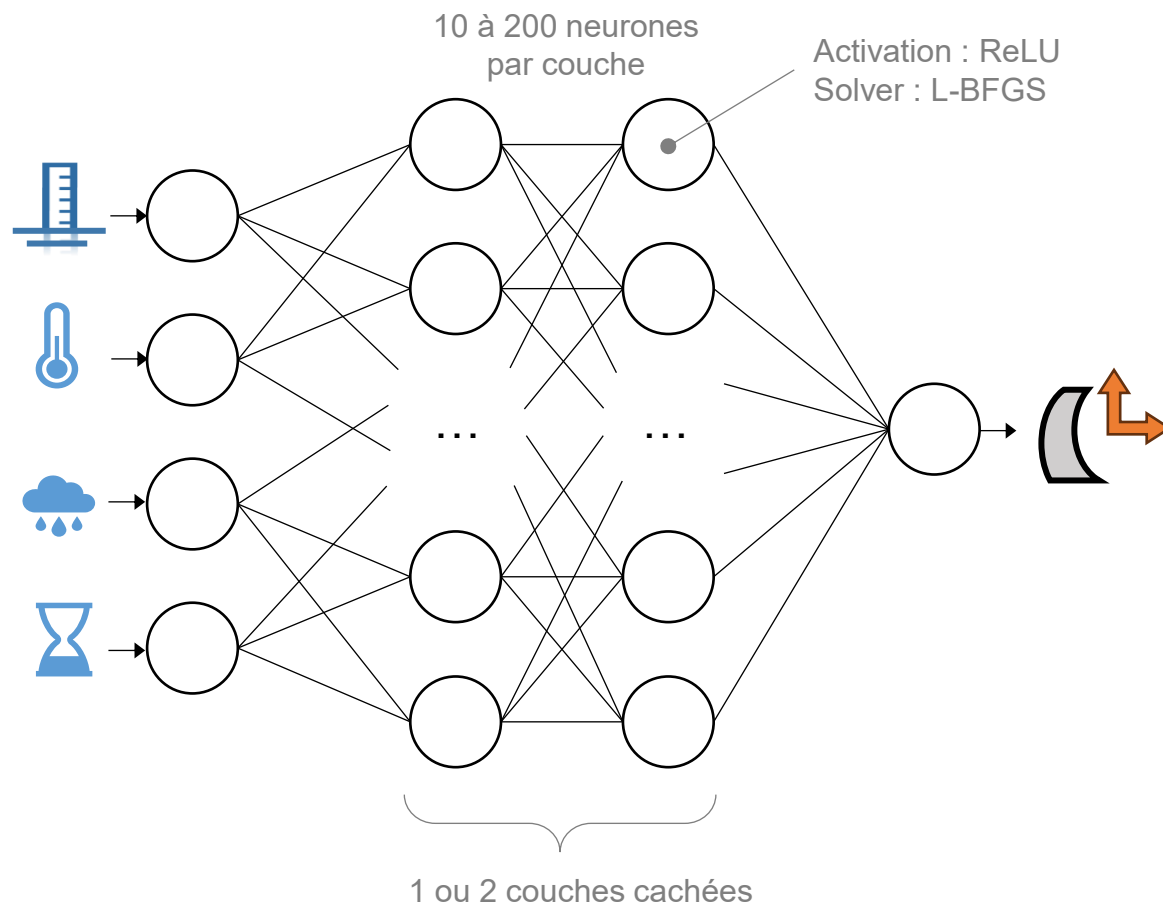
Conclusion

Apports du machine-learning dans l'auscultation des barrages

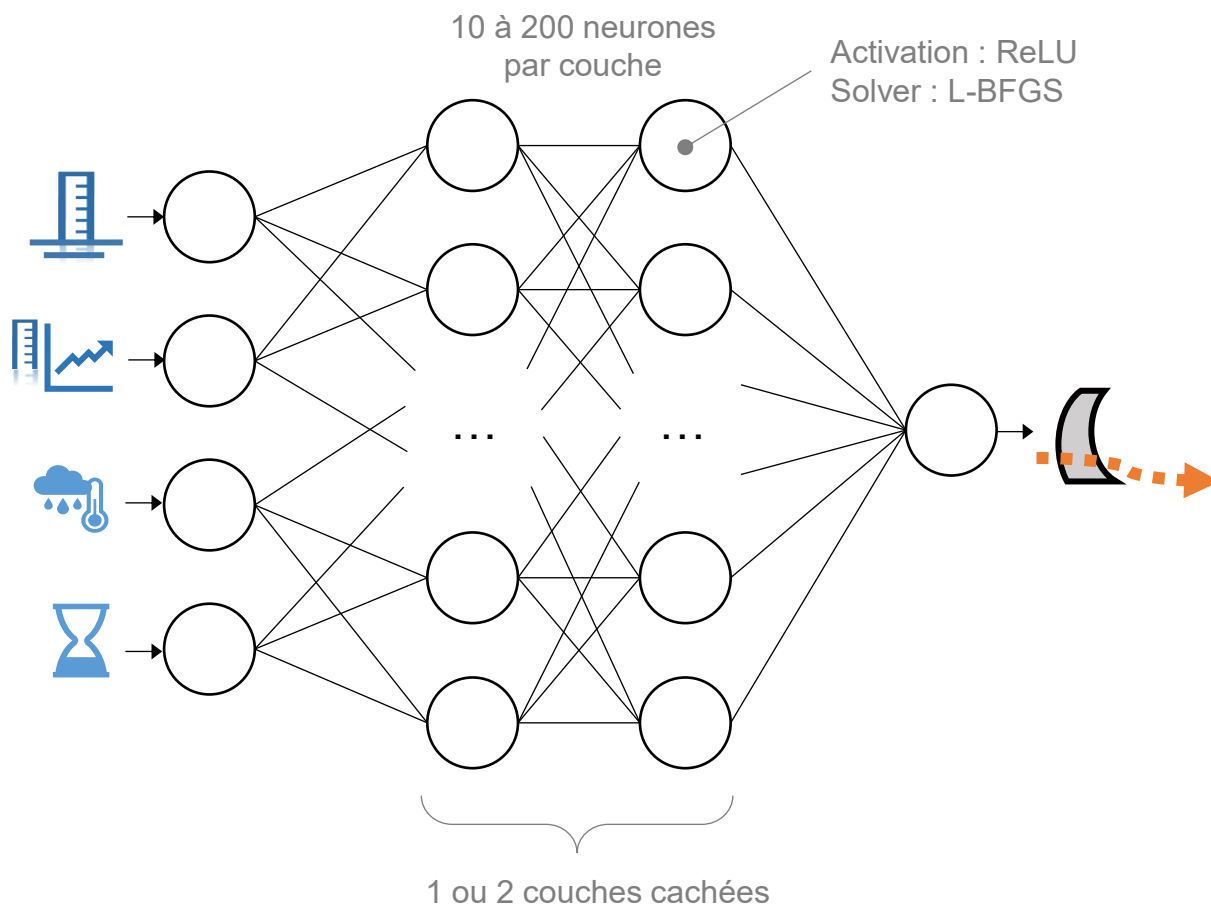
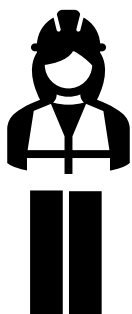
- Le **Machine-learning** permet une avancée dans la compréhension du comportement des barrages
 - Modélisation de **comportements complexes et changeants**
 - **Flexibilité** du modèle, prise en compte aisée de **variables explicatives supplémentaire**
 - **Modèle performant et cohérent**
-
- **Effet temporel** révélateur de **changements de comportement et anomalies**
 - Outil d'aide aux ingénieurs pour le **l'analyse de comportements complexes**



www.arteliagroup.com



Nom reel / nom dans l'article :
 debit total = Débit drains
 Fuite F1 = fuite A
 Fuite F2 = fuite B
 Fuite CD1 = fuite C



Nom reel / nom dans l'article :
debit total = Débit drains
Fuite F1 = fuite A
Fuite F2 = fuite B
Fuite CD1 = fuite C