

Reconstitution des extrêmes hydro-climatiques

Étiages et débits de crues

N. Gallois¹, N. Flipo¹

¹ARMINES/Mines Paris, Université PSL, Centre de Géosciences, 35 rue Saint-Honoré, Fontainebleau

Contexte

► Enjeu

Crues et étiages sévères = contraintes majeures pour la gestion de l'eau et l'évaluation de la vulnérabilité du bassin.

Leur analyse complète les trajectoires climatiques, centrées sur les tendances et la variabilité long-terme multi-décennale.

Contexte

► Enjeu

Crues et étiages sévères = contraintes majeures pour la gestion de l'eau et l'évaluation de la vulnérabilité du bassin.

Leur analyse complète les trajectoires climatiques, centrées sur les tendances et la variabilité long-terme multi-décennale.

► Verrou

La restitution de leurs dynamiques demeure un **test exigeant** pour la **modélisation hydrologique** régionale.

Analyse de sa capacité à reproduire les **événements historiques extrêmes**.

Contexte

➡ Enjeu

Crues et étiages sévères = contraintes majeures pour la gestion de l'eau et l'évaluation de la vulnérabilité du bassin.

Leur analyse complète les trajectoires climatiques, centrées sur les tendances et la variabilité long-terme multi-décennale.

➡ Verrou

La restitution de leurs dynamiques demeure un **test exigeant** pour la **modélisation hydrologique** régionale.

Analyse de sa capacité à reproduire les **événements historiques extrêmes**.

➡ Objectifs

- Évaluer la restitution des crues et étiages historiques
- Identifier des séquences critiques pour la scénarisation phase 9

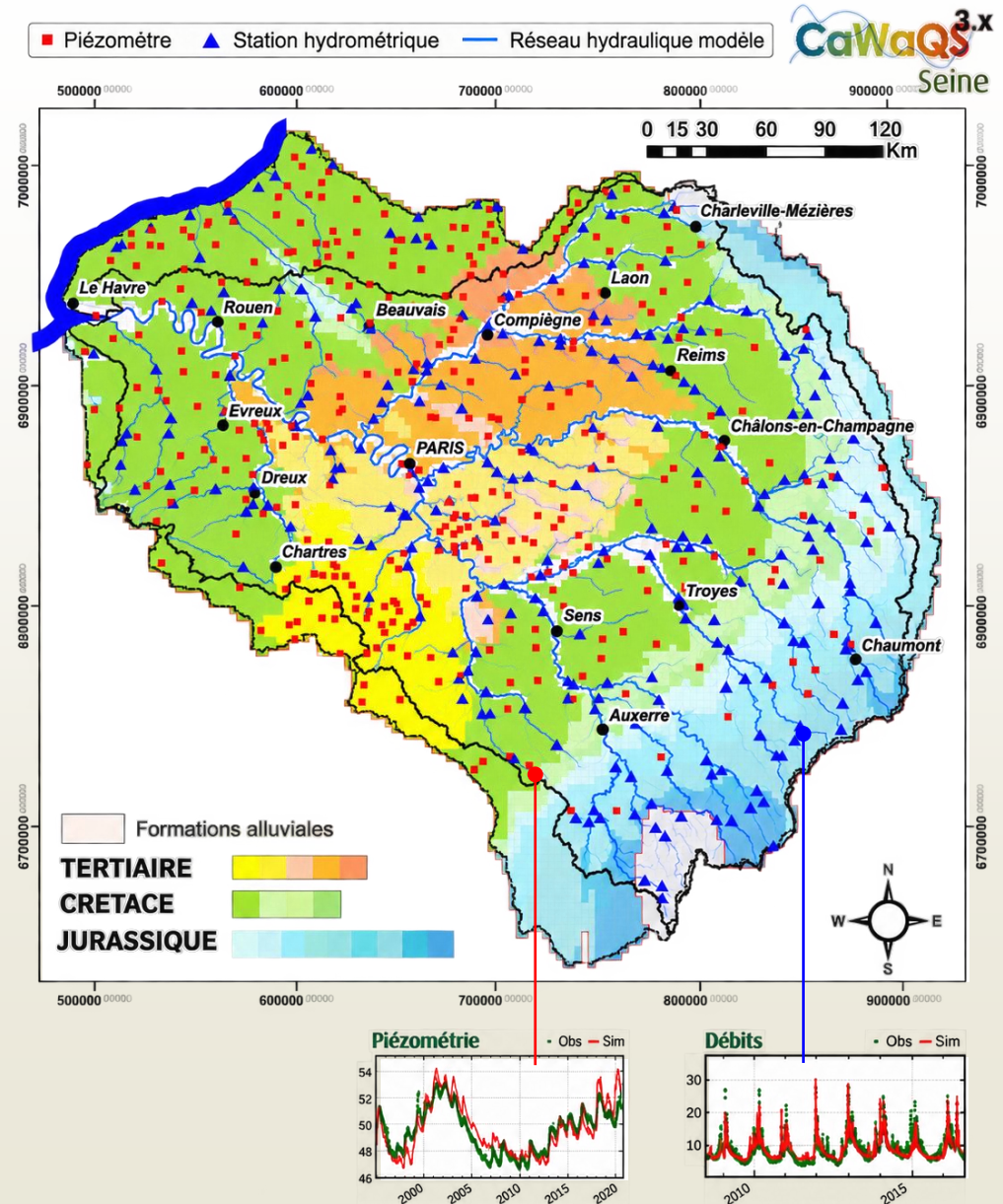
Un développement continu des outils

➡ Acquis phase 8

Un développement continu des outils

➡ Acquis phase 8

- **Modèle complet des principaux aquifères du bassin de la Seine :**
 - 96 200 km²
 - 28 400 km de réseau hydrographique (6 830 km couplés avec le système aquifère).
 - 20 horizons lithologiques
 - Résolution aquifère de 100 à 3200 m.



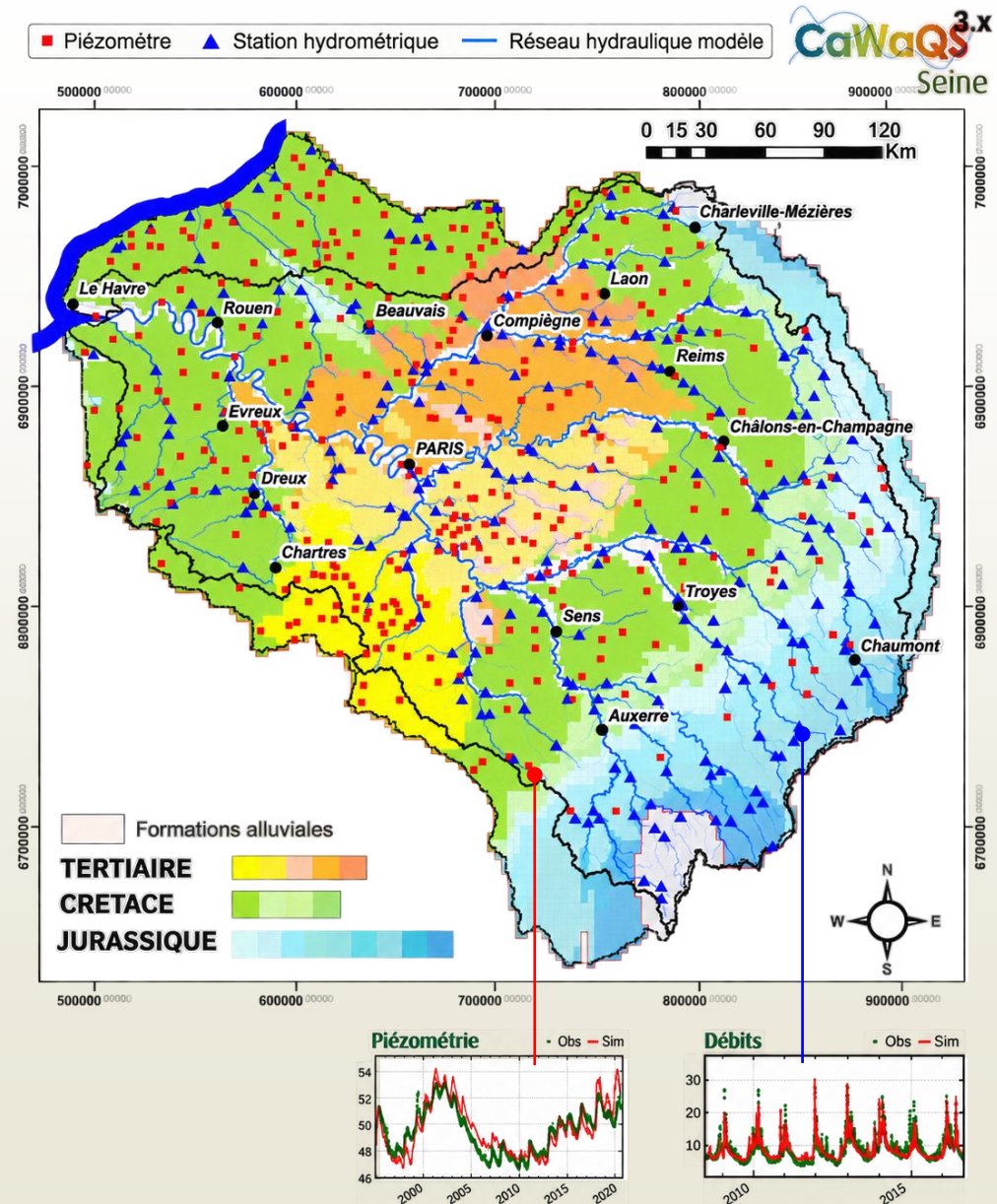
Un développement continu des outils

➡ Acquis phase 8

- **Modèle complet des principaux aquifères du bassin de la Seine :**
 - 96 200 km²
 - 28 400 km de réseau hydrographique (6 830 km couplés avec le système aquifère).
 - 20 horizons lithologiques
 - Résolution aquifère de 100 à 3200 m.
- **HYMIT : Émulation du formalisme de CaWaQS en 1D en amont de chaque station hydrométrique dans le domaine de Fourier.**
- **Application régionale**
 - calibrée dans le domaine fréquentiel
 - validée dans le domaine temporel

221 stations hydrométriques
269 piézomètres

(Flipo *et al.*, 2023; Gallois *et al.*, 2021)



Un développement continu des outils

➡ Acquis phase 8

- **Modèle complet** des principaux aquifères du bassin de la Seine :
 - 96 200 km²
 - 28 400 km de réseau hydrographique (6 830 km couplés avec le système aquifère)
 - 20 horizons lithologiques
 - Résolution aquifère de 100 à 3200 m.
- **HYMIT** : Émulation du formalisme de CaWaQS en 1D en amont de chaque station hydrométrique dans le domaine de Fourier.
- **Application régionale**
 - calibrée dans le domaine fréquentiel
 - validée dans le domaine temporel

221 stations hydrométriques
269 piézomètres

(Flipo *et al.*, 2023; Gallois *et al.*, 2021)

➡ Nouveautés et chantiers phase 9

- **Amélioration de la restitution des extrêmes**
- **Fonctionnalités de scénarisation avancée**

Un développement continu des outils

➡ Acquis phase 8

- **Modèle complet** des principaux aquifères du bassin de la Seine :
 - 96 200 km²
 - 28 400 km de réseau hydrographique (6 830 km couplés avec le système aquifère)
 - 20 horizons lithologiques
 - Résolution aquifère de 100 à 3200 m.
- **HYMIT** : Émulation du formalisme de CaWaQS en 1D en amont de chaque station hydrométrique dans le domaine de Fourier.
- **Application régionale**
 - calibrée dans le domaine fréquentiel
 - validée dans le domaine temporel

221 stations hydrométriques
269 piézomètres

(Flipo *et al.*, 2023; Gallois *et al.*, 2021)

➡ Nouveautés et chantiers phase 9

- **Amélioration de la restitution des extrêmes**
 - Ruissellement par sursaturation des sols
 - Reprise évaporatoire pour les étiages longs
 - Intégration du drainage artificiel agricole
- **Fonctionnalités de scénarisation avancée**

Un développement continu des outils

➡ Acquis phase 8

- **Modèle complet** des principaux aquifères du bassin de la Seine :
 - 96 200 km²
 - 28 400 km de réseau hydrographique (6 830 km couplés avec le système aquifère)
 - 20 horizons lithologiques
 - Résolution aquifère de 100 à 3200 m.
- **HYMIT** : Émulation du formalisme de CaWaQS en 1D en amont de chaque station hydrométrique dans le domaine de Fourier.
- **Application régionale**
 - calibrée dans le domaine fréquentiel
 - validée dans le domaine temporel

221 stations hydrométriques
269 piézomètres

(Flipo *et al.*, 2023; Gallois *et al.*, 2021)

➡ Nouveautés et chantiers phase 9

- **Amélioration de la restitution des extrêmes**
 - Ruissellement par sursaturation des sols
 - Reprise évaporatoire pour les étiages longs
 - Intégration du drainage artificiel agricole
- **Fonctionnalités de scénarisation avancée**
 - Module de gestion dynamique d'ouvrages et/ou de forçages
 - Lacs-réservoirs
 - Prélèvements souterrains



Un développement continu des outils

➡ Acquis phase 8

- **Modèle complet** des principaux aquifères du bassin de la Seine :
 - 96 200 km²
 - 28 400 km de réseau hydrographique (6 830 km couplés avec le système aquifère)
 - 20 horizons lithologiques
 - Résolution aquifère de 100 à 3200 m.
- **HYMIT** : Émulation du formalisme de CaWaQS en 1D en amont de chaque station hydrométrique dans le domaine de Fourier.
- **Application régionale**
 - calibrée dans le domaine fréquentiel
 - validée dans le domaine temporel

221 stations hydrométriques
269 piézomètres

(Flipo *et al.*, 2023; Gallois *et al.*, 2021)

➡ Nouveautés et chantiers phase 9

- **Amélioration de la restitution des extrêmes**
 - Ruissellement par sursaturation des sols
 - Reprise évaporatoire pour les étiages longs
 - Intégration du drainage artificiel agricole
- **Fonctionnalités de scénarisation avancée**
 - Module de gestion dynamique d'ouvrages et/ou de forçages
 - Lacs-réservoirs
 - Prélèvements souterrains
 - Demande en eau agricole/offre aquifère



Un développement continu des outils

➡ Acquis phase 8

- **Modèle complet** des principaux aquifères du bassin de la Seine :
 - 96 200 km²
 - 28 400 km de réseau hydrographique (6 830 km couplés avec le système aquifère)
 - 20 horizons lithologiques
 - Résolution aquifère de 100 à 3200 m.
- **HYMIT** : Émulation du formalisme de CaWaQS en 1D en amont de chaque station hydrométrique dans le domaine de Fourier.
- **Application régionale**
 - calibrée dans le domaine fréquentiel
 - validée dans le domaine temporel

221 stations hydrométriques
269 piézomètres

(Flipo *et al.*, 2023; Gallois *et al.*, 2021)

➡ Nouveautés et chantiers phase 9

- **Amélioration de la restitution des extrêmes**
 - Ruissellement par sursaturation des sols
 - Reprise évaporatoire pour les étiages longs
 - Intégration du drainage artificiel agricole
- **Fonctionnalités de scénarisation avancée**
 - Module de gestion dynamique d'ouvrages et/ou de forçages
 - Lacs-réservoirs 
 - Prélèvements souterrains
 - Demande en eau agricole/offre aquifère
 - Occupation dynamique des sols au cours du temps

Un développement continu des outils

➡ Acquis phase 8

- **Modèle complet** des principaux aquifères du bassin de la Seine :
 - 96 200 km²
 - 28 400 km de réseau hydrographique (6 830 km couplés avec le système aquifère)
 - 20 horizons lithologiques
 - Résolution aquifère de 100 à 3200 m.
- **HYMIT** : Émulation du formalisme de CaWaQS en 1D en amont de chaque station hydrométrique dans le domaine de Fourier.
- **Application régionale**
 - calibrée dans le domaine fréquentiel
 - validée dans le domaine temporel

221 stations hydrométriques
269 piézomètres

(Flipo *et al.*, 2023; Gallois *et al.*, 2021)

➡ Nouveautés et chantiers phase 9

- **Amélioration de la restitution des extrêmes**
 - Ruissellement par sursaturation des sols
 - Reprise évaporatoire pour les étiages longs
 - Intégration du drainage artificiel agricole
- **Fonctionnalités de scénarisation avancée**
 - Module de gestion dynamique d'ouvrages et/ou de forçages
 - Lacs-réservoirs 
 - Prélèvements souterrains
 - Demande en eau agricole/offre aquifère
 - Occupation dynamique des sols au cours du temps

Un développement continu des outils

➡ Acquis phase 8

- **Modèle complet** des principaux aquifères du bassin de la Seine :
 - 96 200 km²
 - 28 400 km de réseau hydrographique (6 830 km couplés avec le système aquifère)
 - 20 horizons lithologiques
 - Résolution aquifère de 100 à 3200 m.
- **HYMIT** : Émulation du formalisme de CaWaQS en 1D en amont de chaque station hydrométrique dans le domaine de Fourier.
- **Application régionale**
 - calibrée dans le domaine fréquentiel
 - validée dans le domaine temporel

221 stations hydrométriques
269 piézomètres

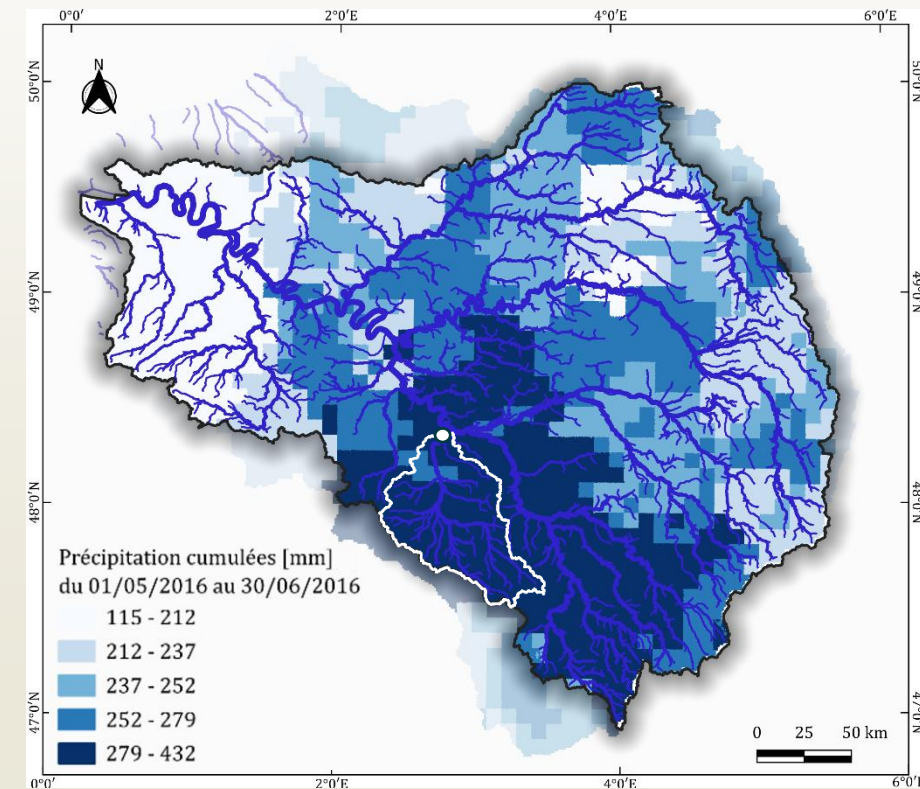
(Flipo *et al.*, 2023; Gallois *et al.*, 2021)

➡ Nouveautés et chantiers phase 9

- **Amélioration de la restitution des extrêmes**
 - Ruissellement par sursaturation des sols
 - Reprise évaporatoire pour les étiages longs
 - Intégration du drainage artificiel agricole
- **Fonctionnalités de scénarisation avancée**
 - **Module de gestion dynamique d'ouvrages et/ou de forçages**
 - Lacs-réservoirs 
 - Prélèvements souterrains
 - **Demande en eau agricole/offre aquifère**
 - **Occupation dynamique des sols au cours du temps**

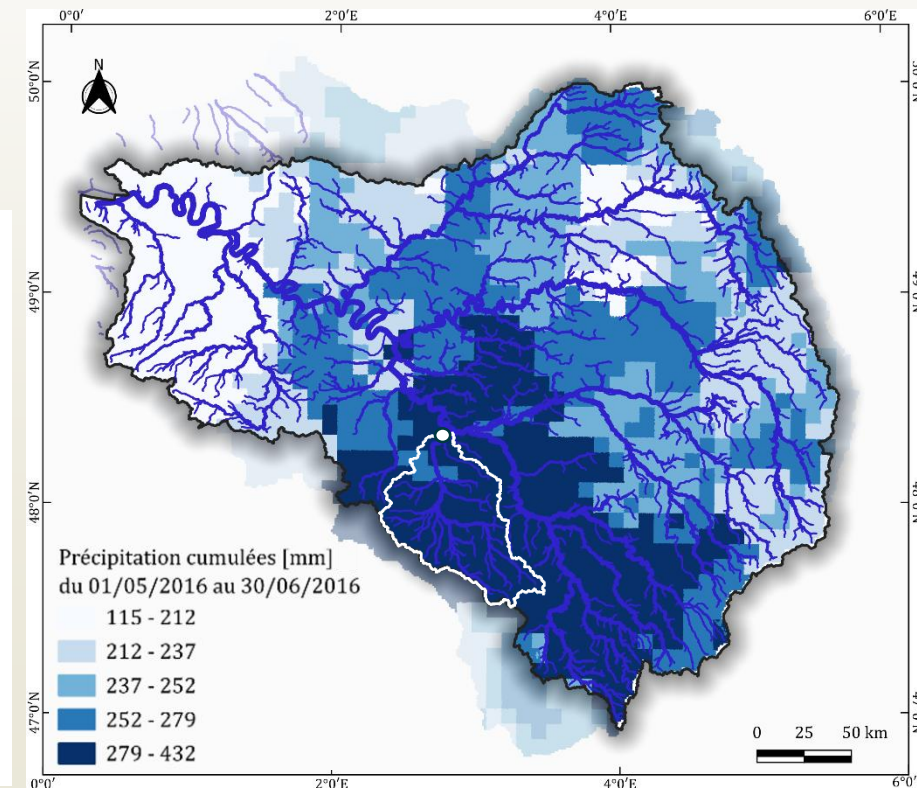
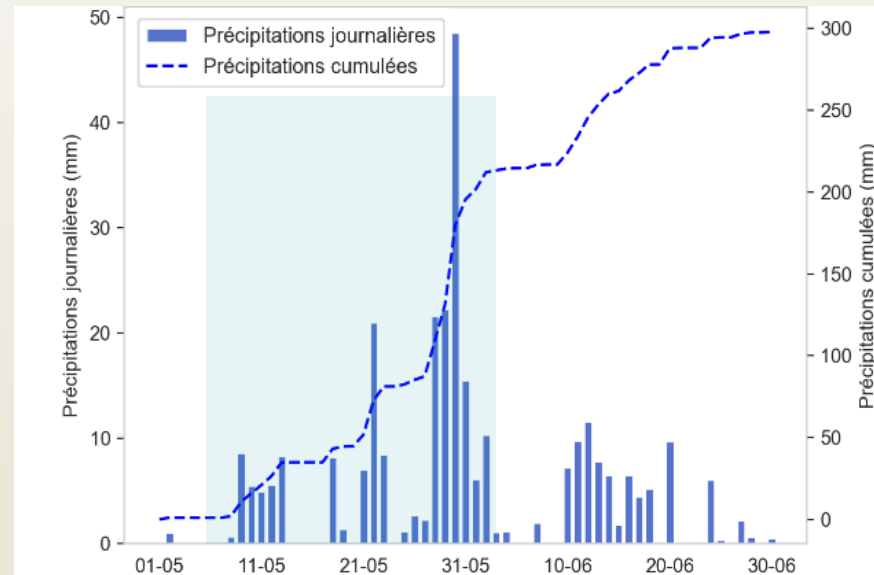
Application en contexte de crue locale inédite

- ➔ Bassin du Loing : Crue majeure de mai-juin 2016
 - Centennale à pluri-centennale



Application en contexte de crue locale inédite

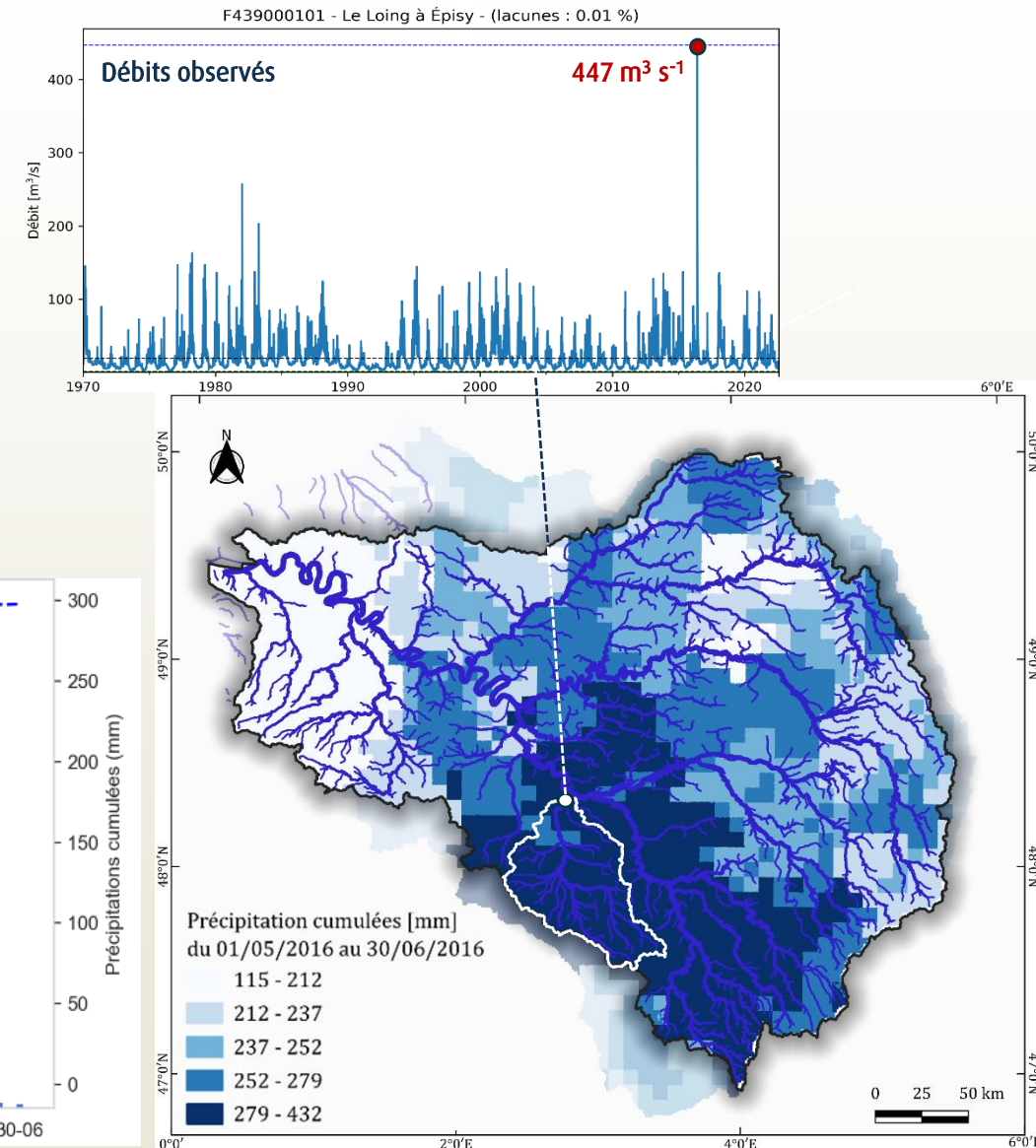
- ➔ Bassin du Loing : Crue majeure de mai-juin 2016
 - Centennale à pluri-centennale



Application en contexte de crue locale inédite

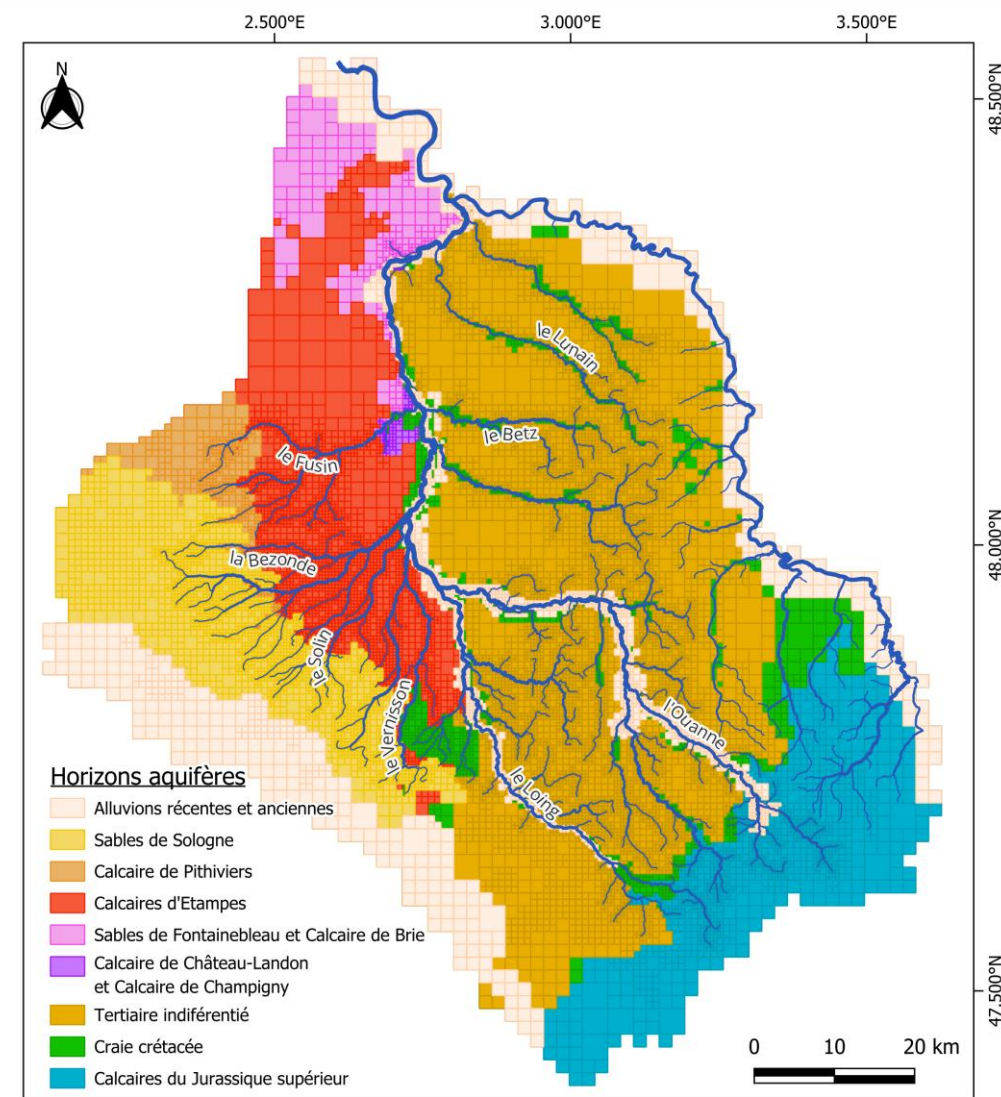
► Bassin du Loing : Crue majeure de mai-juin 2016

- Centennale à pluri-centennale



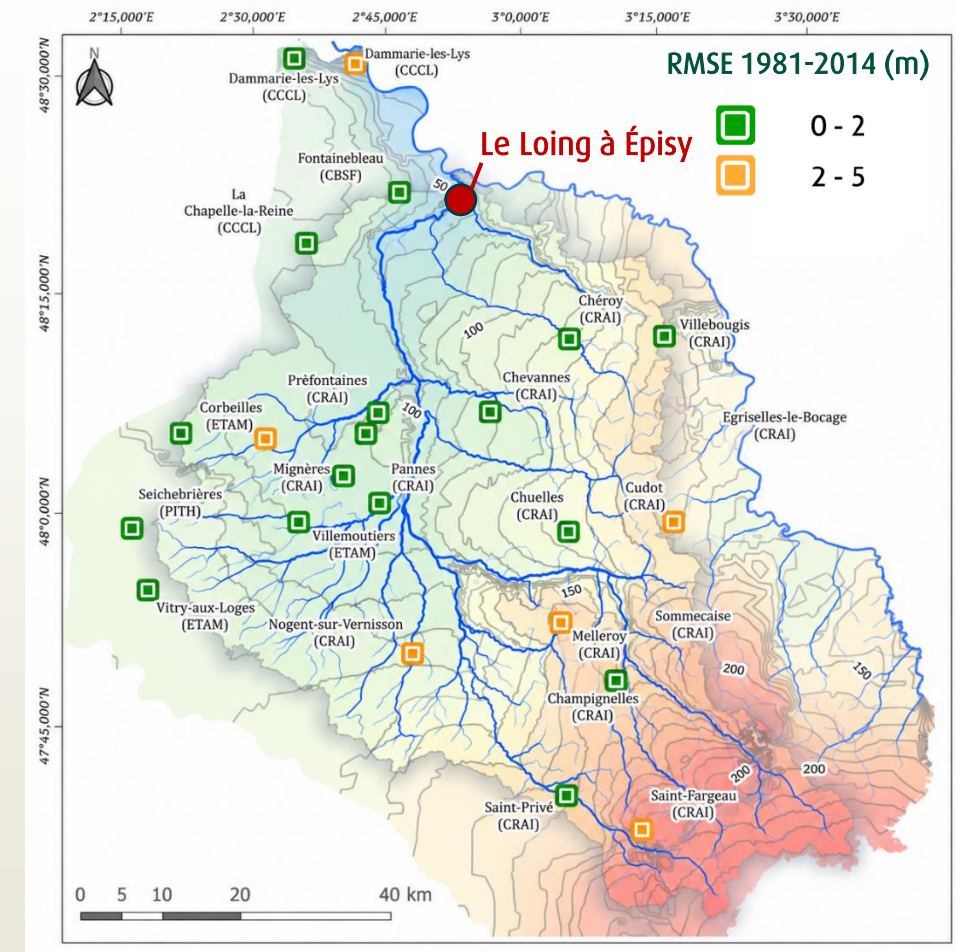
Application en contexte de crue locale inédite

- **Bassin du Loing : Crue majeure de mai-juin 2016**
 - Centennale à pluri-centennale
- **Modèle CaWaQS de l'hydrosystème local**
 - 7 000 km² (4 175 km²)
 - 2 200 km de rivières en échange avec le système aquifère
 - 9 horizons lithologiques
 - Résolution aquifère de 40 à 640 ha
 - 16 stations hydrométriques, 27 piézomètres

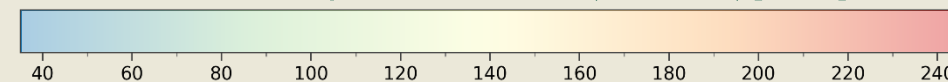


Application en contexte de crue locale inédite

- Bassin du Loing : Crue majeure de mai-juin 2016
 - Centennale à pluri-centennale
- Modèle CaWaQS de l'hydrosystème local



Piézométrie moyenne de subsurface (1981-2014) [mNGF]

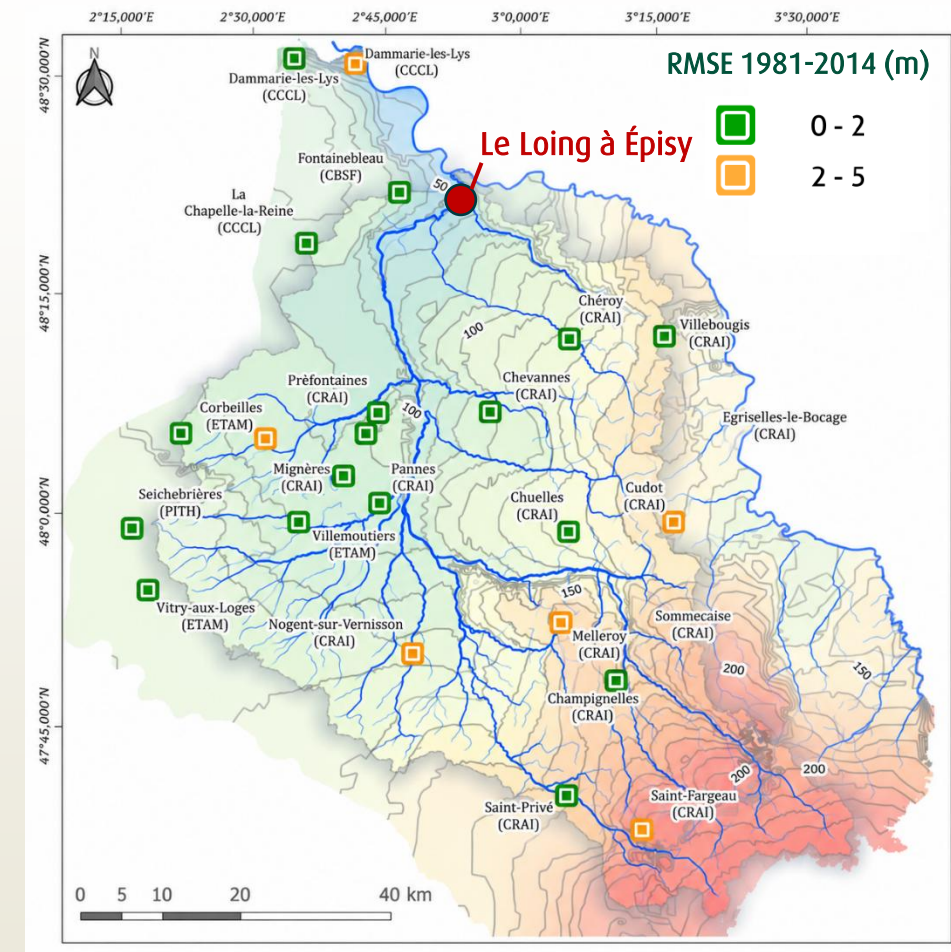
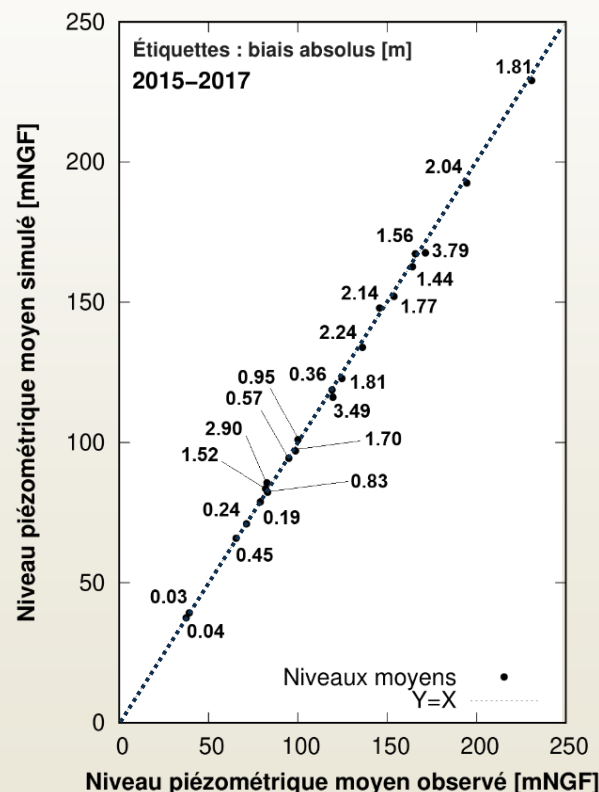


Application en contexte de crue locale inédite

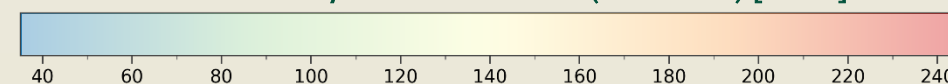
► Bassin du Loing : Crue majeure de mai-juin 2016

- Centennale à pluri-centennale

► Modèle CaWaQS de l'hydrosystème local



Piézométrie moyenne de subsurface (1981-2014) [mNGF]

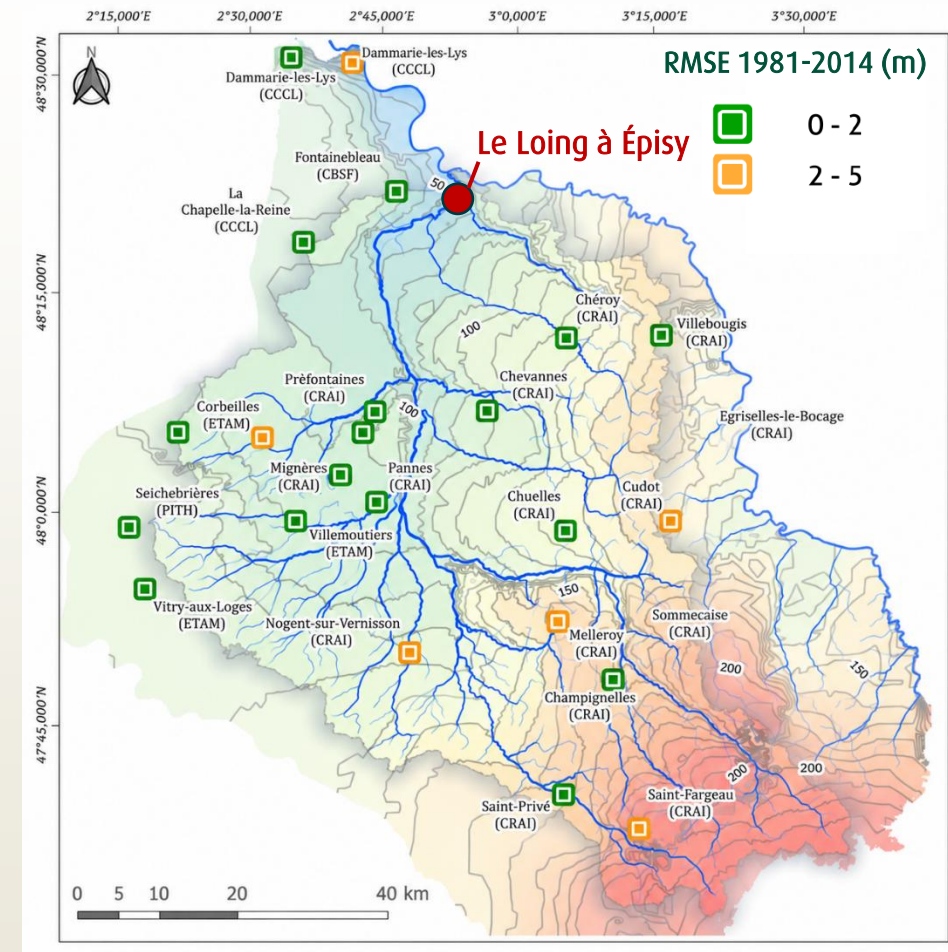
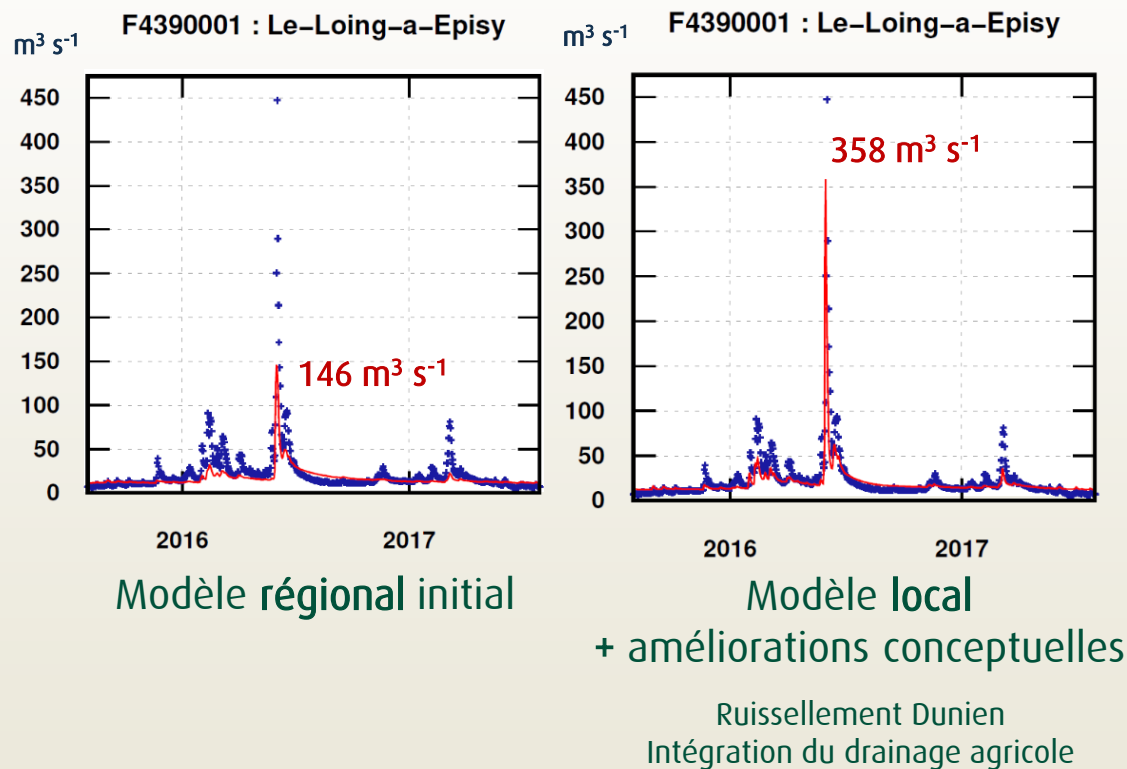


Application en contexte de crue locale inédite

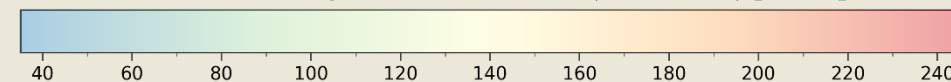
► Bassin du Loing : Crue majeure de mai-juin 2016

- Centennale à pluri-centennale

► Modèle CaWaQS de l'hydrosystème local



Piezométrie moyenne de subsurface (1981-2014) [mNGF]

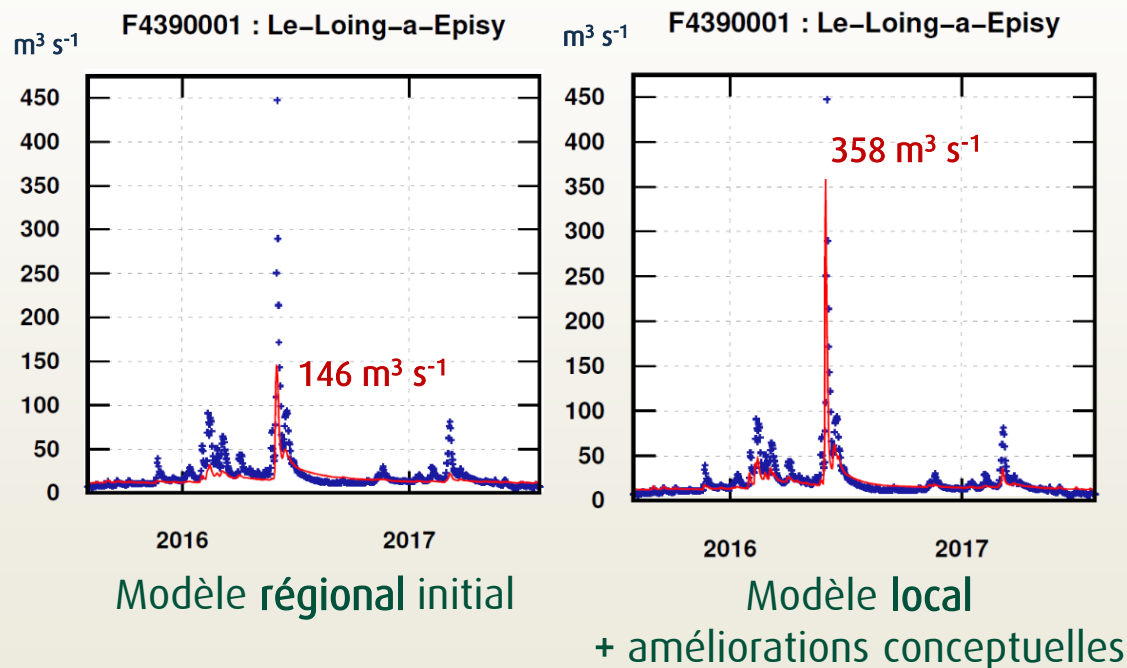


Application en contexte de crue locale inédite

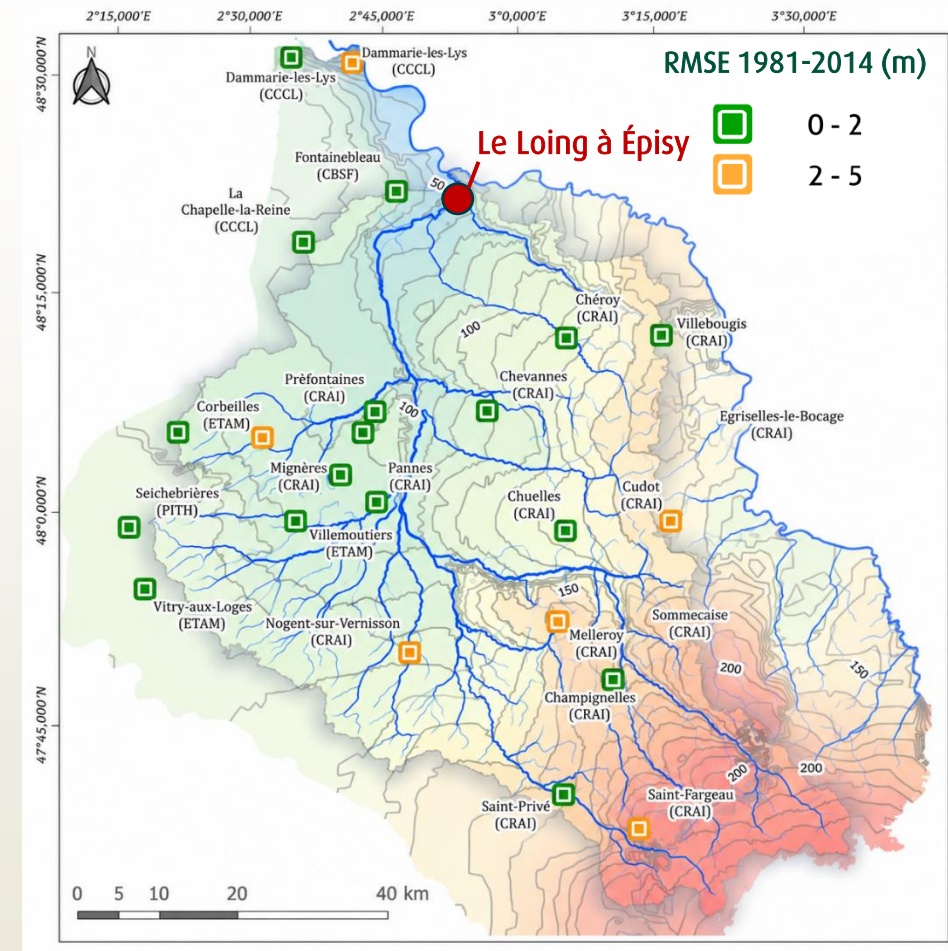
► Bassin du Loing : Crue majeure de mai-juin 2016

- Centennale à pluri-centennale

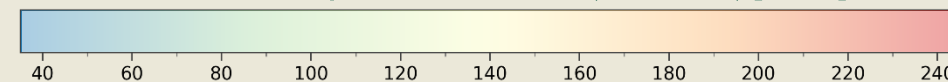
► Modèle CaWaQS de l'hydrosystème local



- ## ► Crues locales extrêmes simulées en climat futur : débits de pointe atteignant 2 à 3 fois celui de 2016.

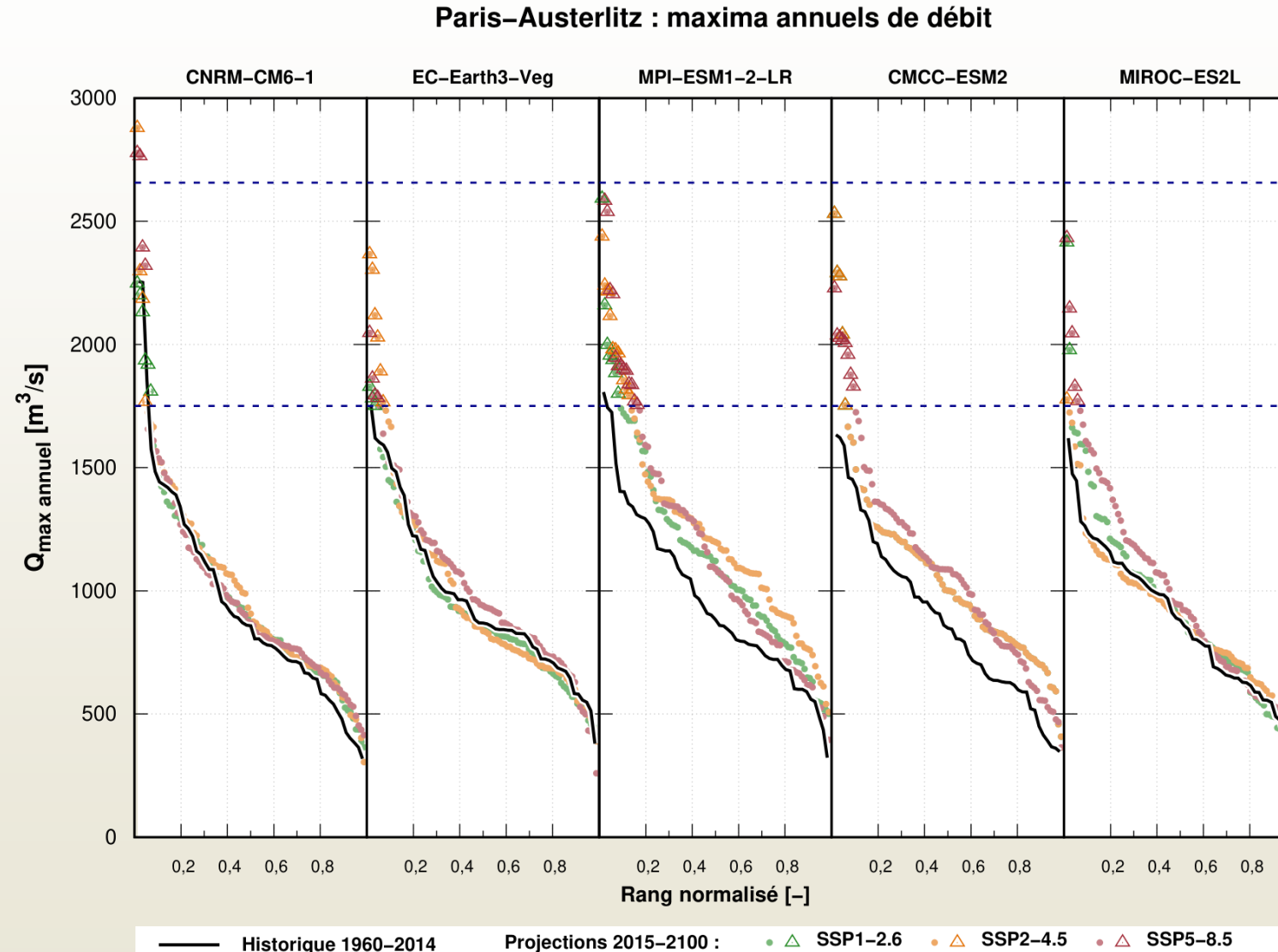


Piezométrie moyenne de subsurface (1981-2014) [mNGF]



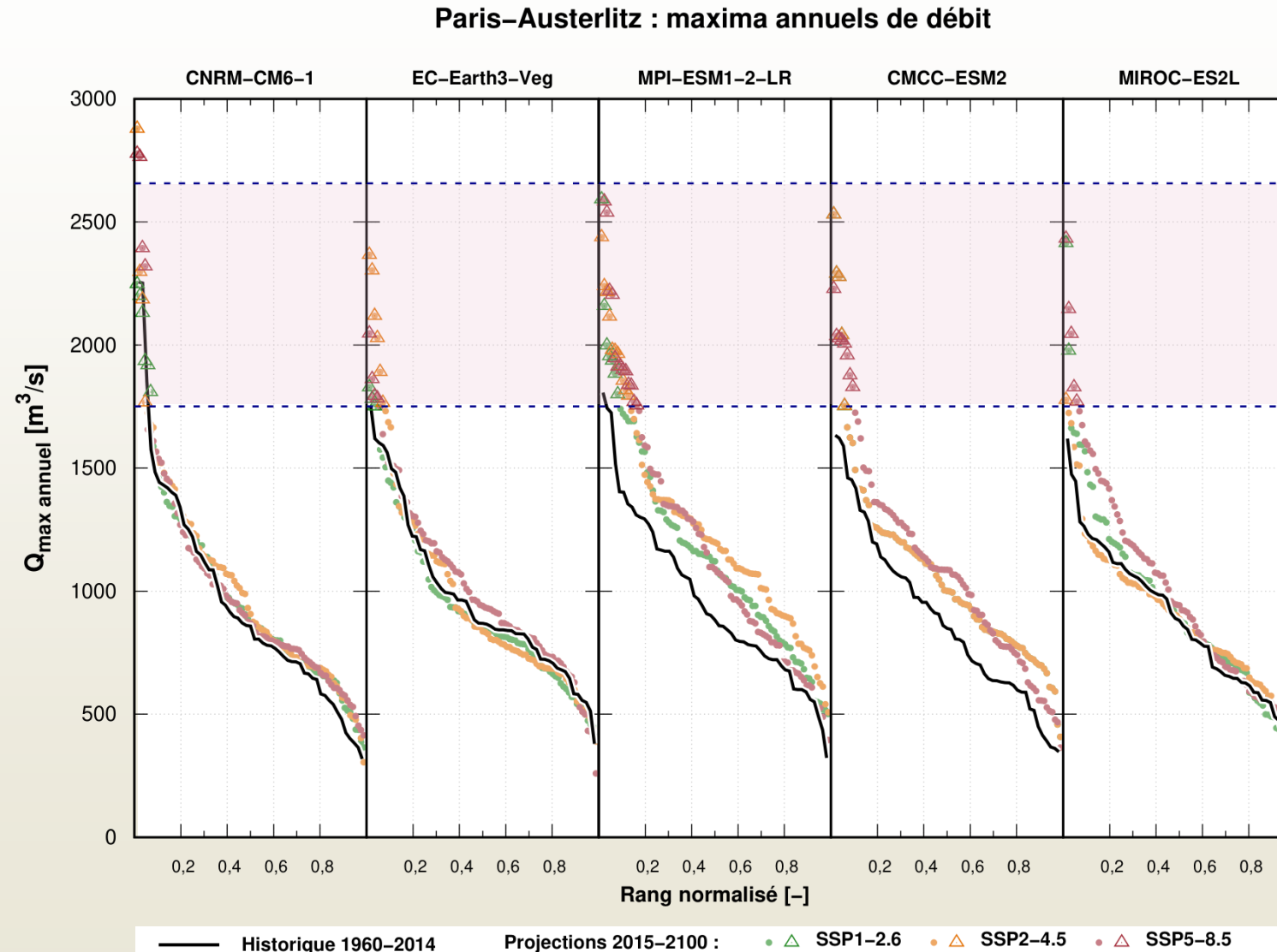
Du local vers le régional

- Distributions des débits maximums annuels historiques et projetés simulés – Paris Austerlitz



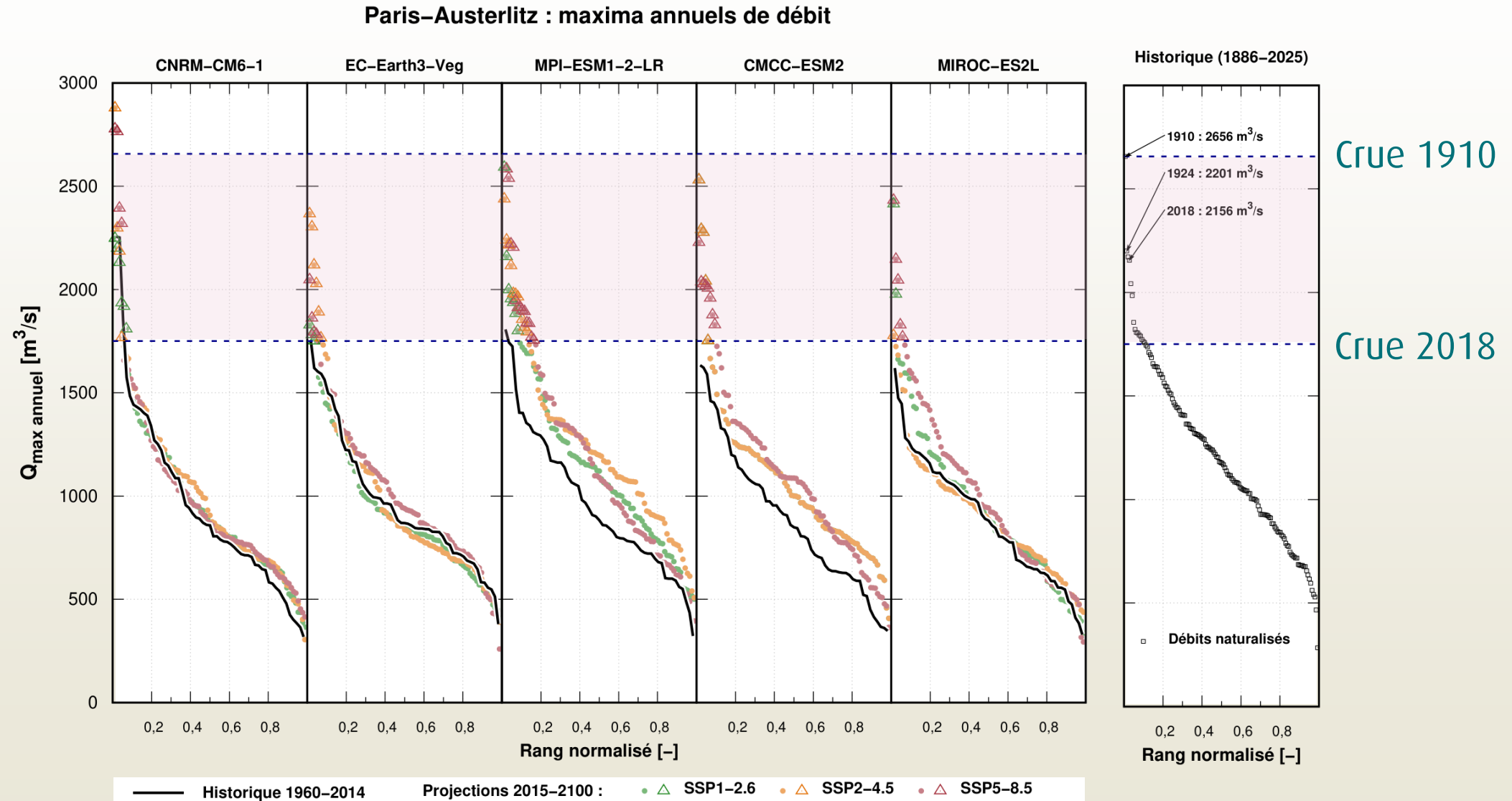
Du local vers le régional

- Distributions des débits maximums annuels historiques et projetés simulés – Paris Austerlitz



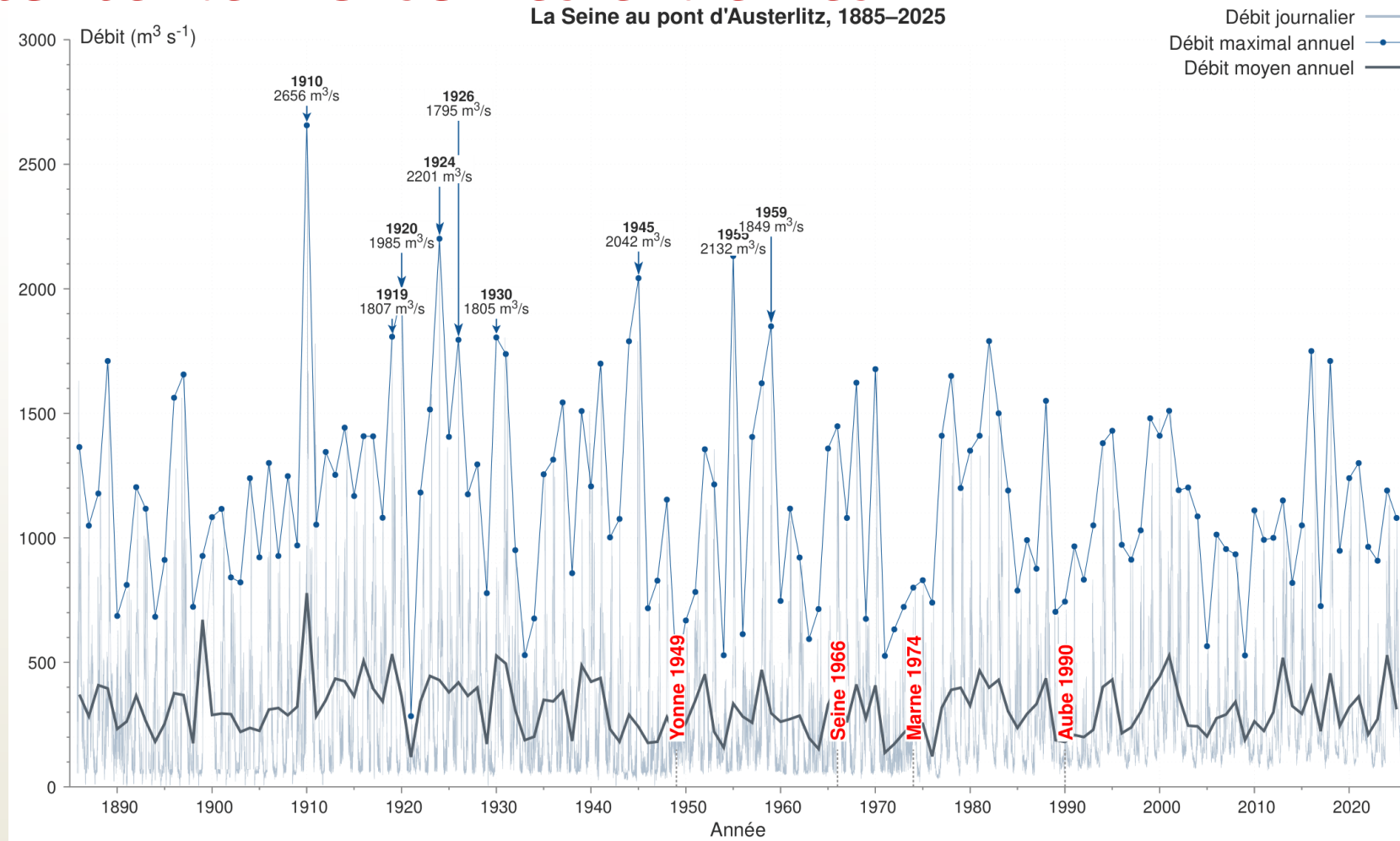
Du local vers le régional

- Distributions des débits maximums annuels historiques et projetés simulés – Paris Austerlitz



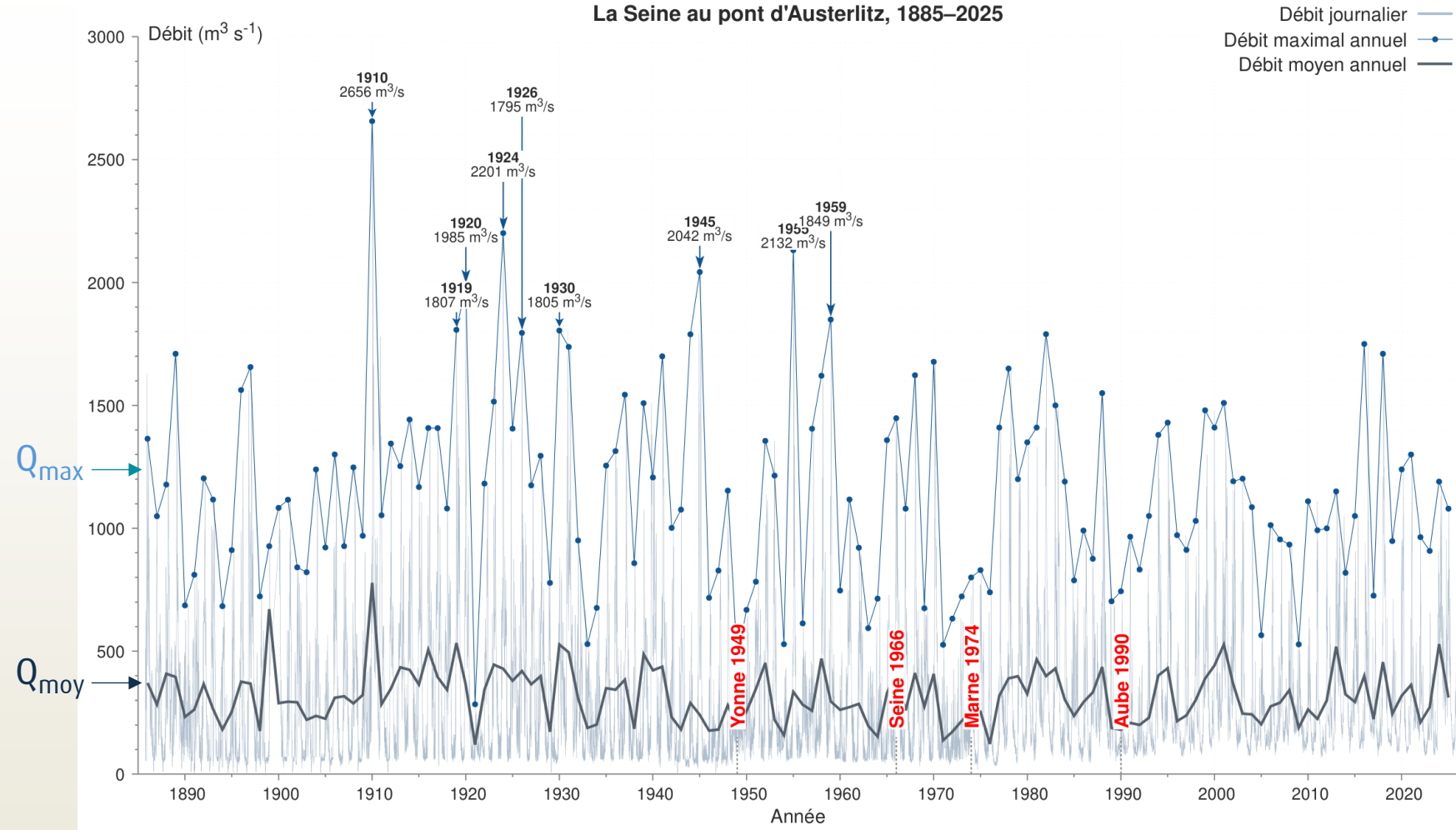
Un recul centennal sur les extrêmes

La Seine au pont d'Austerlitz, 1885–2025



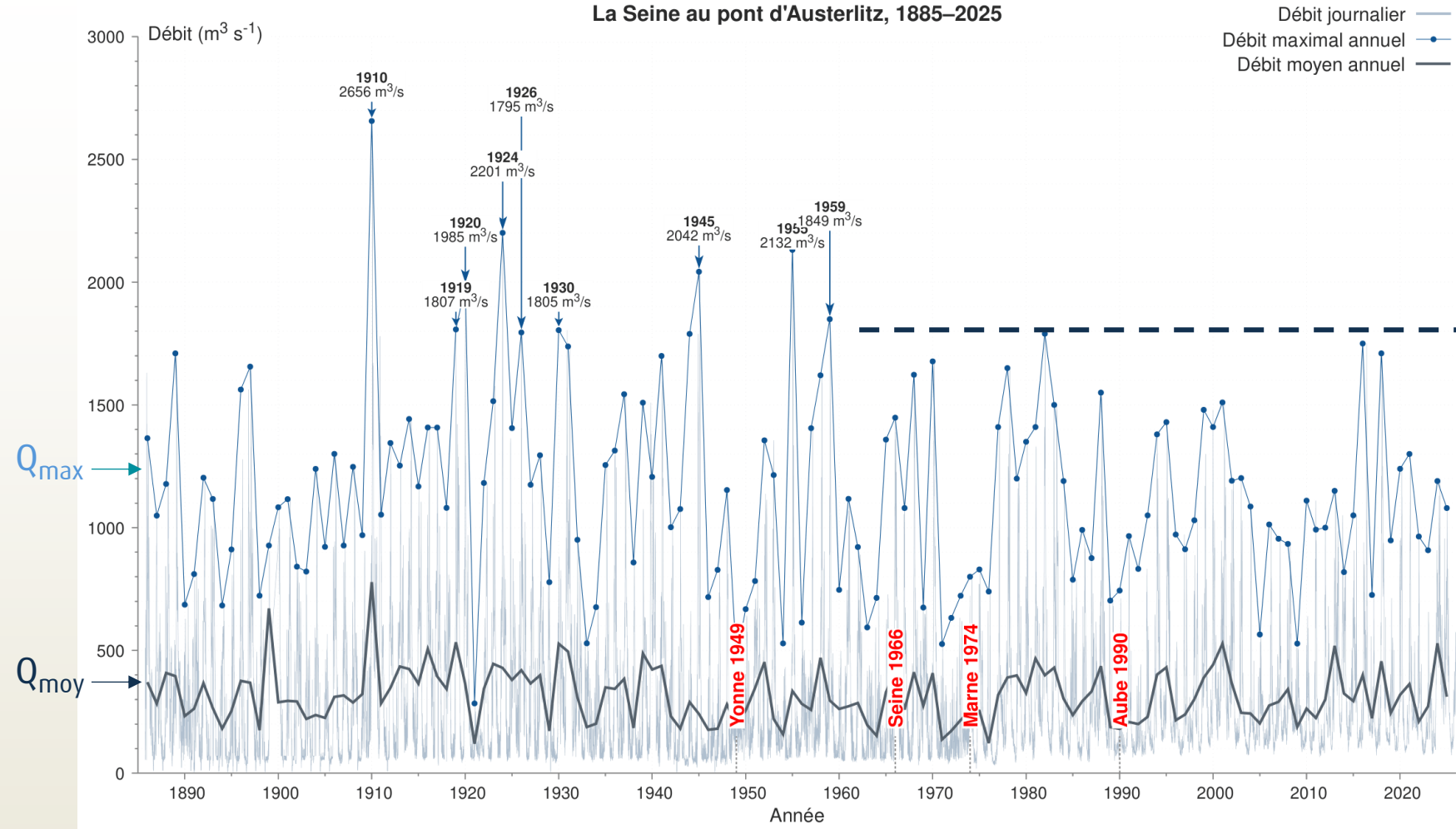
Un recul centennal sur les extrêmes

La Seine au pont d'Austerlitz, 1885–2025



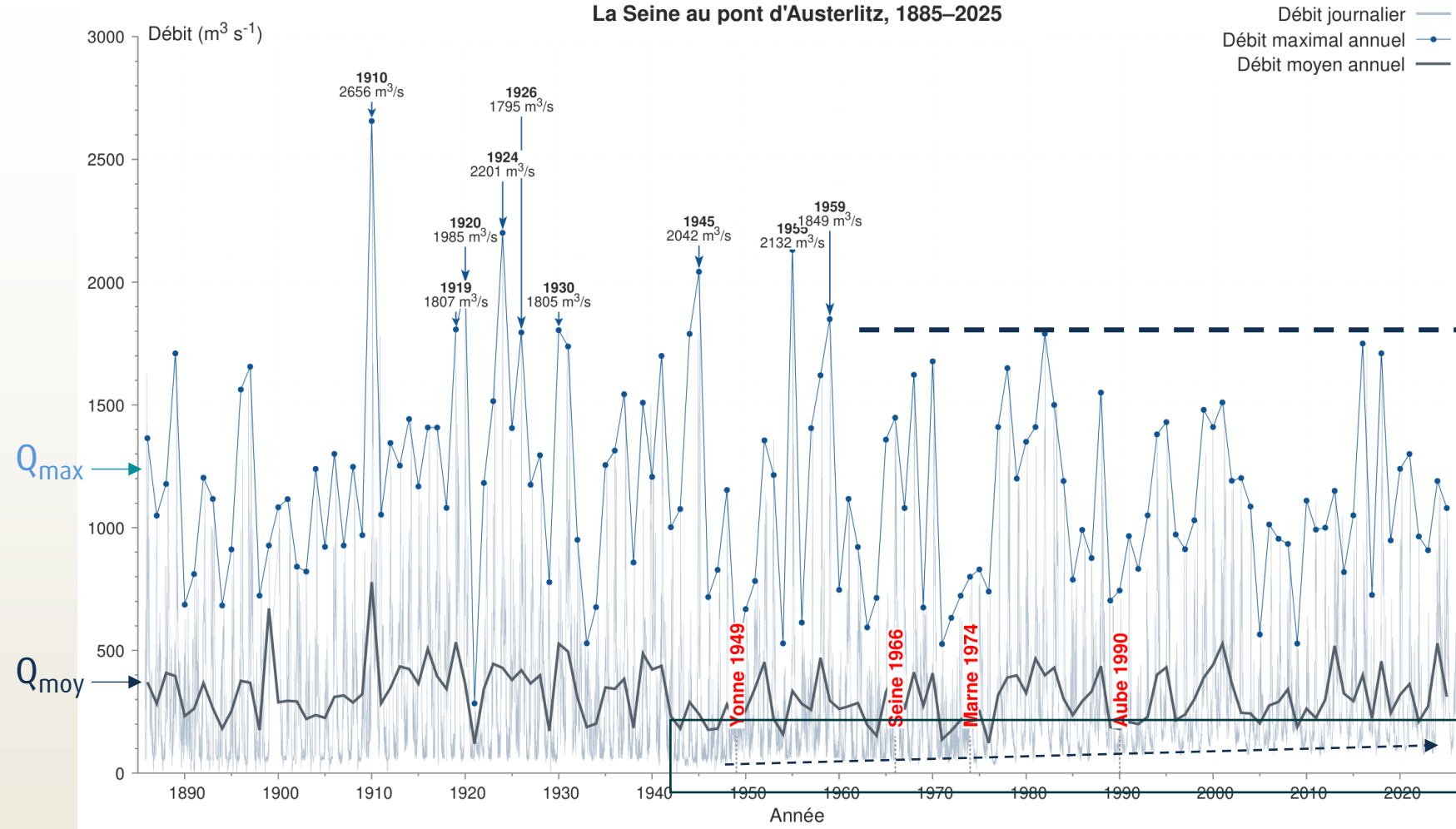
Un recul centennal sur les extrêmes

La Seine au pont d'Austerlitz, 1885–2025



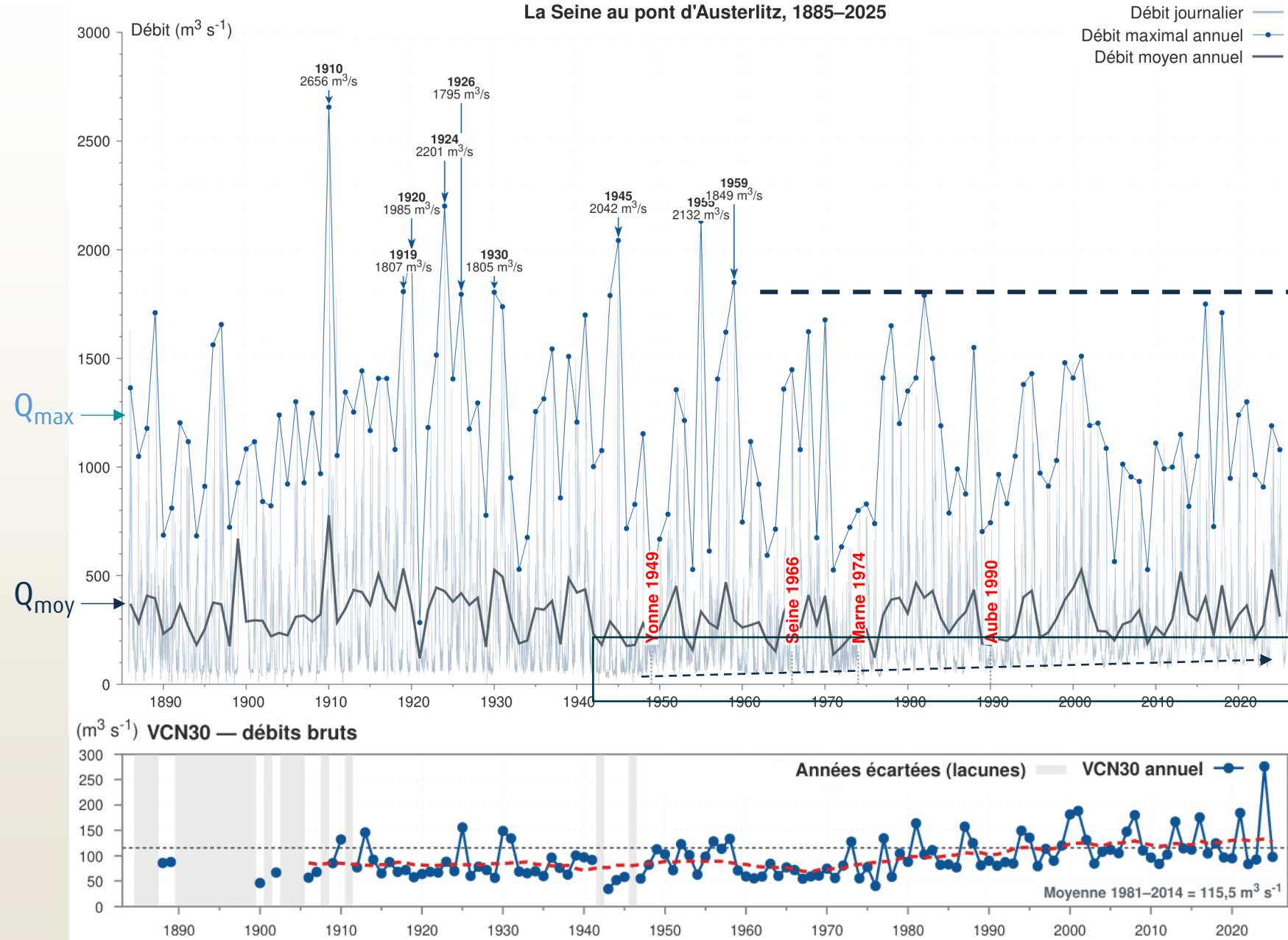
Un recul centennal sur les extrêmes

La Seine au pont d'Austerlitz, 1885–2025



Un recul centennal sur les extrêmes

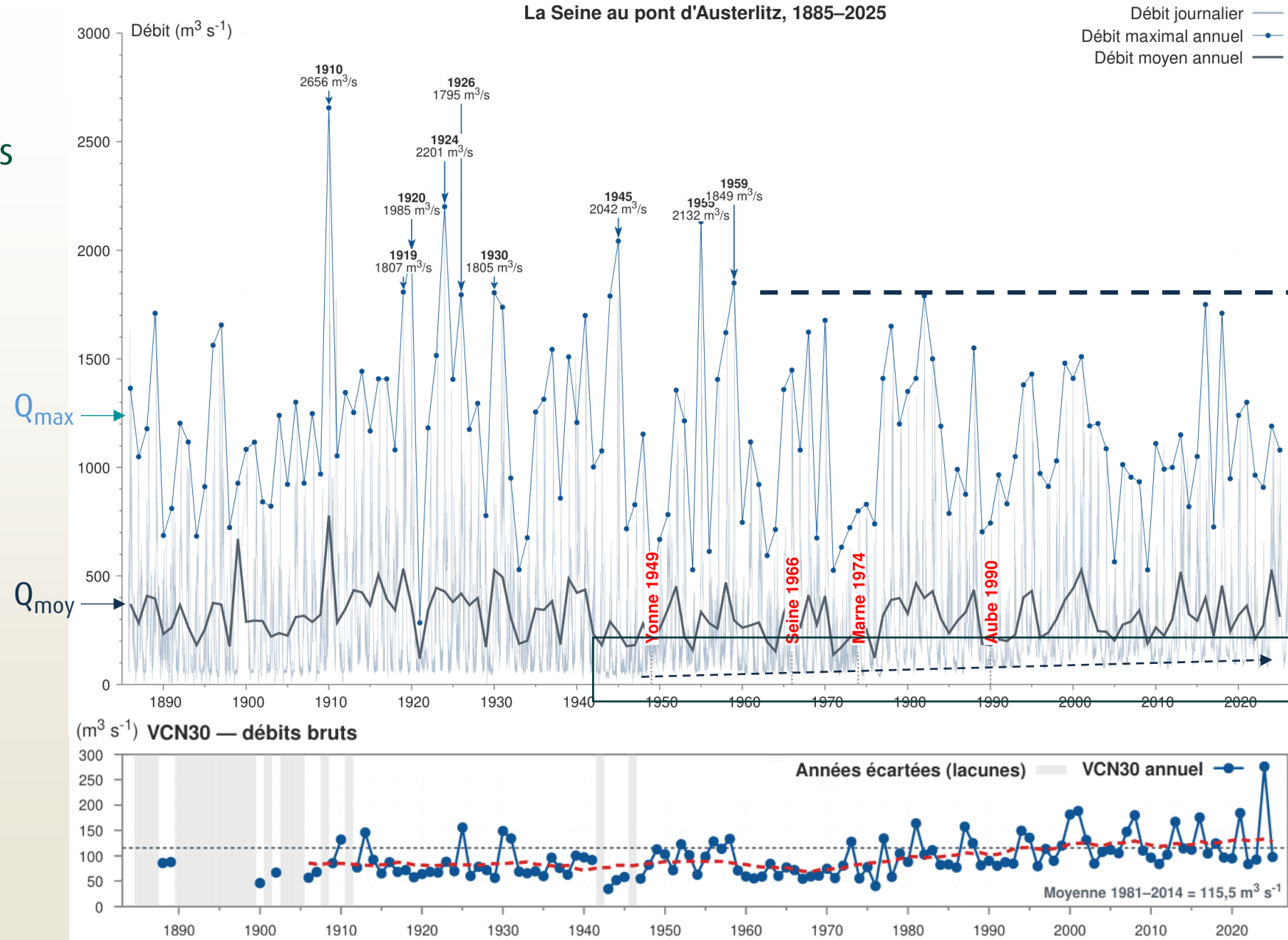
La Seine au pont d'Austerlitz, 1885–2025



Un recul centennal sur les extrêmes

La Seine au pont d'Austerlitz, 1885–2025

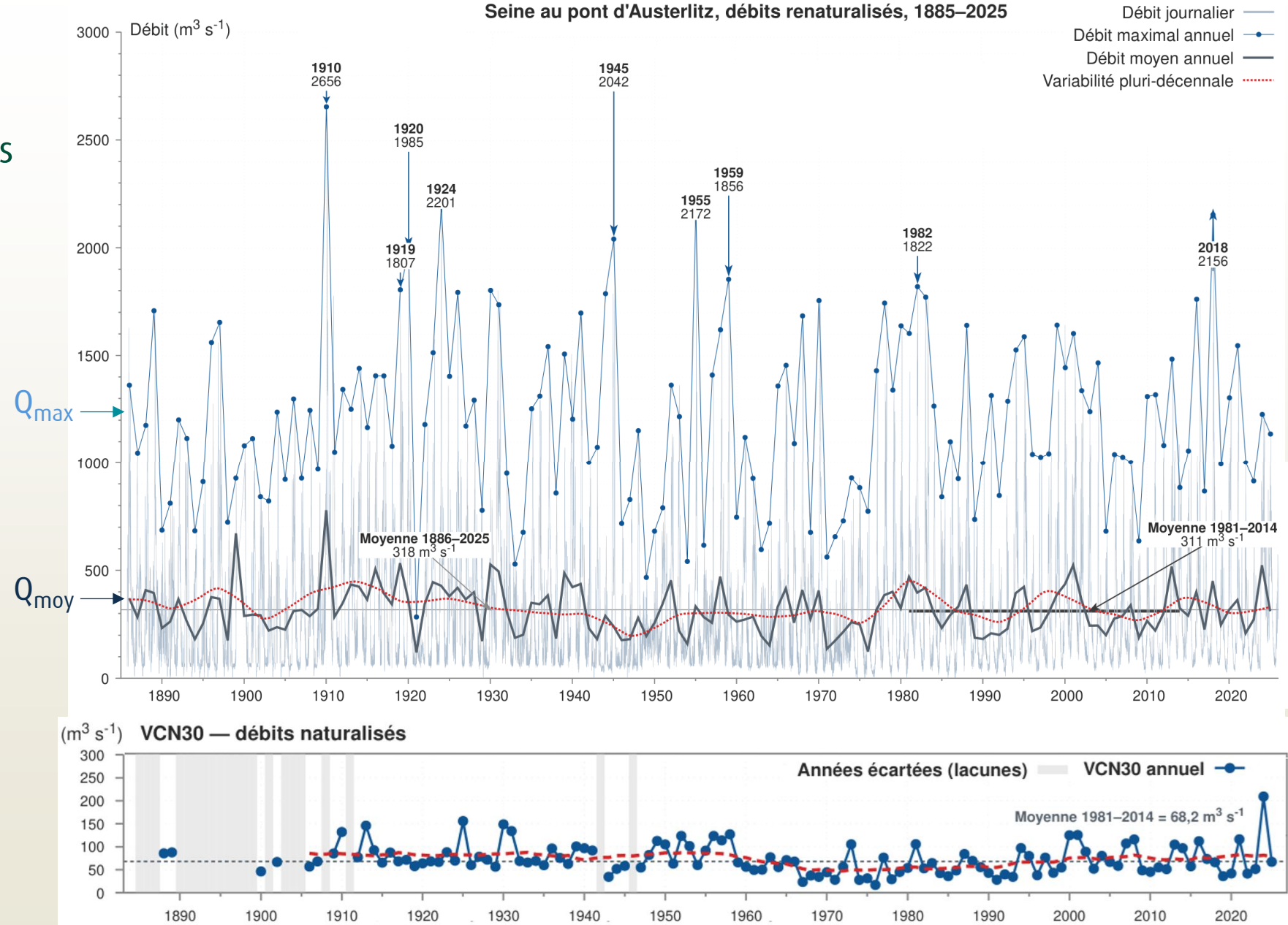
- ➔ Renaturalisation des débits mesurés à Paris-Austerlitz



Un recul centennal sur les extrêmes

Seine au pont d'Austerlitz, débits renaturalisés, 1885–2025

- ➔ Renaturalisation des débits mesurés à Paris-Austerlitz

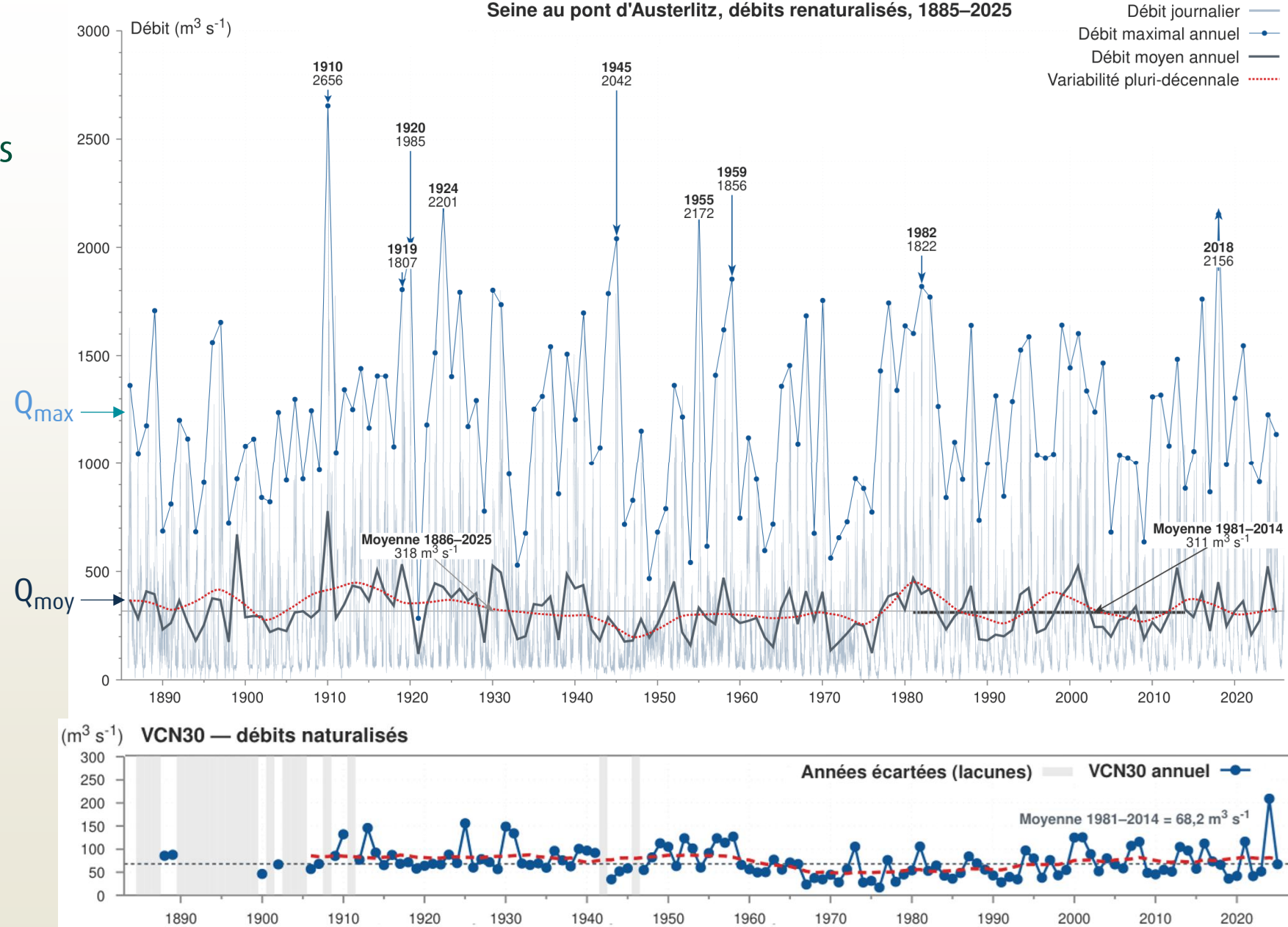


Un recul centennal sur les extrêmes

Seine au pont d'Austerlitz, débits renaturalisés, 1885–2025

➔ Renaturalisation des débits mesurés à Paris-Austerlitz

- Chroniques journalières de débits de prise et relargage depuis 1949 
- Temps de transfert *in-stream* estimé par CaWaQ53.x calibré

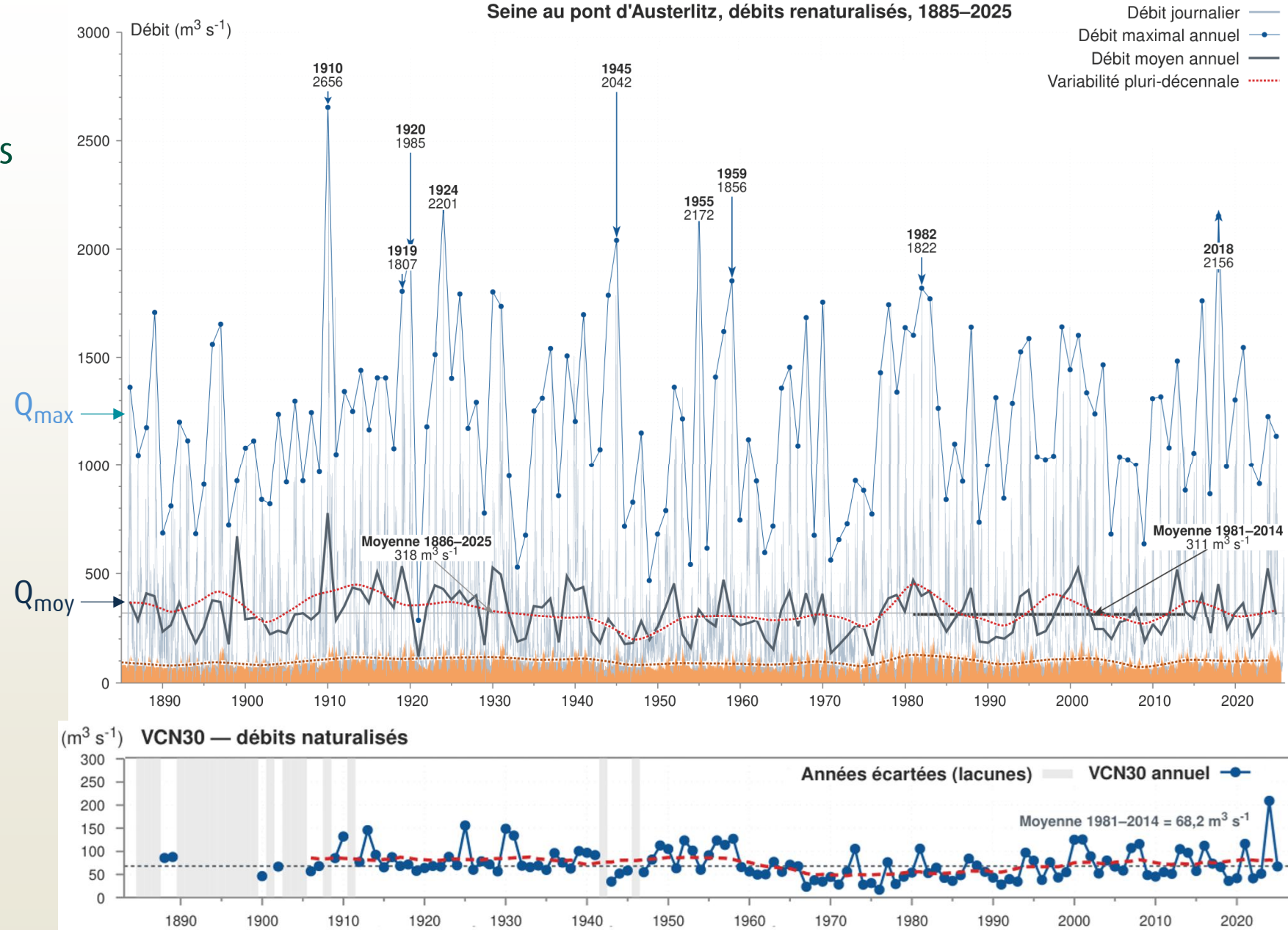


Un recul centennal sur les extrêmes

Seine au pont d'Austerlitz, débits renaturalisés, 1885–2025

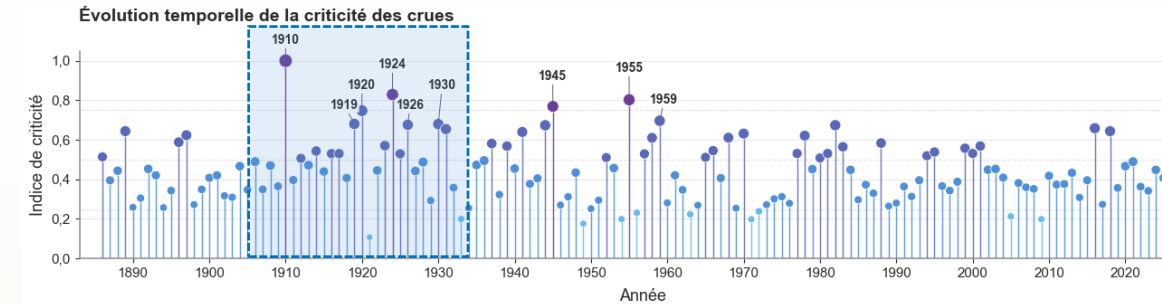
➔ Renaturalisation des débits mesurés à Paris-Austerlitz

- Chroniques journalières de débits de prise et relargage depuis 1949 
- Temps de transfert *in-stream* estimé par CaWaQ53.x calibré



Reconstitution historique des conditions de surface

- Données hydrométéorologiques (Bonnet, 2018)
 - Reconstruction spatialisée journalière 1851-2010

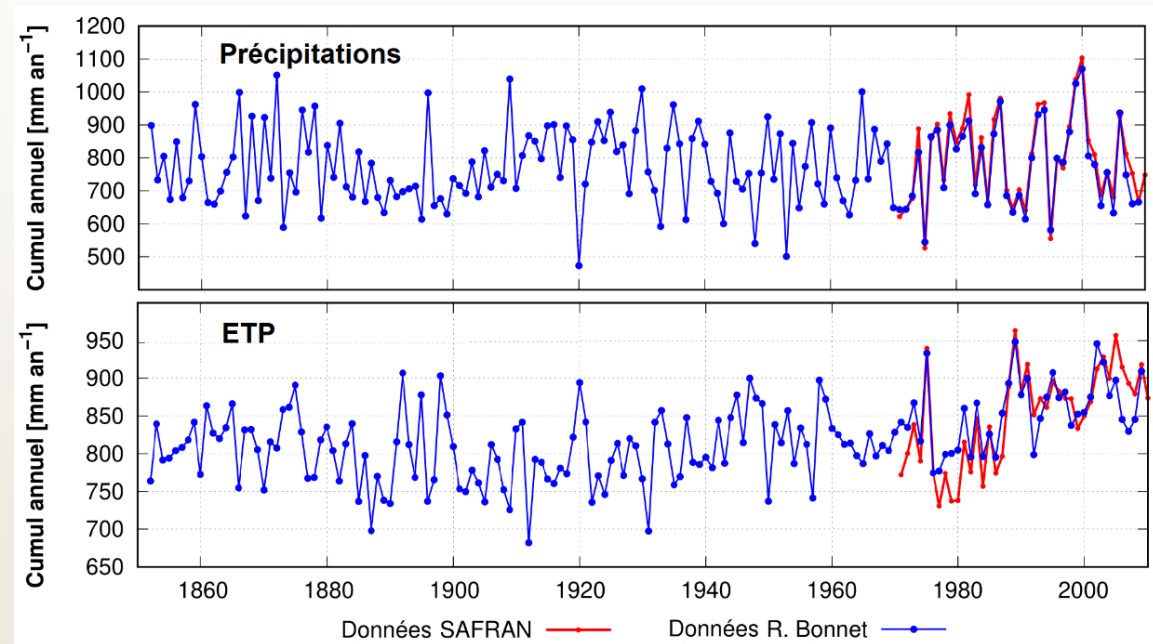
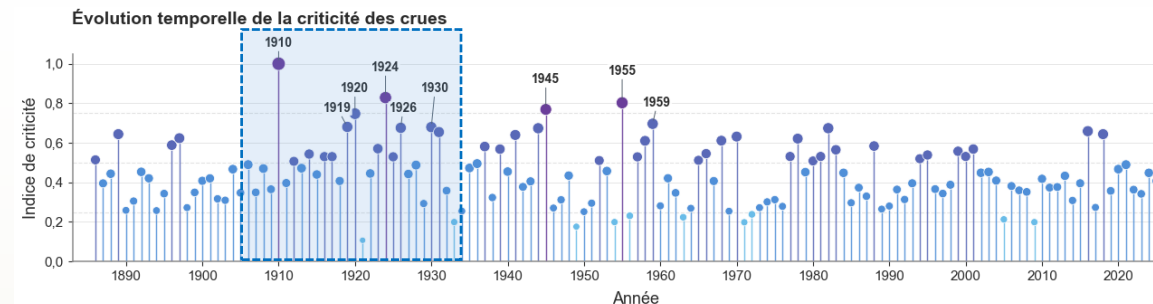


Reconstitution historique des conditions de surface

Données hydrométéorologiques

(Bonnet, 2018)

- Reconstruction spatialisée journalière 1851-2010
- Développée pour représenter **variations décennales**, **multi-décennales** et **variabilité quotidienne** spécifiquement sur le bassin de la Seine
- NOAA 20CRv2c : Réanalyse **atmosphérique historique**
- SAFRAN : Référence **météorologique locale**

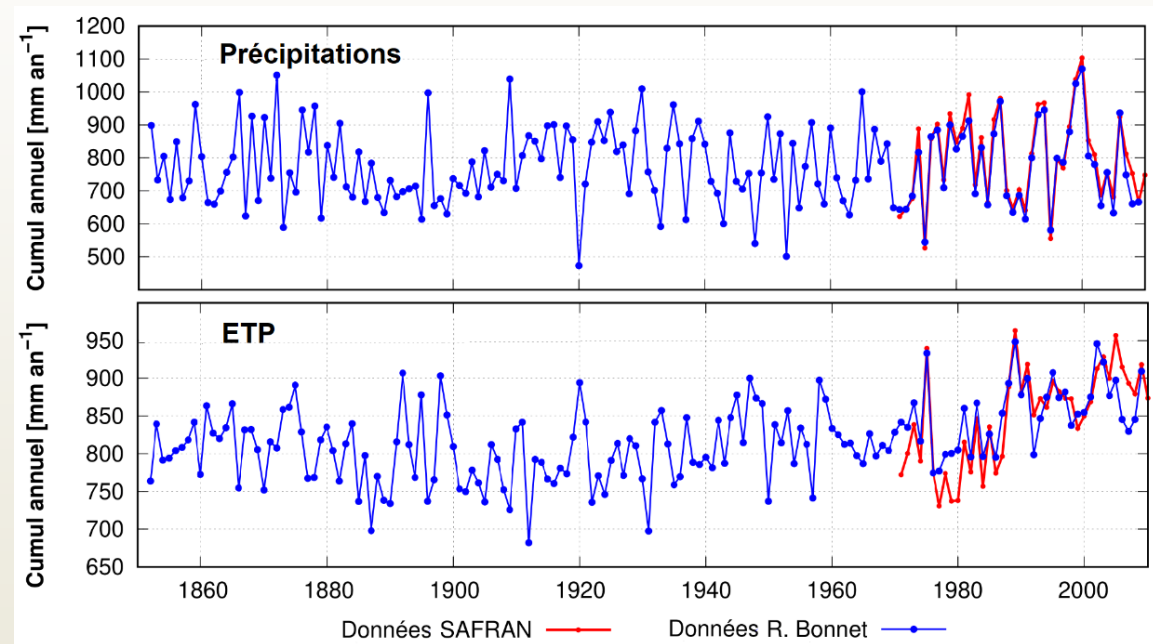
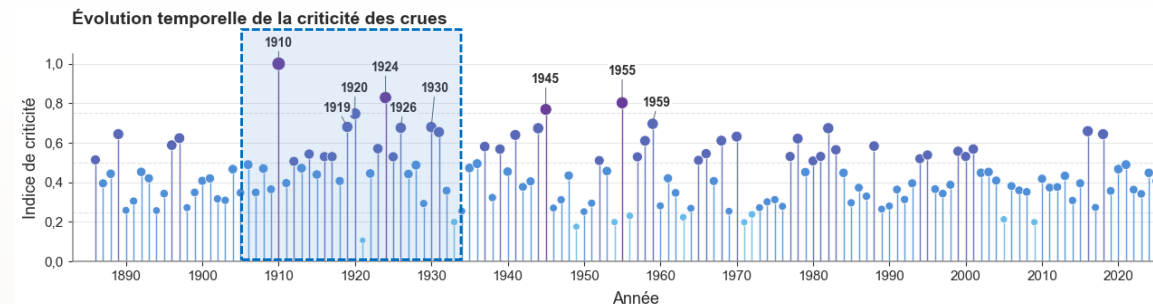


Reconstitution historique des conditions de surface

Données hydrométéorologiques

(Bonnet, 2018)

- Reconstruction spatialisée journalière 1851-2010
- Développée pour représenter **variations décennales**, **multi-décennales** et **variabilité quotidienne** **spécifiquement** sur le bassin de la Seine
- NOAA 20CRv2c : Réanalyse **atmosphérique historique**
- SAFRAN : Référence **météorologique locale**
- Contraintes observationnelles **mensuelles** et **journalières** sur précipitations et température



Reconstitution historique des conditions de surface

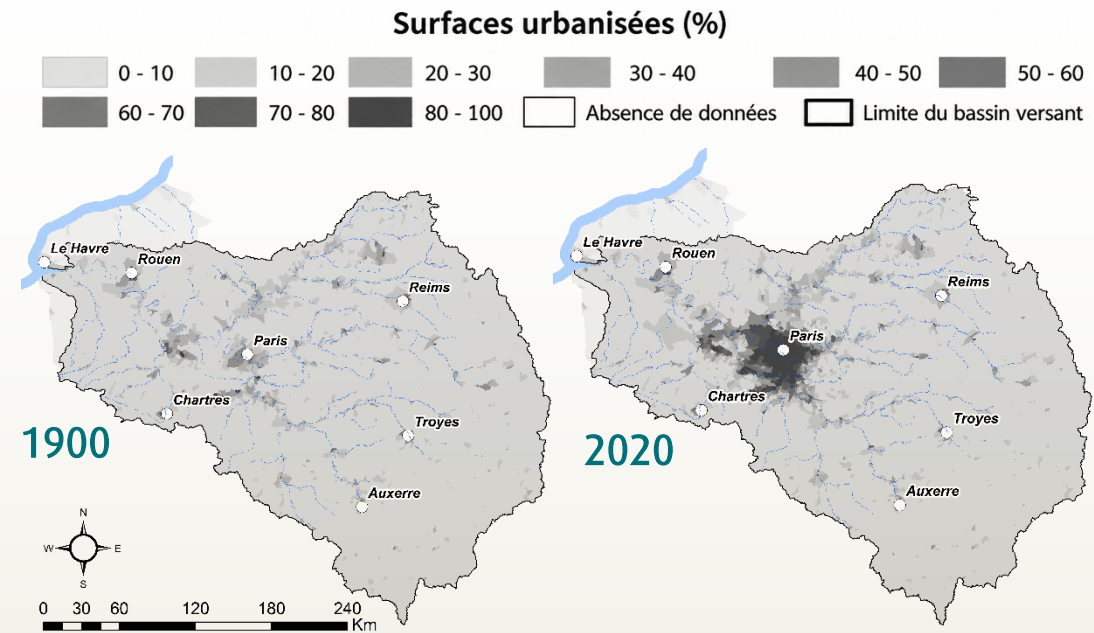
Données hydrométéorologiques

(Bonnet, 2018)

- Reconstruction spatialisée journalière 1851-2010
- Développée pour représenter **variations décennales, multi-décennales** et **variabilité quotidienne** **spécifiquement** sur le bassin de la Seine
- NOAA 20CRv2c : Réanalyse **atmosphérique historique**
- SAFRAN : Référence **météorologique locale**
- Contraintes observationnelles **mensuelles et journalières** sur précipitations et température

Reconstruction de l'occupation du sol

- Zones urbaines : recensements INSEE 1901-2009



Reconstitution historique des conditions de surface

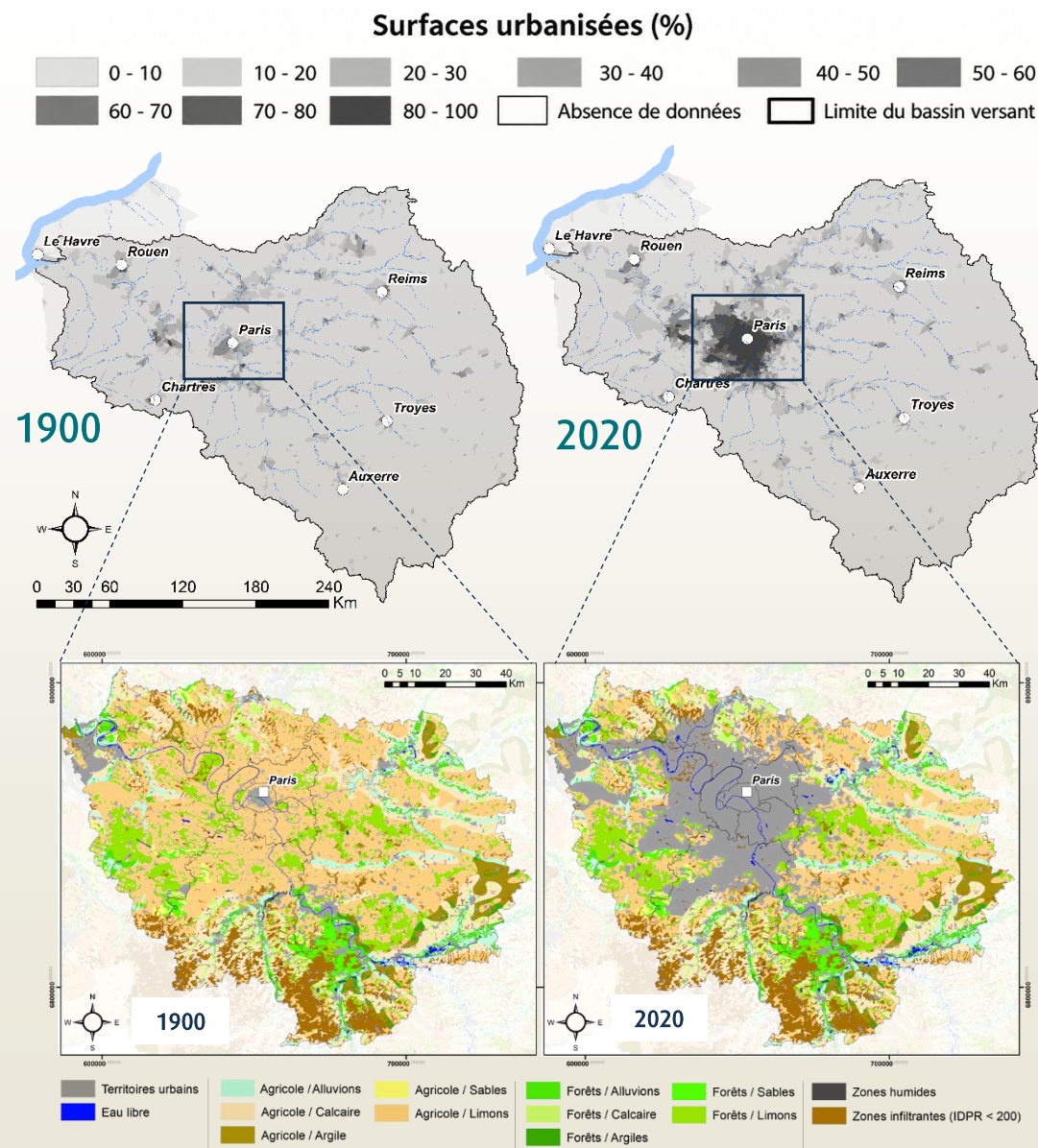
Données hydrométéorologiques

(Bonnet, 2018)

- Reconstruction spatialisée journalière 1851-2010
- Développée pour représenter **variations décennales, multi-décennales** et **variabilité quotidienne** spécifiquement sur le bassin de la Seine
- NOAA 20CRv2c : Réanalyse **atmosphérique historique**
- SAFRAN : Référence **météorologique locale**
- Contraintes observationnelles **mensuelles et journalières** sur précipitations et température

Reconstruction de l'occupation du sol

- Zones urbaines : recensements INSEE 1901-2009
- Agglomération parisienne : spatialisation affinée à partir des données IPR Île-de-France



Reconstitution historique des conditions de surface

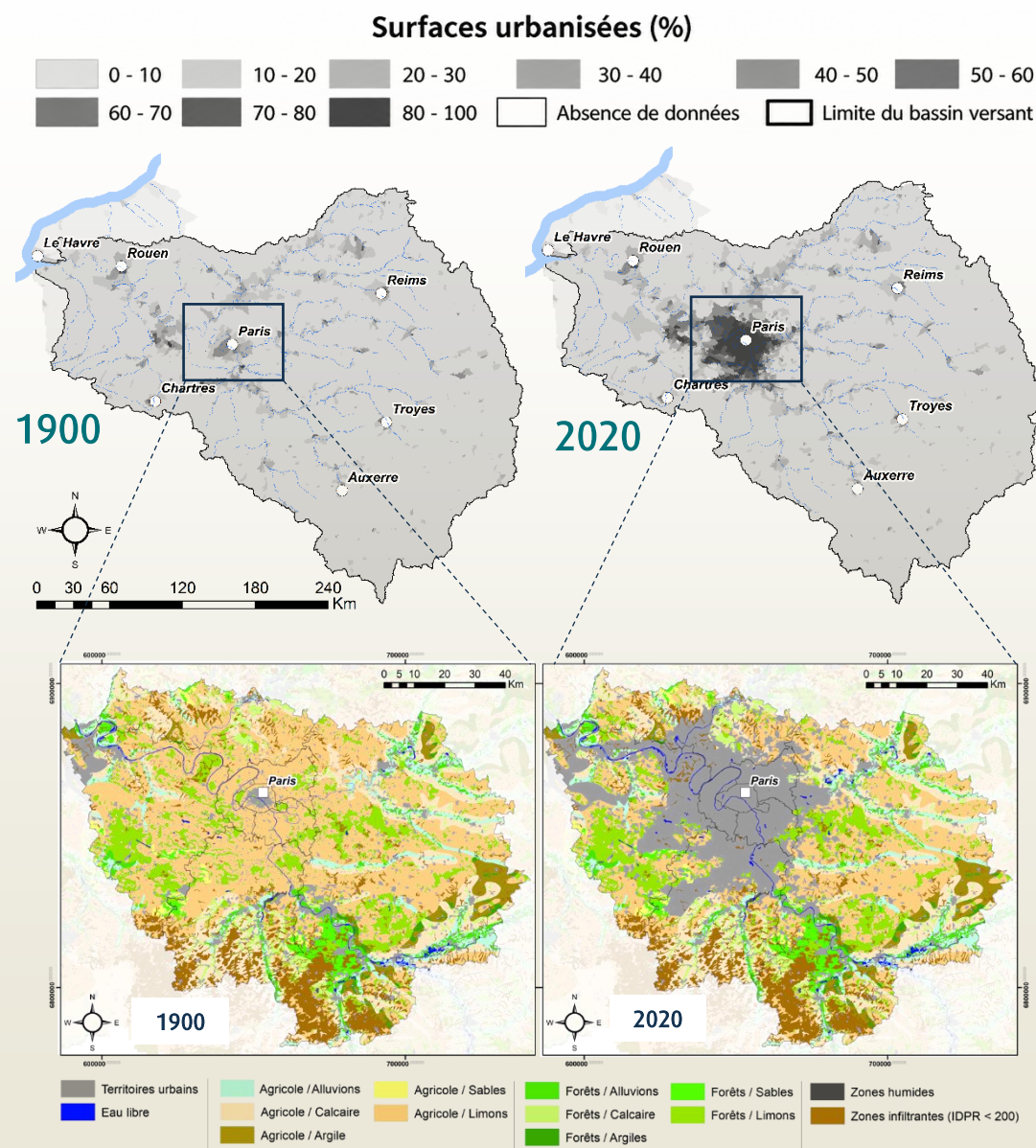
Données hydrométéorologiques

(Bonnet, 2018)

- Reconstruction spatialisée journalière 1851-2010
- Développée pour représenter **variations décennales, multi-décennales** et **variabilité quotidienne** spécifiquement sur le bassin de la Seine
- NOAA 20CRv2c : Réanalyse **atmosphérique historique**
- SAFRAN : Référence **météorologique locale**
- Contraintes observationnelles **mensuelles et journalières** sur précipitations et température

Reconstruction de l'occupation du sol

- Zones urbaines : recensements INSEE 1901-2009
- Agglomération parisienne : spatialisation affinée à partir des données IPR Île-de-France
- Forêts : hypothèse d'une occupation forestière stable pré-1950



Reconstitution historique des conditions de surface

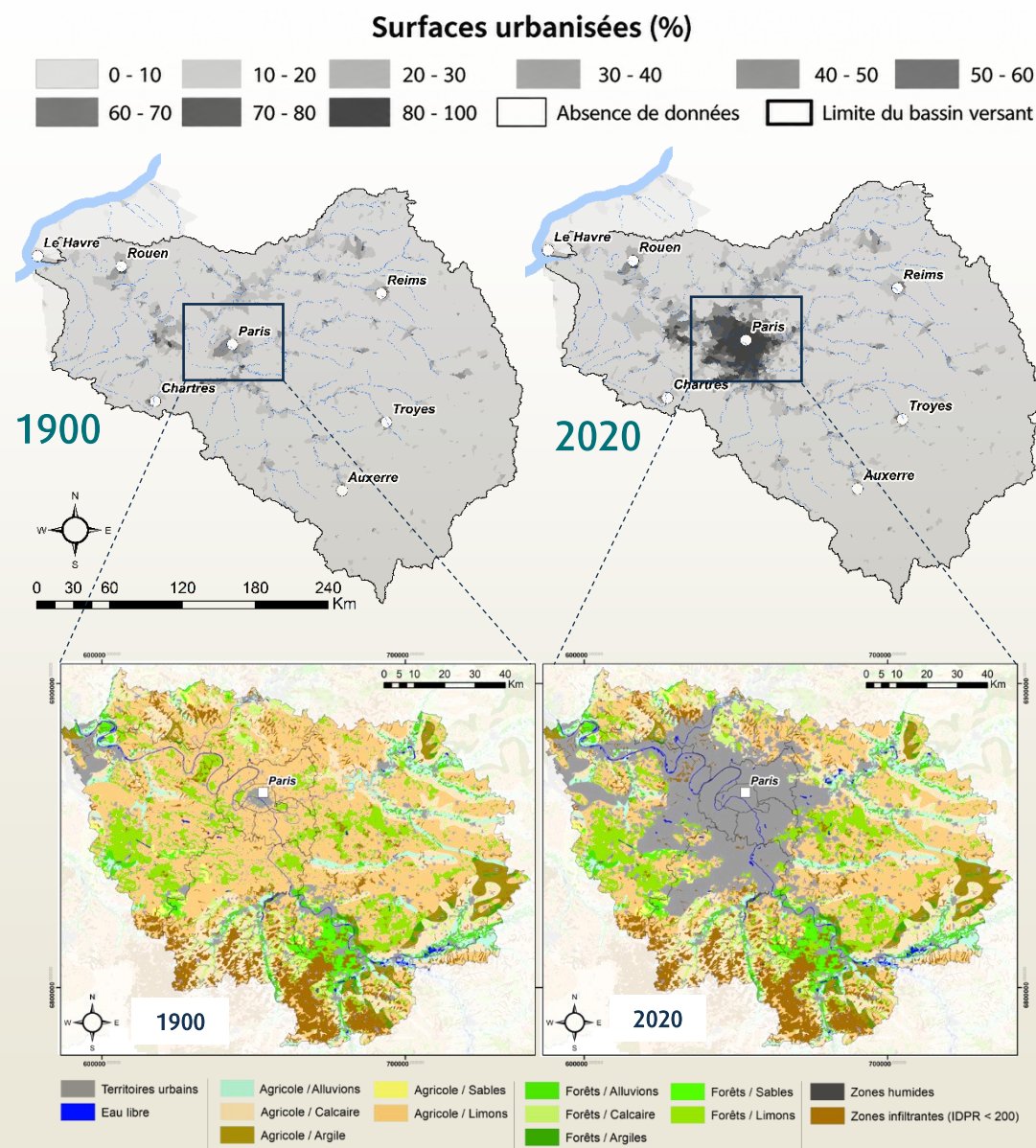
Données hydrométéorologiques

(Bonnet, 2018)

- Reconstruction spatialisée journalière 1851-2010
- Développée pour représenter **variations décennales, multi-décennales** et **variabilité quotidienne** spécifiquement sur le bassin de la Seine
- NOAA 20CRv2c : Réanalyse **atmosphérique historique**
- SAFRAN : Référence **météorologique locale**
- Contraintes observationnelles **mensuelles et journalières** sur précipitations et température

Reconstruction de l'occupation du sol

- Zones urbaines : recensements INSEE 1901-2009
- Agglomération parisienne : spatialisation affinée à partir des données IPR Île-de-France
- Forêts : hypothèse d'une occupation forestière stable pré-1950
- Terres arables : variable d'ajustement spatial



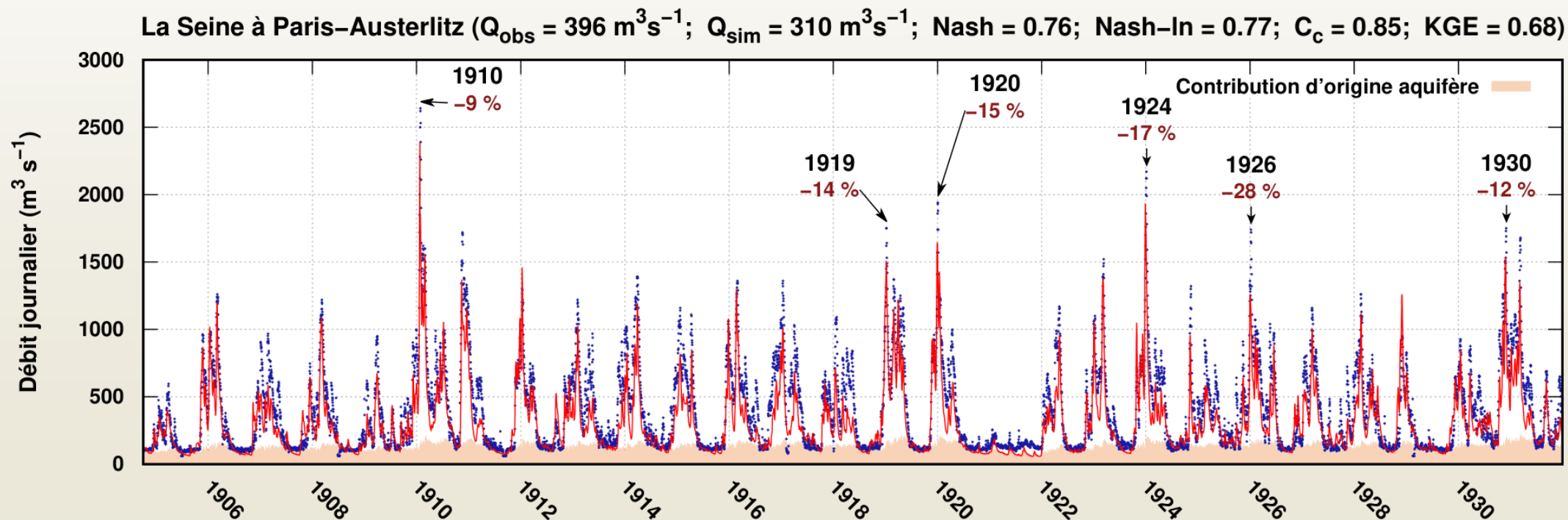
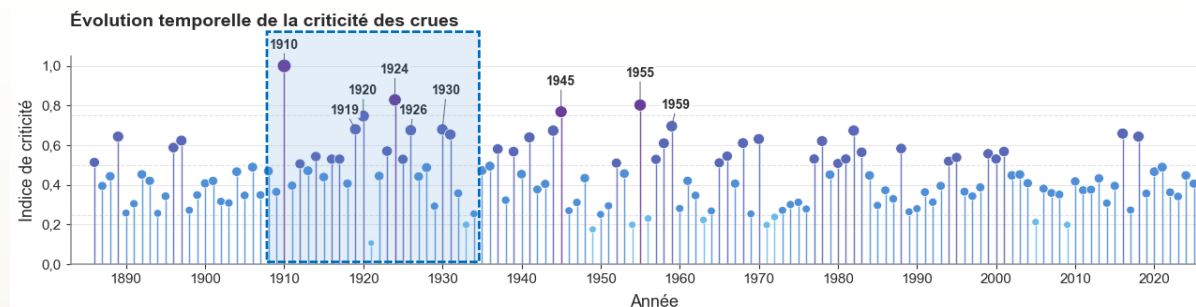
Rejeu des crues historiques

Données hydrométéorologiques

(Bonnet, 2018)

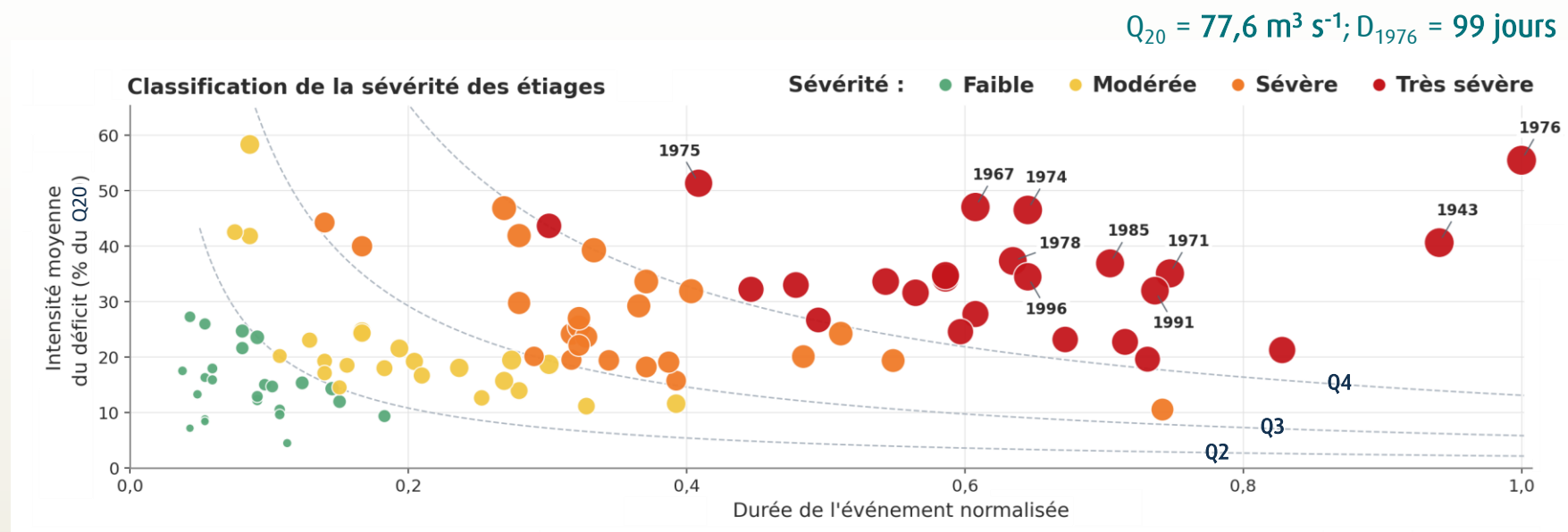
- Reconstruction spatialisée journalière 1851-2010
- Développée pour représenter variations décennales, multi-décennales et variabilité quotidienne spécifiquement sur le bassin de la Seine

Reconstruction de l'occupation du sol



Criticité des étiages historiques

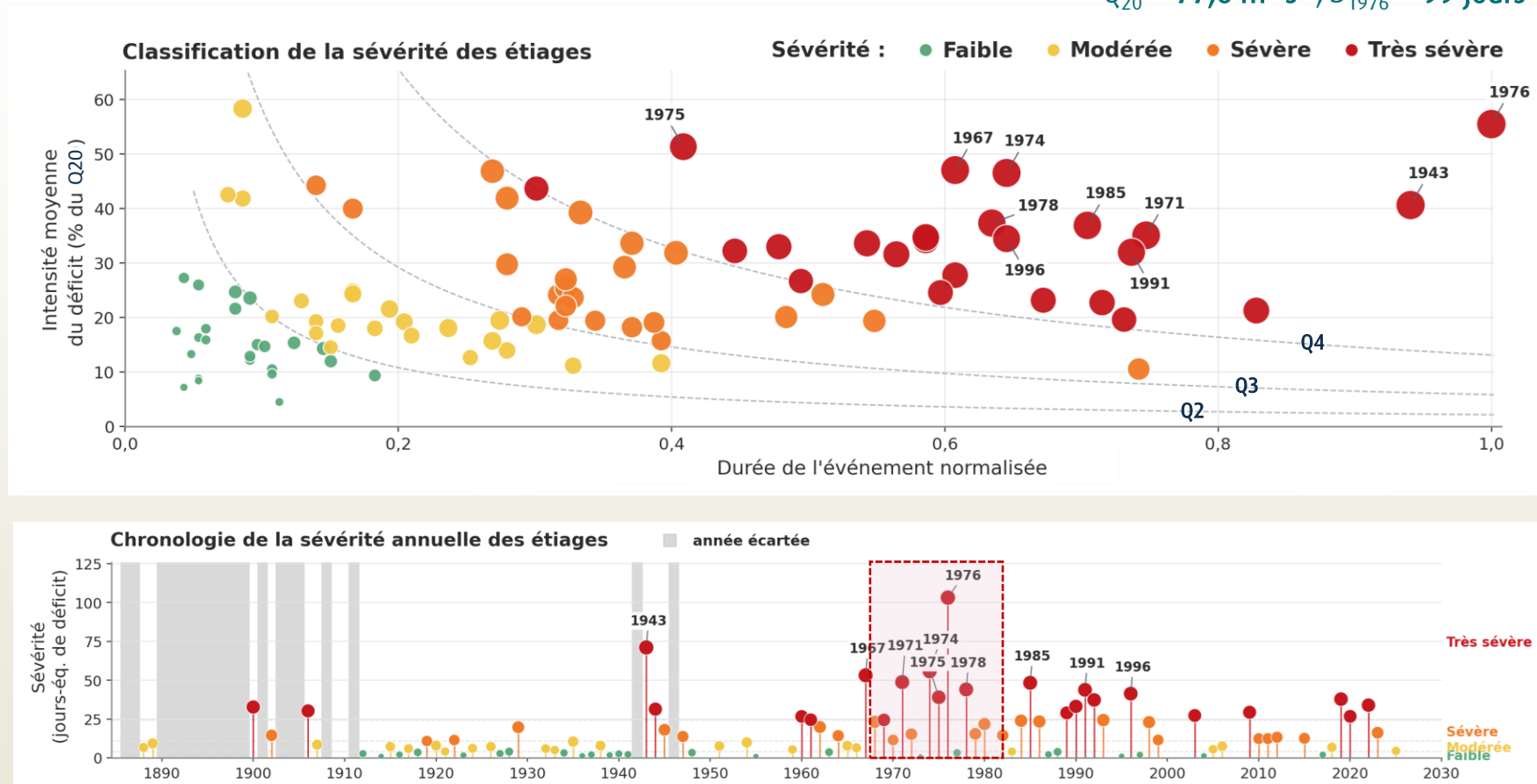
- Caractérisation de la **sévérité des étiages** de la Seine à Paris-Austerlitz.
- Sévérité : **intensité + durée.**
- Chaque année est représentée par son **événement le plus sévère.**



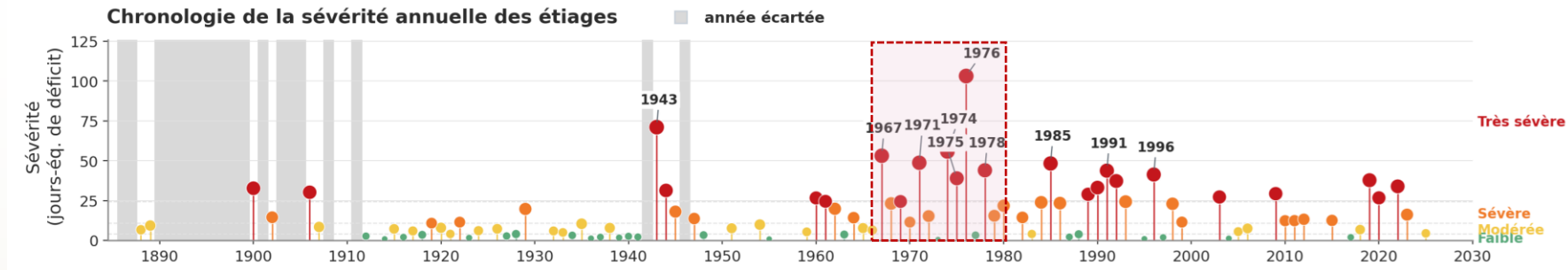
Criticité des étiages historiques

- Caractérisation de la **sévérité des étiages** de la Seine à Paris-Austerlitz.
- **Sévérité : intensité + durée.**
- Chaque année est représentée par son **événement le plus sévère**.

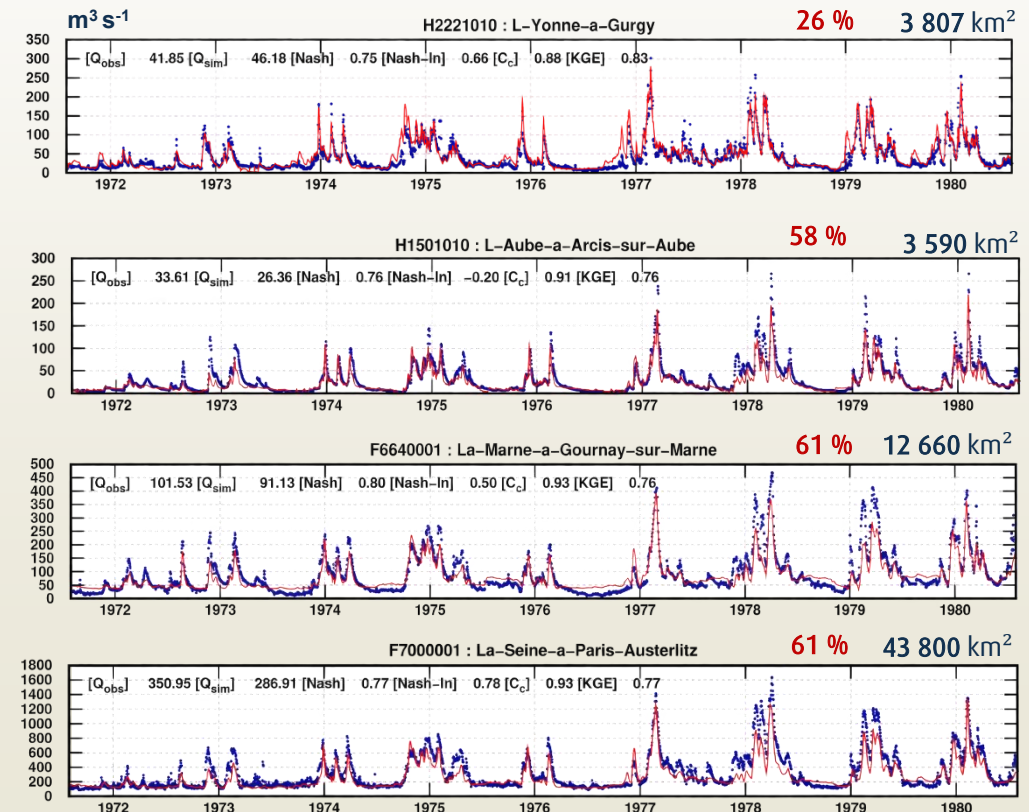
$$Q_{20} = 77,6 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}; D_{1976} = 99 \text{ jours}$$



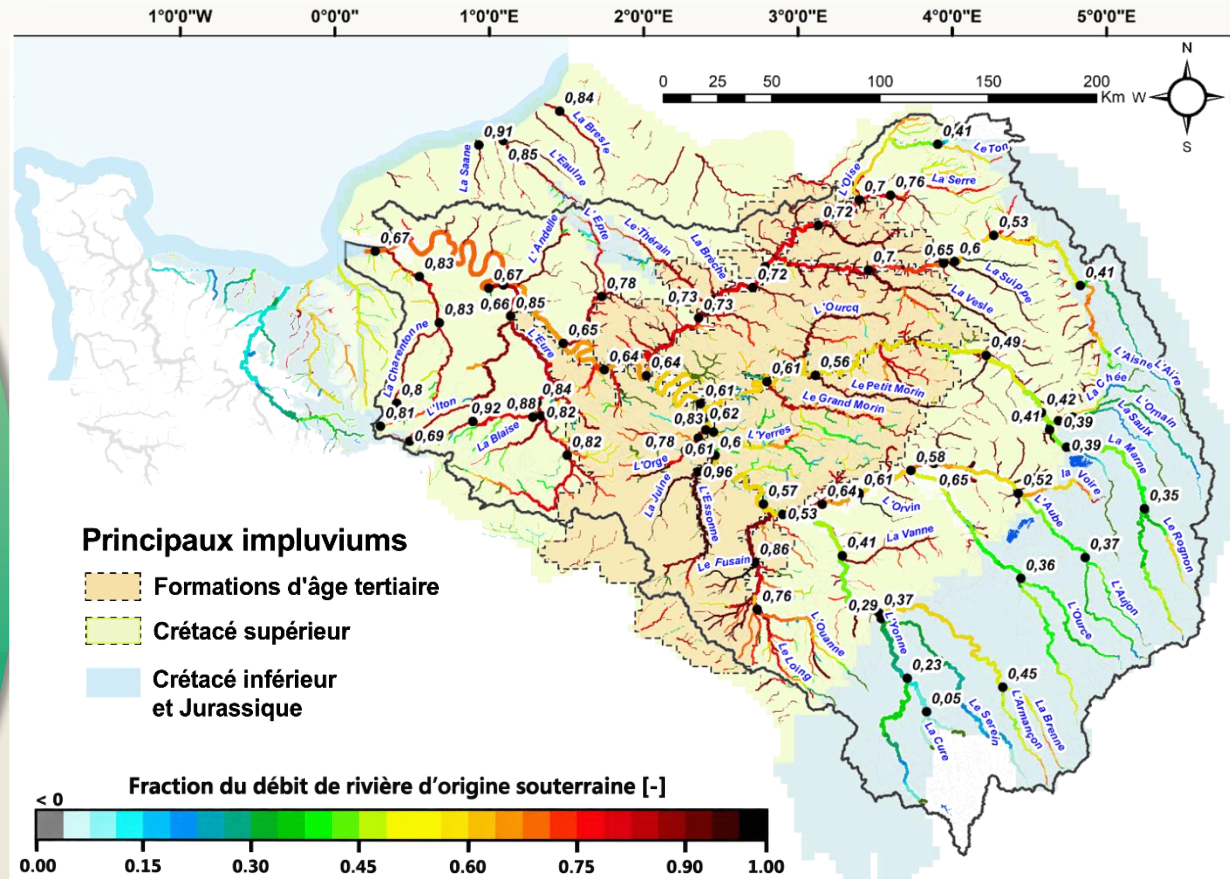
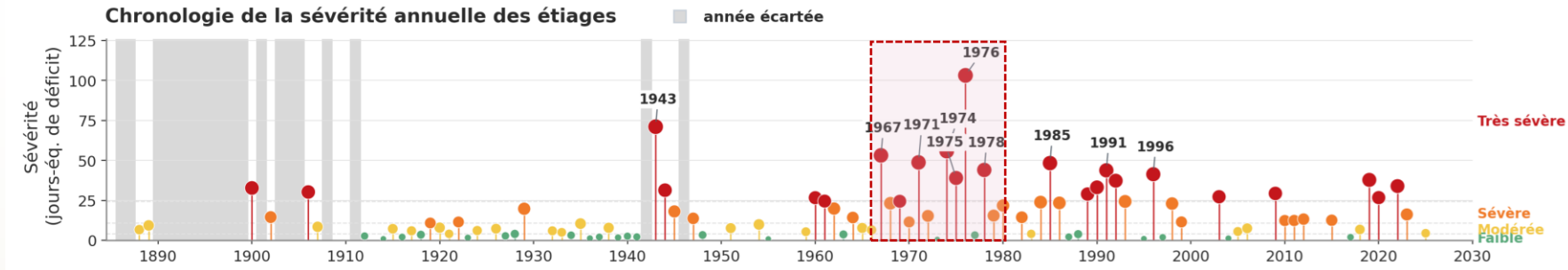
Performances : Étiages très sévères



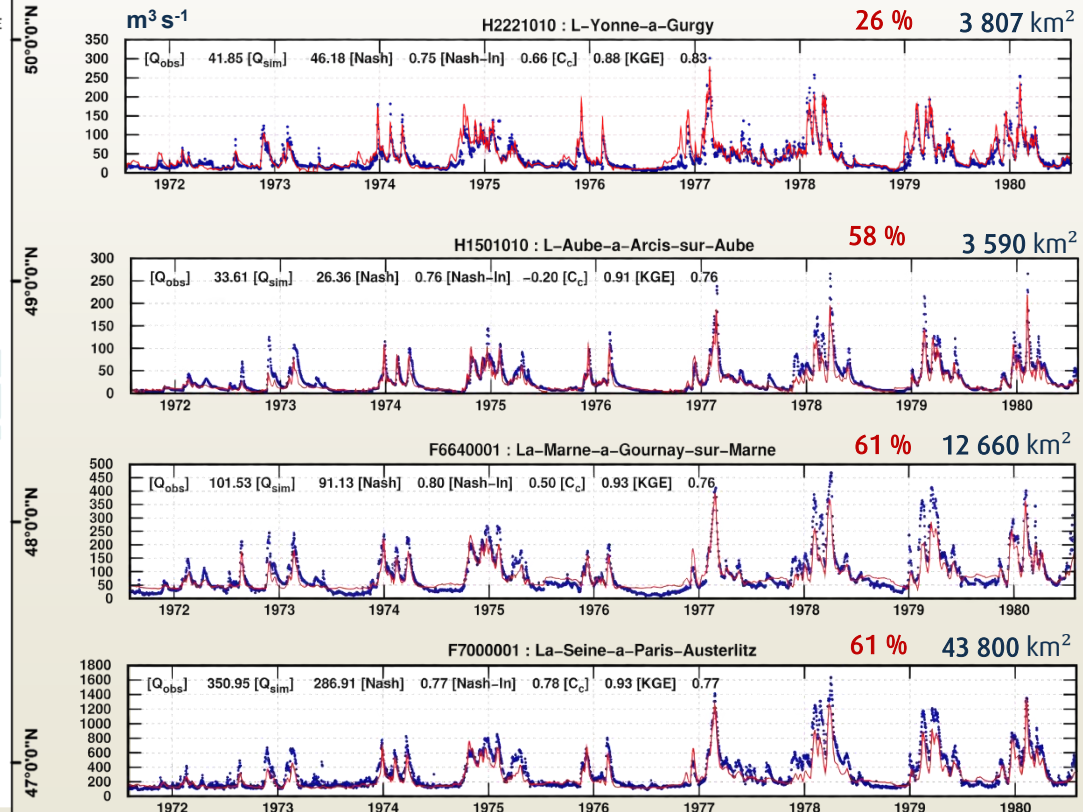
➡ Cours d'eau principaux



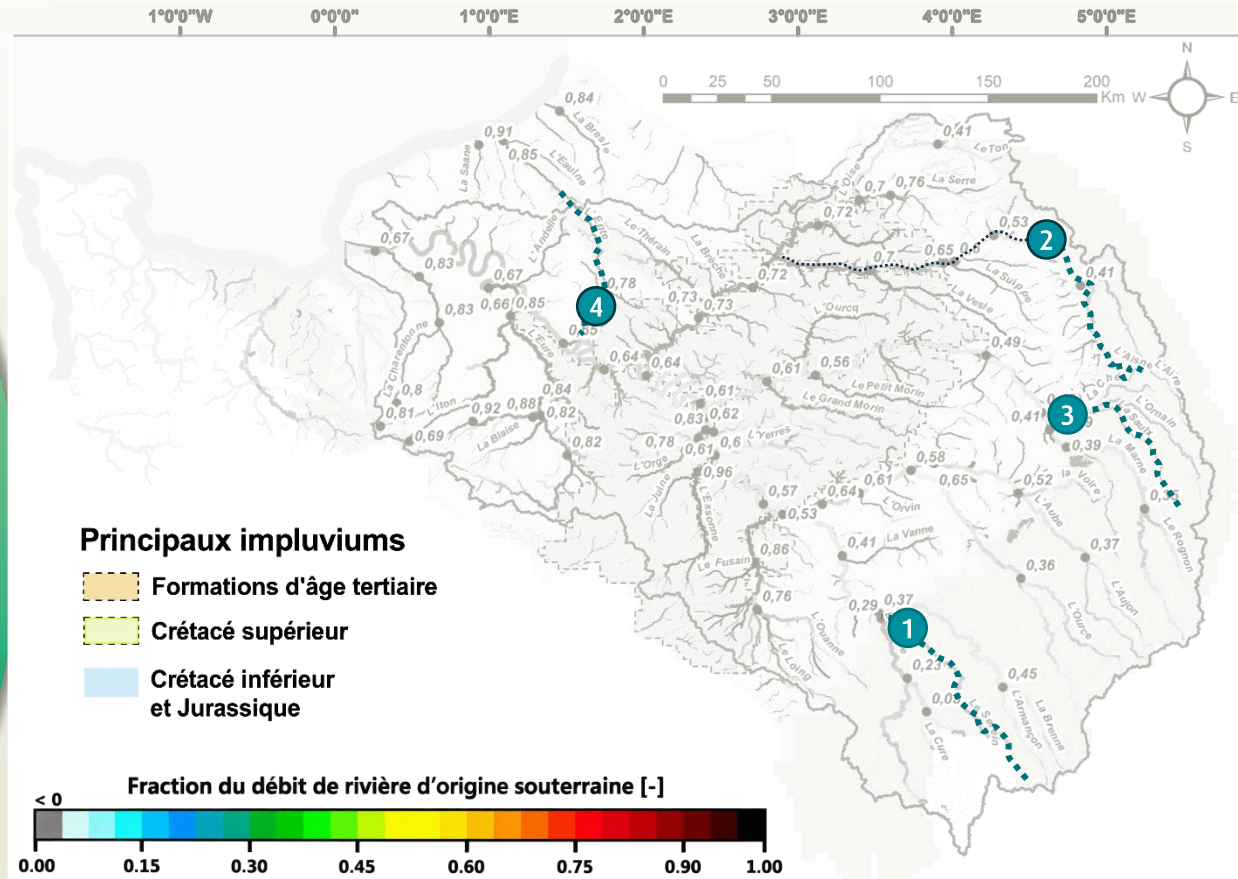
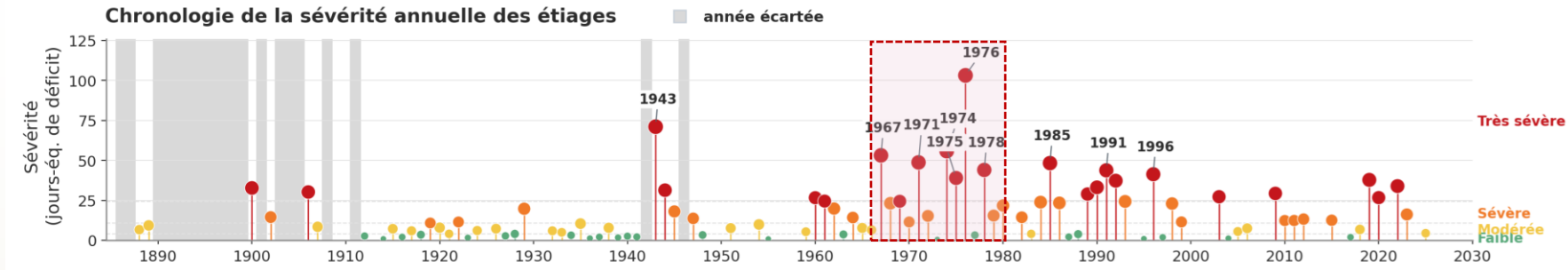
Performances : Étiages très sévères



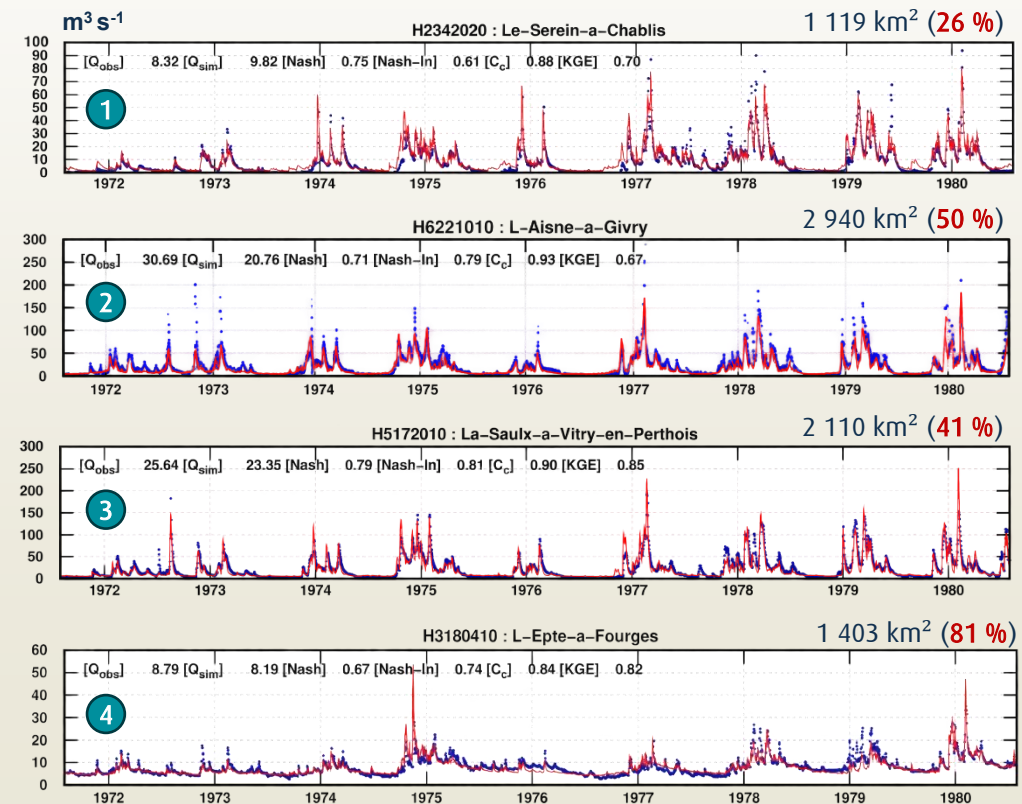
Cours d'eau principaux



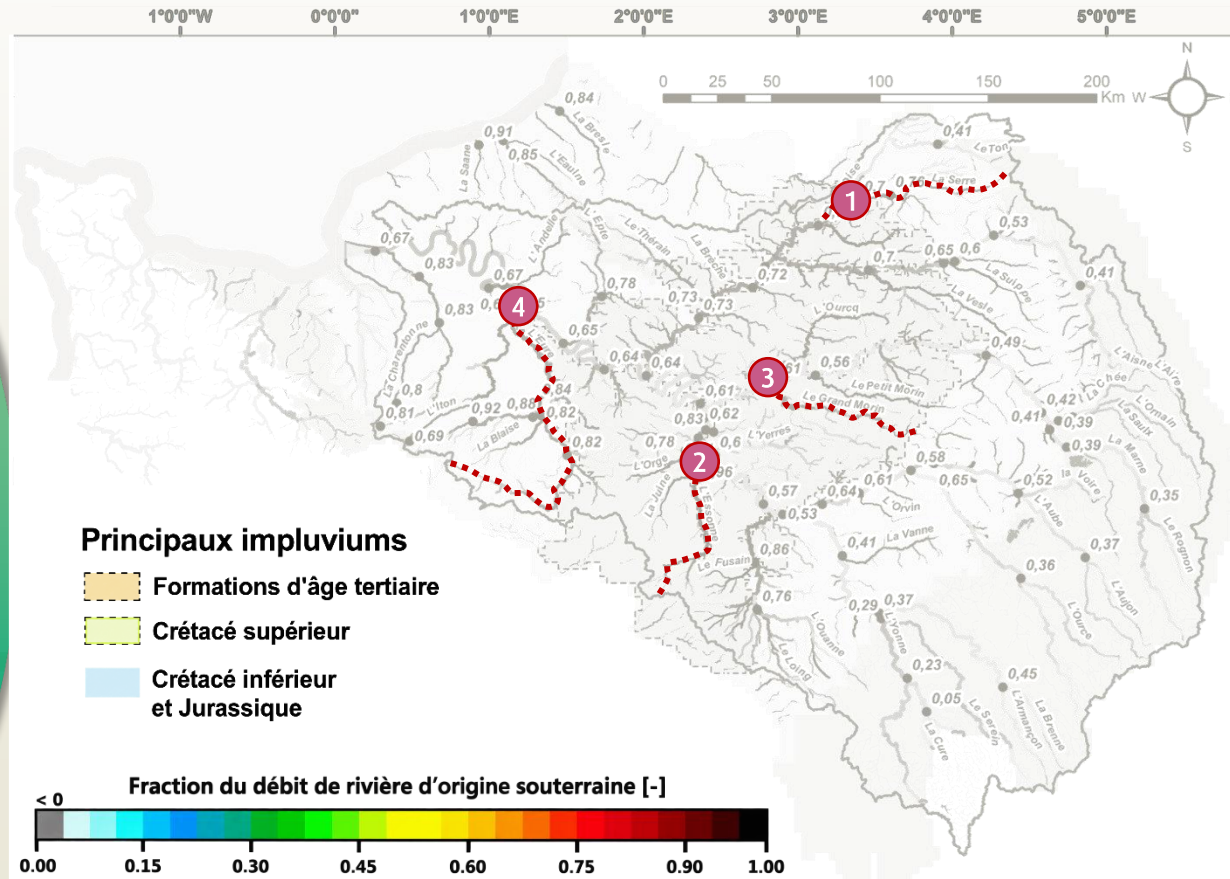
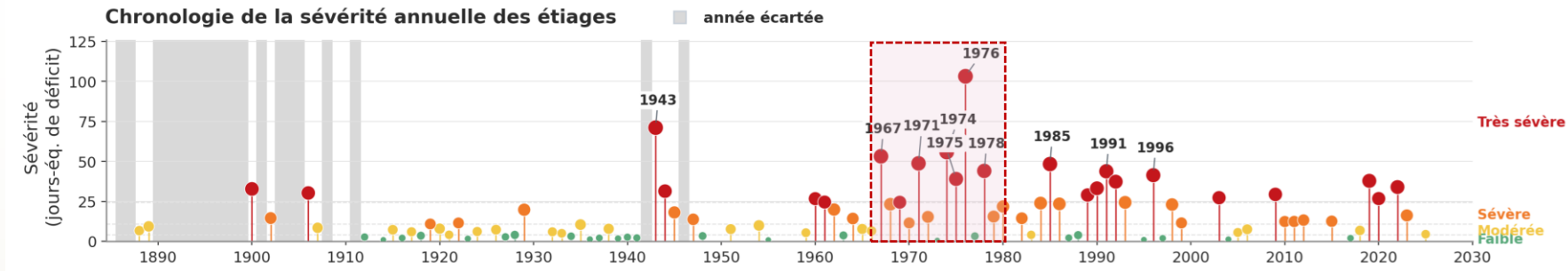
Performances : Étiages très sévères



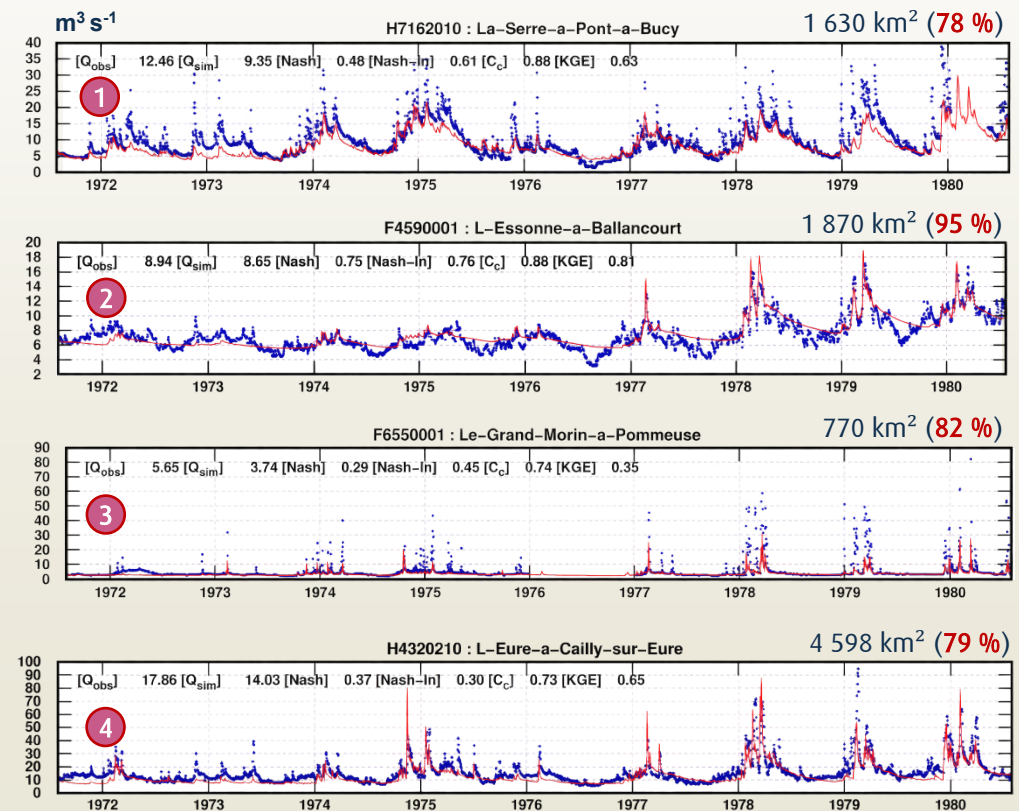
► Cours d'eau « Jurassiques »



Performances : Étiages très sévères



Cours d'eau à fort soutien d'étiage



Conclusion

➡ Références communes

Constituer et documenter un corpus partagé de crues et d'étiages critiques, décliné selon plusieurs intensités et durées.

Conclusion

➡ Références communes

Constituer et documenter un corpus partagé de crues et d'étiages critiques, décliné selon plusieurs intensités et durées.

➡ Approche originale

Structurée par l'identification de « **trajectoires cœur** » + scénarisation de séquences **climatiques critiques** générant des extrêmes.

- **Verrou** : Caractériser ce que pourraient être les extrêmes climatiques.

Conclusion

➔ Références communes

Constituer et documenter un corpus partagé de crues et d'étiages critiques, décliné selon plusieurs intensités et durées.

➔ Approche originale

Structurée par l'identification de « **trajectoires cœur** » + scénarisation de séquences **climatiques critiques** générant des extrêmes.

- **Verrou** : Caractériser ce que pourraient être les extrêmes climatiques.

transdisciplinaire

Modélisation des usages (agricoles, AEP, industriel, régulation anthropique du cycle de l'eau-soutien étiage).

Évaluation des impacts sur la ressource en eau par **modélisation emboîtée multi-échelle** : du régional vers les territoires.

Conclusion

- ➔ **Références communes** Constituer et documenter un corpus partagé de crues et d'étiages critiques, décliné selon plusieurs intensités et durées.
- ➔ **Approche originale** Structurée par l'identification de « **trajectoires cœur** » + scénarisation de séquences **climatiques critiques** générant des extrêmes.
 - **Verrou** : Caractériser ce que pourraient être les extrêmes climatiques.
- transdisciplinaire** **Modélisation des usages** (agricoles, AEP, industriel, régulation anthropique du cycle de l'eau-soutien étiage).

Évaluation des impacts sur la ressource en eau par **modélisation emboîtée multi-échelle** : du régional vers les territoires.
- ➔ **Évaluations quantifiées** Comparer les scénarios à partir d'indicateurs et de seuils partagés pour identifier les vulnérabilités, les seuils critiques et les stratégies de gestion adaptées.

Merci de votre attention !

Références détaillées

- (Gallois et al., 2026) **Gallois N., Flipo N., Labarthe B., Rivière A., Mazzarelli S., Baratelli F., Maillot M., Wang S., Jost A. (2026).** CaWaQS3.x - Catchment Water Quality Simulator : User guide, concepts and equations, gitlab.com/cawaqs/cawaqs, Mines Paris – Université PSL, Centre de Géosciences, 237 p.
- (Girod et al., 2025) **Girod L.-M., Gallois N., Flipo N. (2025).** Caractérisation de la contribution des eaux souterraines aux crues du Loing, Centre de Géosciences - ARMINES, Mines Paris, PSL Université, R19122025LMGI, rapport technique d'étude, 207 p.
- (Gallois et Flipo, 2024) **Gallois N., Flipo N. (2024).** Relations eaux souterraines – réseau hydrographique sur le territoire Seine-Normandie: Quantification des flux hydriques en préparation de l'état des lieux 2025, Centre de Géosciences - ARMINES, Mines Paris, PSL Université, R15032024NGAL, rapport technique d'étude, 69 p.
- (Flipo et al., 2023) **Flipo N., Gallois N., Schuite J. (2023).** Regional coupled surface–subsurface hydrological model fitting based on a spatially distributed minimalist reduction of frequency domain discharge data. *Geosci. Model Dev.*, 16, 353-381, Copernicus publications, [doi:10.5194/gmd-16-353-2023](https://doi.org/10.5194/gmd-16-353-2023)
- (Gallois et al., 2021) **Gallois N., Schuite J., Flipo N. (2021).** Développement et calibration du comportement hydrodynamique de la frange orientale du bassin de la Seine dans la plate-forme CaWaQS3.0 - Projet AQUIVAR+, Centre de Géosciences - ARMINES, Mines Paris, PSL Université, R09122022NGAL, rapport technique d'étude, 137 p.
- (Bonnet, 2018) **Bonnet R. (2018).** Variations du cycle hydrologique continental en France des années 1850 à aujourd'hui, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 188 p.

Référence PIREN Seine phase 9

- (Gallois et al., 2025) **Gallois N., Schuite J., Flipo N. (2025).** Sélection de trajectoires hydrologiques régionales issues de modèles climatiques globaux: Cadre méthodologique et analyse critique appliquée au bassin de la Seine, Rapport technique annuel, PIREN-Seine, [doi: 10.26047/PIREN.rapp.ann.2025.vol06](https://doi.org/10.26047/PIREN.rapp.ann.2025.vol06), 49 p.