La mémoire des surfaces continentales

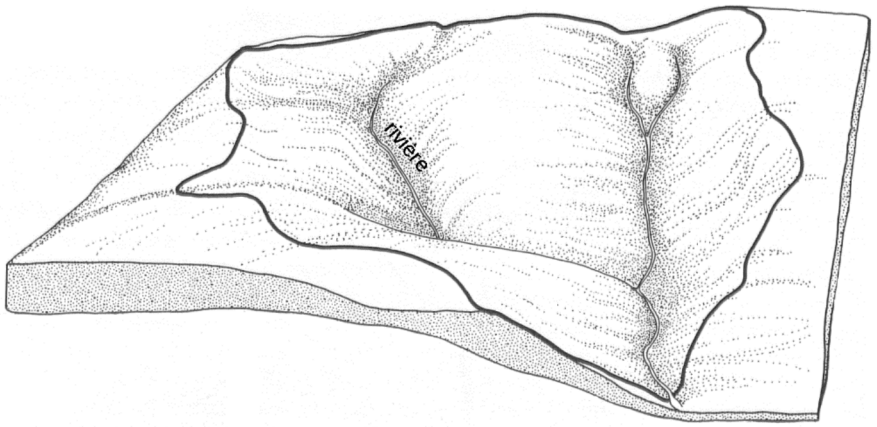
Vazken ANDRÉASSIAN
Alban de LAVENNE
Louise CROCHEMORE

Objet de cette présentation

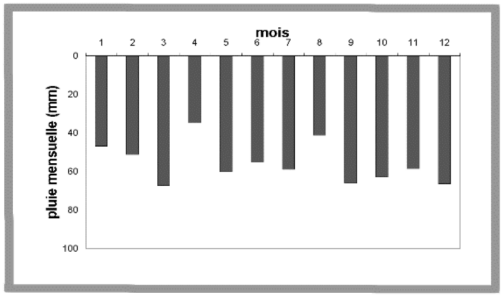
Explorer la mémoire des surfaces continentales :

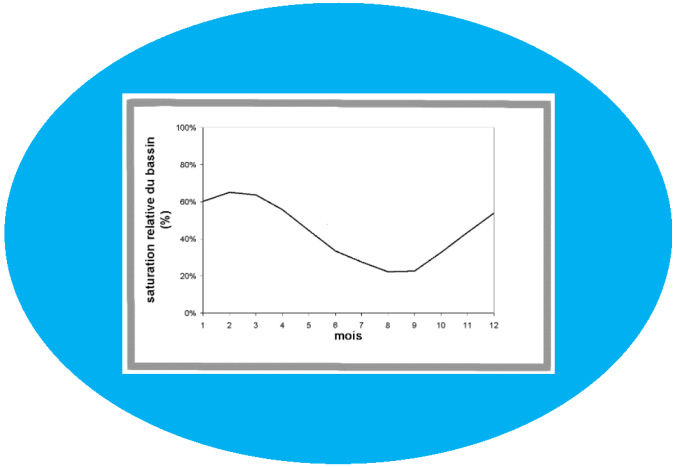
- **(presque) sans modèle**
- **en utilisant des mesures de débit des rivières pour caractériser cette mémoire (*mémoire hydrologique*)**

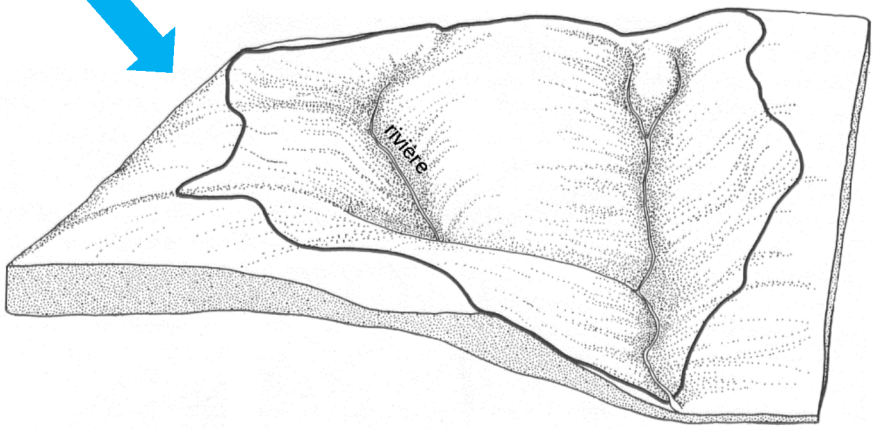
Surface continentale : vision hydrologique

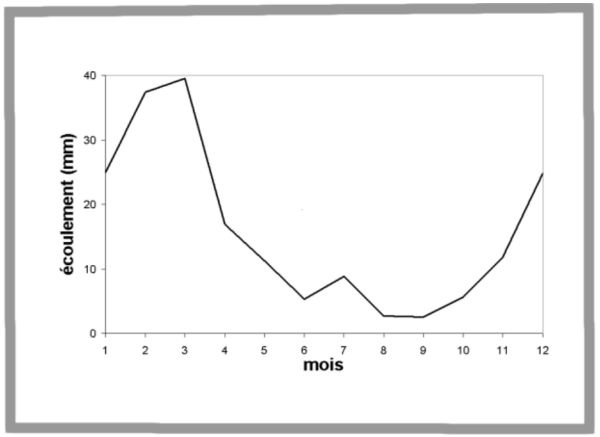


Les SC ont une mémoire hydrologique *SAISONNIERE*









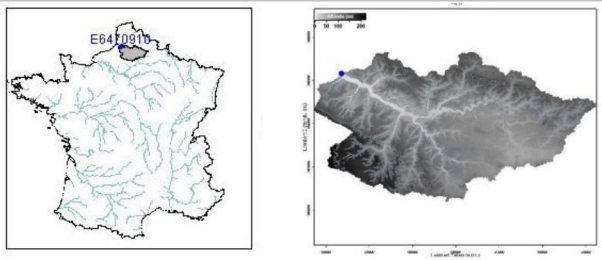
Les SC ont une mémoire hydrologique *SAISONNIERE*

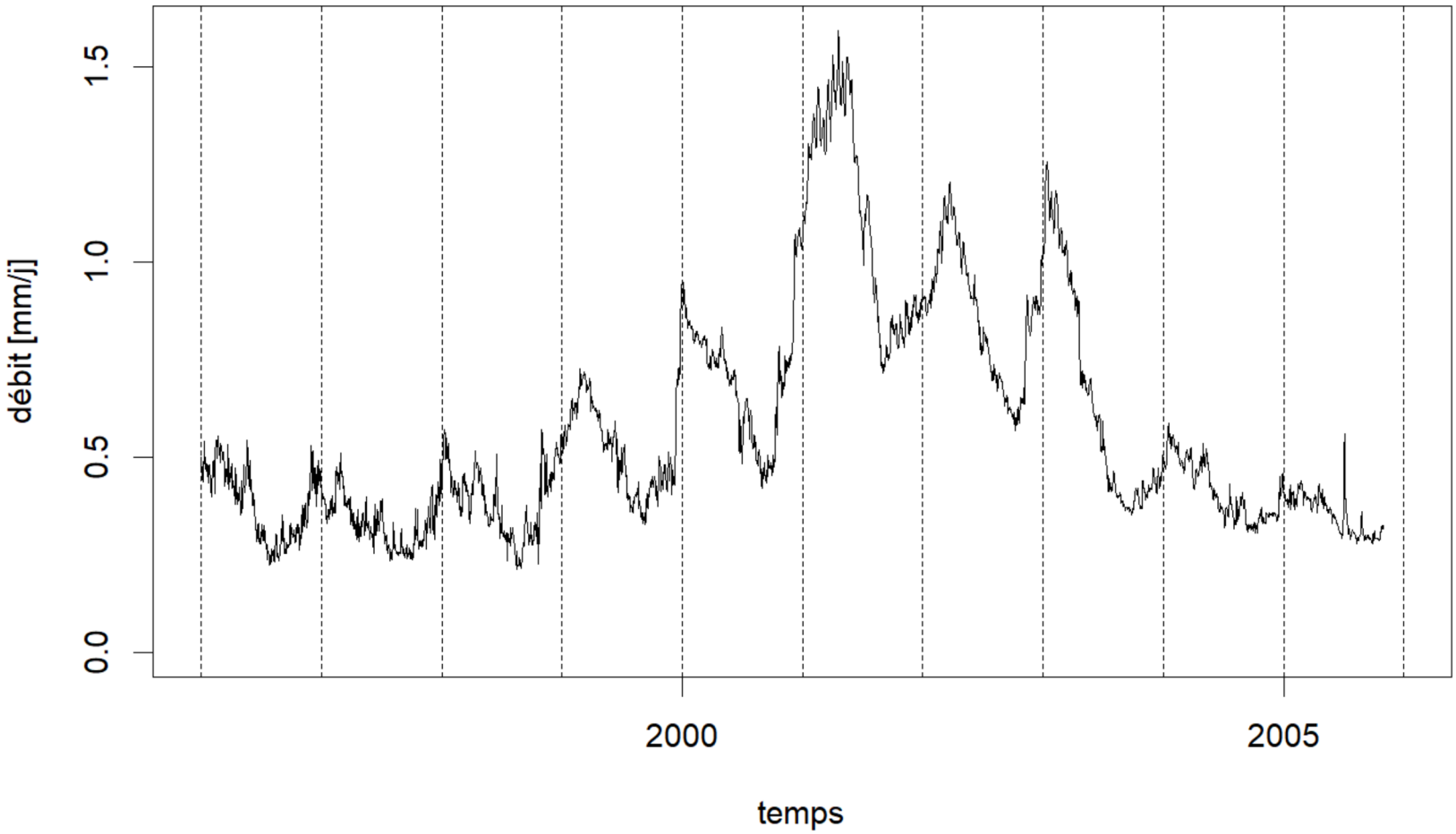
- **Deux événements de pluie identiques qui se produiront à deux saisons différentes de l'année n'auront pas le même effet.**

- **C'est le *rendement hydrologique des pluies* qui sera différent et traduira l'effet de la mémoire**

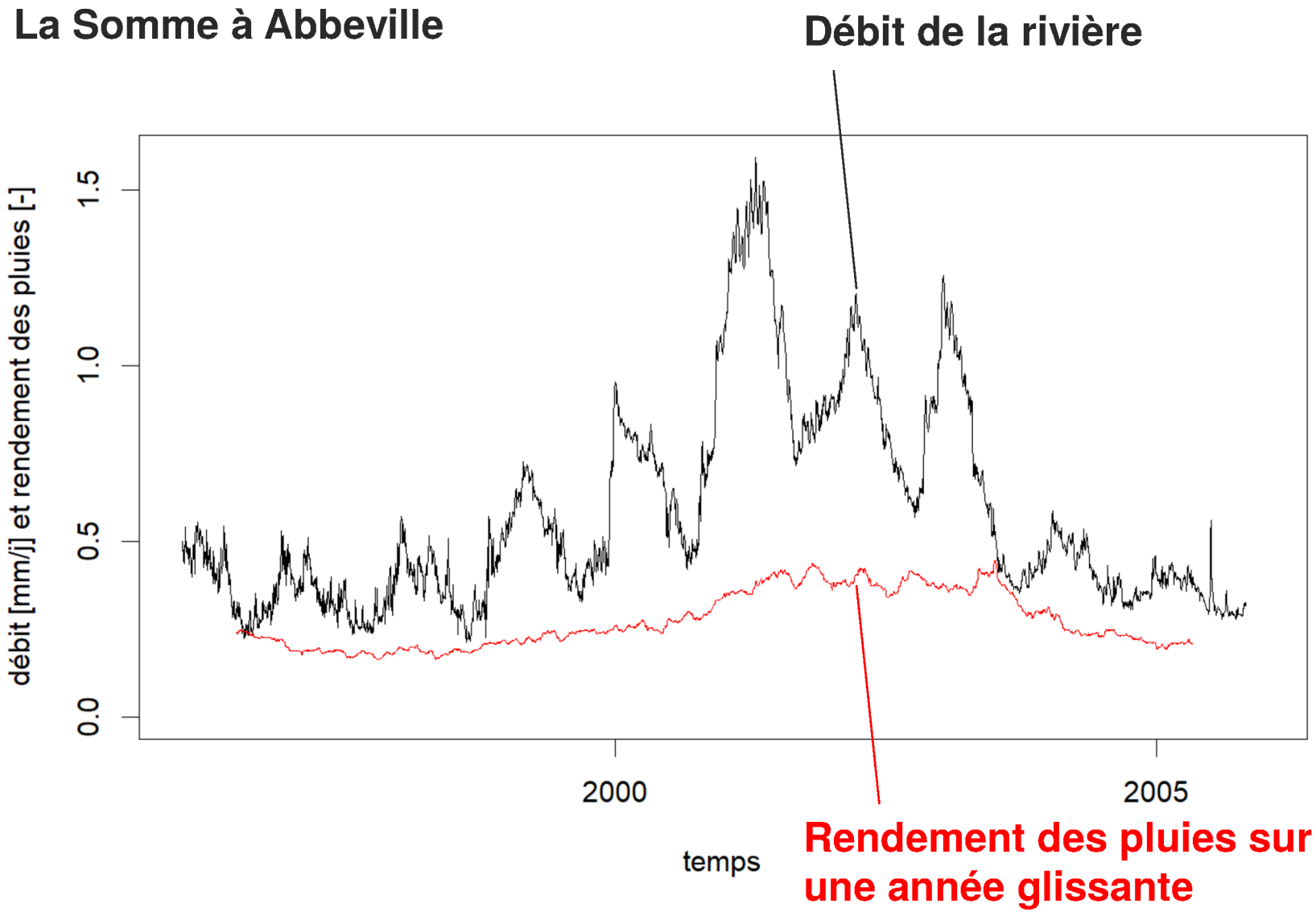
Les SC ont aussi une mémoire hydrologique de LONG-TERME

La Somme à Abbeville

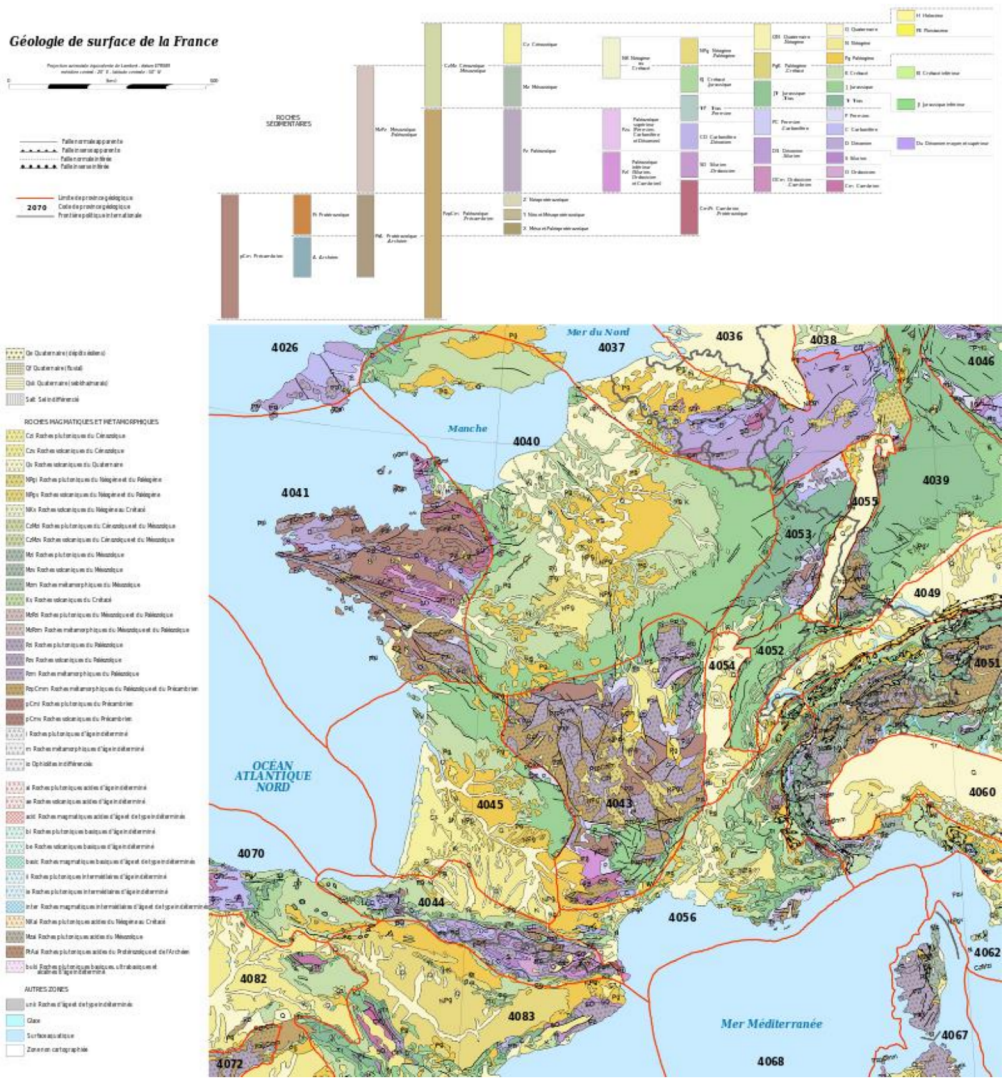


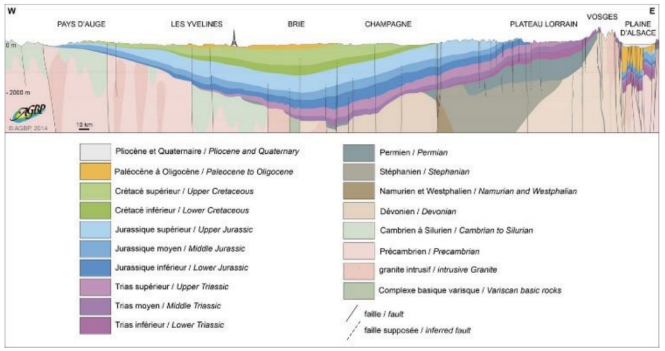


Les SC ont aussi une mémoire hydrologique de LONG-TERME

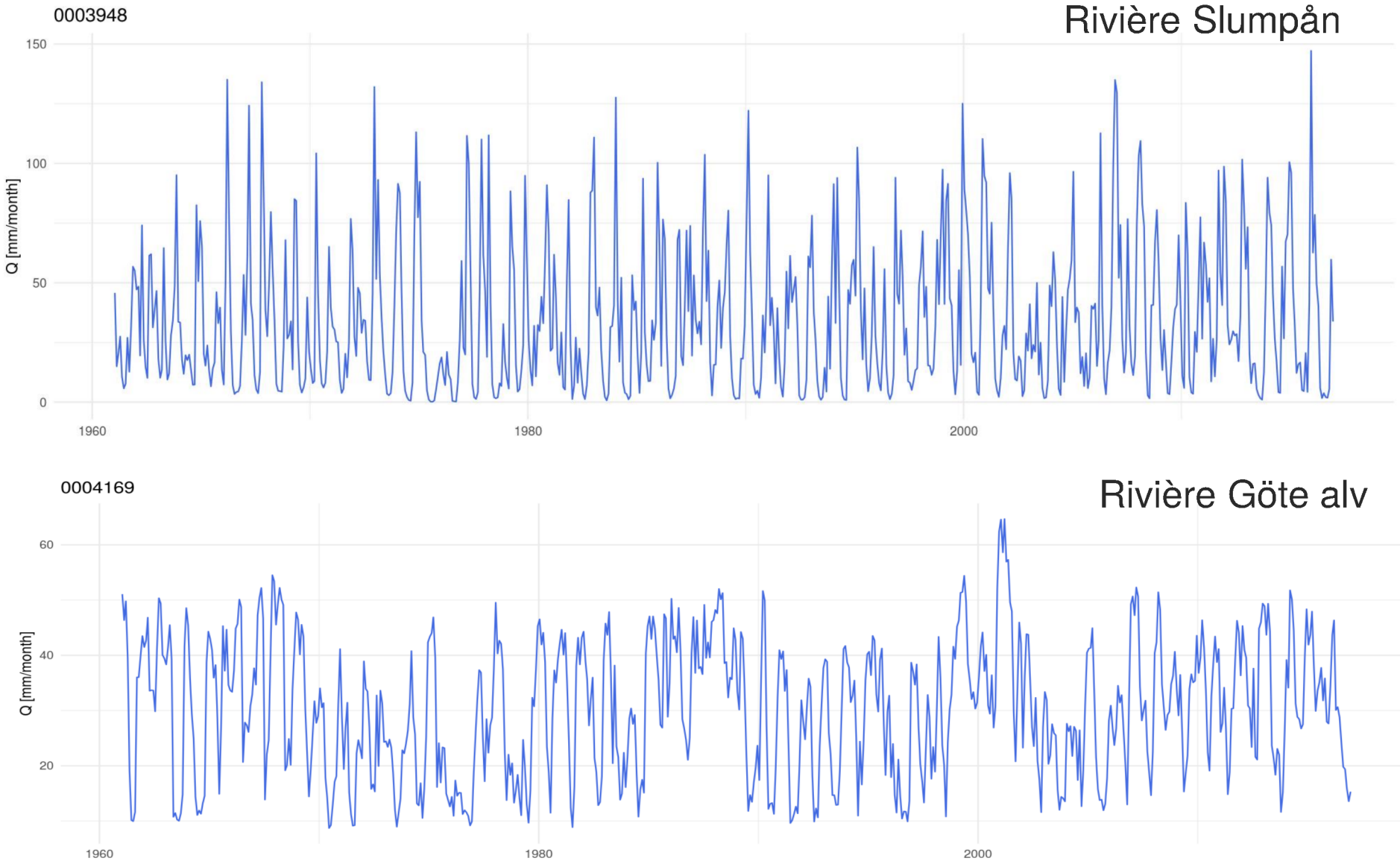


La géologie explique (souvent) la mémoire de long-terme des SC





Les SC ont aussi une mémoire hydrologique de LONG-TERME



Les SC ont aussi une mémoire hydrologique de LONG-TERME



Question

Comment quantifier la mémoire (hydrologique) de long-terme des surfaces continentales?

(long-terme : > 1 an)

Anomalies

On utilise les séries chronologiques au **pas de temps annuel** (années hydrologique) :

- Débit : Q_n, Q_{n-1}, Q_{n-2}, ...
- Précipitation : P_n, P_{n-1}, P_{n-2}, ...
- Evaporation potentielle : E_n, E_{n-1}, E_{n-2}, ...
- Indice d'humidité : $\frac{P_n}{E_n}$, $\frac{P_{n-1}}{E_{n-1}}$, $\frac{P_{n-2}}{E_{n-2}}$, …

Qu'on transforme en anomalies:

$$Ano(Q_n) = \frac{Q_n - \bar{Q}}{\bar{Q}} = \frac{Q_n}{\bar{Q}} - 1$$

Elasticité : un outil d'analyse simple de la mémoire

- Elasticité du débit aux précipitations:

$$Ano(Q) \sim \varepsilon . Ano(P)$$

- Elasticité du rendement des pluies à l'indice d'humidité (approche d'*Oldekop-Budyko*) :

$$Ano\left(\frac{Q}{P}\right) \sim \varepsilon . Ano\left(\frac{P}{E}\right)$$

Schaake, J., and Liu, C.: Development and application of simple water balance models to understand the relationship between climate and water resources, in: New Directions for Surface Water Modeling, 181, IAHS, Wallingford, 343-352, 1989.

Andréassian, V., Coron, L., Lerat, J., and Le Moine, N.: Climate elasticity of streamflow revisited - an elasticity index based on long-term hydrometeorological records, Hydrology and Earth System Sciences, 2016.

Elasticité : un outil d'analyse simple de la mémoire

On passe de :

$$Ano\left(\frac{Q}{P}\right) \sim \varepsilon . Ano\left(\frac{P}{E}\right)$$

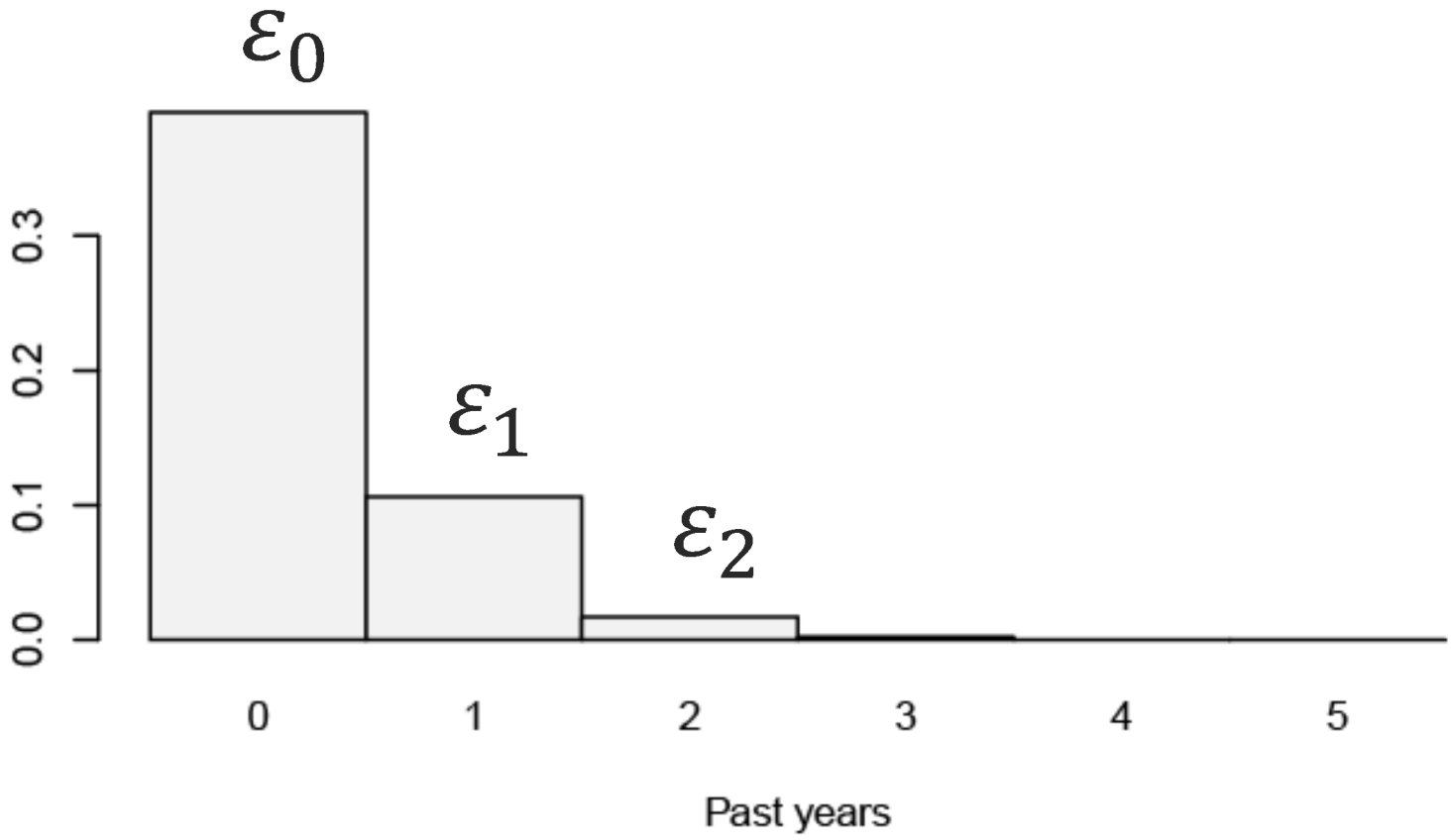
à :

$$Ano\left(\frac{Q}{P}\right)_n \sim \varepsilon_0 . Ano\left(\frac{P}{E}\right)_n + \varepsilon_1 . Ano\left(\frac{P}{E}\right)_{n-1} + \varepsilon_2 . Ano\left(\frac{P}{E}\right)_{n-2} + \ldots$$

- $\varepsilon_0, \varepsilon_1, \varepsilon_2$: la façon la plus simple de caractériser quantitativement la mémoire de long terme

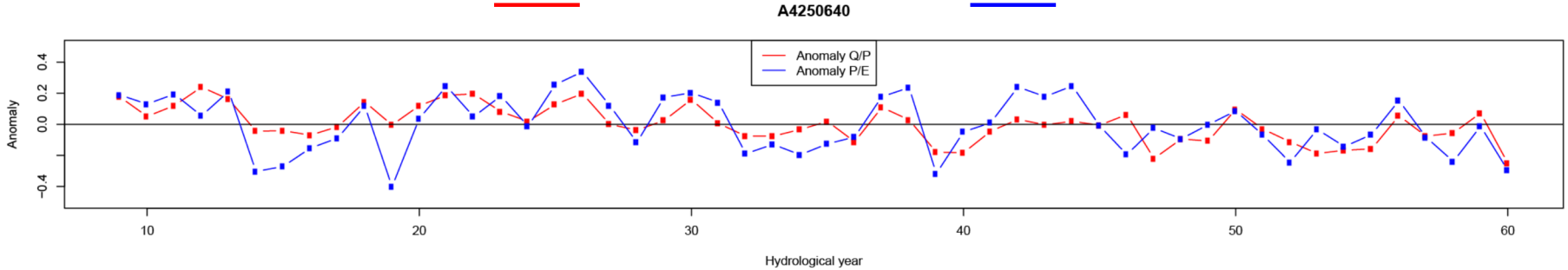
Elasticité : un outil d'analyse simple de la mémoire

- $\varepsilon_0, \varepsilon_1, \varepsilon_2$: la façon la plus simple de caractériser quantitativement la mémoire de long terme



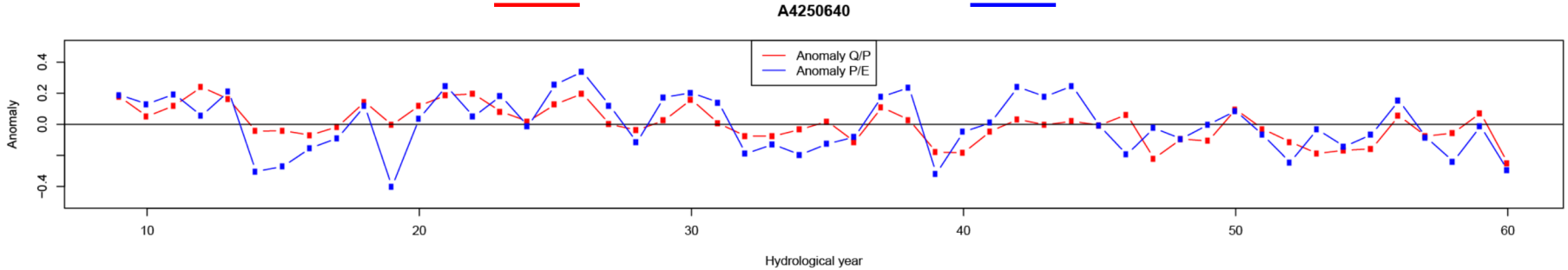
La Moselle à Epinal (1200 km)

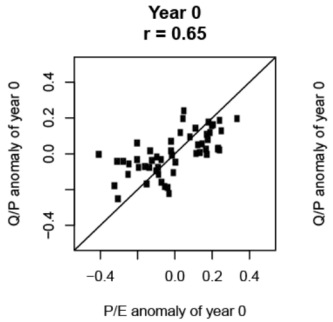
Q/P P/E



La Moselle à Epinal (1200 km)

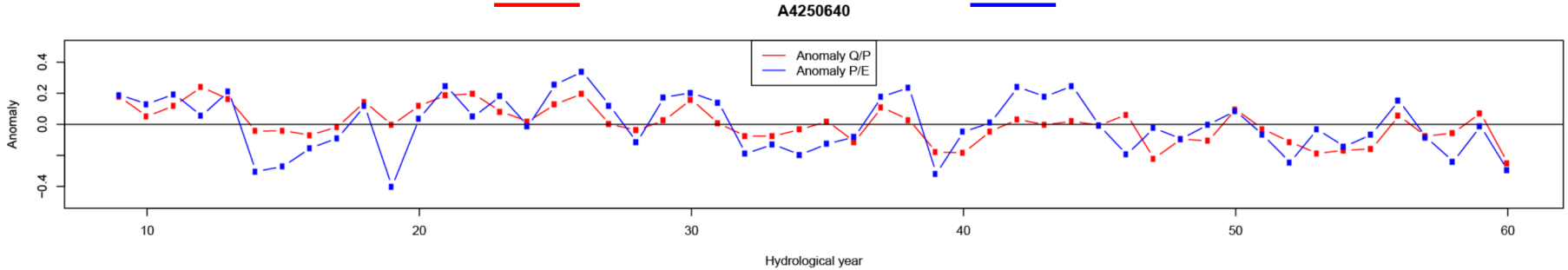
Q/P P/E

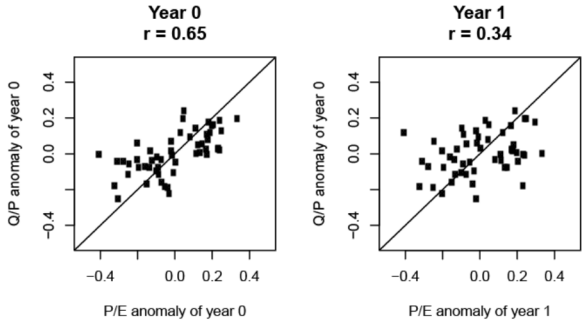




La Moselle à Epinal (1200 km)

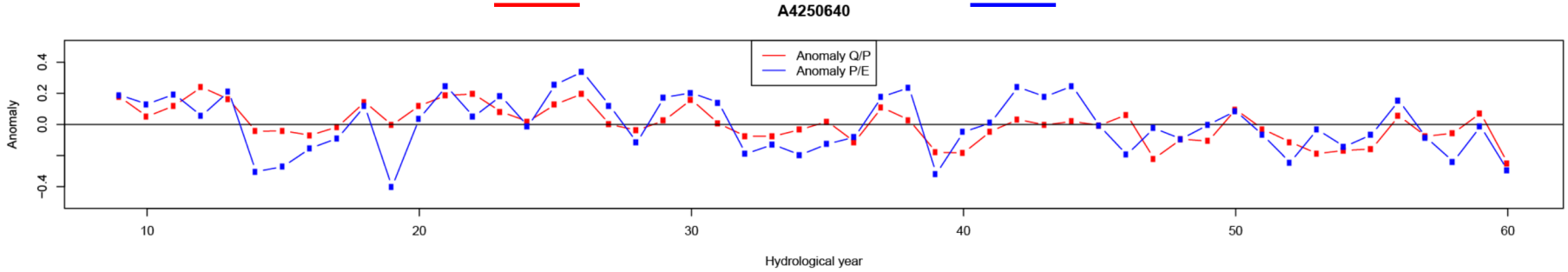
Q/P P/E

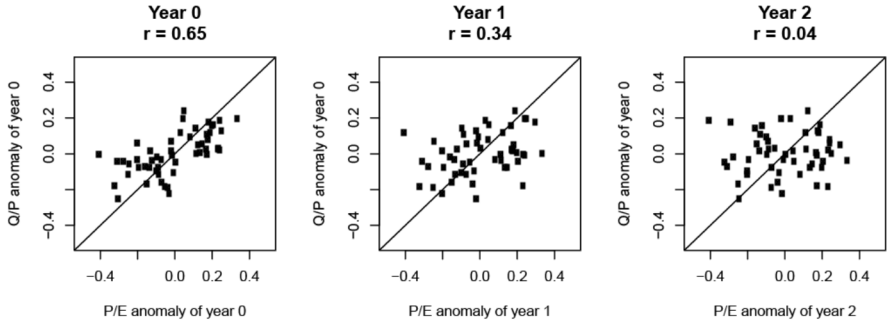




La Moselle à Epinal (1200 km)

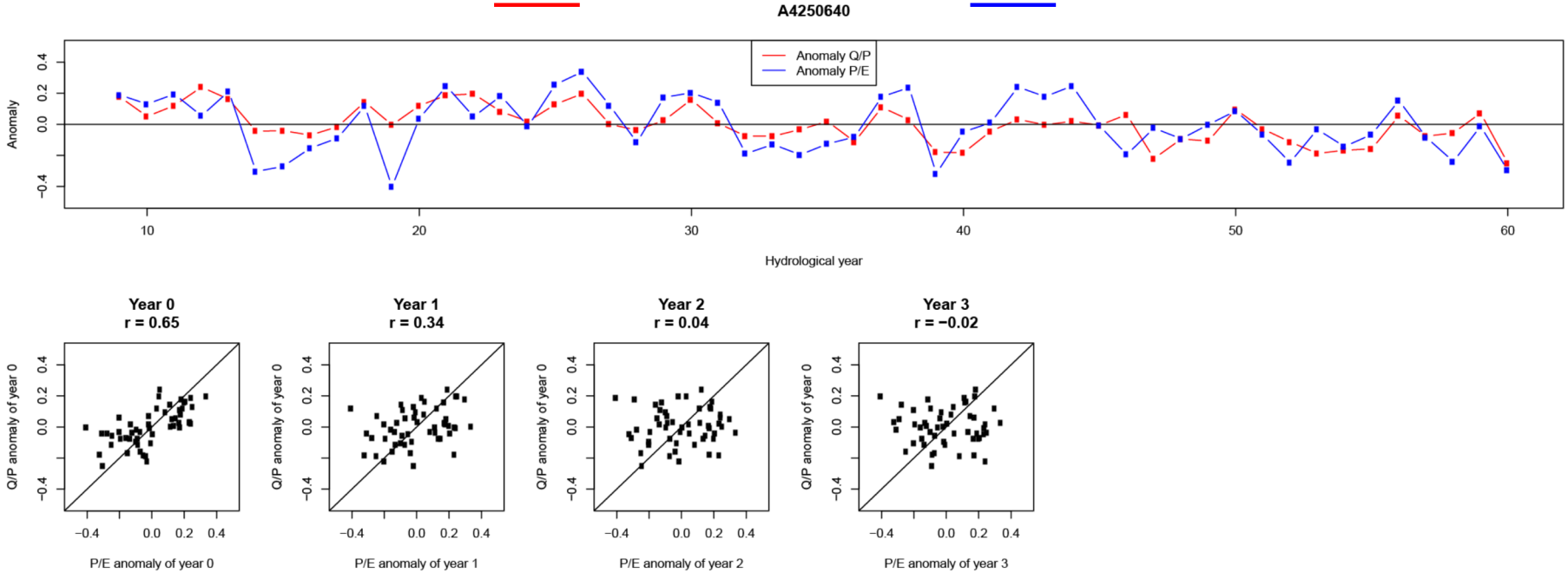
Q/P P/E





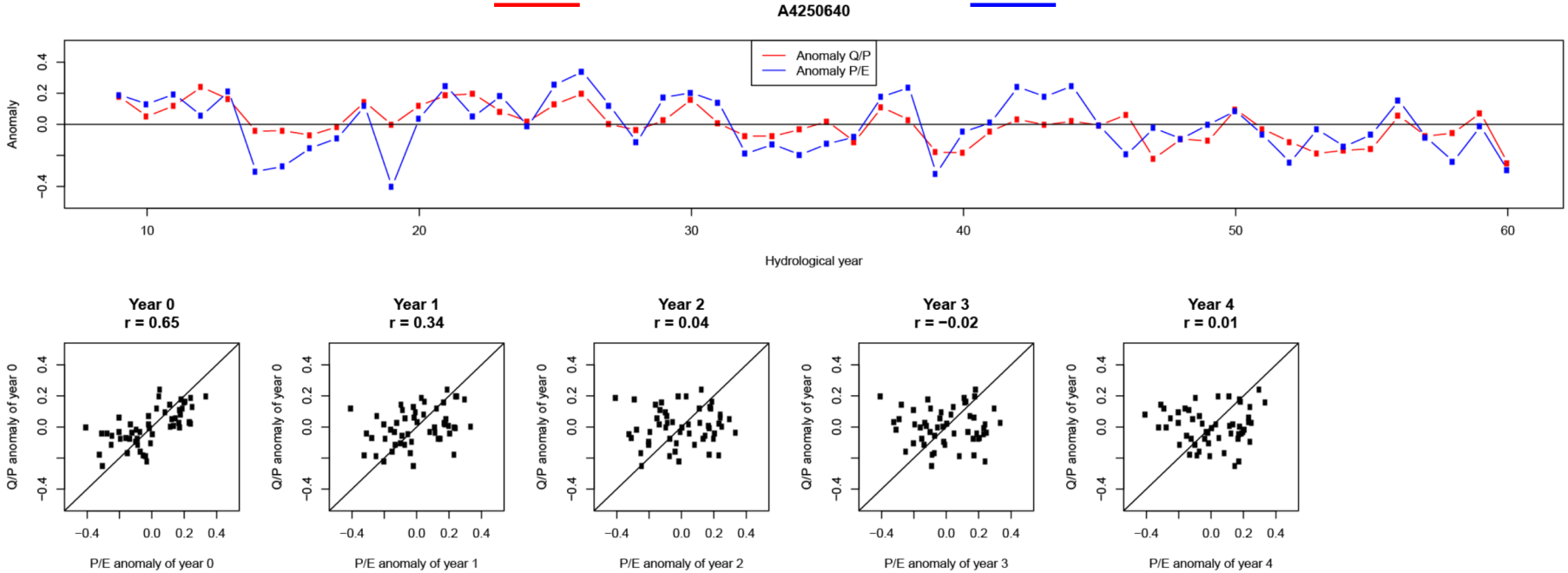
La Moselle à Epinal (1200 km)

Q/P P/E



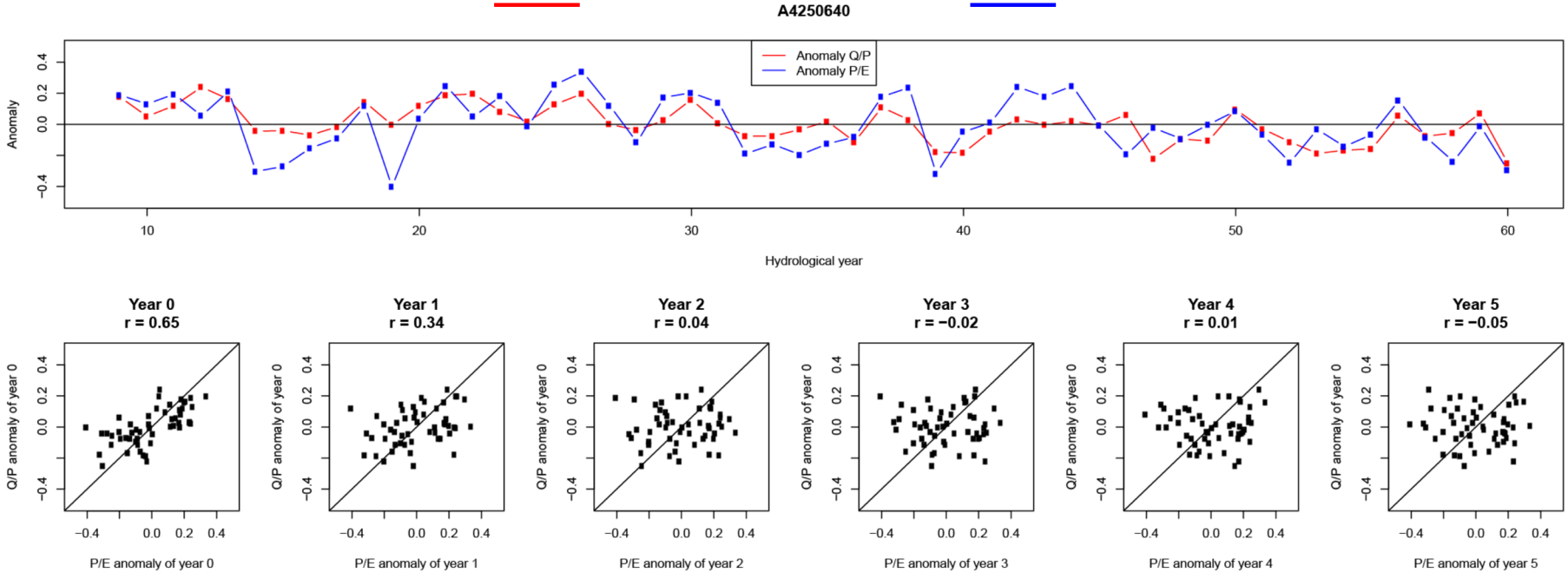
La Moselle à Epinal (1200 km)

Q/P P/E



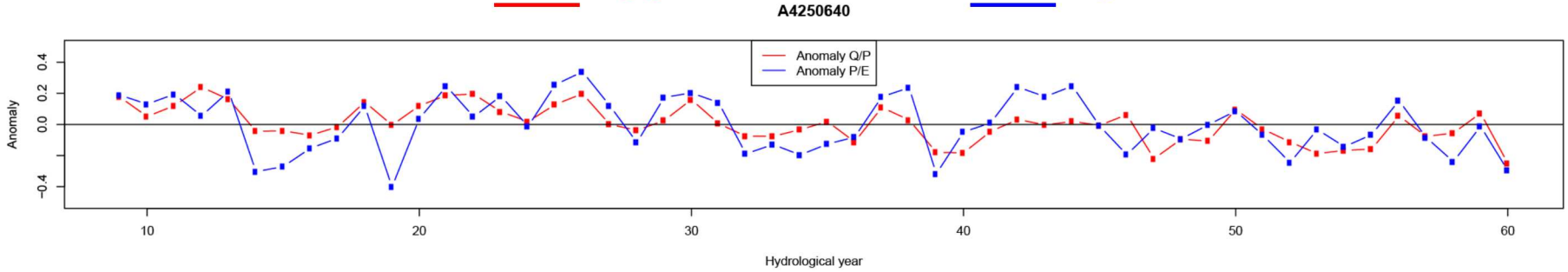
La Moselle à Epinal (1200 km)

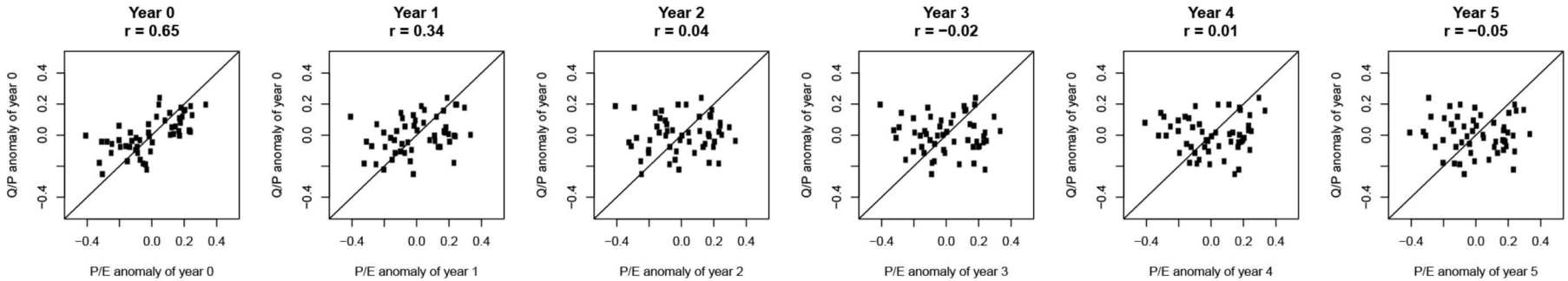
Q/P P/E

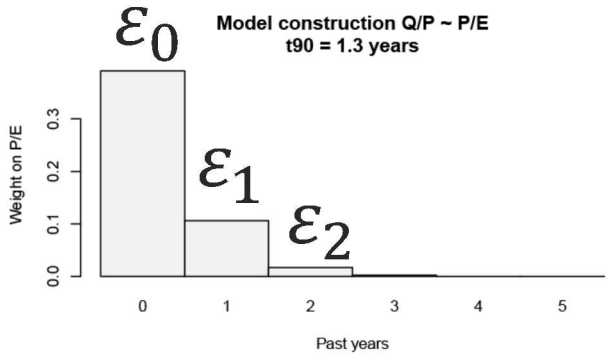


La Moselle à Epinal (1200 km)

Q/P P/E





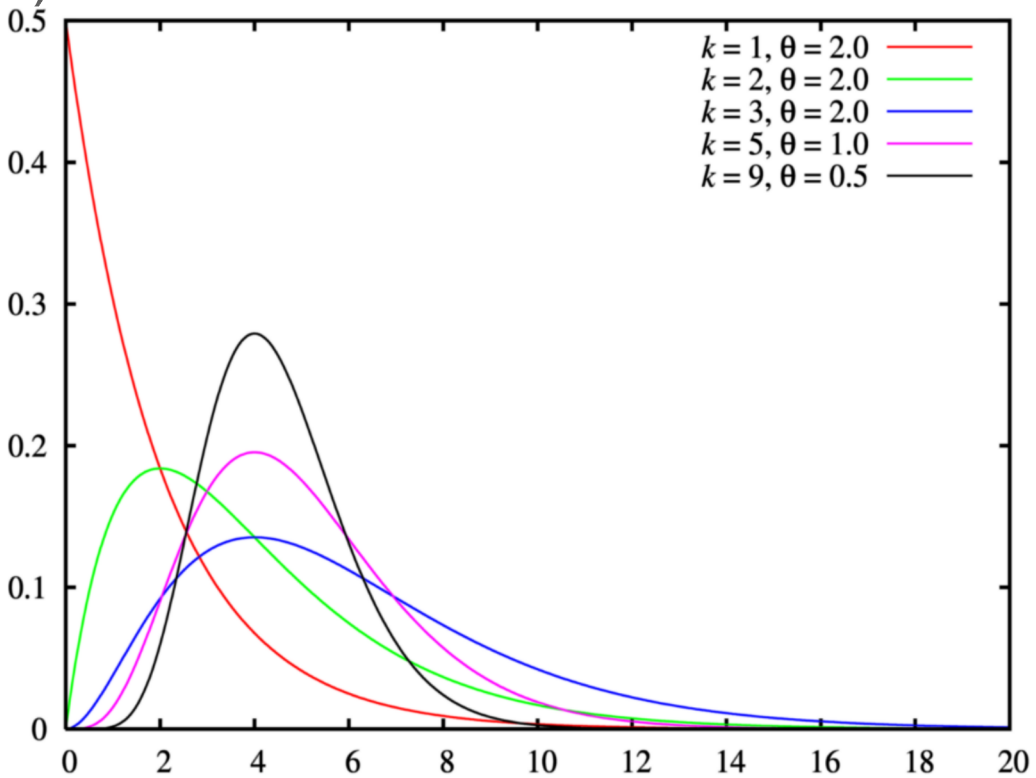


Un modèle paramétrique de la mémoire hydrologique

- **Hypothèse 1**
  - La mémoire hydrologique décroit avec le temps
- **Hypothèse 2**
  - Des délais sont possibles

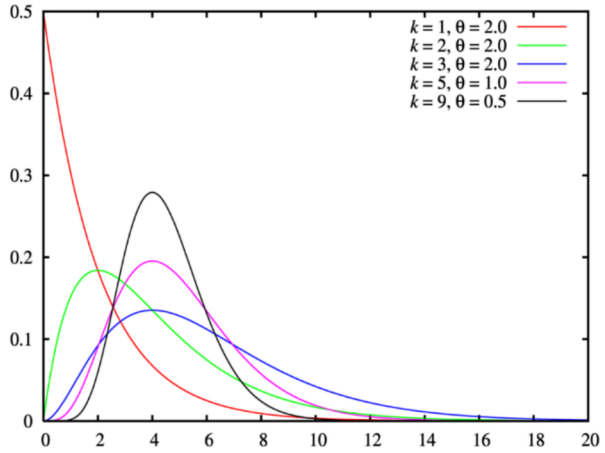
Un modèle paramétrique de la mémoire hydrologique

- **La traduction mathématique la plus (?) simple de ces hypothèses**
  - ➲ Une distribution gamma (2 paramètres + 1 facteur d'échelle)



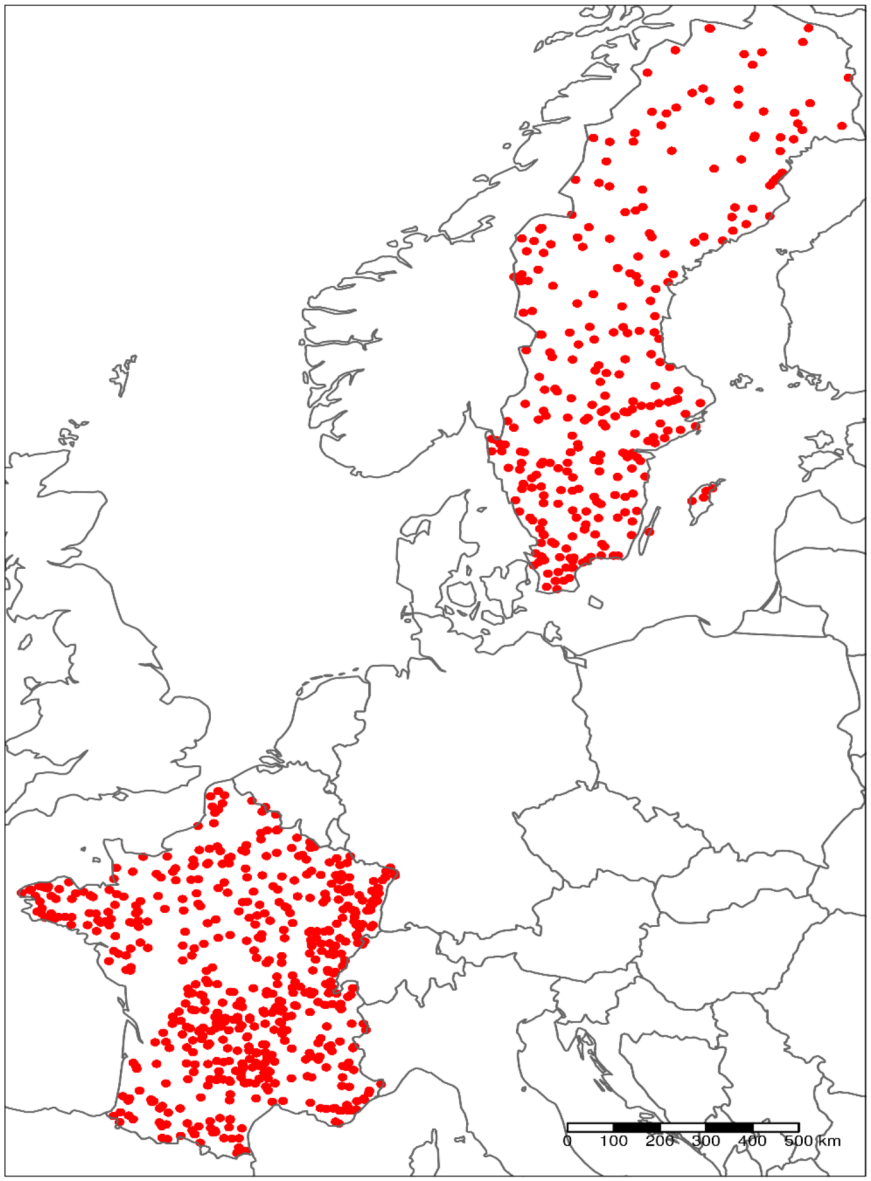
Un modèle paramétrique de la mémoire hydrologique

Gamma distribution



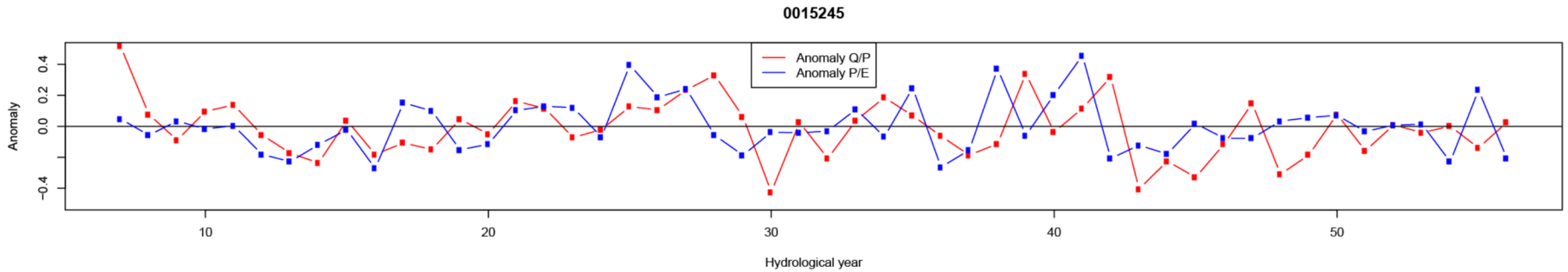
- Nous calons les élasticitées en leur imposant de suivre une distribution gamma
- Fonction objectif: C_2M (critère de Nash-Sutcliffe borné) sur les débits annuels
- Une mesure de la profondeur de la mémoire : le quantile 90% de la distribution

Echantillon de bassins versants

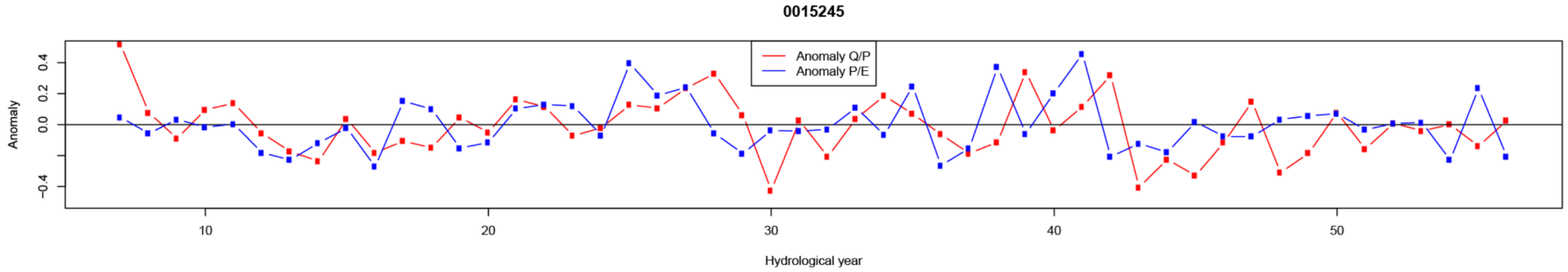


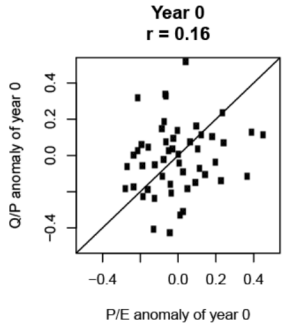
RESULTATS

Bassin suédois

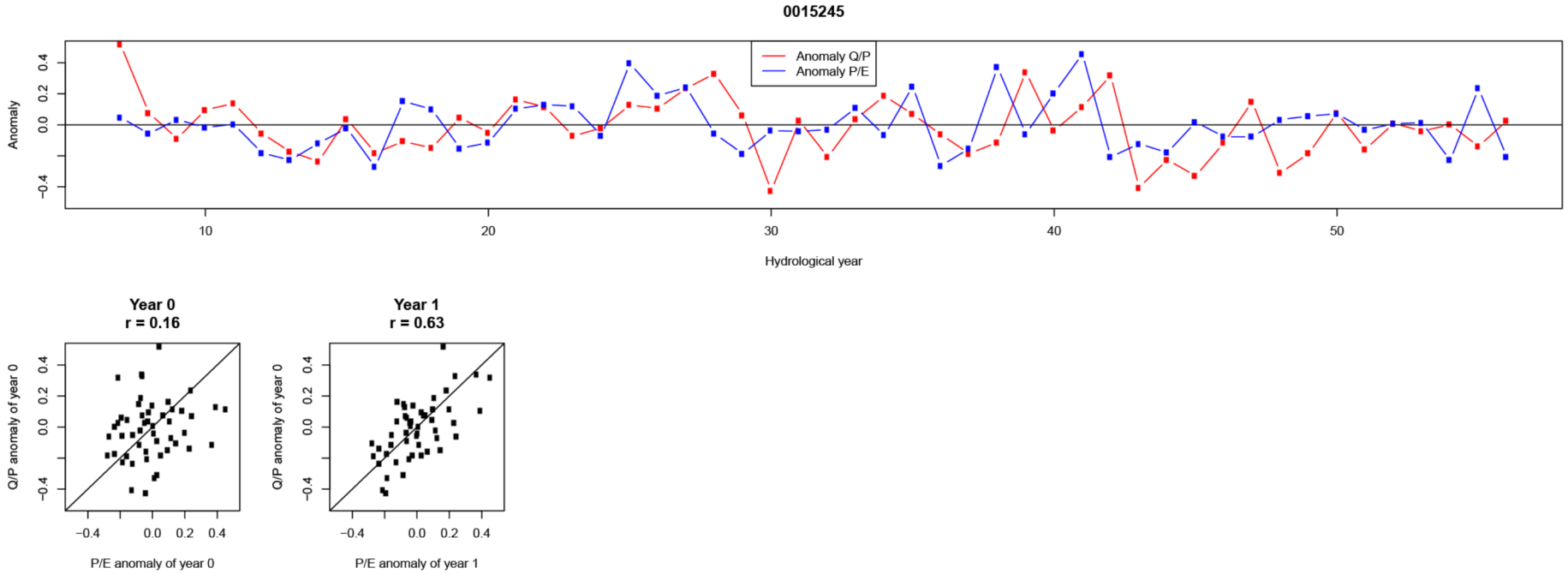


Bassin suédois

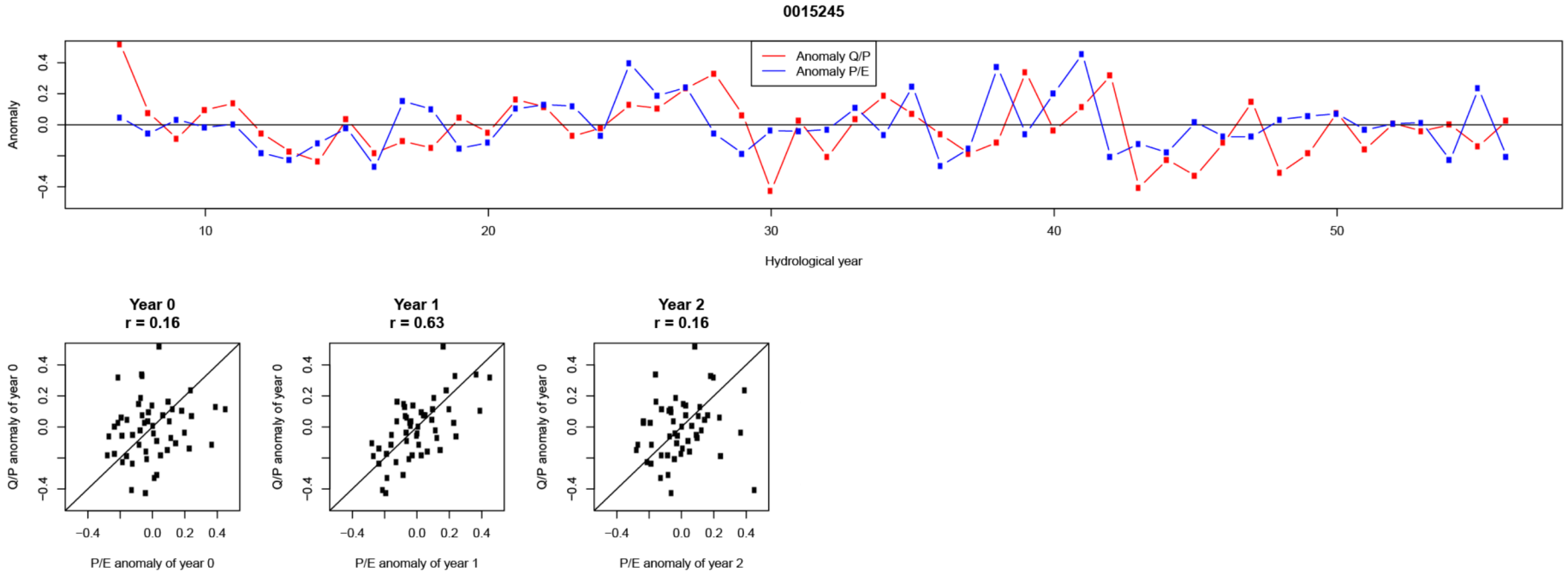




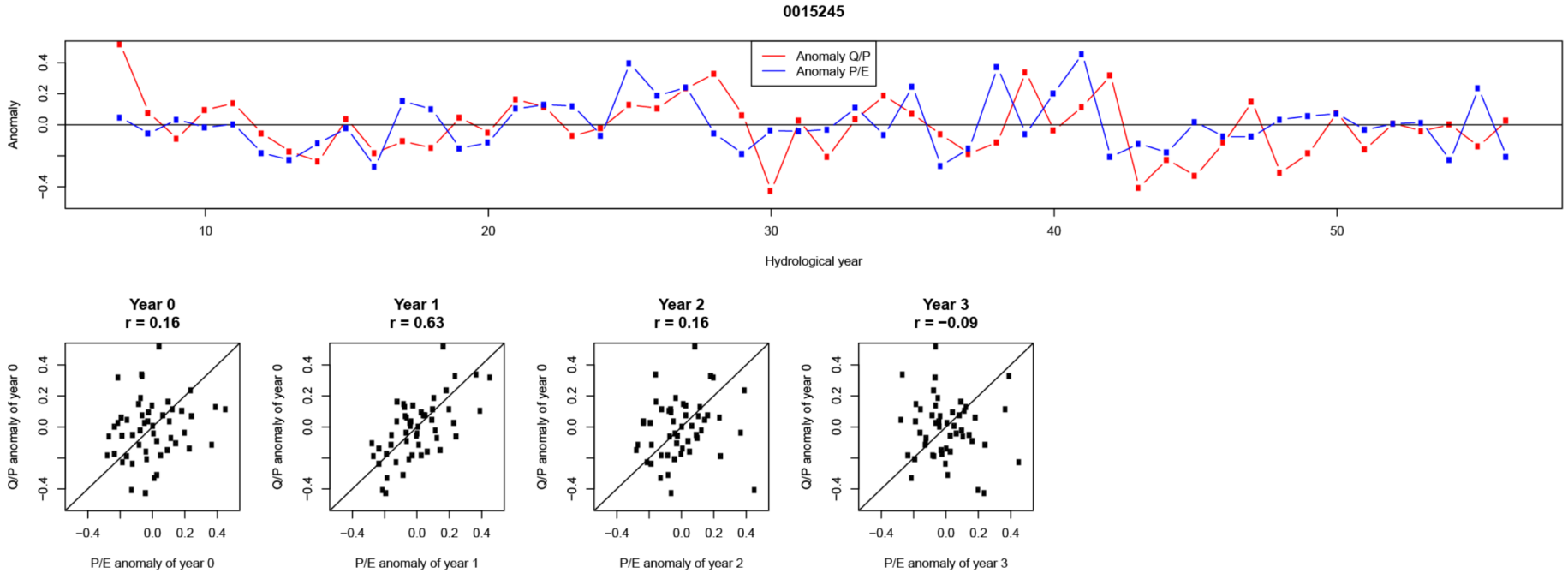
Bassin suédois



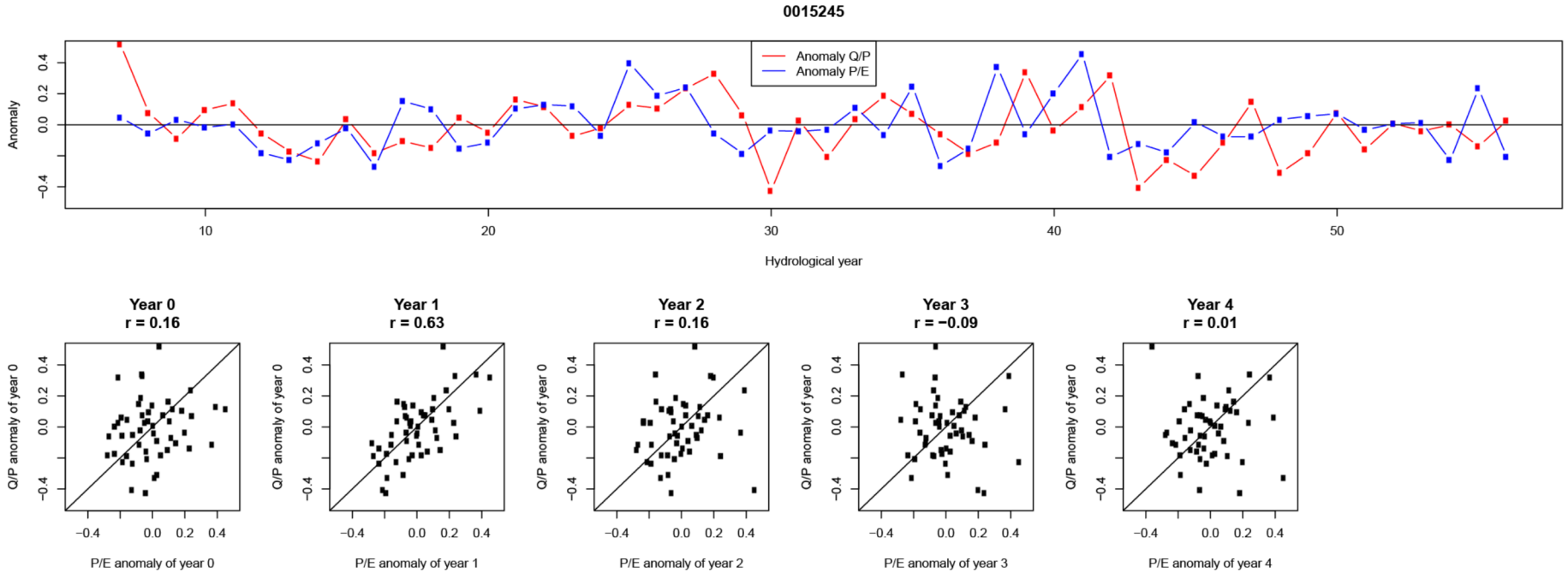
Bassin suédois



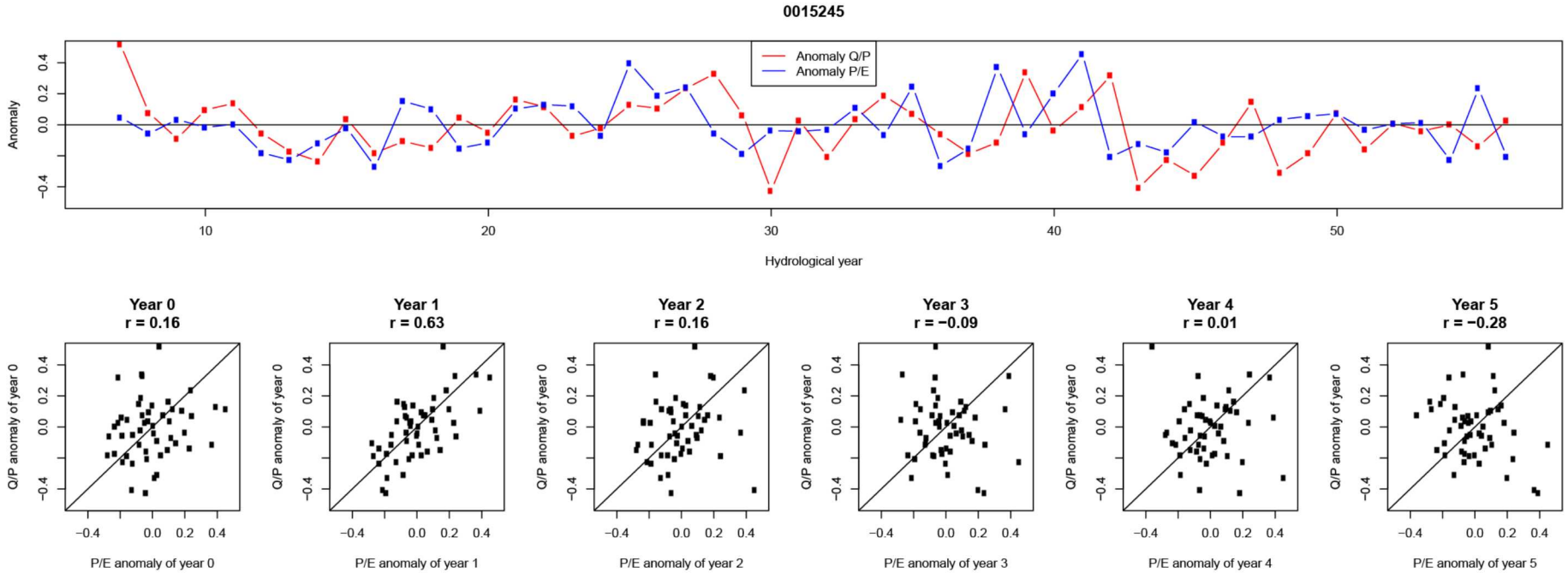
Bassin suédois



Bassin suédois



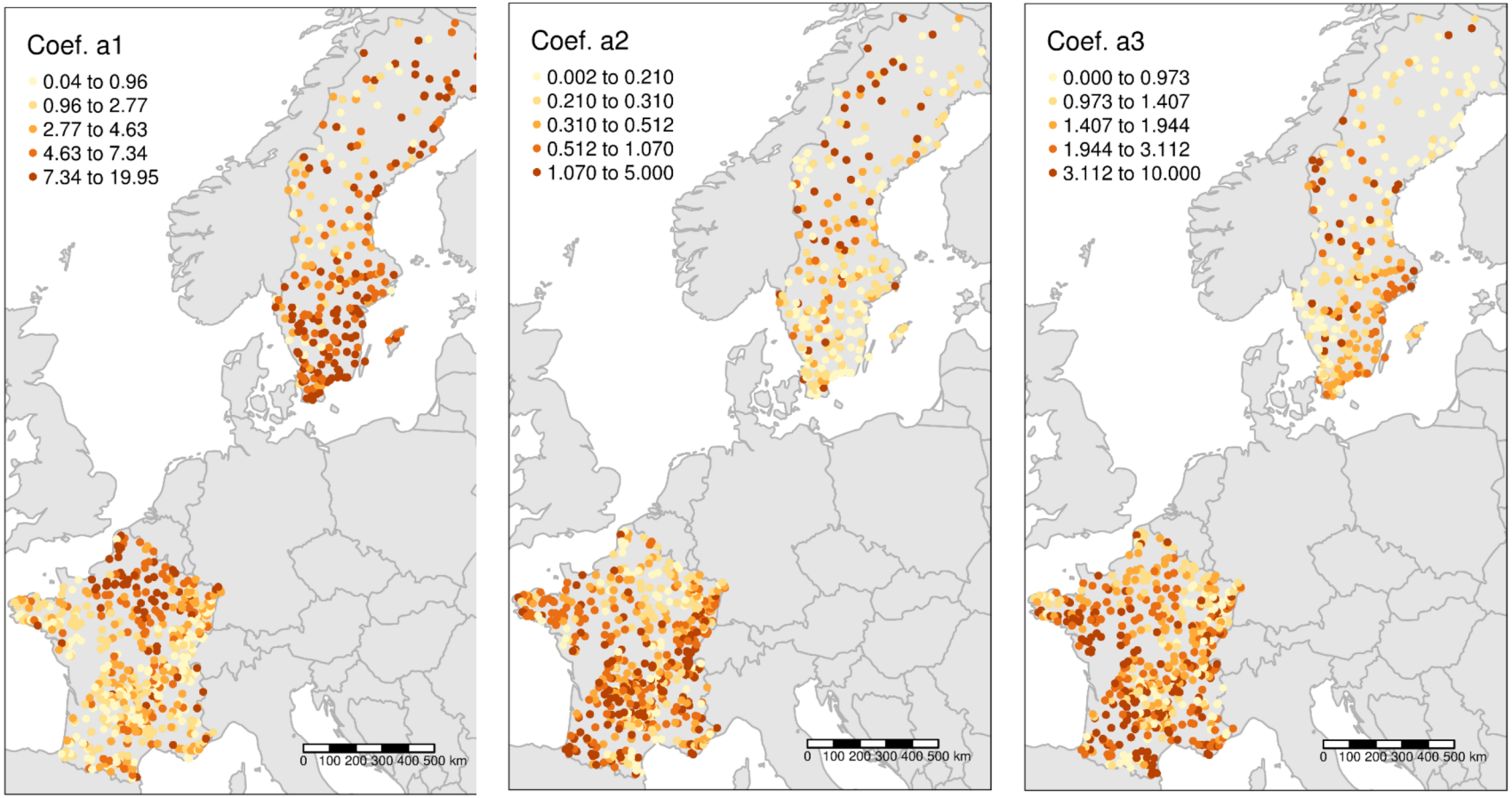
Bassin suédois



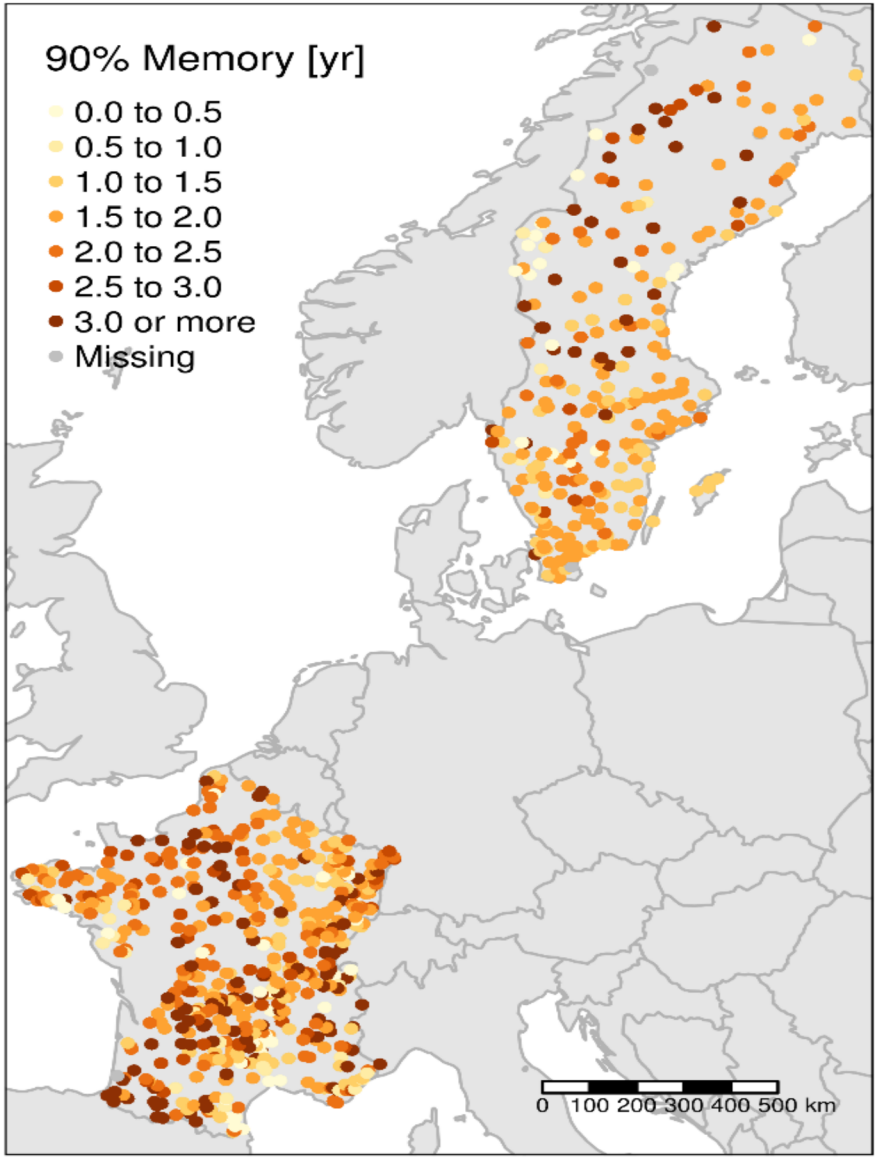


Synthèse

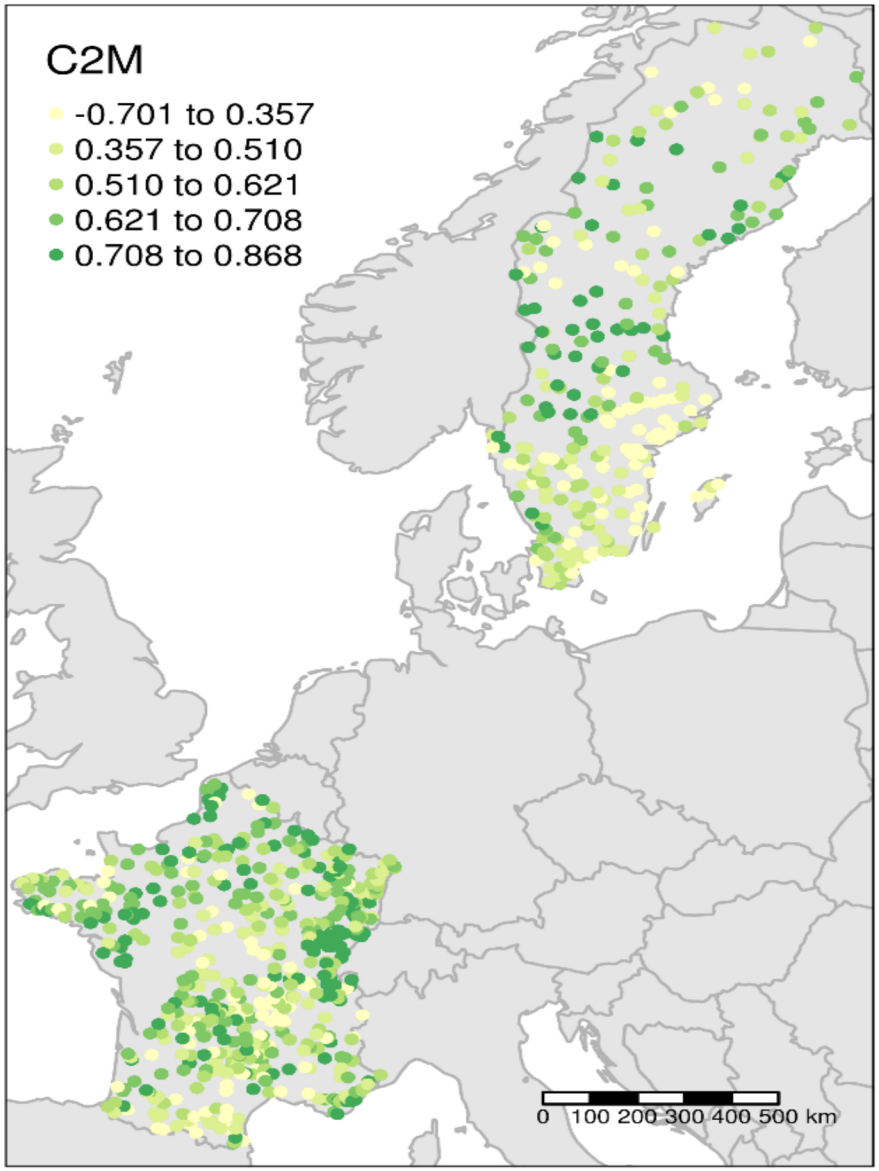
- **3 paramètres décrivant la mémoire hydrologique**
  - ➲ (2 pour la distribution Γ, 1 pour la mise à l'échelle)



Catchment memory over France and Sweden



Performances du modèle



Conclusion

- **Il existe des moyens très simple de visualiser la mémoire hydrologique de long terme**

Merci pour votre attention

