

NOTION DE CYCLES HYDROLOGIQUES INTER-ANNUELS

PROBLEMATIQUE

L'analyse de l'évolution des nitrates en terme de flux a permis de mettre en évidence, sur des séries de données assez longues, une **évolution cyclique**. Les flux d'azote suivent depuis environ 1990, une allure cyclique consécutive à **une succession d'années sèches et d'années humides** qui ne se répartissent pas au hasard.

Ces cycles concernent également les **débits** et les **concentrations**.

Il est important de lire l'évolution des concentrations et des flux d'azote en comparant entre elles les années correspondantes d'un cycle à l'autre, et de regarder si l'on est dans la phase croissante ou décroissante d'un cycle.

TROIS CYCLES LISIBLES DEPUIS 1988

Dans l'exemple ci-dessous (Aulne - station 04 179 500), des cycles de flux se dessinent plus ou moins régulièrement. Ils semblent liés à des cycles des débits, donc des précipitations.

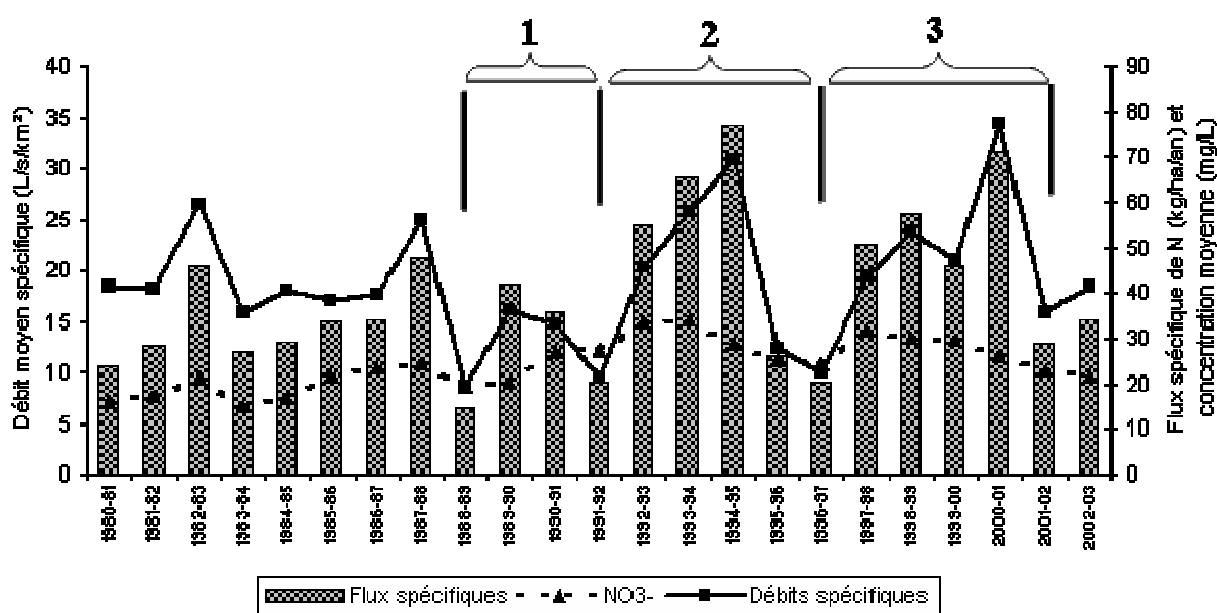


Figure 1 : Flux spécifiques annuels, débits spécifiques annuels et concentration moyenne annuelle (non pondérée par les débits) par année hydrologique à la station 04 179 500 (code RNB) sur l'Aulne.

On peut ainsi distinguer **trois cycles**, repérés sur le graphique (Figure 1) :

- un premier cycle de 4 ans de 1988/89 à 1991/92 ;
- un second de 6 ans de 1991/92 à 1996/97 ;
- un troisième de 6 ans de 1996/97 à 2001/02.

Avant 1988/89, les cycles sont moins visibles.

L'année hydrologique 2002-2003 semble correspondre au début d'un quatrième cycle.

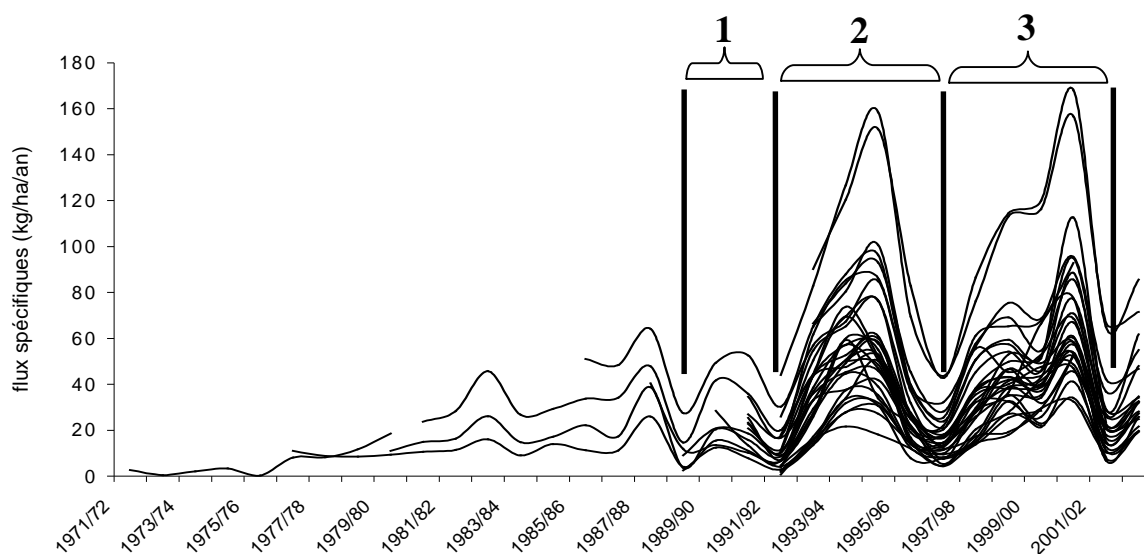


Figure 2 : Flux spécifiques annuels (par année hydrologique) sur l'ensemble des 31 stations étudiées

Des cycles ont probablement existé antérieurement à 1988 : on diagnostique, en effet sur la figure 2, la présence de cycles de 1981/82 à 1984/85 et de 1986/87 à 1989/90. Mais un très petit nombre de stations permet de les décrire (manque de données), c'est pourquoi les cycles ne sont numérotés qu'à partir de l'année hydrologique 1988/89 où ils apparaissent nettement.

Il n'est pas impossible que l'on puisse observer plusieurs années successives avec de faibles pluviométries et corrélativement des débits et des flux peu élevés. De telles périodes de « marais » pourraient donc s'intercaler entre des cycles.

UNE SUCCESSION D'ANNÉES SECHES ET HUMIDES INFLUANT LA LECTURE DES COURBES D'ÉVOLUTION DES FLUX ET DES CONCENTRATIONS EN NITRATES

Ces cycles ne concernent pas seulement les débits et les flux mais aussi les concentrations en nitrate. La Figure 1 montre que chacun de ces cycles commence par une année avec des concentrations « plus faibles que la moyenne », des flux de nitrate « faibles » et des débits faibles.

Suit une phase de croissance des concentrations, des flux et des débits. La croissance des concentrations est bien marquée mais brève. Ces concentrations tendent ensuite à diminuer tandis que les flux et les débits continuent à augmenter.

Puis, cette phase est suivie par une phase de décroissance simultanée des flux et des débits. Le cycle s'achève sur une nouvelle année avec des concentrations « plus faibles que la moyenne », des flux d'azote « faibles » et des débits faibles.

Sur des échelles de temps courtes, l'aspect cyclique rend difficile l'évaluation de l'évolution des concentrations et des flux. Par contre, sur une échelle de temps plus longue, c'est-à-dire supérieure à deux cycles, il est possible d'analyser plus finement l'évolution des concentrations et des flux d'azote grâce à une moyenne mobile (voir fiche E-10) qui permet de lisser cet aspect cyclique.

Il est important de lire l'évolution des concentrations et des flux d'azote en regardant si on est dans la phase croissante ou décroissante d'un cycle, et par conséquent de comparer entre elles des années correspondantes d'un cycle à l'autre.

HYSTERESIS

Ces évolutions font penser à une hystérésis flux-concentration. La notion d' **hystérésis** ou de **phénomène hystérétique** est une notion bien connue de la physique. On dira simplement ici que l'hystérésis concerne des phénomènes cycliques pour lesquels la deuxième partie du cycle (phase de décroissance) ne se produit pas en suivant le chemin inverse de la première partie du cycle. En effet :

- lors de l'année humide qui suit l'année sèche de début de cycle, la concentration augmente nettement,
- alors que lors de l'année sèche, qui suit une année humide en fin de cycle, la concentration baisse mais moins sévèrement qu'elle n'avait augmenté dans la situation inverse précédente.

Cette hystérésis flux-concentration a été vérifiée pour deux bassins versants étudiés (le bassin de l'Aulne et le bassin de l'Oust (Figure 3 et Figure 4).

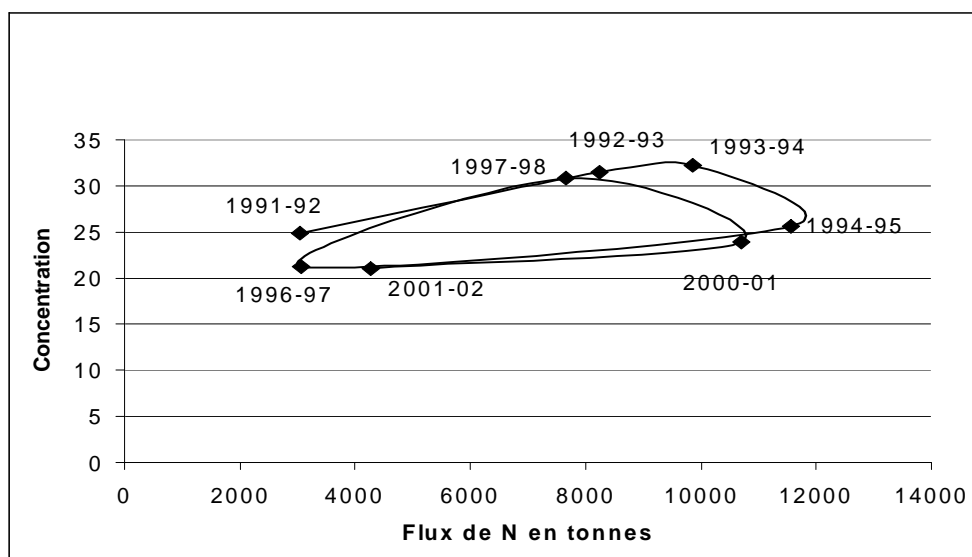


Figure 3 : Hystérésis flux-concentration pour le bassin versant de l'Aulne au cours des cycles 2 et 3.

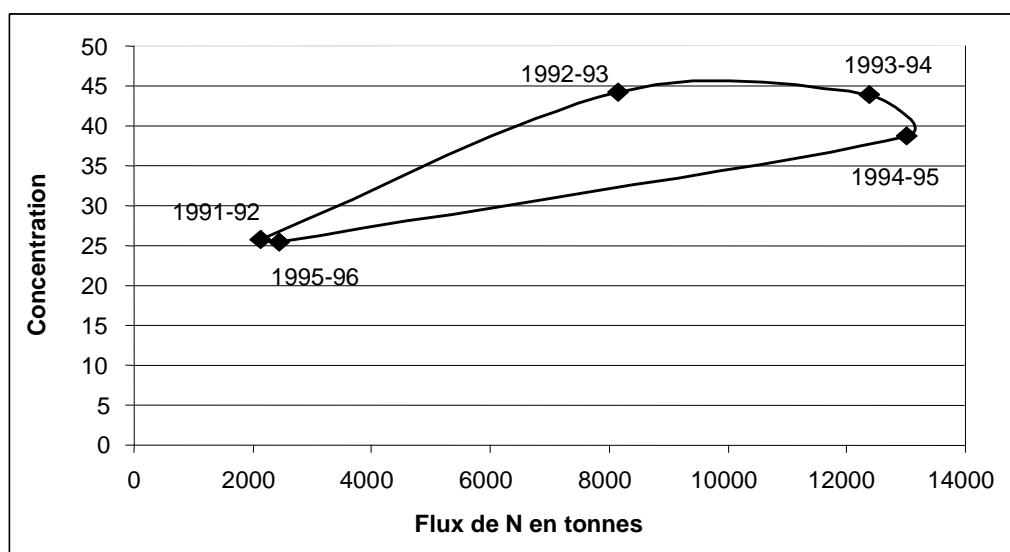


Figure 4 : Hystérésis flux-concentration pour le bassin versant de l'Oust au cours du cycle 2.

Dans l'analyse fréquentielle des transferts de nitrate sur différents bassins versants des Côtes d'Armor, ce phénomène a aussi été décrit de la manière suivante : après les années de sécheresse, on observe "une augmentation brutale des concentrations en nitrate dans l'eau, suivi de nouveau par une diminution linéaire et progressive (et ainsi de suite se répète ce phénomène rythmé par les années de sécheresse)".

Toute mauvaise modélisation de ce phénomène se traduit en début de cycle par une sous-estimation des concentrations et des flux et par une surestimation en fin de cycle.

CONCLUSION

Des questions se posent relativement à ces cycles : quels sont les facteurs explicatifs ? L'année 2001-2002 qui correspond à la fin du cycle 3 correspond-elle aussi au début d'un cycle 4 ?

REFERENCE

Aurousseau P. et Vinson J., 2006. Mise en évidence de cycles pluriannuels relatifs aux concentrations et aux flux de nitrates dans les bassins versants de Bretagne. Conséquences pour l'interprétation de l'évolution de la qualité des eaux. In "Qualité de l'eau en milieu rural. Savoirs et pratiques dans les bassins versants", coord. Merot Ph., Editions Quae, Update Sciences & Technologies (Monographie), pp 49-60.