



**HAL**  
open science

## Temps de réponse des bassins versants à algues vertes

Patrick Durand, Rémi Dupas, Josette Launay

► **To cite this version:**

Patrick Durand, Rémi Dupas, Josette Launay. Temps de réponse des bassins versants à algues vertes. 2021. hal-03344157

**HAL Id: hal-03344157**

**<https://hal.inrae.fr/hal-03344157>**

Preprint submitted on 14 Sep 2021

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Temps de réponse des bassins versants à algues vertes.

Patrick Durand, UMR SAS INRAE AGROCAMPUS OUEST, Rennes

Avec la collaboration de J. Launay (CRESEB) et R. Dupas (UMR SAS)

Résumé exécutif :

- notion recouvrant différentes réalités, parler d'un temps moyen de réponse est trompeur.
- beaucoup d'études sur le sujet en Bretagne, valables pour les bassins algues vertes (BVAV) car la région est assez homogène, mais quantification précise difficile, voire impossible.
- convergence des différentes études pour des ordres de grandeurs de 3 à 5 ans pour que des changements significatifs de pression polluante se traduisent en changements significatifs de concentrations/flux nitriques, et de 15 à 20 ans minimum pour voir l'essentiel des effets.
- pour des présentations synthétiques des différentes notions et méthodes, cf les exposés sur <http://www.creseb.fr/le-temps-de-reponse-des-bassins-versants/>

Introduction-définitions

Il faut d'abord bien s'entendre sur les termes. Ce terme regroupe en effet de multiples notions. Pour mémoire, **en hydrologie classique**, on distingue le temps de réponse (délai entre pic de pluie et pic de débit), le temps de montée (entre le début de la crue et le pic de crue) et le temps de concentration (entre la fin de la pluie et la fin de l'écoulement de crue). D'autre part, le temps de résidence dans un réservoir homogène à mélange instantané et complet est égal au rapport du volume du réservoir  $V$  sur le flux qui le traverse  $Q$ . Pour concrétiser, si on considère un aquifère à 5% de porosité, son volume emmagasiné par  $m^2$  sur 40 m de profondeur sera de 2000  $L^1$ . S'il est traversé par une lame drainante de 500  $mm/an^2$  (Ouest Bretagne), son temps moyen de résidence (TMR) sera de 4 ans, et de 10 ans pour une lame drainante de 200 $mm/an$  (Est Bretagne).

De la même manière, **si l'on considère les nitrates**, on a pu parler (cf CSEB) de *temps de réaction* (temps nécessaire à ce qu'une modification du système, tel que par exemple la réduction de la pression azotée, produise un changement détectable de concentration à l'exutoire), de *temps de résidence* (moyenné ou non, temps qu'une molécule de nitrate reste dans le bassin versant), de *temps de transfert* (temps nécessaire au trajet depuis l'application d'une molécule sur le sol jusqu'à son arrivée à l'exutoire), de *temps de réponse* (le temps nécessaire pour obtenir la moitié de l'effet) et de *temps de mise à l'équilibre* (temps nécessaire à retrouver un état stable après la modification de système).

Mécanismes en jeu, facteurs de variations

Donc, **en théorie**, si on constatait un changement instantané et important du signal d'entrée, on pourrait estimer assez précisément ces différents temps caractéristiques en suivant les sorties sur une période suffisamment longue.

Mais **dans la pratique**, c'est plus compliqué : l'agriculture évolue, depuis 70 ans environ, plus vite que le temps de mise à l'équilibre, donc les conditions ne sont jamais stationnaires. De plus, les variations climatiques brulent considérablement les signaux : une année très humide va accélérer la

---

<sup>1</sup> 40m \* 1m<sup>2</sup> \* 0,05% \* 1000

<sup>2</sup> 1 litre/m<sup>2</sup> = 1 mm

transmission du signal, une année sèche la ralentir, etc. La variabilité intra-annuelle des concentrations rend aussi difficile la détection de changements faibles. Mais surtout, les mécanismes à l'origine de ces différents délais sont très divers et très hétérogènes dans l'espace.

La première cause de délai, c'est le temps des sociosystèmes, le temps entre la décision de mise en œuvre d'une action (ou d'adoption d'une réglementation) et la mise en application effective sur le terrain, très variable selon les exploitations concernées (si c'est une mesure agricole), donc souvent assez graduelle à l'échelle d'un territoire.

La seconde, c'est l'inertie du système biogéochimique du sol. Qu'il soit apporté sous forme minérale ou organique, une bonne partie de l'azote arrivant au sol se trouve intégré dans une chaîne de réactions biologiques et physico-chimique très complexe, avec les stockages/déstockages multiples, qui font que toute variation du signal entrant est considérablement atténuée dans le signal sortant du sol sous forme de nitrate lessivé. Selon le type de changement réalisé, ce lissage est plus ou moins étendu ou reporté dans le temps.

La troisième, c'est l'hétérogénéité spatiale des temps de transfert et de résidence de l'eau. En vertical, cela dépend de la profondeur du trajet (à la surface du sol, juste en dessous, ou bien plus profondément), et donc des caractéristiques du sol et du sous-sol ; et horizontalement, de la distance et de la connectivité entre le point d'application et le réseau hydrographique. Autrement dit, dans une parcelle située proche de la rivière, les temps de transferts sont courts (1-3 ans) alors pour une parcelle en haut de versant avec un trajet par la nappe, il peut être supérieur à 30 ans.

La résultante de tout cela, c'est qu'il y a en réalité une distribution très étalée des temps de résidence et de transfert au sein d'un bassin versant. Cette distribution est, de plus, assez différente d'un bassin à l'autre. Pour un même temps de résidence moyen, on peut avoir une proportion variable d'eau « âgée » et d'eau « jeune ». Il est vraiment important de comprendre que ce chiffre moyen n'a guère de sens opérationnel, car il ne permet pas de décrire correctement la dynamique d'évolution (ou, si l'on veut, de « résistance à l'évolution ») d'un bassin versant.

Un autre facteur vient compliquer encore les choses, lié en partie aux trois points précédents mais aussi à l'historique : c'est l'ampleur des stocks d'azote présents dans le bassin versant, sous forme organique (dans les sols) ou minérale (dans les nappes), au regard des apports actuels d'azote. Prenons deux cas extrêmes pour l'illustrer. Imaginons deux bassins versants avec des caractéristiques hydrologiques similaires en termes de temps de transfert.

- Dans le premier, les pressions d'azote étaient historiquement fortes et des stocks dans la nappe importants (donc des concentrations fortes). Si les pressions ont fortement diminué dans les années juste antérieures au PLAV, on est dans une dynamique de décroissance régulière et prolongée des concentrations dans la rivière, mais avec des niveaux toujours relativement élevés par rapport aux apports actuels. Dans ce cas, que les actions du PLAV induisent ou non une diminution des apports, cela va être difficilement détectable dans la rivière, dont la dynamique va être toujours dominée par le déstockage et la mise à l'équilibre par rapport à la période antérieure. Ce bassin ne va pas peut être pas avoir de difficultés à atteindre ses objectifs à 5 ans, même avec des actions inefficaces.
- En revanche, si le second est un bassin versant où les stocks étaient faibles et où les apports avaient baissé longtemps avant le début du PLAV, on devrait détecter plus rapidement une variation des pressions. Mais il va être plus difficile de faire varier significativement des pressions déjà faibles, donc il ne va peut-être pas atteindre ses objectifs même en faisant des efforts significatifs.

## Conclusions

Comme on le voit, il s'agit là essentiellement de considérations qualitatives. Il est en pratique extrêmement difficile de quantifier tout cela, notamment du fait des incertitudes sur l'historique des pratiques agricoles sur les bassins versants avant les années 2000 et aussi du fait du manque de données de concentrations dans plusieurs bassins pour ces décennies passées. Les méthodes qu'on utilise sont en général une combinaison de modèles plus ou moins compliqués et de données observées (voir : <http://www.creseb.fr/le-temps-de-reponse-des-bassins-versants/>). Souvent, la divergence des résultats finaux n'est qu'apparente, liée au fait que chaque méthode cible sur l'une ou l'autre des notions présentées ci-dessus. Ainsi, un temps moyen de résidence de 5 ans, calculé sur la base de la formule  $V/Q$ , n'est pas forcément en contradiction avec un âge de l'eau de nappe de 20 ans ou un temps de transfert de 15 ans...

Depuis peu, on dispose de reconstitutions des surplus d'azote (bilan apport fertilisants-export cultures) sur la base des statistiques agricoles et commerciales, qui sont des indicateurs intéressants, même s'ils ne traduisent par forcément la pression polluante réelle, surtout à l'échelle de petits bassins. Ces données ont été combinées avec des longues séries de chroniques de flux disponibles sur quelques bassins versants bretons pour ajuster un modèle de transfert assez simple. Cette étude, en cours et non encore publiée, donne néanmoins une bonne idée des ordres de grandeur et de leur relative homogénéité à l'échelle régionale (voir annexe).

ANNEXE : calcul des temps de transit N sur la base de longues chroniques dans 15 bv bretons

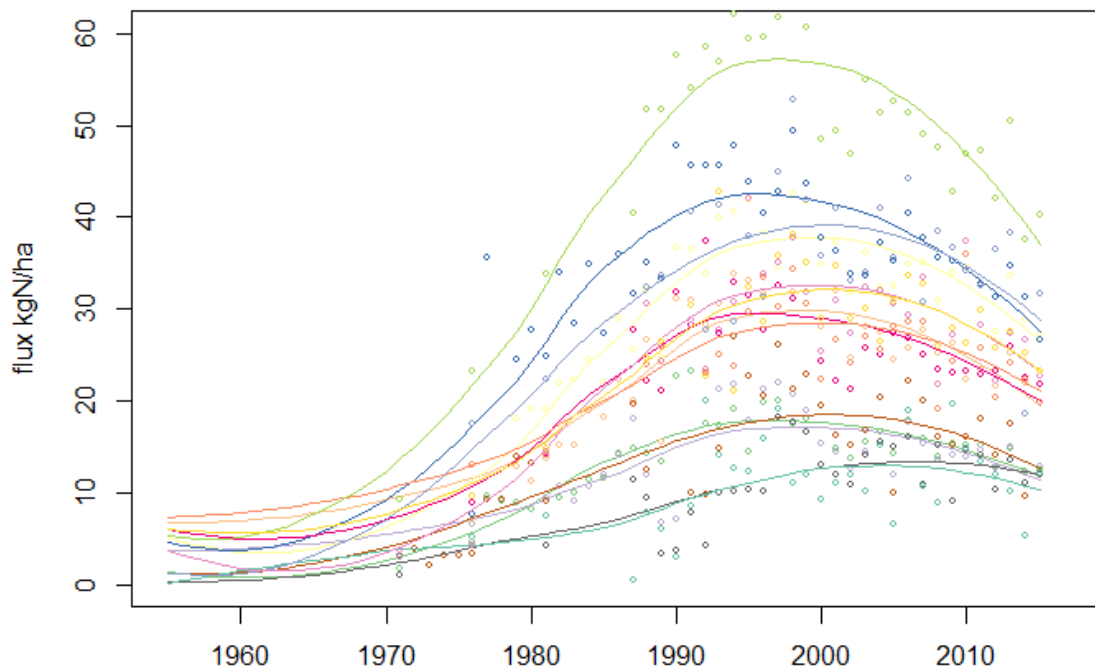
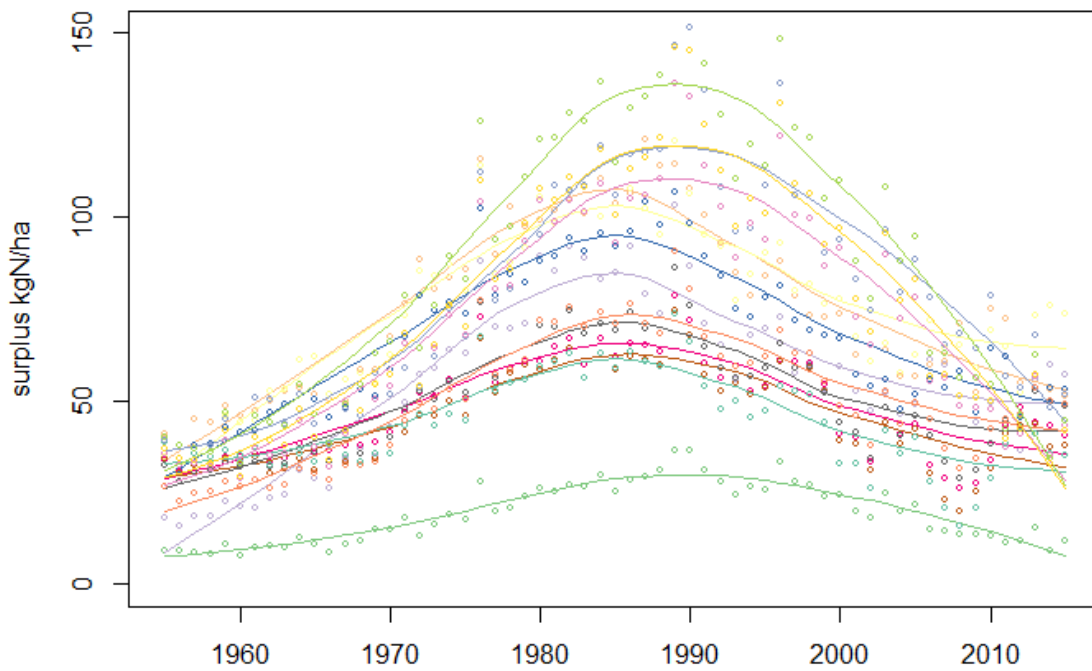
Rémi Dupas (UMR SAS INRAE AGROCAMPUS OUEST Rennes)

1. Données utilisées :

Surplus et flux long terme sur 15 bv de Bretagne (kg N/ha/an).

Sources : Surplus CASSIS Université de Tours 1955-2015, Flux de nitrate calculé à partir des données OSUR Loire Bretagne 1971-2015

Ci-dessous données annuelles + lissage LOESS.





## 2. Méthode :

Calcul d'un taux de transfert, défini comme  $\text{somme}(\text{flux})/\text{somme}(\text{surplus})$  sur la période 1971-2015.

Application de ce taux de transfert à l'ensemble de la période 1955-2015.

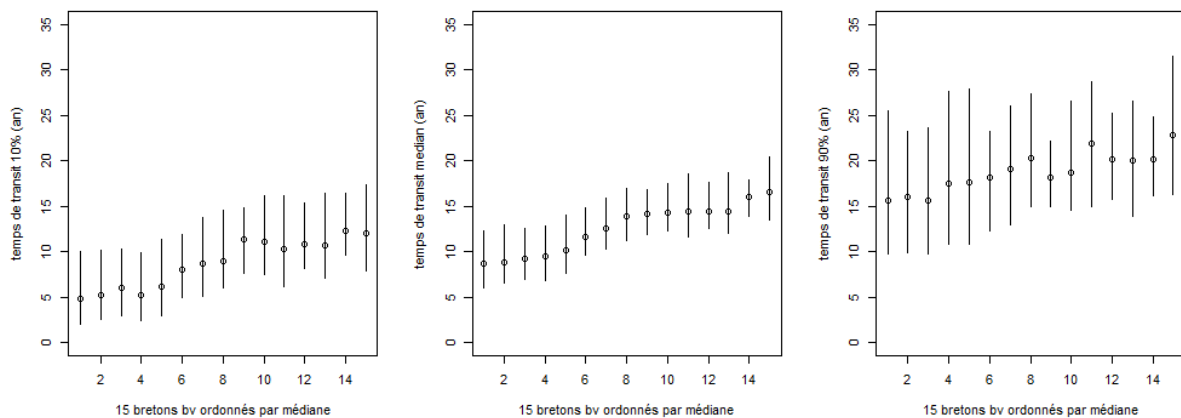
Utilisation d'un modèle de distribution de temps de transit (TTD), dynamique à pas de temps annuel. Il s'agit d'un modèle lognormal, à deux paramètres.

Calibration du modèle (5000 itérations), fonction objectif = critère de Nash-Sutcliffe NS.

Analyse d'incertitude par la méthode GLUE (considérer comme acceptables les modèles dont  $NS > 0.8$  ; pondérer les simulations acceptables par NS).

## 3. Résultats

La médiane est la durée pour observer la moitié de l'effet d'un changement de pratique/système agricole. Le Q10 représente les 10% de temps de transit les plus courts (assimilable à un « temps de réaction », le Q90 représente le délai pour avoir 90% des eaux écoulées depuis le début du changement à évaluer. Il est à noter que cette dernière valeur est probablement sous estimée car la méthode est bornée à 30 ans.



On constate donc que les différents temps caractéristiques des bassins versants sont inclus dans des gammes d'environ 8 ans, ce qui peut être considéré comme assez homogène. Ceci est lié en partie au fait que les bassins sur granite, qui présentent les volumes de nappe les plus importants, sont plutôt situés à l'Ouest (plus humide), alors que les bassins schisteux sont à l'Est (plus sec) : il y a donc compensation entre volumes et flux d'eau. Il faudra poursuivre l'analyse en comparant la forme des distributions de temps de transit dans les différents bv.