

L'estimation des temps de réponses par la modélisation agrohydrologique

Patrick Durand, Laurent Ruiz et al.*
UMR SAS INRA ACO Rennes

* : Jordy Salmon-Monviola, Pierre Moreau, Thierry Raimbault, Fabien Ferchaud, Ophélie Fovet, Jérôme Molenat, Françoise Vertes, Thierry Morvan, Nouraya Akkal, Chantal Gascuel, Luc Delabuis, François Oehler, Laurence Hubert-Moy, Samuel Corgne....

Les modèles utilisés

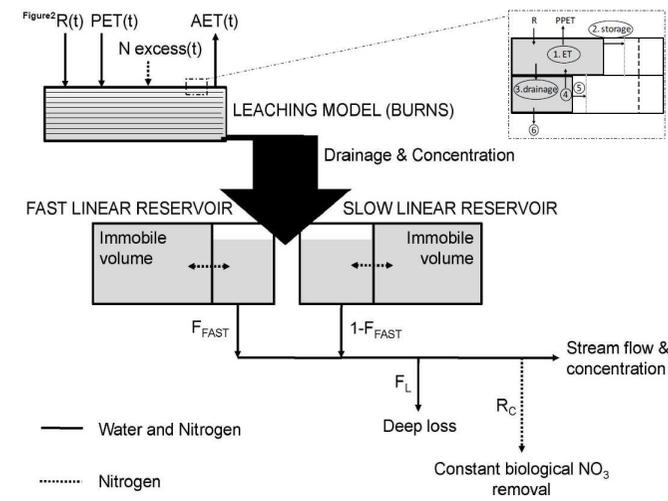
- Deux types de modèles:
 - Etna, modèle conceptuel « simple », focus sur la simulation des variations à long terme des concentrations observées.
 - TNT2, modèle spatialisé, plus complexe, focus sur la prise en compte des processus spatiaux et la simulation de scénarios.

Introduction

- Rappel des questions posées
 - Combien de temps est nécessaire pour évaluer l'effet d'un changement agricole sur une pollution nitrique?
 - Quels sont les processus et les facteurs qui contrôlent ce temps? Comment l'estimer, comment agir dessus?
 - Y a-t-il un lien entre ce temps de réponse et la capacité tampon des bassins versants?
- Intérêts de la modélisation
 - « expérimentation numérique » : on peut virtuellement injecter des traceurs, faire varier les pratiques à volonté, et suivre les effets sur des temps longs
 - Intégration : les modèles simulent les bv dans leur ensemble, et permettent d'évaluer la réponse du système dans son ensemble
 - valorisation de toute l'information disponible : les chroniques long terme, les données agricoles, l'hydrogéologie, les sols...

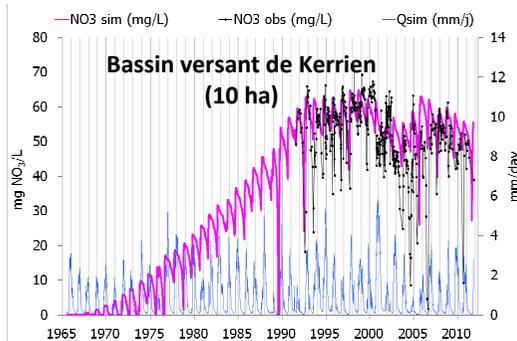
ETNA : Modèle conceptuel à 2 compartiments

(Ruiz et al., 2002, Fovet et al., 2015)

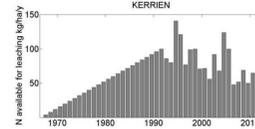


Ruiz, L., Abiven, S., Martin, C., Durand, P., Beaujouan, V., Molenat, J., 2002. Effect on nitrate concentration in stream water of agricultural practices in small catchments in Brittany : II. Temporal variations and mixing processes. *Hydrology and Earth System Sciences* 6, 507-513
Fovet O., Ruiz, L., Faucheux, M., Molenat, J., Sekhar M., Vertes F., Aquilina L., Gascuel-Oudoux, C. and Durand P.
Using long time series of agricultural-derived nitrates pollutions for estimating catchment transit times. *Journal of Hydrology*, sous presse

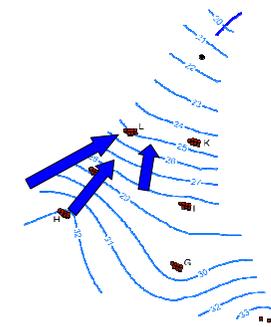
ETNA, RESULTATS



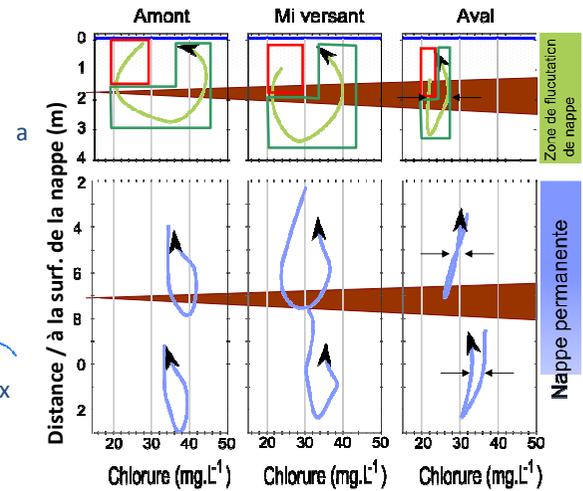
Modélisation sur les bassins expérimentaux (reconstitution de l'historique des pratiques agricoles par enquêtes)



Un modèle avec une nappe « lente » (tps de résidence de ~40 ans) et une nappe « rapide » (tps de résidence de ~6 ans) permet de bien rendre compte des cycles saisonniers et de l'historique de la contamination nitrique



[3] Convergence des flux d'eau vers l'aval

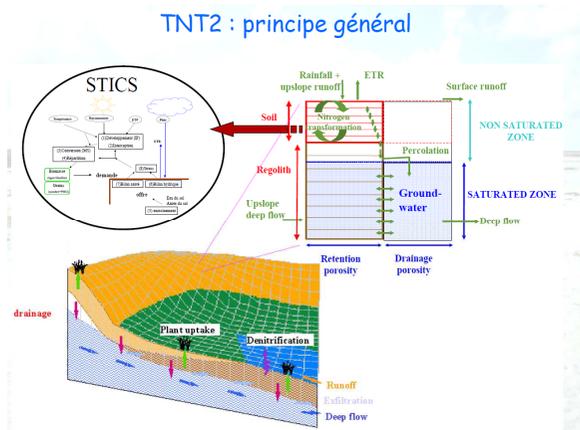


la conceptualisation eau mobile/immobile est corroborée par les observations de fluctuations des concentrations dans la zone de battement de nappe

Thèse M. Rouxel, 2009

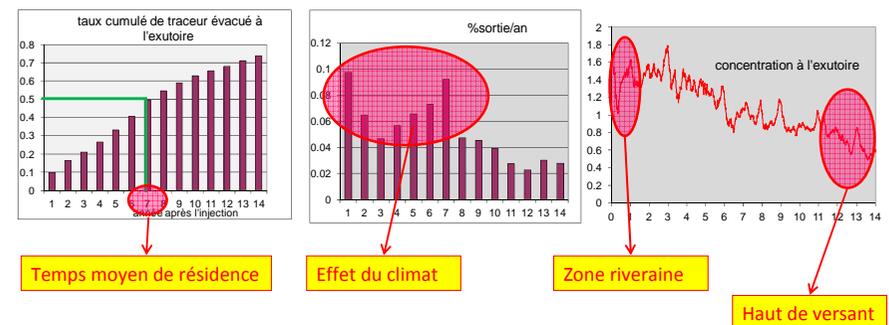
TNT2 : un modèle spatialisé couplant un modèle de culture générique et un modèle hydrologique simple

TNT2 : principe général



TNT2, 1^{ère} approche : traçage virtuel

– Application uniforme d'un soluté inerte à t=0



TNT2, 2^{ème} approche: estimation à partir des paramètres calés

- (Raimbault et al, 2013) Formule:

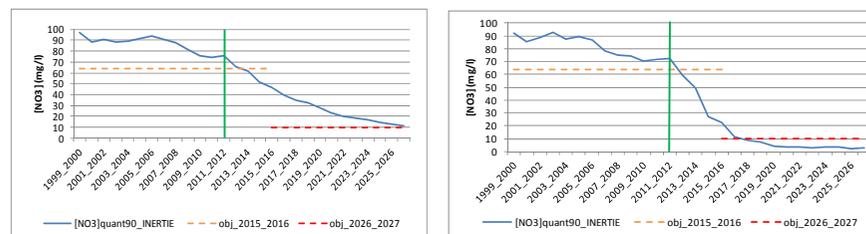
$$TMR = Volume / flux = [(\rho_{alt}^{im} + \rho_{alt}^m) \times e_{alt} + (\rho_{sol}^{im} + \rho_{sol}^m) \times e_{sol}] / Q_{moy}$$

	Sol	altérite	Q _{moy} (12ans)	TMR
	m	m	m	années
Douron	0.10	1.7	0.58	3
Kerharo	0.11	1.4	0.43	3
Lapic	0.10	1.9	0.49	4
Ris	0.09	1.7	0.47	4
Gouet	0.12	2.1	0.40	5
St Laurent	0.10	2.7	0.58	5
Horn	0.21	3.0	0.48	6
Guillec	0.20	2.9	0.48	6
Moros	0.09	3.1	0.56	6
Urne	0.10	2.2	0.30	7
Quillimadec	0.18	2.6	0.39	7
Ic	0.12	3.0	0.22	14
Gouessant	0.14	3.1	0.21	15
Frémur	0.11	3.2	0.20	16



Il ne s'agit que d'un paramètre moyen, mais la distribution des temps de transfert est aussi déterminante

- tout le bv en couvert permanent à forte absorption d'azote (lessivage minimal)



	Horn	Guillec
Temps de réaction	1 an	1 an
Temps moyen de résidence	7 ans	5 ans
Temps d'équilibration	> 14 ans	10 ans

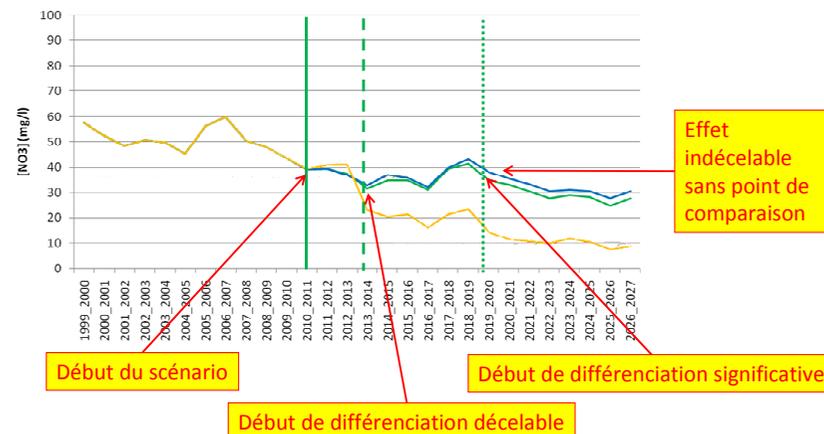
TNT2, 3^{ème} approche: scénario « inertie »

- tout le bv en couvert permanent à forte absorption d'azote (lessivage minimal)

bassin versant	lame drainante* (mm)	concentration initiale (mg/l NO3)	temps d'atteinte de 10mg/l NO3 (années)
16	430	42	7
12	450	28	7
14	580	39	7
5	400	33	9
4	210	55	10
13	300	46	10
6	480	76	10
10	470	34	12
17	490	53	13
1	330	55	15
2	540	80	15
11	580	45	15
8	560	40	18
15	220	65	20
9	390	64	20
7	480	87	20
3	200	65	22

Modélisation agrohydrologique

- Réflexions sur le temps de réaction pour des scénarios proches



Conclusions (1)

- *Temps de réponse \neq temps de parcours, car chemins chaotiques, interrompus, etc.*
- *Temps de réponse \subset stockage/déstockage liés aux processus biogéochimiques*
- *Temps réponse (et réaction, équilibration...) dépend fortement de l'importance de la perturbation apportée*
- *Il faudrait aussi travailler sur les temps de réponses du système social.*

Conclusions (2)

- **Conséquences opérationnelles**
 - *Une bonne détection des changements, et une bonne estimation des temps de réponses nécessite des chroniques homogènes et de qualité*
 - *Il n'y a pas de lien simple entre l'allure des courbes de nitrates et les temps de réponse*
 - *Plus l'amplitude des changements est grande, plus la réponse est visible rapidement dans le cours d'eau et la nappe.*
 - *Pour un même degré d'action, des changements proches des cours d'eau ou généralisés sur le bv seront visibles plus tôt dans le cours d'eau.*
 - *Pour un pilotage en temps réel des actions, il est nécessaire d'avoir des indicateurs intermédiaires: bilans et reliquats parcellaires, suivis à l'aval direct des zones les plus modifiées, etc.*