

Apports d'une modélisation intégrée Terre-Mer dans la co-construction de scénarii territorialisés pour limiter l'eutrophisation du littoral français

Contribution of integrated land-sea modelling in the co-construction of territorialized scenarios to limit eutrophication of the French coastline

Vincent Thieu ¹, Antoine Casquin ¹, Marie Silvestre ², Goulven G. Laruelle ³, Josette Garnier ¹ and Gilles Billen ¹

¹ Sorbonne Université, CNRS, UMR 7619 METIS, Paris, France

² Sorbonne Université, CNRS, Fédération Île-de-France de Recherche sur Environnement, FIRE, F-75005 Paris, France

³ Université Libres de Bruxelles, Department of Geoscience, Environment & Society (DGES), 1050 Brussels, Belgium

vincent.thieu@sorbonne-universite.fr

RÉSUMÉ

Face à la persistance des problèmes d'eutrophisation côtière, la Directive-Cadre Stratégie pour le Milieu Marin fixe les conditions du bon état des milieux marins et se tourne vers les gestionnaires de bassins versants pour « intégrer vers l'amont » ces objectifs environnementaux et mettre en place des plans d'action capables de réguler les apports fluviaux, déséquilibrés en nutriments, qui enrichissent et soutiennent des efflorescences algales nuisibles dans les zones côtières. Si la recherche, et en particulier les outils de modélisation biogéochimique, peuvent apporter des solutions opérationnelles, ils ne peuvent répondre à ce défi qu'en intégrant la connaissance des acteurs et des gestionnaires qui composent ces territoires depuis les terres agricoles jusqu'au littoral. Le projet nuts-STeauRY propose le déploiement, inédit à l'échelle de la France métropolitaine, d'une suite de modèles éprouvés représentant la cascade des nutriments et du carbone depuis les pratiques agricoles (modèle GRAFS), le transfert et les transformations dans le réseau hydrographique (modèle pyNuts-Riverstrahler) en incluant les estuaires (modèle C-GEM), jusqu'à la zone côtière. Ces outils offrent (par leur formalisme) les leviers nécessaires pour pouvoir dialoguer avec les gestionnaires et construire conjointement des scénarios visant à limiter l'eutrophisation du littoral français.

ABSTRACT

The Marine Strategy Framework Directive determines the conditions for good status of marine environments and explicitly asks river-basin managers to improve the consideration of marine environmental objectives when elaborating action plans for regulating the imbalanced river nutrients fluxes that enrich and support harmful algal blooms in coastal areas. While research, and in particular biogeochemical modelling tools, can provide operational solutions, they can only meet this challenge by integrating the local knowledge of stakeholders and managers involved in these territories, from agricultural land to the coast. The nuts-STeauRY project proposes the deployment at the scale of metropolitan France, of a suite of proven models representing the fate of carbon and nutrients from agricultural practices (GRAFS model), the transfer and transformations in the hydrographic network (pyNuts-Riverstrahler model) including estuaries (C-GEM model), to the coastal zone. These tools offer (owing to their formalism) the necessary leverages to enable to dialogue with stakeholders, and co-construct scenarios to limit eutrophication of the French metropolitan coastline.

MOTS CLES

Eutrophisation ; Continuum Terre-Mer ; Modélisation ; Concertation ; Prospective

1 CONTEXTE

La feuille de route nationale sur l'eutrophisation des milieux côtiers, et en particulier le descripteur 5 de la Directive-Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM), vise à définir des apports fluviaux compatibles avec le bon état du milieu marin, et impose donc de considérer le continuum Terre-Mer dans son intégralité. Identifier les conditions terrestres requises pour contenir les exports fluviaux à un niveau « admissible » constitue un véritable défi pour les gestionnaires de bassins-versants. Prendre en compte ces objectifs côtiers en les intégrant vers l'amont des bassins-versants afin de trouver les moyens de réduire ces flux de nutriments vers le littoral, demande de mobiliser des outils de recherche opérationnels capables :

- de représenter l'ensemble des processus qui affectent la qualité des eaux tout le long de son continuum depuis les sols, les hydrosystèmes jusqu'aux zones littorales en passant par les estuaires, actifs des points de vue hydrosédimentaire et biogéochimique.
- de représenter les pressions humaines s'exerçant à l'échelle de ces territoires, avec une résolution spatiale et temporelle suffisante et une approche de modélisation offrant les leviers d'actions nécessaires pour satisfaire aux exercices de scénarisation territorialisés dans lesquels les gestionnaires devront être parties prenantes.

2 AMBITION DU PROJET NUTS-STEaURY

Le projet nuts-STEaURY propose le déploiement inédit à l'échelle de la France métropolitaine d'une suite de modèles éprouvés représentant la cascade des nutriments et du carbone depuis les pratiques agricoles, les sols, le transfert dans les hydrosystèmes en incluant les estuaires, jusqu'à la zone côtière. Ces outils offrent (par leur formalisme) une emprise suffisante (identification des pressions et des leviers potentiels) pour pouvoir dialoguer avec les gestionnaires et construire conjointement des scénarios visant à atteindre des flux de nutriments « admissibles » à la mer. Le projet nuts-STEaURY implique ainsi des groupes de travail régionaux composés de chercheurs et de gestionnaires, qui, autour d'une chaîne de modélisation Terre-Mer, s'attacheront à identifier les conditions terrestres (l'usage des sols, de pratiques agricoles, d'épuration, etc.) satisfaisant au bon état des milieux marins.

3 LES GRANDES ÉTAPES

3.1 Réalisation d'un Atlas des pressions diffuses

Un état des lieux des pressions diffuses à l'échelle des masses d'eau, cours d'eau (MECE) et de transition (MET) pour les éléments C, N, P et Si, qui seront suivis/modélisés, sous différentes formes (dissoute et particulaire), est réalisé tout au long du continuum Terre-Mer (*Action 1, Fig. 1*).

L'estimation de ces apports diffus s'appuie sur l'approche GRAFS-N,P,C (Le Noë et al, 2017), permettant une description détaillée des flux à travers le système agroalimentaire, offrant ainsi des leviers d'analyses opérationnels pour tester des changements de pratiques et évaluer leurs impacts sur les flux entre sols et hydrosystèmes. Cette approche permet notamment de prendre en compte les dynamiques temporelles des éléments C, N et P dans les sols (héritage, stockage, déstockage, susceptibilité au lessivage) qui sont aujourd'hui des processus incontournables (au-delà des approches par bilan et surplus) pour estimer les flux parvenant aux hydrosystèmes à court terme, et à plus long terme dans le cadre d'exercices prospectifs.

3.2 Déploiement d'une chaîne de modélisation intégrée « rivière – estuaire »

Les apports latéraux ainsi calculés alimenteront une chaîne de modélisation intégrée « rivière – estuaire » (*Action 2, Fig.1*) basée sur le modèle RIVESTRAHLER (Billen et al. 1994) qui propose une approche mécaniste du fonctionnement biogéochimique des hydrosystèmes, capable de simuler en tout point du réseau hydrographique la qualité des eaux.

Le modèle générique de fonctionnement des estuaires C-GEM, dont le couplage avec le modèle RIVERSTRAHLER est déjà opérationnel (Laruelle et al., 2019), complète cette chaîne de modélisation. C-GEM est un modèle 1-D à discrétisation longitudinale simplifié qui offre la possibilité de représenter l'hydrodynamisme complexe des zones de mélanges estuariens, ainsi que leurs fonctionnements biogéochimiques.

3.3 Ateliers prospectifs et groupes de travail régionaux

Des groupes de travail régionaux composés de chercheurs et d'acteurs territoriaux se constituent progressivement (*Action 3, Fig. 1*) afin d'initier un dialogue qui permettra (i) aux gestionnaires de formuler les caractéristiques intrinsèques de leur territoire et les enjeux d'une gestion intégrée entre Terre et Mer, et (ii) aux équipes de recherche d'explicitier le formalisme des outils et les données utilisées afin que l'ensemble de la chaîne de modélisation soit compréhensible. Ces échanges constituent un préalable indispensable à la co-construction de scénarios territorialisés visant à atténuer ou ré-équilibrer les flux de nutriments exportés vers les milieux marins. Ces scénarios que l'on souhaite réalistes, acceptables, et déclinés à l'échelle territoriale constitueront *in fine* un appui aux décideurs de la politique de l'eau.

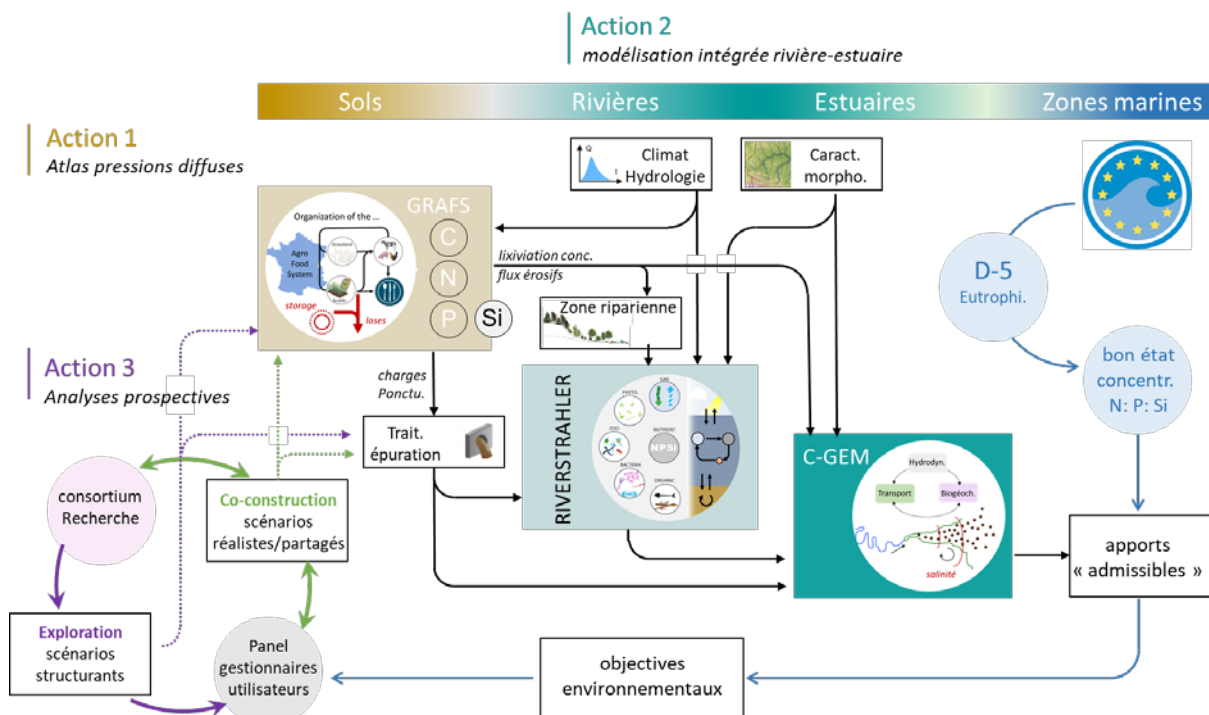


Figure 1. Chaîne de modélisation et grandes étapes du projet NUTS-STEauRY

4 COMPLÉMENT D'INFORMATION :

Le projet nuts-STEauRY a été lancé début 2021 pour une durée de trois ans, et est financé par l'Office français de la biodiversité (OFB) dans le cadre de l'Appel à manifestations d'intérêt : Développements en matière de surveillance et d'évaluation de l'état des milieux aquatiques continentaux, littoraux et marins. Le site web <https://nuts-steaury.cnrs.fr> offre une synthèse du projet et des résultats produits par les équipes de recherche et les groupes de travail régionaux.

BIBLIOGRAPHIE

- Billen, G., Garnier, J., Hanset, P., 1994. Modelling phytoplankton development in whole drainage networks: the RIVERSTRAHLER Model applied to the Seine river system. *Hydrobiologia* 289, 119–137. <https://doi.org/10.1007/BF00007414>
- Laruelle, G.G., Marescaux, A., Gendre, R. Le, Garnier, J., Rabouille, C., Thieu, V., 2019. Carbon dynamics along the Seine River network: Insight from a coupled estuarine/river modeling approach. *Front. Mar. Sci.* <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00216>
- Le Noë J, Billen G, Garnier J (2017). How the structure of agro-food systems shapes nitrogen, phosphorus, and carbon fluxes: the Generalized Representation of Agro-Food System applied at the regional scale in France. *Science of the Total Environment* 586: 42–55. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.02.040>