

Objectifs et concepts du projet ESCAPADE et du séminaire de clôture

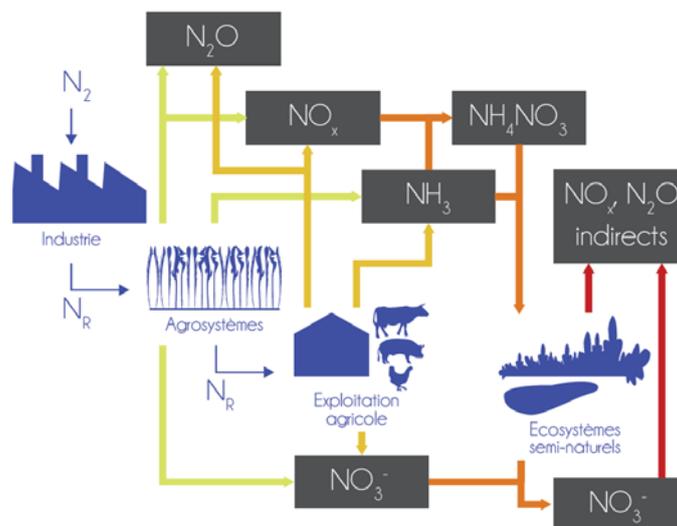
J.-L. Drouet et tous les partenaires

Le modèle de production agricole subit actuellement un changement majeur visant à réduire les intrants azotés tout en cherchant à maintenir la productivité des agroécosystèmes. Cette évolution ne se fera pas sans innovations techniques et organisationnelles originales, en actionnant des leviers prenant en compte l'hétérogénéité des paysages et l'organisation des activités agricoles et d'élevage dans les territoires. Dans ce contexte, le projet ESCAPADE a réuni des équipes de disciplines complémentaires (biogéochimie, transferts atmosphériques et hydrologiques, agronomie, socio-économie, mathématiques) incluant des acteurs de la recherche, du développement agricole et des acteurs économiques des territoires.

L'objectif général du projet était d'identifier et d'évaluer des voies innovantes d'atténuation des pertes d'azote et d'adaptation des systèmes de production aux changements globaux. Le projet a mobilisé des territoires à deux échelles spatiales emboîtées : des sites instrumentés de quelques km² à quelques dizaines de km² et des territoires de quelques centaines de km² englobant ces sites.

Des scénarios de gestion de l'azote ont été co-construits aux échelles classiques de la parcelle et des exploitations agricoles, ainsi qu'aux échelles novatrices des sites et des territoires. Les scénarios ont été évalués à partir des modèles développés dans le projet pour simuler la cascade des processus liés à l'azote et les pertes d'azote dans les sites et les territoires. Ces modèles ont été évalués à partir de données agricoles et biophysiques acquises sur quatre sites complémentaires par leurs conditions agro-pédo-climatiques. Le projet a permis une évaluation agro-environnementale des scénarios à partir des modèles. La diffusion des résultats se fera par des publications et communications scientifiques et auprès des agriculteurs par les instituts techniques et les coopératives partenaires au projet.

Le séminaire de clôture est organisé en deux grandes séquences. La première a pour objectif de présenter et discuter les concepts, hypothèses et méthodes qui ont prévalu au développement et à l'évaluation des outils du projet : scénarios, modèles et données. La seconde a pour objectif de présenter et discuter les résultats majeurs acquis par la mise en œuvre conjointe de ces trois types d'outils dans les sites et les territoires englobants.



Représentation schématique de la cascade de l'azote dans les territoires.

Démarches et réflexions autour de la construction des scénarios alternatifs

F. Laurent, L. Casal, S. Gironde, D. Craheix

La construction des scénarios alternatifs de gestion de l'azote s'est déroulée sur 2 niveaux d'échelle distincts : les sites instrumentés et les territoires qui les englobent. La réflexion initiale qui a présidé à leur élaboration s'est appuyée sur l'identification de trois leviers d'action : diminution des entrées d'azote sur le territoire, modification de la gestion « intra » territoire de l'azote, ou enfin des caractéristiques paysagères.

Le dernier levier est privilégié car la question centrale posée par le projet est l'identification des « marges de manœuvre permises par la gestion paysagère des systèmes de culture et des zones non productives, selon leurs « modes d'assemblage » à l'intérieur d'espaces agricoles de taille variable.

Un schéma général de construction des scénarios a été élaboré sur le premier niveau d'échelle (« sites ») et a servi aussi pour décliner les options de gestion aux échelles « larges » (« territoires »). L'enjeu du positionnement des aménagements proposés est abordé par la comparaison de deux options distinctes vis-à-vis de la maîtrise du flux de nitrate : « interception » en valorisant les zones hydromorphes potentiellement rétentrices d'azote ; « dilution » en soustrayant à la production agricole des zones en tête de bassin capables de maintenir des flux d'eau peu concentrés et transférés à l'exutoire.

La construction des scénarios a donc été « pilotée » principalement par un enjeu « qualité de l'eau » mais les conséquences sur la qualité de l'air (NH₃) ou les GES (N₂O) seront examinées dans la cadre d'une évaluation multicritères. A ce titre l'enjeu économique a été abordé par des simulations sur des exploitations types : les conséquences des scénarios testés à des échelles larges restent donc à traiter.

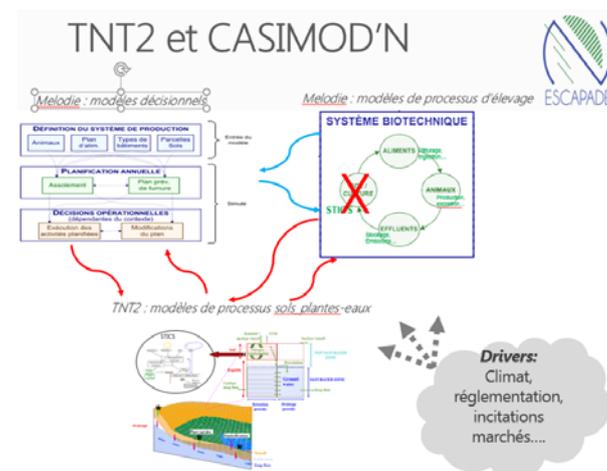
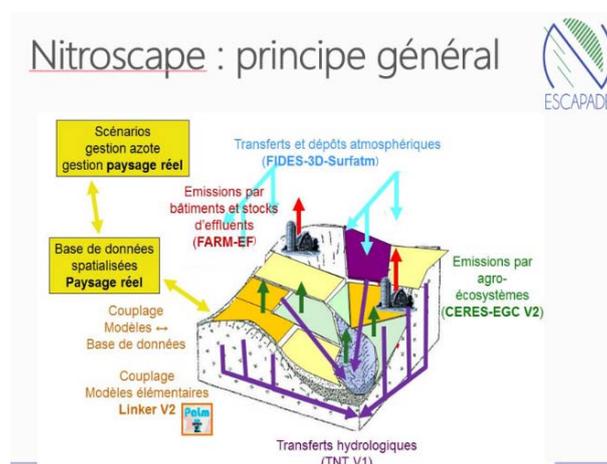
Les partenaires du projet acteurs du développement (Arvalis, Terrena, Triskalia) font part de leurs attentes vis-à-vis de ce type de leviers d'action et soulignent des points d'attention pour la valorisation des résultats du projet. A ce titre les dynamiques d'évolution des structures agricoles actuellement en cours semblent importantes à prendre en compte tenu de leurs effets sur les assolements, les itinéraires techniques, la gestion des effluents dans les bâtiments.

Modélisation de la cascade de l'azote dans les sites

P. Durand, C. Benhamou, J. Salmon-Monviola, E. Ramat, C. Baratte,
A.-I. Graux, P. Faverdin, L. Casal S. Ferrant, J.-L. Drouet

Dans le cadre du projet, trois modèles ont fait l'objet de développements et d'applications sur les sites instrumentés du projet, afin de jouer sur leur complémentarité pour décrire, intégrer et simuler une large gamme de processus et de scénarios. Ces trois modèles ont en commun le résultat d'un couplage fort de modèles déjà existant, d'être mécanistes (les processus principaux sont explicitement modélisés), spatialisés (l'espace est divisé selon une grille régulière où les processus sont modélisés indépendamment, et la géométrie des flux de matière échangés entre les cellules de la grille est aussi décrite), dynamiques (pas de temps journalier ou infra), déterministes (un jeu de paramètres et variables d'entrée produit un jeu unique de variables de sorties). Le modèle NitroScape couple CERES-EGC (modèle de culture), TNT2-hydro (modèle hydrologique), FIDES-3D-Surfatm (modèle de transfert d'ammoniac et d'échange d'ammoniac surface-atmosphère) et FARM-EF (modèle d'émissions d'azote à la ferme). Le modèle TNT2 couple TNT (modèle de transfert d'eau et de nitrates) avec STICS (modèle de cultures). Le modèle CASIMOD'N couple TNT2 et MELODIE (modèle d'exploitation agricole d'élevage). Ces modèles ont fortement accru leurs fonctionnalités et leur fiabilité durant le projet et sont opérationnels pour des applications sur des systèmes réels et scénarisés très divers.

Leurs intérêts et limites, en termes d'incertitude et d'applicabilité, sont discutés dans cette présentation.



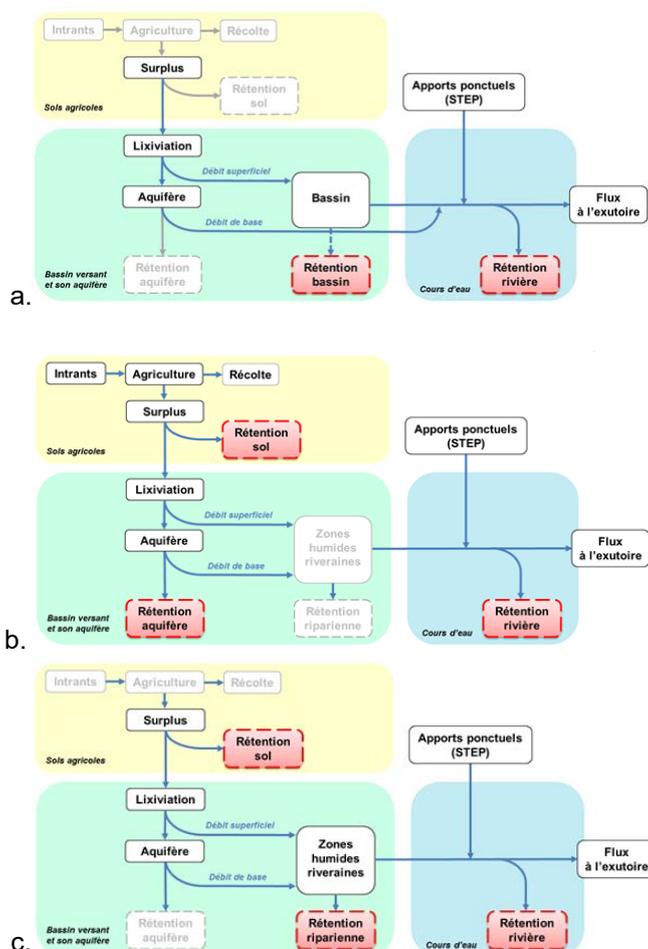
Principes et fonctionnement des modèles de la cascade de l'azote à l'échelle territoriale : Nutting'N, SWAT et SENEQUE-Riverstrahler

A. Ramarson, G. Billen, J. Garnier, S. Théry, S. Sauvage, C. Gascuel

De nombreux modèles existent pour décrire la cascade de l'azote depuis les sols agricoles jusqu'à l'exutoire des bassins versants. Ils se distinguent, d'une part, par le degré de finesse de leur représentation – plus ou moins mécaniste – des processus impliqués (et donc dans leur pouvoir explicatif et prédictif) et, d'autre part, par l'échelle géographique de leur domaine d'application. A l'échelle de territoires d'une surface de plus de 500 km² les modèles les plus déterministes ne peuvent être appliqués, et une démarche de modélisation plus intégrative doit être mise en place.

Trois modèles ont été appliqués sur les territoires du projet ESCAPADE. (1) Nutting'N, basé sur une approche de bilans calibrés sur des bassins renseignés. (2) SWAT qui comporte un modèle de production agricole et de transferts de l'eau et l'azote dans les sols, couplé à un modèle de transfert dans le réseau hydrographique. (3) SENEQUE-Riverstrahler qui modélise les transferts de nutriments depuis les eaux sous-racinaires, à travers l'interface riparien entre le bassin versant et les cours d'eau, et jusqu'à l'exutoire du réseau hydrographique.

Les principes de ces trois modèles et les modalités de leur mise en application seront illustrés sur l'exemple du bassin de la Save.



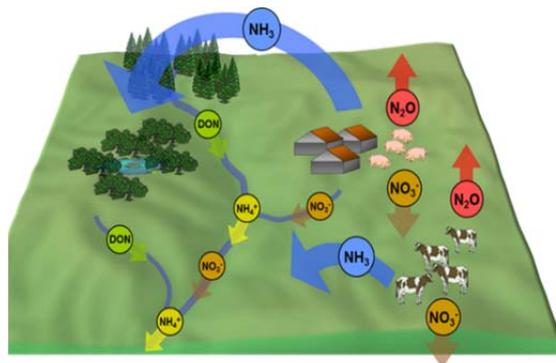
Modélisation de la cascade de l'azote dans (a) Nutting'N, (b) SWAT, (c) SENEQUE Riverstrahler.

Données collectées pour la modélisation des scénarios dans les sites et les territoires

P. Cellier, C. Pasquier, J. Garnier

Nous présenterons les actions relatives à la collecte des données d'Escapade sous la forme d'un « data paper », publication que nous sommes donnés pour objectif de réaliser pour faire connaître les jeux de données collectés et favoriser leur diffusion. Le corps du data paper comprend les sections suivantes (repris de Nature publishing group) :

Contexte & objectifs : le projet Escapade vis à rechercher des voies innovantes à l'échelle du territoire, complémentaires des approches classiques aux échelles de la parcelle et de l'exploitation agricole, pour optimiser l'usage de l'azote et en réduire les pertes dans l'environnement, et ainsi préserver durablement les agroécosystèmes tout en maintenant la productivité des systèmes de production. Les modèles développés à l'échelle de quatre sites (quelques km²) et de quatre territoires (quelques centaines à milliers de km²) ont besoin de données d'entrée et de données de validation aux échelles pertinentes. De telles données devraient intéresser d'autres groupes travaillant à l'échelle des paysages ruraux.



Méthodes : en se fondant sur les besoins de modèles ainsi que sur des projets passés récents, nous avons établi des listes de données dans différentes catégories ainsi que des protocoles d'observation et de collecte. Les stratégies d'échantillonnage ont été adaptées pour chaque site prenant en particulier en compte la nature des activités agricoles et les caractéristiques naturelles du site.

Données enregistrées : suite à leur collecte sur le terrain sur la base de mesures physiques, chimiques et biologiques, ou sur la base d'enquête auprès d'exploitant agricoles, les données collectées ont été enregistrées sur des tableurs ou bases de données locales puis intégrées dans la base de données générale d'Escapade. Différentes cartes décrivant le milieu (topographie, sol, parcellaire, ...), déjà disponibles sur les sites d'étude, ont également été intégrées dans cette base.

Métadonnées : pour chaque type de données (cultures, sols, météo, pratiques agricoles ...) des protocoles ont été établis, incluant la méthode d'observation sur le terrain ou de collecte d'échantillons, la procédure d'analyse au laboratoire, le cas échéant. La stratégie d'échantillonnage a été établie sur la base de principes généraux communs mais adaptée site par site pour bien intégrer les conditions agricoles et d'environnement de chaque site, ou valider des objectifs spécifiques.

Validation technique : à l'échelle de la parcelle agricole, les protocoles retenus sont fondés sur des protocoles analytiques ou agronomiques existants et déjà largement validés. A des échelles plus larges, les choses sont moins bien établies, mais nous avons pu nous fonder sur des stratégies expérimentales développées dans le cadre d'autres projets nationaux ou européens.

Notes : l'ensemble des données et métadonnées seront largement documentés pour permettre un usage par d'autres équipes de recherche travaillant à l'échelle des paysages agricoles ou sur des processus plus spécifiques (e.g. émissions de N₂O).

La cascade de l'azote: que va-t-on encore faire avec les mesures ?

J. Garnier, J. Anglade, J. Berthou, A. Azougui, B. Mercier, G. Billen et coll.

G. Tallec, P. Ansart, A. Blanchouin, N. Derlet, J. Tournebize et coll.

C. Schott, C. Mignolet et coll., C. Hénault, C. Pasquier et coll.

C. Fléchar, F. Vertès, C. Gascuel, P. Durand et coll.

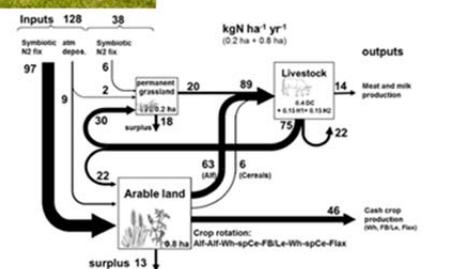
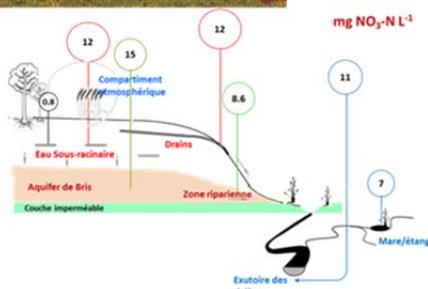
A. Probst, V. Ponnou-Delafon, E. Guigues, S. Ferrant V. Payre, J.-L. Probst et coll.

C. Decuq, V. Lecuyer, S. Masson, J.-C. Gueudet, P. Cellier, J.-L. Drouet et coll.

Dans le cadre du projet ANR Escapade, 4 sites ont été instrumentés pour constituer une base de données nécessaire à la validation des modèles mis en œuvre pour appréhender la cascade de l'Azote à l'échelle des paysages. Outre l'acquisition des flux d'azote vers les hydrosystèmes déjà en place pour la majorité des sites, des équipements nouvellement acquis ont permis de mesurer les flux d'oxyde nitreux (N_2O) en fonction de l'occupation des sols et de leurs caractéristiques et de déterminer les concentrations atmosphériques en NH_3 .

Ces données montrent des flux d'azote en général plus élevés pour le Naizin (Bretagne), tant par sa pluviométrie élevée que son système agricole dominé par l'élevage, à la différence des autres sites essentiellement dominés par la grande culture. Les sites des Avenelles (en Brie) et OS² (en Beauce) présentent des résultats assez semblables. Le régime hydrologique de type semi-aride de l'Auradé introduit plus de la variabilité qu'ailleurs.

Au-delà de constituer des données de validation des modèles et de nourrir des bases de données nationales, européennes et mondiales, nécessaires pour alimenter les directives, ces données peuvent servir à la compréhension du fonctionnement de petits territoires grâce à l'établissement de bilans, et ces connaissances par sites peuvent être mises en perspectives pour mieux comprendre les facteurs qui déterminent leurs spécificités (climat, caractéristiques des sols, pratiques agricoles, systèmes, etc.). Les bilans et la modélisation sont ainsi appelés à se nourrir réciproquement.



De la mesure du terrain.....à un bilan fonctionnel

Modélisation des sites instrumentés et évaluation des flux d'azote

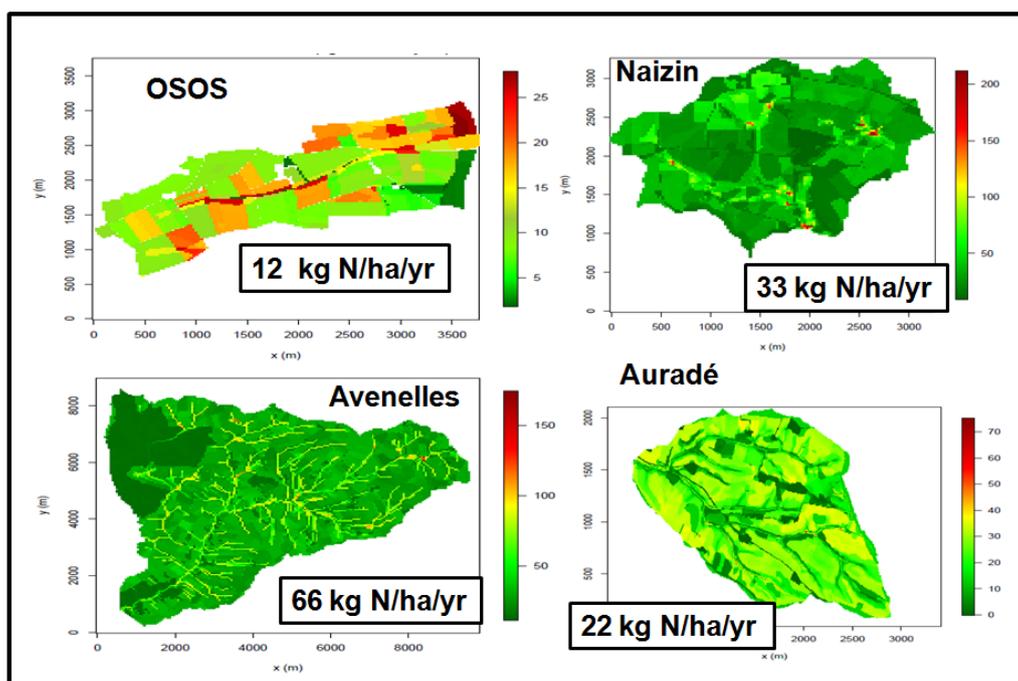
C. Benhamou, P. Durand, J.-L. Drouet

N. Akkal, J. Anglade, P. Barbillon, L. Casal, P. Cellier, C. Chambon, S. Ferrant, J. Ferrer-Savall, C. Fléchar, D. Franqueville, J. Garnier, C. Hénault, H. Monod, C. Pasquier, A. Probst, J. Salmon-Monviola et coll.

Les deux modèles NitroScape et TNT2 ont été appliqués pour simuler la cascade de l'azote sur les quatre sites instrumentés du projet : Naizin en Bretagne, OSOS en Centre-Val de Loire, Avenelles en Île-de-France et Auradé en Occitanie. Ces sites sont contrastés par leurs structures paysagères, leur étendue spatiale, topographie et contexte pédoclimatique, ainsi que par leurs pratiques agricoles et d'élevage.

Les deux modèles permettent de simuler de manière spatialisée et dynamique les ordres de grandeur des flux des différentes formes d'azote (volatilisation et dépôt d'ammoniac, pertes directes et indirectes de N_2O par dénitrification et nitrification, minéralisation, lixiviation de nitrates, prélèvement et restitution par les cultures) dans les différents compartiments des paysages (terrestre, aquatique, aérien). Les dynamiques des flux d'eau et d'azote à l'exutoire, qui intègre en un point l'ensemble des processus spatialisés du site, sont plutôt bien représentées par les modèles. Mais le manque de données ne permet pas toujours d'évaluer de manière précise la répartition spatiale des flux d'azote et l'intensité des processus de transfert et de transformation (e.g. présence d'animaux au pâturage, porosité des sols). Ce manque de données ne permet pas de statuer sur l'intensité des flux qui interagissent et se compensent (e.g. minéralisation, dénitrification, volatilisation), et différentes conditions initiales ont produit des flux simulés d'azote similaires à l'exutoire. L'analyse de sensibilité des modèles a permis de hiérarchiser les processus et les facteurs d'entrée les plus influant sur les variables cibles (e.g. pertes NO_3 , N_2O , NH_3 , bilans N, rendements) et sur lesquelles il est prioritaire de focaliser les mesures.

Les résultats obtenus sur les sites sont présentés, discutés et comparés. Ils montrent la nécessité de développements supplémentaires pour mieux représenter les structures paysagères et les flux d'azote (e.g. zones drainées, sols argileux dont les propriétés physiques évoluent au cours de l'année, paramétrisations de la diversité des cultures).



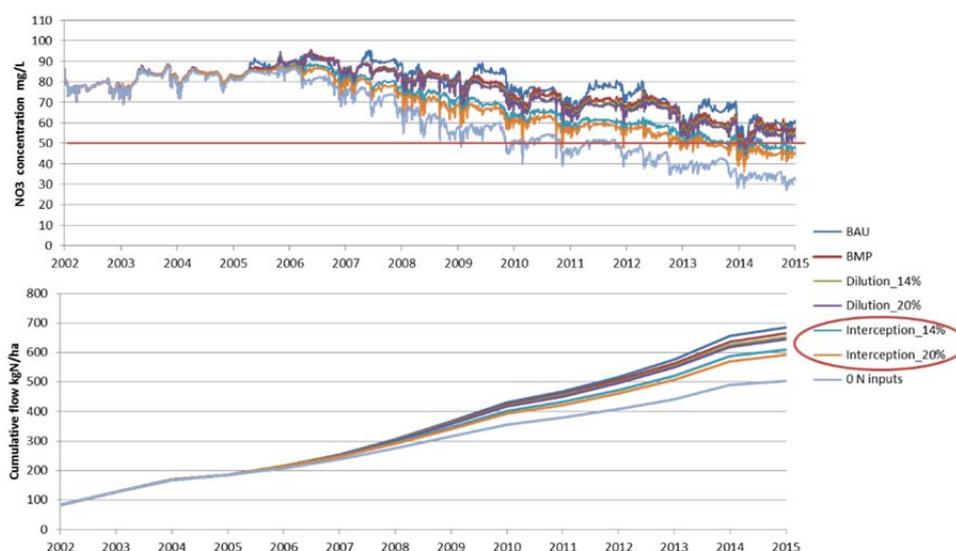
Dénitrification moyenne (kg N/ha/an) calculée par les modèles, spatialisée (cartes) et intégrée (encadrés noirs) sur les quatre sites du projet.

Modélisation des scénarios sur deux sites contrastés sites

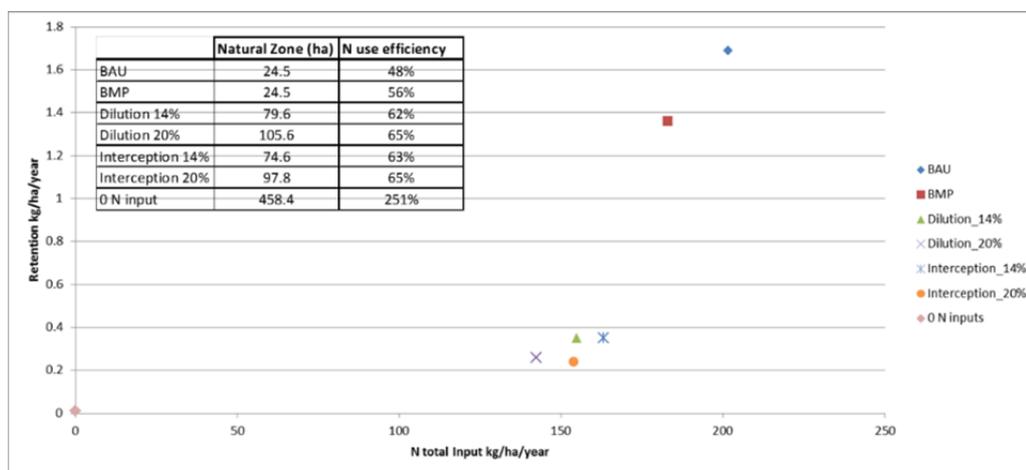
L. Casal, P. Durand, C. Benhamou, S. Ferrant, J.-L. Drouet, F. Vertès, F. Laurent

A l'échelle des sites, le jeu de scénarios incluant pratiques réelles, optimisées, implantation de zones d'interception et de dilution, a été testé sur deux sites contrastés par les systèmes de production agricoles (Auradé : grandes cultures, Naizin : polycultures élevages) et le contexte physiographique (sol, climat, relief...). Les résultats montrent d'abord des tendances similaires entre les deux sites. En termes de réduction des pertes nitriques, les scénarios se classent toujours ainsi : réel > optimisé > dilution > interception ; on constate aussi, de façon un peu contre-intuitive, qu'en exprimant les résultats en terme de rétention apparente des excès d'azote (différence entre surplus agricoles (N intrants – N exporté par les récoltes) et flux nitriques à l'exutoire), c'est toutefois le scénario réel qui offre la plus forte rétention, illustrant à la fois la forte dépendance de cette rétention au niveau d'intrants. Dans le bassin de Naizin, on constate aussi que l'augmentation des surfaces d'interception de 14 à 20% de la surface totale du bassin n'a que peu d'effets sur les flux à l'exutoire, ce qui montre que c'est plus la continuité de la zone d'interception autour du cours d'eau que sa surface totale qui est déterminante. Le fait d'avoir des résultats somme toute concordant sur ces deux sites contrastés suggère une bonne généralité des conclusions obtenues. Les impacts de ces scénarios sur les dépôts atmosphériques et les émissions indirectes de N₂O sont en cours d'analyse.

a.



b.



Exemples de résultats pour Naizin. Pertes nitriques à l'exutoire (a), rétention et NUE (b).

Typologies de paysages et de systèmes de culture, et interactions, pour la modélisation territoriale des émissions et rétentions d'azote : exemple du BV du Blavet

F. Vertès, N. Akkal-Corfini, V. Parnaudeau et C. Gascuel-Oudou, E.-G. Lazrak et C. Mignolet

A l'échelle de sites de quelques km², les modèles d'émission d'azote vers l'air et l'eau mobilisent des données de pratiques agricoles observées à l'échelle même de la parcelle. Beaucoup de ces données ont été acquises dans le cadre des observatoires de recherche en environnement (ORE Agrhys, SOERE RBV,...). Sur ces sites il n'y a donc pas d'itinéraires techniques (ITK) ou de systèmes de culture (SdC) type, chaque exploitation et chaque parcelle étant décrite in extenso sur la base d'enquêtes.

Passant à l'échelle des grands territoires, il est nécessaire d'élaborer une typologie des éléments productifs (parcelles agricoles) et intersticiels (zones humides, haies,...) du paysage agricole, pour informer des modèles territoriaux (Swat, Sénèque, Nutting,...). La caractérisation des éléments du paysage agissant sur la rétention d'azote a été menée sur différents bassins versants selon une méthodologie basée sur les modèles de Markov cachés adaptés à des corpus de données hétérogènes combinant des variables de natures différentes (Lazrak et al., 2015). Concernant les sources de nitrate, la méthode s'appuie sur l'hypothèse que les successions culturales sont indicatrices du niveau de risques Nitrate, risque calculé à partir d'un bilan entrées – sorties d'azote et d'un indice de lixiviation basé sur le taux de couverture des sols durant la période de drainage hivernal. Les successions culturales ont été identifiées à partir i) du traitement, par chaîne de Markov (Mari et al. 2013), des données RPG pour l'occupation des sols et du RGA 2010 pour la partie cheptels et bâtiments d'élevage, ii) de classifications proposées à dire d'expert pour les différents territoires et iii) des résultats d'enquêtes de terrain sur diverses zones agricoles, en complément de données déjà disponibles.

- Sur les trois bassins versants Grand Morin, Save et Haut Loir, largement dominés par les grandes cultures, la typologie, basée sur la seule succession culturelle s'est avérée opérationnelle : aux différentes classes de la typologie correspondent des niveaux d'émission d'azote différents, avec une variabilité intra succession modérée (cv 20-30%).
- Sur le bassin versant du Blavet, la diversité des systèmes de production - élevages d'herbivores, granivores, grandes cultures, cultures fourragères et légumières, combinés de diverses manières - s'est traduite, pour les 8 successions choisies au départ, par une large variabilité intra succession, à la fois sur les soldes de bilans et sur les indices de lixiviation. Un travail complémentaire a permis de proposer une nouvelle typologie des SdC, par analyse en composante principale sur les variables caractérisant les successions de cultures et les flux d'azote mis en jeu : 4 classes principales ont été retenues, l'axe 1 opposant les SdC avec ou sans prairies aux SdC spécialisées avec ou sans légumes, (axes 1+), tandis que l'axe 2 oppose des SdC à émission d'azote faible (2-) ou élevée (2+). 14 classes et sous classes rassemblent ainsi des SdC proches en termes de succession et de niveau d'émission d'azote (avec les seuils 5, 20, 40 et 70 kg N émis/ha/an). Afin de les spatialiser ces clusters ont été rattachés à la typologie initiale de Lazrak, et en intégrant également les informations acquises sur les substrats et la topographie.

Ces typologies permettent de décliner l'ensemble des scénarios retenus, en remplaçant les SdC réels par leurs équivalents optimisés en termes d'émission d'azote, avec des bilans proches de l'équilibre et une couverture des sols maximisée, pour le scénario « Pratiques optimisées », et en remplaçant les SdC les plus émetteurs par des SdC à faibles émissions, dominées par des prairies pâturées extensivement, mixtes ou fauchées. Ce remplacement peut être ciblé sur les zones les plus émettrices, selon le scénario « dilution », ou sur les

zones les plus rétentes (bas de versant) selon le scénario « rétention » (cf Laurène Casal et al.).

En conclusion, les typologies élaborées dans le cadre du projet Escapade ont montré que dans les systèmes dominés par les grandes cultures les successions culturales et des éléments du paysage sont de bons proxy des émissions d'azote vers l'eau, alors que dans les régions d'élevage, des données supplémentaires sur les systèmes de culture sont indispensable pour les prédire. En perspective, les typologies réalisées pourront, avec l'identification de clés de répartition des types de systèmes de production, permettre de construire des scénarios combinant des performances environnementales et de durabilité économique et sociale, privilégiant économie et autonomie pour réduire les intrants et les coûts de production, déclinables pour les différents systèmes de production.

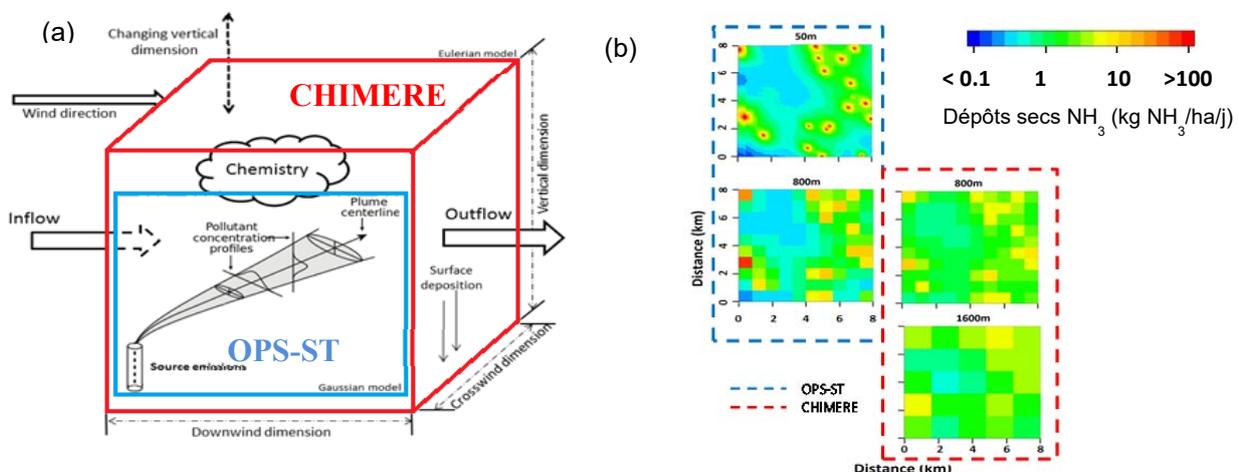
Modélisation territoriale atmosphérique sur les typologies paysagères et changement d'échelle

N. Azouz, J.-L. Drouet, M. Beekmann, P. Cellier

Les activités agricoles sont les principales sources d'ammoniac (NH_3) émis dans l'atmosphère (706 kt/an, CITEPA 2016). Les fortes concentrations et les taux élevés de dépôts secs et humides de NH_3 sur le sol et la végétation peuvent avoir un impact sur les écosystèmes sensibles situés à proximité des zones d'émissions. La grande variabilité spatiale des flux de NH_3 rend difficile la production de cartes de dépôts de NH_3 sur des échelles spatiales larges sans utiliser un grand nombre de mesures ou des modèles à haute résolution spatiale. Les impacts environnementaux des flux de NH_3 sur les écosystèmes peuvent varier selon le modèle de dispersion, de transfert et de dépôt utilisé.

Nous avons comparé un modèle de panache gaussien (OPS-ST) permettant de simuler des pertes de NH_3 à l'échelle locale de quelques dizaines de mètres, avec un modèle eulérien (CHIMERE) utilisant des mailles cubiques (résolution horizontale typique de 1 à 5 km de côté) et fonctionnant à l'échelle territoriale (transfert et dépôts à des distances de quelques dizaines à quelques centaines de kilomètres de la zone d'émissions). Deux cas d'étude ont été construits pour comparer le comportement des deux modèles : le premier cas était complètement théorique et idéalisé et le second était adapté des typologies paysagères établies dans l'un des territoires du projet, celui du Blavet en Bretagne caractérisé par une forte activité d'élevage. Des scénarios ont été créés pour ces deux cas d'étude en modifiant la résolution spatiale des modèles (i.e. tailles des mailles), les conditions météorologiques, la localisation et l'intensité des émissions par les bâtiments d'élevage, ainsi que les occupations des sols agricoles (e.g. parcelles cultivées) ou semi-naturelles (e.g. forêts, prairies).

Les résultats indiquent que la structure des deux modèles (i.e. hypothèses, formalismes), la résolution spatiale, la distribution spatiale des émissions et les occupations des sols ont généré des différences importantes dans les prédictions des concentrations et des dépôts spatialisés de NH_3 , alors que les dépôts moyens de NH_3 simulés par chacun des deux modèles sont relativement similaires sur un domaine de simulation donné. Il en résulte des répartitions spatiales des dépassements de charges critiques en NH_3 très différentes entre les deux modèles. Ces résultats mettent en évidence de manière quantitative que les modèles territoriaux utilisant de grandes mailles ne permettent pas de détecter les dépassements de charges critiques en NH_3 , en particulier dans les territoires avec des hot-spots d'émission de fortes intensités. Une des perspectives est d'intégrer les connaissances acquises avec les modèles fonctionnant à l'échelle locale dans les modèles territoriaux.



- Principes des modèles CHIMERE (mailles eulériennes) et OPS-ST (panache gaussien).
- Dépôts secs de NH_3 simulés avec les 2 modèles pour différentes résolutions spatiales.

Modélisation de la cascade de l'azote à l'échelle des territoires: Evaluation des pertes, des transferts et des rétentions d'azote; Exploration de scénarios de modifications paysagères

G. Billen, A. Ramarson, J. Garnier, S. Sauvage, F. Vertès

La question posée par le projet ESCAPADE est d'évaluer dans quelle mesure le levier de la gestion des éléments paysagers permet de retenir une partie des pertes environnementales d'azote engendrées par l'activité agricole.

Les différents modèles appliqués et développés dans le projet ESCAPADE (NuttingN, SWAT et SENEQUE/RIVERSTRALER) pour représenter la partie hydrologique de la cascade de l'azote à l'échelle des territoires permettent

- (1) d'évaluer les flux d'azote de l'agriculture vers l'hydrosystème et l'effet de l'optimisation des pratiques sur ces flux et sur les concentrations des eaux de surface.
- (2) d'évaluer la 'rétention' des zones humides riveraines et l'effet qu'on peut attendre de la remise en herbe des zones humides actuellement en culture
- (3) d'évaluer l'effet des retenues collinaires.

Il apparaît clairement que l'optimisation des pratiques agricoles est, après la mise en défens d'une part significative des surfaces cultivées, le levier le plus efficace pour atténuer, à la source, les dommages liés à la cascade de l'azote.

