

Evolution des surplus azotés (1960-2010) : déploiement national, étude des temps de transfert et de l'impact du changement des pratiques agricoles »

Evaluation des pressions azotées

Résultats et guide d'interprétation

POISVERT Cécile, CURIE Florence

Université de Tours - UFR Sciences et Techniques

Juin 2016

Table des matières

I. Rappel de la méthode.....	3
II. Présentation des données d'entrées.....	3
III. Limites.....	5
III . 1 . Rappel des flux d'azote non pris en compte dans CASSIS_N.....	5
III . 2 . Limites d'utilisation des résultats.....	6
IV. Présentation des fichiers de sortie.....	6
V. Aide à l'interprétation des résultats.....	8
VI. Références.....	10

Liste des illustrations

Figure 1 : Le modèle CASSIS_N.....	3
Figure 2 : Calcul de l'imprécision à partir des surplus calculé par tirage de Monte Carlo.....	5
Figure 3 : Chronique des surplus azotés pour le département du Loir et Cher.....	7
Figure 4 : Surplus azotés moyens (1960 - 2010) départementaux en France métropolitaine.....	8
Figure 5 : Imprécision départementale moyenne (1960 - 2010).....	9
Figure 6 : Relation entre l'imprécision et les postes constitutifs du surplus. Erreur ! Signet non défini.	

Tableau 1 : Données d'entrées du modèle CASSIS_N.....	4
Tableau 2 : Récapitulatif des fichiers de sortie.....	7

I. Rappel de la méthode

Le modèle CASSIS_N est un modèle d'évaluation des pressions azotées diffuses applicable à l'échelle départementale. Cette estimation s'appuie sur le calcul de la balance azotée de surface du sol au niveau des sols agricoles d'un département. Les résultats obtenus sont des surplus azotés départementaux (kgN/ha SAU). Le surplus est calculé pour une année culturale comme étant la différence entre les entrées et les sorties d'azote du sol (Figure 1). Les entrées d'azote prises en compte sont : les fertilisations organiques et minérales, la fixation symbiotique du diazote atmosphérique par les légumineuses, la déposition atmosphérique. Les sorties d'azote correspondent à l'export de l'azote contenu dans les récoltes.

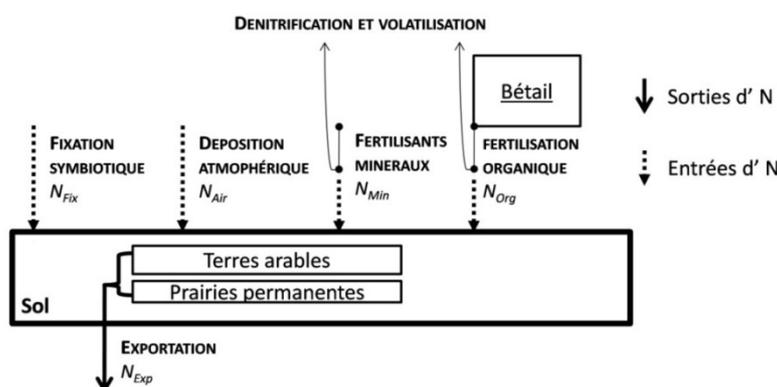


Figure 1 : Le modèle CASSIS_N

n.b.: Le modèle ne tient pas compte de l'évolution du stock d'azote du sol, de la lixiviation ou du ruissellement des composés azotés.

Quatre postes du modèle (fertilisations organiques, fertilisation minérale, fixation symbiotique et exportation d'azote) sont déterminés par le biais de formules détaillées dans le rapport technique (réf). La déposition atmosphérique est calculée à partir de l'agrégation de données spatialisées.

II. Présentation des données d'entrées

Le calcul des différents postes du modèle fait appel à des données (appelées par la suite "valeur de références") issues d'études statistiques, des valeurs issues de dires d'expert et de la littérature internationale. Chaque valeur comporte cependant une part d'incertitude. Par exemple, la teneur en azote d'un blé, donnée nécessaire au calcul de l'exportation d'azote par cette culture, peut varier spatialement et temporellement. Ainsi, en Lorraine, cette teneur peut varier de 1.87 à 2.45 kgN/q selon le climat, le type

de précédent cultural, la variété cultivée et la dose, le fractionnement et la forme de l'azote apporté (Chambre Régionale d'agriculture de Lorraine, 2006). Les informations sur ces différents facteurs ne sont pas toujours disponibles à l'échelle d'un département et donner une valeur exacte pour la teneur en blé pour un département et une année n'est donc pas possible. Les variations (moyenne et écart type) de la teneur en azote des principales cultures sont d'ailleurs fournies à l'échelle nationale par le COMIFER (COMIFER, 2013).

Afin de prendre en compte cette variabilité, une incertitude a été attribuée à chaque donnée. Le tableau 1 présente les données et leur sources ainsi que la variabilité qui leur a été attribuée.

Tableau 1 : Données d'entrées du modèle CASSIS_N

Poste	Données		
	Nom et unité	Origine et fournisseur	Variabilité attribuée
F. Organique	Quantité de bétail (têtes)	Statistique agricole annuelle (SAA), Service de la statistique et de la prospective (SSP)	±5%*
F. Organique	Volatilisation/Dénitrification (%)	Bach and Frede, 2005	±20%*
F. Organique	Excrétion azotée du cheptel (kgN/tête)	Soes, (2013), d'aprèsPMPOA (Programme de Maîtrise des Pollution d'Origine Agricole) (2011)	Min et max littérature* si non disponible±20%**
F. Minérale	Quantité de fertilisant minéral livrée par département (tonnes)	Service de la statistique et de la prospective (SSP)	±5%*
F. Minérale	Volatilisation (%)	d'après EMEP-Corimair cité dans CORPEN, 2006	Min et max littérature* si non disponible±20%**
Déposition atmosphérique	Déposition atmosphérique (kgN/ha)	EMEP	±5%*
Fixation symbiotique	Proportion de légumineuse dans la culture (%)	CORPEN cité dans SoeS, 2013	±5%*
Fixation symbiotique	Coefficients de calcul	Anglade et al., 2015	d'après Anglade et al., 2015
Export d'azote / Fixation symbiotique	Teneur en azote des cultures (kgN/q)	Littérature internationale, panel d'organismes de référence français	Min et max littérature* si non disponible ±20% **
Export d'azote / Fixation symbiotique	Cultures récoltés (q)	Statistique agricole annuelle (SAA), Service de la statistique et de la prospective (SSP)	±5%*

* pour les détails voir le rapport technique ; ** d'après Oenema et al., 2003

Une approche statistique par tirage de Monte Carlo a été retenue pour prendre en compte l'incertitude des données en entrée dans le résultat final que constituent les surplus azotés départementaux.

Pour une année et un département, le surplus azoté a été calculé 200 fois avec 200 sets de coefficients différents, tous tirés de façon aléatoire selon la variabilité qui leur a été affectée (Tableau 1) en supposant que la distribution statistique de ces valeurs suit une loi normale. L'imprécision sur le résultat a été définie comme l'écart entre le décile 9 et le décile 1 des 200 surplus obtenus par tirage de Monte Carlo (Figure 2).

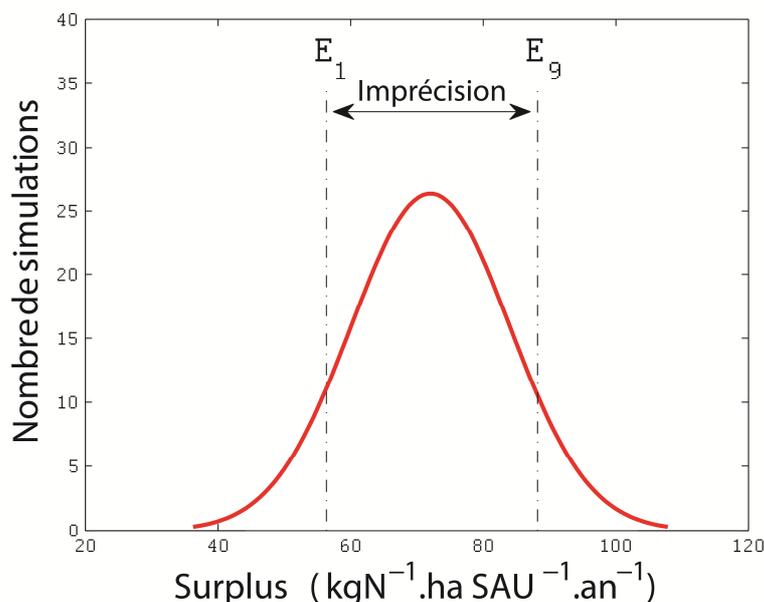


Figure 2 : Calcul de l'imprécision à partir des surplus calculé par tirage de Monte Carlo

La figure montre la **répartition statistique des 200 surplus** calculés après tirage de Monte Carlo sur les coefficients pour **un** département (l'Ain) pour **une** année (1996). E_1 et E_9 montrent respectivement les valeurs des déciles 1 (E_1) et 9 (E_9) de cette série de 200 surplus azotés. L'imprécision est calculée comme la différence entre ces deux valeurs.

III. Limites

III . 1 . Rappel des flux d'azote non pris en compte dans CASSIS_N

- Les surplus azotés calculés avec CASSIS_N ne prennent pas en compte certains flux d'azote au niveau du sol tel que :
 - l'apport d'azote par irrigation
 - l'épandage de produits résiduaire organiques d'origine urbaine ou industrielle (boues de STEP, déchets organiques de papeteries...),
 - les produits dit 'normalisés ou homologués' (produits normalisés entrant dans les normes NFU 44051 pour les amendements organiques type compost et NFU 42001 pour les engrais organiques)
 - les produits azotés importés de pays étrangers
- Les échanges de denrées agricoles et de fertilisants entre départements ne sont pas gérés par CASSIS_N.

III . 2 . Limites d'utilisation des résultats

• Le surplus azoté départemental renseigne la quantité d'azote introduite dans les sols agricoles et qui n'a pas été prélevé par les plantes. Cette quantité d'azote peut évoluer selon :

- l'organisation au sein du stock d'azote du sol
- le ruissellement de surface ou de sub-surface
- la lixiviation

Cette valeur constitue donc un **indicateur annuel de la pression azotée** à l'échelle du département et ne peut en aucun cas être suffisant pour prédire un niveau de perte vers l'air ou l'eau sans l'aide d'une modélisation (Bockstaller *et al.*, 2012).

• Les résultats obtenus ne sont valables qu'à l'échelle où ils ont été calculés, ainsi il n'est pas envisageable d'attribuer directement la valeur du surplus azoté départemental à une entité géographique plus petite et incluse dans ce département. Cette désagrégation à une échelle spatiale plus fine fait actuellement l'objet d'un travail prochainement disponible.

• Compte tenu de l'utilisation de valeurs ayant une part d'incertitude (teneur en azote, valeur d'excrétion, valeurs issues de volumes statistiques), il est important de considérer l'imprécision sur le résultat.

IV. Présentation des fichiers de sortie

Le format de fourniture des données est le "fichier de formes" (shapefile) qui peut être lu par différents logiciels SIG (ArcGis, Grass, QGis...). Ces couches sont projetées en Lambert 93. Les entités décrites sont de types polygone et correspondent aux 93 départements de la France continentale (hors Paris) et la région Corse. La table attributaire donne les résultats pour chaque département et pour la région Corse en ligne et pour chaque année de la période d'étude (1960 à 2015) en colonne. Les quatre fichiers présentent les résultats obtenus pour quatre variables (Tableau 2).

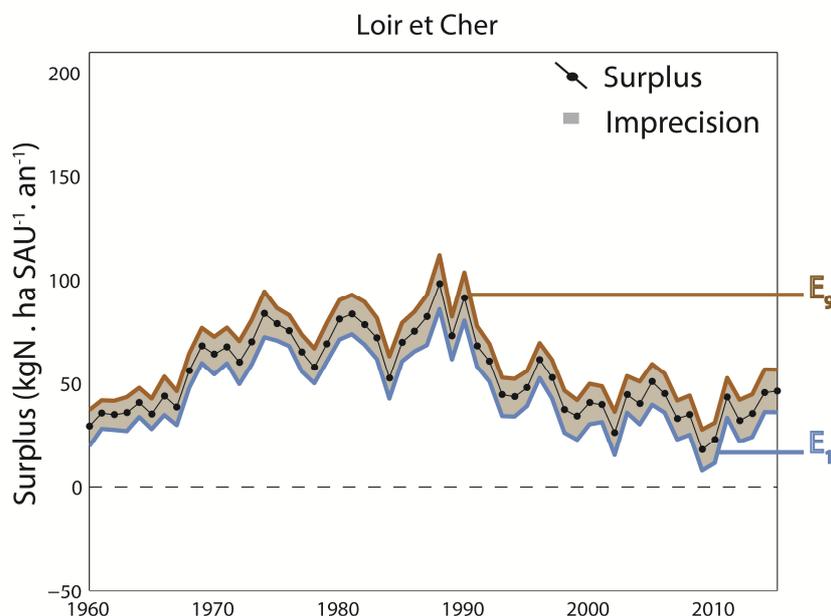
Tableau 2 : Récapitulatif des fichiers de sortie

Titre	Format	Description
surplus.shp	Shape	Surplus départementaux annuels (1960 à 2010)
E1.shp	Shape	Décile 1 de la série des surplus obtenus par tirage de Monte Carlo pour un département et une année
E9.shp	Shape	Décile 9 de la série des surplus obtenus par tirage de Monte Carlo pour un département et une année
imprcsn.shp	Shape	Imprécision sur le résultat (intervalle de confiance de 80% sur le surplus) calculé comme $E_9 - E_1$

Les surplus azotés sont actuellement disponibles à l'échelle départementale (fichier surplus.shp) sur la période 1960 à 2015.

L'imprécision (fichier imprcsn.shp) sur le résultat, défini comme l'écart entre le décile 1 (fichier E1.shp) et le décile 9 (fichier E9.shp) des 200 surplus obtenus correspond à un intervalle de confiance de 80% sur la valeur du surplus calculé avec les valeurs de référence (fichier surplus.shp). Plus cette imprécision est faible, plus on peut accorder une forte confiance à la valeur du surplus indiquée.

L'exploitation de la table attributaire de trois de ces fichiers de résultats (surplus.dbf, E1.dbf et E9.dbf) permet d'obtenir les chroniques de surplus azotés annuelles et leur incertitude associée (Figure 3).


Figure 3 : Chronique des surplus azotés pour le département du Loir et Cher

La courbe noire représente les surplus obtenus avec les valeurs de références, la zone grisée représente l'imprécision. E_1 et E_9 sont les valeurs des déciles 1 et 9 des séries de 200 surplus azotés obtenus pour chaque année.

V. Aide à l'interprétation des résultats

En moyenne, les pressions azotées départementales les plus faibles sont situées en zone de montagne (Figure 4). Ces zones se caractérisant par des handicaps liés à l'altitude, à la pente, et/ou au climat qui ont pour effet de restreindre de façon conséquente les possibilités d'utilisation des terres (l'article 18 du règlement 1257/99, MAAF). L'agriculture dans ces zones est essentiellement tournée vers l'élevage extensif de bovins, basé sur l'exploitation de pâturages permanents. Dans ces départements, l'usage des fertilisations minérales est en général peu importante et le solde des entrées et sorties d'azote s'équilibre.

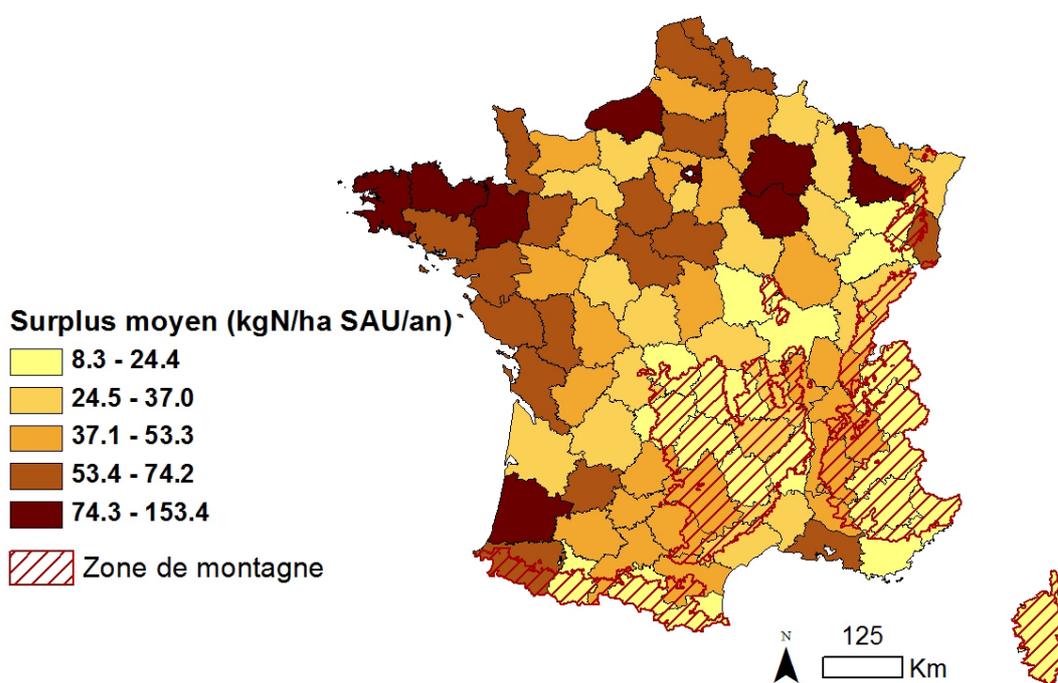


Figure 4 : Surplus azotés moyens (1960 - 2015) départementaux en France métropolitaine
(Source des données 'zone de montagne' : MAAF)

Les surplus azotés moyens les plus importants sur la période étudiée sont situés en Bretagne, dans les Landes et la Marne. Pour les départements des Landes et de la Marne, ces valeurs proviennent probablement d'applications d'engrais minéraux trop importantes par rapport aux récoltes qui peuvent être attendues pour les cultures majoritaires de ces départements (maïs grain et semence pour les Landes, blé tendre, orge, colza, betterave et maïs grain et fourrage pour la Marne (SAA, 1960 à 2010)). Cela a été mis évidence pour ces départements sur les deux dernières décennies (Agreste, 2013; Balny et al., 2013; Barbut and Poux, 2000). En ce qui concerne la Bretagne, cette région est connue la concentration géographique des ses élevages, ce qui engendre des excédents d'azote organique importants qui sont à l'origine des surplus moyens forts relevés dans cette région.

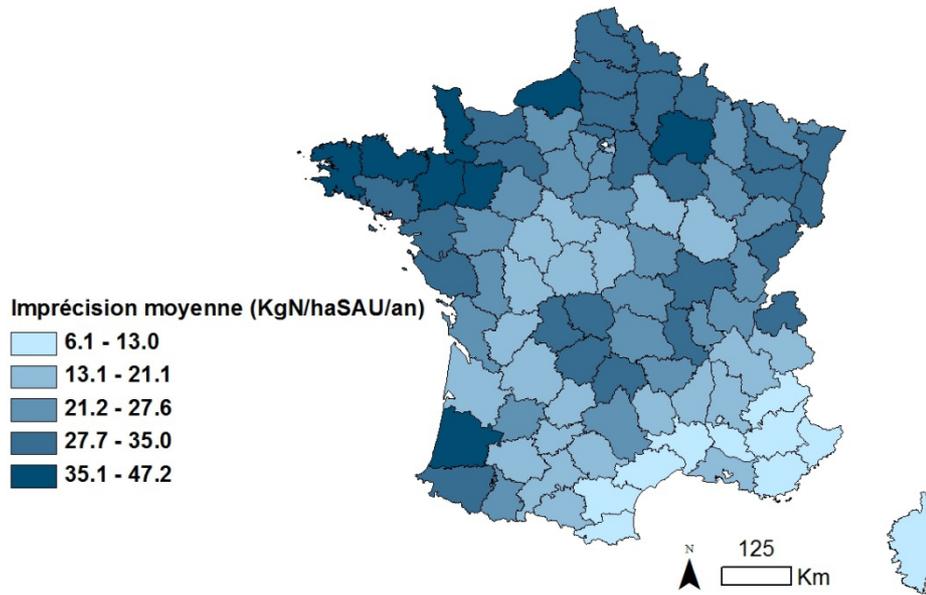


Figure 5 : Imprécision départementale moyenne (1960 - 2015)

Les valeurs des imprécisions sont organisées spatialement (figure5). Les valeurs les plus fortes sont relevées au nord ouest et sont moins importantes vers le sud est.

VI. Références

- Agreste, 2013. Une amélioration progressive des techniques de fertilisation des grands productions végétales (No. 3). Châlons-en-Champagne.
- Balny, P., Delcour, D., Guilet, M., Rathouis, P., Roussel, F., 2013. Plan d'action relatif à une meilleure utilisation de l'azote en agriculture (No. CGEDD N° 008764-01, CGAAER N° 13019). MAAF, MEDDE.
- Barbut, L., Poux, X., 2000. Impact environnemental de la culture du maïs dans l'Union Européenne Etude de cas sur le bassin de l'Adour. ASCA.
- Bockstaller, C., Vertès, F., Aarts, F., Fiorelli, J.-L., Peyraud, J.-L., Rochette, P., 2012. Méthodes d'évaluation environnementale et choix des indicateurs, in: Les Flux D'azote Liés Aux Élevages Réduire Les Pertes, Rétablir Les Équilibres, Expertises Collectives. p. 527.
- Chambre Régionale d'agriculture de Lorraine, 2006. Prévission précoce de la teneur en protéine des blés tendres pour une qualité optimale. Programme régionale d'étude (Agronomie Environnement).
- COMIFER, 2013. TENEUR EN AZOTE DES ORGANES VEGETAUX RECOLTES pour les cultures de plein champ, les principaux fourrages et la vigne, TABLEAU DE REREFRENCE 2013.
- Oenema, O., Kros, H., de Vries, W., 2003. Approaches and uncertainties in nutrient budgets: implications for nutrient management and environmental policies. *European Journal of Agronomy* 20, 3–16.