

L'analyse spatiale des pressions agricoles : surplus d'azote et gaz à effet de serre

Les activités agricoles génèrent en moyenne 36 kilogrammes par hectare de surplus d'azote : le quart de la fertilisation azotée globale. Elles émettent 3,1 tonnes équivalent CO₂ par hectare d'émissions de gaz à effet de serre (GES). Le surplus et les GES varient d'une culture à une autre et d'un territoire à un autre, du simple au triple, selon l'assolement, l'importance de l'élevage et les pratiques culturales suivies.

Sources prépondérantes de pollution azotée diffuse dans les eaux, les pratiques agricoles en matière d'apport azoté sont encadrées depuis vingt ans par la législation communautaire.

En effet, un surplus d'azote peut être entraîné vers le milieu aquatique par ruissellement ou dans les sols par infiltration, en particulier lors des périodes de drainage (automne et hiver).

Un autre défi de l'agriculture est d'adapter ses pratiques pour réduire les émissions de GES et pour faire face aux conséquences du changement climatique (température, disponibilité en eau...).

L'élaboration et le suivi de politiques et actions efficaces à l'échelon national et territorial de lutte contre la pollution azotée et le changement climatique nécessitent une caractérisation de ces deux types de pressions diffuses.

L'outil Nopolu-Agri, développé à l'initiative du Service de l'observation et des statistiques (SOeS), intègre à une échelle territoriale fine des données statistiques et d'expertises pour un calcul spatialisé des surplus d'azote et émissions de GES agricoles. Si les résultats présentés ici correspondent tous, pour un besoin d'homogénéité, à l'année 2007, on peut penser que des résultats actualisés avec des données plus récentes ne changeront pas fondamentalement l'information structurelle fournie en termes de répartition territoriale des émissions et des pratiques agricoles les plus émettrices (*méthodologie*).

Le surplus d'azote agricole : le quart de la fertilisation azotée globale

Le surplus national d'azote au niveau métropolitain s'élève à 1,1 million de tonnes, soit 36 kg d'azote par hectare de surface agricole utile (SAU), ce surplus représente 23 % de la fertilisation azotée globale, soit 50 % de l'apport en engrais azoté minéral de synthèse.

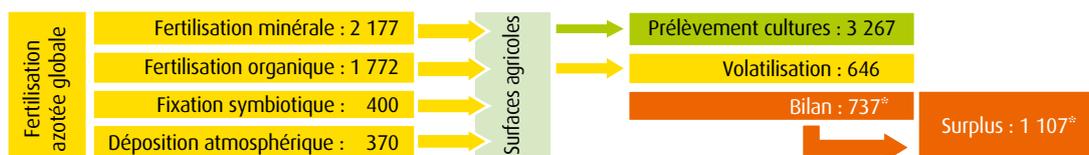
Le surplus correspond au bilan net entre les flux d'azote entrant et ceux sortant d'une surface agricole donnée, auquel est ajoutée une estimation de la déposition atmosphérique d'azote.

Ainsi, au niveau métropolitain, le flux d'azote entrant est estimé en 2007 par Nopolu-Agri à 4,7 millions de tonnes : il provient à 46 % de l'azote minéral (engrais de synthèse), à 38 % de l'azote organique (effluents d'élevage), à 8 % de l'azote atmosphérique (déposition) de sources diverses et à 8 % de l'azote capté par les plantes légumineuses (fixation « symbiotique »).

En sortie, les prélèvements par les cultures sont estimés à 3,3 millions de tonnes, les pertes par *volatilisation d'azote* à 0,65 million de tonnes. Cette dernière s'effectue sous forme d'ammoniac NH₃ (85 %), de protoxyde d'azote N₂O (10 %), et d'azote N₂ (5 %). Les excréments des élevages contribuent pour 78 %, dont deux tiers pour les bovins, à cette volatilisation d'azote, qui intervient dans les bâtiments d'élevage, lors du pâturage ou de l'épandage des effluents (lisier, fumier). Les fertilisations azotées des cultures céréalières contribuent à un second niveau.

Les postes et les chiffres clés pour le calcul du surplus d'azote en 2007

En milliers de tonnes



Note : * Lorsque, pour une culture donnée sur un canton donné, le calcul du surplus/bilan aboutit à une valeur négative, il est considéré comme nul de façon à éviter tout risque de compensation mécanique dans l'agrégation des surplus/bilans cantonaux à des territoires plus larges. Cette valeur négative peut se traduire par un flux physique réel d'azote manquant en entrée ou en trop en sortie : rendement moyen sur 3 ans pouvant être supérieur au rendement de l'année cible, incertitude du coefficient des prélèvements au niveau des prairies, zone avec import de matière organique. En comptabilisant les bilans négatifs obtenus dans certains cantons, le bilan national s'élèverait à 437 kt et le surplus national à 807 kt.

Source : SOeS.

Azote déposé et azote volatilisé, une prise en compte nécessaire mais difficile

Non perceptibles par l'exploitant agricole, la déposition atmosphérique et la volatilisation d'azote peuvent néanmoins jouer de manière significative dans le bilan et l'éventuel surplus d'azote à l'échelle de sa parcelle. Considérés comme équivalents dans les pratiques de fertilisation, ces deux flux, calculés sur des mailles très différentes et sans prise en compte des transferts entre cantons des excréments à des fins d'épandage, ne s'équilibreraient, au niveau régional, que dans une poignée de régions (Provence - Alpes - Côte d'Azur (Paca), Languedoc-Roussillon, Bourgogne). Les autres régions subiraient une perte nette d'azote du fait d'une volatilisation supérieure au dépôt atmosphérique de 5 à 17 kg d'N/ha de SAU. Cette perte, atteignant 41 kg d'N/ha de SAU en Bretagne, est d'autant plus marquée que l'élevage est présent.

Les gaz à effet de serre : plus d'émission en présence de l'élevage

Le calcul des émissions de GES est établi sur la base des principaux postes émetteurs au niveau de l'exploitation agricole mais aussi en prenant en compte certaines phases amont (ex : fabrication d'azote minéral et de chaux...). Sur cette base, l'agriculture française a émis 94 millions de tonnes équivalent (Mteq) CO₂ en 2007, réparties entre les trois principaux GES : N₂O (46 % des émissions), méthane CH₄ (41 %), et CO₂ (13 %). Ce total est comparable aux 96 Mteq CO₂ officiellement rapportées par la France dans le cadre de la convention-cadre des Nations unies sur le changement climatique, correspondant aux seules émissions directes des exploitations et incluant celles de CFC, PFC et SF₆.

Du fait des émissions de CH₄ (induites à 75 % par la fermentation entérique et à 25 % par les effluents des animaux), et de l'application d'azote organique, source de 32 % des émissions de N₂O (graphique 2), les taux d'émission de GES/ha sont plus élevés dans les régions d'élevage, qu'il soit à forte densité de cheptel (de 2,9 à

4,1 teq CO₂/ha dans l'ouest) ou à faible densité (de 2,7 à 3,1 teq CO₂/ha dans le Massif central) (cartes). L'élevage représente ainsi 60 % des émissions nationales agricoles de GES prises en compte dans Nopolu, voire 69 % en ajoutant les émissions liées aux surfaces fourragères associées. Le taux d'émission moyen métropolitain de 3,1 teq CO₂/ha de SAU monte à 4,6 pour la part de la SAU dédiée à l'alimentation animale.

Des territoires inégalement concernés : principaux déterminants

La moyenne métropolitaine de surplus d'azote, 36 kg/ha, varie du simple au triple selon les régions et leurs spécificités agricoles, notamment l'importance de l'élevage et les pratiques agricoles : environ 20 kg/ha en Paca ; autour de 40 kg/ha en Auvergne, Poitou-Charentes, Centre, Basse-Normandie ; près de 60 kg/ha en Bretagne. Le poids dans l'assolement de certaines cultures (blé dur, blé tendre, colza, maïs) et les niveaux d'apport minéral et organique d'azote constituent les pratiques culturales déterminantes sur la variabilité territoriale, au même titre que le chargement (densité d'animaux).

Trois facteurs pourraient contribuer à une réduction de ces deux pressions, surplus d'azote et émissions de GES : l'implantation des cultures dans les zones pédoclimatiques les plus favorables et les plus adaptées à leur production ; une meilleure répartition de l'azote organique disponible à l'échelon régional, en substitut à l'apport minéral ; une alimentation de l'élevage issue de cultures moins intensives.

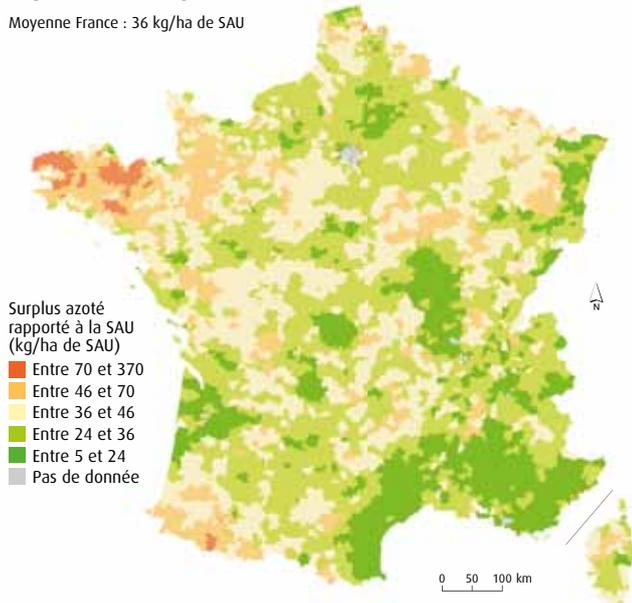
La variation interrégionale des émissions de GES à l'hectare calculées par Nopolu est très forte : de 1 à 5,7 teq CO₂/ha selon les régions. Le poids de l'élevage dans les émissions agricoles de GES à l'échelle régionale varie également de 7 % (Ile-de-France) à 90 % (Limousin).

L'élevage, en raison des émissions de méthane, reste l'activité agricole la plus émettrice à l'exception de quatre

Cartes - Répartition au niveau cantonal des surplus d'azote et des émissions de GES liés à l'activité agricole

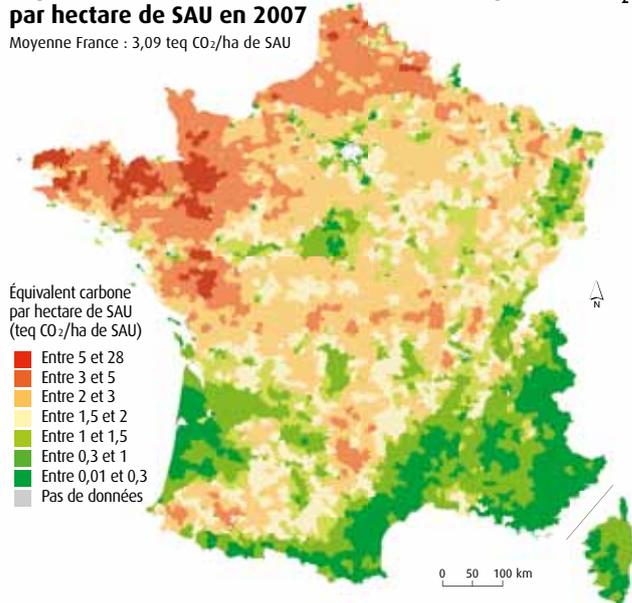
Répartition du surplus azoté en 2007

Moyenne France : 36 kg/ha de SAU



Répartition des émissions de GES en tonne équivalent CO₂ par hectare de SAU en 2007

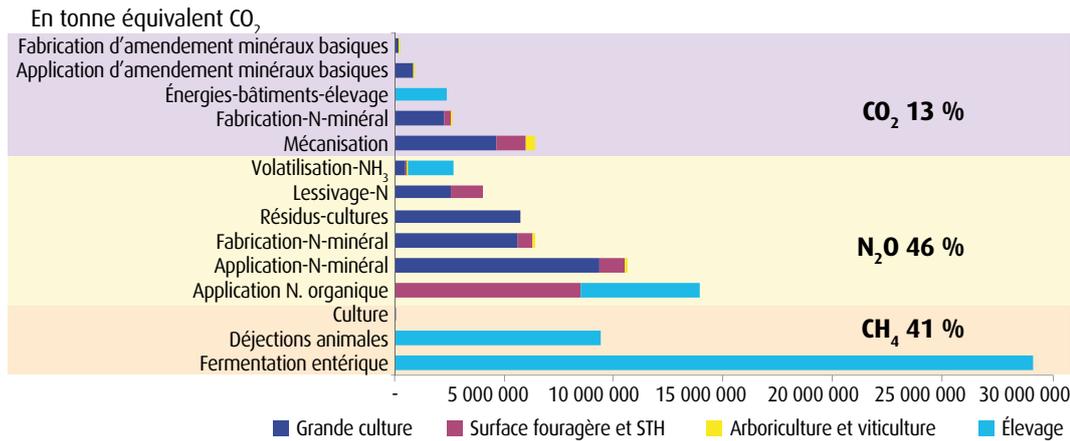
Moyenne France : 3,09 teq CO₂/ha de SAU



Note : Les bilans, surplus d'azote et GES sont calculés par hectare de surface agricole utilisée à l'échelle du canton. Les GES pris en compte sont le protoxyde d'azote (N₂O), le méthane (CH₄) et le dioxyde de carbone (CO₂) sur leurs principaux postes émetteurs.

Source : © IGN, BD Carto®, 2006. Traitements : SOeS, Nopolu-Agri V2, 2010.

Graphique 2 - Principales émissions de GES selon les postes et l'activité agricoles



Note : Les GES pris en compte sont le protoxyde d'azote N₂O (PRG = 310), le méthane CH₄ (PRG = 21) et le dioxyde de carbone CO₂ (PRG = 1). Pour exprimer les émissions des GES en tonne équivalent CO₂, les émissions de chaque gaz sont pondérées par un coefficient qui tient compte de son pouvoir de réchauffement global sur cent ans comparés à celui du CO₂.

Source : SOeS, Nopolu-Agri V2, 2010.

régions céréalières (Île-de-France, Centre, Picardie, Champagne-Ardenne, Poitou-Charentes) où les émissions liées aux cultures, principalement de N₂O, sont majoritaires (tableau 1).

Les cultures à fort apport minéral azoté sont également sources de GES

En effet, les régions de grandes cultures sont fortement émettrices de N₂O : au niveau national, 56 % des émissions de N₂O proviennent de l'application de l'azote minéral et organique, 15 % de la fabrication de l'azote minéral et 13 % des résidus de cultures, 9 % du lessivage d'azote et 6 % de la volatilisation de l'ammoniac (NH₃).

Ainsi, les pratiques liées à la culture des céréales émettent 2,5 teq CO₂ à l'hectare, devant celles des oléo-protéagineux, des légumes et fleurs et des cultures industrielles. En parti-

culier, avec 2,9 teq CO₂/ha et 16 % de la SAU, les pratiques culturales du blé tendre sont les premières émettrices : 37 % des GES surfaciques. C'est 20 % de plus que celles du blé dur qui n'occupe que 1 % de la SAU. Les pratiques liées à la culture du colza, de l'orge et du maïs, qui représentent chacun 5 % de la SAU, émettent respectivement 2,2, 1,8 et 2,0 teq CO₂ à l'hectare. Comparativement, l'arboriculture et la viticulture sont de faibles sources de surplus d'azote et de GES, ce que reflète la situation du Languedoc-Roussillon.

Des écarts de surplus d'azote selon le type d'assolement

Les choix d'assolement, auxquels sont associées des pratiques pouvant varier d'un territoire à un autre, constituent un déterminant essentiel des écarts de surplus d'azote observés

Tableau 1 - Répartition régionale de la fertilisation, du surplus d'azote et des émissions de GES

Région	Fertilisation globale moyenne (en kg/ha de SAU)	Taux de fertilisation organique (en %)	Surplus moyen (en kg/ha de SAU)	GES (en teq CO ₂ /ha de SAU)	Part de l'élevage dans les GES (en %)
Île-de-France	162	5	34	2,30	7
Champagne-Ardenne	174	17	35	2,81	33
Picardie	180	19	30	3,11	30
Haute-Normandie	181	33	31	3,53	50
Centre	149	16	37	2,45	26
Basse-normandie	197	50	46	4,35	76
Bourgogne	149	34	33	2,89	57
Nord - Pas-de-Calais	211	32	39	4,22	52
Lorraine	192	34	42	3,61	59
Alsace	172	28	24	2,96	46
Franche-Comté	149	46	32	3,09	75
Pays de la Loire	178	51	38	4,18	71
Bretagne	196	58	59	5,68	76
Poitou-Charentes	161	31	39	2,82	44
Aquitaine	133	34	38	2,56	58
Midi-Pyrénées	133	41	34	2,46	62
Limousin	155	58	27	3,46	90
Rhône-Alpes	124	47	31	2,50	73
Auvergne	153	52	37	3,32	84
Languedoc-Roussillon	59	38	26	1,11	63
Provence - Alpes - Côte d'Azur	74	48	23	1,05	58
Corse	64	62	35	1,34	93
France	155	38	36	3,09	58

Note : Fertilisation globale = fixation symbiotique (8 % au niveau national) + apports d'azote minéraux (46 %) et organiques (38 %) + déposition atmosphérique (8 %) rapportée à l'ensemble de la SAU. Le taux de fertilisation organique est le rapport entre l'apport en azote organique disponible sur la région et l'apport total d'azote (minéral et organique) aux cultures.

Source : SOeS, Nopolu-Agri V2, 2010.

entre régions. Près de la moitié de la SAU métropolitaine est consacrée à l'alimentation animale (avec trois quarts de surfaces toujours en herbe (STH) et un quart des surfaces en grandes cultures qui sont destinées au fourrage), avec un taux de surplus d'azote juste dans la moyenne nationale (36 kg/ha).

Douze des principales grandes cultures (y compris le maïs fourrage), couvrant 43 % de la SAU, sont responsables de 54 % du surplus d'azote, avec une moyenne de 46 kg/ha. Plus particulièrement les céréales, couvrant 30 % de la SAU, engendrent 38 % du surplus, soit 46 kg/ha (10 points au-dessus de la moyenne). Elles sont suivies par les oléagineux et protéagineux avec 8 % de la SAU et 10 % du surplus maïs avec une moyenne de 48 kg/ha de ce surplus.

Les cultures pratiquées à usage industriel (pommes de terre de consommation, betterave à sucre, tabac...) occupent 3 % de la SAU et engendrent un surplus moyen de 23 kg/ha, un tiers en deçà de la moyenne.

Pour une même culture, la variabilité des surplus d'azote et de GES est très forte

Les pratiques culturales, selon le territoire et pour une même culture, font varier les surplus azotés et les émissions des GES du simple au double, voire au triple autour de leur moyenne nationale, pour la majorité des cultures : tournesol, maïs fourrage, sorgho, blé, l'avoine, betterave à sucre.

Le blé tendre qui représente 16 % de la SAU, génère au niveau national 15 % des GES et 18 % du surplus. Ce dernier passe de 23 kg/ha dans les zones céréalières du Bassin parisien et du nord-ouest à 64 kg par hectare dans l'est et le Massif central, la moyenne nationale pour cette culture étant de 41 kg/ha. Les émissions de GES varient pour cette culture de 1,7 teq CO₂/ha en Paca à 3,3 en Champagne-Ardenne, pour une moyenne nationale de 2,9.

Les pâturages qui représentent 31 % de la SAU engendrent 35 % du surplus et 5 % des émissions des GES. Ces derniers varient de 0,4 teq CO₂/ha en Bourgogne à 1,2 en Bretagne : moyenne nationale 0,5. Le surplus varie, lui, de 8 kg/ha en Bourgogne à 185 en Bretagne, pour une moyenne nationale de 41.

Méthodologie

Développé en partenariat entre le SOeS, Pöyry Environnement et Solagro, Nopolu-Agri est un outil permettant de calculer et de ventiler des pressions liées à l'activité agricole sur un territoire, une échelle spatiale administrative (de NUTS 4 à NUTS 1) ou hydrologique.

La méthode de calcul du bilan d'azote est celle utilisée par le Corpen à l'échelle de l'exploitation, qui a été adaptée et largement utilisée par le Service de la statistique et de la prospective (SSP) du ministère en charge de l'Agriculture. Le calcul des émissions de GES développé par Solagro s'appuie notamment sur les lignes directrices 2006 du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (Giec) pour les inventaires d'émissions.

Pour la SAU et les cheptels, les données prises en compte sont celles du recensement agricole 2000 à l'échelle NUTS 4

actualisées pour l'année 2007 à partir du SAA départemental et complété pour les prairies par une estimation des estives, des enquêtes « Pratiques culturales » et des statistiques agricoles annuelles du SSP pour l'année cible 2007. Les rendements sont une moyenne glissée sur 2005, 2006 et 2007, ce qui peut modifier l'image de l'année considérée lorsque la moyenne obtenue est nettement différente du rendement de l'année (cas de l'Alsace en 2007) et des quantités de fertilisants azotés. Celles-ci proviennent de l'Unifa. Les données annuelles de déposition atmosphérique proviennent de l'European Monitoring and Evaluation Programme (EMEP) pour des mailles carrées de 50 km de côté.

Nopolu-Agri intègre les derniers coefficients unitaires arrêtés par des centres d'expertise reconnus (Corpen, institut de l'Élevage, Inra, Giec, Citepa, Celac...).

Les émissions de CH₄ sont déterminées au moyen de facteurs d'émissions relatifs à chaque espèce animale et selon leur mode d'alimentation.

La spatialisation des données statistiques est effectuée en utilisant CORINE Land Cover 2006.

Les boues de stations d'épuration, le compost urbain, les résidus de paille, les transferts de déjections entre territoires et les stations de dénitrification ne sont pas pris en compte dans le calcul de l'apport organique d'azote. Celui des GES ne couvre pas la fabrication des engrais phosphorés, les consommations directes et indirectes d'énergies sur les exploitations, le stockage de CO₂ dans le sol, le traitement des effluents d'élevage, les importations d'aliments pour l'élevage. Ces différents points feront l'objet de développements en 2012.

Spatial analysis of agricultural pressures: surplus of nitrogen and greenhouse gases

Agricultural activities generate, on average, a surplus of 36 kilograms of nitrogen per hectares: one-quarter of global nitrogen fertilisation. They emit the equivalent of 3.1 tonnes of CO₂ equivalent per hectare of greenhouse gases (GHG).

The nitrogen surplus and GHG emissions vary from crop to crop and from area to area by a factor of three, depending on crop rotation, the extent of livestock farming and farming practices.

Pour en savoir plus :

- Corpen, rapports et études sur les estimations des flux et des rejets d'azote liés à l'activité agricole française.
- Service de la statistique et de la prospective, 2010. Pratiques culturales 2006, *Agreste Les dossiers*, n° 8, juillet 2010, Maaprat, 86 p.
- Solagro, 2007. Synthèse 2006 des bilans Planète. Consommation d'énergie et émissions de GES des exploitations agricoles ayant réalisé un bilan Planète. Rapport de synthèse, mars 2007, Ademe, 30 p.
- Unifa, 2006. Les livraisons d'engrais minéraux en France métropolitaine, campagne 2005-2006, Unifa, 22 p.

Bouchaïb Snoubra, SOeS.

Ressources, territoires, habitats et logement
Énergies et climat
Prévention des risques
Développement durable
Infrastructures, transports et mer

Présent pour l'avenir

le point sur

Commissariat général au développement durable

Service de l'observation et des statistiques

Tour Voltaire
92055 La Défense cedex
Tél. : (33/0) 1 40 81 13 15
Fax : (33/0) 1 40 81 13 30

Directeur de la publication :

Sylvain Moreau
Rédactrice en chef :
Anne Bottin

Coordination éditoriale :
Corinne Boitard

Conception et réalisation :

FROMATIQUES ÉDITIONS
Impression : Bialec, Nancy (France), utilisant du papier issu de forêts durablement gérées.

ISSN : 2100-1634

Dépôt légal :
mars 2012