

Cartographie des sols à risque d'émissions de N₂O.

Auteurs : C. Pasquier, H. Bourennane, I. Cousin, G. Girot, A. Grossel, C. Hénault

Affiliations : (1) UR SOLS, INRA, 45075 Orléans, France

(2) AgroEcologie, AgroSup Dijon, INRA, Univ. Bourgogne Franche-Comté, F-21000 Dijon, France

Mots-clés : N₂O, cartographie, risque, sols

Tout comme les différents secteurs d'activité, l'agriculture est attendue pour participer à la stratégie nationale bas-carbone, notamment en réduisant ses émissions non-énergétiques (objectifs de - 17% en 2030 et - 38% en 2050 par rapport à aujourd'hui) (Ministère de la transition écologique, 2020). En France, l'agriculture est estimée être le troisième poste d'émissions de GES, avec 19 % du total national d'émissions chiffrées en 2017 à 88 MtCO_{2e}. 89% des émissions de gaz N₂O (protoxyde d'azote) sont liées au secteur agricole, principalement du fait des émissions par les sols fertilisés (Citepa, rapport Secten 2020).

N₂O est produit par les sols principalement lors de la coïncidence temporelle entre des apports d'azote par les fertilisants organiques et minéraux et des événements pluvieux. Ces émissions sont liées directement au fonctionnement dans les sols des processus microbiens (i) de nitrification en conditions aérées et (ii) de dénitrification en conditions d'anoxie (Butterbach-Bahl et al., 2013). La dénitrification (transformation successive du nitrate en nitrite, oxyde nitrique, protoxyde d'azote puis en diazote) est considérée comme le processus de production du N₂O par les sols le plus important quantitativement (Dobbie et Smith, 2001). Dans certaines conditions, ce processus n'est réalisé que partiellement. Par exemple, Hénault et al. 2019 ont observé que la capacité des sols à réaliser la réduction de N₂O en N₂ est réduite dans le cas des sols acides. Cette capacité, représentée par l'indicateur r-max, peut être mesurée en laboratoire (ISO/TS20131 :2) ou être estimée par une fonction de pédotransfert prenant en compte trois propriétés du sol : le pH, la CEC et la teneur en argile (Hénault et al., 2019).

Dans le but de faciliter la gestion des émissions de N₂O par les sols, nous explorons une méthodologie générique de cartographie du risque, basée sur le croisement de la vulnérabilité, de l'aléa et de l'exposition (Crichton et al. 1999) déclinée aux émissions de N₂O par les sols. Dans ce cas, la vulnérabilité pourrait être : la capacité du sol à réduire le N₂O, l'aléa : la probabilité d'anoxie dans le sol et l'exposition : la quantité d'azote présente dans le sol. Le contenu des bases de données des Référentiels Régionaux Pédologiques, RRP (Richer-de-Forges et al., 2019) disponibles aux échelles départementale et régionale permet de calculer la capacité des sols à réduire le N₂O (vulnérabilité) et d'estimer la probabilité de saturation en eau (aléa) grâce aux propriétés des sols mesurées en laboratoire (CEC, argile, pH ...) et aux indicateurs descriptifs d'hydromorphie (DoneSol, Version 3.7.).

Différentes classes de risque ont été définies pour l'aléa : risque faible (classes d'hydromorphie de Donesol 1 à 3), modéré (classes 4 à 6) et fort (classes 7 à 9) et pour la vulnérabilité : risque faible (paramètre r-max <0,4), modéré (0,4<r-max<0,8) et fort (r-max>0,8). Nous proposons que le croisement de la vulnérabilité et de l'aléa définisse des classes de risque pour les émissions de N₂O : risque faible, risque modéré (classe 1 : aléa modéré, vulnérabilité modérée ; classe 2 : aléa modéré, vulnérabilité forte), risque fort (classe 3 : aléa fort, vulnérabilité modérée ; classe 4 : aléa fort, vulnérabilité forte).

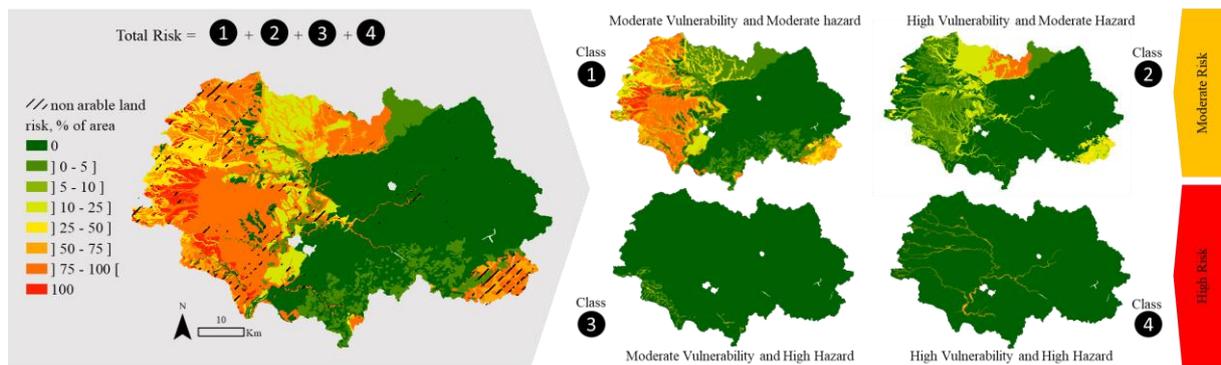


FIGURE 1 : carte de risque d'émission de N_2O sur le bassin-versant du Haut Loir. A gauche % de surface dans chaque unité cartographie de sol présentant un risque ; à droite, cartes détaillées des % de sol présentant un risque de chaque classe (voir texte).

Cette approche a été appliquée sur le Bassin Versant du Haut-Loir, situé en Centre Val de Loire, région de 3600 km² de grandes cultures exposées à des apports de fertilisants organiques et minéraux. Ce secteur présente des types de sols contrastés, tels que des sols bruns lessivés plus ou moins hydromorphes et des sols issus des formations calcaires bien drainants. L'exploitation des bases de données RRP a permis ainsi d'évaluer un risque d'émissions de N_2O sur les 20 types de sols du secteur d'étude en déclinant à la fois leurs vulnérabilité et aléa. Nous proposons ainsi une cartographie du risque en s'appuyant sur la proportion des types de sols contenu dans chaque unité cartographique des RRP couvrant le territoire du Haut-Loir. (Figure 1). 32% de la surface du bassin-versant présente un risque d'émission de N_2O . Après validation de la méthodologie, son application pourra guider la mise en place de pratiques d'atténuation (chaulage régulier pour un risque modéré, chaulage fort ou limitation de apports d'azote pour un risque fort) par exemple.

Butterbach-Bahl, K., Baggs, E., Dannenmann, M., Kiese, R., Zechmeister-Boltenstern, S., 2013. Nitrous oxide emissions from soils: how well do we understand the processes and their controls. *Phil. Trans. R. Soc. B.* 368, 20130122

Dobbie, K.E., Smith, K.A., 2001. The effects of temperature, water-filled pore space and land use on N_2O emissions from an im-perfectly drained gleysol. *Eur. J. Soil Sci.* 52: 667–673

DoneSol, Dictionnaire de données, Version 3.7. INRA, US 1106 InfoSol, Orléans. Version du 07 septembre 2018. <https://dw3.gissol.fr>

Citepa, juin 2020. Inventaire des émissions de polluants atmosphériques et de gaz à effet de serre en France – Format Secten. © Citepa 2020

Crichton, D., 1999. *The Risk Triangle*. In: Ingleton, J., Ed., *Natural Disaster Management*, Tudor Rose, London, 102-103

Hénault C., Bourenane, H., Ayzac A., Ratié C., Saby, N., Cohan, J.P., Eglin, T., Le Gall, C., 2019. Management of soil pH promotes nitrous oxide reduction and thus mitigates soil emissions of this greenhouse gas. *Scientific Reports*, 9 :20182, DOI :10.1038/s41598-019-56694-3

Richer-de-Forges, A.C., Arrouay, D., Bardy, M., Bispo, A., Lagacherie, P., Laroche, B., Lemerrier, B., Sauter, J., Voltz, M., 2019. Mapping of Soils and Land-Related Environmental Attributes in France: Analysis of End-Users' Needs. *Sustainability*. 11(10), 2940. <https://doi.org/10.3390/su11102940>