



Le méthane : CH₄

Les émissions de méthane du milieu agricole en Suisse dépendent principalement du **nombre de bovins**. Elles ont diminué d'environ 9 % entre 1990 et 2000, pour rester à peu près constantes depuis lors (OFEV, 2023b).

	CH ₄
Durée de vie dans l'atmosphère (GIEC, 2021)	12 ans
PRG sur une période de 100 ans (GIEC, 2021) - précision: méthane non fossile	27
Part de l'agriculture dans les émissions suisses (OFEV, 2023b)	80 %

Principales sources agricoles:

- Fermentation entérique. Elle contribue à hauteur de 62 % des émissions agricoles suisses tous GES confondus (OFEV, 2023a) et à hauteur de 75 % des émissions de méthane provenant de l'agriculture (OFEV, 2022b).
- Gestion des déjections au bâtiment, au stockage et au pâturage (majoritairement lisier).

La méthanogenèse dans le système digestif, les effluents et les sols:

- La formation de méthane s'appelle la **méthanogenèse**. Elle intervient lorsque la biomasse est décomposée par des bactéries méthanogènes dans des **conditions anoxiques** (manque d'oxygène), ces bactéries étant strictement anaérobies (incapables de vivre en présence d'oxygène).

Les sources de méthane agricole sont de trois types:

- **Méthane émis lors de la fermentation entérique:** les émissions sont inhérentes à la dégradation en anaérobiose (absence d'oxygène) de la matière organique digestible ingérée. La quantité de méthane libérée dépend du type de tube digestif, de l'âge et du poids de l'animal, ainsi que de la qualité et de la quantité des aliments consommés. Les ruminants (bovins, ovins, caprins) sont les principales sources de méthane, tandis que les non-ruminants (porcs, chevaux) en produisent des quantités modérées (GIEC, 2019).
- **Méthane émis par les effluents:** selon leur nature physique, les déjections sont plus ou moins soumises à des conditions anaérobies. Ainsi, un lisier non aéré ou un fumier très tassé ou pauvre en matière sèche émettra beaucoup plus de CH₄ qu'un lisier régulièrement aéré ou un fumier épandu (GES'TIM+, 2020).
- **Méthane émis par les sols:** en fonction de leur teneur en eau et des conditions anoxiques qui peuvent en résulter, les sols émettent plus ou moins de méthane. Les sols exondés temporairement engorgés émettent de fait du méthane à raison de quelques g CH₄/ha/jour et les rizières en sols submergés quelques kg CH₄/ha/jour (Roger et Le Mer, 2003).

Remarque: la **durée de vie courte** (12 ans) dans l'atmosphère du méthane a deux conséquences (Neu, 2022):

1. Si ses émissions restent constantes sur une longue période, leur effet climatique reste lui aussi quasiment constant, c'est-à-dire que la quantité de méthane décomposée est presque égale à celle émise.
2. La réduction du taux d'émission de méthane est un **moyen très efficace à court terme** pour respecter les objectifs climatiques (limiter le réchauffement à + 1,5° C par rapport à la période préindustrielle de référence 1850-1900).

En résumé: Le méthane (CH₄) est un puissant gaz à effet de serre à **durée de vie courte**. Sa formation résulte de la minéralisation de la matière organique par des bactéries méthanogènes dans des **environnements anoxiques**, ces bactéries étant strictement anaérobies. Le méthane émis par le milieu agricole provient majoritairement de la **fermentation entérique**, ainsi que des **effluents** et des **sols engorgés ou inondés** (rizières).



Le protoxyde d'azote : N₂O

Les émissions de protoxyde d'azote (aussi appelé oxyde nitreux ou gaz hilarant) dépendent principalement de la **quantité d'engrais** utilisée, qu'ils soient de ferme ou chimiques. Entre 1990 et 2000, les émissions ont diminué pour rester à peu près constantes depuis lors (OFEV, 2023b).

	N ₂ O
Durée de vie dans l'atmosphère (GIEC, 2021)	109 ans
PRG sur une période de 100 ans (GIEC, 2021)	273
Part de l'agriculture dans les émissions suisses (OFEV, 2023b)	57 %

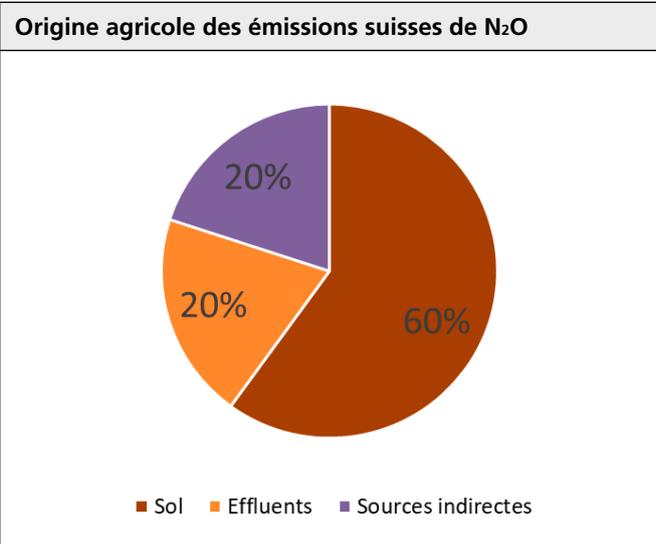
Principales sources agricoles :

- Gestion des effluents (majoritairement fumier) au bâtiment, stockage et au pâturage.
- Epandages organique et minérale.
- Lixiviation de l'azote.
- Retombée ammoniacale (NH₃).
- Minéralisation de l'azote dans le sol (enfouissement des résidus de cultures et retournement des prairies).

Voies directe et indirecte de formation :

Les émissions de N₂O résultant des apports anthropiques d'azote ou de la minéralisation de l'azote se produisent à la fois par (GIEC, 2019 ; OFEV, 2023b) :

- voie **directe**, c'est-à-dire, directement à partir des sols ou des effluents où l'azote est présent ;
- voie **indirecte**, qu'elle soit :
 - (i) suite à la **volatilisation** de l'**ammoniac** (NH₃) et des **oxydes d'azote** NO_x (dont NO et NO₂, principaux polluants atmosphériques) des sols et des effluents, ainsi que des combustions des combustibles fossiles et de la biomasse, et à la **redéposition** ultérieure de ces gaz et de leurs produits NH₄⁺ et NO₃⁻ dans les sols et les eaux (cf. fiche technique « Gaz et qualité de l'air ») ;
 - (ii) suite à la **lixiviation** (« lessivage ») et au **ruissellement de l'azote**, principalement sous forme de NO₃⁻.



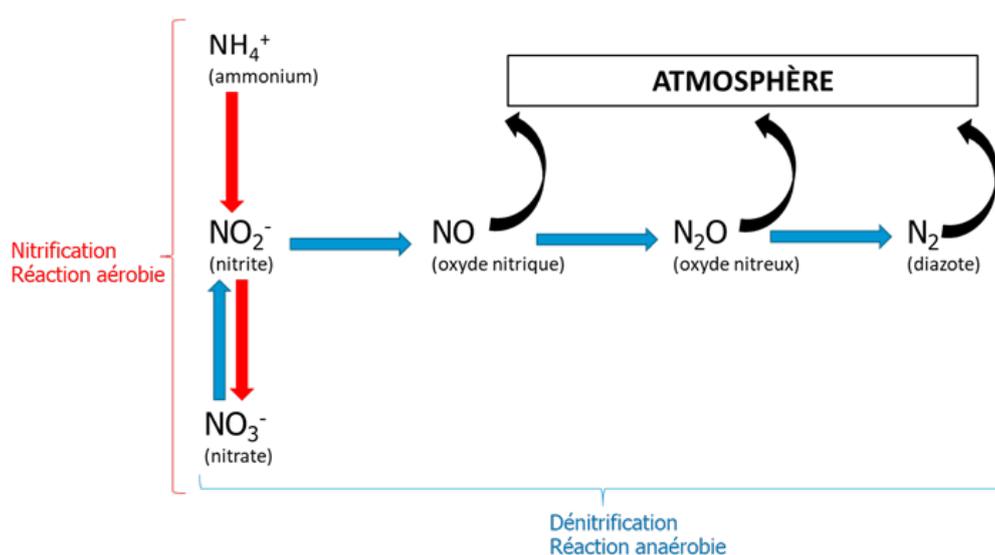


Réactions de nitrification et de dénitrification :

Les émissions de N₂O sont le résultat de la nitrification et la dénitrification (cf. schéma ci-dessous) combinées de l'azote présent :

- Nitrification : oxydation **aérobie** (= nécessité d'oxygène) microbienne de l'azote ammoniacal (NH₄⁺, NH₃) en nitrate (NO₃⁻). Deux étapes (cf. **flèches rouges** du schéma ci-dessous).
- Dénitrification : réduction **anaérobie** (= en absence d'oxygène) microbienne du nitrate (NO₃⁻) en azote gazeux (N₂). Processus majeur de l'élimination des nitrates et nitrites des écosystèmes avec un retour de l'azote dans l'atmosphère. Quatre étapes (cf. **flèches bleues** du schéma ci-après).
- La nitrification est nécessaire pour la production de nitrate et de nitrite, molécules essentielles à la réaction de dénitrification.
- Deux mécanismes expliquent la production de N₂O (GES'TIM+, 2020) :
 - **l'inhibition de la nitrification** par manque de dioxygène et/ou du fait de l'accumulation de nitrite NO₂⁻ ;
 - **l'inhibition partielle de la dénitrification** par la présence de dioxygène dissous, un manque de carbone assimilable et/ou un pH acide : la dénitrification est incomplète et s'arrête à l'étape de production du N₂O.

Réactions de nitrification et de dénitrification et production de N₂O



Les flèches noires symbolisent les rejets gazeux dans l'atmosphère qui accompagnent la dénitrification.

Dans le **sol**, le fonctionnement de la dénitrification dépend principalement du **niveau d'humidité** - qui conditionne l'**aération** et le **niveau d'anoxie** -, ainsi que de la **disponibilité de substrat organique**. Les émissions de N₂O du sol les plus importantes sont généralement observées soit après les apports d'azote par fertilisation minérale ou organique, soit lors de la décomposition des résidus végétaux qui libère de l'azote minéral, en conditions d'humidité importante du sol créant des conditions d'anaérobiose partielle (INRAE, 2013).

En résumé : La formation du protoxyde d'azote (N₂O), puissant gaz à effet de serre, nécessite la **présence de nitrites ou de nitrates** dans un **environnement anaérobie**. En outre, des conditions empêchant la réduction de N₂O en N₂, telles qu'un **pH faible** ou une **humidité limitée** (présence de dioxygène dissous inhibant la suite de la dénitrification), doivent être présentes.



Sources

GES'TIM+, 2020, [en ligne], *Guide GES'TIM+ : la référence méthodologique pour l'évaluation de l'impact des activités agricoles sur l'effet de serre, la préservation des ressources énergétiques et la qualité de l'air*. Projet réalisé par Arvalis, en partenariat avec l'Idèle, le Ctifl, l'Ifv, l'Itavi, l'Ifip et Terres Inovia. Avec la participation financière de l'ADEME. 560p. URL : www.arvalis.fr/recherche-innovation/nos-travaux-de-recherche/gestim/guide (consulté le 10.08.2023)

GIEC, 2019, [en ligne], 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. *Chapter 10: Emissions from livestock and manure management*. 207p. URL : www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2019rf/vol4.html (consulté le 10.08.2023)

GIEC, 2021, [en ligne], *IPCC 2021 : Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391p. URL : www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/ (consulté le 10.08.2023)

INRAE, 2013, [en ligne], *Quelle contribution de l'agriculture française à la réduction des émissions de gaz à effet de serre ? Action 1 - Réduire le recours aux engrais minéraux de synthèse, en les utilisant mieux et en valorisant plus les ressources organiques, pour réduire les émissions de N₂O associées*. p. 71-132. 62p. URL : www.inrae.fr/actualites/quelle-contribution-lagriculture-francaise-reduction-emissions-gaz-effet-serre (consulté le 10.08.2023)

Neu U., 2022, [en ligne], *Effet climatique et émissions d'équivalents CO₂ des substances à courte durée de vie*. Swiss Academies Communications. Vol. 17, No. 5. 13p. URL : https://scnat.ch/fr/uuid/i/a5035a46-1de5-52b6-bccd-5d1686d04e9e-Effet_climatique_et_%C3%A9missions_d%E2%80%99%C3%A9quivalents_CO2_des_substances_%C3%A0_courte_dur%C3%A9e_de_vie (consulté le 10.08.2023)

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2023a, [en ligne], *Switzerland's Greenhouse Gas Inventory 1990–2021: National Inventory Document*. 581p. URL : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/en/home/topics/climate/state/data/climate-reporting/ghg-inventories/latest.html> (consulté le 20.09.23).

Office fédéral de l'environnement (OFEV), 2023b, [en ligne], *Sources de polluants atmosphériques: agriculture*, URL : <https://www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/air/info-specialistes/sources-de-polluants-atmospheriques/sources-de-polluants-atmospheriques---agriculture.html> (consulté le 23.10.2023)

Roger P., Le Mer J., 2003. *Les sols : sources et puits de méthane*. Etude et Gestion des Sols, Vol. 10, 4. p. 331-345. 15p.