

③ Les dégradations

subies par les sols

Cresserons (Calvados)



Fabrice Parais et Cyrille Bicorne / Equipe drone / DREAL Normandie

Plan du chapitre

- Préambule : les dégradations subies par les sols
- L'érosion
- Les contaminations
- L'artificialisation et l'imperméabilisation
- La baisse de biodiversité
- La baisse des matières organiques
- Les glissements de terrain et chutes de blocs
- Les tassements différentiels

Rédacteurs



Clément Blaise-Duhaut (Conservatoire d'espaces naturels), Laurence Chedmail (DREAL), Nathalie Desruelles (DREAL), Jean-Claude Estienne (Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection), Morgane Faure (ARS), Guylaine Gauthier (DREAL), Emmanuel Goujon (DREAL), Frédéric Gresselin (DREAL), Patrick Le Gouée (Université de Caen-Normandie), Sandrine Héricher (DREAL), Florence Leblond-Viennot (DREAL), Ilona Marlin-Païni (DREAL), Sophie Raous (AFES), Laurent Troude (DREAL), Mathilde Zoonekyndt (DREAL)



Préambule

Pour en savoir +

Afin d'expliquer les différents types de risques présents sur le territoire, la DREAL Normandie a piloté la réalisation de **vidéos pédagogiques**.



Ces vidéos sont accessibles sur le site :

<https://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr>

Les sols sont actuellement affectés par différents processus qui altèrent leurs fonctions. Ces dégradations ont des impacts majeurs sur les activités humaines et sur la santé publique. A l'échelle européenne, neuf phénomènes de dégradation des sols ont été identifiés :

- l'érosion hydrique ou éolienne et les glissements de terrain ;
- l'artificialisation qui altère le sol par imperméabilisation, pollution, ou tassement ;
- l'acidification qui réduit l'assimilation des nutriments par les plantes ;
- le tassement qui impacte sa fertilité et sa capacité épuratoire ou de stockage de l'eau et plus largement l'ensemble de son fonctionnement ;
- la contamination des sols avec la présence de composés chimiques organiques ou minéraux (métaux lourds) potentiellement dangereux pour la santé des plantes ou des animaux à des concentrations anormales ;
- les carences, excès et déséquilibres en éléments nutritifs ;
- la perte de matière organique qui entraîne une baisse de la fertilité des sols, une augmentation de la sensibilité à l'érosion, un renforcement de la sensibilité au tassement ainsi qu'une perte de biodiversité ;
- le déclin de la biodiversité ;
- la salinisation et l'alcalinisation qui réduisent considérablement la productivité agricole.

Cultures de lin dans la plaine de Caen (Calvados)



Sandrine Héricher

Références

Le **29 septembre 2025**, **l'Union européenne a adopté la directive sur la surveillance des sols** qui établit le tout premier cadre de leur évaluation et de leur surveillance à cette échelle, avec pour objectif général de parvenir à des **sols en bonne santé dans toute l'Europe d'ici à 2050**.

Cette directive constitue une étape essentielle vers l'amélioration de la qualité des sols, dont le rôle est vital pour la sécurité sanitaire.

Les nouvelles règles contribueront à améliorer leur résilience, à assurer une meilleure gestion des sites contaminés et à introduire des principes d'atténuation de l'artificialisation des terres.

En vertu de la directive, les Etats membres mettront en place des systèmes de surveillance afin d'évaluer l'état physique, chimique et biologique des sols sur leur territoire, sur la base d'une méthodologie commune. Ils communiqueront régulièrement à la Commission et à l'Agence européenne pour l'environnement des informations sur l'état de santé des sols, sur l'artificialisation des terres et sur les sites contaminés, en veillant à ce qu'il existe des données comparables dans l'ensemble de l'Union européenne et à ce qu'une action coordonnée puisse être engagée pour lutter contre la dégradation des sols.

De plus, des mesures seront prises en vue de surveiller les nouveaux contaminants tels que les PFAS, les pesticides et les microplastiques.

Les données recueillies pour cette publication ont permis de présenter sept dégradations majeures en Normandie :

- l'érosion ;
- les contaminations ;
- l'artificialisation et l'imperméabilisation ;
- la baisse de biodiversité ;
- la diminution des matières organiques ;
- les glissements de terrain et chutes de blocs ;
- les tassements.

Les dégradations présentées dans ce chapitre ne sont pas exhaustives en raison de leur multiplicité, du caractère encore limité des connaissances et de leur partage.

Parce qu'ils sont à la base du bon fonctionnement de tous les écosystèmes terrestres, les sols en bonne santé soutiennent de nombreux secteurs de l'économie. Leur dégradation est extrêmement coûteuse à la fois en termes de santé humaine et d'un point de vue économique.

Principaux phénomènes de dégradation des sols

Illustration par T. FUNGENZI -

Journée Mondiale des Sols 2022 - Dégradations des sols : quels enjeux actuels et futurs ?





L'érosion

Différentes formes d'érosion des sols



Patrick Le Gouée

Définition

L'érosion est considérée comme la principale menace pesant sur les sols à l'échelle européenne. C'est un processus par lequel la couche superficielle du sol disparaît sous l'effet de plusieurs contraintes. Une fraction des sols se trouve transportée par des phénomènes qui peuvent être naturels :

- écoulement de l'eau ;
- vent ;
- gravité.

Mais l'érosion des sols est souvent accélérée par les activités humaines avec les pratiques culturales, urbanistiques et industrielles...

L'érosion hydrique, liée à la pluie et au ruissellement, est considérée comme la plus préoccupante. Elle a des impacts très importants sur la production agricole.

Les différentes formes d'érosion des sols

Différentes formes d'érosion des sols sont observées en Normandie. Elles sont identifiables à travers plusieurs phénomènes, notamment :

- le transport de particules fines à la surface du sol par ruissellement diffus ;
- la formation de rigoles et de ravines par ruissellements concentrés ;
- la diminution de l'épaisseur du sol, voire sa disparition ;
- l'accumulation de dépôts en bas de versants.

Elles sont plus ou moins marquées selon :

- le climat (volumes cumulés et intensité des pluies, alternances gel/dégel...) ;
- la morphologie du territoire (présence de pentes, concentration des écoulements...) ;
- le matériau parental (taux de limon, d'argile...) ;
- l'état des sols (structure, perméabilité, tassement, végétation présente...) ;
- les activités humaines qui s'y sont développées (implantation ou suppression de haies, cultures ou intercultures...).

L'excès d'eau en surface

La grande majorité des sols, même à nu, est en général en capacité d'absorber les pluies de faible intensité. Cependant, l'altération de la capacité d'infiltration des sols favorise le développement de ruissellements. Cette altération prend de multiples formes : le processus de battance en est une illustration.

La battance est un phénomène par lequel les premiers millimètres du sol se désagrègent sous l'action des pluies. Les gouttes d'eau fragmentent les agrégats et les éléments très fins comblent les pores du sol, constituant une croûte qui limite les possibilités d'infiltration de l'eau et qui favorise l'accumulation de l'eau en surface et le ruissellement. Les alternances gel/dégel contribuent également à la dislocation des agrégats en surface.

La battance concerne notamment les sols riches en limons caractérisés par une faible stabilité des agrégats de surface, dès lors qu'ils sont peu ou pas protégés par un couvert végétal. Pour les sols limoneux cultivés du Pays de Caux qui sont les plus sensibles de la région à ce processus, il suffit de 60 à 90 mm de pluie cumulée en plusieurs jours pour voir se former une croûte de battance continue.

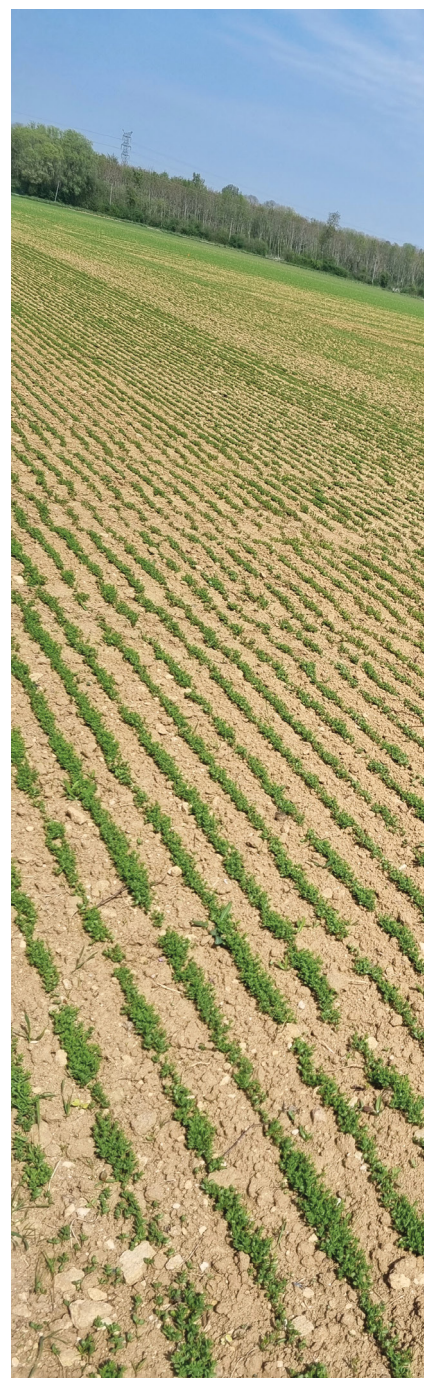
Sur cette surface battue, des pluies, même de faible intensité, peuvent générer rapidement l'apparition d'un ruissellement important. Celui-ci peut se déclencher aussi sur des pentes très faibles. Il occasionne alors une érosion diffuse. Elle s'exprime généralement par des accumulations de quelques centimètres d'épaisseur dans le bas des parcelles.

Les pratiques culturales ont un impact important sur ce phénomène. Il est possible de le limiter ou de le différer par des cultures intermédiaires (culture dérobée...), des chaumes, une culture d'hiver ou du labour en période d'intercultures.

D'autres processus peuvent conduire à la formation d'un excès d'eau en surface.

- **Le tassement mécanique des sols** par les engins agricoles conduit également à la réduction de la capacité d'infiltration. Il est donc très important de travailler la surface du sol après un chantier de récolte ou d'effectuer un décompactage fréquent pour casser les semelles de labour.
- Lors d'un orage, si **les intensités de pluies sont très importantes**, elles dépassent la vitesse d'infiltration. Dans ce cas, la bonne stabilité structurale des sols ne suffit pas à empêcher le ruissellement.
- Enfin, les sols **minces** peuvent être **saturés par des cumuls de pluies importants**. Ce phénomène est renforcé par les écoulements hypodermiques qui viennent saturer les pieds de versants (circulation dans le sens de la pente au contact entre le sol et le matériau parental ou entre le sol meuble et une semelle de labour).

Monocultures



Nadège Basset

Définition

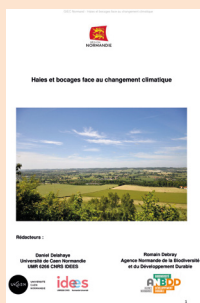
L'écoulement de subsurface ou écoulement hypodermique désigne l'ensemble des écoulements situés dans les horizons de surface partiellement ou totalement saturés en eau, c'est-à-dire sous la surface du sol mais au-dessus des nappes phréatiques permanentes.

Pour en savoir +

GIEC normand, Daniel Delahaye et Romain Debray.

Haies et bocage face au changement climatique.

50 pages. 2025.



Source : site web du Conseil régional

www.normandie.fr

Le ruissellement

Sur pente assez faible (< 3 %), le ruissellement est avant tout diffus et n'occasionne pas d'incisions importantes. Le transport peut être notable, il prend principalement la forme d'un "tri" des particules fines en surface. Sur les pentes plus fortes, l'écoulement provoque la formation de griffures, de rigoles et de ravines dont la taille dépend du volume d'eau et de la concentration topographique. La présence dans les dépôts d'une charge caillouteuse de taille millimétrique à centimétrique souligne la puissance du ruissellement.

L'automne et l'hiver sont les périodes les plus propices pour les processus chroniques d'érosion. Ces processus sont notamment observés derrière des cultures telles que la betterave et la pomme de terre (source : chambre régionale d'agriculture de Normandie). Cependant, les pluies orageuses provoquent les formes d'érosion les plus spectaculaires. En effet, les fortes pluies qui s'abattent en quelques heures rencontrent des sols pas ou peu couverts par la végétation (avant les semis de printemps et après la moisson).

Le ruissellement peut également se former sur des prairies. Dans ce cas, le couvert végétal réduit le processus d'érosion.

Érosion des sols

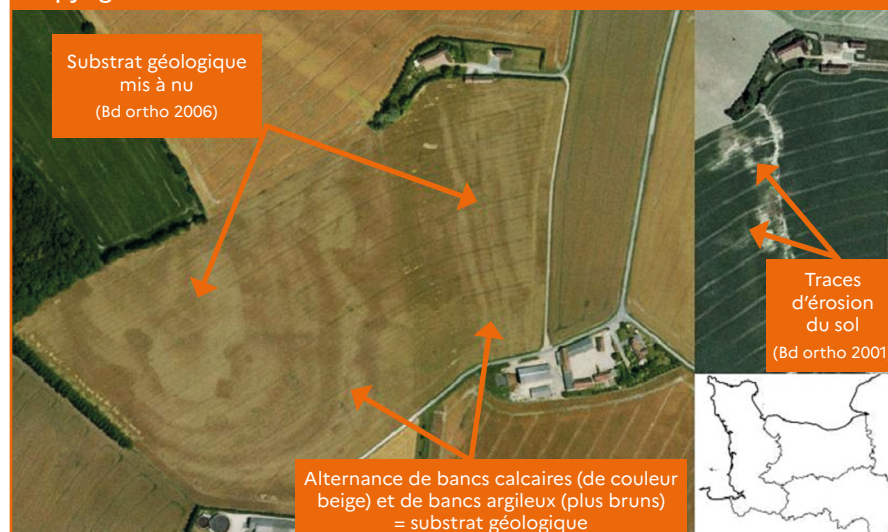


Daniel Delahaye

Les pluies intenses peuvent entraîner un **décapage de l'ensemble du sol** sur de vastes surfaces et la formation de ravines de plusieurs mètres de profondeur. En l'absence de barrières hydrologiques, le ruissellement des surfaces s'organise à l'échelle du bassin versant et se transforme en crue turbide provoquant des dégâts matériels importants dans les secteurs situés en aval. Le système érosif se diffuse de parcelle en parcelle au gré des systèmes de pentes, il est donc particulièrement important de maintenir une mosaïque parcellaire complexe avec de nombreux obstacles aux écoulements.

Mise à nu du matériau parental sous l'effet de l'érosion des sols dans le Perche (Orne)

Copyright : IGN BD Ortho 2001 et IGN BD Ortho 2006



Les conséquences de l'érosion des sols

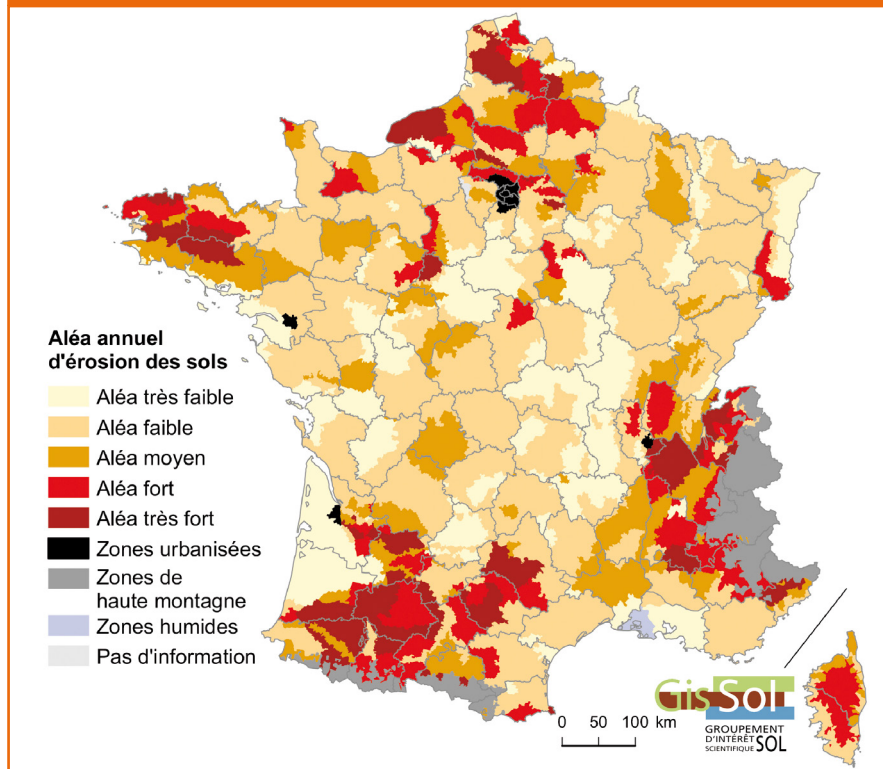
Les impacts sur l'agriculture

Les préjudices liés à l'érosion hydrique des sols touchent notamment les exploitants agricoles. Les dégâts concernent principalement les cultures. Cela se traduit par des destructions de semis, par des déchaussements ou par des arrachements de plants. Dans certains secteurs de la Normandie, l'aléa érosion peut être très fort.

La carte ci-dessous présente l'aléa érosion des sols en 2011. Elle n'a pas été actualisée. Selon toute probabilité, les aléas sont plus forts aujourd'hui (augmentation des phénomènes de pluies intenses, régression des bocages et des prairies...).

L'aléa érosion des sols par petites régions agricoles

Source : Gis Sol-Inra-SOeS, 2011



Érosion des sols et cultures



Daniel Delahaye

Aléa érosif des sols par petite région agricole, estimé à l'aide du modèle Mesales. Il combine plusieurs caractéristiques du sol (sensibilité à la battance et à l'érodibilité), du terrain (type d'occupation du sol, pente) et climatiques (intensité et hauteur des précipitations).

Dans les parties basses des parcelles, le dépôt de terre conduit au recouvrement des semis ou des jeunes plants enfouis sous la boue. D'autres préjudices, moins visibles directement, sont à signaler. Ils se traduisent par une perte de fertilité liée à :

- une réduction de l'épaisseur du sol ;
- une diminution de la réserve utile ;
- une dilution de la matière organique ;
- une perte importante en éléments fertilisants et en produits de traitement.

Cette perte de fertilité conduit ainsi à une perte de qualité agronomique.

Décapage de surface



Patrick Le Gouée

Les impacts sur les aménagements collectifs et les biens

Les dégâts potentiels concernent les structures collectives et les biens des personnes. Les coulées de boues et les inondations peuvent également détériorer des routes, des ouvrages d'art, des réseaux divers, des bâtiments et des logements.

Impacts du ruissellement sur les milieux aquatiques



Samuel Comont

Les impacts sur la qualité des eaux

Les particules de terre érodée sont emportées par les eaux de ruissellement qui se chargent en matières en suspension. Elles peuvent rejoindre les cours d'eau et les nappes d'eau souterraine qui servent à l'alimentation en eau potable.

Les impacts sur l'eau potable sont particulièrement importants dans la partie sédimentaire crayeuse de la Normandie (Bassin parisien), qui est drainée par des points d'engouffrement ou "dolines" (régionalement, appelés "bétoires"). Ces dolines sont connectées avec les conduits souterrains de la craie (karstiques). Elles constituent les chemins préférentiels d'introduction des eaux infiltrées et de ruissellement vers la nappe d'eau souterraine de la craie sous-jacente.

Pour en savoir +

Présentation des phénomènes d'eutrophisation dans les cours d'eau



<https://www.lesagencesdeleau.fr/ressources/la-pollution-dans-nos-cours-deau-halte-leutrophisation>

L'apport de particules de terre érodées entraîne :

- une augmentation de la turbidité de l'eau ;
- un transfert de polluants ;
- une diminution de la pénétration de la lumière dans l'eau ;
- une réduction de l'activité de photosynthèse ;
- un envasement du lit du cours d'eau.

L'érosion des sols provoque ainsi une dégradation de la qualité des eaux qui nécessite des traitements supplémentaires et, parfois, le renforcement ou la construction d'ouvrages de traitement.

Cette dégradation est accentuée par l'arrivée d'éléments polluants ou nutritifs dans l'eau (nitrates, phosphates...). Ainsi, la qualité biologique du milieu aquatique se trouve impactée. Les équilibres écologiques sont modifiés avec des conséquences sur l'ensemble de l'écosystème aquatique, notamment la faune piscicole (mortalités de poissons...).

Impacts du ruissellement sur les milieux aquatiques



Samuel Comont



L'artificialisation et l'imperméabilisation

La Normandie, une région très consommatrice de sols

Chaque année, 24 000 ha d'espaces naturels, agricoles et forestiers sont consommés en moyenne en France. **La Normandie est particulièrement concernée par le phénomène d'artificialisation avec environ 20 919 ha d'espaces naturels, agricoles et forestiers consommés entre 2011 et 2022.** Cette surface représente environ un terrain de football toutes les 4 heures (source : portail web de l'artificialisation des sols).

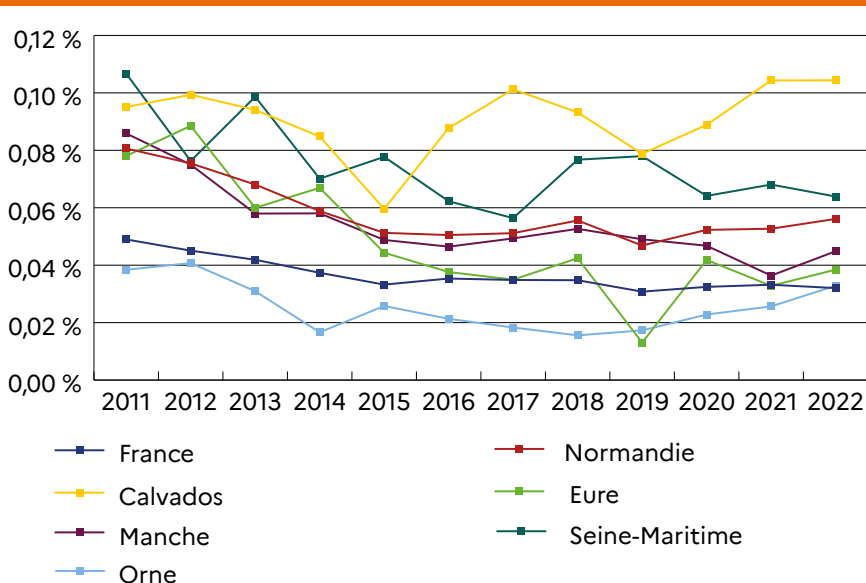
A l'échelle nationale et régionale, le rythme de consommation d'espace connaît une stagnation depuis 2015. Une légère hausse est cependant observée en Normandie depuis 2020.

Cette consommation semble toutefois de plus en plus "efficace", comme le montrent les chiffres nationaux. Ainsi, 1 hectare de terrain permet de construire 2 538 m² de bâti en 2021, contre 1 950 m² en 2011, soit +30 % en 10 ans (Source : CEREMA).

L'étude de l'année 2022 montre que la consommation d'espace est majoritairement dédiée à l'habitat et aux activités économiques en France et en Normandie. Les villes s'étendent en consommant les surfaces agricoles ou naturelles périphériques.

Evolution de l'efficacité de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers :

Source : CEREMA



Définitions

L'artificialisation constitue une altération durable de tout ou partie de la fonctionnalité écologique d'un sol, en particulier de ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques, ainsi que de son potentiel agronomique par son occupation ou son usage.

L'artificialisation nette des sols est définie comme le solde de l'artificialisation et de la renaturation des sols constaté sur un périmètre et sur une période donnés.

La consommation d'espaces est définie comme la création ou l'extension effective d'espaces urbanisés sur le territoire concerné. Il s'agit de la transformation d'espaces naturels, agricoles ou forestiers en espaces urbanisés.

La renaturation d'un sol, ou désartificialisation, consiste en des actions ou des opérations de restauration ou d'amélioration de la fonctionnalité d'un sol, ayant pour effet de transformer un sol artificialisé en un sol non artificialisé.

Ce graphique présente l'évolution de l'efficacité de la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers rapportée à la surface du territoire concerné (national, régional, départemental).

Pour en savoir plus :

<https://www.normandie-artificialisation.fr/les-chiffres-en-normandie-et-en-france-r13.html>

Pour en savoir +

Portail de l'artificialisation des sols



<https://artificialisation.developpement-durable.gouv.fr/>

Insee Normandie. Une forte consommation d'espace pour l'habitat en Normandie, dans un contexte de faible croissance démographique. 4 pages. Mai 2023.



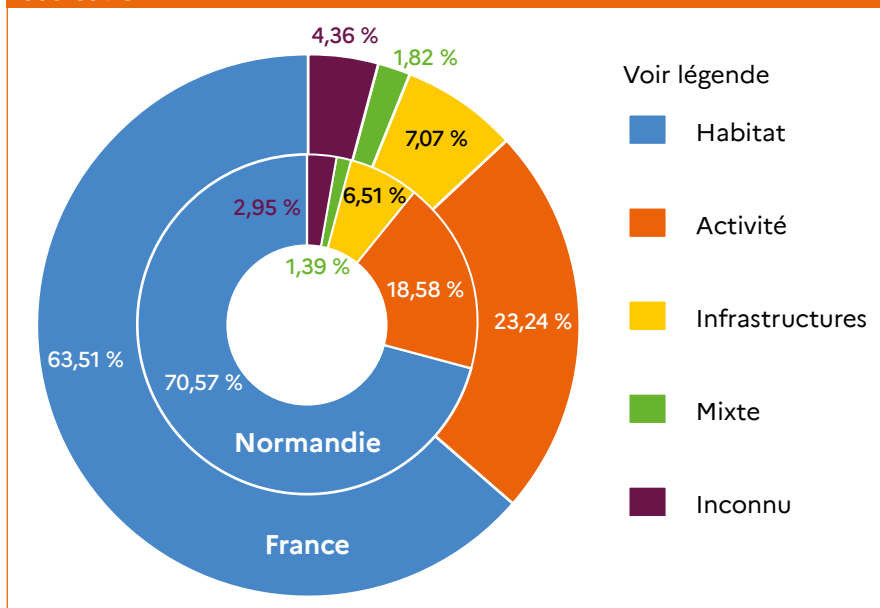
<https://www.insee.fr/fr/information/7623814>

Connaître la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers

<https://cartagene.cerema.fr/portal/apps/dashboards/75ca-3baa0632492dba4d0899f-1f18b95dashboards/75ca-3baa0632492dba4d0899f-1f18b95dashboards/75ca-3baa0632492dba4d0899f-1f18b95>

Typologie de la consommation d'espaces naturels agricoles et forestiers en France et en Normandie en 2022

Source : CEREMA



Une étude de l'INSEE, sur la période 2009-2019 (cf. encadré) a montré que la consommation d'espace pour l'habitat a augmenté proportionnellement davantage en Normandie qu'au niveau national (+10,1 % en Normandie, contre +7,4 % en moyenne en France métropolitaine), plaçant la région au deuxième rang des régions les plus consommatrices.

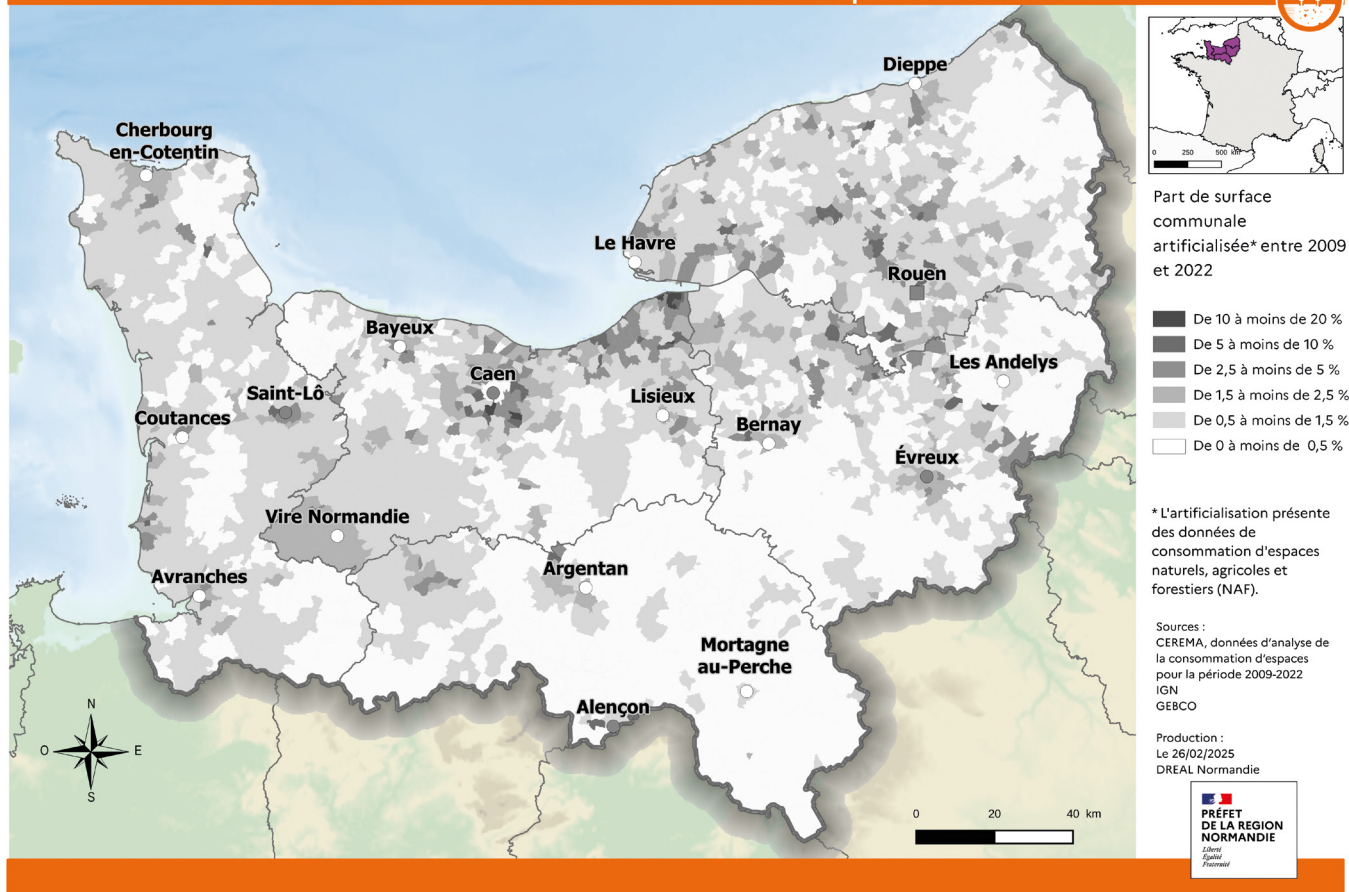
La hausse de la consommation d'espace a concerné l'ensemble des départements et particulièrement les territoires situés aux abords des grandes agglomérations. La population normande ayant quasiment stagné au cours de cette décennie, la consommation d'espace pour l'habitat apparaît faiblement liée aux évolutions démographiques. La croissance de la population normande ne contribue qu'à hauteur de 7 % à l'augmentation de la surface consommée.

Les conséquences de ce phénomène sur la santé, les milieux naturels et la biodiversité sont considérables, c'est pourquoi, la loi Climat et résilience a fixé l'objectif national d'absence de toute artificialisation nette des sols en 2050.

Construction d'une zone pavillonnaire dans le Calvados



Sandrine Hélicher



Les impacts environnementaux et sanitaires

L'artificialisation des sols provoque notamment :

- une perte des services rendus par les sols (approvisionnement, atténuation du changement climatique...) ;
- une perte des fonctions associées aux sols (réservoir, régulation, habitat pour la biodiversité, production de nutriments, recyclage, filtrage, épuration et transformation...).

Ainsi, le changement d'état effectif d'une surface agricole, forestière et naturelle, vers des surfaces artificialisées se fait au détriment des terres agricoles et peut affecter les sols disposant des meilleures potentialités agronomiques ou écologiques.

De plus, l'imperméabilisation, la compaction, les pollutions minérales et organiques modifient les structures et les textures des sols et conduisent à accentuer l'érosion, les coulées d'eau boueuse, les risques d'inondation et les transferts de sédiments contaminés (engrais, métaux, pesticides) vers les cours d'eau et les nappes d'eau souterraine.

Imperméabilisation de sols



Nadège Basset

Les impacts indirects sont aussi très nombreux : une plus grande pollution des milieux, le développement des îlots de chaleur, l'augmentation du bruit, la modification des paysages et du cadre de vie...

Réalisation d'un lotissement



Aude Lecomte



Les contaminations

Les milieux naturels sont impactés par les activités humaines. Les particules de matières contaminées se déplacent dans les sols et atteignent les cours d'eau, les nappes d'eau souterraine et les milieux marins : intrants agricoles (engrais, pesticides...), polluants d'origine industrielle, urbaine, routière... Les différentes sources de contamination des sols présentées dans ce chapitre ne sont pas exhaustives.

Les pesticides

Les pollutions aux pesticides sont devenues une préoccupation majeure de santé publique. En tant que grande région agricole consacrée à des cultures consommatrices de pesticides, la Normandie est très concernée par la nécessité de s'engager dans une réduction de leur utilisation pour préserver les écosystèmes et la santé humaine.

Origine

« Pesticides » est un terme générique, connu du grand public, qui désigne l'ensemble des substances chimiques, naturelles ou de synthèse, destinées à repousser ou détruire les organismes jugés nuisibles (« microbes », animaux ou végétaux). Il couvre trois catégories de produits :

- les biocides ;
- les produits phytopharmaceutiques (ou phytosanitaires) ;
- et les antiparasitaires (à usages vétérinaires et humains).

La population peut être exposée aux pesticides par de multiples voies (air, eau, nourriture...).

Référents

Une **Commission d'enquête** a été créée suite au constat des grandes difficultés de la France de réduire sa consommation de pesticides malgré le déploiement de trois plans de réduction successifs "Ecophyto", mis en place à partir de 2008. Cette instance a rappelé les conclusions rendues à partir de l'expertise collective publiée par l'Inserm en 2013 puis mise à jour en 2021 (cf. pages suivantes).

Le rapport met en avant deux autres points d'alerte :

- la dégradation de la qualité des eaux superficielles et des nappes phréatiques qui, dans le contexte du changement climatique, pourrait priver d'accès à l'eau potable des territoires ruraux d'ici 10 ans ;
- la disparition de 60 % des oiseaux du milieu agricole depuis 40 ans, en lien avec les pollutions chimiques, et notamment les pesticides.

Pour en savoir plus :

www.assemblee-nationale.fr/dyn/16/rapports/cepestici/l16b2000-t1_rapport-enquete.pdf

Pour en savoir +

Site web de la DREAL Normandie



<https://www.normandie.developpement-durable.gouv.fr/les-cartes-interactives-a4661.html>

Site web du BRGM



<https://www.brgm.fr/fr/tag/risques-lies-au-sol-au-sous-sol>

Source : [Assemblée nationale](#)

Pour en savoir +

Phytosol

47 sites du réseau de mesure de la qualité des sols ont été échantillonnés par les partenaires régionaux du programme, dans toute la France entre 2019 et 2021, à une profondeur de 0-20 cm en se basant sur le protocole mis en place sur le réseau (Jolivet *et al.*, 2018). Il s'agissait principalement de sols cultivés (grandes cultures, vignes et vergers) et de sols supposément non traités (prairies, forêts, friches). 111 substances, priorisées par l'Anses sur la base des usages et du comportement dans l'environnement, ont été recherchées dans les prélèvements de sols par le laboratoire LPTC de l'université de Bordeaux et le laboratoire d'analyse des sols d'Arras du centre Hauts-de-France de l'INRAE.

Ce projet, dénommé « *Phytosol* », a été financé par l'Anses via une convention de recherche et par le GIS Sol (www.gissol.fr).

Du fait de ses activités, le secteur agricole est le principal utilisateur de pesticides en France (90 % des quantités vendues) et les agriculteurs sont aussi très exposés. Les pesticides sont également utilisés pour l'entretien des infrastructures de transport (routes, chemins de fer, aéroports...), les usages domestiques (antiparasitaires, lutte contre les insectes...), le traitement des bois, l'horticulture...

Evaluation sur le territoire

Au niveau national, des travaux récents de chercheurs de l'INRAE, en collaboration avec l'IFREMER et l'université de Bordeaux, ont montré qu'un grand nombre de substances, en quantité importante, persistent dans les sols sous forme de résidus (cf. encadré). Près d'une cinquantaine de sols ont été prélevés dans toute la France métropolitaine. En se basant sur le Réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS), ils ont pu mesurer la persistance de ces substances et les risques associés pour la biodiversité des sols.

Les résultats ont montré que 98 % des sites étudiés présentent au moins 1 substance. Au total, 67 molécules différentes ont été retrouvées, majoritairement des fongicides et des herbicides. Les parcelles de grandes cultures sont les plus contaminées, avec jusqu'à 33 substances différentes retrouvées dans un seul site, et une moyenne de 15 molécules dans les sols. Dans les sols sous forêts, prairies permanentes, en friche ou en agriculture biologique depuis plusieurs années, plus de 32 pesticides différents ont été détectés, à des concentrations majoritairement plus faibles que pour les sites en grandes cultures.

Ces résultats démontrent une persistance des molécules de pesticides dans l'environnement, bien au-delà de leur temps de dégradation théorique et à des concentrations supérieures à celles escomptées.

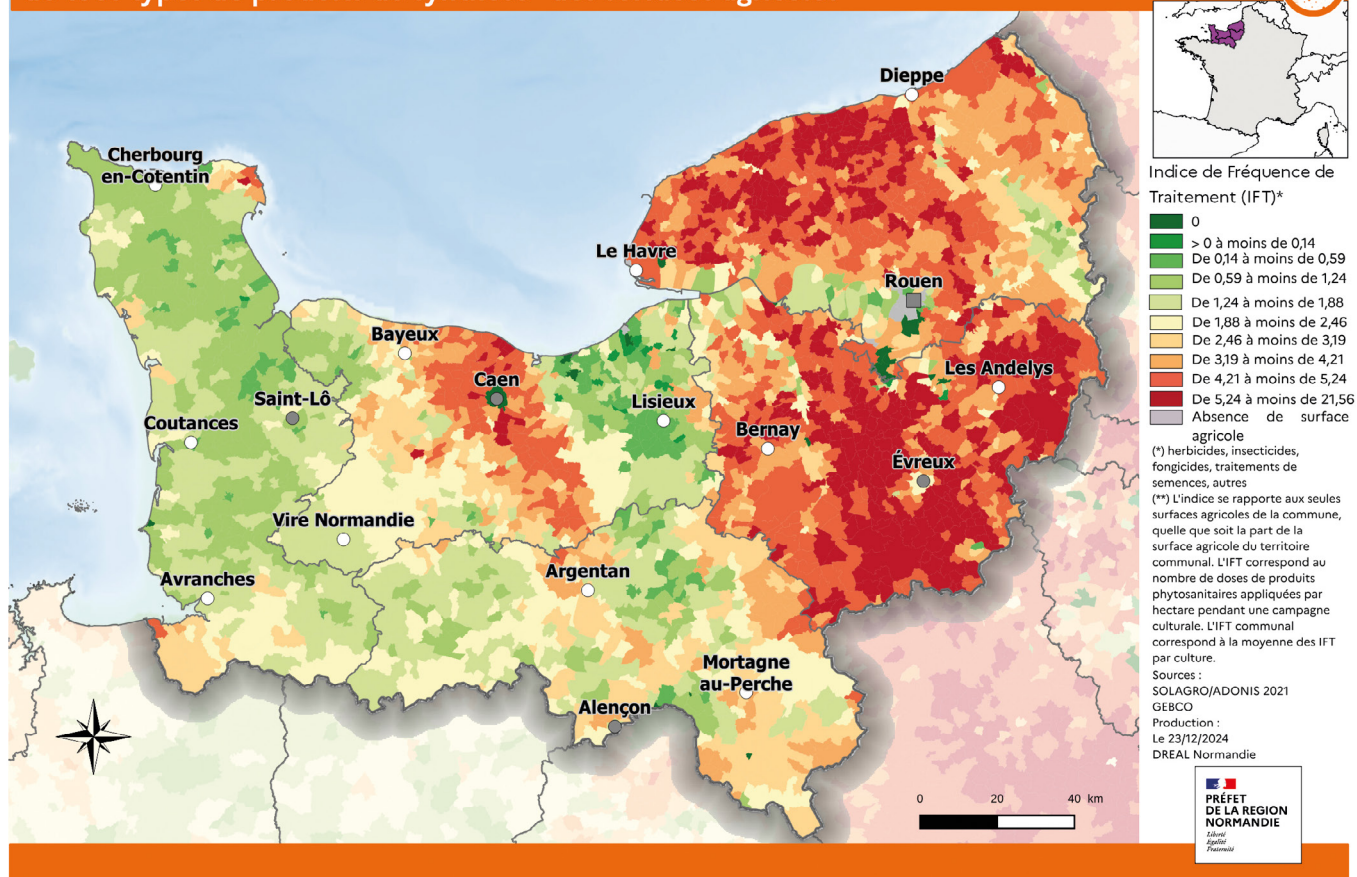
Repères

L'Indicateur de Fréquence de Traitement (IFT) rend compte du nombre de doses de produits phytosanitaires appliquées par hectare pendant une campagne culturale.

Il peut être calculé sur une parcelle, à l'échelle d'un ensemble de parcelles, d'une exploitation, d'un territoire ou bien d'une région. Il peut également être décliné par famille de produits appliqués ou type de traitements réalisés (traitements de semences, produits de biocontrôle, herbicides, insecticides-acaricides, fongicides-bactéricides...).

Les IFT de référence sont issus de la période 2001-2006 (point zéro du plan Ecophyto établi en 2008). Une mise à jour est en cours actuellement afin de disposer de données actualisées. La comparaison de l'IFT sur l'exploitation avec l'IFT de référence du territoire permet à l'agriculteur de situer ses pratiques et d'identifier les progrès possibles pour réduire l'utilisation des produits phytosanitaires.

Profil environnemental de Normandie - Indice de fréquence de traitement de tous types de produits de synthèse* des surfaces agricoles



Impacts environnementaux

Source : ministère de la Transition écologique

Les pesticides et les molécules issues de leur dégradation sont susceptibles de se retrouver dans toutes les composantes de l'environnement (air, sol, eaux, sédiments...) ainsi que dans les aliments. Ils ont initialement un rôle sanitaire contre les nuisibles mais ils représentent aussi des dangers pour les écosystèmes, avec des impacts immédiats ou à long terme, tels que la destruction de la biodiversité du sol, avec l'altération de l'ensemble des êtres vivants qui en dépendent : pollinisateurs, biodiversité des sols, oiseaux, humains, faune et flore aquatiques...

Ainsi, l'évaluation réalisée au niveau national par l'INRAE a montré que le risque majeur estimé pour les vers de terre est dû aux insecticides et aux fongicides. Les risques de toxicité chronique pour ces vers de terre sont modérés à forts pour toutes les parcelles cultivées.

Pour en savoir +

L'analyse des effets des pesticides sur la santé

Inserm. Synthèse. *Pesticides et effets sur la santé. Nouvelles données.* 2021. 164 pages. 2021.



Inserm. *Pesticides et effets sur la santé. Nouvelles données.* 2021. 1 036 pages. 2021.



Pour en savoir plus :

<https://www.inserm.fr/expertise-collective/pesticides-et-sante-nouvelles-donnees-2021/>

Agreste. *Pratiques culturales en grandes cultures en 2021. Pratiques phytosanitaires sur les légumes en 2018.*

<https://agreste.agriculture.gouv.fr/>

Impacts sanitaires

Source : INSERM

Dans son rapport « Pesticides et santé », L'INSERM a analysé les données publiées au cours des 30 dernières années (mises à jour en 2021).

En considérant les études sur des populations qui sont en contact régulier avec des pesticides, l'expertise confirme la présomption forte d'un lien entre l'exposition aux pesticides et six pathologies : lymphomes non hodgkiniens, myélome multiple, cancer de la prostate, maladie de Parkinson, troubles cognitifs, bronchopneumopathie chronique obstructive et bronchite chronique. Pour les lymphomes non hodgkiniens, il a été possible de préciser des liens (présomption forte) avec des substances actives (malathion, diazinon, lindane, DDT) et avec une famille chimique de pesticides (organophosphorés). Pour la maladie de Parkinson et les troubles cognitifs un lien a été mis en avant avec, respectivement, les insecticides organochlorés et les organophosphorés. Il s'agit essentiellement de pesticides pour lesquels les études se sont appuyées sur des biomarqueurs permettant de quantifier l'exposition.

Travail du sol en Normandie



Cyrille Bicorne et Fabrice Parais / Equipe drone / DREAL Normandie

Des liens ont été identifiés pour d'autres pathologies ou événements de santé avec une présomption moyenne. C'est le cas notamment pour la maladie d'Alzheimer, les troubles anxio-dépressifs, certains cancers (leucémies, système nerveux central, vessie, rein, sarcomes des tissus mous), l'asthme et les sifflements respiratoires et les pathologies thyroïdiennes. Les études épidémiologiques sur les cancers de l'enfant permettent de conclure à une présomption forte de lien entre l'exposition aux pesticides de la mère pendant la grossesse (professionnelle ou par utilisation domestique) ou chez l'enfant et le risque de certains cancers, en particulier les leucémies et les tumeurs du système nerveux central.

Les études de cohortes mères-enfants ont permis de caractériser les liens entre l'exposition professionnelle ou environnementale (c'est-à-dire en population générale) des mères pendant la grossesse et les troubles du développement neuropsychologique et moteur de l'enfant.

Les populations riveraines des zones agricoles peuvent être affectées par la dérive des produits épandus sur les cultures. En effet, des études suggèrent une influence de la proximité aux zones agricoles sur la contamination par les pesticides du lieu de vie, variable selon les substances, leur mode d'application et la manière d'estimer l'exposition (cf. encadré).

Enfin, la question des effets indirects des produits phytosanitaires (par le biais des effets sur les écosystèmes notamment) reste complexe et préoccupante.

Pour en savoir +

L'Union européenne réglemente la commercialisation et l'utilisation des pesticides

ainsi que les niveaux maximums autorisés de leurs résidus dans les produits de consommation.

Pour pouvoir arriver sur le marché, la substance doit obtenir l'approbation de la Commission européenne. Celle-ci se base sur l'avis scientifique d'une agence de l'Union : l'Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA). Les Etats membres expriment également leur opinion sur le sujet dans le cadre d'un comité composé de représentants des Vingt-Sept. Une fois l'autorisation européenne accordée, celle-ci n'est que temporaire (au maximum 15 ans) et doit être renouvelée périodiquement.

Pour en savoir +

Exposition des riverains de cultures aux pesticides

Santé publique France et l'Anses ont piloté l'étude "Pestiriv" pour mieux connaître l'exposition aux pesticides des personnes vivant près de vignes ou éloignées de toute culture.

Les résultats de l'étude ont montré que :

- les riverains des zones viticoles sont plus exposés aux pesticides appliqués sur ces cultures que les personnes éloignées de toute culture ;
- ces expositions sont plus importantes en période de traitement ;
- l'augmentation de l'imprégnation biologique en zones viticoles est observée à la fois chez les adultes et les enfants.

Les quantités de produits utilisés et la proximité des habitations avec les vignes sont les deux principaux facteurs d'exposition.

Ces résultats sont robustes pour les différents échantillons analysés (urines, cheveux, poussières, air ambiant, air intérieur) et cohérents avec ceux des quelques études réalisées sur d'autres cultures aux Etats-Unis (blé, soja) et aux Pays-Bas (fleurs).

Source : Santé publique France

Pour en savoir +

Préfet de la région Normandie.
Bilan de mise en œuvre du 6^e Programme d'action nitrates en Normandie. 192 pages. 2023.



Les excès de matières nutritives

L'azote et le phosphore sont deux éléments nutritifs indispensables au développement des cultures. Cependant, leur apport en excès, appelé « *surplus* », peut fortement perturber les écosystèmes et leurs fonctionnalités. Il contribue notamment à la pollution des cours d'eau et des nappes phréatiques.

En France, l'apport excessif d'azote provient principalement de l'activité agricole. Concernant le phosphore, il résulte principalement des eaux résiduaires urbaines.

Les surplus sont calculés à une échelle régionale sans tenir compte des traitements et des exportations éventuelles vers d'autres régions réalisées notamment dans les régions d'élevage.

L'excès d'azote

L'azote est l'un des éléments indispensables à la nutrition des plantes. Cet élément nutritif peut être apporté principalement sous forme organique et sous forme minérale. Il est notamment responsable, en s'associant avec le phosphore, du phénomène d'eutrophisation.

Impacts environnementaux

Source : ministère de la Transition écologique

Une fertilisation excessive des sols transforme son équilibre naturel et conduit à un transfert de l'azote nitrique vers les masses d'eau superficielles et souterraines, ce qui provoque plusieurs perturbations biologiques et, en particulier :

- une surcharge des sols en éléments azotés impactant l'écosystème et sol et les végétaux ;
- un dysfonctionnement des milieux aquatiques qui se mettent à surproduire certains organismes (algues notamment) ;
- une concentration excessive en nitrates des eaux potables.

Lorsque le seuil de 50 mg de nitrate par litre d'eau est dépassé, la ressource en eau n'est plus considérée comme potable. De plus, l'excès de nutriments entraîne l'eutrophisation et le développement important d'algues sur le littoral métropolitain, appelé « *bloom algal* » (algues vertes). Deux types d'algues sont concernés : les macroalgues (ulves), qui produisent des marées vertes, et les algues microscopiques (phytoplancton), qui provoquent des eaux colorées, avec un éventuel risque de toxicité pour les organismes marins et l'alimentation. Les algues vertes sont surtout présentes sur les côtes bretonnes et s'étendent en Centre-Atlantique et en Normandie. En Normandie, ce seuil est régulièrement dépassé et a conduit à la mise en place d'une application de la réglementation européenne pour accompagner les agriculteurs vers des pratiques prenant en compte l'environnement et les besoins des plantes.

Définition

Eutrophisation : apport excessif d'éléments nutritifs dans les eaux, entraînant une prolifération végétale, un appauvrissement en oxygène et un déséquilibre de l'écosystème.

Impacts sanitaires

Source : Anses, 2022

Les nitrates se retrouvent dans l'eau notamment en raison de leur utilisation en production primaire. Ils sont naturellement présents dans certaines denrées alimentaires, en particulier dans les légumes-feuilles comme les épinards ou la laitue. Chez l'humain, une partie des nitrates consommés peut être convertie en nitrites par les bactéries présentes dans la cavité buccale.

L'Anses (cf. encadré), dans son rapport d'expertise de juin 2022, a mis en évidence une association positive entre l'exposition aux nitrates via l'eau de boisson et le risque de cancer colorectal. Elle a aussi noté une association positive suspectée avec le risque de cancers des ovaires et des reins ou de cancer du pancréas, du foie et des voies biliaires.

Des risques de toxicité directs sont aussi identifiés avec la prolifération des algues (algues vertes...).

Évaluation en Normandie

L'application de la directive nitrates en Normandie provient du constat que l'eau est polluée par les nitrates à un niveau préoccupant par rapport aux normes de potabilité, que les nitrates d'origine agricole constituent la principale forme de pollution des eaux et que cela pose problème pour la santé humaine et les écosystèmes aquatiques (cf. Partie "Levers d'action").

Pour en savoir +

Anses.
Évaluation des
risques liés à la
consommation
de nitrates et
nitrites.
Rapport
d'expertise
collective. Juillet 2022.

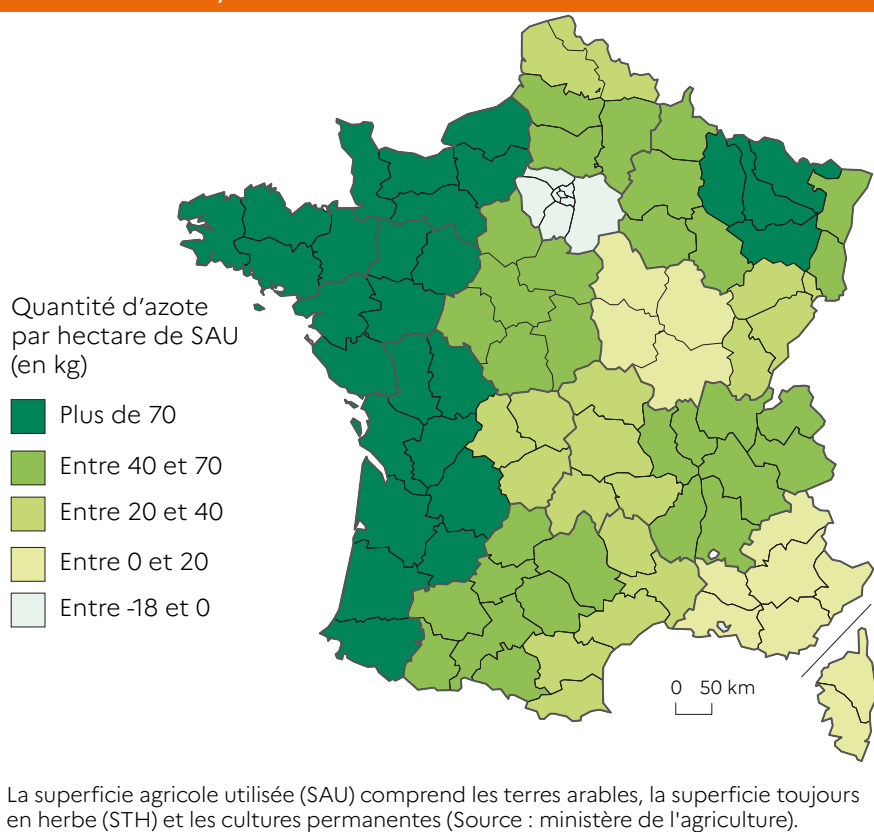
<https://www.anses.fr/fr/system/files/ERCA2020SA0106Ra.pdf>



Bilan d'azote par région en 2015

Source : Source : Agreste, Citepa, Unifa, Comifer, 2015

Traitement : SDES, 2018



Le bilan présenté correspond au surplus dans l'environnement des apports azotés par rapport aux besoins des cultures. Ces surplus peuvent conduire localement à des phénomènes d'eutrophisation et à la prolifération d'algues vertes. Ils sont calculés à une échelle régionale sans tenir compte des traitements et des exportations vers d'autres régions réalisées notamment dans les régions à élevage.

L'excès de phosphore

Le phosphore est un nutriment indispensable à la croissance des végétaux. Déversé en excès dans les écosystèmes, il provoque des pollutions et des dérèglements pouvant conduire à des impacts sanitaires.

Origine

Concentré dans la partie superficielle du sol, il provient de l'altération des roches (forme minérale) ou de la dégradation des végétaux par la faune et la flore du sol (forme organique). Il peut cependant être utilisé en excès dans le cadre d'activités humaines, avec l'utilisation de phosphates pour l'agriculture, notamment.

Impacts environnementaux

Source : ministère de la Transition écologique

Les agriculteurs recourent à des apports de fertilisants phosphatés minéraux ou organiques (fumiers, lisiers...) dans les sols. Associé aux nitrates en excès, le phosphore contribue à l'eutrophisation des eaux de surface et à une prolifération d'algues sur le littoral, dans les fleuves, les lacs et les estuaires. Il participe aux problèmes de turbidité liés au verdissement des eaux.

Pour en savoir +

Les sources de phosphates : des gisements limités

Les engrais phosphatés proviennent de processus industriels sous forme d'engrais simples ou en association avec l'azote seul ou l'azote et le potassium. À la différence des engrais azotés qui peuvent être synthétisés à partir de l'azote de l'air, les ressources de phosphates sont limitées. Les ressources minérales mondiales sont estimées à plus de 300 milliards de tonnes en 2018. Les plus grands gisements sédimentaires se trouvent en Afrique du Nord (Maroc), en Chine, au Moyen-Orient et aux États-Unis. Les gisements de phosphore exploités proviennent essentiellement de dépôts sédimentaires ou marins, de dépôts magmatiques ou de guano issus d'excréments d'oiseaux marins.

Les phosphates sont aussi sources de métaux lourds, éventuellement radioactifs, car le phosphore d'origine minérale est souvent, dans les engrais, associé à des métaux toxiques. Ainsi, certains engrais minéraux phosphatés peuvent introduire du cadmium dans l'environnement. Les boues de traitement des eaux usées recyclées en agriculture peuvent ajouter des surplus en phosphore et des micropolluants organiques, des micro-organismes pathogènes et des métaux.

Impacts sanitaires

Source : INRS, 2023

Les effets toxiques du phosphore sont connus et décrits depuis longtemps. Ils sont particulièrement sévères lors d'intoxications aiguës qui peuvent être mortelles. Les intoxications chroniques sont caractérisées principalement par une atteinte osseuse et des anomalies hépatiques et rénales. Il existe des différences de toxicité selon le type de phosphore considéré.

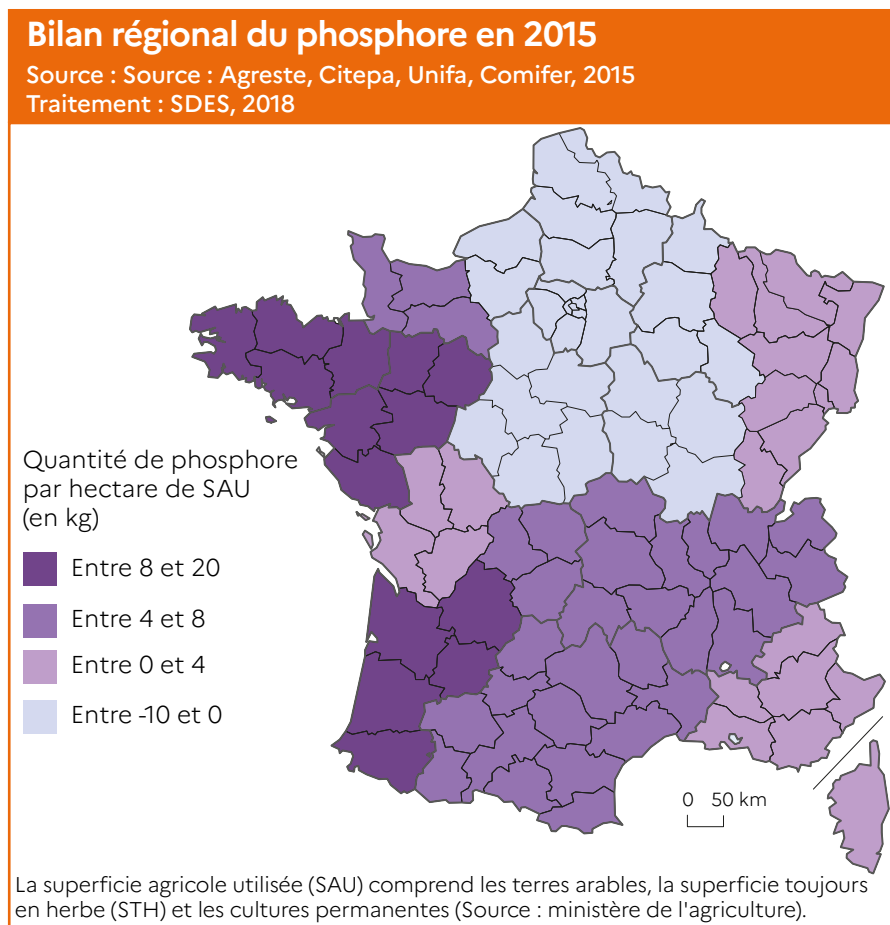
L'intoxication chronique par le phosphore blanc (forme la plus répandue et commercialisée du phosphore) est la conséquence d'absorption de petites quantités de toxique par voies pulmonaire et gastro-intestinale. Elle se manifeste par des signes généraux d'allure banale (anorexie, asthénie, douleurs gastro-intestinales, pâleur, toux rebelle, anémie, odeur alliacée de l'haleine), et par des troubles du métabolisme osseux dont la manifestation la plus caractéristique est la nécrose du maxillaire inférieur.

Il est constaté également une atteinte hépatique ou rénale en cas d'atteinte osseuse ou en cas d'inhalation de phosphore blanc.

Evaluation en Normandie

La moyenne nationale du surplus agricole de phosphore est inférieure au seuil limite de 4 à 7,5 kg/ha/an (source : ministère de la transition écologique). D'après les données transmises, ce seuil est cependant dépassé en Normandie.

La carte ci-dessous montre les quantités de phosphore épandues en 2015 en France.



Le bilan présenté correspond au surplus dans l'environnement des apports de phosphore par rapport aux besoins des cultures. Ces surplus peuvent conduire localement à des pollutions. Ils sont calculés à une échelle régionale sans tenir compte des traitements et des exportations vers d'autres régions réalisées notamment dans les régions à élevage.

Pour en savoir +

La réglementation des sites et sols pollués s'appuie principalement sur la législation des installations classées et notamment sur le Livre V du code de l'environnement « *Prévention des pollutions, des risques et des nuisances* ». Des informations complètes sont disponibles sur le site du ministère de la Transition écologique <https://www.ecologie.gouv.fr/sites-et-sols-pollues> et le site du BRGM <http://ssp-infoterre.brgm.fr/>

Les pollutions industrielles

Les pollutions industrielles sont soumises à la réglementation du code de l'environnement (cf. encadré).

Les sites et sols pollués

Sources : DREAL et ARS Normandie

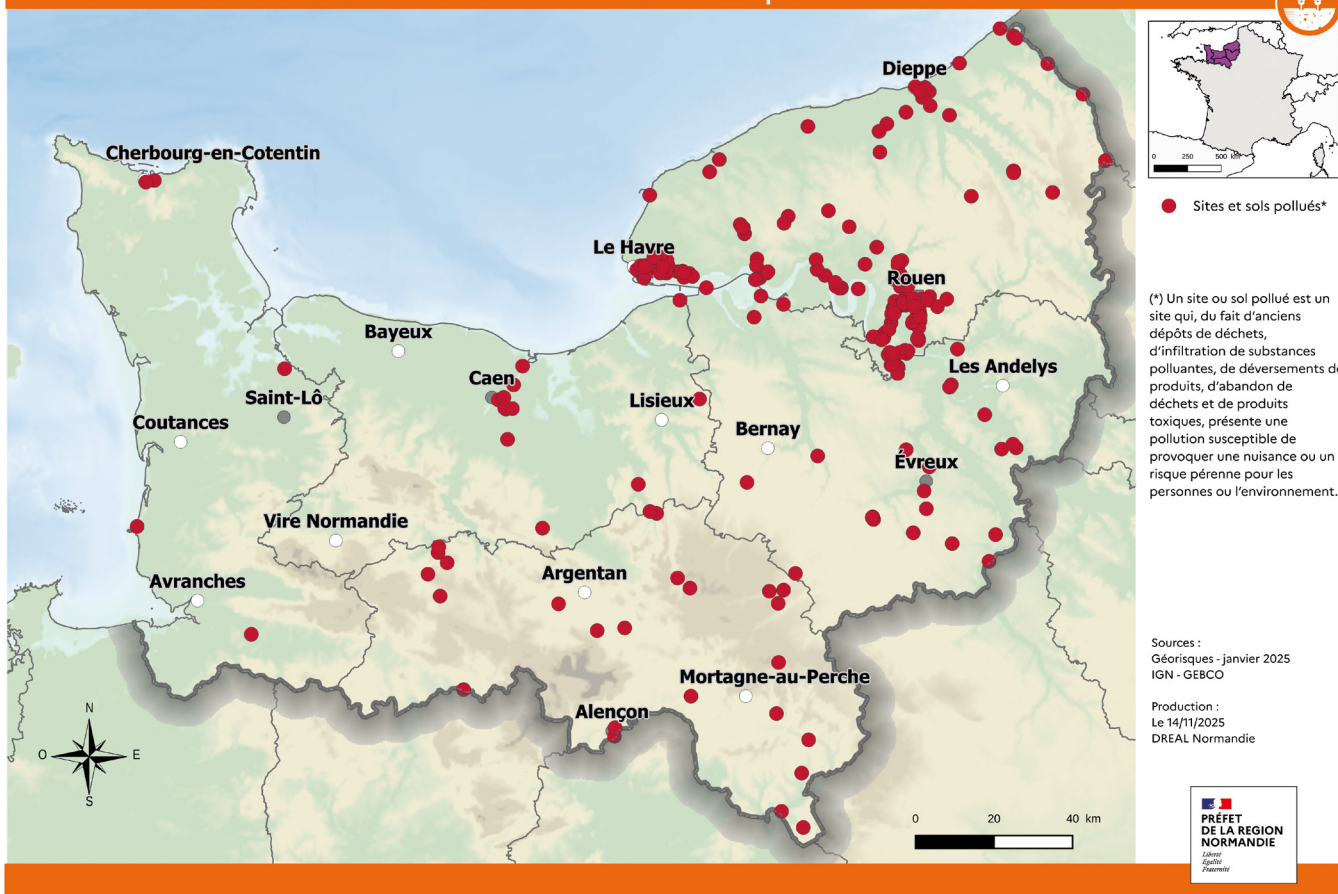
Un site ou sol pollué est un site qui, du fait d'anciens dépôts de déchets, d'infiltration de substances polluantes, de déversements de produits, d'abandon de déchets et de produits toxiques, présente une pollution susceptible de provoquer une nuisance ou un risque pérenne pour les personnes ou l'environnement.

Origine

Les pollutions industrielles des sols peuvent être issues d'activités d'élimination des déchets (licites ou non), de fuites ou d'épandage de produits chimiques (accidentels ou non), de remblayage ou bien de retombées de rejets atmosphériques accumulés.

Cette pollution peut impacter le site et son environnement. Divers polluants sont mis en évidence. Les éléments métalliques sont fréquemment retrouvés : plomb, zinc, arsenic, chrome, cadmium... Leur présence peut néanmoins aussi être liée à l'évolution naturelle de la roche du sol.

Profil environnemental de Normandie - Les sites et sols pollués



Des hydrocarbures sont détectés dans 40 % des sites diagnostiqués dans l'ancienne base de données BASOL : hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), solvants halogénés comme le trichloréthylène, composés organiques volatiles (COV)... Des pollutions radiologiques liées à l'utilisation de radioéléments ou en lien avec certains process industriels peuvent aussi être constatées.

Evaluation en Normandie

Le territoire est concerné par différents types d'inventaires dont l'objectif est de partager les informations disponibles sur les pollutions suspectées ou identifiées (cf. partie "Leviers d'action"). Les principaux objectifs des inventaires de sols pollués sont de :

- recenser, de façon large et systématique, tous les sites industriels abandonnés ou non, susceptibles d'engendrer une pollution de l'environnement ;
- conserver la mémoire de ces sites ;
- fournir des informations utiles aux acteurs de l'urbanisme, du foncier et de la protection de l'environnement, ainsi qu'aux usagers et au grand public.

Ainsi, le site internet **Géorisques** (<https://www.georisques.gouv.fr/>) compile au niveau national les sites pollués ou potentiellement pollués.

La carte des anciens sites industriels et activités de services (CASIAS, cf. encadré) recense, de manière large, les anciennes activités susceptibles d'être à l'origine d'une pollution des sols. Il peut s'agir d'activités industrielles ou de services potentiellement polluantes (par exemple les blanchisseries, les stations-services et les garages...).

En 2024, la CASIAS contient environ **12 824 anciens sites industriels et activités de service recensés sur le territoire normand**, repris de l'ancienne base de données BASIAS. Cet inventaire a vocation à être enrichi progressivement par des informations sur des établissements ayant cessé leur activité industrielle ou de service, sélectionnés depuis d'autres bases de données de l'Etat.

Zone industrielle à Rouen (Seine-Maritime)



DREAL Normandie

Pour en savoir +

Le site internet **Géorisques** recense au niveau national les sites pollués ou potentiellement pollués.



Sur ce site, les informations sur les sites et sols pollués sont réparties selon trois catégories :

- **CASIAS** : inventaire des anciennes activités de service ou industrielles ;
- **BASOL** : informations de l'administration sur une pollution suspectée ou avérée > études, diagnostics, travaux de réhabilitation suivis par les services de l'Etat, sur des terrains pollués ou susceptibles d'être pollués ;
- **Classifications "système d'information sur les sols" (SIS) et "servitudes d'utilité publique" (SUP)** : actes réglementaires pris par le préfet aux fins de réhabilitation d'un site au regard de ses pollutions résiduelles.

Chiffres clés

En 2024, en Normandie :

- la carte des anciens sites industriels et activités de services (CASIAS) recense **12 824 anciens sites industriels et activités de service** ;
- la base de données "Information de l'administration concernant des pollutions suspectées ou avérées" **répertorie 701 sites**.

Pour en savoir +

Le GIP Seine-Aval a piloté des recherches approfondies sur la contamination chimique des sédiments de l'estuaire de la Seine.

La publication dresse une synthèse des travaux menés :

- les contaminants chimiques retrouvés dans les sédiments ;
- les modalités de la contamination sédimentaire ;
- l'impact sur les usages et les risques écologiques associés.

Cédric Fisson. **La contamination chimique des sédiments de l'estuaire de la Seine : Etat des lieux et enjeux de gestion.** Fascicule Seine-Aval 3.8. 48 pages. 2023.



Données issues de l'étude GéoBaPa

Le BRGM met à disposition des données sur la qualité des sols obtenues dans le cadre du projet GéoBaPa.

Ce projet visait à déterminer les teneurs habituelles en éléments chimiques dans les sols de la vallée de la Seine.



<https://www.brgm.fr/fr/reference-projet-acheve/geobapa-referentiel-meilleure-gestion-terres-issues-btp>

Les informations sont généralement associées à des diagnostics de sols réalisés dans le cadre :

- d'une cessation d'activité d'une installation classée pour la protection de l'environnement (ICPE) ;
- de recherches historiques documentaires ;
- de travaux ;
- de transactions ou de changements d'usage du site ou projet d'aménagement ;
- d'analyses de la qualité des eaux (captages d'alimentation en eau potable, puits, eaux superficielles) sur demande des pouvoirs publics ;
- d'actions engagées lors de pollutions accidentelles.

Les actions menées pour la gestion voire la dépollution de ces sites sont de plusieurs types (cf. partie "Leviers d'action").

Le GIP Seine-Aval a piloté des recherches approfondies relatives à l'estuaire de la Seine (cf. encadré). Cette publication souligne la multi-contamination des sédiments de la Seine, qui n'est pas homogène. Alors que l'estuaire est le secteur le plus contaminé de l'axe Seine, la zone amont de Rouen connaît les plus fortes teneurs observées pour les principales familles de contaminants. En lien avec l'intensification des conditions hydrodynamiques et la moindre importance des flux sédimentaires en provenance de l'amont, cette contamination décroît ensuite de Rouen vers l'embouchure, puis se dilue progressivement en baie de Seine, vers le milieu marin. Elle marque plus particulièrement et plus durablement les sédiments sur le littoral du pays de Caux, en raison de l'orientation générale du panache de la Seine qui se dirige préférentiellement vers le nord-est.

Impacts sanitaires

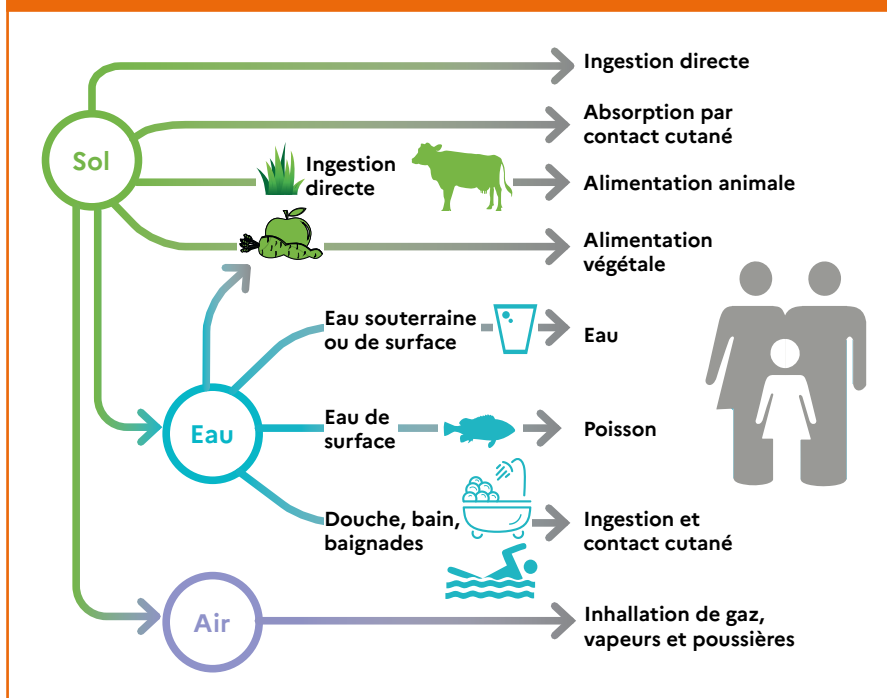
Les possibilités d'exposition aux pollutions des sols sont multiples :

- ingestion de terre par les jeunes enfants, particulièrement exposés en raison de leur comportement ;
- ingestion de produits végétaux alimentaires cultivés sur des terres polluées ;
- ingestion d'eau, conséquence d'un transfert d'un produit présent dans le sol vers la nappe phréatique ;
- inhalation de poussières émises par les sols pollués ;
- inhalation, conséquence de la volatilisation éventuelle du polluant à partir du sol...

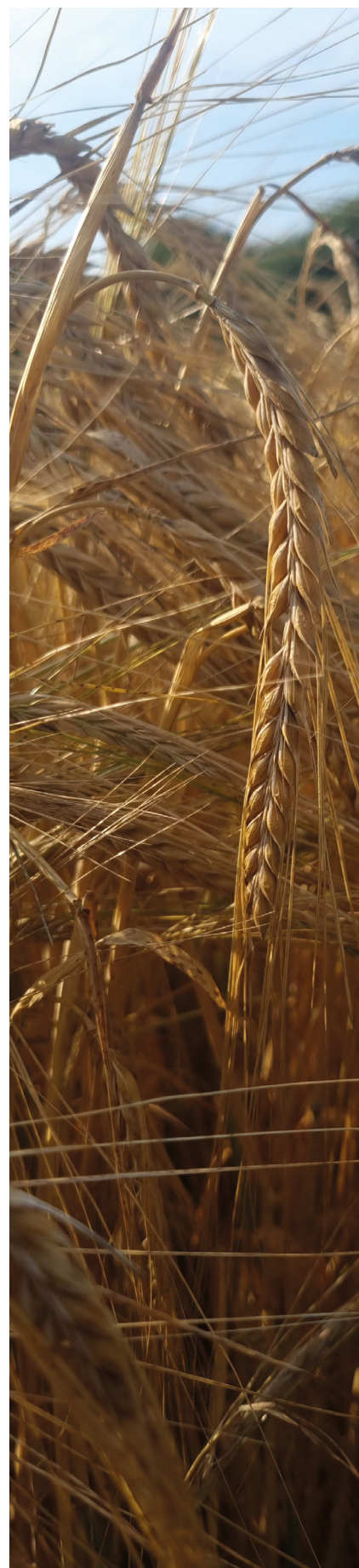
Les populations présentes sur les sites ou sols pollués ou à proximité sont les plus exposées aux effets de la pollution des sols. De nombreuses substances chimiques mesurées dans des sols pollués sont connues pour générer des effets multiples sur la santé. Le diagramme ci-après liste les polluants les plus couramment rencontrés dans les sols français et présente quelques effets sanitaires identifiés dans la littérature épidémiologique et toxicologique.

Modalités d'exposition de la population aux polluants présents dans les sols

Sources : ARS et DREAL Normandie



Culture de blé



Aude Leconte

Impacts toxiques de certaines familles de contaminants (liste non exhaustive)

Sources : GIP Seine-Aval et ARS Normandie

Famille de contaminant	Toxicité principale
HAP	Cancérogènes, perturbateurs endocriniens
PCB	Perturbateurs endocriniens
PBDE	Troubles du développement, effets sur le foie et la thyroïde
Solvants chlorés	Intoxications, effets neurologiques
Solvants benzéniques	Cancérogènes
Chloroalcane	Cancérogènes
Chlorophénols	Irritations, atteintes aux appareils digestifs et respiratoires
Alkylphénols	Perturbateurs endocriniens
Phtalates	Cancérogènes, perturbateurs endocriniens
Bisphénol A	Perturbateurs endocriniens
Pesticides	Cancérogènes, effets immunitaires, effet neurologiques, troubles de la reproduction
Biocides	Cancérogènes, perturbateurs endocriniens
Produits pharmaceutiques	Eventuels effets à long terme, en cas de synergie notamment

Ces effets sont à adapter au contexte étudié (voies d'exposition, population d'étude, qualité des milieux, temps d'exposition, concentration du polluant...).

Les pollutions liées à la radioactivité

Sources : ASNR et DREAL Normandie

Définitions

Isotopes : atomes qui possèdent le même nombre d'électrons (et donc de protons, pour rester neutres) mais un nombre différent de neutrons.

Si l'isotope d'un élément est radioactif, on l'appelle "radionucléide" ou "radio isotope" (par exemple l'uranium 238, l'iode 131...).

Radionucléide : forme instable d'un élément chimique qui libère des radiations lorsqu'il se décompose et qui devient ainsi plus stable. Les radionucléides peuvent être présents dans la nature ou fabriqués en laboratoire. En médecine, ils sont utilisés dans les tests d'imagerie et dans les traitements. Les radionucléides sont aussi appelés "radio isotopes".

Rayonnement cosmique : ensemble de radiations produites par les étoiles, dont le soleil. Le rayonnement ultraviolet (UV) est une autre forme de rayonnement provenant du soleil qui n'est pas considérée comme un rayonnement cosmique. Contrairement au rayonnement cosmique, le rayonnement UV a une énergie plus faible. Il est considéré comme non ionisant.

Origine

La radioactivité est un phénomène qui peut être d'origine naturelle ou artificielle. Les sols héritent des radionucléides provenant de la roche dont ils sont dérivés. Ils sont également susceptibles de subir une contamination radioactive d'origine extérieure transportée par l'eau ou l'air.

Les radionucléides présents dans les roches proviennent notamment de différents isotopes naturels de l'uranium et du thorium, ainsi que leurs descendants. A ceux-ci s'ajoutent, dans une moindre mesure, le potassium 40 ainsi que les radionucléides créés par les rayonnements cosmiques et intégrés aux cycles biologiques. C'est le cas du carbone 14 et du tritium. Le sol et le sous-sol contiennent également du radon, gaz radioactif d'origine naturelle, et dont les enjeux, qui peuvent être importants, sont traités dans la publication « Air » du Profil environnemental.

Les sols peuvent également contenir des éléments radioactifs artificiels dont la présence est essentiellement la conséquence :

- soit des retombées atmosphériques directes ou indirectes liées à des essais nucléaires militaires ou à l'accident de Tchernobyl ;
- soit de pollutions historiques liées à des activités industrielles (industrie nucléaire, industrie du radium, production d'engrais ou extraction de terres rares)...

Les rejets chroniques provenant des installations nucléaires de base (INB) ou d'activités industrielles ou médicales peuvent également conduire à des dépôts sur les sols. Les autorisations qui fixent les modalités de rejets tendent à ce que ces impacts soient le plus bas possible et qu'ils ne nécessitent pas de mesure particulière de gestion pour les sols environnant les installations.

Site d'Orano de La Hague



Manuel Bouquet / Terra

Evaluation en Normandie

En Normandie, plusieurs sites contiennent des pollutions radioactives historiques, au niveau du sol et du sous-sol, et qui ne sont pas liées à des activités industrielles encore en cours. Ces sites font l'objet d'une surveillance et certains d'entre eux sont soumis à des mesures de gestion afin de maîtriser les pollutions.

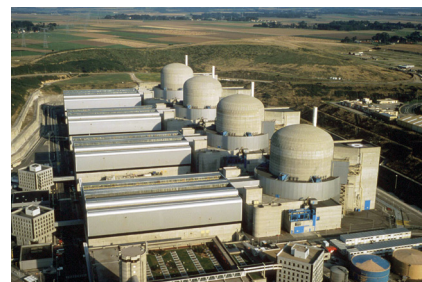
On peut citer notamment :

- l'ancienne usine des réveils Bayard à Saint-Nicolas d'Aliermont (76) ;
- l'ancienne usine d'engrais Grande Paroisse à Grand-Couronne (76) ;
- l'ancienne usine de traitement de terres rares à Serquigny (27).

Certaines installations rejettent des radionucléides dans l'environnement. En Normandie, l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection analyse l'état de la sûreté nucléaire et de la radioprotection de ces installations.

- **Installations nucléaires de base :**
 - centrales nucléaires exploitées par EDF de Flamanville (2 réacteurs de 1 300 MWe), Paluel (4 réacteurs de 1 300 MWe), Penly (2 réacteurs de 1 300 MWe) et réacteur EPR Flamanville 3 ;
 - établissement de retraitement de combustibles nucléaires usés d'Orano Cycle de La Hague ;
 - centre de stockage de la Manche de l'Andra ;
 - Ganil (grand accélérateur national d'ions lourds) à Caen.
- **Activités nucléaires de proximité du domaine médical.**
- **Activités nucléaires de proximité du domaine vétérinaire, industriel et de la recherche.**

Centrale nucléaire de Paluel
(Seine-Maritime)



DREAL Normandie

Centrale nucléaire de Flamanville
(Manche)



Séverine Bernard

Repères

Le Mégawattheure est une unité de mesure de l'énergie. Sa forme abrégée est MWh. Il ne faut pas confondre Mégawatt (MWe) et Mégawattheure (MWh). En effet, un Mégawatt (MW) indique une puissance énergétique à un instant t. L'unité Mégawattheure (MWh) sert, quant à elle, à évaluer une quantité d'énergie produite ou consommée durant une heure.

Les unités MW, MWe et MWh

MégaWatt (MW) : un million de watts

Mégawatt électrique (MWe) : un million de watts de capacité électrique

Mégawattheure (MWh) : mille kilowattheures ou 1 million de wattheures

Pour en savoir +

Le réseau national de mesure de la radioactivité :

- centralise l'ensemble des données de surveillance de la radioactivité en France ;
- s'assure de leur qualité et de leur harmonisation par une procédure d'agrément.

Les mesures proviennent des services de l'Etat et de ses établissements publics, des exploitants d'installations nucléaires ou d'autres acteurs publics, privés ou associatifs.

Le site www.mesure-radioactivite.fr rend accessible les 300 000 mesures réalisées annuellement en France dans les différents milieux (l'air, l'eau, le sol, la faune et la flore) et dans les produits alimentaires. L'intérêt majeur de ce réseau est le pluralisme des sources d'information. Ce service permet à chacun d'appréhender la surveillance de la radioactivité réalisée autour de son lieu de vie.

IRSN. *Constat radiologique Normandie et Hauts de France*. Rapport d'expertise et de synthèse. 132 pages. 2021.



Référents

Le **Centre international de recherche sur le cancer (CIRC)**, est un organisme de recherche sur le cancer, basé à Lyon, qui dépend de l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Il a défini 3 groupes (de 1 à 3) correspondant à des degrés d'évaluation de cancérogénicité des substances pour l'être humain.

Groupe 1 ▶ agent cancérogène (parfois appelé cancérogène avéré ou cancérogène certain) pour l'humain ;

Groupe 2A ▶ agent probablement cancérogène pour l'humain ;

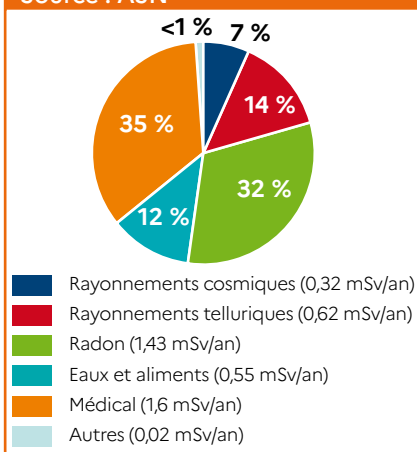
Groupe 2B ▶ agent peut-être cancérogène (parfois appelé cancérogène possible) pour l'humain ;

Groupe 3 ▶ agent inclassable quant à sa cancérogénicité pour l'humain.

Bilan IRSN 2015

(Total = 4,5 mSv/an)

Source : ASN



Définitions

Un **cancer secondaire** est un nouveau cancer qui survient chez une personne qui a déjà eu un cancer. Il s'agit d'un type de cancer complètement nouveau et différent du premier. On parle aussi de second cancer primitif (SCP).

Impacts sanitaires

Source : Portail Cancer environnement – Institut Léon Bérard

La radioactivité, naturelle ou artificielle, peut être dangereuse pour les organismes vivants. Les rayonnements ionisants sont classés cancérogènes avérés pour l'humain (groupe 1 du CIRC). Les effets induits par les rayonnements ionisants dépendent de la source d'irradiation (nature, énergie...), du mode d'exposition (temps, débit, distance) et des tissus ou organes touchés. Ces effets peuvent être de différentes sortes.

Les effets dits « déterministes » apparaissent systématiquement à partir d'une certaine dose, variable selon l'organe ou le tissu touché. Ils sont d'autant plus sévères que la dose est élevée. Ce type d'effet s'observe lors des accidents nucléaires, comme par exemple aux abords de la centrale de Tchernobyl. Le délai d'apparition de ces effets après l'exposition varie de quelques heures à quelques mois.

Les effets « aléatoires » sont plutôt liés à la transformation des cellules, et, dans ce cas, la probabilité d'apparition de l'effet augmente avec la dose reçue. Le délai d'apparition de ces effets, lorsqu'ils existent, est de plusieurs années après l'exposition.

Sur le long terme, du fait d'altérations subies au niveau de la cellule, l'exposition à des rayonnements ionisants peut conduire à l'apparition de cancers secondaires chez les personnes irradiées. Ces effets, peuvent se révéler plusieurs années, voire plusieurs dizaines d'années après l'irradiation. Toutes les personnes touchées ne développent pas de cancer. La fréquence dépend en partie de la dose reçue (plus la dose est importante, plus le risque de développer un cancer est fort).

Une pathologie radio-induite n'a pas de signature particulière : il n'existe pas de marqueur biologique permettant de différencier, par exemple, un cancer pulmonaire dû au tabac, d'un cancer pulmonaire radio-induit.

Concernant l'impact des sources de radioactivité naturelle, celui-ci est très variable selon les lieux : la dose liée au radon et aux rayonnements telluriques dépend de la richesse du sol en uranium et en thorium, et plus particulièrement de la porosité du sol pour le radon (source : ASNR).

L'exposition moyenne globale de la population française, en 2015, était estimée à 4,5 millisieverts (mSv) par an. Au niveau mondial, l'exposition moyenne des populations est évaluée à 3 mSv par an.

Les sources naturelles sont à l'origine d'une exposition moyenne de 2,4 mSv. L'exposition d'origine médicale représente plus de 35 %, en moyenne, de l'exposition totale. L'impact des rejets industriels et des essais militaires est estimé à 0,02 mSv par an. C'est pour cette raison que l'impact de ces activités est considéré par l'Autorité de sûreté nucléaire et de radioprotection comme extrêmement faible en France actuellement.

Illustration du phénomène de radioactivité et de ses unités de mesure

Réalisation : DREAL Normandie et Agence Bingo

Gray (Gy) :

unité de mesure de l'énergie cédée par les rayonnements ionisants à la matière traversée. Elle correspond à la dose absorbée.



Sievert (Sv) :

unité utilisée pour donner une évaluation de l'impact des rayonnements sur les humains. Elle est employée le plus souvent avec sous-multiples microsievert (μ Sv) et millisievert (mSv).

Becquerel (Bq) : unité légale de mesure internationale utilisée en radioactivité. Le becquerel mesure l'activité d'une source radioactive naturelle ou artificielle, c'est-à-dire le nombre de désintégrations d'atomes qui s'y produit en une seconde. Cette unité se décompte au niveau de l'atome. On emploie habituellement ses multiples (kilo, méga, giga ou téra becquerels). Par exemple, un adulte moyen a une activité voisine de 8 kBq (due principalement au carbone 14 et au potassium 40).

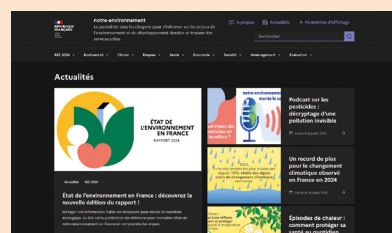
Pour en savoir +

Site web du BRGM



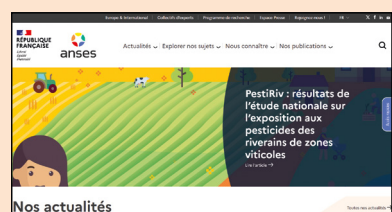
<https://ssp-infoterre.brgm.fr/fr>

Site web Notre environnement



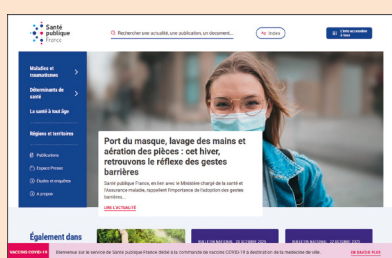
www.notre-environnement.gouv.fr

Site web de l'ANSES



<https://www.anses.fr/fr>

Santé publique France



www.santepubliquefrance.fr

Les pollutions métalliques

Sources : ministère de la Transition écologique, ANSES et Santé publique France

Les métaux (cadmium, plomb...) et métalloïdes (bore, arsenic...) sont naturellement présents dans les sols. Les rejets de l'industrie, des ménages, des transports et de l'agriculture augmentent leur concentration.

Les métaux lourds pénètrent dans l'organisme par inhalation, ingestion ou exposition cutanée. L'exposition par inhalation concerne notamment les professionnels ou les populations vivant à proximité de certains sites industriels.

Les métaux ont des effets sur la santé (cancérogènes, osseux, rénaux, cardiovasculaires, neurotoxiques...). L'étude Esteban a permis pour la première fois de décrire l'exposition à 27 métaux dosés dans les urines chez les enfants vivant en France métropolitaine en 2014-2016. Des valeurs de référence d'exposition ont été établies pour le plomb, l'arsenic, le cadmium, le chrome, le cuivre, le nickel, le mercure urinaire et le mercure dans les cheveux (cf. encadré).

Pour en savoir +

L'étude Esteban a mis en avant plusieurs éléments.

- L'exposition de la population aux métaux concerne l'ensemble des participants, adultes et enfants.
- Des dépassements de valeurs-guide ont été observés au sein de la population pour l'arsenic, le mercure, le plomb et plus particulièrement le cadmium avec un peu moins de la moitié de la population adulte française qui présentait une cadmiurie supérieure à la valeur recommandée par l'Anses.
- Les niveaux mesurés chez les adultes étaient similaires en mercure dans les cheveux et nickel urinaire par rapport à ceux mesurés dans l'étude « ENNS » (Etude nationale nutrition santé) en 2006-2007. Par contre, ils étaient plus élevés en arsenic, cadmium et chrome.
- Seuls les niveaux mesurés pour le plomb avaient diminué depuis l'étude ENNS en 2006-2007.
- Les niveaux mesurés en France étaient plus élevés que ceux retrouvés dans la plupart des pays étrangers (Europe et Amérique du Nord), sauf pour le nickel et le cuivre.

Fillol Clémence, Oleko Amivi, Gane Jessica, Pecheux Marie, Saoudi Abdessattar, Zeghnoun Abdelkrim. *Imprégnation de la population française par les métaux et métalloïdes. Programme national de biosurveillance. Esteban 2014-2016*. 12 pages. 2021.



L'arsenic

L'arsenic est un élément chimique sans goût et sans odeur, naturellement présent dans les sols. Il peut également provenir d'activités industrielles comme la fabrication de pesticides, de colorants, de métaux...

On le retrouve principalement dans l'eau sous forme inorganique (combiné avec du chlore, du soufre ou de l'oxygène) et dans certains aliments comme les fruits de mer sous forme organique (combiné avec du carbone et de l'hydrogène).

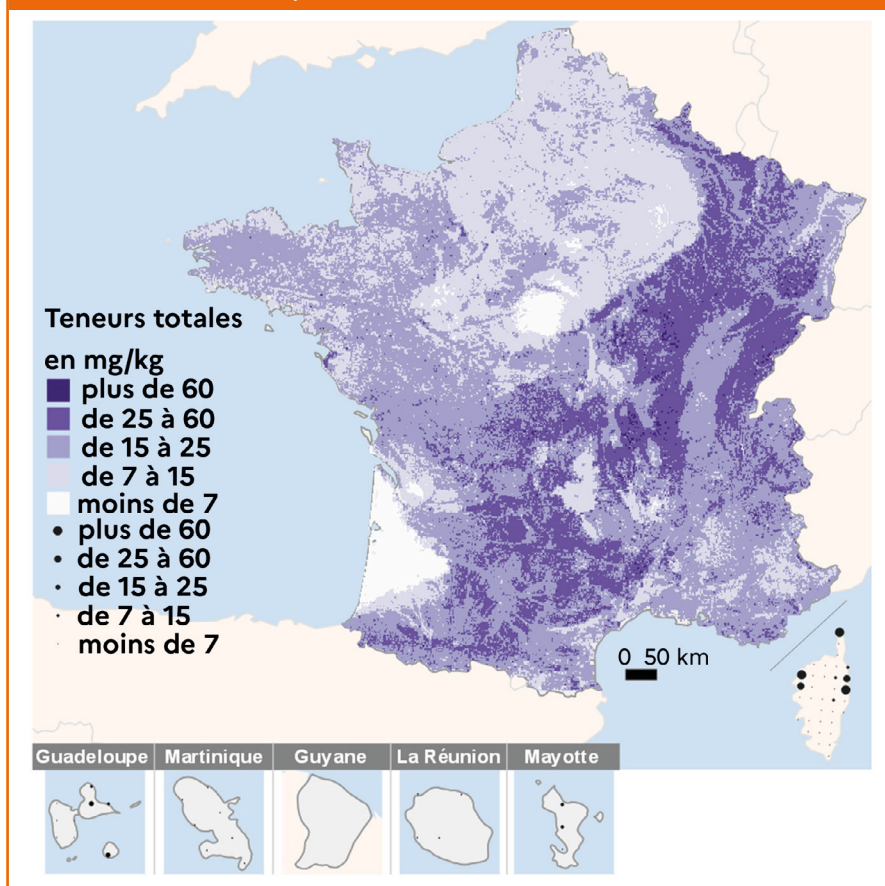
Toxique pour les humains et l'environnement, l'arsenic est susceptible de contaminer les eaux souterraines en raison de sa relative mobilité dans l'environnement. La géologie et les activités humaines expliquent sa diffusion.

Sa forme inorganique est classée toxique cancérigène certain pour l'homme depuis 1980 par le Centre International de Recherche sur le Cancer (CIRC).

Quand la concentration dans le sol de l'arsenic bioaccessible est > 25 mg/kg, une campagne de dépistage biométriologique des surexpositions individuelles à l'arsenic est mise en place par les pouvoirs publics.

Teneurs en arsenic dans la partie superficielle des sols

Source : Gis Sol et SDES, 2021



Pour en savoir +

Ministère de la Transition écologique. *Cartographie des contaminations diffuses et pollutions ponctuelles de l'arsenic et du mercure dans les sols*. 37 pages. Décembre 2021.



Estuaire de la Seine (Seine-Maritime)



Fabrice Thérèse / Equipe drone / DREAL Normandie

Le cadmium

Le cadmium peut non seulement résulter de l'altération des roches et de l'évolution des sols mais il provient aussi de contaminations diffuses d'origine industrielle ou agricole (engrais minéraux). La part la plus importante des apports humains en cadmium provient notamment d'impuretés présentes dans les engrais minéraux et, dans une moindre mesure, d'effluents d'élevages ou de retombées atmosphériques (ADEME, 2007).

Le cadmium est un élément toxique dont le risque d'apparition d'effets délétères est lié à la dose cumulée dans le temps. Il a été classé cancérogène par le CIRC (groupe 1). Il est également mutagène et toxique pour la reproduction.

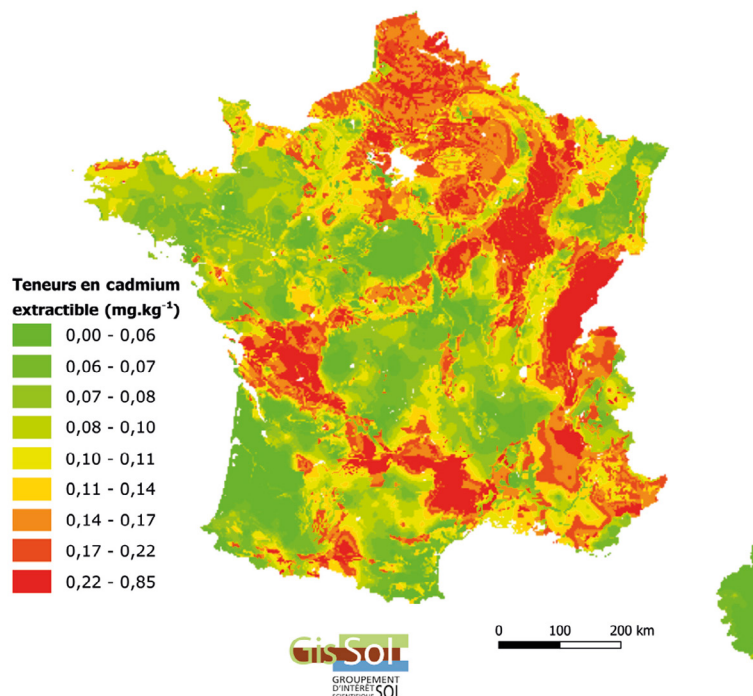
Le chrome

Des fortes teneurs en chrome peuvent résulter d'apports humains (boues d'épuration urbaines, effluents d'élevage, engrais minéraux contenant des impuretés, industrie). Sous forme stable, le chrome peut se fixer sur les éléments du sol (oxydes de fer, argiles, matières organiques). Dans certaines conditions, notamment de pH, il devient plus mobile et migre vers la ressource en eau.

Le chrome VI est classé cancérigène certain (Groupe 1 du CIRC, 2012). Des effets respiratoires lors d'inhalation sont aussi référencés (irritation de la muqueuse nasale, asthme, toux, essoufflement, respiration sifflante), développement d'allergies, ainsi que des effets gastro-intestinaux et hématologiques.

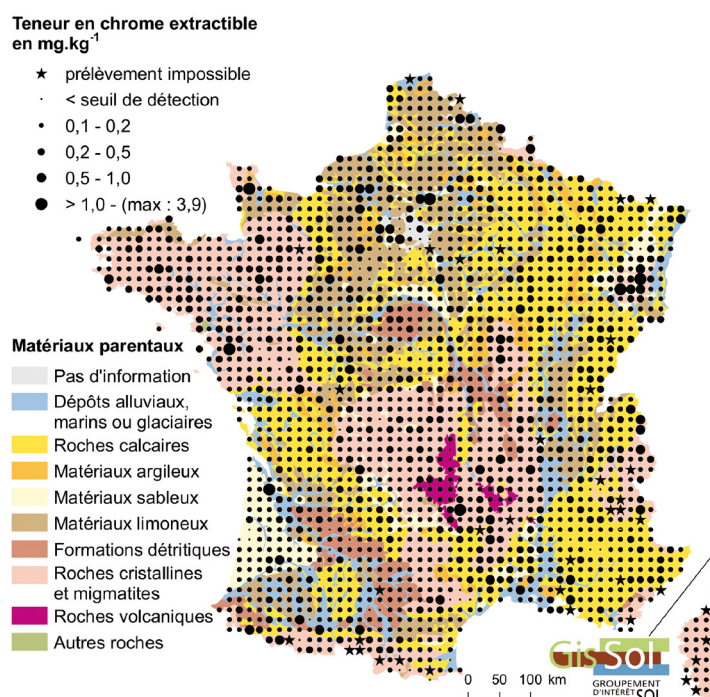
Teneurs prédites en cadmium extractible des horizons de surface des sols en France

Source : Gis Sol, 2019



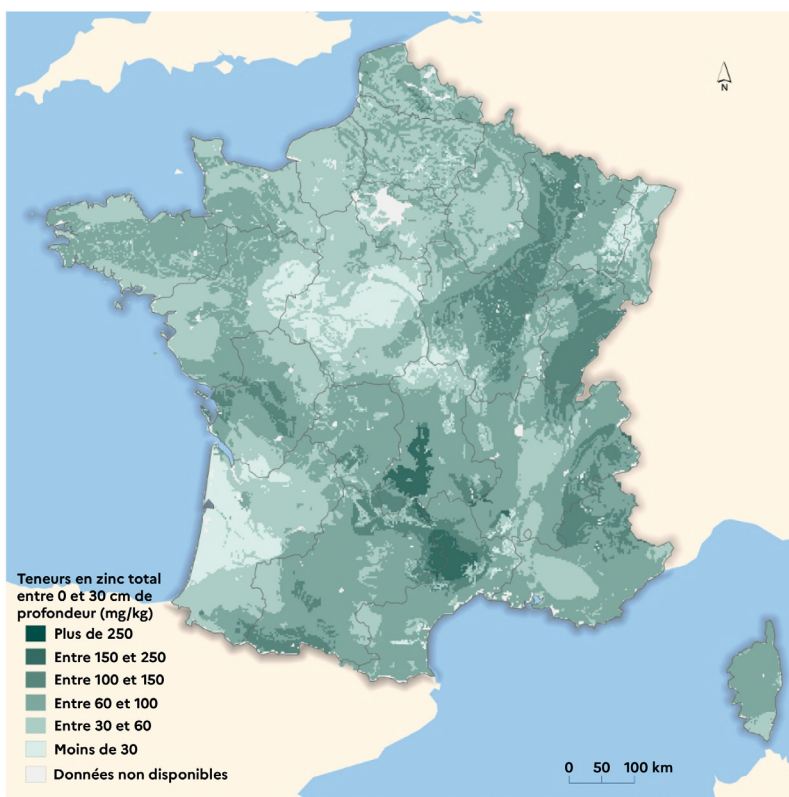
Teneurs en chrome extractible à l'EDTA des horizons de surface (0-30 cm) des sols de France

Source : Gis Sol, RMQS, 2011 ; Inra, BDGSF, 1998



Teneurs en zinc des sols de France

Source : Gis Sol et SDES, 2015



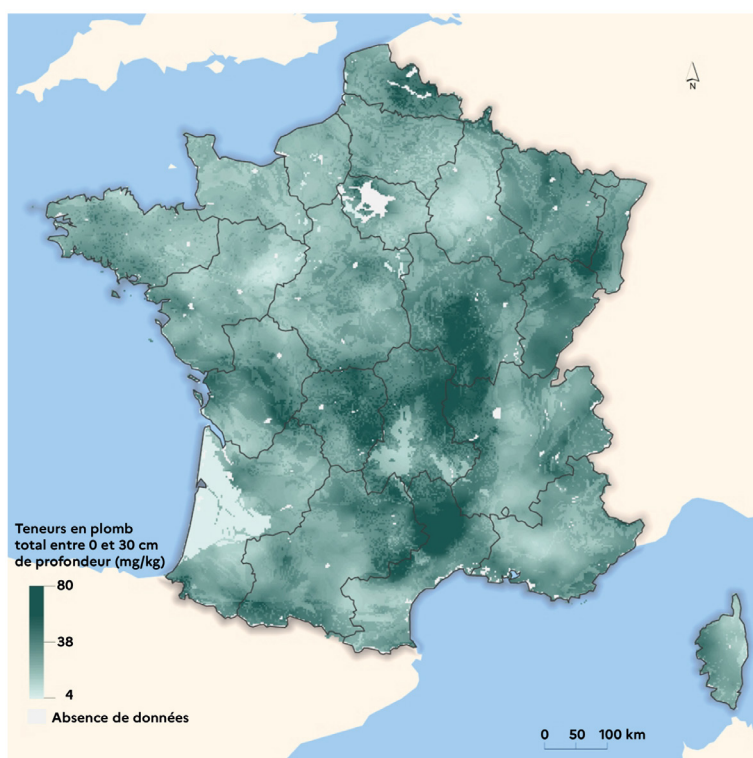
Le zinc

Les teneurs naturelles des sols en zinc sont généralement considérées comme faibles. Les teneurs totales des sols métropolitains sont comprises entre 5 et 1 230 mg/kg en surface. Près de 80 % des apports sont attribués aux déjections animales, du fait des compléments alimentaires utilisés dans les élevages bovins, porcins ou de volailles (ADEME, 2007).

Une exposition trop forte à l'oxyde de zinc peut conduire à des effets cardiaques, gastro-intestinaux et d'ordre neurologique. L'inhalation aiguë de poussières est responsable d'un syndrome appelé "*fièvre des métaux*" avec une irritation des voies respiratoires et des signes évocateurs d'un état grippal fébrile. Le chlorure de zinc peut notamment provoquer des atteintes fonctionnelles respiratoires et des lésions cutanées.

Teneurs en plomb des sols de France

Source : Gis Sol et SDES, 2015



Le plomb

Les teneurs totales en plomb mesurées localement dans les 30 premiers centimètres des sols métropolitains sont comprises entre 3 et 624 mg/kg (Gis Sol, RMQS).

Le plomb a des effets neurotoxiques, génotoxiques et est classé cancérigène par le CIRC (groupe 2). A fortes doses, il peut notamment conduire à des encéphalopathies, des neuropathies et au décès chez l'adulte et chez l'enfant.

Même à des faibles doses, il provoque des effets digestifs, sur la pression artérielle, sur la fonction rénale ainsi que sur la reproduction et sur le développement de l'enfant et son système nerveux central.

Le mercure

Port-Jérôme (Seine-Maritime)



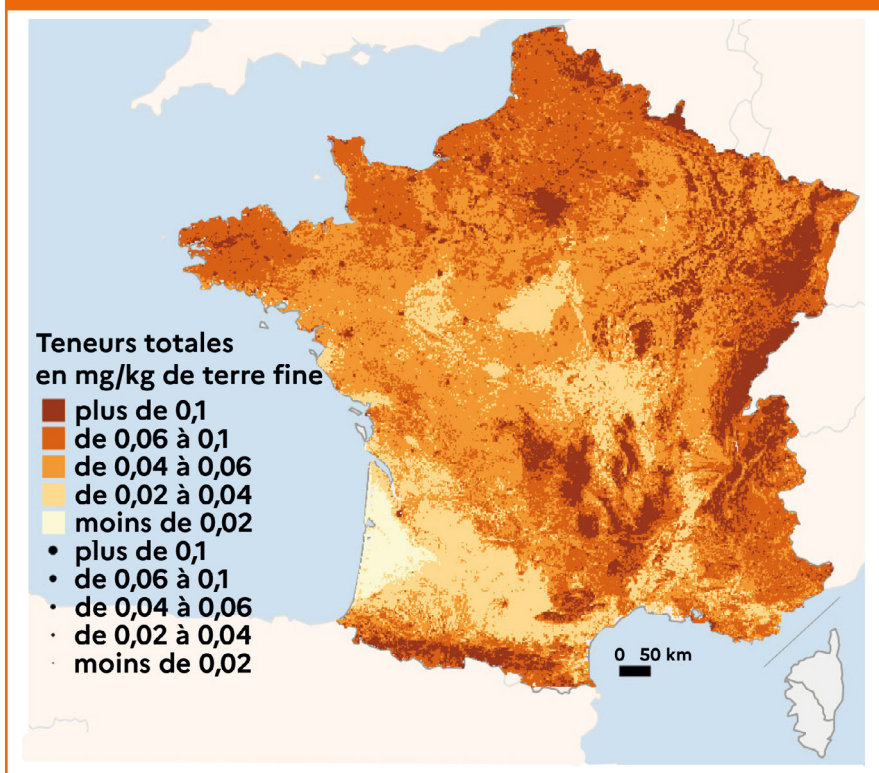
DREAL Normandie

Le mercure émis lors de combustion (déchets contaminés, combustibles fossiles) peut contaminer les sols et l'environnement par retombées atmosphériques. Il a tendance à demeurer dans les horizons de surface et peut s'accumuler dans les chaînes alimentaires. L'épandage de déjections animales (50 %), de boues et de composts (17 %) et les retombées atmosphériques (21 %) représentent la quasi-totalité des apports de mercure sur les sols (ADEME, 2007). Utilisé pour produire du chlore et de la soude caustique (chlore-alcali), dans la métallurgie ou pour la transformation de pâte à papier, ce métal se trouve également dans certains effluents industriels. La forte capacité du mercure à se fixer sur les matières organiques des sols peut expliquer en partie certaines teneurs en mercure relativement élevées dans les sols bretons et normands dont les stocks en carbone organique sont plutôt élevés.

Les principaux effets associés à l'exposition par voie orale aux composés de mercure organique sont d'ordre neurologique (neurotoxicité développementale). Les symptômes d'hydrargie (intoxication au mercure) sont des fourmillements, des troubles de la vision, de l'ouïe, du goût et de l'odorat, des troubles de l'élocution, une faiblesse musculaire et une irritabilité, des pertes de mémoire et des troubles de sommeil. Le méthylmercure, la forme la plus toxique du mercure, a été classé cancérigène possible par le CIRC (groupe 2B), en particulier pour le cancer du rein.

Teneurs en mercure dans la partie superficielle des sols

Source : Gis Sol et SDES, 2021



Le cuivre

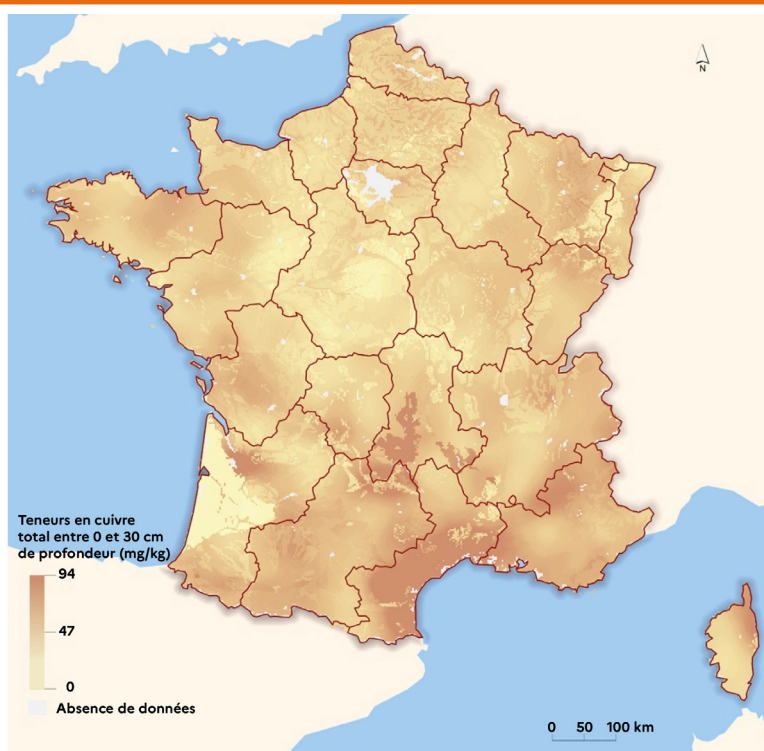
Les teneurs totales en cuivre mesurées dans la partie superficielle des sols s'étendent localement de 1 à 508 mg/kg en métropole.

Des fortes teneurs en cuivre (plus de 100 mg/kg) se trouvent dans des zones occupées à plus de 20 % par des vignes et des vergers. Ces fortes teneurs résultent notamment des traitements fongicides récurrents, à base de sulfates de cuivre (bouillie bordelaise).

L'exposition au cuivre peut notamment provoquer un syndrome pseudo-grippal et des troubles digestifs, hépatiques voire des atteintes rénales ainsi que des irritations cutanées et pour la muqueuse. L'inhalation chronique peut générer une irritation des voies respiratoires, une pneumoconiose et une altération de l'état général. Des cas de cancers pulmonaires ont été rapportés chez des salariés professionnellement exposés.

Teneurs en cuivre des sols de France

Source : Gis Sol, 2011



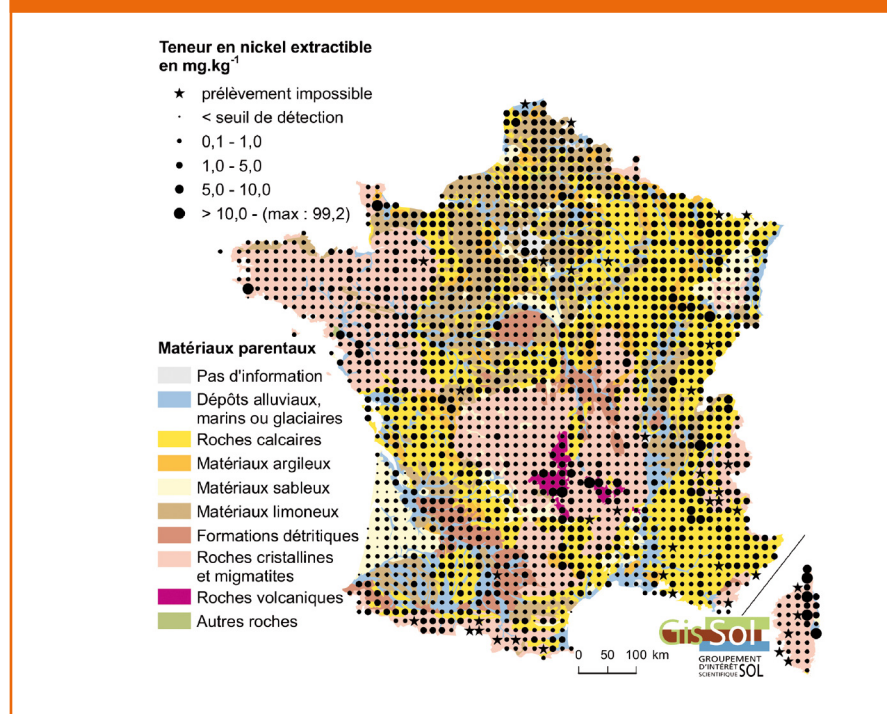
Le nickel

Le nickel se trouve naturellement dans les roches et dans les sols en quantités relativement faibles. Certaines teneurs plus élevées dans le Nord, autour de Paris ou en Normandie, semblent résulter d'épandages de boues (source : ministère de la Transition écologique).

Les expositions professionnelles par inhalation répétée de dérivés inorganiques du nickel sont susceptibles d'entraîner une atteinte des voies respiratoires. Des études épidémiologiques ont mis en évidence une augmentation de cancers broncho-pulmonaires, des fosses nasales et des sinus chez les travailleurs exposés. Ces résultats ont conduit le CIRC à classer l'ensemble des composés du nickel comme cancérigène (groupe 1). Le nickel métallique a quant à lui été classé dans le groupe des agents possiblement cancérigènes (2B). Des atteintes rénales tubulaires ont été rapportées chez des travailleurs exposés. Des effets génotoxiques ont aussi été mis en évidence.

Teneurs en nickel extrait à l'EDTA des horizons de surface (0-30 cm) des sols de France

Source : Gis Sol, RMQS, 2011 ; Inra, BDGSF, 1998



Les pollutions aux hydrocarbures

Sources : ministère de la Transition écologique, INERIS et DREAL Normandie

La pollution par hydrocarbures est l'une des formes de contamination environnementale les plus répandues. Les hydrocarbures sont des composés organiques constitués de carbone et d'hydrogène, ils proviennent essentiellement des très nombreuses synthèses chimiques réalisées à partir des produits des gisements des combustibles fossiles (pétrole, gaz naturel, charbon, bitume) ou apparaissent lors de la combustion incomplète de matières organiques (gaz d'échappement, fumées des chaudières, résidus de combustion du bois et de la houille...).

Ils sont présents principalement dans le pétrole brut et ses produits dérivés tels que les carburants, lubrifiants et huiles usagées. La pollution par hydrocarbures survient lorsque ces substances sont accidentellement ou intentionnellement libérées dans l'environnement. Les hydrocarbures contaminent les sols à la suite de fuites de réservoirs, de pipelines ou d'accidents industriels notamment. Cette pollution altère sur le long terme la qualité des terres et des nappes phréatiques.

La population générale peut notamment être exposée aux HAP par inhalation (pollution de l'air intérieur et extérieur), ingestion (eau et aliments contaminés) ou contact avec la peau. Les HAP sont classés comme polluants organiques persistants (composés persistants, toxiques et omniprésents). Une exposition prolongée à certains HAP peut notamment entraîner des cancers, des maladies respiratoires, une réduction de la fonction pulmonaire, une exacerbation de l'asthme et une augmentation de risque de maladies pulmonaires obstructives et cardiovasculaires.

Parmi les seize molécules analysées dans la partie superficielle des sols en France métropolitaine, cinq d'entre elles présentent des teneurs supérieures au seuil de quantification pour plus de la moitié des sites analysés : benzo(b)fluoranthène, fluoranthène, pyrène, indeno (1, 2, 3-cd) pyrène, phénanthrène.

Pont de Normandie



Patrick Galineau

Référents

Les impacts des HAP

Toxiques pour la santé humaine et pour l'environnement, ils sont en général peu biodégradables. Ils peuvent être transportés sur une longue distance et s'accumuler dans les tissus vivants du fait de leur forte solubilité dans les graisses (bioaccumulation). Les HAP se fixent également aisément sur les matières organiques, les matières en suspension ou les sédiments des cours d'eau.

Source : ministère de la Transition écologique

Dépôts pétroliers à Caen (Calvados)



Valérie Guyot / DREAL Normandie

Références

L'évaluation scientifique collective menée par l'INRAE et le CNRS (2025) souligne l'ampleur de la contamination par les microplastiques : on les trouve dans tous les sols du monde, et ils sont particulièrement abondants dans les sols agricoles. Le corps de tous les organismes vivants, y compris celui des humains, est contaminé par les microplastiques. Enfin, l'évaluation souligne la nécessité de mener des recherches pour stimuler l'adoption d'alternatives au plastique, simplifier la composition et la structure du plastique, et mieux analyser les besoins des acteurs de l'agriculture et de l'agroalimentaire afin de réduire la production de plastique.

Source : www.inrae.fr



Afin de lutter contre la pollution plastique à l'échelle internationale, la cinquième Assemblée des Nations unies pour l'Environnement (ANUE-5) avait adopté en mars 2022 une résolution historique en vue de négocier, d'ici fin 2024, un traité mondial de lutte contre la pollution plastique. Ce dernier devait être juridiquement contraignant et fondé sur une approche globale couvrant l'ensemble du cycle de vie des plastiques. Cependant, un groupe de pays producteurs de pétrole dont la Russie, l'Arabie saoudite et l'Iran ne souhaitaient pas la mise en place de réductions contraignantes. Les négociations n'ont pas abouti. Elles doivent néanmoins se poursuivre.

Source : ministère de la Transition écologique

Les pollutions plastiques et micro-plastiques

Chaque année, plus de 400 millions de tonnes de déchets plastiques sont générés dans le monde. Ils polluent l'ensemble des milieux. Le faible coût du plastique et ses multiples capacités ont favorisé l'augmentation constante de sa production et de son utilisation, partout sur terre. La hausse de l'utilisation de plastique à usage unique a été telle que les systèmes de gestion de ces déchets se sont vite retrouvés dépassés. Une évaluation scientifique collective a été confiée à l'INRAE et au CNRS concernant l'utilisation des plastiques dans l'agriculture et l'alimentation (cf. encadré). Cette évaluation a montré que tous les types de sols, même les sols désertiques, sont contaminés par les microplastiques.

Définition

Les plastiques sont des matières dont la forme et la composition tendent à varier fréquemment. De façon générale, ils sont constitués d'une base formée de matériaux polymères, de charges (minérales, organiques, métalliques...), de plastifiants et d'additifs. La diversité de leur nature chimique façonne leurs propriétés et complexifie l'étude de leur fonctionnement et de leurs impacts. Abandonnés dans l'environnement, ces composants et les additifs chimiques qu'ils contiennent agissent comme des contaminants. La taille des particules est comprise entre 5 millimètres et quelques centaines de nanomètres, soit 70 fois plus petite que l'épaisseur d'un cheveu. Elle est déterminée par les processus d'altération subis. Ces processus conduisent à les différencier en fonction de leur taille :

- supérieure à 5 mm > macroplastique ;
- inférieure à 5 mm > microplastique ;
- comprise entre 1 nanomètre et 1 micromètre > nanoplastique.

Ainsi, la pollution plastique n'est pas toujours visible à l'œil nu. La faible taille des particules permet de contaminer de très nombreux écosystèmes.

Origine

Les données actuelles indiquent que 20 % de l'utilisation du plastique en France est liée à l'agriculture et à la production alimentaire (source : étude INRAE et CNRS précitée).

La composition et la structure des plastiques sont devenues plus complexes au fil du temps, notamment avec l'ajout d'additifs et l'utilisation de couches multiples pour obtenir des combinaisons spécifiques de propriétés. Il en résulte des plastiques plus difficiles à recycler.

Dans un rapport de 2020, l'OPECST (Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques) a identifié trois étapes distinctes dans le processus de pollution macro, micro et nanoplastique :

- **les moments de pertes ou fuites de matière**
 - Lorsqu'un individu jette un déchet dans la rue ou qu'il fait tourner une lessive d'habits synthétiques, lorsque les pneus et les freins d'une voiture s'usent ou que la fumée des usines d'incinération est libérée...
- **les moments de dispersion** par l'activité de divers éléments comme les réseaux d'eaux usées ou pluviales, l'air et le vent, les retombées atmosphériques, les fleuves et rivières ou encore les courants marins ;
- **les moments d'accumulation.**

Suite à l'action de facteurs multiples, la structure des plastiques est modifiée et ils subissent ensuite d'autres processus de transformation en fonction de l'environnement dans lequel ils se trouvent. Leur diversité au sein des sols est donc particulièrement importante et leur durée de vie peut être très longue. Le milieu agricole se trouve fortement touché par ce type de pollution, notamment avec l'utilisation de bioplastiques pour le paillage par exemple ou encore de boues résiduelles des stations d'épuration. Ces boues proviennent de la chaîne de traitement des eaux usées et peuvent être réutilisées en agriculture pour leur richesse organique et minérale. Elles concentrent entre 1 000 et 100 000 particules de plastiques par kg de matière sèche, ce qui équivaldrait pour la France au rejet dans les sols de 100 000 tonnes de microplastiques par an (OPECST, 2020).

Le plastique est omniprésent et pollue l'ensemble des écosystèmes



DREAL Normandie

Références

Décret n° 2021-517 du 29 avril 2021 relatif aux objectifs de réduction, de réutilisation et de réemploi, et de recyclage des emballages en plastique à usage unique pour la période 2021-2025

Trois objectifs étaient fixés par ce premier décret « 3R » pour la période 2021-2025 :

- réduire de 20 % les emballages plastiques à usage unique d'ici fin 2025, dont au minimum la moitié obtenue par recours au réemploi et à la réutilisation ;
- tendre vers une **réduction de 100 % des emballages en plastique à usage unique inutiles**, tels que les blisters plastiques autour des piles et des ampoules, d'ici fin 2025 ;
- tendre vers **100 % de recyclage des emballages en plastique à usage unique d'ici le 1^{er} janvier 2025** et pour y parvenir un objectif que les emballages en plastique à usage unique mis sur le marché soient recyclables, ne perturbent pas les chaînes de tri ou de recyclage, ne comportent pas de substances ou éléments susceptibles de limiter l'utilisation du matériau recyclé.

Références

La loi n° 2020-105 du 10 février 2020 relative à la lutte contre le gaspillage et à l'économie circulaire a pour ambition d'accélérer le changement de production et de consommation afin de réduire les déchets et de préserver les ressources naturelles, la biodiversité et le climat.

Ces mesures sont réparties selon cinq axes :

- sortir du plastique jetable ;
- mieux informer les consommateurs ;
- lutter contre le gaspillage et pour le réemploi solidaire ;
- agir contre l'obsolescence programmée ;
- mieux produire.


Ainsi, cette loi vise à réduire l'utilisation du plastique jetable et à favoriser la substitution du plastique par d'autres matériaux ou le développement d'emballages réutilisables ou recyclables et recyclés.

Plusieurs mesures ont été prises par le Gouvernement pour réduire drastiquement les quantités de plastique produites et consommées. **La loi fixe comme objectif d'atteindre la fin de la mise sur le marché d'emballages en plastique à usage unique d'ici à 2040.** Cette ambition nécessite une adaptation de l'ensemble de nos activités. Par ailleurs, certains produits en plastique à usage unique sont d'ores et déjà interdits et d'autres le seront dans les années suivantes, de manière progressive.

Pour en savoir plus :

<https://www.ecologie.gouv.fr/lutte-contre-pollution-plastique>

L'application de cette loi a permis notamment :

- ▶ l'interdiction progressive de certains produits plastiques ;
- ▶ l'impression des tickets de caisse à la demande uniquement ;
- ▶ l'obligation pour les établissements de restauration rapide d'utiliser de la vaisselle réutilisable pour la consommation sur place ;
- ▶ la mise en place d'une signalétique Info tri et l'obligation du logo Triman ; 
- ▶ l'obligation d'accepter les contenants apportés par les consommateurs en magasin ;
- ▶ l'obligation pour les distributeurs (dont les supermarchés) et toutes autres entreprises de donner leurs invendus non-alimentaires et ne peuvent plus les éliminer depuis 2022 ;
- ▶ l'obligation pour l'Etat et les collectivités territoriales d'acheter du matériel de seconde main, reconditionné ou incorporant de la matière recyclée (ordinateurs, mobilier...)...

Ces avancées notables sont cependant à renforcer de manière très importante pour réduire les flux de pollutions plastiques qui polluent les milieux et altèrent la santé.

L'évaluation en Normandie

L'étude générale du CNRS et de l'INRAE a montré que les taux de contamination varient de 100 à 10 000 particules de microplastiques par kg dans le premier mètre de sol. Les sols agricoles sont particulièrement touchés.

Les recherches suggèrent fortement que la contamination totale des sols agricoles est supérieure à celle des océans. Les sources de cette contamination sont les pratiques agricoles impliquant des plastiques, comme le paillage, l'épandage de compost et de lisier, et l'irrigation.

Il existe peu d'études sur les plastiques et micro-plastiques spécifiques à la région Normandie. Des travaux de recherches approfondis ont été menés et diffusés par le GIP Seine-Aval (cf. encadré).

Ces travaux ont permis :

- de réaliser un premier état des lieux de la pollution plastique (du macro-plastique au micro-plastique) ;
- de déterminer les principaux facteurs guidant la dynamique de dispersion des polluants ;
- d'aborder les impacts sur la faune aquatique.

L'omniprésence des plastiques dans l'estuaire a été documentée :

- pour les macro-plastiques qui transitent par la Seine, s'accumulent sur de nombreux sites sur les berges et sont présents sur les fonds de l'estuaire et de l'embouchure ;
- pour les micro-plastiques qui sont retrouvés dans la colonne d'eau, dans les sédiments et dans toutes les espèces aquatiques investiguées (ver, moule, crevette, poissons).

Bien que très variable à tous les points de vue (spatial, temporel, nature, couleur, taille...), la contamination plastique de l'estuaire de la Seine ressort comme modérée à forte par rapport à des milieux comparables.

Pour en savoir +

Le **GIP Seine-Aval** a mené des recherches approfondies, publiées en 2021, relatives à la pollution plastique en estuaire de Seine. Cette publication propose une synthèse des travaux scientifiques menés ces dernières années.

Cédric Fisson,
Jérôme Cachot,
Johnny Gasperi,
Marie-Pierre Halm-Lemeille,
Bruno Tassin,
Romain Tramoy.

La pollution plastique en estuaire de Seine : Dynamique, imprégnation et impact sur le vivant. Fascicule Seine-Aval 3.7, 52 pages. 2021.



Chiffres clés de la pollution plastique en estuaire de Seine

Sources : GIP Seine-Aval et ARS Normandie

ESTUAIRE DE LA SEINE	Macroplastiques	Microplastiques*
Berges	58 zones d'accumulation	/
Colonne d'eau	0,16 mg/m ³	< 45 particules/m ³
Sédiments / fonds marins	> 10 kg/km ² (embouchure)	300 à 3 000 particules/kg
Mollusques (moule bleue)	/	1,2 fibres/g de chair
Poissons (sole)	/	3 à 7 fibres/individu (tractus digestif)
Flux à la mer	100 à 200 t/an	Non évalués
Ramassages (Seine)	70 à 130 t/an	/

* Sans identification de la nature (synthétique ou naturelle) des microplastiques dénombrés, les chiffres indiqués concernent des microplastiques présumés

Repères

En 2019, l'ADEME a lancé un travail de recherche sur la contamination des sols en microplastiques. Ainsi, l'Institut de recherche Dupuy de Lôme a perfectionné une méthode d'extraction et de comptage des microplastiques issus de 33 sols français en lien avec l'INRAE. Une difficulté analytique réside dans la concentration élevée de matières organiques dans les sols qui perturbe la caractérisation des plastiques. Les microplastiques (MP) appartenant à la fraction granulométrique [315 µm ; 5 µm] ont été analysés et retrouvés en moyenne à 15 MP/kg de sols agricoles, prairiaux ou forestiers.

Pour en savoir +

- Office Français de la Biodiversité (OFB). *La pollution plastique : de nouvelles connaissances et des pistes pour l'action publique.* Synthèse. Les Rencontres. 116 pages. Juin 2019.
https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/documentation/RS_2020_Pollution_Plastique.pdf
- Office Parlementaire d'Évaluation des Choix Scientifiques et Technologiques (OPECST). *Pollution plastique : une bombe à retardement ?* Rapport Assemblée Nationale n°3654 et Sénat n°217. 326 pages. Décembre 2020.
<http://www.senat.fr/rap/r20-217/r20-2171.pdf>
- Programmes des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE). *Planète plastique : de minuscules particules de plastique polluent notre sol.* 2018.
<https://www.unep.org/fr/actualites-et-recits/recit/planete-plastique-de-minuscules-particules-de-plastique-polluent-notre>

Les conséquences environnementales et sanitaires

Les microplastiques créent un habitat pour certains micro-organismes qui réduisent la biodiversité microbienne du sol. Ils contaminent également la flore et la faune, directement par leur présence dans l'environnement, ou indirectement par leur transfert dans la chaîne alimentaire, où la contamination commence dans les organismes du sol et les plantes.

Les conséquences des pollutions microplastiques sont difficiles à évaluer. Les études sont encore peu nombreuses et récentes, elles doivent s'intéresser à l'ensemble des écosystèmes au sein desquels les micro et nano-plastiques se diffusent. De plus, les composants des plastiques varient grandement selon les matières et, ensuite, selon les environnements avec lesquels ils entrent en contact. Ces pollutions exposent les populations à des risques dans la mesure où ils s'accumulent dans l'écosystème et dans l'alimentation. L'exposition permanente, la taille microscopique que peuvent atteindre certaines des particules, et leur multiplication favorisent leur circulation dans l'intégralité des écosystèmes et des organismes vivants. Parmi ces impacts, il est possible de citer par exemple les intoxications liées à l'exposition aux micro-plastiques contenant des substances chimiques comme les perturbateurs endocriniens. Ces derniers favorisent le développement de pathologies telles que l'obésité, le diabète, certaines formes de cancers... L'exposition aux contaminants des plastiques altère aussi fortement l'état de la biodiversité et ainsi le fonctionnement des écosystèmes (OPECST, 2020).

Zoom sur l'aménagement de la « Colline aux Oiseaux »

Le parc de la Colline aux oiseaux à Caen (Calvados)



DREAL Normandie

Le parc paysager de la Colline aux Oiseaux, situé au nord ouest de la ville de Caen, a été aménagé sur un terrain qui était auparavant une décharge. De 1923 à 1972, cet espace servait à entreposer les déchets ménagers des habitants de la commune, jusqu'à l'arrivée de l'usine d'incinération de Colombelles. Les montagnes de détritiques s'étaient alors sur 9 hectares avec un point culminant à 20 mètres de haut et provoquaient des « nuisances visuelles et olfactives » pour les populations locales. D'importants travaux ont été réalisés à partir des années 1980 et cet endroit a ensuite été totalement réaménagé en un vaste parc paysager qui fut inauguré en juin 1994.

Les PFAS

Définition

Les PFAS sont des substances poly- et perfluoroalkylées surnommées « *polluants éternels* ». Ce vaste groupe de plus de 10 000 composés fluorés synthétiques est fortement utilisé dans l'industrie et les produits de consommation courante : textiles hydrofuges, emballages alimentaires, revêtements antiadhésifs ou encore mousses anti-incendie.

Le sol capte les PFAS par adsorption : les molécules s'accrochent sur les composants de terre, par exemple la matière organique et les surfaces minérales.

Origine

Les sources de PFAS dans les milieux sont multiples : sites industriels en activité, rejets dans les eaux usées domestiques, aéroports, sites de formation ou d'entraînement des pompiers ou militaires (usage de mousse d'extinction d'incendie), stations de ski (produits de fart sur les skis)...

L'évaluation en Normandie

Au printemps 2025, la DREAL Normandie a rappelé aux industriels leurs obligations en matière de restrictions d'utilisation de mousses anti-incendie contenant des PFAS.

Depuis octobre 2025, un arrêté ministériel impose de rechercher l'éventuelle présence de PFAS dans les rejets atmosphériques des installations d'incinération et de traitement thermique de déchets.

Depuis l'été 2025, un outil de visualisation consultable sur Internet répond à un objectif de transparence sur l'identification des sites émetteurs de PFAS et les mesures de PFAS dans les différents milieux.

Les conséquences environnementales et sanitaires

Sources : ANSES, EFSA, CIRC, ECHA

Les propriétés de persistance, de mobilité et d'accumulation dans les organismes vivants des PFAS aboutissent, au fil des années, à une exposition croissante de la population humaine à ces substances.

Cette exposition se fait par de multiples voies. Selon l'EFSA (2020), les produits de la mer, les œufs et les viandes sont les aliments

Pour en savoir +

Inspection générale de l'environnement et du développement durable.
Analyse des risques de présence des per- et polyfluoroalkyles dans l'environnement. Rapport n° 014323-01. 90 pages.
Décembre 2022.



Pour en savoir +

Outil de visualisation des données nationales de surveillance des substances PFAS



<https://macarte.ign.fr/carte/HzWzr5/Info-PFAS>

Référents

Plan d'action interministériel contre les PFAS (2024)

1. Acquérir des connaissances sur les méthodes de mesures des émissions, sur la dissémination et les expositions
2. Améliorer, renforcer la surveillance et mobiliser les données qui en sont issues pour agir
3. Réduire les risques liés à l'exposition aux PFAS
4. Innover en associant les acteurs économiques et soutenir la recherche
5. Informer pour mieux agir

Définitions

Le PFOA et le PFOS sont des substances poly et perfluoroalkylées (PFAS) qui ont été largement utilisées dans les applications industrielles et dans les produits de consommation en raison de leurs qualités hydrophobe et lipophobe, leurs propriétés tensioactives et leur stabilité chimique.

contribuant le plus à l'exposition au PFOS et au PFOA. L'eau destinée à la consommation humaine peut aussi être une source d'exposition, tout comme l'air l'intérieur et extérieur, les poussières et les sols contaminés. L'exposition professionnelle aux PFAS peut se produire dans plusieurs secteurs industriels, y compris dans l'industrie chimique, le traitement de textiles, la fabrication de produits électroniques et l'utilisation dans la lutte contre les incendies. Les niveaux d'imprégnation les plus élevés sont relevés chez les travailleurs de sites de fabrication de PFAS (ECHA, 2023).

Les travaux scientifiques sur certains PFAS connus montrent qu'ils peuvent avoir des effets délétères pour l'être humain : cancers, effets sur la fertilité et le développement du fœtus, sur le foie, sur les reins, augmentation du taux de cholestérol... Ils sont également suspectés d'interférer avec le système endocrinien (thyroïde) et immunitaire. En décembre 2023, le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC) a classé le PFOA comme cancérigène (Groupe 1) et le PFOS comme cancérigène possible pour (Groupe 2B).

Les PFAS peuvent persister dans l'environnement pendant des décennies en raison de leur exceptionnelle stabilité chimique due aux fortes liaisons carbone-fluor. En s'infiltrant depuis la surface de sol, ces substances toxiques menacent durablement les ressources en eau potable, l'agriculture et les écosystèmes.

Référents

Une réglementation en cours de développement

Les États membres de l'UE ont soumis, en janvier 2023, une proposition de restriction sur la fabrication, la mise sur le marché et l'utilisation des PFAS à l'Agence européenne des produits chimiques (Echa). Cette proposition a été mise à jour en août 2025.

Les efforts réglementaires se concentrent actuellement notamment sur l'eau.

Dans le cadre du plan interministériel sur les PFAS, certaines obligations concernent les rejets des industriels

- Depuis le 17 août 2022, pour certaines installations de traitement de déchets relevant du régime de l'autorisation et de la directive relative aux émissions industrielles (dite « IED »), une surveillance semestrielle du PFOS et du PFOA doit être réalisée au niveau des effluents (arrêté du 17 décembre 2019).
- Depuis le 1^{er} janvier 2023, la réglementation limite la présence de PFOS à 25 microgramme par litre dans les rejets aqueux des établissements.
- Depuis le 20 juin 2023, un arrêté ministériel impose à plusieurs milliers d'établissements industriels de rechercher l'éventuelle présence de PFAS dans leurs rejets vers les cours d'eau.



Pour en savoir plus : www.normandie.developpement-durable.gouv.fr



L'effondrement de la biodiversité

Un effondrement généralisé

L'effondrement de la biodiversité est une crise écologique liée à :

- l'extinction d'espèces végétales et animales dans le monde entier ;
- la réduction ou la perte locale d'espèces dans un habitat donné ;
- la disparition d'écosystèmes.

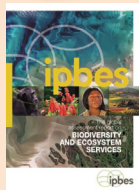
Cette évolution, massive et généralisée, est qualifiée par les experts internationaux (IPBES) comme *"sans précédent"*. Les champignons (le règne fongique) constituent aussi un ensemble particulièrement concerné par cet effondrement du monde vivant. Leurs « vastes réseaux souterrains soutiennent la nature et la vie telles que nous les connaissons » (Dr Grethel Aguilar, Directrice générale de l'UICN).

En Normandie, l'ensemble des dispositifs d'observation de la biodiversité confirme cette tendance générale. Les données sont suivies par l'observatoire de la biodiversité régionale (issu de l'ANBDD, cf. encadré), avec la participation d'un grand nombre d'acteurs, notamment les associations naturalistes.

Ainsi, un état des lieux régional des connaissances a pu être dressé grâce à l'expertise de structures naturalistes régionales de référence :

- pour plusieurs groupes d'espèces de vertébrés (oiseaux, mammifères, amphibiens, reptiles, poissons d'eau douce...);
- pour certains groupes d'invertébrés (papillons de jour, criquets sauterelles, libellules...);
- ainsi que pour la flore.

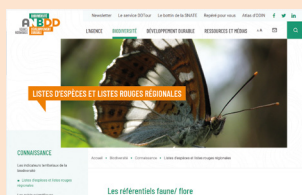
Pour en savoir +



Rapport de l'IPBES, 2019 :
Evaluation mondiale sur la biodiversité et les services écosystémiques.
www.ipbes.net/global-assessment

Site de l'Agence normande de la biodiversité et du développement durable (ANBDD)

<https://www.anbdd.fr/biodiversite/connaissance/listes-despeces-et-listes-rouges/>



La biodiversité de Normandie : quelques publications récentes de l'ANBDD



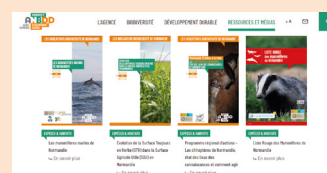
Les indicateurs normands de la biodiversité :

<https://www.anbdd.fr/biodiversite/connaissance/les-indicateurs-normands-de-la-biodiversite/>



Pour en savoir +

L'état des lieux régional des connaissances de la biodiversité en Normandie



<https://www.anbdd.fr>

Violette de Rouen (*Viola hispida* Lam)



Christophe BLONDEL / CBNBL

Cultures agricoles



Aude Leconte

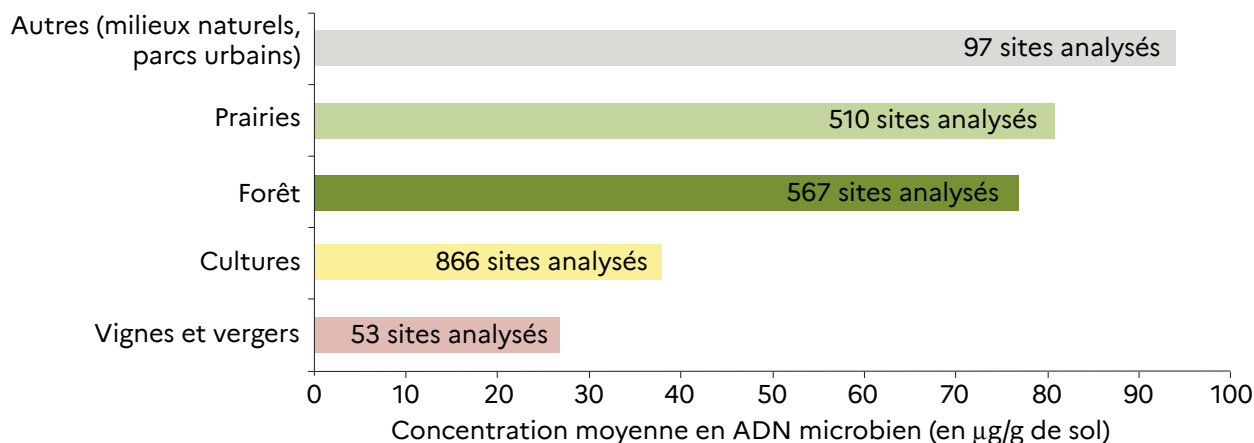
Il existe, en Normandie, très peu de dispositifs de suivi de la biodiversité des sols. Un dispositif partiel est animé par la chambre régionale d'agriculture via le réseau "500 ENI" (effets non intentionnels des pratiques agricoles sur la biodiversité) du programme Ecophyto (cf. encadré).

Ce réseau permet depuis 13 ans le suivi annuel des populations de vers de terre sur 33 parcelles agricoles, selon des protocoles validés par le Muséum national d'Histoire naturelle (cf. encadré).

L'analyse de l'occupation des sols permet d'approcher son contexte de biodiversité. Les sols qui ont la biomasse microbienne importante sont notamment les prairies (81 $\mu\text{g/g}$ de sol) et les forêts (76 $\mu\text{g/g}$ de sol). Les sols qui disposent d'une biomasse moins importante sont les sols cultivés en monoculture (38 $\mu\text{g/g}$ de sol) ou les sols de vignobles ou vergers (26 $\mu\text{g/g}$ de sol).

Biomasse microbienne moyenne par type d'usage du sol

Sources : INRA et RMQS



Note : ces résultats proviennent de l'analyse de 2 110 sols issus du réseau de mesures de la qualité des sols (RMQS).

Champ : France métropolitaine

Source : © Inra Dijon, plateforme Genesol ; Gis Sol, RMQS, 2015. Traitements : Gis Sol ; SOeS, 2015

Références

Le réseau "500 ENI"

Un suivi de la biodiversité et des pratiques agricoles sur 500 parcelles depuis 2012

Environ cinq cents parcelles agricoles fixes sont suivies chaque année depuis 2012 en France métropolitaine pour étudier les "effets non intentionnels des pratiques agricoles" (ENI) sur la biodiversité. Trois types de cultures sont suivis : grandes cultures, maraîchage, vigne.

Au sein de ce réseau, 20 %, des parcelles sont en agriculture biologique. Chaque parcelle est caractérisée par son paysage et les pratiques agricoles réalisées (interventions et intrants dont produits phytopharmaceutiques utilisés).

4 taxons sont suivis :

- vers de terre dans la parcelle ;
- flore des bords de champs ;
- coléoptères des bords de champs ;
- oiseaux dans le paysage proche.

Pour en savoir plus : <https://ecophytopic.fr/>

Un sol de prairie contient :

- plusieurs milliers d'espèces animales ;
- de plusieurs dizaines à plusieurs centaines de milliers d'espèces de micro-organismes (bactéries, champignons...).

En termes de biomasse (quantité), cela peut représenter plus de 7,5 t/ha d'organismes :

- 1,5 t/ha de faune ;
- 2,5 t/ha de bactéries ;
- 3,5 t/ha de champignons vivants.

En termes d'abondance (nombre d'individus), les bactéries peuvent constituer jusqu'à 1 milliard d'individus par gramme de sol.

Ainsi, l'évolution de la biodiversité des sols sur le territoire régional dépend très fortement des choix d'aménagement et des activités humaines. Le recours massif aux pesticides et aux intrants agricoles a un impact majeur sur le territoire et sur ses habitants. Toutes les mesures prises pour préserver la biodiversité par des méthodes plus respectueuses des écosystèmes et de la santé humaine sont essentielles pour maintenir les fonctions et services assurés par les sols.

Hirondelle rustique (*Hirundo rustica*)



Sandrine Héricher

Origine

Les principales causes de la perte de biodiversité identifiées en Normandie sont :

- la pollution des eaux, des sols et de l'air par contamination directe du milieu. Les apports agricoles (pesticides et engrais utilisés à grande échelle) jouent un rôle majeur, ainsi que les rejets des collectivités ou des sites industriels ;
- les pertes et fragmentations d'habitats (dégradation des terres, routes, urbanisation, exploitations...) ;
- la surexploitation de la biodiversité (braconnage, surpêche) ;
- les espèces exotiques envahissantes ;
- le changement climatique.

De plus, les remembrements de parcelles agricoles ont achevé de détruire une grande partie du réseau bocager, entraînant la disparition de la faune et de la flore typique du milieu bocager.

Références



L'IPBES, organisation internationale scientifique de référence sur la biodiversité, identifie cinq grandes causes d'érosion de la biodiversité :

- les changements d'usage des terres et de la mer ;
- la surexploitation des plantes et des animaux ;
- le changement climatique ;
- la pollution ;
- les espèces exotiques envahissantes.

Pour en savoir plus :

Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES).

Le rapport de l'évaluation mondiale de la biodiversité et des services écosystémiques.

Résumé à l'attention des décideurs. 60 pages. 2019.

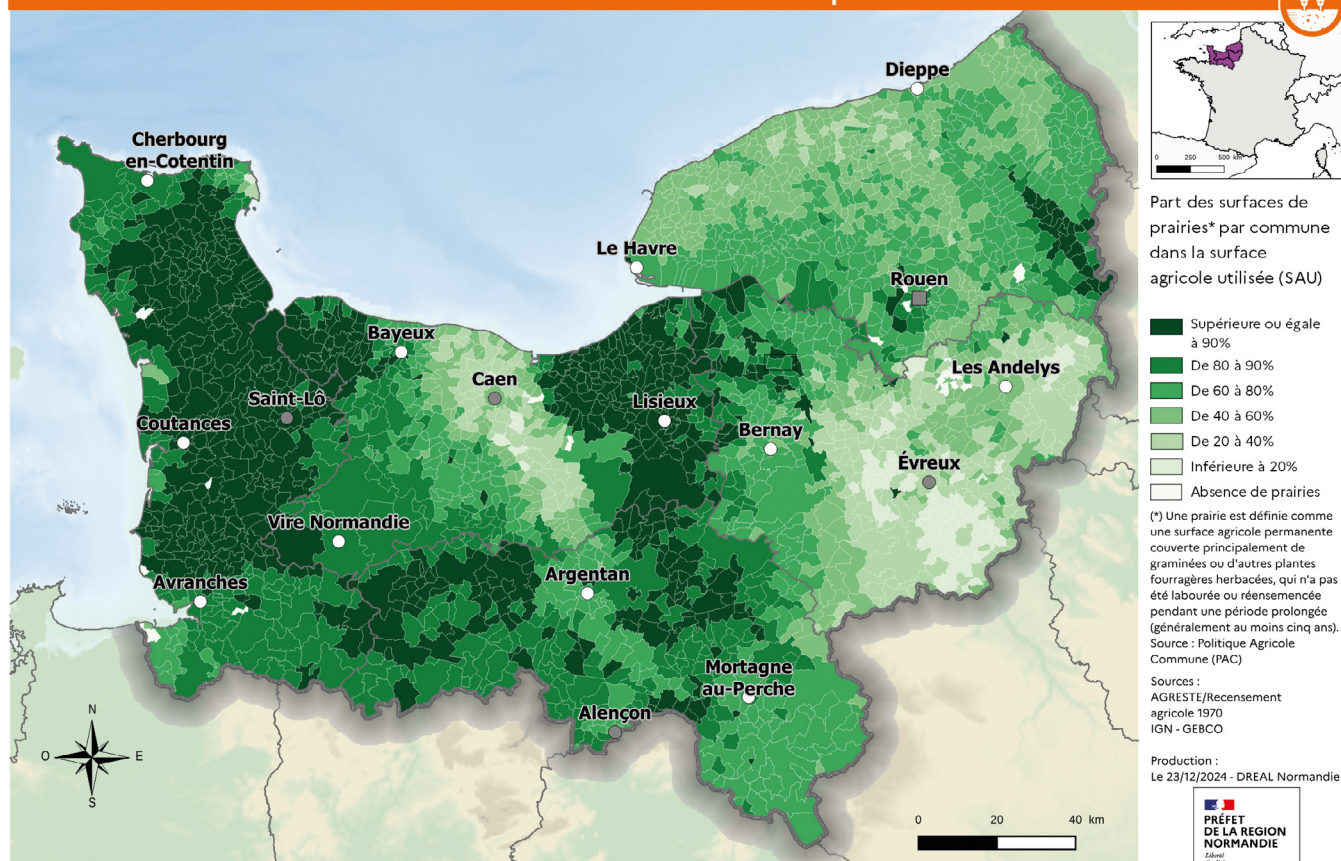
https://files.ipbes.net/ipbes-web-prod-public-files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_fr.pdf

Travaux pour la déviation d'Evreux (Eure)

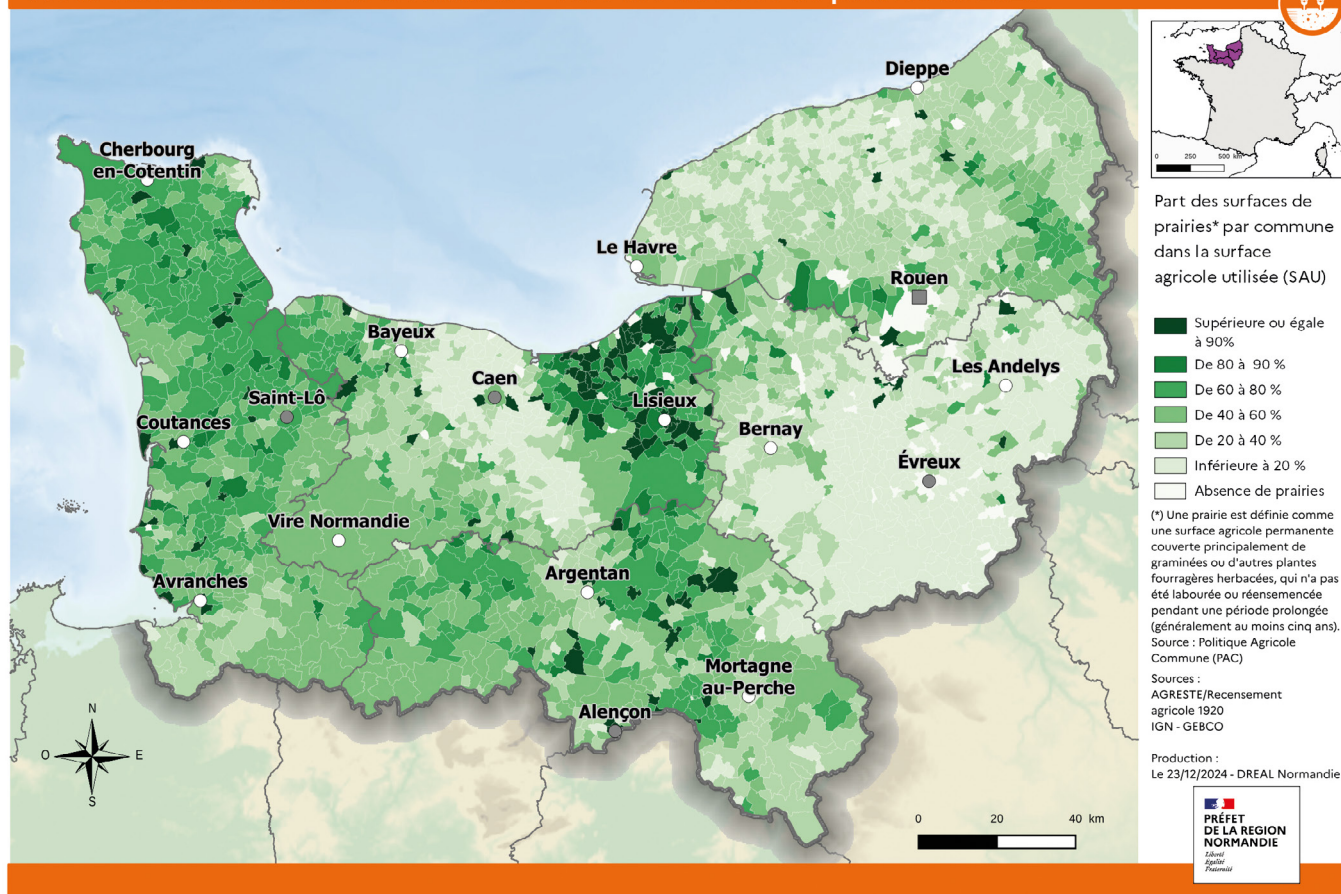


DREAL Normandie

Profil environnemental de Normandie - Part des surfaces de prairies en 1970



Profil environnemental de Normandie - Part des surfaces de prairies en 2020



Les impacts environnementaux et sanitaires

La diminution de la biodiversité des sols a des conséquences sur l'ensemble des écosystèmes et sur la santé humaine.

Les conséquences sur les écosystèmes

La biodiversité, dans toutes ses dimensions (diversité génétique, diversité des espèces, des écosystèmes, des fonctions), est un facteur de stabilité pour les écosystèmes : plus un écosystème dispose d'une biodiversité variée, plus il est en capacité de résister aux aléas et sera apte à retrouver rapidement un état d'équilibre suite à une perturbation. Lorsque la biodiversité diminue, les milieux sont moins résilients et plus vulnérables, d'autant plus s'ils ne sont pas connectés entre eux (routes, constructions...). La biodiversité des sols est soumise à cette même évolution, ce qui a pour conséquence d'affecter la fonctionnalité des écosystèmes et les services rendus. Par exemple, un arbre installé dans un sol non fonctionnel pauvre en biodiversité, comme peuvent l'être les plantations des arbres en ville, a du mal à se développer correctement et à apporter tous les services attendus (ombrage, humidité de l'air, biodiversité en ville...). De même, un enracinement précaire le rend plus fragile face à l'aléa tempête.

Les conséquences sur la santé humaine

La biodiversité favorise notamment les conditions d'une meilleure santé, en premier lieu par l'alimentation. Les pollinisateurs jouent notamment un rôle incontournable pour un grand nombre de produits végétaux que nous consommons. Grâce à la diversité alimentaire, les sources de nutriments sont beaucoup plus variées. La biodiversité animale, végétale, microbienne et fongique favorise parallèlement la qualité de l'air et la qualité de l'eau. Vivre à proximité d'un espace de nature et de biodiversité participe aussi au bien-être humain, à diminuer la prévalence de nombreuses maladies (troubles de l'anxiété, migraines, AVC...) et favorise les liens sociaux (opérations de plantations d'arbres avec les citoyens, jardins partagés...). La biodiversité impacte également les risques sanitaires. Plus la biodiversité est riche, moins la diffusion des virus ou bactéries pathogènes est facile et moins les risques sanitaires sont importants. Ainsi, en ville, des initiatives destinées à favoriser l'installation d'espèces prédatrices d'autres espèces ont des impacts favorables sur la santé des habitants (nichoirs à mésanges et à chauve-souris pour lutter contre les chenilles processionnaires ou les moustiques, par exemple).

Références

Le concept **"One Health"** a été mis en avant au début des années 2000. Il s'est développé avec la prise de conscience des liens étroits entre la santé humaine, celle des animaux et l'état écologique global. Il souligne la nécessité de décroiser les approches sanitaires. Il est défini comme *"une approche intégrée et fédératrice qui vise à équilibrer et optimiser durablement la santé des personnes, des animaux et des écosystèmes. Cette approche reconnaît que la santé des humains, des animaux domestiques et sauvages, des plantes et de l'environnement au sens large est étroitement liée et interdépendante."*

Pour en savoir plus : www.anses.fr

Pour en savoir +

L'impact majeur des pesticides sur la biodiversité

De nombreuses études récentes ont montré l'ampleur des effets des pesticides sur la biodiversité. En quarante ans, le nombre d'oiseaux des champs s'est effondré de 60 %. Publiés le 15 mai 2023 dans *Proceedings of the National Academy of Sciences* (revue éditée par l'Académie des sciences américaines), une étude établit, pour la première fois, une hiérarchie générale des causes du déclin des populations d'oiseaux en Europe. Les usages de pesticides et d'engrais de synthèse sont identifiés comme facteur majeur d'effondrement de ces espèces, avant le changement climatique. Les pesticides réduisent l'abondance et la diversité des communautés de la faune du sol, même s'ils sont utilisés à des doses réglementaires (Source : CNRS, Université de Toulouse III Paul-Sabatier). La méta-analyse du CNRS, publiée le 7 juin 2023 dans la revue britannique *Journal of Applied Ecology*, complète le diagnostic en montrant que les conséquences délétères des pesticides sur la faune présente dans les sols sont généralisées.

Les bienfaits de la biodiversité pour notre santé :

www.ofb.gouv.fr





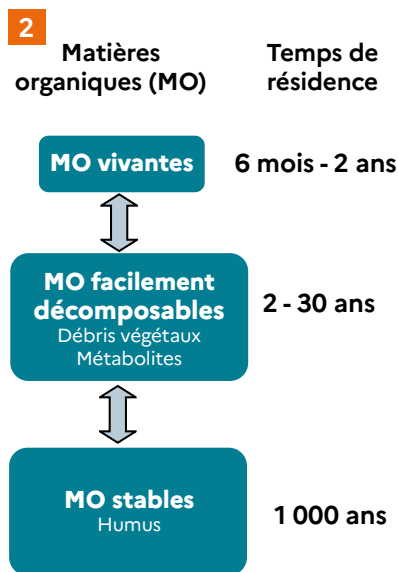
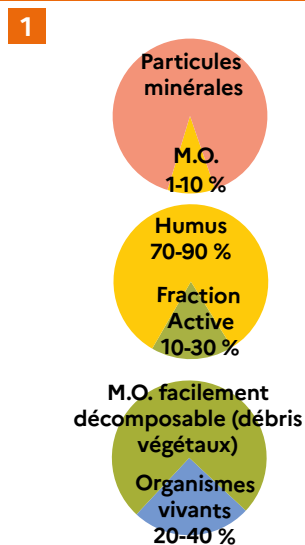
La baisse des matières organiques

Composition des matières organiques du sol

Sources :

1 - Gaillard, 2001. Thèse de doctorat

2 - R Chaussod R Nouaïm, 2001, INRA Dijon



Les matières organiques ne représentent qu'une petite fraction du sol mais elles en sont un constituant essentiel.

Le terme « **matières organiques du sol** » regroupe l'ensemble des constituants organiques morts ou vivants, d'origine végétale, animale ou microbienne, transformés ou non, présents dans le sol (cf. partie 1). Les matières organiques des sols représentent en général 1 à 10 % de la masse des sols. Elles se répartissent en trois groupes :

- les **matières organiques vivantes** (animales, végétales, fongiques et microbiennes) qui englobent la totalité de la biomasse en activité (racines, vers de terres, microflore du sol...);
- les **matières organiques fraîches** qui représentent les débris d'origine végétale (résidus végétaux, exsudats), animale (déjections, cadavres), fongique et microbienne (cadavres, exsudats);
- les **composés organiques stabilisés** qui correspondent aux matières humiques ou humus, provenant de l'évolution des matières précédentes. La partie humus représente 70 à 90 % du total.

Les sols stockent du carbone sous la forme de matières organiques et le rejettent à l'état gazeux notamment sous la forme de CO₂, dans l'atmosphère. Quand ils en piègent plus qu'ils n'en émettent, on parle de « *puits de carbone* ».

Les écosystèmes prairiaux de longue durée (prairies permanentes) sont caractérisés par des stocks élevés (84,6 t/ha en moyenne, source : INRAE) et par une tendance à un léger stockage.

Les écosystèmes forestiers sont également caractérisés par des stocks actuellement élevés (81 tC/ha en moyenne, source : INRAE) et par une tendance à la hausse des stocks, en partie explicable par le fait qu'une partie non négligeable des surfaces forestières résulte d'afforestations récentes et n'a pas encore atteint un état d'équilibre.

Les écosystèmes de grandes cultures (y compris prairies temporaires) et de cultures pérennes sont caractérisés par des stocks plus faibles (51,6 tC/ha en grandes cultures en moyenne, source : INRAE), et par une **tendance à la baisse**.

Stocks de carbone par mode d'occupation du sol pour l'horizon 0-30 cm en France métropolitaine

Données : INRA et RMQS - GIS Sol

	Stock de C Horizon 0-30 cm (tC/ha)	Surface (Mha)	Stock total Horizon 0-30 cm (MtC)
Prairie permanente	84,6 ±35	9,3	790 ±325
Terres arables (grandes cultures et prairies temporaires)	51,6 ±16,2	18,4	950 ±300
Forêts	81 ±35,4	16,9	1 370 ±600
Autres	79	6	475
Total		50,6	3 585

Les matières organiques des sols, majoritairement composées de carbone, participent à quatre grands services écosystémiques :

- la résistance des sols à l'érosion ;
- leur rétention en eau ;
- leur fertilité pour les plantes ;
- et leur biodiversité.

Elles assurent la cohésion des constituants du sol ainsi que de nombreuses fonctions agronomiques et environnementales :

- stockage et mise à disposition des éléments nutritifs pour la plante (par minéralisation) ;
- développement de l'activité biologique (source d'énergie) ;
- structuration et stabilité du sol vis-à-vis des agressions extérieures (pluie, tassement...) en limitant notamment l'érosion hydrique ;
- réchauffement (coloration plus sombre des matières organiques) ;
- contribution à la perméabilité, à l'aération et à la capacité de rétention en eau ;
- participation au maintien de la qualité de l'eau par rétention des polluants organiques (pesticides, hydrocarbures...) et minéraux (éléments traces métalliques) ;
- participation au cycle du carbone en tant que puits ou d'émetteur de carbone (principalement sous forme de CO₂).

En excès cependant, les matières organiques peuvent être aussi source de polluants potentiels, comme les nitrates et les phosphates.

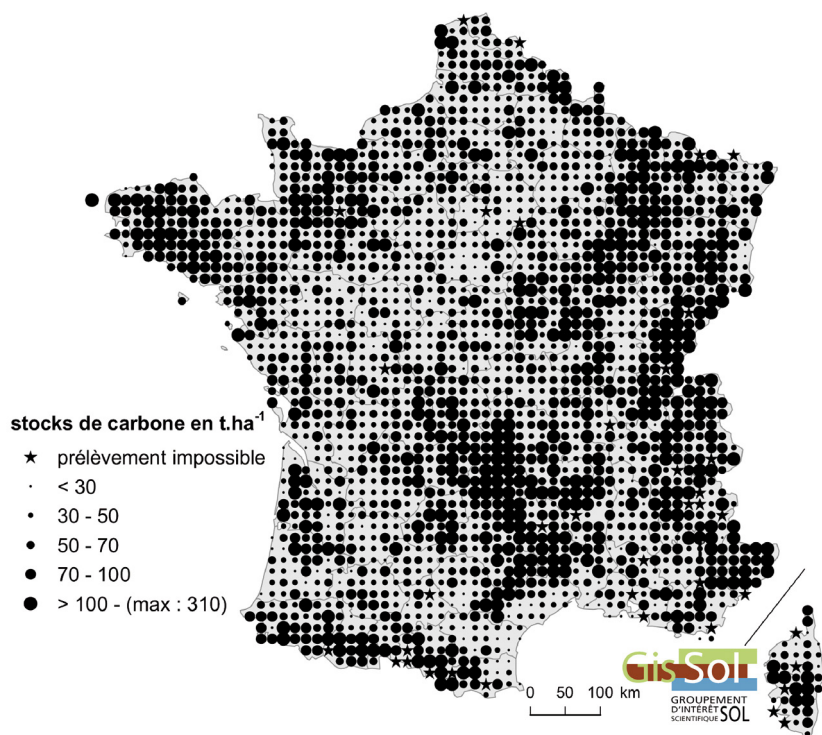
Pour en savoir +

INRAE. *Stocker du carbone dans les sols français*. 12 pages. juillet 2019.



Le stock de carbone organique dans les 30 premiers centimètres du sol en France métropolitaine

Source : Gis Sol, RMQS, 2010





Les glissements de terrain et chutes de blocs

Les glissements de terrain

Mouvement de terrain à Bellou-sur-Huisne (Orne)



Valérie Guyot / DREAL Normandie

Description du phénomène

Les glissements de terrain font partie des mouvements dits lents, qui entraînent une déformation progressive des terrains, pas toujours perceptible par les humains. Ils se produisent généralement en situation de forte saturation des sols en eau et peuvent mobiliser des volumes considérables de terre, qui se déplacent le long d'une pente.

Origine

Les conditions d'apparition du phénomène sont liées à la nature et à la structure des terrains, à la morphologie du site, à la pente topographique et à la présence d'eau.

Les facteurs à même de déclencher un glissement de terrain peuvent être d'origine naturelle ou liés aux activités humaines. Parmi les facteurs d'origine naturelle, on identifie :

- les fortes pluies ;
- l'affouillement de berges ;
- l'effondrement de cavités.

Les facteurs d'origine humaine sont généralement les suites de travaux d'aménagement :

- surcharge en tête d'un talus ou d'un versant déjà instable ;
- affouillement en pied de versant supprimant une butée stabilisatrice ;
- rejets d'eau (fuite de réseau par exemple) ;
- pratiques culturelles favorisant l'érosion des sols ;
- déboisement...

Impacts environnementaux et sanitaires

Les glissements de terrain peuvent entraîner des dégâts importants sur les constructions et, dans certains cas, provoquer leur ruine complète. Ces glissements s'accompagnent d'indices caractéristiques (niches d'arrachement, fissures, bourrelets, contre-pentes, arbres basculés, zone de rétention d'eau...) qui cicatrisent.

En quelques années, voire en quelques mois, un ancien glissement de pente se végétalise, se modèle par érosion et sa trace n'apparaît plus qu'au travers d'indices de plus en plus difficiles à interpréter.

Evaluation du phénomène en Normandie

Le risque de glissement de terrain se concentre sur une ligne nord-sud, à l'est du Calvados et de l'Orne, dans le pays d'Auge, le pays d'Ouche, le secteur d'Argentan et le Perche. Les falaises du Bessin sont aussi particulièrement concernées. Le risque en Seine-Maritime et dans l'Eure n'a pas été cartographié à ce jour.

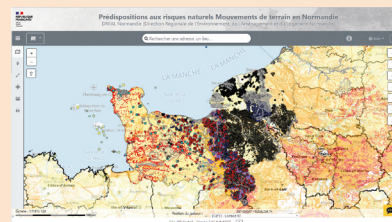
Glissement de terrain à Port-en-Bessin (Calvados)



DDTM 14

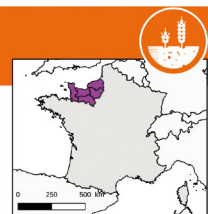
Pour en savoir +

Glissements de terrain
- Normandie



<https://carto2.geo-ide.din.developpement-durable.gouv.fr/frontoffice/?map=99b55982-57d7-4175-bca7-410f9f23144e>

Profil environnemental de Normandie - Les pentes Prédisposition aux chutes de blocs et glissements de terrain



■ Pentes supérieures à 40°
■ Pentes entre 30 et 40°
■ Pentes entre 20 et 30°

Nota : La représentation des pentes a été accentuée afin de permettre une meilleure visualisation

Sources :
Géorisques - janvier 2025
IGN - GEBCO

Production :
Le 16/10/2025
DREAL Normandie



Pour en savoir +

Prédispositions aux risques naturels en Normandie - Mouvements de terrains

https://carmen.application.developpement-durable.gouv.fr/8/risques_naturels_mvt.map#

Chute de blocs à Les Andelys (Eure)



DDTM 27

Les chutes de blocs

Description du phénomène

Les chutes de blocs font partie des mouvements de terrain dits « *mouvements rapides* », du fait de leur propagation brutale et soudaine. Les éboulements et chutes de blocs se produisent à partir de falaises, d'escarpements rocheux, ou de blocs provisoirement immobilisés sur une pente.

L'évolution des falaises et des versants rocheux engendre des chutes de pierres (volume inférieur à 1 dm³), des chutes de blocs (volume supérieur à 1 dm³), des éboulements (volume supérieur à 100 m³), ou des écroulements en masse (volume de centaines de m³ et pouvant atteindre des millions de m³). Les blocs isolés rebondissent ou roulent sur le versant, tandis que dans le cas d'écroulements en masse, les matériaux « *s'écoulent* » à grande vitesse sur une très grande distance. Ainsi, en Savoie, dans la nuit du 24 au 25 novembre 1248, la façade nord du Mont Granier s'effondrait, projetant plusieurs millions de mètres cubes de roche dans la vallée de l'Isère. Cet événement, considéré comme le plus grand éboulement de l'histoire européenne, détruisit cinq paroisses et fit un millier de victimes. Les matériaux calcaires parcoururent une distance horizontale de 7 km et s'étalèrent sur une surface d'environ 20 km².

L'ampleur du phénomène dépend de nombreux paramètres : pente, climat, lithologie, état d'altération et de fissuration des terrains, circulation des eaux de surface, présence ou non d'une nappe souterraine... Il reste cependant possible d'identifier les terrains prédisposés en analysant leur pente.

Origine

Les principaux facteurs naturels susceptibles de déclencher éboulements et chutes de blocs sont :

- les pressions hydrostatiques dues à la pluviométrie et à la fonte de la neige ;
- l'alternance gel / dégel ;
- la croissance de la végétation ;
- les secousses sismiques ;
- l'affouillement ou le sapement de la falaise.

Impacts environnementaux et sanitaires

La chute de blocs et la propagation de ces derniers présentent un risque de dommages significatifs pour les maisons d'habitation construites en pied de versants rocheux ainsi que pour les voies de communication.

Le changement climatique, notamment la hausse des températures et la modification du régime des précipitations, peut avoir des conséquences sur la stabilité de certains versants rocheux tels que les falaises de craie sur le littoral de Seine-Maritime et les falaises fluviales en rives de l'Eure et de la Seine.

Evaluation du phénomène en Normandie

En Seine-Maritime, les nombreux cours d'eau qui ont entaillé le plateau crayeux ont créé une géomorphologie du territoire propice au phénomène de chutes de blocs et d'éboulements.

Les chutes de blocs au niveau des éperons rocheux sont rares mais plusieurs événements ont été constatés ces dernières années dans les vallées de l'Orne et de la Seine, ainsi que dans la vallée de l'Iton dans l'Eure.

Une étude, menée par le Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) sur les secteurs de falaise sensibles dans l'Eure, a permis d'identifier plus de 300 bâtiments et près de 30 tronçons routiers en zone d'aléa fort. Une étude similaire en cours en Seine-Maritime a déjà mis en évidence près de 1 700 bâtiments et 60 tronçons routiers en zone d'aléa fort au niveau des falaises de Seine.

Effondrement de falaise à Criel-sur-Mer (Seine-Maritime)



Fabrice Parais et Cyrille Bicorné / Equipe drone / DREAL Normandie

Chute de blocs survenue le 12 janvier 2024 sur la commune de La Roquette (Eure)



Patrick Gendre et Jérôme Millet / DDTM 27



Les tassements

Deux phénomènes de tassements peuvent être distingués :

- le tassement des sols directement lié aux activités humaines ;
- les tassements différentiels liés au retrait et gonflement d'argiles.

Les tassements liés aux activités humaines

Références

Article 68 de la loi ELAN du 23 novembre 2018 et décrets d'application dont le décret n° 2019-495 du 22 mai 2019 :
 ► Depuis le 1^{er} octobre 2020, des études géotechniques avant la vente d'un terrain constructible et avant toute construction doivent obligatoirement être réalisées.

Pour en savoir plus :

<https://www.ecologie.gouv.fr/sols-argileux-secheresse-et-construction>

Description du phénomène

Le tassement résulte d'une pression qui a pour conséquence la diminution de la porosité du sol. Or, le volume d'un sol bien structuré est formé à 50 % environ de pores, occupés par de l'air ou de l'eau.

Origine

Le tassement est principalement dû au passage d'engins lourds tels que les tracteurs, les gros véhicules forestiers ou les engins de chantiers. Il peut aussi s'opérer suite au piétinement du bétail. Son intensité dépend de la force de la contrainte appliquée, des caractéristiques du sol et des conditions climatiques.

Ainsi, lorsqu'une machine circule, le sol est soumis à une pression mécanique. Si celle-ci est trop forte, il se réorganise, se « tasse », pour mieux y résister.

Les impacts environnementaux et sanitaires

Le tassement entraîne une perte de porosité du sol, créant ainsi des horizons peu perméables. Les nombreuses petites cavités du sol sont détruites, avec pour impact l'asphyxie du milieu et l'effondrement de sa biodiversité.

Cette asphyxie conduit à la destruction des nombreuses fonctions et services rendus par le sol : réservoir d'eau et de nutriments, régulation des écoulements aquatiques et des gaz à effet de serre, décomposition de matière organique, dégradation des polluants, épuration de l'eau, filtration et structuration (cf. partie 2)...

La destruction des organismes vivants déstabilise l'équilibre des écosystèmes et les services associés : alimentation, atténuation du changement climatique et adaptation à celui-ci, prévention des risques d'inondation... Les tassements des sols aboutissent ainsi à une importante dégradation de leur fertilité :

- limitation de l'enracinement des végétaux (espèces présentes, cultures agricoles, plantations ou régénération naturelle en forêt...) ;
- réduction de la vitesse d'infiltration de l'eau ;
- moindre stockage de l'eau ;
- forte perturbation voire destruction de l'activité biologique.

Pour en savoir +

Agro-Transfert Ressources et Territoires. *Tassements des sols. Prévenir et corriger leurs effets.* 21 pages. Décembre 2018.



Evaluation du phénomène en Normandie

Le phénomène est difficile à évaluer à l'échelle régionale. Il est lié aux pratiques culturelles agricoles et forestières et à l'expansion urbaine (développement des constructions et des zones d'activité...). Les professionnels des filières organisent des sensibilisations et formations à ces enjeux, en diffusant des guides de bonnes pratiques.

Les tassements différentiels

Description du phénomène

Certains sols peuvent subir des mouvements différentiels liés à leur assèchement en été et à leur réhumectation en hiver. Ce sont les argiles dites gonflantes qui, retenant ou libérant l'eau, sont à l'origine de ce phénomène. Certains facteurs peuvent l'aggraver, comme la présence de végétation ou le mauvais captage des eaux (pluviales ou d'assainissement).

Les impacts environnementaux et sanitaires

Le processus de retrait et de gonflement des sols argileux occasionne des dégâts considérables sur les bâtiments. Il est à l'origine de déformations différentielles des terrains d'assise des constructions qui provoquent des désordres parfois très importants. Le risque affecte principalement le bâti individuel. Ces mouvements de terrain successifs peuvent :

- perturber l'équilibre des ouvrages ;
- affecter les fondations ;
- créer des désordres sur les fondations et en surface (fissures, tassements...), pouvant, dans les cas les plus graves, rendre la maison inhabitable.

Ce phénomène s'amplifie avec le changement climatique.

Les successions de périodes de sécheresse et d'épisodes de pluies intenses accroissent l'ampleur des mouvements de terrain. Au niveau national, ce phénomène représente 42 % des coûts d'indemnisation du dispositif « Cat Nat » (catastrophes naturelles). Il se situe en deuxième position après les dégâts liés aux inondations (49 %). **Les épisodes de sécheresse des années 1990-1991 et 2003-2004 ont coûté en cumul près de 10 milliards d'euros**, sachant qu'une part importante des sinistres aurait pu être évitée par la mise en place d'une politique de prévention effective.

Ainsi, la sécheresse de 2022 est l'événement le plus coûteux de l'histoire du régime Cat Nat : les dommages sur les biens assurés sont estimés entre 3 et 3,5 milliards d'euros. Ils concernent 6 801 communes (source : <https://www.ccr.fr>, 2024). C'est, de plus, le premier poste d'indemnisation au titre de l'assurance dommage-ouvrage, pour les sinistres touchant les maisons individuelles.

Déformation d'un bâtiment par tassement différentiel



Sandrine Héricher/DREAL Normandie

Pour en savoir +

CEREMA. CSTB. Mesures de prévention, d'adaptation et de remédiation du phénomène de retrait et de gonflement des sols argileux (RGA) dans la construction. Guide à destination des particuliers et des collectivités territoriales. 52 pages. Septembre 2025.



https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/documents/prevention_adaptation_remediation_RGA_guide_web.pdf

Pour en savoir +

Ministère de la Transition écologique. Construire en terrain argileux. Réglementation et bonnes pratiques. 16 pages. Novembre 2021.



<https://www.ecologie.gouv.fr/>

Évaluation du phénomène en Normandie

Le bureau de recherches géologiques et minières (BRGM) a cartographié cet aléa qui n'interdit pas la construction mais qui impose des précautions dès la conception de la maison. La prise en compte de la sensibilité du sol au phénomène de retrait-gonflement est essentielle pour maîtriser le risque.

Modalités d'action

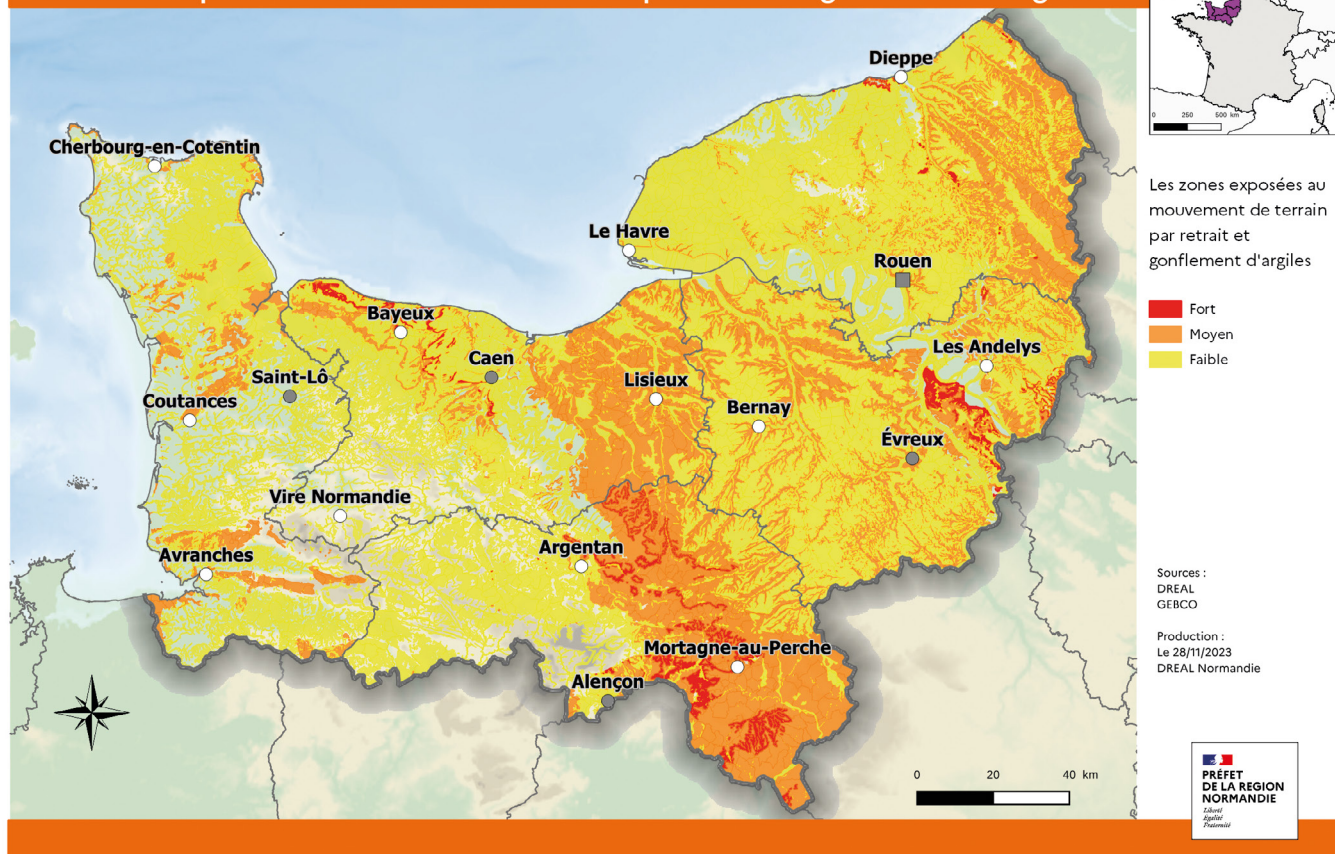
Avec la tendance à l'accentuation du phénomène compte tenu du changement climatique, il est essentiel de réduire le nombre de sinistres. Réaliser des fondations adaptées au moment de la conception du bâtiment est moins coûteux qu'une reprise en sous-œuvre une fois le bâtiment construit.

La cartographie des risques est mise à disposition du public, des collectivités et de la profession dans le but de mieux les prendre en compte et de les réduire. Elle s'accompagne de documents techniques qui permettent d'appréhender les règles élémentaires de construction en présence d'un tel aléa par :

- des fondations adaptées ;
- la gestion de l'eau et la réduction des plantations autour du bâti (arbres...).

Profil environnemental de Normandie

Les zones exposées au mouvement de terrain par retrait et gonflement d'argiles



La carte nationale est disponible sur le site [Géorisques](https://www.georisques.gouv.fr/).