

la dégradation des sols en france et dans le monde, une catastrophe écologique ignorée

publié le 15.05.20 | par [clément mathieu](#)

alors qu'il est la ressource pour la production alimentaire pour plus 7,5 milliards d'habitants, le support des activités humaines, la source de minerais et de matériaux de construction (argiles notamment), un système épurateur et une réserve d'eau, le sol demeure largement inconnu par les hommes y compris, ceux qui l'utilisent directement et quotidiennement. le sol est de plus en plus menacé par de multiples dégradations physiques, chimiques et biologiques.

les principales causes de dégradation des sols sont anthropiques : agriculture intensive, déforestation, surpâturage, pollution industrielle, irrigation... et cette dégradation risque de s'aggraver si rien n'évolue dans les pratiques agricoles et environnementales. avec la réduction et l'appauvrissement des surfaces destinées à produire des aliments, la prospective alimentaire devient un défi majeur des prochaines décennies.

cet article est adapté de *combien de sols dégradés en france et dans le monde*, mondes et cultures, 2015, lxxv, 1-4, 412-425, acad. des sc. d'outre-mer, paris.

la terre est une ressource indispensable pour les hommes car elle permet de nourrir chaque jour plus de 7,5 milliards d'habitants sur la planète. mais elle constitue également une ressource rare avec aujourd'hui seulement 33 millions de km² de terres arables (ou cultivables), soit seulement 6,4 % de la superficie de la planète.

les surfaces cultivables dans le monde. les surfaces non cultivables sont celles où il y a des glaciers permanents ou bien où il fait trop froid, trop sec, trop humide et où les sols sont trop pentus, trop peu épais, trop pauvres.

	surface (en millions de km ²)	pourcentage de la surface de la terre
terre entière	510	100 %
océans et mers	361	70,7 %
terres émergées	149	29,3 %
- non cultivables	116	22,7 %
- cultivables	33	6,5 %

sur les 33 millions de km² de terres arables, seulement 15 millions sont effectivement cultivés (dont bientôt 3 millions irrigués). il reste donc 18 millions en réserve dont 14 dans les pays du sud. cependant, les terres cultivables constituent une ressource en constante diminution à cause de la croissance démographique et des dégradations diverses dont elles sont l'objet : 2 hectares de terre étaient disponibles par habitant en 1900 dans le monde contre moins de 0,5 hectare en 2010... (brabant, 2010).

bien qu'étant une ressource indispensable pour l'homme, le sol n'est pas ou très mal connu y compris de ceux qui l'utilisent directement et quotidiennement (agriculteurs, agronomes, professionnels de l'agriculture, etc.). malheureusement, la connaissance des sols dans le monde, en europe, et même en france reste insuffisante et, actuellement, encore difficilement mobilisable. aussi est-il indispensable de poursuivre la diffusion des connaissances ainsi que les études et les inventaires concernant cet inconnu.

1. la conservation des sols, une préoccupation majeure

la conservation des sols devient un projet majeur à l'échelle mondiale. tous les continents sont concernés : érosion, compaction, pluies acides, pesticides, métaux lourds, salinisation constituent des facteurs de dégradation des sols, sans parler de la disparition des sols suite à leur artificialisation.

les effets de l'érosion s'aggravent dans diverses régions du monde. non seulement des parcelles et des bassins versants amont sont dégradés, mais cela peut avoir à l'aval des conséquences catastrophiques sur l'atterrissement (c'est-à-dire le dépôt) des sédiments, menant au comblement des exutoires et à des inondations de plus en plus fréquentes.

des effets indésirables se produisent sur la qualité de l'eau avec les diverses pollutions chimiques (nitrates, phosphates, pesticides) et physiques (suspensions solides).

les sols sont non seulement soumis à des dégradations physiques et chimiques mais également à des pollutions d'origines variées : pollutions liées aux retombées atmosphériques (pluies acides), en particulier de substances issues de la combustion des énergies fossiles, à la fertilisation agricole et aux modes de culture (excès d'engrais, pesticides), sans parler des pollutions accidentelles ou clandestines

(enfouissement de déchets toxiques, décharges sauvages).

c'est vers les années 70 qu'une prise de conscience croissante des problèmes de l'environnement s'est manifestée tant auprès des autorités que de l'ensemble de la société. l'influence de la croissance exponentielle de la population[1] a commencé à avoir un impact très significatif sur la quantité et la qualité des ressources naturelles ; le sol n'était pas épargné.

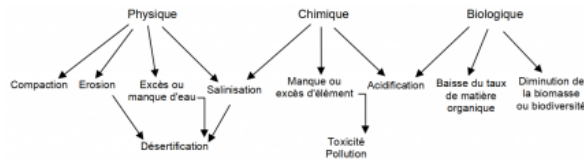


figure 1 - principaux types de dégradation des sols

auteur(s)/autrice(s) : clément mathieu, modifié d'après robert et stengel, 1999 licence : [cc-by](#)

la dégradation des sols dans le monde est principalement due aux activités humaines : agriculture intensive, irrigation, déforestation, surpâturage, pollutions industrielles. un sol est jugé dégradé lorsqu'il a perdu une partie de ses fonctions, comme celle de nourrir les plantes ou les animaux, celle de filtrer les eaux ou encore celle d'abriter une importante biodiversité. des dégradations légères aux plus graves, ce phénomène atteint environ 20 millions de km² soit près de 60 % des sols cultivables. des sols non cultivés sont déjà dégradés par l'érosion hydrique ou éolienne, la salinisation ou la déforestation.

aujourd'hui, des millions de personnes en subissent les conséquences. elles seront près de deux milliards en 2020 si rien ne change.

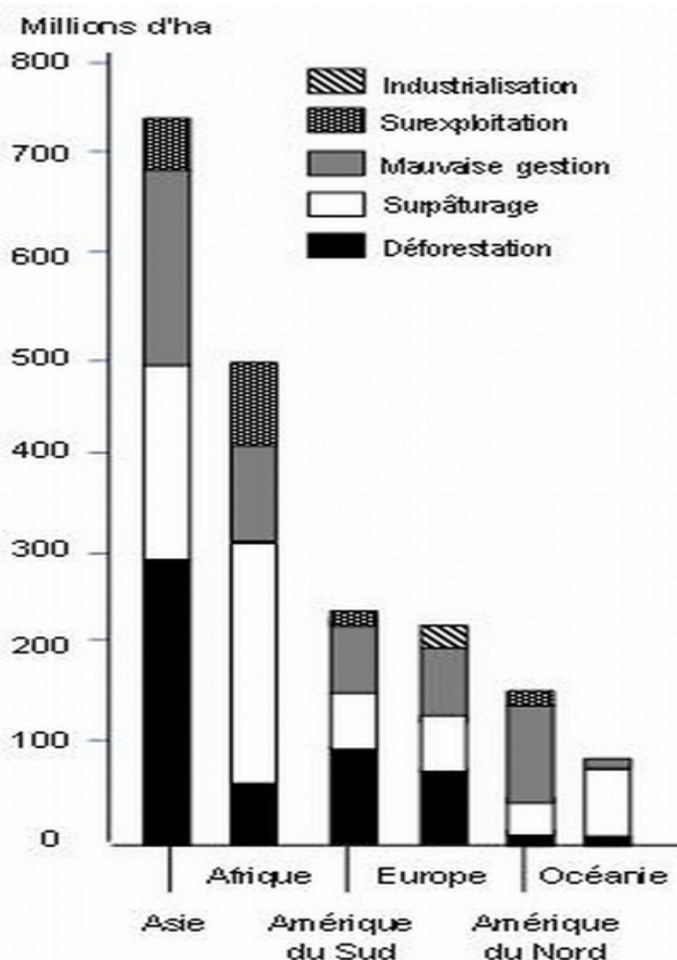


figure 2 - surfaces dégradées par continent et par cause

auteur(s)/autrice(s) : clément mathieu, d'après isric-unep, 1990 licence : [cc-by](#)

pour l'europe par exemple, l'agence européenne pour l'environnement (2015) identifie les principales menaces suivantes :

- **l'érosion hydrique (25 % des surfaces) ;**
- **le morcellement des surfaces (30 % des surfaces) ;**
- **l'intensification de la production agricole ;**
- **l'artificialisation.**

2. les érosions

la première forme majeure de dégradation est l'érosion hydrique, processus par lequel l'eau de pluie détache et emporte les particules de sol. elle est liée en grande partie au ruissellement, c'est-à-dire à l'écoulement à la surface du sol des eaux de pluie ou de celles de la fonte des neiges. l'érosion s'aggrave avec l'exploitation agricole qui empêche, pour diverses raisons, une pénétration optimale de l'eau dans le sol, ce qui augmente le ruissellement.



figure 3 - érosion en une seule période hivernale en région limoneuse
ravine d'érosion en culture de céréales d'hiver, entaillant profondément le sol en terrain limoneux (région d'hedrin, département du pas-de-calais).
comme on peut le remarquer, cette ravine a été creusée par les eaux de ruissellement après le semis de la céréale, elle est donc le résultat d'une seule saison pluvieuse ; le sol est entaillé bien en dessous du seul horizon de labour. pour réparer le dégât, il faudra combler cette ravine avec de la terre prise ailleurs.

auteur(s)/autrice(s) : m.
eimberck licence : [reproduit avec autorisation](#)

si une érosion anthropique importante apparaît au moyen âge, puis dans les massifs montagneux européens dans la seconde moitié du xix^e siècle, c'est surtout depuis 1950 que sévit sur tous les continents une grave crise érosive en relation avec les transformations de l'agriculture : augmentation de la productivité, mécanisation, remembrements, surpâturage, déforestation, etc. et si aujourd'hui tous les remèdes techniques de lutte contre l'érosion sont connus des spécialistes, il est évident que ce sont les moyens et la volonté politique qui font le plus défaut pour enrayer ou même

seulement réduire ce « cancer des sols ».

dans le monde, on estime la quantité de sol érodée chaque année à 5 tonnes par habitant (nature géosciences, 2010). selon certains experts, le chiffre est sous-estimé. en zone tempérée, on perd en moyenne 1 tonne de terre par an et par hectare, ce qui est supérieur au taux de formation du sol à partir du substrat. l'inra estime en effet qu'en zone tempérée atlantique la vitesse de formation des sols est de 0,1 à 0,02 mm par an, mais que celle de l'érosion est en moyenne de 1 mm de sol par an (ruellan, 2010). en france, 17 % du territoire sont touchés par l'érosion. la chine est probablement le pays le plus affecté par l'érosion puisque 37 % de la superficie du pays présente des sols érodés. par ailleurs, ce processus affecte davantage les populations les plus pauvres du globe



figure 4 - paysage de badlands
en zone de climat tempéré
subhumide de type
méditerranéen
pays glaoua, maroc.

auteur(s)/autrice(s) : clément
mathieu licence : [cc-by](#)



figure 5 - érosion éolienne sur
formation sablo-limoneuse et sol nu en
climat tempéré atlantique
département de l'aisne, france.

auteur(s)/autrice(s) : clément mathieu
licence : [cc-by](#)

dans le cas de l'érosion éolienne, c'est sous l'effet du vent que le sol se délite. ce processus touche surtout les zones péri-désertiques, comme les grandes plaines des états-unis, la frange du sahel, l'afrique du nord (dont l'égypte), le soudan, le moyen-orient et les plateaux du nord de la chine. ainsi 45 % de la surface des terres sèches en afrique subissent une activité éolienne traumatisante (mainguet, 1995). mais elle peut également affecter des zones tempérées. là encore, l'exploitation par l'agriculture est un facteur aggravant : les particules d'un sol labouré vont se détacher plus facilement, puis être emportées par le vent.



figure 6 - vent de sable en région semi-aride très peu couverte par la végétation région sud-ouest de l'australie.

auteur(s)/autrice(s) : l. coudre-picart licence : [reproduit avec autorisation](#)

3. le surpâturage



figure 7 - désertification avec érosion aggravée due au surpâturage caprin en climat aride de type péruvien limari-ovalle, chili.

auteur(s)/autrice(s) : clément mathieu licence : [cc-by](#)

l'un des risques liés aux systèmes à l'herbe (pâturages extensifs), en particulier en zones arides et semi-arides, est la dégradation des sols due au surpâturage. le surpâturage peut se définir comme une pratique qui consiste à faire paître trop de bétail durant une longue période sur des terres incapables de reconstituer leur végétation, ou bien, à faire paître des ruminants sur des terres qui ne sont pas adaptées au pâturage à cause de certains paramètres physiques, tels que la pente.



figure 8 - zone en voie de désertification zone en voie de désertification (vue aérienne) due à un surpâturage des troupeaux de bovins de nomades masaïs en climat tropical humide de type soudanien (flèche : parc à bétail). à l'est de nairobi, kenya.

auteur(s)/autrice(s) : clément mathieu licence : [cc-by](#)

le surpâturage dépasse la capacité de charge du pâturage. par exemple, en mongolie, un pays grand comme trois fois la france, 80 % de la perte de végétation au cours de la dernière décennie (2000-2010) sont dus au surpâturage. en vingt ans (1990-2010), le cheptel domestique (moutons, chèvres, chevaux, bovins, chameaux...) a quasi doublé passant de 26 à 45 millions. le surpâturage a souvent pour conséquence l'érosion du sol, la destruction de la végétation et d'autres problèmes liés à ces processus, comme le tassement du sol. or les racines se développent moins bien dans un sol tassé. l'ensemble des processus conduisent souvent à une situation de désertification.

4. la dégradation des structures

la structure du sol joue un rôle essentiel dans le développement des plantes et des activités biologiques. ce développement est conditionné par le volume de la porosité qui règle l'aération, la rétention de l'eau et le drainage. la structure des sols est la clé de leur fertilité.



figure 9 - compactage mécanique du sol lors d'une récolte de maïs d'automne en climat tempéré semi-océanique région de lorraine, france.

auteur(s)/autrice(s) : I. florentin

licence : [reproduit avec autorisation](#)

aussi le tassement mécanique des sols, ou compactage par les engins mécaniques (mais aussi par la surcharge en bétail liée au surpâturage) se traduit par une diminution de la porosité avec des conséquences biologiques négatives (diminution de la faune tels que les vers de terre et de l'activité microbienne). en europe, on estime la surface des sols compactés à 33 millions d'hectares soit 4 % des terres. cette situation entraîne, outre une baisse de production, une augmentation du risque de lessivage des nitrates, d'émission d'oxyde nitreux (N_2O , un gaz à effet de serre), de ruissellement et d'érosion des sols.

dans les sols irrigués, le tassement hydrique (tassement avec perte d'eau par dessiccation excessive) s'ajoute au tassement mécanique augmentant encore les conséquences négatives déjà citées.



figure 10 - compactage mécanique des sols lors de débardage forestier en climat tempéré atlantique limousin, france.

auteur(s)/autrice(s) : clément mathieu licence : [cc-by](#)

5. la salinisation des sols



figure 11 - concentration de sel au-dessus d'un billon en culture de betteraves sucrières eau à 0,8 g/l. plaine des triffa, maroc.

auteur(s)/autrice(s) : clément mathieu licence : [cc-by](#)

un autre ensemble de dégradation touche l'aspect chimique des sols et revêt plusieurs formes. la première est la salinisation d'origine anthropique induite principalement par le développement mondial de la culture irriguée. en effet, dans les régions semi-arides, l'eau d'irrigation est très souvent légèrement salée ; lors de l'évapotranspiration régulière, les sels s'accumulent dans le sol. autre phénomène, toujours dans ces régions, les sels souvent présents en profondeur sont conduits vers la surface via la remontée de l'eau par capillarité puis par évapotranspiration. cette salinisation a des conséquences immédiates sur la fertilité chimique du sol mais aussi sur la structure du sol, donc sur sa fertilité physique. pour prendre un exemple en inde, la première cause identifiée du plafonnement des rendements est la salinisation des sols. dans le bassin du gange, sur 35 millions d'hectares cultivés, 1 million est inutilisable par excès de sel (griffon, 2006).

au sénégal qui compte environ 3,8 millions d'hectares de terres cultivables, 1,2 million d'hectares sont affectés par la salinisation créant *in fine* l'exode massif des populations ainsi que l'insécurité alimentaire et la pauvreté. à l'échelle mondiale, ce sont 100 millions d'hectares qui sont affectés par la salinisation, soit environ 5 fois la superficie de la france.

6. l'acidification

l'absorption des éléments minéraux du sol par la plante, qui sont ensuite exportés dans celle-ci lors des récoltes, diminue la réserve en cations des sols. par conséquent, si l'apport d'intrants (fumier, compost, engrais) ne vient pas compenser les exportations, petit à petit le sol va s'appauvrir en cations (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} ...). ceux-ci seront remplacés par des ions H^+ , ce qui se traduira par une acidification. c'est un processus permanent dans les pays du sud où l'agriculteur exploite ses champs sans restitution jusqu'à son abandon pour aller cultiver ailleurs. c'est ce que j'ai qualifié de *cycle d'infertilisation* (mathieu, 1990, 2000, 2007). mais l'europe n'est pas non plus épargnée, 45 % des sols européens seraient « épuisés » : leur stock de matière organique étant très bas, l'activité biologique y est faible et donc le recyclage de la matière organique en matière minérale est également très réduit. l'acidification est donc due à des exportations sans restitution (de matière organique, de fertilisants naturels ou industriels), mais elle est aussi causée par les apports externes que sont les pluies acides, certains engrais et les rejets atmosphériques urbains et industriels qui constituent les éléments de la pollution des sols.

7. la pollution

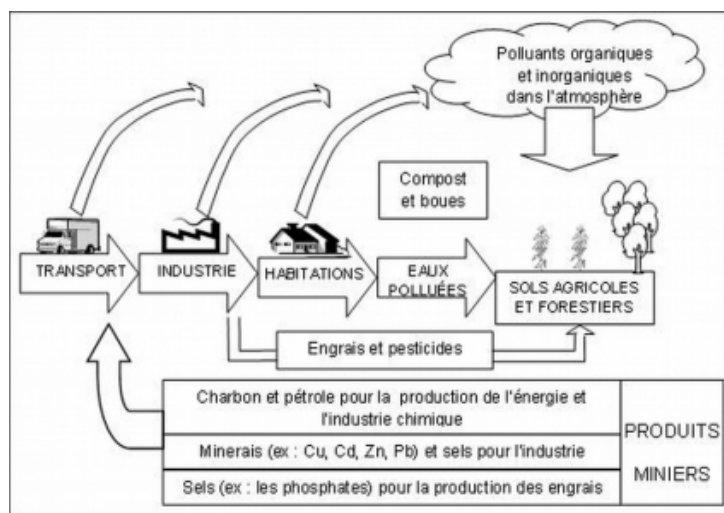


figure 12 - pollution des sols à travers les activités urbaines et industrielles

auteur(s)/autrice(s) : clément mathieu, modifié d'après w. blum, 2006 licence : [cc-by](#)

la pollution d'un sol est l'accumulation notable d'éléments minéraux, organiques ou de pathogènes dans celui-ci, en quantité telle que leur présence peut revêtir un danger pour les organismes vivants (plantes, animaux, hommes) ou compromettre une ou plusieurs grandes fonctions du sol et l'usage qui est habituellement fait de ce milieu.

la question qui se pose est de savoir comment des produits polluants parviennent aux sols ? les sources sont nombreuses. les origines sont d'abord agricoles par la fertilisation, les apports de lisiers et de boues, et les pesticides, puis urbaines et industrielles par voie atmosphérique et industrielles directes pour les « sites pollués ».

une pollution due à la fertilisation des sols provient de l'apport des phosphates. ceux-ci contiennent, selon leur provenance, une certaine quantité de cadmium qui s'accumule dans l'horizon de surface. les pays les plus touchés par cet élément sont ceux qui depuis longtemps ont fait des apports très importants de phosphates, comme la belgique, les pays-bas, le nord de la france et le japon. cet élément est très toxique aussi bien pour les micro-organismes du sol que pour l'homme (perturbations rénales). il trouve

également son origine dans les retombées atmosphériques (combustion du pétrole et du charbon) et dans les boues d'épuration.

la volonté de remplacer les engrais chimiques par des déchets recyclés a amené les pouvoirs publics occidentaux à inciter la valorisation agricole de ceux-ci et plus particulièrement celle des boues urbaines appelées aussi boues de station d'épuration. ces boues sont issues de l'épuration collective des eaux usées et peuvent être utilisées comme engrais car elles renferment des éléments nutritifs, essentiellement de l'azote et du phosphore, du calcium ou du soufre, et un peu de potassium et de magnésium. les boues de première génération contenaient des substances toxiques en particulier des quantités importantes de métaux lourds.

depuis la fin des années 90, par mesure de précaution contre une pollution des sols et des eaux par les boues, des réglementations sur le contenu de ces boues ont été élaborées dans plusieurs pays occidentaux. il n'en est malheureusement pas de même dans les pays du sud où des apprentis sorciers préconisent l'utilisation des « composts urbains », c'est-à-dire de composts issus de déchets ménagers récoltés dans les villes, pour fertiliser les champs, particulièrement les maraîchages.

en matière de fertilisant agricole, un autre exemple nous vient des élevages porcins où le cuivre et le zinc utilisés dans les traitements pour les animaux sont peu retenus par ceux-ci et se retrouvent dans les lisiers. ceux-ci sont ensuite utilisés pour fertiliser le maïs qui sera consommé par les porcs. ce cycle conduit à une augmentation des teneurs en cuivre et en zinc dans le sol.

la pollution peut également être d'origine atmosphérique. on sait que l'atmosphère, en plus de ses composants gazeux, contient des particules qui proviennent de sources naturelles (éruptions volcaniques, vents des déserts, etc.) ou liées aux activités humaines. avec le développement des activités industrielles (xix^e et xx^e siècles), à l'échelle de la planète, les émissions de certains métaux liées à ces activités dépassent les apports naturels. les principaux métaux lourds concernés sont le plomb, le zinc, le cuivre, le cadmium, l'arsenic, le nickel et le manganèse. ces éléments rejetés dans l'atmosphère - le plus souvent par les fumées industrielles, les habitations et les véhicules - sont ramenés aux sols par les précipitations ou après s'être agglomérés. par exemple, la contamination des sols et de la végétation le long des grands axes routiers (autoroutes) est maintenant bien démontrée.

nous terminerons ce rapide tour d'horizon par le cas des nitrates. les nitrates ne polluent pas les sols. dans la couche de surface des sols, il y a environ 5 à 10 tonnes d'azote naturel par hectare. cet azote est nécessaire à la croissance des plantes et est renouvelé annuellement par le cycle de l'azote. en revanche, lors d'apport important d'engrais azotés ou d'effluents d'élevage, l'azote en excès, non utilisé par les plantes peut être entraîné dans les eaux superficielles et souterraines et alors il y a risque de pollution des eaux, déclenchant avec les phosphates le phénomène d'eutrophisation du milieu aquatique. ce risque résulte d'une utilisation excessive d'engrais, d'amendements et de boues urbaines par l'agriculture.

8. l'artificialisation



figure 13 - chantier d'autoroute stérilisant et déblayant des sols agricoles région de poitiers, france.

auteur(s)/autrice(s) : clément mathieu
licence : [cc-by](#)

l'artificialisation des sols (ou bétonisation) (avec les autoroutes, les tracés de tgv, les zones industrielles, les extensions des villes, et l'éparpillement des constructions - le mitage) est responsable d'une perte annuelle estimée à 20 millions d'hectares de sol à l'échelle mondiale. pour la france, on estime une perte de 26 m² de sol toutes les secondes soit environ 60 000 ha/an ou la perte de la superficie du sol d'un département tous les 7 ans. pour l'europe, c'est 30 millions d'hectares perdus entre 1961 et 2003, soit 770 000 ha/an. en chine, la surface urbanisée a quadruplé entre 1980 et 2012. chaque année, c'est deux fois la surface de l'île-de-france qui y est artificialisée.



figure 14 - parking en zone extérieure à limoges
photographie prise en 2015. dix ans auparavant, cette zone était occupée par des dizaines d'hectares agricoles.

auteur(s)/autrice(s) : clément mathieu
licence : [cc-by](#)

cette artificialisation stérilise de façon irréversible les sols en annulant le potentiel agricole et se fait principalement aux dépens des meilleures terres agricoles parce qu'elle s'implante surtout dans les zones planes à sols profonds.

9. in fine

toutes ces dégradations physiques et chimiques des sols entraînent inéluctablement la dégradation biologique des sols. l'érosion, le tassement du sol, la diminution du taux de matière organique et la pollution perturbent l'activité de la faune, de la microfaune et des bactéries du sol en entraînant une perte de la diversité biologique. ces phénomènes jouent également un rôle important sur la qualité des eaux (charge solide, eutrophisation, pollution par les pesticides, etc.).

par l'intensification de l'agriculture et de la déforestation, par l'augmentation exponentielle de la population, de graves erreurs de gestion des sols ont été commises au cours du xx^e siècle. les facteurs de dégradation des sols se cumulent. par exemple, une terre cultivée qui s'acidifie s'appauvrit en éléments nutritifs pour la plante et se tasse en surface, ce qui favorise le ruissellement, donc l'érosion. sommes-nous rentrés dans une « spirale de dégradations » ? chaque année, des millions d'hectares

disparaissent, deviennent impropres à l'agriculture ou perdent leurs fonctions d'épurateur d'eau, de régulation des cours d'eau ou d'accumulation de carbone. la désertification menace plus d'un tiers des terres émergées. avec la réduction et l'appauvrissement des surfaces destinées à produire des aliments, la prospective alimentaire est devenue un défi majeur des prochaines décennies.

l'éducation au sol devient une priorité, car si la « terre » est bien connue, le « sol », lui, ne l'est pas encore. et à quoi bon le développement, la croissance, la justice, la liberté quand nous aurons tué les sols ?

10. références

- **brabant p., 2010 « une méthode d'évaluation et de cartographie de la dégradation des terres », les dossiers thématiques, n° 8, 52 p., csfd, agropolis, montpellier.**
- **cspnb, 2014 « pour une politique de protection et de gestion durable des sols », 4 p.**
- **griffon m., 2006 « nourrir la planète », odile jacob.**
- **laroche b., thorette j. et lacassin jc. 2006 □ « l'artificialisation des sols : pressions urbaines et inventaire des sols », étude et gestion des sols, 13, 3, 223-236, afes, olivet.**
- **mainguet m., 1995 « l'homme et la sécheresse », masson géographie, 335 p.**
- **mathieu, c.1990 « itinéraire de la dégradation des terres de savanes soudano-guinéennes à très faible densité de population, l'exemple de la république centrafricaine », tropicultura, 8,4, pp. 175-184, bruxelles.**
- **mathieu c., 2000 « land and degradation in moist tropical african areas, problems and prospects », eurasian soil science 30/8, 887-893, moscou.**
- **mathieu c., 2007 « dégradation des terres et des milieux de production en afrique tropicale humide », bull. séance acad. royale des sciences d'outre-mer, 53, 3, 319-334, bruxelles.**
- **mathieu c., 2009 « les principaux sols du monde, voyage à travers l'épiderme vivant de la planète terre », coll. tec et doc, 233 p., lavoisier, paris.**
- **mathieu c., 2010 « demain, combien de sols dégradés ? », forum international svtacadémie de toulouse, 3 p., garonne.ac-toulouse.fr/svt**
- **mathieu c. et lozet j., 2011 "dictionnaire encyclopédique de science du sol", éditions tec et doc, lavoisier.**
- **ruellan a, 2010 « des sols et des hommes, un bien menacé », ird éditions.**

CRÉDITS

AUTEUR(S)/AUTRICE(S)

[clément mathieu](#)

agronome et géologue de formation, professeur honoraire de science du sol et d'agronomie tropicale. ancien fonctionnaire principal de la fao, membre de l'académie des sciences d'outre-mer. clement.mathieu@club-internet.fr

MISE EN LIGNE

[pascal combemorel](#)

agréé de svt, il est le responsable éditorial du site planet-vie depuis septembre 2016.

LICENCE DU TEXTE DE L'ARTICLE



creative commons - attribution

notes

1

un milliard d'habitants en 1800, 2 en 1930, puis 4 en 1974, 7,7 milliards aujourd'hui et entre 9 et 11 milliards en 2050.