

Le rôle des sols dans la transition climatique : peuvent-ils amplifier certains risques ?

FICHE QUESTIONS SUR... n° 07.05.Q05

Mots clés : # sol - # risque naturel - # inondation - # instabilité sols - # risque climatique - # permafrost
- # ressource hydrique - # salinisation

Quelles parts prennent les sols dans le développement ou l'amplification de risques naturels ?
À quelle intensification des risques s'attendre si les sols voient leurs fonctions changer dans le
contexte de changement climatique ? Quelles mesures de prévention ou d'adaptation sont possibles ?
Cette fiche propose quelques exemples.

Les risques naturels résultent de la confrontation, dans le temps et l'espace, de phénomènes naturels dangereux, avec des éléments fragiles ou vulnérables (populations, structures, réseaux, biens...). On parle de *catastrophe naturelle* lorsque le phénomène naturel cause des pertes humaines, économiques et/ou environnementales, telles que la zone sinistrée ne peut à elle seule surmonter ce désastre.

La part prise par les sols dans le développement de ces risques est très inégale. La plus évidente est la *perte de la fonction du support du sol*. D'autres pertes de fonction des sols peuvent aussi contribuer à l'amplification d'une catastrophe et induire des *pertes environnementales* (eau, sols, écosystèmes). Souvent difficiles à évaluer sur le court terme, ces pertes – longtemps associées à la notion de risques diffus – peuvent avoir un impact sur le long terme. Les politiques publiques de prévention des risques sont inégalement armées pour les anticiper.

En contexte de transition climatique, ces pertes sont maintenant à prendre en compte car certains mécanismes se développent à une **dimension mondiale**, confirmant le rôle des sols, en lien avec certaines composantes du changement global.

La perte de la fonction support du sol

Hormis la liquéfaction des sols liée au risque sismique, la perte de cette fonction *support du sol* peut être induite ou amplifiée par des processus en lien avec les changements climatiques et anthropiques.

1 - Le risque retrait-gonflement des sols argileux

Sous des alternances de dessiccation/humectation, les sols argileux se fissurent, créant à terme des désordres au bâti. Second poste d'indemnisation aux catastrophes naturelles ce risque concerne la France entière avec 8 500 communes métropolitaines touchées.

Les simulations du climat à venir prévoient des épisodes de sécheresse et une augmentation de l'intensité des pluies, mais sans capacité de simuler leur alternance à des échelles fines de temps et d'espace. Il faut donc s'en tenir à l'inventaire des aléas connus pour indiquer les secteurs a priori sensibles où respecter les principes de prévention (Fig. 1). Plus de 4 millions de maisons sont potentiellement très exposées en métropole. Les cartes, recommandations et réglementations afférentes sont disponibles sur le site de la *Direction Générale de la Prévention des Risques* (DGPR).

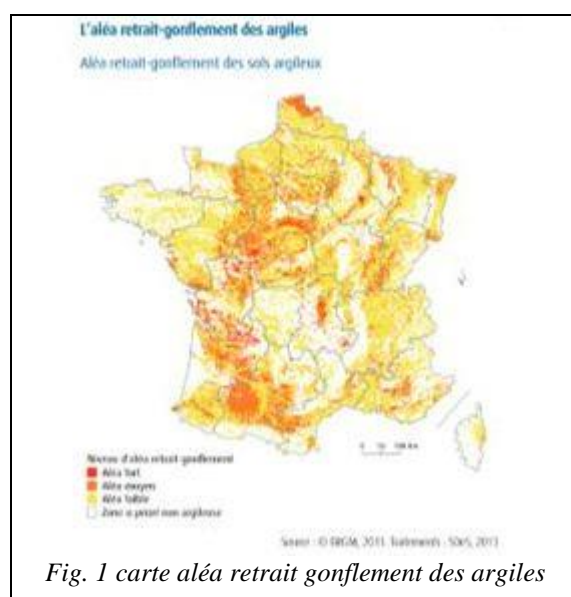
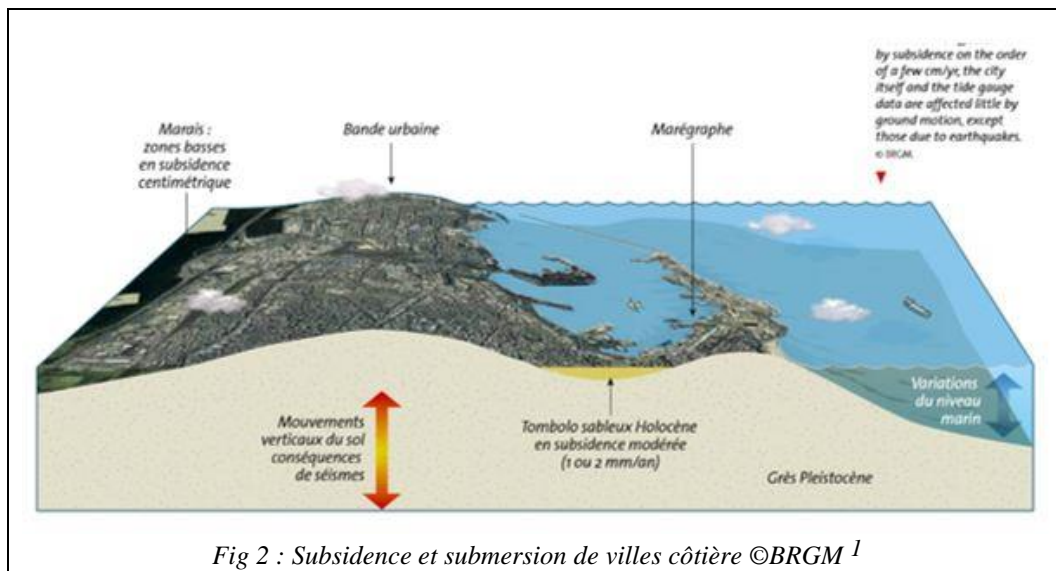


Fig. 1 carte aléa retrait gonflement des argiles

2 - Le risque d'une subsidence urbaine amplifiant le risque de submersion

Une proportion très élevée de la population mondiale s'est concentrée sur les côtes, avec une densité cinq fois supérieure à celle des autres régions habitées. Or dans les villes côtières, l'exploitation intensive des nappes phréatiques et le poids des constructions viennent tasser des sols déjà hautement compressibles à des vitesses annuelles d'ordre millimétrique à pluri-centimétrique. Cette baisse de niveau des sols urbains amplifie souvent le risque de submersion marine (Fig.2). Avec l'élévation annoncée du niveau de la mer, de nombreuses métropoles deviennent ainsi toujours plus vulnérables, celles d'Asie étant les plus menacées.



Devant les risques économiques encourus d'ici 2070, les grandes métropoles côtières optent presque toutes pour la mise en place de grands investissements de défense du littoral. Un débat international en cours tente d'isoler, dans l'aide mondiale au développement, une enveloppe comprise entre 1 % et 5 %, soit 1 à 5 milliards de dollars.

D'autres solutions dites *douces* visent juste à limiter les submersions marines aux zones urbaines. En France, où une hausse de la mer de 6 cm est prévue d'ici 2100, le *Plan de prévention des risques côtiers* enlève déjà certaines digues de zones humides ou marais côtiers, et limite l'urbanisation du littoral.

Des risques naturels avec pertes environnementales

1 - Les risques d'inondation

Les risques inondation représentent la moitié des catastrophes naturelles mondiales en raison de leur fréquence. C'est le premier risque naturel en France au vu des dommages qu'il provoque, du nombre de communes concernées, de l'étendue des zones inondables (27 000 km²) et des populations y résidant (5,1 millions de personnes). L'attractivité des sols alluviaux, faciles d'accès et souvent très fertiles, a contribué de longue date à cette vulnérabilité aux inondations. Mais, de fait, lors des crues elles-mêmes, le rôle des sols, alors saturés, se limite à leur perte de capacité d'infiltration des pluies, et donc à une contribution très mineure à l'inondation face aux flux en jeu²

En France, pour se préparer à l'accentuation annoncée de la fréquence d'évènements extrêmes, les *schémas régionaux de cohérence écologique* (trames verte et bleue) visent à protéger les réservoirs de biodiversité et les corridors écologiques, et incluent largement les sols alluviaux. La prévention s'oriente aussi vers des solutions douces, comme l'accroissement des zones d'expansion de crues et le développement de pratiques agro-écologiques, mesures bénéfiques aux fonctions des sols et à leur biodiversité.

2 - Les risques d'instabilité des sols et des versants

Les chutes de blocs, les glissements de terrains et les coulées boueuses traduisent une perte de la régulation des flux d'eau et de matière, assurée par les sols et leur substrat. Déclenchés souvent par des précipitations très intenses ou à l'inverse des épisodes de sécheresse, plus rarement (en France) par des

¹ Daniel RAUCOULES, Gonéri LE COZANNET, Marcello DE MICHELE, Guy WÖPPELMANN et Anny CAZENAVE : *Subsidence et élévation du niveau marin dans les villes côtières : apports de l'interférométrie radar satellitaire*, Éditions Géosciences (2013)

² *Inondations, agriculture et société, le besoin d'une parole juste*, AAF avis d'académicien 2-12-2018

séismes, voire en effet cascade par des sollicitations anthropiques (vibration, terrassement, exploitation de matériaux...), ces mouvements de masse sont rapides et se manifestent en général très localement. Leur surveillance est souvent nécessaire. Chaque contexte étant très spécifique, il faut trouver au cas par cas des méthodes de mesures et de suivi pertinentes, et économiquement réalistes face aux éléments exposés.

Au niveau national, les éléments factuels sont consignés en base de données – au Ministère de la Transition Écologique et Solidaire – sous forme de portraits de territoires régionaux. Cela permet des diagnostics collectifs de vulnérabilité et l'établissement de *Plans de Prévention des Risques* (PPR).

Dans ce contexte de changement climatique, le dégel des terrains de montagnes relève du recul du permafrost ; sous nos latitudes, il pourrait amplifier ces instabilités simultanément à des pertes d'écosystèmes de haute montagne. Ces risques sont attendus a priori plutôt dans les régions inhabitées des Alpes et des Pyrénées, toutefois des installations touristiques ou d'agriculture de montagne pourraient aussi en être frappées.

Le changement climatique : vers d'autres pertes et d'autres risques de dimension mondiale

1 -Le changement climatique amplifie-t-il la disparition de ressources en eaux et sols (salinisation) ?

En zone côtière, la double perte de ressources en sols et en eau est en passe d'atteindre une dimension mondiale du fait de la conjonction entre la remontée du niveau marin, favorisant les intrusions salines, et la pression anthropique pour l'irrigation ou les besoins d'eau potable³.

L'alerte est clairement donnée en contexte méditerranéen, où les remédiations seront très difficiles à mettre en œuvre et demanderont du temps (*Fig.3*). Une programmation européenne conjointe appelle les pays à collaborer durant 5 à 10 ans sur tout le pourtour méditerranéen au sein du partenariat PRIMA.

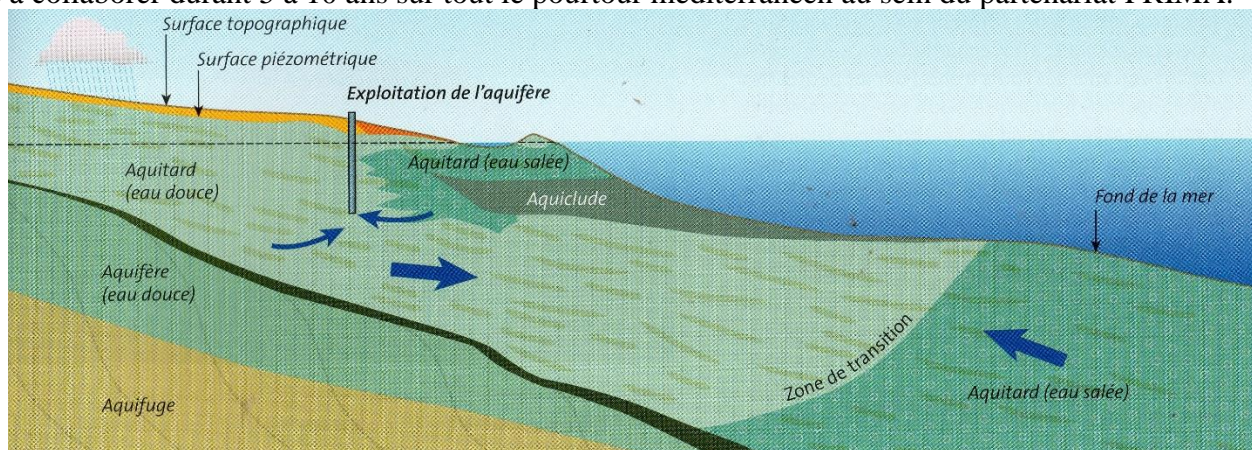


Fig.3 Intrusion saline dans l'aquifère supérieur en lien avec la mer et par infiltration d'eaux saumâtres ©BRGM

2. Le changement climatique influence-t-il le fonctionnement du sol ?

Le recul du Permafrost en zone arctique est un exemple marquant. Le pergélisol ou cryosol s'y maintient sous 0° C depuis des dizaines d'années, voire même des centaines ou des milliers d'années et représente 25 % des terres émergées dans l'hémisphère Nord. ; il contient notamment de la glace sous diverses formes et du carbone organique. Avec les changements climatiques actuels, sa fonte est signalée en maints endroits du cercle arctique, et les conséquences sont déjà notables sur l'environnement local : instabilité d'infrastructures initialement conçues pour des sols gelés en permanence, ou modifications des pâturages des rennes, avec une inquiétude croissante des populations nomades vivant de leur élevage.

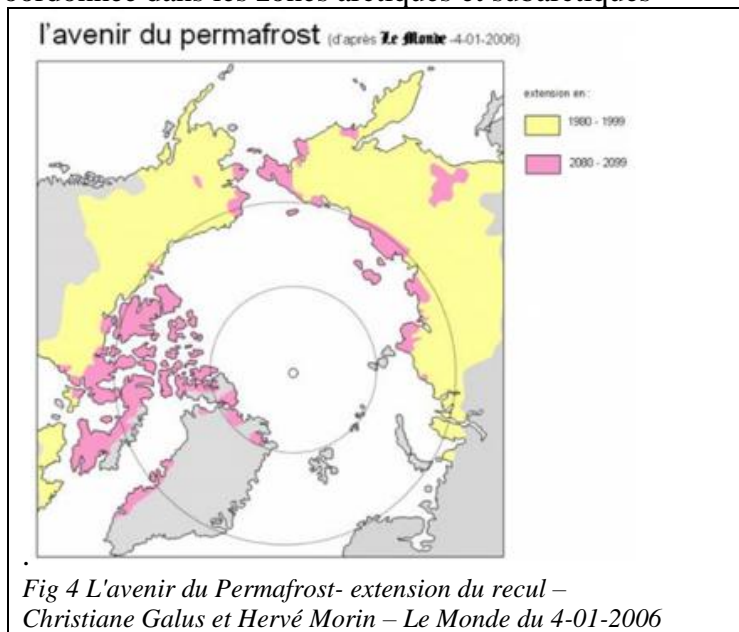
Les expérimentations et les données manquent encore pour estimer d'autres perturbations comme la stabilité des terrains, les régimes hydrologiques, la qualité de l'air et de l'eau, enfin la décomposition de la matière organique du sol dégelé ; or cette dernière s'accompagne de production et de relargage de méthane.

³ Inondations, agriculture et société, le besoin d'une parole juste, AAF avis d'académicien 2-12-2018

et : Gonéri LE COZANNET, Robert NICHOLLS, Jochen HINKEL, William SWEET, Kathleen MC INNES, et al.. *Sea level change and coastal climate services: The way forward. journal of marine science and engineering*, MDPI AG, Basel, Switzerland (2017), 5 (4), pp.49

Sur la base des projections sur le recul du permafrost déjà esquissées (Fig.4), l'amplification de ce relargage de méthane pourrait avoir un très fort impact sur l'effet de serre, engageant tout un engrenage de rétroactions potentielles⁴.

Pour avancer dans la compréhension de ces mécanismes, de nombreux chercheurs travaillent de façon coordonnée dans les zones arctiques et subarctiques



3- Le sol peut-il influencer le climat ?

Grâce aux récentes évaluations internationales sur le cycle du carbone, la teneur en carbone dans la matière organique des sols est estimée 2 à 3 fois supérieure à celle de l'atmosphère en CO₂. Si le dégel des cryosols peut avoir un impact négatif, les sols agricoles et forestiers pourraient eux stocker davantage de carbone qu'ils n'en émettent. Des programmes de recherche, telle l'initiative 4 pour 1000, encouragent la mise en œuvre de pratiques favorables à ce stockage, jusqu'à l'atteinte d'un nouvel équilibre. Cet effort, qui peut prendre environ 50 ans, vise un double bénéfice : contribuer à compenser des émissions anthropiques de CO₂ tout en renforçant la sécurité alimentaire.

Ce qu'il faut retenir

Les sols prennent une part significative dans un certain nombre de risques naturels. Les politiques de prévention les prennent en compte principalement sous l'angle géotechnique, pour préserver ou restaurer en priorité la fonction support du sol.

Les pressions anthropiques et climatiques perturbent diverses fonctions écosystémiques assurées par les sols, ce qui participe à l'amplification de risques naturels comme la submersion en zone côtière ou les mouvements de terrain. D'autres risques plus diffus, comme la salinisation des sols ou le recul du permafrost, sont aussi en cours d'amplification, avec déjà des pertes de ressources en sol et en eau. À une échelle globale, ces pertes environnementales accroissent les menaces sur la sécurité, la santé voire l'alimentation des sociétés humaines.

En France, pour établir un diagnostic, les politiques de prévention commencent à prendre simultanément en compte les enjeux humains, socio-économiques et environnementaux. Lorsque la prévention et la réduction des risques connaissent des limites, il s'agira de vivre avec l'aléa. Faire les bons choix ou des choix sans regret impose une meilleure connaissance des services écosystémiques rendus par les sols, l'eau et la biodiversité.

Pour en savoir plus :

- Autres risques et dégradations des sols : voir fiches 07.05.Q01 *Comment évaluer l'état de dégradation des sols* et 07.05.Q10 *La réalité de l'accaparement des terres*
- Coord. C. VALENTIN : *Les sols au cœur de la zone critique*, 6 livres, ISTE éditions (2018)
- BD : *Risques naturels* <http://www.georisques.gouv.fr/>
- MTES/ CGDD : *Repères - Chiffres-clés sols, climat, France et monde*, Ed. 2016
- PRIMA : *Partenariat pour la recherche et l'innovation dans la région méditerranéenne sur les systèmes alimentaires et les ressources en eau pour des sociétés méditerranéennes durables et inclusives* (H2020) Coord C. Valentin : *Les sols au cœur de la zone critique, dégradation et réhabilitation*, ISTE éditions (2018)

⁴ Heimann M.& Reichstein M. Terrestrial : *Ecosystem carbon dynamics and climate feedbacks*, Nature 451, p.289-92