



CONSTRUCTION D'UN SOL URBAIN À PARTIR DE DÉCHETS

Philippe Bataillard

6 décembre 2023

LE SOL AU DEVANT DE LA SCÈNE

Nouvelle stratégie européenne en faveur des sols – une Directive cadre sol en 2024 ?

« Les sols sont essentiels pour l'alimentation, la nature et notre économie et méritent le même niveau de protection que l'eau, l'air ou le milieu marin. La proposition de législation sur **la santé des sols**, annoncée dans la stratégie de l'UE pour les sols à l'horizon 2030 vise à :

- préciser les conditions d'un sol en bonne santé,
- déterminer les options de surveillance des sols,
- établir des règles favorisant une utilisation et une restauration durables des sols ».

https://ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/13350-Sante-des-sols-proteger-gerer-et-restaurer-durablement-les-sols-de-lUE_fr

LOI n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets

Instaure un « **objectif national d'absence de toute artificialisation nette des sols en 2050** » incluant la renaturation des sols artificialisés (art. 192).

« 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 ».

“ARTIFICIALISATION”



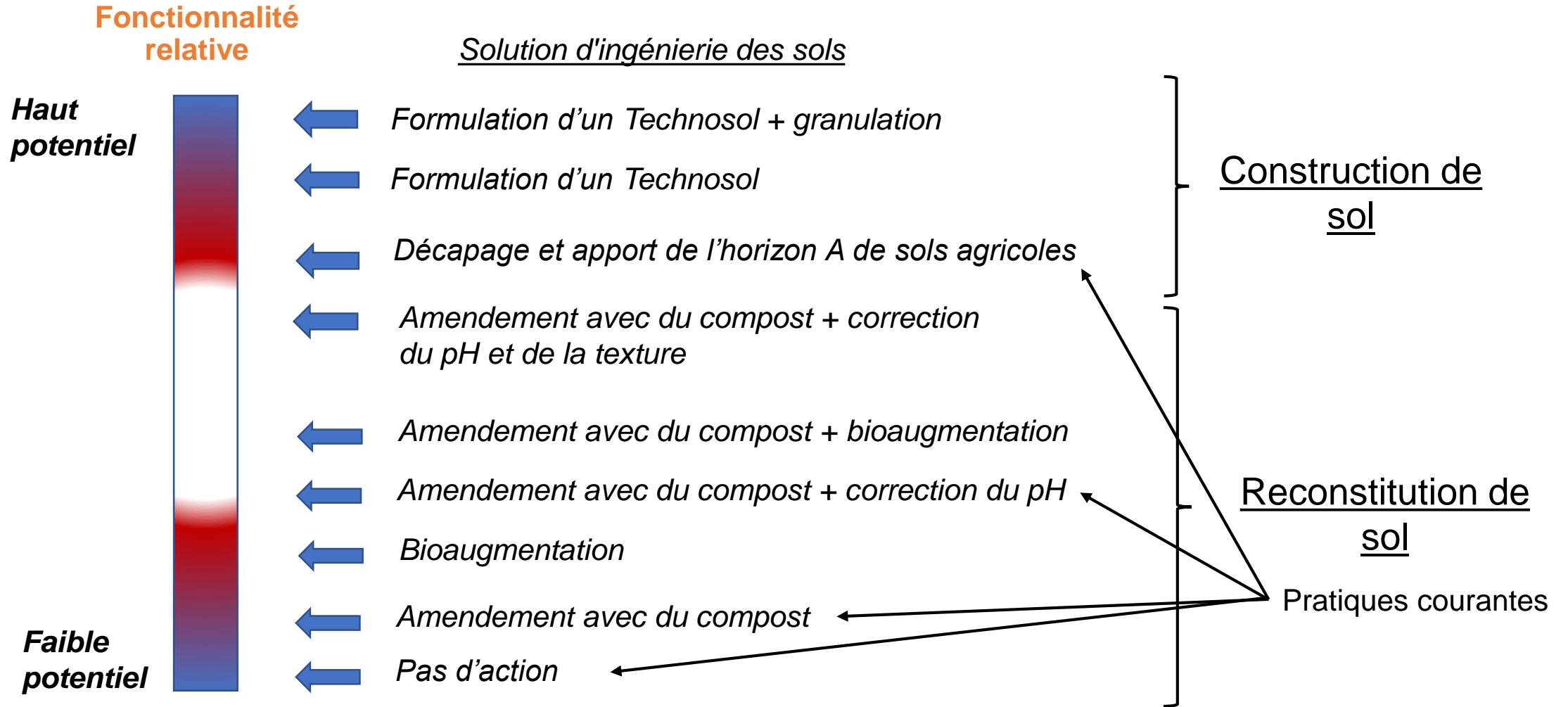
Saint-Pryvé-Saint-Mesmin (45) en 2022



Saint-Pryvé-Saint-Mesmin (45) dans les années soixante

Source: <https://remonterletemps.ign.fr/>

L'INGÉNIERIE PÉDOLOGIQUE EN CROISSANCE



CONSTRUIRE UN SOL

Exemple de réalisation :
Désartificialisation de la îône de Pierre
Bénite Lyon (France)

Avant les travaux



© Valterra DR



© Valterra DR



© Valterra DR



© Valterra DR

**Après les
travaux : 2
horizons*
installés sur 1
m d'épaisseur
pour la
production de
bois énergie**



SOLS FERTILES URBAINS



Passion & Solutions



DÉPOLLUTION & RÉHABILITATION



Géosciences pour une Terre durable



Aménagements publics
novaciéries



Géosciences pour une Terre durable

brgm

Philippe Bataillard

* Mélanges de terres excavées dépolluées, de boues de papèterie et de compost

LA GRILLE « ENVIRONNEMENTALE » :

Pour un mélange unique « TEX + compost », les principes à appliquer sont ceux du guide de valorisation des terres excavées en projet d'aménagement urbain

Valeurs limites libératoires ETM permettant le respect des 3 conditions du guide selon l'usage			
3. Usage résidentiel (incluant usage résidentiel individuel et jardins potagers) 5. Usage agricole (non commercial) 7. Usage renaturation	4. Usage récréatif de plein air	1.1. et 2. Usage tertiaire ou industriel avec bâti	1.2. Usage industriel sans bâti 8. Autres usages
Analyse en contenu total (mg/kg MS)			
As	100	100	200
Cd	100	100	200
Cr tot ¹			
Cu			
Hg ¹			
Ni			
Pb			
Zn	100	100	200

Valeurs en cours de discussion

¹ En cas de présence de Cr(VI) ou de mercure organique, il sera nécessaire de ne pas prendre en compte les valeurs proposées dans ce tableau. Dans ce cas, il sera nécessaire de réaliser une étude spécifique

20 décembre 2022 JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE FRANÇAISE Texte 16 sur 104

Décrets, arrêtés, circulaires

TEXTES GÉNÉRAUX

MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE ET DE LA COHÉSION DES TERRITOIRES

Décret n° 2022-1588 du 19 décembre 2022 relatif à la définition des types d'usages dans la gestion des sites et sols pollués

NOR : TRF2211224D

Publics concernés : exploitants d'installations classées pour la protection de l'environnement, collectivités, promoteurs immobiliers, aménageurs, particuliers, administration.

Objet : installations classées pour la protection de l'environnement, cessation d'activité, sols pollués, usages des sols, permis de construire, permis d'aménager.

Entrée en vigueur : le 1^{er} janvier 2024.

Notice : le 5^e de l'article 223 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets a introduit un nouvel article L. 556-1 A dans le 1^{er} paragraphe de l'article 223 de la loi n° 2021-1104 du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets. Le décret vient définir les différents types d'usages à prendre en compte : dans le cadre du dossier de demande d'autorisation en application des articles D. 512-52 et R. 512-46-4, dans le cadre de la détermination de l'usage futur lors des cessations d'activité encadrées par les articles R. 512-50-2, R. 512-46-26 ou R. 512-66-1, dans le cadre de l'usage défini par un inter-décret en application de l'article R. 512-70 et dans le cadre des évaluations de demandes de permis de construire ou d'aménager en application des articles L. 556-1 et L. 556-2 du code de l'environnement. A cet effet, il définit également le changement d'usage au sens de L. 556-1. Enfin, le décret précise les modalités d'application des articles L. 556-1 et L. 556-2 en cas de changement d'usage pour un usage d'accueil de populations sensibles.

Références : le code de l'environnement modifié par le décret peut être consulté, dans sa rédaction issue de cette modification, sur le site Légifrance (<https://www.legifrance.gouv.fr>).

La Première ministre,

Sur le rapport du ministre de la transition écologique et de la cohésion des territoires,

Vu le code de l'environnement, notamment ses articles L. 556-1 A à L. 556-2, D. 181-15-2, R. 512-39-2, R. 512-39-3, R. 512-39-5, R. 512-46-4, R. 512-46-26, R. 512-46-27, R. 512-66-1, R. 512-75-1, R. 512-76, R. 512-78, R. 512-79, R. 556-1 et R. 556-2 ;

Vu les observations formulées lors de la consultation du public réalisée du 21 avril au 11 mai 2022, en application de l'article L. 123-19-1 du code de l'environnement ;

Le Conseil d'Etat (section des travaux publics) entendu,

Décret :

Art. 1^{er}. – Avant l'article R. 556-1 du code de l'environnement, il est inséré un article D. 556-1 A ainsi rédigé :

« Art. D. 556-1 A. – 1. – Les types d'usages, au sens du présent chapitre, sont les suivants :

« 1^{er} Usage industriel, pouvant comprendre un bâtiment (compte des entrepôts), des infrastructures industrielles et, au cas échéant, des aménagements accessoires, tels que des bureaux ou des places de stationnement associées à l'activité industrielle ;

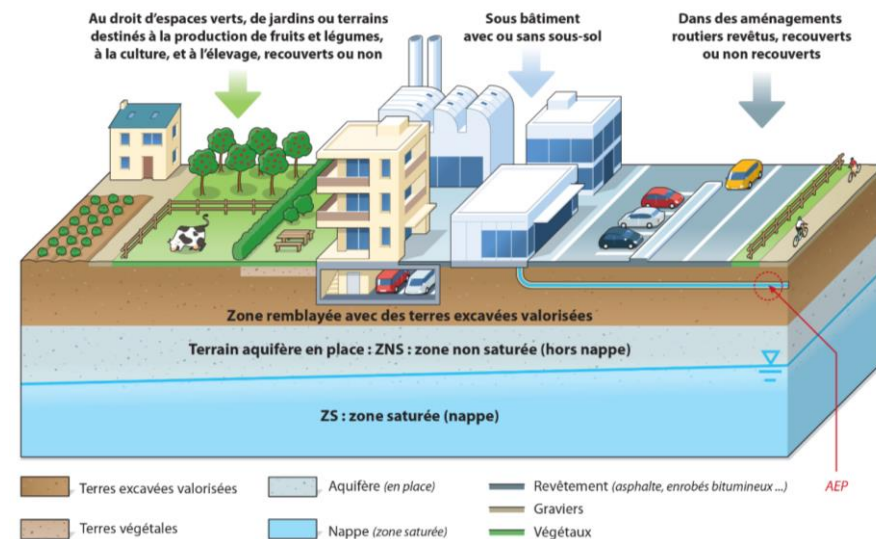
« 2^e Usage tertiaire, correspondant notamment aux commerces, aux activités de service, aux activités d'artisanat ou aux bureaux ;

« 3^e Usage résidentiel, comprenant un habitat individuel ou collectif, et, le cas échéant, des jardins pouvant être destinés à la production non commerciale de denrées alimentaires d'origine animale ou végétale ;

« 4^e Usage récréatif de plein air, correspondant notamment aux parcs, aux aires de jeux, aux zones de pêche récréative ou de baignade ;

« 5^e Usage agricole, correspondant à la production commerciale (notamment au sein d'exploitations agricoles) et non commerciale (notamment au sein de jardins familiaux ou de jardins partagés) d'aliments d'origine animale ou végétale, à l'exception des activités sans relation directe avec le sol ;

« 6^e Usage d'accueil de populations sensibles, correspondant aux établissements accueillant des enfants et des adolescents de façon non occasionnelle, aux établissements de santé et établissements et services sociaux et





ATTENTION

LES USAGES EXCLUS DU GUIDE :

5° Usage agricole,
production commerciale de denrées alimentaires d'origine animale ou végétale ;



Voir MASA

6° Usage d'accueil de populations sensibles, correspondant aux établissements accueillant des enfants et des adolescents de façon non occasionnelle, aux établissements de santé et établissements et services sociaux et médico-sociaux, et aux éventuels aménagements accessoires, tels que les aires de jeux et espaces verts intégrés dans ces établissements ;



Etude au cas par cas

La valorisation hors champ du guide TEX reste possible selon le contexte (sites industriels et miniers, mélanges avec d'autres déchets). Dans ce cas, respecter les 3 conditions:

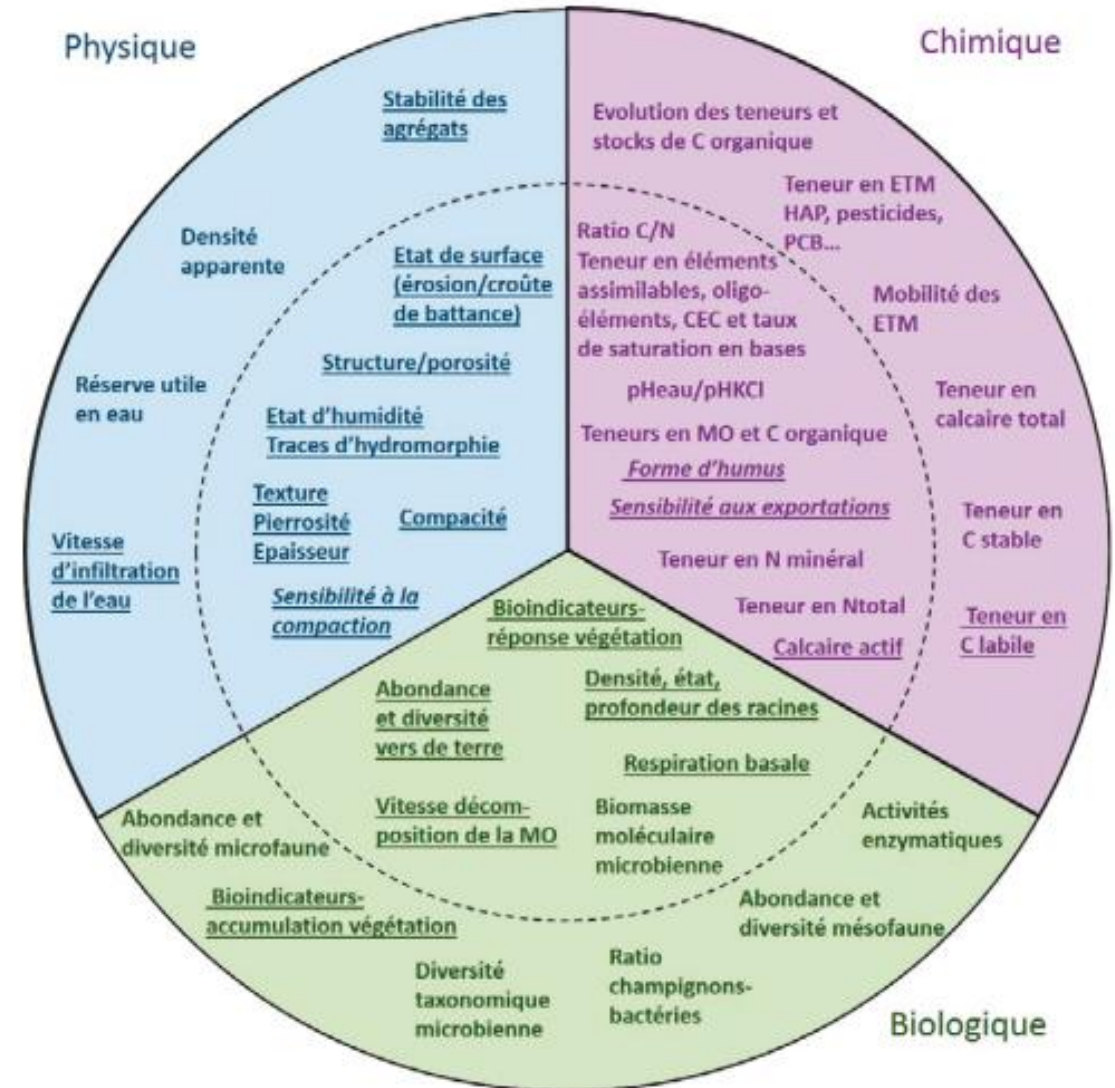
- Préservation de la qualité des sols
- Préservation de la ressource en eau
- Compatibilité sanitaire

LA GRILLE « TECHNIQUE »:

Exemple de paramètres et d'indicateurs utiles pour juger de la « qualité » du sol, d'après Calvaruso et al. (2020)

Les « recettes » de sols sont nombreuses mais, il est essentiel de respecter certains fondamentaux

- Le sol est un objet 3D qui évolue avec le temps.
- C'est un biotope qui se transforme par (et pour ?) le vivant, dont l'Homme, et à plus long terme, du fait du climat.
- La présence **simultanée** de vides et d'agrégats réactifs sont les piliers de la multifonctionnalité du sol.



« PRÉCISER LES CONDITIONS D'UN SOL EN BONNE SANTÉ »

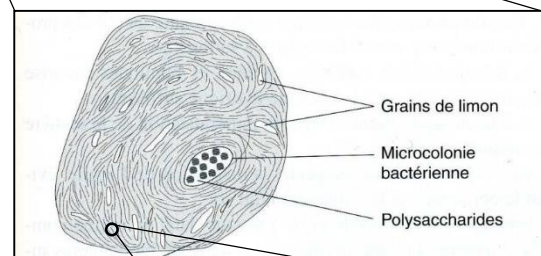
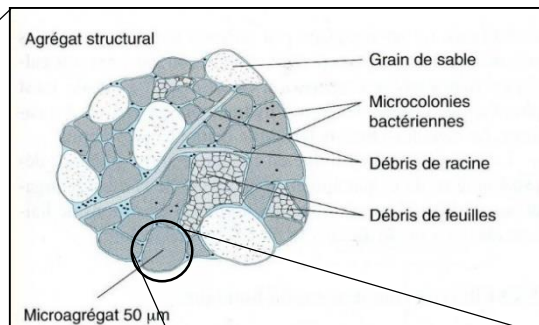
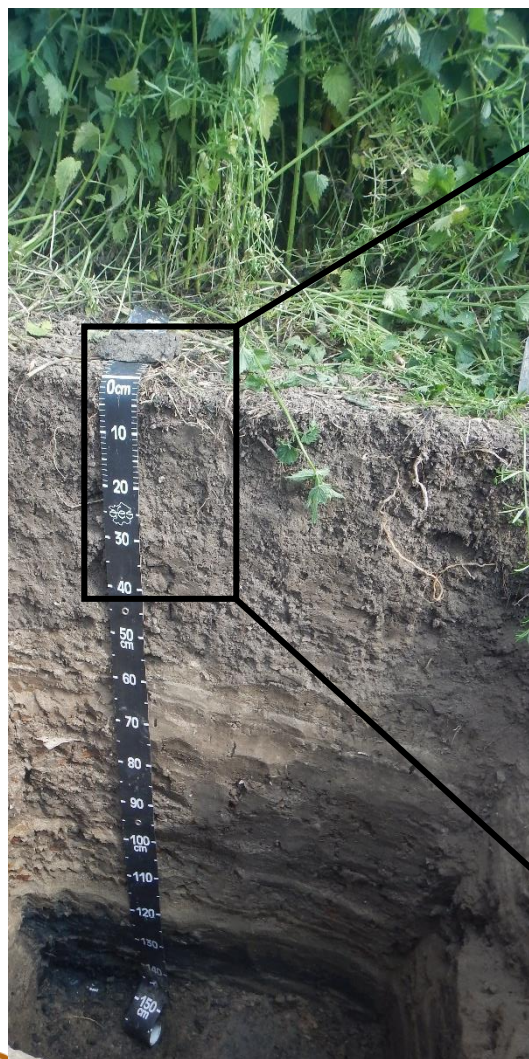
Pour la FAO, un sol en bonne santé est

« un **écosystème vivant dynamique**, fourmillant d'organismes microscopiques ou de plus grandes tailles qui remplissent de nombreuses fonctions vitales : **conversion des matières mortes** et en putréfaction et des minéraux en nutriments pour les végétaux (cycle des nutriments) ; lutte contre les maladies des plantes, les insectes et les adventices, **amélioration de la structure du sol** bénéfique pour la capacité de rétention de l'eau et des éléments nutritifs des sols, et enfin **amélioration de la production végétale**. **Un sol sain contribue aussi à l'atténuation du changement climatique en conservant ou en augmentant sa teneur en carbone »**

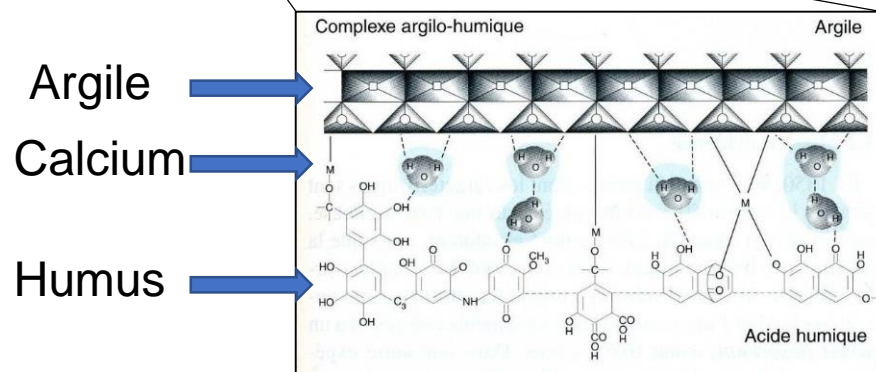
(<https://www.fao.org/soils-2015/news/news-detail/fr/c/277685/>)

= fort accent mis sur la **dynamique** de la matière organique.

LA CLEF DE LA FERTILITÉ DU SOL: LES ASSOCIATIONS ORGANO-MINÉRALES



Cet édifice réactif était anciennement appelé « complexe argilo-humique »



Source: Le sol vivant - Bases de pédologie, biologie des sols. Gobat J.-M., Agagno M. et Matthey W., 2003, Presses polytechniques et universitaires romandes

1. Caractérisation des matériaux disponibles

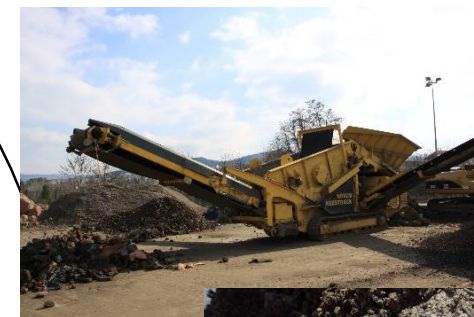


UNE APPROCHE POSSIBLE

2. Démarche d'ingénierie pédologique

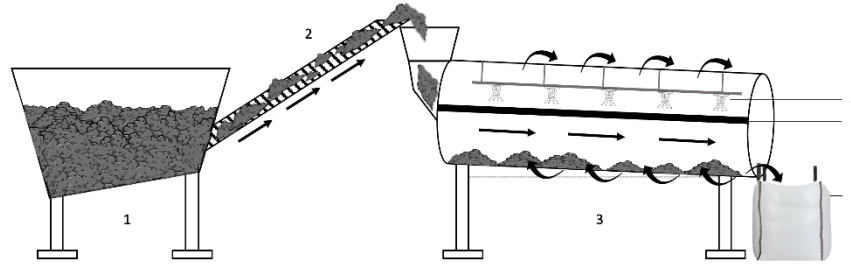
- Correction de la **texture et du taux de matière organique**,
- Correction de la **minéralogie**, avec un focus sur le type d'argile et le taux de carbonate,
- **Structuration du mélange** et, éventuellement, **surimposition des horizons de différentes natures** pour donner au mélange la porosité dont il a besoin pour la circulation de l'eau, de l'air et des racines.

3. Formulation, préparation et mise en place



Et beaucoup d'autres...

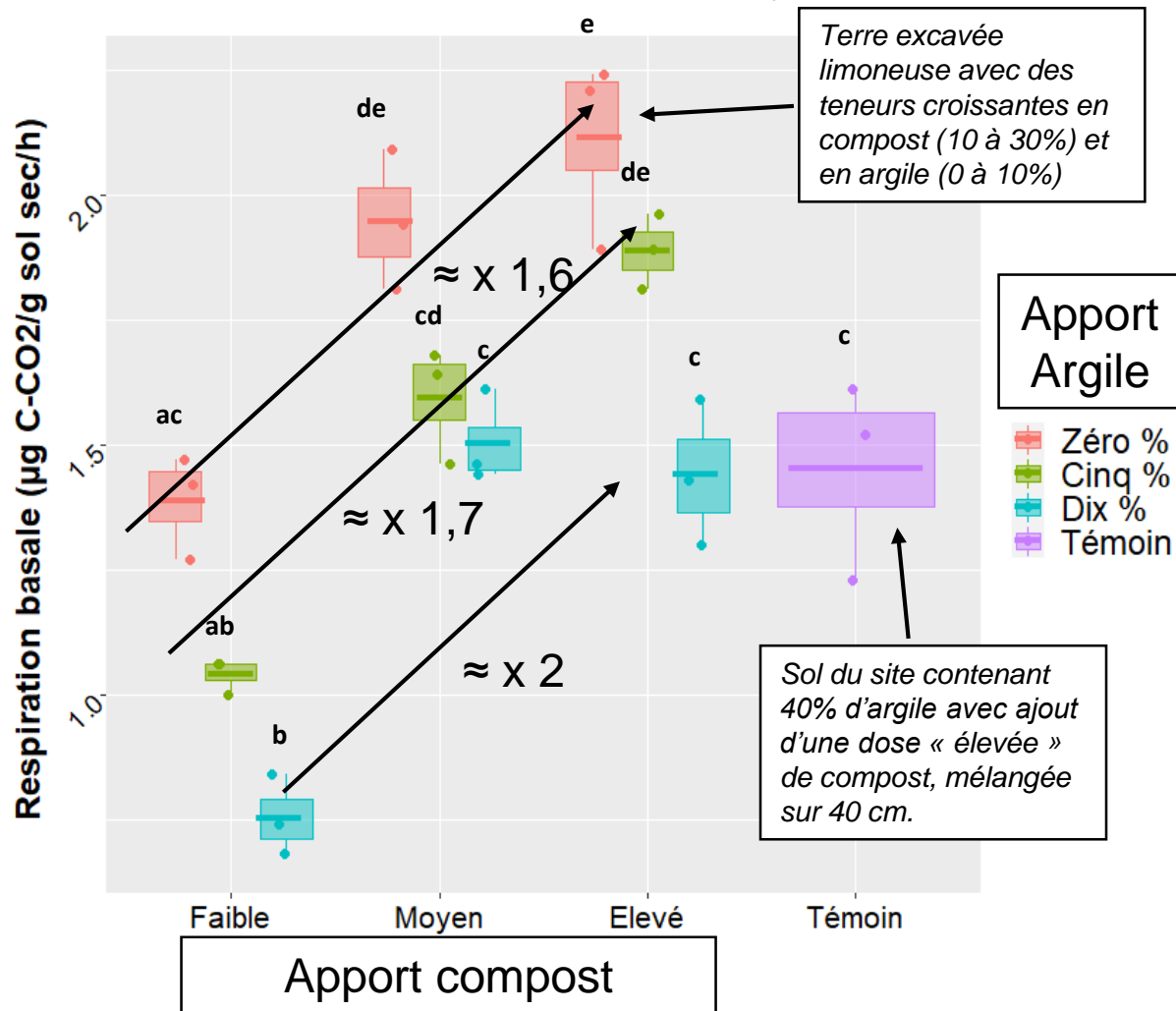
EFFET DE LA GRANULATION



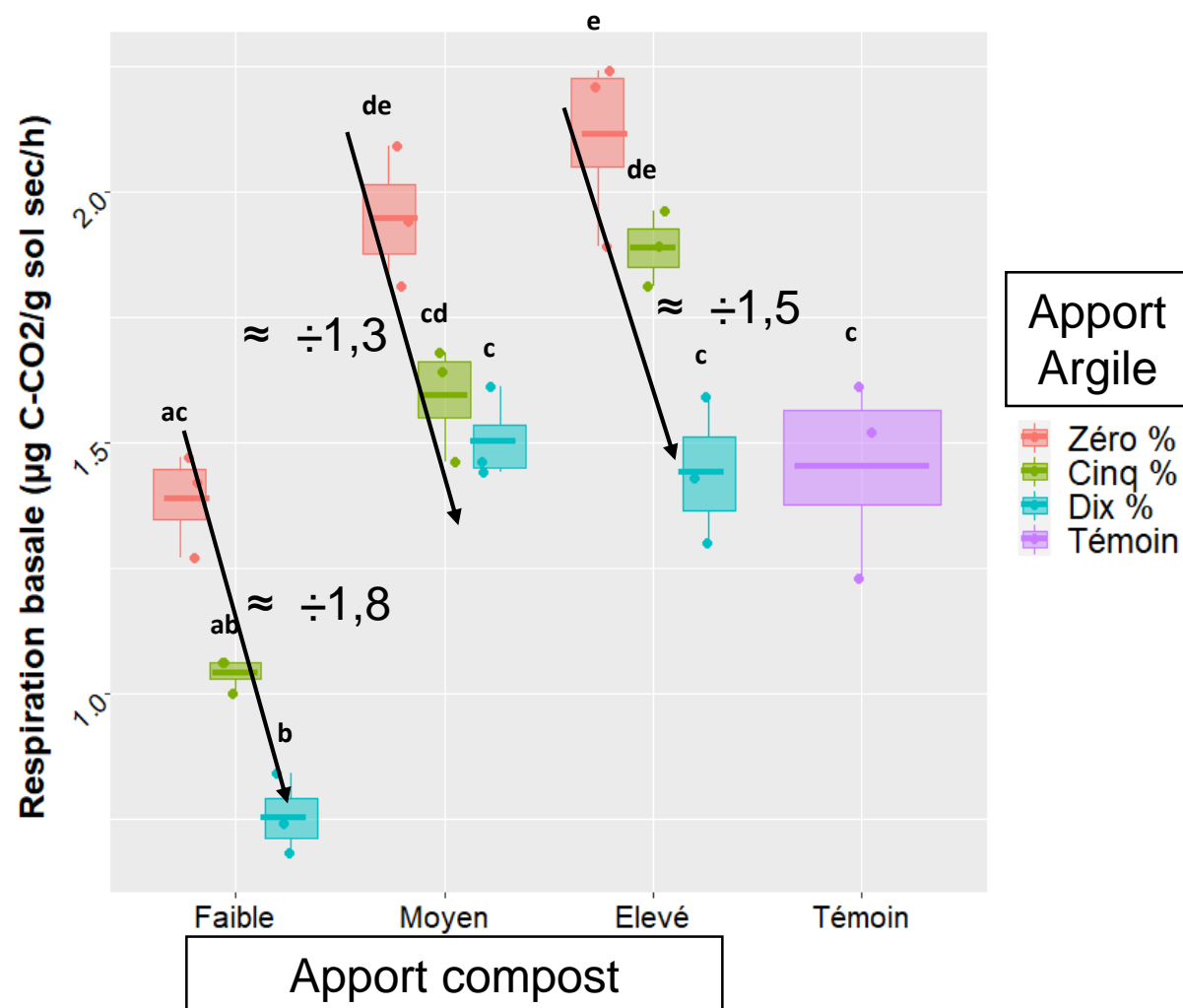
1. Trémie d'alimentation 2. Convoyeur à bande pour le transfert du mélange 3. Cylindre de pelletisation 4. Rampe de pulvérisation 5. Rampe de raclage 6. Big bag à la sortie du cylindre pour recueillir les mélanges granulés



MESURES DE L'ACTIVITÉ BIOLOGIQUE DES SOLS CONSTRUITS



La minéralisation du carbone :
- Augmente avec l'apport de MO



La minéralisation du carbone :
- Diminue avec l'augmentation d'argile

CONCLUSION

- La construction de sol fertile urbain est une solution pour désartificialiser les milieux très anthropisés, tout en valorisant une ressource secondaire,
- L'ingénierie pédologique livre un **potentiel** = le mode d'occupation et l'itinéraire technique influenceront aussi sur l'évolution du sol construit,
- La recherche actuelle développe des **procédés de construction de sol**, ainsi que des méthodes d'évaluation de leur **fonctionnalité** à partir de leur **état** physique, chimique et biologique.



MERCI !



Géosciences pour une Terre durable

brgm