

// Description générale et caractérisation de l'entité de la SfN

I.1 Définition et différentes variantes existantes

Définition

L'amélioration ou la fertilité des sols n'est pas limitée à sa consistance en tant que milieu de culture, ni à sa teneur minérale, mais elle comprend un ensemble de pratiques agricoles dépendantes de l'environnement et des choix de l'agriculteur.

Pour maintenir les performances de cet environnement, source principale de production d'aliments, il est essentiel de fournir tous les composants physiques, biologiques et chimiques (Huber et Schaud, 2011).

L'augmentation de la qualité agronomique du sol est une autre façon d'améliorer le sol. Elle comprend :

- (i) l'intégration ou l'amélioration de la gestion nutritive ;
- (ii) l'augmentation de la séquestration du carbone ;
- (iii) le renforcement de l'infiltration de l'eau ;
- (iv) l'approvisionnement en eau dans la zone racinaire de la plante et
- (v) la prolifération des organismes auxiliaires dans le sol (Council et al., 2009).

Différentes variantes existantes

=> Amélioration physique des sols (fertilité du sol physique)

Cette variante est définie par une capacité plus forte ou plus faible à créer et à maintenir un état physique du sol favorable à un système de culture (Monnier et al., 1982). Les éléments qui composent la fraction de terre fine réunis par l'humus constituent des agrégats, qui forment entre eux des espaces lacunaires remplis d'air et d'eau. Il s'agit du complexe argilo-humique, qui est floculé par la présence de calcium et donne au sol une structure stable. De plus, les propriétés physiques des sols influencent les facteurs suivants :

- Circulation de l'air : sans air dans le sol, les racines ne peuvent pas respirer et les plantes meurent d'asphyxie. Le manque d'air provient la plupart du temps d'un excès d'eau.
- Circulation et rétention de l'eau : l'eau apporte des nutriments à la plante et la plante régule sa température par perspiration. La rétention de l'eau dans le sol influence la lixiviation, le taux d'infiltration, le taux d'écoulement
- Le sol est plus ou moins résistant au décollement ; cette propriété s'appelle l'érodibilité. Elle est étroitement liée à la stabilité structurelle du sol, définie en détail ci-dessous.

Plusieurs solutions existent :

- La mise en place d'un sol structurel pour éviter le tassement du sol (voir la SfN « sol structurel »).
- Le maintien d'un couvert végétal continu en utilisant des taux de stockage appropriés.
- Le travail profond des sols ou des couches compactes.
- La mise en place d'un engrais vert court pour augmenter la teneur organique et réduire le tassement et l'érosion.
- L'application de gypse sur des sols sodiques.



Adapté de Mickaël GREVILLOT Chambre Départementale 70

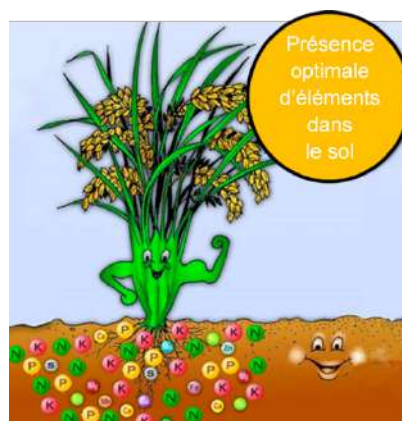
=> Amélioration chimique des sols

L'amélioration chimique des sols est liée à la nutrition minérale des plantes via les concepts de biodisponibilité des éléments, de déficiences, de toxicités et d'équilibres. Une nutrition équilibrée implique que la plante trouve (en quantité suffisante) et absorbe (équilibre chimique, pH favorable, disponibilité en eau pour favoriser l'absorption, minéralisation de la matière organique...) tous les éléments dont elle a besoin. Ces nutriments différents sont présents sous de nombreuses formes et seule une partie est directement disponible dans les plantes. En fait, la matière organique et les minéraux du sol doivent être transformés (respectivement par minéralisation et dissolution) de sorte que les éléments qui les constituent s'intègrent aux plantes.

Aucun de ces facteurs ne doit être négligé afin d'obtenir un sol de bonne qualité. La fertilité dépend des conditions environnementales (roche de fond, nature des minéraux, texture, climat...) mais aussi, et surtout, de la présence d'activités humaines, y compris les pratiques agricoles et de sylviculture.

Plusieurs solutions existent :

- L'amendement à base de matières organiques (compost) pour garantir le stockage à long terme des nutriments pour les plantes
- Les fertilisants minéraux pour satisfaire la nutrition immédiate des plantes
- L'amendement à base de calcaire dans les sols acides
- La plantation d'espèces légumineuses pour favoriser l'intégration d'azote dans le sol (fixation symbiotique)
- La bioremédiation et la phytoremédiation pour réduire les polluants chimiques qui sont toxiques pour les plantes (voir SfN « phytoremédiation »).



Nutrition des plantes et éléments requis
© International Rice Research Institute



Gestion nutritive du gazon

© Département de l'agriculture du Maryland

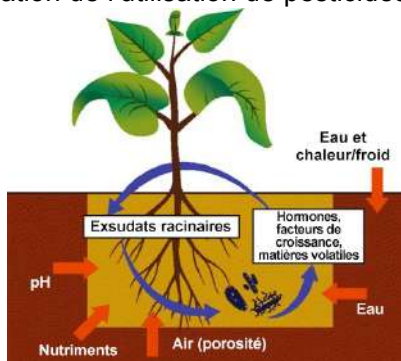
=> Amélioration biologique des sols

Les processus biologiques des sols sont extrêmement variés et complexes (Lavelle et Spain, 2001). Le niveau de complexité limite notre capacité à évaluer ou à prévoir l'état biologique du sol via la mesure de l'abondance des organismes ou de leur activité (Pankhurst and Van Der Kraak, 1997). Cependant, la fertilité biologique des sols peut être désignée comme suit : activité biologique du sol ou santé biologique du sol. Toutes ces appellations peuvent être définies comme la capacité des organismes vivant dans le sol (micro-organismes, faune et racines) à contribuer à l'apport nutritif des plantes et à l'alimentation par pâturage des animaux en vue de favoriser la productivité, la reproduction et la qualité (en termes de bien-être des hommes et des animaux) tout en maintenant des processus biologiques qui contribuent positivement à l'état physique et chimique du sol (Abbott et Murphy, 2003).

Plusieurs solutions existent :

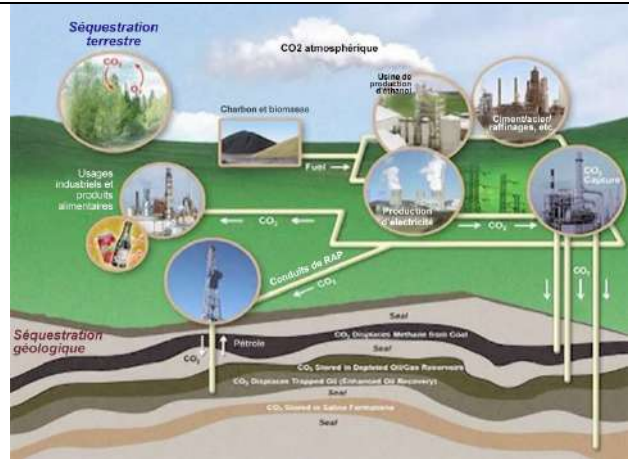
- Des amendements et des fertilisants organiques qui stimulent et augmentent l'activité et la diversité biologiques du sol
- La mycorhization des plantes est possible pour certaines espèces. Elle favorise l'apport en nutriments et en eau pour le sol par les plantes

L'élimination de l'utilisation de pesticides en faveur de la protection biologique



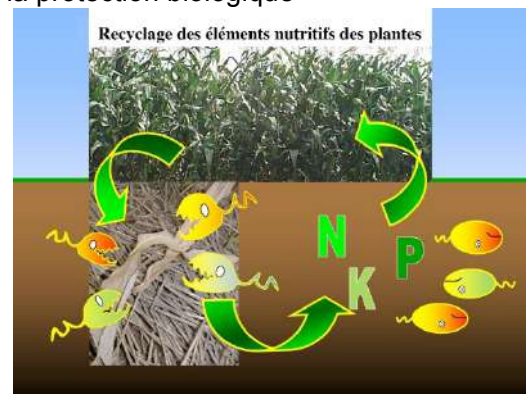
L'impact des micro-organismes, de la faune et des racines sur la fertilité du sol

© (Chaparro et al., 2012)



Séquestration du carbone urbain

© Richard Martin, WLRD Environmental Programs



La litière désagrégée ou décomposée par des microbes du sol © Richard Stehouwer

I.2 Enjeux urbains principaux et secondaires associés + impacts		
Principaux enjeux et sous-enjeux ciblés par la SfN	04 Biodiversité et espace urbain > 04-2 Développement et régénération de l'espace urbain > 04-3 Gestion de l'espace urbain 05 Gestion des sols > 05-1 Gestion et qualité des sols 06 Efficacité des ressources > 06-1 Aliments, énergie, eau	<ul style="list-style-type: none"> - Pratiques de gestion durables, couvert végétal, accessibilité - Réduction du tassement des structures - Immobilisation ou stabilisation des polluants dans un sol de dragage afin d'atténuer et d'éliminer, de préférence, les impacts écologiques - Réduction de la contamination des sols par la déshydratation et la portance (immobilisation) - Amélioration de la croissance des plantes
Bénéfices connexes et enjeux prévus	06 Efficacité des ressources > 06-1 Aliments, énergie, eau > 06-3 Déchets > 06-4 Recyclage 11 Économie verte > 11-1 Économie circulaire	<ul style="list-style-type: none"> - Amélioration de la croissance des plantes - Les déchets générés par des activités urbaines et industrielles comme les déchets verts ou les boues peuvent être recyclés et compostés, puis utilisés comme amendement organique - Favoriser l'économie locale en réduisant les coûts de transport et l'utilisation des déchets locaux - Changement de l'image de l'environnement urbain
Effets négatifs possibles	02 Gestion et qualité de l'eau urbaine > 02-1 Gestion des eaux urbaines 04 Biodiversité et espace urbain > 04-1 Biodiversité	<ul style="list-style-type: none"> - Les amendements du sol peuvent altérer l'environnement physique et chimique des organismes du sol

III/ Informations plus détaillées sur l'entité de la SfN

II.1 Description et implication à différentes échelles spatiales	
Échelle à laquelle la SfN est mise en œuvre	L'objet : rond-point, bâtiment, jardin privé Le voisinage : promenade, jardin public La ville : baie superficielle (Eid et Alansari, 2004)
Échelles affectées	Les échelles affectées sont dans la plupart des cas étendues. Elles concernent la parcelle du bâtiment lui-même à l'échelle de la ville.
II.2 Perspective temporelle (avec problèmes de gestion)	
Temps estimé avant que la SfN ne prenne entièrement effet après sa mise en œuvre	Les améliorations physiques et biologiques du sol peuvent devenir quasiment immédiates. L'amélioration chimique du sol comme la bio/phytoremédiation peut prendre plusieurs années (5 à 10 ans).
Durée de vie	La durée de vie de l'amélioration des sols dépend des conditions climatiques et de son utilisation. Par exemple, la durée de vie d'une promenade et des routes est de 20 à 50 ans.
Développement durable et cycle de vie	- Le sol urbain peut être amendé à l'aide de déchets organiques (Pascual et al., 1997)
Aspects relatifs à la gestion (type d'interventions + intensité)	- Choix d'un compost mûr pour éviter la biodégradation rapide et la possible réduction de la qualité du sol, conservation des résidus de la récolte, intégration de cultures de couverture dans le cycle rotatif, terreautage à base de plastique et de matériau naturel, travail du sol minimum et aucun travail du sol, pâturage contrôlé, amélioration des espèces de pâturage, utilisation contrôlée de l'irrigation

II.3 Intervenants impliqués/aspects sociaux

Intervenants impliqués dans le processus de décision	<ul style="list-style-type: none">- Propriétaires, copropriétaires (en cas de propriété commune)- Locataires- Éventuellement voisinage ou municipalité (jardins, square à la limite d'une propriété)
Intervenants et réseaux techniques	<ul style="list-style-type: none">- Sociétés spécialisées dans l'aménagement des espaces verts, horticulteurs et jardiniers
Aspects sociaux	<ul style="list-style-type: none">- Nécessité de trouver un accord avec tous les co-propriétaires d'un sol urbain => importance du processus participatif.- Nécessité d'informer la population sur les impacts réels afin de la rassurer concernant les préjugés répandus (risque d'utiliser un sol pollué).

II.4 Conception/techniques/stratégie

Connaissances et savoir-faire impliqués	<ul style="list-style-type: none">- La connaissance des mécanismes fondamentaux favorisera le contrôle des conditions de réutilisation des sols fins dans les terrassements et ouvrira des perspectives d'utilisation dans les parties qui sont désormais exclues, comme les talus dans les zones inondables, les talus contigus aux structures hydrauliques, les couches de voies ferrées.- Fertilité des sols : ne pas cultiver le sol sauf s'il est très compact. Le creusage détruit la structure du sol en réduisant les poches d'air et les espaces de drainage qui sont nécessaires dans les sols sains- Pour l'arrosage, utiliser un pistolet d'arrosage qui fonctionne de façon à ne pas tasser le sol avec le contact de l'eau. La pression concentrée du débit d'eau peut fermer des espaces d'air précieux- La répartition du compost et du vieux fumier sur le sol (avant terreautage) favorisera la présence de vers dans le jardin- Pour un sol argileux, appliquer du gypse pour fissurer le sol.
Matériel impliqué	<ul style="list-style-type: none">- Pierres : calcédoine, pouzzolane, calcaire dur, etc.- Sol (0 à 2 mm) : terre arable issue de parcelles agricoles (dont le sable a été retiré avant conversion pour une utilisation urbaine), ou sous-sol.- Matière organique : le compost de déchets verts fait partie des méthodes les plus utilisées (ressources importantes produites par toutes les villes)

II.5 Aspects légaux associés

Tous les matériaux (pierres, sol et matière organique) doivent respecter les normes environnementales et agronomiques en vigueur dans chaque pays.

II.6 Aspects économiques et financiers

Gamme de coûts	<ul style="list-style-type: none">- Le coût de l'amélioration des sols dépend de nombreux paramètres :<ul style="list-style-type: none">• Le coût du fertilisant est l'un des coûts les plus élevés pour l'étude du sol. Les fertilisants sont ajoutés pour compléter les nutriments qui sont naturellement dans le sol. L'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) sont les trois principaux nutriments ajoutés en grande quantité. Gardez à l'esprit que ces chiffres varient au fil de l'année et ne servent que d'exemples																														
	<table border="1"><thead><tr><th>Fertilisant à nutriment unique</th><th>Niveau</th><th>Nutriment</th><th>Teneur en %</th><th>Coût €/tonne fertilisant*</th></tr></thead><tbody><tr><td>Urée</td><td>46-0-0</td><td>N</td><td>46</td><td>410</td></tr><tr><td>Ammoniac anhydre</td><td>82 % N</td><td>N</td><td>82</td><td>637</td></tr><tr><td>UNA</td><td>28 %</td><td>N</td><td>28</td><td>271</td></tr><tr><td>Superphosphatetriples</td><td>0-46-0</td><td>P2O5</td><td>46</td><td>513</td></tr><tr><td>Muriate de potasse</td><td>0-0-60</td><td>K2O</td><td>60</td><td>466</td></tr></tbody></table>	Fertilisant à nutriment unique	Niveau	Nutriment	Teneur en %	Coût €/tonne fertilisant*	Urée	46-0-0	N	46	410	Ammoniac anhydre	82 % N	N	82	637	UNA	28 %	N	28	271	Superphosphatetriples	0-46-0	P2O5	46	513	Muriate de potasse	0-0-60	K2O	60	466
Fertilisant à nutriment unique	Niveau	Nutriment	Teneur en %	Coût €/tonne fertilisant*																											
Urée	46-0-0	N	46	410																											
Ammoniac anhydre	82 % N	N	82	637																											
UNA	28 %	N	28	271																											
Superphosphatetriples	0-46-0	P2O5	46	513																											
Muriate de potasse	0-0-60	K2O	60	466																											
	*Prix par tonne au 17 février 2011, rapports USDA																														

	<ul style="list-style-type: none"> Le coût du développement d'un labyrinthe potager serait de 16 €/m. Ce coût inclut : (i) Approvisionnement et terrassements du sol et limon (9 €/m³) et (ii) ajout d'amendements organiques (6 €/tonne)
--	---

Origine du financement (public, privé, public/privé, autre)	- Principalement public
--	-------------------------

II.7 Associations possibles avec d'autres types de solutions (autres solutions écologiques ou conventionnelles)

- L'amélioration des sols peut être utile à la création de jardins ou de vergers



Labyrinthe potager dans le parc et l'îlot Rossini, Lille, France

© (Eva Lanxmeer)

III/ Éléments clés et comparaison avec des alternatives

III.1 Facteurs de réussite et de limite

Facteurs de réussite	<ul style="list-style-type: none"> - Qualité et volume du sol pierreux - La bonne plante au bon endroit (par exemple, adapter la vigueur par rapport à la taille du mur/bâtiment)
Facteurs de limite	<ul style="list-style-type: none"> - La capacité de charge du sol est de quasiment 50 MPa - Capacité de croissance des arbres dans ces sols - Fiabilité des entreprises spécialisées dans la gestion des espaces verts

III.2 Comparaison avec des alternatives

Équivalent de solutions anciennes ou conventionnelles	<ul style="list-style-type: none"> Réduction de la diversité des plantes en utilisant peu d'amendements organiques Zéro végétation
SfN similaire	Sol structuré, terreautage

IV/ Références

Remarque : les références présentées ci-dessous sont souvent communes avec la catégorie des travaux de sol, « Amélioration des sols ».

IV.1 Références scientifiques et plus opérationnelles

- Abbott, L.K., Murphy, D.V., 2003. Fertilité biologique du sol : un élément clé de l'affectation des sols durable en agriculture. Springer Science & Business Media.
- Chaparro, J.M., Sheflin, A.M., Manter, D.K., Vivanco, J.M., 2012. Manipulation du microbiome du sol pour renforcer la santé du sol et la fertilité des plantes. *Biol. Fertil. Soils* 48, 489–499.
<https://doi.org/10.1007/s00374-012-0691-4>
- Council, N.R., Division on Earth and Life Studies, Board on Agriculture and Natural Resources, Committee on a Study of Technologies to Benefit Farmers in Africa and South Asia, 2009. Technologies émergentes pour aider les agriculteurs en Afrique subsaharienne et Asie du Sud. National Academies Press.
- Eid, H.T., Alansari, O.M., 2004. Réclamation de terres à grande échelle et amélioration des sols pour l'expansion de la ville. Huber, G., Schaub, C., 2011. La fertilité des sols : L'importance de la matière organique. *Chamb. D'agriculture Bas-Rhin* 46p.
- Lavelle, P., Spain, A., 2001. *Écologie du sol*. Springer Science & Business Media.
- Monnier, G., Stengel, P., Guérif, J., 1982. Recherche de critères de la fertilité physique du sol et de son évolution en fonction du système de culture. *Evol. Niv. Fertil. Sols Dans Différents Systèmes Cult. Critères Pour Mes. Cette Fertil. 1982 Sémin. CEE Agrimed Bari ITA 1981-09-28-1981-09-30* 35-52.
- Pankhurst, N., Van Der Kraak, G., 1997. Effets du stress sur la reproduction et la croissance des poissons. Cambridge University Press Cambridge, UK.
- Pascual, J., Garcia, C., Hernandez, T., Ayuso, M., 1997. Transformations de l'activité microbienne d'un sol aride amendé avec des déchets organiques urbains. *Biol. Fertil. Soils* 24, 429–434.

Site Web

<http://www.soilhealth.com/soils-are-alive/>

V/ Auteur(s)

Nom	Institution/entreprise	Rédacteur/Expert
Ryad Bouzouidja	Agrocampus Ouest	Rédacteur
Patrice Cannavo	Agrocampus Ouest	Rédacteur
Marta de Regoyos Sainz	Acciona	Expert
Marjorie Musy	Cerema	Expert