

Interreg

France - Suisse



VADEME

Valorisation agronomique des déchets minéraux

Ce magazine a été réalisé dans le cadre du projet Interreg VADEME, qui vise l'optimisation de la gestion des déchets inertes terreux, et plus particulièrement leur valorisation. Il est le fruit d'un travail collaboratif mis en place à l'échelle des bassins genevois et annécien réunissant des experts, des collectivités et des acteurs de l'aménagement du territoire.

Comment mieux gérer les déchets terreux de chantier, comment favoriser leur valorisation, par quels moyens ?

Voilà les questions qui ont animé le projet VADEME, avec en toile de fond le souhait de reconsidérer le sol comme une véritable ressource.



ÉDITO

Le sol, un patrimoine commun précieux.

S'installer, c'est prendre place dans un lieu qui se détermine par un certain nombre de caractéristiques : la pente, la vue, l'ensoleillement, la situation, les services, les accès. C'est faire un choix souvent guidé aussi par des préoccupations économiques, familiales et sociales.

L'objet de l'urbanisme est de proposer les conditions favorables à la qualité de vie des habitants en veillant à maintenir les équilibres entre ce qui préexiste et ce qui va advenir. Avec les évolutions techniques nous avons appris à nous affranchir des « contraintes » du site pour les accommoder à nos besoins. Il est devenu banal de remanier le sol pour qu'il nous soit plus hospitalier.

La considération grandissante des enjeux de l'environnement interpelle désormais nos pratiques usuelles et l'on commence à mesurer la préciosité du sol et de ses qualités spécifiques. On tend à passer du cycle de l'aménagement à celui du ménagement en cherchant à créer les conditions de la résilience des territoires, en réponse au défi de notre adaptation au changement climatique.

Nous entrons dans l'ère de la transition. La fabrique de la ville et l'aménagement du territoire sont questionnés quant aux impacts sur l'environnement, sur les milieux et sur les paysages. On renoue avec la conscience que le sol n'est pas qu'un tènement foncier, unité de mesure de l'expansion de nos villes et activités. Il est d'abord un terreau fertile, un milieu de vie, le support d'une activité agricole nourricière, le filtre actif de l'eau qui percole. Pourtant, à chaque coup de pelle, le sol est creusé, remodelé et passe du statut de ressource à celui de « déchet inertes ». La terre est déplacée, déposée sur un autre terrain, ou conduite vers un site de tri ou de valorisation, de recyclage ou d'élimination.

Le projet VADEME cherche à évaluer l'importance de l'enjeu de la gestion des déchets inertes terreux issus des chantiers d'aménagement, à comprendre leur devenir, et à proposer une optimisation des filières. Le développement de la technique de fertilisation et la recherche de boucles d'économie circulaire apparaissent comme des voies nouvelles à explorer.

Le meilleur déchet étant celui que l'on ne produit pas, il s'agit surtout de chercher les solutions pour limiter la production de déchets inertes terreux, et de stimuler la structuration de filières vertueuses.

Le projet VADEME se déploie à l'échelle des bassins genevois et annéciens, préoccupés par les mêmes enjeux démographiques et bousculés par un développement urbain exponentiel. Il s'attache à réunir une pluralité d'acteurs de l'aménagement du territoire et les compétences de bureaux d'études spécialisés dans la valorisation des terres et l'économie circulaire. Ce projet fédère un réseau d'acteurs et initie une collaboration fertile entre des compétences qui apprennent à se découvrir.

VADEME permet aujourd'hui de replacer le sol au cœur des réflexions des disciplines du ménagement du territoire, de nous rappeler ses richesses nourricières et de le considérer comme un patrimoine biologique, écologique, agricole, paysager commun et précieux.

Joël BAUD-GRASSET,
président du CAUE de Haute-Savoie

Le magazine VADEME est
une publication du CAUE
de Haute-Savoie

CAUE de Haute-Savoie
7 espl. Paul Grimault
74008 ANNECY
+33 (0) 4 50 88 21 10
www.caue74.fr

Chef de file français VADEME
CAUE de Haute-Savoie

Coordination éditoriale :
Chloé Malié Marsh
CAUE de Haute-Savoie

Rédaction :
Grégoire Domenach
Éline Pech - rédactrice adjointe

Illustrations : Tim Chenaf

Crédits photos :
Partenaires VADEME

Conception :
Créateur d'empreinte

Impression : Photoplan

Publication gratuite imprimée
en 750 exemplaires.

Avril 2023

VADEME est un projet européen qui s'inscrit dans la programmation Interreg France-Suisse 2014-2020. Il réunit, pour une durée de 2 ans, de janvier 2021 à décembre 2022, neuf partenaires français et suisses autour d'un budget de 775 000 €, dont environ 333 000 € de fonds FEDER. Le projet est également soutenu par la Région Auvergne-Rhône-Alpes, dans le cadre de l'appel à manifestation d'intérêt « Partenaires environnement énergie », et il bénéficie d'une participation technique et financière de quatre collectivités pilotes : le canton de Genève en Suisse, et en France, Annemasse - Les Voirons Agglomération, la communauté de communes du Genevois et le Grand Annecy.



SOMMAIRE

INTRODUCTION : LE SOL, CETTE RICHESSE MENACÉE

4

Réflexion liminaire, définition du sol et de la pédologie.

QU'EST-CE QU'UN DÉCHET INERTE... ET QUEL EST SON DESTIN ?

6

Sites, volumes concernés, flux entre la Suisse et la France :
mais où vont donc les « déchets terreux inertes » à la sortie des chantiers ?



QUAND VADEME ENTRE EN SCÈNE !

11

Genèse du projet Interreg VADEME : tension foncière, modes de gestion
des terres inertes, contexte haut-savoyard et suisse romand...

QUELQUES ASPECTS JURIDIQUES ET TECHNIQUES CONCERNANT LA VALORISATION DES DÉCHETS INERTES

Dispositions légales et cadres institutionnels, données et réglementation

14



LA VALORISATION DES TERRES INERTES EN AMÉNAGEMENT AGRICOLE : QUELLES CONSÉQUENCES ?

16

Des pratiques en vigueur, qui parfois questionnent...



UN PROCÉDÉ INNOVANT DE VALORISATION

La fertilisation des terres inertes : mode d'emploi

20



L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE DANS LA NAISSANCE D'UNE CHARTE COMMUNE

25

Quelles perspectives et quels bénéfices en matière d'économie circulaire
pour le territoire transfrontalier ? Une feuille de route et un guide des bonnes pratiques

VADEME DEMAIN !

35

INTRODUCTION : LE SOL, CETTE RICHESSE MENACÉE

+ de 25%

des espèces animales et végétales connues sont dans le sol

entre **50** et **400** litres d'eau sont retenus par m² dans le sol

Qu'est-ce que le sol que nous avons sous les pieds ? Que signifie un sol végétal, un sol « vivant », de quoi se compose-t-il et pourquoi s'en préoccuper ?

Délicat d'y répondre tant l'aspect visuel, et donc superficiel, de la croûte terrestre, nous donne des indications sur sa surface uniquement, à savoir de l'herbe, de la terre, des végétaux, du sable, des cailloux, ou des zones artificialisées par l'humain. Le sol a souvent été défini comme un corps naturel comprenant des couches et des strates qui se composent de matériaux minéraux, de matières organiques, d'air et d'eau. Le sol est ainsi le produit final de l'effet combiné du climat, de la topographie, de l'action des organismes vivants et de la décomposition des animaux, insectes, et végétaux. Chaque sol d'un territoire se distingue par sa texture, sa structure, sa consistance, sa couleur, ses caractéristiques chimiques, biologiques et physiques. Mais ce qui est vivant est souvent invisible dans le sol : il faut gratter sous la surface, se munir d'un microscope, faire appel à des experts pour comprendre ce monde en dessous du monde. Ainsi le sol abrite 25% de la totalité des espèces animales et végétales recensées, et il comporte par ailleurs 60% à 80% de la biomasse totale des écosystèmes terrestres, vivante ou morte. Capable de retenir entre 50 et 400 litres d'eau par mètres carrés, le sol joue le rôle de « réservoir » pour les végétaux, de régulateur du débit des rivières, et permet en outre l'évaporation vers le ciel. À l'âge de l'Anthropocène, le sol porte aujourd'hui en lui la marque et le traumatisme des activités humaines. Pollutions massives ou diffuses, intrants chimiques, pesticides, insecticides, labourage intensif, artificialisation, érosion du vivant, chantiers, décharges, excavations, nivellement ou terrassement sont autant de bouleversements drastiques du paysage et de l'environnement...

Aussi, c'est une inquiétude et un espoir qui motivent la réalisation de cet ouvrage : comment considérer la richesse du sol, sa valeur, et mieux le gérer dans le cadre des chantiers d'aménagement ? Comment préserver, comment recycler la terre que l'on considère comme un « déchet », alors même qu'elle demeure cette ressource vitale, sur laquelle notre civilisation et nos écosystèmes se développent ?

➤ Les services que le sol nous rend

Pour commencer cette revue visant à décrire la genèse et le cheminement du projet Interreg VADEME (pour Valorisation agricole des déchets minéraux), entre la France et la Suisse, il semble évident de prêter une brève attention à ce sol qui nous supporte, nous soutient et nous nourrit. Le sol est d'abord une entité naturelle dont l'une des définitions les plus claires - tout du moins l'une des plus imagées - nous est donnée par Virginie Schwarz, dans l'ouvrage collectif *Sols et environnement* (1) :

« Le sol est l'épiderme vivant de notre planète Terre. À l'interface entre l'atmosphère, l'eau, les roches et le monde du vivant, il participe aux grands cycles d'énergie, d'eau et d'éléments. Ressource non renouvelable à l'échelon humain, le sol est indispensable aux activités de l'homme ainsi qu'au fonctionnement des écosystèmes terrestres. Il rend de nombreux services et se situe au carrefour de grands enjeux parfois concurrents : production d'aliments et de biomasse pour l'énergie et les matériaux, habitat pour de nombreux organismes vivants, support des infrastructures et des habitations humaines, recyclage des déchets par épandage, atténuation du changement climatique, voire participation à l'adaptation aux conséquences de ce changement, régulation des cycles de l'eau, filtration active des polluants vis-à-vis des couches souterraines... Cette ressource vitale et complexe est pourtant limitée et menacée. »

Le sol qui nous intéresse dans cet opuscule est le sol végétal, résultat du processus d'altération de la « roche-mère » et de l'enrichissement en matière organique : ces deux matériaux se mélangent et se superposent dans une pluralité de couches.

(1) V.Schwarz, *Sols et environnement*. 2011. Dunod. Paris.

➤ Vulnérabilité et génie pédologique

Un sol se construit lentement. Très lentement. On considère **qu'il faut plus d'une centaine d'années pour qu'un sol se constitue et devienne fertile**, insistent les scientifiques du projet VADEME. La texture du sol est ainsi le fruit des saisons, des évolutions terrestres, des épisodes atmosphériques - gel, dégel, pluie, ensoleillement - qui vont modifier sa nature, sa texture, ses vertus. C'est ce qui le rend aussi fascinant et aussi complexe : sa vulnérabilité est un miroir de la nôtre, tout comme sa vie est garante de la nôtre, et, au fond, n'est-ce pas à travers le sol que nous sommes amenés à percevoir notre propre finitude, notre dernière maison, une fois le corps enterré ? Néanmoins nous sommes ici pour parler de la vie, et d'un projet qui vise surtout à réintroduire de la vie dans le sol ! Mais nous y reviendrons. Tout sol s'enrichit progressivement de matières organiques grâce à l'action des champignons, bactéries, micro-organismes invertébrés, qui dégradent des débris d'origine végétale (racines, feuilles, écorce, fruits...) et animale (excréments, cadavres, plumage...). À la suite de ces transformations, le sol devient humus, riche en nutriments et minéraux, propice à la croissance des végétaux et favorisant l'agriculture. Enfin, la science relative à l'étude des sols se nomme la pédologie et il sera beaucoup question, ici, dans ces pages, de génie pédologique. Nous entrons dans un monde qui se compose, se décompose, se recompose à la faveur du temps et de l'action écosystémique.

C'est pourquoi le projet VADEME traite d'enjeux croisés, entre mécanismes de préservation, écologie industrielle, économie circulaire, dans l'optique de minimiser les impacts de l'aménagement des territoires qui consomment et artificialisent les sols. Ce projet questionne aussi directement la gestion de la terre excavée, sortie des chantiers, et trop longtemps considérée comme un simple déchet voué à finir en décharge. Comment transformer ces « déchets » en « ressource » ?

À l'heure où nos sociétés sont confrontées à d'énormes enjeux écologiques, VADEME est aussi un projet poétique, un projet portant une réflexion que Charles Baudelaire avait prophétisé en son temps, lorsqu'il écrivit ce vers resté célèbre : « *Tu m'as donné ta boue et j'en ai fait de l'or (2)* » .

Rien n'est plus vrai : la terre est une richesse dont nous avons parfois oublié la valeur.

(2) C.Baudelaire, *Les fleurs du Mal*. in Épilogue. Auguste Poulet-Malassis, 1861. Paris.



Pédologie = science relative à l'étude des sols



QU'EST-CE QU'UN DÉCHET INERTE... ET QUEL EST SON DESTIN ? (SITES, VOLUMES CONCERNÉS...)



+ 4%
de déchets et matériaux
produits entre 2018 et
2019

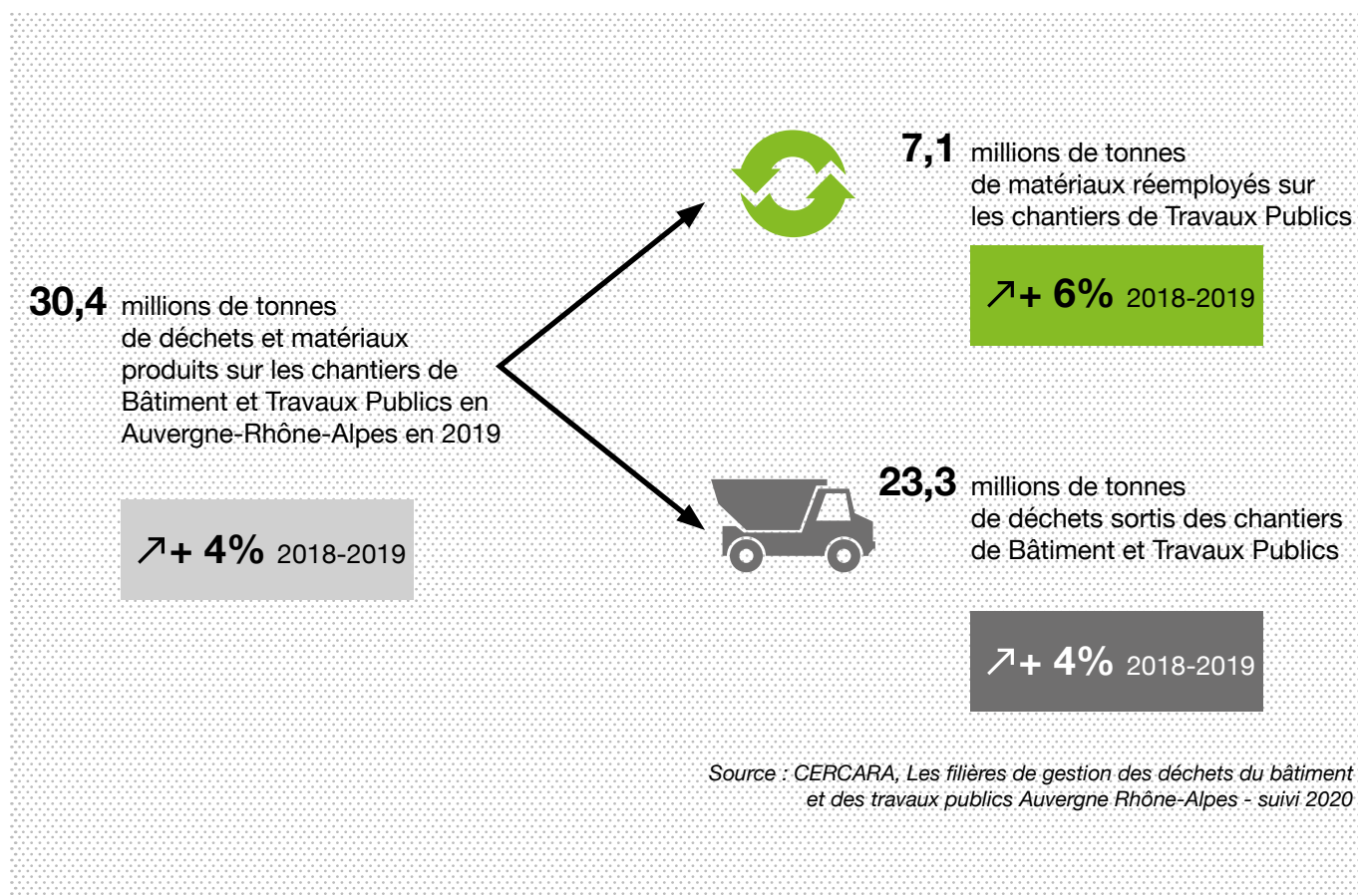
+ 13%
de déchets et matériaux
produits entre 2013 et
2019

L'histoire que nous allons raconter commence par les mots peu séduisants de « déchets inertes », et surtout par la question que pose leur quantité générée par le secteur du bâtiment, sur les territoires genevois et haut-savoyard. Ces déchets d'un genre particulier appartiennent à la sous-catégorie des « déchets non-dangereux » et proviennent essentiellement des activités relatives au secteur de la construction (réhabilitations et démolitions incluses), auxquelles s'ajoutent les réalisations et entretien d'ouvrages, dont les terrassements (cailloux, terres, déblais, enrobés bitumineux sans goudron...). **Les volumes de terres excavés des chantiers composent parmi cette catégorie de « déchets inertes » qui, bien que non-dangereux, exigent d'être gérés et encadrés.** Mais comment ?

► Côté français...

Dès lors que la terre excavée sort d'un chantier, elle perd son statut de « ressource » et devient un « déchet » qui doit être géré en tant que tel, et peut alors intégrer différentes filières pour être réemployé, recyclé, valorisé en volume ou matière, ou éliminé. Dans la mesure où le sol excavé n'a pas fait l'objet d'une pollution antérieure, il devient un « déchet inerte terreux », qui pourra rejoindre une installation en vue de son élimination (Installation de stockage des déchets inertes-ISDI), être recyclé ou valorisé dans le cadre d'un projet d'aménagement (remblaiement *in situ*, réaménagement de carrière, projet paysager).

En Région Auvergne-Rhône-Alpes, le secteur de la construction a connu une forte croissance de son activité en 2019, ce qui a entraîné à la hausse le gisement de déchets et matériaux produits, soit 30,4 millions de tonnes (+ 4 % par rapport à 2018, + 13 % par rapport à 2013 !). Parmi ces déchets inertes, 13,7 millions de tonnes sont des terres et matériaux meubles, graves et matériaux rocheux.





Quelques définitions pour mieux comprendre le devenir possible des déchets terreux

RÉEMPLOI

Toute opération par laquelle des substances et matières qui ne sont pas des déchets sont utilisées de nouveau pour un usage identique à celui pour lequel ils avaient été conçus.

RECYCLAGE

Toute opération de valorisation par laquelle les déchets sont retraités en substances, ou matières aux fins de leur fonction initiale ou à d'autres fins.

VALORISATION VOLUME

Réutilisation des terres excavées en remblais pour réaliser un projet d'aménagement de type modelé de terrain, comblement, réaménagement de carrières.

VALORISATION MATIÈRE

Préparation et/ou traitement de déblais pour élaborer un éco-matériau (des briques de terres, de la terre fertile...)

FERTILISATION

Forme de valorisation matière, visant à un traitement de la terre inerte pour la transformer en substrat fertile.

ÉLIMINATION

Tout déchet ne pouvant être réemployé ou valorisé doit être éliminé dans des installations agréées (des installations de stockage de déchets inertes - ISDI - pour le cas des terres inertes).

► Cadre juridique

Trois modes de gestion sont envisagés selon le principe de la hiérarchie des modes de traitement des déchets : d'abord, **le réemploi des terres excavées directement sur le site d'excavation est privilégié** (aménagement de talus, plateformes, remblais, merlons anti-bruit...). Deuxième option : **l'utilisation de terres excavées hors du site et dans un projet exigeant un besoin de matériaux d'apport**, comme un aménagement paysager ou un remblaiement de carrière. On parle ici de « **valorisation volume** », et de « **valorisation matière** » lorsque cette terre est valorisée par le biais de la fertilisation. Dans un troisième temps, et en dernier recours, les terres excavées n'ayant pas pu faire l'objet d'un réemploi ou d'une valorisation (qualité des matériaux non compatible avec ces solutions ou gisement excédentaire) **seront enfouies en installations de stockage réglementées**. En termes de responsabilité, conformément à l'article L. 541-2 du code de l'environnement, tout producteur de déchets est responsable de la gestion de ces déchets jusqu'à leur élimination ou valorisation finale.

► Et en Suisse alors ?

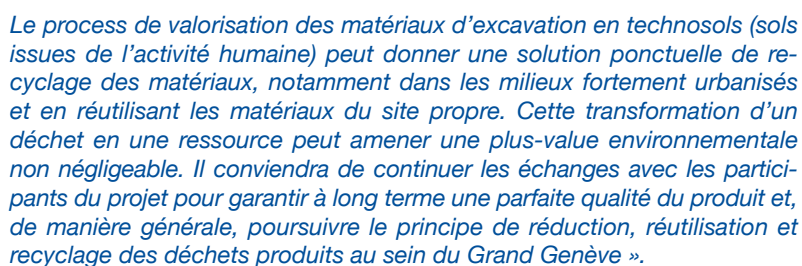
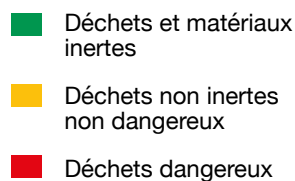
Au sein de la Confédération helvétique, le sol est protégé par la loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE, 7 octobre 1983). La définition du sol au sens légal est « *la couche de terre meuble de l'écorce terrestre où peuvent pousser les plantes* ». La LPE s'applique donc à tous les sols où peuvent pousser les plantes. L'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol) concerne aussi bien les sols formés naturellement que ceux qui sont mis en place sur un remblai ou sur un sol artificiel (Sols et construction, OFEV, 2015). La révision totale de l'ordonnance sur le traitement des déchets a mis l'accent sur la limitation, la réduction et la valorisation ciblée des déchets. Dans le cadre de cette révision, des exigences en matière de valorisation ont été posées notamment pour les matériaux terreux issus du décapage de la couche supérieure et de la couche sous-jacente du sol. **Un nouvel article de la présente ordonnance indique que dans la mesure où ces derniers ne sont pas utilisés sur le terrain à bâtir, et qu'ils remplissent certains critères, ils doivent autant que possible être valorisés ailleurs, par exemple pour la remise en culture ou la réhabilitation de sols** (Évaluation des sols en vue de leur valorisation, OFEV, 2021). Il faut enfin considérer que la Suisse exporte d'importants volumes de déchets terreux inertes à destination de la France, comme en témoignent les deux graphiques ci-après



L'article L.541-1 du Code de l'Environnement pose les grands principes de la prévention et de la gestion des déchets, applicables à la gestion des déchets inertes d'excavation. Il s'agit d'agir en priorisant :

1. La prévention (réemploi)
2. La valorisation des déchets
3. L'élimination en installation de stockage des déchets inertes (ISDI).

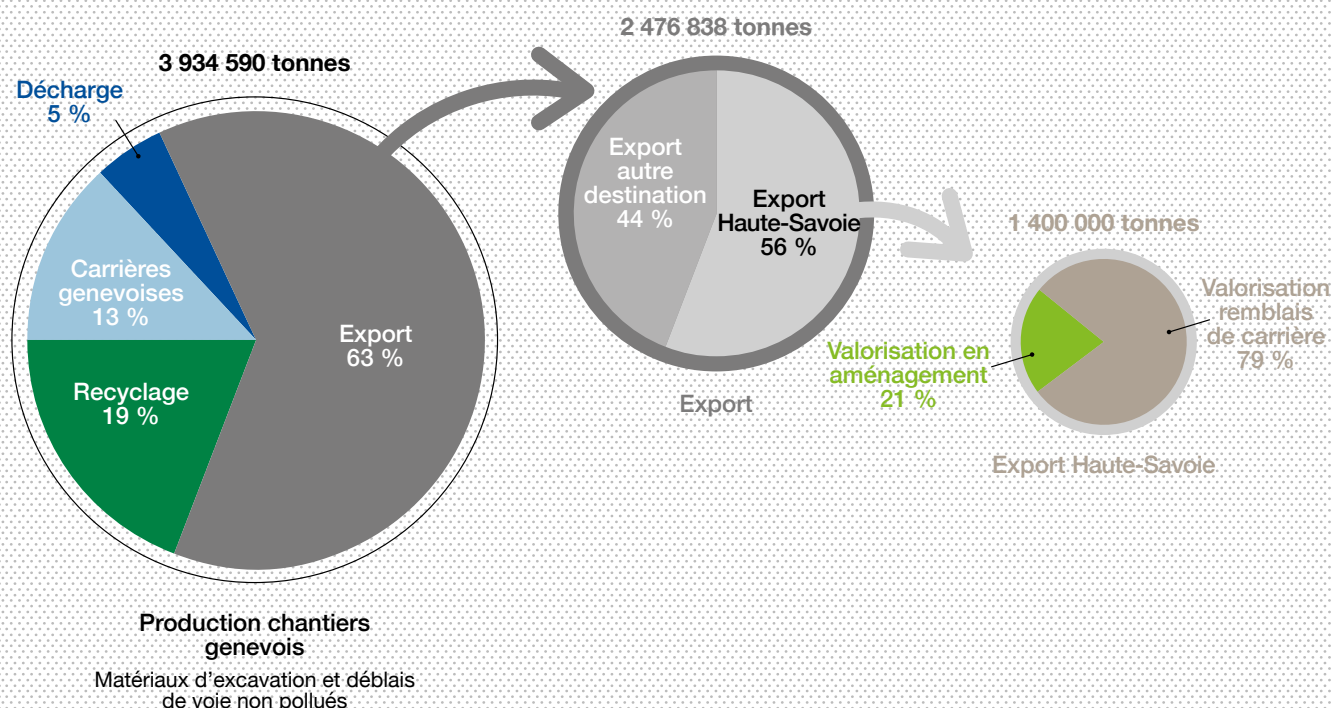
Source : Cercara, *Les Filières de gestion des déchets du BTP, suivi 2020*



Rappelons que le transfert transfrontalier des déchets est autorisé, à la seule condition que les déchets soient valorisés sur le territoire d'exportation. Les terres d'excavation provenant du Canton de Genève sont ainsi pour la plupart valorisées en remblaiement de carrières ou en aménagement.

Devenir des terres excavées dans le canton de Genève en 2020

Source : canton de Genève, Pôle national des transferts transfrontaliers de déchets (PNTTD)



➤ Stockage saturé : une problématique partagée

Après avoir succinctement évoqué le cadre juridique en France et en Suisse, où vont donc les déchets inertes terreux, et comment les prendre en charge ? Ils peuvent rejoindre d'anciennes carrières, dont l'arrêté d'exploitation autorise le remblaiement. Cette pratique entre dans le cadre de la valorisation des déchets, et elle constitue même le principal mode de valorisation des déchets inertes terreux, car elle fait partie de la remise en état d'un site après son exploitation. Or, c'est là que le bât blesse : les espaces de stockage (ISDI et carrières) sont désormais saturés et leur nombre en diminution. À titre d'illustration, la Haute-Savoie dispose de 27 carrières, dont 22 carrières permettant le remblai de déchets inertes, alors que les départements de la Région Auvergne-Rhône-Alpes en détiennent 45 en moyenne. Ajoutons à cela un autre problème : le nombre de ces carrières a diminué de moitié au cours des vingt dernières années (55 carrières en 2000 contre 27 en 2022.), et elles doivent accueillir une partie des déchets terreux venus des chantiers suisses. Ainsi, en 2020, l'ensemble des carrières du département de la Haute-Savoie a reçu un peu plus de 1.600.000 tonnes de déchets inertes, dont 71 % provenaient de Suisse.

Quant aux Installations de stockage de déchets inertes (ISDI), elles s'élèvent au nombre de 13 en 2022, contre 22 en 2016. Le phénomène de saturation est réel, et l'on voit se développer partout sur le territoire haut-savoyard la valorisation des déchets inertes en « aménagement agricole », pratique qui, bien qu'autorisée par la loi, questionne à de nombreux égards. Nous en reparlons par la suite... Le fait est que des solutions alternatives doivent être trouvées rapidement. Ou, pour le dire de façon plus positive : c'est ici qu'intervient et se justifie le projet VADEME !



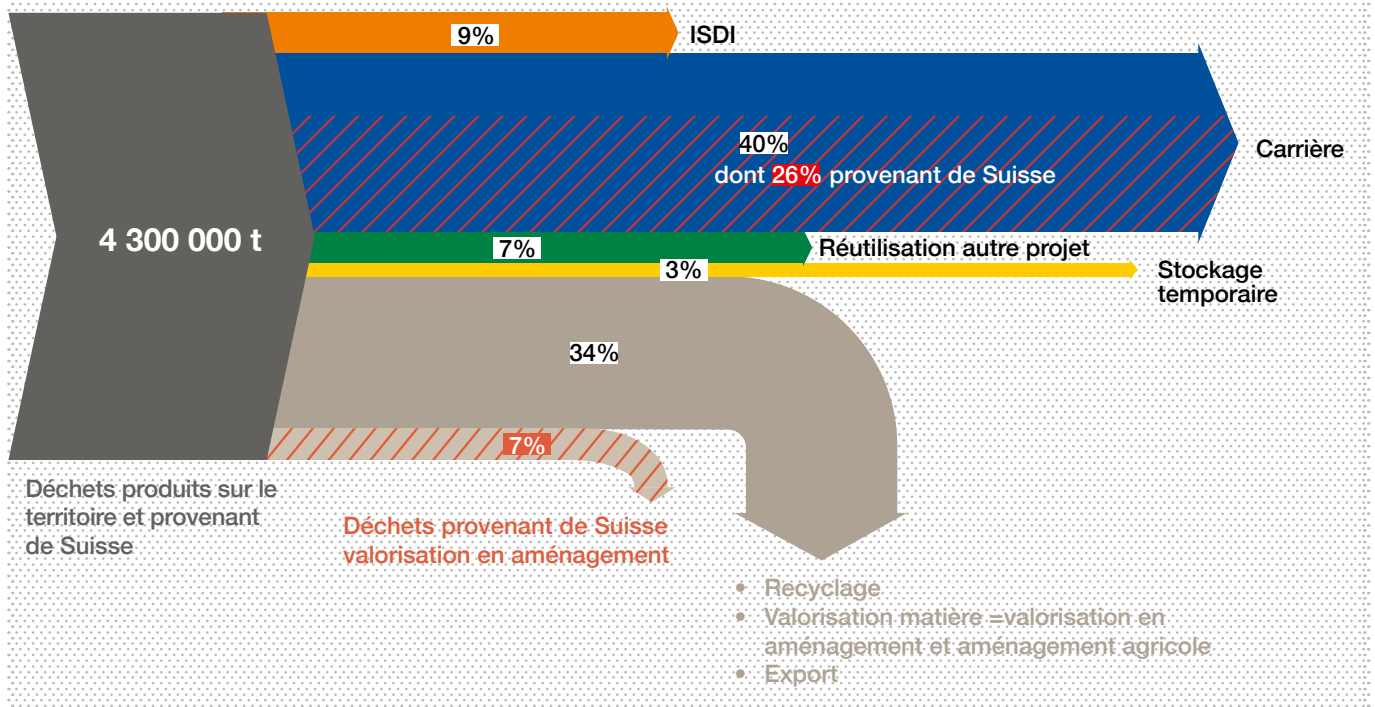
ISDI =
Installation de Stockage
de Déchets Inertes



ISDI d'Allinges - © Entreprise Colas

Gestion des déchets inertes en Haute-Savoie

Source : DREAL, PNTTD, Canton de Genève, Cercara, FBTP 74, données 2020



Pour résumer :

+ 4%
de déchets terreux inertes
entre 2018 et 2019

+ 53%
de remblaiement
en carrière

+ 86%
des déchets et matériaux
inertes issus des chantiers
sont réutilisés

- Des quantités croissantes de déchets terreux inertes : 30,4 millions de tonnes de déchets produits en Région Auvergne Rhône-Alpes (+ 4% par rapport à 2018, + 13% par rapport à 2013).
- Une capacité de stockage en baisse chaque année (ISDI et carrières), avec un remblaiement en carrière qui reste la destination principale.
- Un maillage territorial jugé insuffisant par les entreprises (localisation des sites de prise en charge, conditions d'accès et notamment les conditions tarifaires).
- Des coûts et impacts liés au transport qui augmentent (coût des chantiers, qualité de l'air, risques d'accident...).
- Une raréfaction de site de prise en charge des déchets qui induit une augmentation de la valorisation en aménagement et aménagement agricole, qui peut poser question.



QUAND VADEME ENTRE EN SCÈNE

C'est par l'évocation d'une métaphore musicale que nous pourrions peut-être parler le mieux du projet franco-suisse Interreg VADEME. Avant de décrire le rôle des acteurs du projet - véritables « instrumentistes » de la valorisation - tâchons d'expliquer le fonctionnement de ce grand concert franco-suisse. Car, si VADEME a pour objectif de s'intéresser à cette fraction des déchets d'excavation, comment parvenir à mettre ce projet en musique ?

➤ À vos partitions !

Mieux connaître le sujet des déchets et matériaux inertes terreux, autrement appelés terres ou déchets d'excavation, ou pour simplifier « terres inertes », suggère d'appréhender les quantités de déchets en jeu et les modes de gestion sur le territoire, mais aussi d'observer les pratiques à l'échelle franco-suisse. Cette première phase du projet précède une deuxième phase : la mise en exergue d'une filière émergente de valorisation, grâce à un procédé de fertilisation permettant de transformer ces déchets inertes en ressource (ressource pouvant intégrer potentiellement, *a posteriori*, le marché de la terre végétale). Lors de cette deuxième phase entre en scène la dimension scientifique du projet, avec l'apport crucial des solistes du « génie pédologique ». Enfin, dernier acte : l'amélioration de la gestion de ces déchets à l'échelle des territoires pilotes, et la recherche de boucles d'économies circulaires. Cette phase s'appuiera sur les résultats des 2 phases précédentes, dans un objectif d'optimisation de la gestion des déchets inertes terreux. Territoires pilotes du projet, le canton de Genève, Annemasse - Les Voirons Agglomération, la communauté de communes du Genevois et le Grand Annecy incarnent la « scène » sur laquelle se produit VADEME. Comme tout projet Interreg, celui-ci dispose de deux chefs d'orchestre (dénommés chefs de files), l'un côté France : le Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement de Haute-Savoie (CAUE 74), et l'autre, côté Suisse : l'Office de promotion des industries et des technologies (OPI). Notons que la dimension transfrontalière est au cœur de ce projet - elle en est même l'harmonie - puisqu'elle s'inscrit dans une logique de gestion intégrée des déchets et des ressources sur un territoire préoccupé par les mêmes enjeux d'aménagement.



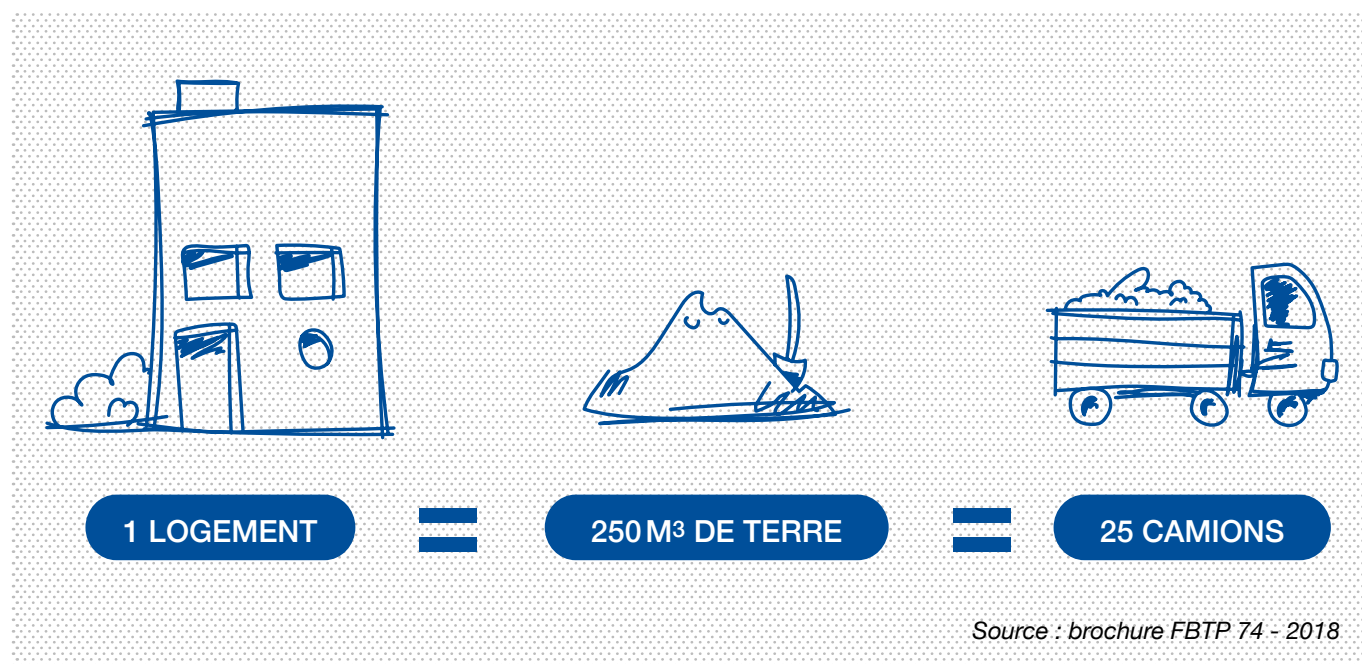
► Le prix à payer...

26 m²
artificialisés / seconde

70%
pris sur des terres fertiles

En France, 26 mètres carrés de terre sont artificialisés chaque seconde. Cela représente 60 000 hectares de sols agricoles et forestiers artificialisés annuellement. Soit la surface moyenne d'un département tous les dix ans... et à 70% fait de terres très fertiles (3). En Europe, ce sont environ 440 000 hectares de sols qui sont artificialisés chaque année. Cette consommation de terres naturelles sous-tend une question essentielle : comment gérer la terre excavée puis évacuée des chantiers ? Prenons l'exemple de nos territoires genevois et haut-savoyard : il est estimé, en moyenne, que la construction d'un seul logement génère 250 m³ de terres, soit l'équivalent de 25 camions à évacuer. Pour la Haute-Savoie, cela représente chaque année 2 000 000 m³ de terres, soit 200 000 camions, qui parcourent environ 10 millions de kilomètres (pour la seule gestion des terres excavées dans le cadre de la construction de logements, sans compter les infrastructures et ni les autres constructions).

(3) Marc-André Selosse, *L'Origine du Monde*. Actes Sud.



Annecy et Genève : la construction de logements à toute vitesse !

À l'échelle du Grand Annecy qui accueille plus de 2 000 habitants chaque année depuis 40 ans, avec la construction de 1 850 nouveaux logements par an, cela représente 460 000 m³ de terres excavées, soit 46 250 camions et 3 330 000 kilomètres parcourus ! En prenant en moyenne les 72 km parcourus par camion, soit l'une des distances les plus élevées du département... Le Canton de Genève tient un rythme encore plus soutenu, avec 3 575 logements construits pour la seule année 2022, et plus de 2000 logements neufs bâtis chaque année depuis six ans ! L'office cantonal de la statistique annonce que le rythme n'est pas près de baisser à court terme. Il dénombre 7 479 logements neufs en cours de construction, soit « un niveau historiquement élevé ».



À l'issue de 2 années de travail collectif, le projet VADEME entend partager les résultats des recherches menées, en premier lieu grâce à ce magazine qui propose une synthèse des résultats et de la réflexion menée.

VADEME c'est aussi :

- un **rapport technique** complet retraçant toutes les phases du projet
- une « **feuille de route économie circulaire** » à destination des collectivités qui permet de lister les orientations et engagements possibles en faveur de l'économie circulaire de la gestion des terres inertes et une meilleure valorisation
- une « **charte de chantier** » réunissant les bonnes pratiques et méthodes de projet à adopter pour une meilleure prise en compte du sujet « terre inerte »
- une « **check-list** » des bonnes pratiques en matière de valorisation des déchets inertes en aménagement agricole
- des **films courts** permettant de mieux comprendre certains sujets évoqués
- et enfin, un **site internet** sur lequel tous ces documents seront accessibles : interreg-vademe.caue74.fr



9
partenaires

4
collectivités territoriales

50
participants à la Journée
de présentation du
procédé de fertilisation
Edaphos

63
participants à la Journée
économie circulaire

25
participants aux ateliers
économie circulaire

QUELQUES ASPECTS JURIDIQUES ET TECHNIQUES CONCERNANT LA VALORISATION DES DÉCHETS INERTES



S'imposent ici quelques repères juridiques pour mieux comprendre l'encadrement actuel en matière de gestion, et donc de valorisation, de ces volumes de déchets terreux. Au niveau national et européen, la **valorisation est définie comme suit** : *« Toute opération dont le résultat principal est que des déchets servent à des fins utiles en substitution à d'autres substances, matières ou produits qui auraient été utilisés à une fin particulière, ou que des déchets soient préparés pour être utilisés à cette fin, y compris par le producteur de déchets. »* (art. L 541-1-1 C. env.).

Pour rappel, le Code de l'environnement distingue trois catégories de valorisation :

- La valorisation énergétique
- Le retraitement de déchets en matières destinées à servir de combustible
- La valorisation matière.

La « valorisation matière » a récemment reçu une définition au niveau européen avec la révision en 2018 de la Directive Déchets, transposée dans le Code de l'environnement. Ce dernier mentionne plusieurs sous-catégories de la « valorisation matière » susceptibles de s'appliquer au projet de valorisation des déblais en support végétal : la préparation en vue de la réutilisation, qui désigne *« toute opération de contrôle, de nettoyage ou de préparation en vue de la valorisation par laquelle des substances, matières ou produits qui sont devenus des déchets sont préparés de manière à être réutilisés sans autre opération de prétraitement. »* (art. L 541-1-1 C. env.)

➤ Réutilisation ou remblayage ?

Contrairement à la notion de **réemploi**, la notion de **réutilisation** concerne des matières ayant le statut de **déchet**, et n'impose pas une nouvelle utilisation qui soit identique à la première. Cette qualification pourra donc être utilisée pour décrire l'utilisation de **terre végétale pour l'aménagement d'un parc**, dans les cas où elle n'est pas utilisée en remblayage (comblement de terres excavées ou exhaussement du sol). Tel sera le cas dès lors que la terre végétale a uniquement vocation à recouvrir les sols (constitués de terres et matériaux divers) dans les espaces verts, afin de remplir une fonction de support de culture (couverture de 30 à 50 centimètres). Enfin, le **remblayage**, désigne quant à lui *« toute opération de valorisation par laquelle des déchets appropriés non dangereux sont utilisés à des fins de remise en état dans des zones excavées ou, en ingénierie, pour des travaux d'aménagement paysager. Les déchets utilisés pour le remblayage doivent remplacer des matières qui ne sont pas des déchets, être adaptés aux fins mentionnées ci-dessus et limités aux quantités strictement nécessaires pour parvenir à ces fins »* (art. L 541-1-1 C. env.)

Cette qualification sera adaptée dès lors que les terres seront utilisées en ingénierie pour des travaux d'aménagement paysager, en comblement ou pour des exhaussements du sol. Aussi, l'utilisation des terres inertes en aménagement est considérée comme une démarche de valorisation dans une approche gagnant-gagnant : un exutoire pour gérer les déchets est trouvé et l'apport de déchets inertes terreux bénéficie à l'aménagement en substitution de matériaux « neufs ».





Non aux transactions financières... ni aux démarches commerciales !

En France, l'article L.541-32 du Code de l'environnement précise ainsi que « *Toute personne valorisant des déchets pour la réalisation de travaux d'aménagement, doit être en mesure de justifier [...] l'utilisation de ces déchets dans un but de valorisation et non pas d'élimination* ». Autrement dit, l'utilisation des déchets doit apporter une plus-value aux travaux d'aménagement. Plus encore, la prise en charge de déchets inertes dans le cadre d'aménagement, ou dans le cadre d'aménagements agricoles, ne peut donner lieu à une transaction financière ou à toute démarche commerciale.

► Valorisation genevoise et condition à l'export

À Genève, en termes de gestion des matériaux terreux dans le but d'une valorisation, il y a différents procédés. Les excédents de chantier sont utilisés soit pour de nouveaux aménagements paysagers en milieu urbain, soit pour des améliorations de sols en agriculture. Dans le cas d'un apport de terre végétale sur une parcelle agricole, les questions agronomiques s'appliquent en priorité afin de déterminer si la parcelle a réellement besoin d'un amendement complémentaire en terre végétale (maximum 30cm d'épaisseur). Dans le cas d'un apport de matériaux sous-jacent, il faut prouver que la parcelle a subi une dégradation de ses couches successives de manière anthropique (la modification par labour n'est pas considérée comme dégradation anthropique). Si un apport dans un but d'un aménagement paysager ou d'une amélioration agricole n'est pas possible, la valorisation se fait directement sur l'un des sites prévus dans le plan directeur des décharges de type A réparties sur le canton de Genève.

À la suite de la Convention de Bâle (voir encart ci-dessous), l'autorité compétente suisse pour l'exportation des matériaux d'excavation non pollués, issus des chantiers genevois, est le service de géologie, sols et déchets (GESDEC). Depuis le 1^{er} janvier 2016, le Pôle National des Transferts Transfrontaliers des Déchets (PNTTD) est l'autorité compétente pour le territoire français en matière de mouvements transfrontières de matériaux d'excavation non pollués issus des chantiers genevois. Les déchets inertes et non pollués, excavés en Suisse, peuvent être exportés en France uniquement dans un objectif de valorisation d'un site. Ils peuvent ainsi être admis en carrière et dans les exhaussements de sols à des fins d'aménagement (agricole ou non), de réhabilitation ou de construction, à la seule condition de permettre une valorisation avérée du site. Leur exportation aux seules fins d'élimination n'est pas autorisée. Les déchets d'excavation ultime provenant de Suisse ne peuvent donc pas être admis dans les ISDI en France. Le Canton de Genève, suite à l'observation de pratiques parfois abusives ou douteuses en matière de valorisation des déchets inertes en aménagement agricole, a souhaité limiter cette pratique pour préserver les sols. En 2021, **873 500 tonnes de déchets inertes en provenance de Suisse ont été pris en charge en Haute-Savoie**. La majorité de ces déchets (78 %) a été valorisée en remblaiement de carrières, et 22 % soit 23 500 tonnes ont été intégrées à des aménagements.

873 500
tonnes de déchets inertes
provenant de Suisse
en 2021



La Convention de Bâle [1992]

La Convention de Bâle est un traité international qui a été conçu afin de réduire et réglementer la circulation des déchets, notamment les déchets dangereux, entre les pays. Il s'agit plus particulièrement d'éviter le transfert de déchets dangereux des pays développés vers les Pays en développement (PED). La Convention a été ouverte à la signature le 22 mars 1989 et est entrée en vigueur le 5 mai 1992. Sur 166 États parties à la convention, seuls, Haïti et les États-Unis ont signé la Convention mais ne l'ont pas ratifiée. La convention exige de ses parties qu'elles veillent à gérer leurs déchets et à les éliminer de manière écologiquement rationnelle. Les parties s'engagent également à :

- réduire au maximum les quantités qu'elles transportent
- traiter et éliminer les déchets aussi près que possible de leur lieu de production
- empêcher ou réduire autant que possible la production de déchets à la source.



LA VALORISATION DES TERRES INERTES EN AMÉNAGEMENT AGRICOLE : QUELLES CONSÉQUENCES ?

➤ Revers de la pièce

Tout territoire qui affiche un grand dynamisme économique et démographique connaît nécessairement des bouleversements en matière d'aménagement. La construction de lotissements neufs, de zones industrielles et commerciales, d'infrastructures de communication, d'espaces de stationnement imperméabilise chaque année d'importantes surfaces de sols. Si ces couvertures diminuent ou empêchent l'infiltration de l'eau dans le sol, c'est surtout un patrimoine agricole qui s'efface, avec une « captation » des terres fertiles. Parler de la valorisation des déchets inertes en aménagement agricole, exige de préciser son encadrement juridique et légal. Si l'utilisation de déchets inertes terreux en aménagement est considérée **comme une pratique de « valorisation »**, le Code de l'environnement la mentionne en ces termes : « *Toute personne valorisant des déchets pour la réalisation de travaux d'aménagement [...] doit être en mesure de justifier auprès des autorités compétentes de la nature des déchets utilisés et de l'utilisation de ces déchets dans un but de valorisation et non d'élimination. [...] L'enfouissement et le dépôt de déchets sont interdits sur les terres agricoles, à l'exception de la valorisation de déchets à des fins de travaux d'aménagement.* » Permise initialement à des fins de valorisation du site récepteur, cette pratique peut néanmoins avoir des conséquences durables et irréversibles sur la qualité du sol puisque sa structure, mais aussi ses capacités et ses fonctions s'en voient modifiées.



CASMB =
Chambre d'Agriculture
Savoie Mont-Blanc

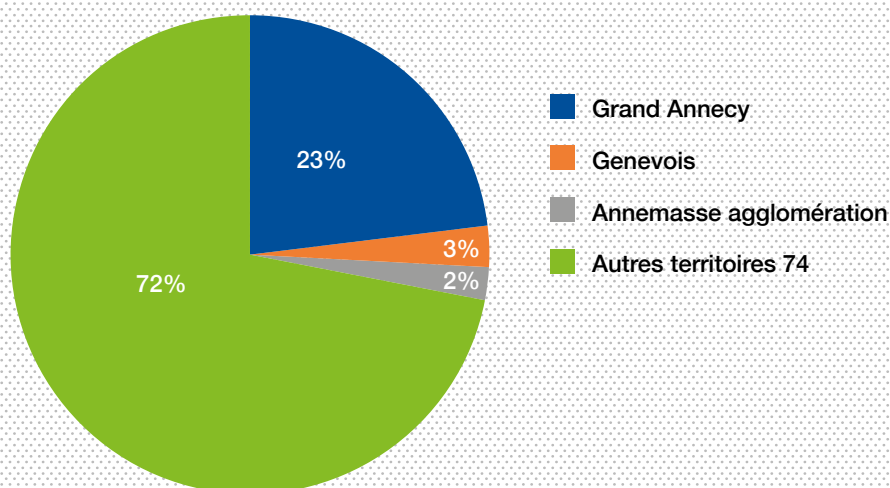
➤ Rôle de la Chambre d'Agriculture Savoie-Mont-Blanc

L'utilisation des terres inertes en aménagements (agricole ou non) relève des articles R.421-19 et R.521-23 du Code de l'urbanisme (dans la mesure où la durée de mise en œuvre des travaux reste inférieure à 2 ans). Selon la quantité de déchets mise en œuvre et l'envergure des exhaussements, les travaux peuvent nécessiter un permis d'aménager (PA) ou une déclaration préalable (DP). La délivrance de ces autorisations relève de la responsabilité des maires ou des présidents d'EPCI si la compétence a été transférée qui doivent s'assurer de la conformité des travaux avec la vocation de la zone au sein du PLU, ainsi que de la véritable amélioration agricole du site récepteur, justification indispensable à la mise en œuvre de cette pratique. Ils peuvent pour cela s'appuyer sur la Chambre d'Agriculture Savoie Mont-Blanc (CASMB). La CASMB peut émettre un avis, dans le cadre de l'instruction de l'autorisation d'urbanisme, sur la pertinence de la valorisation agricole apportée par le projet d'aménagement.

Sur les six dernières années, la Chambre d'Agriculture Savoie Mont-Blanc a pu émettre un avis concernant 180 dossiers déposés : plus de la moitié des avis étaient défavorables, puisque la valorisation agricole n'était pas avérée au regard des informations contenues dans les demandes. Globalement, les demandes d'avis demeurent peu nombreuses sur deux territoires pilotes : la Communauté de Communes du Genevois et Annemasse-Les Voirons Agglomération (8 demandes d'avis au total de 2014 à 2021), tandis que les demandes sont en nette augmentation sur le Grand Annecy.



Nombre de demandes d'avis de la CASMB dans le cadre des instructions des autorisations d'urbanisme (2014 - 2021)



Les données récoltées dans le cadre du projet VADEME mettent en évidence la proportion importante que représentent les déchets inertes provenant de Suisse, notamment en carrière. Pour la CASMB : « Cela pose la question de leur acceptabilité dans notre département car l'activité agricole subit les emprises foncières et les pressions liées aux constructions, aux équipements, aux infrastructures, aux loisirs, ...mais également au stockage des déchets inertes issus des précédentes occupations, dans le département et provenant de la Suisse... Ce modèle est-il toujours à suivre, notamment dans le cadre de l'objectif « ZAN - zéro artificialisation nette des sols » ? Nous réfléchissons à trouver des solutions de traitement des déchets inertes mais encore pas assez à réduire les gisements. Espérons que les réflexions initiées dans le cadre de VADEME et la recherche d'une économie circulaire pousseront les exigences et l'innovation pour limiter davantage la production des terres inertes à la source ! »

➤ Perturbation agronomique du sol

En arpentant le territoire haut-savoyard, il n'est pas rare de croiser ce genre de travaux d'aménagement et de constater des champs entiers dont la terre végétale a été décapée pour insérer, au-dessous, une couche de déchets terreux inertes. Bien que la vocation agricole du site soit maintenue, in fine, et qu'elle puisse même s'en trouver améliorée, la recrudescence de cette pratique et la multiplication des interventions sur les sols ne sont pas neutres. En effet, cette pratique pose des questions écologiques de fond, car elle peut avoir un certain nombre de conséquences. Elle demeure d'abord une « captation » temporaire du sol au détriment de l'activité agricole, et provoque une absence de rendement le temps des travaux, voire même des baisses potentielles de rendement après travaux, une modification possible des qualités agronomiques des sols, une perturbation des écoulements d'eau... C'est aussi une **intervention sur les sols agricoles « naturels »** qui s'apparente à une **artificialisation des milieux** par une perturbation de la structure du sol, avec des impacts potentiels sur sa nature et sur les services éco-systémiques rendus. Enfin, c'est une « artificialisation » des paysages, avec de nouveaux nivellements de terrain...



Artificialisation des sols = transformer un sol naturel, agricole par des opérations d'aménagement entraînant une imperméabilisation partielle ou totale



L'artificialisation du sol

La loi Climat et résilience, définit l'artificialisation du sol comme « l'altération durable de tout ou partie des fonctions écologiques d'un sol, en particulier de ses fonctions biologiques, hydriques et climatiques, ainsi que de son potentiel agronomique par son occupation ou son usage ».

- **Sol artificialisé** : une surface dont les sols sont soit imperméabilisés en raison du bâti ou d'un revêtement, soit stabilisés et compactés, soit constitués de matériaux composites.
- **Sol non artificialisé** : une surface soit naturelle, nue ou couverte d'eau, soit végétalisée, constituant un habitat naturel ou utilisé à usage de cultures.

➤ Évaluation

Dans le cadre du projet VADEME, deux sites ayant fait l'objet d'une valorisation de déchets inertes en aménagement agricole ont été étudiés et on fait l'objet d'analyses après travaux (profils de culture et analyse des horizons de sols et couches de remblais, prélèvements de terre, relevés géophysiques). L'un des sites a été dégradé par les apports de remblais, très hétérogènes, avec une épaisseur de terre végétale trop faible en surface pour que l'usage agricole soit assuré dans de bonnes conditions. Un projet de requalification du site est en cours. Le second site présente une valorisation agricole avérée, puisque l'exploitation a pu bénéficier d'un renouvellement du terrain ayant amélioré l'accessibilité du champ de pâture. On a pu observer des dysfonctionnements localisés de l'écoulement des eaux liés à la forte présence d'argile dans les déblais utilisés. Les profils culturaux ont montré une épaisseur de terre végétale très confortable en surface, permettant la bonne reprise de la prairie. Sur les deux sites étudiés, les quantités de déblais apportés sont considérables, et le raccord au terrain naturel assez brutal, par des talus de 7 à 8 mètres de haut, ce qui a pour conséquence de rendre visible une artificialisation notable du paysage.



➤ Recycler les terres de chantier pour remodeler le paysage agricole : un exemple « autoroutier »

En 2018 et 2019, dans le cadre du chantier d'élargissement des voies de l'autoroute A41, environ 500 000 mètres cubes de terre ont été excavées... Alors, qu'en faire ? Au lieu de les placer en décharge, l'AREA, filiale du groupe APRR, a fait le choix de recycler 100 000 mètres cubes pour du remblais et des merlons en bord d'autoroute, et de mettre à la disposition d'un agriculteur de Pringy 400 000 mètres cubes. L'exploitation agricole de ce dernier se trouvait à... seulement cinq kilomètres de là, épargnant de longs transports par camions pour les déchets inertes. L'agriculteur a utilisé ce volume de terre dans le but d'adoucir la déclivité d'une parcelle de son champ, jusqu'alors trop raide et impraticable. La terre arable de surface fut ôtée, tandis que les matériaux excavés ont été disposés en sous-couche, avant que l'on ne remette la terre végétale par-dessus, qui a repris rapidement ses droits. Les bêtes de l'agriculteur peuvent ainsi arpenter ce sol « fraîchement » redessiné... Dernière étape, et pas des moindres, celle de l'évaluation agronomique d'un expert indépendant, afin de s'assurer de la viabilité du projet et de son impact futur sur les écosystèmes. Une autre partie de la terre excavée a servi à la construction de boviducs, sous la route départementale, permettant aux agriculteurs de faire traverser en toute sécurité leurs troupeaux. « Le bénéfice est réel et partagé, grâce à ce type de projet qui permet d'atténuer les perturbations environnementales d'un grand chantier comme celui d'une autoroute », témoigne Sandra Quivet, conductrice des Opérations grands projets au sein d'AREA/APRR. « Le volume de terres a permis la réalisation de modelages acoustiques, paysagers et agricoles. Cela évite les camions et la pollution les coûts de décharge et les risques d'accident lors du transport de terres. Nous voulons poursuivre dans cette voie de la revalorisation de terres inertes, c'est aussi un enjeu important pour nous. »

100 000 m³
recyclés pour du remblais
et merlons en bord
d'autoroute



Merlon = levée de terre ou d'enrochement destinée à réduire le bruit et/ou servir d'écran visuel ; arrêter les pierres et blocs rocheux provenant des falaises et versants.



Hibernaculum (gîte hivernal) - © Séaphore&CO pour AREA



Gîte à chauve-souris © Séaphore&CO pour AREA



Plateforme agricole aménagée facilitant le fauchage - © Séaphore&CO pour AREA



UN PROCÉDÉ INNOVANT DE VALORISATION



Mélange de champignons et de bactéries, accélérateur de la fertilisation



Chaîne trophique = synonyme de chaîne alimentaire, soit les relations entre des organismes en fonction de la façon dont ceux-ci se nourrissent. C'est un schéma de représentation des échanges d'énergie et de matière entre les espèces consommées et les espèces consommatrices

► Symphonie de fertilisation en Sol majeur

Si nous analyserons le procédé de fertilisation au cours des pages à venir, portons d'abord un regard sur la société et les acteurs qui l'ont mis au point. Bienvenue ici dans le monde d'Edaphos et du génie pédologique

► Du rôle des champignons...

À l'origine, il y a la société **Yphen**, cofondée à Thonon-les-Bains par Mathieu Pillet et Gil Burban, spécialisée dans la production de mycélium de champignons à des fins de régénération et de dépollution des sols. Travail scientifique de longue haleine, qui débouche sur une conclusion étonnante du normalien Mathieu Pillet : « *Initialement, nos travaux étaient très axés sur les enjeux de dépollution des sols, grâce aux propriétés enzymatiques des champignons utilisés, mais au fur et à mesure de nos observations, nous sommes arrivés à la conclusion que ces champignons pouvaient aussi revaloriser et fertiliser à nouveau des sols dégradés.* » Ce constat de la ressource « terrestre » de plus en plus sollicitée, de plus en plus prélevée sans possibilité de recyclage, est aussi le ressort de la motivation de Mathieu Pillet lors de la création d'**Edaphos**. Face à la destruction du sol et à l'enfouissement des matériaux terreux, excavés des chantiers, l'urgente nécessité de donner une deuxième vie à la terre s'est révélée prégnante. C'est ici qu'intervient la dimension de génie pédologique. « *La pédologie s'est beaucoup intéressée à l'aspect technique du sol, à la composition des strates et à leur rôle respectif, mais la discipline ne s'est pas assez concentrée sur la dimension du vivant dans le sol. Il y a eu un vrai retard de pris sur cette connaissance, et notamment sur tout ce que la matière vivante peut apporter au bénéfice du reste, mais aussi dans une démarche d'économie circulaire et de recyclage de la terre.* » Dans le même temps, la demande en terre végétale explose : les villes affichent un besoin croissant de terre végétale pour les aménagements d'espaces publics, parcs et jardins et pour lutter contre les îlots de chaleur par la désimperméabilisation des sols. L'idée d'Edaphos est née : exploiter des champignons, des bactéries et des micro-organismes capables de régénérer la terre inerte afin de la réintroduire en milieu naturel, de créer un substrat fertile pouvant alimenter ces différents chantiers et se substituer à la terre végétale prélevée dans les espaces agricoles et naturels.

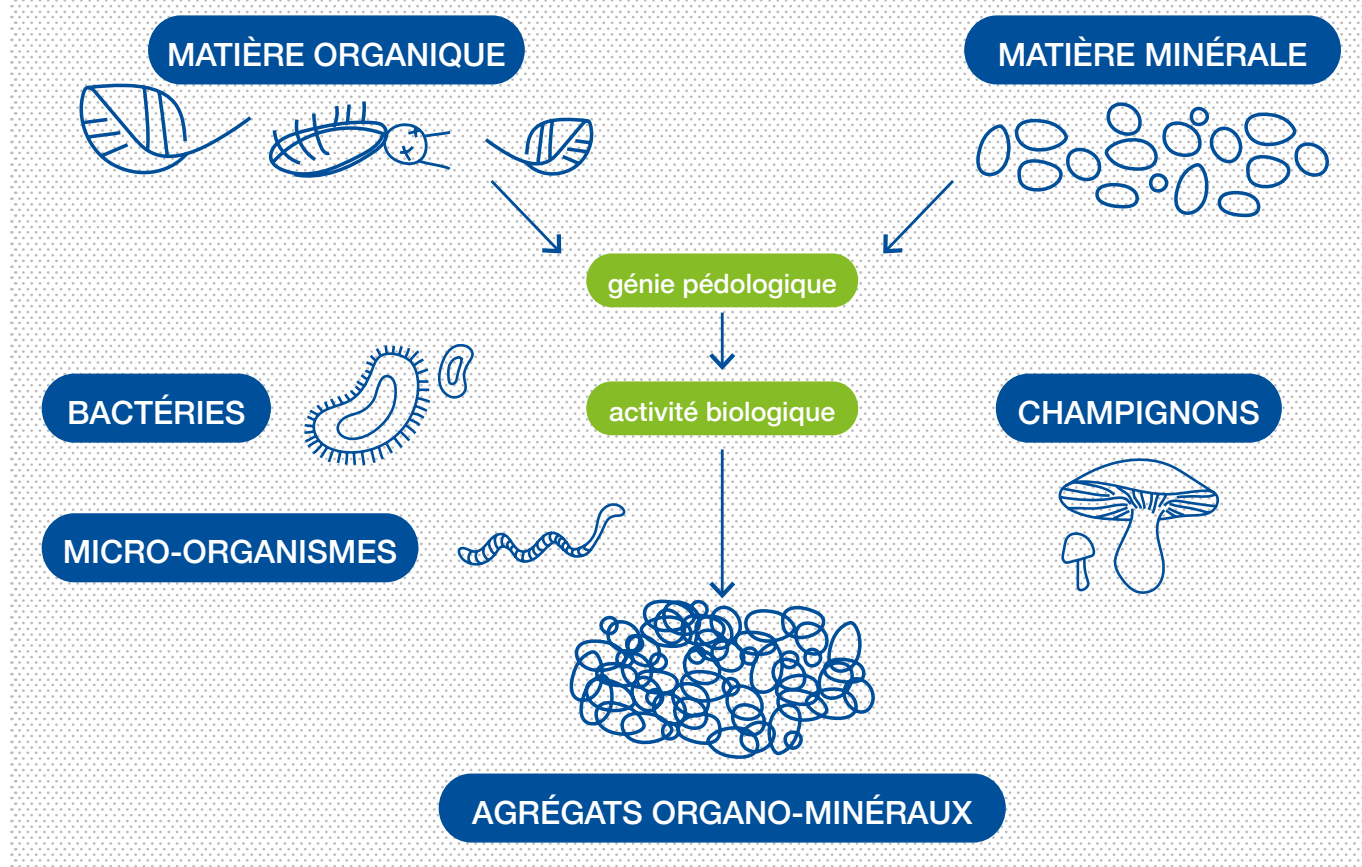
► ... à accélération d'un processus naturel

Le procédé apparaît relativement simple mais il est le fruit d'une dizaine d'années de recherche ayant mobilisé des laboratoires et des spécialistes, mais aussi les ingénieurs pédologiques du bureau d'études **Microhumus** : « *L'accélération du processus d'agrégation de la matière minérale et de la matière organique est le socle de notre démarche, insiste Mathieu Pillet. Avec l'aide des champignons et des bactéries, on accélère la chaîne trophique, on stimule le sol et on l'aide ainsi à se reconstituer, à se fertiliser, à s'enrichir de matières vivantes. Ce n'est qu'une accélération du processus naturel, en somme. On agit toujours par bio-mimétisme.* » Si le procédé n'est pas protégé par un brevet, et n'est pas brevetable en l'état - puisque la recette change à chaque utilisation en fonction du sol donné et de sa finalité -, encore fallait-il un cadre réglementaire et des territoires pilotes pour exercer l'idée à plus grande échelle. Mathieu Pillet installe donc Edaphos en Suisse, avant de se faire épauler par l'Office de la promotion des industries et des technologies (OPI), et, du côté français, il bénéficie du soutien d'INDURA, le cluster en Travaux publics. Le projet Interreg VADEME survient enfin à point nommé car il a permis à Edaphos de développer son procédé au sein d'un cadre institutionnel, à cheval sur deux pays extrêmement concernés par la gestion des déchets inertes. La phase d'observation est désormais cruciale : « *On sait mieux les conditions dans lesquelles le procédé d'Edaphos fonctionne ou ne fonctionne pas, tempère Mathieu Pillet. On observe par exemple que sur des sols très argileux, le procédé a beaucoup de mal à prendre. Aussi, si on veut éviter que le sol ne redevienne stérile dans le temps, il est nécessaire que les agrégats organo-minéraux soient d'une excellente qualité. Par ailleurs, il faut garder en tête qu'on ne sera pas capable de régénérer des sols sur des milliers d'hectares, de même qu'on ne sera pas capable de régénérer une zone humide, par exemple. La complexité et la perfection du travail de la nature, ayant abouti au sol tel que nous le connaissons, est le résultat de milliers d'années de pluies, d'érosion, de relations écosystémiques, qui ne peut être imité par un procédé artificiel. En revanche, celui d'Edaphos peut aider à moins abîmer et rogner sur des surfaces de terre naturelle en utilisant de la terre recyclée, à nouveau fertilisée, pour une multiplicité d'usages relatifs à l'aménagement du territoire.* » À noter que le CERN a récemment sollicité Edaphos dans le cadre du chantier pour la construction de son nouvel accélérateur de particules.

➤ Le génie pédologique, comment ça fonctionne ?

Principes du génie pédologique

Pédogénèse en deux phases



Un sol se forme grâce à l'agrégation à l'échelle microscopique des particules minérales et organiques. Ce phénomène est indispensable à sa structuration. Dans le cadre de la valorisation des déchets terreux inertes, il s'agit avant tout de reproduire et d'accélérer des phénomènes naturels. La formation de terre fertile, et donc la formation d'agrégats est un processus extrêmement long, par une approche tout à fait innovante, le génie pédologique va donc faciliter et accélérer l'activité biologique indispensable au processus d'agrégation. Prenons ainsi l'exemple des champignons à l'échelle microscopique, qui remplissent trois grands objectifs : la production de mucus protéique qui va « coller » les particules ensemble, le réseau mycélien des hyphes, qui participe à cette agrégation de par son action mécanique, et enfin la production d'enzyme extra-cellulaires qui vont également catalyser les réactions biochimiques entre particules minérales et organiques. Grâce à l'imagerie microscopique, il est possible d'observer ce phénomène d'agrégation dans le temps.



Hyphe = structure longue des algues, champignons ou cyanobactéries formant un réseau de filaments cylindriques.

Le réseau des hyphes des champignons forme le mycélium.



➤ Concevoir un projet de fertilisation en cinq étapes

Edaphos propose une déclinaison de son action de génie pédologique en cinq étapes, simples à comprendre, comme l'illustre le schéma ci-après. La phase n°3, la « formulation », est en quelques sortes l'étape-clé, car elle correspond à la « recette » qui sera employée pour régénérer le sol, en fonction des propriétés souhaitées pour les matériaux futurs et de la performance agronomique visées. Elle repose aussi sur la compréhension de la bonne adaptation et du juste équilibre des proportions des matériaux sélectionnés pour atteindre l'objectif. Elle permet aussi de développer une projection et des estimations sur les caractéristiques du futur matériau, et doit s'inscrire enfin dans le respect de la réglementation, soit garantir la fertilité du sol au sens de l'Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol, 1^{er} juillet 1998) pour la Suisse, et respectée la norme NF U 44-551 pour la France.

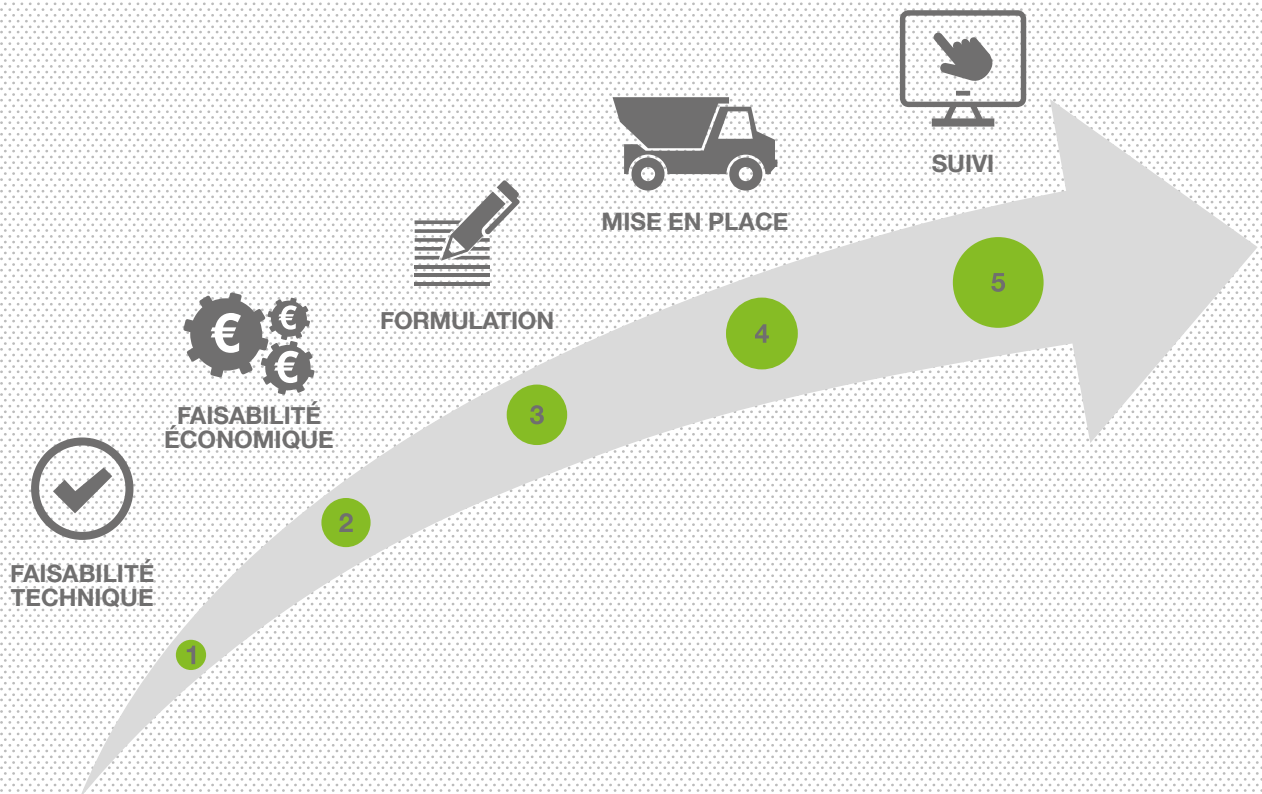


La norme NF U 44-551 définit 29 dénominations de supports de culture additionnées ou non d'engrais. Pour que la terre végétale élaborée par le processus de fertilisation puisse être commercialisée, elle doit en respecter les prescriptions.

Succédant à la formulation, vient le temps de la « mise en place » (phase n°4 sur le schéma). Bien que cela paraisse être une étape anodine, la mise en place demande une expérience du terrain et des matériaux, afin de les manipuler dans les conditions optimales.

La dernière phase du procédé Edaphos concerne le suivi des matériaux qui comprend des analyses agronomique et environnementales, ainsi que l'édition d'une fiche qualité. L'application du procédé de valorisation permet d'aboutir à des fins précises, comme la création d'aménagements paysagers, d'espaces verts en milieu urbain, mais aussi une production de matériaux terreux de qualité pour une valorisation *in situ*.

Étapes du génie pédologique



➤ L'Aire, une rivière aux berges bien vivantes !

L'Aire est une rivière qui coule au sud de Genève en prenant sa source au pied du Salève et file ensuite à travers une plaine agricole, sur le territoire frontalier entre la France et la Suisse. De la fin du XIX^e siècle jusqu'aux années 1940, la rivière a été progressivement canalisée pour maîtriser ses crues.

En 2001, l'État de Genève organise un concours qui a pour objectif de redonner à la rivière son cours originel, naturel, en détruisant le canal et avec la volonté de recréer des berges « naturelles » et paysagères. Autrement dit : au lieu d'avoir imposé à la rivière un tracé défini, les artisans du projet (qui s'étalera sur près de vingt ans !) ont préféré créer un dispositif en forme de grille - avec des terrassements naturels en terre et en forme de losange - permettant à la rivière de choisir elle-même son nouveau lit. Sous l'effet de ces multiples chenaux, amenés à disparaître avec l'érosion, l'Aire se faufile désormais comme bon lui semble.

Dans un tel contexte, la création de « nouvelles » berges était essentielle, et c'est à ce titre que sont intervenus Edaphos, en appui du consortium suisse de Travaux publics et Génie civil, INDUNI – Scrasa. La renaturation des berges devait ainsi remplir trois objectifs : protéger la plaine contiguë et les zones agricoles contre le risque d'inondation, améliorer la qualité des eaux grâce à une terre redevenue fertile, et valoriser les espaces récréatifs qui bordent désormais le cours d'eaux. Objectifs remplis. La dernière phase du chantier, lancée fin 2021, a exigé la gestion de 50 000 mètres cubes de terre excavée, 15 000 mètres cubes de remblais et 10 000 tonnes d'enrochement... mais, surtout, on dénombre zéro mètre cube de terre rejetée en décharge. Une prouesse !

Grâce à l'intervention du procédé Edaphos, la revalorisation de plus de 5 000 mètres cubes de terre inerte a rejoint, en qualité de substrat fertile, la filière des concepteurs paysagistes tandis que le reste a été utilisé in situ pour les remblais et le terrassement. L'opération est un succès : outre l'obtention du prestigieux Prix du Conseil de l'Europe, le projet a bénéficié aux écosystèmes environnants, avec le retour de papillons, de batraciens et d'oiseaux (hérons, martins-pêcheurs...) qui avaient jadis disparu, et nichent désormais sur les berges de l'Aire.



Renaturation =
processus, naturels ou
avec l'intervention de
l'homme, par lesquels
la nature se réinstalle
spontanément



© Fabio Chironi





Entretien Sébastien Kicka OPI

Chef de file VADEME en Suisse

Sébastien Kicka est chargé de projet à l'Office de promotion des industries et des technologies (OPI), organisme dans lequel il œuvre pour l'innovation et la collaboration entre les industries et les hautes écoles. L'OPI, chef de file du projet VADEME côté Suisse, est une fondation de droit privé qui accompagne le développement des entreprises, stimule l'innovation technologique et renforce les synergies au sein de l'écosystème genevois.

« Sébastien Kicka, que suscite le projet VADEME du côté des partenaires suisses ?

De l'intérêt, forcément, car nous sommes dans une situation complexe, du côté des grandes entreprises suisses de la construction, au sens où les coûts de transport et d'acheminement vers la France, pour les opérateurs et promoteurs suisses, augmentent considérablement. Mais il y a aussi les coûts « environnementaux », qui exigent de trouver des alternatives, plus vertueuses. VADEME tente de répondre à ces défis.

« Quel est le rôle de l'OPI dans le projet VADEME, justement ?

Un rôle de coordinateur, mais aussi un rôle moteur au regard du nombre de partenaires, en permettant d'accompagner les problématiques transfrontalières. Ici, je me dois d'ailleurs de rendre hommage à Jean-Marc Hilfiker, qui fut l'initiateur de ce projet pour l'OPI et est décédé en 2021. Nous avons par ailleurs beaucoup travaillé, au début, avec le service cantonal de la gestion des déchets, qui disposait de nombreuses données sur les volumes de terres inertes transportés vers la France. Je parle du CAUE de Haute-Savoie, car c'est avec eux que nous nous sommes organisés pour réaliser un état des lieux précis, mais aussi constituer un comité de pilotage efficace. Ensuite, dans un deuxième temps, nous avons tenu à montrer des exemples concrets, comme celui de la plaine de l'Aire, et les vertus du procédé d'Edaphos. À travers cette illustration « grandeur nature », il est important de souligner ici le rôle prépondérant de la société INDUNI, qui a pris des risques dans le cadre de la valorisation d'un si grand volume de terres inertes, sans avoir l'assurance que cela fonctionnerait.

« À ce sujet, les normes relatives à la qualité de la terre végétale et le contexte administratif ne sont pas les mêmes en Suisse qu'en France ?

Oui, ils diffèrent beaucoup des deux côtés de la frontière. En Suisse, les « terres végétales », notamment celles qui arrivent sur le marché, sont analysées et validées à l'échelle fédérale. Nous avons aussi la charge de ce volet administratif, et nous avons collaboré avec Cleantech Alps, un réseau économique de la Suisse romande, qui permettait de faire remonter les informations vers Berne et assurait ainsi le rôle de courroie de transmission.

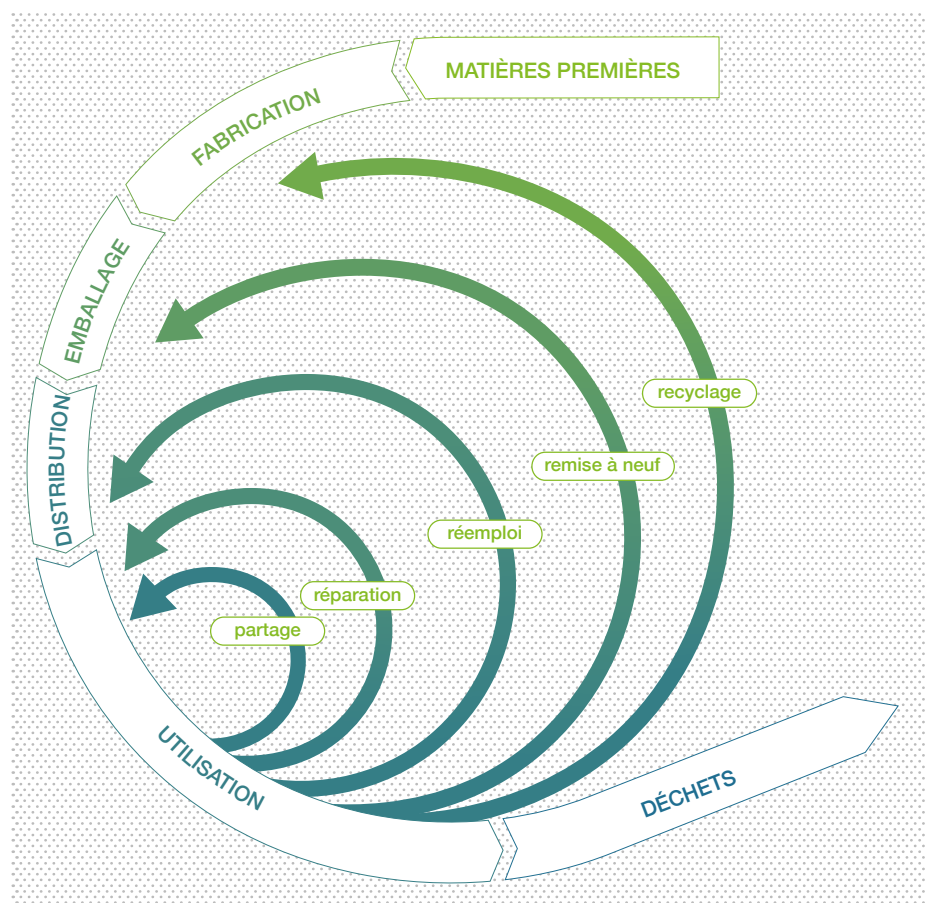
« L'économie circulaire fut aussi l'un des grands enjeux du projet VADEME ?

Oui. Nous nous félicitons déjà, au cours des expérimentations d'Edaphos, de l'intérêt croissant, et même de l'engouement des paysagistes pour ce procédé de fertilisation. En parallèle, nous avons réalisé grâce à tous les acteurs de VADEME un travail notable de prospective en vue de comprendre les évolutions du marché de la terre végétale. C'est un sujet compliqué. Mais ce qui est certain, c'est que les besoins en terre végétale sont exponentiels... Et on ne peut pas éternellement prendre dans la terre agricole. C'est pourquoi cette économie de la « re-création » permet aussi de faire sens à une époque où la ressource se raréfie. Néanmoins, il faut accompagner ce phénomène et lui donner un cadre.



L'ÉCONOMIE CIRCULAIRE DANS LA NAISSANCE D'UNE CHARTE COMMUNE

400 000 000 000... Voici le montant, en euros, du coût estimé de l'érosion des sols sur la planète chaque année. Cela représente environ 12,7% par an des surfaces de l'Union européenne, dégradées à cause de la surexploitation des terres, de l'artificialisation des sols ou de l'extension des villes. L'aménagement des territoires et son impact sur les sols naturels mettent à l'épreuve le manque de solutions opérationnelles et techniques. Pourtant, des solutions existent et VADEME souhaite les promouvoir.



➤ Rendez-vous en décembre (2022) !

Après une première phase d'état des lieux, et une deuxième phase de mise en œuvre d'un procédé de fertilisation des terres inertes, le projet VADEME a mené une phase de recherche et d'applications des méthodes d'économie circulaire. Cette phase a réuni les territoires pilotes du canton de Genève, Annemasse-Les Voirons Agglomération, la communauté de communes du Genevois et le Grand Annecy.

L'objectif ici était de mieux connaître les pratiques d'économie circulaire et d'impliquer les territoires pour que les conditions soient propices à leur développement. Rappelons que le projet VADEME catalyse des compétences de part et d'autre de la frontière franco-suisse. En effet, l'augmentation constante des déchets générés (en moyenne la construction d'un logement implique vingt-cinq camions de terre à évacuer), couplée à la raréfaction des sites habilités à les recevoir - les ISDI et les carrières - forcent à réfléchir à de nouvelles solutions de valorisation. D'autant que la taxe sur les activités polluantes (TGAP), sur le point d'augmenter fortement, concerne quarante-six millions de tonnes de déchets dans le bâtiment en France. Le 13 décembre 2022, les acteurs du projet VADEME se sont réunis à Annecy, sous un beau manteau neigeux, pour prendre part à une journée technique sous le thème de « L'économie circulaire de la gestion des terres inertes ». Retours d'expériences à l'appui et projets en cours portant sur la construction de filières de valorisation des matériaux d'excavation, les acteurs de VADEME se sont affairés à la création d'une feuille de route introduisant l'économie circulaire au cœur des opérations, et en associant l'ensemble des acteurs de l'aménagement : entreprises



TGAP =
taxe générale sur
les activités polluantes

de terrassement et de paysage, opérateurs, aménageurs, constructeurs, associations et institutions ont pu partager leurs problématiques pour identifier collectivement des solutions et leurs conditions de mise en œuvre, vers une économie circulaire de la gestion des terres inertes. Il s'agissait d'échelonner dans le temps, et au travers d'ateliers, les actions à mener pour rendre les territoires plus autonomes dans la gestion des terres inertes.



À la suite de la journée du 13 décembre, deux ateliers de co-construction d'une feuille de route et d'une charte de chantier ont été organisées, toutes deux visant la mise en œuvre d'une économie circulaire de la gestion des terres inertes à l'échelle des territoires pilotes. Chaque atelier a pu réunir une vingtaine de personnes pour échanger, débattre et participer à l'élaboration de ces documents. On peut saluer la participation active des acteurs du territoire : services des communes et EPCI, élus, professionnels et leurs représentants (FBTP74, CNATP), ainsi que la DREAL, qui a pu rappeler à tous le cadre réglementaire et les responsabilités de chacun. L'objectif principal : favoriser les bonnes pratiques, faire émerger des solutions innovantes sur les territoires et apporter de la valeur ajoutée aux gisements d'économie circulaire, en préservant les sols et sauvegardant le potentiel fertile des terres agricoles.

Côté Suisse, le Grand Genève travaille également sur l'élaboration d'un plan d'actions d'économie circulaire, à travers l'élaboration du Pacte Matière intégrant pleinement la question des déchets et terres inertes.

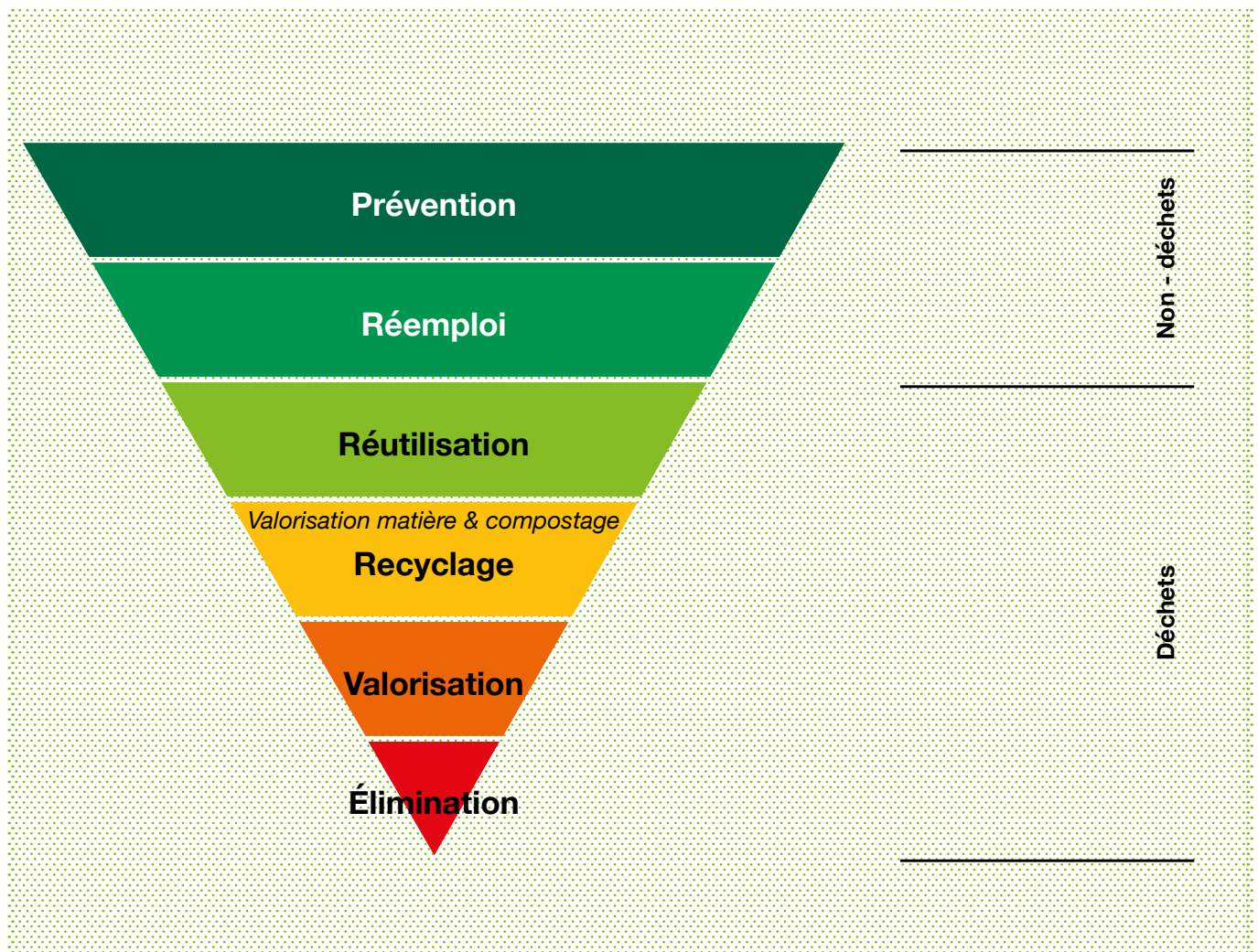




La fin du tout jetable : un encadrement qui se renforce

De nombreux outils réglementaires visent à stimuler la mise en place de chemins pérennes pour réduire drastiquement les déchets en amont.

D'abord, grâce à la loi AGECE « Anti-gaspillage pour une économie circulaire » (AGECE) promulguée le 10 février 2020. Elle encadre la production et la gestion de nos déchets : les professionnels du BTP seront amenés à payer une éco-participation lors de l'achat des matériaux. Ensuite, dans le cadre de la loi de transition énergétique pour la croissance verte, l'objectif est de parvenir à diminuer les carburants d'origine fossiles et le transport, appuyée par la loi Climat et résilience, et la réglementation RE-2020, qui suppose le renforcement des contrôles et l'analyse du cycle de vie dans le BTP.





Indura, un cluster à l'avant-garde des projets environnementaux dans le BTP

Labellisé « cluster » depuis 2014, INDURA est un organisme qui rassemble plus d'une centaine d'acteurs économiques, techniques et scientifiques issus du monde des infrastructures de transport et de l'énergie sur la Région Auvergne-Rhône-Alpes. Son objectif : développer des solutions d'innovations dans le secteur des Travaux publics, en faveur d'infrastructures toujours plus performantes, résilientes et économes. Parmi ses membres, on recense des bureaux d'études, des centres de recherches, des laboratoires, des bureaux d'ingénierie, et bien entendu, des entreprises de Travaux publics. C'est à ce titre qu'INDURA a proposé d'associer Neo-Eco - adhérent du cluster - à ce projet, afin de promouvoir des valeurs d'économie circulaire, mais aussi d'incarner une « courroie de transmission » entre les acteurs institutionnels et techniques.

« Nous étions convaincus des bénéfices que ce projet pouvait apporter au monde du Travaux publics et de la construction, évoque Charlotte Martinez, chargée de mission au sein d'INDURA. Historiquement, il est vrai que les déblais sortis des chantiers étaient peu traités et personne ne leur prêtait de l'attention. Or, depuis une dizaine d'années, les pratiques et les consciences ont évolué : lesdits déblais sont de la terre, des cailloux, du sable, donc de la ressource naturelle. Le projet VADEME propose de considérer, in fine, la forte valeur ajoutée que sont ces déchets et ces matériaux de chantier. » « Dans les métiers des Travaux publics, le besoin de matériaux inertes est croissant, ajoute Franck Gautheron, directeur d'INDURA, et grâce au procédé d'Edaphos, l'idée à terme est de structurer des sols techniques pour parvenir à un sol agraire, un sol qualitatif. Et c'est bien la « magie » de ce procédé, résultat de longues années de recherche. Il est nécessaire à présent que le marché s'implique, car, hélas, aujourd'hui, le prix du déchet recyclé et traité est plus cher que la matière naturelle. » Aussi, pourrait-on voir les grands acteurs des Travaux publics s'accorder demain à utiliser massivement des procédés de fertilisation des terres inertes. La réponse demeure relativement complexe. « Le marché des Travaux publics est un marché de commande et non pas d'offres, précise Franck Gautheron, néanmoins, nous voyons bien que plusieurs de nos adhérents prêtent un regard attentif à l'évolution des procédés de fertilisation, dont celui développé par Edaphos et à ses résultats. Avec la raréfaction de la ressource naturelle, ils seront forcés de s'orienter de plus en plus vers de telles solutions d'économie circulaire. Auparavant, il y avait un frein psychologique à utiliser un « déchet » inerte, car c'est une conception très normative et péjorative, alors qu'en réalité, ce déchet inerte, une fois valorisé et recyclé, peut apporter des garanties. »





Rien ne se perd tout se transforme La contribution de Neo-Eco au projet VADEME

Si l'une des questions centrales du projet VADEME est de savoir comment concilier durablement économie et écologie, certaines réponses peuvent être trouvées du côté de Neo-Eco, une structure d'ingénierie spécialisée dans la création de boucles d'économie circulaire.

Neo-Eco a été associé au projet VADEME par l'entremise du cluster INDURA (voir encart ci-contre), dans le but d'apporter des compétences spécifiques en matière d'études environnementales et réglementaires ainsi que sur le volet économie circulaire. À la fois positionné en amont de la phase opérationnelle - par la réalisation d'études techniques - mais aussi en suivant les chantiers impliquant la valorisation des terres excavées, Neo-Eco s'est révélé être très complémentaire d'Edaphos. *« Concernant le rôle d'ingénierie, Neo-Eco a été chargé, aux côtés du CAUE de Haute-Savoie, de réaliser un état des lieux des différentes pratiques de gestion des terres excavées, en Suisse et en Haute-Savoie, puis d'évaluer les volumes sur les territoires concernés »* précise Ariane Proy, ingénieure et cheffe de projet au sein de Neo-Eco, qui soulève les subtilités et les complexités du projet dès lors que le vocable utilisé et les normes en vigueur dans le traitement de la terre excavée ne sont pas les mêmes du côté suisse ou du côté français. *« La perception et les définitions techniques du sol diffèrent en Suisse et en France : les Suisses procèdent par un découpage très précis de la matière organique et minérale, tandis que les Français s'attachent à une stratification beaucoup plus simple, beaucoup plus basique, entre la première couche de terre, la plus fertile, et le reste du sol, en profondeur. Sur le plan sémantique, déjà, nous avons ici un rôle de coordination à jouer pour harmoniser les diverses considérations à l'égard du sol ! »*

Ensuite est venu le temps du retour d'expériences sur les modes de gestion. *« La terre peut être redirigée vers le milieu agricole, les paysagistes, ou encore vers les aménagements paysagers pour produire des merlons anti-bruit en bordure d'autoroute par exemple. Ou bien les entreprises de travaux publics vont tout mettre en œuvre pour réutiliser, recycler les volumes excavés in situ. Enfin, il y a la question de la terre inerte que l'on dépose dans des carrières de stockage et à laquelle on ne donne plus d'utilité... Sauf que la capacité d'absorption de ces carrières de stockage arrive à saturation. Et c'est là où le projet VADEME revêt toute son importance : nous voulions connaître les pratiques réellement employées par les opérateurs, et sur quels volumes, pour rediriger ces gisements vers des filières plus vertueuses. »* Par conséquent, une étude de marché a été réalisée sur l'enjeu de la terre végétale recyclée, tout en s'appuyant sur les données et la collaboration de la Chambre nationale des artisans des travaux publics et du paysage (CNATP), et sur la Chambre de commerce et d'industrie de la Haute-Savoie (CCI). *« VADEME est en soi un projet très prospectif, et c'est ce qui fait sa richesse »* se félicite Ariane Proy. *« C'est un projet tourné vers l'avenir, qui insiste sur le questionnement de la ressource du sol et l'importance de l'économie circulaire. On a pu découvrir qu'il existait une multiplicité de méthodes pour revaloriser des terres inertes, chacune ayant ses points forts et ses points faibles. »*



Neo-Eco et l'exemple du Grand-Paris

Missionnée sur le chantier du Grand-Paris où il est question de quarante-cinq millions de tonnes de déblais excavés en dix ans (Calcaire, sable et argile), Neo-Eco a su inverser une tendance où les acteurs ne valorisaient à l'origine que 1% des terres inertes ou non inertes.

Quatre-vingts formulations (bétons, ciments, couches de forme, remblais...) ont été nécessaires sur un site pilote de cinq mille mètres carrés. Cent dix sociétés ont manifesté leur intérêt dans la transformation des déblais en éco-matériaux normés, prêts à l'emploi et vendus à prix égal aux matériaux présents sur le marché. Le chantier du Grand-Paris est ancré dans la concrétisation des changements de méthode. Les acteurs industriels s'approprient ces nouvelles matières. Lors d'un chantier de terrassement, il faut un bon diagnostic, qui permet de caractériser les matériaux en fonction de leur qualité chimique et mécanique, puis orienter ces matériaux vers leur bon usage. Si l'on interroge les petits entrepreneurs, les obstacles existent et ils s'avèrent nombreux : difficultés à respecter les normes, accès à l'information, mauvais diagnostic... Il y a aujourd'hui une réelle attente en matière de cohésion des administrations, des élus, des autorités. Il est temps de changer les méthodes, mais la feuille de route doit être claire...



○ « Reproduire des conditions de fertilité adéquate » Retour d'expérience de Terres fertiles à Lyon



« Le sol des villes souffre depuis trop longtemps de leur imperméabilisation et de leur dégradation, raison pour laquelle le verdissement de ces espaces génère d'importants besoins en terre végétale. À Lyon, on compte 2 100 000 tonnes de terres qui ont été évacuées en 2020, soit l'équivalent de 107 000 camions par an alors même que l'agglomération est en manque de terres végétales pour les aménagements (parcs urbains, espaces verts...) » explique Pierre Georges, le directeur développement du bureau d'études Terres fertiles qui rassemble les dix principaux acteurs paysagistes de l'agglomération lyonnaise. L'objectif de cette structure est de faciliter la valorisation agronomique des terres excavées afin de proposer des solutions durables en alternative à l'emploi de terres végétales provenant de l'extérieur de nos villes.

La raréfaction de la ressource en terre végétale d'un côté, et sa demande croissante en milieu urbain de l'autre a de quoi préoccuper. C'est pourquoi Pierre Georges propose un projet de valorisation des terres excavées, en assurant leur réemploi au sein de l'économie locale. En mêlant observations de terrain et analyses chimiques, des pistes de réflexion se dégagent peu à peu. Est-ce possible de valoriser la terre excavée directement sur le chantier ? Si ce n'est pas le cas, il faut viser une évacuation sur des sites à proximité, et les plus proches possible ! Bouger la terre n'a jamais été une bonne idée. Mais attention, recycler des terres implique des conditions de stockage particulières. Le meilleur moyen de gaspiller de la terre végétale c'est de l'entasser sans respecter les couches. Par métaphore, prenez un opéra par exemple, qui alternerait minutieusement biscuit, crème au beurre café et ganache au chocolat. Lorsque vous respectez le montage, le plaisir est immense, toutefois, prenez ce même opéra et jetez-le au sol... le chaos qui en résulte retire toute l'identité et l'harmonie du gâteau. C'est ce long travail de la nature, invisible à l'œil nu, qui est pourtant au cœur du sujet : « La terre est véritablement mise en culture et on limite le criblage, puis on la stocke sans l'altérer en gardant en tête un horizon de superficie et de profondeur pour reproduire des conditions de fertilité adéquate. » détaille Pierre Georges. Une montée en compétence des acteurs locaux et l'accompagnement opérationnel permettent d'assurer la préservation de cette ressource dans le temps. L'ensemencement et la visibilité sur les chantiers - qui ont besoin de cette ressource - demandent un travail minutieux auprès des aménageurs. « Ne plus être dépendant de terres végétales passe idéalement par la production de terres fertiles in situ, sur le chantier directement, ou sur du foncier temporaire, soit en vue d'une utilisation sur place, soit dans le but de revendre cette terre à d'autres entreprises. » conclut Pierre Georges.



➤ « Refertiliser un sol en trois à quatre mois » Retour d'expérience d'INDUNI, Edaphos & Yphen

À la réponse d'un appel d'offres de Genève, trois entités INDUNI (entreprise du BTP), Edaphos et Yphen sont parvenues à redonner ses droits naturels au cours d'eau de l'Aire. Outre la protection contre les inondations, l'amélioration de la qualité des eaux, la valorisation des espaces de loisirs, ce projet avait surtout pour objectif de reconstruire des dispositifs paysagers (fossés, haies, bosquets, marais) presque entièrement disparus. Un canal, un tracé rectiligne motivé autrefois par un effort de maîtrise du territoire laisse place à présent à des méandres dont le tracé retourne à sa forme originelle (voir article page 24).

En réussissant à ne pas déplacer les matériaux pour une mise en décharge, la performance financière a effectivement profité au maître d'œuvre. Grâce à l'appui logistique de la société INDUNI, chargée de l'excavation, du tri des matériaux, malaxage, triage, criblage la société Yphen a été en mesure d'inséminer un conditionneur adapté pour que la vie reprenne. La formulation de matériaux fertiles par Edaphos, en lien avec les besoins d'aménagement, a permis d'aboutir à la régénérescence de matières inertes, qui sont ainsi devenues un « substrat fertile ».

Preuve, s'il en est, - et si l'ensemble des conditions sont réunies - que l'on peut dépolluer et refertiliser un sol en trois à quatre mois grâce au procédé d'Edaphos. La société est ainsi en passe d'augmenter ses capacités de volume avec le développement d'une unité de production de champignons et bactéries. Parmi ses projets à venir : un grand projet sur le port de Lille pour la valorisation des boues de dragage, un projet de dépollution d'hydrocarbure à Nice, un projet de valorisation des sols en Belgique... L'intérêt pour sa méthode ne cesse de croître. En outre, les autres procédés existants sur le marché ne répondent pas toujours aux besoins de reconstruction physique et chimique du sol. À ce jour, le bilan de l'opération sur la Plaine de l'Aire est sans conteste une réussite avec 3 000 mètres cubes de matériaux fertiles produits et 500 mètres cubes de terre réemployée pour l'aménagement de la rivière. Évidemment, pour assurer de bons résultats dans le temps, il convient de respecter un usage conforme aux recommandations d'utilisation : la mise en plantation doit se faire en plusieurs étapes pour ne pas appauvrir le sol. Fait insolite : certaines sociétés vont même jusqu'à proposer l'implantation de nids de vers de terre mais c'est encore une pratique très coûteuse et sur laquelle il n'y a pas encore assez de recul.



➤ « Il n'y a pas de mauvais matériaux » Retour d'expérience de Teractem



Entre 2020 et 2022, la moyenne des distances effectuées par les camions chargés de terres, entre les zones de chantier et les sites de stockage, est passée de 52 à 65 kilomètres, confie Carlos Coelho, de la société Teractem, basée à Annecy. Sur le chantier de l'éco-quartier Pré-Billy, à Pringy, l'objectif était de maintenir et recycler 100% des terres excavées sur le site (soit un chantier de 21 hectares) et le pari a été tenu. Au départ, sur trois équipes géotechniques interrogées, deux d'entre elles ont répondu qu'un tel objectif était irréalisable. La dernière s'est attelée à réaliser l'impossible ! La société Terre à Terre a achevé une cartographie du site en s'appuyant sur plus de deux cents sondages, sept puits de forage, des radiographies de terrain et des études sur le schéma de circulation de l'eau pour conserver un tel volume de terre inerte à même le site. Les résultats ont été rapides : « *Nous avons déconstruit 8 000 mètres cubes de matériaux, qui ont été concassés sur place et réutilisés. Ce chantier représente aussi, plus ou moins, 30 000 mètres cubes de décapage végétal, pour une terre qui a été stockée et réutilisée sur place, et 900 000 mètres cubes de terrassement.* » ajoute Carlos Coelho, qui poursuit : « *Tout cela a été rendu possible grâce à une grande flexibilité en matière de maîtrise d'œuvre, qui a permis d'optimiser les dépenses et les déplacements, mais aussi de réduire considérablement la pollution, les dangers, et les nuisances liées au transport.* » Un grand espace de transformation de limons en terres végétales a été créé, ainsi qu'une pépinière à même le site, dont les arbres seront plantés en bordure des logements.



➤ Substrat fertile : un marché en développement



Le verdissement généralisé et accéléré des villes ressemble de plus en plus à un impératif environnemental et social qui n'apporte que des avantages, parmi lesquels l'amélioration de l'air et son rafraîchissement, un bien-être global, le développement de circulations douces, cyclables et piétonnes, la lutte contre les îlots de chaleur, la possibilité de l'agriculture urbaine, etc... La révolution urbaine de demain passera nécessairement par la végétalisation des sols, et à ce titre, Genève travaille sur d'importants projets de réaménagement, comme la renaturation de la Drize (un affluent de l'Aire et sous-affluent du Rhône), qui va nécessiter 72.000 mètres cubes de terre végétale. En Suisse, l'importation sur site de terre végétale non criblée coûte de 30 à 40 CHF hors taxe par mètre cube, et la terre végétale criblée de 50 à 60 CHF hors taxes par mètre cube. La lutte contre le réchauffement climatique s'inscrit à Genève dans la création d'une canopée, comme un parasol végétal géant représentant 30% de la surface de la ville. Au cœur du plan stratégique de végétalisation, il est question de 56 hectares faisant l'objet de mesures de végétalisation et deux hectares de transformation d'espaces imperméables en surfaces végétales. Par ailleurs, depuis 2001, le canton de Bâle s'est doté d'une loi rendant obligatoire la végétalisation de toutes les toitures plates.

30%
de la surface de Genève
vouée à devenir
une canopée

6 000 m²
d'un parking d'Annemasse
ont été transformés
en jardin

Un horizon pour le marché de la terre végétale s'ouvre donc sur les politiques publiques de « désimperméabilisation » des sols, qui consiste à végétaliser des lieux autrefois recouverts de revêtements artificiels, empêchant le sol de respirer et de remplir ses fonctions de drainage et d'absorbeur naturel. À titre d'exemple, le parking central d'Annemasse de 6 000 mètres carrés (250 places) a récemment été remplacé par un vaste jardin, le parc Clémenceau, qui fait le bonheur des habitants. Ainsi en va-t-il aussi de l'enjeu des cours d'école, avec quelques illustrations récentes en Haute-Savoie : à l'école René Cassin de Faverges, où le CAUE de Haute-Savoie a travaillé en collaboration avec des paysagistes pour ôter une bonne partie de la cour et la végétaliser. Mais aussi à Cran-Gevrier, à Neuvecelles, ou encore à Saint-Julien-en-Genevois, où l'enrobé et le bitume ont laissé place à de somptueuses cours verdies, oxygénées et perméables aux eaux de pluie. Tous ces projets ont pu voir le jour grâce à l'utilisation massive de terre végétale. Aussi, plutôt que de prélever cette terre dans la nature, pourquoi ne pas utiliser des volumes de terre valorisés à partir de déchets inertes ? Enclencher une dynamique d'économie circulaire exige que les maîtres d'ouvrage se portent acquéreurs de matériaux recyclés, incitant les chantiers « producteurs de terres inertes » à « produire » cette nouvelle ressource végétale ! Et la boucle est bouclée...



Désimperméabilisation à l'école René Cassin à Faverges



Végétalisation de la cour du Lycée Baudelaire à Cran Gevrier

Entretien
Chloé Malié Marsh
CAUE de
Haute-Savoie

Chef de file
VADEME en France

Ingénieure en énergie et environnement, coordinatrice du projet VADEME en France, Chloé Malié Marsh travaille sur les interactions entre environnement et société. Elle a pour mission au CAUE de Haute-Savoie d'accompagner les collectivités grâce à des projets de recherche et d'expérimentation territoriale, dans une optique d'adaptation aux enjeux environnementaux et climatiques.

« Comment et dans quelles conditions est né ce projet Interreg ?

Ce projet trouve son origine dans le travail de recherche d'Edaphos, soutenu par l'Office de la promotion des industries et des technologies, et dans la rencontre avec les enjeux de gestion des déchets inertes terreux que nous observons sur le territoire. Le constat de son impact environnemental était déjà présent, et nous nous devons d'y répondre. Nous avons alors amorcé une phase de défrichage... Il devenait urgent de s'approprier le sujet, de disposer de données, de volumes, de cerner des problématiques concrètes. Parallèlement, la Fédération du bâtiment et des travaux publics de la Haute-Savoie (FBTP-74) alertait sur la saturation des installations de stockage des terres inertes, au sortir des chantiers, et réclamait l'ouverture de nouveaux espaces de stockage... Donc, monter ce projet européen Interreg, sur ce territoire frontalier soumis à une telle tension foncière, relevait du bon sens et de l'urgence. Un réseau d'acteurs s'est constitué, petit à petit, permettant d'identifier à chaque fois de nouvelles pistes de réflexions, de questionnement, de solutions. Les partenaires apportaient ainsi leurs compétences, qui est la substantifique moelle de VADEME : un jeu d'acteurs multiples pour répondre à un problème d'envergure. « Comment » est né ce projet revenait surtout à savoir « avec qui » le faire naître.

« Que symbolise ce rôle de « chef de file » pour le CAUE ?

Le CAUE incarnait logiquement le « pilote » côté français, à la fois sur un plan comptable et financier, car un tel projet demeure lourd à porter administrativement, mais aussi sur le plan « relationnel », où il devait assumer un rôle de coordination et de gestion de la gouvernance avec les autres partenaires. N'oublions pas que le but d'un tel projet est de faire partager les connaissances, de créer des pistes de réflexion, d'ouvrir le débat sur l'enjeu des terres inertes. In fine, le but est aussi de communiquer sur les résultats et d'en faire bénéficier au plus grand nombre. Ce qui m'a semblé vraiment pertinent avec VADEME, c'est la possibilité pour chaque acteur de disposer d'une grande marge de liberté, d'expérimentation, de points de vue, tout en conservant une légitimité certaine dans l'expertise et d'arriver à une réelle innovation.

« Comment décrire ce projet succinctement ?

Je le résumerais ainsi : VADEME symbolise à ce jour une interface entre des enjeux complexes, intégrant une portée écologique et économique, sur fond de conséquences relatives à l'aménagement et à l'urbanisation grandissante du territoire frontalier franco-suisse. Ce projet soulève des questions profondes sur l'artificialisation excessive du sol, et son corollaire : sa préservation. Aujourd'hui, la loi Climat et résilience, avec l'objectif de « zéro artificialisation nette » du sol implique des efforts considérables pour les collectivités et les entreprises, mais comment pouvons-nous les accompagner ? Quelles solutions suggérer pour concilier développement économique et respect du sol, à l'ère du changement climatique ? Quelles idées proposons-nous pour valoriser les déchets terreux inertes, et endiguer le gaspillage de la terre ? Vouloir s'approprier ces défis présuppose une dimension technique, comme l'innovation au service d'une meilleure valorisation, mais cela demande d'ouvrir un champ plus large dans la réflexion, avec une sensibilité environnementale marquée. Et c'est là où le CAUE de la Haute-Savoie a toute sa place.

« Le CAUE apportait donc une vraie compétence en matière d'environnement ?

Pas seulement. Sa compétence première, son expertise, si l'on veut, c'est de contribuer à une vision « globale », avec une volonté de « dézoomer » sur les enjeux d'aménagement et les problématiques inhérentes à nos territoires, en travaillant en collaboration avec toutes les parties prenantes.

« Si l'on évoque l'avenir du sol, quel regard portez-vous sur la dimension « éco-circulaire » d'un tel projet ?

L'économie circulaire est un concept clé, à la fois dans notre rapport à l'économie de demain et à l'environnement. C'est un levier capable de développer des solutions pour éviter le gaspillage, mais aussi de concilier nos productions et nos déchets. Si l'on veut que ce pari réussisse, il faut une intervention politique et des réseaux d'acteurs efficaces. Gardons néanmoins en tête que le fond du problème, actuellement, c'est l'existence d'un modèle économique où prédomine le coût le plus bas pour ce qui a trait à la ressource « terre » et dans lequel les solutions les plus vertueuses ne sont pas toujours abordables financièrement. Par exemple, une entreprise suisse de construction, sur un chantier, se retrouve à avoir des coûts moins élevés en faisant venir des matériaux de France par camion, puis à renvoyer la terre inerte excavées de ses chantiers vers la France, plutôt que de traiter l'ensemble localement. Est-ce du bon sens ? Non. Est-ce plus économique pour cette entreprise ? Oui. L'idée n'est pas de critiquer les entreprises de BTP, soumises à de fortes tensions concurrentielles, mais c'est de questionner nos modes d'actions pour réduire considérablement notre impact sur l'environnement. Le défi, donc, et c'est là où intervient l'économie circulaire, c'est de rendre viable des solutions écologiques et locales, d'autant plus quand nous avons la maîtrise technique pour le faire.

« Certes... mais par quelle méthode ?

Dans le cadre du projet VADEME, nous nous sommes posés la question : Qu'est-ce que la collectivité peut amorcer et peut imposer dans ses cahiers des charges en matière d'économie circulaire et dans le réemploi des terres inertes ? L'idée de ce projet, c'est de susciter un engagement politique fort, qui ne pouvait fonctionner qu'avec un maximum d'acteurs économiques autour de la table. C'est pourquoi nous avons réuni des collectivités, des agglomérations, des entreprises du BTP, des associations, un cluster régional... Les collectivités ont un grand pouvoir d'action tant dans leur rôle de planification que dans leur rôle de maître d'ouvrage dans le cadre des marchés publics. Elles peuvent désormais favoriser la variante du « substrat fertile », soit de la terre fertilisée, « recyclée » et disponible, et la réutiliser dans leurs projets d'aménagement, au lieu d'aller prélever de la terre végétale dans le milieu naturel ou agricole. C'est la raison pour laquelle nous avons travaillé avec des territoires pilotes qui vont, demain, pouvoir s'appuyer sur une « feuille de route » et une « charte de chantier » que nous avons élaborées collectivement lors des ateliers sur l'économie circulaire.

« Désormais, plusieurs perspectives s'ouvrent pour VADEME...

Je le crois. À présent, l'éventail des possibles est large, car VADEME est devenu un lieu d'échange où chaque acteur peut apporter sa perception technique du sol et sa sensibilité. Être parvenu à créer de l'intelligence collective entre les partenaires, c'est aussi la grande réussite de ce projet, et c'est ce qui lui permettra de poursuivre sur sa lancée. À titre d'illustration, le rôle joué par les entreprises françaises et suisses a été déterminant pour faire le bon constat des problèmes, mais aussi nous questionner sur nos pratiques. VADEME a permis l'émergence d'une vision commune de la ressource « terre », que nous nous devons de préserver. Il faut à présent que cela se propage sur d'autres territoires.

➤ La vie du sol... Aujourd'hui et demain

Parvenus au terme de cette revue, et après avoir cheminé entre des chapitres aux tonalités techniques, juridiques, politique et poétique, nous souhaitons citer un extrait de l'ouvrage *L'origine du monde*, écrit par le biologiste Marc-André Selosse : « *Le sol, c'est un paroxysme criant de diversité vivante, une explosion baroque de vie, de façons de vivre, de composants chimiques variés - et sans doute la plus riche construction du monde vivant, qui s'empare de l'inerte et le contrôle. Dans la colonne de vie qui va du ciel au tréfonds de la Terre, c'est un foisonnement là où la roche frôle l'atmosphère : les écologues appellent « écotone » une telle zone, située entre deux milieux homogènes et où une grande biodiversité s'accumule à la faveur d'un changement de conditions sur une épaisseur faible au regard des deux milieux qui l'encadrent. Avez-vous réalisé, à l'échelle de l'atmosphère (600 kilomètres d'épaisseur) et du rayon terrestre (360 kilomètres), l'extrême minceur de ce sol, entre quelques millimètres et, au plus, une centaine de mètres ? [...]* C'est une invisible pellicule - mais quelle pellicule ! Que ne structure-t-elle pas dans nos existences ! Nous ne voyons que la surface : nous vivons dans le pelage du sol, où nous croyons naïvement voir les écosystèmes terrestres... Le sol comporte 60% à 80% de la biomasse des écosystèmes terrestres, vivante ou morte. On décompte chez nous 65 kilos de biomasse par mètre carré de sol [...]. Capable de retenir 50 à 400 litres d'eau par mètres carrés, il se fait régulateur des débits des rivières et aussi porte de l'évaporation vers le ciel ; ouvert sur l'air, il y envoie des gaz qui peuvent contribuer à l'effet de serre, qu'il peut aussi limiter en stockant de la matière organique. »

Au cours des divers chapitres de cette revue, nous avons pu considérer à quel point le sol, et son foisonnement édaphique, sont un patrimoine universel, en même temps qu'un patrimoine traumatisé, menacé par les activités humaines. Pollutions, intrants chimiques, labourage intensif, décharges, excavations, nivellement ou terrassement de terrain sont autant de bouleversements qui mènent à l'érosion des sols, ajoutée à l'artificialisation massive causée par l'urbanisation... Ainsi, sur nos territoires genevois et haut-savoyard, mis sous pression par l'activité de la construction, la terre excavée des chantiers rejoint des espaces de stockage (carrières et ISDI) déjà saturés. C'est d'une logique implacable : étendre une ville, avec ses zones industrielles, ses nouveaux logements, ses espaces commerciaux, ses parkings et ses routes, c'est s'emparer d'un patrimoine agricole et réduire à néant des espaces naturels. C'est le revers de la pièce du dynamisme économique et démographique que nous connaissons sur le territoire frontalier franco-suisse. Le rythme effréné des chantiers impose une gestion des déchets terreux inertes qui interrogent donc notre capacité à préserver les sols, mais aussi celle de pouvoir concilier durablement développement économique et respect de l'environnement. C'est cette réflexion collective qui est à l'origine du projet Interreg VADEME, et qui, subsidiairement, nous engagent tous : entreprises, collectivités, citoyens, associations... Comprendre les problématiques auxquelles sont confrontés les aménageurs, le monde agricole et les collectivités, mais aussi optimiser les solutions de gestion, en favorisant les filières de valorisation, sont les enjeux qui ont motivé les acteurs du projet. Trois grands axes de travail ont ainsi permis de structurer la réflexion :

1. La réalisation d'un état des lieux de la gestion des terres inertes, pour s'approprier le sujet et comprendre les problématiques du territoire et de ses acteurs.
2. L'étude d'un processus de fertilisation des terres inertes, pour développer et expérimenter une nouvelle filière de valorisation.
3. Une réflexion rassemblant le réseau des acteurs du territoire pour favoriser l'émergence d'une économie circulaire de la gestion des terres inertes. L'économie circulaire est motrice de la législation en vigueur, puisqu'elle a officiellement fait son entrée dans la loi relative à la transition énergétique pour la croissance verte. Celle-ci reconnaît la transition vers une économie circulaire comme « **un objectif national** » et « **l'un des piliers du développement durable** ».

Rappelons que les partenaires du projet, au nombre de neuf, répartis en France et en Suisse, ont su travailler en synergie des deux côtés de la frontière pour former une équipe pluridisciplinaire. Un cluster rassemblant des acteurs économiques et scientifiques (INDURA), des entreprises de génie civil et de Bâtiment et Travaux publics (INDUNI, Chavaz), le service des sols du Canton de Genève (GESDEC), un bureau d'étude expert dans le domaine de l'économie circulaire (Néo-Éco), la Chambre d'agriculture Savoie-Mont-Blanc (CASMB), la société de génie pédologique Edaphos, ont été entraînés par deux chefs de file - le Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement de Haute-Savoie et l'Office de promotion des industries et des technologies - pour mener à bien ce projet et l'expérimenter grâce à la participation d'Annemasse Agglomération, de la Communauté de communes du Genevois, du Grand Annecy, et du Canton de Genève. Gardons enfin en tête que VADEME s'inscrit pleinement dans les objectifs de l'Union européenne, via le programme Caring for Soil is caring for Life qui vise à ce que 75% des sols européens doivent être en bonne santé d'ici 2030, pour la qualité de la terre agricole, les cours d'eau, la faune et la flore.



REMERCIEMENTS

Nous souhaitons remercier chaleureusement toutes les entreprises, structures, associations, étudiants et professionnels de l'intérêt qu'ils ont témoigné au projet VADEME et de leur participation à nos différents événements. Nous avons pu constituer un réseau d'une centaine d'acteurs que nous ne manquerons pas d'informer des suites à venir.

Un grand merci aux services et élus des communes et collectivités des territoires pilotes - Annemasse - Les Voirons Agglomération, la Communauté de communes du Genevois, le Grand Annecy et le Canton de Genève - qui ont contribué pleinement aux avancées de la réflexion pour l'émergence d'une économie circulaire des terres inertes.

Nous souhaitons remercier également les personnes et structures qui se sont mobilisées à nos côtés et qui par leurs apports ont largement contribué au projet :

- Emmanuelle Maillard, DREAL Auvergne Rhône-Alpes
- Rachel Bouvard, DREAL Auvergne Rhône-Alpes
- Stéphanie Pépin, Cercara
- Alban Struyven, entreprise Colas
- Caroline Vuillet, CNATP
- FBTP 74
- Francis Delavy, Office cantonal de l'Eau, République et Canton de Genève
- Franck Pidoux, Office cantonal de l'eau, République et Canton de Genève
- Alexandre Wisard, Office cantonal de l'eau, République et Canton de Genève

Et nous remercions également les prestataires qui ont suivi l'aventure VADEME et nous ont accompagnés pendant 2 ans de projet : Pascal Basso, Hervé Bely, Laurence Bourjot, Catherine Comte, Franck Debaecker, Gauthier Delcloy, Grégoire Domenach, Jean-Marc Eysseric, Eline Pech, William Odde.

Et enfin, une pensée respectueuse pour Jean-Marc Hilfiker, initiateur du projet VADEME à l'OPI, décédé en 2021.



LES PARTENAIRES

L'équipe est composée de 9 partenaires français et suisses, structures complémentaires et interdisciplinaires.

Le projet s'appuie sur la participation de quatre collectivités pilotes, territoires d'expérimentation du projet VADEME : le canton de Genève, Annemasse - Les Voirons Agglomération, la communauté de communes du Genevois et le Grand Annecy.

Les partenaires français



CAUE - Conseil d'architecture, d'urbanisme et de l'environnement - de Haute Savoie

Le CAUE de Haute-Savoie est chef de file du projet VADEME pour le consortium français. Il a pour mission principale de veiller au bon déroulement du projet dans ses aspects organisationnels, techniques, financiers et calendaires. Il assure en tant que pôle de ressources en architecture, urbanisme et environnement, l'ancrage territorial de la réflexion, l'interface entre les partenaires du projet et les territoires pilotes, la diffusion des résultats et des enseignements sur tout son champ d'exercice territorial, la Haute-Savoie.



Néo-Eco

Organisme expert dans le domaine de l'économie circulaire, Néo-Eco développe des solutions et méthodologies afin de réconcilier durablement économie et écologie pour un monde sans déchets. Dans le cadre du projet VADEME, il apporte son expertise en économie circulaire et en éco-conception.



CASMB - Chambre d'agriculture Savoie-Mont Blanc

La CASMB est un organisme consulaire chargé du développement et de l'orientation des activités agricoles, dirigé par des élus représentant tous les acteurs du monde rural. La CASMB assure les expertises agricoles sur la question des dépôts de matériaux inertes et le lien avec la profession tout au long du projet.



INDURA - Infrastructures Durables Auvergne-Rhône-Alpes

Cluster de la Région Auvergne-Rhône-Alpes, INDURA rassemble plus d'une centaine d'acteurs économiques, techniques et scientifiques issus du monde des infrastructures de transport et de l'énergie autour d'un objectif commun : développer ensemble des solutions innovantes répondant aux enjeux sociétaux et environnementaux actuels.

Les partenaires suisses



OPI - Office de promotion des Industries et des technologies

Organisme de soutien et d'aide dans les innovations technologiques et le développement économique sur le canton de Genève, l'OPI est chef de file du projet VADEME pour le consortium suisse. Dans le cadre de ses activités d'accompagnement et de soutien à l'innovation, l'OPI anime la gestion de projets R&D et inscrit dans ce cadre le projet VADEME



EDAPHOS

EDAPHOS est une jeune entreprise innovante qui développe ses produits et ses activités en génie de l'environnement et notamment le procédé de fertilisation de déchets terreux inertes à partir d'amendements organiques et micro-biens. EDAPHOS apporte son expertise au projet VADEME pour la réalisation d'opérations de valorisation de déchets terreux inertes en terre végétale ou sol fertile.



INDUNI

Entreprise générale acteur de l'aménagement du territoire, spécialisée dans la construction et le génie civil, INDUNI apporte au projet VADEME son expertise du terrain et sa capacité de mise en œuvre et de développement du procédé de fertilisation des terres inertes à l'échelle d'un chantier, dans une démarche d'économie circulaire sur la dimension sol.



GESDEC - Service de géologie, sols et déchets du canton de Genève

Division spécialisée de l'Office Cantonal de l'Environnement, le GESDEC est en charge de trois secteurs : les sites pollués, les sols et sous-sols et les déchets. Pour le projet VADEME, le GESDEC réalise un suivi des expérimentations ainsi qu'une intégration du projet dans les cadres normatifs et réglementaires en vigueur dans le canton de Genève.



Chavaz SA

Chavaz SA est une société transport et de fourniture de matériaux de carrière. L'entreprise a des sociétés sœurs et partenaires qui disposent de plusieurs sites de valorisation et stockage de matériaux inertes à Genève et en France voisine. Dans le cadre du projet VADEME, l'entreprise apporte son expérience dans la gestion des matériaux de chantier et met à disposition des sites d'expérimentation pour la transformation des déblais inertes en terre végétale fertile.



⁷⁴
ca.u.e Haute-Savoie

7 espl. Paul Grimault
74008 ANNECY
+33 (0) 4 50 88 21 10
www.caue74.fr

Chef de file français VADEME

opi» industries technologies

Route de la Galaise 34
1228 Plan-les-Ouates
+41 22 304 40 40
www.opi.ch

Chef de file suisse VADEME

