



PROJET VALEECO

ETUDE DE LA RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DE
MILIEUX ANTHROPISÉS À DES FINS ÉCONOMIQUES

LIVRET TECHNIQUE

RESTAURATION ET VALORISATION DES TERRES ANTHROPISÉES



EDITION 2023

PORTEUR DU PROJET



PARTENAIRES



Contrat de
Transition
Écologique

CONTENU

LE PROJET
PAGE 3



LE SOL
PAGE 5



DEGRADATION DE SOL
PAGE 8



DIAGNOSTIC DE SOL
PAGE 9



PRODUCTION VEGETALE
PAGE 10



PREPARATION DE SOL
PAGE 12



PLANTATION
PAGE 14



SUIVI
PAGE 15





LE PROJET VALEECO

Le projet **VALEECO** a pour objectif d'étudier la faisabilité technique et économique de plantations à vocation énergétique, sylvicole et agricole sur des zones anthropisées. En particulier, l'utilisation de ces zones telles que les anciens terrains agricoles abandonnés ou les sites miniers post-exploitation, pourrait être une des solutions au problème de la disponibilité des terres tout en limitant l'emprise foncière croissante sur la forêt naturelle.

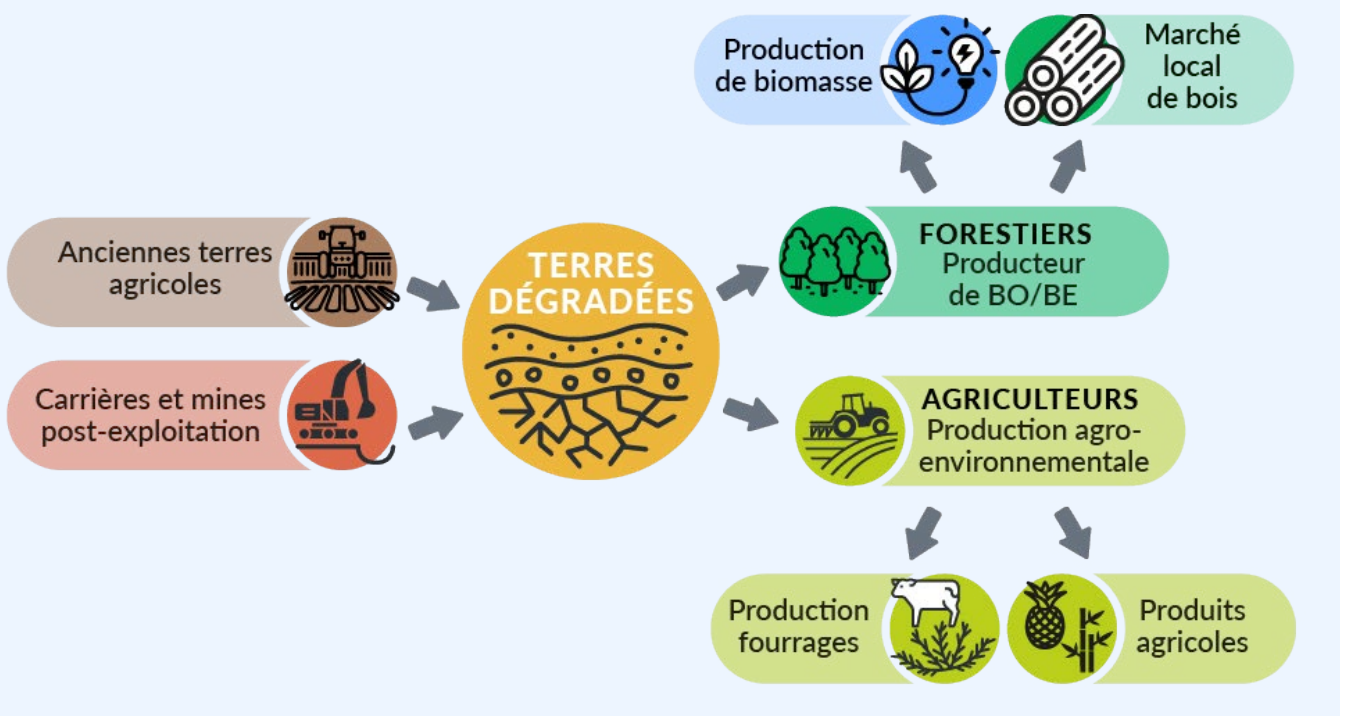
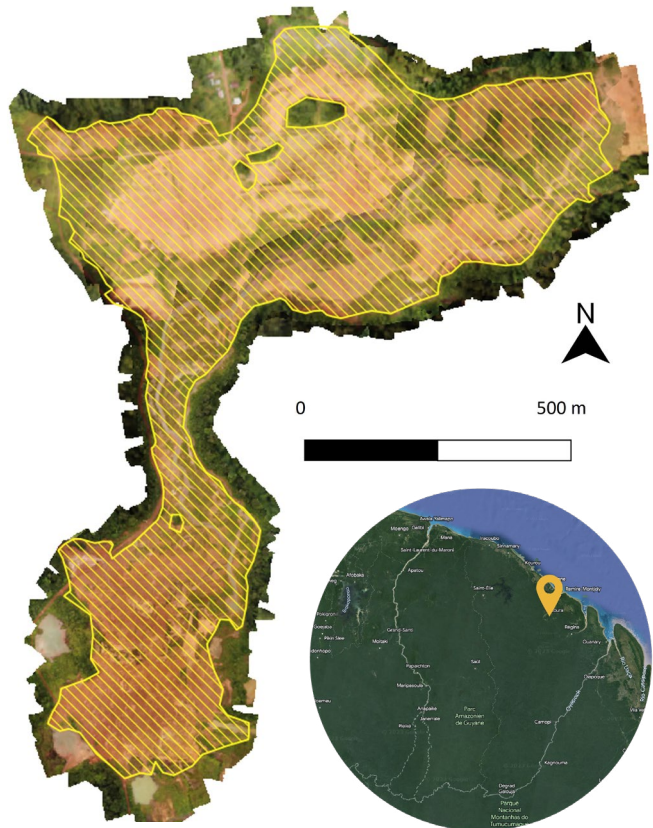
Ce livret est un support pédagogique qui accompagne l'utilisateur tout au long de son processus de restauration et valorisation de sa terre. Il vise à faciliter la mise en oeuvre pratique de solution, en apportant des précisions sur les approches, les méthodes et les enseignements tirés de l'expérience du projet.

OBJECTIFS

- a) Restauration de la valeur agronomique des sols :
 - Assurer un bon rendement de production agricole et sylvicole
- b) Utilisation d'espèces végétales répondant aux critères des filières :
 - Biomasse ligneuse pour l'énergie (BE)
 - Espèces forestières pour le bois d'œuvre (BO)
 - Espèces fourragères pour l'élevage
- c) Application d'itinéraires techniques répondant aux enjeux économiques et environnementaux :
 - Rentabilité économique
 - Production agroécologique

Le projet **VALEECO** s'est réalisé sur une mine d'or-paillage aurifère du domaine de la **Compagnie Minière Boulanger (CMB)** sur la commune de Roura (Guyane).

SURFACE : 52,8ha



1 PROTOCOLE

Les expérimentations menées visaient à étudier différents itinéraires de réhabilitation des terres (R) et de plantation d'espèces végétales (P). Différentes combinaisons de modalités de réhabilitation et de plantation ont été testées sur le site minier :

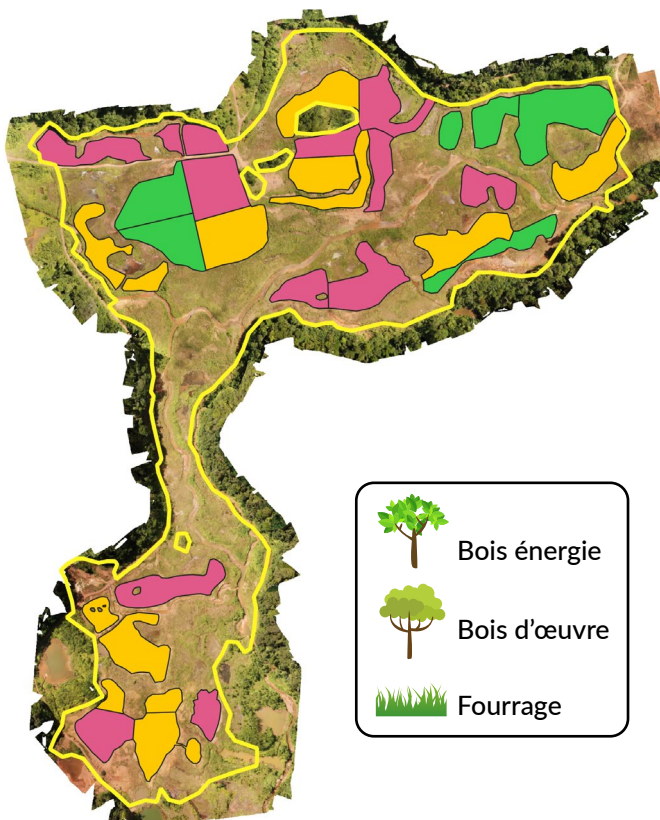
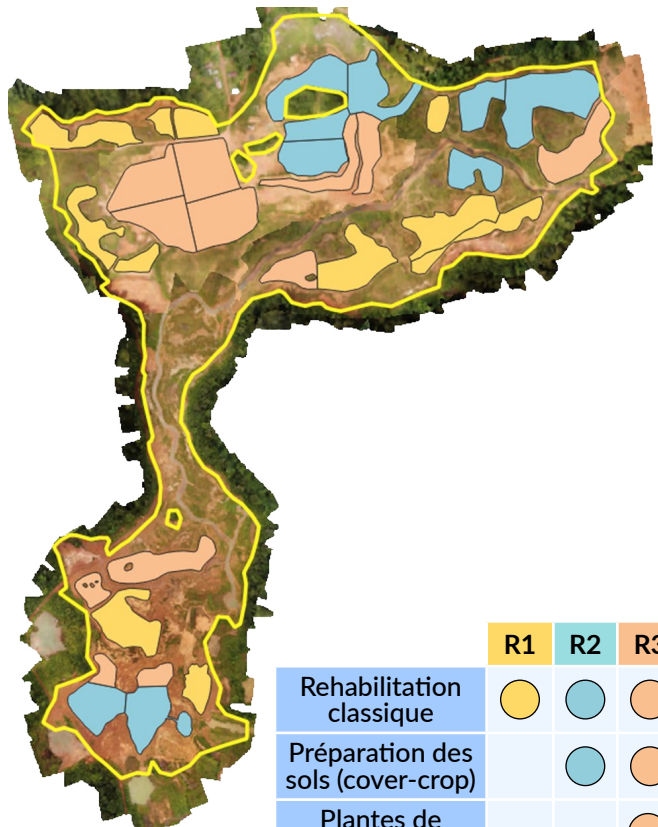
1) MODALITÉ DE RÉHABILITATION (R)

3 modalités de préparation des sols (Itinéraires techniques de Réhabilitation) :

- R1** Un itinéraire basé sur la réhabilitation classique (*) demandé dans le cadre du code minier.
- R2** Un itinéraire avec une préparation des sols aménagée pour la plantation (cover-crop)
- R3** Un itinéraire avec une préparation des sols aménagée pour la plantation et avec un renforcement de la fertilité organique du sol et de protection du sol (plantes de couverture).

(*) Dans les sites minières, la phase de réhabilitation est une obligation régie par le code minier. L'exploitant doit, post-exploitation, restaurer l'environnement. Ce qui inclut, en résumé, pour le cas des sites d'exploitation alluvionnaire :

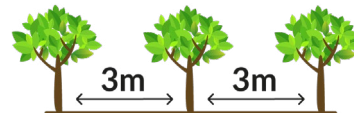
- Le déblaiement et la remise en état des sites par le nivelage, le drainage, le contrôle de l'érosion et la restauration des sols.
- La fermeture des barranques et du canal de dérivation et la remise en état du cours d'eau.



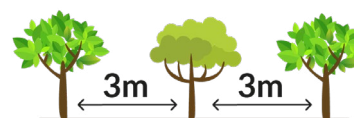
2) MODALITÉ DE PLANTATION (P)

3 modalités culturales (Itinéraires techniques de Plantation) :

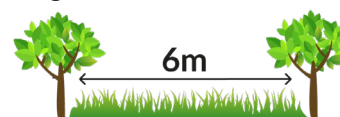
- P1** Espèces ligneuses à vocation Biomasse énergie :



- P2** Association d'espèces ligneuses biomasse énergie et d'espèces de bois d'œuvre :



- P3** Association d'espèces ligneuses biomasse énergie et de fourrage :





LE SOL ET SA FERTILITÉ

Le sol fournit les nutriments, l'eau, le support physique et les conditions propices à la croissance des plantes. Une gestion appropriée du sol, y compris la conservation de sa fertilité, la prévention de l'érosion et la promotion d'une biodiversité microbienne saine, est essentielle pour assurer une production végétale durable.

Un milieu complexe et vivant indispensable pour la production végétale

Le sol joue plusieurs rôles essentiels dans la production végétale, dont voici quelques fonctions clés :

RÉTENTION D'EAU

Le sol agit comme une réserve d'eau pour les plantes. Il est capable d'absorber et de retenir l'eau provenant des précipitations, la rendant disponible pour les plantes. La disponibilité en eau dans le sol influence directement la croissance et le rendement des cultures.

RESERVOIR DE BIODIVERSITÉ

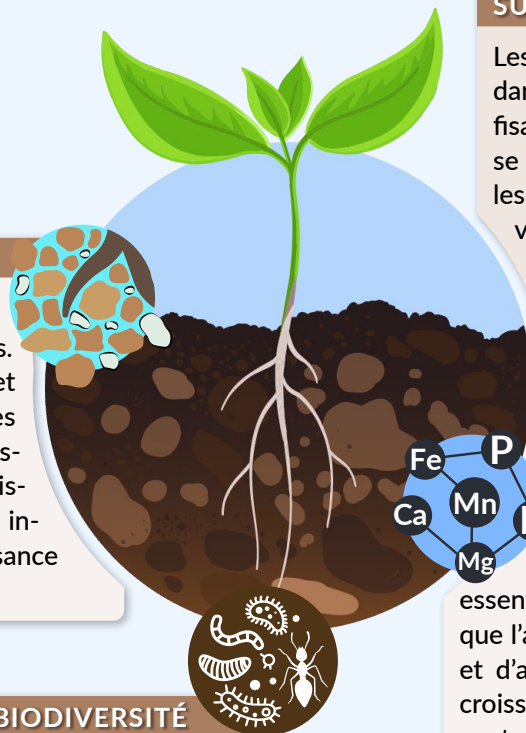
Le sol abrite une vaste communauté d'êtres vivants tels que les bactéries, les champignons, les insectes et les vers de terre. Ces organismes jouent un rôle crucial dans la décomposition de la matière organique, la libération de nutriments sous une forme disponible pour les plantes (minéralisation) et la fixation de l'azote atmosphérique.

SUPPORT PHYSIQUE

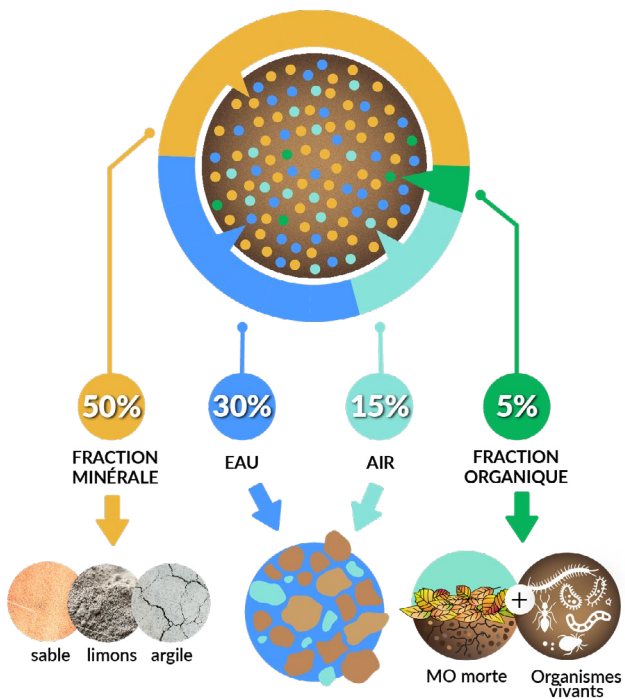
Les racines des plantes se développent dans le sol. Un sol bien structuré et suffisamment aéré permet aux racines de se développer correctement, d'ancrer les plantes de manière stable, de favoriser une meilleure absorption des nutriments et d'optimiser la croissance des plantes.

SOURCE DE NUTRIMENTS

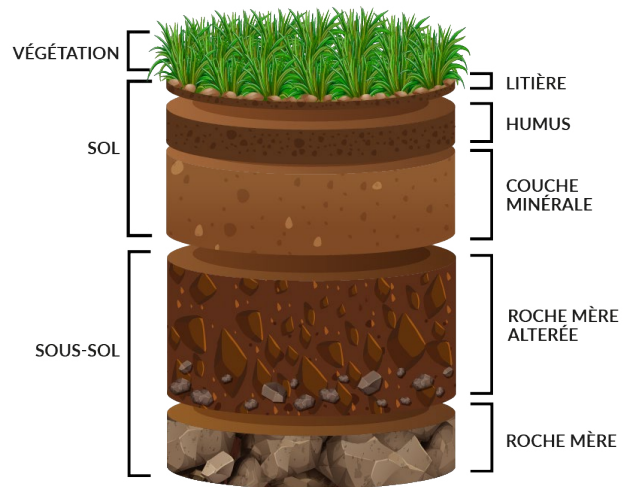
Le sol fournit des nutriments essentiels (éléments minéraux) tels que l'azote, le phosphore, le potassium et d'autres éléments nécessaires à la croissance des plantes. Ces nutriments sont absorbés par les racines des plantes et utilisés pour leur développement et leur métabolisme.



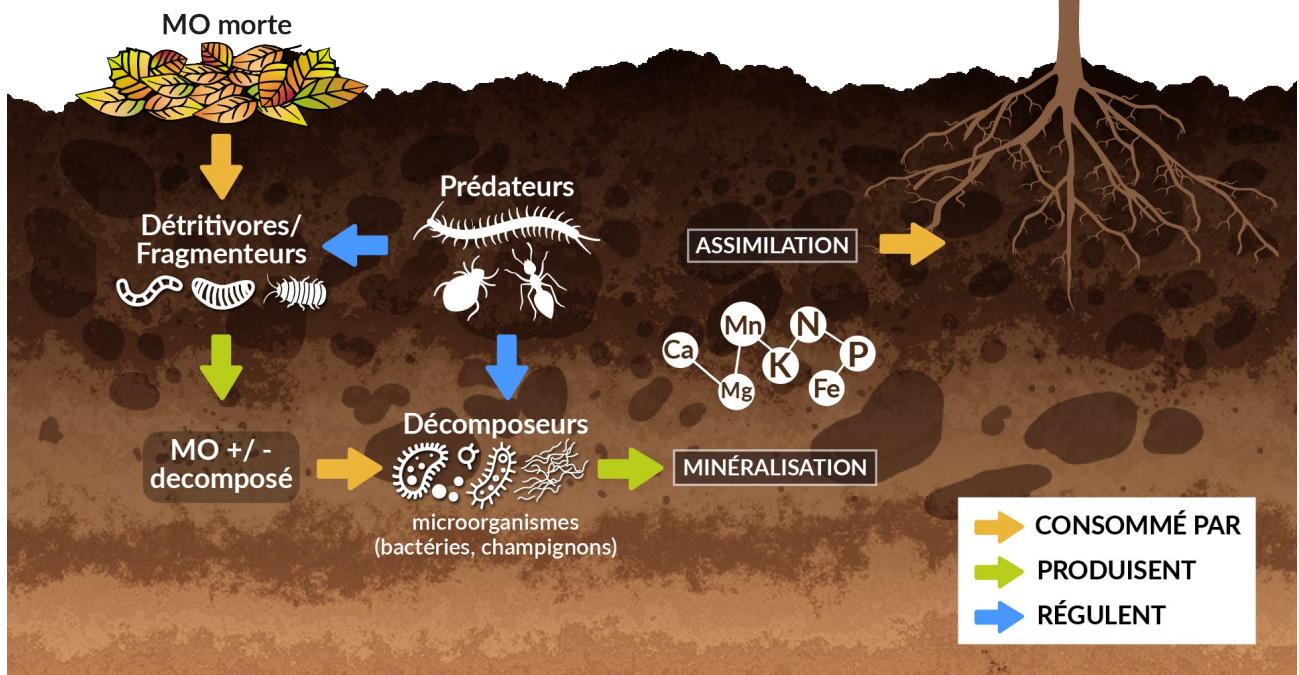
1 SA COMPOSITION



SON PROFIL



SON FONCTIONNEMENT



• Pour des informations plus complètes :

[Guide de la fertilité organique en Guyane](#)

2 SA QUALITÉ AGRONOMIQUE

La fertilité d'un sol se diagnostique en tenant compte de ses trois composantes : physique, chimique et biologique.

COMPOSANTE PHYSIQUE :

- **Texture** : on compte trois grandes classes de sol basées sur la grosseur des particules qui les constituent: les sols sableux, les sols limoneux et les sols argileux. Chaque type de sol affiche des avantages et des inconvénients.
- **Structure** : Elle renseigne sur l'agencement des différentes fractions du sol entre elles. La structure peut être aérée, grumeleuse, compacte, ... Elle va conditionner la circulation de l'eau et de l'air dans le sol.

 sable ($\varnothing > 0,05\text{mm}$)
  limon ($\varnothing 2\text{ }\mu\text{m}$ et $0,05\text{mm}$)
  argile ($\varnothing < 2\text{ }\mu\text{m}$)



SOL SABLEUX	SOL ARGILEUX
▪ Bon drainage (évacuation des excédents d'eau) ▪ Lessivage important (perte des éléments minéraux en profondeur) ▪ Assèchement rapide	▪ Bonne rétention d'eau et des éléments minéraux ▪ Saturation en eau en saison des pluies ▪ Compaction importante du sol



COMPOSANTE CHIMIQUE

- **pH** : L'acidité des sols a un effet direct sur l'activité microbienne des sols ainsi que sur la biodisponibilité des éléments nutritifs.
- **Teneur en MO** : La matière organique (MO) joue un rôle fondamental pour le maintien de la fertilité des sols à long terme en favorisant le développement de la vie des sols. La transformation de cette matière organique permettra l'apport d'éléments nutritifs aux cultures (processus de minéralisation).
- **Éléments nutritifs**: Les éléments nutritifs tels que le phosphore, l'azote ou le potassium sont la source de nourriture des plantes et sont donc indispensables pour le développement des cultures. Ils peuvent provenir de l'altération de la roche mère, de la fixation atmosphérique de l'azote et surtout de la décomposition de la matière organique.

COMPOSANTE BIOLOGIQUE

Le sol est un milieu foisonnant de vie : il abrite un tiers de la biodiversité de la planète !

Sans cette vie du sol, les cultures ne pourraient pas se nourrir. C'est la vie du sol qui met à disposition les éléments minéraux aux plantes avec notamment la décomposition et la minéralisation de la matière organique.





DÉGRADATION DU SOL

Une terre dégradée est un sol qui a subi une détérioration de sa qualité, de sa fertilité et de sa fonctionnalité. Cette dégradation peut provenir de :

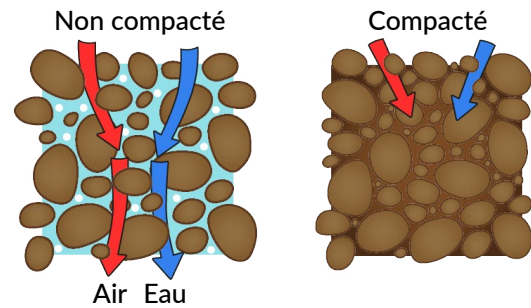
ÉROSION

Il s'agit de la dégradation du sol par le climat (vent, pluie, gel, etc). L'érosion du sol est un processus naturel, mais il est souvent aggravé par les activités humaines telles que l'agriculture intensive, la déforestation, l'exploitation minière ou de carrière. L'érosion élimine la couche fertile du sol, réduit sa capacité à retenir l'eau et les nutriments, et entraîne la perte de la biodiversité végétale et animale.



COMPACTAGE

Le compactage du sol se produit lorsque la structure du sol est altérée et que les espaces poreux entre les particules du sol sont réduits. Cela peut résulter de l'utilisation excessive de machines lourdes, du piétinement du bétail ou de pratiques agricoles inappropriées. Le compactage limite la circulation de l'air et de l'eau dans le sol, affectant ainsi la croissance des plantes.



POLLUTION CHIMIQUE

Les activités agricoles et industrielles peuvent entraîner une pollution chimique du sol. L'utilisation excessive de pesticides, d'engrais et de produits chimiques peut contaminer le sol et réduire sa fertilité.



DÉFORESTATION

La déforestation détruit l'écosystème forestier et entraîne la perte de la couche végétale protectrice et nourricière du sol. Cette végétation fournit continuellement de la matière organique au sol, ce qui, en plus de le structurer et de le protéger contre l'érosion, permet de le nourrir. *Un sol « nu » est un sol fragile !*



Des actions de régénération de sol dégradé et de protection de celui-ci sont indispensables pour assurer une production végétale durable.



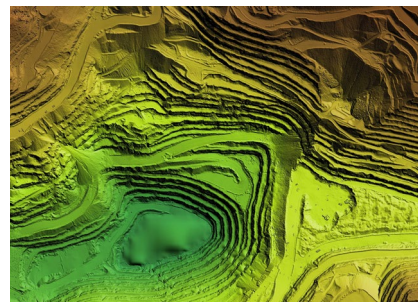
DIAGNOSTIC DE SOL

L'objectif de l'expertise de terrain vise à diagnostiquer la qualité des sols et les contraintes environnementales exercées sur ceux-ci. Dans le cas de travaux de revégétalisation sur sites dégradés, elle va permettre de délimiter des zones de sol et de caractéristiques environnementales « homogènes ». Une délimitation de ses zones sera réalisée au GPS et chaque zone sera géoréférencée. La localisation, la surface et les caractéristiques recensées pour chaque zone seront renseignées. L'expertise permettra pour chaque zone de préconiser (ou non) des itinéraires de travaux de préparation de sol et/ou des itinéraires de plantations afin de maximiser le succès de la revégétalisation.

En particulier, les paramètres évalués sur le terrain sont :

LA TOPOGRAPHIE

Elle permet de diagnostiquer les niveaux de pentes. Plus un sol est pentu, plus le sol risque de s'éroder et de perdre de sa qualité. Pour limiter cette érosion, une couverture du sol peut être envisagée (plantes de couverture, mulch, etc.). Il est également difficile voire dangereux de circuler avec des engins de chantiers sur de fortes pentes (>30 %).



LA PROFONDEUR UTILE DES SOLS

La profondeur utile des sols est déterminée sur le terrain par sondage à la tarière jusqu'à une profondeur maximale de 80 cm (profondeur utile non limitante quel que soit le type de culture). La profondeur du sol facilement exploitable par les racines peut être limitée par un certain nombre de caractéristiques : nappe perchée, cuirasse ou système de drainage. Pour des plantations d'arbres, il est absolument nécessaire que les sols soient profonds afin que les disposent d'espace nécessaire à leur bon développement. Il est possible d'augmenter la profondeur utile du sol en réalisant en formant des buttes ou billons de plantation.



LE NIVEAU D'HYDROMORPHIE

L'hydromorphie des sols caractérise une saturation en eau au moins temporaire. Il est aisé de repérer des traces d'hydromorphie même en saison sèche (trace de « rouille » = fer oxydé dans les sols, sol très noir = décomposition impossible de la matière organique en milieu anaérobie saturé en eau, etc.). L'hydromorphie peut être présente en profondeur et/ou en surface. Même si certaines espèces végétales peuvent s'accommoder/affectionner ces zones hydromorphes, la plupart ne supportent pas un sol engorgé.



Pour un diagnostic précis de la qualité des sols, des mesures en laboratoire sont à envisager : teneur en MO et éléments minéraux, activité (micro-) biologique de la vie du sol, pH, etc.



PRODUCTION VÉGÉTALE

En amont des travaux de préparation des terres, il revêt une importance capitale d'établir un plan de revégétalisation précis, déterminant la quantité de végétaux à planter, leur densité, et la surface d'affectation. En effet, il est primordial d'identifier les zones favorables de plantation et de sélectionner les espèces adaptées aux conditions spécifiques du sol (texture, hydromorphie). Ainsi, lors de la production des arbres, deux critères sont à prendre en considération :

1 LE CHOIX DES ESPÈCES

La sélection des espèces dépend des objectifs spécifiques de la plantation (agricole, forestière, biomasse, ornementale, haie...) et du type d'environnement rencontré (chaque espèce végétale à ses propres préférences écologiques).

Les objectifs du projet VALEECO visent à la revégétalisation des terres dégradées, en cherchant à promouvoir une valorisation économique de la végétation produite. **3 types de plantations ont été réalisées :**

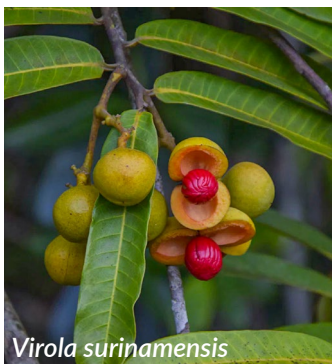


BOIS D'OEUVRE

L'objectif est de produire des arbres destinés à la récolte ultérieure de bois utilisés dans des applications telles que la construction, l'ameublement, l'industrie du bois et d'autres utilisations commerciales.

Espèces utilisées pour le projet VALEECO :

- *Virola surinamensis*



Virola surinamensis



BOIS ÉNERGIE

L'objectif est de cultiver des espèces d'arbres spécifiques dans le but de produire de l'électricité dans une usine Biomasse.

Espèces utilisées pour le projet VALEECO :

- *Clitoria fairchildiana*
- *Inga edulis*
- *Protium heptaphyllum*



Inga Edulis



FOURRAGES

L'objectif est de produire des fourrages qui fournissent une alimentation adéquate et équilibrée aux animaux d'élevage.

Espèces utilisées pour le projet VALEECO :

- *Crotalaria juncea*
- *Desmodium heterocarpum*
- *Stylosanthes campogrande*
- *Oryza sativa* (Riz paddy)



Desmodium heterocarpum

AUTRES ESPÈCES UTILISABLES DANS LE CADRE DE PROJETS SIMILAIRES

BO : *Bagassa guianensis*, *Hymanea courbaril*, *Dipteryx odorata*...

BE : *Hymenolobium flavum*, *Albizia pedicellaris*, *Jacaranda copaia*, *Abarema jupunba*, *Tachigali melinonii*, *Parkia nitida*, *Couratari guianensis*...

Fourrage ou semis de couverture : *Brachiaria decumbens*, *Axonopus compressus*, *Cynodon dactylon*, *Digitaria insulari*, *Centrosema spp.*, *Arachis Pintoï*, *Pueraria phaseoloides*...

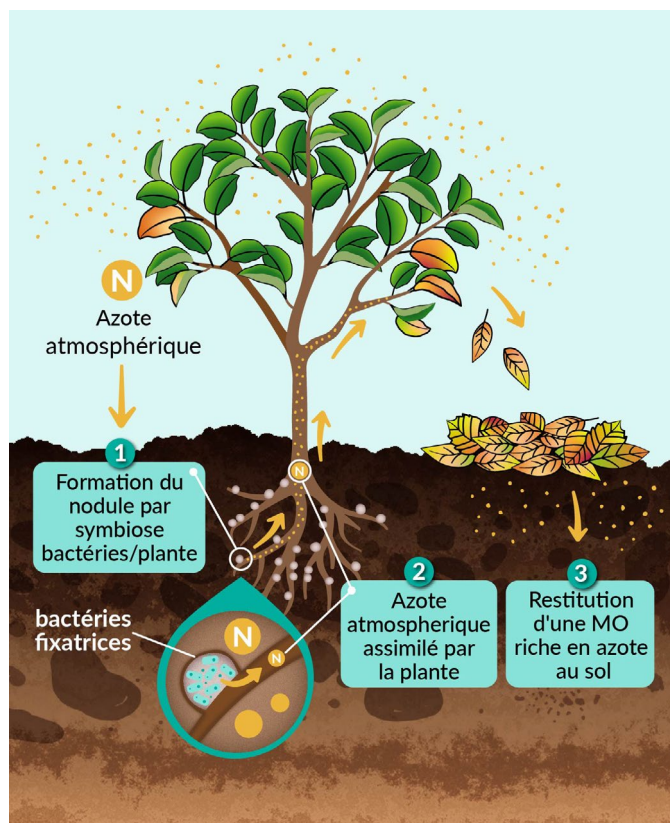
CAS DES ESPÈCES FIXATRICES D'AZOTE

Certaines espèces végétales ont la capacité d'utiliser l'azote atmosphérique pour leur propre croissance et ont donc la faculté de se développer sur des sols pauvres. Cette « fixation de l'azote atmosphérique » ne peut avoir lieu que lorsque ces plantes s'associent à certaines bactéries du sol. Ces plantes vont progressivement améliorer la fertilité des sols en lui apportant de la matière organique riche en azote (décomposition de feuilles, exsudations racinaires).

Ces espèces peuvent être des herbacées, des arbustes ou des arbres.

Dans le cadre du projet VALEECO, différentes espèces fixatrices d'azote ont été utilisées :

- *Clitoria fairchildiana*
- *Inga edulis*
- *Crotalaria juncea*
- *Desmodium heterocarpum*
- *Stylosanthes campogrande*



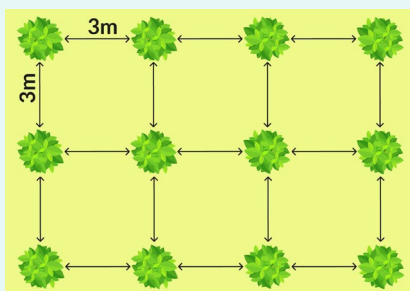
2 LA DENSITÉ

La densité dépend des spécificités de chaque utilisation de production. Son objectif est de maximiser le rendement de production, d'optimiser l'utilisation de l'espace, de contrôler la compétition entre les plantes, de faciliter la gestion et la récolte.

Dans le cadre du projet Valeeco, les schémas et densités de plantation ont été les suivants :

P1 Plantation de bois énergie uniquement :

Un arbre a été planté tous les 3m, soit environ 1100 arbres / ha.

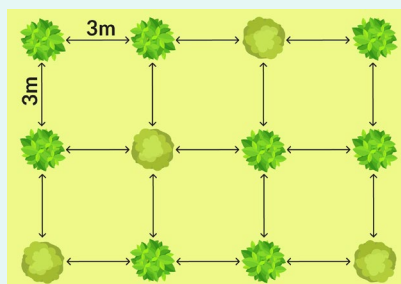


-  Bois Energie
-  Bois d'oeuvre
-  Fourrage

P2 Plantation de bois énergie + bois d'œuvre :

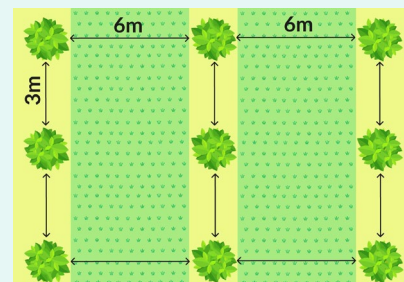
La densité de plantation est également de 1100 arbres/ha, à raison de 2/3 de bois énergie et 1/3 de bois d'œuvre.

1 ligne de plantation de bois d'œuvre pour 2 lignes de bois énergie



P3 Plantation de bois énergie en association avec du fourrage :

La mise en place des plantations pour la production de bois énergie implique un agencement en rangées d'arbres espacées de 3 mètres. Entre chaque rangée, une bande de semis de plantes fourragères d'une largeur de 6 mètres est insérée (largeur nécessaire pour faciliter l'ensoleillement et la récolte du fourrage). 550 arbres de bois énergie et 85kg de semis de fourrage ont été implantés par hectare.





PRÉPARATION DU SOL

La phase de préparation des sols fait référence aux pratiques réalisées après la phase de réhabilitation des terres et avant la plantation ou le semis de culture dans le but de créer des conditions favorables au développement des végétaux.

1 COVER CROP

Même après décompactage du sol, un passage de cover-crop à l'aide d'une charrue à disque sur une vingtaine de centimètres de profondeur est recommandé pour ameublir le sol, couper les résidus de végétaux, aider à l'incorporation des amendements organiques ou minéraux, et faciliter la préparation du semis.



2 AMENDEMENT

Dans le but d'améliorer la fertilité du sol et d'optimiser la croissance des cultures il est conseillé d'amender les sols.

AMENDEMENT ORGANIQUE

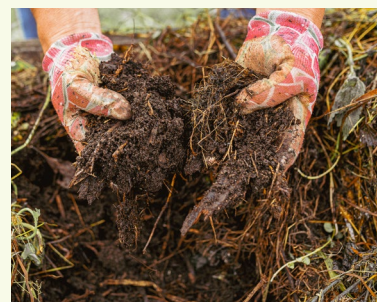
L'amendement organique est d'origine végétale ou animal, il est ajouté au sol pour améliorer ses propriétés physiques, chimiques et biologiques. Les amendements organiques sont généralement utilisés pour améliorer la fertilité du sol sur du long terme.

AMENDEMENT MINÉRAL

Les amendements minéraux sont des substances minérales naturelles ou des produits industriels transformés. Ils peuvent être utilisés pour corriger des problèmes spécifiques du sol, tels que des carences en éléments minéraux ou l'ajustement du pH.

Dans le cas du projet VALEECO, les deux amendements ont été testés :

Résidus de défriche : Le broyage d'un îlot forestier a permis d'obtenir une quantité substantielle de débris végétaux, qui, une fois décomposés, ont été utilisés comme amendement organique.



Amendement minéral : Un apport phospho-calcique a permis d'enrichir les sols en phosphore et en calcium pour aider à la survie et à la croissance des jeunes plants lors de leurs premières semaines post-plantation.

Il faut noter que les quantités et le type d'amendement minéral apporté doivent être basées sur une analyse de sol préalable qui permet de déterminer les besoins du sol et des cultures.



3 COUVERTURE DU SOL

PLANTES DE COUVERTURE

Les plantes de couvertures sont semées ou plantées pour couvrir le sol et fournir une série d'avantages agronomiques, environnementaux et économiques dont :

AMÉLIORATION DE LA STRUCTURE DU SOL

Certaines plantes de couverture peuvent avoir des systèmes racinaires profonds et étendus qui contribuent à améliorer la structure du sol. Les racines pénètrent dans le sol, créant des canaux pour la circulation de l'air et de l'eau, et favorisent ainsi une meilleure aération et une meilleure perméabilité du sol. Cela conduit à une meilleure infiltration de l'eau, à une réduction de la compaction et à une amélioration de la structure.



RÉDUCTION DES ADVENTICES

Le semis de couverture peut contribuer à réduire la croissance des mauvaises herbes. Un couvert végétal dense et vigoureux empêche la lumière du soleil d'atteindre les mauvaises herbes, limitant ainsi leur germination et leur croissance. Cela réduit le besoin d'utilisation de produits chimiques pour le contrôle des mauvaises herbes.



ENRICHISSEMENT DU SOL EN MO

En se décomposant, ces plantes enrichissent le sol en matière organique, améliorant ainsi sa fertilité et sa capacité à retenir et fournir les nutriments aux plantes. Cela favorise également l'activité microbienne bénéfique dans le sol.



BIODIVERSITÉ ET HABITATS FAVORABLES



Les plantes de couverture fournissent un habitat et une nourriture pour une variété d'organismes, tels que les insectes pollinisateurs, les organismes du sol et les petits animaux. Elles contribuent ainsi à favoriser la biodiversité et à promouvoir un équilibre écologique.

CONSERVATION DE L'HUMIDITÉ

Le couvert végétal formé par les plantes de couverture aide à réduire l'évaporation de l'eau du sol en fournissant une protection contre l'assèchement. Cela contribue à conserver l'humidité du sol, ce qui est particulièrement bénéfique dans les régions sujettes à la sécheresse ou aux fortes températures.



VALORISATION ÉCONOMIQUE

Certaines espèces de plantes de couverture peuvent être utilisées comme fourrages pour nourrir les animaux d'élevage.



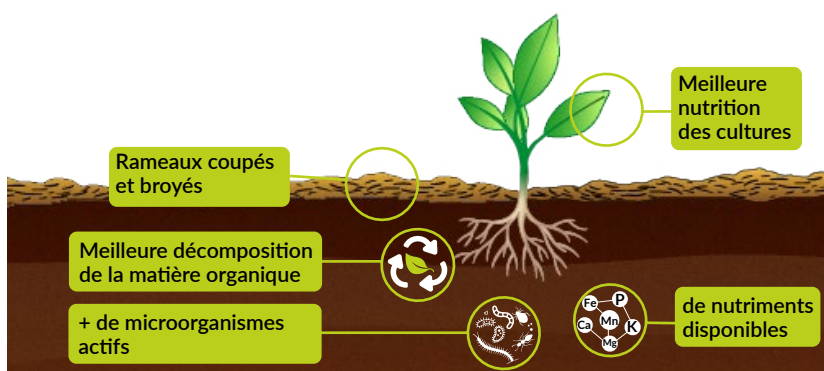
PROTECTION CONTRE L'ÉROSION

Les plantes de couverture, forment un couvert végétal qui aide à protéger le sol contre l'érosion. De plus, les racines de ces plantes maintiennent le sol en place (effet de stabilisation), réduisant ainsi le risque de perte de sol par ruissellement et en limitant les effets destructeurs des précipitations et du vent.

Une fois le semis réalisé, il est important de faire adhérer les semences au sol grâce à l'utilisation d'un rouleau à semis qui va limiter la perte de graines par le ruissellement après de fortes pluies et favoriser la germination uniforme des semis

PAILLAGE

Le sol peut également être protégé et nourri par un apport en surface de paillage comme du BRF (Bois raméal fragmenté) ou des résidus de défriche.





PLANTATION

La plantation d'un arbre peut être réalisée de deux manières :

- **Manuellement** à l'aide d'une pelle ou d'une pioche selon la texture du sol
- **Semi-mécanisée** avec une tarière thermique, une mini-pelle ou encore une « planteuse d'arbre »

Le choix entre une méthodologie de plantation **manuelle** ou **semi-mécanisée** dépend des ressources engagées, de l'étendue des surfaces à couvrir et des délais disponibles.

La plantation se déroule selon les étapes suivantes :



SUIVI

Le suivi constitue une étape fondamentale de la plantation, car il joue un rôle déterminant dans le succès global de l'opération.

SUIVI DE LA PLANTATION SYLVICOLE

Le suivi permet d'évaluer la croissance et le développement des jeunes arbres, mais également de mettre en lumière les ajustements potentiellement nécessaires pour assurer un environnement propice à leur épanouissement.

Ainsi le suivi se déroule en plusieurs étapes à des échelles dépendantes des espèces et objectifs de plantation, que ce soit pour du bois d'œuvre ou de la biomasse :



1 EVALUATION DE LA SURVIE ET DE LA VIGUEUR DE LA PLANTATION :

Cette opération intervient environ 3 mois après leur plantation et permet de procéder à des ajustements de remplacement des arbres morts ou défailants si nécessaire.

2 EVALUATION DE CAUSES POTENTIELLES DE MAUVAIS DÉVELOPPEMENT :

Cette observation attentive permettra d'identifier les éléments qui pourraient entraver leur développement et de mettre en œuvre des mesures de préservation. Ces actions pourraient notamment englober la protection contre la faune sauvage, le traitement contre les ravageurs, pathogènes ou des adventices, des plans de fertilisation adaptés.

3 OPTIMISATION DU DÉVELOPPEMENT DES ARBRES :

Des travaux de taille des arbres pourront être menés afin d'obtenir un modèle architectural de l'arbre en adéquation avec l'objectif de valorisation.

LE SUIVI D'UNE PLANTATION FOURRAGÈRE

Chaque éleveur doit définir son stade optimal de récolte des fourragères en fonction des besoins de son troupeau. Plus nous avançons dans le cycle des plantes, plus le rendement en matière sèche est important ; mais parallèlement, la valeur alimentaire diminue.

Tout comme la sylviculture, il est nécessaire d'effectuer diverses opérations d'entretien notamment au niveau de la protection contre les nuisibles et la gestion de la fertilisation.

La production de fourrage se réalise sur des périodes très courtes, ainsi il est primordial de remédier assez rapidement aux problématiques qui pourraient survenir.





REMERCIEMENTS

Nous remercions tous les partenaires et financeurs ayant pu permettre la réalisation de ce projet et l'édition de ce livret.

PORTEUR DU PROJET



FINANCEURS



EDITION 2023

EDITION ET CONTENU



Auteurs : Julie BRUNSTEIN, William MONTAIGNE
Mise en page et Illustrations : Violeta DIAZ
Parution : Septembre 2023