

MYCONOVA CARAÏBES

Sols et paysages vivants de Martinique

Sept clés pour mieux les comprendre



Interreg
Caraïbes
MYCONOVA
Fonds européen de développement régional



Partenariat : Chef de file - Parc Naturel Régional de la Martinique / Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles / Institut Mycologique Européen / Exploitation Agricole Jacky Pascault / Domaine Thieubert Rhums Neisson / Centre d'Etude de Biotechnologie Industriel - Cuba

Remerciements.

Les auteurs souhaitent remercier chaleureusement tous les membres du PNRM qui leur ont permis de travailler sur le volet sol du programme MYCONOVA, et avec lesquels de fructueuses discussions se sont engagées, en particulier Mme Hoche-Balustre, M Bourgeois, Mme Contreras et M Mephame. Ils souhaitent aussi remercier les exploitants agricoles pour leur disponibilité, leur accueil et pour la richesse de toutes les informations qu'ils ont bien voulu leur donner : la famille Diony, MM Casseldy, Bernadet, Pajoul, Souraya, Maignan, Hoche, Mme Desgrottes, Mme Bernabé, M Chapelle et enfin Mme Neisson.

SOMMAIRE

| | |
|--|-----|
| Introduction | 7 |
| L'enjeu de la connaissance des sols..... | 7 |
| Une méthodologie d'étude innovante..... | 8 |
| La diversité des représentations de l'objet « sol »..... | 9 |
| La vision du pédologue..... | 11 |
| Passer d'une vision de la surface à une représentation réaliste de la profondeur..... | 12 |
| I- Sept principes d'une démarche de connaissance des sols | 15 |
| 1- Le sol est un volume en trois dimensions..... | 15 |
| 2- Le sol est un volume dynamique..... | 19 |
| 3- Le sol est une réalité que nous pouvons appréhender à plusieurs échelles..... | 21 |
| 4- Le sol a une diversité de fonctions..... | 22 |
| 5- Le sol se caractérise par des continuités au sein du paysage..... | 24 |
| 6- Le sol est l'objet d'un vocabulaire et d'une expertise locale à partager..... | 27 |
| 7- Le sol se caractérise par des propriétés intrinsèques et des propriétés induites..... | 28 |
| Rappel de ces sept principes et démarche d'étude des sols..... | 29 |
| II- Illustration de ces principes à travers des cas d'études | 30 |
| Études de cas : 4 sites cultivés en Canne à sucre..... | 30 |
| Études de cas : 3 sites cultivés en cacaoyers..... | 46 |
| Eudes de cas : 7 sites avec caféiers..... | 59 |
| III- Conclusions sur les cas étudiés et sur les perspectives | 90 |
| Un référentiel de données sur les agrosystèmes martiniquais..... | 90 |
| Capitaliser sur les expériences déjà réalisées et développer trois axes..... | 91 |
| Des outils d'évaluation utiles pour poursuivre les objectifs..... | 92 |
| Annexe 1- Cartographier les sols et les paysages | 93 |
| Annexe 2- Champignons mycorhiziens et sols | 97 |
| Lexique | 99 |
| Bibliographie | 102 |

INTRODUCTION

L'enjeu de la connaissance des sols.

Le sol est un objet d'étude qui semble réservé à des spécialistes de la sciences des sols (la pédologie). Cela tient sans doute à la façon dont cette discipline est enseignée et souvent même simplement négligée dans les cursus de formations scolaires et techniques.

Cette science semble de fait complexe à aborder, y compris pour des agronomes ou des techniciens ou ingénieurs forestiers et donc à fortiori pour la grande majorité des utilisateurs du sol, dans les domaines de l'agriculture, de la forêt, des aménagements paysagers, et d'une manière générale dans le domaine de la gestion des milieux.

Une autre conséquence de ce manque de connaissances sur le sol est que nous pouvons en avoir une représentation très simplifiée. La méconnaissance d'une réalité conduit en effet à ce paradoxe : avoir une représentation très précise, car très simplifiée, de ce que l'on ne connaît pas.

Pour illustrer ceci, nous pouvons évoquer d'autres objets de connaissances dont nous pouvons avoir également des représentations simplifiées du fait d'un manque de clefs d'observation. Une prairie par exemple peut être perçue simplement comme une étendue d'herbes, sans que l'on puisse la qualifier plus que cela. Une forêt peut être vue simplement comme un ensemble d'arbres indifférenciés. Dès lors on pourra être persuadé qu'une plantation monospécifique d'arbres aura toutes les qualités pour assurer dans l'avenir les fonctions que l'on attend d'une forêt. Au contraire, nous pouvons considérer qu'une forêt est une réalité beaucoup plus riche et diversifiée que cela et qu'elle doit être gérée en prenant en compte une série de facteurs indispensables (la gestion initiale du précédent à la forêt, l'adaptation des essences choisies au sol et au climat, une technique de plantation adaptée à cet environnement sol-climat, le mélange d'essences qui permettra des synergies entre les arbres, la gestion des plantes herbacées du tapis végétal entre les arbres, etc.). Nous pouvons comprendre également qu'une forêt aura une diversité de fonctions dans son territoire.

De la même façon nous pouvons réaliser que le sol est aussi une réalité très riche et très diversifiée et qu'il est nécessaire d'en appréhender le fonctionnement pour pouvoir le gérer de manière à la fois rationnelle, simple et durable.

Ayant posé ce constat, nous considérons qu'il y a un enjeu important dans le fait de démontrer et transmettre une démarche de connaissance des sols qui soit accessible facilement à un utilisateur du sol, sans besoin de passer par des notions scientifiques de géologie, de pédogenèse (les notions sur les origines des sols) et sans besoin d'un vocabulaire scientifique complexe.

Une méthodologie d'étude innovante.

Un premier objectif de cet ouvrage est donc de présenter le sol comme un objet qu'il est possible d'aborder de manière simple, sans vocabulaire scientifique.

Un deuxième est d'apporter des clés de compréhension du fonctionnement des sols.

Pour cela l'ouvrage propose une démarche de connaissance en l'illustrant à travers de nombreux cas concrets de sols cultivés en Canne à sucre, Cacaoyer et Caféier.

Cela nous permettra d'aborder l'étude d'une palette de sols dans des contextes agricoles jusqu'à des contextes forestiers, en passant par des sols valorisés dans des systèmes agroécologiques.

Le livre est construit autour de deux chapitres.

Le premier expose sept façons de considérer le sol, au-delà des représentations simplifiées que nous avons parfois.

Dans une deuxième partie du livre, ces sept principes guident l'analyse de sols d'exploitations agricoles en lien avec leurs contextes paysagers.

Ce travail s'inscrit dans le Projet du Parc Naturel Régional de Martinique qui entend soutenir une transition agroécologique autour de filières d'excellences, notamment en développant des approches méthodologiques et techniques innovantes.

La diversité des représentations de l'objet « sol ».



Il existe une diversité de regards sur le sol, selon les usages qui sont faits de ce dernier.

Ces quatre photos illustrent ainsi quatre usages, qui nourrissent quatre représentations très différentes de la même réalité. Bien sûr, nos représentations peuvent mêler ces différentes visions...

La première photo peut symboliser le sol comme le « terreau » de la biodiversité. Les plantes colonisent le sol en profondeur. Les plantes dépendent avant tout de leur biotope, c'est-à-dire d'une alchimie entre un sol et des facteurs climatiques et elles dépendent de la diversité des organismes vivants qui peuplent le sol... Le sol est ainsi l'autre face de la biodiversité : au-dessus du sol les appareils foliaires des plantes et toute la vie qui s'y multiplie, en-dessous du sol, les appareils racinaires et toute la vie qui s'y multiplie également. Le sol est alors appréhendé comme une ressource à protéger.

La deuxième photo évoque une représentation du sol comme l'une des trois sources de la production végétale : le sol, le climat, les ressources végétales qui sont mises en culture.

Le sol est alors appréhendé comme une ressource à gérer de manière durable, non seulement en surface mais aussi en profondeur, sous la surface.

Selon les modèles agricoles, les représentations seront cependant diverses. Le sol pourra être perçu comme une réalité à laquelle adapter le choix des plantes à cultiver et ses pratiques agricoles ou bien, au contraire, le sol sera considéré comme une ressource que l'on devra adapter aux besoins d'une culture, cette adaptation du sol se faisant à travers le travail du sol, des amendements et des engrais, etc.

Le plus souvent, la représentation du sol se situera entre ces deux visions.

La troisième photo évoque une nature idéalisée, confortable et aménagée, représentative de nos espaces paysagers typiques en milieux urbanisés. La nature est un prolongement de notre espace de vie aménagé, de nos habitats. Le sol est vu comme une surface à aménager, à maintenir accueillante. Le sol est adapté à cette nécessité de disposer de pelouses, d'arbres d'ornements, etc.

La quatrième photo enfin traduit une représentation du sol comme étant une surface constructible. La notion de volume du sol, de profondeur n'est abordée que sur la question de la nature physique des matériaux du sol, qui doivent soutenir des fondations de bâtiments, une voirie et recevoir des réseaux d'adductions... Nous savons que cette vision conduit à la disparition accélérée de terres fertiles et cela nous permet d'évoquer rapidement la réalité des nombreux conflits d'usages qui existent autour du sol.

Selon ces quatre représentations, la notion de « valeur » du sol est également très différente. La résolution de ces conflits implique de savoir en premier lieu partager nos visions respectives de cette réalité. Nous aborderons dans cet ouvrage un exemple de démarche de concertation. Une démarche de cartographie des sols est un instrument intéressant pour donner un cadre opérationnel à une telle concertation entre les acteurs d'un territoire.

La vision du pédologue.



Le pédologue, quant à lui, s'est spécialisé durant des années, non seulement dans l'étude des fonctionnements de base communs aux différents sols mais également dans la découverte de la diversité des sols et de leurs modalités de fonctionnement.

Pour ce spécialiste, le sol est nécessairement une réalité très complexe et très diversifiée.

Il en irait de même pour un botaniste-écologue qui étudie une prairie ou une forêt.

Mais si le pédologue veut être pédagogue, la question se pose pour lui de savoir comment à la fois transmettre cette évidence de la complexité du sol et transmettre une démarche de connaissance qui permette une appropriation du sol par la personne à laquelle il s'adresse : un agriculteur, un technicien forestier, un paysagiste...

La démarche générale de ce pédologue-pédagogue se décline en trois phases :

Montrer la complexité, pour amener à dépasser les visions trop simplistes, mais, dans le même temps, transmettre une motivation à découvrir le sol.

Transmettre une grille de lecture simple pour guider l'observation du sol. (L'appropriation d'une grille de lecture efficace à la fois rassure et donne un outil qui permet d'apprendre rapidement et de progresser en appliquant cette grille à une diversité de sols).

Montrer, à travers l'analyse de cas concrets, comment déduire de ces observations une compréhension claire du fonctionnement du sol, compréhension suffisante pour guider une démarche agronomique ou d'aménagement (forestier, paysager, de milieu naturel).

Passer d'une vision de la surface à une représentation réaliste de la profondeur.

Concrètement, le point de départ de l'observation est celui-ci : la vision d'une surface ...



Comment faire pour observer le sol d'une surface agricole ?

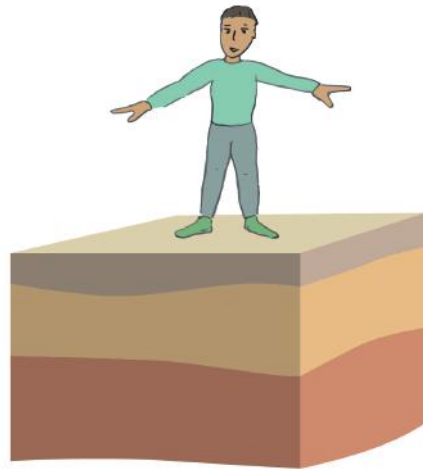
En premier lieu, en prenant des informations auprès de l'agriculteur qui utilise le sol, qui en a observé des fonctionnements, qui a observé les plantes cultivées au fil des saisons et des années.



Ensuite, réaliser que le problème de base est qu'il y a très peu d'indicateurs en surface pour comprendre la complexité du sol.

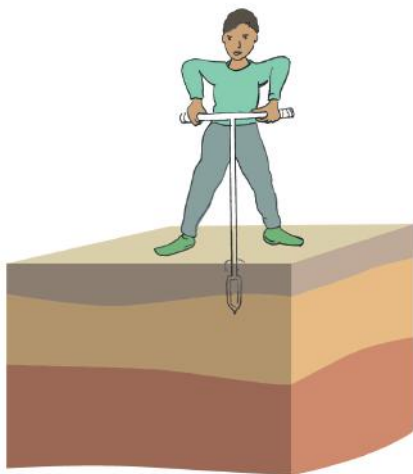
Le sol nous échappe car nous n'en n'avons pas un accès direct. Il est nécessaire de développer des artifices pour l'étudier : des outils, des techniques...

Ces outils et ces techniques doivent nous permettre nécessairement d'appréhender le sol dans sa profondeur.



Passer d'une habitude de regarder le sol comme une surface à celle de réaliser la profondeur des sols et de vouloir connaître ainsi les sols dans cette dimension...

Pour cela, un moyen rapide est d'utiliser une tarière.



Pour observer mieux les couches de sol, les limites entre ces couches, la façon dont les plantes se sont enracinées : le profil de sol.



I- SEPT PRINCIPES D'UNE DÉMARCHE DE CONNAISSANCE DES SOLS

Ces sept principes sont également sept définitions du sol, sept points de vue, sept façons d'envisager cet "objet d'étude". Nous familiariser avec ces principes nous conduit à sortir du cadre de nos représentations initiales et à nous intéresser au sol sous différents aspects. Ces sept points de vue peuvent nous amener également à considérer que le sol est au coeur de nombreux enjeux qui nous intéressent directement.

1- Le sol est un volume en trois dimensions.



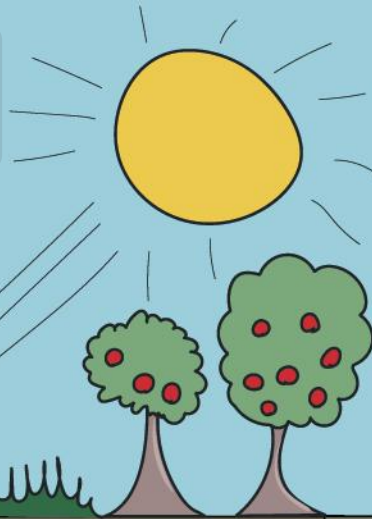
Le sol n'est pas qu'une surface. Nous pouvons faire une analogie avec un immeuble qui serait enfoui dans le sol.

Immédiatement, nous pouvons observer deux compartiments généraux :

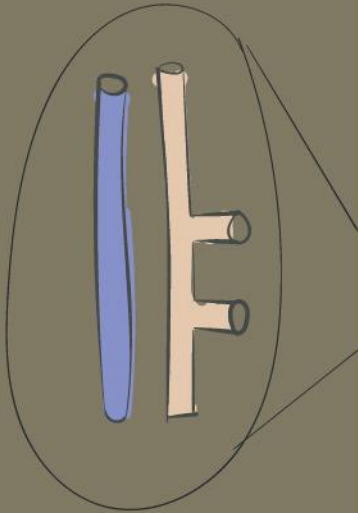
a - La surface qui montre des plantes. Celles-ci témoignent des processus qui se passent en profondeur, selon les espèces végétales, qui peuvent être indicatrices de conditions de tassement, d'humidité ; selon l'état de l'appareil végétatif de ces plantes. La litière et la façon dont elle se transforme peuvent aussi être des éléments indicateurs ; la présence de turricules de lombrics, la présence de cailloux, le niveau d'humidité, des marques de passage d'engins...

b - Ce qui est en profondeur et qui apparait en utilisant des outils : de quoi creuser pour mettre à jour un profil de sol ou une tarière, pour exposer une colonne de sol reconstituée sur le sol...

Un sol est comme un immeuble, mais un immeuble qui serait enterré...



En surface : l'autre réserve qui capte l'énergie, l'eau, des éléments nutritifs

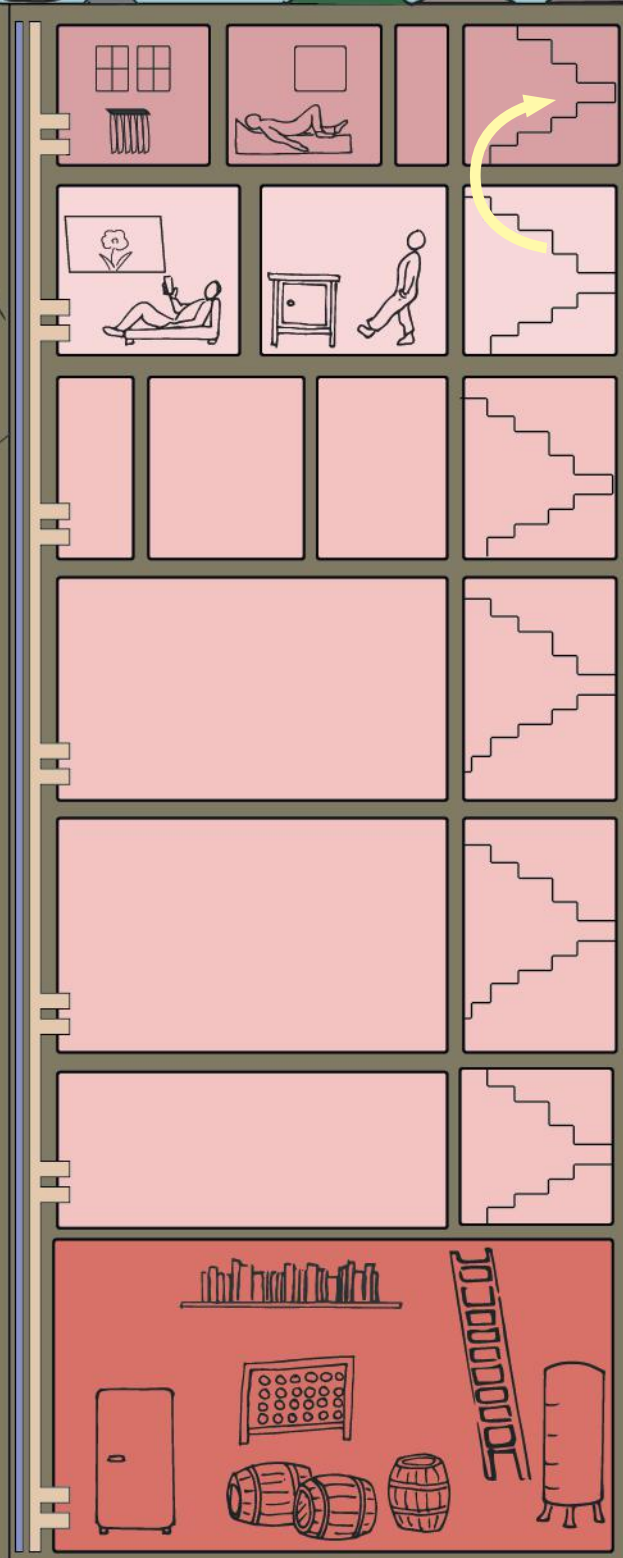


Gaines techniques :

- Énergie
- Air
- Eau

Des limites entre étages :

- + ou - solides
- + ou - épaisses
- + ou - perméables



Des passages, des accès, + ou - faciles

Des habitants :
+ ou - petits
+ ou - mobiles
Aux fonctions diverses
Qui sortent dehors ou non

Des pièces de tailles variables et de fonctions variables

Des étages de hauteurs variables d'encombrements différents

Une cave : la réserve des réserves !

- Eau
- Nourriture
- Matériaux de construction
- L'histoire de l'immeuble

Le sol est formé d'une multitude d'éléments imbriqués : il présente des couches de sol qui sont comme des étages de hauteurs variables. Entre ces étages, des limites existent, plus ou moins perméables.

L'étage du haut semble le plus important puisqu'il abrite l'essentiel des racines fines, nourricières. C'est aussi l'étage qui capte toute l'énergie : directement avec la chaleur liée au rayonnement solaire et indirectement par la photosynthèse des plantes qui apporte au sol des exsudats racinaires qui nourrissent la microflore, et de la matière organique qui finit par se déposer au sol.

Cet immeuble du sol montre toujours une « cave ». C'est une réserve importante d'eau, de nutriments, de matériaux de construction. Ces réserves sont particulièrement importantes quand ces mêmes éléments sont amenés à manquer en surface. C'est aussi à ce niveau que le sol s'approfondit au fil du temps. La cave témoigne de l'histoire du sol. C'est en quelque sorte la mémoire du sol. Elle témoigne par exemple de la végétation qui a pu y vivre durant les décennies précédentes.

Il y a des échanges entre les étages, comme avec les gaines techniques et les escaliers d'un immeuble. Ces échanges sont des échanges d'air, d'eau, de chaleur, de nutriments, d'êtres vivants et de réseaux de communications entre ces êtres vivants.

Les étages sont de tailles et de fonctions variables. Les différents étages comportent tous des celliers dans lesquels sont stockés des réserves. Ces celliers sont les représentations imagées du complexe argilo humique qui peut stocker la plupart des éléments minéraux.

Dans chaque étage, les pièces sont différentes. En effet, dans un certain horizon du sol, la taille des agrégats de terre, la porosité sont différentes, en lien avec la façon dont cet horizon a été travaillé aux différents endroits d'une parcelle, selon l'enracinement des plantes de surface, selon les effets très locaux des circulations d'eau...

Il y a de nombreux habitants : ceux qui nettoient, ceux qui transportent, ceux qui ne font rien, ceux qui se déplacent ou non entre les étages, ceux qui entretiennent les voies d'accès entre les étages, ceux qui sortent dehors ou pas...

Les circulations entre les étages peuvent être interrompues à cause de pratiques qui créent des ruptures de perméabilité, en particulier à cause de pratiques qui lissent et tassent les sols.

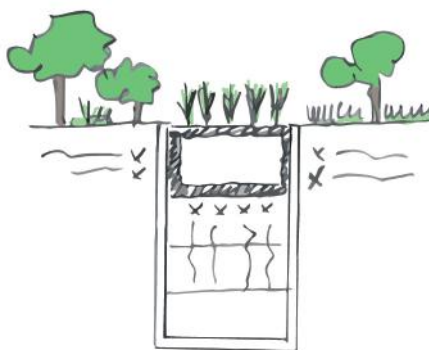


Schéma : le premier étage du sol peut être isolé du reste à cause d'un travail du sol inadapté.

La profondeur du sol, le nombre d'étages de l'immeuble.

Il existe des immeubles plus ou moins hauts. Les sols sont plus ou moins épais. Le nombre d'étages est variable.

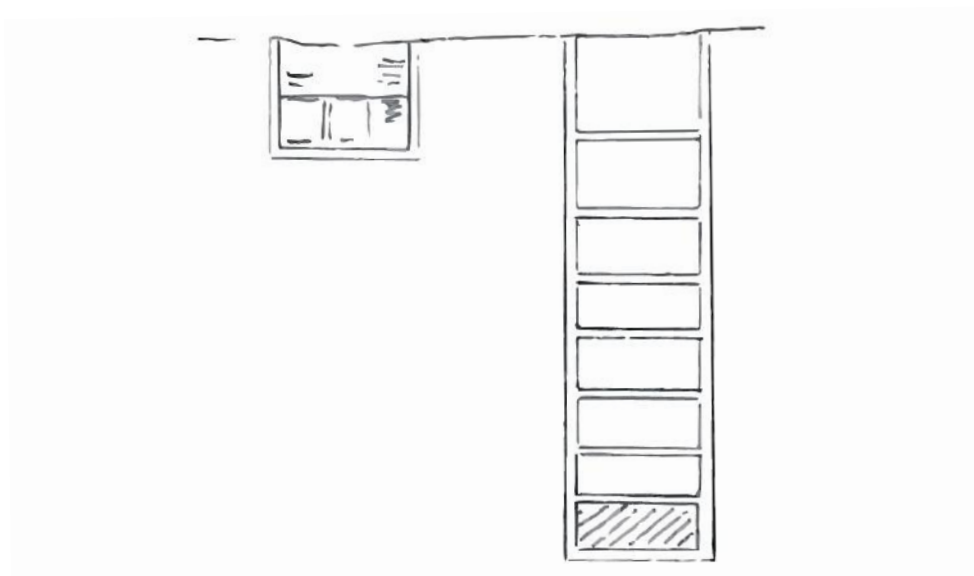
Un sol superficiel peut s'expliquer par une contrainte empêchant l'approfondissement, par exemple une roche dure. Cependant, nous verrons que cette contrainte peut être levée, sur une échelle de temps long...



2 étages



8 étages



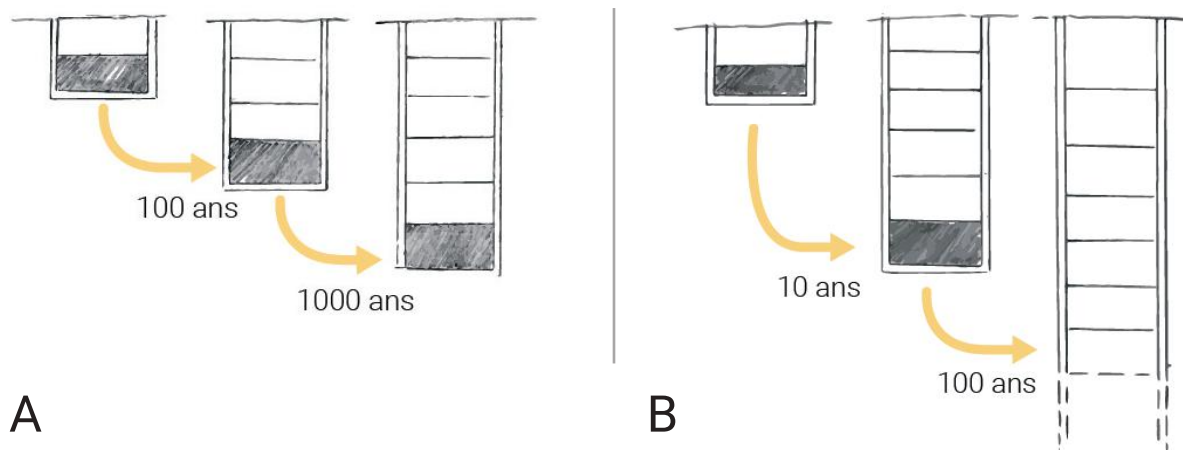
2- Le sol est un volume dynamique.

Les sols sont plus ou moins épais car un sol est un volume dynamique.

Un sol évolue avec le temps selon un certain nombre de paramètres naturels (pluie, chaleur, activité biologique...) ou artificiels (culture, drainage...)

En climat tempéré (schéma A), les processus d'évolutions naturels sont très lents. Si nous creusons profondément, jusqu'à la « cave », mille ans d'histoire du sol nous apparaissent !

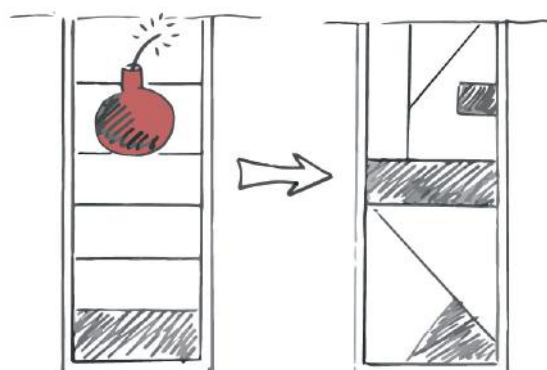
En climat tropical (schéma B), la dynamique d'évolution est beaucoup plus rapide. Si nous creusons, cent ans d'histoire seulement nous apparaîtront.



En climat tropical, l'objet d'observation doit être relativisé : par exemple, une forêt peut se développer très vite et avoir une action rapide sur le sol.

La dynamique globale d'évolution est la résultante de processus qui se déroulent selon diverses échelles de temps : certains processus sont quotidiens, d'autres saisonniers, et d'autres sont pluriannuels. Si nous réalisons cet aspect de dynamique du sol, nous sortons de la vision d'un sol comme une réalité statique.

La dynamique d'évolution naturelle est lente mais tout un sol peut être détruit en quelques minutes par des actions de l'homme mal mesurées : un passage d'un engin lourd sur un sol gorgé d'eau, une exposition à l'érosion d'un sol fragile...



L'histoire d'un sol.

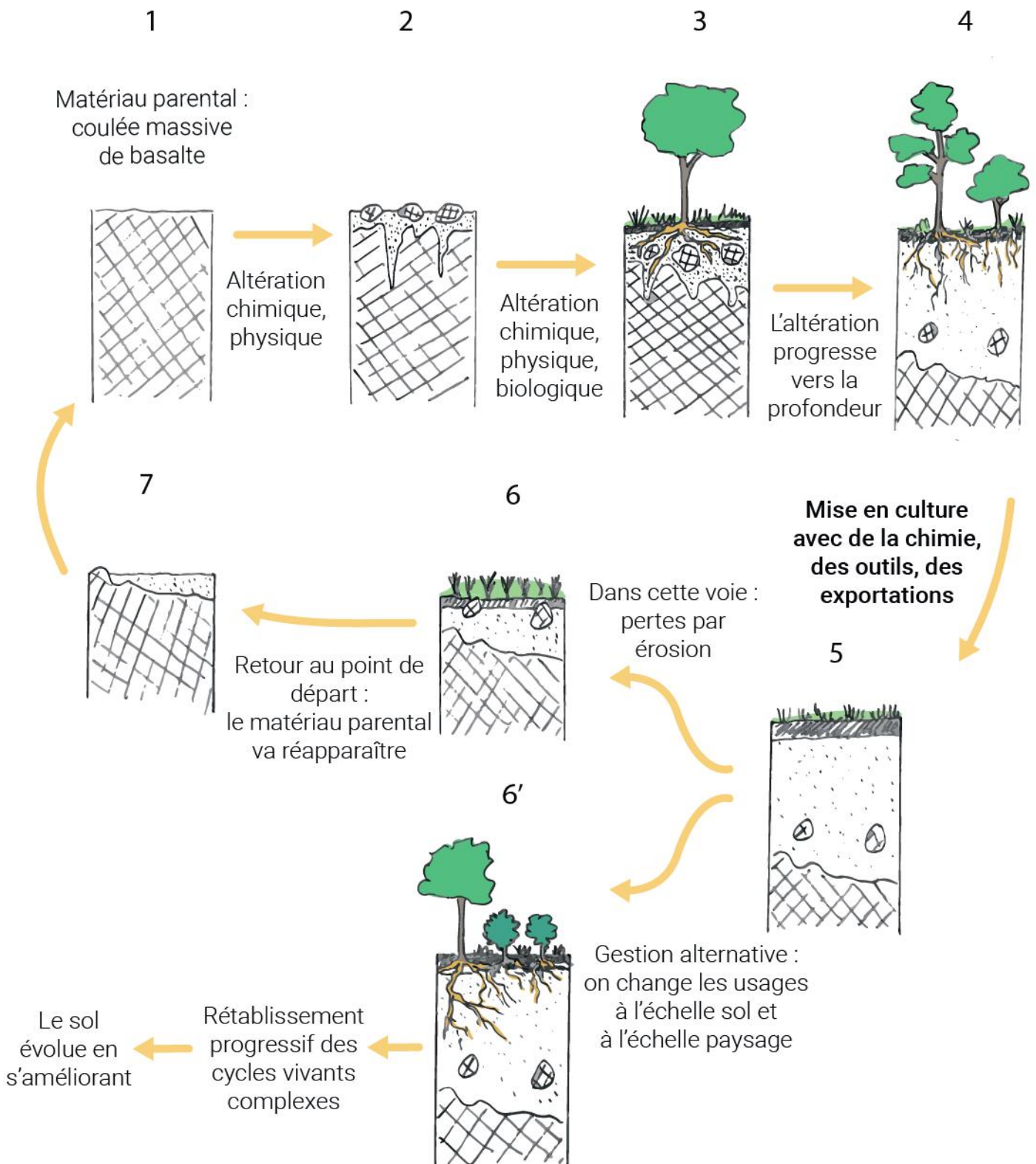


Schéma : représentation des étapes de l'évolution passée et à venir d'un sol. Jusqu'à l'étape 4, le sol n'a jamais été soumis à l'action de l'homme. Il évolue sous l'effet de cycles vivants complexes. A partir de l'étape 5, selon deux modes différents d'agriculture, le sol peut régresser ou au contraire continuer à s'améliorer.

3- Le sol est une réalité que nous pouvons appréhender à plusieurs échelles.

Durant l'observation, nous pouvons zoomer peu à peu sur l'un des composants. Chaque échelle du sol nous délivre une information spécifique. Certaines échelles sont accessibles à l'observation visuelle. D'autres demandent des outils d'observation, y compris des analyses de laboratoire. L'observation de toutes ces échelles permet de comprendre le fonctionnement du sol et sa place dans l'écosystème. Il ne faut pas ici confondre le fonctionnement (comment marche le sol ?) et les fonctions du sol (à quoi sert le sol ?).

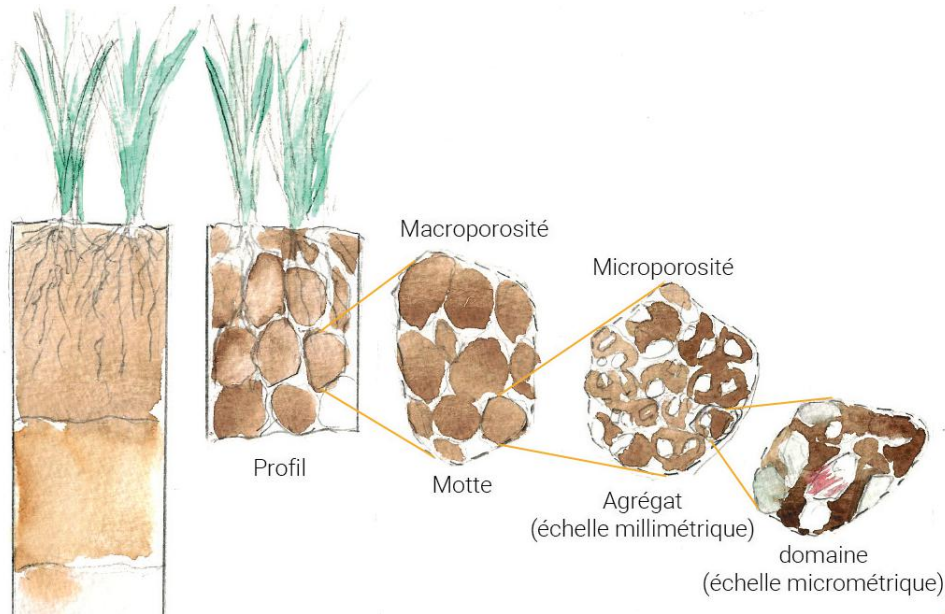


Schéma : une représentation des différents niveaux d'échelles du sol. Le sol abrite eau et air dans ses différents niveaux de porosité. Celle-ci correspond aussi à des habitats à différentes échelles pour des organismes bien visibles (lombrics...) et moins visibles (champignons, bactéries...).

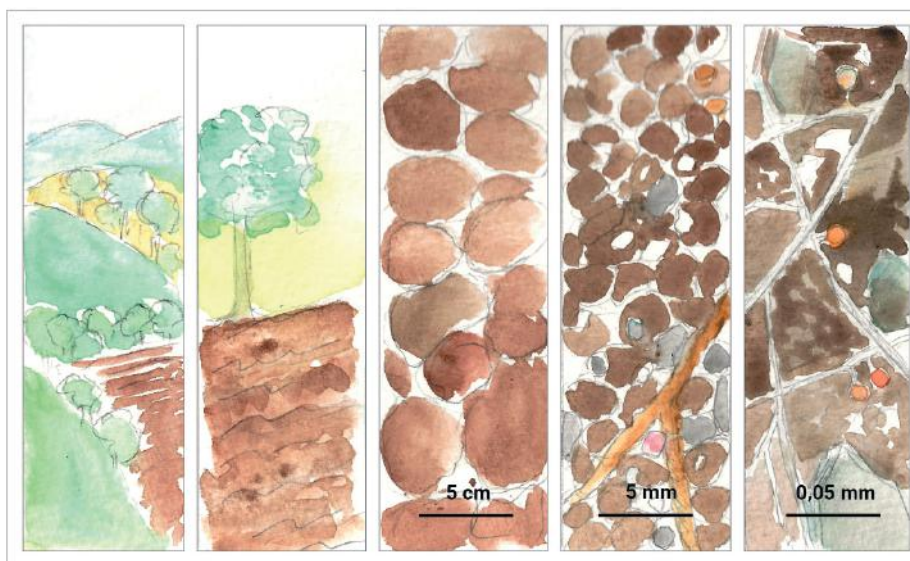


Schéma : le sol est aussi une réalité qui peut être perçue et analysée aux échelles de la parcelle et du paysage.

4- Le sol a une diversité de fonctions.

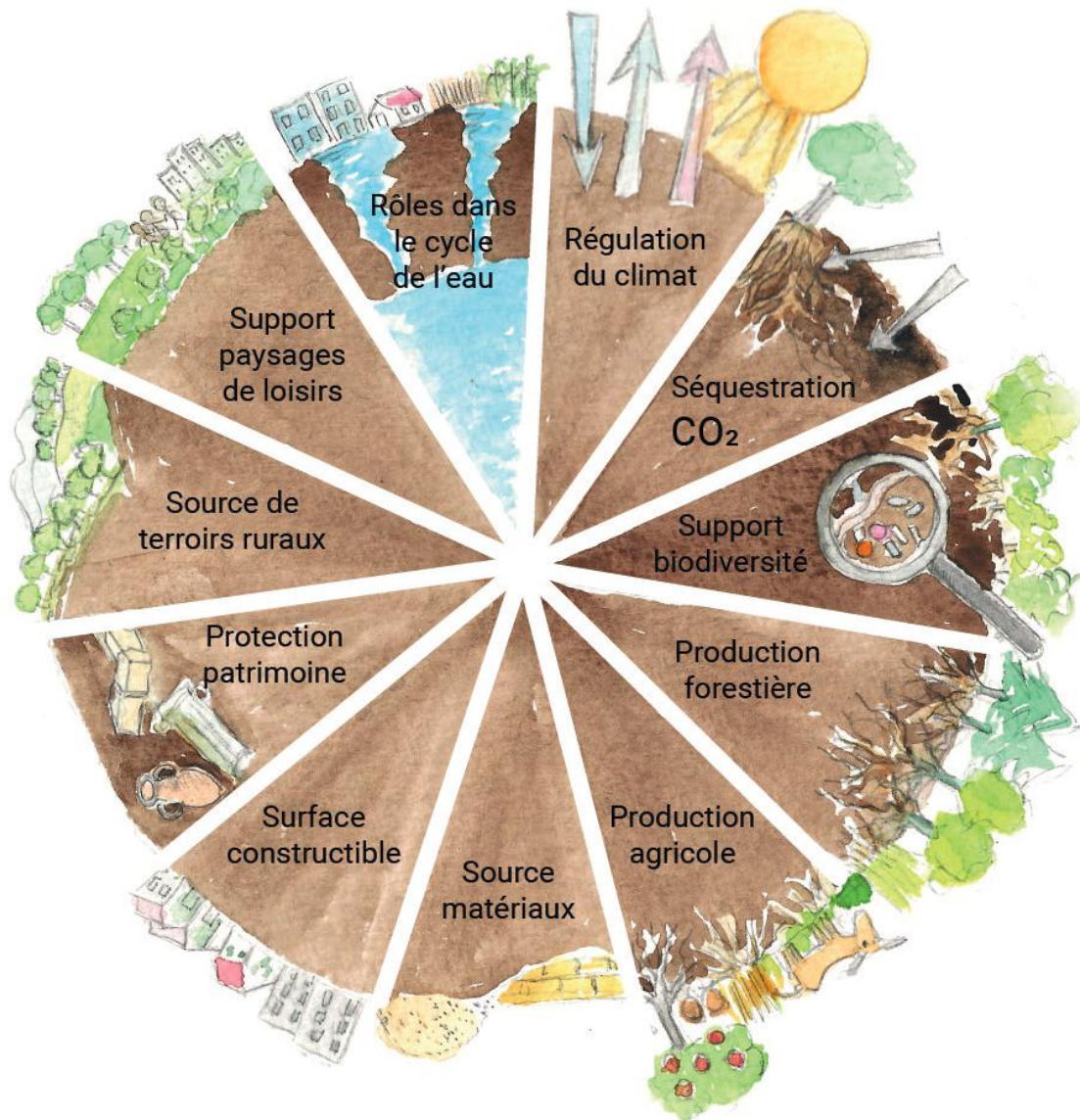


Schéma : représentation des différentes fonctions du sol, adaptée de la FAO 2015.



Photo : un même paysage en 1951 et en 2017 montrant deux occupations très différentes de l'espace, d'après le site "remonter le temps" de l'IGN. Les hauteurs de Terreville.

Les fonctions du sol

Les représentations que nous pouvons avoir du sol reposent au moins en partie sur l'usage ou les usages que nous en avons.

Si nous cherchons un terrain à bâtir pour prévoir une habitation, le sol est perçu comme avant tout une surface constructible. Si nous sommes jardiniers, ce terrain sera aussi une source de production légumière et fruitière. Sans doute serons-nous attachés également à utiliser ce sol comme une base paysagère, en valorisant la forme de son relief pour l'aménager mais également les qualités de sa terre pour créer un paysage végétal.

Le sol assure ainsi de nombreuses fonctions dont nous bénéficions directement dans notre vie quotidienne, à travers nos besoins alimentaires (comblés par les sols agricoles), notre habitat (le bois de nos charpentes qui provient des sols forestiers), notre utilisation de « biomolécules » (médicaments, parfums, etc.) issues de sols qui préservent une biodiversité riche.

A une échelle territoriale, sociale, le sol a une fonction paysagère essentielle. Nous rattachons la notion de paysage plutôt à la couverture végétale mais le sol est très présent dans un paysage à travers sa forme générale. Cette forme est caractéristique mais n'est pas immuable, soumise aux diverses causes de dégradations ou d'accumulations de nouveaux matériaux. Le sol est également très présent dans le paysage dans le sens où sa fertilité conditionne la couverture végétale du paysage.

Cette fonction paysagère est essentielle dans les territoires ruraux. La notion de terroir est très significative de la relation entre sol, paysage et société. Elle est aussi fondamentale dans les espaces urbains pour assurer une qualité de vie et un sentiment de bien-être.

D'autres fonctions majeures nous sont moins immédiatement apparentes car beaucoup plus générales. Le sol représente une masse de matériaux de surface qui reçoit directement les effets des agents climatiques : rayonnements solaires, pluies. Cette couche de surface absorbe mais elle émet également : des rayonnements infra-rouges et de la vapeur d'eau. Le sol intervient bien sûr sur le cycle de l'eau, directement (à travers sa forme et ses capacités d'absorption, de drainage, de filtration...) et indirectement en accueillant et nourrissant les plantes qui absorbent l'eau et la transpire, qui filtrent l'eau de ses polluants et qui maintiennent par leurs systèmes racinaires les aménagements naturels qui régulent les circulations de l'eau.

Le sol fixe le carbone. Indirectement à travers le fait qu'il accueille les plantes et notamment les arbres, leurs troncs et branches et leurs racines mais aussi directement, dans l'humus et dans la glomaline, cette molécule produite en masse dans les sols par les champignons arbusculaires associés aux racines des plantes.

Dans cet ouvrage, des exploitations agricoles sont présentées sous l'angle du sol. Ces cas d'études illustrent différentes modalités de la multifonctionnalité des sols. De fait les agriculteurs n'assurent pas qu'une production alimentaire. Ils sont aussi des artisans de la préservation et de la valorisation d'autres fonctions clefs du sol, pour le bénéfice de l'ensemble des êtres vivants qui peuplent les paysages et pour le bénéfice de la société humaine.

5- Le sol se caractérise par des continuités au sein du paysage.

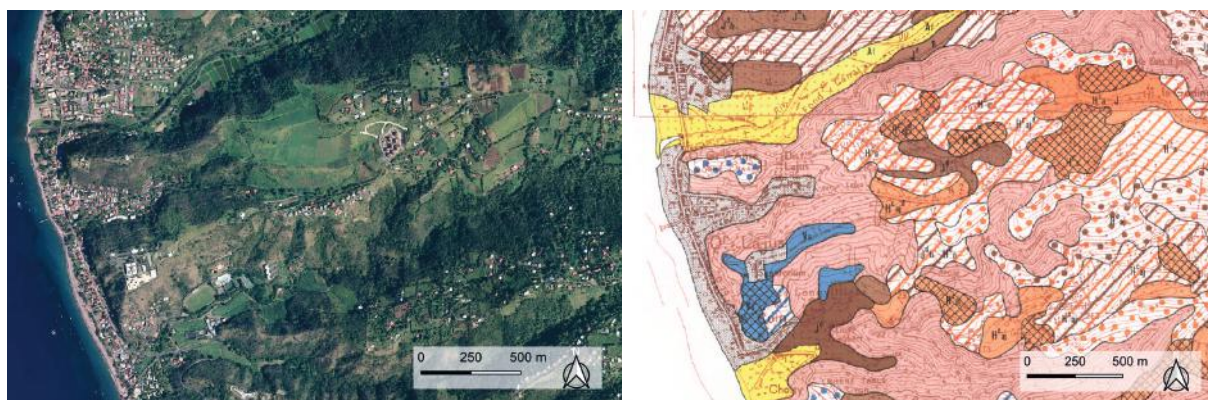


Photo et carte : photo aérienne et carte des sols de la zone du Carbet (Martinique).

La photo aérienne révèle certaines limites physiques entre des zones de sols. Ces limites correspondent en particulier à des variations de reliefs, entre la plaine et des zones de collines.

La carte des mêmes sols représente ces derniers sous formes d'unités distinctes. La carte traduit une vision compartimentée du paysage.

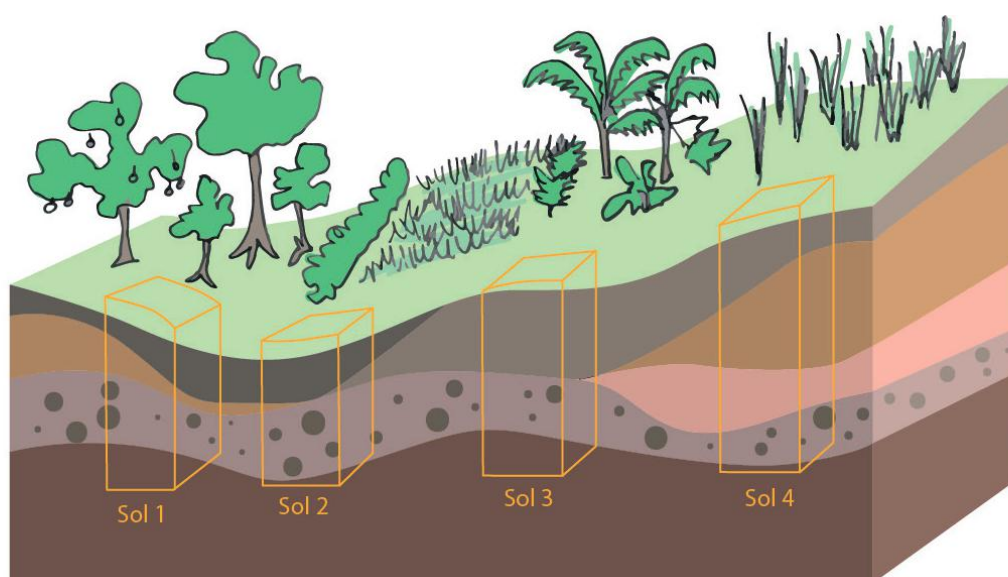


Schéma : représentation de la succession des sols typiques du nord de la Martinique dans un paysage.

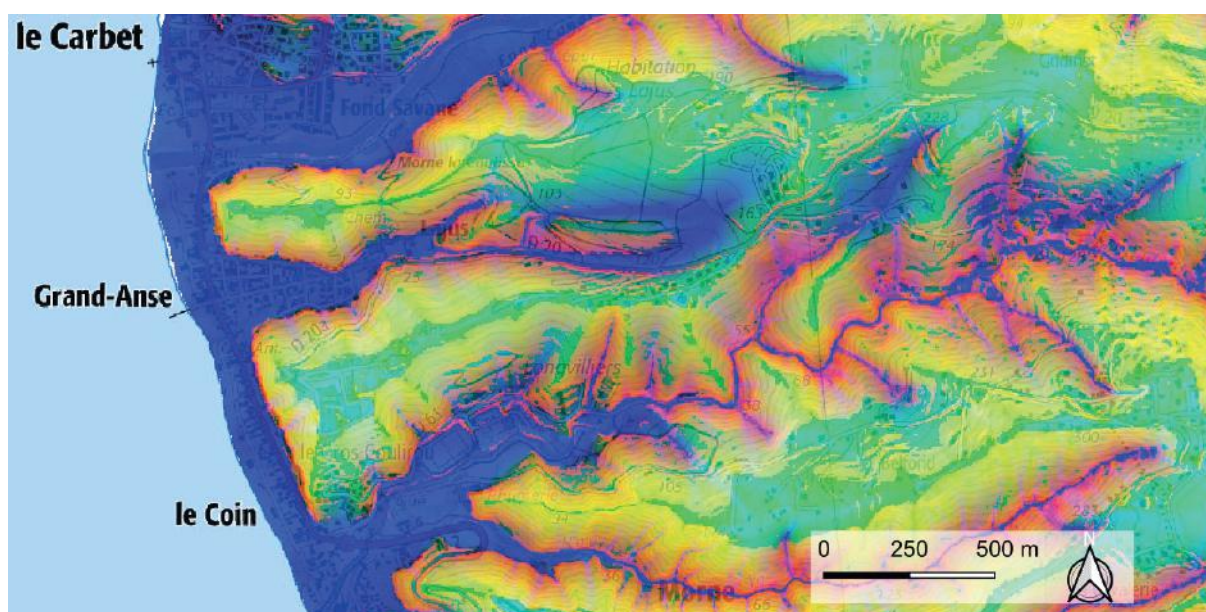
L'observation des différences dans la nature des sols d'un paysage montre ce dernier comme une succession de sols qui fonctionnent chacun individuellement d'une certaine façon, c'est-à-dire différemment des autres. Le fait d'identifier ces différences permettra ensuite d'adapter les pratiques agricoles (le choix des cultures, le travail, etc.) à chacun d'eux. Cette observation des différences entre les sols est à la base de la cartographie. Cependant, cette compartimentation peut faire oublier que dans un paysage, les sols sont reliés entre eux par différents facteurs. Un sol dans un paysage n'est pas isolé des autres. En réutilisant notre image de l'immeuble, nous pouvons considérer que celui-ci n'est pas indépendant de son quartier ni de sa ville.

Les sols d'un paysage sont comme les immeubles d'une ville enterrée. Dans cette ville : des zones d'immeubles, des zones d'habitations pavillonnaires plus basses, des centres techniques, des châteaux d'eau et divers réservoirs...

Une ville évolue au fil du temps : les habitants ne sont pas les mêmes, ils déménagent d'un immeuble à l'autre, les fonctions des quartiers se modifient, des nouvelles voies de communication se créent...

Cette évolution peut se faire sur le temps long. Elle peut se faire sur le temps court, à la suite d'une décision choisie par l'homme. Par exemple à la suite d'une plantation d'arbres, les systèmes racinaires profonds vont modifier des sols, modifier la circulation d'une source qui alimente des sols plus en aval... Une évolution rapide peut également résulter d'un phénomène non choisi, comme un glissement de terrain qui peut modifier les sols d'une partie d'un paysage et modifier en conséquence les circulations d'eau, et de matières dans l'ensemble du paysage.

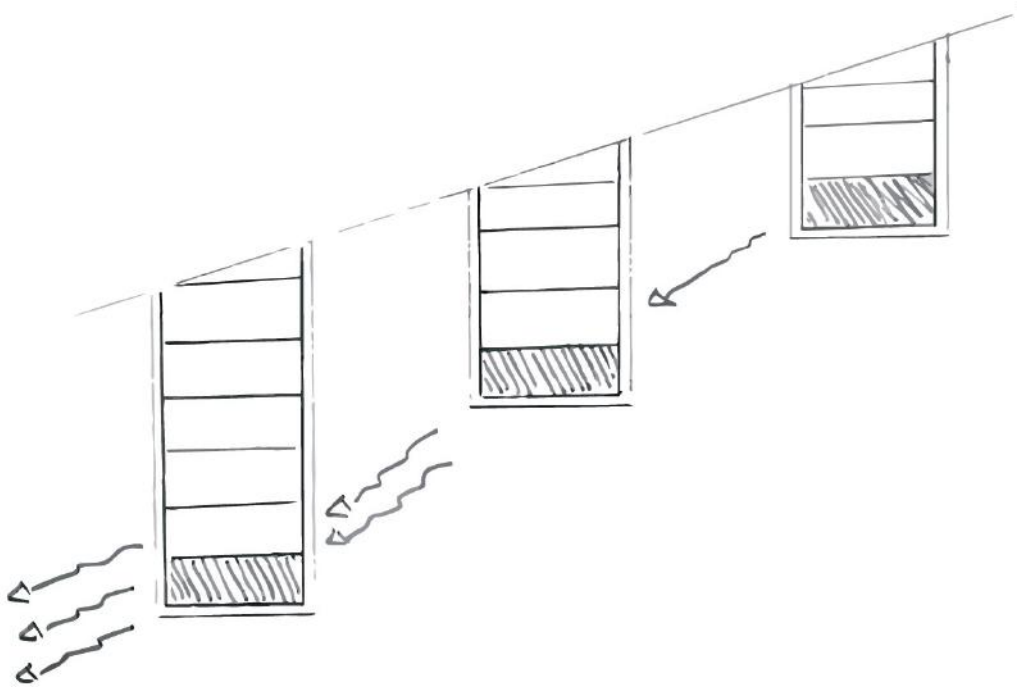
Certaines représentations sont très utiles pour révéler les continuités des sols dans un paysage.



Carte : carte chromato-topographique (CTG) de la zone du Carbet. Elle permet d'apprécier le fonctionnement des sols en lien avec les trajets de l'eau.

Les sols du même territoire peuvent être représentés en mettant en évidence leurs relations, à travers des gradients de couleurs qui traduisent un phénomène progressif, comme ici les continuités d'écoulement et d'accumulations d'eau dans les sols d'un paysage. Les zones vertes correspondent aux sols à partir desquels l'eau est drainée et les zones bleues sont celles qui accueillent les eaux venues de l'amont. Les gradients de couleurs jaune et rouge traduisent des gradients de potentiel d'humidité qui résultent des écoulements d'eau entre les reliefs élevés et les zones les plus basses.

Cette question des relations entre les sols est très importante du point de vue de leurs usages et de la responsabilité des utilisateurs des différents sols d'un territoire. Une action sur un sol donné peut avoir des impacts sur les sols voisins ou même plus lointains.

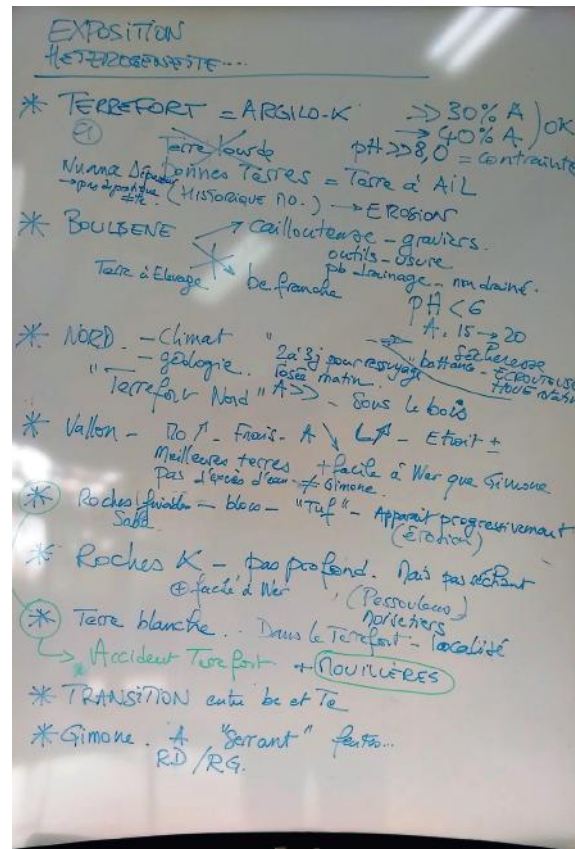


Dans un paysage, les sols situés en amont peuvent « envoyer » beaucoup de choses aux sols situés plus bas : de l'eau, du calcium, des particules solides : argile mais également limons et sables.

Sur la photo suivante apparaît par exemple une manifestation d'érosion de surface, la flèche jaune indiquant le sens de l'écoulement de l'eau et donc de l'entraînement des particules solides de sol. En bas de pente, on retrouve des accumulations de matériaux, qui recouvrent les couches du sol initial.



6- Le sol est l'objet d'un vocabulaire et d'une expertise locale à partager.



Comme nous l'avons rappelé en introduction, et en considérant bien que les utilisateurs des sols sont les plus aptes à parler de ces derniers, l'approche des sols ne devrait pas être gênée par des questions de vocabulaire trop scientifique, qui donne l'impression que l'étude des sols devrait être réservée à des spécialistes : pédologues, agronomes diplômés, etc.

Voici par exemple, un exercice collectif réalisé avec des agriculteurs de la Lomagne gersoise qui consiste à réaliser un inventaire des sols de leur territoire avec leurs propres mots puis de localiser chaque sol ainsi défini sur la carte. Cela permet de faire une légende compréhensible pour tout le monde et une carte acceptée par tous.

La donnée produite est acceptable et acceptée...

Dans le cas présent, il s'agissait d'utiliser le sol comme un milieu de purification de l'eau dans une aire d'alimentation de captage. De façon à allier du mieux possible la fonction de production agricole et la fonction d'alimentation en eau, l'exercice a conduit à adapter les usages agricoles par types de sols, et également à procéder à quelques échanges de parcelles entre agriculteurs spécialisés dans telle ou telle production.

Les programmes territoriaux de transition agroécologique peuvent s'appuyer sur une telle démarche. Cela d'autant plus aisément que des modèles agroécologiques peuvent être des réponses à d'autres enjeux que l'enjeu de production agricole : enjeu de biodiversité, enjeu de protection des sols et des ressources hydriques, enjeu paysager...

7- Le sol se caractérise par des propriétés intrinsèques et des propriétés induites.

Les propriétés naturelles d'un sol sont liées à son évolution naturelle. La présence de cailloux, de fer par exemple sont des caractéristiques naturelles. La présence d'une forêt spontanée induit également des caractéristiques naturelles.



Les propriétés induites sont liées à l'usage que l'homme fait du sol. Par exemple le développement d'une semelle de labour, l'augmentation de l'horizon organique du fait de cultures particulières sont des propriétés induites par des pratiques agricoles



La mise en place de certaines cultures a nécessairement une incidence forte sur les propriétés du sol mais l'agriculteur peut minimiser cet impact par un ensemble de pratiques.

Attention, il ne s'agit pas d'opposer « intrinsèque » et « naturel » du point de vue de la valeur du sol ! Par exemple un sol naturellement superficiel, sur une roche, peut présenter des propriétés intrinsèques qui lui confèrent une valeur agricole faible ! Dans l'autre sens, des pratiques agricoles qui s'inspirent de certains processus naturels peuvent induire en quelques années des propriétés qui donnent au sol une bonne valeur agricole.

Rappel de ces sept principes et démarche d'étude des sols.

- 1- Le sol est un volume, il a trois dimensions.
- 2- Le sol évolue constamment, il est un volume dynamique.
- 3- Le sol est une réalité que nous pouvons appréhender à plusieurs échelles.
- 4- Le sol a une diversité de fonctions.
- 5- Le sol se caractérise par des continuités au sein du paysage.
- 6- Le sol est l'objet d'un vocabulaire et d'une expertise locale à partager.
- 7- Le sol se caractérise par des propriétés intrinsèques et des propriétés induites

La démarche d'étude des sols

La démarche concrète d'étude des sols qui est présentée et illustrée dans le chapitre suivant prend en compte l'ensemble de ces sept principes. Les étapes de la démarche d'étude sont les suivantes :

(1) Analyser la **situation du site d'étude dans son contexte paysager**, par une approche cartographique et visuelle. L'approche visuelle permet de déceler des indices de diversités des sols à travers l'état de la végétation, des zones plus humides, des signes d'érosion, etc... et également d'appréhender les **continuités des sols** dans le paysage. Sur la base de ces observations se fait le choix des lieux où réaliser des sondages à la tarière et les profils de sols pour que ces derniers mettent en lumière au mieux cette diversité et ces continuités (cf. étape 3). Les hypothèses qui guident les choix de localisation de sols à observer par des sondages ou profils de sols peuvent être confortés par les informations recueillies auprès de l'agriculteur (cf. étape 2). Ce dernier pourra confirmer en effet que tel sol a un comportement différent de tels autres situés par exemple plus en aval et que ces différences justifient bien de faire différents sondages comparatifs.

(2) Comprendre les **fonctions** qui sont attribuées aux sols et la **problématique** posée et qui justifie l'étude. Recueillir des **informations historiques** sur les cultures et les pratiques de gestion. Si possible, être accompagné par l'agriculteur sur le terrain, de façon à bénéficier de son expertise sur les comportements des sols.

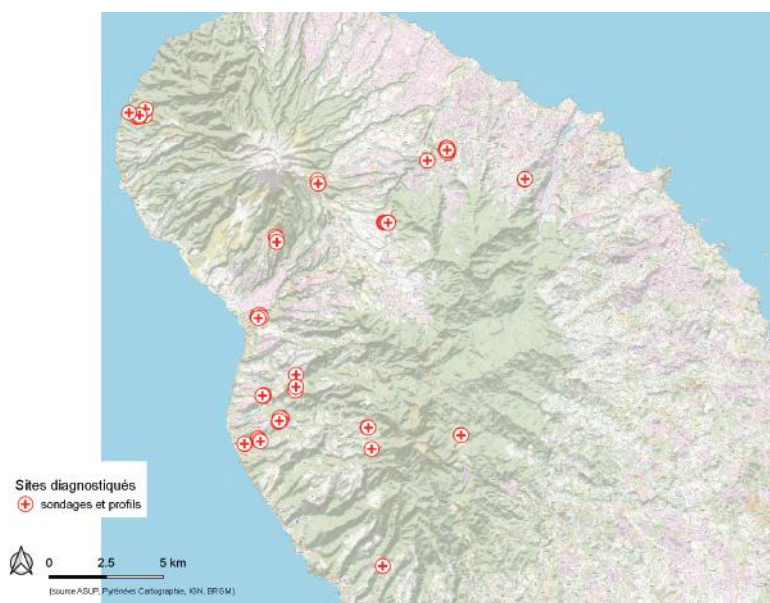
(3) Réaliser un ou plusieurs **profils de sols** et des **sondages à la tarière** de façon à comprendre le fonctionnement de chaque sol (l'immeuble entier et ses différents étages et pièces) et son fonctionnement au sein du paysage (comprendre « la ville » = comprendre les relations entre tous les sols du paysage, les continuités). Dans cette étape, on confirme ou affine les hypothèses faites initialement dans l'étape 1.

(4) Réaliser des **échantillonnages de terre** pour une analyse plus précise de leurs caractéristiques physico-chimiques et biologiques.

(5) Réaliser une **synthèse** pour produire des pistes de gestion, gestion qui réponde aux fonctions demandées pour ces sols et qui permet aux sols de connaître une dynamique d'amélioration de leurs qualités. Répondre ainsi à la problématique.

II- ILLUSTRATION DE CES PRINCIPES À TRAVERS DES CAS D'ÉTUDES

Ces cas d'étude vont nous permettre maintenant de montrer une démarche d'étude qui s'appuie sur les principes expliqués précédemment. Le contexte correspond à une étude des sols en Martinique, en vue de faire des propositions de gestion pour les cultures de la Canne à sucre, du Cacaoyer et du Caféier.



Il s'agissait d'établir un inventaire de sols et un diagnostic de leur fonctionnement dans plusieurs sites :

- 4 îlots parcellaires cultivés en Canne à sucre par la distillerie Neisson
- 3 propriétés et leurs parcelles produisant du cacao
- 7 propriétés et leurs parcelles produisant du café

Dans la suite de cet ouvrage, les parcelles, propriétés et îlots parcellaires sont décrits sous le vocable général de « site ». En réalité, un site étudié peut donc être composé de plusieurs parcelles, notamment pour tous les sites de canne à sucre.

Études de cas : 4 sites cultivés en Canne à sucre.

Tout les sites à canne à sucre ont été étudiés, appartenant tous à l'exploitation Neisson. Ces sites ont également fait l'objet d'échantillonnages pour les endomycorhizes CMA.

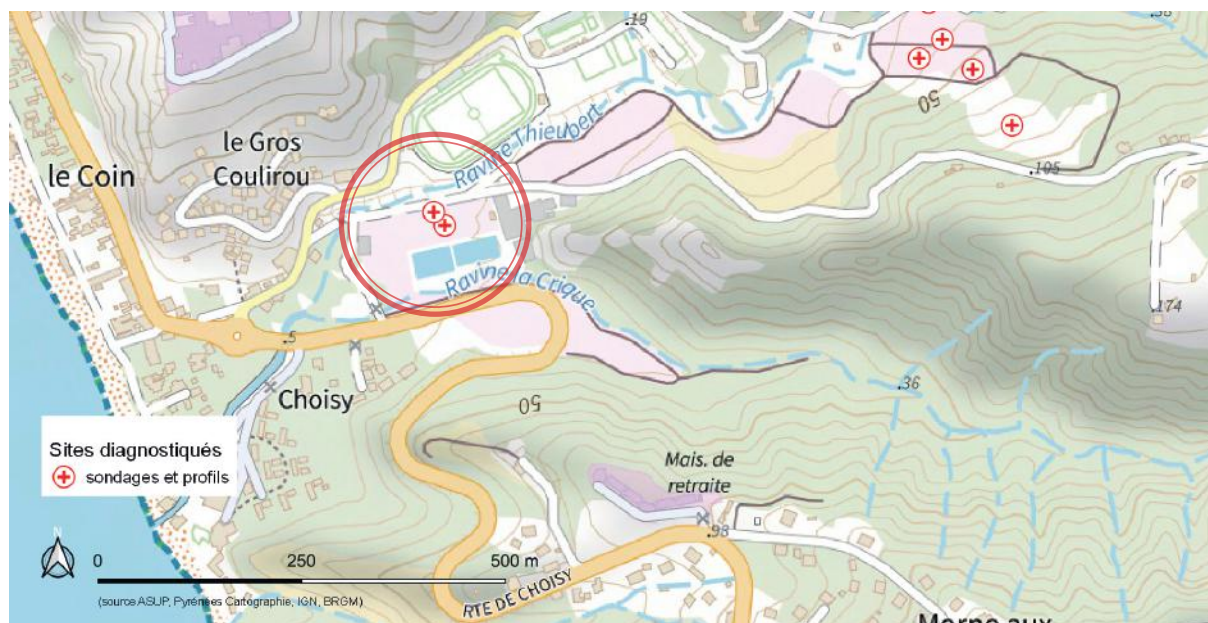
L'implantation de nos propres observations dépend donc à la fois de la localisation des prélèvements pour analyses des CMA (on se positionne au maximum aux mêmes endroits) mais aussi d'un ensemble d'observations annexes, nécessaire à la bonne compréhension du fonctionnement général de l'agroécosystème dans le paysage.

1^{er} Cas (référence THIEUBERT T3).

Situation du sol dans son paysage.

La zone d'étude se situe en entrée de distillerie, dans un contexte de fond de ravine évasée. La formation géologique est composée uniquement d'alluvions sableuses à sablo-limoneuses.

En situation plane, le sol développé ici est un sol de type FLUVIOSOL brunifié, c'est-à-dire un sol assez peu évolué d'apport récent.



Carte : localisation des sondages et observations T3 (cercle rouge)

Approche de la problématique :

D'une manière générale se pose la question de la ressource en eau. Une irrigation est envisagée pour palier un déficit hydrique. Cette parcelle semble particulièrement sensible. Le diagnostic vise à apporter un éclairage sur le comportement hydrodynamique du sol et sur la façon dont les racines exploitent les ressources du sol en eau. Cette étude est également liée au thème de la mycorhization des racines par des champignons symbiotiques comme il est exposé dans les tomes 1 et 2 de cette collection de 3 ouvrages.

Profil de sol.

L'objectif du profil de sol est de distinguer les différentes couches du sol (ou horizons) et les comparer par leurs couleurs, leurs compacité (le sol est-il très compact ou au contraire plus poreux et plus meuble ?), leurs porosités (comment l'eau s'imprègne et circule), les colonisations de ces couches par les racines, etc...

Ce profil se caractérise par la superposition de trois horizons aux propriétés physiques distinctes, tant du point de vue de la porosité/perméabilité que de celle de la compacité et des contraintes d'enracinement que cela induit.



Horizon de surface, de 0 à – 25 cm. Cet horizon, qui correspond à la couche de sol qui est travaillée avec les outils de travail du sol, montre un sol peu compact, avec une micro-porosité assez développée, et quelques chenaux de vers de terre qui augmentent la macro-porosité.

L'horizon sous-jacent, de – 25 à – 35 cm, épais donc d'environ 10cm, est quant à lui beaucoup plus compact, nettement moins poreux et perméable. On y observe de très fines taches d'oxydation, très peu contrastées et dispersées dans la matrice. On y observe quelques racines fines, empruntant de préférence les chenaux existants.

L'horizon situé entre 35cm et 90cm de profondeur est constitué de plusieurs strates qui se distinguent entre elles par la taille du sable ; globalement, l'ensemble est très poreux (toujours une micro-porosité qui laisse parfois la place à une macro-porosité selon la nature des dépôts), perméable, de structure particulière à polyédrique émoussée de taille variable. L'horizon est sain, meuble à peu compact. La densité de racines est très faible.

Cette organisation du sol, en trois étages bien différents (cf. l'image de l'immeuble) a des conséquences sur deux phénomènes qui nous intéressent particulièrement par rapport à la problématique de l'alimentation en eau de la culture : l'enracinement et le comportement du sol par rapport à l'eau.

L'enracinement.



Photos : structures racinaires dans le sol T3.

Dans la pratique, pour observer le système racinaire, la terre sera dégagée en utilisant un couteau peu coupant, en enfonçant puis tournant ce couteau d'un demi-tour pour fragmenter délicatement les mottes de terres qui enserrant les racines.

L'enracinement est essentiellement cantonné dans l'horizon meuble de surface, de 0 à -25 cm. Le taux d'exploitation effectif des racines est de 100 % jusqu'à -25 cm. Quelques rares racines fines sont présentes dans les deux autres horizons. Le manque de racines dans l'horizon 3 (à partir de -35 cm) alors que le sol est meuble à ce niveau-là signale que l'enracinement est bien limité par la compacité de l'horizon 2. Les taux d'exploitation effectifs sont de 2% dans l'horizon 2 et inférieur à 2% dans l'horizon 3.

Ce défaut de colonisation racinaire au-delà de -25 cm apparaît nettement si nous comparons ce sol à celui qui sera décrit dans les pages suivantes et qui est colonisé jusqu'à -90 cm.



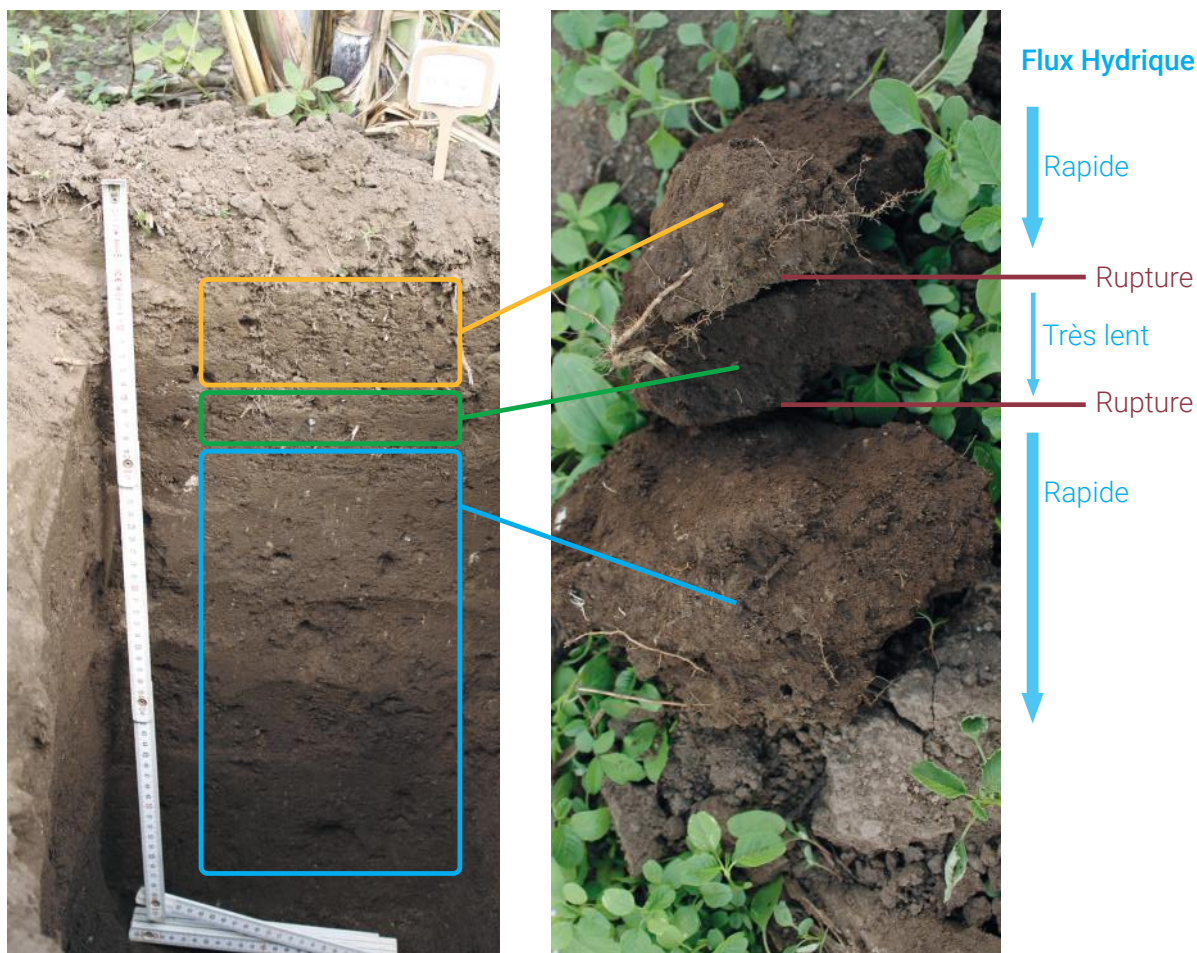


Schéma : des ruptures de perméabilité et des flux hydriques dans le profil du sol.

Horizon 1 : Il n'y a pas d'indice d'engorgement temporaire ou permanent. Le **coefficient de perméabilité Beerkan¹** est $K = 25\text{mm/h}$, c'est un résultat moyen. L'ensemble suggère un fonctionnement hydrodynamique par imbibition plutôt que par transferts rapides. L'horizon est sec à la date des observations. Il est intensément prospecté par les racines de la canne à sucre.

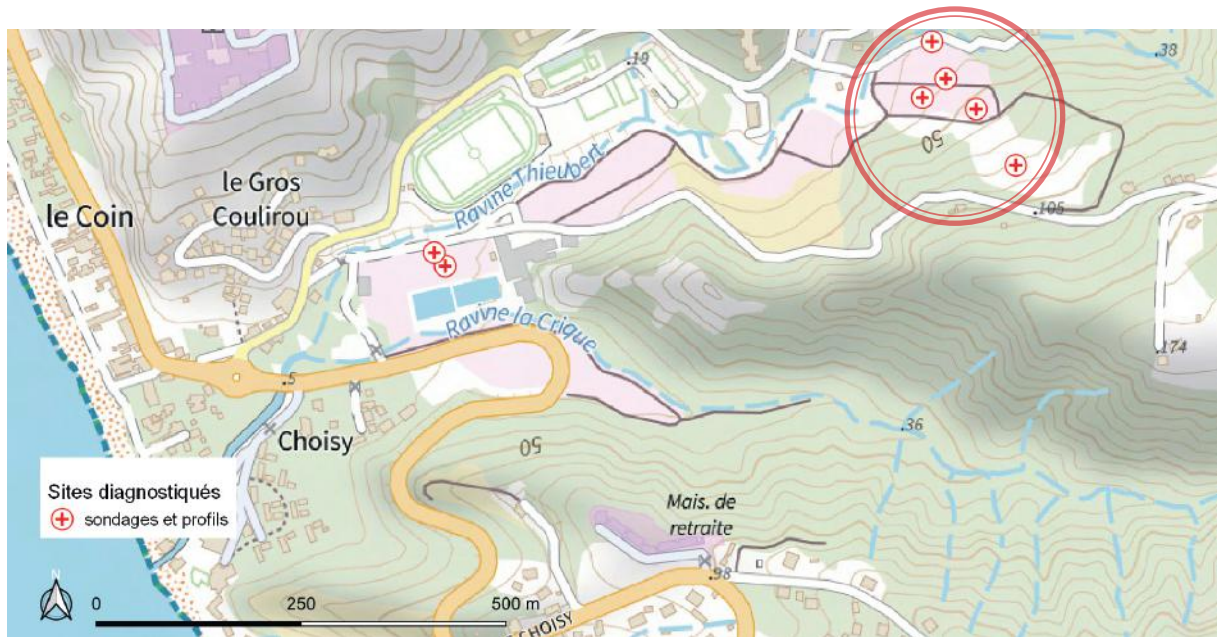
Horizon 2 : Cet horizon se comporte de façon temporaire comme une contrainte à l'infiltration hydrique verticale. La perméabilité Beerkan mesurée est $K = 10\text{mm/h}$. La présence de cet horizon 2 compact entraîne une nette rupture de perméabilité et donc de la circulation verticale de l'eau. L'eau a tendance à rester en surface dans l'horizon 1. Elle sera partiellement perdue ensuite par évaporation.

Horizon 3 : Il présente une bonne perméabilité et ainsi pas de contrainte de circulation de l'eau. Cependant, l'eau qui pourra malgré tout être stockée en profondeur en ayant traversé l'horizon 2 compact, ne pourra être exploitée par la plante faute d'enracinement profond.

Diagnostic sur les causes de cette rupture de perméabilité.

Dans ce type de sol, les pratiques culturales peuvent générer une compacité sous le niveau de passage des outils, compacité a priori peu contrastée, mais suffisante dans ce contexte pour limiter à la fois les flux hydriques mais aussi l'enracinement profond.

2^{ème} Cas (référence THIEUBERT T6).



Carte : localisation des sondages et observations T6 (cercle rouge).

Situation du sol dans son paysage ;

Le sol étudié se situe dans une pente abrupte et longue. Cela conduit logiquement à envisager de réaliser des sondages à différents niveaux de cette pente pour comparer l'architecture des sols à ces différents niveaux et comprendre les continuités entre ces sols, de façon à répondre à cette question : quels sont les flux d'eau et de matières qui existent dans la pente ?

Cette pente peut être appréhendée par l'observation visuelle et des photos. Elle est également visible sur une carte IGN et sur une photo aérienne.



Vue des parcelles depuis le haut de la pente. La parcelle en Canne à sucre étudiée se situe dans la partie basse de la pente, en haut de la photo.

Problématique.

Les modifications climatiques accentuent les périodes de déficits hydriques. La pente forte de cette parcelle entraîne par ailleurs des problèmes d'érosion. Ces deux phénomènes conduisent à rechercher une optimisation du fonctionnement hydrodynamique des sols.

Le profil de sol.

Choix de la situation pour réaliser le profil de sol.

Concrètement, l'étude peut être contrainte par des impératifs de travailler dans le cadre d'un temps de mission limité. Cela impose de bien choisir le lieu de réalisation d'un profil de sol, l'étude pouvant être ensuite complétée par de simples sondages à la tarière beaucoup plus rapides à faire. Le profil apporte une information générale sur l'architecture globale du sol (les étages de l'immeuble) mais aussi des observations détaillées sur chacun des étages et sur chacune des « pièces » d'un étage donné. La « pièce » correspond dans cette image de l'immeuble à la motte de terre : comment les mottes de terre se présentent-elles, par exemple juste sous le système racinaire et dans l'inter-rang ? Autrement dit, la structure du sol est-elle constante dans la couche de sol considérée ? Au contraire, cette structure est-elle discontinue latéralement ?

Pourquoi un profil ? Pourquoi des sondages à la tarière ? Relation entre ces deux méthodes.

Une fois ces informations détaillées acquises pour chaque niveau de sol, les sondages complémentaires à la tarière permettront de comparer les hauteurs respectives de ces mêmes étages à différents niveaux de la pente. Ainsi, on pourra percevoir des continuités des sols dans la pente et en particulier des transferts de matériaux qui vont avoir tendance à épaissir certains horizons du sol en allant vers le bas de la pente.

Le choix se porte sur une situation à mi-pente de la parcelle en Canne à sucre, de façon à se placer dans une situation moyenne. Des traces visibles d'érosion sur le sol entre les rangs nous permettent de faire l'hypothèse que le sol situé plus bas aura reçu des matériaux sableux issus de plus haut. Le sol en bas de pente montrera donc a priori un premier horizon de surface différent, en lien avec une accumulation de matériaux récents. Cela pourra être vérifié par un sondage à la tarière.





Photo : profil de sol creusé. **Dessin** : début d'observation de petites mottes de terre prélevées dans les différents horizons du sol. L'observation à l'échelle des mottes de terres (agrégats) permet de vérifier la plus ou moins grande compacité ou au contraire le caractère meuble, du sol à ces différents niveaux.

Le profil est ouvert sous un bouquet de vieilles cannes, en limite d'une replantation de l'année. Le sol est également travaillé en surface, mais à la différence de la situation précédente, on n'observe pas d'horizon compacté mais une succession d'horizons de porosité développée et de perméabilité élevée ; l'ensemble est peu compact, sain, frais mais non humide.

L'enracinement de la canne à sucre explore les 90 cm de profondeur du profil, il existe probablement des racines plus profondes. Dans cette configuration, le **taux d'exploitation racinaire effectif² (Te)** = 100% de 0 à 30 cm de profondeur, Te = 30% entre 30 cm et 60 cm de profondeur, puis Te = 10% entre 60 cm et 90 cm de profondeur.



Photos : sous deux angles différents, la colonisation du sol par le système racinaire.

Comportement du sol vis-à-vis de l'eau.

La perméabilité Beerkan dans l'horizon 0-25cm est $K = 40\text{mm/h}$, plus élevée que précédemment. Les flux hydriques sont à la fois de type imbibition et transfert rapide, d'autant plus qu'il n'y a pas de rupture de perméabilité nette. K est en effet de 35mm/h dans les horizons 30cm-50cm, ce qui est une valeur très proche de la précédente.



Phénomènes d'érosion et, parallèlement, d'accumulations de matériaux en bas de pente.

On constate en surface des indices d'érosion du sol dans la parcelle nouvellement plantée où le sol est resté nu. Il s'agit de rigoles peu profondes mais continues jusqu'au pied du versant, orientées dans le sens de la pente et plutôt situées à la marge entre le rang et l'interrang et non au centre de l'interrang.



Les sondages à la tarière à d'autres niveaux de la pente vont permettre de confirmer la réalité de ce phénomène d'érosion et d'évaluer son importance.

Le profil ayant permis de comprendre l'architecture globale du sol, les sondages complémentaires permettent la réalisation d'un transect du sol, c'est à dire une représentation en coupe de l'organisation des différentes couches du sol.



Photo : observation du sol grâce à un sondage à la tarière. Les carottes de terre prélevées successivement avec la tarière sont disposées les unes à la suite des autres de façon à reconstituer la colonne de terre telle qu'elle était dans le sol.

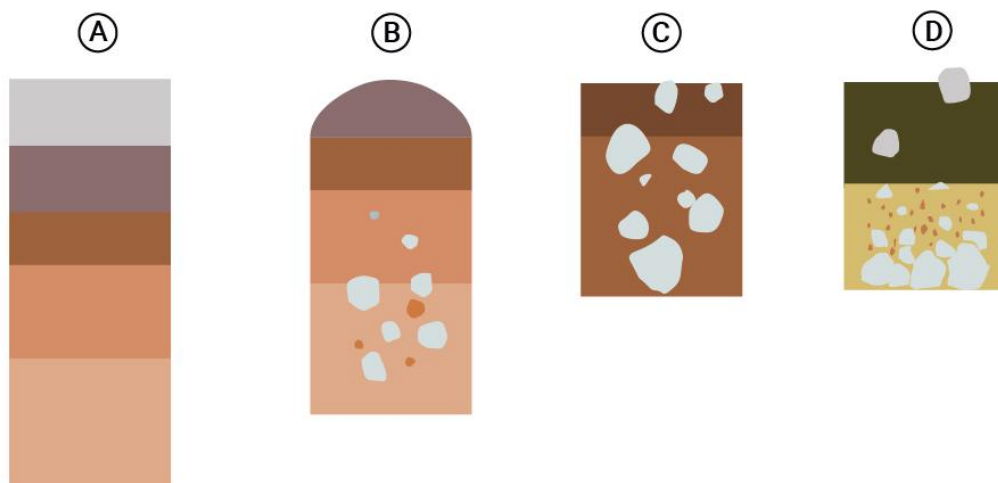
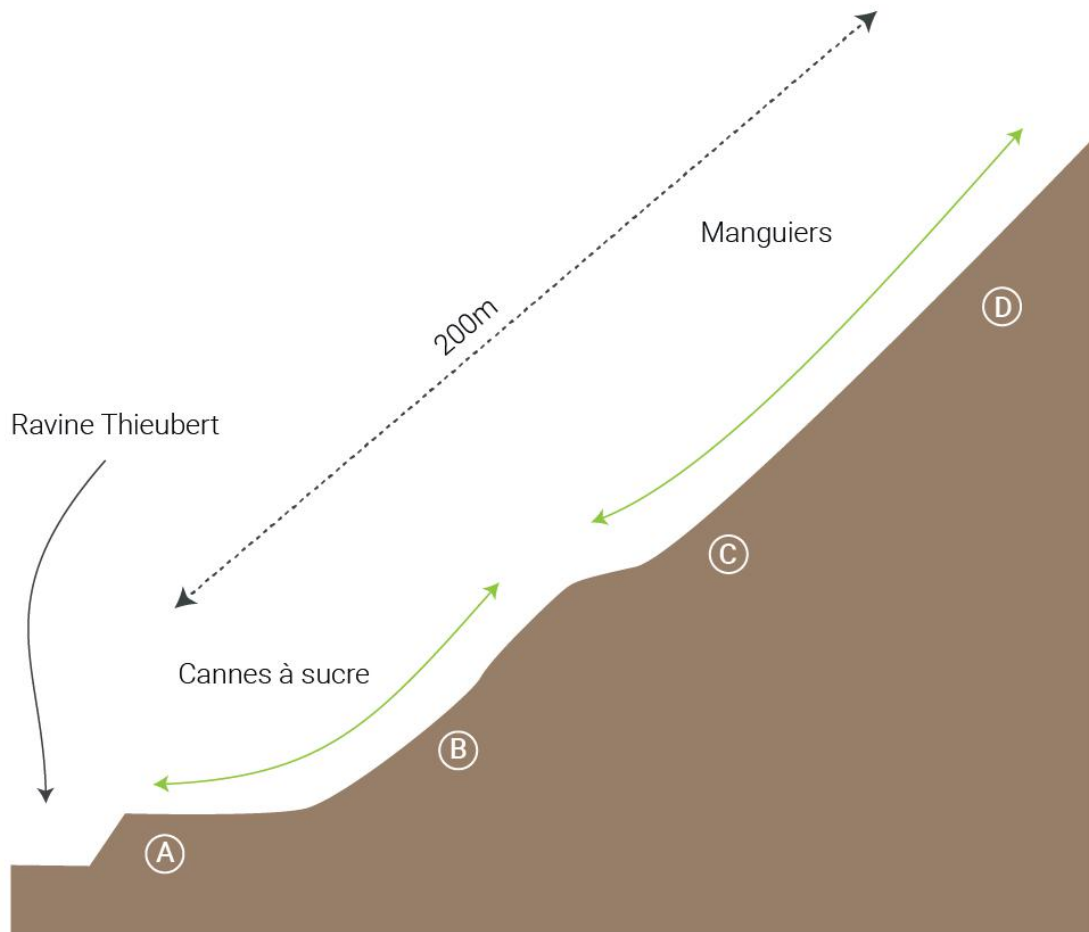
Pour faire ce travail, deux précautions sont nécessaires : (i) quand la tarière est enfoncée à un certain niveau, on peut noter avec un feutre le niveau de la tarière qui correspond au niveau 0 du sol. Une fois la tarière sortie de terre, la distance mesurée entre le trait et la pointe de la tarière nous donnera précisément la profondeur atteinte par la tarière. Et ainsi de suite, successivement pour chaque carotte sortie. (ii) Quand une carotte est sortie de terre, on élimine les premiers cm très meubles correspondant environ au premier 4-5 cm de la carotte, à partir du haut de la carotte. En effet, ces premiers cm correspondent à de la terre qui est tombée au fond du trou entre deux prélèvements. En somme la terre prélevée ne correspond à chaque fois qu'à environ 15 cm sur les 20 cm qui pourrait être théoriquement prélevés à chaque fois.



Photo : exemple de carotte de terre. Le haut de la carotte, meuble est supprimé, avant que la carotte ne soit disposée sur le sol.

Dans le secteur d'atterrissement, en bordure de ravine Thieubert, un sondage à la tarière montre un sol similaire à celui observé grâce au profil de sol mais surmonté d'un horizon de 20cm de sable grossier provenant du colluvionnement du versant. Il est probable qu'une partie seulement des horizons de surface a été bloquée par la végétation et que le reste, notamment les particules les plus fines et les plus intéressantes d'un point de vue minéral, ont été entraînées dans la ravine et sont donc perdues.

La comparaison des différentes colonnes de terre permet la réalisation d'un transect, représentant les horizons de sols dans la pente.



Conclusions :

Les types de sols.

On observe dans l'ensemble du transect 4 types de sol très différents, avec des caractéristiques physico-chimiques a priori très variables, notamment une amplitude importante de teneurs en matières organiques en surface.

Les conseils d'utilisations des différents sols.

Le comportement de ces quatre types de sol se distingue nettement dans le paysage et leur connaissance permet non seulement d'orienter les types de production les mieux adaptées mais aussi les outils à mobiliser pour limiter la dégradation des sols. Par exemple, si les sols sont fortement soumis à une pression érosive, alors la plantation d'arbres fruitiers à l'amont du versant est intéressante car, à terme, on peut imaginer une stabilisation des sols par une amélioration des apports au sol de matières organiques (litières). Mais cela signifie aussi que durant la période où cette plantation ne peut couvrir le sol totalement, il faut impérativement garder un couvert végétal sur le sol pour le couvrir et le protéger de l'érosion. Il existe sinon un fort risque de perdre les avantages procurés par l'horizon à très forte teneur en matières organiques du sol. La présence de cannes à sucre en contrebas est aussi un point intéressant car cette culture est susceptible de freiner les ruissellements de surface et donc leur force érosive. La question de l'orientation des bandes de canne à sucre reste toutefois posée.

Les relations entre les différents sols d'un versant et leurs fonctions agricoles.

Cette parcelle est donc intéressante à suivre car elle reflète un besoin d'utilisation multiple d'un même versant pour des productions multiples, avec des pratiques variables. Mais c'est justement cette perspective d'un usage complexe qui introduit une mosaïque de comportements dans le versant et qui autorise la mise en place de synergies agronomiques. C'est a priori un moyen de protéger les sols contre la dégradation.

Compléments pédologiques à cette approche fonctionnelle des sols.

Nous avons quitté avec ce site, le domaine précédent des sols peu évolués d'alluvions pour entrer dans celui des sols plus évolués, de type **brun rouille à halloysite**³ (pôle des **NITOSOLS**⁴). En profondeur, on observe un caractère polygénique à mettre en relation à la fois avec un rajeunissement possible des horizons par colluvionnement, mais aussi des épisodes pyroclastiques différents. La texture est nettement plus argilo-sableuse, en rapport avec la néoformation de ces argiles.

3^{ème} Cas (référence GODINOT G2).

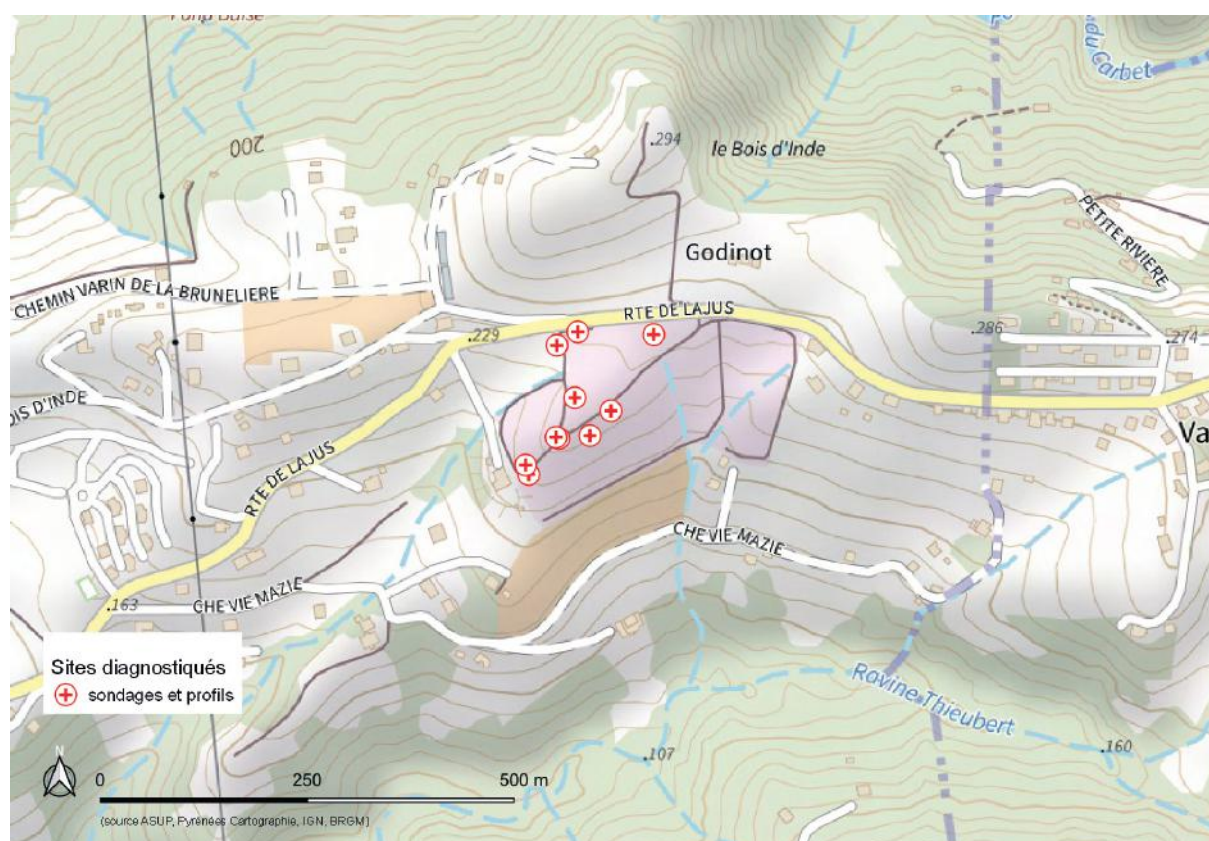
Situation dans le paysage, problématique, localisation des profils de sols et sondages.

Godinot est une plantation située sur les hauteurs du Carbet. Elle se caractérise entre autres par des pratiques de cultures associées de Crotalaire, absentes au moment de nos observations.

La problématique posée est toujours en relation avec les besoins en eau de la culture, face à des problèmes de déficit hydrique. Cette parcelle est ainsi équipée pour l'irrigation car elle souffre de problèmes de sécheresse excessive.

La question se pose également sur ce site de la façon de gérer la Crotalaire, culture associée susceptible d'apporter plusieurs avantages à la culture principale : engrais vert, limitation de l'enherbement par d'autres plantes, enrichissement en azote et en phosphore, facilitation de la mycorhization de la canne à sucre et donc de la capacité de cette dernière à absorber l'eau en situations contraintes grâce à l'activité des mycéliums des champignons mycorhiziens arbusculaires (cf. Tomes 1 et 2 pour des détails sur le fonctionnement de ces champignons en lien avec la Canne à sucre et sur les relations Canne – champignons – Crotalaire).

Localisation des sondages et observations



Nous avons localisé un profil dans une zone de sommet de versant, un autre dans une zone de croupe en sommet de parcelle. Le profil P2 est implanté dans le rang de canne, sous un bouquet de canne ; le sondage S5 est implanté en limite de rang.

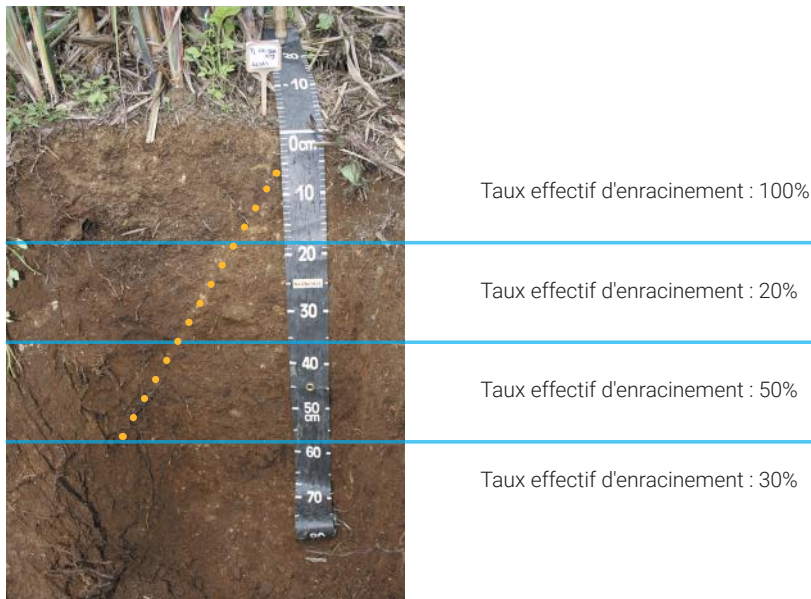


Figure : profil de sol montrant une zone meuble à gauche de la ligne pointillée, et une zone plus compacte à sa droite. Dans la zone meuble on note quatre horizons plus ou moins meubles. Ces différences se traduisent par des taux d'enracinements différents. (cf. texte)

Dans ce versant, le compactage passé des sols est manifeste. Les pratiques culturales et notamment les modalités de plantation des cannes conduisent à décompacter localement les sols sur une épaisseur importante, mais uniquement dans le sillon de plantation : on crée ici un potentiel effet de « bassine » qui pourrait engendrer de l'engorgement s'il n'y avait pas une pente suffisante pour évacuer les excès d'eau. Le pointillé rouge sur la photo marque la limite entre zone décompactée à gauche et zone plus compacte à droite.

L'enracinement est profond, mais il reste cantonné à ce « sillon » de plantation et le volume réellement prospecté est donc en réalité dépendant uniquement de la profondeur et de la largeur du sillon de plantation. On ne voit aucune racine de canne à sucre à l'extérieur de la zone correspondant au sillon de plantation.

Dans le rang, le taux effectif d'enracinement (T_e) est de 100% entre 0 et 20cm de profondeur, de 20% entre 20cm et 40cm de profondeur, de 50% entre 40cm et 60cm de profondeur, puis de 30% entre 60cm et 80cm de profondeur. On constate ainsi un enracinement différent selon ces quatre horizons, le foisonnement racinaire n'étant marqué que dans les horizons où l'évolution du sol est plus intense (horizons 1 et 3).

La différence de structure entre le sol au niveau du rang et le sol entre les rangs (dans notre image de l'immeuble, nous comparons ici deux pièces différentes d'un même étage...) apparaît avec le test de perméabilité de surface Beerkan. La perméabilité est en effet de 30 mm/h dans le rang mais seulement de 15 mm/h dans l'inter-rang. Dans le rang, cette valeur de perméabilité reflète un fonctionnement hydrodynamique plutôt en imbibition qu'en transferts rapides : cela suggère de bien choisir les buses pour les asperseurs et d'éviter de produire de trop grosses gouttes qui seraient très mal valorisées. Dans l'inter-rang, $K=15\text{mm/h}$, les flux sont ralentis par la compacité.

On constate en outre que le mode de plantation de la Canne, qui utilise des tronçons enterrés, favorise les connexions entre surface et profondeur en procurant des zones de cheminement préférentiel de l'eau, de l'activité biologique etc. La structuration du sol qui en résulte semble aussi intéressante. Ici, un paillage intégral de la surface du sol par des résidus de canne à sucre permet de conserver la surface à l'abri des mécanismes d'érosion.

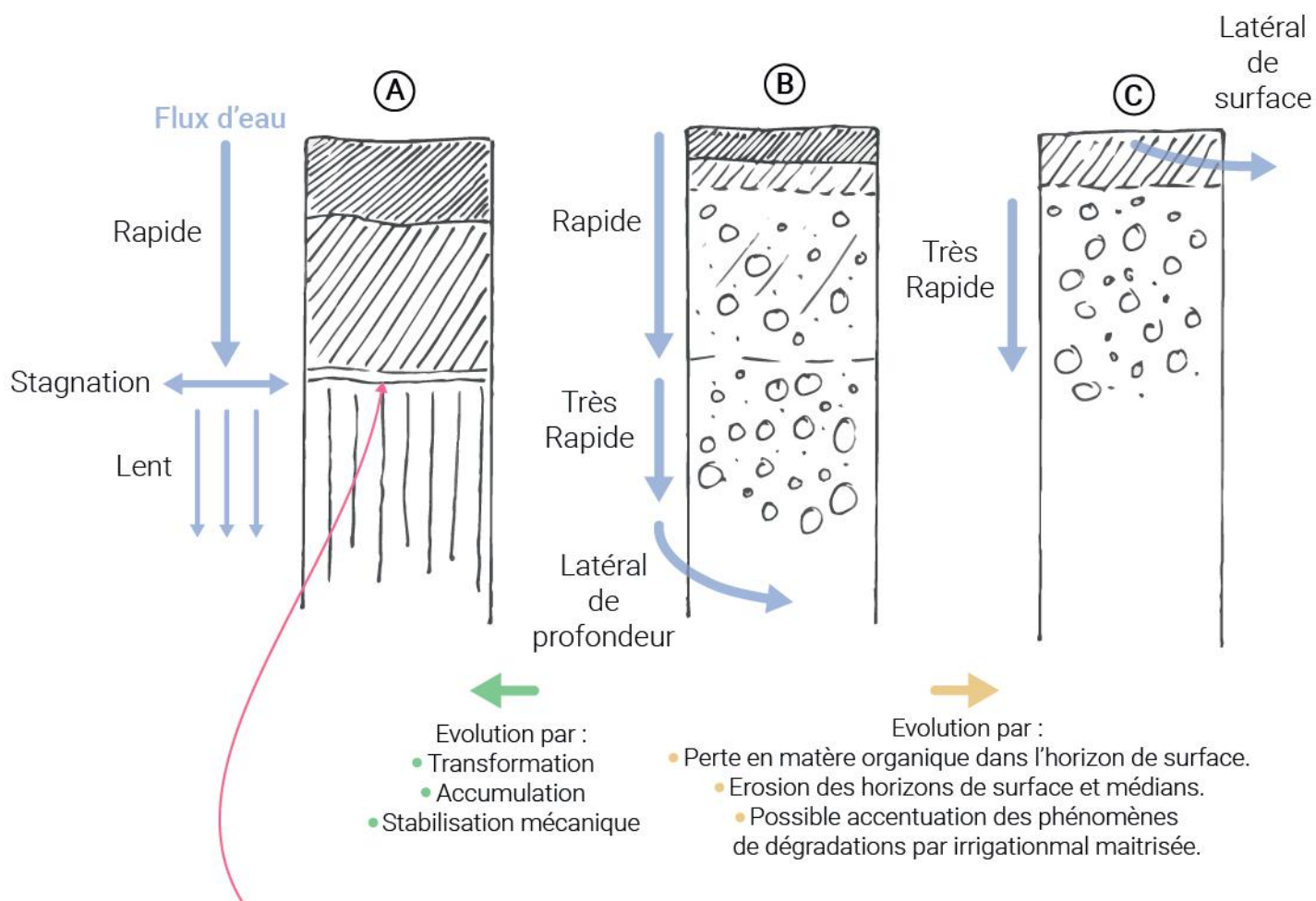
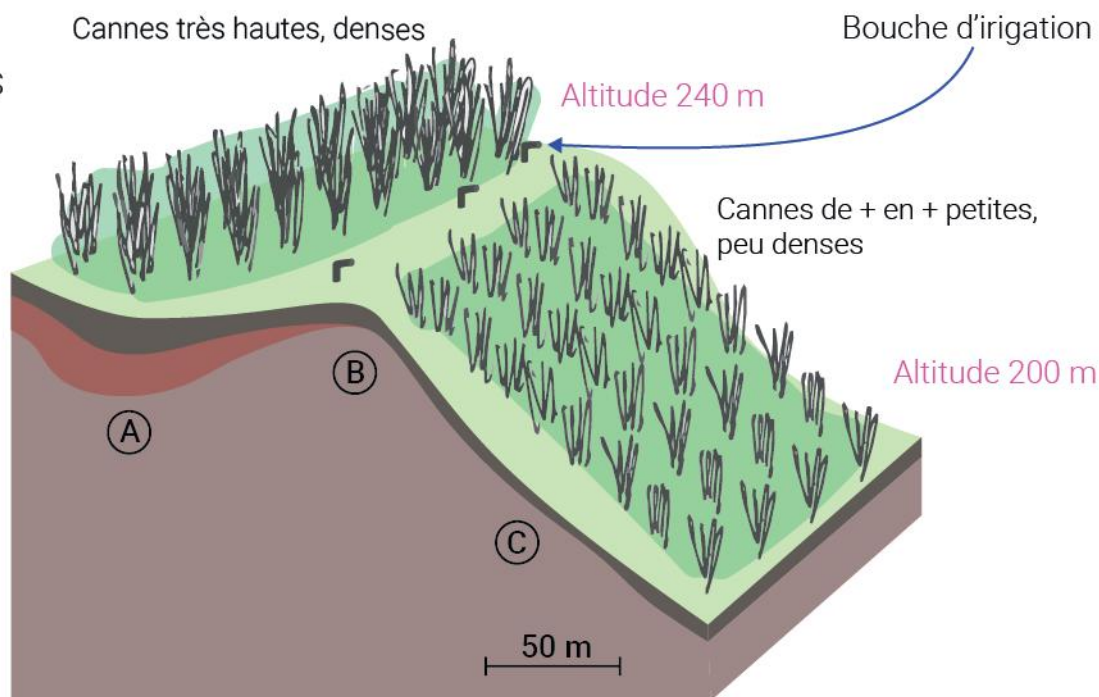
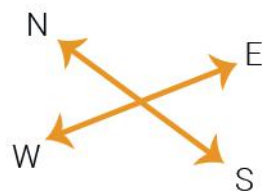


Photo : photo montrant la pente de cette parcelle, qui permet un bon écoulement de l'eau mais qui implique également une irrigation qui assure une bonne infiltration de l'eau. Cette photo montre également le paillage qui permet de limiter l'érosion.

Les différents sondages tarière réalisés permettent de comprendre les continuités des sol dans le paysage, ces continuités étant illustrés dans le schéma en bloc diagramme de la page suivante. Sur la photo suivante : l'un des sondages à la tarière.



Ce sondage effectué dans une zone topographiquement plus plane permet de vérifier les différences entre les sols : nous observons ici un sol épais (NITOSOL) caractérisé par un horizon brun rouge prononcé, très argileux et très finement structuré (agrégats polyédriques de 5mm assemblés de manière très homogène), qui présente en réalité des caractéristiques d'une ferrallitisation. L'enracinement dans cet horizon est temporairement contraint par la texture très argileuse, mais la structuration très développée peut compenser la compacité en offrant des vides inter-agrégats très développés. Le comportement de cet horizon évolue peut-être tout au cours d'une année de végétation. C'est une hypothèse à creuser, mais il est alors important de considérer la texture argileuse comme une des composantes à prendre en compte pour le passage des engins et des outils, à la date la plus favorable pour limiter les lissages.

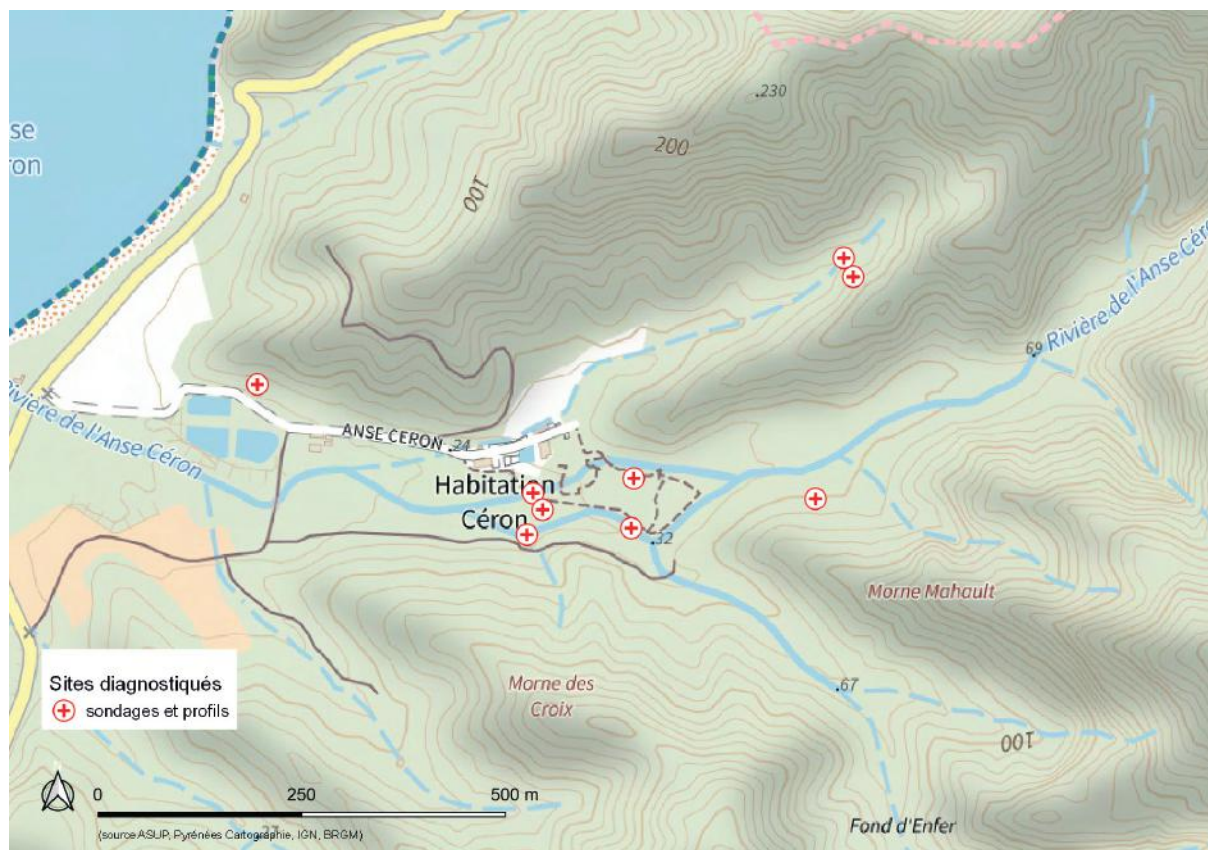


Rupture de perméabilité,
 changement brutal des
 caractéristiques des
 matériaux

Schéma : *synthese des fonctionnements des sols*

1^{er} Cas (référence Habitation Céron).

Situation du site. Ce site est original par sa position très septentrionale et sa très faible altitude. L'exploitation a été parcourue avec l'aide de sa responsable (Julie Desgrottes) et plusieurs placettes ont été visitées



La première placette diagnostiquée est située à l'Est de l'Habitation, dans le fond d'une ravine très étroite, encaissée. Il s'agit des secteurs « historiques » de la plantation qui regroupe de vieux cacaoyers, mais aussi des plants de caféiers anciens très peu perturbés. L'ensemble est installé dans une ambiance forestière dense, avec développement de multiples strates : on peut parler ici de culture sous forêt bien plus que de culture agroforestière.

On se situe ici dans un domaine de matériaux parentaux de type **coulées andésitiques massives**⁵.

Le sol peut être rattaché aux **COLLUVIOSOLS**⁶ caractérisés à la fois par une teneur en matières organiques en surface très élevée mais aussi par un comportement de type **allophanique**⁷ qui suggère des nuances d' **ANDOSOL**⁸. Dans ce type de sol, les contraintes physico-chimiques d'enracinement sont réduites et on observe un système racinaire puissant, qui explore un volume important.

Les limites à l'enracinement débutent vers 80 cm de profondeur quand on atteint les horizons d'andésite très altérés mais aussi très bréchifiés : néanmoins, on observe une

altération intense du sommet de cette formation, qui se retrouve pratiquement à l'**état fantômisé**⁹, donc plus facilement prospectable par les racines. On pose donc l'hypothèse que dans ces conditions, le sol conjugue des capacités de fourniture nutritionnelle et un **Réservoir Utile Maximal en eau (RUM)** important. La litière est épaisse, très diversifiée. En outre, on constate que la structure de l'horizon de surface est grumeleuse, puis elle devient polyédrique émoussée fine en profondeur, l'horizon restant meuble à peu compact. Des suintements d'eau sourdent au sommet de la formation altérée, ce qui procure une entrée d'eau dans le bilan hydrique tout en limitant les excès par évacuation dans le versant.



Photo : un profil de sol rafraîchi, dans le bas du versant, sous un pied de Cacaoyer.

La situation de l'autre secteur visité, une cacaoyère assez récente installée dans les alluvions récentes du fond très vaste de la ravine où coule la rivière de l'Anse Céron, en secteur d'ambiance forestières plus atténuée, est radicalement différente.

En effet, le sol devient un **FLUVIOSOL BRUT**¹⁰, sableux, épais, **rédoxique**¹¹ en profondeur, c'est-à-dire un sol d'apport récent, peu différencié, dans lequel le bilan hydrique va être influencé en très grande partie par les phénomènes de remontée de la nappe qui accompagne la rivière. Le réservoir en eau du sol y est en effet très faible du fait de la texture du sol. On ne décèle pas de contrainte à l'enracinement, si ce n'est la présence de la nappe (temporaire puis permanente selon la profondeur. À la date des observations, le sol était à peine humide à 120cm de profondeur-). Il est donc probable que le système racinaire des cacaoyers de ce deuxième secteur privilégie les horizons moins engorgés, qu'il peut alors explorer sans contrainte.



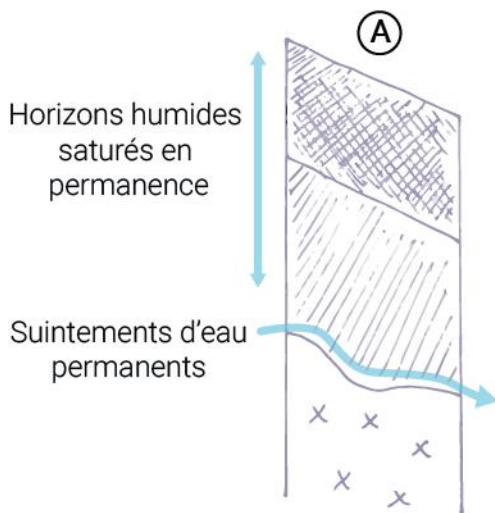
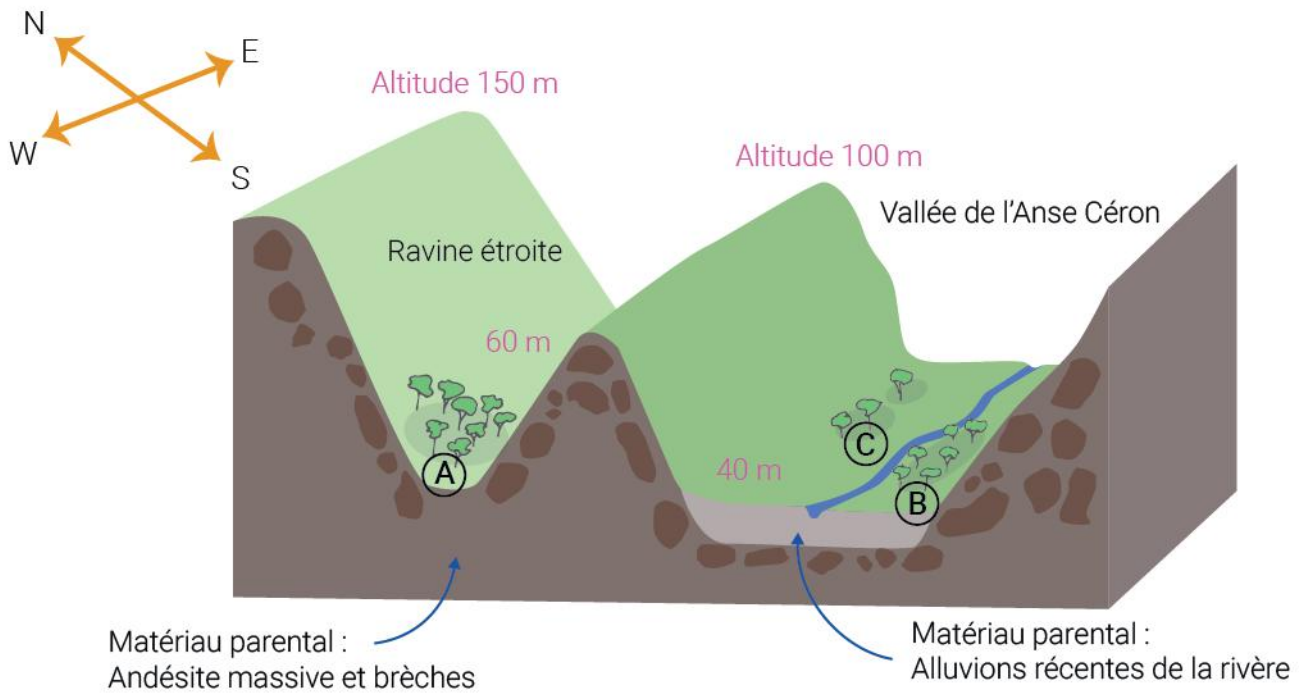
Photo : sondage dans le sol de la cacaoyère récente

En surface, la litière est très réduite, très peu diverse car uniquement composée des feuilles de cacaoyers. Malgré tout, une certaine activité biologique s'installe comme on peut le constater en observant un début de fragmentation des feuilles.

D'après la responsable de l'habitation, les cacaoyers dans ce deuxième secteur souffrent de problèmes de sécheresse, ce qui n'est pas le cas du premier secteur. Une explication réside donc dans les différences qui existent entre les bilans hydriques et probablement nutritionnels de ces deux secteurs. En outre, les entrées principales d'eau dans le sol du deuxième secteur, en cas de sécheresse climatique, sont uniquement liées à la profondeur de la nappe, qui peut s'abaisser et donc devenir inaccessible aux racines ; ces dernières se sont peut-être implantées dans une situation de confort hydrologique qui devient plus fragile lorsque le climat s'assèche. Nous posons aussi l'hypothèse que l'ambiance climatologique générale est nettement plus confinée dans le premier secteur que dans le deuxième, diminuant d'autant l'évapotranspiration et donc y améliorant le bilan hydrique.

Le site de l'Habitation Céron est donc particulièrement intéressant pour l'étude du bilan hydrique très contrasté selon la zone étudiée. Il serait intéressant d'y prospecter davantage pour spatialiser tous ces paramètres de fonctionnement du sol et d'aller observer le comportement des caféiers qui se situent en fond de ravine.

L'altitude très basse et à priori défavorable à la culture du Caféier ou du Cacaoyer est peut-être localement compensée par une modification significative du bilan hydrique liée à la fois au type de sol mais aussi à la position géomorphologique générale, le tout induisant un contexte climatique original. On propose ci-après une synthèse des paramètres observés et des hypothèses qui en résultent.



Blocs d'andésite et alluvions récentes. Sensibilité moyenne à la sécheresse



La situation dégagée entraîne une sensibilité à la sécheresse.

(C)



Situation confinée :

- Fourniture d'eau via l'humidité atmosphérique et les circulations d'eau dans le versant.
- Faible sensibilité à la sécheresse.
- La faible altitude n'est pas un facteur limitant.

Situation dégagée :

- Fourniture en eau du sol via des circulations dans la nappe associée à la rivière et via les pluies.
- La faible altitude est un facteur limitant.

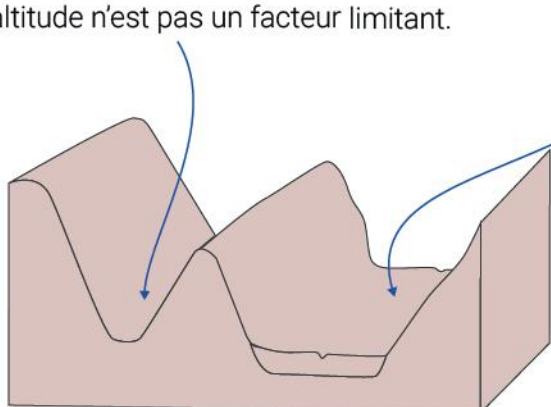


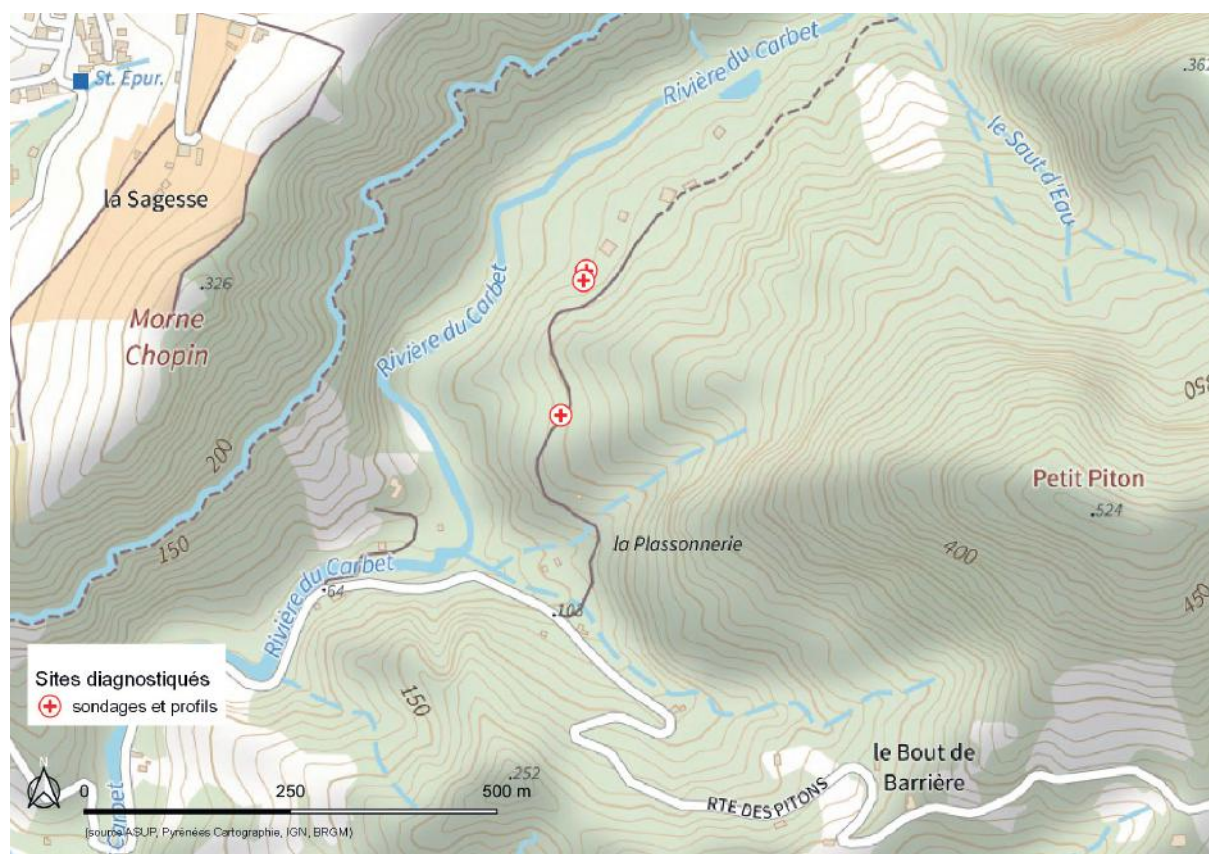
Schéma : le fonctionnement des sols dans le paysage de l'habitation Céron. Comment la morphologie permet de compenser la faiblesse de l'altitude.

2^{ème} Cas (référence Plantation Bernabé).

Plusieurs parcelles de cacaoyers ont été implantées dans le fond de la ravine de rivière du Carbet, secteur de Petit Piton. Ces parcelles sont situées dans un versant abrupt, orienté nord-ouest. Elles sont développées en ambiance forestière particulière. Des arbres de haute tige protègent quasi intégralement la parcelle de leur canopée, mais il y a absence totale des autres strates forestières.

Le matériau parental est composé d'éboulis andésitiques, dans un contexte de colluvionnement.

Localisation des sondages et des observations Petit Piton.



Un profil de sol a été ouvert au pied d'un jeune cacaoyer, à mi-pente de la plantation, isolé des arbres alentours mais loin de la lisière.

Le sol s'apparente à un NITOSOL très humifère en surface et épais ; les altérites argilo-sableuses sont visibles vers 70 cm de profondeur.

Les horizons sont finement poreux, meubles, perméables, on n'y observe pas de rupture particulière ; les limites entre horizons sont progressives, même pour ce qui concerne la base de l'horizon humifère de surface. La pierrosité est réduite. La texture est sablo-argilo-limoneuse puis sablo-argileuse quand on atteint les horizons où l'halloysite se développe davantage.

Les horizons sont sains, il n'y a pas d'engorgement temporaire ou permanent. En surface, $K_{beerkan} = 75 \text{ mm/h}$, ce qui signifie que la perméabilité est élevée. Vers 50 cm

de profondeur, $K_{Beerkan} = 30 \text{ mm/h}$; c'est une valeur moins élevée, qui est cohérente avec les caractéristiques déjà moins favorables aux transferts hydriques rapides, notamment une structure polyédrique émoussée de 10 cm en moyenne avec une cohésion un peu plus importante des agrégats. C'est aussi en profondeur que l'on peut observer le développement des halloysites qui peuvent procurer des réserves minérales par divers processus et qu'il est donc important pour les racines et leurs champignons mycorrhiziens arbusculaires d'explorer.



Photo : profil de sol et mode d'enracinement (cf. texte).

Le système racinaire du jeune plant de Cacaoyer est typique de ces espèces végétales : une couronne racinaire explore l'horizon de surface (on trouve des racines de ce niveau jusqu'à plus de 150 cm du pied) ; elle est complétée par un pivot de plus de 40 cm de profondeur à partir duquel des réitérations sont visibles. Le volume de sol prospecté est donc important, il ne semble pas exister de contrainte forte à l'enracinement. Ce système racinaire est entrelacé des racines provenant des arbres alentours, notamment des mahogany.

Le site de la plantation Bernabé permet d'illustrer une configuration de plantation sous arbres de hautes tiges mais sans les strates habituelles d'une forêt « naturelle », ce qui pose la question de la qualité des matières organiques qui revient au sol (et donc de la biodiversité des litières). En revanche, on observe des intersections racinaires entre espèces végétales car l'exploration du sol dans ce contexte se fait en grande partie, semble-t-il, dans les horizons humifères de surface, sans doute parce que le cycle nutritionnel y est le plus intéressant.

L'architecture racinaire semble donc orientée en grande partie vers l'exploration la plus efficace possible de l'horizon de surface, ce qui pose la question de l'extrême dépendance de ces végétaux vis-à-vis du bon fonctionnement d'un horizon de surface fortement soumis aux pressions des pratiques agricoles. Le bilan hydrique de ce système sol/plante doit-il être calculé sur toute l'épaisseur de sol ? Existe-t-il une recherche de ressources minérales plus profondes ? On se pose également la question de la qualité de la litière et de sa biodégradabilité dans un système aussi dépendant des apports réguliers de résidus végétaux.



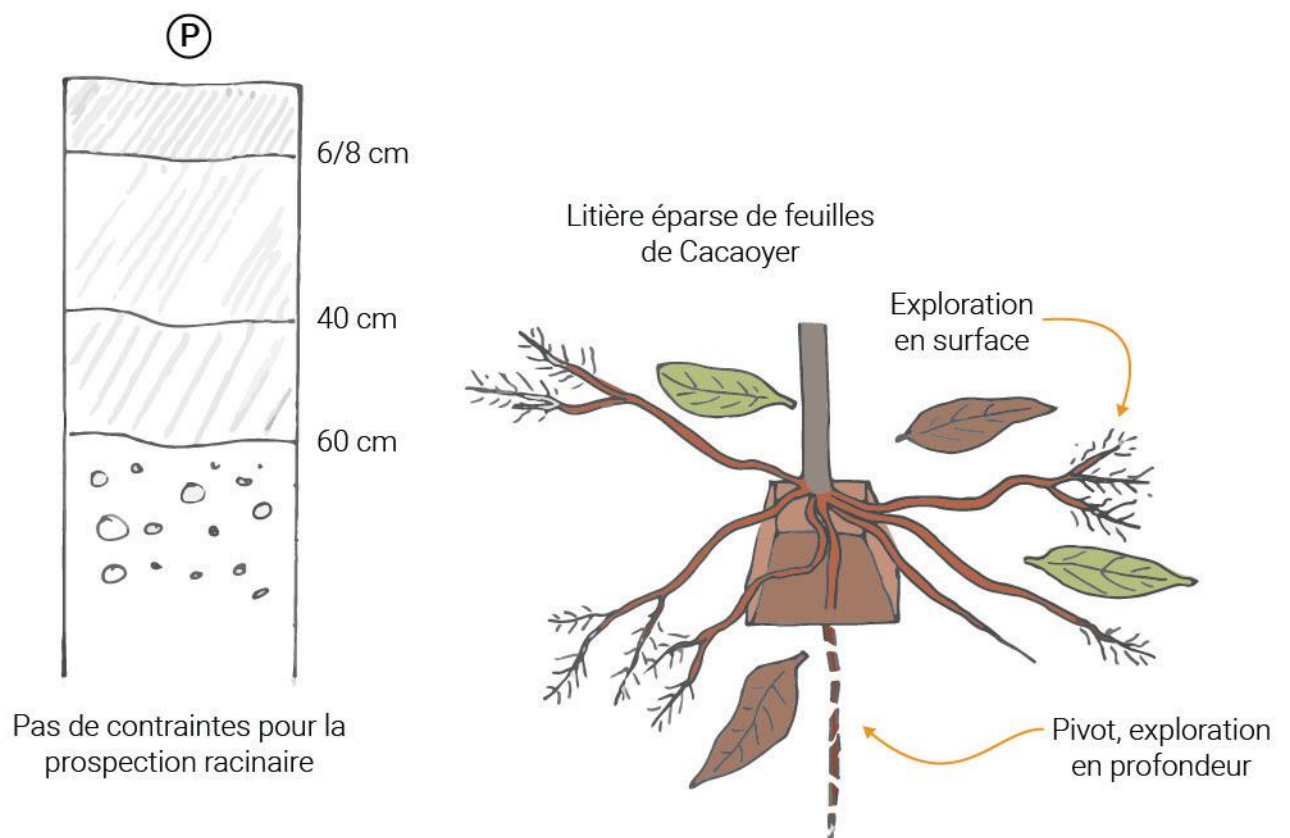
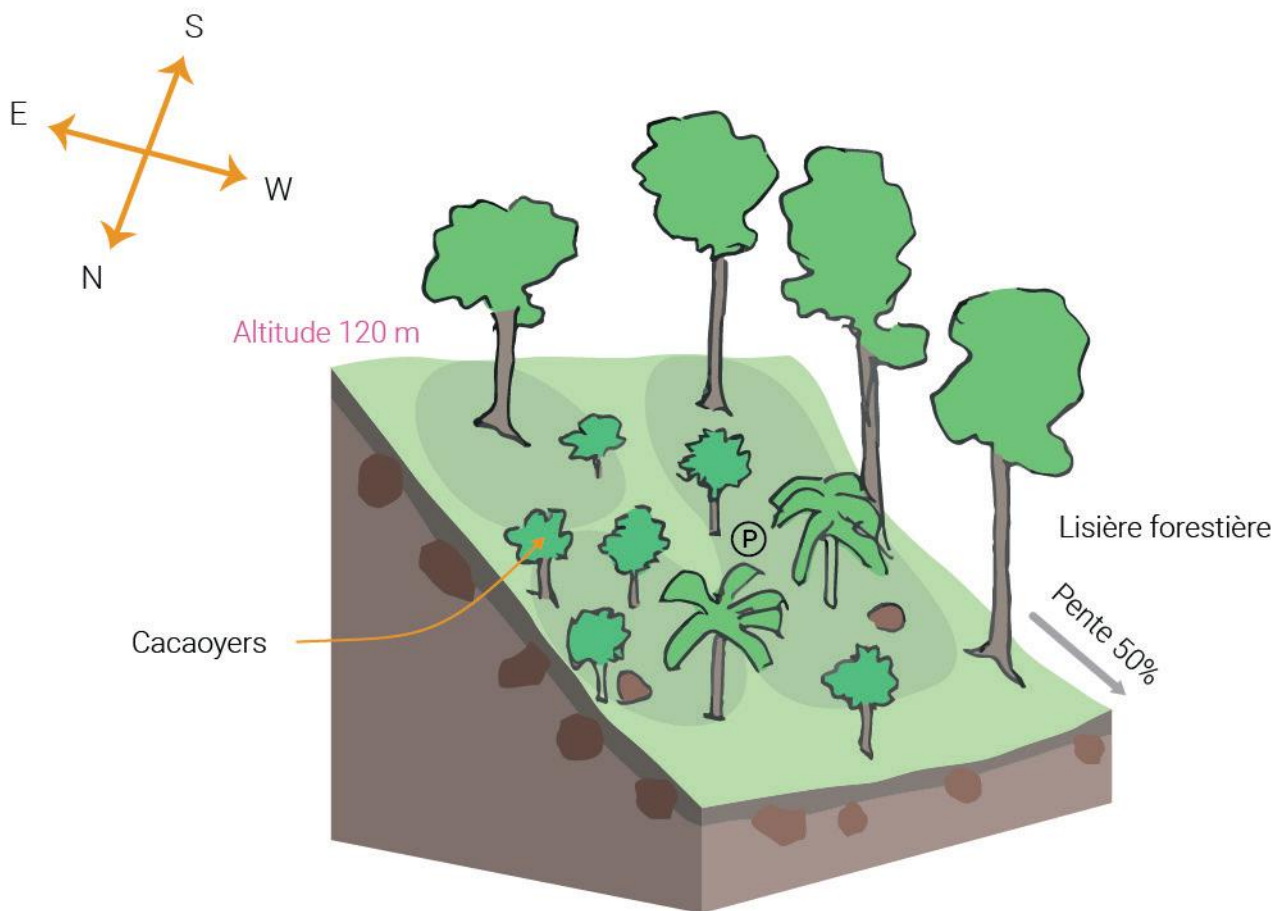


Schéma : représentation du système agroforestier à cacaoyers et du fonctionnement des sols du site Bernabé.

3^{eme} Cas (référence Plantation Andidi).

Cette plantation de cacaoyers est située sur l'autre versant de la Montagne Pelée, dans un quartier de Morne Capot. Nous y avons été accompagnés par ses propriétaires, la famille Diony.



Aquarelle : illustration de l'ambiance forestière du site et de la visite de ce dernier avec l'agriculteur.



Photo : vue générale de la plantation, versant ouest.

La situation est très complexe d'un point de vue géomorphologique, avec une échine étroite dominant deux versants, l'un orienté ouest (cacaoyers), l'autre orienté Est (future plantation de caféiers). L'analyse des photographies aériennes anciennes montre que le secteur était historiquement exploité en jardin et pâtures, mais que le sommet de l'échine a été recolonisé par la forêt il y a quelques années à peine. Dans la carte ci-après, le site correspondant à la plantation de cacaoyers est entouré de rouge.

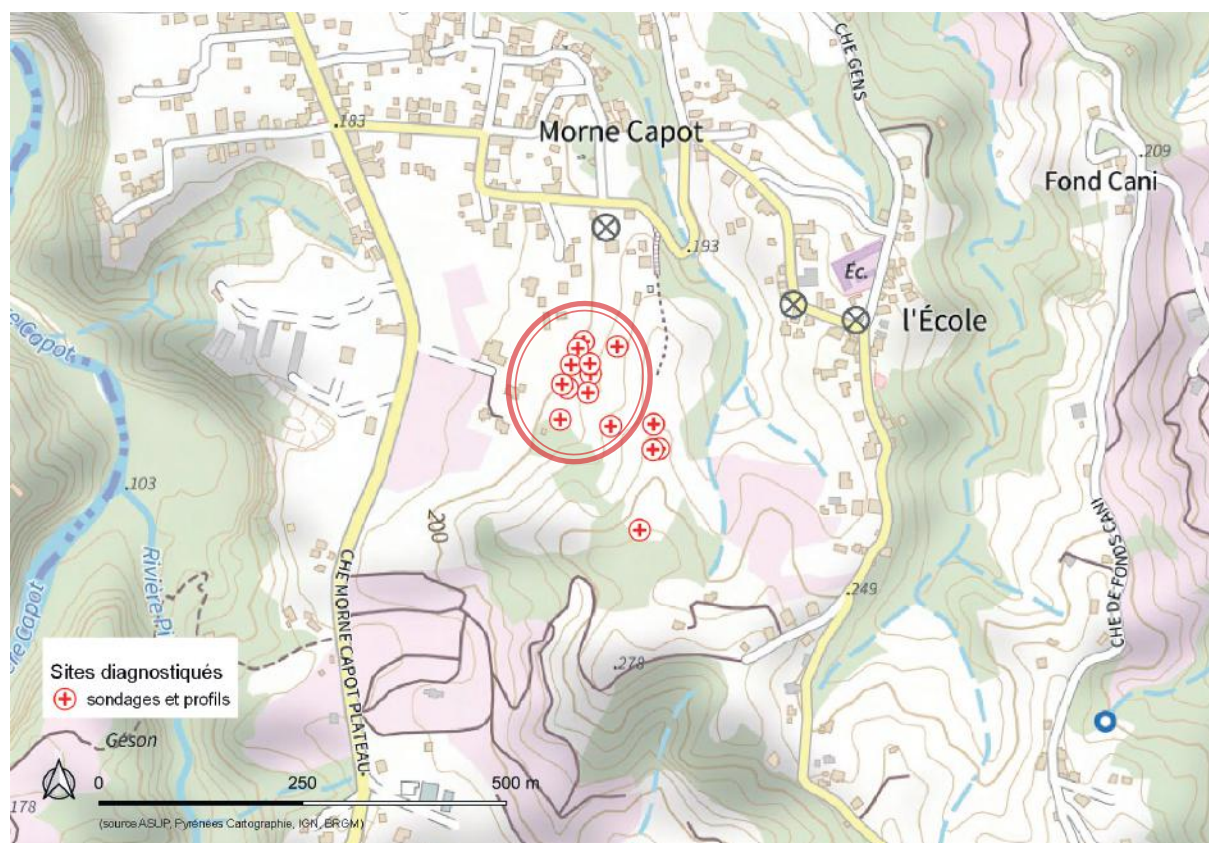


Figure : localisation des sondages et des observations Andidi.

Le site a fait l'objet de nombreux sondages afin de mieux inventorier les types de sols présents et de tenter une spatialisation. Les sols se développent sur des formations de type **nuée ardente de St Vincent**¹² ; nous n'y avons pas vu de signes des coulées massives andésitiques signalées dans la carte géologique.

Les sols appartiennent au complexe des ANDOSOLS peu nets, localement humifères ou non. La cohésion allophanique est très hétérogène. Deux groupes se détachent : d'un côté les sols peu épais, peu humifères, sur cendres altérées, et de l'autre les sols plus épais, humifères, également sur cendres altérées. Le versant ouest semble plutôt appartenir au premier groupe, tandis que le versant Est et le sommet de l'échine appartiendraient plutôt au deuxième groupe. Dans le versant ouest, principalement occupé par les cacaoyers, on constate une ambiance de micro-climats avec proximité ou non d'arbres de haute tige, de crotalaires ou d'une série d'autres espèces végétales destinées à protéger les cacaoyers de l'ensoleillement. Un travail important est fait également en matière d'ambiance aérologique, le but étant de réguler et d'optimiser au mieux le bilan hydrique stationnel.

Les profils de sol et sondages à la tarière montrent que les horizons médians et profonds du sol sont assez compacts bien que macro-poreux, pierreux à caillouteux et donc qu'il pourrait exister des contraintes d'enracinement importantes.

En outre, l'horizon de surface n'est pas épais et peu humifère. Les réserves minérales de ces sols pourraient donc être restreintes, d'autant plus que les horizons médians ne semblent pas encore présenter de comportement allophanique très marqué. Il pourrait donc exister dans ce versant une double contrainte, physique (bilan hydrique, enracinement) et chimique (nutrition minérale).

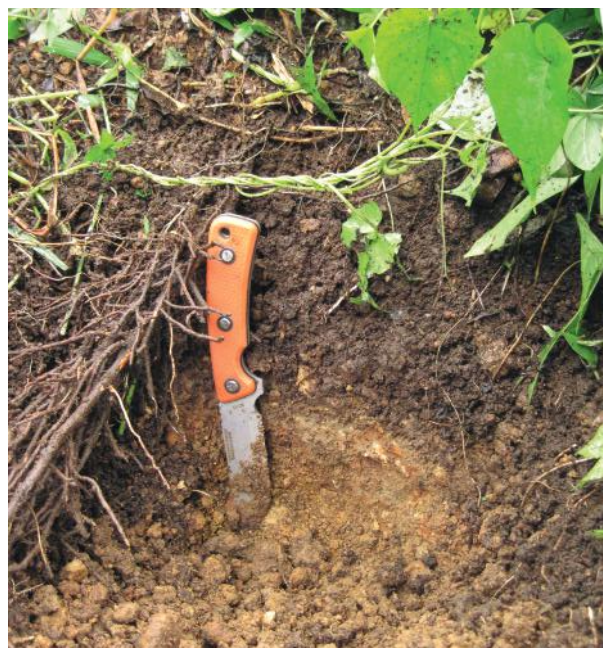


Illustration et photo : observations des sols et choix des localisations des sondages en fonction des comportements des différents sol observés par l'exploitant.

L'activité biologique semble en revanche intense, avec de très nombreux chenaux de vers de terre observés. Sur la photo ci-après on peut observer la couronne racinaire qui explore la surface du sol, les horizons les plus organiques voire même les litières elles-mêmes.



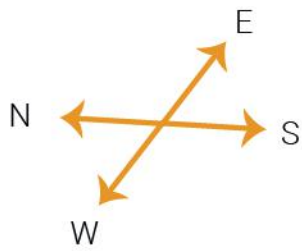
Photo : couronne racinaire en surface d'un jeune plant de Cacaoyer.

La densité de végétation non destinée directement à la production est forte, on peut poser l'hypothèse que cela compense en partie les carences nutritionnelles du sol en le protégeant au maximum des contraintes climatiques : l'enracinement des cacaoyers peut alors explorer la surface peu épaisse du sol sans crainte des à-coups climatiques. Par ailleurs, la géomorphologie du site permet d'évacuer les excédents d'eau éventuels.

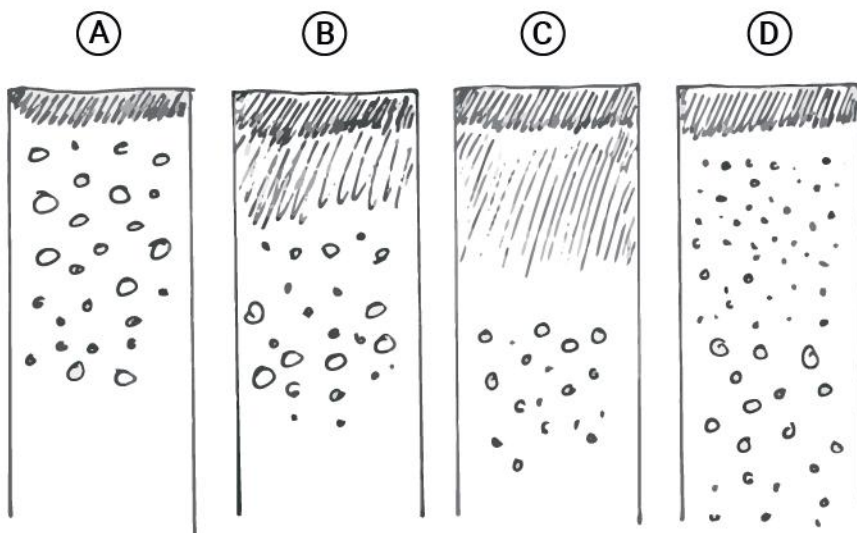
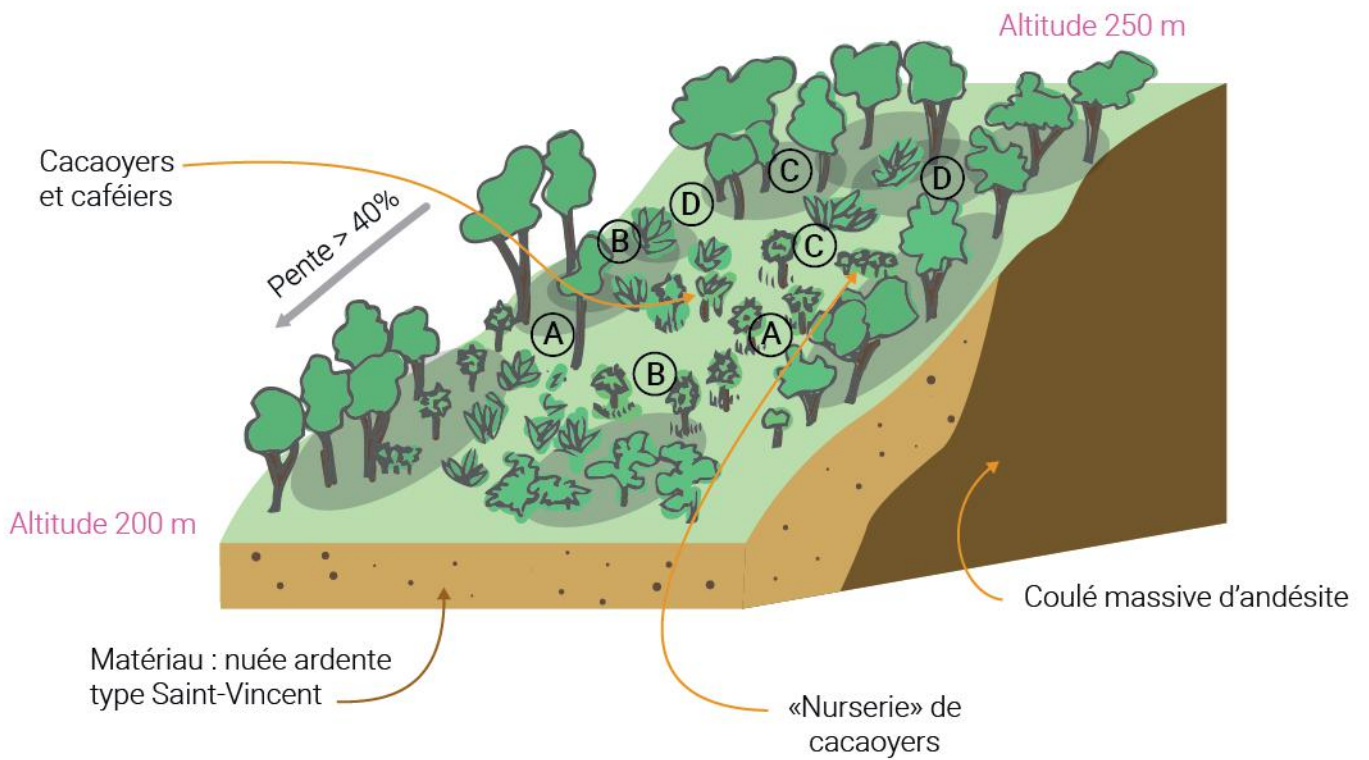
Le site Andidi est donc particulièrement intéressant dans le cadre de l'intégration d'une expertise locale liée aux observations d'un exploitant agricole. Il permet d'utiliser et de mettre en pratique une série de connaissances empiriques depuis l'acclimatation des jeunes plants, jusqu'aux relations trophiques entre espèces végétales, le tout dans un contexte pédoclimatique original.

En outre, le sol présente des contraintes que l'on observe dans de nombreuses autres situations, contraintes qui augmentent sa sensibilité aux dégradations, aux à-coups climatiques. C'est un site de référence pour la création d'une production en mosaïque paysagère, tenant compte de l'implantation des diverses espèces végétales pour des besoins de bilans pédo-climatiques mais aussi pour des questions de transfert potentiel de molécules diverses via les Champignons Mycorhiziens Arbusculaires.





Chaque cacaoyer est un cas particulier :
Plantation agroforestière «naturelle»



Mosaïque de sols :

- Quel mode de répartition ?
- Une multitude de configurations possible des combinaisons sols/plantations/usages
- Nécessité d'une adaptation au cas par cas

Schéma : synthèse des hypothèses de fonctionnement de l'agro-écosystème dans la plantation Andidi

Etudes de cas : 7 sites avec caféiers.

Sept sites de caféiers ont également été diagnostiqués. Il s'agit soit de sites comportant déjà des plantations de caféiers, soit des projets de plantation. Dans tous les cas, les visites de terrain ont été accompagnées par Brigitte Contreras, chargée de mission "café" au PNRM.

1^{eme} Cas (référence Plantation Andidi).

Nous avons présenté précédemment l'exploitation de cacaoyers du site Andidi. Il est prévu d'installer également des caféiers dans une autre partie de la propriété, c'est-à-dire en versant est et en sommet de crête. Nous y avons donc fait plusieurs observations supplémentaires.

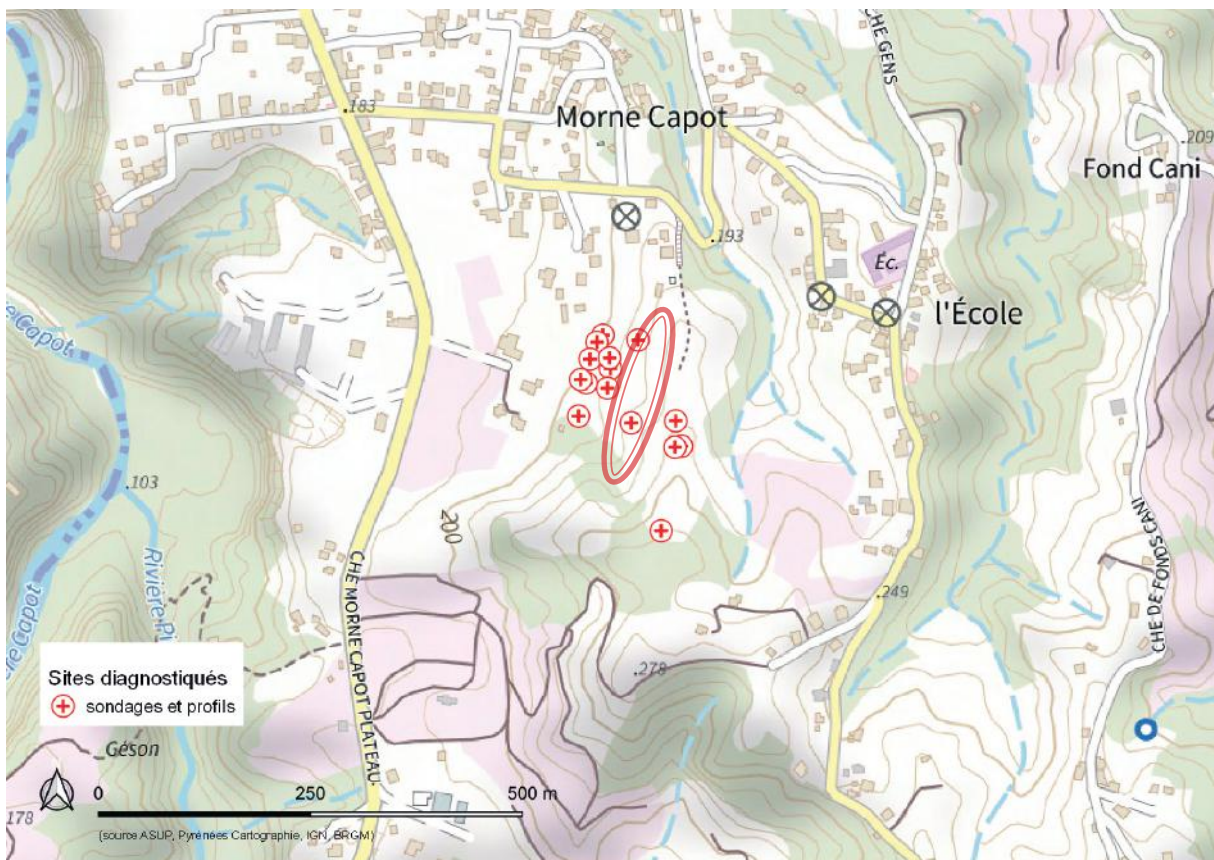


Figure : localisation des sondages et des observations Andidi (caféiers).

Le contexte géologique et pédologique est sensiblement le même que dans le cas des cacaoyères. On distingue toutefois des particularités intéressantes à développer. En sommet de crête, par exemple, on se trouve en présence d'un sol développé sous forêt récente, liée au reboisement spontané d'une pâture.

Le sol est un ANDOSOL peu épais très humifère en surface.



On constate la présence d'un horizon épais d'une vingtaine de centimètres très humifère, comportant une activité biologique intense, avec recouvrement par une litière diversifiée. Cet horizon est très poreux, perméable, meuble, finement structuré (grumeleux à polyédrique très fin émoussé), intensément prospecté par les racines.

Les horizons sous-jacents présentent en revanche les mêmes caractéristiques de compacité et de porosité que celles déjà décrites précédemment ; ils sont beaucoup moins prospectés par les racines. Il en résulte donc un sol dans lequel on observe des contraintes d'infiltration et de pénétration racinaires importantes, donc dans lequel le RUM en eau est en réalité encore faible, tant que de connexions fonctionnelles entre horizon de surface et horizon médian n'auront pas été rétablies.

L'horizon de surface est sans doute l'horizon à enjeux forts de ce site et celui qui sera en priorité colonisé par les racines du caféier. Il convient donc de le conserver et l'améliorer en priorité. Comment ? En le protégeant en particulier d'un éclaircissement trop intense et d'un ensoleillement qui entraîneraient la mise en place de processus de minéralisation trop intenses et qui détruiraient les bénéfices de cette accumulation de matières organiques. Il convient donc d'être très prudent lors de la mise en place des plants de caféiers et de ne pas déboiser cette crête. En outre, nous posons l'hypothèse qu'il est primordial de conserver la totalité des strates végétales existantes pour optimiser la gestion du pédoclimat et bénéficier de la biodiversité des litières.

Dans le tome 2 sont présentés les résultats de travaux récents. Ces travaux montrent :

- que les litières sont fortement colonisées par les champignons mycorhiziens associés au caféier.
- qu'en relation avec cela, les litières sont colonisées par les racines fines de surface du caféier
- que ces champignons sont fortement impliqués dans le transfert des nutriments libérés progressivement par la minéralisation de la litière vers les racines des caféiers.

Dans les zones de versant abrupt orienté vers l'Est, il est surprenant de constater l'importance de l'horizon humifère de surface, que l'on ne trouve pas dans les observations pédologiques faites en versant ouest. Là aussi, il faudra être vigilant et protéger cet horizon de surface de tout processus de dégradation, ce qui implique par exemple d'éviter une mécanisation excessive de la culture



Photo : vue de la litière dans la zone de future plantation de caféiers.



Photo : détail de la litière et des racines qui l'explorent.

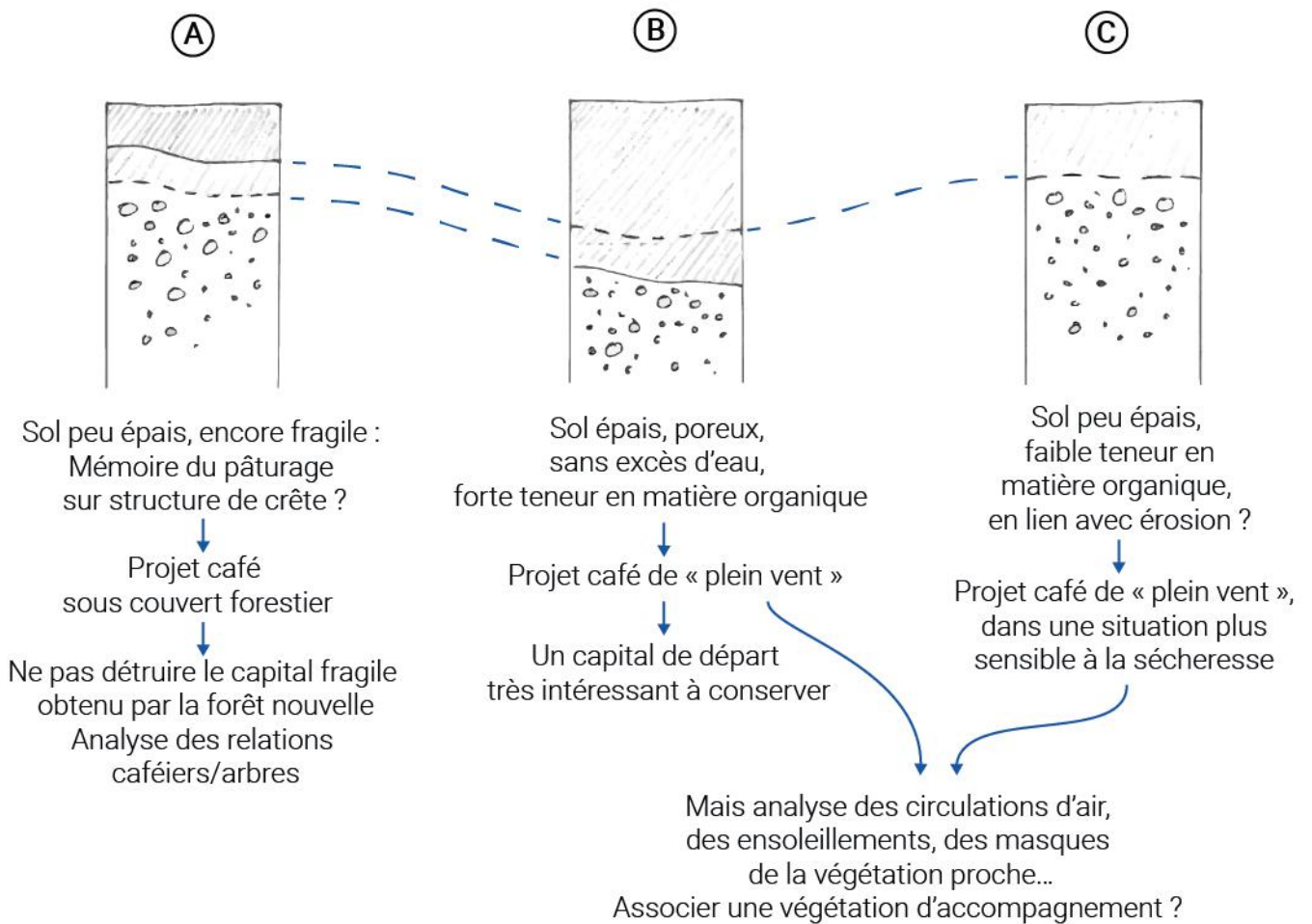
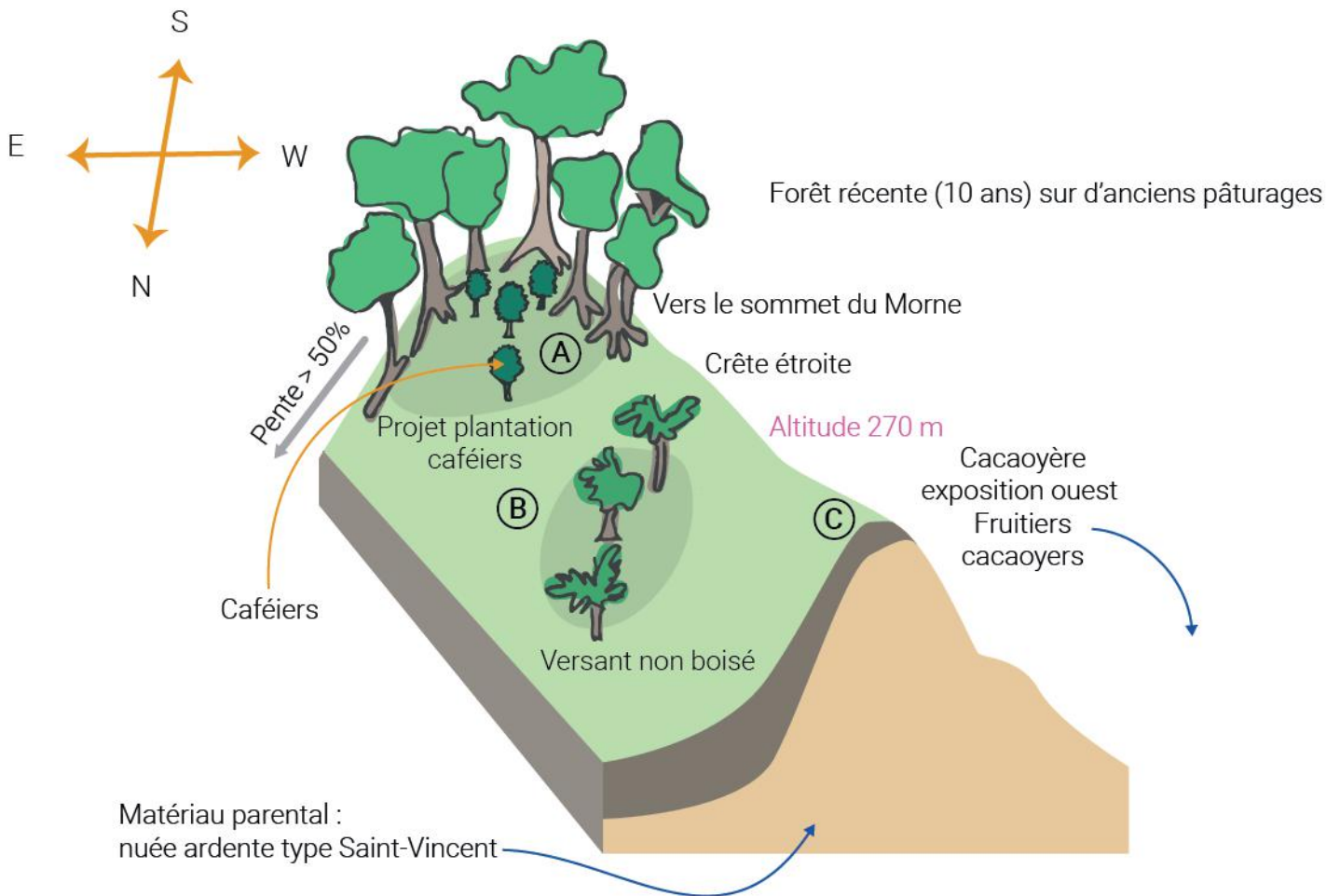
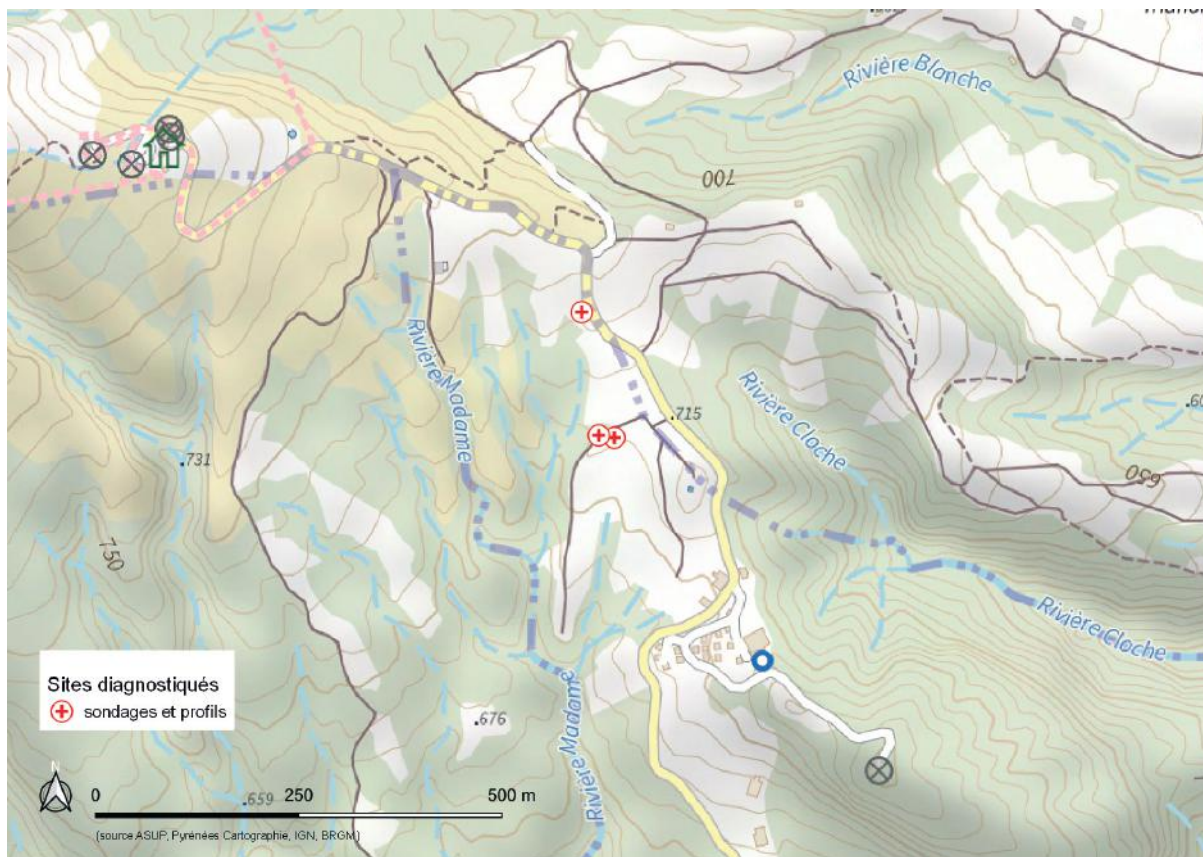


Schéma : synthèse des hypothèses de fonctionnement de l'agro-écosystème à caféiers.

2^{ème} Cas (référence Propriété Hoche).

Il s'agit également d'un site envisagé pour une plantation de caféiers. On se situe ici à 715 m d'altitude, dans un contexte géologique de nuée ardente, donc avec un matériau parental poreux et perméable. C'est le site diagnostiqué le plus en altitude et le plus en adéquation avec les attendus biogéographiques des plantations de caféiers.

Localisation des sondages et des observations



Situation des sols dans le paysage.



Photo : vue générale du site du projet de plantation Hoche, dans le talweg.

L'observation visuelle du paysage permet de différencier des secteurs différents du point de vue de signes traduisant des phénomènes de circulation et d'accumulation d'eau, entre le haut de la parcelle et des zones en contrebas.

Un objectif important de l'étude est de choisir les secteurs les plus aptes à accueillir des caféiers, sachant que cette plante aime les sols profonds mais bien drainés.

Il apparaît ainsi nécessaire de procéder à plusieurs observations pour comparer les sols de ces différentes zones. Un premier sol étudié se trouve en sommet de parcelle. Le deuxième secteur étudié, plus en contrebas, présente toutes les caractéristiques d'un site soumis à des engorgements hydriques dans le sol. C'est en effet une tête de **talweg**¹³ peu étendue. Plusieurs sondages tarière y ont été réalisés selon un transect dans la pente. On y observe alors un gradient d'intensité d'engorgement dans les sols, depuis des ANDOSOLS sains jusqu'à des **REDUCTISOLS**¹⁴ de fond de talweg. L'ensemble de cette parcelle présente donc un fonctionnement et des continuités qui obligent à prendre en compte le fonctionnement pédologique paysager. Certains secteurs seront donc adaptés à la culture du caféier, d'autres ne le seront pas, en fonction de l'intensité de l'engorgement à faible profondeur.

Ce site est un exemple qui illustre la nécessité de réaliser un diagnostic global d'un territoire et de produire une carte pédologique des aptitudes et des contraintes avant tout projet de plantation. En outre, il s'agit de la placette la plus en altitude et elle représente donc un des enjeux forts en termes de localisation de sites adaptés au caféier en Martinique, avec la question corolaire de la plantation d'arbres d'ombrage et de protection contre le vent.

Profil de sol réalisé en haut de la parcelle.



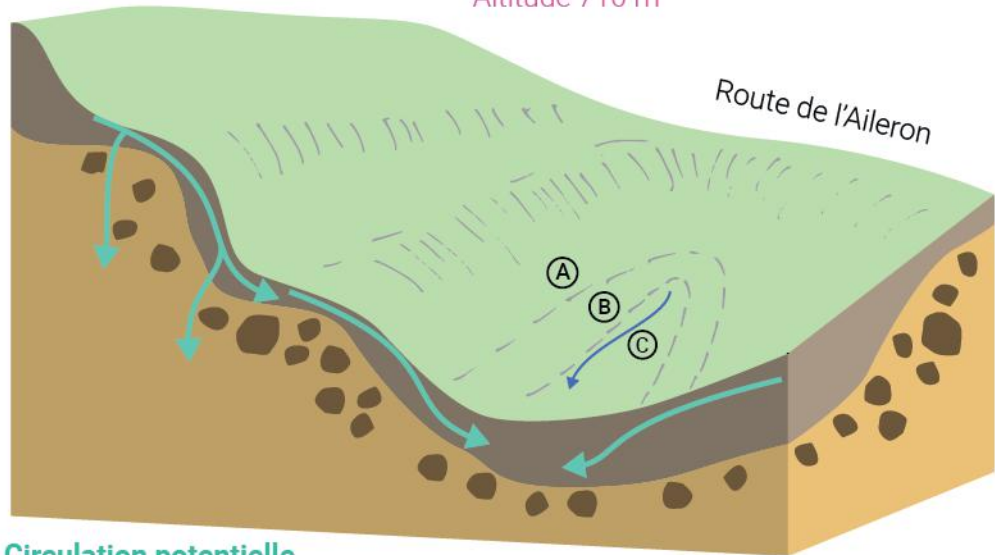
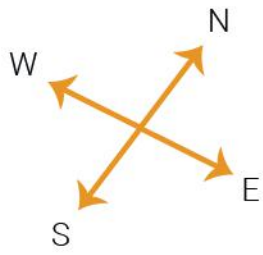
Les observations montrent un sol encore assez peu évolué, mais qui présente des caractéristiques allophaniques qui permettent de le rattacher (prudemment) aux ANDOSOLS.

Un horizon de surface humifère est bien présent, mais d'une épaisseur faible, 10 cm à peine. L'ensemble est poreux, perméable, sans rupture de perméabilité ou de compacité (tout le profil est meuble à peu compact). La couverture herbacée montre un enracinement qui pénètre sans contrainte jusqu'à plus de 50 cm de profondeur. Le RUM en eau est toutefois assez faible car le sol est composé à plus de 60% de graviers dans une matrice sablo-limoneuse à sablo-argileuse. Mais ce point faible est compensé par la pluviométrie importante à cette altitude. Ce sol présente donc plutôt une contrainte nutritionnelle liée à la faible épaisseur de l'horizon humifère de surface (un stock initialement faible, donc), et au matériau parental qui ne peut délivrer des éléments minéraux assimilables qu'à la condition d'être altéré.

Le type de couverture végétale actuelle et la « relative » stabilité des conditions, associée à la jeunesse du sol posent la question de la biodiversité existante dans le sol et à la capacité de celle-ci à pallier seule les éventuelles carences minérales. Il est sans doute important de réfléchir aux leviers à actionner pour améliorer cette biodiversité de sorte d'optimiser les cycles dans le sol (N, P, K, C) et de minimiser les apports d'intrants. A cette altitude, la question de la densité de la couverture arborée se pose également.

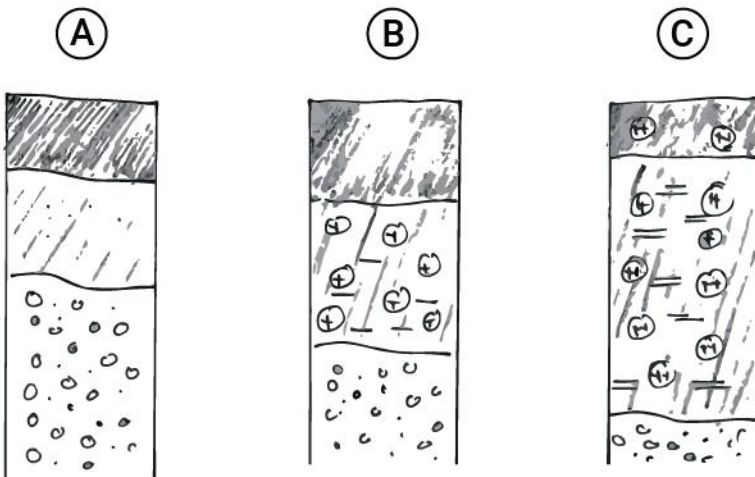
Vers Montagne Pelée

Altitude 710 m



Circulation potentielle d'eau dans le sol

Circulation potentielle d'eau en surface

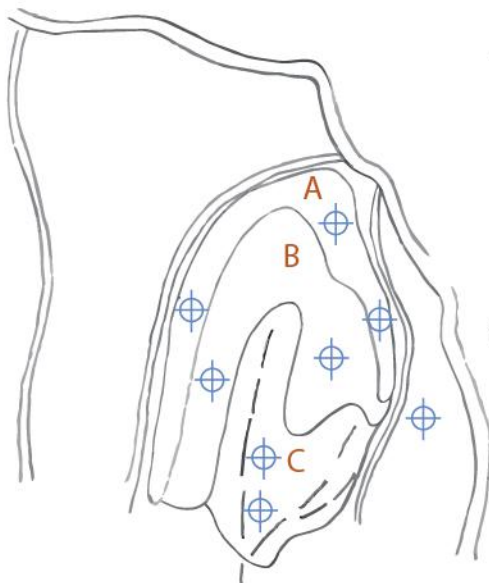


3 zones potentielles de plantation
Nécessité d'une cartographie
à l'échelle de la parcelle

Augmentation progressive de l'engorgement dans le sol :
asphyxie des racines, acidification, etc.
Donc, augmentation des contraintes.

⊕ Sondage tarière

Vers Montagne Pelée

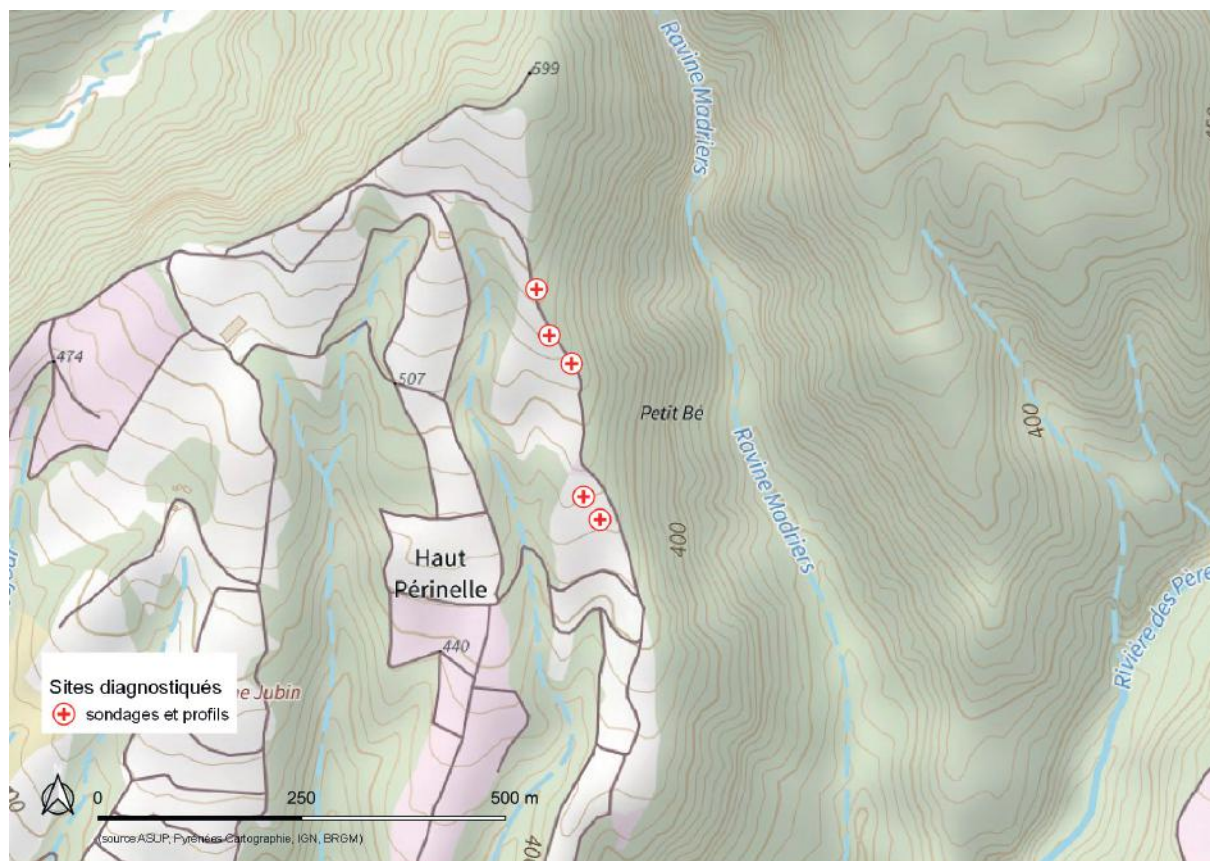


Exemple de cartographie des sols et des enjeux.

Schéma : synthèse des observations sur le fonctionnement des sols

3^{ème} Cas (référence Plantation Casseldy).

Ils'agit d'un autre projet de plantation de caféiers, sur le versant ouest de la Montagne Pelée. L'altitude est d'environ 500 m à 530 m. Ce site est à la racine d'un vaste bassin versant, donc en « tête de bassin versant ». La situation y est donc particulièrement sensible pour l'environnement et pour la qualité sanitaire d'un captage d'eau situé nettement plus à l'aval.



Carte : situation du bassin versant et localisation du profil et des sondages.

Le profil de sol est ouvert entre les contreforts d'un arbre qui occupe une position de convexité d'interfluve. Il s'agit donc d'une ambiance forestière ou de lisère forestière. Le matériau parental est de nouveau de type nuée ardente de St Vincent.



Photo : contreforts racinaires du Ficus entre lesquels le profil est ouvert



Illustration : échange avec l'agriculteurs et les agents du Parc Naturel sur les potentialités des sols forestiers pour l'implantation de caféiers.

Le choix de la localisation du profil s'explique par le projet de planter les premiers caféiers en ambiance forestière, la forêt étant localisée sur la crête dominant le bassin versant. Ce profil est réalisé en position la plus haute de la crête, des sondages étant ensuite réalisés le long de celle-ci.



Photo : profil de sol

Le sol est très proche de celui observé dans la plantation Andidi, également en position de convexité. Il s'agit d'un ANDOSOL peu épais mais très humifère en surface.

On observe la superposition de deux horizons :

Un horizon de surface épais de 25 cm environ, très humifère, meuble, finement structuré (micro-polyédrique émoussé), très poreux, très perméable, intensément prospecté par les racines.

Un horizon sous-jacent très graveleux, assez compact, qui oppose des contraintes à l'enracinement des systèmes racinaires les moins puissants.

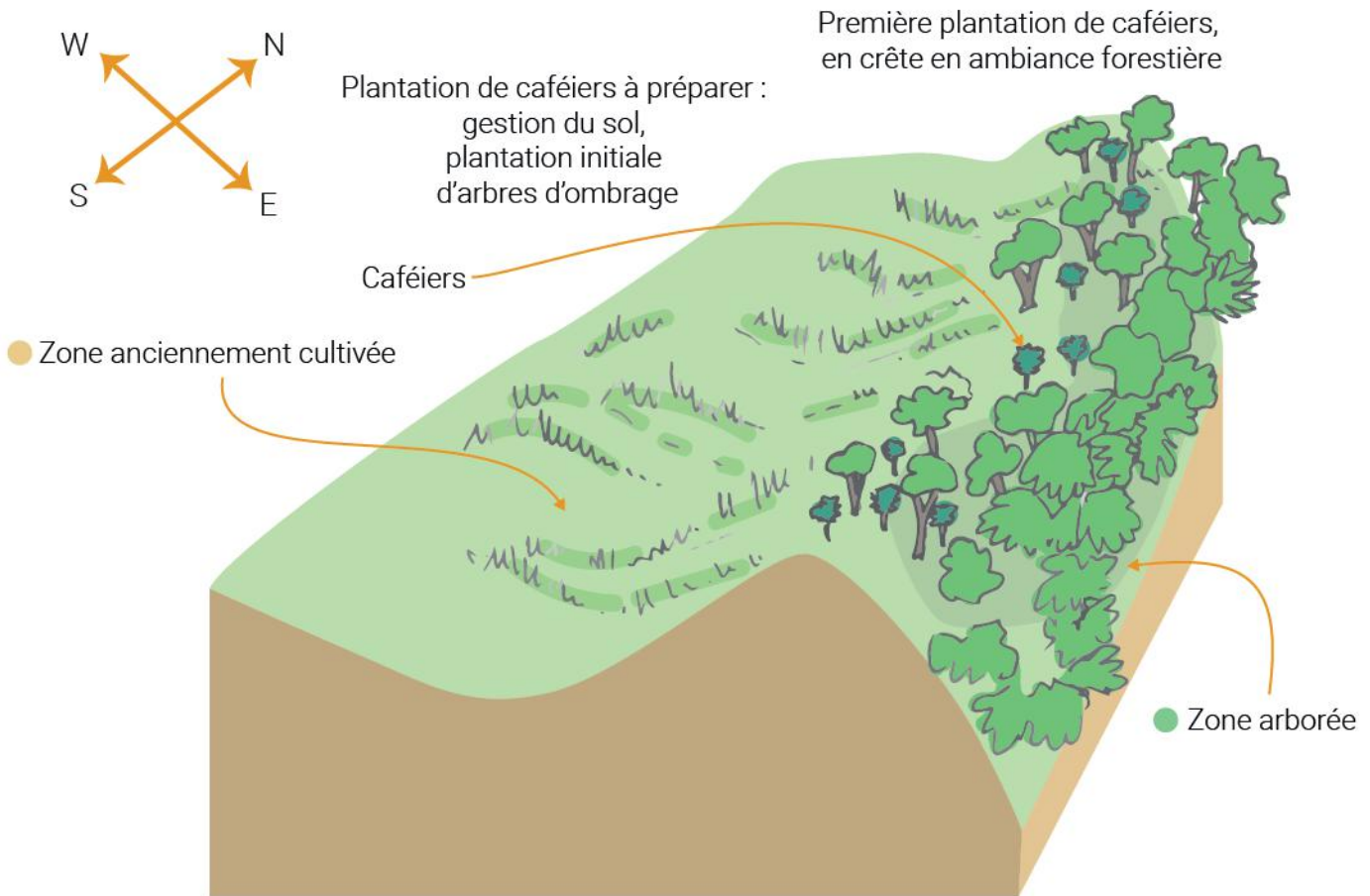
On se trouve ici en présence d'un sol dont l'essentiel des cycles nutritionnels va se dérouler dans l'horizon de surface et qu'il convient donc de ménager et conserver au maximum. Il est probablement en équilibre avec les conditions climatiques et d'ensoleillement : comme dans le cas de la plantation Andidi, il est indispensable de conserver la couverture arborée, à la fois en protection contre la chaleur, pour conserver l'humidité pendant les à-coups éventuels de sécheresse mais aussi pour contribuer à des apports de litière diversifiée et à des relations symbiotiques intéressantes via les Champignons Mycorhiziens Arbusculaires.

L'analyse de ce site a été poursuivie dans une configuration très différente de celle du premier profil : il s'agit du versant moyennement pentu et hors forêt qui doit aussi faire l'objet d'une plantation de caféiers.

Dans ce versant, le sol observé perd une grande partie de son potentiel en matières organiques puisque l'épaisseur de l'horizon organo-minéral de surface s'atténue considérablement (on passe de 25 cm d'épaisseur à moins de 10 cm). Le sol est toujours rattaché à la gamme des ANDOSOLS, mais il présente davantage de compaction en surface, moins de porosité, sans doute du fait d'une exploitation antérieure. Les contraintes agronomiques y sont donc plus élevées que dans la zone de forêt ; en particulier, il sera intéressant de préparer le terrain à l'avance en implantant en premier les futurs arbres d'ombrage.

Ce site d'étude est intéressant à plusieurs titres :

- D'une part car c'est un des sites les plus en altitude recensés côté sous le vent de la montagne Pelée.
- D'autre part car il occupe une position stratégique de tête de bassin versant. C'est donc une position dans le paysage en tant que contributeur hydrique au reste du bassin-versant. Le sol y acquiert par conséquent de multiples fonctions, parmi lesquelles la fonction de production alimentaire, la fonction de purification de l'eau et la fonction de conservation de la biodiversité.
- C'est un site assez peu perturbé semble-t-il d'après les photos aériennes anciennes, donc dans lequel on peut tester des pratiques agricoles et suivre leurs incidences sur les propriétés induites du sol.



Fonctions du sol :

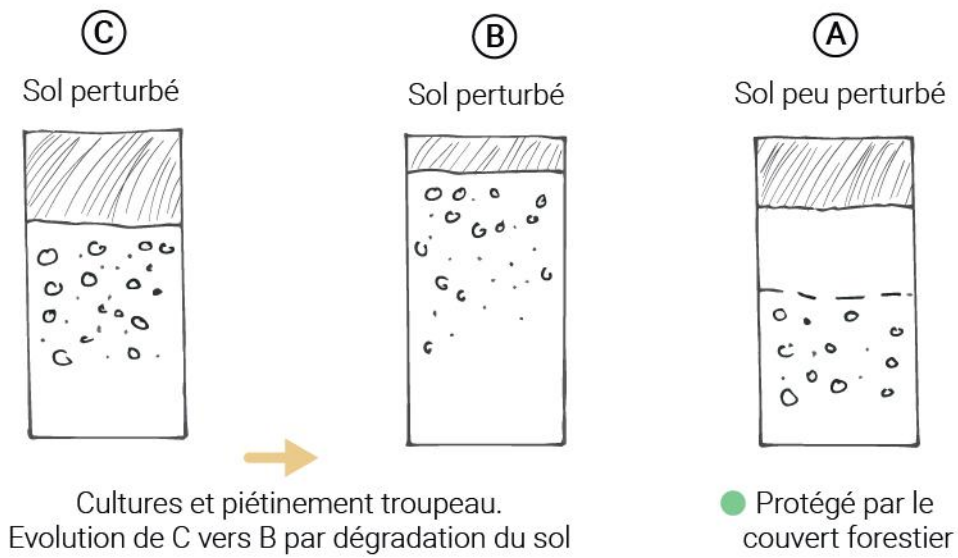
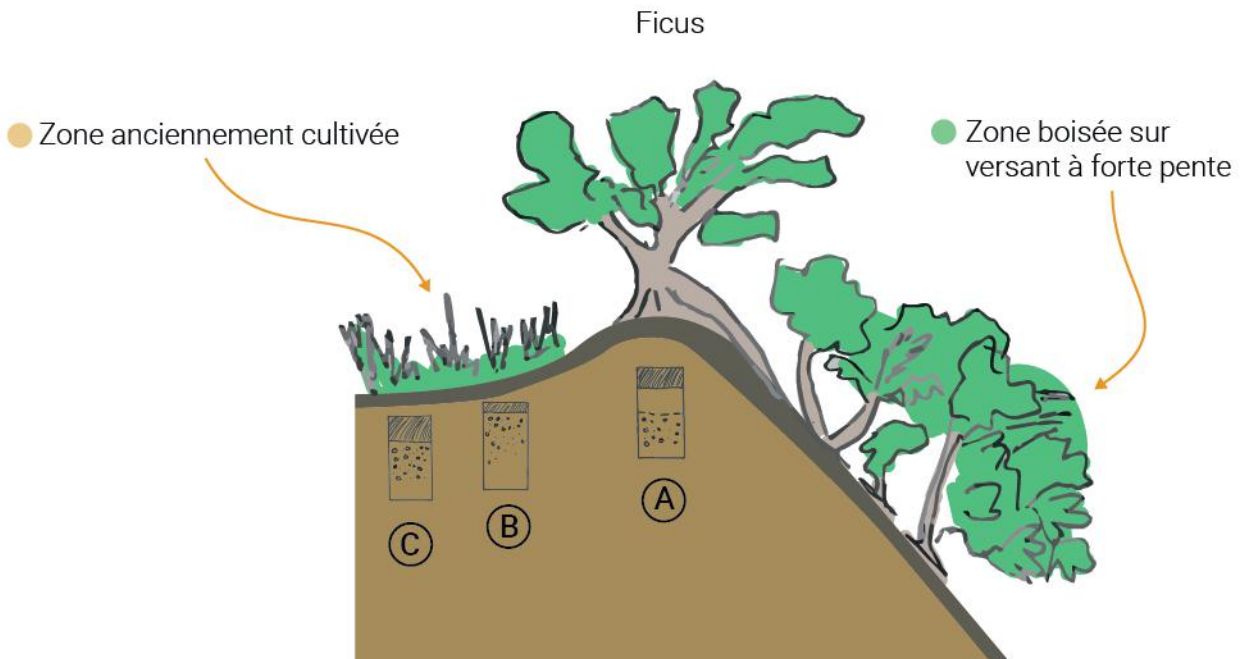
- Production agricole*
- protection contre l'érosion,*
- production de paysage*,
- filtration de l'eau**,
- abri de biodiversité**.

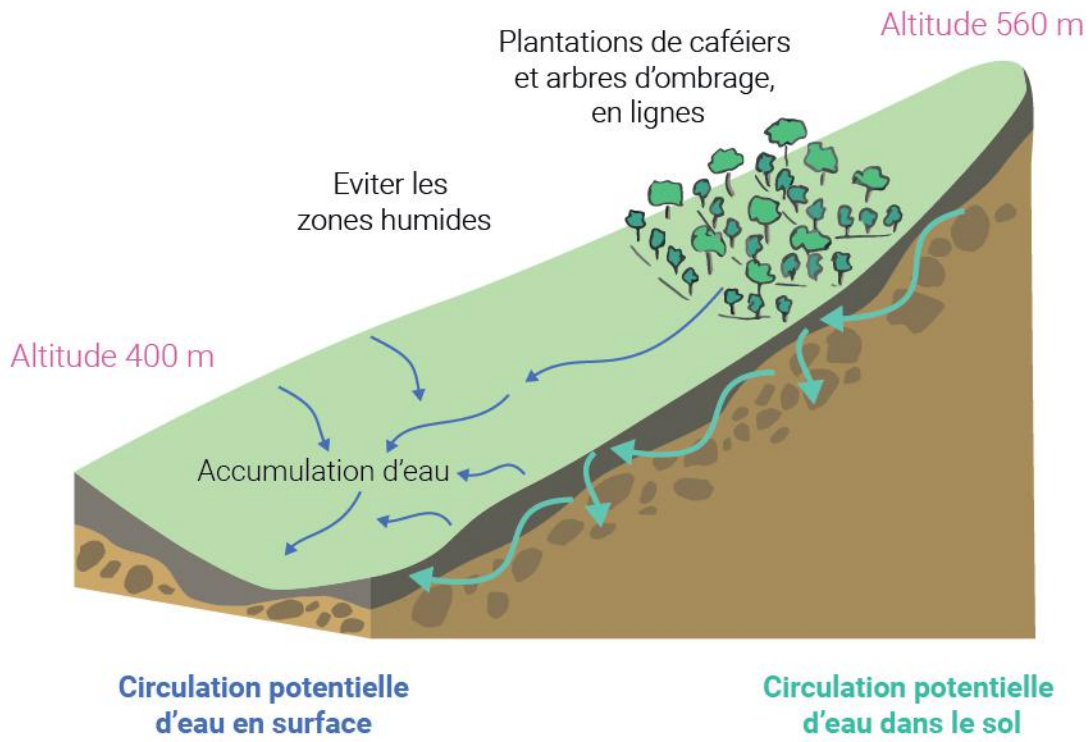
Fonctions du sol :

- Production forestière*,
- filtration de l'eau*,
- protection contre l'érosion *,
- production agricole**,
- production de paysage*,
- abri de biodiversité*, .

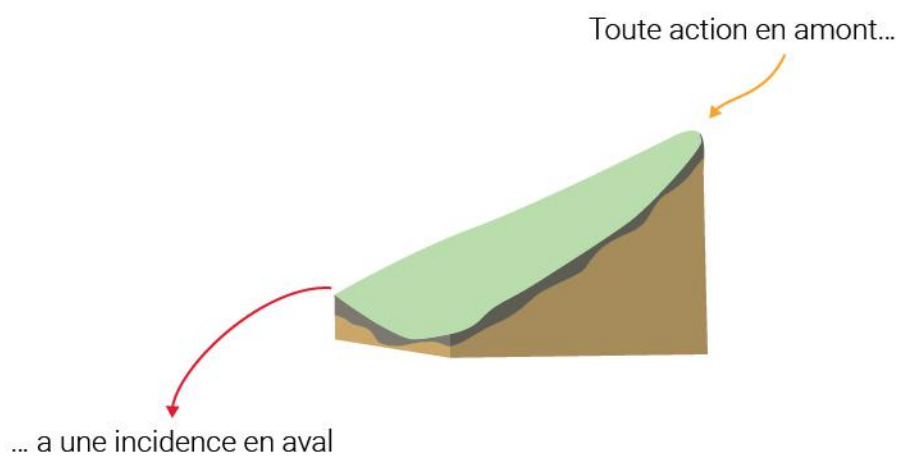
* Fonction existante à conserver et améliorer

** Fonction à promouvoir





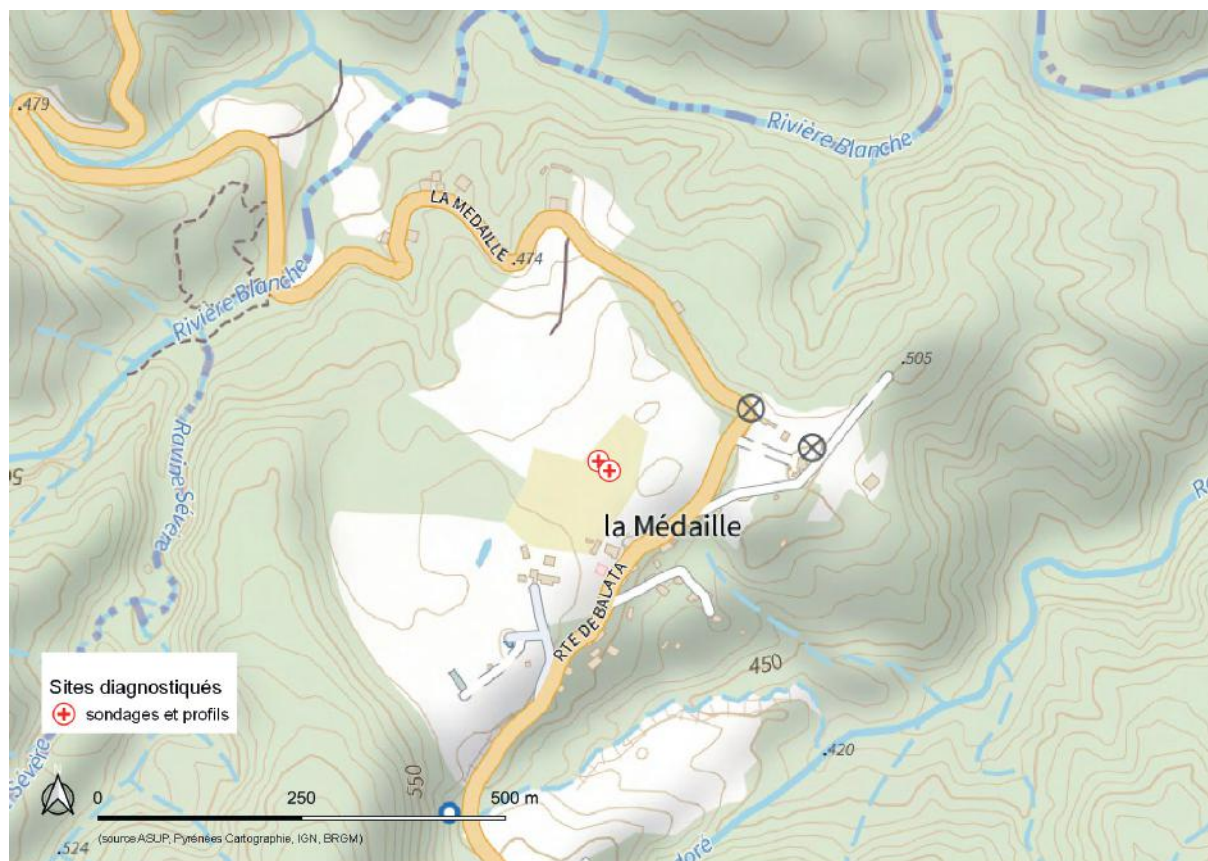
- Bassin versant :
- Un continuum sols
 - Un continuum eau
 - Un continuum biodiversité



4^{eme} Cas (référence Plantation Pajoul).

Ce cas étudié correspond à une plantation réalisée antérieurement. La parcelle diagnostiquée est intégrée dans une exploitation agricole produisant également des porcs, quartier de la Médaille au sud des pitons du Carbet.

Situation des sols dans le paysage.



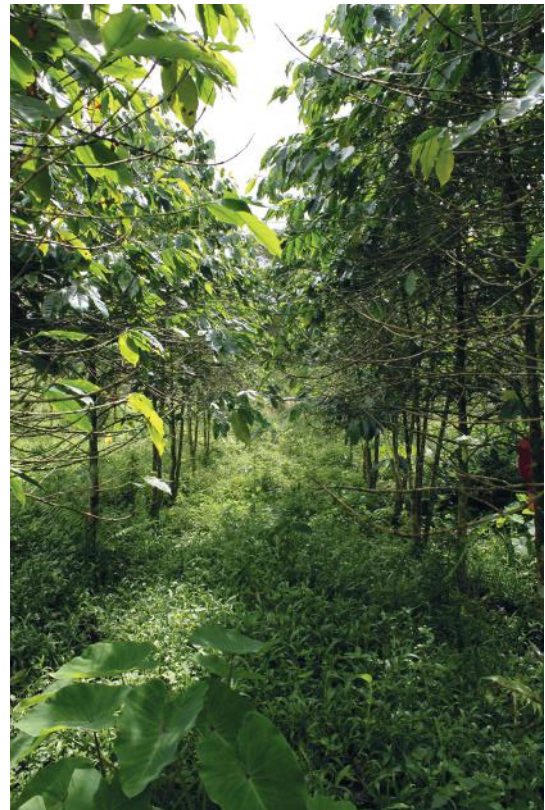
La parcelle s'étend à 500 m d'altitude dans une zone de replat doucement vallonné ; les caféiers occupent une convexité puis une concavité très nettes. La formation géologique est de type nuée ardente, elle est déjà très altérée et on constate que le taux d'argile est élevé.

Problématique étudiée.

La production de café en sommet de parcelle est très faible, les plants sont moribonds. En bas de parcelle, l'allure générale des plants est très bonne. La visite diagnostic de ce site est en partie liée au besoin de comprendre les raisons de cette hétérogénéité de réponse végétale.

Choix des localisations des sondages et profil.

La différence de comportement des caféiers semble être en relation avec le relief de la parcelle. Pour vérifier cette relation et en comprendre les causes, deux sondages à la tarière sont initialement effectués : l'un en sommet de parcelle et un autre en bas de parcelle. Un profil racinaire sera ensuite réalisé pour compléter les observations.



Photos : *Vue des caféiers en sommet de parcelle (à gauche) et en bas (à droite).*



Photo : *Discussion autour d'un sondage tarière (en bas de la parcelle).*



Photo : Sondage dans le sol du **haut** de la parcelle



Photo : Sondage dans le sol du **bas** de la parcelle

Les deux profils se rattachent au même ensemble des ANDOSOLS et ils superposent trois horizons « type » :

- Un premier horizon organo-minéral d'épaisseur variable (10 cm en sommet de parcelle, 25 cm en bas de parcelle)
- Un deuxième horizon à graviers très poreux et très perméable d'épaisseur très hétérogène,
- Un horizon andique d'épaisseur supérieure à 60 cm.

Le fonctionnement hydrodynamique de ce sol est particulier : l'horizon médian est parcouru par des flux hydriques rapides du fait d'une macro-porosité très développée (structure continue à sous-structure polyédrique fine émoussée) et stable, c'est donc un horizon de transferts rapides. L'horizon profond, par sa nature nettement plus argilo-sableuse et par sa structuration, sert de réservoir hydrique principal pour les végétaux. L'horizon de surface est quant à lui humifère et il procure donc un volume intéressant pour la mise en place des cycles nutritionnels.

La différence entre les deux profils réside donc à la fois dans l'épaisseur du deuxième horizon et dans la profondeur d'apparition du troisième : dans le bas de parcelle, ce 3ème horizon apparaît aux alentours de 40 cm de profondeur, tandis que dans le haut, il n'apparaît qu'à 80 cm de profondeur. Dans le haut, l'accès à cet horizon profond qui sert de réservoir en eau est donc beaucoup plus problématique, le système racinaire devant donc explorer un volume plus grand de sol. Or, l'observation détaillée des horizons de surface et médian dans le sol du haut montre en outre un compactage intense dont nous ne cernons pas tous les facteurs (probablement multiples : piétinement par les porcs, ancienne zone de passage dans les parcelles etc.) mais qui oppose des contraintes fortes à très fortes pour l'enracinement. En effet, sur une épaisseur d'environ 30 cm,

la structure du sol du haut est massive, la porosité est très réduite, la compaction est très forte. Donc non seulement les racines des caféiers doivent chercher de l'eau en profondeur, mais en outre elles sont contrariées dans cette fonction par le sol lui-même.

Pour vérifier cette hypothèse, un **profil racinaire** est réalisé.



Photo : observation du système racinaire d'un caféier très peu développé.

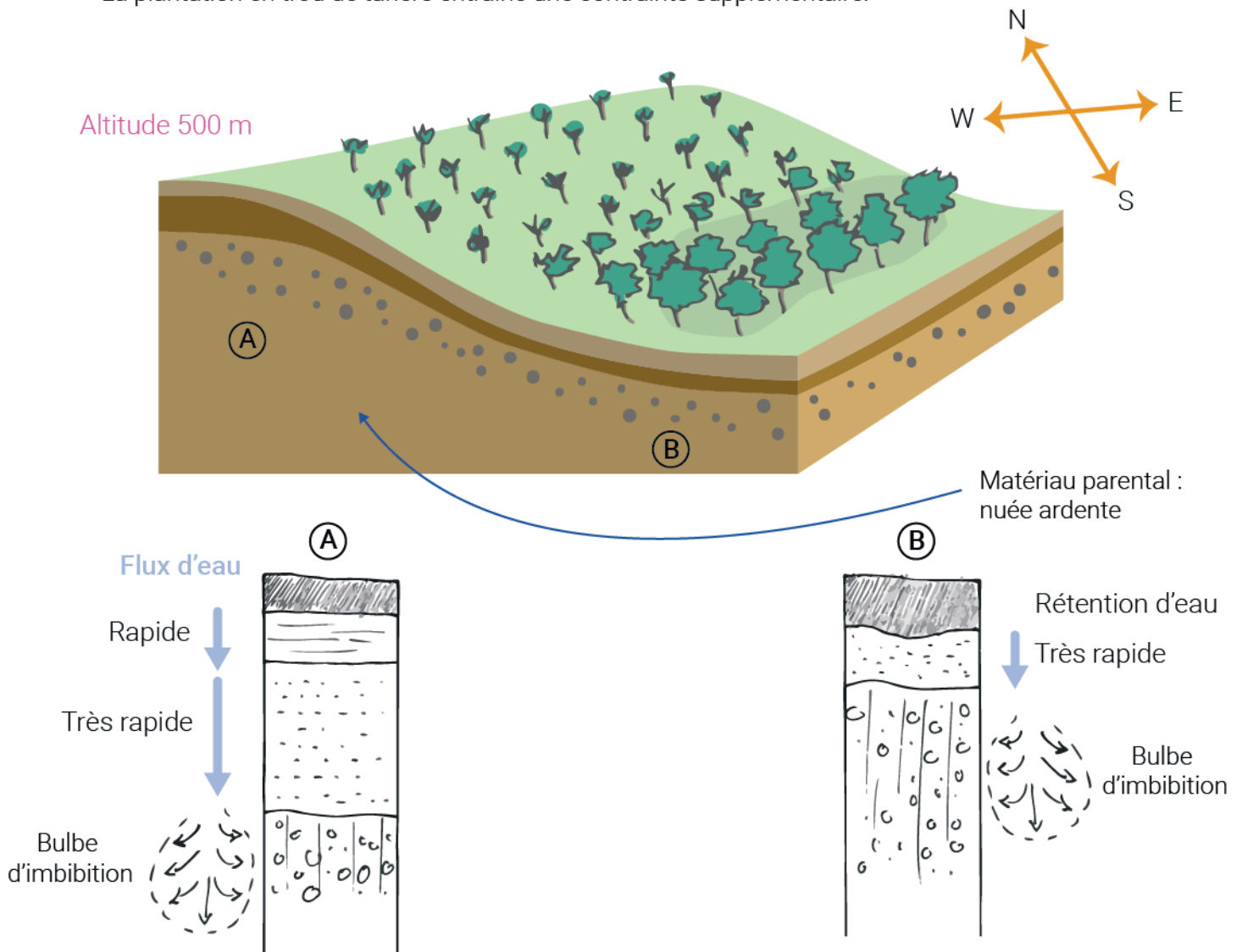
Schémas : représentation d'une plantation en trou de tarière. Les bords du trou sont lissés, le sol étant compact à l'origine.

Quand on observe le système racinaire d'un Caféier situé en sommet de parcelle, on peut s'apercevoir que les racines forment un chignon et ne s'étendent pas au-delà du trou de plantation qui est en réalité un trou réalisé à la tarière. La phase de plantation a donc probablement amplifié le problème de ce sommet de parcelle car le mode de plantation n'est pas adapté aux caractéristiques du sol. On retrouve dans les horizons de surface des mottes de terre très compactes. Ainsi, le développement racinaire est limité en profondeur par la compacité du sol des deux premiers horizons mais également latéralement du fait de la présence de ces mottes de terre très compactes.

Synthèse des observations.

Dans les figures présentées en page suivante, nous proposons une synthèse du fonctionnement des sols de cette parcelle. C'est un site intéressant car on peut désormais l'utiliser comme un espace d'expérimentation des leviers agroécologiques à mettre en œuvre pour pallier les problèmes observés : compacité du sol, accès à l'eau, stabilisation de surface, séquence pépinière-plantation. C'est aussi un site où le sol est un des paramètres forts de la réussite d'une plantation.

- Trois horizons dans le sol.
- Mêmes horizons mais d'épaisseurs différentes du haut vers le bas de la parcelle
- Les transferts d'eau sont des déterminants très importants du fonctionnement
- Les tassements en surface sont très pénalisants (en lien avec l'histoire de la parcelle ?)
- La plantation en trou de tarière entraîne une contrainte supplémentaire.



- 1- faible rétention en eau en surface, peu de réserve en nutriments
- 1b – zone très tassée à faible profondeur
- 2- transfert rapide vers la profondeur, sensibilité à la sécheresse
- 3- Accès à l'eau et aux nutriments, si l'enracinement descendait à 70 cm

- 1- accès à l'eau dès la surface (avec stockage de l'eau dans l'horizon humifère épais)
- 2- évacuation de l'excédent d'eau par écoulement latéral du fait de la pente
- 3- Accès à l'eau et aux nutriments quand la prospection racinaire atteint 40 cm de profondeur

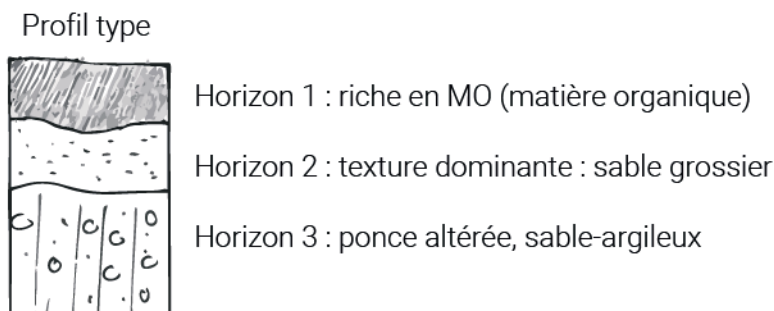
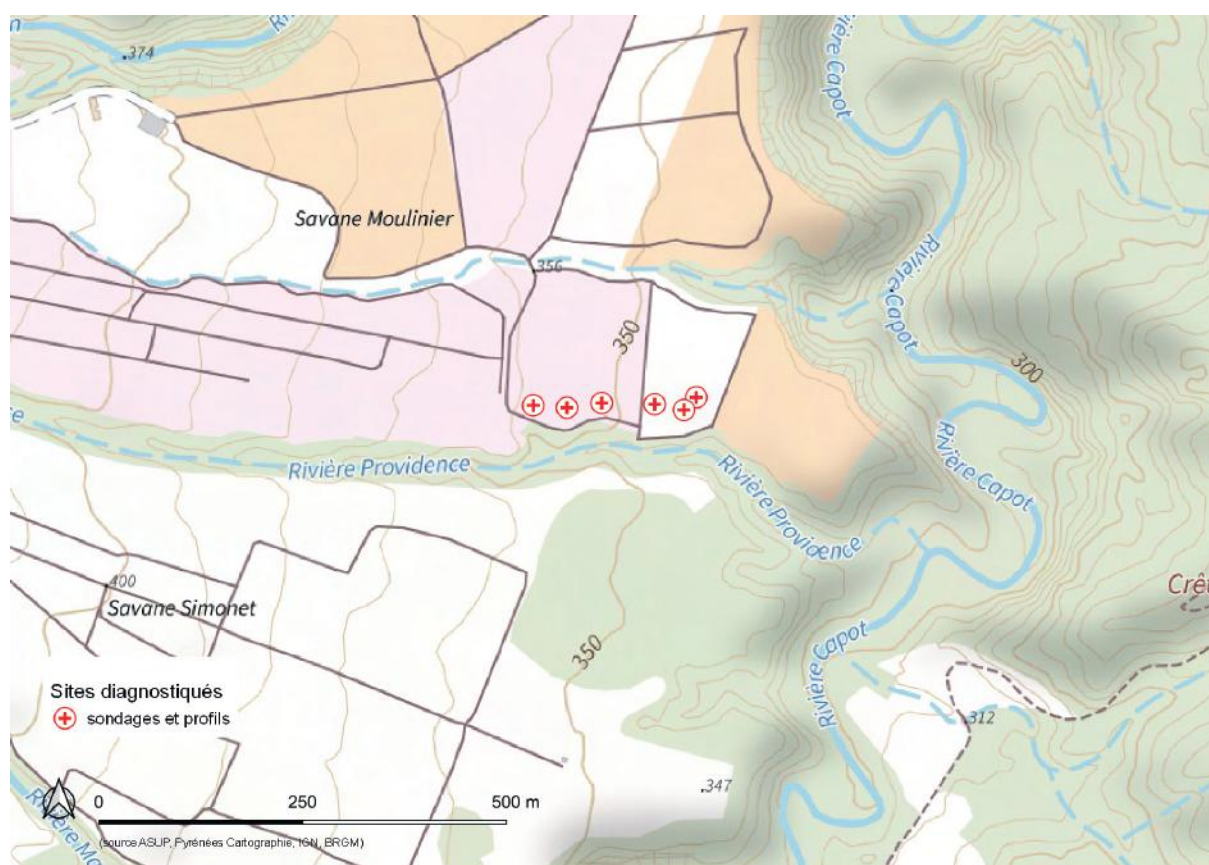


Schéma : synthèse des hypothèses de fonctionnement de l'agrosystème dans la plantation Pajoul

5^{eme} Cas (référence Plantation Souraya).

Les parcelles diagnostiquées de la plantation Souraya sont situées à l'Est de la commune de Morne Rouge, à l'altitude de 350m environ. Elles sont en exposition Est.



Carte : localisation des sondages et des observations Souraya.

L'exploitation occupe un vaste glacis de faible pente lié à un épandage ancien de la Pelée en bordure du paléo-lac de Champ-Flore.

Problématique : on peut constater des problèmes de production sur l'ensemble du versant, tandis que la zone d'atterrissement, en bas d'exploitation, montre des caféiers plus robustes et productifs. Les caféiers sont implantés en dehors de toute ambiance arborée. Un transect a donc été réalisé sur ces deux zones afin d'analyser les caractéristiques pédologiques et analyser les causes de cette différence de comportement des arbustes entre le versant et la partie plane du bas de la plantation



Photos : observation du sondage tarière réalisé dans le sol correspondant. (A) discussion avec un technicien qui a observé les dynamiques d'écoulements de l'eau dans cette parcelle. (B) Observation des caféiers de la partie basse de la plantation. (C) Caféiers en partie basse.



Photo : sondage type dans le versant.



Photo : Sondage type dans le bas de la plantation.

Le sol se rattache ici aux ANDOSOLS ou aux sols en voie d'andosolisation.

Il s'agit d'un sol épais, sableux (à sable grossier), poreux et perméable, généralement assez peu structuré, tout au moins en surface.

L'horizon de surface est faiblement organique, mais assez épais (au minimum 20cm). Dans les sondages réalisés dans le versant, un **deuxième horizon** apparaît : un horizon rédoxique saturé en eau et qui est un horizon de transfert hydrique de sub-surface ; cet horizon semble concerner tous les sondages du versant. Dans le versant, les racines des caféiers se trouvent ainsi localisées dans cet horizon saturé en eau.

En revanche, dans la zone plane, l'engorgement se manifeste plus en profondeur et les racines se trouvent dans un sol plus aéré.

En profondeur apparaissent des horizons plus évolués, plus argileux. Ces derniers pourraient constituer un réservoir supplémentaire nutritionnel, assez facilement accessible aux racines des caféiers. Les discussions que nous avons eues avec l'exploitant agricole montrent que l'engorgement du sol de ces parcelles est une contrainte importante.

Le site de la plantation Souraya est très démonstratif au titre du fonctionnement hydrique global des sols.

Dans le schéma ci-après, nous posons les **hypothèses de ce fonctionnement**.

- Diagnostic sur les faiblesses de cette plantation.

Ce schéma de fonctionnement montre les continuités paysagères qui se mettent en place du point de vue des sols.

Les horizons de sub-surface dans le **glacis**¹⁶ sont engorgés une partie de l'année par des circulations hydriques qui intéressent tout le versant et qui introduisent une contrainte forte pour les systèmes racinaires des plants de caféiers.

Cet engorgement est à l'évidence l'une des causes des faibles productions observées. Ce n'est sans doute pas le seul. L'ensoleillement des parcelles, en absence d'arbres d'ombrage) peut fragiliser les caféiers dans une situation de limitation de la fertilité notamment azotée des sols. En effet, cet ensoleillement contribue à accélérer la minéralisation naturelle des sols et donc à diminuer globalement la fertilité minérale, d'autant plus que l'écoulement latéral des eaux en sub-surface peut favoriser une lixiviation des minéraux et de l'azote.

La contrainte hydrique dans ce paysage est d'autant plus importante qu'il y a continuité foncière sur une très longue distance. Ce contexte pourrait ressembler à celui de la plantation Cassedy précédemment évoquée (d'un point de vue de la géomorphologie).

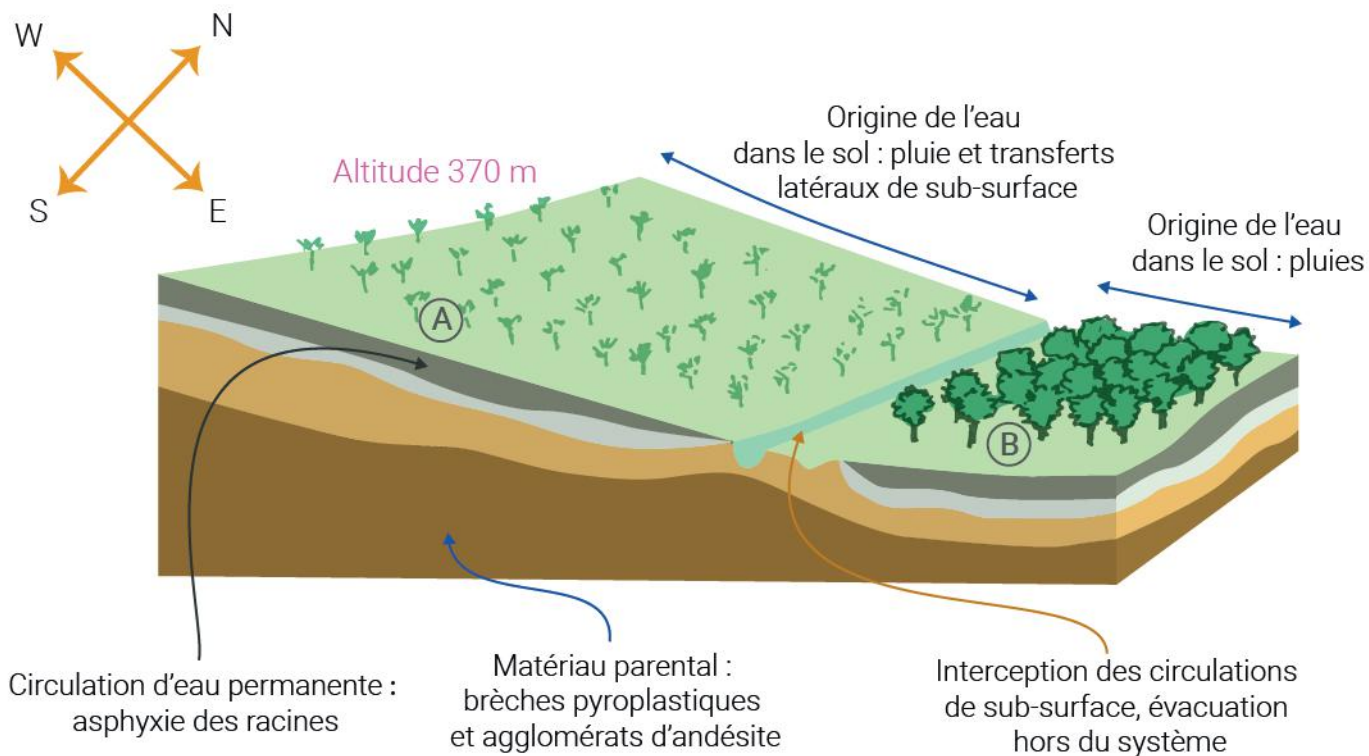
- Pistes de solutions.

Il serait utile d'intercepter au maximum les flux d'eau de sub-surface. Cela peut être envisagé par divers moyens. Un premier serait d'augmenter l'évapotranspiration par des arbres de haute tige et en effectuant une reconstruction du parcellaire en une mosaïque plus complexes (petites parcelles entourées d'arbres d'ombrage). On peut tester l'introduction de ces arbres d'ombrage selon des modalités différentes (sur les bordures, sur les inter-rangs etc.).

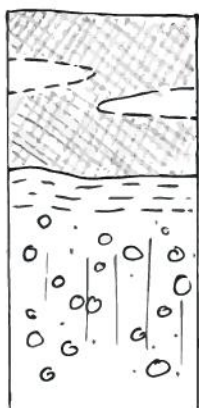
Un deuxième moyen serait l'installation d'un réseau de fossés ou de drains correctement placés. C'est en partie ce qui se produit avec la parcelle située en zone plane : des fossés sont installés à l'amont, le long de la piste d'accès, ils interceptent les flux en provenance du glacis. La parcelle est donc physiquement séparée des autres dans le fonctionnement du paysage.

Le site Souraya est démonstratif quant à un fonctionnement global d'un paysage. Parmi les solutions à tester, il faut insister sur la fragmentation du foncier en sous-ensembles davantage indépendants, au moins du point de vue des transferts d'eau.

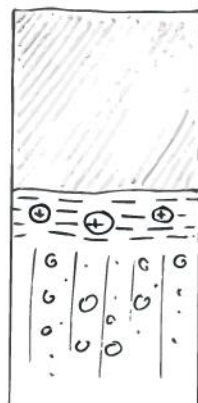
Le sol apparaît bien comme une des composantes majeures du fonctionnement de l'agrosystème Caféier, en relation notamment avec le fonctionnement hydrodynamique du sol.



- (A)
- 1- Horizon très perturbé (labour ?)
 - 2- Tassement
 - 3- Circulation d'eau, saturation dans horizon de ponce



- (B)
- 1- Horizon épais, forte teneur en MO
 - 2- Horizon rédoxique, saturé en eau
 - 3- Horizon de ponce, faiblement saturé en eau



Des solutions d'aménagements :
pour intercepter la circulation d'eau : arbres et fossés

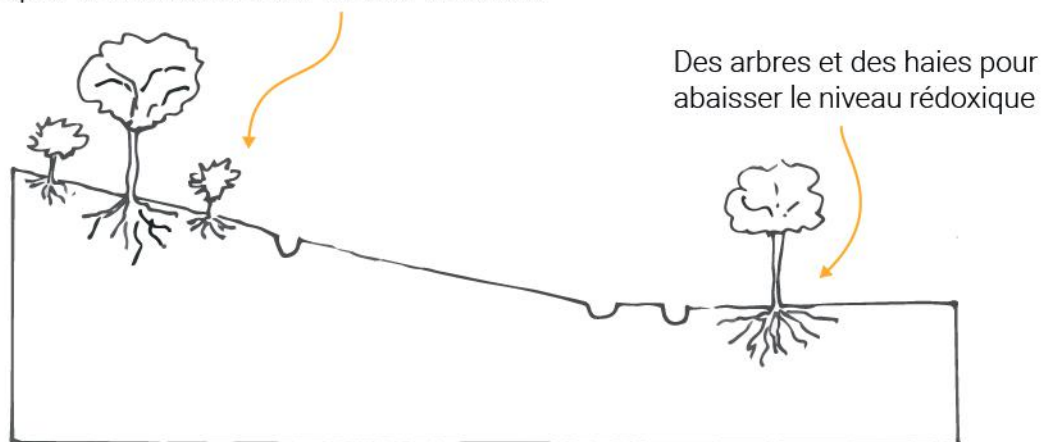
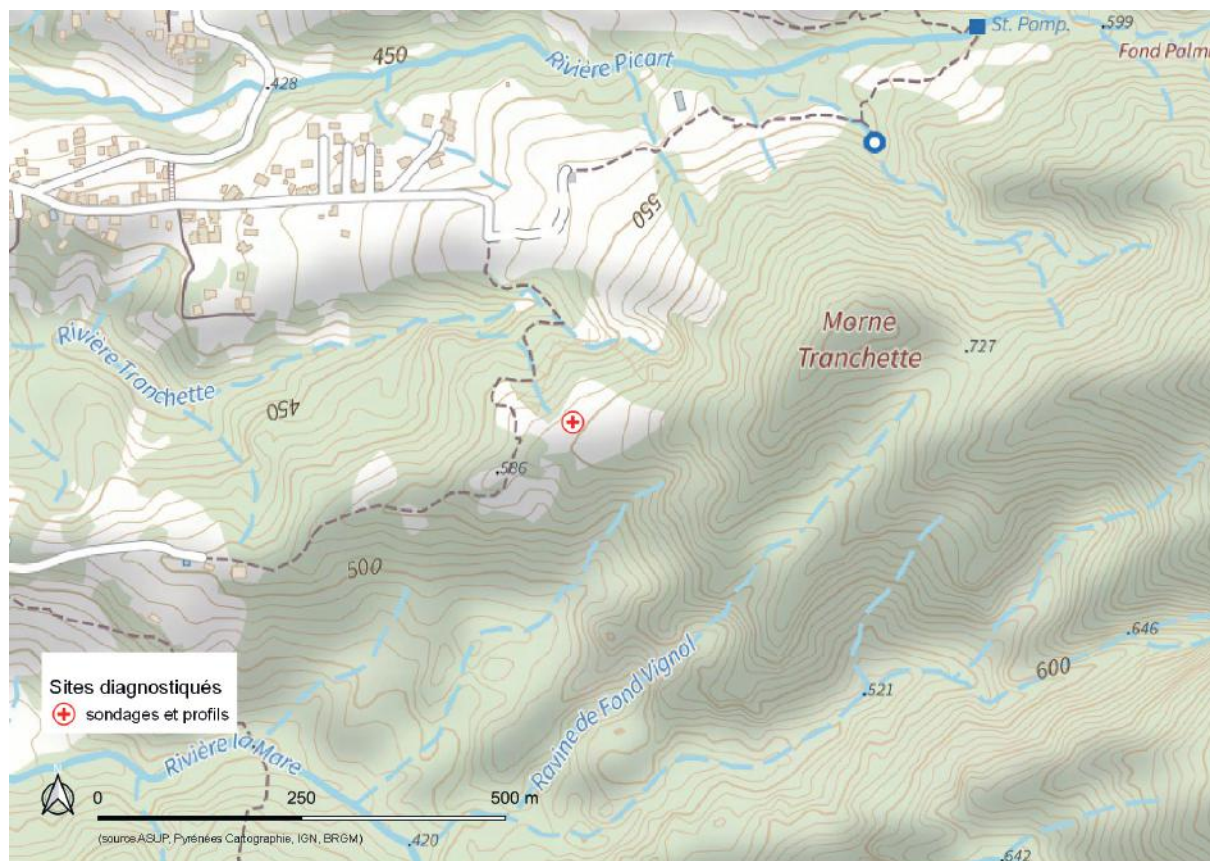


Schéma : fonctionnement des sols et des dynamiques hydriques.

6^{ème} Cas (Plantation Marignan).

La plantation Marignan est située sur le versant ouest des pitons du Carbet, à une altitude de 600 m. Elle s'étend sur une ancienne exploitation maraichère, dans un versant peu pentu exposé ouest, hors de tout ombrage forestier.

Situation des sols dans le paysage



Carte : localisation du site et du sondage.

Problématique : les caféiers présentent des problèmes de production.

Les pratiques en usage actuellement sont orientées par le passé de maraichage de l'exploitant. On peut observer notamment des dépôts de paillage en surface, mais ne recouvrant pas tout l'inter-rang. Les apports de matières organiques par restitution sont réduits.

La plantation est conçue comme une plantation de plein soleil, en absence d'arbres d'ombrage.



Photo : vue de la plantation.

Les formations géologiques sont notées simplement comme des coulées de lave, on peut en avoir un aperçu le long de la piste qui mène aux parcelles : le faciès est plutôt celui d'anciens épandages pyroclastiques très altérés. Les sols observés appartiennent plutôt au pôle des NITOSOLS, avec en profondeur des horizons à tendance argileuse rougeâtre qui montrent une évolution plus poussée encore. Dans la parcelle elle-même plusieurs sondages ont été réalisés, mais aucun profil n'a pu être creusé.



On observe un sol épais, relativement riche en matière organique en surface, sablo-argileux à argilo-sableux ; l'ensemble est frais mais non humide, sain, peu compact ; il n'y a pas de rupture franche de perméabilité ou de compacité. L'horizon de surface est moins humifère que dans la plupart des NITOSOLS observés en situation plus arborée. L'enracinement est physiquement peu contraint, on peut poser l'hypothèse que le RUM en eau est important. Le passé maraîcher de la parcelle suggère qu'il n'y a pas de contrainte forte chimique (à confirmer par les résultats des analyses de terre). Par ailleurs, on peut observer une intense activité biologique (macro et mésofaune) dans l'horizon de surface. A ce stade du diagnostic, il est difficile d'invoquer une problématique de culture liée au sol lui-même, mais nous n'avons pas toutes les données analytiques. En revanche, l'absence de couverture arborée à cette altitude suggère que la question de l'ensoleillement et de la chaleur peut être un facteur de contrainte forte pour le caféier. Ce site doit donc être analysé par comparaison avec des sites similaires mais utilisant des pratiques agricoles différentes.

7^{ème} Cas (Plantation Bernadet).

Cette plantation de plus de 2 ans est implantée à 480 m d'altitude sur le flanc ouest des pitons du Carbet, non loin du site précédent mais à une altitude moindre. L'exposition est ouest.



Carte : localisation du site et des sondages et observations.

Les caféiers sont disposés en groupes isolés au milieu d'un ensemble de jardins maraichers, en situation soit de terrasse étroite sur versant pentu, soit de bas de versant.

Problématique : Les caféiers du versant présentent localement des problèmes de croissance ou de production, ce qui n'est pas le cas des caféiers de bas de versant.



Photos : (A) Bordure de caféiers et vue générale de l'exploitation maraîchère. (B) Caféiers peu vigoureux à gauche et plus vigoureux à droite. (C et D). Sondage tarière en cours. (E) cerises de caféier en cours de maturation. (F) Échanges avec l'exploitant.

Les formations géologiques sont des brèches et des **conglomérats**¹⁷.

Les sols sont des NITOSOLS un peu moins évolués que ceux de la plantation Marignan, avec une nette tendance au rajeunissement par colluvionnement.

Dans la zone de terrasse, les sols sont en outre très remaniés par terrassement.

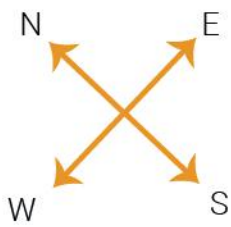
Plusieurs sondages ont été réalisés selon un transect qui analyse le versant puis le bas de versant.

Le sol observé en position de versant est un NITOSOL tronqué, c'est-à-dire un sol dont l'horizon de surface est en partie absent soit par ablation liée au terrassement, soit par colluvionnement. Il en résulte une superposition simple de deux volumes très distincts : un horizon de surface résiduel organique de 5 cm d'épaisseur au-dessus d'un horizon très altéré.

L'ensemble est donc vraisemblablement pauvre chimiquement et nutritionnellement, avec une faible épaisseur organique offerte à la prospection racinaire des premières racines du caféier.

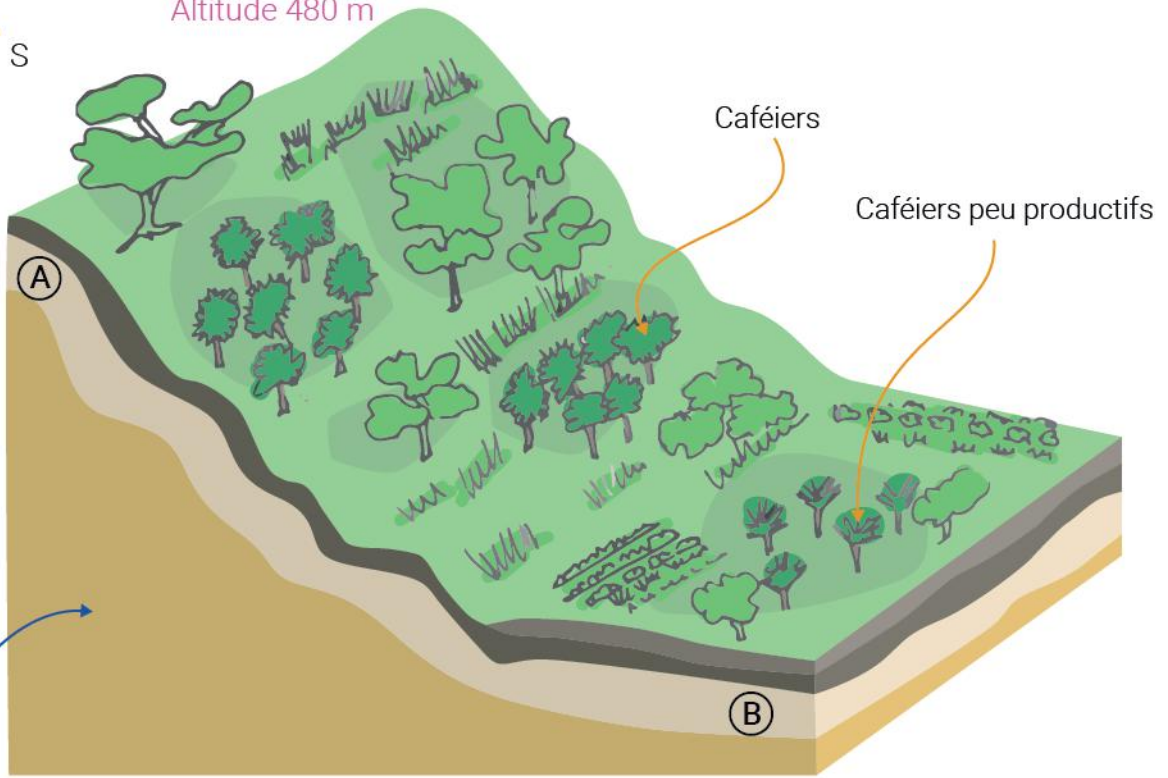
En outre, il est possible qu'apparaissent rapidement des contraintes d'enracinement liées à une certaine compacité des horizons. Le RUM est faible car la proportion de terre fine dans le sol est réduite (la quantité de graviers est très élevée). On se rapproche donc ici d'un sol de type de celui de la plantation Andidi (1er cas), avec une très grande fragilité des horizons de surface au regard de la minéralisation, de la sécheresse ou encore de l'érosion et du compactage. En situation de bas de versant, les sols sont surmontés d'une couche supplémentaire issue de l'érosion du versant.

Dans ce contexte, il est impératif de concevoir la plantation dans un cadre de protection arborée et de cultures associées, à la fois pour enrichir le sol, augmenter la biodiversité et la capacité de résilience mais aussi pour lutter contre l'érosion. Ici, c'est en grande partie le travail déjà engagé par l'exploitant agricole qui privilégie une approche de culture en mosaïque, avec des plantations associées (Manguier, etc...). Cette parcelle est donc toute particulièrement intéressante dans le cadre d'une approche "jardin créole" des plantations de caféiers.



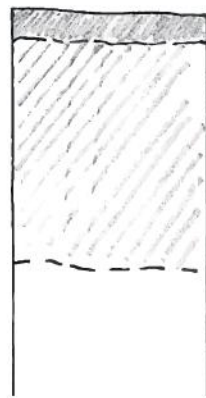
Altitude 480 m

Caféiers et jardins



Matériau parental :
brèche d'écoulement de dôme

(A)



Sol épais, poreux,
perméable,
peu de contraintes
physiques

(B)



Sol épais, poreux,
perméable, sous un horizon 1
de colluvions/alluvions.
Peu de contraintes
physiques.

En synthèse :

- Mosaique paysagère
- Mosaique de productions
- Complexité des relations entre plantes
- Ombrage à développer avec les arbres fruitiers
- Forte densité des caféiers ?
- Une situation favorable pour les caféiers du point de vue des sols

III- CONCLUSIONS SUR LES CAS ÉTUDIÉS ET SUR LES PERSPECTIVES.

L'importance de bâtir un référentiel de données sur les agrosystèmes martiniquais, à partir d'une étude des sols.

L'étude des sols dans un paysage est une entrée privilégiée pour l'analyse des agrosystèmes dans leurs globalités. Le fonctionnement d'un sol ne se comprend en effet que dans ses relations avec les paysages et les systèmes de culture.

Si l'étude d'un site donné permet d'apporter des éléments de compréhension et des solutions à une problématique donnée, la comparaison d'une diversité de sites, qu'ils soient destinés à de la production de Canne à sucre, du cacao ou du café, et la mise en commun des données d'observation permet de disposer d'un référentiel pour conduire des analyses comparatives très riches et pour expérimenter sur des problématiques diverses qui concernent l'ensemble des sites et qui concernent les territoires.

Le référentiel porte sur les objets suivants :

- Les organisations différentes du foncier et du paysage, avec des paysages uniformisés ou, au contraire, en mosaïques.
- En lien avec ces paysages, la production de terroir et le multi-usages,
- Les relations avec les espèces végétales d'accompagnement, les nouveaux modèles agroécologiques, les relations avec les autres ateliers de production (élevages, maraichages etc.).
- Les services écosystémiques multiples des sols, la séquestration du carbone.
- Les contextes pédoclimatiques spécifiques et originaux (altitude, exposition, géologie etc.).
- Les questions de transferts hydriques et de bilans hydriques dans ces paysages et dans les sols : sujets très sensibles dans le contexte du changement climatique.
- Plus globalement, le fonctionnement des sols dans des continuités paysagères.
- La qualité des matières organiques et de l'activité biologique, en lien avec la recherche d'une meilleure autonomie vis-à-vis de la fertilisation chimique et la recherche d'une typicité des produits de terroir.
- Les cycles minéraux et l'activité biologique, en relation avec les objectifs de valoriser l'activité des Champignons Mycorhiziens Arbusculaires.

Faire progresser les connaissances en capitalisant sur les expériences déjà réalisées et en développant trois axes.

Certains sites étudiés montrent des problématiques très sensibles, mais il faut idéalement alors s'en servir comme des sites de démonstration ou des sites expérimentaux, à la fois pour faire progresser ces sites et pour servir de référence à d'autres. Il nous semble important d'aborder cette phase de perspectives selon plusieurs axes.

1- Un axe d'approfondissement des connaissances pédologiques précises sur des sites de référence. C'est le principal axe à développer pour mieux envisager les relations qualité de production/terroir/pédoclimat et adapter les productions (type, variétés, pratiques, modalités d'implantation, etc) à ces spécificités locales.

Le programme MYCONOVA montre une diversité de situations agronomiques et d'écosystèmes, mais il est possible d'élaborer une typologie qui recense les sites. En affinant la connaissance et en comprenant dans quel contexte se classe chaque site, on diminue les risques d'échecs car on peut optimiser l'ensemble de la chaîne agronomique et on peut mieux extrapoler les sites de référence sur des territoires où la connaissance est plus lacunaire.

C'est l'objectif d'un programme tel que celui des Secteurs de Référence Pédologiques inclus dans le programme national Inventaire, Gestion et Conservation des Sols IGCS. Par exemple, il nous paraît important de considérer que certains sites plus fragiles ou sensibles que d'autres devront être au préalable préparés à une production caféière, ce qui signifie que la plantation devra être anticipée comme le font désormais certains viticulteurs lors d'arrachages/replantation de vignobles. Cette préparation implique par exemple l'installation en premier lieu d'arbres d'ombrage ou d'accompagnement, l'évaluation du potentiel CMA, la mise en œuvre d'apports de matières organiques, avant d'envisager la plantation des caféiers eux-mêmes.

Cette connaissance pédologique ainsi acquise peut faciliter en outre l'implantation de parcelles de cacaoyers ou de caféiers dans des situations nouvelles dont on connaîtrait quelques paramètres de base (altitude, géologie, exposition, historique de plantation).

2- Un axe destiné à mieux recueillir l'expertise locale, que ce soit celle des agriculteurs qui pour certains possèdent une expérience nourrie dans la culture du Caféier ou du Cacaoyer, ou celle de techniciens spécialisés dans des domaines connexes, comme la botanique.

La confrontation de plusieurs disciplines ou de ressentis d'agriculteurs à une expertise plus académique permet d'enrichir la discussion et d'éviter des contresens. Les aspects socio-économiques sont également importants pour donner des perspectives et des objectifs à de futurs programmes.

3- Un axe destiné à mieux comprendre comment se servir en pratique des auxiliaires naturels des plantes cultivées que sont les Champignons Mycorhiziens Arbusculaires, en tant qu'outil de génie pédologique ou agro-écologique. Cet axe de travail s'inscrit

dans l'objectif plus général d'affranchir les exploitations de la dépendance aux intrants extérieurs et d'optimiser dans le même temps les richesses locales qui sont probablement à l'origine des succès agricoles, en termes de productivité et de qualité des produits. Il faut donc favoriser les CMA locaux et leurs réseaux fonctionnels.

4- Un axe agro-écologique qui est particulièrement important aussi pour la Canne à sucre, car il permet d'améliorer la résilience des sols et des parcelles, mais aussi d'absorber plus globalement les à-coups climatiques ou encore de mieux comprendre les terroirs, micro-terroirs, qui justifient l'originalité du Rhum Agricole par rapport à celui d'autres pays producteurs. Là aussi, on peut se servir des expérimentations déjà menées par l'entreprise Neisson et qui tracent un ensemble de pistes utilisables y compris dans d'autres productions agricoles.

5- Un axe cartographique destiné à archiver les informations, les spatialiser, les partager et les croiser avec toutes les informations géographiques disponibles. En matière de sol, cela évite les redondances et cela permet de mieux se rendre compte du caractère hétérogène et complexe de cette information, mais cela permet aussi d'identifier plus facilement les points communs, les facteurs homogènes et donc les paramètres les plus pertinents à prendre en compte.

Des outils d'évaluation utiles pour poursuivre les objectifs mais sur la base d'une étude préalable du fonctionnement des sols.

Parmi ces outils, on peut mobiliser désormais des indicateurs de qualité, qu'ils soient basés sur des analyses du compartiment de la pédofaune (exemple : les indicateurs nématodes), ou sur un ensemble de compartiments du sol (structure, carbone, éléments minéraux). Tous ces outils sont référencés et comparés dans l'un des derniers rapports de l'ADEME.

Mais il faut impérativement les utiliser après avoir au préalable compris comment fonctionne le sol, c'est-à-dire après avoir fait des observations plus complètes sur des profils : on ne peut pas comprendre le fonctionnement d'un sol en analysant simplement les 20 premiers centimètres depuis la surface... En outre, certains indicateurs ne sont pas assez sensibles pour déceler rapidement des évolutions favorables ou défavorables et il faut donc multiplier les approches complémentaires par prudence agronomique : il est donc préférable de travailler sur plusieurs compartiments du sol plutôt que sur un seul.

Il faut aussi se rappeler à quel point le sol est un milieu hétérogène : comme nous avons pu le constater, les types de sols évoluent très rapidement en conditions tropicales et ils se distribuent de façon très disparate dans les paysages. Il est alors difficile d'appréhender cette variété et cette hétérogénéité spatiale sur la base d'une unique observation, qui plus est de l'horizon de surface. Attention également aux données pédologiques d'un certain âge qui ne seraient plus valables avec les situations réelles du fait de ces dynamiques intenses.

ANNEXE 1 - CARTOGRAPHIER LES SOLS ET LES PAYSAGES.

Quand on prend une photo d'un paysage, on dispose d'une image de ce qui est visible dans ce paysage : selon l'angle de vue, selon l'objectif, on va distinguer ou non des détails, on va voir certains secteurs de ce paysage, mais d'autres seront masqués ou imprécis. Mais dans tous les cas, ce que l'on voit sur la photo, c'est une réalité du paysage qui est figée à un instant donné.

La carte est aussi un procédé humain qui permet de recueillir une image d'un paysage, mais cette image dépend entièrement des choix que le cartographe va faire : c'est donc en fait une interprétation du paysage selon des objectifs qu'il se donne, une construction qu'il fait par choix successifs. Par exemple, lorsqu'il veut représenter le tracé d'une rivière, le cartographe veut-il représenter toutes les très petites boucles de cette rivière, les méandres, ou bien considère-t-il qu'il est juste nécessaire « de la faire passer par là, dans le fond de la vallée, et tant pis pour le détail, je ne dessinerai pas tous les méandres ! ».

Une carte est donc une interprétation du paysage, et à ce titre elle s'écarte plus ou moins de la réalité. Il en est de même pour les sols : le pédologue cartographe va dessiner une carte des sols selon de multiples contraintes, des objectifs très variables : quel est l'objectif de la carte, à qui va-t-elle servir, pour quels types de travaux, avec quels moyens est-elle élaborée (combien de sondages tarière, de profils de sols, avec des outils informatiques, le crayon...), avec quel temps, avec quelle expérience ? Il ne peut pas sonder partout, il ne peut donc pas voir tous les sols, il va devoir interpréter des secteurs du territoire où il n'aura en réalité pas d'observations mais des idées sur la répartition des sols. Toute cette réflexion et toutes ces contingences conduisent à faire une proposition de représentation des sols dans un territoire que l'on nomme une « **carte des sols** », qui sera forcément plus ou moins proche de la réalité. Mais à l'inverse d'un paysage que l'on peut explorer de façon très précise, en s'y rendant physiquement, on ne pourra jamais savoir exactement quelle est la réalité du compartiment sol, parce qu'on n'y a pas accès facilement.

Mais il n'y a pas non plus autant de cartes des sols que de pédologues cartographes, car il y a des interprétations que tous les pédologues peuvent faire pour un même territoire : par exemple, on ne trouvera pas de sols issus de l'altération du granite en Martinique car il n'y a pas de granite ! Tous les paysages autour de la montagne Pelée seront cartographiés comme des sols issus des cendres volcaniques, car c'est le matériau parental dominant. C'est dans le détail que va se nicher telle ou telle représentation ou choix de pédologue : « ce petit secteur de sol que je vois sur une parcelle, est-ce que je le représente, est-ce que je suis sûr de ses limites, est-ce que ça vaut la peine de le dessiner ? » ; « ce type de sol, est-ce que je suis certain que je l'ai bien compris et bien positionné ou bien est-ce que je garde de la prudence et je l'inclus dans une autre unité ? ».

Pour cartographier les sols, il faut dessiner.

Car c'est **l'unité de sol** que l'on va dessiner : on va chercher à délimiter un type de sol en faisant deux actions : d'une part lui donner des frontières, c'est-à-dire les limites dans le paysage, et d'autre part le caractériser par un ensemble de paramètres (épais, sableux etc...) : on aura alors une représentation de l'unité de sol. Dans une carte très précise, on va apporter un maximum de détails au dessin des limites pour tracer des types de sols « purs », c'est-à-dire un seul type de sol par unité. Dans une carte peu détaillée, on va accepter de regrouper plusieurs types de sols dans une même unité et dessiner des frontières moins détaillées : la carte sera donc moins précise que la précédente. Le cartographe pédologue va alors jongler avec plusieurs notions : l'échelle, la précision, la résolution.

Les pédologues utilisent la notion d'échelle pour décrire le niveau de détail de leur cartographie des sols. Cette notion d'échelle couvre en fait deux concepts différents :

- La notion d'échelle graphique.
- La notion d'échelle paysagère.

L'échelle graphique est une notion associée à la représentation des objets et plus particulièrement à leur proportion par rapport à la réalité. Lorsqu'on observe un arbre de manière très proche, notre champ de vision englobe totalement ce dernier et on comprend que c'est un arbre. Plus on s'éloigne de l'arbre plus celui-ci devient petit, imprécis et fini par ne plus être visible si l'on s'en éloigne trop. L'échelle graphique traduit ce phénomène et s'exprime sous forme d'un ratio, 1 / 25000ème par exemple. Si le ratio est petit, c'est-à-dire si le nombre sous la division est grand, cela signifie que l'on s'éloigne des objets et donc que la carte « perd » de l'information car les objets trop petits disparaissent. A l'inverse plus le nombre sous la division est petit, plus le ratio est grand et plus on se rapproche des objets à cartographier : la carte sera alors plus détaillée, mais avec le risque de décrire les feuilles de l'arbre au lieu de décrire l'arbre lui-même : on gagne en **précision** de l'objet représenté. Ce risque s'apparente à du bruit, tel que celui qui serait capturé par un microphone trop sensible qui enregistrerait le bruit ambiant d'une pièce en complément des paroles du journaliste qui se trouve dans cette pièce. C'est ainsi que les pédologues doivent en fonction du type de carte des sols qu'ils souhaitent produire choisir l'échelle graphique la plus appropriée au phénomène à décrire. Par exemple, pour décrire les sols d'un département et avoir le résultat sur une seule page de petite dimension, un A4 par exemple, on choisira une petite échelle c'est-à-dire le 1 / 250000ème ; à l'inverse, pour représenter les sols d'un ensemble de parcelles de caféiers, on choisira plutôt une grande échelle, donc par exemple le 1/20000ème. Ce sont là des échelles utilisées pour deux programmes complémentaires de la cartographie des sols en France : le **Référentiel Régional Pédologique** au 1/250000ème qui a pour ambition d'inventorier les sols et de les cartographier pour tout un département à la fois, ou les **Secteurs de Référence** au 1/20000ème qui ont pour objectif de comprendre finement les sols d'un territoire restreint pour mieux les gérer agronomiquement.

La notion **d'échelle paysagère** est une notion subjective associée au type de carte des sols que souhaite produire le pédologue. Un peu à l'image de l'échelle graphique, elle s'intéresse à la distance à laquelle le pédologue « regarde » le paysage pour décrire les sols. Vu d'avion, un paysage se compose de vallées, de versants, de collines, de montagnes. A l'inverse, lorsque l'on marche à pied, un paysage est composé de bosses et de creux, de fossés, de tranchées, de trous, de buttes. Le pédologue lors de l'élaboration de la carte des sols se fixe donc une « altitude » qui lui servira de référence pour décrire les sols d'un paysage : est-ce que je regarde le paysage d'avion ou est-ce que je m'imagine le parcourir à pieds ?

Dessiner des unités de sols, c'est forcément accepter que l'on trace des limites. Mais s'il y a une continuité très progressive entre deux unités de sols, où doit-on dessiner la frontière entre les deux ? On va alors se forcer à tracer une limite là où le dessin sera le plus pertinent car, en réalité, peu de gens sont capables de lire une carte où il n'y a pas de frontière nette. Malgré tout, on sait qu'il existe des continuités fonctionnelles entre sols dans un paysage, alors il va falloir interpréter une carte pédologique avec des limites pour se représenter le fait qu'il n'y a pas vraiment de limites !

L'informatique moderne de cette dernière décennie avec notamment l'augmentation exponentielle des puissances de calcul nous aide dans cette tâche en ouvrant de multiples possibilités dans la prise en compte des continuités entre sols.

Ainsi pendant de nombreuses années et en relation avec les pratiques historiques utilisant le papier comme format et outil de représentation, les pédologues ont traduit les types de sols sous forme d'aplats colorés. Ces aplats sont représentés en format numérique au travers d'informations que l'on qualifie de « **vecteurs** », qui permettent de traduire le paysage sous forme de points, de lignes et de surfaces, ces dernières étant appelées des polygones. Ces objets numériques sont aussi composés de coordonnées géographiques et sont associés à des éléments de description que l'on appelle des descripteurs. Cette forme numérique présente l'avantage d'être simple à gérer, facilement interprétable et ne nécessitant pas d'énorme puissance de calcul pour être analysée.

La qualité des données vectorielles dépend ainsi de plusieurs facteurs :

- Le niveau d'exigence de l'opérateur qui décrira plus ou moins bien le paysage.
- la densité des points de construction des objets qui le rendront plus ou moins fidèle à la réalité terrain : plus on trace de lignes élémentaires pour représenter une courbe et plus cette courbe sera précise et représentative de l'élément de paysage qu'elle est sensée reproduire.
- le nombre d'éléments descripteur qui permettront au lecteur d'avoir une vision plus ou moins fine de la description de l'objet.

L'avènement des capteurs numériques, l'augmentation de leur précision et la baisse significative des coûts d'acquisition a changé la donne en apportant de nouveaux outils aux pédologues, en leur permettant d'obtenir des mesures de certains phénomènes de manière continue : l'humidité des sols, leur couleur, le relief sur lequel ils se forment etc. Ces données sont dans la majorité des cas stockées sous forme de grilles maillées, que l'on qualifie de « **rasters** », qui sont définies par deux paramètres : une résolution et une précision de mesure. Chaque maille de la grille intègre donc une information mesurée. Ces rasters s'opposent à la notion de vecteur définie ci-avant. Ce sont bien deux aspects possibles de la représentation cartographique.

La représentation en mode raster permet d'aborder une autre notion qui est celle de la **résolution spatiale**. Une carte des sols représentée en mode raster est ainsi construite à partir de la combinaison de grilles comme on empilerait plusieurs plateaux de jeux de dame sur lesquels les cases noires et blanches seraient distribuées différemment. Selon le niveau de détail et donc l'échelle graphique et paysagère choisie par le pédologue, la taille des mailles du plateau, donc de la grille devra être plus ou moins petite, c'est-à-dire que le plateau aura une résolution plus ou moins importante. En effet, choisir une grille avec une grosse maille ne permet pas de décrire de manière précise. Essayez de reproduire La Joconde, avec un damier de seulement 9 cases ayant chacune une couleur unique ! Cela devient plus facile si on fait l'exercice avec 900 cases. Plus il y a de mailles, plus il est facile de décrire un objet. Le pédologue aura donc tendance à choisir des données ayant beaucoup de résolution (et donc de maille) pour décrire des unités de sols relativement petites ou dans des contextes très particuliers et utilisera des données faiblement résolues s'il souhaite cartographier des paysages dans leurs grandes masses.

En matière technologique, l'exemple le plus frappant des avancées récentes est sans aucun doute la description du relief que l'on appelle aussi la topographie. Pendant presque 50 ans (1950 – 2000), cette description a été disponible pour la plupart des usagers, d'une part avec une résolution de 25m, c'est-à-dire que chaque maille de la grille mesure en réalité 25m x 25m et, d'autre part, avec une précision de l'information mesurée de l'ordre du mètre. Depuis les années 2000, elle a atteint des résolutions et des précisions inframétriques : non seulement la maille représentée est d'une surface inférieure au m², mais la précision de la mesure qu'elle intègre est également inférieure au mètre. Cette finesse d'échantillonnage alliée à la puissance des ordinateurs modernes permettent d'envisager des traitements de données plus efficaces et plus pertinents à l'échelle de toute la Martinique.

ANNEXE 2- CHAMPIGNONS MYCORHIZIENS ET SOLS.

Les champignons mycorhiziens arbusculaires et leurs fonctions.

La quasi-totalité des espèces de plantes que nous cultivons pour nous nourrir vivent en association étroite avec des Champignons Mycorhiziens Arbusculaires. Les champignons explorent le sol très efficacement pour absorber l'eau, solubiliser les minéraux et les transporter vers les systèmes racinaires.

Au cœur des systèmes racinaires, des cellules de la plante abritent des structures fongiques extraordinaires qui assurent l'échange nutritionnels entre les deux organismes : les arbuscules. A côté du bénéfice nutritionnel apporté à la plante, les champignons favorisent également ses défenses contre les parasites, participent à la synthèse de molécules précieuses : antioxydants, arômes, etc. Par ailleurs, ils assurent la fonction très importante de relier les plantes entre elles dans un écosystème. Grâce aux réseaux mycéliens qui s'établissent entre toutes les plantes, une régulation du fonctionnement global de la communauté végétale peut se faire, notamment face aux épisodes climatiques difficiles. Enfin, les champignons arbusculaires fabriquent et excrètent dans le sol autour d'eux de la glomaline. Cette molécule à longue durée de vie joue un rôle majeur dans la formation et la préservation de la structure des sols.

Comment les champignons participent à la formation des sols.

Une structure formée de petits agrégats sphériques est fondamentale pour favoriser une croissance facile du système racinaire d'une part et des hyphes mycéliens d'autre part.

Pour pouvoir progresser aisément, les racines les plus fines doivent idéalement explorer la porosité créée au sein de cette structure faite de petits agrégats. Elles vont pouvoir progresser en rencontrant peu d'obstacles physiques. Au fur et à mesure de la croissance du système racinaire, les champignons suivent la progression des extrémités racinaires en colonisant successivement les régions les plus jeunes. Lorsque les hyphes situées plus haut sur les racines cessent de transporter l'eau et les nutriments, leur glomaline protectrice se détache dans le sol. Là, elle se fixe aux particules de minéraux (sable, limon et argile) et de matière organique, participe ainsi de manière essentielle à la formation et à la stabilité dans le temps des agrégats. Cette stabilité des agrégats tient aux propriétés hydrofuges de la glomaline et à la stabilité de la molécule elle-même dans le temps : sa durée de vie a été estimée à un nombre situé entre 7 et 42 ans. La glomaline est donc un facteur essentiel pour la création d'une structure stable mais suffisamment poreuse pour faciliter le passage des racines fines mais également de l'air et de l'eau.

Cette structure retient beaucoup d'eau dans la microporosité qui la caractérise. Elle est également un milieu de vie idéal pour la microflore du sol (bactéries et champignons), car elle crée d'une part une aération satisfaisante du sol et d'autre part elle enrichit la solution du sol par des exsudats racinaires et fongiques.

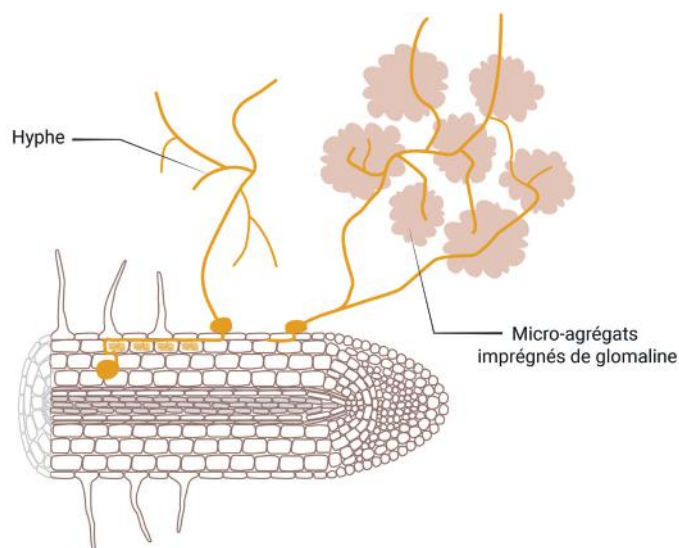


Schéma : action des CMA dans la fabrication de la structure fine des sols. Les champignons arbusculaires participent de deux façons à la création des agrégats qui caractérisent la structure des sols. Les hyphes forment un réseau qui construit une trame dans les sols. Autour de cette trame, la production de glomaline entraîne une microagrégation des constituants fins (mélange argile et matières organiques) et plus grossiers (limons, sables) du sol par imprégnation. Cf. Explication détaillée dans le Tome 1 "La symbiose entre plantes cultivées et champignons" page 38.

Comment les caractéristiques des sols conditionnent la présence et le fonctionnement des champignons mycorhiziens arbusculaires.

Les caractéristiques chimiques des sols conditionnent fortement la présence des CMA. En effet, d'une manière générale, une fertilisation chimique en phosphates diminue fortement l'activité de ces champignons. Une autre pratique défavorable aux CMA est le travail du sol, qui détruit les réseaux mycéliens. En conséquence, le travail du sol diminue le renouvellement de la production de glomaline. Au fil des années, cela peut compromettre la stabilité des agrégats. Des expérimentations montrent que des pratiques de travail simplifiées conduisent au contraire en quelques années à une augmentation significative du taux de glomaline.

Des observations récentes menées dans des systèmes agroécologiques à Caféier ont montré que la présence de litière riche en feuilles d'arbres forestiers favorisait beaucoup la présence et l'activité des CMA associés aux racines superficielles du Caféier. Ces CMA assurent un transfert immédiat vers les racines des composés azotés libérés par la minéralisation des feuilles.

Le lecteur trouvera des explications détaillées dans le Tome 2 : La symbiose entre plantes cultivées et champignons – Champignons Mycorhiziens arbusculaires. Tome 2- Canne à sucre, Cacaoyer, Caféier.

LEXIQUE.

1. Coefficient de perméabilité Beerkan. Le Beerkan permet d'évaluer la vitesse d'infiltration de l'eau depuis la surface du sol : il faut donc (1) délimiter une surface dans laquelle on va déverser de l'eau, en l'entourant par un anneau métallique que l'on n'enfonce pas complètement dans le sol, (2) déverser une quantité connue d'eau et attendre que toute l'eau se soit infiltrée (3) relever le temps que cette quantité d'eau a mis pour s'infiltrer (4) recommencer l'opération tant que l'eau s'infiltrer en relevant toujours le temps et en déversant toujours une même quantité d'eau (5) quand l'intervalle de temps entre deux ajouts est constant, alors on dispose de la valeur de perméabilité d'infiltration en surface ou coefficient de perméabilité Beerkan, exprimé en « mm d'eau /h ». Selon les objectifs d'une étude, il existe plusieurs méthodes d'évaluation des transferts d'eau dans un sol, qui sont toutes basées sur la mesure d'une quantité d'eau qui s'infiltrer par une unité de surface dans le sol.

2. Taux d'exploitation racinaire effectif. il faut compter le nombre de racines que l'on observe dans un profil de sol, car on recherche la capacité d'une plante à aller explorer le sol, à la fois en profondeur mais aussi latéralement. En pratique, on creuse un profil de sol au plus près d'une plante, puis sur la face verticale de ce profil on dispose un tamis à maille grossière (par exemple 2cm x 2cm, à l'aide d'un grillage métallique par exemple). On compte alors toutes les extrémités des racines qui dépassent dans chaque petite surface élémentaire ; on réitère l'opération sur tout le profil de sol et on trace finalement la quantité de racines par surface élémentaire, selon les axes « profondeur » et « extension latérale par rapport à l'axe de la plante ».

3. Halloysite .L'halloysite étant une argile qui se forme dans certaines conditions climatiques à partir des matériaux volcaniques. On parle de néoformation des argiles

4. NITOSOL. Ce sont des sols épais, argileux, plutôt rouge sombre, que l'on va trouver en Martinique à des altitudes où il existe une saison sèche ; ils se forment à partir de matériaux parentaux volcaniques, comme les cendres de la dernière éruption de la montagne Pelée.

5. Coulées andésitiques massives. L'andésite est une roche issue du volcanisme, souvent difficile à distinguer du basalte (un nom que l'on entend plus souvent...). Elle est caractéristique des zones de la planète où deux plaques tectoniques s'affrontent, l'une passant sous l'autre dans ce que l'on nomme une « zone de subduction ». Ici, il s'agit d'une lave « massive » car elle s'est écoulee depuis la bouche du volcan puis s'est refroidie pour former une couche épaisse et dure. Ce sont des caractéristiques qui font alors suspecter que les sols se formeront un peu plus lentement que dans des accumulations de cendre, car il sera plus difficile d'altérer une roche massive.

6. COLLUVIOSOL. il s'agit des sols dont le principal mode d'évolution est celui d'un transport des matériaux du fait de la pente, puis d'une accumulation : ils sont donc moins âgés que les autres, car ils sont renouvelés par des apports plus ou moins réguliers. On va les trouver principalement en position de bas de versant, là où l'on recueille l'eau et les matériaux qui ont été transportés par la gravité tout au long de la pente.

7. Allophanique. Les matériaux allophaniques sont des ébauches d'argiles qui se forment à partir des matériaux parentaux volcaniques, dans certaines conditions climatiques d'humidité importante ; ils sont abondants dans les sols que l'on nomme « ANDOSOLS » qui sont des sols martiniquais plutôt observés en montagne. Les allophanes sont caractérisés par un ensemble de critères physiques et chimiques, ils peuvent évoluer vers les halloysites (cf définition) s'il existe une saison plus sèche. Ici, on entend par « comportement allophanique » le fait que l'on observe dans les sols des caractéristiques qui suggèrent la présence d'allophanes : couleur noirâtre, forte rétention en eau, etc.

8. ANDOSOLS. Ce sont des sols qui se forment à partir de matériaux parentaux volcaniques et qui présentent un ensemble de propriétés originales liées en grande partie à la présence d'allophanes. En Martinique, on les observe plutôt en altitude, sur le versant de la montagne Pelée, côte au vent.

10. FLUVIOSOL BRUT. il s'agit des sols qui se forment par dépôts d'alluvions, c'est-à-dire des matériaux transportés par les rivières (comme lors d'épisodes de crues par exemple). Ce sont donc également des sols « jeunes » comme les COLLUVIOSOLS. Ils sont qualifiés de « bruts » lorsqu'ils sont très peu évolués, donc très récents.

11. Rédoxique. Le caractère rédoxique d'un sol signifie que l'on va observer des processus de formation et des conditions physico-chimiques qui sont ceux d'un excès d'eau, mais un excès temporaire, beaucoup moins intense que celui d'un REDUCTISOL : le sol se sature une partie de l'année puis il s'assèche.

12. Nuée ardente de St Vincent. En géologie, on distingue les roches entre elles par leurs propriétés physico-chimiques, leur faciès et par leur âge de mise en place. Dans le cas des éruptions de la montagne Pelée ou plus anciennement des pitons du Carbet, on va donc distinguer les roches entre elles par leur faciès (cendres, coulées massives, nuée ardente, conglomérats etc.), par leur propriétés physico-chimiques (andésite, basalte etc.) et par leur âge de mise en place (éruption de Saint Vincent etc.). Cela permet de savoir ce que l'on va pouvoir observer sur le terrain dès la lecture de la carte géologique. Ici, par exemple, un point important est le faciès de nuée ardente, c'est-à-dire de dépôts de très forte vitesse d'une masse de débris, à la suite d'une explosion massive du volcan. Les sols vont donc se former aux dépens d'un matériau souvent cendreux, plus facilement altérable qu'une roche massive, plus aérée aussi, plus drainante.

13. Talweg. C'est une forme du paysage que l'on pourrait aussi qualifier de vallon ; ici, on veut plus particulièrement insister sur le côté « étroit » d'un vallon et sur le fait que le fond est parcouru par un ruisseau ou une petite rivière, même si son écoulement n'est pas permanent. Les sols des fonds de talwegs sont caractérisés par un excès d'eau plus ou moins intense : on sait alors que l'on peut sans doute y observer des REDUCTISOLS et des REDOXISOLS.

14. REDUCTISOLS. ces sols appartiennent au groupe des sols qui évoluent essentiellement sous l'action d'un excès d'eau. Ici, cet excès est intense et durable, quasi permanent, et les horizons du sol peuvent alors manquer d'oxygène. Souvent, il se forme en surface une végétation spécifique, dite de « zone humide ».

Horizon andique. Dans un sol, lorsqu'une des couches (c'est-à-dire lorsqu'un « horizon » du sol) présente des propriétés que l'on peut rattacher aux ANDOSOLS, alors on qualifie cette couche d'horizon andique.

16. Glacis. c'est une forme de relief caractérisée par une pente assez faible mais régulière, avec une surface plane. Les paysages de glacis font suspecter la présence de sols dans lesquels des transferts d'eau vont se produire à faible profondeur.

17. Conglomérat. C'est une roche qui est formée de plus de 50% de pierres et cailloux inclus dans un ciment. Les conglomérats regroupent en réalité deux types de roches : les brèches (déjà décrites) et les poudingues. Les sols qui vont se former aux dépens d'un conglomérat vont donc souvent présenter des pierres et cailloux en forte quantité.

Brèche d'écoulement. les brèches sont des formations géologiques qui sont composées en très grande partie par des cailloux et pierres accumulés, consolidés par une sorte de ciment. Les pierres et cailloux sont très reconnaissables, ils sont peu altérés et ont été transportés sur de faibles distances jusqu'à leur accumulation (d'où ici le terme « d'écoulement »)

Altérite. on désigne par ce terme toutes les roches qui sont issues d'une autre roche par une altération (par exemple des actions climatiques : eau, vent, chaleur...) ; on y reconnaît toutefois certaines caractéristiques de la roche initiale, comme sa composition chimique spécifique.

BIBLIOGRAPHIE.

Expertises Pédologiques. – PROGRAMME MYCONOVA Novembre 2022 – Laurent Rigou ASUP, Guillaume Arlandes – Pyrénées cartographie.

Dictionnaire de Science du Sol, par J. Lozet et C. Mathieu, éditions Lavoisier Tec & doc,

Dictionnaire de géologie, par A. Foucault et JF. Raoult, éditions Masson

Référentiel Pédologique français 2008, éditions Quae, téléchargeable gratuitement sur le site de l'éditeur.

Tout les documents et livres réalisés dans le cadre du projet
INTERREG - Caraïbes MYCONOVA, sont disponibles sur le site www.myconova.eu



Laurent Rigou

Atelier, Sols, Urbanisme et Paysages / www.asup-territoires.com

Crédits photographiques : ASUP. Merci de demander à l'auteur l'autorisation pour la réutilisation de ses photos.



SENS & TERRITOIRE

Jean Rondet

SENS ET TERRITOIRE / www.sensterritoire.com



Guillaume Arlandes

Pyrénées Cartographie / www.pyrcarto.com



Infographie Couverture / Illustrations / Mise en page

Alexandre Parolo / OSTPROD / www.ostprod.com

Crédit photo couverture : DEAL Martinique.

MYCONOVA CARAÏBES

Sols et paysages vivants de Martinique

Sept clés pour mieux les comprendre

Un document réalisé dans le cadre du programme de coopération européenne Myconova.

Le titre de cet ouvrage veut rappeler le lien entre le sol et le paysage, le paysage étant entendu dans sa dimension symbolique de « pays », de « terroir », dans sa dimension « physique » qui se caractérise par une « alchimie » entre climat local, roche, sol et matières organiques typiques et dans sa dimension de milieu de vie, qui abrite des productions agricoles et une biodiversité locales.

La richesse et la diversité des terroirs de Martinique se prêtait particulièrement à un travail méthodologique sur les sols et les paysages.

Le livre est construit autour de deux chapitres.

Le premier expose sept façons de considérer le sol, au-delà des représentations simplifiées que nous pourrions en avoir.

Dans une deuxième partie du livre, ces sept principes guident les analyses des sols d'exploitations agricoles, en lien avec leurs contextes paysagers.

Ce travail s'inscrit étroitement dans le Projet du Parc Naturel Régional qui entend soutenir une transition agroécologique autour de filières d'excellences, notamment en développant des approches méthodologiques et techniques innovantes.



Partenariat : Chef de file - Parc Naturel Régional de la Martinique / Fédération Régionale de Défense contre les Organismes Nuisibles / Institut Mycologique Européen / Exploitation Agricole Jacky Pascault / Domaine Thieubert Rhums Neisson / Centre d'Etude de Biotechnologie Industriel - Cuba