



APPEL A PROJET « NOURRIR L'AVENIR »



PROJET *FUNGIAGRI* - LES CHAMPIGNONS POUR L'AGROECOLOGIE MARTINICAISE

PRESENTATION DES RESULTATS DU PROJET

Synthèses et Rédaction :

Jean Rondet – Sens et Territoire

Valériane Eustache – PROVAE

Etude « sols » et synthèses :

Laurent Rigou – Atelier Sols Urbanisme et Paysages

Avec les contributions des membres de PROVAE

DECEMBRE 2024

SOMMAIRE

Les expérimentations menées dans le cadre du projet- Présentation	Page 3
Etudes des caractéristiques des sols	Page 5
Thème d'expérimentation I : La culture de la Vanille - Présentation	Page 34
Expérimentation I.1 : Utilisation de <i>Gliceria sepium</i>	Page 36
Expérimentation I.2 : gestion de la matière organique et champignons	Page 39
Expérimentation I.3 : suivi des conditions du climat du sol	Page 51
Thème d'expérimentation II : la culture de l'igname sous mulch	Page 62
Thème d'expérimentation III : la culture de champignons alimentaires et la production de mycocomposts	Page 64
IV- Thème d'expérimentation IV- réalisation de plants de Cacaoyer en conditions naturelles	Page 73
V- Echanges et actions de diffusion.	Page 77
VI - Nouveaux outils collectifs, pour animer les échanges et favoriser la R&D et l'innovation - Présentation	Page 79
Indicateur de biodiversité potentielle	Page 80
Indicateur de biodiversité alimentaire	Page 83
VII- Les projets collectifs - Présentation	Page 86
Projet de culture de champignons et fabrication de mycocomposts	Page 86
Projet de coopération européenne – Interreg Caraïbes - <i>Vanilla</i>	Page 89
VIII - Conclusion	Page 94
ANNEXE : diagnostic initial chez les participants au projet (oct. 2023)	Page 96

LES EXPERIMENTATIONS MENEES DANS LE CADRE DU PROJET FUNGIAGRI

PRESENTATION

Ces expérimentations ont été menées sur deux ans.

Elles aboutissent à des premiers résultats concrets en termes d'amélioration des systèmes de culture.

Elles aboutissent également au renforcement d'une dynamique collective de R&D et innovation au sein du groupe des agriculteurs adhérents de PROVAE, avec de nombreux temps d'échanges et de formation-actions et avec une mise en place concertée d'essais à moyen termes de nouvelles techniques agronomiques. Les différents participants assument de prendre en charge chacun un certain nombre d'essais, les observations devant être ensuite partagées entre tous.

« Tous » signifiant concrètement les membres de PROVAE mais également les ingénieurs de la chambre d'agriculture, partenaire de PROVAE ainsi que les membres d'une association partenaire de Guadeloupe, réunissant également des petits agriculteurs de cet autre territoire et développant ce même modèle agricole et économique, basé sur la valorisation de la Vanille, associée à d'autres productions agroforestières vivrières.

Ces deux années de projet permettent aujourd'hui à l'association de souhaiter s'engager dans plusieurs projets de développement, en étant mieux reconnu comme acteur de la R&D et innovation dans le domaine agricole, en particulier sur le sujet de la vanille mais également sur celui de la valorisation des fonctions des champignons en agriculture.

Ce document présente une synthèse des essais qui ont été réalisés et qui sont aujourd'hui en cours de développement.

STRATEGIE DE MISE EN PLACE COLLECTIVE DES EXPERIMENTATIONS

Cette mise en place s'est faite en quatre étapes, en modifiant l'ordre des étapes prévu initialement.

Etape 1 : réalisation d'un film

Le travail collectif de réflexion sur les besoins en termes d'expérimentation a dans les faits été précédé par la réalisation d'un film documentaire qui avait trois objectifs :

- Approfondir l'analyse des systèmes agricoles de chacun des six producteurs participant directement au projet, analyse animée par l'intervenant ingénieur agronome et mycologue Jean Rondet et jouant également le rôle de scénariste du film, associé étroitement pour cette analyse avec bien sûr les exploitants filmés, Olivier Carème, adhérent de Provae et ingénieur de la Chambre d'agriculture, la présidente et le vice-président de PROVAE.
- Offrir une démarche de réalisation collective qui renforce le sentiment d'appartenance au « groupe projet » de provae
- Créer un produit de communication qui puisse favoriser une meilleure connaissance et meilleure reconnaissance de PROVAE (l'association étant récente et encore mal connue) auprès des institutions, des agriculteurs et des habitants de Martinique.

Etape 2 : formation initiale et échanges sur les thématiques importantes, les enjeux, les objectifs et les contenus d'actions d'expérimentations, les moyens de chacun et les moyens collectifs pour mettre en œuvre ces expérimentations (cf. document « ECHANGES INITIAUX »)

Etapas 3 :

- Etude sur les caractéristiques des sols destinée à adapter les expérimentations thématiques.
- Expérimentations, formations-actions, diffusion, réalisations d'outils collectifs de suivi des exploitations : référentiel sol, indicateur de biodiversité.

Etape 4 : bilan, projets futurs

Les enjeux et objectifs de cette étude

Le changement climatique augmente les risques de dégradation de la qualité des sols. La hausse des températures accentue la minéralisation de la matière organique et en particulier la minéralisation de l'humus dont on connaît bien l'importance sur la durabilité des sols à travers son rôle dans le complexe argilo-humique, qui est le « ciment », le « liant » du sol. Nous parlerons plus loin de la glomaline, molécule excrétée par les réseaux mycéliens de champignons mycorhiziens, particulièrement dans les sols agroforestiers tropicaux. Cette molécule qui imprègne le complexe argilo-humique joue un rôle majeur dans la stabilité des sols. Sa durée de vie est longue mais les conditions tropicales conduisent cependant à le rendre moins durable que sous un climat plus tempéré (7 ans contre 40 ans). Les hausses de température peuvent jouer également sur la stabilité de cette molécule essentielle. Des épisodes de très fortes pluies entraînent des risques d'érosion des sols.

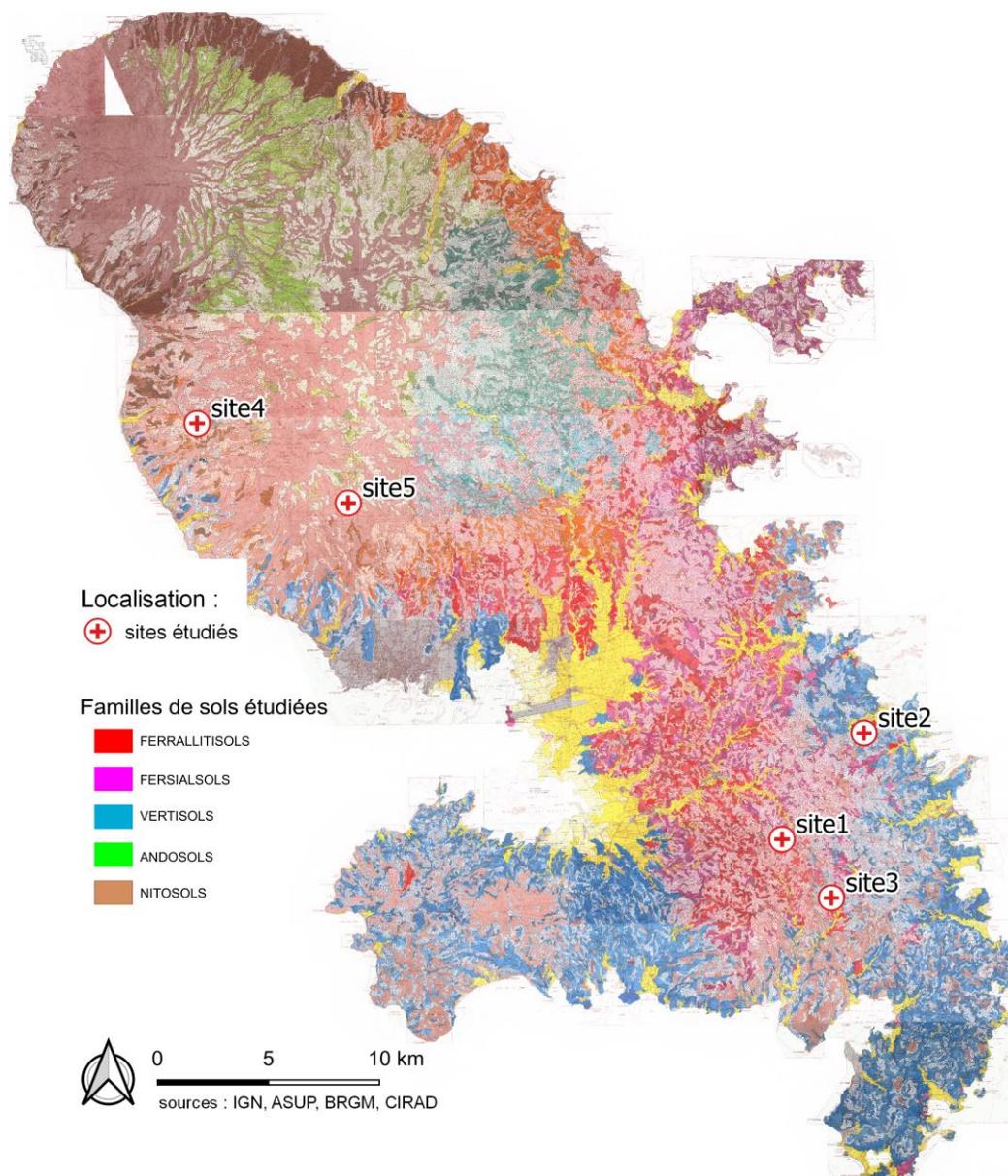
Selon les caractéristiques naturelles ou « intrinsèques » des sols, ceux-ci sont plus ou moins sensibles à ces effets climatiques (même si d'une manière générale, les sols sous climat tropical sont toujours fragiles !). La connaissance de ces caractéristiques permettra d'orienter, d'adapter les préconisations générales qui sont données aujourd'hui par l'agroforesterie. Par exemple, la très grande sensibilité aux effets du climat des vertisols (cf. le site 2 étudié) justifiera le travail qui est fait par l'agriculteur sur une gestion des mulchs depuis longtemps et justifiera les orientations qui seront adoptées durant ces deux années de projet sur ce sujet. Cette sensibilité expliquera également l'importance d'un ombrage protecteur des sols et la valorisation des arbres fruitiers sur l'exploitation. L'ombrage sera également essentiel, et de plus en plus dans l'avenir, sur d'autres sites dont les sols sont moins fragiles mais ces derniers pourront supporter des phases d'expositions au soleil et aux pluies plus importantes durant les premières phases d'un aménagement pérenne, lors d'une plantation sur un espace initialement géré en prairie.

Les observations faites sur cinq sites permettent de poser des questions et des hypothèses sur les relations entre fonctionnement du sol / fonctionnement des litières / croissance et production de gousses / caractéristiques organoleptiques de la **Vanille**, qui est le sujet le plus sensible pour les agriculteurs participant au réseau d'étude du projet FungiAgri. En effet, les évolutions du climat démontrent depuis quelques années la sensibilité de cette culture, particulièrement dans les territoires français dans lesquels cette production a retrouvé une importance économique et sociale : La Réunion, Polynésie française. La baisse de production à Madagascar témoigne également de cette sensibilité au climat. Nous verrons cependant que la production agroforestière, sous couvert d'arbres donc, est sans doute moins impactée qu'une production dite « semi-intensive », installée sur un précédent prairie et qui est plus exposée au climat malgré l'utilisation d'arbres tuteurs vivants qui procurent également un ombrage à la Vanille et malgré l'utilisation éventuelle d'ombrières au-dessus des cultures.

D'autre part, la connaissance des sols permet également d'étendre la réflexion aux **autres productions agroforestières** qui intéressent les agriculteurs martiniquais.

ETUDE DE CINQ SOLS DU RESEAU D'EXPERIMENTATION DU PROJET FUNGIAGRI

Constitution d'un premier réseau de référence martiniquais sur les sols des systèmes agroforestiers à Vanille et autres productions agroforestières.



Les 5 sites étudiés se distribuent sur deux grands faciès géologiques distincts :

- Les **sites 4 et 5** du nord sont localisés respectivement sur des coulées massives andésitiques et des dômes et coulées indifférenciées.
Toutefois, les observations sur le **site 5** montrent qu'il existe un fin recouvrement par des cendres et ponces un peu plus récentes. A priori, c'est le seul site qui présenterait ce faciès particulier.
- Les sites **1 à 3** sont tous situés sur la même unité dite des « Coulées de laves massives ou bréchiques ou débitées en coussins - hyaloclastites remaniées en tuffites stratifiées : faciès "tuf du Vauclin" typique »

Ces formations massives dans 4 sites sur 5 étudiés orientent les propriétés des sols qui vont en découler : en effet, on peut les classer en un seul ensemble de formations à caractère massif, moins facilement dégradables, moins perméables également (par exemple les andésites massives). Enfin, la nature même de ces formations, à caractère plutôt andésitique, va également influencer l'évolution des sols et leurs propriétés. Concernant le site 5, on peut s'attendre à une évolution des sols un peu différente, car liée avant tout à une couverture géologique plus poreuse, perméable, mais aussi plus facilement altérable.

Un point important est que plus l'on s'éloigne de la montagne Pelée et plus l'âge de la mise en place des formations géologique augmente ; cela signifie que les sols auront aussi eu le temps d'évoluer plus largement, car ils ne seront rajeunis éventuellement que par du colluvionnement mais pas par de nouvelles éruptions.

Le territoire de la Martinique est couvert par un document cartographique à l'échelle du 1/20000, établi entre 1969 et 1970 par une équipe dirigée par Colmet-Daage.

Cette carte pose les principes de répartition des sols martiniquais et en dresse un inventaire qui se veut le plus exhaustif possible ; elle pose malgré tout le principe qu'un certain nombre de territoires trop pentus n'ont pas été parcourus. Il en résulte donc une carte géographiquement partielle mais pédologiquement probablement exhaustive. Cette carte est en réalité déclinée en 29 sous-ensembles géographiques (études 31766 et suivants). Une carte de synthèse au 1/100000 a été éditée l'année antérieure (1969). Un document de synthèse des principales caractéristiques des sols des Antilles a aussi été formalisé en 1965 par Colmet-Daage et Lagache¹.

Les sites étudiés se répartissent sur cinq ensembles de sols au sein desquels on peut percevoir de nombreuses nuances. Le tableau suivant donne les rattachements au Référentiel Pédologique français de 2008.

Tableau 1 : rattachement des sols au RP 2008, par site étudié

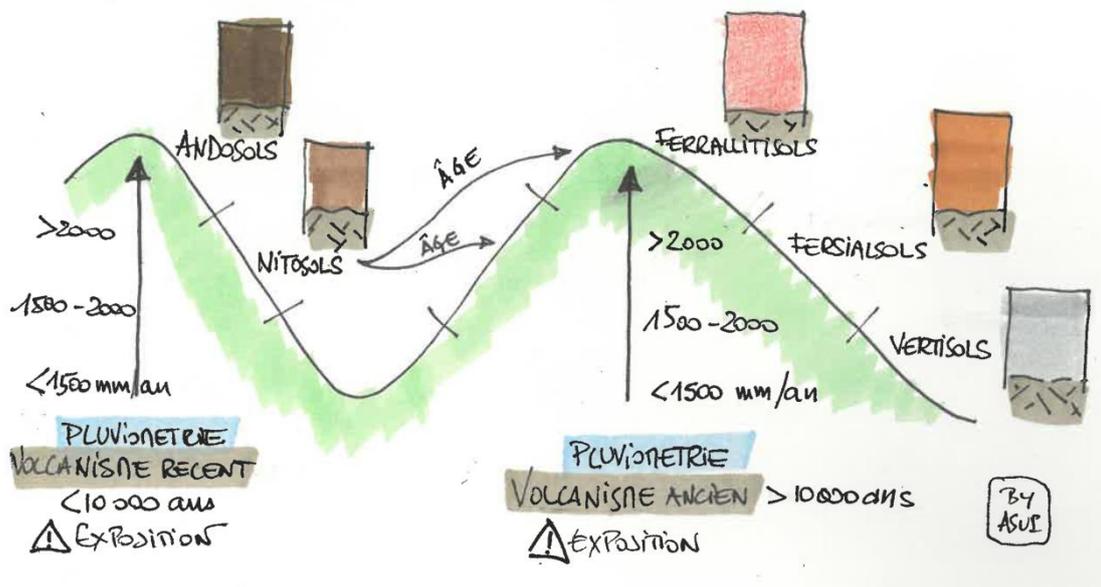
site	notation	Rattachement général au référentiel pédologique RP 2008
1	I	Sols rouges à montmorillonite -> FERSIALSOLS
2	V	Sols à propriétés vertiques -> VERTISOLS
3	N/Gd	Sols en évolution entre FERRALITISOLS et VERTISOLS
4	Ha	Sols « brun-rouille à Halloysite » -> NITOSOLS
5	Pd	Sols à allophanes -> ANDOSOLS

¹ 1965, Cahiers de l'ORSTOM, pédologie, volume 3, pp91-121

La répartition de ces sols dans le contexte martiniquais dépend du type de matériau parental à partir duquel ils se développent, du contexte climatique (altitude, exposition, position géographique), de l'occupation des sols et de l'âge de la formation parentale. Il faut noter à ce titre que les informations disponibles dans la carte de Colmet-Daage sont des informations qui datent désormais d'une cinquantaine d'année, une durée suffisante pour que les sols puissent amplement évoluer dans la gamme des sols de NITOSOLS / ANDOSOLS / FERRALLITISOLS. En particulier, la formation d'argiles de type halloysite est un processus rapide surtout en climat tropical. Ajouté au fait que l'on observe de nombreux cycles de rajeunissement des sols par le biais de l'érosion, il faut alors se référer avec prudence à ces informations pédologiques disponibles dans les documents de 1970. En outre, **il faut insister sur le caractère très dynamique de ces sols lorsqu'ils sont soumis à des climats et à une végétation eux-aussi de très forte dynamique ou d'amplitude de variation. Notamment, les caractéristiques des horizons de surface sont susceptibles d'évoluer très rapidement du fait des changements d'occupation du sol (on pense essentiellement aux défrichements forestiers) et du fait des pratiques agricoles.**

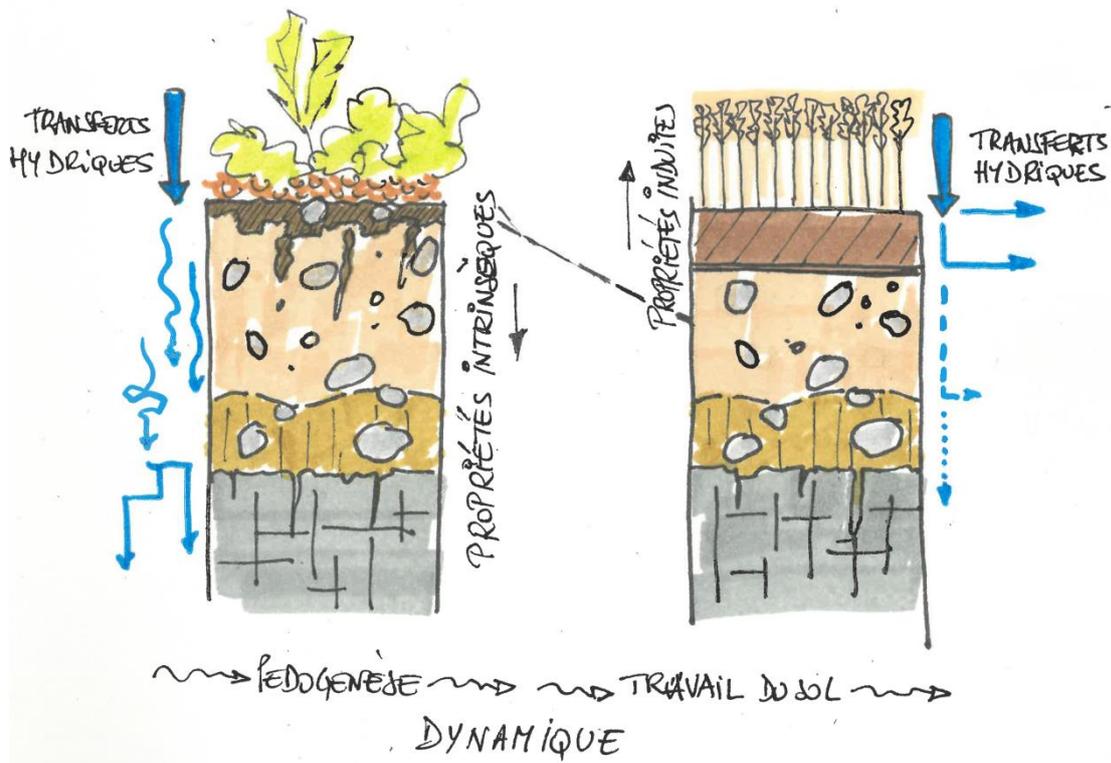
Le graphique ci-dessous illustre un mode de répartition des sols en Martinique en fonction de l'âge et de la pluviométrie (ici, on considère que les matériaux parentaux sont tous d'origine volcanique)

Figure : modèle de répartition simplifié des sols des sites étudiés dans le paysage



Par ailleurs, le schéma ci-dessous représente une différence importante dans la compréhension du fonctionnement des sols et des leviers d'action à mettre en œuvre.

Figure : propriétés intrinsèques et propriétés induites d'un sol



Les **propriétés intrinsèques** d'un sol dérivent de son évolution « naturelle » via ce que l'on appelle la pédogenèse.

Certaines de ces propriétés peuvent être modifiées par l'activité humaine, pour générer des **propriétés induites** : cela crée alors un « **horizon de responsabilité** », qui est l'horizon modifié.

Par exemple, le tassement du sol par les engins agricoles qui arrachent les bananeraies peut altérer les propriétés intrinsèques drainantes d'un sol issu de tufs volcaniques et le rendre imperméable en surface : **les leviers d'action doivent donc tendre vers la restauration de ces propriétés initiales importantes pour la résistance des sols aux à-coups climatiques.**

Chaque type de sol présente des caractéristiques propres, décrites notamment dans la notice de la carte de 1970 mais aussi reprises dans le Référentiel Pédologique français de 2008 (RP). On peut en donner quelques principes ci-après : ce sont ce que l'on nomme des **propriétés « intrinsèques »**.

Sols dits « bruns rouilles à halloysite » (exemple : site 4 – Fond Masure - Stephane Reveglia)

Dans le Référentiel Pédologique français de 2008, ces sols se rattachent aux **NITOSOLS**. Ils sont décrits de façon frustrante et pour en avoir une vision plus exhaustive, il est conseillé de se rapporter à la classification WRB mondiale. En Martinique, ces sols correspondent à une évolution d'un matériau parental de type volcanique sous un climat tropical qui présente une **courte saison sèche**. Ici, ils sont donc normalement localisés dans une frange altitudinale médiane de l'île. Normalement, ces sols sont caractérisés par la **présence d'halloysite**, une argile formée à partir des matériaux pyroclastiques. La teinte des sols est **brune à ocre**, ils sont très argileux mais la nature de ces argiles leur confère une plus grande stabilité par rapport à l'alternance saison sèche / saison humide (ce qui n'est pas le cas de VERTISOLS comme on va le voir plus loin).

Ils sont en réalité la première étape de l'évolution des sols tropicaux et intertropicaux vers la « ferrallitisation », comme dans le cas du site 3.

Mais si une saison sèche apparaît de façon plus nette, alors on constatera l'apparition progressive de montmorillonite, un autre type d'argile, dont la présence va structurer le sol différemment pour conduire à former des FERSIALSOLS comme dans le site 1 (cf description ci-après).

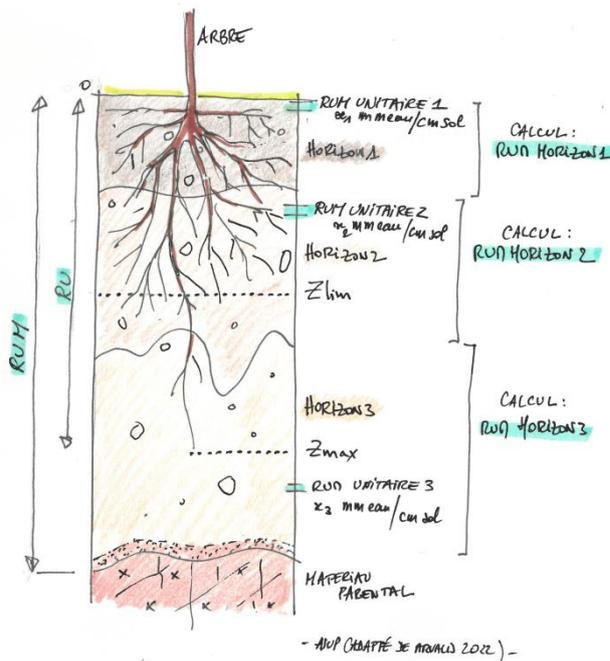
On observe dans les profils de sols de nombreuses caractéristiques liées à la présence des argiles de type halloysite. Cette néoformation à partir de verres pyroclastiques (des tufs, des cendres, non cristallisées) débute à peine quelques années après la mise en place des matériaux parentaux. La limite altitudinale « haute » de ces sols est assez difficile à percevoir car ils laissent alors la place aux sols à caractère andosolique. Mais avant que la pédogenèse ne s'oriente complètement vers l'andosolisation, des horizons de surface à caractère andosolique peuvent être observés dans certains NITOSOLS. A noter que le paramètre pluviométrie peut également être influencé par l'orientation et les phénomènes d'abris liés à la topographie complexe de l'île.

Les NITOSOLS sont intéressants en matière agronomique car² ils présentent une CEC élevée, la biodisponibilité du phosphore peut être élevée, et donc les stocks minéraux et organiques seront potentiellement élevés. Ils peuvent s'acidifier progressivement si les stocks de matières organiques et les apports divers ne rechargent pas suffisamment les éléments minéraux tels que le K, Ca, Mg etc. Leur RUM est élevée et leur perméabilité est forte.

Le schéma ci-après précise la notion de RUM et de profondeurs exploitables par les racines.

² Pour toute la terminologie liée aux sols, se référer aux ouvrages écrits dans le cadre du programme MYCONOVA, notamment le volet « CMA » et le volet « SOLS »

Schéma d'explication : RUM, Zlim, Zmax



Dans ce schéma, le **RUM** représente le réservoir d'eau maximal dans le sol, souvent jusqu'au matériau parental, c'est-à-dire le volume de sol potentiellement exploitable par un système racinaire théorique jusqu'à une contrainte d'enfoncement. La **RU** représente une fraction de ce réservoir, c'est-à-dire le volume à partir duquel les racines d'un végétal donné vont réellement s'alimenter. **Zlim** et **Zmax** sont les profondeurs d'enracinement du végétal : **Zmax** est la profondeur maximale à laquelle on observe les racines d'une espèce végétale, **Zlim** est la profondeur maximale d'exploitation efficace de ce même système racinaire.

En revanche, **Les NITOSOLS** sont très sensibles aux processus de dégradation, notamment à l'érosion et à la compaction. La texture argilo-sableuse observée dans les sols diagnostiqués suggère aussi que le choix des outils agricoles et celui des itinéraires techniques est fondamental.

Sols à caractère andosolique et ANDOSOLS (ex. : site 5 – Yanne Fitte-Duval)

Les **ANDOSOLS** correspondent à l'évolution des matériaux parentaux pyroclastiques sous climat tropical **sans saison sèche marquée** : on les trouvera donc plutôt en altitude et dans le versant au vent de la Martinique. L'altération qui touche les matériaux vitreux n'est plus la même que celle qui oriente la formation des NITOSOLS : il s'agit ici d'une hydrolyse des verres à caractère basique (basalte, andésite etc.). Les minéraux paracrystallins formés (dont l'allophane) ont une forte capacité d'adsorption des matières organiques, d'où le caractère souvent **très humifère et très sombre** des horizons de surface. Dans le cas de la Martinique, on se situerait plutôt dans le domaine des VITRANDOSOLS et des SILANDOSOLS.

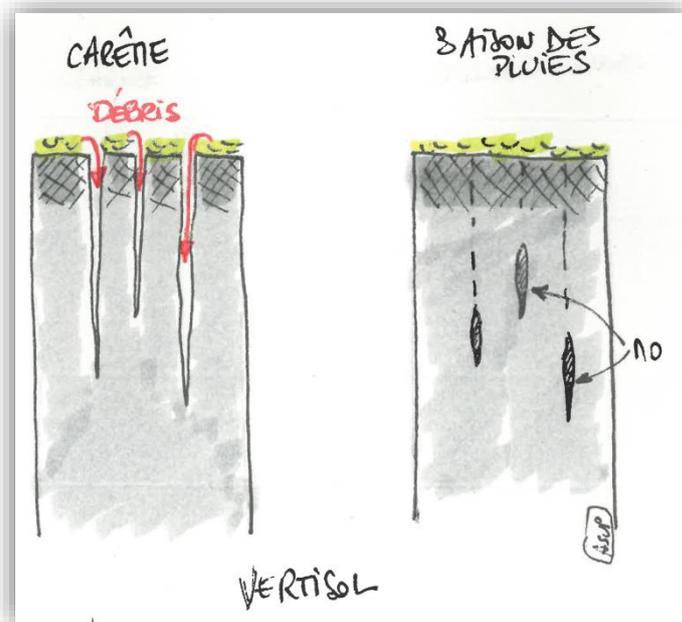
D'un point de vue agronomique, ces sols se caractérisent par une **rétenion importante du phosphore**, d'où de possibles carences. Ils ne sont pas très acides et leur CEC est correcte. Ils sont généralement **très micro-poreux**, donc plutôt **drainants**. Leur RUM est très élevé du fait des caractéristiques spécifiques des allophanes, dont le pouvoir de rétention de l'eau est très élevé. Ils offrent souvent peu de contraintes à l'enracinement, mais des horizons plus compacts peuvent apparaître en profondeur en relation avec des matériaux volcanique de composition différente : c'est donc plutôt la nature du matériau volcanique qui détermine Zlim que celle des horizons des Andosols.

En revanche, ils sont sensibles à l'érosion et leur dessiccation entraîne un caractère poudreux et friable qui les rend particulièrement sensibles à la dégradation : il faut donc leur conserver un caractère humide pour ne pas augmenter leur dégradation. Leur taux de matières organiques est aussi fragile et sensible à des à-coups climatiques. Un travail du sol trop intense peut conduire au compactage de surface, détruisant ainsi tout le bénéfice de la structure aérée décrite auparavant.

Sols à caractère vertique et VERTISOLS (exemple : site 2- Jean-Louis Beliard)

Ces sols se caractérisent par leur caractère argileux, mais ces **argiles gonflent et se rétractent** en fonction de **l'alternance très contrastées de saisons sèches et humides**. Ces mouvements du sol déterminent des structures spécifiques et une certaine dynamique de celles-ci : en saison sèche, donc en carême,, de **profondes fentes** apparaissent (= fentes de retrait), tandis qu'en saison humide, en saison des pluies, le sol « reprend en masse » car les fentes se referment. Ce sont donc des sols « lourds », difficiles à cultiver, avec de faibles perméabilités.

Figure : fonctionnement d'un VERTISOL sur deux saisons



L'incorporation des débris de surface et de matières organiques diverses s'effectue en deux temps, entre carême et saison des pluies. C'est un mécanisme que l'on rattache à de la « pédoturbation ».

D'un point de vue agronomique, ces sols entraînent donc des **contraintes fortes pour les racines**, qui peuvent être écrasées en saison humide, puis coupées en saison sèche. Les espèces végétales doivent être adaptées à ces contraintes, généralement plus propices aux espèces annuelles qu'aux espèces pérennes. La fertilité physique est donc l'un des points problématiques de ces sols.

La CEC est généralement élevée à très élevée. Cette CEC est saturée, c'est-à-dire que la réserve en éléments minéraux Ca, K, Mg est élevée, conférant aux sols une bonne fertilité chimique. Le pH_{eau} naturel de ces sols est inférieur à 6 dans les sites étudiés. A noter que l'activité biologique a souvent du mal à s'exprimer correctement dans ces sols à forte contrainte physique. La biodisponibilité du P peut être médiocre, du fait d'un blocage sous forme de combinaisons minérales P-Ca.

La teneur en matières organiques est souvent moyenne à faible, limitant donc les possibilités de stabilisation de l'alternance humectation/dessiccation. Comme l'activité biologique est aussi plus faible, les apports d'amendements organiques à vocation stabilisante d'une structure plus favorable (c'est-à-dire les matières organiques les plus stables) sont moins bien dégradés et les

matériaux apportés peuvent subsister plus longtemps dans leur forme initiale, donc sans effet sur cette structure : c'est par exemple le cas des BRF ou autres apports de matériaux lignifiés. Cela signifie que la dégradation des apports de litières liées à la taille (et au broyage) des alignements agroforestiers sera plus longue. A noter malgré tout que le fait de créer de profondes fentes entraîne la chute d'éléments fins au fond de ces fentes, dont potentiellement de matières organiques, ce qui peut entraîner un brassage vertical plus important que celui qui serait fait par un travail mécanique du sol.

Sols à caractère fersiallitique et FERSIALSOL (exemple : site 1- Valériane Eustache)

Les **FERSIALSOLS** se caractérisent par une teneur en argile élevée (ici des montmorillonites, ce qui a conduit les pédologues à appeler ces sols des sols rouges à montmorillonite), mais une **structure très fine**, polyédrique, **très stable**, ce qui confère aux horizons un comportement **plutôt drainant**. La couleur dominante des sols est le **rouge** ou le **rouge orangé**. Ils se forment en climat humide mais avec une saison sèche accusée.

D'un point de vue agronomique, ces sols présentent donc une très bonne fertilité physique, un pH_{eau} plutôt acide, une CEC élevée. Les teneurs en éléments minéraux sont fortes. La capacité de rétention en eau est élevée.

Le RUM sera en principe fort, avec de faibles contraintes d'enracinement : Zlim est donc a priori profond. Attention toutefois, certaines altérations du matériau parental peuvent conduire à créer une compacité importante, qui va former un plancher difficilement pénétrable par les racines. C'est le cas dans le site 1, où l'on constate des propriétés presque vertiques dans les horizons de moyenne profondeur, mais avec une teinte rougeâtre qui différencie bien ce sol des VERTISOLS classiques.

Sols à caractère ferraLlitique ou FERRALLITISOLS (exemple : site 3 – Jean François Panor)

Il s'agit du terme de la pédogenèse de certains sols en condition humide à très humide, donc sur des matériaux parentaux anciens. Ils vont donc suivre les NITOSOLS dans l'évolution après de longues périodes, mais aussi des FERSIALSOLS si l'âge et la durée des périodes sèches augmentent. Ils suivent les VERTISOLS plus en altitude, lorsque la pluviométrie annuelle totale augmente.

Ils se caractérisent par une **teinte rouge**, une teneur en argile élevée, mais c'est **la kaolinite qui domine** : il en résulte que la structure sera stable, très peu sujette aux mouvements internes qui caractérise les VERTISOLS. La structure est souvent fine à très fine, mais on observe des **horizons compacts** et épais à faible ou moyenne profondeur dans les sites étudiés. Cela signifie donc que **Zlim sera peu profond**, donc que **le RUM sera faible**, compensé par la pluviométrie. **La profondeur atteinte par les racines est également affectée par la toxicité aluminique qui peut régner dans certains horizons profonds, en relation avec une augmentation de l'acidité de ceux-ci.** Ces sols superposent donc **un volume poreux et perméable de surface sur des**

volumes peu perméables en profondeur. La porosité étant très fine, les transferts d'eau seront plus lents que dans les FERSIALSOLS par exemple, où les agrégats sont nettement moins fins.

La CEC est relativement élevée, avec un taux de saturation peu à moyennement élevé, donc la fourniture naturelle en éléments minéraux majeurs P, K, Ca est moyenne : c'est une des caractéristiques des FERRALLISOLS de la Martinique qui sont issus de matériaux andésitiques. Mais le pH_{eau} est malgré tout généralement acide à très acide en profondeur, générant donc une potentielle toxicité aluminique. **La biodisponibilité du P en est impactée, celui-ci se retrouvant rétrogradé dans des édifices minéraux de deux types : P-Fe et P-Al.**

SITE 1 : FONDS LAPIERRE – VALERIANE EUSTACHE

GEOMORPHOLOGIE, CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE, CONTEXTE PHYSIOGRAPHIQUE

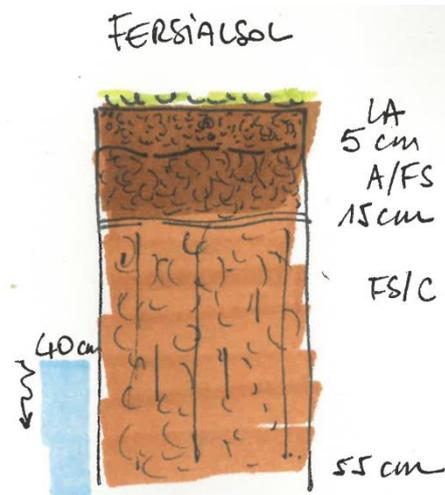
Replat en bas de versant, au sein d'un ensemble de versants plus abrupts boisés. Orientation nord. Altitude 150m.

Environnement immédiat de végétation dense (arbres, arbustes).

CONTEXTE PEDOLOGIQUE

Ce site est implanté sur un **FERSIALSOL** ou « sol rouge à montmorillonite ».

photo 1 : site 1 V. EUSTACHE



Profil de sol

Solum OL/LA/A-FS/FS-C*

OL -2cm à 0cm : litière neuve à faiblement fragmentée

LA 0 à 5cm : argileux, couleur brun rouge très sombre 10R43, structure polyédrique très fine à micro-grumeleuse, horizon meuble, frais à humide, <1% EG, non calcaire, très poreux, perméable, AB forte, pas d'indice d'engorgement

A-FS : 5cm à 15cm : argileux, couleur brun rouge moyen 10R46, structure fluffy peu nette, horizon peu compact à meuble, humide, non calcaire ; <1%EG ; très poreux, perméable, AB forte. Limite inférieure brutale, pas d'indice d'engorgement.

FS-C : 15cm à 55cm : argileux, couleur brun rouge clair 10R56, structure polyédrique fine 5mm à sur-structure massive nette ; horizon compact, humide à saturé à partir de 40cm, <1% EG, non calcaire, peu poreux, peu perméable.

* Les lettres renvoient au « dictionnaire » des types d'horizons dans la classification française. Une présentation assez simple dans : <https://www.denis-baize.fr/documents/Codage-Horizons-RP2008.pdf>

Note : Cette terminologie sert de référentiel pour les pédologues et agronomes experts en description des sols. Elle est donnée ici pour un souci de précision mais n'est pas nécessaire pour la compréhension des descriptions qui sont données des différents horizons.



Etat de surface, avec une litière peu épaisse. Densité importante de végétation

Commentaire sur le fonctionnement de ce sol :

On note une très nette discontinuité structurale à 15cm dans ce sol : on passe brutalement d'horizons finement structurés et meubles à des horizons très compacts peu structurés. L'historique de la parcelle est peut-être à l'origine de cette discontinuité : ancienne exploitation de bananes, arrachées à la machine avec tassement intense des sols. Mais certains FERSIALSOLS présentent aussi en profondeur des propriétés verticales (cf site 2) : ici, on ne retient pas cette hypothèse en premier.

Les propriétés intrinsèques de ce FERSIALSOL sont maintenues en surface : très belle structure, porosité importante, perméabilité élevée, structure stable, sol argileux rougeâtre etc. Il est donc possible que les horizons plus profonds aient été modifiés à l'occasion du changement de culture.

L'enracinement est intense dans les 15 premiers centimètres du sol : enracinement traçant essentiellement horizontal, avec exploration racinaire intense. En surface, on note aussi une forte densité de racines qui explorent la litière. Au-delà de 15cm de profondeur, on note une quasi absence de racines. L'activité biologique suit un peu la même logique.

Ce sol présente un comportement hydrodynamique en deux phases :

Un volume de surface micro-structuré avec une très bonne perméabilité qui permet de bons transferts de l'eau d'infiltration depuis la surface

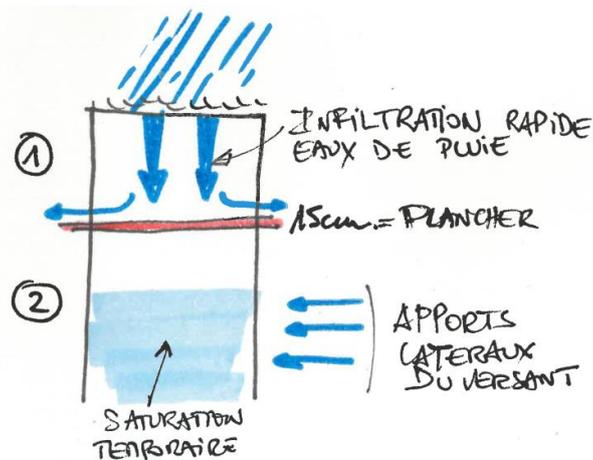
Un volume profond compact et moins bien structuré qui joue le rôle d'un plancher vis à vis des mécanismes d'infiltration, mais qui est lui-même le siège de circulations hydriques en provenance du versant amont : il peut exister un engorgement intense une partie de l'année.

Il en résulte que Zlim est probablement situé aux alentours de 15cm, de même que Zmax. A la différence du site 2 en VERTISOL, ici l'intégralité du volume de sol entre 0 et 15cm de profondeur est potentiellement exploitable et pas seulement les fissures inter-agrégats. Or, ce foisonnement racinaire auto-entretien la structuration très fine des horizons : il manque donc des espèces végétales pouvant pénétrer au-delà de la discontinuité pour établir des connexions plus fonctionnelles entre les deux grands volumes.

RUM³unitaire : 1.4 à 1.5 mm eau / cm de sol pour LA et A-FS ; 1.1 à 1.3 mm eau / cm sol pour FS-C.

Ce fonctionnement peut être représenté comme suit (figure ci-après).

Figure 1 : schéma de fonctionnement hydrodynamique du FERSIALSOL du site 1



D'un point de vue chimique, on dispose ici d'une analyse de terre réalisée en 2022 par le laboratoire Auréa (méthodes et incertitudes disponibles sur le bulletin).

La CEC est de 29meq/100g, en rapport avec la teneur présumée en argile et la forte teneur en MO : c'est une valeur élevée. Dans la continuité, la teneur en C_{org} est aussi élevée, donc la teneur en matières organiques aussi : 3.8%, ce qui peut expliquer la couleur sombre et terne de l'horizon de surface ; on peut supposer que l'horizon A-FS est lui-aussi bien pourvu en matières organiques.

La CEC est désaturée, avec une dominance du calcium puis du potassium. **La biodisponibilité du P est faible à très faible, celui-ci étant logiquement engagé dans des combinaisons minérales P-Al peu altérables.**

Mais le pH_{eau} est en revanche très acide : 4.3, ce qui entraîne une teneur en aluminium élevée, 909mg/kg : de tels niveaux suggèrent l'existence de toxicités aluminiques qui sont préjudiciables à la santé racinaire. **Ces valeurs de pH_{eau} conjuguées à l'engorgement dans les horizons plus profonds, conduisent aussi à diminuer les possibilités de croissance racinaire dans l'ensemble du volume du sol. Toutefois, elles mettent en évidence l'importance des auxiliaires symbiotiques adaptés dans la défense de la plante contre les conditions chimiques extrêmes.**

³Dans tout le rapport, les valeurs données sont indicatives et issues des observations de terrain, sans validation analytique

SITE 2 : JL BELLIARD – LE FRANÇOIS

GEOMORPHOLOGIE, CONTEXTE TOPOGRAPHIQUE, CONTEXTE PHYSIOGRAPHIQUE

Long versant de pente douce, orienté Est, Façade Atlantique « au vent ». Altitude 45m.

Environnement de bosquets d'arbres, à proximité de plantations de bananiers.

CONTEXTE PEDOLOGIQUE

Ce site est implanté dans un contexte de VERTISOL, dont nous avons décrit les principales caractéristiques génériques.

photo 2 : site 2 JL Béliard



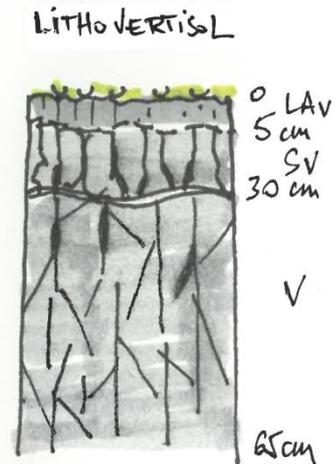
Situation du profil de sol : entre deux arbres fruitiers (longanes). Etat de la surface du sol : très peu de litière sur le sol.



Profil de sol



« nettoyage » du profil, pour mettre en « évidence les horizons du sol



Profil de sol

Le profil a été réalisé alors que le sol est humide et très plastique, en lien avec la période climatique encore très pluvieuse. Le schéma de droite en donne une représentation : il n'y a pas de fente ouverte,

Solum OL/LAV/SV/V :

OLn+OLv -1 à 0cm, litière neuve à vieille, pas d'indice d'horizon OF

LAV 0 à 5cm : compact, gris moyen 25Y52, Surstructure prismatique 8cm à sous-structure polyédrique moyenne 2cm, 2% EG, non calcaire. AB moyenne, pas d'indice d'engorgement.

SV 5 à 30cm : compact, gris clair 25Y62, à trainées verticales 25Y42, structure prismatique 10cm peu nette. 2% EG, non calcaire. AB moyenne

V 30 à 65cm : très compact, gris jaune clair 25Y72, structure prismatique 20cm à sphénoïde peu nette ; faces de glissement. AB faible, 5%EG



Agrégats de surface

Surstructure prismatique 8cm à sous-structure polyédrique moyenne 2cm

Agrégats sensiblement altérés qui montrent une fissuration en cours de création malgré la période très pluvieuse.

Les horizons sont globalement très compacts, la structure prismatique caractéristique des VERTISOLS est peu évidente à observer. On note toutefois une réelle différence de compacité dans le profil entre SV et V.

Zlim est estimé à 30cm environ. Zmax en période humide = 30cm.

RUM unitaire : 1.2 à 1.4 mm eau / cm sol pour LAV, 1.1 à 1.2 mm eau / cm sol pour SV et V.

Observations racinaires : Il n'y a pas de racines superficielles : elles s'étagent plutôt de manière homogène sur l'ensemble des 65 cm visibles dans la fosse. **Cette absence de racines superficielles pourrait être mise en lien avec l'absence d'un horizon de surface friable et riche en matière organique**, puisque ce n'est pas le cas de LAV.

Nous verrons que cette caractéristique du sol justifiera particulièrement une utilisation de mulchs en surface pour des cultures demandant un développement de racines fines superficielles pour bien fonctionner.

Les racines apparaissent principalement situées entre les agrégats et dans des zones plus sombres à noirâtres et qui paraissent plus finement structurées (« émiettées »). **Les racines sont aplaties, cisillées, certaines sont nécrosées.** Dans les zones de fentes, elles sont en peigne, et se mettent à foisonner dès qu'elles pénètrent dans les zones plus sombres. Cette couleur peut être due à l'accumulation de matières organiques, litières, etc. dans le fond des fentes de retrait ; ce sont alors des sources de nutriments importantes pour les racines qui arrivent à pénétrer en profondeur et suivre les fissures entre agrégats. **On peut considérer ces poches comme des « micro-sols » dans lesquels des racines vont pouvoir temporairement foisonner et s'alimenter.**

Ce sol exprime donc bien toutes les propriétés intrinsèques d'un Vertisol typique (ici, un LITHOVERTISOL) : compacité, teneur en argile élevée, mouvements dans le sol, comportement hydrodynamique particulier. Ces paramètres sont relativement stables dans le temps et il est difficile de palier les contraintes que cela entraîne pour les espèces végétales.

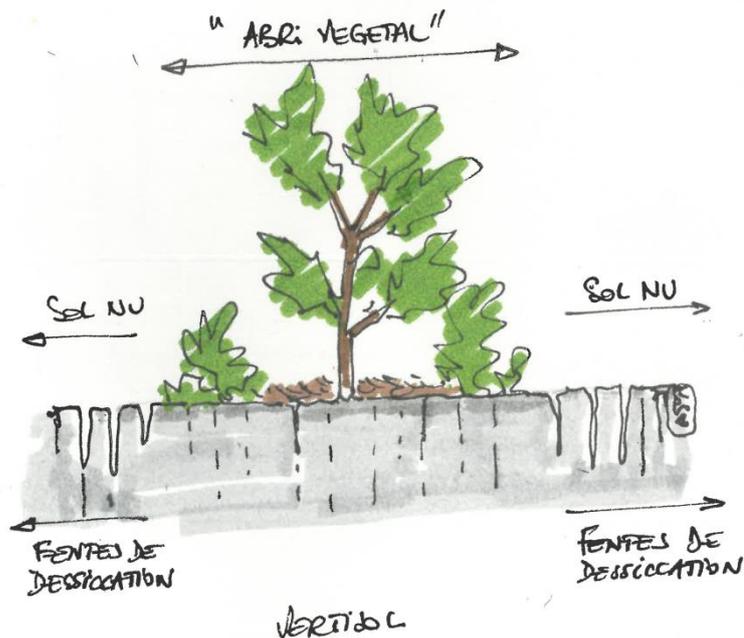
D'un point de vue chimique, en l'absence d'analyse récente, on ne peut que poser l'hypothèse d'une CEC élevée où le calcium et le magnésium seront dominants. Il est possible également que les teneurs en sodium soient élevées, en rapport avec la pédogenèse de ces sols.

CONSEQUENCES SUR LE COMPORTEMENT HYDRODYNAMIQUE, L'ENRACINEMENT, LA GESTION

Ce sol présente un comportement hydrodynamique particulier : une fois desséché, il ne se réhumectera correctement qu'après de longues périodes de pluies ou d'irrigation. Celles-ci ne seront en outre pas efficaces dans la mesure où une partie transitera rapidement dans les fentes, mais sans affecter le centre des agrégats et donc le sol lui-même ; il s'ensuit une saturation de ces fentes, puis création d'un ruissellement intense en surface, d'où perte d'eau latéralement.

Il est donc fondamental que ces sols ne sèchent pas : c'est le rôle des mulchs ou des abris que peuvent représenter des strates végétales hautes, des arbres fruitiers notamment.

Figure : Fentes de dessiccation et « abri végétal » multi strates



En absence de gestion adaptée, les racines ne vont pas pouvoir bénéficier d'un volume de prospection suffisant dans les horizons de surface, que ce soit dans la litière ou dans les 5 premiers centimètres du sol, un peu plus humifères.

Cela rend très sensible le système racinaire vis-à-vis des à-coups climatiques et en particulier vis-à-vis des épisodes de sécheresse.

On peut aussi se poser la question du Design Paysager qui permettrait de lisser les épisodes pluvieux, surtout en fin de saison des pluies, pour créer des réserves d'eau susceptibles de maintenir les sols humides pendant le carême. De ce point de vue, il semble plus simple de créer des zones de bosquet denses plutôt que des alignements.

Dans ces types de sol, on peut aussi poser l'hypothèse de l'importance fondamentale que revêt la présence de tuteurs vivants pour la culture de la vanille : Les racines des tuteurs vivants vont permettre d'améliorer et de maintenir la fragmentation des horizons, améliorant ainsi le bilan hydrique et pérennisant les aménagements.

Site 3 : Fougainville – Jean François PANOR

Géomorphologie, contexte topographique, contexte physiographique

Bas de versant à pente adoucie, Altitude 40m. Orientation Est, centre sud de la Martinique. Environnement de bosquets d'arbres et de haies, sous un long versant forestier.

Contexte pédologique : Ce site est implanté sur un contexte d'intergrade entre des VERTISOLS et des FERRALLITISOLS ; les observations montrent clairement qu'il s'agit d'un FERRALLITISOL MEUBLE.

	<p>FERRALLITISOL L</p> <p>OLOF LAh 5cm F1 15/20 cm F2</p>
<p>Profil 1 de sol (zone travaillée quatre ans auparavant). Blocs en surface, liés au démantèlement des formations basaltiques massives et au transport des matériaux dans le versant à l'amont.</p> <p>Solum OLOF/LAh/F1/F2.</p> <p>OLOF : -3cm à 0 : Litière neuve à altérée, nombreux indices de fragmentation</p> <p>LAh : 0 à 5cm : horizon meuble, argileux (argile lourde), micro-agrégé, rougeâtre sombre 5R43, frais à humide, très poreux, très perméable, forte activité biologique AB, <1% EG, non calcaire, pas d'indice d'engorgement</p> <p>F1 : 5cm à 20cm : horizon meuble, argileux (argile lourde), micro-agrégé, rougeâtre clair 5R48, frais à humide, très poreux, très perméable, forte activité biologique, <1% EG, non calcaire, pas d'indice d'engorgement, limite inférieure très brutale.</p> <p>F2 : 20cm à 100cm : horizon compact, argileux (argile lourde), sur-structure massive à sous-structure polyédrique très fine 3mm très nette, rouge brun clair 5R58, <1%EG, AB faible, non calcaire, pas d'indice d'engorgement</p>	
	<p>Profil 2 en zone non travaillée : les horizons poreux et meubles s'étendent entre 0 et 10cm de profondeur à peine. La litière est beaucoup plus épaisse que précédemment.</p>



Etat de surface, mulch et litière fortement prospectés par les racines



Racines densément mycorhizée ; on voit bien la microstructure de l'horizon de surface en arrière-plan de la racine.

Ce site permet d'observer un même sol sous deux états de pratiques agricoles. Le sol travaillé (il y a quatre ans) permet d'augmenter l'épaisseur des horizons poreux et perméables et meubles.

Globalement, le sol est argileux, avec Zlim qui s'établit vers 20cm pour le profil 1

RUM unitaire est de 1.3 à 1.5 mm d'eau / cm de sol pour LAh, puis 1.1 à 1.2 mm d'eau / cm de sol pour F1 et F2.

Observations racinaires : les racines sont nombreuses dans l'horizon LAh, la densité diminue ensuite dans F1 et F2 ; ce dernier est malgré tout exploré par quelques racines. Les racines sont horizontales, saines. On observe de très nombreuses racines fortement mycorhizées à l'interface entre la litière et le sol. Trois types de racines sont présents dans les observations : racines de l'Arbre à pain, du *Gliricidia* et de la Vanille. Ces dernières explorent abondamment le volume de litière.

La CEC de ce type de sol est élevée, en relation avec la teneur en argile et celle en matière organiques au moins dans l'horizon de surface LAh. Généralement, le taux de saturation est de l'ordre de 50% à 60%. Le pH_{eau} est acide à neutre, mais nous n'avons pas de résultat analytique pour le sol de cette station. La nature dominante des argiles s'oriente vers le pôle de la kaolinite.

Le comportement hydrodynamique est le suivant : l'eau pénètre vite et facilement dans l'horizon de surface, via la porosité très développée (les argiles majoritaires ne sont pas des argiles gonflantes), mais l'infiltration verticale est rapidement arrêtée par la rupture de compacité très abrupte avec F2. Cela induit de forts transferts latéraux, dont la vitesse est ici diminuée par la position topographique de la parcelle. Des engorgements temporaires de faible profondeur sont donc possibles au cours de la saison des pluies.

On note aussi un phénomène intéressant : l'épaisseur de litière est plus importante dans la zone de sol non travaillée que dans la zone de sol travaillée. Il est fréquent que, dans ces types de sols,

la porosité et la forte teneur en matières organiques de l'horizon de surface génèrent une activité biologique intense qui contribue à intensifier les cycles d'altération des litières pour former rapidement un horizon d'humus, mais horizon qui reste généralement peu profond. Ici, il semble que le travail du sol puisse contribuer à accélérer ou intensifier les processus, avec incorporation plus rapide de matières organiques et turn-over de la litière qui génère de plus faibles épaisseurs en surface. Les conséquences pour les transferts d'éléments nutritifs vers la racine de vanille, qui prospecte dans ces volumes de surface, en seraient alors modifiées (quantité/qualité ?) par rapport à un sol naturel non travaillé.

La capacité de minéralisation des matières organiques de ces sols est aussi l'un des aspects de leur fonctionnement, à approfondir : en effet, si les cycles C et N sont rapides, on peut aussi imaginer qu'ils seront fortement influencés par des à-coups climatiques ou une mise en lumière trop intense : la question se pose alors de l'avantage que procurerait une culture en bosquets ou sous forêt de la vanille plutôt qu'en plantation sur précédent prairie naturelle, cette dernière étant, au moins au départ de sa mise en œuvre, peu protectrice.

SITE 4 : FOND MASURE – STEPHANE REVEGLIO

Site implanté au Morne Vert, route de Lajus, Martinique nord, en versant à pente forte orienté sud-ouest, dans un fond de talweg. 270m d'altitude.

Environnement boisé : ancienne savane devenue versant boisé.

CONTEXTE PEDOLOGIQUE

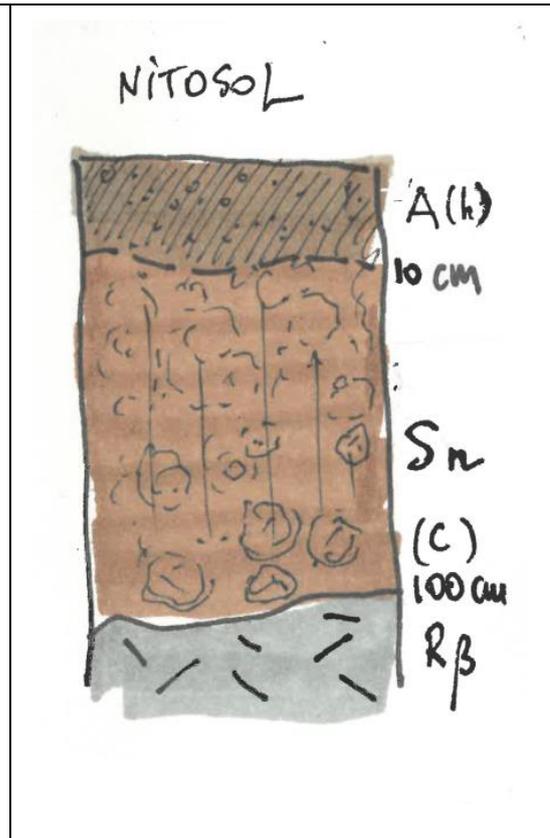
Ce site est implanté dans un contexte de sol brun-rouille à Halloysite, c'est-à-dire un NITOSOL, issu d'andésite sombre (faciès carbet).

Site 4 - Fond Masure



Etat de surface : litière très peu épaisse car rapidement décomposée et incorporée en humus dans le sol

Racine de Vanille. Les racines sont très superficielles et se développent dans la litière de feuille



Profil de sol : zone non travaillée, sous « tuteur vivant » de cacaoyer.

Solum : OL/A(h)/Sn/C/R

OL : -1 à 0 cm : litière peu épaisse et discontinue

A(h) 0 à 10cm : horizon meuble, argilo-limoneux à limono-argileux, brun jaune sombre 75YR44, structure polyédrique émoussée à grumeleuse 3mm ; poreux, perméable ; forte activité biologique, 2% EG, frais, pas d'indice d'engorgement

Sn 10cm à 50cm : horizon meuble à peu compact, argilo-limoneux, brun jaune moyen 75YR56, structure polyédrique fine 5mm à surstructure polyédrique émoussée peu nette, AB forte. Poreux, perméable. 5% EG. Frais à humide, pas d'indice d'engorgement

C 50cm - : horizon peu compact, argilo-limoneux, brun jaune moyen 75YR58, structure polyédrique fine 5mm peu nette à surstructure polyédrique émoussée 5cm nette. Moyennement poreux et perméable. 10% EG altérés. Humide. Pas d'indice d'engorgement.

Sans site témoin travaillé, il est difficile d'affirmer que l'abandon du travail du sol dans ce site a contribué à modifier les caractéristiques du sol. **Toutefois, on observe des horizons poreux et perméables sur une épaisseur importante et une très forte activité biologique.**

Le RUM unitaire est de 1.7 à 1.8 mm d'eau / cm de sol pour A(h) ; 1.1 à 1.3 mm d'eau / cm de sol pour les autres horizons.

Zlim est situé aux alentours de 100cm : **c'est l'un des sites où le sol présenterait le moins de contraintes d'enracinement.** Donc le RUM total pourrait être élevé.

L'enracinement est intense dans l'horizon humifère A(h) ; il est fort également dans les autres horizons, avec des racines traçantes plutôt horizontales et de diamètre important. En surface, la densité racinaire dans la faible épaisseur de litière est très forte. Les arbres et arbustes, dont le cacaoyer, exploiteraient donc des volumes importants de sol. Tous les horizons du sol participeraient donc à l'alimentation minérale et hydrique, et pas seulement l'horizon de surface comme on le voit fréquemment. Cette exploitation plus profonde des sols entraîne un brassage des éléments minéraux profonds et leur incorporation dans les transferts vers la plante. Les effets de compétition avec les autres végétaux pour l'eau et pour les ressources minérales seraient donc moindres.

L'épaisseur de litière est très faible et les apports liés aux cacaoyers sont incorporés rapidement dans le sol, témoignant probablement d'une intense activité microbienne (sachant donc que c'est un site où l'activité biologique visible est la plus intense). On peut poser l'hypothèse que cela induit par ailleurs un fonctionnement différent des racines mycorhizées. **En système naturel, le turn-over rapide de la MO depuis la surface est intéressant, mais il l'est moins en système de production de vanille : il faut donc recharger en litière la surface sans quoi les racines de vanille se retrouveraient rapidement à l'air.**

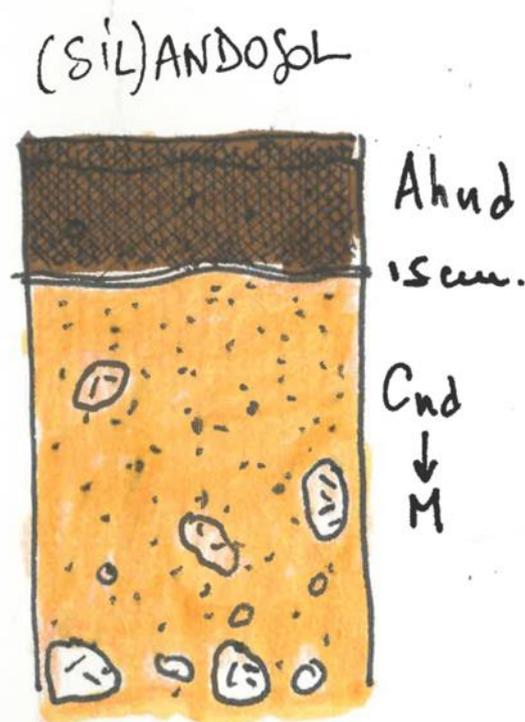
Nous n'avons pas de donnée analytique sur le sol ; les grandes tendances de ces sols sont toutefois une CEC assez élevée, avec un taux de saturation élevé et un pH_{eau} neutre à faiblement acide. En revanche, la part de limons dans la texture peut induire une certaine sensibilité au compactage, d'autant plus préjudiciable que le site est en pente (= érosion possible) et que l'exploitant passe au même endroit autour de ses tuteurs vivants (pas de possibilité de les bouger).

SITE 5 : BALATA – YANNE FITTE-DUVAL

Site implanté route de Balata, Martinique nord, sur un replat sommital de morne étroit et abrupt. Orientation ouest. 570m d'altitude. Environnement boisé. Ce site est implanté dans un contexte de sol à allophane : nous posons l'hypothèse d'un SILANDOSOL (sous réserve de résultats analytiques sur les sols).

Vanille cultivée sur tuteur en bois mort.

site 5 : Balata



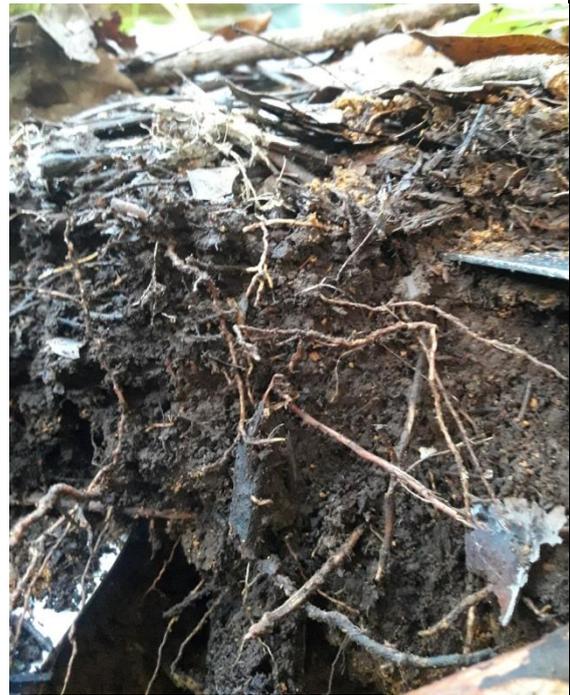
Profil 1 de sol

Solum OLOF/Ahnd/Cnd-M

OLOF : -3 à 0cm : superposition d'une litière peu décomposée et d'une litière très fragmentée

Ahnd : 0 à 15cm : couleur brun noir, structure micro-grumeleuse à micro-grenue, meuble, limoneux à limono-sableux, gras, humide, micro-poreux, perméable, 2% EG, non calcaire. Limite inférieure très franche. Pas d'indice d'engorgement. AB moyenne

Cnd-M : 15cm - : limoneux à limono-sableux, ocre orangé, peu à moyennement compact, structure grenue très fine à micro-polyédrique émoussée (tuffeux) ; humide, 5% EG, non calcaire. Poreux, perméable. De plus en plus compact vers la profondeur (limites peu nettes). AB faible. Un horizon Snd est possible mais peu net



Horizon de surface, avec la litière intensivement colonisée par les racines.

L'ensemble du solum présente toutes les caractéristiques des ANDOSOLS, avec un toucher gras, des horizons de surface très organiques, une texture plutôt limoneuse etc.

Le sol est poreux et perméable sur une profondeur importante, mais on perçoit des contraintes d'enracinement à partir de 15cm de profondeur. On propose $Z_{lim} = 15\text{cm}$ pour les racines les moins actives.

RUM unitaire = 2.4 à 2.7 mm d'eau / cm sol pour Ahnd ; 1.9 à 2 mm d'eau / cm sol pour les horizons plus profonds.

En absence d'analyse de terre, on peut néanmoins poser les hypothèses d'une CEC moyenne en profondeur mais forte en surface (en relation avec la teneur en matières organiques). Cette CEC devrait être moyennement saturée. Le pH_{eau} pourrait être supérieur à 6.

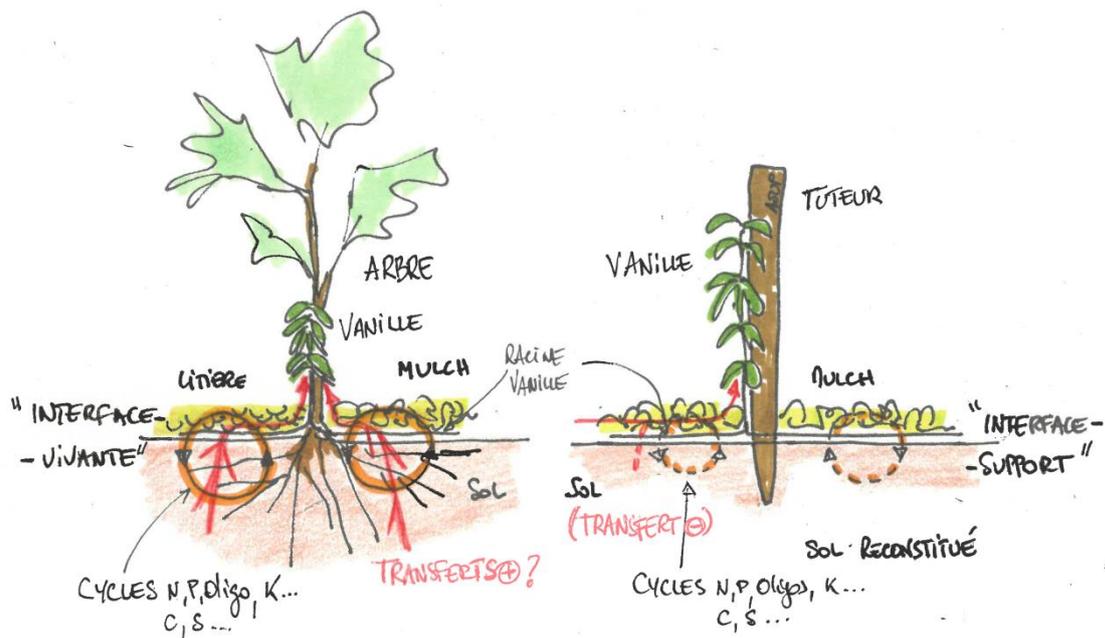
Le comportement hydrodynamique de ce sol est très particulier. En effet, il est doté d'une microporosité très développée mais malgré tout **sa capacité de rétention en eau est très élevée, surtout dans l'horizon de surface.**

Le développement racinaire est observé essentiellement dans les 2 premiers centimètres de sol et dans la litière. Il n'y a que très peu de racines au-delà, une donnée à mettre en relation avec le caractère faiblement végétalisé du site et les tuteurs non vivants.

L'un des intérêts de ce site réside dans l'utilisation de tuteurs non vivants. Si l'acquisition des caractères organoleptiques de la vanille se fait en partie via l'exploration de l'interface sol/litière, alors ce site propose une alternative où ces relations sont moins importantes que dans le cas d'une exploration racinaire par un arbre-tuteur. En effet, les racines de ce dernier, qui plus est associées à des symbiotes mycorhiziens, modifient certaines propriétés physico-chimiques et

biologiques des sols dans leur rhizosphère proche, ce qui peut entraîner des altérations dans les cycles des éléments minéraux ou dans les cycles biologiques. Des transferts spécifiques (molécules diverses) peuvent alors avoir lieu dans les interfaces, transferts dont pourrait bénéficier la racine mycorhizée de vanille qui explore l'un de ces interfaces. On peut également y étudier une comparaison intéressante avec les sites où le sol est entièrement reconstitué. Dans le cas du site 5, l'activité biologique dans le sol doit tout de même rester notable et contribuer à sa santé.

Figure : représentation schématique – hypothèse de transferts sol/vanille.



CONCLUSIONS DE CETTE ETUDE DES SOLS ET PERSPECTIVES

MISE EN PLACE D'UN RESEAU D'OBSERVATIONS

Les sites étudiés affinent la connaissance des sols et de leur fonctionnement. Ils s'insèrent dans un esprit de réseau de références, à une échelle locale très pertinente. Ils complètent en effet les documents cartographiques élaborés il y a désormais plus d'un demi-siècle, alors que la dynamique d'évolution de certains sols sous les tropiques est rapide.

Les 5 sites étudiés représentent donc 5 types de sols, avec leurs caractéristiques propres, leurs fonctionnements, mais aussi leur évolution sous l'incidence des pratiques agricoles. Ce programme permet d'aborder la connaissance des sols sous le prisme des pratiques destinées à la culture de la vanille, donc dans une combinaison qui définit des terroirs.

IMPORTANCE DES TYPES DE PRATIQUES SUR LES INTERFACES ET SUR LES CYCLES

Nos observations permettent de poser des questions et des hypothèses sur les relations entre fonctionnement du sol / fonctionnement des litières / caractéristiques organoleptiques de la vanille.

En effet, dans un sol en bonne santé, il existe des interactions étroites entre les horizons de litière et le sol lui-même, que cette litière soit naturelle ou accompagnée de mulchs. Ces interactions se traduisent par la décomposition et l'incorporation des matières organiques mais aussi par la mise en œuvre de cycles divers : C, N, S, oligoéléments etc. Ces interactions sont le fruit d'une activité biologique et chimique, elles mêmes dépendantes du fonctionnement de la pédofaune, des racines des plantes et des populations associées symbiotiques ou non.

Se pose alors la question de l'incidence des diverses pratiques actuellement utilisées pour la culture de la vanille sur ces cycles : tuteurs vivants, tuteurs morts, stratification végétale, agroforesterie, cultures sous forêts, sols reconstitués, sols faiblement anthropisés, sols travaillés etc. Si ces cycles diffèrent d'un mode de pratique à l'autre et d'un sol à l'autre, alors qu'en est-il des transferts d'éléments minéraux et des molécules aromatiques, par exemple, dans la racine de vanille ? Le degré de mycorhization des plants de vanille est-il dépendant de ces pratiques et a-t-il une incidence sur les transferts de molécules ?

Les sites étudiés permettent de mettre en œuvre une démarche expérimentale pour répondre à ces questions. En particulier, on peut poser l'hypothèse que les cycles dans le sol et aux interfaces seront plus actifs dans le cas des sols en bonne santé et sous tuteur vivant du fait de l'incidence de l'activité racinaire de ces plantes-tuteurs et que cette activité pourrait modifier les transferts qui s'opèrent vers la racine de Vanille. On peut aussi poser l'hypothèse que la comparaison entre les pratiques utilisant un sol complètement reconstitué et un sol sous forêt, par exemple, devrait permettre de mieux comprendre les déterminants de la qualité organoleptique des gousses de vanille.

IMPORTANCE DES TYPES DE PRATIQUES ET GESTION DE L'EAU

Les racines de vanille évoluent à l'interface entre la litière, au sens large, et le sol. L'épaisseur et la nature de ces litières vont être déterminantes dans le cycle de l'eau et dans le maintien de conditions hydriques adaptées à la bonne croissance de la vanille et à l'accomplissement de ses cycles. Les différents usages et pratiques observés vont donc avoir une incidence sur la pérennité et la durabilité des systèmes de culture, dans des contextes pédoclimatiques très divers et face à une demande en eau liée à l'alimentation des espèces végétales mais aussi à la protection des systèmes racinaires traçants de surface (racines de vanille).

On peut poser l'hypothèse que l'adaptabilité des systèmes de culture sera plus simple mais plus longue à mettre en œuvre dans les cas d'utilisation de pratiques agroforestières ou forestières (le sol est une « interface vivante ») que dans le cas des pratiques de reconstitution complète (le sol est une « interface support »), mais que cette dernière nécessitera aussi davantage d'infrastructures techniques. L'importance des champignons symbiotiques dans ces divers systèmes n'est alors pas la même ; mais la présence et l'activité des symbiotes, que l'on peut supposer naturellement présents dans les systèmes associant végétation et sol naturels, pourrait avoir une incidence forte et bénéfique sur la résilience des systèmes soumis aux à-coups climatiques sans avoir besoin d'infrastructures « lourdes ». En situation forestière, le système se complique par rapport aux situations agro-forestières pour la culture de la vanille, mais le système est aussi directement plus solide et résistant aux à-coups, notamment hydriques.

OUTILS DE SUIVI

Les sites étudiés se prêtent à la mise en place d'outils de suivi des conditions d'humidité et de transferts minéraux dans le sol ou dans le compartiment végétation.

Dans le compartiment sol, il sera intéressant de suivre l'évolution du bilan hydrique dans les différentes configurations de sites à l'aide de tensiomètres installés à plusieurs profondeurs. Ce suivi permet aussi un pilotage fin de la culture. Ce suivi a été entrepris durant le projet FungiAgri et il apporte des premières réponses importantes comme nous le verrons plus loin. Mais cette étude doit être poursuivie pour compléter l'acquisitions de données et rechercher de nouvelles pistes d'adaptation au changement climatique, très impactant sur ces sols.

Il serait également précieux de suivre l'évolution des transferts de nutriments dans le sol en installant des canes lysimétriques, un outil très simple qui donne de précieuses indications sur la qualité de la solution du sol (cf photos ci-dessous), par simple aspiration régulière et analyse de la solution du sol percolant au travers d'une bougie poreuse que l'on installe à la profondeur désirée.

photo : cane lysimétrique (en haut) et tensiomètre (en bas)



INDICATEURS DE QUALITE ET DE SANTE DES SOLS

Enfin, ces 5 sites se prêtent parfaitement à la mise en œuvre d'indicateurs de qualité et de Santé des Sols, notamment Biofunctool® qui permettrait d'apporter les premières réponses aux questions et hypothèses que l'on se pose à propos des usages et pratiques. L'indicateur Biofunctool® ayant été élaboré en contexte tropical, il serait ici parfaitement adapté aux conditions pédoclimatiques particulièrement dynamiques, aux conditions de culture mais aussi aux problématiques liées aux sols.

Présentation du thème : problématique et enjeux identifiés :

- Un climat qui change et impacte la culture de la Vanille,
- Un manque de suivi des paramètres climatiques pour appréhender ces effets du climat,
- Un déficit de données scientifiques sur l'écophysiologie de la Vanille.

La production de Vanille de la variété bourbon – *Vanilla planifolia* – est soumise à des contraintes climatiques qui semblent augmenter rapidement. Il existe peu d'études scientifiques encore sur l'écophysiologie de la vanille. Les itinéraires techniques traditionnels établis de manière empirique ont fait l'objets par le passé d'adaptations dans les différents territoires de production mais étaient adaptés aux conditions climatiques passées de ces territoires.

Or, les évolutions du climat invitent les producteurs à réfléchir aujourd'hui aux moyens de réduire l'impact du réchauffement sur la plante entière et en particulier sur les systèmes racinaires.

Systèmes de production concernés.

En Martinique, les producteurs de vanille, qui relancent collectivement cette production, mettent en œuvre deux modes de production :

- une **production agroforestière**, la vanille se développant en forêt sur des troncs d'arbres forestiers
- une production selon un « **système semi-intensif** ». Ce deuxième mode de production consiste à faire pousser la vanille dans des bacs de culture remplis d'une épaisse couche de matière organique « imitant » un horizon organique épais des sols forestiers, la plante étant amenée par ailleurs à s'accrocher à une plante installée spécifiquement pour la culture et servant ainsi de tuteur vivant.

L'avantage du système agroforestier est que la vanille demeure dans un environnement naturellement ombragé qui la protège d'une chaleur excessive, sachant que selon les données scientifiques dont nous disposons, la température optimale du fonctionnement racinaire est de 25°C. En forêt humide, cet environnement conserve également en général une certaine humidité du sol (horizon organique notamment et horizon A1 sous-jacent), y compris en période sèche (période de carême), entre février et avril. Un autre avantage important de cette production agroforestière est que la vanille bénéficie également d'un substrat organique qui correspond à son milieu naturel, dans la mesure toutefois où il s'agit d'une forêt bien diversifiée en termes d'essences forestières et si la minéralisation n'est pas trop rapide (= milieu suffisamment fermé aux effets du climat sur la litière).

Une contrainte cependant dans la gestion de cette production agroforestière est d'assurer un éclairage suffisant de la plante pour que la floraison puisse s'effectuer correctement, ce qui ne serait pas le cas en plein ombrage. Heureusement, l'arbre principalement représenté dans ces systèmes agroforestiers est le Mahogany, qui perd ses feuilles en période de carême. Cela crée

naturellement une ouverture du milieu qui permet une mise en lumière de la plante (et cela entraîne également une nouvelle accumulation de feuilles au sol).

Cependant, le producteur doit par ailleurs gérer le degré d'ouverture du milieu, en tenant compte de la diversité des essences forestières présentes dans le peuplement ainsi que de l'exposition de la parcelle. Ce dernier facteur conditionne en effet également le niveau d'éclairement du sous-bois. On a donc avec ce système agroforestier, des situations bioclimatiques très spécifiques à un site donné de production et chaque producteur devra développer sa propre expérience dans son site pour aller vers une gestion bien adaptée du milieu forestier.

Comparé à ce système, le système semi-intensif permet de gérer de manière simple **la mise en lumière de la vanille** en utilisant des tuteurs vivants dont on supprimera tout ou partie du feuillage pour réaliser cette mise en lumière. Une plante du genre *Dracaena* (le Dragonnier) est principalement utilisée, dans différentes îles, la Réunion en particulier. Les producteurs de Martinique ont repris cette utilisation, l'expérience montrant que l'une des espèces de *Dracaena* est la plus intéressante en termes de durée d'années de vie (la vanille étant installée de puis quelques années et devenue productive, on souhaite éviter de devoir changer son tuteur de manière prématurée !): *Dracaena reflexa*, le Bois à chandelles. Cette plante a un tronc souple, qui peut plier sans casser durant les épisodes de forts vents. La mise en lumière est faite en supprimant la couronne de feuilles du *Dracaena*. L'éclairage brusque de la plante favorise la floraison, sachant que plusieurs facteurs de stress interviennent simultanément et que des questions se posent toujours sur les conditions d'une floraison optimale, comme nous l'expliquons ci-dessous.

Ce système de culture pose cependant aujourd'hui un problème, en relation avec le réchauffement du climat. L'absence d'ombrage, à la suite de la mise en lumière peut entraîner des conditions de trop grande chaleur, sur l'appareil foliaire comme sur l'appareil racinaire. Une étude récente démontre en effet que les racines soumises à 32 °C ne se développent plus, ce qui signifie un arrêt complet de croissance et de fonctionnement global. La température optimale de 25°C pour l'activité racinaire est aujourd'hui souvent largement dépassée. Il est ainsi essentiel d'apporter une solution à ce problème de trop grande exposition à l'ensoleillement.



Vanille verte, récoltée par un membre de l'association



Vanille préparée

Expérimentation I.1 : utilisation de *Gliricidia sepium* dans le contexte de la production de Vanille en Martinique

Cette utilisation est expérimentée de deux façons : soit comme tuteur vivant, soit comme arbres d'ombrages éparés au cœur d'une de Vanille sur tuteurs de *Dracaena*.

Expérimentation chez Jean-François Panor : plantations de *Gliricidia* comme tuteurs vivants.

Situation initiale : culture sur tuteurs de *Dracaena*



Expérimentation : culture sur *Gliricidia sepium*



Dans cette expérimentation, des branches de *Gliricidia* sont coupées et plantées dans le sol comme des piquets mais avec un seul biseau taillé. Cet arbre s'enracine très facilement dans ces conditions. Dans la littérature, on trouvera des conseils d'utilisation qui prévoient une plantation une première année et une installation l'année suivante mais la reprise du *Gliricidia* est très rapide et cette précaution n'est pas indispensable. Dans le cas de cette plantation, la présence d'un boisement à proximité diminue il est vrai l'exposition au soleil pendant quelques heures de la journée, ce qui diminue globalement l'effet rayonnement solaire sur la vanille (le rayonnement agit par une certaine intensité ponctuellement mais également beaucoup à travers des sommes quotidiennes de températures).

Dans le cas de cette utilisation du *Gliricidia*, l'expérimentation prévue implique de conserver un certain nombre de branches de l'arbre au moment de la mise en lumière, contrairement au cas précédent où toutes les feuilles de *Dracaena* étaient supprimées. Le *Gliricidia* pousse très vite et impose un élagage important chaque année, qui sera fait à l'occasion de cette mise en lumière.

Un « bouclage » (la liane est conduite pour redescendre après le lieu du bouclage, pour éviter qu'elle ne continue à grimper, la floraison se faisant sur la liane descendante, et pour que le travail de fécondation et de récolte future se fasse à hauteur très accessible) est ensuite prévu au niveau du départ des branches de l'arbre. La hauteur initiale du futur tronc (= la hauteur de la branche initialement plantée) est choisie pour que le bouclage soit fait à hauteur d'homme.



Schéma : conservation prévue de 4 branches en moyenne, régulièrement remplacées par de nouvelles jeunes branches quand les premières deviennent trop grosses, de façon à conserver un ombrage procurant une lumière tamisée.

Pourquoi le *Gliricidia sepium* ?

C'est un arbre qui a déjà fait ses preuves comme tuteur vivant autrefois, dans différents territoires de production traditionnelle de Vanille. Il procure une ombre réelle mais assez légère. La lumière est en quelque sorte tamisée. En Martinique il a beaucoup été utilisée pour réaliser rapidement des haies en limites de champ, pour retenir les animaux.

Traditionnellement, c'est un arbre qui accompagne le Cacaoyer, en Amérique centrale et du sud où il est nommé la mère du cacaoyer (madre del cacao)

C'est un arbre de la famille des Fabacées (légumineuses), qui fixe donc l'azote atmosphérique (grâce à la symbiose bien décrite entre des cellules racinaires et des bactéries fixatrices d'azote du genre *Rhizobium*, dans les nodosités que l'on peut voir sur les racines) mais qui a également la faculté très spécifique de s'associer avec de grandes quantités de champignons mycorhiziens (Champignons Mycorhiziens Arbusculaires - **CMA**) dont l'une des propriétés majeures est de mobiliser le phosphore des sols à partir de formes dites « insolubles » et non disponibles directement par les plantes. Le *Gliricidia sepium* (nom commun en Martinique : *Gliceria*) peut

ainsi mobiliser de l'azote d'origine atmosphérique mais également, grâce aux nombreux CMA associés, il peut également amener une mobilisation d'azote et de phosphore via l'activité de ces CMA. Ces éléments peuvent ensuite être utilisables par la plante alimentaire qui pousse à proximité.

Si nous savons que le Cacaoyer développe avec le *Gliricidia* des Réseaux Mycorhiziens Communs (RMC), ce qui permet un transfert direct d'une plante à l'autre, via les hyphes mycéliens, des nutriments, il se pose encore beaucoup de questions sur les fonctionnements des systèmes mycorhiziens des vanilles. Ces systèmes sont plus complexes qu'initialement estimé et comprennent une diversité d'espèces, dont certaines pourraient développer des RMC avec des plantes voisines. *Scleroderma areolatum* vient ainsi d'être identifié comme un potentiel nouveau symbiote mycorhizien pour la vanille, bien qu'il soit connu comme un champignon ectomycorhizien associé à des arbres forestiers.

Reference : González-Chávez, M., Torres-Cruz, T., Sánchez, S., Carrillo-González, R., Carrillo-Lopez, L., & Porras-Alfaro, A. (2017). Microscopic characterization of orchid mycorrhizal fungi: *Scleroderma* as a putative novel orchid mycorrhizal fungus of *Vanilla* in different crop systems. *Mycorrhiza*, 28, 147 - 157.

Expérimentation sur la relation *Gliricidia* / vanilles au Domaine de la vallée – Anaïs Chardon-Janvier

Les *Gliricidia* ont été installés dès 2023, mais comme arbres d'ombrages isolés, aux deux côtés opposés de la plantation. Le *Dracaena reflexa* reste le tuteur vivant utilisé. Le principe est de bénéficier d'un ombrage léger, partiel en journée mais avec un ombrage porté dans les premières heures de soleil et dans les dernières heures. La production du Domaine de la vallée s'oriente d'autre part vers une utilisation plutôt de *Vanilla pompona*, qui est une espèce qui supporte un ensoleillement plus fort et une chaleur plus importante. Une donnée connue est ainsi que la température de 32 °C permet un bon fonctionnement racinaire de la plante.

Le système utilisé correspond ainsi à un système agroforestier à trois strates, très utilisé par exemple pour la production de Cacao en Amérique centrale, avec un étage dominant d'arbres forestiers à production de bois (Mahogany par exemple), des arbres plus bas et régulièrement rajeunis ou remplacés pour conserver une taille modeste et procurer un ombrage limité (*Gliricidia*, Pois doux – *Inga sp.*) et la plante alimentaire cultivée en sous-étage).

Cette structure verticale en trois strates permet une gestion mieux maîtrisée de l'ombrage.

Expérimentation I.2 : gestion de la matière organique pour créer un milieu de vie favorable aux racines de vanille

Problématique, enjeux.

Dans leurs milieux forestiers, les racines de vanilles sont adaptées à des litières organiques constituées principalement de feuilles et bois morts déposés naturellement sur le sol par la chute des organes morts des arbres, même si des situations de lisières forestières, favorables aux vanilles conduisent à des litières contenant également des feuilles de plantes arbustives et herbacées.

Toutes les observations des producteurs montrent que la présence d'une matière organique en quantité importante, par exemple sur 15 - 20 cm ou plus d'épaisseur, est très favorable.

D'où une première pratique en forêt, dans le système agroforestier, qui est de rassembler régulièrement autour des pieds de vanille de la litière provenant de la forêt elle-même. D'où également, dans le système « semi-intensif », cette pratique qui consiste à créer des bacs de culture, suffisamment hauts – 30 à 40 cm en moyenne – pour contenir de la matière organique et essayer de reproduire ainsi des conditions optimales d'un horizon organique forestier. Deux situations cependant se présentent pratiquement :

- soit le producteur se trouve en bordure de forêt et il lui est facile alors de récupérer de la litière forestière pour remplir ses bacs de culture (le prélèvement étant très faible rapporté à la surface forestière et ne compromettant pas ainsi la fertilité des sols forestiers)

- soit le producteur ne dispose pas de cette possibilité facilement et il est alors amené à utiliser d'autres types de matières organiques d'origines diverses : forestière mais également agricole. Sont utilisées par exemple des feuilles de palmiers, des résidus de cocotier, de la bagasse de canne à sucre, des bois divers, souvent d'arbres pionniers de milieux ouverts, des résidus de plantes herbacées (vétiver par exemple...). Le Domaine de la vallée utilise également de la sciure de Mahogany provenant d'une scierie voisine, et les parois des bacs de cet agrosystème sont constitués de dosses de ce même arbre, coupés dans cette même scierie. En faisant ainsi, le producteur reprend des formules proposées dans la littérature technique comme cette composition :

- 40 % de matériaux à « dégradation rapide » : compost de déchets verts (compostage complet de paille de canne à sucre et de branchages de légumineuses arbustives broyées),
- 60 % de matériaux à « dégradation plus lente » (= plus riches en lignine et en autres molécules caractéristiques des bois morts et plus difficilement décomposables et minéralisables), formant le « corps » du substrat : bourre de coco, bagasse de canne à sucre partiellement compostée, racine de vétiver, litière de sous-bois (issue de la décomposition de feuilles et branchages),

Par ailleurs, un compostage est conseillé, avec l'objectif d'une montée en température jusqu'à 65 °C destinée à « assainir » le substrat, c'est-à-dire à le débarrasser d'éventuelles sources de champignons pathogènes assez ubiquistes, comme des *Fusarium*, *Pythium* qui pourraient parasiter les racines de la vanille.

On remarquera qu'une telle composition, qui suit une logique agronomique classique, ne prend pas réellement en compte le fonctionnement des champignons mycorhiziens de la Vanille. Bien que ces champignons ne soient pas encore très bien connus, quelques études très récentes ont démontré qu'ils étaient très diversifiés. Cette diversité fongique est bien plus importante que ce

qui était encore supposé très récemment. Il semble logique de proposer comme hypothèse que ces champignons sont adaptés à des litières forestières plutôt constituées de matières organiques à décomposition lente. C'est en général le cas des champignons mycorhiziens des plantes des milieux forestiers qui ont d'une part la capacité de mobiliser l'azote à partir de formes organiques complexe (dites « récalcitrantes » pour indiquer que seuls des organismes fongiques disposant d'un équipement enzymatique spécifique peuvent les minéraliser) et, d'autre part, la capacité de libérer des ions phosphates à partir de phosphates insolubles (apatite, humophosphates...). Les éléments constituant les litières forestières sont également et principalement dégradés par des champignons saprotrophes spécialisés dans la dégradation des bois morts.

Des études nombreuses, sur une diversité de plantes, montrent que **les champignons mycorhiziens exercent un antagonisme vis-à-vis des champignons pathogènes.**

Une hypothèse est également que les champignons saprotrophes de ces litières et notamment les champignons saproxyliques exercent un antagonisme vis-à-vis de ces mêmes pathogènes.

Cela expliquerait au moins pour une part le fait qu'au sein du réseau de producteurs de PROVAE, des premiers problèmes d'infections racinaires (par le *Fusarium oxysporum* principalement) se sont posés uniquement chez un producteur utilisant des substrats mélangés comprenant des matières rapidement minéralisables, comme la bagasse de Canne à sucre par exemple. Dans d'autres territoires, comme à Madagascar en particulier, on rapporte également des cas fréquents d'infections par le *Fusarium* dans les cas de bacs de cultures recevant des substrats assez riches. Il faut compléter la réflexion en indiquant que l'utilisation d'une proportion de matières rapidement dégradables peut conduire à un substrat moins aéré, moins poreux et propices à des conditions de milieu trop saturés en eau. Ces conditions favorisent le *Fusarium* en particulier et les infections par des agents pathogènes fongiques en général.

Expérimentations :

L'objet des expérimentations a été et est encore de s'inspirer de l'écologie de la Vanille en milieu forestier pour réaliser des substrats à base uniquement de produits forestiers dont la dégradation est le fait de champignons saproxyliques (bois morts) et de champignons décomposeurs de feuilles mortes. Cette action étant complétée par celle de champignons mycorhiziens.

Cas de la plantation de vanille évoquée précédemment : Exploitation de Jean-François Panor, à Rivière-Pilote.

Autour de chaque pied de Vanille, installé sur tuteur vivant de *Gliricidia*, un « bac » de culture est réalisé très simplement en plaçant trois branches de bon diamètre. Ces bacs sont ensuite remplis essentiellement de déchets de bois en cours de décomposition ainsi que de litière de feuille issue des boisements qui bordent la plantation.

Résultats : la croissance des lianes de vanille est excellente, démontrant que la croissance végétative de la Vanille ne demande pas d'amendements organiques facilement minéralisables qui ont l'effet d'engrais solubles.

Développement de champignons saproxyliques sur les bois morts dans la plantation de vanilles de Rivière-Pilote.



Trametes sp. (couleur claire). *Picnopous sanguinea*



Trametes sp.



Trametes villosa et *Trametes sp.*



Coprinus sp.



Phallus indusiatus



Pleurotus sp.

La présence importante de champignons saproxyliques au contact immédiat des racines de Vanille laisse supposer une action de biocontrôle des éventuels champignons pathogènes connus sur la Vanille et en particulier sur *Fusarium oxysporum*.

Quelques études scientifiques démontrent l'action de ces champignons et notamment d'espèces appartenant aux genres *Trametes* et *Pleurotus**.

Les démonstrations se font deux façons. Une première méthode simple est de réaliser en boîte de pétri une double culture du Champignon supposé avoir une action de biocontrôle et du *Fusarium oxysporum*. Des auteurs ont ainsi montré que *Trametes versicolor* et *Pleurotus eryngii* bloquaient la croissance du fusarium et détruisaient les contenus cellulaires de ce champignons. Cette action est relié à une activité enzymatique de type Beta-(1,3)-glucanase, sachant que cet enzyme peut détruire les principales molécules constituant les parois du *Fusarium oxysporum* qui sont des glucanes. *Trametes versicolor* ne produit pas par ailleurs de cellulases et de xylanases et ne peut ainsi pas avoir d'action sur les polysaccharides des parois cellulaires de la plante.

Une deuxième façon serait d'observer l'action de ces champignons sur des cultures inoculées par du fusarium, comparé à un témoin. Ces études restent à faire. Nous verrons cependant plus loin que d'autres études démontrent l'intérêt des substrats de culture de Pleurotes comme biofertilisants et agents de biocontrôle sur des cultures de poivrier.

*Référence : Ruiz-Duenas, F., Martinez, M. Enzymatic Activities of *Trametes versicolor* and *Pleurotus eryngii* in Biocontrol of *Fusarium oxysporum* .sp. *lycopersici*. *Curr Microbiol* 32, 151-155 (1996)

Cas de la plantation sous ombrière de Jean-Louis Belliard.

Les bacs de culture sont remplis de branches en cours de décomposition et de coques de noix de coco, matière organique qui est décomposée par des champignons saproxyliques. La croissance végétative des lianes de Vanille est ici très importante. La floraison et la production de gousses sont également très satisfaisantes. Les bacs sont régulièrement irrigués, à partir d'eaux de pluie récupérées en amont de la propriété sur des toitures de hangars. Cette expérimentation démontre également qu'il n'est pas nécessaire d'utiliser des substrats minéralisables rapidement et semble démontrer également l'intérêt d'un substrat à porosité très grossière et ainsi très drainant, dans la mesure où l'humidité de ce substrat est maintenue par l'irrigation. La plantation de Jean-Louis Belliard réunit ainsi trois facteurs de croissance et productivité de la vanille : (1) matières organiques à rapport C/N élevé, favorable à l'activité des champignons qui mobilisent les éléments nutritifs pour la plante, (2) milieu très aéré, (3) humidité sur les éléments du substrat (au contact donc des racines situées dans les premiers cm de ce substrat et à sa surface), hygrométrie élevée (favorable aux racines aériennes).



Culture de Vanilla pompona sur supports non vivants chez Jean-Louis Belliard. La culture est située sous ombrière et est irriguée



Les racines vivent au contact de matières organiques à C/N élevés, dont la décomposition est liée à l'activité de champignons saproxyliques.

Cas de la production agroforestière de Stéphane Reveglia, au Morne-Vert.

Après avoir pensé développer une production en bacs de culture, Stéphane s'est orienté et s'oriente de plus en plus vers une production agroforestière. Sa vanille forestière est d'une grande qualité aromatique, avec des teneurs en vanilline très élevées et un « fond aromatique » très riche.



Apports réguliers de branches mortes au pied des vanilliers (bois de Poirier, de Bois canon, de Gliricidia, d'anciens manguiers...). La décomposition, incorporation au sol et minéralisation des bois morts sont des processus qui sont rapides sous ce climat tropical. L'exploitant est ainsi amené à renouveler les bois morts plusieurs fois par an.



Les feuilles mortes de Mahogany constituent en période sèche de carême (mars-avril...) une litière importante, qui complète l'apport de bois mort. Cette litière est intéressante comme source de nutriments et pour constituer une protection du sol contre le dessèchement.

Des espèces de champignons saproxyliques très présentes sur les bois morts apportés au pied des vanilliers de Stéphane



Pluteus djamor



Cookeia sp.



Auricularia fuscusuccinea ou *delicata*



Pluteus djamor



Trametes sp.

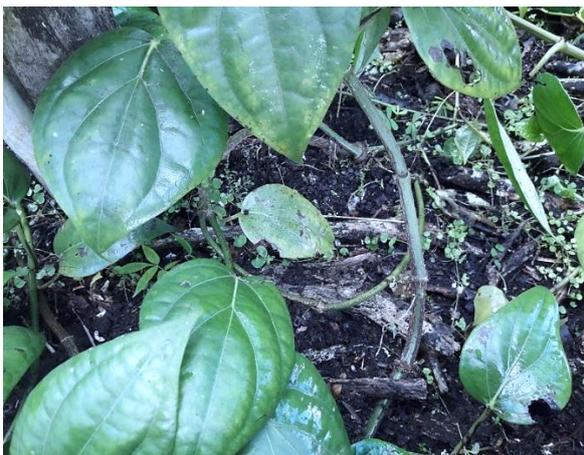
Utilisation de substrats constitués de bois morts pour des bacs de culture du Poivrier (Poivre noir) chez Stéphane Reveglia.



Culture du poivrier en bacs de culture.



Poivriers dans le bac de culture de gauche sur la photo et vanilliers dans le bac de droite.



Substrat de bois décomposé



Trametes sur bois mort

Comme résultats de ces essais, on constate que le Poivrier se développe très bien dans ce substrat de bois décomposé. Les racines du poivrier occupent l'ensemble du volume du substrat, sur les 30 cm de profondeur de ce dernier, contrairement aux racines des vanilliers qui restent plus en surface dans un substrat équivalent.

Problématique principale concernant la culture du poivrier et solutions recherchées :

La culture du poivre est sa vulnérabilité à la pourriture du pied « Foot rot disease», causée par *Phytophthora capsici*. Il s'agit de la maladie principale, qui touche les cultures depuis 1992, sans que des solutions agronomiques fiables aient pu être mises en place depuis.

La solution d'une production sur du substrat uniquement composé de bois morts d'origines forestières nous apparait comme une solution alternative compte-tenu des quelques recherches récentes qui démontrent l'effet de biocontrôle des maladies racinaires des plantes cultivées par des champignons saproxyliques et bien que les effets spécifiques sur des espèces du genre *Phytophthora* n'aient pas été encore étudiés à notre connaissance.

En revanche, un biocontrôle de cette maladie par des espèces du genre *Trichoderma*, champignon saprotrophe des sols est connu*.

**Jiang H, Zhang L, Zhang JZ, Ojaghian MR, Hyde KD. Antagonistic interaction between Trichoderma asperellum and Phytophthora capsici in vitro. J Zhejiang Univ Sci B. 2016 Apr;17(4):271–81.*

Une piste pour l'avenir est ainsi d'utiliser des substrats résiduels de cultures de pleurotes sur bois broyés pour compléter les bacs de culture du Poivrier.

En effet, ces substrats sont à la fois colonisés par du mycélium actif de Pleurote (*Pleurotus djamor*) et/ou des *Trichoderma spp.*, comme nous l'expliquerons plus loin à propos des expérimentations menées durant le projet sur la culture de Pleurotes sur différents bois broyés. Nous verrons que les substrats résiduels de Pleurotes sont déjà connus d'une manière générale comme des biostimulants pour les cultures.



Mélange de bois canon, poivrier et bambou ayant été colonisé partiellement par Pleurotus djamor puis par un Trichoderma. Les deux champignons coexistent ici.

Ce substrat a été récemment utilisé sur une culture de Poivrier de Stéphane Reveglío.

Conclusion sur ce thème des substrats pour la Vanille et le Poivrier.

A l'occasion du projet, les échanges organisés entre membres de PROVAE sur ce sujet des substrats à Vanille ont permis d'encourager les producteurs à suivre complètement cette orientation d'une utilisation exclusive de bois en décomposition et de litière forestière, dans le cas d'une production agroforestière (système de petits « bacs naturels » en branches de bois et remplis de matière organique) et également dans le cas de productions en bacs de culture sous ombrières (système dit « semi-intensif »).

En effet, la seule productrice connaissant des problèmes de parasitisme racinaire est celle qui a testé des formules de substrats comprenant une proportion importante de matières organiques à C/N plus faibles que le bois car plus riches en sucres solubles et azote et de ce fait moins sélectifs au profit des champignons saproxyliques. Pour les autres producteurs, les résultats en culture sont bons, avec des plantes très saines.

Il sera intéressant de rechercher une validation scientifique de l'effet des champignons saproxyliques pour assurer un biocontrôle dans le cas précis de la Vanille et du *Fusarium oxysporum* et dans le cas du Poivrier face au *Phytophthora capsici*.

Une autre piste à tester est une culture mixte de Vanillier et de Poivrier. Une étude a en effet démontré que cette culture mixte conduisait à une **plus forte diversité des champignons mycorhiziens sur les systèmes racinaires des deux plantes et dans le substrat commun**. Les champignons mycorhiziens étant par ailleurs indispensables à une bonne nutrition de ces plantes dans ces conditions de vie dans des substrats composés à 100 % de matière organique et ces champignons ayant également une fonction de protection des racines contre les champignons pathogènes.

Stéphane Reveglia et *Jean François Panor* vont ainsi tester de telles cultures mixtes, dans deux contextes différents : cultures en extérieur chez Jean François et culture en bac chez Stéphane. Dans les bacs, le poivrier développant une végétation très abondante, le principe est de cultiver les deux plantes sur des tuteurs différents, en alternant les deux cultures. En revanche, les racines seront amenées à se développer ensemble, en occupant des couches différentes du substrat : les racines de vanille en surface et dans les tous premiers centimètres et les racines du poivrier en dessous.



Premier essai de culture en alternant vanilliers et poivriers chez Jean-François Panor – Décembre 2024

Premier inventaire mycologique des champignons saproxyliques des bois morts des exploitations des membres du groupe FungiAgri.

Ce premier inventaire est basé sur les observations faites à l'occasion de trois visites, sur trois exploitations : Jean-François Panor, Stéphane Réveglio, Anaïs Janvier - Chardon

Genre (et espèces)	Jean-François	Stéphane	Anaïs
<i>Trametes sp.</i>	++++	++++	++++
<i>Pleurotus djamor</i>	+++	+++	
<i>Trametes villosa</i>	+++	++	+++
<i>Trametes cubensis</i>	++		++
<i>Cookenia sp.</i>		+	
<i>Auricularia fuscosuccinea</i>	+		
<i>Auricularia sp.</i>		+	
<i>Lentinula boryana</i>			+
<i>Lentinus bertieri</i>		+	++
<i>Lentinus sp.</i>	++	+	++
<i>Lentinus crinitus</i>			++
<i>Picnopous sanguinea</i>	+++	+++	++
<i>Coprinus sp.</i>	++		
<i>Marasmiellus sp1</i>	++		
<i>Marasmius haematocephalus</i>	+		
<i>Marasmius niveus (sur feuilles)</i>	+		
<i>Polyporus guyanensis</i>	++	+	
<i>Pseudofavolus miquellii</i>		+	
<i>Tetrapyrgos nigripes</i>			++
<i>Trogia cantarelloides</i>	+	+	
<i>Pseudofavolus</i>		++	
<i>Auricularia polytricha</i>	+		
<i>Crepidotus sp.</i>	+	+	
<i>Geastrum sp.</i>	+		
<i>Laetiporus sp.</i>	++	++	+
<i>Inopilus dennisii</i>			+
<i>Lentinus calyx</i>		+	
<i>Polyporus sp.</i>			+
<i>Ramaria sp.</i>		+	
<i>Stipitochaete sp</i>	++		+
<i>Mycobonia flava</i>	+		

Ce premier inventaire réalisé à partir des fructifications a permis d'aborder la diversité des espèces de champignons décomposeurs de bois présents dans les matières organiques servant de base aux « composts » plus ou moins décomposés utilisés par les membres de PROVAE. Cette diversité est importante, ce qui est à mettre en rapport avec la diversité des essences forestières tropicales. Cette diversité n'est ici qu'abordée mais les observations, faites sur ces trois lieux comme dans bien d'autres sites, montre la présence très fréquente d'espèces appartenant à trois genres dont des études scientifiques rapportent une activité nette dans le biocontrôle de champignons pathogènes : les genres **Trametes**, **Pleurotus**, **Lentinus** (notamment **Lentinus crinitus** qui est une espèce fréquente en Martinique). Les études montrent que cette activité est

liée à des enzymes (chitinases), d'autres protéines et des molécules de la famille des Bêta-glucanes qui sont des molécules importantes des parois des cellules fongiques.

Ces études ne sont pas encore très nombreuses et concernent des cultures spécialisées et leurs champignons pathogènes spécifiques. Il serait nécessaire d'appliquer ces méthodologies d'études au cas des cultures tropicales qui n'ont pas encore été étudiés sur cet aspect-là, de façon à valider ces premières hypothèses faites au cours de FungiAgri. La présence des mycéliums de ces champignons dans l'environnement racinaire des plantes cultivées laisse supposer une activité de ces mycéliums dans le biocontrôle de certains champignons pathogènes susceptibles de contaminer les systèmes racinaires.

Parmi les espèces déjà identifiées pour leur activité de biocontrôle, les pleurotes sont donc facilement cultivables sur bois broyés ou sur bois bûches et les substrats de culture résiduels (après récoltes de champignons) ont déjà été étudiés et reconnus pour avoir une activité de biofortification des cultures et une activité de *biocontrôle* des agents pathogènes, comme nous l'avons signalé précédemment.

Lentinus crinitus est également une espèce très intéressante au titre de champignon comestible, champignon à forte valeur nutritionnelle (forte teneur en protéines en particulier) et « fonctionnelle »¹ (prévention maladies du fait de certains anti-oxydants, des Bêta glucanes, etc.). Or sa culture semble plus facile que celle de son « cousin proche » *Lentinus edodes* qui est le Shii-Take très bon comestible très connu aujourd'hui mais qui est une espèce inadaptée aux températures tropicales. En effet, *Lentinus crinitus* devrait être résistant aux *Trichoderma spp.*², contrairement au ShiiTake (qui, quant à lui, est très sensible à ce champignon agent de « la moisissure verte » des cultures de champignons).

En conclusion, un projet à venir pourrait comprendre quatre aspects :

- a) Poursuivre cet inventaire des champignons des bois tropicaux utilisés en cultures agroécologiques mais en s'appliquant à relier cette diversité fongique à leurs essences forestières spécifiques. Certains champignons décomposeurs de bois sont en effet assez ubiquistes ou « plastiques » du fait de leurs diversité enzymatique mais d'autres sont plus spécialisés.
- b) Développer des méthodes simples de cultures des champignons les plus actifs dans le domaine du bio-contrôle, en choisissant préférentiellement des espèces comestibles
- c) Analyser les valeurs organoleptiques et nutritionnelles des espèces comestibles utilisées
- d) Vérifier par des doubles cultures en boîtes de pétri les activités de biocontrôle des champignons pathogènes qui concernent la vanille, le poivre et d'autres productions tropicales

¹ G, L., A, W., F, C., M, S., & A, J. (2020). *Evaluation of nutritional values of wild mushrooms and spent substrate of **Lentinus crinitus** (L.) Fr.* Heliyon, 6.

² Bertéli, M., Filho, O., Freitas, J., Bortolucci, W., Silva, G., Gazim, Z., Lívero, F., Lovato, E., Valle, J., Linde, G., Barros, L., Reis, F., Ferreira, I., Paccola-Meirelles, L., & Colauto, N. (2021). ***Lentinus crinitus** basidiocarp stipe and pileus: chemical composition, cytotoxicity and antioxidant activity.* European Food Research and Technology.

Expérimentation I.3 : Suivi des conditions du climat du sol, dans la cadre de la culture de la Vanille.

Problématique, enjeux.

Les vanilles sont des lianes se développant naturellement dans des forêts hygrophiles ou méso-hygrophiles. Le changement climatique semble exercer une forte influence sur les productions de Vanille dans les différents territoires de production.

Peu d'études scientifiques ont été menées sur l'écophysiologie de la Vanille et il apparaît important de mieux connaître les conditions microclimatiques liées aux contextes agroforestiers.

Concernant la température et la problématique du réchauffement du climat, un milieu agroforestier, comparé à un milieu ouvert est sensé offrir aux cultures agroforestières des conditions de moindre chaleur dans l'atmosphère et dans le sol. Cela est fondamental pour l'ensemble des cultures et en particulier pour la vanille. Une étude récente montre ainsi que *Vanilla planifolia* ne supporte pas de températures du sol atteignant 32 °C (contrairement à *Vanilla pompona* cependant). Or, un sol trop exposé aux rayonnements solaires directs atteint aujourd'hui souvent cette température. Pour les autres cultures, on sait par exemple que les racines du caféier souffrent également à cette même température de 32 °C. D'une manière générale, les cultures typiquement agroforestières mais conduites en cultures de plein soleil, comme les caféiers et les cacaoyers fertilisés avec des engrais azotés (cette fertilisation doit accompagner nécessairement une photosynthèse active de ces plantes en plein soleil).

Il semble ainsi intéressant de mesurer les températures atmosphériques et du sol dans les milieux agroforestiers pour savoir si ces températures peuvent avoir un effet limitant sur la croissance végétative ou sur la phase de reproduction (floraison, formation des gousses ou autres fruits) à certaines périodes de l'année et notamment durant le carême.

Protocole avec un matériel simple, non enregistreur :

Relever chaque jour :

- les températures atmosphériques avec un thermomètre relevant les mini et maxi : un premier thermomètre sous abris mais en milieu ouvert (prairie, clairière...) et un deuxième thermomètre en sous-bois, dans un endroit significatif de la parcelle agroforestière.

- la température du sol, relevée avec un thermomètre sonde. Le thermomètre est planté en biais dans le sol, entre la surface et 8 cm de profondeur environ. La température affichée correspond alors à la température moyenne de la couche de sol située entre la surface et 8 cm de profondeur.

Cette mesure est faite dans le sol du milieu ouvert et dans le sol du sous-bois. Une mesure ponctuelle quotidienne est suffisante, du fait de l'inertie thermique du sol : une variation de température atmosphérique se répercute dans le sol avec un certain décalage de temps.

Les comparaisons de ces températures faites simplement à certaines périodes climatiques clés (période de pluie, période de carême...) donnera une bonne information sur la capacité d'un milieu agroforestier donné à « tamponner » les effets du climat et à permettre d'offrir à une culture sensible aux excès de chaleur comme la Vanille des conditions adaptées à son développement.

Concernant l'humidité du sol ou du substrat :

La problématique est bien connue :

Des plantes dont les racines sont confrontées à un sol devenant trop sec ne peuvent plus absorber l'eau. Des mécanismes de régulation de la fermeture des stomates et de régulation de la pression osmotique dans les cellules de la plante permet une survie de la plante durant l'épisode de sécheresse mais la croissance s'interrompt, en même temps que tous les processus physiologiques qui conditionnent cette croissance : photosynthèse, nutrition en eau, en minéraux et en azote et bien sûr la transpiration, qui suppose des stomates ouverts, et qui est le mécanisme essentiel qui permet la montée de la sève brute dans la plante et l'alimentation des cellules en minéraux et azote.

Il est essentiel de savoir que **le seuil de dessèchement du sol à partir duquel des jeunes racines de la plante ne peuvent plus absorber l'eau grâce à leurs poils absorbants (= le « point de flétrissement ») est largement repoussé quand les jeunes racines sont bien mycorhizées.** En effet, dans ces conditions de bonne mycorhization, les mycéliums des champignons mycorhiziens prennent en quelque sorte le relais des poils absorbants. Le mécanisme d'absorption d'eau par le poil absorbant ou par des cellules de mycélium est simple et physique : l'eau du sol pénètre spontanément dans la cellule du poil absorbant ou de mycélium pour diluer les milieux cellulaires qui contiennent en particulier des sucres. L'eau entre par osmose pour diluer le milieu riche en sucre, jusqu'au point limite où l'eau est devenue trop pauvre dans le sol et est trop fortement retenue par les agrégats de sol pour que la « succion racinaire » via les poils absorbants puisse être encore efficace. Cependant, les cellules mycéliennes étant nettement plus concentrée en sucres que les cellules des poils absorbants, ces cellules de champignons vont exercer une force de succion beaucoup plus forte et permettre à la plante de continuer à absorber de l'eau dans des conditions devenues trop sèches pour des plantes peu mycorhizées. On comprend ici toute l'importance de conditions qui favorisent la mycorhization, dans le contexte du changement climatique.

Comment évaluer l'humidité du sol ?

Un matériel simple correspond à une série de tensiomètres dont on relève de temps en temps, ponctuellement, les valeurs de tensiométrie.

L'expérience dans d'autres contextes (forêts de milieux tempérés de l'hexagone) a montré que quatre ou cinq tensiomètres installés de manière aléatoire sur par exemple un hectare de forêt suffisaient à donner une bonne estimation de la valeur tensiométrique moyenne du sol c'est-à-dire une parcelle forestière. Un tensiomètre permet d'avoir une visualisation et une mesure de la façon dont le sol devenant sec retient l'eau (valeurs tensiométriques élevées, sur une échelle de 0 à 200) ou au contraire de la façon dont il peut fournir de l'eau aux racines de la plante (valeurs tensiométriques faibles). Si les tensiomètres les plus pratiques sont munis de capteurs électriques, ils reproduisent le mécanisme des anciens tensiomètres lesquels étaient constitués d'une colonne d'eau limitée en bas par une bougie poreuse enfoncée dans le sol et limitée en haut par un manomètre. Si le sol est sec, l'eau sort par la bougie et cela crée une dépression, dépression mesurée par le manomètre (valeurs tensiométriques devenant de plus en plus grandes à mesure du dessèchement du sol et de la sortie d'eau vers le sol depuis la colonne d'eau). Si le sol se réhumidifie, l'eau va plutôt traverser la bougie poreuse pour remplir la colonne d'eau. La dépression diminue (valeurs de plus en plus faibles à mesure que le sol se réhumidifie). Ainsi un tensiomètre permet-il ponctuellement d'estimer la valeur d'humidité du sol et il permet d'observer les variations de cette humidité au fil du temps.

Quand prendre les mesures ?

En période de dessèchement du sol (période de carême par exemple), une mesure effectuée tous les deux ou trois jours par exemple va permettre d'évaluer la dynamique de dessèchement. On pourra ensuite relier un état de léger flétrissement de la plante avec une gamme de valeurs tensiométriques traduisant un état sec du sol...

Après une pluie, on pourra évaluer l'efficacité de cette pluie : a-t'elle été suffisante pour être utile ? La canopée a-t'elle au contraire trop intercepté cette pluie pour que le sol ait pu se recharger en eau ?

Si la pluie a bien été utile, une mesure ensuite tous les deux jours va nous apprendre à évaluer la vitesse de dessèchement du sol dans les conditions d'une végétation très active car non limitée en eau...

A quel niveau de sol prendre les mesures ?

Il est nécessaire que le contact entre la sonde du tensiomètre et le sol soit suffisamment étroit et stable pour que le tensiomètre ne se désamorce pas. Ainsi, pour la vanille agroforestière, le tensiomètre devra être enfoncée sous la couche de matière organique non fragmentée pour que la sonde soit bien en contact avec le sol (couche d'humus et horizon A). Cette situation ne traduit pas directement les conditions de milieu des racines, qui vivent dans la matière organique brute et fragmentée mais elle traduit cependant les conditions des horizons sous-jacents et la réserve en eau de ces horizons. Cela reste intéressant car ces horizons alimentent en eau, par capillarité et évaporation, la matière organique située au-dessus et l'atmosphère du sol contenu dans cette matière organique. D'autre part, cela est intéressant pour évaluer les conditions de vie des racines du tuteur vivant si c'est le cas.

Plusieurs utilisations des tensiomètres sont envisageables :

a- Evaluer l'intérêt d'un milieu agroforestier sur l'économie de l'eau dans le sol. Une valeur tensiométrique du sol, à un moment donné, traduit en effet une valeur du **bilan hydrique du sol**. Le bilan hydrique étant la résultante entre l'apport d'eau par la pluie (+ des apports éventuels par des phénomènes de ruissellement ou de circulation latérale d'eau à l'intérieur du sol : cf. paragraphe suivant) et la perte d'eau par la transpiration des plantes et par l'évaporation du sol (transpiration + évaporation = évapotranspiration).

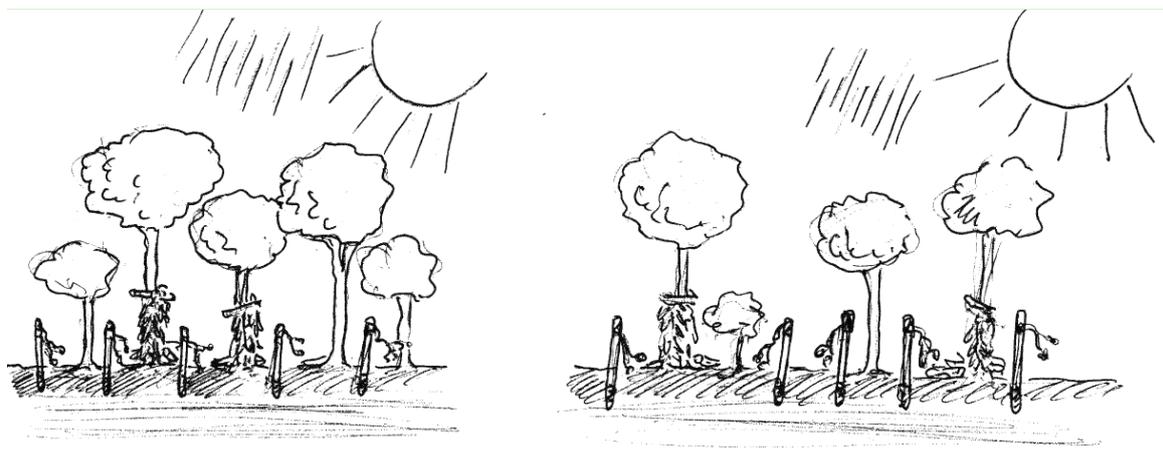
Si le milieu est très ouvert, les ouvertures au sein de la canopée permettent aux pluies faibles de bien pénétrer et d'arriver jusqu'au sol. Dans le même temps, si le milieu est ouvert, cela signifie qu'il y a moins de grands arbres pour transpirer de l'eau. Plus de pluie et moins de transpiration doivent conduire à un meilleur bilan hydrique. Cependant, la canopée est-elle suffisante pour procurer un ombrage qui empêche les rayonnements solaires d'atteindre trop souvent le sol et de provoquer ainsi une forte évaporation qui entrainerait alors des pertes d'eau ? A moins qu'un sous-étage arbustif ne protège le sol, sachant que des arbustes transpirent moins d'eau que des grands arbres...

Quel est le bon équilibre dans l'ouverture de mon milieu ? Est-ce que je dois éclaircir un peu ma forêt pour améliorer le bilan hydrique de mon sol ? Est-ce que mon sous-étage est efficace ?

Une façon de le savoir est de comparer deux niveaux d'ouvertures de mon milieu, c'est-à-dire deux **structures verticales** différentes : nous plaçons 5 tensiomètres dans la première parcelle (structure verticale N°1) et 5 dans la deuxième (structure verticale N°2). Sois nous prenons

ponctuellement des mesures à des périodes climatiques clefs, soit, plus simplement, nous prenons par exemple une mesure tous les 15 jours. A la fin de l'année, nous faisons les deux moyennes de nos deux séries de 24 données et nous les comparons : nous saurons ainsi dans laquelle des deux parcelles nous obtenons le meilleur bilan hydrique moyen et il sera alors possible de choisir la structure verticale la plus intéressante pour l'économie de l'eau dans mon sol.

Schéma : comparaison des bilans hydriques de sols sous deux structures verticales différentes



Structure verticale 1 : milieu plus « fermé » aux facteurs climatiques. Bilan hydrique 1 à un moment donné estimé par la moyenne de 5 valeurs tensiométriques

Structure verticale 2 : milieu plus « ouvert » aux facteurs climatiques. Bilan hydrique 2.

b- Evaluer les effets de circulation latérales de l'eau dans une pente.

Des tensiomètres placés à trois niveaux d'une pente permettent d'évaluer les effets de circulation latérale de l'eau (ruissellement et circulation à la surface d'un horizon moins perméable). On comprendra mieux alors pourquoi des plantes manquent d'eau en haut de parcelle ou au contraire pourquoi des plantes souffrent d'excès d'eau en bas de pente. Il sera également possible de mieux choisir les localisations de ses cultures en fonction de ce paramètre.

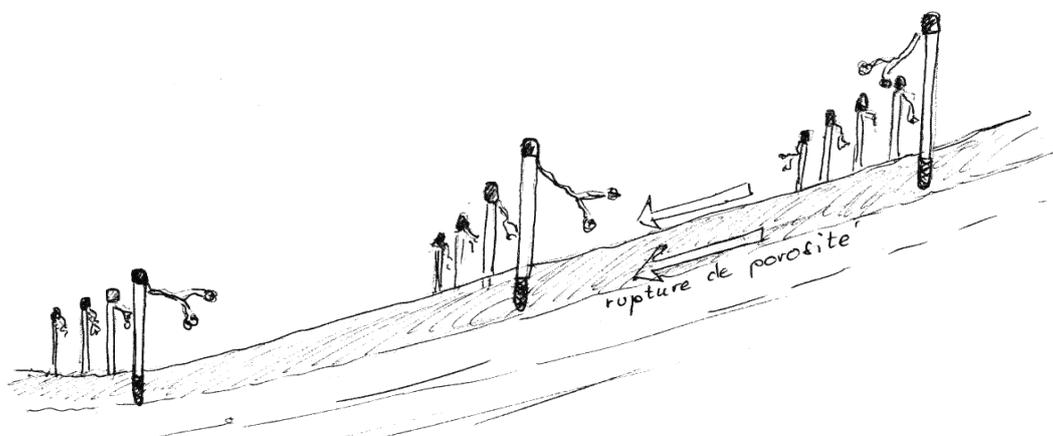
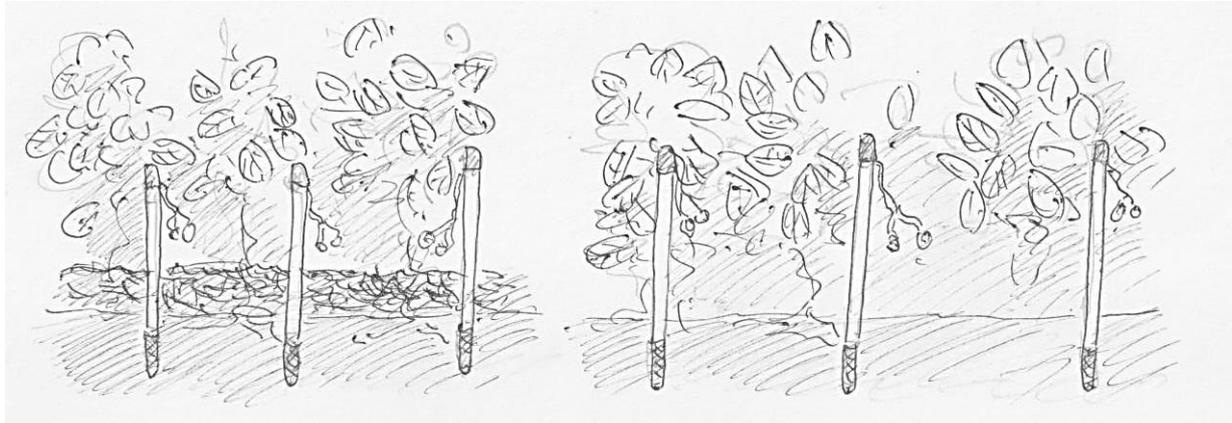


Schéma : évaluation des circulations latérales d'eau, par ruissellement ou par circulation sous la surface. Quatre ou cinq tensiomètres sont nécessaires par niveau de pente, pour comparer trois valeurs moyennes significatives.

c- Evaluer l'intérêt d'un mulch sur le bilan hydrique du sol

Une même culture est implantée sur un sol nu d'une part et sur un sol couvert de mulch d'autre part. 5 tensiomètres sont placés dans le sol nu. 5 autres sont placés, à la même profondeur de sol, sous le mulch. Une série de mesures ponctuelles nous donnera rapidement une connaissance de l'effet protecteur éventuel du mulch.



d- Acquérir des informations sur le comportement hydrodynamique du sol

En plaçant les sondes des tensiomètres à plusieurs niveaux de profondeur, il est possible de comprendre plusieurs phénomènes de circulation et de stockage de l'eau dans le sol.

Une pluie s'est-elle bien infiltrée ou bien a-t-elle rencontré une « rupture de porosité », à la surface d'un horizon de terre plus compact ?

En période de sécheresse, les horizons sous-jacents sont-ils également secs ou bien leurs réserves en eau sont-elles encore partiellement remplies ? Dans ce cas, si les enracinements sont profonds et que le sol n'a pas été récemment bouleversé au moment de la plantation, les champignons mycorhiziens profonds peuvent encore assurer l'alimentation en eau de la plante*.

***Mycorhizes des horizons profonds du sol.**

Dans le cas de plantes ayant un enracinement profond, les jeunes racines qui se développent en profondeur sont mycorhizées par des champignons spécialisés, adaptés à coloniser des horizons de sols souvent plus compacts, généralement moins riches en matière organique. En période de sécheresse, les premiers horizons touchés par le dessèchement sont les horizons de surface. Les horizons plus profonds représentent alors une réserve d'eau qui peut se révéler essentielle pour passer le cap de l'épisode de déficit d'eau en surface. Les racines de profondeur sont moins mycorhizées mais les réseaux mycéliens se développant à partir de ces mycorhizes peuvent être performants dans ces conditions de sol pour exercer cette fonction d'absorption de l'eau.

Ref : Sosa-Hernández et al. 2019. Subsoil Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Sustainability and Climate-Smart Agriculture : A Solution Right Under Our Feet? Front. Microbiol. 10 :744

Campagne de mesures de tensiométrie chez Jean-Louis Belliard

Un premier objectif sur l'exploitation de Jean-Louis a été d'évaluer l'intérêt des mulchs qu'il a coutume d'utiliser sur les conditions climatiques du sol et en particulier sur la protection du sol contre le dessèchement d'une part et la compaction liée aux pluies d'autre part. En effet, les vertisols de cette zone de Martinique sont très sensibles au dessèchement, ce dernier provoquant rapidement des fentes de retraits qui cisailles les racines des plantes. Quand le sol est ensuite à nouveau exposé aux pluies, celles-ci entraînent un gonflement très prononcé des argiles (argiles de type montmorillonite) qui provoquent l'écrasement des racines. Ces sols doivent donc impérativement être protégé de l'action du climat, ce qui est le cas sous couvert forestier mis ce qui ne l'est plus dès que le milieu est ouvert pour être mis en culture.

Une façon de protéger les sols est alors d'utiliser systématiquement des mulchs protecteurs, qui jouent le rôle des litières forestières dans les écosystèmes forestiers.

La première étude a été ici menée sur des sols sous culture d'ignames. Un sol nu est comparé à un sol protégé par du mulch. Une série de mesures a montré rapidement l'intérêt de cette protection. Dans le cas du sol sous mulch, les valeurs de tensiométrie demeurent dans une plage de valeurs qui correspondent à des sols favorables à une alimentation hydrique des plantes (valeurs situées entre 10 et 70) alors que le sol nu se sature en eau en cas de pluie et se dessèche ensuite rapidement (valeurs montant en trois ou quatre jours à 120 – 180). Au-delà de ces valeurs qui témoignent d'un sol déjà très sec, les fentes de retrait font que certains tensiomètres se désamorcent, le contact entre la sonde et le sol n'étant plus réellement assuré. Cela illustre d'ailleurs comment ces fentes de retrait entraînent nécessairement une séparation physique entre le sol et les racines en cas de fort dessèchement. Nous verrons que ce phénomène n'a pas lieu chez Jean-François Panor par exemple.



Culture d'igname, sous couvert forestier partiel (situation en lisière, exposée aux effets du climat)



La tarière pour l'installation des sondes et des sondes avant installation



Des valeurs tensiométriques dans le sol nu
Illustrations de valeurs tensiométriques en sol nu et en sol protégé par du mulch, les mesures étant relevées le même jour.

Valeurs dans le sol protégé par du mulch

Mesures de tensiométrie chez Stéphane Revegllo.

Deux objectifs pour cette étude :

1) Vérifier que le sol ne se dessèche pas trop durant la période carême sous les cacaoyers plantés dans une clairière. Aujourd'hui les cacaoyers ont besoin d'être ombragés au moins une partie de la journée, surtout en absence d'une fertilisation azotée avec des formes d'azote soluble rapidement mobilisable par la plante quand elle manifeste à certains stades de forts besoins en azote (ce qui n'est pas le cas dans ce système agroforestier où ce sont les champignons mycorhiziens qui vont mobiliser l'azote, à un rythme plus régulier et qui ne peut suivre les besoins d'une plante soumise à un fort éclaircissement et à une photosynthèse très active). Dans le cas de cette plantation, il existe un ombrage porté à certaines heures de la journée, ce qui diminue la somme de température au niveau de l'appareil foliaire et au niveau du sol et des arcines. Cependant, l'exposition reste forte.

2) Comparer simplement les bilans hydriques en sous-bois et en clairière, sur le même sol, en installant les tensiomètres à la même profondeur dans les deux cas. Parallèlement les températures sont relevées également au moment des mesures sur les tensiomètres.



Installation en forêt



Sonde et boîtier de mesure.



5 tensiomètres ont été installés sous couvert forestier (culture de vanille agroforestière) et 5 tensiomètres ont été installés en clairière, dans une parcelle cultivée principalement en cacaoyers.

Une tarière spéciale, de diamètre identique à la sonde tensiométrique permet d'installer cette sonde à profondeur choisie, le contact entre le sol et la sonde étant très étroit. Les sondes sont trempées 24 h dans l'eau préalablement à leur utilisation pour favoriser un amorçage initial des sondes. L'équilibre avec le sol est réalisé au bout de deux ou trois jours, les mesures pouvant alors commencer.

Mesures de tensiométrie chez Jean-François Panor

Les tensiomètres sont utilisés pour apporter des réponses à deux questions :

- 1) Les arbres forestiers contribuent-ils au dessèchement du sol en bordure de plantation ?
- 2) La forte pente de la parcelle entraîne-t-elle un drainage en haut de pente et une accumulation en bas de pente ?



La vanille est implantée sur une parcelle dont le sol montre une forte pente. D'autre part cette parcelle est bordée par un boisement.



Relevé des valeurs tensiométriques. 4 tensiomètres sont installés par niveau de pente. 3X4 tensiomètres sont installés au total, sur 3 niveaux de pente.



*Relevé de mesures. Les premières séries de mesures semblent démontrer deux phénomènes : D'une part, les tensiomètres situés en bordure de boisement témoignent d'un dessèchement plus rapide du sol, sous les pieds de vanille, sachant que les systèmes racinaires des grands arbres du boisement (notamment arbre à pain et grands Gliricidia) sont très présents autour des pieds de ces vanilles. Ces arbres consomment bien sûr de l'eau et la question de la concurrence entre vanille et arbres forestiers peut se poser. Sachant cependant que les racines de Vanille sont situées dans la matière organique, « au-dessus du sol », **la réserve en eau de cette matière organique se révèle particulièrement importante.***

D'autre part, les tensiomètres situés en bas de pente témoignent d'une accumulation d'eau en bas de pente et donc d'une circulation latérale de l'eau.

Ces premières séries de mesures sur ces trois premiers sites apportent des premières réponses sur le fonctionnement hydrique des sols et confortent certaines pratiques qui sont envisagées pour une adaptation des systèmes de culture aux changements climatiques : localisation raisonnée de l'implantation des cultures dans les pentes ; valorisation des mulchs pour protéger les sols ; gestion raisonnée des structures verticales dans les systèmes agroforestiers.

Encadré 1 - Les questions qui se posent encore sur les facteurs favorisant la floraison.

La première floraison importante se produit en général vers la troisième année. **Si le producteur intervient généralement en système intensif pour favoriser cette floraison, à travers donc une mise en lumière de la plante, on ne connaît pas encore aujourd'hui très précisément les facteurs directs qui président à cette floraison.** Une hypothèse ancienne (1), qui n'a pas fait l'objet à notre connaissance d'études scientifiques publiées (cela n'exclue pas des études éventuelles sur ce sujet qui auraient été menées ou le seraient actuellement par des entreprises privées) propose que ce soit un changement dans le rapport C/N au niveau racinaire qui conduise à un déséquilibre relatif du flux d'azote depuis le sol vers la plante (via la sève brute). La plante augmente brusquement sa photosynthèse par la mise en lumière mais la nutrition azotée ne pourrait pas alors suivre cette augmentation pour assurer la formation des molécules riches en azote et qui sont nécessaires à la photosynthèse même et à toutes les synthèses qui accompagnent celle-ci). Ce déséquilibre entrainerait un signal de stress favorisant le passage de la période végétative à la période de reproduction.

Nous pouvons également formuler une autre hypothèse. Des recherches très récentes sur le fonctionnement des systèmes mycorhiziens des plantes en général démontrent l'implication des champignons mycorhiziens dans la mobilisation de l'azote à partir des sources organiques dites « récalcitrantes » et qui sont des formes que la plante ne peut pas utiliser directement (sous forme d'ions NO₃⁻). La mise en lumière en période de carême n'entraîne peut-être pas une augmentation de la photosynthèse de manière durable, car cette mise en lumière correspond également à une augmentation de la chaleur sur la plante elle-même qui peut au contraire entraîner une diminution de la photosynthèse. La Vanille est physiologiquement une plante d'ombre et souffre à priori d'un excès d'ensoleillement. Des nombreuses études montrent que quand la photosynthèse des plantes diminue, le flux de carbone qui alimente les champignons mycorhiziens diminue également. La plante conserve plus son carbone. En conséquence, l'activité des champignons diminue fortement, dont cette fonction de mobilisation de l'azote sous formes organiques. Les deux phénomènes cumulés, baisse de photosynthèse et baisse de nutrition azotée conduisent à une forte diminution de l'activité de croissance végétative de la plante. Si cette hypothèse se révélait juste, elle inviterait d'ailleurs à bien raisonner les types de matière organique que l'on rajoute dans les cas de culture. En effet, si l'on souhaite que la mise en lumière provoque également un stress au niveau de la nutrition azotée, il ne faudrait pas rajouter dans ces bacs trop de matières riches en éléments solubles comme il est parfois conseillé. Au contraire, il faudrait plutôt rechercher des matières organiques d'origine typiquement forestières : bois morts, litières de feuilles. Un avantage de cela serait également de favoriser ainsi la présence des communautés de champignons typiques des litières forestières, ces litières correspondent aux milieux naturels de vie des racines de Vanille.

(Cette relation est connue dans le cas d'autres cultures, comme celle du cacaoyer et du caféier. Le Cacaoyer par exemple va mieux supporter la pleine lumière dans le cas d'une fertilisation azotée sous forme d'engrais solubles, fertilisation qui rend ainsi inutile cette fonction des champignons mycorhiziens de mobilisation de l'azote organique pour la plante).

(1) G. Bouriquet - *Le Vanillier et la Vanille à Madagascar - Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée* Année 1946 286 bis pp. 398-404

https://www.persee.fr/doc/jatba_0370-5412_1946_sup_26_286_1981 (On lira avec profit cet article très ancien de G. Bouriquet qui suggère déjà à son époque de rechercher des substrats qui favorisent le développement des champignons mycorhiziens et pourraient de fait défavoriser les

champignons pathogènes...). D'une manière générale, sur les cultures tropicales, il est précieux de s'inspirer des ouvrages des anciens agronomes qui avaient beaucoup développé leur sens de l'observation, à une époque où il était possible d'observer de très nombreux cas d'études).

Encadré 2 - Les exigences écologiques et les caractéristiques physiologiques (actuellement connues) du vanillier vont déterminer les conditions de culture et les techniques développées dans les différents systèmes de culture :

- Les besoins en eau du vanillier sont de l'ordre de 2000-2500 mm par an avec un stress hydrique de 45 à 60 jours à partir de la 3^{ème} année pour l'initiation florale. Ce stress ne sera pas conservé lors des deux premières années de plantation (phase de croissance végétative), ce qui nécessite une irrigation d'appoint dans les zones géographiques où les pluviométries annuelles sont inférieures à 2000 mm ou mal réparties. L'humidité de l'air à rechercher est de l'ordre de 80 %.
- La croissance de *Vanilla planifolia* est optimale à des températures comprises entre 21 et 30°C. Au-delà de 34-36 à 38°C, elle végète et peut mourir. Ces températures peuvent être atteintes notamment quand l'ombrage de la plantation est insuffisant.
- Dans ses conditions naturelles, le vanillier croît en lisière de forêts humides. Il adhère aux arbres grâce à ses racines aériennes (ces dernières sont également capables d'absorber l'eau). Lorsque l'ombrage est trop important, il se développe particulièrement bien, ceci se fait en revanche au détriment de la floraison. Inversement, un ensoleillement trop important engendre inévitablement des brûlures de feuilles et de tiges et peut entraîner la mort du vanillier. Un idéal proposé dans la littérature est de l'ordre de 60 % d'ombrage.
- Le vanillier semble s'accommoder de nombreux types de sols mais il se nourrit en fait exclusivement de la matière organique contenue dans les couches superficielles du sol, ceci en association avec des champignons symbiotiques (genre *Rhizoctonia* en particulier). Il craint en revanche les sols asphyxiants. D'une manière générale le vanillier est peu exigeant quand il s'agit de porter quelques centaines de grammes de vanille, par contre, il le devient en système de culture pour lesquels les rendements escomptés sont très nettement supérieurs. Dans de telles conditions de culture, il est habituellement conseillé d'utiliser un substrat équilibré et diversifié en termes de sources nutritionnelles (avec les réserves émises plus haut sur l'activité mycorhizienne) et, en tous cas, **parfaitement drainant**.

II - THEME D'EXPERIMENTATION II : LA CULTURE DE L'IGNAME SOUS MULCH

L'utilisation d'une couverture de matière organique est également intéressante voire essentielle aujourd'hui face aux épisodes de plus fortes chaleurs et sécheresse et pour également protéger les sols des pluies intenses.

Une expérimentation de plantation d'ignames a ainsi été réalisée par le groupe sur la propriété de Jean-Louis Belliard. Cette expérimentation supposait une première phase de préparation des plants d'ignames puis la deuxième phase de plantation, en valorisant deux types de matières organiques : du compost issu de bois broyé autour des plants et un « paillage » général constitué d'herbes sèches.



Préparation des morceaux de tubercules à « semer »



Les semis préparés



Moments d'échanges avec Olivier sur la culture de l'igname





Bottes d'herbes destinées au paillage



La couverture d'herbes étendue



Plantation avant de remettre la couche d'herbes autour des plants d'igname. Du compost forestier est installé autour des systèmes racinaires des plants.



La plantation réalisée, des tuteurs étant installés pour permettre aux lianes de s'accrocher. A gauche des lianes d'ignames préalablement installées.

Cette expérimentation illustre ainsi le principe d'une utilisation systématique de mulch pour la culture des plantes vivrières, intéressante déjà en lisière forestière quand les plantes bénéficient d'ombres portées et d'autant plus sur de petites parcelles dégagées comme ici dans lesquelles le sol est exposé directement aux effets du climat. L'expérience menée chez Jean-Louis Belliard est démonstrative dans le sens où les sols de l'exploitation – des vertisols – sont particulièrement sensibles aux alternances de périodes sèches et périodes de pluies (cf. étude des sols).

III- THEME D'EXPERIMENTATION III : LA CULTURE DE CHAMPIGNONS ALIMENTAIRES ET LA PRODUCTION DE MYCOCOMPOSTS

Enjeux et défis :

Sous climat tropical, en Martinique, les espaces forestiers, agroforestiers et les espaces de prairies et de cultures sont colonisés par des arbres à croissance rapide dont il est nécessaire de maîtriser la prolifération. Dans les exploitations agricoles des membres de PROVAE, il est ainsi particulièrement nécessaire de gérer la multiplication du Bois canon, du Poirier et du Bambou.

Dans le même temps, ces arbres constituent une ressource intéressante pour réaliser des broyats pouvant être utilisés comme mulchs, pour la vanille mais également pour la diversité des productions vivrières. Au cours des échanges menés durant le projet FungiAgri, ce thème est apparu comme très important, les membres de PROVAE ayant en commun l'objectif d'une fertilisation uniquement organique des cultures et la conscience de devoir protéger les sols face à un changement climatique qui est fortement ressenti par les agriculteurs martiniquais.

Un enjeu complémentaire pour PROVAE est d'agir pour améliorer l'autonomie alimentaire de l'île. La production de champignons sur des sous-produits de l'agriculture et de la forêt semble à priori une solution intéressante pour produire des aliments de manière très économe en intrants et en énergie et en respectant un schéma d'économie circulaire.

Par ailleurs, quelques études scientifiques récentes montrent que les substrats résiduels de cultures de champignons, constitués de matières organiques « compostées » mais également de mycéliums vivants, pouvaient être utilisés comme biostimulants pour les cultures et également comme produits de biocontrôle de champignons pathogènes des systèmes racinaires, comme nous l'avons indiqué précédemment.

D'où l'idée, née de ces échanges, de travailler sur la **mise en place d'une chaîne de valeur allant de la gestion des végétaux envahissants à la production de « mycocomposts », en passant par une production de champignons comestibles sur des substrats composés préférentiellement de bois broyés.**

Choix des espèces à cultiver.

Les espèces pouvant être cultivées sur des bois broyés sont des champignons saproxyliques, capables de se nourrir de bois car disposant de l'équipement enzymatique adapté (cellulases, polyphénoloxydases...). Les pleurotes, les lentins (le Shii-take est un lentin), les auriculaires en sont trois exemples. En Martinique, des espèces sauvages de ces trois genres se rencontrent fréquemment et en particulier *Pleurotus djamor*, *Lentinus borianna*, *Auricularia fuscosuccinea*.

Les pleurotes sont les plus faciles à cultiver car ils sont assez résistants vis-à-vis de certaines espèces du genre *Trichoderma*, un champignon inférieur qui concurrence très fréquemment les champignons cultivés. Cette concurrence s'explique ainsi : la décomposition de la cellulose par le champignon cultivé libère des sucres solubles qui permettent aux spores de *Trichoderma* de germer et de développer un mycélium qui pourra alors à son tour se nourrir de cellulose et pourra également détruire le mycélium du champignon cultivé pour s'en nourrir.

Techniques de préparation des substrats.

Techniques industrielles.

Les *Trichoderma* étant toujours présents, dans tous les milieux et matériaux végétaux, ils conditionnent pour une grande part les techniques de préparation des substrats. Des champignons très sensibles aux *Trichoderma* sont aujourd'hui le plus souvent cultivés sur des substrats stérilisés, pour les débarrasser des spores de ce champignon concurrent. Cependant, cette stérilisation suppose des équipements importants (autoclave de forte capacité en particulier) et impose des conditionnements du substrat dans des contenants de volumes limités et autoclavable. La culture consomme de fait des quantités importantes de sacs plastiques, non recyclés ensuite. La Chine produit ainsi de plus en plus de blocs de substrats stérilisés, dans des usines automatisées de très grandes capacités, et exportent ces substrats.

Parmi les pleurotes, certaines souches commerciales sont assez peu résistantes également et utilisées dans des process de fabrication de substrat basés sur une stérilisation ou encore parfois sur une sorte de pasteurisation. Il s'agit de traiter les matériaux broyés et humides (les broyats sont immergés dans l'eau durant quelques jours avant ressuyage et traitement à la chaleur) à 65 °C pendant un cycle de 10 à 15 heures, en faisant traverser la masse de substrat par un mélange de vapeur et d'air. La pasteurisation fonctionne assez bien mais ne supprime pas tous les risques d'infection par les *Trichoderma*.

Actuellement, la plus grande part des substrats fabriqués de façon industrielle sont constitués surtout de sous-produits de l'agriculture : pailles, bagasse. La sciure de bois est également souvent présente dans les formulations.

Existe-t 'il des alternatives plus artisanales, et qui soient rentables ? Intérêt des bois broyés comme substrats de culture.

A une échelle artisanale, la culture sur billots de bois est une solution intéressante, pour réaliser une production locale de champignons de très bonne qualité. Le bois fraîchement coupé est stérile, sous l'écorce, et le mycélium introduit au cœur du bois (par des galeries réalisées avec une perceuse) peut se développer sans être concurrencé par le *Trichoderma*. Le rendement final est très bon mais la production se déroule sur plusieurs années. La production est irrégulière, un peu comme dans la nature. En ensemençant des bûches tous les ans, on atteint l'année croisière au bout de 3 ou 4 ans. La qualité (organoleptique et nutritionnelle) est très bonne et montre l'intérêt de cultiver ces champignons sur leurs substrats naturels. Cette qualité permet de développer un marché de niche.

Deux solutions sont par ailleurs offertes pour préparer les substrats d'une manière artisanale et de façon peu couteuse.

Un trempage de longue durée à l'eau froide peut être testé, le temps de trempage étant à expérimenter selon les types de matériaux. Ainsi, la bagasse de canne à sucre trempée durant deux jours et bien ressuyée ensuite pourra êtreensemencée et incubée sans crainte d'infections importantes par le *Trichoderma*. Il faut cependant que cette bagasse n'ait pas été préalablement stockée trop longtemps et à l'extérieur (*référence : essais de culture menés dans le cadre du projet Myconova*). Ce trempage à l'eau froide d'une durée de deux à trois jours a également été expérimenté avec succès sur la paille de céréales, en France et au Québec par de petits producteurs de pleurotes.

Dans le cas des bois broyés, un trempage très long (3 semaines par exemple) semble une solution efficace. Les champignons inférieurs contaminants (spores et mycéliums) finissent par être éliminés (rapidement pour les mycéliums et sans doute plus lentement pour les spores), éliminés par un développement bactérien (*Bacille subtil*) et de protozoaires. Ce temps long permet également sans doute une humidification et transformation des fragments de bois qui les rendent probablement plus facilement attaquables ensuite par les enzymes du Pleurote. On sait en effet que le trempage affecte la structure chimique du bois, ses propriétés mécaniques et physiques, ainsi que la composition en composés volatils.

A notre connaissance, il n'existe pas de travaux publiés portant sur un trempage long à l'eau froide des matériaux destinés à fabriquer des substrats pour la culture des champignons, exceptée une étude* rapporte une expérience de trempage de particules de bois (Teck) à l'eau froide durant un temps long (9 jours dans cette expérience), ce traitement étant comparé à un trempage à l'eau chaude de 2 à 3 h. Le trempage dans l'eau froide pendant une période prolongée (jusqu'à neuf jours) semble le traitement le plus intéressant pour la croissance du mycélium et le cycle de fructification.

*Ref : Ilyas, M., Taskirawati, I., & Arif, A. (2018). PEMANFAATAN LIMBAH SERBUK KAYU JATI (*Tectona grandis*) SEBAGAI MEDIA TUMBUH JAMUR TIRAM (*Pleurotus ostreotus*). PERENNIAL.

L'action du Bacille subtil comme auxiliaire des mycélium de Pleurotes et antagoniste des Trichoderma est connue et valorisée dans le cadre des cultures industrielles de champignons*. Cette action peut sans doute s'expliquer par le fait que *Bacillus subtilis* produit des chitinases, enzymes de dégradation de la chitine qui est un constituant important des parois des cellules fongiques*.

*Potočnik, I., Milijašević-Marčić, S., Stanojevic, O., Berić, T., Stanković, S., Kredics, L., & Hatvani, L. (2019). The activity of native *Bacillus subtilis* strains in control of green mould disease of oyster mushroom (*Pleurotus spp.*). *Pesticidi i fitomedicina*.

*Schönbichler, A., Díaz-Moreno, S., Srivastava, V., & McKee, L. (2020). Exploring the Potential for Fungal Antagonism and Cell Wall Attack by *Bacillus subtilis* natto. *Frontiers in Microbiology*, 11.

Un trempage dans l'eau chaude à 65 °C pourrait également s'avérer intéressant, au moins pour attendrir certains bois. De nombreux essais de trempage à 65°C durant quelques heures ont montré leur efficacité sur le traitement de sous-produits agricoles (pailles de céréales principalement). Concernant le bois broyé, cette cuisson a deux objectifs : une désinfection partielle des matériaux et une transformation du bois pour le rendre plus facilement « attaquable » (= faciliter l'action des enzymes du champignon) par le mycélium du Pleurote. Le chauffage de cette eau peut être envisagé par une installation de chauffe-eau solaire.

Essais déjà menés dans le cadre du projet FungiAgri et essais proposés pour l'avenir.

Des premiers essais ont porté sur un trempage à l'eau froide de bois broyés issus des essences envahissantes évoquées en introduction : Bois canon, Poirier, Bambou.

Des premiers résultats encourageants ont été obtenus sur du bois trempé durant un temps court (une nuit), en utilisant une souche de Pleurote commercial de l'espèce *Pleurotus djamor*. L'espèce *djamor* est adaptée à un climat assez chaud. Le bois a produit un rendement intéressant

en première volée (12 %) compte-tenu de la simplicité de la technique. Cependant, la colonisation du bois se révèle incomplète, ce qui donne l'opportunité à des champignons inférieurs concurrents de coloniser le substrat dans un second temps, empêchant l'apparition d'autres volées de pleurotes qui pourraient améliorer le rendement en production (sur substrats pailleux ou sur bagasse, on attend trois volées successives avant épuisement des réserves du substrat).



Récolte des bois



Troncs et branches de Bois canon



Récolte du bambou



Récolte de branches de Poirier



Broyage des bois chez Jean-Louis Belliard



Résultat du broyage du Bambou



Séchage des broyats, pour les conserver à l'abri de moisissures



Trempages des bois broyés. Trempages de différentes durées, avec une modalité eau froide et une modalité eau froide + Ca(OH)₂ en fin de trempage.



Fructification sur bois canon broyé, bois trempé durant une nuit seulement. Un bon rendement en première volée.



Fructifications en début de croissance. Cette vue rapprochée montre une colonisation incomplète du bois, qui ne permettra pas l'apparition d'autres volées. Des essais de trempage beaucoup plus longs sont en cours pour favoriser une meilleure colonisation du bois par le mycélium de Pleurote (cf. texte).

La fabrication du « blanc » qui permet d'ensemencer les substrats.

On appelle « blanc » le mycélium cultivé sur des céréales préalablement imbibées d'eau par trempage d'environ 24 h puis stérilisées. De la sciure est également parfois utilisée. Après 15 jours environ le mycélium a complètement colonisé les grains. Le blanc peut alors être utilisé pour ensemencer un substrat : la masse de grain envahi est fragmentée, chaque grain envahi de mycélium servant de point d'inoculation.

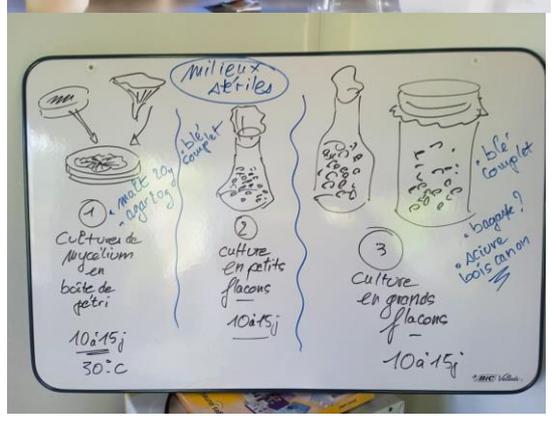
La plupart des producteurs de champignons en général et de pleurotes en particulier achète le blanc auprès d'entreprises spécialisées. Cette fabrication demande en effet des connaissances en techniques de laboratoire et elle suppose la création et l'entretien d'une mycothèque ou collection de souches mycéliennes de différentes espèces. Une « souche » correspond à un type génétique donné, au sein d'une espèce. Le mycélium est en effet multiplié par bouturage ou clonage d'une colonie mycélienne. Initialement, une souche sauvage est récoltée et un fragment de chair en est prélevé pour être mis en culture. Ce fragment est prélevé en dehors de la partie du champignon qui correspond à la partie fertile, les lamelles, de façon à ne bouturer que la partie végétative du champignon, dans le chapeau ou dans le pied.



Il n'existe bien sûr pas d'entreprise de fabrication de blanc en Martinique et le blanc commandé en métropole voyage mal. Un stockage long au froid en bateau est possible mais compromet la vitalité du mycélium. D'autre part, les souches commercialisées ne sont pas adaptées à un climat chaud. Leur températures limites, pour les souches d'été se situent à 25-27 °C, avec un optimum aux alentours de 23-25 °C et elles supportent mal une température de 30 °C.

C'est pourquoi la création d'une filière de production de champignons en Martinique suppose l'installation d'un laboratoire collectif. Cette fabrication peut toutefois se faire à petite échelle dans une simple pièce comme une cuisine, en manipulant à proximité d'un bec bunsen, comme nous l'avons fait durant ce projet.

Une première fabrication a eu lieu sur le siège de l'exploitation de Jean-Louis Belliard, dans le bureau de l'exploitation. Une deuxième a été réalisée chez Valériane Eustache, dans une cuisine.



Quelques moments de la première formation sur la culture des champignons, chez Jean-Louis Belliard. Ici, la partie laboratoire de fabrication de « blancs » de pleurotes.

Les productions suivantes de blancs ont ensuite été réalisées dans la cuisine d'un gîte chez Valériane Eustache, présidente de PROVAE.



Pour ne pas perdre de temps et pouvoir disposer de blanc local pour optimiser les essais de préparation de substrats, le projet à venir vise ainsi à constituer une mycothèque au sein de l'association PROVAE en travaillant initialement avec une installation «de fortune» et à rechercher parallèlement les moyens de créer un laboratoire collectif disposant du matériel nécessaire pour travailler dans des conditions professionnelles et produire du blanc à une échelle suffisante. Cela implique essentiellement un local dédié à cette fabrication (20 m2 minimum), une hotte à flux laminaire, un autoclave de bonne capacité.

Pour constituer la mycothèque, nous avons entrepris la récolte de pleurotes qui semblent intéressants, par leurs dimensions, par leurs couleurs et leurs textures et par leurs substrats naturels. Il est en effet intéressant de rechercher des champignons poussant naturellement sur Poirier par exemple si l'on souhaite ensuite cultiver ce même Pleurote sur du bois de poirier broyé.



Récolte d'un pleurote intéressant sur un Poirier, chez Jean-Louis Belliard. (Les champignons sont sur cette photo à un stade un peu trop avancé pour pouvoir prélever un fragment de chair exempt de bactéries à partir des fructifications. Le bouturage a été fait à partir de fragments de bois envahis par le mycélium, fragments prélevés sous les champignons).



Colonie mycélienne issue du mycélium de ce champignon.

Valorisation des substrats de culture des pleurotes comme amendement organique favorisant la fertilité et comme agent de biocontrôle des champignons pathogènes des systèmes racinaires : tout premier essai et perspectives.

Le temps du projet ne nous a pas permis de tester réellement cette action des substrats à pleurotes. Ce test demande en premier lieu des essais en laboratoire de cultures duelles en boîtes de pétri, tests qui sont prévus dans les mois qui viennent. Le sujet semble particulièrement important pour faire l'objet de travaux universitaires approfondis et nous travaillons à trouver un cadre d'action avec l'université de Toulouse pour cela. Ce sujet pourra être intégré dans le panel d'actions de R&D prévues dans un projet interreg auquel PROVAE sera associé (cf. partie « perspectives 2025-2028 »).

Quelques études scientifiques traitent de ce sujet de l'utilisation des composts résiduels de cultures de champignons sur les cultures. Nous avons évoqué précédemment à propos du poivrier les perspectives de biocontrôle du *Phytophthora* par le Pleurote et par un champignon très présent sur les bois morts tropicaux (genre *Trametes*) comme d'ailleurs sur les bois morts des forêts tempérées.

Une autre étude* illustre l'effet fertilisant de cet amendement sur le poivron. Cette étude montre un effet sur la croissance globale des plantes, en jouant un rôle dans la mobilisation du phosphate du sol, ce qui s'est traduit par une diminution du niveau de phosphate du sol et une augmentation du phosphate des racines et des feuilles après le traitement. Cela se traduit également par une augmentation de la teneur en chlorophylle des feuilles, une augmentation de la teneur en protéines d'environ 2,5 fois par rapport au contrôle, une augmentation de la teneur en caroténoïdes des fruits.

L'étude ne va pas jusqu'à expliquer précisément les mécanismes de cet effet du substrat sur la fertilité du sol et sur les plantes. Une hypothèse qui peut être suggérée est que les champignons saprotrophes entraînent indirectement ces effets en favorisant la mycorhization des plantes par des champignons endomycorhiziens qui sont connus pour entraîner justement tous les effets décrits dans cette étude : mobilisation du phosphore, stimulation de la synthèse de protéines, en particulier via une mobilisation accrue de l'azote mais également en favorisant des chaîne de biosynthèse, stimulation de la synthèse de caroténoïdes.

En termes de perspectives agricoles, ces études confirment l'intérêt d'envisager de produire des « mycocomposts » comme produits connexes aux champignons comestibles.

*S. Roy et al. Evaluation of spent mushroom substrate as biofertilizer for growth improvement of *Capsicum annuum* L J. Appl. Biol. Biotechnol. (2015)

IV- Thème d'expérimentation IV : essai de réalisation de plants de cacaoyers dans des conditions naturelles forestières.

Enjeux, objectifs.

Yanne Fite- ayant eu l'idée de préparer ses jeunes plants de cacaoyer d'une manière très simple, en réalisant un semis collectif de fèves directement dans sa parcelle cultivée et à proximité d'arbres forestiers adultes, nous avons voulu vérifier l'intérêt de cette méthode en termes de mycorhization naturelle des plants.



Clairière forestière aménagée : plantations diversifiées avec une culture principale de Vanille et Cacaoyers, au cœur de la forêt sur sol forestier.



Collectif de cacaoyers issu d'un semis de fèves de cacao, en toute bordure de forêt : les jeunes racines de Cacaoyer sont naturellement en contact avec les systèmes racinaires des arbres forestiers (cf. texte).



Yanne prélève des plants pour aller ensuite les installer dans une autre parcelle



Transport des plants. Yanne est membre de PROVAE mais également de Valcaco, association importante qui regroupe une quarantaine de producteurs de Cacao agroforestier. PROVAE et VALCACO sont aujourd'hui partenaires, notamment sur la diffusion des pratiques agroécologiques.

La méthode de préparation habituelle des plants se fait en effet classiquement en installant une fève seule dans un contenant en film plastique et en utilisant des terreaux de pépinières, toutefois parfois mélangés avec de la terre provenant de la parcelle qui recevra ensuite la plantation. Ces plants préparés classiquement ne peuvent ainsi être en contact avec des racines préalablement mycorhizées. Les terreaux de pépinières peuvent cependant contenir des spores de champignons mycorhiziens, surtout s'ils sont mélangés avec de la terre. Les plants préparés de manière classique se mycorhizent ainsi spontanément dans ces conditions mais l'hypothèse était que les plants de Yanne pouvaient être mycorhizés de manière beaucoup plus importante, en lien avec trois facteurs : d'une part la présence dans le sol forestier de racines mycorhizées arrivant dans le sol au contact des racines des jeunes plants, d'autre part le fait que ce sol est situé en clairière forestière et doit contenir beaucoup de spores en lien avec une forte présence de champignons mycorhiziens en forêt et enfin parce que les jeunes plants de cacaoyer vivant au sein d'un collectif dense (cf. la photo), ils peuvent rapidement « partager » leurs champignons, les mycéliums de ces derniers formant au sein du collectif des Réseaux Mycorhiziens Communs.

Pour vérifier cette hypothèse, l'intervenant en mycologie – Jean Rondet- a emporté en métropole un peu de sol prélevé autour des racines des jeunes plants ainsi que quelques jeunes plants pour réaliser d'une part une quantification des spores et d'une part une quantification des structures fongiques situées à l'intérieur des racines.

Les méthodes d'observations sont celles utilisées au Laboratoire de Recherche en Sciences Végétales de l'Université de Toulouse.

Protocole d'observation

Densité de spores dans le sol

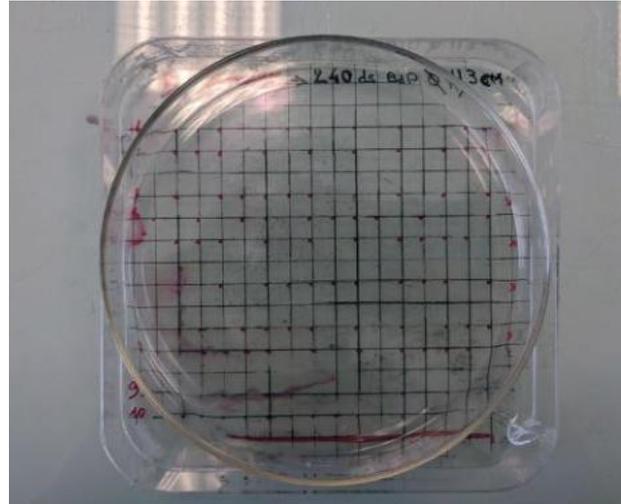
Les spores présentes dans le sol sont extraites par tamisage humide, suivi d'une décantation par densité avec du saccharose.

Un seul échantillon de sol a été utilisé, d'abord séché à l'air ambiant et homogénéisés. Les spores sont isolées en déposant 40 g de sol séché sur un tamis de 630 μm sous lequel se trouvent respectivement des tamis de 300 μm , 180 μm et 45 μm (photo page suivante). La terre contenue dans le premier tamis est rincée avec de l'eau froide puis retirée avant de rincer le second tamis. La terre restée dans les tamis 180 et 45 μm est transvasée dans un b cher de 2 L rempli d'eau. Un vortex est crée afin de mettre en suspension les spores et la matière organique/minérale légère.

La suspension est vers e sur le tamis de 45 μm . Le contenu du tamis est vers  dans un b cher de 200 ml avec de l'eau afin d'avoir un volume de 40 ml max. On laisse décanter. 20 ml du contenu de b cher sont ensuite mis dans 2 tubes falcons de 50 ml. A l'aide d'une seringue, 20 ml de saccharose à 40% sont ajoutés dans le fond de chaque tube. Les spores et hyphes mycéliens remontent à l'interface eau - saccharose et sont récupérés avec une pipette alors que les débris les plus gros restent dans la phase inférieure du saccharose par densité. Les spores pr lev es sont dilu es dans 2 L d'eau puis r cup r es dans un tamis de 45 μm avant d'être transvas es dans un tube falcon à l'aide d'eau. Les échantillons sont conservés à 4 C.

Les spores et hyphes sont situés à l'interface eau-saccharose et sont récupérés avec une pipette alors que les débris les plus gros restent dans la phase inférieure du saccharose par densité.

La densité de spores est quantifiée à la loupe binoculaire au grossissement X25 ou plus si nécessaire. Pour ce faire, les spores extraites sont déposées sur une boîte pétri ronde elle-même reposant sur une boîte de pétri carrée et quadrillée de 242 carreaux de 0.5 cm. 50 carreaux répartis de façon homogène ont été utilisés pour compter les spores (**photo ci-dessous**)



Taux de mycorhization

Pour quantifier les champignons arbusculaires présents dans les racines, le **taux de mycorhization** est évalué.

Il est nécessaire de décolorer les racines en premier lieu afin de pouvoir faire des observations à la loupe binoculaire des structures fongiques dans les racines. Le protocole de décoloration mis au point par le LRSV a été utilisé. Trois racines prélevées de manière aléatoire sur trois plants de cacaoyers ont été utilisées.

Les racines ont été lavées à l'eau pour supprimer toute trace de terre. Une fois parfaitement propres, elles sont découpées en tronçons de 1cm, placées dans des cassettes à grilles et conservées dans de l'eau et de l'éthanol à 70°. Les racines sont blanchies durant 3 heures dans du KOH à 10%, au bain-marie à environ 90-95°C. Les échantillons sont ensuite mis à tremper 2 jours dans de l'H₂O₂ puis rincées avant d'être colorées avec une solution contenant de l'encre à 5% (Shaeffer, noir de jais, Le Palais du Stylo) diluée dans de l'acide acétique 95% (ou vinaigre d'alcool) pendant 10 min. Enfin les racines ont été rincées à l'eau afin d'enlever le colorant excédentaire.

Le taux de mycorhization est évalué selon la méthode des intersections de grilles : les racines colorées sont déposées dans une boîte de pétri contenant des lignes parallèles espacées de 0,5 cm. Les racines sont observées sous une loupe binoculaire au grossissement X25 au minimum . A chaque intersection d'une racine (minimum 300) avec une ligne la présence ou l'absence de structures fongiques est évaluée. Le taux de mycorhization a ensuite été calculée avec la formule

suivante : % mycorhization = (Nombre intersection racinaires mycorhizés / Nombre d'intersection des racines) X 100

Résultats et interprétation

La densité de spores correspond au nombre de spores par g de sol. L'échantillon de sol ayant été initialement préparé à partir d'un mélange des plusieurs petits prélèvements de terre du collectif de jeunes plants, la densité mesurée représente une valeur représentative pour l'ensemble de ce collectif. Cette densité est de 35 spores/g de sol. Il existe encore peu d'études sur la mycorhization du Cacaoyer et donc peu de références. Le projet Myconova qui s'est déroulé en Martinique jusqu'en 2023 nous donne cependant des références, le LRSV ayant fait une campagne de mesures. Ces mesures ont été faite dans différentes cacaoyères de Martinique, à dans des milieux très forestiers (systèmes agroforestiers) ou plutôt de « vergers » à cacaoyers. Ces références nous permettent de conclure que cette valeur de 35 est élevée, car aussi importante que la valeur la plus haute mesurée par le LRSV parmi une diversité de cas de peuplements de cacaoyers.

Le taux de mycorhization est de 35 %. Selon les mêmes références, qui concernent donc des racines de cacaoyers en plantation et non des jeunes plants, ce taux est élevé et correspond plus à des taux rencontrés sur des arbres âges que sur des arbres jeunes selon l'étude du LRSV.

Cependant, parmi les très rares études actuelles sur la mycorhization en pépinières des cacaoyers, une étude du Costa Rica* porte sur l'inoculation contrôlée, en pépinière, de jeunes plants. L'inoculation est faite dans cette étude par un inoculum correspondant à des racines mycorhizées de cacaoyer. Comme résultat, tous les plants inoculés ont montré une colonisation par les CMA, le taux de mycorhization étant assez élevé : 42 % en moyenne.

L'étude montre que la mycorhization est plus importante que chez les témoins.

Cette référence nous permet de poser l'hypothèse que la méthode utilisée par Yanne permet une bonne mycorhization naturelle des plants (35 % sont proches des 42 % de l'étude du Costa Rica), comparé à des plants de pépinière non mycorhizés (= les témoins de l'étude costaricienne).

Bien sûr cette première étude suscite l'intérêt d'aller beaucoup plus loin, dans un programme qui viserait à définir précisément les conditions d'une mycorhization optimale et également à identifier la diversité des espèces de champignons.

Dans FungiAgri, l'objectif est cependant avant tout d'évaluer l'efficacité de techniques très inspirées des conditions naturelles. Avec cette technique très simple, Yanne s'inspire des conditions naturelles de multiplication des Cacaoyers, en les optimisant simplement. Il est également intéressant de remarquer que ce genre de technique évite le passage en pépinière collective dans lesquelles il est complexe d'éviter de transmettre d'éventuels organismes pathogènes (champignons, nématodes...).

V- ECHANGES ET ACTIONS DE DIFFUSION

L'Association PROVAE a une mission importante de promotion de ses activités et résultats auprès des agriculteurs en général et des partenaires institutionnels de l'agriculture en Martinique. Ainsi, le projet FungiAgri et le soutien de la fondation Carasso ont été mis en évidence à différentes occasions, en particulier :

- Auprès des élus et de l'équipe technique de la communauté de communes Espace Sud du sud de la Martinique, à l'occasion de rencontres sur la Vanille, en Martinique, puis en Guadeloupe (rencontres sur la vanille – Guadeloupe, février 2024. Le film réalisé initialement a servi de vecteur de diffusion des informations sur ce projet et du rôle de la fondation.
- Auprès des parties-prenantes des vanilles françaises, réunissant tous les territoires français concernés et les services institutionnels concernés, au ministère des outre-mer, en réunion préalable au dernier salon agricole puis dans la même période lors de la réunion de création de la fédération nationale des vanilles françaises dans les locaux de la chambre nationale d'agriculture. Le projet de PROVAE a été explicité à ses deux occasions en mettant en avant les soutiens qui ont permis et permettent à l'association de fonctionner.
- Auprès des services de la Chambre d'agriculture de la Martinique et de publics d'agriculteurs en formation à la Chambre. PROVAE et la Chambre ont été en effet partenaires sur différents modules de formation, soit en co-organisant des formations, soit en y participant pour apporter des témoignages des résultats des expérimentations (exemples : utilisation des paillages en productions maraichères, préservation des sols face au changement climatique, implanter des cultures à hautes valeurs ajoutées en système agroforestier : vanille, cacao, poivre..., formations qui comprenaient des visites de sites des membres de PROVAE). Ce partenariat, acté depuis 2023 et en cours permet de valoriser les travaux menés durant FungiAgri, à travers des activités régulières de formation. Ces formations répondent à des attentes du public professionnel qui sont en croissance, attentes motivées par les constats des problèmes posés par des itinéraires techniques agricoles traditionnels face aux nouvelles conditions climatiques. Dans ce sens, un cycle de formation de deux journées sur les fonctions des champignons et la gestion de la matière organique, des sols et des associations de plantes est en cours de montage par la Chambre, formation qui prévoit une animation par PROVAE (animation scientifique et technique et visites de deux sites des membres de PROVAE).
- Auprès de l'Association Française d'Agroforesterie, qui intervient notamment sur la création d'une filière de débroussaillage et fabrication de composts. Cette filière déjà organisée a atteint son maximum technique en termes de capacités en équipements et en savoir-faire et est en recherche de partenariat. Une collaboration est plus rapidement prévue dans le cadre du pacte pour la haie, collaboration qui a permis déjà et permettra de diffuser des conseils sur les associations de plantes permettant de valoriser les fonctions fongiques (utilisations notamment d'une diversité d'arbres de la famille des Fabacées) et sur la gestion des matières organiques dans le cadre de reboisements.
- Directement auprès de publics agricoles et du grand public à travers une diffusion auprès des adhérents de l'association, l'association comptant de plus en plus de nouveaux membres intéressés à bénéficier des activités de formations et d'échanges qui sont organisés par PROVAE et auprès des adhérents d'une autre association travaillant sur l'agroforesterie en Martinique : VALCACO. Les deux associations sont en effet aujourd'hui

étroitement associés, le partenariat étant formalisé à travers la création d'un emploi partagé pour aider au secrétariat et au montage de dossiers administratifs. Certains agriculteurs étant par ailleurs adhérents des deux associations car producteurs à la fois de vanille et de cacao et intéressés par les mêmes principes d'agroforesterie vivrière diversifiée.

Le site internet de l'Association est un support utile pour la diffusion des résultats et l'ensemble des documents qui sont actuellement produits seront valorisés sur ce site.



Présentation par Valériane Eustache des actions de PROVAE en Guadeloupe, pour les rencontres sur la Vanille et l'agroforesterie (février 2024)



Réunion technique dans les locaux de la Chambre d'agriculture : mise en place d'un outil de suivi des exploitations et des essais de nouveaux itinéraires techniques.



Assemblée générale de PROVAE et présentation des travaux de FungiAgri.



Restitution et évaluation des travaux et résultats de FungiAgri chez Valériane Eustache.

VI- LES NOUVEAUX OUTILS COLLECTIFS, POUR ANIMER LES ECHANGES ET FAVORISER LA R&D ET L'INNOVATION

Le projet FungiAgri a plusieurs conséquences sur la dynamique de développement agricole portée par PROVAE :

Ce projet a permis de faire prendre conscience à l'ensemble des participants directs comme aux publics qui ont pu être mobilisés (notamment via les échanges avec la Chambre d'Agriculture) de la valeur très concrète d'un tel réseau d'exploitations agroforestières en tant que « terrain d'expérimentation et d'innovation ». L'association se reconnaît aujourd'hui une mission de R&D, en relais d'organismes de Recherche. Les agriculteurs sont en effet les mieux placés pour mettre en place des essais dans des conditions écologiques et économiques réelles et les adhérents de PROVAE sont engagés dans cette association en raison de leur motivation à tester de nouvelles solutions et à les échanger, sans aucun esprit de concurrence. Cette reconnaissance en interne d'une capacité de l'association à assumer une mission de R&D et innovation encourage PROVAE à répondre à des appels à projet de R&D et non simplement ceux qui concernent uniquement l'étape finale de la chaîne de valeur : la production.

Il a permis en complément de faire prendre conscience de l'importance des échanges réguliers au sein du groupe, échanges concernant à la fois les essais menés sur un même thème pour confronter les résultats et sur les perspectives de nouvelles solutions, nouveaux itinéraires techniques, nouveaux produits.

Pour favoriser ces échanges, le travail collectif a conduit à créer de nouveaux outils de capitalisation de données, de façon à ce que chacun puisse mieux connaître : (1) les moyens de production des autres (référentiel sur les sols), (2) les productions et les itinéraires techniques (tableau Excel de saisie de données), (3) les valeurs respectives des différents espaces agroforestiers en termes de biodiversité forestière (Indicateur de Biodiversité Potentielle, inspiré de l'IBP utilisé en forêts tempérées) et (4) Indicateur de biodiversité alimentaire.

VI.1- Référentiel sur les sols.

La base de ce référentiel a été établie par l'étude des sols présentée en premier point de ce document. Une suite de ce travail sera l'organisation d'un cycle de formation co-organisée avec la Chambre d'Agriculture pour qu'un ensemble large d'agriculteurs puissent se situer par rapport à ce premier référentiel de sols. Sachant que ce référentiel de 5 exploitations est déjà bien représentatif des situations pédologiques de l'agriculture martiniquaise.

VI.2 – Tableau collectif, sur Excel, de saisie de données sur les itinéraires techniques des différents membres de PROVAE.

Ce tableau permet à chacun de prendre le temps d'archiver toutes les informations nécessaires pour pouvoir suivre et évaluer les expérimentations menées sur les différentes productions . Il permet une comparaison et une analyse des résultats obtenus entre des producteurs différents sur des productions identiques.

VI .3 – Indicateur de biodiversité potentielle

Enjeux : l'objectif premier de cet outil d'observation est d'aider chaque producteur à évaluer son action et son progrès dans le domaine de la gestion de la biodiversité. Un deuxième objectif est de démontrer auprès du public et auprès des partenaires institutionnels que la gestion agroforestière peut être un facteur d'amélioration de la biodiversité forestière.

Indicateur de biodiversité potentielle, pour les systèmes agroforestiers de culture de la vanille

(Indicateur inspiré de l'Indice de Biodiversité Potentielle utilisé pour les forêts des milieux tempérés – (Larrieu et Gonin – 2008)

Présentation de l'Indicateur de biodiversité.

L'Indice de Biodiversité Potentielle est un indicateur qui a été établi en mettant en relation des facteurs supposés être favorables à l'accueil des différents taxons de la biodiversité forestière avec des nombreuses observations de la présence effective de ces différents taxons. Les corrélations ayant été établies, il est possible d'affirmer que la présence de bois mort de gros diamètre par exemple implique la présence probable de tels insectes, champignons, etc. Cet IBP n'a pas été adapté au contexte de la forêt tropicale mais le concept de base peut nous servir à concevoir un premier IBP simplifié adapté au cas particulier du « système agroforestier vanille de Martinique », en établissant cet IBP sur la base d'une comparaison des sites agroforestiers du réseau de producteurs de l'association PROVAE et du GIEE. Cet indice manquera de fondement scientifique dans ce premier temps mais il pourra cependant avoir une valeur pédagogique importante.

Référence : Laurent Larrieu, Pierre Gonin. L'indice de biodiversité potentielle (IBP) : une méthode simple et rapide pour évaluer la biodiversité potentielle des peuplements forestiers. Revue forestière française, 2008, 60 (6), pp.727-748. Nombreux outils de saisie de données élaborés depuis par le CNPF.

Les observations des différents critères ci-dessous sont faites sur une parcelle présentant une certaine homogénéité. Dans le cas d'une surface forestière hétérogène, il sera nécessaire de distinguer différentes sous-parcelles homogènes et de faire les observations sur chacune d'entre elles.

A	<p>Nombre d'essences d'arbres forestiers</p> <p><i>Une essence est dite « présente » si elle est représentée par au moins 3 individus /ha</i></p> <p><i>(Soulignez les essences présentes sur votre parcelle)</i></p>	<p>Forêt humide <i>Bois rivière, Gommier blanc, Magnolia, Laurier rose montagne, Balata, Courbaril, Bois diable, Châtaigner grandes feuilles, Châtaignier petites feuilles, Balata rouge, Mahot cochon, Bois côte, Corossol grand bois, Bois la glu, Bois blanc, Mapou grande feuille, Laurier (Ocotea Membranacea), Bois d'homme, Balata, Laurier fine (Ocotea leucoxylon), Bois radar, Palmiste montagne Mahogany...</i></p> <p>Moyennement humide <i>Canellier, Fromager, Pois doux, Poirier pays, Bois rouge, Tendre à caillou, Bois de hêtre, Yeux à crabe, Mapou rivière, Savonnette mousseux Mahogany...</i></p> <p>Sèche <i>Bois chandelle blanc, Poirier pays, Gommier rouge, Pommier cajou, Gaiac, Bois-savonnette, Bois-nivré, Frangipanier, Bois-l'onguent, Bois d'Inde</i></p> <p>Total sur 5 (note = soit 1, soit 2, soit 3, soit 5)</p>	Si 1 à 2 essences d'arbres	1
			2 à 4 essences	2
			4 à 6 essences	3
			> 6 essences	5
			/ 5	

B	Essences de la famille des Fabacées <i>(Soulignez les essences présentes sur votre parcelle)</i>	Angelin, Bois gamelle, Glicéria Savonette rivière, Savonette grand-bois, Bois savonette, Caconier rouge, Ennivrage	1 essence / ha	2
		Mangle médaille, Pompon jaune, Acacia piquant, Tendre à caillou, Gomier rouge, Pompon jaune, Graines rouges, Pompon rouge, Bois patate, Acacia St-Domingue, Pois doux blanc, Pois doux montagne, Macata bourse, Griffes chat, Saman, Acacia rivière...	2 à 3 / ha	3
			> 3	5
		Total sur 5 (note : soit 2, soit 3, soit 5)		/ 5
C	Structure verticale de la végétation <i>1 strate est « présente » si la canopée correspondante couvre au moins 20 % de la surface du sol</i>	Herbacée et semi-ligneuse	2 strates	1
		Ligneux très bas < 1,5 m	3 strates	2
		Ligneux bas (1,5 à 7 m)	4 strates	3
		Ligneux intermédiaire (7 à 20 m)	5 strates	5
		Ligneux haut (> 20 m)		/ 5
Total sur 5 (note : soit 1, soit 2 soit 3, soit 4, soit 5)				
D	Bois mort sur pied <i>Un type de bois mort est « présent » si 2 bois morts de ce type au moins / ha</i>	Bois mort sur pied de grosse dimension (D > 40 cm) (<i>Diamètre mesuré à 1,30 m de hauteur</i>)	Présence	2
		Bois mort sur pied de dimensions moyennes (20 cm < D < 40 cm)	Présence	2
		Bois morts sur pieds de dimensions < 20 cm de diamètre	Présence	2
		Total sur 5 (addition des 3 notes)		/ 5
E	Bois mort au sol <i>Un type de bois mort est « présent » si 3 bois morts de ce type au moins / ha Un bois mort au sol est comptabilisé si sa longueur est > 2 m</i>	Bois mort sur pied de grosse dimension (D > 40 cm)	Présence	2
		Bois mort sur pied de dimensions moyennes (20 cm < D < 40 cm)	Présence	2
		Bois mort sur pied de dimensions moyennes (20 cm < D < 40 cm)	Présence	1
		Total sur 5 (addition des 3 notes)		/ 5
F	Gros bois vivants	Bois vivants de diamètre > 45 cm	3 – 5 arbres / ha	3
		Bois vivants de diamètre > 45 cm	> 5 arbres / ha	5
		Total sur 5 (note = 3 ou 5)		/ 5

G	Continuité temporelle de l'état boisé	Forêt récente (40 ans <) sur l'ensemble de la surface		
		Forêt < 20 ans		1
		20 ans < Forêt < 40 ans		2
		Forêt > 40 ans, sur au moins 25 % de la surface décrite		3
		Forêt > 40 ans sur au moins 80 % de la surface décrite		5
		Total sur 5 (note : Soit 1, soit 2, soit 3, soit 5)		/ 5
H	Présence de milieux aquatiques	1 cours d'eau permanent sur la parcelle		2
		1 mare		3
		1 cours d'eau et 1 mare		5
		Total sur 5 (note : Soit , soit 3, soit 5)		/ 5
		TOTAL SUR 40		/ 40

Indicateur de Biodiversité alimentaire

Présentation de cet indicateur

Les sites agroforestiers des membres du GIEE sont destinés à une production alimentaire, la vanille devant aider à conforter la rentabilité des exploitations agricoles diversifiées. Ainsi, la fonction alimentaire des exploitations du GIEE est considérée comme essentielle.

Sur un site agroforestier donné, la biodiversité des plantes alimentaires peut être un facteur important sur le plan économique, si la commercialisation valorise bien une diversité de produits.

Elle est également un facteur d'autonomie nutritionnelle, en répondant à la diversité des besoins nutritionnels (protéines, lipides, glucides, vitamines, etc...).

Elle est ensuite un facteur important pour l'adaptation des exploitations au changement climatique, en augmentant les chances d'avoir une certaine proportion de plantes qui soient adaptées au climat d'une année donnée.

Cet indicateur a un objectif pédagogique : à destination des producteurs pour les pousser à diversifier leurs productions et à destination du public en les amenant à s'intéresser à des produits agricoles oubliés ainsi qu'à des plantes alimentaires sauvages.

Les deux indicateurs réunis, forestier et alimentaire permettent de progresser vers un système agroforestier à la fois riche de biodiversité générale et très productif en une diversité de plantes alimentaires.

Arbres alimentaires			
A	Nombre d'espèces d'arbres et arbustes alimentaires (représentées par au moins 3 arbres / ha)	1 seule espèce / ha	1
		2 à 5 espèces / ha	3
		6 espèces et plus	5
		Total sur 5 (Soit 1, soit 3, soit 5)	/ 5
B	Stades de développement (représentés par au moins 3 arbres à l'hectare)	Arbres adultes uniquement	2
		Seulement de jeunes arbres pas encore en production ou en tout début de production	2
		Arbres adultes et jeunes arbres assurant un renouvellement	5
		Total sur 5 (soit 2, soit 5)	/ 5
C	Arbres alimentaires sources de produits riches en glucides de type amidon <i>Arbre à pain, Châtaignier, Bananier(s)</i>	1 espèce	2
		2 espèces	3
		3 espèces et plus	5
		Total sur 5 : (soit 2, soit 3, soit 5)	/ 5
D	Arbres alimentaires sources de produits riches en glucides solubles, antioxydants, vitamine C <i>Oranger, Citronnier(s) (fruits sucrés mais action de régulation de la glycémie), Manguier, Hibiscus, Corosollier, Goyavier, Longanier, Ramboutan, Papaye, Prune de Cythère, Tamarinier (sucré mais régulation glycémie), Cerisier pays, Groseiller pays (Hibiscus sabdariffa), Jacquier, Papayer</i>	1 espèce	1
		3 à 5 espèces	3
		Plus de 5 espèces	5
		Total sur 5 (Soit 1, soit 3, soit 5)	/ 5
E	Arbres alimentaires sources de produits riches ou relativement riche en protéines <i>Jacquier (2 % poids frais), Goyavier (2%), Avocatier (2%)</i>	1 espèce	2
		2 espèces	3
		3 espèces et plus	5
		Total sur 5 (Soit 2, soit 3, soit 5)	/ 5
F	Arbres alimentaires sources de produits riches en lipides <i>Avocatier, Anacardier (noix de Cajou)</i>	1 espèce	2
		2 espèces	3
		3 espèces et plus	5
		Total sur 5 (Soit 2, soit 3, soit 5)	/ 5
G	Arbres alimentaires sources d' épices à valeur gastronomique et nutritionnelle <i>Cannelier, Cafier, Cacaoyer</i>	1 espèce	2
		2 espèces	3
		3 espèces et plus	5
		Total sur 5 (Soit 2, soit 3, soit 5)	/ 5
Lianes alimentaires et à épices			
H	<i>Maracuja (Passiflora edulis), Pomme-Liane (Passiflora laurifolia), Igname, Vanille, Poivrier noir</i>	1 espèce	2
		2 espèces	3
		3 espèces et plus	5
		Total sur 5 (Soit 2, soit 3, soit 5)	/ 5

Herbacées / arbustives			
I	Plantes herbacées sources de produits riches en glucides de type amidon <i>Exemples : Patate douce, Dachine, Giraumon, Gombo (mucilage...), Manioc</i>	1 à 2 espèces	1
		3	2
		4 à 5	3
		Plus de 5	5
		Total sur 5 (Soit 2, soit 3, soit 5)	/ 5
J	Plantes herbacées sources de feuilles à valeur de légumes verts ou salades vertes <i>Exemples : Gombo, Epinard pays (Amarantius dubius), Herbe à poux bois, Pourpier</i>	1 à 2 espèces	1
		3	2
		4 à 5	3
		Plus de 5	5
		Total sur 5 (Soit 2, soit 3, soit 5)	/ 5
K	Plantes herbacées sources de produits riches en glucides solubles (saveur sucrée) <i>Oignons,</i>	1 espèce	1
		2	2
		3 à 5	3
		Plus de 5	5
		Total sur 5 (Soit 2, soit 2, soit 3, soit 5)	/ 5
L	Plantes herbacées sources d'épices à valeur gastronomique et nutritionnelle <i>Curcuma, Gingembre,</i>	1 à 2 espèces	1
		3 à 4	2
		4 à 6	3
		Plus de 6	5
		Total sur 5 (Soit 1, soit 2, soit 3, soit 5)	/ 5
		TOTAL GENERAL	/ 60

VII- LES PROJETS COLLECTIFS

Les échanges menés depuis deux ans ont favorisé une dynamique collective de projet. Le projet général étant de travailler collectivement aux améliorations des systèmes agroforestiers de chacun des membres, à la fois en se focalisant sur les productions phares comme la vanille mais également en partageant les connaissances et résultats d'expérimentations sur de nouvelles plantes cultivées.

Ensuite le groupe souhaite s'engager dans des projets mettant en jeu des équipements collectifs (cf. projet de culture de champignons) et des savoirs collectifs pouvant être partagés avec d'autres territoires (cf. projet de coopération européenne)

Projet local modèle de culture de champignons et de fabrication de mycocomposts

Le projet a pour objectif la création d'une filière locale innovante, **initialement en Martinique**, de production de **champignons comestibles** sur des substrats de sous-produits agricoles et forestières et de production de **mycocomposts** (substrats résiduels après récolte des champignons).

Cette création se base sur une organisation collective :

- Un laboratoire commun de production de mycéliums sur grains et sciures (« blancs » constitués de mycéliums de champignons locaux cultivés sur grains et sciures stériles, les blancs servant à ensemercer les substrats de culture)
- Des équipements collectifs pour broyer les matériaux végétaux et préparer les substrats de culture :
- Un hangar commun pour le broyage et le trempage dans l'eau des matériaux broyés (broyeur, cuves de trempage)
- Le broyeur pouvant se déplacer sur certaines exploitations plus éloignées
- Une commercialisation sous marque commune pour alimenter le marché en frais (notamment restaurants gastronomiques, magasins bio)
- Atelier collectif de transformation de produits fongiques et végétaux (→ tartinades de champignons et légumes, poudres condimentaires champignons/légumes aromatiques)

Justification des besoins

- Une production locale de champignon s'inscrit dans une démarche globale visant à améliorer la sécurité alimentaire de l'île, très dépendante des importations alimentaires.
- Un laboratoire local permet de produire des mycéliums à partir de champignons sauvages du territoire, champignons récoltés sur des bois morts des essences forestières qui seront ensuite utilisés pour fabriquer les substrats de culture. Ces mycéliums seront ainsi à la fois adaptés aux températures chaudes et leurs équipements enzymatiques seront adaptés aux essences forestières locales. Cela n'est pas le cas des mycéliums commerciaux d'importation, sachant de plus que les mycéliums voyagent mal, perdent leur vitalité lors d'un stockage au froid et encore plus lors des ruptures de chaînes du froid)
- Une production sur bois broyé s'inscrit dans une filière technique comprenant une opération initiale de débroussaillage (il existe une demande locale spécifique pour ce travail, sur des arbres invasifs -Bois canon, Poirier, Bambou notamment-), une production de champignons de très bonnes qualités organoleptiques et nutritionnelles car se

nourrissant de substrats à base de bois (aspect et texture, saveurs, valeurs élevées en antioxydants en particulier), exempts de polluants agricoles, de qualité « locale et responsable » et une production résiduelle d'un compost ayant des qualités particulières : matériaux bois à C/N et composition générale favorisant ensuite l'activité des champignons mycorhiziens des plantes cultivés, mycélium vivant du champignon cultivé, champignon saproxylique produisant naturellement des enzymes et toxines assurant une activité de biocontrôle sur les champignons pathogènes des sols (exemples : sur vanille - *Fusarium oxysporum f. sp. radicis-vanillae*, sur Poivre noir - *Phytophthora capsici*). Sachant que la demande en composts est très grande, pour des exploitations spécialisées (maraichage, vanille...), pour les jardins, les sols tropicaux de l'île devant être protégés des actions directes du climat (exemple des vertisols du Sud de l'île...).

Caractères innovants du projet

- La forme organisationnelle, toute la filière étant maîtrisée localement et adaptée aux besoins locaux et conditions locales
- La production de souches de champignons (souche = strain = type génétique, au sein d'une espèce donnée) locaux, liées au territoire
- Une technique de production de substrat économe, basée sur un trempage très long à l'eau froide (15 j – 3 semaines) qui permet d'éviter des équipements et coût élevés de fonctionnement liés aux techniques habituelles de pasteurisation ou de stérilisation des substrats.
- Les mycocomposts : concept innovant. Produits innovants de biocontrôle des pathogènes racinaires.
- Des produits transformés innovants (associations champignons / produits végétaux locaux)

Effet de levier du projet pour le développement de l'agroécologie et l'agroforesterie

Une production de champignons sur bois broyés peut s'inscrire dans une réflexion globale sur la gestion agroforestière d'un territoire. Elle constitue un mode de valorisation de bois de faibles valeur technologique. Le bois est laissé finalement sur place, comme source d'humus et comme puit de carbone. La production sur bois broyé peut également s'accompagner d'une production complémentaire sur bois-bûches (bois ensemencés sur place, le mycélium étant introduit au coeur du bois par des galeries réalisées avec une perceuse – Technique traditionnelle japonaise de culture du Shii-Take et développée dans différents pays – USA, Québec..).

La complémentarité des fonctions des champignons saproxyliques des mycocomposts et des champignons mycorhiziens des arbres d'ombrage (permaculture) et des plantes cultivées invite à développer des systèmes agroécologiques innovants.

Transférabilité du modèle.

L'objectif du projet est de développer un modèle territorial, transférable, adaptable à d'autres contextes, sous climat tropical (Antilles, Afrique où les projets de cultures de champignons sont dépendants de mycéliums importés avec des souches mycéliennes plutôt adaptées aux sous-produits agricoles (pailles...) et peu adaptées à la chaleur).

Besoins en R&D

Une année nécessaire pour atteindre le niveau de maturité correspondant au TRL 9

Equipements	
Laboratoire	
Local labo (Container 20 pieds isolé pour le local)	6 000
hotte à flux laminaire 1,60 m	5 000
Autoclave	10 000
petit matériel, verrerie	2 000
Production eau chaude solaire (laverie...), équipements lavage	3 000
<i>Sous-total labo</i>	26 000 €
Broyage et préparation substrats	
Mise à disposition hangar 1 an	0 €
Broyeur mobile	25 000
Transports matières	5 000
Cuves de trempage	5000
<i>Sous-total</i>	35 000 €
Consommables	
Consommables labo	1000 €
Prestations	
Accompagnement scientifique et technique	18 000
Accompagnement organisationnel et commercial	18 000
<i>Analyse des formes de matières organiques et formes d'azote des myco-composts. Interprétations pédologiques et agronomiques.</i>	3000
<i>Analyse des effets de biocontrôle des mycocomposts (master Université Toulouse 2) (1 déplacement étudiant. Consommables labo.)</i>	4000
<i>Sous-Total</i>	43 000 €
TOTAL	105 000 €

Maitrise d'ouvrage : Association PROVAE, groupement d'agriculteurs en petite agriculture familiale développant des systèmes diversifiés associant des cultures à haute valeur ajoutée (Vanille, Poivre, Cacao...) et des productions vivrières.

Maitrise d'œuvre : des membres de PROVAE disposant d'infrastructures (hangar) ou de temps à mettre à disposition du projet (travail de labo, travail de préparation de substrat, essais de produits agroalimentaires, prospection commerciale), assistés par deux prestataires.

Ce projet répond à la Priorité 1 du programme : « Une Caraïbe plus intelligente et plus innovante Recherche, développement et innovation. Développement et compétitivité des PME » et à l'Objectif spécifique 1i : « en développant et en améliorant les capacités de recherche et d'innovation ainsi que l'utilisation des technologies de pointe ».

Problématique, enjeux

Le projet s'inscrit dans un contexte de transition agroécologique et de lutte contre les impacts du changement climatique en milieu tropical, particulièrement dans la région caribéenne. La production sous couvert forestier de la vanille représente une opportunité pour concilier préservation de la biodiversité, maintien et développement de l'agriculture locale et développement économique durable : en répondant à la demande mondiale croissante pour des produits premium à forte valeur ajoutée tout en favorisant une production agricole diversifiée (produits premium et produits vivriers).

Renforcement des filières économiques locales : Le projet vise à structurer une filière autour de la vanille et d'autres productions sous forêt, pour diversifier les revenus des exploitants et renforcer le tissu économique des petites exploitations familiales. Des collaborations entre producteurs, transformateurs, réseaux de distribution soutiendra la création de nouvelles chaînes de valeur.

Partenariat du projet

Le partenariat proposé pour le projet Vanilla compte 4 partenaires communautaires bénéficiaires des fonds FEDER, six partenaires extracommunautaires représentant des territoires caribéens non européens et des intervenants scientifiques et techniques (organismes scientifiques publiques, associations de producteurs, entreprises spécialisées). La CANBT étant le chef de file du projet.

Partenaires bénéficiaires directs des fonds FEDER :

- Communauté d'Agglomération Nord Basse Terre – CANBT (Chef de File),
- CIRAD Guadeloupe,
- Parc Amazonien de Guyane
- Association Française d'Agroforesterie, antennes de Guadeloupe et de Martinique.

Associations de producteurs : Association de Promotion de l'Agroforesterie en Guadeloupe (APAGwa), **l'association des Producteurs de Vanille et Epices de Martinique (PROVAE)**. Ces deux associations doivent intervenir en tant que prestataire, sur commande de la CANBT.

PROVAE interviendra en particulier sur le WP3 du projet, valorisant ainsi le travail mené dans le cadre de FungiAgri.

Organismes publics experts intervenant sous convention de partenariat : Laboratoire de Recherche en Sciences Végétales – Université de Toulouse (LRSV) (expertises sur les synergies entre plantes dans les systèmes agroforestiers); L'Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) Vanille de Tahiti (expertises sur les modes de préparation et les qualités des vanilles)

Entreprises spécialisées dans les domaines de : la connaissance et la gestion des sols et des microclimats en forêts de Martinique et Guadeloupe ; la gestion, la coordination et l'animation de projets de coopération impliquant des réseaux d'acteurs et la coopération entre territoires.

Territoires caribéens extracommunautaires pressentis et leurs spécificités intéressantes pour l'échange de bonnes pratiques : Haïti (jardins créoles), Cuba (qualité des expertises scientifiques, innovations agroécologiques), Guatemala (gestion mixte bois d'œuvre/plantes alimentaires ; associations vanille/cacao/café ; cosmétique) ; Trinidad (Cacao) ; Sainte Lucie (bois l'encens); Saint Kitts (vanille).

Activités du projet :

WP1 : Gestion du projet

Activité 1.1- Gestion administrative. Activité animée et coordonnée par la CANBT.

Activité 1.2 – gestion technique, coordination scientifique et technique du projet.

Activité animée et coordonnée par la CANBT : équipe CANBT et prestataire ingénieur agronome et forestier expérimenté (1/4 temps) dans la coordination technique et scientifique de projets interreg portant sur les thématiques concernées par le projet : forêt, agroforesterie, écophysiologie des plantes alimentaires concernées et des arbres associés.

Organisation d'un comité de pilotage et de suivi réunissant les partenaires, des parties-prenantes de l'ensemble de la chaîne de valeurs : domaines scientifique (écologie, agroforesterie, alimentation, agrotransformation, commerce international, économie), technique (notamment les associations de producteurs actives dans les territoires partenaires), économique, développement territorial.

WP2 : Communication

Activité 2.1 : diffusion au fil de l'eau des informations sur le déroulement du projet, ses étapes, ses résultats : site internet du projet, médias sociaux, points presses,

Activité 2.2 : participations ciblées à des salons et manifestations concernant l'agroforesterie et les productions agroforestières, avec des présentations destinées à faire connaître auprès des parties-prenantes (services ministériels concernés, organisations professionnelles...), les productions patrimoniales d'excellence des territoires et les démarches menées dans les territoires en lien avec les activités du projet.

Activité 2.3 : réalisation d'outils de capitalisation et de diffusion permettant de valoriser les partenaires du projet, les territoires, les démarches engagées à travers le projet, les résultats, les produits, les valeurs des territoires et des produits : livre référentiel technique (méthodes innovantes de diagnostic et de gestion : cf également WP3 et WP4), film sur les vanilles des Caraïbes.

Activité 2.4 : organisation d'événements pour la valorisation sociale et commerciale des vanilles des Caraïbes et des productions associées dans les systèmes agroforestiers diversifiés, des territoires (les vanilles et les productions agroforestières d'excellence comme « marqueurs des territoires »), des acteurs engagés dans le projet, des travaux et des résultats du projet : trois séminaires : séminaire de lancement (Guadeloupe), séminaire intermédiaire (Martinique), séminaire final international (Guadeloupe)

WP3 : Connaissance et gestion innovante des systèmes agroforestiers. Formations-actions associées aux activités de R&D du WP3.

Activité 3.1 : renforcement des connaissances sur les facteurs de performance et de durabilité des écosystèmes agroforestiers et sur la gestion de ces facteurs

« Facteurs microclimatiques » (analyse des topo-pédo-climats parcellaires), fonctionnement des sols et des litières : fonctionnement dynamique des microclimats des sols d'un site agroforestier dans son contexte paysager),

« Facteurs pédologiques » (les sols) (fonctionnement des horizons organiques des sols agroforestiers, des cycles du carbone, azote, minéraux, la fonction de puit de carbone des sols agroforestiers ; fonctionnement des horizons minéraux sous-jacents et compréhension des facteurs de préservation des sols face au changement climatique)

« Facteurs de l'activité biologique des sols » et notamment connaissance des facteurs d'optimisation des fonctions des champignons des litières forestières (champignons décomposeurs et recycleurs de la matière organique et champignons mycorhiziens associés aux systèmes racinaires des plantes

Activité 3.2 : renforcement des connaissances sur l'écophysiologie (fonctionnement physiologique des vanilles en lien avec les facteurs du milieu : climat, litières et sols...) des vanilles (*Vanilla planifolia*, *Vanilla pompona*)

Activité 3.3 : connaissance de la diversité génétique des vanilles. Identification de vanilles intéressantes à valoriser. Collections et pépinières. Analyse des particularités écologiques et physiologiques de ces vanilles.

Activité 3.4 : renforcement des connaissances sur les synergies entre plantes au sein de l'agrosystème forestier : notamment relations entre vanille et cacaoyer utilisé comme tuteur

Activité 3.5 : organisation de formations-actions autour des activités de R&D. L'activité vise à valoriser systématiquement les activités de R&D menées sur les sites agroforestiers en organisant des actions de formations sur sites. « En retour », ces actions de formation-actions visent à « étayer » les actions de R&D en s'appuyant sur les connaissances des agriculteurs : leurs connaissances concrètes sur le fonctionnement des sites agroforestiers, leurs connaissances du fonctionnement des cultures dans leurs sites agroforestiers. Cette activité vise à une forte implication des acteurs de terrain et à la constitution de liens de confiance entre acteurs de terrains et intervenants scientifiques.

Activité 3.6 : élaboration d'un SIG permettant l'archivage et la capitalisation des données de terrain. Formation des parties-prenantes (agriculteurs, techniciens animateurs, scientifiques) à l'utilisation de cet SIG. (Ce SIG aura également une fonction de communication sur le projet, son contexte, ses acteurs, ses résultats (cf. WP2).

Activité 3.7 : Missions de transfert de connaissances et d'échange de bonnes pratiques du WP3 dans les territoires non européens.

Les méthodologies ayant été développées, testées et validées dans les trois territoires européens, des missions de transfert de ces méthodologies sont organisées à destination des 6 territoires non européens. Ces missions sont également destinées à recueillir des données sur les écosystèmes de ces territoires de façon à renforcer les bases de données caribéennes établies dans les activités 3.1 à 3.4.

WP4 – Connaissance et valorisation des techniques de préparation des vanilles.

Activité 4.1 – Connaissance et optimisation des techniques de préparation des gousses de vanilles. Evolution de la composition chimique des vanilles. Unités pilotes de préparation.

Activité 4.2 – Identification et optimisation de modes de préparation de produits issus des vanilles

Activité 4.3 : Missions de transfert de connaissances et d'échange de bonnes pratiques du WP3 dans les territoires non européens.

Les pratiques ayant été optimisées dans les trois territoires européens, une mission de transfert de connaissances et d'échanges de bonnes pratiques est organisée dans chacun des six territoires caribéens non européen. Ces missions sont également destinées à renforcer les bases de données établies en 4.1 et 4.2.

WP5 – Référentiel gastronomique et nutritionnel pour la valorisation des produits agroforestiers ;

Activité 5.1 : valeurs gastronomiques et nutritionnels des produits agroforestiers

Etude bibliographique à partir des données récentes sur les valeurs respectives des différents produits agroforestiers, en termes de qualités organoleptiques et nutritionnelles ;

Activité 5.2 : référentiel de recettes traditionnelles et de recettes

WP6 – Filières et modèles économiques

Activité 6.1 : Analyse et étude prospective sur les filières vanilles dans les territoires du projet

Activité 6.2 : Analyse et étude prospectives sur les filières « vanilles et autres produits agroforestiers à hautes valeurs ajoutées »

Activité 6.3 : Analyse et étude prospective sur les modèles agricoles de valorisation mixte de cultures à hautes valeurs ajoutées et de produits vivriers

Activité 6.4 : Etude prospective sur les opportunités de modèles globaux de développement territoriaux (sur la base de l'analyse du contexte des trois territoires français et de deux territoires partenaires)

Activité 6.5 : Missions de transfert de connaissances et d'échanges de bonnes pratiques du WP5 dans les territoires non européens.

Ce WP6 vise avec à renforcer les connaissances et savoir-faire nécessaires pour structurer et développer les filières spécialisées dans la valorisation de la vanille (6.1) et pour structurer des liens entre les filières vanilles et les filières de valorisation des autres produits agroforestiers à hautes valeurs ajoutées : notamment cacao, café, poivres (6.2).

WP6 vise ensuite à renforcer les connaissances et les savoir-faire nécessaires à la conception, mise en œuvre et accompagnement de modèles agricoles diversifiés qui optimisent les synergies entre productions à hautes valeurs ajoutées et productions vivrières (synergies en termes de moyens de productions, organisation du travail, aménagements des écosystèmes, itinéraires techniques, commercialisation) (6.3).

WP6 vise enfin avec 6.4 à renforcer les connaissances et savoir-faire nécessaires à structurer des liens entre ces dynamiques de développement agricoles et les autres dynamiques de développement des territoires, dans l'agro-transformation, l'agri-tourisme et tourisme de découverte de la nature et des sciences, les produits forestiers non ligneux, l'environnement, l'artisanat, la culture, les sciences et l'éducation, l'alimentation, la gastronomie, la nutrition et la santé alimentaire.

VIII - CONCLUSION

Le projet FungiAgri, soutenu par la Fondation Carasso, a offert à PROVAE et ses membres un cadre et des moyens qui ont permis d'établir un réseau efficace d'agriculteurs.

Ces agriculteurs sont convaincus de la nécessité de construire un dispositif collectif de R&D et d'innovation agricole. Les thèmes d'étude qui intéressent l'association sont en effet eux-mêmes nouveaux. Ils sont en rapport avec les évolutions du contexte climatique et économique et ils doivent être approfondis de manière urgente et en allant chercher des soutiens auprès d'acteurs scientifiques et techniques qui ne sont pas nécessairement tous sur le territoire martiniquais. Le projet FungiAgri permet ainsi aujourd'hui de travailler en lien avec des partenaires spécialisés en sciences des sols et en mycologie. Mais l'association dispose également en interne de ressources humaines expérimentées sur différents sujets comme en particulier les ressources végétales en plantes alimentaires, les associations de plante, les ressources en matières organiques et les techniques de mulching, la culture de la vanille, du poivre, de l'igname... Ainsi les échanges internes à PROVAE d'une part et entre membres de PROVAE et intervenants scientifiques et techniques permettent-ils aujourd'hui à PROVAE d'assumer une mission de R&D et non plus seulement de production. Cette nouvelle capacité en termes de R&D permet en outre de donner beaucoup plus de force à la mission initiale de formation/diffusion qui fonde l'Association.

Le projet a permis ainsi de bien avancer sur les connaissances nécessaires à une meilleure gestion de la matière organique dans les exploitations, en valorisant mieux les matières d'origine forestières qui permettent d'optimiser les fonctions des auxiliaires fongiques des plantes. Ces premiers résultats peuvent se révéler très importants dans l'avenir pour les cultures spécialisées de la Vanille et du Poivre, cultures confrontées aujourd'hui à des problèmes de concurrence avec des champignons pathogènes. Les premiers résultats sur une méthodologie simple de suivi des températures et des bilans hydriques des sols sont prometteurs. Ces données sont essentielles pour mettre en évidence des problèmes très évidents d'excès de chaleur qui sont plus fréquents aujourd'hui. Ces premières observations révèlent par exemple que l'ombrage est indispensable pour des cultures qui étaient encore possibles en conditions de plein soleil il y a peu de temps, comme la vanille en système semi-intensif et comme le cacao.

La culture des champignons comestibles sur bois broyé se révèle être pour les membres de PROVAE un sujet très prometteur et sans doute assez central dans un système de culture agroforestier. En effet, ce mode de culture valorise une ressource propre à une exploitation – ses boisements – en produisant des champignons de très bonne qualité sanitaire, nutritionnelle et organoleptique et en produisant également un compost qui sera utilisé sur l'exploitation sur les cultures spécialisées. Le trempage à l'eau froide de longue durée représentant une solution technique simple et sans coût énergétique.

Une meilleure compréhension des mécanismes impliqués dans les associations de plantes cultivées apparaît aujourd'hui nécessaire selon les agriculteurs impliqués dans FungiAgri. Ce sujet complexe a été abordé à travers l'utilisation du Gliceria dans les systèmes de culture de Vanille et de Poivre. Les agriculteurs s'emparent facilement de ce thème car certaines associations qui se justifient aujourd'hui par les nouvelles connaissances scientifiques sur les Réseaux Mycorhiziens Communs rappellent des associations traditionnelles connues pour le cacao et la vanille dans des territoires qui inspirent les martiniquais (Amérique centrale,

Madagascar...) et également certaines associations de plantes caractéristiques des « jardins créoles », qui restent une référence importante dans les Caraïbes.

Même si les thèmes étudiés durant ces deux années demandent à être largement approfondis, l'ensemble de ces premiers travaux et résultats permettent dès maintenant une mise en pratique d'éléments et méthodes d'observation ainsi que des adaptations d'itinéraires techniques qui permettent de sécuriser des productions et ainsi de mieux rémunérer les activités agricoles des membres de PROVAE.

En termes de développement stratégique, le projet Fungi Agri a également donné les moyens à notre association encore toute récente de s'engager dans d'autres programmes qui imposent de démontrer une expérience dans des démarches de projets collectifs de R&D et dans une capacité de cofinancement, deux conditions que la Fondation Carasso nous permet de montrer aujourd'hui, dans notre recherche de mise en œuvre de nouveaux projets.

BELLIARD Jean-Louis. 65 ans. Quartier Fontane – LE FRANCOIS. NIVEAU DE FORMATION : BPREA. A suivi de très nombreuses formations et réalisé de très nombreuses visites techniques, en France, USA...

L'agriculteur a fait l'acquisition du terrain en 1982. Il a débuté très progressivement l'activité agricole en 1992. En 1994, les spéculations pratiquées sur l'exploitation étaient : cuniculture, caprins et bovins. L'activité agricole s'étant effondrée dans les années 2000, l'exploitant fait le choix de se consacrer dorénavant à la pépinière avec une orientation de pépinière de gros sujets (gros plants). Il a introduit la vanille suite à la formation suivie à la Chambre d'Agriculture de Martinique en 2020. Il dispose aujourd'hui d'un foncier d'une surface de 16 ha. Les spéculations ont beaucoup évolué au sein de l'exploitation avec le contexte et les opportunités. Le porteur de projet a des objectifs définis pour le développement de son exploitation. Ses pratiques se rapprochent de l'agroforesterie même s'il a recours à l'utilisation de produits phytosanitaires pour les plantes ornementales fragiles de sa pépinière. L'agriculteur est passionné par la culture de vanille, il innove et teste différents systèmes de production de l'intensif au semi-intensif et le système agroforestier adapté à sa zone pédoclimatique.

PRATIQUES AGROECOLOGIQUES

Protection et entretien des cultures/animaux L'agriculteur est en système conventionnel, il effectue des traitements ponctuels en fonction des besoins mais il utilise des méthodes alternatives de lutte et par anticipation les pratiques participant à la prophylaxie. L'agriculteur dispose de son Certiphyto. Tendre vers un zéro traitement

Gestion des sols : Utilisation de matières organiques (fumier, compost), travail du sol superficiel, couverture permanente du sol, paillage, association de cultures, plantes de couverture. Aménagements pour limiter l'érosion sur les parcelles pentues.

Méthodes mécaniques contre l'enherbement

Rotations culturales et associations culturales

Gestion de la ressource en eau : Les itinéraires techniques et les spéculations ont été retenus en fonction du contexte pédo-climatique, les pratiques utilisées permettent de limiter l'arrosage (paillage, bandes enherbées, associations de culture, haies). De plus l'agriculteur dispose de moyen de stockage de l'eau : 2 citernes de 18000 L et 2 retenues collinaires. Les bandes enherbées présentes aux abords des cours d'eau assurent leur protection. L'existence de haies limite les phénomènes d'érosion.

Fertilisation Utilisation de fumier et de compost. Les déchets de végétaux sont valorisés. Le plan de fumure tient compte des précédents culturaux. Pour limiter le lessivage des engrais : les apports sont fractionnés et des aménagements ont été mis en place.

Biodiversité et paysage

Présence d'insectes pollinisateurs et de nombreuses espèces floristiques, valorisation des déchets organiques et espèces présentes sur le site. La polyculture /élevage pratiqué participe à la préservation de la biodiversité et du paysage. De plus l'exploitant procède au reboisement des espaces vides avec des manguiers et des jujubiers.

Valorisation des savoir-faire

L'agriculteur participe régulièrement à des échanges entre agriculteurs, à des formations courtes. Il va à la collecte d'informations sur l'agro-écologie par des voies diverses (internet, institut technique, centres de recherche, documents divers). Les pratiques de l'agriculteur évoluent continuellement en fonction des connaissances acquises et s'orientent vers la permaculture, l'agroforesterie, le jardin créole. Les besoins en main d'œuvre ne sont pas couverts.

CAREME Olivier - 48 ans. Mascara 97240 le FRANCOIS - Bac +5

Conseiller agricole depuis plus de 20 ans, le porteur de projet est en cours d'installation en AB et permaculture. Le projet doit permettre de vivre de l'activité agricole. Le métier d'exploitant et le travail dans la nature est un plaisir pour l'exploitant. Compte tenu de l'activité principale, les spéculations retenues ne doivent pas être chronophages ; les épices telles que la vanille répondent à un bon compromis entre temps de travail et valeur ajoutée. Le projet comportera un volet animal (lapins et ânes) et le volet agricole (épices dont vanille).

PRATIQUES AGRO-ÉCOLOGIQUES

Protection et entretien des cultures/animaux L'agriculteur n'utilise pas d'intrants chimiques, il utilise des moyens de lutte naturel et privilégie la prophylaxie de manière préventive

Sols : Utilisation de matières organiques (fumier, compost) et travail superficiel du sol

Lutte contre l'enherbement : Méthode manuelle et mécanique

Rotations culturales et associations culturales

Eau : Les itinéraires techniques et les spéculations ont été retenus en fonction du contexte pédo-climatique, les pratiques utilisées permettent de limiter l'arrosage (associations de culture, sarco-binage, buttage).

Fertilisation : Valorisation des déchets végétaux pour la fertilisation en tenant compte des précédents culturaux ; Le fractionnement de apports est pratiqué

Biodiversité et paysage

Biodiversité importante avec de nombreuses espèces floristiques et la présence d'insectes pollinisateurs, valorisation des déchets organiques et préservation des espèces présentes sur les sites

Valorisation des savoir-faire L'agriculteur participe à des échanges entre agriculteurs, à des formations relatives à l'agroécologie. Les pratiques de l'agriculteur s'orientent vers l'Agriculture Biologique et la permaculture.

Conclusion : L'exploitant est en cours d'installation il dispose d'un foncier qui se prête aux spéculations retenues telle la vanille. Le porteur de projet a des objectifs définis pour le développement de son exploitation. Ses spéculations sont complémentaires. Ses pratiques sont celles de l'agroécologie et de l'AB. Il n'utilise pas d'intrants chimiques et respecte son milieu.

Les axes d'amélioration devraient porter sur l'acquisition de savoir-faire pour explorer, sur l'utilisation d'énergie renouvelable.

CHARDON-JANVIER Anaïs - 34 ans. Habitation Mépont – MORNE-ROUGE - BPREA

L'agricultrice s'est installée en 2020 dans le cadre d'une reprise/transmission de l'exploitation de ses parents. Le projet consiste en l'optimisation des surfaces disponibles avec des spéculations très diversifiées (CMV/arboriculture, vanille, cacao, accueil à la ferme, aquaponie, poules pondeuses, restaurant, visites, hébergement, produits transformés). Les épices s'inscrivent dans la logique de l'exploitation et seront valorisés au niveau du restaurant et de la boutique. L'agricultrice souhaite mettre en valeur les différents saveurs et les faire découvrir au sein du restaurant.

PRATIQUES AGROECOLOGIQUES (actuelles et orientations)

Protection et entretien des cultures/animaux : L'agricultrice n'utilise pas d'intrants chimiques, il utilise des moyens de lutte naturel et privilégie la prophylaxie de manière préventive

Sols : Utilisation de matières organiques (fumier, compost) et travail manuel du sol

Lutte contre l'enherbement : Méthode manuelle et mécanique

Rotations culturales et associations culturales : Pratique l'association et la rotation de culture

Eau : Les itinéraires techniques et les spéculations ont été retenus en fonction du contexte pédo-climatique, les pratiques utilisées permettent de limiter l'arrosage (bandes enherbées, associations de culture). De plus l'agriculteur dispose de moyen de stockage de l'eau

Fertilisation : Valorisation des déchets végétaux pour la fertilisation en tenant compte des précédents culturaux

Biodiversité et paysage : Biodiversité importante avec de nombreuses espèces floristiques et la présence d'insectes pollinisateurs, valorisation des déchets organiques et préservation des espèces présentes sur le site

Valorisation des savoirs-faire : L'agriculteur participe à des échanges entre agriculteurs, à des formations courtes. Les pratiques de l'agriculteur s'orientent vers l'Agriculture Biologique et l'agroforesterie

Conclusion : L'exploitante est récemment installée (2020), elle a repris l'exploitation familiale, il dispose d'un foncier qui se prête aux spéculations retenues telle la vanille. Le porteur de projet a des objectifs définis pour le développement de son exploitation. Ses spéculations sont complémentaires. Certaines de ses spéculations sont labellisées AB et son objectif est de labelliser l'ensemble des produits. Elle est très attachée aux produits locaux mais également patrimoniaux (restauration de bâti ancien, transformation des produits locaux ..).

L'activité très importante d'accueil à la ferme (repas, gîtes) s'accompagne d'une activité de diffusion sur la connaissance de la diversité des plantes alimentaires et les pratiques agroécologiques.

Les axes d'amélioration devraient porter sur une méthode alternative pour la gestion de l'enherbement pour palier un certain manque de main d'œuvre.

EUSTACHE Valériane - 38 ans- Habitation Mathilde 97270 SAINT-ESPRIT – BAC + 2 (études non agricoles)

Le projet d'installation en agriculture a pour motivations principales : gagner sa vie et œuvrer dans un domaine et une activité qui plaît à l'exploitante. Cette installation s'inscrit à terme en une reprise d'exploitation et une reconversion professionnelle. A l'activité banane export viendront s'ajouter une production diversifiée avec entre autres la vanille.

PRATIQUES AGROECOLOGIQUES (actuelles et orientations)

Protection et entretien des cultures : L'agricultrice est actuellement en système conventionnel (raisonnée) et utilise des intrants chimiques, elle utilise également des méthodes alternatives de lutte et par anticipation les pratiques participant à la prophylaxie

Orientation : Tendre vers un zéro traitement chimique.

Sols : Utilisation de matières organiques (fumier, compost), pratique de la jachère améliorée, travail manuel du sol, couverture permanente du sol, association et rotation des cultures

Lutte contre l'enherbement : Méthode manuelle et mécanique

Rotations culturales et associations culturales : Pratique l'association et la rotation de culture

Eau : Les itinéraires techniques et les spéculations ont été retenus en fonction du contexte pédo-climatique, les pratiques utilisées permettent de limiter l'arrosage (bandes enherbées, associations de culture). Orientation : Réflexion à mener sur les dispositifs de stockage (récupération de l'eau de pluie)

Réflexion à mener sur l'utilisation du solaire

Fertilisation : Valorisation des déchets végétaux pour la fertilisation en tenant compte des précédents culturaux

Biodiversité et paysage : Présence d'insectes pollinisateurs, valorisation des déchets organiques et espèces présentes sur le site. Orientation : Améliorer la biodiversité en implantant des bandes fleuries, des bandes enherbées

Valorisation des savoir-faire : L'agriculteur participe à des échanges entre agriculteurs, à des formations courtes. Elle va à la collecte d'informations sur l'agroécologies par des voies diverses (internet, institut technique, centres de recherche, documents divers). Ses pratiques s'orientent vers la permaculture et les pratiques du jardin créole ; elles évoluent en fonction des connaissances acquises. Les besoins en main d'œuvre ne sont pas couverts.

L'agricultrice est très impliquée dans des organisations professionnelles et les démarches collectives de valorisation des déchets. La vente de proximité est pratiquée. Valériane est ainsi très active dans la promotion des produits locaux et des pratiques agroécologiques.

FITTE-DUVAL Yanne – 41 ans - 82 Quartier Tivoli Post-Colon - 97234 FORT DE France – BAC + 2 (Non études agricoles).

Il s'agit pour Yanne de mettre en valeur un terrain agricole familial laissé à l'abandon. Le porteur de projet a commencé son activité et souhaite développer un projet global autour de 4 pôles complémentaires :

- Pôle canin : vente de chiens et services associés
- Pôle agriculture : développement de cultures patrimoniales comme café, cacao, vanille en plus des cultures maraîchères et vivrières et plantes médicinales- 800m² déjà plantés.
- Pôle évènementiel : accueil à la ferme pour différents publics
- Pôle éco-tourisme : offre de location pour des séjours de courtes durées.

Le projet a débuté en 2019 par la mise en place des 2 premiers pôles cités ci-dessus.

PRATIQUES AGROÉCOLOGIQUES (actuelles et orientations)

Protection et entretien des cultures/animaux : L'agriculteur n'utilise pas d'intrants chimiques, il utilise des moyens de lutte naturels et privilégie la prophylaxie de manière préventive

Sols : Utilisation de matières organiques (fumier, compost) et de méthodes manuelles pour le travail du sol. Orientations : Mettre des moyens en œuvre pour limiter les phénomènes d'érosion (plantes de couverture, haies), s'équiper en petits matériels adaptés aux pratiques agroécologiques (broyeur).

Lutte contre l'enherbement : Méthode manuelle et mécanique

Explorer d'autres méthodes alternatives pour la gestion de l'enherbement

Rotations culturales et associations culturales : Il pratique l'association et la rotation de culture

Eau : Les itinéraires techniques et les spéculations ont été retenus en fonction du contexte pédo-climatique, les pratiques utilisées permettent de limiter l'arrosage (buttage, binage, bandes enherbées, associations de culture). De plus l'agriculteur dispose de moyen de stockage de l'eau

Fertilisation : Utilisation de compost et fumier

Biodiversité et paysage : Des haies vives qui favorisent les insectes pollinisateurs et respect de la biodiversité et du paysage par la valorisation de matériaux locaux et les associations de culture

Orientations : Envisager un aménagement paysager, intégrer au maximum les bâtiments et autres constructions au paysage (objectif de qualité de vie et d'agritourisme)

Valorisation des savoir-faire : Participation à des journées techniques, des formations et des échanges avec les autres agriculteurs, mise en pratique des concepts abordés comme l'agroforesterie, la permaculture et l'AB. Mises en avant de savoir-faire et de produits patrimoniaux.

REVIGLIO Stéphane - 45 ans - 66, Lotissement Plateau Roy 97233 SCOELCHER - Bac +2

Le projet consiste en la mise en valeur d'une parcelle boisée par la mise en place de cultures à haute valeur ajoutée : café, cacao, vanille. L'exploitant qui exerce à titre secondaire a débuté son activité en 2018.

PRATIQUES AGROECOLOGIQUES (actuelles et orientations)

Protection et entretien des cultures : L'agriculteur n'utilise pas d'intrants chimiques, il utilise des moyens de lutte naturels.

Sols : Utilisation de matières organiques (fumier, compost) et travail manuel du sol

Lutte contre l'enherbement : Méthode manuelle et mécanique

Rotations culturales et associations culturales : Pratique l'association et la rotation de culture

Gestion de l' eau : Les itinéraires techniques et les spéculations ont été retenus en fonction du contexte pédo-climatique, les pratiques utilisées permettent de limiter l'arrosage (bandes enherbées, associations de culture). De plus l'agriculteur dispose de moyen de stockage de l'eau

Fertilisation : Valorisation des déchets végétaux pour la fertilisation en tenant compte des précédents culturaux

Biodiversité et paysage : Biodiversité importante avec de nombreuses espèces floristiques et la présence d'insectes pollinisateurs, valorisation des déchets organiques et préservation des espèces présentes sur le site

Conclusion : L'exploitant est récemment installé (2018), il dispose d'un foncier qui se prête aux spéculations retenues telle la vanille. Ses pratiques sont celles de l'agroécologie et de l'AB. Il n'utilise pas d'intrants chimiques et est attaché au respect de son environnement, de la biodiversité. Il est très ouvert à l'expérimentation.

PANOR Jean-François – 50 ans – Rivière Pilote

Jean-François est exploitant à titre secondaire. Il exploite un terrain d'environ 1,5 ha qu'il aménage en une sorte de verger pédagogique présentant une diversité de plantes arborées alimentaires et une culture assez conséquente de vanille. Le projet est de développer une activité d'agritourisme pédagogique, Jean-François souhaitant partager avec le public son intérêt pour les cultures patrimoniales de Martinique, sa passion également pour les pratiques agroécologiques et notamment la gestion des composts.

PRATIQUES AGROECOLOGIQUES (actuelles et orientations)

Protection et entretien des cultures : L'agriculteur n'utilise pas d'intrants chimiques, il utilise des moyens de lutte naturels.

Sols : Utilisation des matières organiques (fumier, compost) et d'un travail manuel du sol

Lutte contre l'enherbement : Méthode manuelle et mécanique

Rotations culturales et associations culturales : Pratique l'association et la rotation de culture

Gestion de l'eau : Les itinéraires techniques et les spéculations ont été retenus en fonction du contexte pédo-climatique, les pratiques utilisées permettent de limiter l'arrosage (bandes enherbées, associations de culture). De plus l'agriculteur dispose d'une mare en bas de pente qui constitue une bonne réserve en eau.

Fertilisation : Valorisation des déchets végétaux pour réaliser des terreaux pour l'installation des cultures et la fertilisation des cultures en place.

Biodiversité et paysage : Aménagement d'un paysage à la fois esthétique et riche de biodiversité à partir d'une prairie naturelle. De nombreuses espèces floristiques sont implantées, qui vont favoriser la présence d'insectes pollinisateurs.

Conclusion générale sur le groupe impliqué dans FungiAgri :

Les sept agriculteurs sont pour la plupart soit pluri-actifs en associant une activité agricole et une activité dans un autre domaine, soit ont une activité diversifiée dans le domaine agricole (production + agritourisme ; production agricole + activité de pépinière).

Les expériences et parcours d'études des membres permettent de bénéficier ensemble d'un fort capital de connaissances, de capacité d'innovation et de capacité relationnelle avec les organismes partenaires de l'agriculture et avec le grand public.

L'ouverture vers l'innovation tient en partie à ces parcours de formation et de vie très diversifiés et ainsi à une absence de préconçus qui seraient dus à des formations exclusives en agriculture.

Ce sont des personnes très passionnées, cette passion leur permettant d'affronter les difficultés inhérentes aux conditions de l'agriculture martiniquaise. Les handicaps sont en effet nombreux : concurrence des produits alimentaires d'importation, coût des fournitures, isolement technique du fait du petit nombre d'agriculteurs travaillant sur des systèmes vivriers et diversifiés, handicaps naturels : extrêmes climatiques, pentes fortes, sols fragiles.

Les agriculteurs du groupe apprennent en conséquence à s'adapter aux handicaps en développant des cultures en milieux forestiers qui protègent des extrêmes climatiques et des cultures qui échappent à la concurrence : produits hauts de gamme dont la qualité dépend justement des conditions agroforestières : vanille, cacao, poivre et autres plantes à épices.

Cette adaptation aux handicaps rend possible de bien valoriser au contraire les **atouts** nombreux de la Martinique :

- Une histoire patrimoniale riche même si de nombreux savoirs ont eu tendance à disparaître : richesse et diversité des jardins créoles, savoir-faire sur les cultures de la Vanille, cacao, café, plantes à épices en général, plantes propices à la santé...
- Climat qui permet une multiplication et reprise faciles des plantes et une installation très rapide de ces dernières. Il est ainsi possible de créer rapidement de nouveaux aménagements productifs.
- Activité touristique qui se réoriente vers l'intérieur des terres, du fait de nouveaux centres d'intérêt du public mais également à certains handicaps des espaces côtiers (excès de fréquentation, chaleur plus forte, Sargasses de la côte est...

La Vanille est pour le groupe la culture phare mais elle s'accompagne d'autres spéculations. Un aspect important du projet collectif est de travailler à développer des synergies entre cultures de ces produits haut de gamme et cultures vivrières : fruits, légumes. Ces synergies peuvent se manifester sur les plans de l'écologie et de la gestion du milieu, du commerce des produits, des activités agritouristiques, de l'équilibre financier des exploitations et de la gestion des temps de travaux au quotidien et sur l'année.

La gestion de la matière organique pour la gestion de la fertilité des sols et la maîtrise de l'enherbement est un thème d'intérêt particulièrement fort en ce début de projet.