



## RAPPORT DE MISSION EN GUADELOUPE du 8 au 18 Décembre 2010

**Propositions concrètes pour la construction  
de systèmes bananiers plus performants et gérés plus écologiquement,  
sur couverture végétale permanente, dans un environnement protégé**



« Les Scientifiques découvrent des choses qui existent déjà. Les ingénieurs créent des choses qui n'existent pas » - *Théodore Von Karman*

Lucien Séguy



## SOMMAIRE

<b>I – INTRODUCTION</b>	1
<b>II – « TOUR DE PLAINE » EN MILIEUX CONTROLÉ ET RÉEL</b>	5
2.1. – En milieu contrôlé : Stations expérimentales de Neufchâteau – Sainte Marie à la Guadeloupe et de Rivière Lézarde à la Martinique	5
2.2. – En milieu réel	6
<b>III – LES BASES AGRONOMIQUES ET TECHNIQUES POUR LA CONSTRUCTION DE SYSTÈMES SCV BANANIERS DE PLUS EN PLUS PERFORMANTS ET ÉCOLOGIQUES</b>	21
3.1. – Les préalables au semis direct permanent	21
3.2. – « Le champ » des couverts SCV possibles performants en interculture et sous plantation bananière – Nature des SCV à construire, justifications et fonctions gratuites attendus (services écosystémiques), modalités de gestion des couverts	22
3.2.1. – Rappel de quelques principes fondamentaux de large applicabilité pour la construction des systèmes SCV bananiers	22
3.2.2. – Application de ces principes de base à la construction pratique des systèmes SCV bananiers	27
3.3. – Vers une gestion de plus en plus écologique des bananeraies	45
3.3.1. – Protocole « mode de gestion ½ chimique + ½ organique »	46
3.3.2. – Protocole « mode de gestion totalement organique »	47
<b>IV – RECHERCHES THÉMATIQUES D’AJUSTEMENT DES SYSTÈMES SCV BANANIERS, ET PLUS FONDAMENTALES</b>	48
4.1 – Au champ – Recherche d’ajustement des systèmes SCV	48
4.2. – En serre	51
4.3. – Mise au point d’un test de détection rapide du chlordécone à partir d’anticorps poly. puis monoclonaux	52
<b>V – STRATÉGIE D’INTERVENTION R-D et R-A</b>	54
<b>VI - PRODUCTION DE SEMENCES</b>	56
<b>VII - CONCLUSIONS</b>	57
<b>LISTE DES ANNEXES</b>	59

## AVIS AU LECTEUR

Le lecteur voudra bien se reporter à mon rapport de mission en Guadeloupe (*L. Ségué, 2008*) pour ce qui concerne les premiers éléments de diagnostic rapide sur les systèmes bananiers et canniers, de même que sur les premières propositions de base et leur justification pour mettre en place une agriculture durable en Guadeloupe.

Ce rapport est un modeste document de travail, un guide de construction SCV, à l'usage des chercheurs, des agronomes et des techniciens qui réunit des propositions concrètes aussi bien pour le développement (*prioritaire*) que pour la recherche pour bâtir rapidement et ensemble, les bases de l'agriculture durable en Guadeloupe et Martinique.

Il sera rédigé sur un mode simple, dépouillé, parfois quasi télégraphique pour en faciliter sa lecture et sa saisie pour l'action.

*(\*) J'adresse tous mes remerciements les plus chaleureux à tous ceux qui m'ont reçu, m'ont appris et m'ont appuyé au cours de cette mission :*

- *MM. Marc Dorel, Hoa Tran Quoc (mon guide éclairé), Raphaël Achard et leurs équipes du Cirad, M. Laurent Gervais de IT<sup>2</sup> et M. Marcus Hery de LPG.*
- *Les agriculteurs, en Guadeloupe : MM. Jairo Marin, David Mire, Philippe Dolin, Tino Dambas ; en Martinique : MM. Bertrand Aubéry, Gilles Monchicour, Francis de Pompignan, Stéphane Gouyé et Patrick Joseph Augusta et tous leurs collègues collaborateurs.*
- *M. Philippe Godon, Directeur régional Antilles-Guyane CIRAD.*

## I – INTRODUCTION

**Après un rapide « Tour de plaine » effectué en milieu contrôlé (*stations de recherches*) et en milieu réel** chez un échantillon représentatif de producteurs de bananes sur les 2 îles qui a été l'occasion d'observations et d'échanges très fructueux pour l'action, seront exposés successivement :

- Un très large choix d'itinéraires techniques et systèmes de culture bananiers sur couverture végétale permanente (SCV), dans un environnement protégé,
- Des exemples de recherches thématiques d'ajustement et de caractérisation scientifique de ces systèmes bananiers SCV,
- Une stratégie et des méthodes d'intervention R-A (*recherche-action*) et R-D (*recherche-développement*), cohérentes et intégratrices.

L'un des objectifs fixés par le projet (rapport intermédiaire INTERREG, 2010) est « de proposer des systèmes de culture innovants reposant sur la restauration de fonctions agro-écologiques dégradées dans les systèmes intensifs conventionnels et adaptés aux différentes situations des îles Antillaises. Ces systèmes de culture doivent permettre de maintenir une forte productivité des bananeraies et de réduire les apports d'intrants (plus particulièrement les herbicides) ».

**Il est important de rappeler** (*extrait rapport L. Séguy, 2008*) :

- Ces propositions, qui constituent «le champ des possibles<sup>1</sup>», sont organisées en systèmes de culture fortement contrastés, élaborés à partir de l'ingénierie écologique, qui induisent des impacts très différenciés sur leurs performances agronomiques, leur faisabilité technique, leur viabilité économique et leur reproductibilité environnementale. Cette dernière propriété devient une exigence d'autant plus pressante qu'une pollution pesticide des écosystèmes (*chlordécone*) est bien réelle à la Guadeloupe et est au cœur de très vives polémiques qui ont récemment défrayé la chronique, notamment pour ce qui concerne les conséquences négatives possibles de cette contamination pour la santé humaine.
- Une des fonctions principales de ces systèmes d'agriculture durable sera donc bien de tenter d'assainir-épurer le plus rapidement et le plus efficacement possible les sols fortement contaminés par le chlordécone, même si cette molécule semble à priori, "indestructible" au sein des sols travaillés. Un pouvoir dépolluant détoxifiant plus global et polyvalent à travers le développement d'une très forte activité biologique diversifiée et soutenue, sera également recherché pour minimiser, en même temps, les nuisances majeures du bananier que constituent le nématode *Radopholus similis*, le coléoptère ravageur des racines *Cosmopolites s.* et la cercosporiose.
- Cette construction de l'agriculture durable en Guadeloupe est aussi, au plan des méthodes d'intervention de la recherche, l'occasion de réconcilier l'approche réductionniste (*ou analytique, cartésienne*) avec l'approche holistique (*ou systémique, synthétique*). Si la première est bien fournie et de plus en plus riche en ressources humaines et moyens de qualité en Guadeloupe, la seconde fait cruellement défaut et pourtant elle constitue un outil particulièrement précieux et fédérateur pour construire des

---

<sup>1</sup> Elaboré à partir de systèmes de culture en Semis Direct bien maîtrisés au Brésil Cf. «La symphonie inachevée du Semis Direct » Mai 2008 sur site [www.agroecologie.cirad.fr](http://www.agroecologie.cirad.fr) à la rubrique Brésil.

systèmes innovants complexes, car elle les considère comme des entités qui possèdent des caractéristiques émergentes liées à leur «totalité», propriétés qui ne sont pas réductibles à une simple addition de celles de leurs éléments (*Schwarz, 1997*). La complexité du fonctionnement du sol et notamment de son activité biologique et de son potentiel polyvalent *in situ*, face à notre immense ignorance, milite pour que les processus (*recherches thématiques*) soient replacés dans un contexte global (*systèmes de culture et de production, unités de paysage*) et ensuite analysés à l'échelle des mécanismes qui les expliquent. « **Le vrai moyen de parvenir à bien connaître des objets complexes, même dans leurs plus petits détails, c'est de commencer par les envisager dans leur entier**" (*Lamarck, 1809*). »

▪ **La structuration de nos propositions en dispositifs expérimentaux systémiques (*matrices des systèmes*), qui sont à l'amont les déterminants générateurs des recherches thématiques, doit permettre :**

- **de mettre en place et de pérenniser de véritables «laboratoires de veille scientifique»**, en connexion directe avec les problématiques agricoles, car issus de ces problématiques réelles en constante évolution ; Ces bases expérimentales de création participative des innovations sont toujours en avance sur le processus de diffusion et répondent ainsi au principe de précaution en pratiquant une « agronomie préventive » (*évaluer les systèmes sous leurs composantes agronomiques, techniques, économiques et environnementales avant qu'ils ne soient diffusés en grande échelle*).

- **de garantir une pluridisciplinarité effective** : des équipes de chercheurs de différentes spécialités intervenant sur un même support expérimental<sup>2</sup> (*systèmes de culture contrastés à impacts différenciés*),

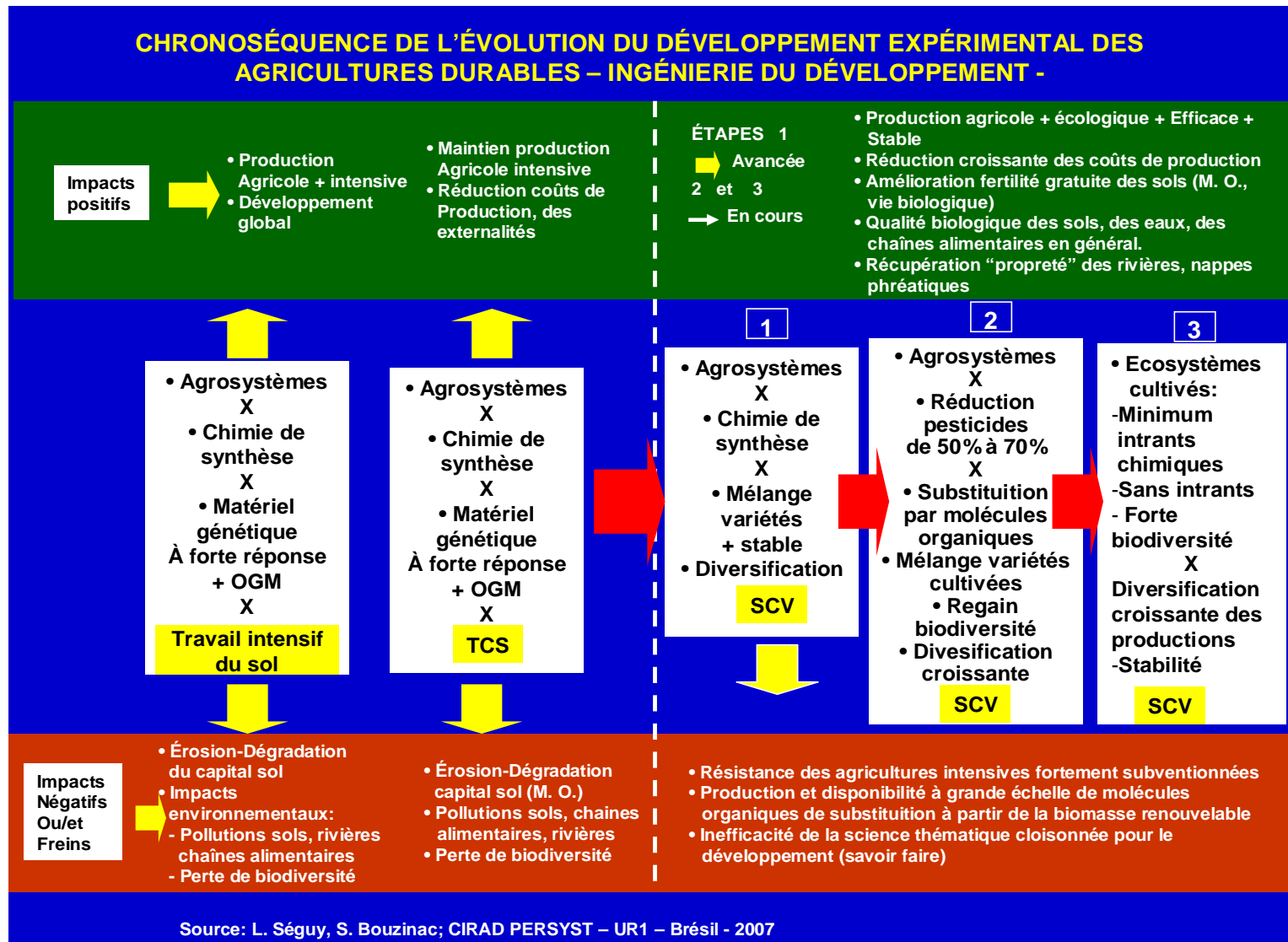
- **d'être également porteuse d'une «bonne recherche»**, soit celle qui, simultanément, produit des connaissances scientifiques de qualité et construit des innovations systèmes plus performantes et appropriables par les agriculteurs.

**Globalement, il s'agit donc en pratique, partant de la situation actuelle, de faire progresser les performances des systèmes bananiers grâce à des modes de gestion des sols et de la culture bananière de plus en plus écologiques dans une démarche systémique opérationnelle comme l'illustrent les schémas ci-après, à l'image de ce qui a été fait pour les cultures vivrières en zone tropicale humide au Brésil, (*cf. figure 1 et schémas à suivre*).**

---

<sup>2</sup> Un dispositif expérimental systémique (*terrain – labo*) garantit la pluridisciplinarité effective et interactive, et la hiérarchisation permanente des composantes des systèmes au cours du temps, qui permet d'en assurer les progrès ; à l'inverse, la juxtaposition des disciplines cloisonnées, isolées, aussi brillantes et pointues soient-elles, ne conduit jamais à la pluridisciplinarité efficace et à l'émergence de systèmes cohérents, opérationnels et performants.

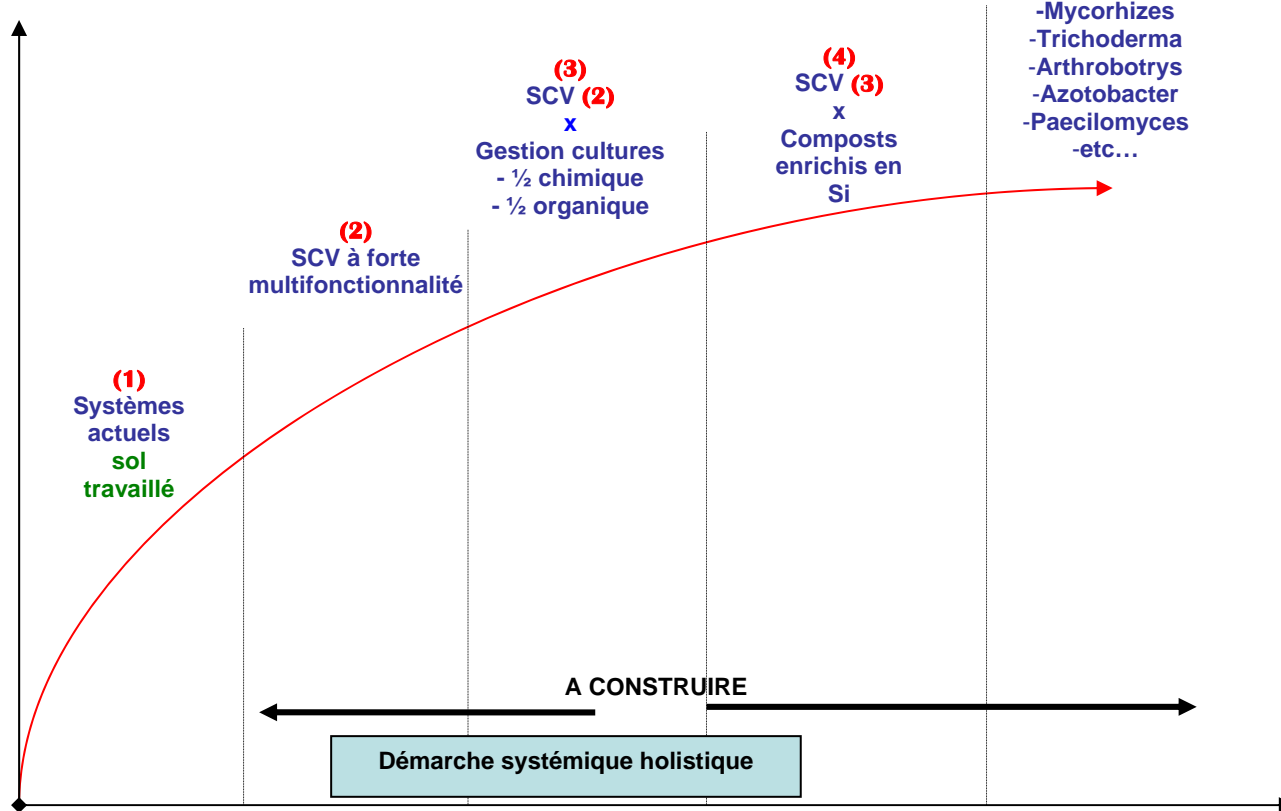
Figure 1





## SCHEMA CONCEPTUEL DES RECHERCHES EN INGENIERIE ECOLOGIQUE OPERATIONNELLE AU SERVICE DU DEVELOPPEMENT (BANANE, CANNE)

**Performances,  
intensité-efficacité  
des  
fonctionnements  
du sol et des  
couverts végétaux**



**1. Couverts végétaux multifonctionnels :**  
« mini-forêts » à biodiversité fonctionnelle et efficacité croissantes pour les fonctions « d'assainissement et de régénération biologique » des sols :

➔ -Séquestration C, fixation N, activité biologique diversifiée

**pouvoir épurateur, résilience, séq.C.**

**Étapes des progrès**  
de la biodiversité x Modes de gestion des sols et des cultures (*chimiques* → *Chimique + Organique* → *Organique*)

## II – « TOUR DE PLAINE » EN MILIEUX CONTRÔLÉ ET RÉEL

### 2.1. EN MILIEU CONTRÔLÉ : Stations expérimentales de Neufchâteau – Sainte-Marie à la Guadeloupe et de Rivière Lézarde à la Martinique

#### → Rappel historique récent

• **Les travaux pionniers de Marc Dorel et son équipe (UR 26)** en matière de systèmes sur couverture végétale ont permis successivement :

- En station, d'introduire une collection de plantes de couverture, de les caractériser agronomiquement (*performances, services écosystémiques*), d'identifier les plus performantes parmi les espèces testées telles que *Neonotonia wightii* parmi les légumineuses et *Brachiaria decumbens* parmi les graminées.
- De commencer à les transférer en plantations bananières (*installation de « prototypes » en milieu réel*).

• **Ma mission en 2008**, a sans doute permis, de contribuer à jeter les bases agronomiques de la construction de systèmes SCV bananiers diversifiés et d'inciter à l'acquisition d'équipements de semis direct performants (*semer toutes graines Semeato, rouleau à cornières*).

• **L'affectation récente de M. Hoa Tran Quoc** à la Guadeloupe, très compétent en matière de systèmes SCV (*création-diffusion participative des innovations, formation*) permet maintenant d'envisager de mettre en œuvre un programme systémique beaucoup plus ambitieux.

Arrivé depuis 9 mois, Mr. Hoa Tran Quoc a déjà :

- Introduit des plantes de service très performantes (et de petits matériels agricoles très pratiques pour l'installation de ces plantes),
- Mise en place divers couverts végétaux à base de mélanges multifonctionnels à la station de Neufchâteau et en milieu réel chez M. Tino Dambas (*SARL Changy Dambas*), comme par exemple :

. *Centrosema pascuorum* (cv. *Cavalcade*) + *Crotalaria retusa*

. *Sesbania rostrata* + *Eleusine coracana* + *Centrosema pascuorum*

. *Stylosanthes guianensis* (CIAT 184 et divers écotypes en mélange)

→ Station de Neufchâteau et Petit canal (*SARL St-JULIEN avec M. Jairo Marin*).

→ Fonctions : création d'une forte macroporosité (*drainage rapide profil cultural*), contrôle naturel nématodes + adventices, fixation N et forte séquestration C.

→ **Repérés... à la Station de Rivière Lézarde à la Martinique :**

- Dans la collection de plantes de couverture, un *Desmodium* à port prostré (*barbatum ? triflorum ?*) très intéressant comme couvert prostré à installer dans les plantations bananières,



- Les mélanges *Paspalum conjugatum*, *Anoxopus compressus* + *Arachis pintoï*, comme couverts prostrés semi-héliophiles, efficaces pour la lutte contre les adventices annuelles.

... à la station de Neufchâteau à la Guadeloupe :

- Le puissant *Brachiaria mutica* natif qui peut constituer un couvert d'élection pérenne pour les sols vertiques et vertisols hydromorphes, de même que le genre *Selaginella* bien adaptés à ces conditions.

## 2.2. En milieu réel

→ Les systèmes bananiers couvrent une forte variabilité de situations pédoclimatiques entre la Guadeloupe et la Martinique.

- De 1300 à plus de 3500 mm de pluviométrie annuelle,
- Un relief parfois très accidenté sur les 2 îles : des très fortes pentes de l'exploitation « La Richard » (*M. Francis de Pompignan*) en Martinique et de l'exploitation de M. Philippe Dolin (Capesterre Belle-eau) très érodée en Guadeloupe, en passant par les sols plats à énormes blocs de basalte des terrasses alluviales à Bouillante chez M. David Mire (Bouillante) et par les vertisols et sols vertiques de M. Jairo Marin (*SARL St-JULIEN*) et Tino Dambas à la Guadeloupe jusqu'à des sols à faciès sablo-argileux sur l'exploitation « Moulin l'étang » de M. Bertrand Aubery sur Basse Pointe à la Martinique...etc..

→ Les plantes de couverture commencent à rentrer dans les plantations bananières des 2 îles, en interculture. Ce sont principalement les espèces :

- *Brachiaria decumbens*, *Brachiaria humidicola*, *Neonotonia wightii*, *Stylosanthes guianensis*.
- Des mélanges d'espèces commencent à être expérimentés : chez M. Tino Dambas à la Guadeloupe, chez M. Bertrand Aubéry en Martinique, installés à l'initiative de notre collègue Hoa TRAN QUOC.

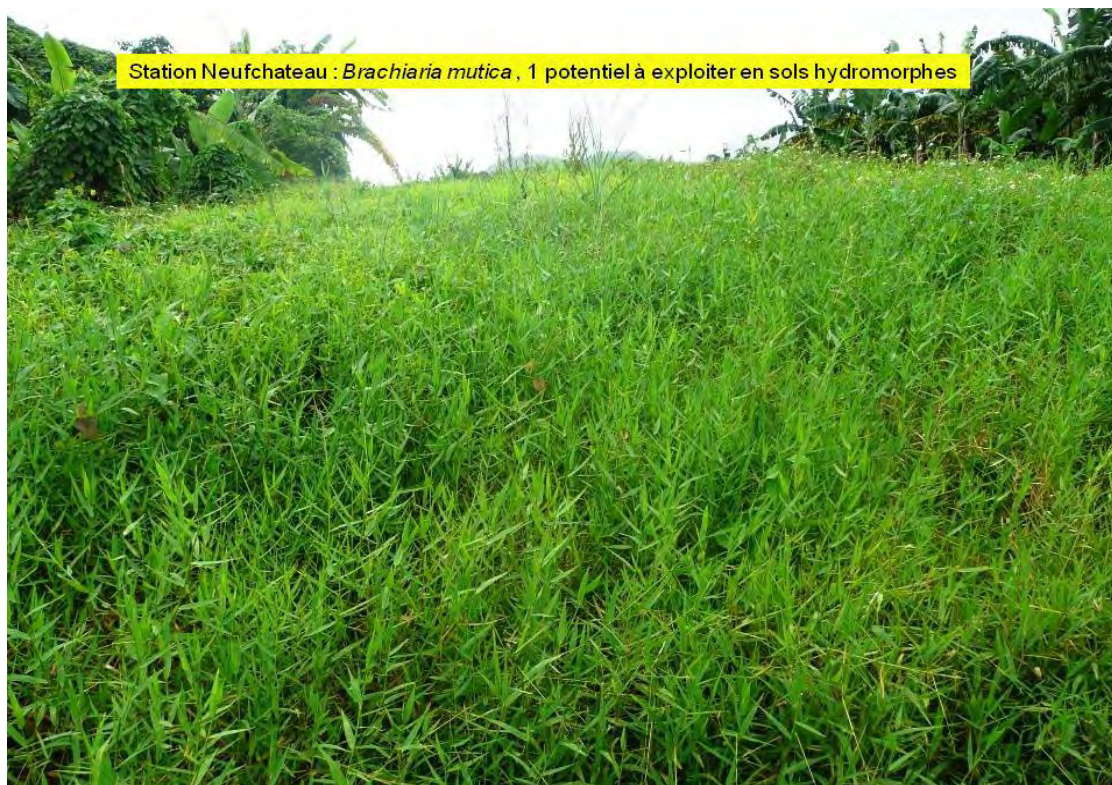
→ Des espèces natives s'implantent localement sous la pression de divers facteurs du milieu :

- *Cleome rutidosperma* et *Drymaria cordata* qui apparaît après plusieurs années de pression herbicide ; elle colonise peu à peu toute la surface par un tapis fin, exclusif des autres espèces (Allélopathie ?) → Exploitation « Verger » chez M. Bertrand Aubéry à Basse Pointe en Martinique.
- Une espèce appartenant au genre *Wedelia* (*trilobata* ?) semi-sciaphile, qui colonise les sols très humides et sous ombrage fort, (espèce très présente dans les ravines du sud de la Nouvelle Calédonie) et qui les fixe, les coud (*racines à tous les nœuds*).
- Repérée à la Martinique : un *Vigna spp.* semi héliophile, prostré (espèce présente sur le littoral de l'état de Maranhao au Nord du Brésil).

**Commentaires résumés sur ce « Tour de Plaine » rapide, ce qu'il est important de retenir :**

- Les couverts végétaux font leur entrée dans les bananeraies, en interculture,
- Ces couverts végétaux le plus souvent monospécifiques permettent déjà de protéger le sol contre l'érosion, le recharger en carbone et vie biologique, limiter le ruissellement et contrôler temporairement les adventices... Des progrès qui peuvent être déjà qualifiés de spectaculaires par rapport à la situation antérieure à 2008.
- Le germoplasme d'espèces natives doit être prospecté pour alimenter les couverts.
- L'intérêt des producteurs (*petits et grands*) est évident pour les systèmes SCV, une prise de conscience de la nécessité de cultiver ces sols tropicaux autrement, se propage rapidement.
- La demande des producteurs est très importante pour ces systèmes sur couverture végétale (SCV) ; on note également un niveau de compétence très élevé et diversifié sur les 2 îles chez les producteurs et professionnels de la banane.
- L'importance de la fabrication locale de compost à partir des résidus végétaux issus des régimes de banane pour disposer d'une fumure organique qui sera rapidement nécessaire pour faire évoluer la fertilisation vers une gestion « plus propre » (SCV + *fertilisation organique*).

**Au total, la culture bananière couvre une grande diversité de conditions pédoclimatiques même si sa gestion reste très monolithique imputable à une approche exclusivement « plante », qui a très peu investi jusqu'à maintenant dans l'approche environnementale.** Mais des modes de gestion plus écologiques commencent à être adoptés dans de plus en plus d'exploitations, une conscience d'exploitation plus écologique est née... soit des conditions maintenant très favorables pour créer une véritable dynamique de production « propre » dans un environnement protégé. Ce sera l'objet principal des chapitres suivants, après diverses illustrations photographiques à suivre qui résument les points importants de ce tour de plaine.





*Crotalaria zanzibarica* (?) à la station de Neufchâteau



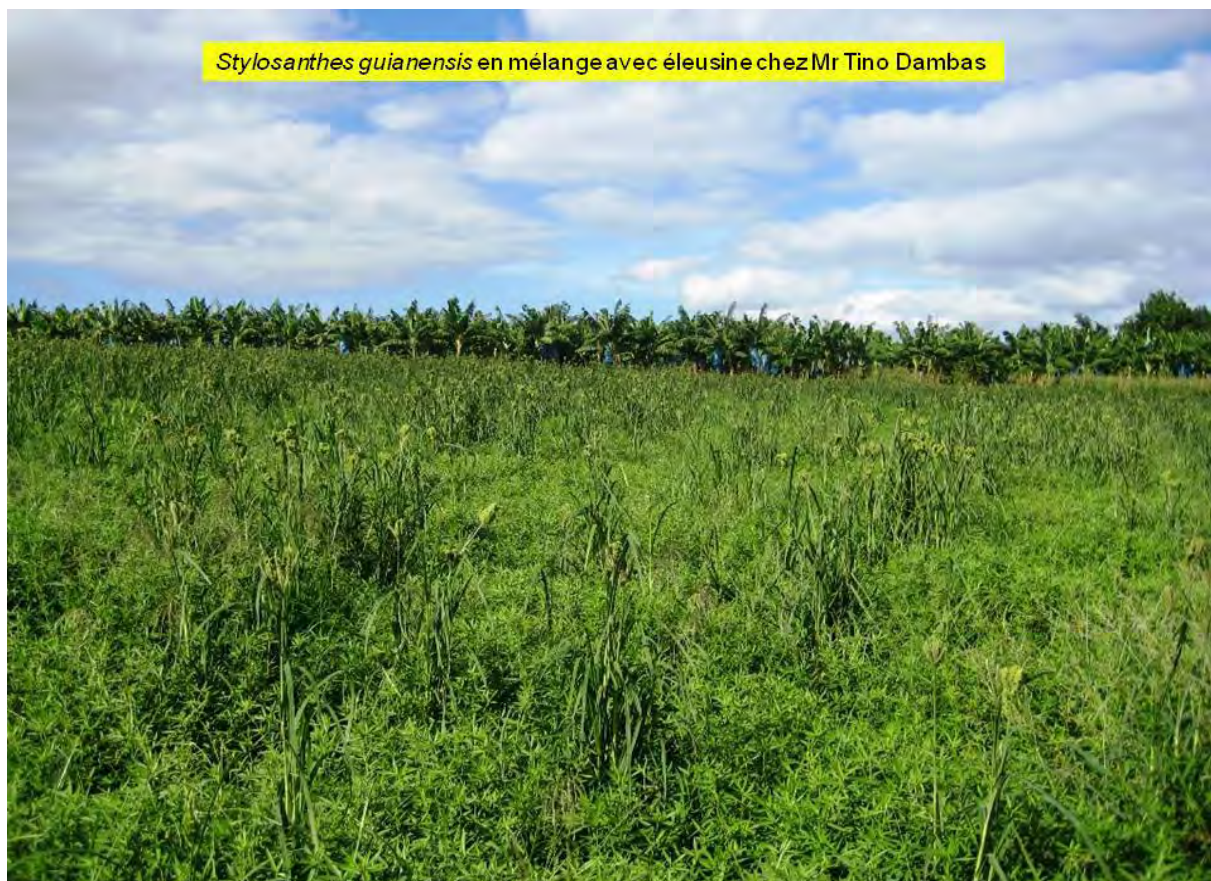
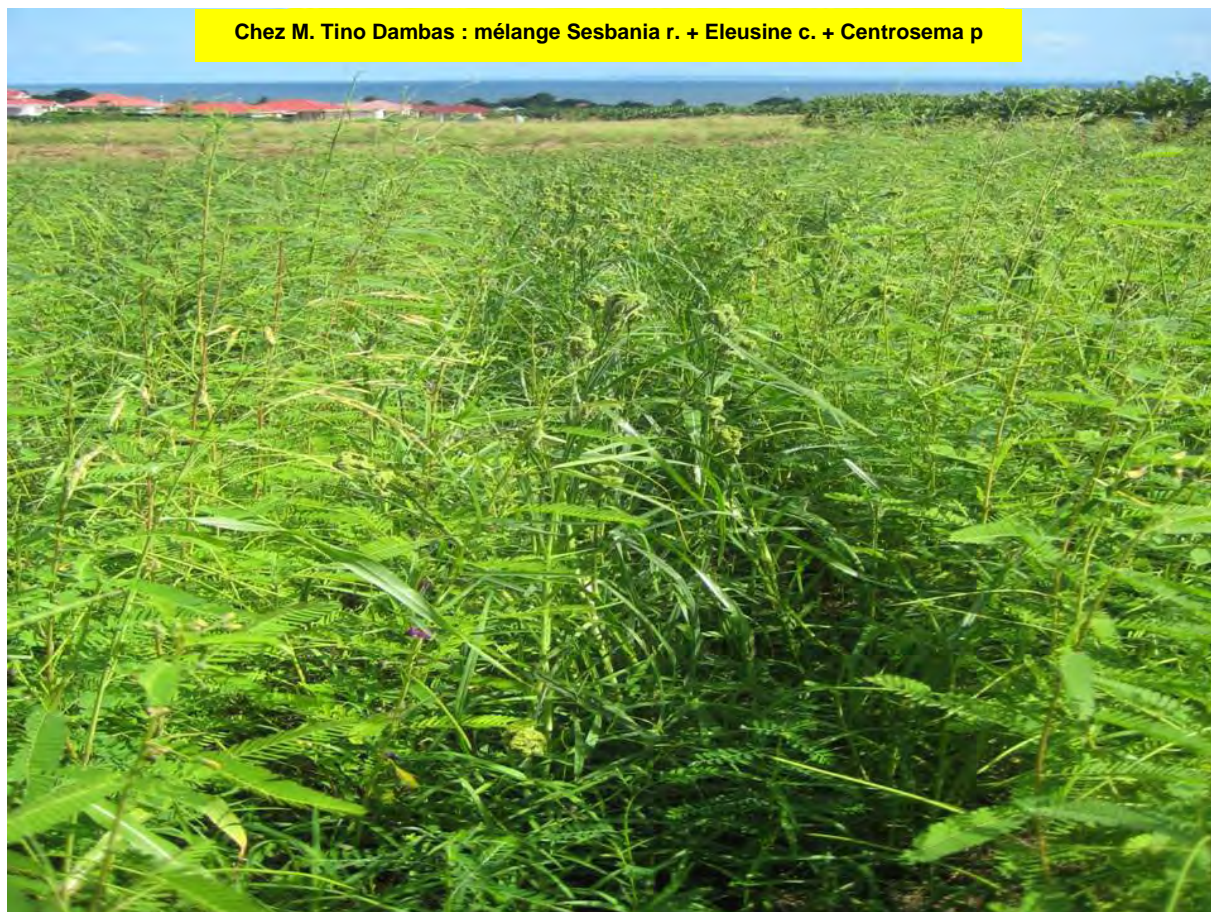
Neufchâteau : mélange *Sesbania r.* + *Eleusine c.* + *Crotalaire sp.* + *Stylo. g.*













Couvert mélange d'espèces : Ici *Eleusine coracana* dominant + Crotalaires



*Eleusine coracana* en mélange chez Mr Tino Dambas



















Sols très caillouteux + blocs (terrasses alluviales) à Bouillante





Fortes pentes érodées



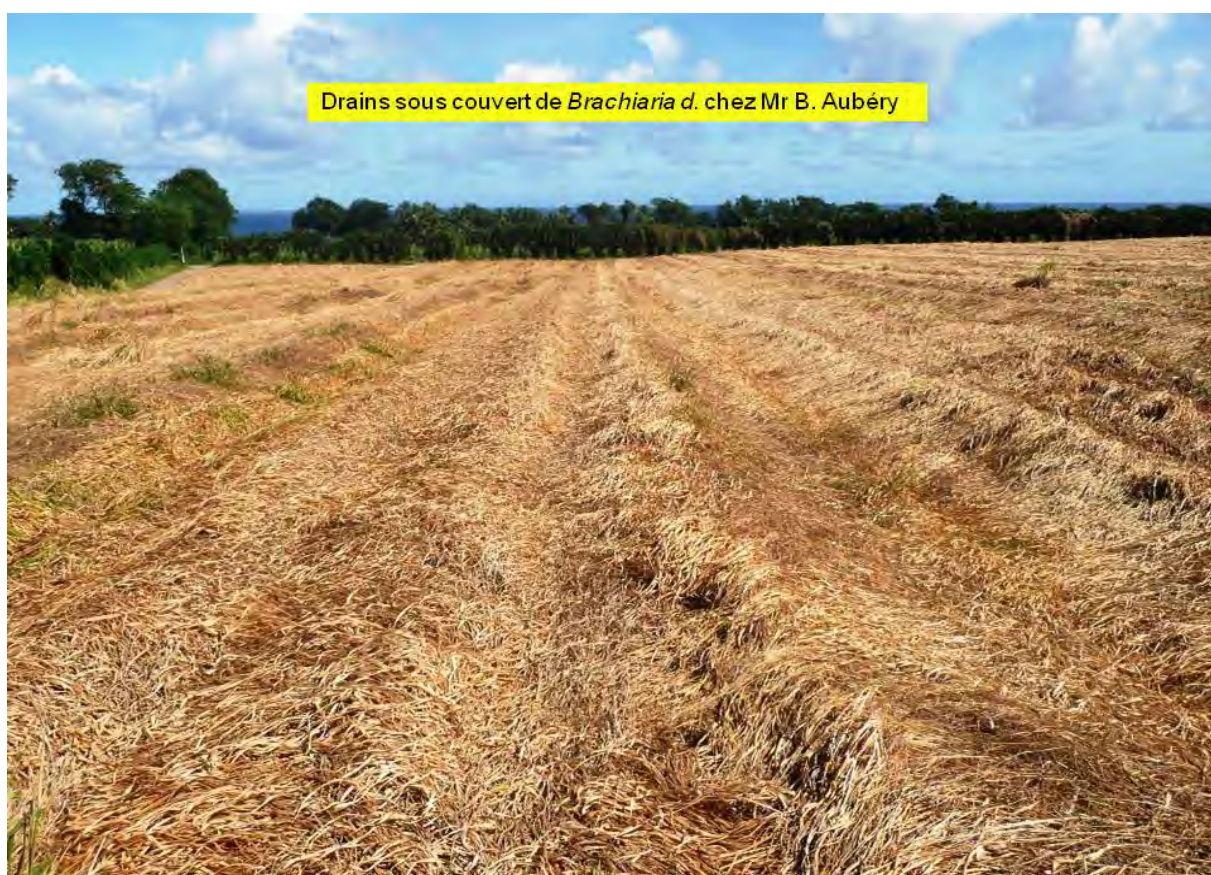
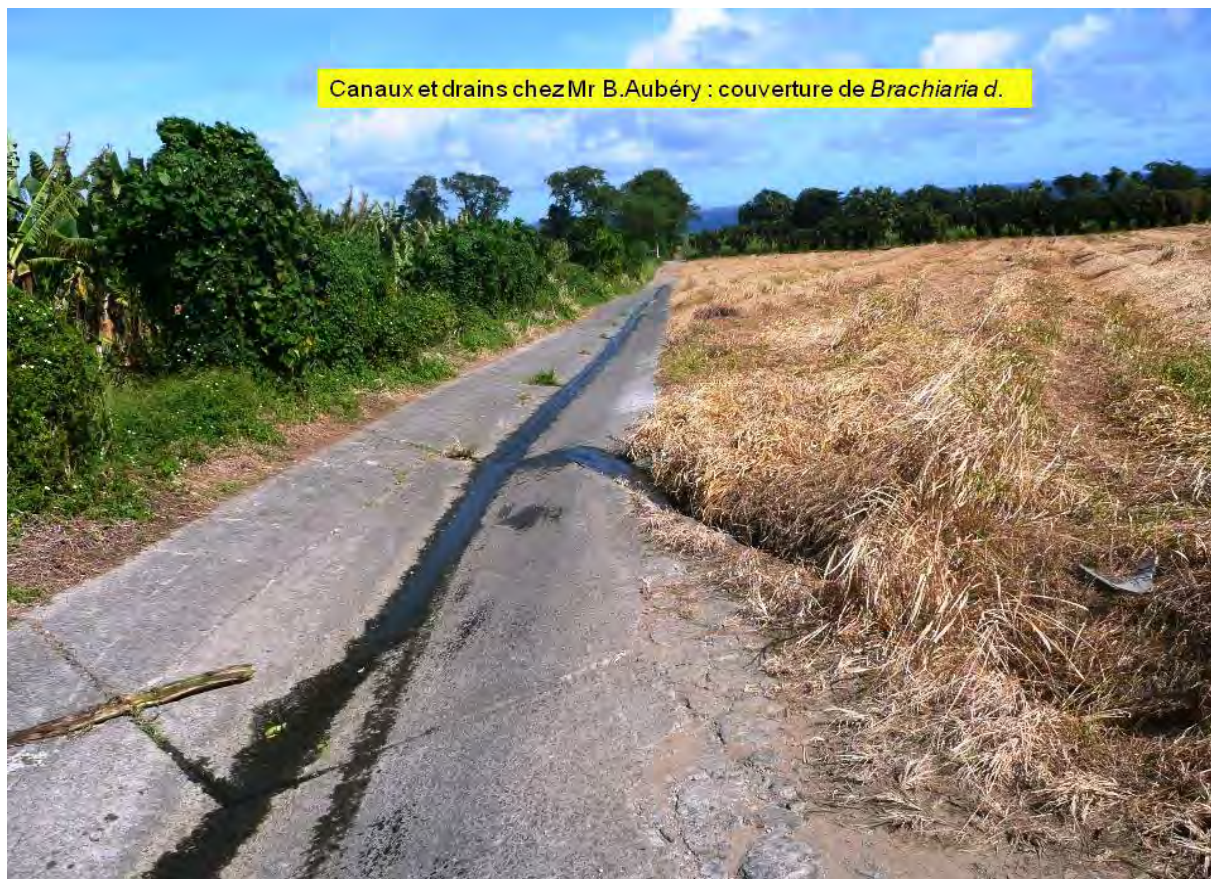
Griffes d'érosion sur fortes pentes



















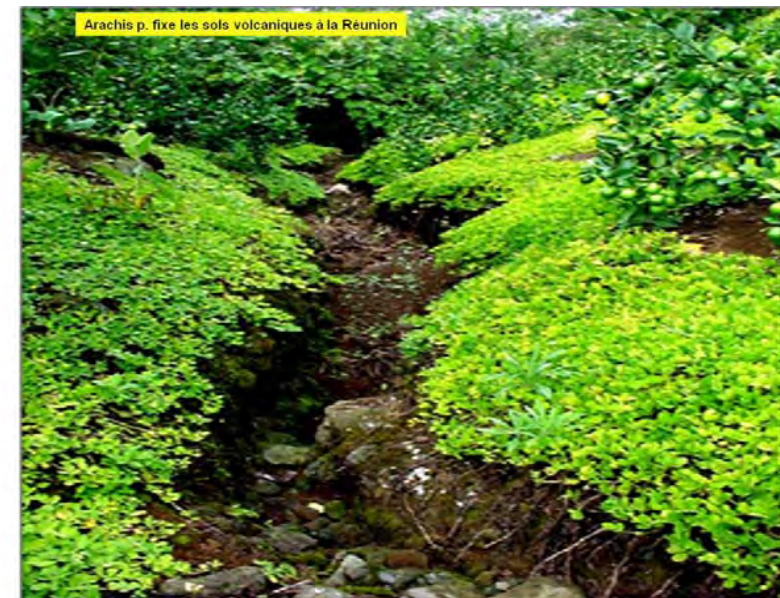
Arachis p. coud le sol volcanique à la réunion- à recommander pour le verger de Mr Tino Dambas



Arachis p. fixe les ravines à la réunion



Arachis p. fixe les ravines sur la côte est de la Réunion



Arachis p. fixe les sols volcaniques à la Réunion

### III – LES BASES AGRONOMIQUES ET TECHNIQUES POUR LA CONSTRUCTION DE SYSTÈMES SCV BANANIERS DE PLUS EN PLUS PERFORMANTS ET ÉCOLOGIQUES

(\* *En guise d'introduction et de guide, une phrase de A. Einstein « Les grands problèmes auxquels nous faisons face ne peuvent être résolus en suivant le raisonnement qui a contribué à les créer ».*

#### 3.1. Les préalables au semis direct permanent

Pour rentrer définitivement dans le semis direct permanent et ne plus revenir en arrière (*sauf accident majeur*), divers préalables doivent être respectés, ce sont :

- Mise à plat de la surface du sol,
- Correction des principales déficiences et carences minérales,
- Eradication des adventices pérennes,
- Puis, pratiques SCV qui créent et maintiennent un profil cultural poreux, mais souple et ferme pour assurer la portance des machines sans dommages pour la surface du sol même au cours des épisodes climatiques les plus pluvieux.

• **La mise à plat de la surface des sols** : elle est nécessaire, pour, à la fois, assurer la réalisation parfaite de certaines pratiques culturales comme le broyage ras des couverts végétaux, et faciliter une circulation rapide des machines dans la plantation sans dommages → Quad par exemple (*cf. Photos Quad « half Tack » adapté pour travail sur très fortes pentes - Site : <http://www.brard-et-sarran.com/indexaccessoires.html>*).

Pour avoir une surface du sol plane, sans bosses ni creux de plus de 10-20 cm à courte distance, il faut réaliser des « labours inversés » avant d'entrer en semis direct (*technique L. Séguy, 1987-1990 Brésil*) :

- Ouvrir d'abord la surface aux disques (*plusieurs passages*) pour préparer l'entrée de la charrue ou du chisel ou décompacteur ; ensuite labour profond dressé et fermé en surface et motteux grossier, ou travail profond au décompacteur (*ou chisel à ailettes*) ; ce travail profond réalisé après un travail aux disques de la surface, laisse un sol motteux, mais plat ; cette structure motteuse permet d'absorber sans dommages de grosses quantités de pluie et contient la germination des adventices (*plus le sol est émiété et pulvérisé et plus la germination des adventices est accélérée → meilleur contact sol-semences*).

• **Correction des principales déficiences et carences minérales, éradication des adventices pérennes** sont citées pour mémoire compte tenu de la forte charge chimique actuellement utilisée.

• **Un point technique très important** → *La pratique continue du semis direct exigera que les bananiers en fin de production soient détruits sans travail du sol.*

Deux techniques méritent d'être expérimentées à cet effet :

- Broyage sur pied en vert complété par utilisation de tarière pour détruire le bulbe,



- Broyage sur pied en sec, après injections de glyphosate dans les troncs (*le plus facile à réaliser*).

Mais pour ce faire, il faut des équipements adéquats pour réaliser le broyage sur pied aussi bien en vert qu'en sec.

**Un broyeur Nicolas Forestier du type DH110 qui se monte sur le bras articulé d'une pelle hydraulique**, pourvu de marteaux efficaces et d'une vitesse de rotation du tambour de 2000 tours/mn, peut réaliser facilement et efficacement ce travail de broyage sur pied des bananeraies à renouveler ; malgré un coût élevé, ce genre d'équipement devrait être rapidement amorti compte tenu des coûts très élevés actuels de destruction de la bananeraie + travaux de préparation des sols (*+ risques d'érosion ensuite et de pollutions par ruissellement*).

### **3.2. Le « champ » des couverts SCV possibles performants en interculture et sous plantation bananière – Nature des SCV à construire, justifications et fonctions gratuites attendues (services écosystémiques), modalités de gestion des couverts .**

(\*) *Les propositions à suivre sont issues de notre savoir faire de 30 ans (UR 1) d'ingénierie écologique qui a permis d'identifier les couverts monospécifiques puis les mélanges d'espèces les plus performants (cumul de nombreuses fonctions écosystémiques gratuites) et de les maîtriser au moindre coût (travaux L. Séguy, S. Bouzinac, 1967-2009 en zone tropicale humide du Brésil (cf. site [www.agroecologie.cirad.fr](http://www.agroecologie.cirad.fr))*

#### **3.2.1. Rappel de quelques principes fondamentaux de large applicabilité pour la construction des systèmes SCV bananiers**

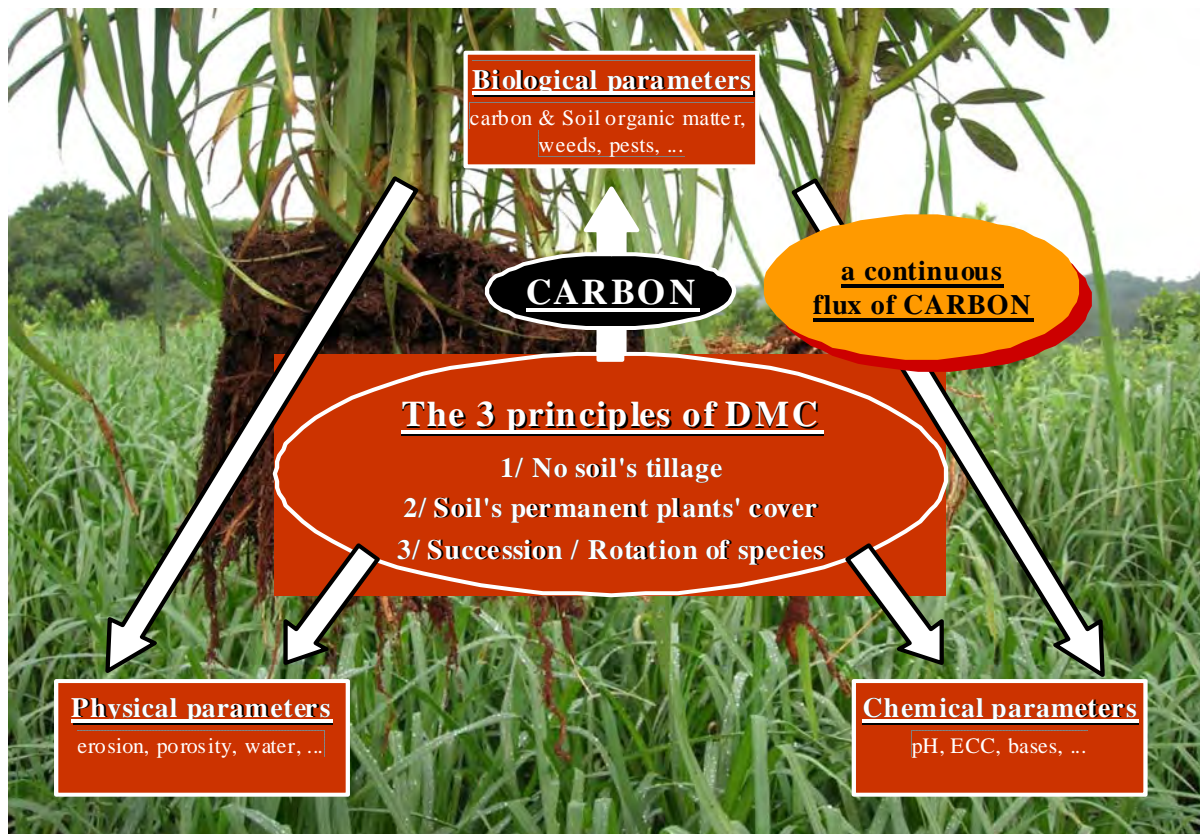
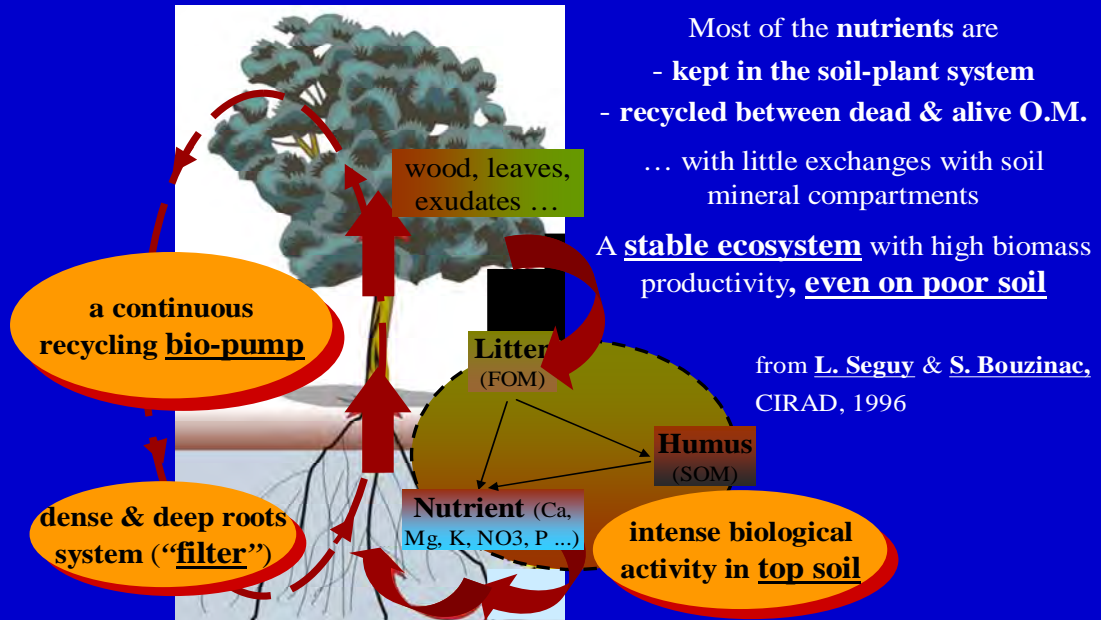
(\*) *Extraits du cours international UEPG/CIRAD – L. Séguy (partie I)- cf. ppt. annexe 5 « rappel des fondements SCV »*

**• Les couverts végétaux les plus performants sont ceux qui allient un maximum d'entrées carbonées annuelles avec forte biodiversité fonctionnelle (accumulation de services écosystémiques gratuits et complémentaires) → Forte et rapide résilience des sols, régénération de la fertilité par création d'une fertilité croissante d'origine organo-biologique.**

## A.2/ Principles of DMC and cropping systems typology

### A.2.1/ Principles of DMC technologies

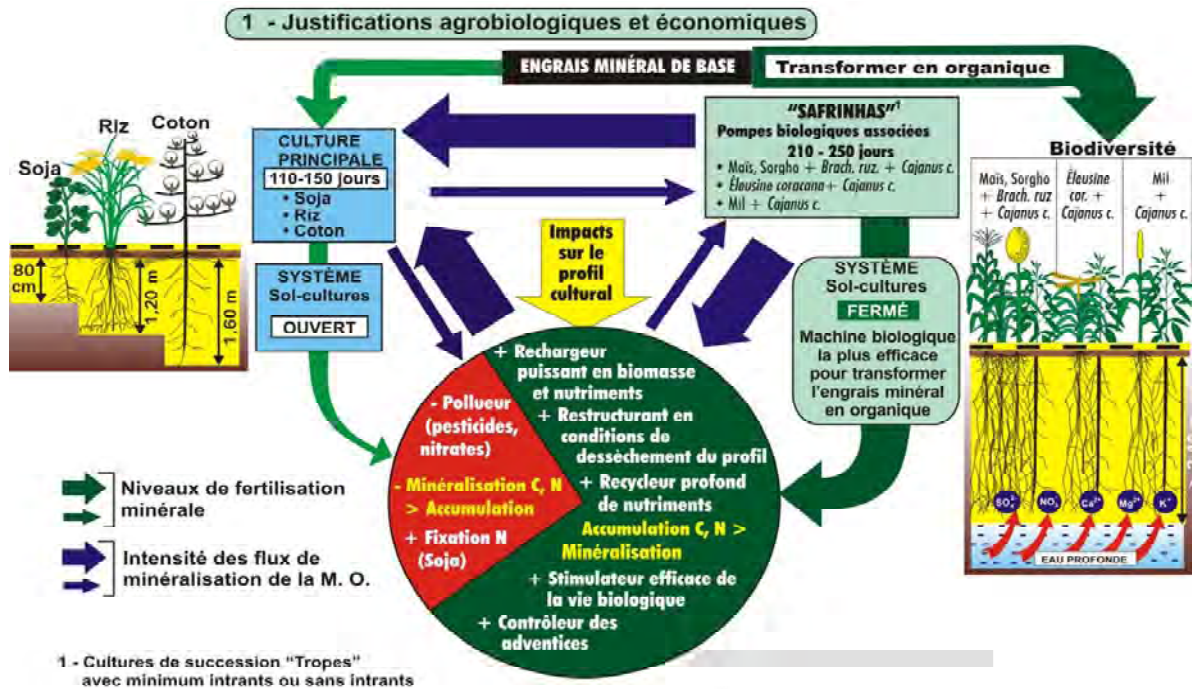
#### The tropical forest : a model to be reproduced at field scale



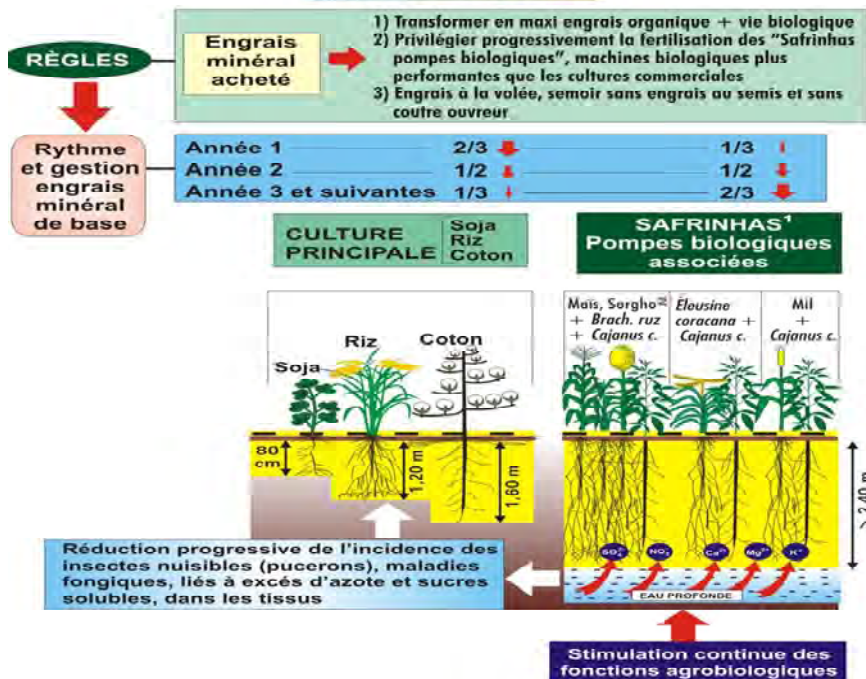
• Ces couverts végétaux multifonctionnels sont plus aptes à transformer l'engrais minéral en engrais organique, que les cultures annuelles → l'engrais minéral apporté au couvert → + de biomasse, fonctions agronomiques « boostées » (*amplifiées*) ; ce n'est qu'une avance de fertilisation qui retournera au sol et à la banane par minéralisation de la biomasse.

## COMMENT FERTILISER LES SYSTEMES DE CULTURE EN SEMIS DIRECT sur couverture végétale permanente du sol (SCV)

SOURCE: L. Séauv. S. Bouzinnig. CIRAD-CA/GEC - COODETEC; FAZENDA MOURÃO. GROUPE MAEDA: Goiânia-GO - 2003



## 2- Modes de gestion



1 - Safrinhas = Cultures de succession  
2 - Sorgho blanc, sans tanins à haute teneur en protéines (12-15%)



- Les couverts végétaux fournisseurs d'une forte et épaisse couverture morte, sont des systèmes auto-épurgateurs vis-à-vis des xénobiotiques ; l'épaisse couverture au-dessus du sol les intercepte → ils rentrent dans le cycle de digestion-minéralisation de la biomasse commandé par une très forte activité biologique multifonctionnelle → ce cycle peut durer plusieurs mois → très forte capacité de phytoremédiation si activité biologique intense et diversifiée + contrôle efficace pathogènes et insectes ravageurs des sols.

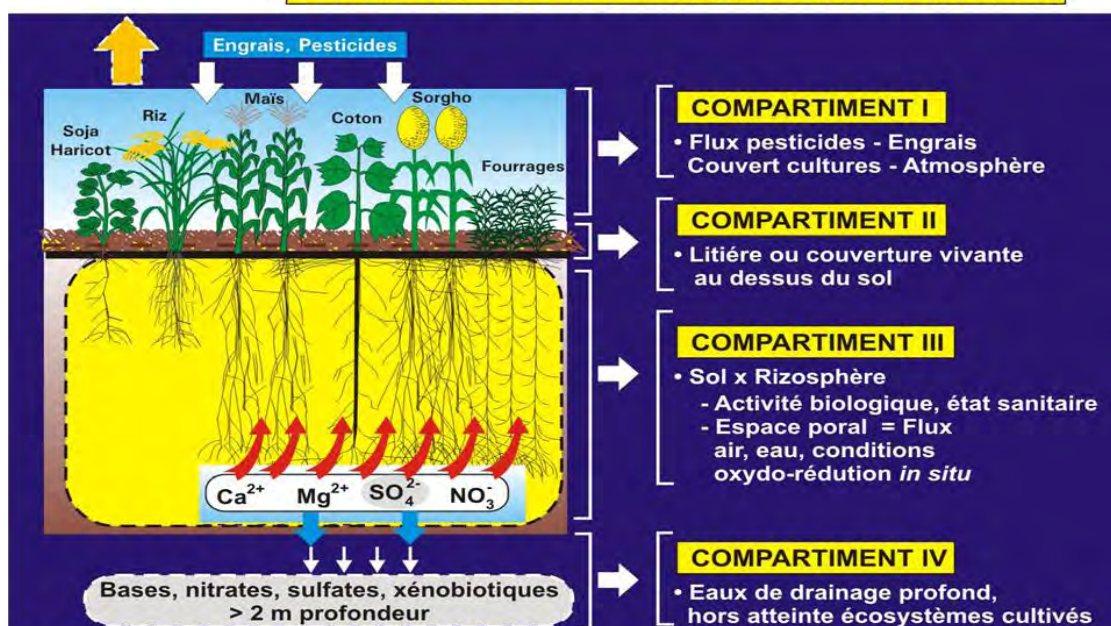
Après la maîtrise de la gestion organo-biologique des sols (Scénarios diversifiés), celle des cultures :

- Production Biologique dans 1 environnement Protégé
- Produire des aliments exempts de tout résidu Agrotoxique dans des sols biologiquement sains ,
- Eaux de percolation des sols exempts de nitrates et xénobiotiques

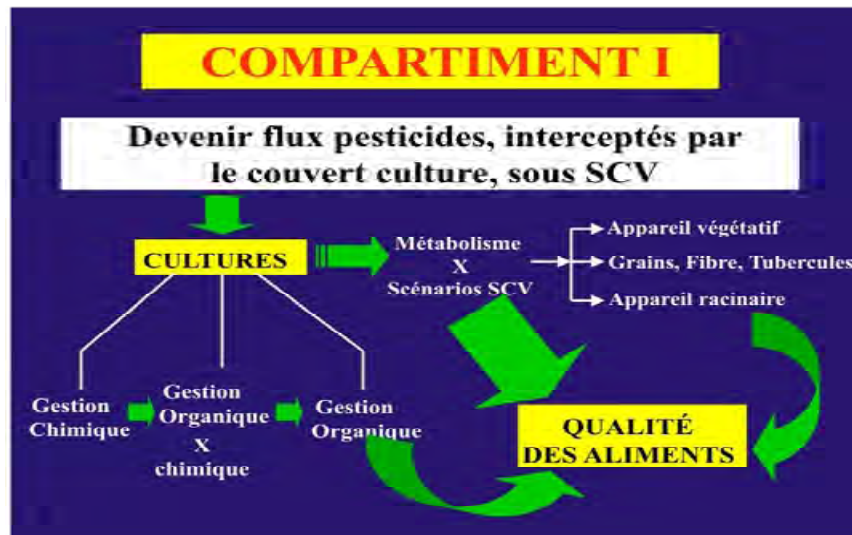
## QUALITÉ BIOLOGIQUE DU SOL, DES ALIMENTS, DES EAUX SOUS SCV

- Modèle Scientifique Conceptuel

### UN MODÈLE DE FONCTIONNEMENT AUTO-ÉPURATEUR?



SOURCE: L. Ségué, S. Bouzinac et al., UPR1, Gestion écosystèmes cultivés



### COMPARTIMENT II

LITIÈRES OU COUVERTURES VIVANTES

- **Dynamique interception - transformation: Pesticides, engrais, x Nature des couvertures végétales au dessus du sol, au cours de leur digestion - minéralisation. (Climat x Faune x Microflore)**

### COMPARTIMENT III

SOL - RIZOSPHERE DU PROFIL CULTURAL

- **Devenir pesticides et dérivés** — Transformations  
↓  
Adsorption  
Lixiviation
- **Conséquences sur:**
  - Métabolisme pesticides dans parties aériennes des cultures
  - Qualité biologique des sols et eaux de percolation

### COMPARTIMENT IV

EAUX DE DRAINAGE PROFOND

- **Xénobiotiques**
- **Bases, Nitrates, Sulfates**



(\*) *L'ignorance scientifique en matière de capacité de bioremédiation des couverts végétaux nous incite à investir dans ce vaste champ scientifique en misant sur la puissance de la nature et de la vie biologique des sols avec détermination même si il faut rester modeste et prudent, mais sans préjugés* -« **They are more living creatures in a shovel full of rich soil than human beings on the planet – Yet more is known about the dark side of the moon than about soil** » source – **the secrets of soil. Smithsonian's soil exhibition, Museum of Natural History, Washington D.C.**

• Ces couverts végétaux à forte biodiversité fonctionnelle contrôlent naturellement le potentiel semencier d'adventices du sol (*mécanismes de dominance, d'exclusivité de autres espèces* → *ombrage, allélopathie, etc...*), et assainissent le sol (*contrôle des organismes indésirables pour les cultures* → *champignons et bactéries pathogènes, nématodes dont Radopholus similis, genres Pratylenchus, Meloydogine, Rotylenchus, Helicotylenchus, etc...*).

### 3.2.2. Application de ces principes de base à la construction pratique des systèmes SCV bananiers

▪ <b>Quelles fonctions pour quels services ?</b>
--

→ **Elles sont définies en fonction des contraintes les plus limitantes à résoudre**, de nature agronomique, opérationnelle, technico-économique et environnementale.

#### • **Au plan agronomique :**

- Contrôle érosion et contention des ruissellements (*externalités*), forte macroporosité entretenue → drainage rapide de la surface,
- Phytoremédiation – Assainissement du sol → nématodes, xénobiotiques,
- Capacités élevées de séquestrations de C, de fixation de N, activité biologique intense, diversifiée et soutenue,
- Contrôle efficace des adventices au moindre coût, sans herbicide ou avec herbicides minimums,

#### • **Au plan technico-économique :**

- Avec la création d'une fertilité croissante d'origine organo-biologique (*M.O., Activité bio., en augmentation*) → diminuer rapidement les quantités d'engrais minéraux employés, spécialement N, K, diminuer également les doses de fongicides, insecticides.
- Pour ce faire → utiliser des couverts (*en mélange*) performants pour la fixation élevée et gratuite de N → *Crotalaria juncea* par exemple fixe entre 180 et 230 kg N/ha en 4-5 mois, de même les espèces *Arachis p.* et *s.*, *Centrosema pasc.*, *Cajanus c.*, *Cassia rot.* mais à un degré moindre (*entre 80 et 180 N/ha*)-

**Teneurs en nutriments de la Matière Sèche (en kg/ha) de diverses légumineuses tropicales sur zone de récupération des périmètres de canne à sucre**  
*Centro de tecnologia Coopersucar – Piracicaba – SP Brésil*

Légumineuses	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S
	------(en kg/ha)-----					
<i>Crotalaria juncea</i>	234	35	76	78	90	46
<i>Crotalaria paulina</i>	187	31	76	133	102	54
<i>Crotalaria spectabilis</i>	91	17	44	112	35	7
<i>Canavalia ensiformis</i>	75	15	45	119	27	7
<i>Cajanus cajan</i>	172	27	74	104	41	27
<i>Dolichos lab lab</i>	102	22	48	127	34	26
<i>Mucuna deeringiana</i>	91	17	49	86	20	7
<i>Mucuna aterrima</i>	215	37	102	133	52	31
Soja pérenne ( <i>Glycine max</i> ) cv IAS 5	38	13	33	61	23	9

*Source : COOPERSUCAR (1983)*

- Les mils sont de véritables « pompes à K » et peuvent recycler et disponibiliser rapidement entre 100 et 160 K/ha. De même pour *l'Eleusine coracana*, qui possède en outre la capacité de fixer des quantités notables de N (40 à 90 N/ha → *articles scientifiques divers d'Inde*) grâce à des bactéries libres dans sa rhizosphère (*Azospirillum, Azotobacter, etc...*), de recycler efficacement K, Ca, mg et les oligo-éléments grâce à une très forte mycorhization naturelle (*cf. ppt. « rappel fondements SCV » - annexe 5*).
- **Tous les couverts proposés doivent également exercer un contrôle naturel efficace des adventices dans la plantation pour réduire fortement l'utilisation massive d'herbicides actuelle** et en particulier les doses de glyphosate dont l'utilisation excessive nuit considérablement au fonctionnement du sol : carences induites en Mn, Fe, résurgence des champignons pathogènes *Fusarium* et *Rhizoctonia* → (*cf. dossier glyphosate « GTD-Students présentation » - annexe 4*), augmente les coûts de production (*oligo-éléments + protection fongicide*).

**• Au plan environnemental :**

- Réduire les externalités : ruissellements avec leurs cortèges de pollutions : xénobiotiques, nitrates, eutrophisation des cours d'eau, du littoral.
- Produire propre : eaux sols, et productions « propres », exempts de résidus agrottoxiques

**▪ Quels couverts pour ces fonctions ?**

(\*) A partir travaux d'ingénierie écologique de l'URI-CIRAD et partenaires du sud – *cf. [www.agroecologie.cirad.fr](http://www.agroecologie.cirad.fr) – et ppt. « Rappel fondements SCV » - annexe 5.*

**• Les clés du succès de SCV bananiers performants et « propres » reposent d'abord sur le choix des espèces de couverture** qui vont composer les couverts et ensuite sur leurs modes de gestion.

**a) Choix des plantes de couverture** (cf. doc – plantes de service – annexe 3)

→ **Espèces à éviter et/ou qui demandent des modes de gestion plus contraignants ou coûteux :**

- Parmi les légumineuses, éviter les plus fortement volubiles telles que *Pueraria phaseoloïdes*, *Calopogonium mucunoïdes*, *Mucuna (stizolobium aterrinum)*, *Neonotonia wightii* ; ces espèces qui sont très intéressantes pour leurs fonctions : fixation gratuite de l'azote, leur contrôle naturel des adventices et des nématodes, ne peuvent exprimer réellement leur intérêt agronomique que si on les maîtrise au moindre coût dans les plantations sans concurrence négative pour la production bananière.

→ **Les espèces à préférer**, pratiquées en culture pure ou en mélanges :

- **Parmi les légumineuses à port érigé**, multifonctionnelles et pourvoyeuses de fortes biomasses : *Stylosanthes guianensis* cv. Ciat 184, *Desmodium ovalifolium*, cv. Itabela (ou CIAT 350) ; la première peut être associée aux genres *Panicum*, *Brachiaria* et *Pennisetum* ; la seconde s'associe très bien avec l'espèce *Brachiaria humidicola*.

Leur maintien dans les mélanges avec de puissantes graminées (*genres Panicum, Brachiaria, Pennisetum*) est fonction du rythme de coupe ou broyage ou roulage, de la hauteur de coupe et des conditions locales pédoclimatiques, (*donc à ajuster localement*).

- **Les crotalaires et les cajanus** (pois d'Angole) sont également très performants pour les fonctions : fixation N sur 4 à 5 mois, contrôle des nématodes et entretien macroporosité (*puissants pivots*) ; *Crotalarias spectabilis* et *retusa* (*native Guadeloupe*) sont les plus efficaces pour le contrôle d'un très large spectre d'espèces de nématodes ; *Crotalarias juncea* et *Paulina* sont celles qui fixent le plus d'azote sur 150 jours : entre 160 et 240 kg/ha, de même que *Cajanus cajan*.

- **Le genre Sesbania**, en particulier l'espèce *rostrata* (*nodulation aérienne sur le bas des tiges*), est très utile pour le montage SCV en sols hydromorphes, car elle est très bien adaptée à ces conditions d'oxydo-réduction, de même que l'espèce *Centrosema pascuorum*, de port plus prostré mais très performante sur le contrôle des adventices une fois bien installée (*se pérennise pas ses graines*). *Centrosema pascuorum* supporte bien aussi un certain niveau d'ombrage (*semi- héliophile*) et stoppe sa croissance en saison sèche → Mulch épais protecteur contre l'évaporation de l'eau (*amélioration de l'efficacité de l'eau au profit de la bananeraie*).

- **Parmi les légumineuses à port prostré dominant, multifonctionnelles :**

➤ *Arachis pintoï* et *repens*, *Desmodium barbatum*, *adscendens*, *triflorum*, *Cassia rotundifolia*, *Alysicarpus (vaginalis, rugosus)*, *Zornia (diphylla, brasiliensis, latifolia)*, *Centrosema pascuorum* (cv. *Cavalcade* et *Bundey*).

**Toutes ces légumineuses s'associent facilement avec des graminées pérennes prostrées** (*genres Paspalum, Axonopus*), leur couvert monospécifique ou en mélange avec des graminées pérennes prostrées sont exclusifs des autres espèces.

**Ces légumineuses sont semi-héliophiles** : elles s'implantent donc en pleine lumière, mais supportent très bien l'ombrage même fort, une fois bien installées → par contre leur installation **sous ombrage** dans des bananeraies est généralement un échec : lenteur d'installation sous ombrage qui facilite leur pollution par les adventices locales → coûts élevés d'herbicides sélectifs peu nombreux (*cf. annexes 2 - gestion herbicides des couverts de R. Michellon et al.,*).

- **Parmi les graminées à port érigé, pourvoyeuses de puissantes biomasses annuelles** :
  - . Genre *Brachiaria* : *decumbens, humidicola, ruziziensis, brizantha* (*cv. Marandu, MG5*)
  - . Genre *Panicum* : *maximum* (*cv. Monbaça, Tanzania, etc...*)
  - . Genre *Pennisetum* : *purpureum* ou hybride stériles en croisement avec *pennisetum typhoides, glaucum* (*mil*)  
→ Banagrass, *cv. Paraiso* et Carajas.
  - . Ces graminées peuvent être associées aux légumineuses *Stylosanthes g., Desmodium ov., Cassia r.*, pour intégrer à ces couverts en mélange les fonctions : fixation N et contrôle d'un très large spectre de nématodes.
  
- **Parmi les graminées à port prostré, qui ne nécessitent que d'un entretien minimum (type pelouse « carpet grass »), et qui contrôlent parfaitement les adventices annuelles** :
  - . Les espèces semi-héliophiles pérennes qui, à l'instar des légumineuses prostrées du genre *Arachis*, doivent être installées en pleine lumière, mais qui ensuite supportent très bien un fort niveau d'ombrage sans perdre leurs fonctions : *Axonopus compressus* (*Gramma São Carlos au Brésil*)<sup>3</sup>, *Stenotaphrum secundatum* (*Gramma santo agostinho au Brésil*), *Paspalum notatum* *cv. Pensacola* (*Bahia Grass au Brésil*), ce dernier préférant les sols plus sableux non asphyxiants, *Paspalum conjugatum* natif des sols lourds argileux de la zone tropicale humide.

**Ces graminées pérennes à stolons et rhizomes, s'associent facilement avec des légumineuses prostrées** telles que *Arachis pintoï* et *repens*, *Desmodium adscendens, barbatum* et *triflorum* qui apportent les fonctions : Fixation continue de N dans l'association, un large contrôle naturel des nématodes phytophages et des adventices annuelles.

---

<sup>3</sup> Sites pour achat de ces espèces au Brésil : [vendas@gramasparaiso.com.br](mailto:vendas@gramasparaiso.com.br) ; [vendas@gramasnobre.com.br](mailto:vendas@gramasnobre.com.br) ; [vendas@suprereal.com.br](mailto:vendas@suprereal.com.br) ; [sementesanhanguera@hotmail.com](mailto:sementesanhanguera@hotmail.com)

Ces graminées pérennes type « Carpet grass » peuvent être produites pour la culture monospécifique, en « plaques ou rouleaux de gazon » (*technologie utilisée pour les terrains de football*) très facile et rapide à installer ; mais cette production coûte très cher et ne pourra devenir opérationnelle sur de grandes surfaces qu'avec des coûts très bas (*accords à passer avec les pépiniéristes locaux...*).

## b) Application → Exemples de systèmes SCV bananiers à construire

. **2 Règles fondamentales** pour la construction des SCV dans l'interculture bananière :

- ❶ **Maximiser l'efficacité des couverts multifonctionnels** pendant 6 à 12 mois de croissance jusqu'à 6 à 4 mois avant plantation → Résilience, régénération organo-biologique des sols, phytoremédiation,
- ❷ **Créer ensuite les conditions pour minimiser l'entretien sous bananeraies** → Minimum d'opérations, aux moindres coûts et impact environnemental.

**Partant de la situation actuelle des systèmes bananiers** qui utilisent en interculture la jachère naturelle, la canne à sucre lorsque possible, les couverts à Brachiarias (*début d'adoption*), l'intensification écologique des systèmes SCV bananiers peut se faire en construisant **des SCV qui incorporent une biodiversité fonctionnelle croissante comme le montrent les exemples décrits par les schémas 1 à 10**, dans les pages à suivre en fin de chapitre.

**Les couverts végétaux multifonctionnels peuvent ainsi être, sur 6 à 14 mois de croissance avant plantation de la bananeraie :**

- ❶ La jachère naturelle, (*fig. 1-1, 1-2*)
- ❷ Les couverts monospécifiques à base de graminées pérennes à port érigé (*fig. 1-3, 2-1, 2-2*) ou de légumineuses pérennes de même phénotype (*fig. 2-3*).
- ❸ Des couverts composés de mélanges des graminées et légumineuses pérennes à port érigé précédentes (*fig. 2-3*) et de graminées pérennes érigées + légumineuses prostrées, ces dernières prenant le relai des graminées comme couverture vivante dans la bananeraie (*entretien minimum-fig. 2-3(2)*).
- ❹ Des couverts à base d'espèces annuelles en mélange sur 3-4 mois, suivis sur 6 à 8 mois de mélanges graminées + légumineuses pérennes érigées (*fig. 2-4*).
- ❺ Des couverts composés d'espèces annuelles comme précédemment avec, en succession :
  - . Des cultures de rente (*riz aromatique, maïs en vert*) associées à des légumineuses pérennes prostrées qui assureront le couvert vivant d'entretien minimum ultérieur dans la plantation (*fig. 2-5 (1)*).
  - . Les mêmes cultures de rente suivies de cultures à haute valeur ajoutée dans la plantation : plantes médicinales, condiments (*fig. 2-5 (2)*).
- ❻ Des couverts à base de bois raméal composés de mélanges de légumineuses ligneuses à forte densité et croissance rapide (*fig. 2-6*), qui après broyage, contrôleront les adventices sur 1 an ou plus.

D'autres systèmes SCV bananiers performants peuvent être également construits à partir des précédents : par exemple, en combinant dans le temps les couverts des figures 2-3 b et 2-4 avec gestion en couverture vive, avec des couverts de légumineuses prostrées installées seulement dans l'interligne étroit de la plantation, etc....

**Après un temps de croissance de 6 mois à plus d'un an, ces puissants couverts végétaux doivent être gérés de manière à minimiser les opérations de contrôle des adventices dans la plantation, et leurs coûts :**

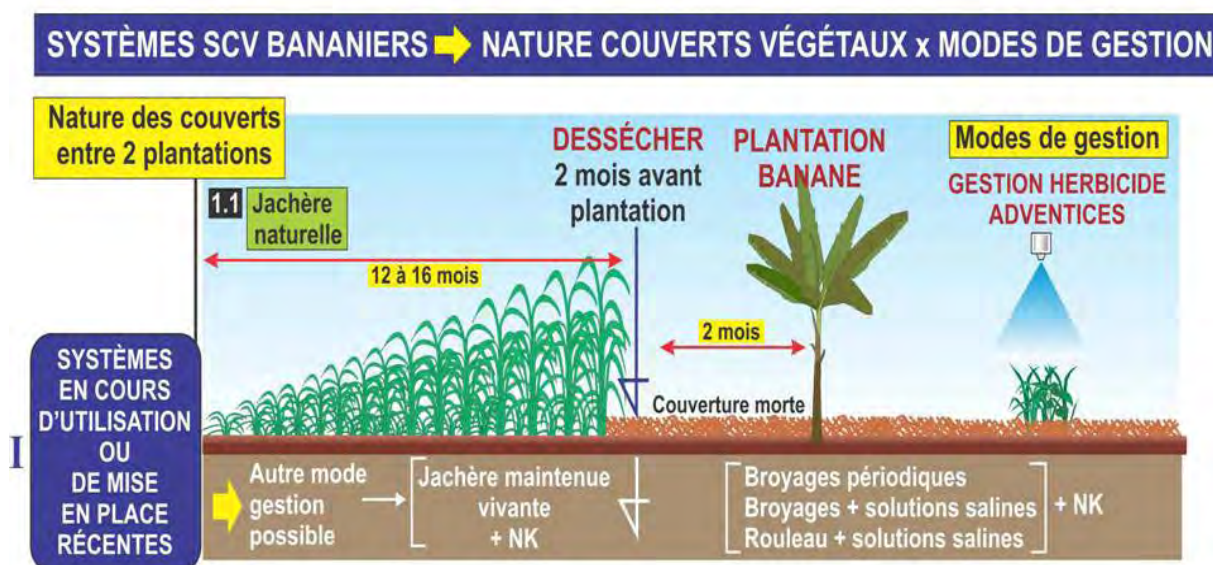
- ❶ Gestion en couverture morte + herbicides,
- ❷ Gestion en couverture vivante (*broyage, rouleau + solutions salines*)
- ❸ Gestion en couverture vivante, avec broyage ou rouleau + herbicides minimums.
- ❹ Installation, en succession après dessèchement des couverts érigés, de couvertures vivantes prostrées à base d'espèces semi-héliophiles, implantées 4 mois avant la plantation qui ne nécessiteront que d'un entretien minimum ultérieur (*fig. 1 à 10*)

### (\*) Note importante :

Les modes de gestion 2 et 4 devraient être privilégiés pour minimiser les impacts environnementaux → cf. chapitres à suivre. Il est très important de rappeler que ces puissants couverts végétaux implantés sur les 6 à 12 premiers mois de l'interculture assureront des fonctions d'autant plus performantes qu'ils auront été fertilisés au départ ; cette fertilisation n'est qu'une avance faite sur la fertilisation totale de la bananeraie ; elle peut être faite sous forme minérale ou organique (*compost*) cette dernière devant être privilégiée (5 à 10 t/ha).

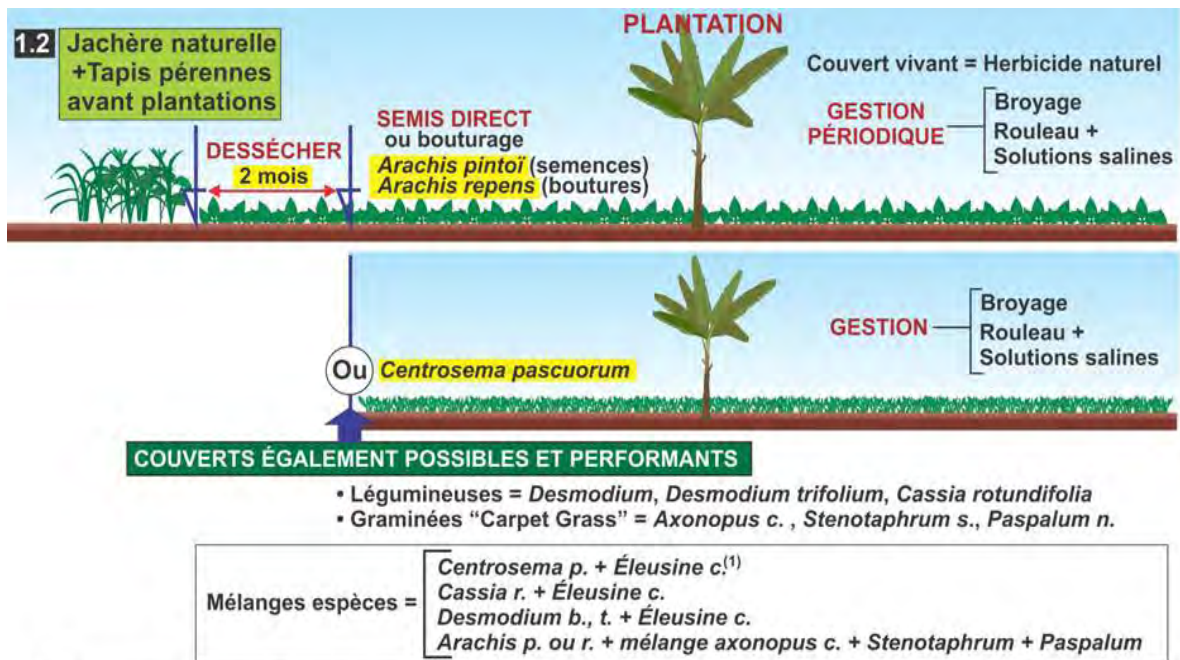
Il serait hautement souhaitable que les composts actuellement disponibles soient enrichis en basalte broyé<sup>4</sup> (*maille 0/2 + → 80µ- 2mn, ou micronisé*) + cornes de bovidés : 30 à 40 kg/ha de basalte 0/2 + 5 kg de corne broyée par m<sup>3</sup> de compost.

- Les SCV 2-5 (1) et 2-5 (2) qui comportent du riz pluvial avant plantation de la bananeraie, vont fournir des quantités appréciables de balles de riz (27 à 30 % du rendement en grain, soit entre 800 et 1500 kg/ha de M.S.) ; ce matériau qui se décompose très lentement, assure une couverture efficace du sol contre les adventices, et contient 30 % de silice, très utile pour le contrôle des champignons pathogènes (*Cercosporiose* par exemple).

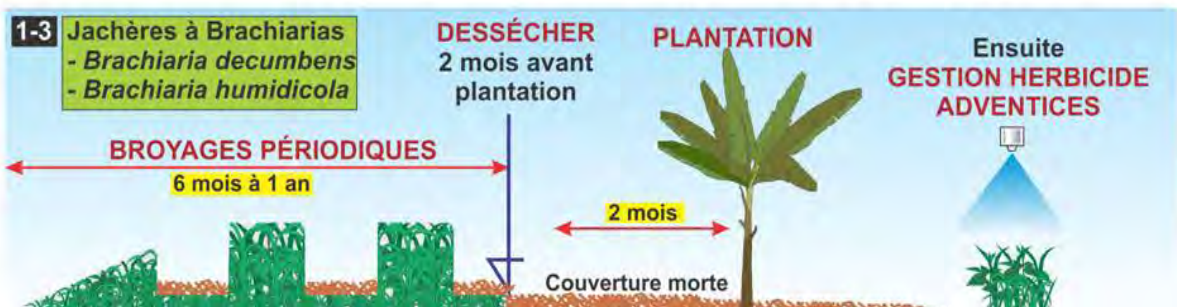


<sup>4</sup> Le basalte broyé contient du calcium, 8-9 % de Mg, des oligo-éléments Ti, Mn, Cu, Zn, B, Mo, S<sub>r</sub>, Ba et 40 % de silice (*efficace contre les champignons pathogènes*) ; en plus il fixe les odeurs des lisiers et en facilite leur utilisation, stimule la vie microbienne du sol.





(1) Mélange déjà mis en place par Hoa Tran Qoc de même que divers mélanges d'espèces annuelles



**2-1. COUVERTS À BASE DE GRAMINÉES PÉRENNES, RÉGÉNÉRATRICES DE LA FERTILITÉ (M. O., vie biologique) QUI CONTRÔLENT NATURELLEMENT LES ADVENTICES**

**• ESPÈCES:**

*Brachiaria ruziziensis* → Jachère courte (6 - 8 mois) - 3l Glyphosate à dessiccation

*Brachiaria decumbens*, *Humidicola* (en cours) } Jachère longue = 1 an et +  
 Très forte séquestration C,  
 Activité biologique, macroporosité  
 → 6l/ha Glyphosate à dessiccation

*Brachiaria brizantha* - CV. Marandu, MG5

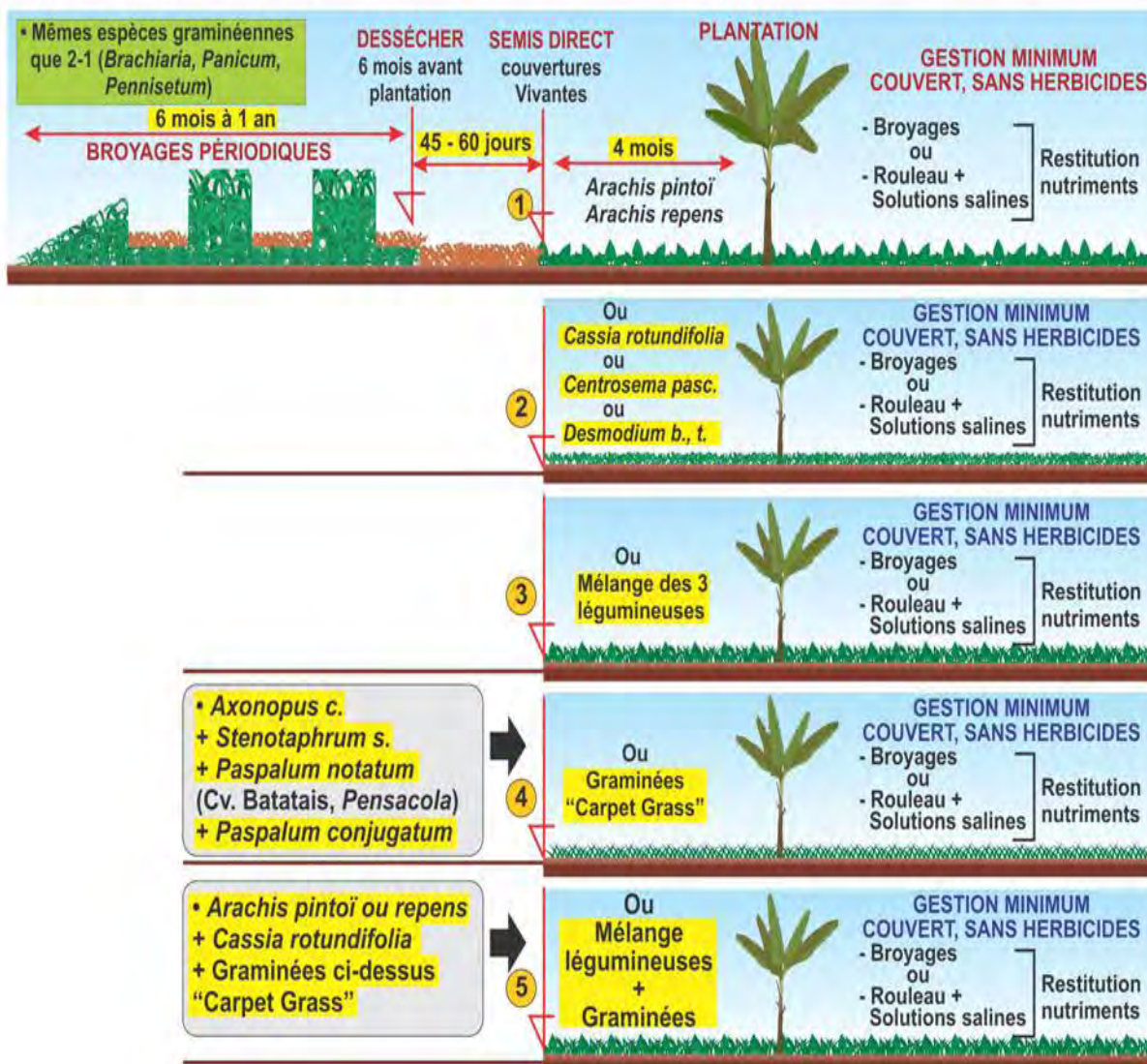
*Panicum maximum* - CV. Tanzania, Mombaça

*Pennisetum purpureum* - Cv. Paraiso, Carajás





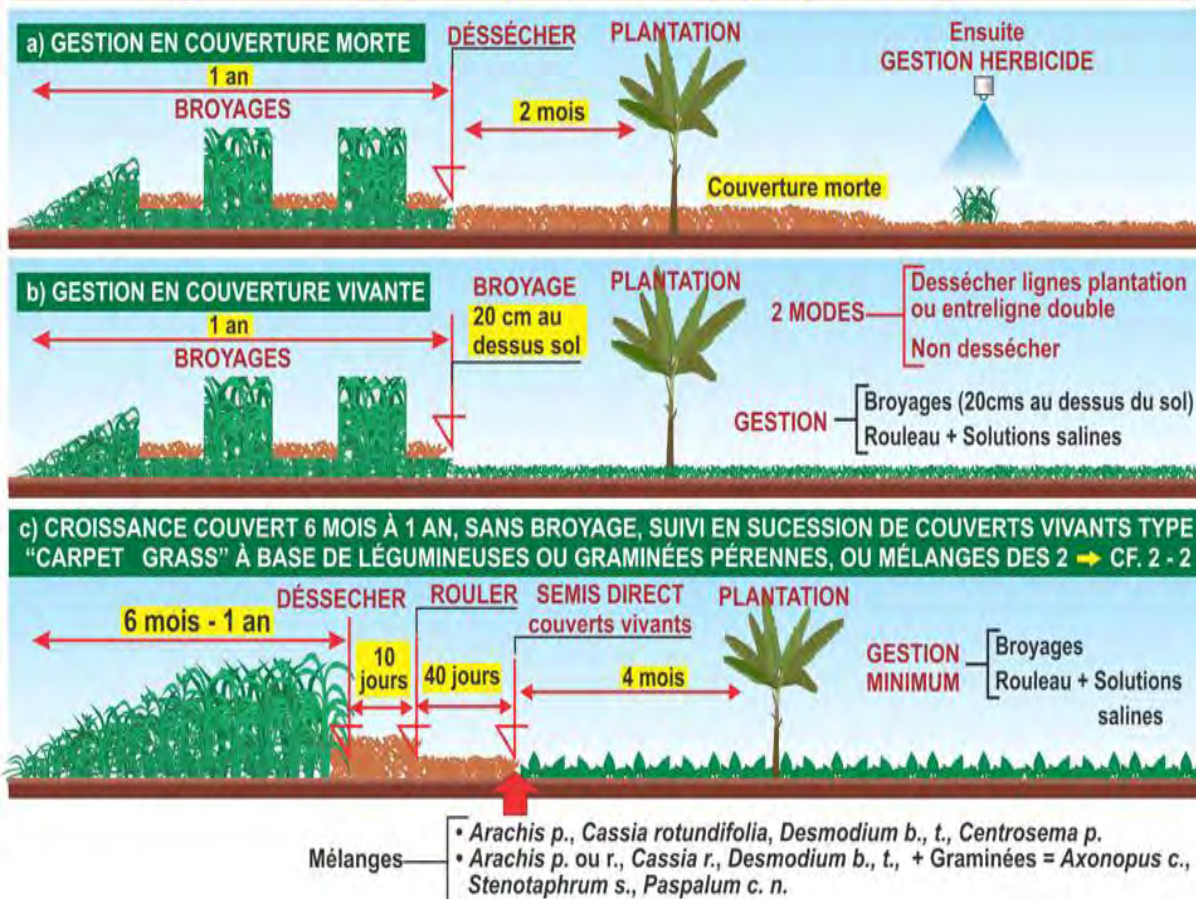
**2-2. COUVERTS À BASE DE GRAMINÉES, TRÈS FORTES POURVOYEUSES DE BIOMASSE (M. O. ↗ )  
SUR 6 MOIS À 1 AN, SUIVIS EN SUCCESSION DE COUVERTS TYPE "CARPET GRASS", D'ENTRETIEN  
MINIMUM À BASE DE LÉGUMINEUSES À STOLONS OU GRAMINÉES, OU MÉLANGES DES 2**



## 2-3. COUVERTS À BASE DE PUISSANTES LÉGUMINEUSES ÉRIGÉES PÉRENNES ET MÉLANGES GRAMINÉES + LÉGUMINEUSES ÉRIGÉES, PÉRENNES

①

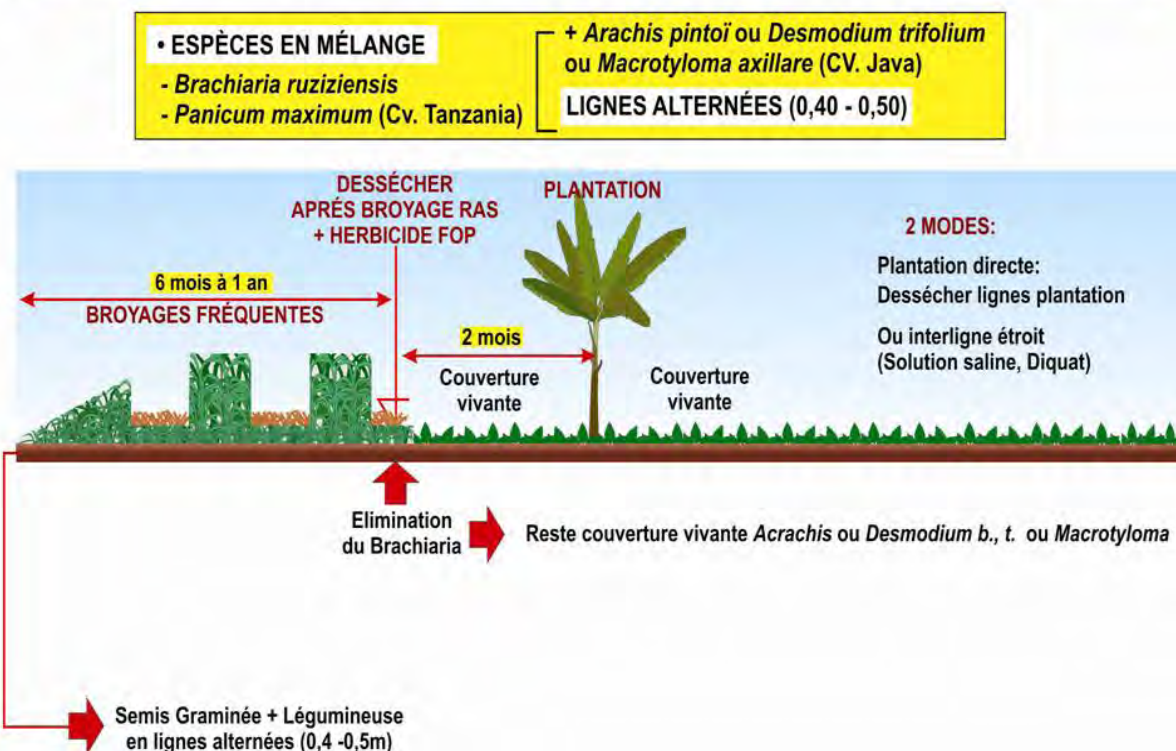
- Espèces
- 1 - Légumineuses = *Stylosanthes guianensis* Cv. CIAT 184 et *Desmodium ovalifolium* Cv. Itabela (CIAT 350)
  - MÉLANGES GRAMINÉES + LÉGUMINEUSES
  - 2 - *Brachiaria ruziziensis* + *Stylosanthes g.*
  - 3 - *Brachiaria humidicola* + *Desmodium ovalifolium* (Cv. Itabela)
  - 4 - *Panicum maximum* (Cv. Mombaça) + *Stylosanthes g.*
  - 5 - *Pennisetum purpureum* (Cv. Paraiso, Carajás) + *Stylosanthes g.*





**2.3. COUVERTS À BASE DE PUISSANTES GRAMINÉES PÉRENNES ÉRIGÉES + LÉGUMINEUSES PROSTRÉES**  
**➔ COÛTS MINIMUMS, SIMPLICITÉ TECHNIQUE ➔ ENTRETIEN MINIMUM À NUL DANS PLANTATION**

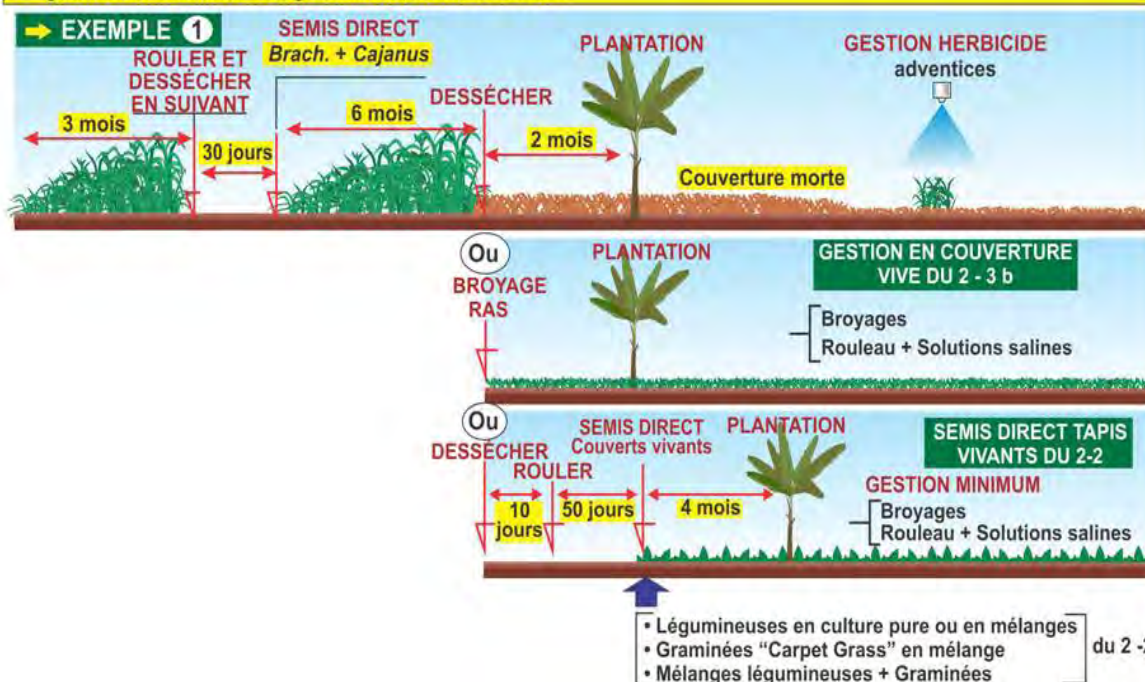
②



**2.4. COUVERTS VÉGÉTAUX DE MÉLANGES D'ESPÈCES ANNUELLES À FORTE BIODIVERSITÉ FONCTIONNELLE SUIVIS EN RELAI, DE LÉGUMINEUSES ET GRAMINÉES PÉRENNES ÉRIGÉES EN MÉLANGE ➔ MAXIMISER LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES**  
 (Phytorémédiation, séquestration C, Fixation N, macroporosité, activité biologique diversifiée et soutenue)

- MÉLANGES D'ESPÈCES ANNUELLES**

  - 1 - Sorgho BF 80 ou "Pool preto" ou Mil + *Crotalaria juncea* + *Crotalaria spectabilis* + *Éleusine coracana* + Sarrasin, puis *Brachiaria ruziziensis* + *Cajanus cajan* en succession après dessèchement de la biomasse du mélange d'espèces annuelles
  - 2 - Sorgho BF 80 ou "Pool preto" ou Mil + *Stylosanthes guianensis* ➔ semis simultané, légumineuse *Stylo. g.* en relai
  - 3 - Sorgho BF 80 ou "Pool preto" ou Mil + *Brachiaria ruziziensis* + *Centrosema pascuorum* ➔ semis simultané graminée *Brachiaria* et légumineuse, *Centro.* en relai





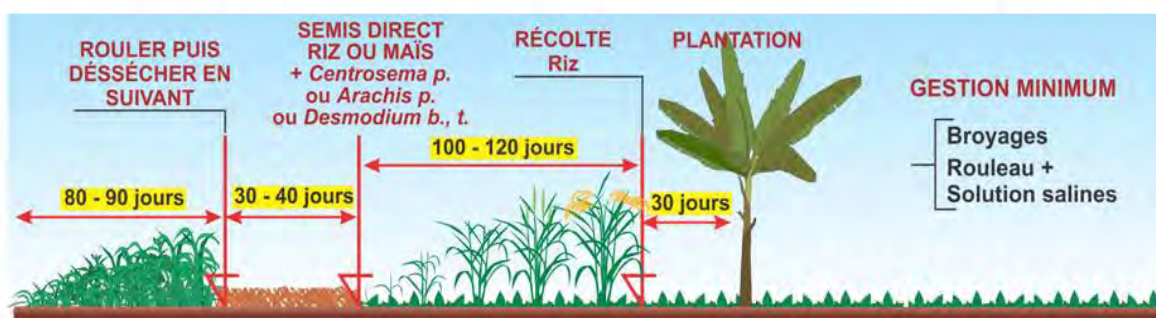
2.5. COUVERTS VÉGÉTAUX À BASE DE MÉLANGES D'ESPÈCES ANNUELLES À FORTE BIODIVERSITÉ FONCTIONNELLE SUR 3 MOIS, SUIVIS DE RIZ AROMATIQUE OU MAÏS ASSOCIÉ À DES LÉGUMINEUSES PROSTRÉES PÉRENNES D'ENTRETIEN MINIMUM

①

➔ Raccourcir l'espace temps jachère entre 2 plantations, payer les coûts d'installation des couverts + marges conséquentes à investir dans coûts de production bananiers.

• MÉLANGES:

- Sorgho BF 80 ou "Pool preto" ou Mil + *Crotalaria juncea* et/ou *Sesbania r.* + *Éleusine coracana* + *Centrosema pascuorum* + Sarrasin
- *Éleusine Coracana* + *Crotalaria spectabilis* et *retusa* + *Centrosema p.* + Sarrasin



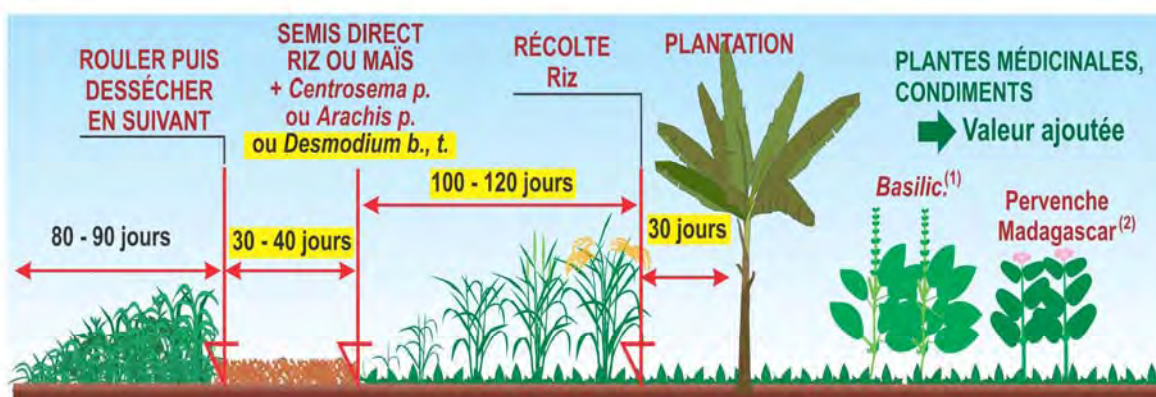
LÉGUMINEUSES ASSOCIÉES AU RIZ OU MAÏS (Vendu en épis)  
 • *Arachis pintoï*, *Cassia rotundifolia*, *Desmodium b., t.*

2.5. COUVERTS VÉGÉTAUX À BASE DE MÉLANGES D'ESPÈCES ANNUELLES À FORTE BIODIVERSITÉ FONCTIONNELLE SUR 3 MOIS, SUIVIS DE RIZ AROMATIQUE OU MAÏS ASSOCIÉ À *Centrosema pascuorum* AVANT PLANTATION BANANE + PLANTES MÉDICINALES OU CONDIMENTS SOUS COUVERT BANANIER ENSUITE (Bananier organique)

②

• MÉLANGES:

- Sorgho BF 80 ou "Pool preto" ou Mil + *Crotalaria juncea* et/ou *Sesbania r.* + *Éleusine coracana* + *Centrosema pascuorum* + Sarrasin
- *Éleusine Coracana* + *Crotalaria spectabilis* et *Retusa* + *Centrosema p.* + Sarrasin



- (1) - *Ocimum basilicum l.* (Lamiacée) - Diverses espèces à feuilles fines ou grandes  
 (2) - *Catharanthus roseus* - (Vinblastine et Vinoristine) → molécules utilisées dans la lutte contre le cancer  
 → Labo. Fabre.... et autres (*Curcuma longa*, diverses espèces de *Selaginella*, etc...)

## 2.6 COUVERTS À BASE DE BOIS RAMÉAL → BIOMASSES MAXIMALES (M. O., ACTIVITÉ BIOLOGIQUE ↗ ) + COUVERTURE MORTE DE LONGUE DURÉE (> 1-2 ANS) SUIVIE OU NON DE TAPIS PERMANENTS D'ENTRETIEN

- Mélanges d'espèces, haute densité + Forte fertilisation (Compost + Basalte broyé maille 0/2 ou micronisé)

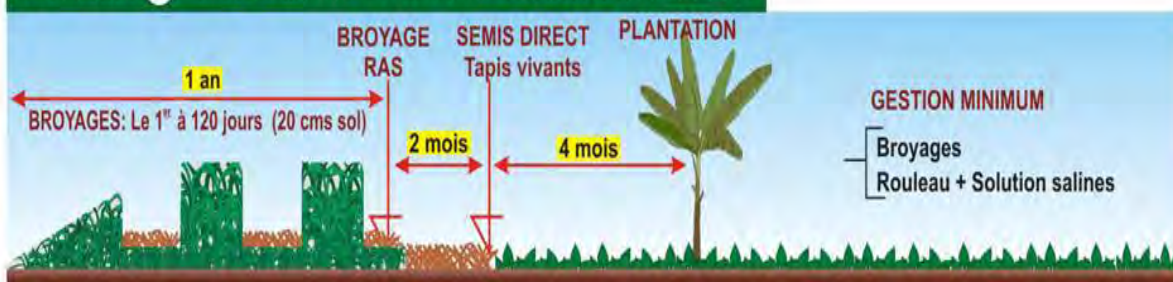
1 - *Gliricidia sepium*, *Leucena leucocephala*, *Erythrina poeppigina*, en culture pure ou en mélange (Semis 0,25m entre lignes, 10-15 plantes/m linéaire)

2 - *Crotalaria zanzibarica* + *Crotalaria juncea* + *Cajanus cajan*

### SCÉNARIO 1 - GESTION EN COUVERTURE MORTE



### SCÉNARIO 2 - BOIS RAMÉAL + COUVERTS VIVANTS PERMANENTS



- Légumineuses en culture pure ou en mélanges
  - Graminées "Carpet Grass" en mélange
  - Mélanges légumineuses + Graminées
- du 2-2



▪ **Quels modes de gestion des couverts ?**

**. Comment les implanter ?**

(\*) *Référence issues de nos travaux SCV (UR 1/Cirad) en zone tropicale humide sur le réseau tropical SCV → cf. site agroécologie.*

→ **Couverts monospécifiques**

Le semis peut être effectué avec un semoir de semis direct équipé d'une 3ème caisse pour les petites graines (*semoir Semeato*), ou à la volée dans des légumineuses telles que soja au moment de la défoliation de fin de cycle (*30-50 % de défoliation*) ou encore à la volée dans un couvert d'adventices, qui sont desséchées immédiatement après semis du couvert à la volée + passage de rouleau type Crosskill pour bien rappuyer les semences.

Les quantités de semences/ha, espacement entre lignes, profondeur de semis, herbicides en cours d'implantation des couverts (*si nécessaire*) pour les couverts monospécifiques et divers mélanges des SCV bananiers proposés, sont exposés dans le tableau 1 page suivante.

**\* - Dans le cas du Système SCV 2-3 (2) : graminée érigée pérenne (*Brach.ruz., Panicum m.,*) + légumineuse pérenne prostrée : *Arachis p*, (*préférentielle*), ou *Desmodium triflorum*, ou *Macrotyloma axillare*, semis direct simultané en lignes alternées graminée/légumineuse ; ce système est très intéressant car très simple d'implantation et d'entretien : la dessiccation du *Brach.* ou *Panicum* est effectuée après 6 mois à 1 an de croissance (*broyages successifs à 15-20 cms du sol, pour laisser 1 minimum de lumière à la légumineuse*), l'*Arachis* devient alors la couverture vivante relais sur laquelle sera implantée la plantation (*entretien ultérieur minimum*).**



**Tableau 1 – Modalités de semis des couverts végétaux au semoir de semis direct (Semeato, Vence Tudo)**

1. Couverts monospécifiques	Quantité (kg/ha)	Espacement (cm)	Profondeur (cm)	Herbicide en cours installation
<b>1.1. Graminées</b>				
. <i>Brachiarias</i>	7-10	20-45	2-3	EN POST Précoce 15-25 JAS 2-4D
. <i>Panicum m.</i>	4-6	20-45	0,5-1,0	
. <i>Pennisetum p.</i>	4-6	50-100	0,5-1,0	
. <i>Paspalum p.</i> . <i>Axonopus c.</i> . <i>Stenotaphrum s.</i> ]	5-6	20-45	0,5-1,0	
. <i>Eleusine cor.</i>	8-12	20-45	0,5 – 1,0	
<b>1.2. Légumineuses</b>				
. <i>Stylosanthes g.</i> . <i>Macrotyloma ax.</i> . <i>Desmodium ov.</i> ]	4-6	20-45	0,5 -1,0	EN PRE Alachlore ou Métolachlore ou Acetachlore
. <i>Centrosema p.</i>	6-8	20-45	1,0-2 ,0	
. <i>Crotalaria spect.</i> . <i>Crotalaria ret.</i> . <i>Crotalaria zanzib.</i> ]	8-12	20-45	1,0-2,0	
. <i>Arachis pintoï</i>	15-25	20-45	2,0-3,0	
. <i>Crotalaria juncea</i>	25-40	20-45	1,0-2,0	
<b>2. Mélanges d'espèces</b>				
. <i>Brach.</i> + <i>Stylo.</i> ou <i>Desmo.</i>	8+4	Lignes alternées 20-45	<i>Brach.</i> → 2,0–3,0 <i>Stylo.</i> → 0,5-1,0	EN POST Précoce 10-12 JAS Bentazone
. <i>Panic.</i> + <i>Stylo.</i> . <i>Pennis.</i> + <i>Stylo.</i> ]	4+4	Lignes alternées 20-45	0,5-1,0	
. <i>Sorgho</i> + <i>Crot. j.</i> + <i>Crot. sp.</i> + <i>Eleus. c.</i> + <i>Sarrasin</i> ]	10+15 +6+6 +15	Lignes alternées Sorgho+sarrasin et <i>Crot.</i> + <i>Eleus.</i> .(45)	2,0 – 3,0 1,0 -2,0	
<i>Sorgho</i> + <i>Stylo.</i>	12+4	45	<i>Sorgho</i> -2,0-3,0 <i>Stylo.</i> -0,5 – 1,0	
<i>Sorgho</i> + <i>Brach. r.</i> + <i>Centro p.</i>	12+6-8 +6	45	1,0-2,0	
<i>Arachis p.</i> + <i>Axonopus</i> + <i>pasp.</i> + <i>Stenot.</i> ]	12+ 3+3+3	<i>Arachis</i> (45) Graminées à la volée 20 JAS de <i>Arachis</i>	2,0- 3,0 + graminées en surface+rouleau	EN PRE Alachlore sur <i>Arachis</i>
<i>Macrotyloma</i> ou <i>Desmo.</i> ou <i>Cassia rot.</i> + <i>Pasp.</i> + <i>Axono.</i> + <i>Steno</i> ]	6 3+3+3	45 À la volée 20JAS légumineuses	1,0 – 2,0 Surface + rouleau	EN PRE sur légumineuses Alachlore ou Metolachlore ou Acetachlore
<i>Gliricidia</i> + <i>Leucena</i> + <i>Erythrina</i> ]	20+20+20	20	2,0 -3,0	
<i>Cajanus c.</i> + <i>Crot. juncea</i> + <i>Sesbania r.</i> + <i>Crot. zanz.</i> ]	15+15 6+6	Lignes alternées → caisse engrais : ( <i>Caj.</i> + <i>Crot.</i> J.) → caisse petites Semences : (( <i>Sesb.r.</i> + <i>Crot.z.</i> )	2,0 – 3,0 1, 0 – 2,0	

. **Toutes les petites graines doivent être semées à faible profondeur entre 0.5 et 1 cm**, ou semées à la volée + rouleau en suivant pour assurer un bon contact avec le sol.

. **Pour bien réussir les mélanges d'espèces érigées** dont la taille des graines est différente, de même que la puissance de croissance au départ (*dominance rapide*) → Le mélange *Brachiaria ruziziensis* + *Stylosanthes guianensis* par exemple →

- Le *Brachiaria* est semé entre 3 et 4 cm de profondeur pour retarder son émergence (*caisse de l'engrais du semoir*) et le *Stylo.* est mis dans la caisse des petites graines et semé très superficiellement entre 0.5 et 1.0, ou bien simplement déposé sur le sol + rouleau en suivant pour rappuyer les graines.
- Ou encore, semis décalé des 2 espèces → Le *Stylosanthes* est semé en premier à faible profondeur entre 0.5 et 1.0 cm + herbicide pré Alachlore ou Métolachlore ; 20 jours après semis *Stylo.* → Semis du *Brachiaria ruziziensis*, entre 1 et 3 cm de profondeur.
- Si le précédent est du soja → semis à la volée du *Stylo.* entre 30 et 60 % de défoliation en phase de maturation du soja ; après récolte soja → semis du *Brachiaria* dans *Stylo.* déjà émergé.
- Si le semis est réalisé sur un couvert d'adventices → Semis *Stylo.* à la volée, puis dessèchement adventices, + rouleau ; 10-15 jours après émergence du *Stylo.* semis direct du *Brachiaria ruzi.* qui est l'espèce la plus compétitive sur les 50 premiers jours de croissance. (*semis à 40-50 cms entre lignes*).

#### . Semis des mélanges d'espèces prostrées

→ ***Arachis repens* (boutures) + graminées « Carpet grass » (*Axonopus c.* + *Paspalum n.*, + *Stenotaphrum s.*)**

Les boutures sont implantées au « bâton » muni à l'un de ses extrémités d'une armature de fer qui permet de saisir les boutures et de les planter dans une couverture morte ; les boutures peuvent aussi être implantées très rapidement sur un sol préparé (*légèrement motteux en surface*), en jetant les boutures sur le sol ( $3-5/m^2$ ) à partir de l'arrière d'une remorque avançant doucement, un pulvérisateur à disques quasi fermé les incorpore en partie, ensuite + rouleau + herbicide pré Alachlore ou métolachlore ; 20-25 jours après implantation des boutures → semis à la volée des graminées « Carpet grass » en mélange + rouleau pour rappuyer les semences .

→ ***Arachis pintoï* semences + « Carpet grass » graminées en mélange :**

- Semis direct *Arachis pintoï* + herbicide Pré : alachlore,
- 20-25 jours après semis *Arachis* → Semis à la volée des graminées prostrées en mélange + rouleau.

→ **Dans le cas des légumineuses *Desmodium triflorum*, *macrotyloma axillare*, *Cassia rodundifolia* + graminées « Carpet grass » en mélange (*Axon.* + *Pasp.* + *Stenot.*), la même technique que précédemment peut être employée ; on peut également semer**

toutes les graines en mélange à faible profondeur entre 0.5 et 1.0 cm + rouleau et appliquer en post précoce (10-15 JAS) l'herbicide Bentazone.

(\*) Pour éviter la sédimentation des graines en mélange dans la trémie des semoirs sous l'influence des trépidations, en fonction de leur taille et poids, on peut aussi calibrer toutes les semences, les ramener à la même dimension en « pelletisant-pelliculisant » les semences les plus fines avec du phosphate naturel ou du thermophosphate + un collant type gomme arabique, amidon de maïs, humus liquide, maïzena, miel, etc....

→ **Dans le cas des graminées « Carpet grass » en mélange (genres *Paspalum* + *Axonopus* + *stenotaphrum*) :**

- Ou semis à la volée dans couvert vivant d'adventices sur pied puis dessécher, + rouleau ; si nécessaire, en cours d'implantation du couvert → herbicides post-précoce : Bentazone, 2-4 D amine, flumioxazin (30-50 g p.c./ha) Carfentrazone (30-50 g p.c./ha).

(\*) Note importante → se souvenir que en semis à la volée la quantité de semences /ha est d'environ le double de celle nécessaire pour un semis en lignes, enterré au semoir

<p>▪ <b>Quels modes de gestion de la biomasse ?</b></p>
---

**Comme le montrent les figures 1 à 10, relatives aux exemples cités de SCV bananiers contrastés, les modes de gestion de la biomasse des couverts, peuvent être :**

→ Dans le cas des puissants couverts monospécifiques ou en mélange, d'espèces érigées (genres *Brachiaria*, *Panicum*, *Pennisetum* en mélange avec *Stylosanthes* g. ou *Desmodium* ov.) :

. **Gestion en couverture morte 2 mois avant plantation** puis herbicides ensuite dès que la couverture du sol disparaît.

. **Gestion en couverture vivante avec 3 variantes** dont 2 seulement citées dans les figures (1 et 3 privilégiées → impact environnemental minimum) :

- Broyages périodiques (+ NK pour booster leur reprise et fonctions)
- Broyages périodiques (+ NK) + herbicides minimums utilisés entre 1/3 et 1/2 de la dose recommandée pour le dessèchement total (simplement bloquer la croissance donc la compétition avec la bananeraie pour 15-25 jours).
- Roulages périodiques (+NK) + solutions salines (Kcl à 25 % + 3 l vinaigre/ha → dans 100 l eau/ha).

(\*) Rouleau type Crosskill si possible, car blesse très efficacement la biomasse verte.

**Attention** → Dans le cas des légumineuses pérennes érigées (*Stylo g.*, *Desmodium ov.*) les broyages doivent se faire au minimum à 15-20 cm au dessus du sol pour une bonne reprise ; même recommandation pour les mélanges graminées + légumineuses pérennes érigées.

→ Broyages et roulages supposent que l'on puisse exécuter ces opérations avec facilité et rapidité (*quads, tracteurs*)

→ **Dans le cas des légumineuses prostrées pérennes** (*par les graines : Centrosema pascuorum, organes végétatifs*), lorsque elles ont formé un tapis bien recouvrant qui contrôle parfaitement les adventices locales (*d'où leur implantation 4 mois avant plantation en pleine lumière*), il ne faut surtout pas les broyer, car le sol sera découvert et les adventices réinfesteront la parcelle ; on peut et on doit, tout au plus les rouler, mais le moins souvent possible → seulement à la veille de la saison sèche (*ou la moins arrosée*) pour former un mulch protecteur contre l'évaporation et disponibiliser des éléments minéraux pour la bananeraie (*N, P, K, Ca, Mg + oligos*).

→ **Dans le cas des graminées pérennes prostrées en couvert monospécifique ou en mélange**, les 3 modes de gestion précédemment décrits pour les graminées érigées pérennes peuvent être utilisés ; mais comme dans le cas des légumineuses prostrées pérennes, il est recommandé d'y toucher le moins possible, excepté à des moments clés (*...à la veille de la saison sèche*) ; à l'inverse des graminées pérennes érigées, ces graminées pérennes prostrées peuvent être broyées ras (*type pelouse*).

**. Tous ces couverts pérennes prostrés vont donc permettre de faire un entretien minimum des bananeraies, et seulement à des moments clés → grosse économie d'herbicides, des coûts et des impacts environnementaux.**

(\*) **Ce qu'il faut bien comprendre et retenir**, c'est que les fonctions des broyages et roulages (*avec ou non application séquentielle de solutions salines + vinaigre*), sont de :

- Stopper momentanément la croissance du couvert et ainsi minimiser sa concurrence avec le bananier,
- Recycler, par minéralisation, les nutriments contenus dans le couvert broyé ou roulé, au profit des bananiers et du sol,
- Refaire partir leur systèmes racinaire → accroître la macroporosité, séquestration de C,
- Favoriser leur dominance sur les adventices annuelles (*contrôle naturel*).

**. Pour ce qui concerne le mode de gestion : roulage broyage + herbicides minimums** pour simplement bloquer la reprise des croissances sur 15-25 jours (*idem effet diquat*), on peut utiliser les herbicides suivants, au 1/3 à 1/2 de la dose recommandée pour détruire totalement le couvert :

- Sur graminées pérennes érigées → glyphosate, les herbicides FOP,
- Sur mélanges graminées + légumineuses pérennes → glyphosate + 2-4 D ; glyphosate + flumioxazine ; glyphosate + carfentrazone.
- Sur graminées prostrées pérennes → glyphosate, herbicides FOP.  
(*cf. annexe 2 : Effet des herbicides sur couverts R. Michellon et collaborateurs*)



- Les légumineuses sont parfois difficiles à dessécher → des doses de 40 à 60 g p.c. de flumioxazine et carfentrazone + 2,5 l à 3 l de glyphosate sont très efficaces de même que sur dicotylédones de difficile contrôle telles que les commelinacées diverses, *Euphorbia hétérophylla*, *Borreria alata*.

- Pour ce qui concerne le dessèchement des couverts composés d'espèces annuelles → le rouleau à l'émergence des organes floraux permet de diviser par 2 les doses d'herbicides totaux.

- **Il est également très important de savoir comment éradiquer une espèce vivace de couverture lorsqu'on le souhaite** → exemples : les genres *Arachis*, *Desmodium*, *Cassia*, *Macrotylona*, etc... le glyphosate ou le sulfosate + Pichlorame (720 g m.a./ha), le Triclopyr (960 g m.a./ha), Triclopyr (960 g m.a./ha) + Clopyralid (240 g m.a./ha) sont efficaces → cf. annexes 2 docs « effets des herbicides sur les couverts de R. Michellon ». Attention à l'utilisation du Pichlorame qui interdit la culture de légumineuses oléagineuses sur plus d'un an après son application.

- Les molécules Imazapic et Amicarbazone, utilisées en pré-émergence permettent de contrôler l'émergence des légumineuses volubiles (*Néonotonia*, *mucuna*) et diverses dicot. de difficile contrôle (le genre *Merremia* chez les ipomées par exemple).

### 3.3. Vers une gestion de plus en plus écologique des bananeraies

Des travaux de recherches très consistants ont été entrepris et développés dès 2002 au Brésil sur la mise au point de modes de gestion des sols, des productions et des eaux, plus propres (travaux L. Séguy, S. Bouzinac – Doc. *Symphonie inachevée*, 2008) ; ces modes de gestion plus écologiques sont bâtis d'abord sur des systèmes SCV à très forte biodiversité fonctionnelle alliés à l'utilisation d'outils de l'écologie microbienne<sup>5</sup> qui trouvent dans ces SCV multifonctionnels les substrats énergétiques et chaînes trophiques qui leur permettent de se multiplier dans le sol et d'assurer ainsi des services écosystémiques durables ; ces modes de gestion plus écologiques du sol et des eaux confèrent aux cultures des défenses naturelles plus efficaces contre les agressions (*production d'hormones, antibiotiques, de substances de croissance, dans la rhizosphère*). La gestion plus écologique des cultures annuelles tropicales a également été traitée au Brésil, Cambodge, Madagascar (*soja, riz, maïs, coton...*) puis transférée aux cultures annuelles tempérées (*Touraine, Camargue* – L. Séguy, H. Charpentier, S. Gallon – 2008) et aux cultures pérennes tempérées telles que les vergers de pommiers en France (*en cours*) et la production de vin biologique en Italie. Les produits organiques utilisés<sup>6</sup> sur les cultures sont à base d'éliciteurs pour une croissance saine des cultures, de répulsifs efficaces alliés au Bt, *Métharhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* contre les ravageurs et de *Trichoderma h.* + silice contre les champignons pathogènes et bactéries et pour sa capacité de bioremédiation (cf. annexe 1, Article *Trichoderma h.*). Parmi les résultats les plus significatifs obtenus sur SCV performants :

---

<sup>5</sup> *Trichoderma harzanium*, *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*,

<sup>6</sup> Produits de la firme italienne Elviseem (*HC, EP6, SS3, Bioinsecto+, TY10, ADS*)

- Réduction de 60 % à 100 % des fongicides,
- Substitution des traitements chimiques des semences par traitements organiques + outils écologie microbienne,
- Réduction de 30 à 60 % des engrais minéraux dont N,
- Productivité des cultures annuelles : entre 82 et 120 % de la gestion chimique suivant les cultures, les conditions pédoclimatiques et techniques
- Forte synergie fréquente selon familles chimiques entre produits organiques et chimiques à ½ dose.

**La cohérence, la consistance et la reproductibilité des résultats obtenus sur un très large éventail de conditions pédoclimatiques et cultures, nous permet de pouvoir mettre déjà en œuvre des modes de gestion plus écologiques de la bananeraie en même temps que celle appliquée aux sols et aux eaux (même si ces itinéraires techniques initialement proposés pourront être encore améliorés au cours du temps par des recherches thématiques complémentaires d'ajustement - cf. chapitre « recherche thématique »).**

**• 3 modes différenciés de gestion des bananeraies** pourraient être ainsi mis en place sur des « matrices expérimentales » en vraie grandeur qui réunissent et comparent les performances agronomiques, technico-économiques et les impacts environnementaux de ces scénarios expérimentaux de développement :

- ❶ Mode de **gestion chimique actuel** (*référence témoin*)
- ❷ **Gestion ½ chimique + ½ organique** → Mode de gestion de transition entre le « tout chimique » actuel et les modes de gestion totalement organique à venir,
- ❸ **Gestion totalement organique** → Production de banane bio. → Haute valeur ajoutée.

### **3.3.1. – Protocole « mode de gestion ½ chimique + ½ organique »**

**.... En commençant par les vitroplants ....**

**→ Traitement du sol des vitroplants**

- Mélanger au support sol 3-4 t/ha de compost « amélioré ».
- Le compost actuel (*Bokashi, ou autre*) devra être traité de la manière suivante :
  - **Avant fermentation** du compost (*début fabrication*), mélanger au compost 4 l/m<sup>3</sup> du produit Elvisem Kompost, ce produit organique est un activateur biologique puissant qui accélère la fabrication du compost, + rajouter au mélange avant fermentation 30-40 kg/m<sup>3</sup> de basalte broyé maille 0/2 + 5 kg/m<sup>3</sup> de corne broyée.
  - **Après fermentation**, rajouter et mélanger au compost, par m<sup>3</sup> : 1 kg de boveril (*Beauveria bassiana*) + 1 kg de Metaril (*Métarhizium anisopliae*) + 1 kg de Trichodermil (*Trichoderma harzanium*) + 2 kg de HL (*Humus liquide*) + 1,5 kg TY10 (*concentré de Neem*) + 1,5 kg de bioinsect<sup>+</sup> (*Roténone + Extrait de Pyrolisats de bois*)

+ *extrait pyrèthre*) + 1,5 kg de EP<sub>6</sub> (*stimulateur bio., éliciteur*) + 1 kg SS<sub>3</sub> (*acides aminés, enzymes*) et + 1 kg de écomic (*endomycorhizes*)

(\* **Dans ce mélange de produits organiques** : *Trichoderma, Beauveria b., Metarhizium c., ensemencement sol avec des souches qui doivent se multiplier (efficacité durable sous SCV à forte biodiversité fonctionnelle).*

*Bioinsect<sup>+</sup>, TY10 sont des répulsifs efficaces contre les ravageurs du sol et ceux des parties aériennes et contrôlent les nématodes (dont Radopholus s.), EP<sub>6</sub>, HL, SS<sub>3</sub>, sont des stimulants physiologiques puissants, des éliciteurs (renforcent les défenses naturelles de la plante).*

→ **Fertilisation de la bananeraie**

... **En n'oubliant pas que la bananeraie doit être installée sur SCV très performants** → Fig. 2-3c, 2-4c, 2-6b, 2-3📍

• 0,5 kg/pied de compost « amélioré » + ½ fertilisation minérale actuelle → 1 fois /mois (12 applications).

• A chaque application de fongicide ou nématicide, utiliser ½ dose fongicide ou nématicide + le mélange suivant en l/ha :

• 1,5L HL + 1,5L EP<sub>6</sub> + 1,5L TY10 + 0,4 kg trichodermil + 0,4L Supasilica (*Produit Agrichem – Australienne*) + 0,4 l Bt + 1L ADS (*huile végétale extraite du soja* → *synergie avec certaines familles chimiques, booste leur action* → *ex. : Endosulfan avec réduction des 2/3 de la dose ; sert également d'adhésif sur les organes végétaux pour les produits appliqués*).

→ **Entretien de la bananeraie** → les coûts d'entretien doivent être minimums → bien choisir le système SCV, par exemple 2-3📍 : une fois l'arachis bien recouvrante, aucun entretien n'est nécessaire, excepté à la veille de la saison sèche (*rouleau + solution saline + vinaigre* → *Restituer nutriments + mulch pour meilleure efficacité de l'eau*).

### 3.3.2. Protocole « mode de gestion totalement organique »

→ **Traitement du sol des vitroplants** → idem cas précédent

→ **A la plantation des vitroplants :**

• Traiter les lignes trouées avant plantation avec le mélange suivante, en L ou kg/ha : 1,5 HL + 1,0L TY10 + 1,0L Bioinsect<sup>+</sup> + 1,0L EP<sub>6</sub> + 0,4 kg trichodermil + 0,2 kg Metarril + 1kg ecomic (*endomycorhize*) + 0,2 kg Boveril → **Renforcer la protection de la banane** dès sa plantation (*cosmopolites s., Radopholus s., autres*).

→ **Fertilisation de la bananeraie**

• 0,8 à 1,0 kg de compost « amélioré »/pied, une fois par mois (x 12) + application à l'atomiseur du mélange suivant, une fois par mois, en L ou kg/ha :

.1,5L HL + 1,5L EP<sub>6</sub> + 1,0L Bioinsecto +, + 1,0L TY10 + 0,4 kg trichodermil + 0,4L Bt + 0,4 l Supasilica + 1L ADS (x10-12 fois/an).

(\*) *Ce mode de gestion totalement organique qui est appliqué systématiquement comme protecteur préventif devra, bien sûr, être installé sur un SCV multifonctionnel très performant, type 2-3 ❶, 2-3 ❷, avec Arachis pintoï comme couverture vivante pérenne dans la bananeraie. Au plan économique, nos propositions de gestion plus écologique s'inscrivent dans des économies d'intrants et des réductions de coûts par rapport à la situation actuelle où il faut compter en moyenne (estimations) environ 13.300 €/ha à l'implantation de la bananeraie et 5200 €/ha/an les 4 années suivantes (fertilisation + traitements Phyto + main d'œuvre).*

## IV – RECHERCHES THÉMATIQUES D'AJUSTEMENT DES SYSTÈMES SCV BANANIERS, ET PLUS FONDAMENTALES

### 4.1. Au CHAMP : Recherche d'ajustement des systèmes SCV

⇒ Sur les fonctions et services écosystémiques des couverts végétaux en mélange

→ **Pour répondre à la question fondamentale : *Lorsqu'une espèce est reconnue pour un ou plusieurs services, qu'elle doit être sa représentation (densité de peuplement) minimum dans le mélange d'espèces pour qu'elle préserve ses fonctions (efficacité) ?***

• **Des expérimentations au champ** pourraient être mises en œuvre, à partir des systèmes SCV des figures 2-4, 2-5, qui traitent de mélanges complexes d'espèces annuelles à forte biodiversité fonctionnelle. Dans les mélanges présentés déjà fonctionnels et maîtrisés, des plantes aromatiques pourraient être rajoutées car reconnues pour leurs fonctions répulsives vis-à-vis de certains ravageurs (*cf – rapports L. Séguy –Madagascar -2005/2010*), telles que :

- *Cleome hassleriana* (ou *Cleome local*), *Ocimum basilicum*, *Cosmos caudatus*, *sulfuréus* → Répulsifs insectes, vers blancs ; *Artemesia minuta* → Herbicide naturel ; *Stevia rebaudiana* → Puissant stimulant de l'activité biologique des sols ; *Tagetes minuta* → Contrôle nématodes ; *Equisetum arvense* → fongicide, *Fagopyrum esculentum* (*sarrasin*) → attire les insectes auxiliaires, etc...

(\*) *Travaux énormes de recherche à réaliser dans cette voie de l'identification des fonctions et de comment maintenir ces fonctions efficaces dans des mélanges complexes.*

⇒ **Evolution des couverts végétaux soumis aux 3 modes de gestion décrits dans le chapitre 3.2.2. → Quels modes de gestion des couverts ?**

- ❶ Broyages périodiques (+NK ou sans engrais)
- ❷ Broyages périodiques (avec et sans NK) + herbicides totaux à dose réduite → 1/3 à ½ dose recommandée pour destruction totale → Objectif : bloquer la croissance pendant 15-25 jours, avec reprise végétative du couvert ensuite.

- ⑤ Même objectif de blocage temporaire de la croissance des couverts, avec roulages périodiques + solutions salines (*KCl* à 25 % + 3 l vinaigre/ha dans 100 l eau) – rouleau type Crosskill.

**Ces 3 modes de gestion pourraient être appliqués aux parcelles de couverts en mélange installés dans la station de Neufchâteau :**

→ **Quel temps d'immobilisation de la croissance des couvert ?** → temps de reprise active de croissance après traitements

→ **Quelle production de biomasse dans l'interculture ? et quel recyclage des nutriments ?**

→ **Quelle évolution floristique des couverts ?** → Quelles sont les espèces dominantes en fonction des modes de gestion différenciés, au cours du temps ?

⇒ **Quels modes d'implantation techniques les plus performants pour implanter des espèces déjà présentes comme couvert exclusif des autres espèces dans certaines plantations de Martinique**

- C'est le cas de la *Caryophyllaceae Drymaria cordata*, qui devient dominante exclusive sous forte pression herbicide. Comment l'implanter sous couvert des bananeraies ? → Semences, boutures...
- C'est aussi le cas de l'espèce semi-sciaphile (*pousse sous ombrage*) *Wedelia (Trilobata ?)* qui pousse et s'installe en couvert monospécifique sous fort ombrage (*repérée sur l'exploitation « La Richard » à la Martinique*).

**Cette espèce ubiquiste est une valeur sûre sous fort ombrage** en climat très humide, pour couvrir, couvrir les sols.

→ Comment l'implanter rapidement par boutures en fonction de l'ombrage/lumière dans les plantations ?

→ Comment la gérer ? → Roulage, broyages ?

- L'espèce *Brachiaria mutica* associée ou non à des espèces du genre *Selaginella*, est très bien adaptée aux conditions d'hydromorphie (*sols vertiques, vertisols, sols hydromorphes*) ; elle produit dans ces conditions d'énormes quantités de biomasse, et peut ainsi constituer une espèce d'exception pour les sols les plus hydromorphes → elle mérite d'être évaluée en comparaison des graminées pérennes des genres *Brachiaria*, *Panicum* et *Pennisetum* en intégrant les systèmes SCV des figures 1-1, 1-2,, 1-3, 2-1, 2-2, dans les sols à forte hydromorphie.

⇒ **Elargir la collection de plantes de services écosystémiques :**

. **Ce sont les outils, les « briques » de construction des SCV.** Au-delà des espèces déjà présentes, il est important d'introduire pour leurs services déjà connus :



▪ **Parmi les graminées**

- **Panicum maximum** → Les cultivars les plus performants (*production annuelle de M.S.*) → Mombaça, Tanzania, Massai, Atlas, Aries de chez Matsuda (*Brésil*).
- **Les sorghos Muskwaris** bien adaptés aux vertisols, conditions hydromorphes, très forts producteurs de biomasse, herbicides naturels notamment contre *Cyperus rotundus* très présent sur les îles (*couvert durable aux fonctions allélopatiques efficaces*) (cf. *Brésil*).
- **Chez les espèces « Carpet grass »** → *Axonopus compressus*, *Stenotaphrum secundatum*, *Paspalum notatum* « cv. Pensacola, Batatais », *Paspalum conjugatum*, *Cynodon dactylon* cv., *Vaquero*, (cf. *Brésil*).

(\*) La plupart de ces espèces sont présentes, endémiques sur les 2 îles – cf. sites de vente au Brésil : [vendas@gramasparaiso.com.br](mailto:vendas@gramasparaiso.com.br) ; [vendas@gramasnobre.com.br](mailto:vendas@gramasnobre.com.br) ; [vendas@suprereal.com.br](mailto:vendas@suprereal.com.br) [sementesanhanguera@hotmail.com](mailto:sementesanhanguera@hotmail.com).

- *Brachiaria plantaginea* → annuel, contrôlé par 1 à 1,5 l glyphosate (cf. *Brésil*)
- *Pennisetum purpureum* et ses hybrides → cv. Paraiso. Carajas de chez Matsuda → entre 45 t 50 t/ha/an de matière sèche (à associer à *Stylosanthes* g. → SCV fig. 2-3 ① et à *Arachis p.* → SCV fig. 2-3 ②)
- *Eleusine coracana* – divers cultivars dont PG 94, résistant à la verse (cf. *Cambodge, Brésil*).

▪ **Parmi les légumineuses**

- *Arachis repens* (boutures de Madagascar)
- *Macrotyloma axillare* (cv. Java → Matsuda)
- *Desmodium ovalifolium* – CIAT 350 → CIAT Colombie
- 3 *Desmodiums* observés à la Martinique à la Station de Rivière Lézarde (*barbatum, adscendens, triflorum*)
- *Cassia rotundifolia* ]
- *Centrosema pascuorum* ] → Australie (*Heritage Seeds et autres*) (cv. *Bunday* très bien adapté à l'hydromorphie).

▪ **Autres espèces (déjà citées)**

- *Tagetes minuta* (nématodes), *Catharanthus roseus* (pervenche Madagascar → Médicinale semi héliophile), *Stevia rebaudiana* (activité biologique, édulcorant) *Artemisia annua* (Herbicide + Antipaludéen), *Ocimum basilicum* + *Cosmos caudatus, sulfureus* + *Cleome hassleriana* → Répulsifs insectes ravageurs ; *urtica dioica* (ortie) + *Symphytum officinalis* (consoude) + *Equisetum arvense* (Prêle → Silice, contre champignons pathogènes).  
→ **Purins** qui servent d'engrais (N, K, Oligo-éléments), de levain pour la vie microbienne des sols, d'insecticides et fongicides.

(\*) Ces plantes pourront être intégrées dans les couverts en mélange pour y apporter leurs fonctions ; ortie, consoude et prêle sont utiles pour stimuler l'activité biologique des

*composts et en pulvérisation sous forme de purins pour compléter l'action préventive des produits organiques contre les ravageurs et les champignons pathogènes.*

. Il serait également souhaitable (*si moyens financiers et humains*) que des prospections soient faites sur les 2 îles pour identifier des espèces végétales natives d'intérêt pour les SCV multifonctionnels notamment :

- Légumineuses,
- Espèces semi-héliophiles et semi-sciaphiles, très intéressantes pour installer des couverts pérennes protecteurs sous fort ombrage.

⇒ **Compléter les techniques de dessèchement temporaire des couverts (*idem Diquat*) avec des solutions salines + vinaigre.**

. En comparaison avec le glyphosate, sulfosate ou glufosinate et avec une solution de 25 kg de KCl + 3 l de vinaigre dans 100 l eau/ha, tester juste après broyage ou roulage des couverts :

- 3 doses d'eau de mer : 25 l, 50 l et 100 l + 3 l vinaigre dans 100 l eau/ha.

## 4.2. En SERRE

- **Etudes plus fondamentales** sur les fonctions de phytoremédiation des couverts végétaux associés ou non au compost « amélioré » et aux produits organiques, stimulateurs puissants de la vie microbienne et de l'activité biologique globale

❶ **Sur échantillons de sols très pollués au chlordécone + nématodes (*Radopholus s.*) :**

• **Installer couverts SCV** → 2-3❶ (*Panicum + Stylo.*), 2-3❷ (*Brach. ruzi. + Arachis p.*), 2-4❶ (*mélange annuelles puis Brach. + Cajanus, puis Arachis*) → Gestion par broyage.

a) → sur 3 répétitions : engrais minéral NPK fort

b) → sur 3 répétitions : compost amélioré – 20 t/ha

c) → sur 3 répétitions : compost amélioré 15 t/ha + pulvérisation une fois/mois du mélange : 1,5L HL + 1,5L EP<sub>6</sub> + 1,0L Bioinseco<sup>+</sup> + 1,0L TY10 + 0,4 kg Trichodemil + 0,4L supasilica + 0,4kg ecomic + 1L ADS

→ Faire le suivi sur 1 an à 18 mois de l'évolution du chlordécone dans le sol et dans la biomasse.

❷ **Sur échantillon de sols non pollués au chlordécone, ni *radopholus s.* :**

• Même expérimentation que ❶ (SCV 2-3❷, 2-4❶, 2-3❶)

→ Installer couverts végétaux et appliquer le traitement c) soit : compost amélioré + produits organiques + outils de l'écologie microbienne,

soit 3 répétitions du traitement c), sur lesquels seront pulvérisées des doses de chlordécone fortes, conformément à ceux appliqués sur bananeraie en cas de fortes infestations de *Cosmopolites s.*

→ Comme dans le cas précédent faire le suivi : état initial et état final chlordécone après digestion de la litière au dessus du sol (18 mois)

(\*) *Il est évident que ce type d'expérimentation doit être suivi par les spécialistes thématiques du chlordécone et il est important, en même temps que l'évolution du chlordécone, de caractériser l'évolution biologique du sol à partir de bio-indicateurs pertinents (ex. : taille et contenu nutriments dans compartiment biomasse microbienne, IAM (Indice Activité Microbienne), C et N minéralisables, (cf. annexe 3 - qualité biologique des sols).*

→ Analyser l'état initial et l'état final de chacun des SCV x modes de fertilisation comme pour la dynamique chlordécone.

### **4.3. Mise au point d'un test de détection rapide du chlordécone à partir d'anticorps poly. puis monoclonaux**

Des travaux ont été entrepris dans ce sens dans le cadre du projet ARCUS (*Agropolis/ Université de Chong Minh*) à l'initiative de F. Forest et grâce à la compétence du Dr. Bertrand Favreau, Chimiste en coopération avec cette université. L'état de lieux de ses travaux déjà bien avancés est décrit sommairement (*ci-après par le Dr. Favreau –Mail de décembre 2010*), qui est à la recherche de financement supplémentaire pour finaliser son travail. Il serait très important, pour sommer les compétences sur ce thème que le Dr. Favreau et le Dr. Alain Soler qui travaille à la Martinique sur le même thème, mettent et leurs efforts et les moyens en commun pour progresser plus rapidement.

Extrait « in extenso » de l'état des lieux des travaux réalisés par le Dr. Fauvreau et de ses besoins (mail du 17/12/2010).

#### **« La molécule à détecter**

Le Chlordécone est une molécule chimiquement très stable, et donc sur laquelle on a peu d'accès pour faire des modifications.

On est obligé de la modifier pour obtenir des anticorps, il faut la greffer sur une protéine. Le complexe nous sert à immuniser les animaux. Après de multiples essais le greffage a fonctionné. On maîtrise à peu près cette opération c'est-à-dire que l'on est capable de la reproduire.

#### **Les anticorps polyclonaux – Faisabilité**

Des animaux (souris) ont été immunisés avec le complexe, et on a obtenus des anticorps. Dans un premier temps nous avons travaillé sur les anticorps polyclonaux issus directement du sang des souris. Cela nous a permis de vérifier la faisabilité de la détection. D'une part nous avons montré que les anticorps reconnaissent le Chlordécone directement fixé sur un support insoluble, d'autre part nous avons montré que cette fixation est inhibée par le Chlordécone libre, ce qui prouve la spécificité de la réaction et la possibilité de monter un test de détection.



### **Les anticorps monoclonaux – Le réactif final**

A partir de là on s'est lancé dans l'obtention d'anticorps monoclonaux, c'est-à-dire des anticorps monospécifiques produit par des cellules en culture et non plus extraits du sang des animaux. L'avantage est double, d'une part pour la spécificité de reconnaissance, d'autre part l'accès à des quantités potentiellement plus grandes et plus reproductibles d'anticorps. Nous avons obtenus à ce jour trois clones de cellules, c'est-à-dire trois anticorps potentiellement différents, à l'issue de la première fusion.

Ces anticorps sont en cours de caractérisation pour leurs propriétés de reconnaissance et d'utilisabilité dans le test. D'autre part nous faisons des essais de production pour disposer de quantité suffisante de matériel pour faire des études terrain.

### **Le test en lui-même – Le traitement de l'échantillon**

Si tout se passe bien, on peut envisager de mettre au point assez rapidement un test de première génération qui permettrait de faire des essais sur place. Ce premier test serait un peu lourd, mais il permettrait de valider un certain nombre de point. Notamment il y a une étape qui n'est pas simple, c'est le traitement de l'échantillon. Le Chlordécone est un produit hautement hydrophobe, et les anticorps malheureusement travaillent dans l'eau. Il faut donc d'une part rendre le Chlordécone hydrosoluble, d'autre part en faire l'extraction. Pour le moment nous avons testé un protocole de l'agence de sécurité alimentaire pour l'extraction. Pour le moment nous avons testé un protocole de l'agence de sécurité alimentaire pour l'extraction à partir d'échantillons de viande. Les résultats sont encourageants, mais il faudrait les confirmer en utilisant plusieurs sortes d'échantillons et en chargeant des échantillons avec du Chlordécone libre.

### **Les moyens à disposition actuellement**

Pour ce travail, j'ai mon étudiant que tu as rencontré lors de ta mission et des étudiants qui viennent de manière ponctuelle. Je bricole un peu dans la mesure où je ne reçois aucune aide de l'Université de Shanghai. J'utilise les moyens d'un contrat que j'ai avec la France sur une technique similaire. En fait je prends sur la part qui devrait me revenir en fin de contrat. En plus Francis m'a donné un petit coup de pouce sur la fin du contrat ARCUS pour ce projet.

### **Perspective**

J'envisage de poursuivre en envoyant mon étudiant en thèse dans un laboratoire français (CNRS à Grenoble) qui serait intéressé à utiliser ce système pour mettre au point un biocapteur (détection directe). Mais pour cela il faut que l'on trouve des sous. Je suis en recherche. En deux mots, on a dégrossi le travail, maintenant il faut affiner. Encore combien de temps ? Cela dépend des moyens que l'on y met. Je peux chiffrer au besoin et faire un plan de développement. »

## V – STRATEGIE D'INTERVENTION R-D et R-A

• Elle est exposée dans le schéma page suivante et décrit, de manière simplifiée, les relations opérationnelles entre les recherches en milieu réel et contrôlé et les fonctions de la démarche intégrée participative proposée.

• **Un exemple de « matrice des systèmes SCV Bananiers sur couverts végétaux multifonctionnels contrastés »** est ensuite exposé en rappelant qu'une matrice systèmes de culture et à la fois<sup>7</sup> :

- **Un support de recherches systémiques**, d'amélioration continue des systèmes en semis direct (SCV) qui incorporent au cours du temps toujours plus de services écosystémiques gratuits issus de la biodiversité fonctionnelle (*multifonctionnalité des couverts végétaux assimilés à des « mini-forêts » dans leur fonctionnement*) en faveur d'une agriculture durable, productive, propre, dont les coûts de production et les impacts environnementaux sont progressivement réduits.
- **Laboratoire de « vigilance préventive »** qui permet d'analyser à l'échelle réelle de production les impacts environnementaux de divers scénarios expérimentaux de développement durable (SCV différenciés) en comparaison des systèmes actuellement en vigueur, avant qu'ils ne soient diffusés à large échelle, en particulier leur capacité de régénération de la fertilité d'origine organo-biologique (*résilience, capacités de séquestration de C, de fixation de N, rétention – mise à disposition – recyclage nutriments sans perte dans le système sol-plante*), la qualité biologique des sols, des eaux et des productions.
- **Support de démonstration-diffusion-formation** multi-acteurs (*des producteurs aux chercheurs, en passant par les techniciens et les agronomes*).
- **Support expérimental pour accueillir et intégrer des recherches thématiques** dans les systèmes de culture pour les optimiser de manière continue en fonctions de leurs spécificités (*recherches appliquées et plus fondamentales → donner des solutions au développement et produire des connaissances scientifiques*).

• **Sur cette unité de référence, pilotée en conditions d'exploitation réelles**, sont évalués comme critères agronomiques de différenciation du fonctionnement des systèmes :

- Les productivités,
- L'incidence des adventices, maladies et ravageurs,
- Les impacts sur le profil cultural, les relations sol-plante, en particulier la capacité de résilience et de régénération de la fertilité d'origine organo-biologique gratuite (*séquestration de C, fixation de N, activité Bio et efficacité*).

• **Comme critères technico-économiques :**

- Les coûts de production

---

<sup>7</sup> Cf. doc et CD : **Systèmes de culture et dynamique de la matière organique – Stratégies et méthodologie de la recherche-action (RA). Concepts novateurs de gestion durable de la ressource sol. Suivi-Evaluation et analyses d'impact** – L. Séguy, S. Bouzinac, 2001.



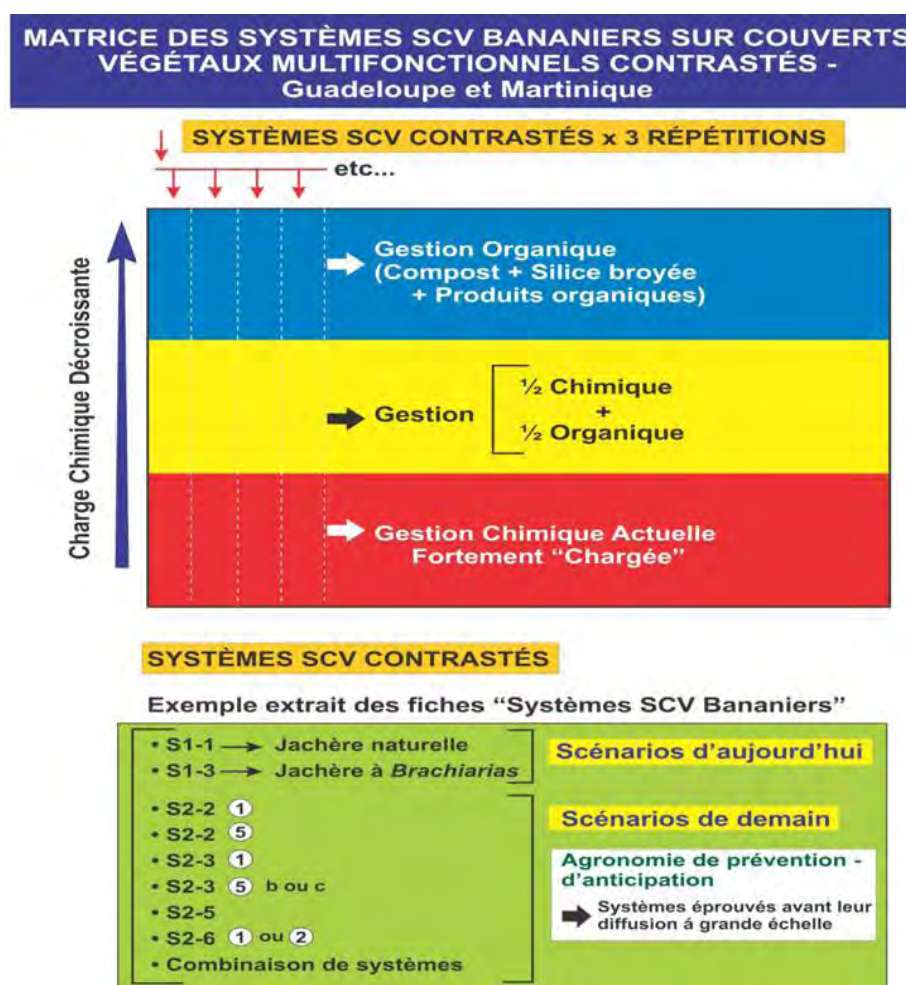
- Les marges brutes et nettes
- La praticabilité et faisabilité des systèmes.

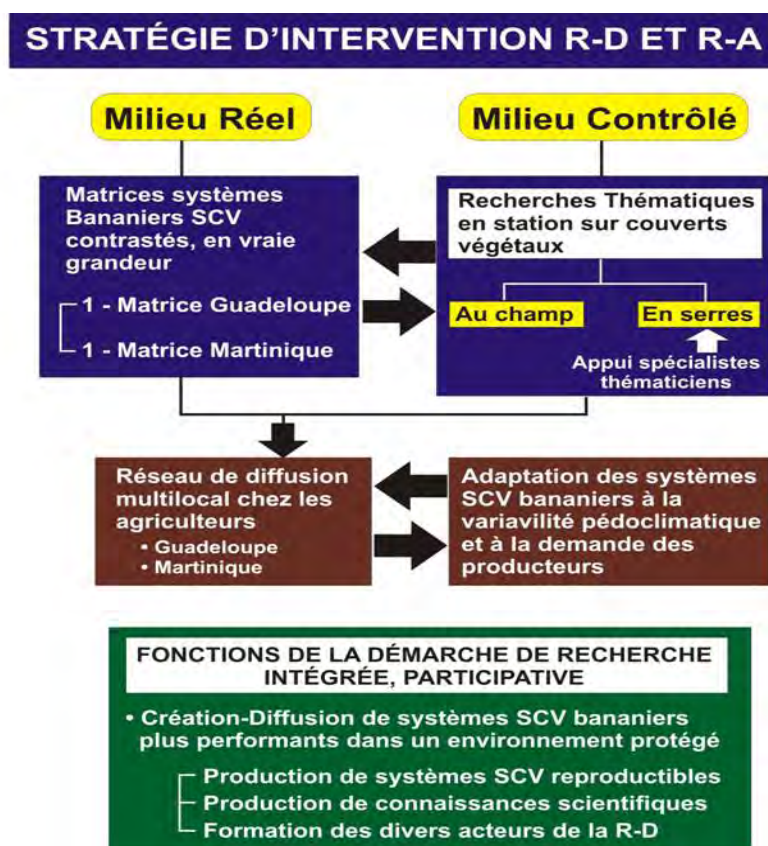
• Dans la matrice de systèmes « proposée », il faut retenir :

- Que le choix des systèmes retenus peut être différent ( *négocié avec producteurs*).
- Que le nombre de systèmes peut être plus limité, mais il doit alors retenir un choix de systèmes les plus contrastés possibles.
- Qu'il faut toujours mettre en place une parcelle « ouverte » sur laquelle plusieurs scénarios SCV différents peuvent être pratiqués au cours du temps → flexibilité de la matrice à incorporer des composantes non prévues au départ.

• Dans l'implantation des matrices, compte-tenu du relief le plus souvent accidenté sur les 2 îles, il est préférable d'installer les 3 modes de gestion des systèmes sur un même niveau d'altitude pour éviter les gradients de fertilité.

• L'idéal pour la recherche R-D et R-A opérationnelle et participative serait de mettre en place une matrice systèmes à la Guadeloupe (*chez M. Jairo Marin ?*) et une autre à la Martinique (*chez M. Bertrand Aubéry ?*).





## VI - PRODUCTION DE SEMENCES

- Il est évident qu'un des vecteurs de diffusion des systèmes SCV sera la disponibilité de semences de plantes de service, de riz aromatique si cette culture se développe, Maïs (*composite à très gros épis* → *vente en épis, en vert*).
- La producteur intéressé doit pouvoir se fournir en semences pures (*le producteur fera lui-même son mélange*) ou en mélanges de semences déjà prêts, de la même manière qu'il s'approvisionne en intrants chimiques (*engrais, pesticides*); les sacs de semences devront bien sûr comporter une « bulle technique d'utilisation » indiquant comment les utiliser et pour quel système et quelles conditions pédoclimatiques.
- On peut déjà prévoir que la demande pour les systèmes SCV sera rapide (*une dynamique est déjà en marche*) et il faut donc d'ores et déjà penser à comment organiser cette production de semences → coopératives, producteurs privés, autres structures... ?



## VII – CONCLUSIONS

**Ce rapport n'est qu'un guide simple dans lequel les acteurs peuvent puiser pour construire des systèmes SCV bananiers plus performants et préservateurs de l'environnement.**

Il est évident que toutes les **propositions offertes** tant systémiques (*dont la plupart déjà opérationnelles, appropriables rapidement*) que thématiques intégrées **sont hors de portée des moyens disponibles en ressources humaines** (*agronomes, techniciens qui maîtrisent parfaitement les SCV*) **et moyens financiers actuels.**

Il est pourtant, sans aucun doute, urgent de former des agronomes, chercheurs et techniciens aux concepts et pratiques déjà disponibles de l'agriculture durable pour pouvoir construire les systèmes SCV bananiers du futur plus performants et plus propres (*valeur ajoutée*) dans un environnement protégé (*eaux, sols, productions*), pouvoir les diffuser sans tarder à grande échelle.

Les propositions effectuées permettent de bâtir des ensembles expérimentaux systémiques x thématiques pérennisés qui seront aussi support de formation multi-acteurs et permettront donc de répondre à l'urgence de la formation.

**Il est effet, à mon sens, très urgent de rééquilibrer les moyens de la recherche jusque là essentiellement consacrés à une approche quasi exclusive « par plante » (*le bananier → uniformité mondiale des techniques utilisés ...comme si l'environnement était partout le même, parfaitement homogène*), au profit d'une approche environnementale.**

Au-delà de l'offre technologique offerte dans ce modeste document, une approche environnementale plus complète intégrerait dès le départ des modes de plantations de la bananeraie elle-même qui seraient plus à même de minimiser les agressions des ravageurs et maladies : le mélange de variétés par exemple (*même si le nombre de variétés appréciées sur le marché est limité - Cavendish +....*), ou également des associations entre bananiers (*double ligne*) et pérennes fruitières très érigées type « Cupuaçu » (*Teobroma grandiflorum*) à forte valeur ajoutée permettraient de recréer des ambiances plus forestières, plus saines, tout au moins pour les petites plantations (+ *diversification des productions → meilleure stabilité économique*).

Il y a donc bien un grand défi à relever pour le développement de systèmes bananiers respectueux de l'environnement ; cette dynamique nécessaire et urgente passera nécessairement par des dispositifs de recherches opérationnels pérennisés pour, à la fois, évaluer les impacts environnementaux sur un temps suffisant, convaincre les producteurs (*changement de paradigme*), commencer à penser comment structurer la commercialisation d'une banane « propre » à forte valeur ajoutée, former tous les acteurs à cette approche du futur proche. Pour la recherche, le rééquilibrage au profit de l'environnement est indispensable pour la production d'une recherche de qualité, soit celle qui est capable, d'abord de donner des solutions techniques plus performantes et appropriables aux producteurs (*recherches systémiques*) et, au cœur de cette dynamique, de produire des connaissances scientifiques utiles.

L'amélioration des connaissances scientifiques sur le rôle multifonctionnel de la biodiversité est indispensable pour transformer rapidement les systèmes actuels consommateurs massifs

d'énergie culturelle d'origine industrielle en écosystèmes cultivés construits sur l'énergie culturelle d'origine biologique. Cette transformation exige que la recherche sorte du quasi-exclusif « in silico » et « in abstracto » pour revenir « in vivo », au sein de la nature complexe et féconde, voir comment s'exerce le génie de la vie.

Le pouvoir de bioremédiation des couverts végétaux et des sols apparaît aussi à la lumière des résultats déjà obtenus (Brésil) comme une voie de recherche majeure pour commencer à nettoyer nos monstrueuses pollutions.

Pour l'heure, compte tenu d'un effectif limité en compétences et moyens financiers on ne peut que conseiller à nos collègues Hoa Tran Quoc, Marc Dorel et leurs collaborateurs d'opter pour la construction d'un nombre limité mais contrasté de systèmes SCV bananiers (*ex* : 2-3 ❶ a)- b)- c), 2-3 ❷; 2-4c); 2-5 ❶; 2-6 a) - b), d'aborder les divers modes de gestion proposés des biomasses, de tenter de monter une première matrice systèmes en Guadeloupe et d'aborder le pouvoir de bioremédiation des SCV et des sols en présence de puissants stimulateurs biologiques (*compost amélioré + produits organiques et outils de l'écologie microbienne*) ; soit, en résumé, d'ajuster, pour l'instant, leurs actions à leur capacité de travail et moyens disponibles.



## LISTE DES ANNEXES

---

### ANNEXE 1 - Articles et documents intéressants sur la vie biologique des sols : Trichoderma, mycorhizes, compost

- **Wie wirken, Effektive Mikroorganismen“ auf EM-Bokashi in der Bananenproduktion (*Musa ssp.*)? Is there an effect of ‘effective microorganisms’ on EM-Bokashi in banana (*Musa ssp.*) production?**  
(B. Formowitz<sup>1</sup>, F. Elango<sup>2</sup>, S. Okumoto<sup>2</sup>, A. Buerkert<sup>1</sup>, T. Müller)
- **Advances in the Management of Effective Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis in Tropical Ecosystems** – (Ramón Rivera, Félix Fernández, Kalyanne Fernández, Luis Ruiz, Ciro Sánchez Manuel Riera)
- **Influences des composts et des digestats sur l’environnement, la fertilité des sols et la santé des plantes – Etude Bibliographique – résumé** – (Alfred Berner, Markus Bieri, Ulrich Galli, Jacques G. Jochen Mayer, Konrad Schleiss).
- **Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming** – (P. Gosling , A. Hodge , G. Goodlass, G.D. Bending)
- **Les mycorhizes – Une fascinante biocénose en forêt** - Simon Egli et Ivano Brunner
- **Les engrais organiques – une vue générale**
- **Manuel des intrants Bio (MIB) – Un recueil des intrants commerciaux autorisés en production végétale biologique et disponible au Québec** (J. Duval, A. Weill)
- **Is there an effect of ‘effective microorganisms’ on EM-Bokashi in banana (*Musa ssp.*) production?**  
(Beate Formowitz, Fritz Elango, Shuichi Okumoto, Andreas Buerkert, Torsten Müller)
- **Pour une croissance exponentielle – Mycorhizes**
- **Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control**  
(Mausam Verma, Satinder K. Brar, R.D. Tyagi, R.Y. Surampalli, J.R. Val’ero)
- **Adresses produits bio du Brésil**
- **New uses of Moringa studied in Nicaragua**
- **Les purins et décoctions de plantes**
- **The effect of *Trichoderma harzianum* and *T. koningii* on the control of tan spot (*Pyrenophora tritici-repentis*) and leaf blotch (*Mycosphaerella graminicola*) of wheat under field conditions in Argentina**
- **Produit GOEMAR – Activateur de la nutrition des cultures**

## **ANNEXE 2 - Effets herbicides sur les couverts par R. Michellon et al.**

- Essai d'herbicides sur légumineuse de couverture - 1991
- Essai d'herbicides sur l'arachide pérenne (*Arachis pintoï*) - 1993
- Conception de systèmes agricoles durables avec couverture herbacée permanente pour les Hauts de la Réunion – 1995
- Le Kikuyu – plante fourragère et de couverture – 1996
- Gestion agrobiologique des sols : guide pour la mise en place d'itinéraires techniques dans les Hauts sous le vent de la Réunion. La Chaloupe Saint – Leu – 1996

## **ANNEXE 3**

### **- Bioindicateurs de routine sur qualité des sols et exemples**

- Qualité des matières organiques des sols – Une nouvelle génération d'analyses de routine (X. Salducci)
- Exemples d'interprétation - rapport d'analyse de terre ARVALIS : comparaison entre sol labouré et sol sous SCV, horizon 0-5 cm

### **- Bibliographie plantes de services – propriétés et fonctions**

- Effet des plantes de service *sur les bio-agresseurs des cultures*. Etude bibliographique sur les plantes utilisées dans les systèmes de culture sur couverture végétale (SCV) à Madagascar – Baptiste Quaranta

## **ANNEXE 4 - Dossier glyphosate**

- Grupo de Desenvolvimento de tecnologia –Dr Yamada

## **ANNEXE 5 – Rappel des fondements SCV**