



SYNTHÈSE TECHNIQUE N°3

Fusarium oxysporum
f. sp. elaeidis
(Foe)



PALMELIT
OIL PALM SEEDS - CIRAD INSIDE

Cette synthèse technique est le résultat des recherches et des analyses des équipes scientifiques de **PalmElit** menées en collaboration avec le **Cirad** et nos **partenaires**.

Nos programmes d'amélioration sont implantés en Asie, en Afrique et en Amérique latine sur 1600 hectares de parcelles expérimentales et 8 champs semenciers.


Notre principal objectif :
"assurer aux exploitations familiales et aux agro-industries des revenus réguliers".



SYNTHÈSE TECHNIQUE N°3

Notre solution génétique aux pertes en plantation dues à

Fusarium oxysporum f. sp. elaeidis (Foe)

A circular image showing a dense plantation of tall palm trees, likely oil palms, under a clear blue sky. The trees are viewed from a low angle, looking up. A white rectangular text box is superimposed in the center of the image.

*Fusarium
oxysporum
f. sp.
elaeidis
(Foe)*

Sommaire



Interactif : cliquer sur le titre de votre choix pour accéder à la page.
Retour au sommaire : cliquer sur l'icone en bas de chaque page.

1. Introduction	06
2. Impact économique de la fusariose du palmier à huile en Afrique	08
2.1. Situation du palmier à huile en Afrique	08
2.2. Découverte, localisation et importance de la maladie	08
3. Symptômes de la maladie	10
3.1. Symptômes externes	10
3.2. Symptômes internes	14
4. Conséquences de la maladie	15
4.1. Perte de rendement	15
4.2. Mort du palmier	16
4.3. Cas des parcelles replantées ou en extension	16
5. Mode de propagation et facteurs favorisant le développement du pathogène	17
5.1. Mode de propagation	17
5.2. Facteurs pouvant influencer le développement de <i>Foe</i>	19
5.2.1. Facteurs abiotiques	19
5.2.2. Facteurs biotiques	21
6. Méthodes de lutte	21
6.1. La lutte génétique : une méthode efficace	21
6.1.1. La sélection à PalmElit : un processus bien rodé	21
6.1.2. Un important dispositif supervisé par des phytopathologistes	22
6.1.3. Comment fonctionnent les tests de détection précoce ?	23
6.1.4. Relation entre test précoce en pré-pépinière et résistance exprimée au champ	27
6.1.5. Construction d'un croisement résistant à <i>Foe</i>	27
6.1.6. Mise en marché du matériel à haute résistance à la fusariose PalmElit-Cirad® #F Impact sur la maladie	28
7. La solution génétique PalmElit-Cirad® DExLM porteur de l'option #F - sécuriser les plantations face au <i>Fusarium</i>	29
7.1. Caractéristiques du matériel végétal PalmElit-Cirad® DExLM	30
7.2. Conduite culturale	32
7.2.1. Règles générales si l'on envisage une replantation	32
8. Bibliographie	34

1. Introduction



Cas de fusariose au Ghana dans une vieille plantation

La fusariose du palmier à huile, mise en évidence en **1946** au **Congo-Kinshasa (République démocratique du Congo)**, est attribuée au champignon tellurique "***Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis***" (**Foe**), elle reste aujourd'hui la maladie la plus importante et la plus répandue du palmier à huile en Afrique et peut entraîner des pertes de plus de 50% dans les plantations.

Sur le continent américain, des foyers localisés sont apparus en **Amérique du sud (Brésil et Equateur)** dans les années **1980**, mais jusqu'à présent la maladie reste marginale sur ce continent. La fusariose du palmier à huile n'a jamais été observée en **Asie du Sud-Est**.

Aujourd'hui, la méthode de contrôle opérationnelle la plus efficace est de planter du matériel végétal sélectionné pour sa haute résistance génétique tout en respectant certaines pratiques culturelles mentionnées ci-après.



Plantation détruite par la fusariose au Cameroun



Symptômes de fusariose sur plantation mature au Libéria

2. Impact économique de la fusariose du palmier à huile en Afrique

2.1. Situation du palmier à huile en Afrique

L'huile de palme africaine représente en 2020 (dans l'économie formelle) environ 3 millions de tonnes produites sur environ 1,7 millions d'hectares (5 millions en comptant les palmeraies naturelles).

De manière générale, l'Afrique est lourdement déficitaire en corps gras et les importations d'huile de palme de ce continent s'élèvent aujourd'hui à plus de 8 Mt. Le continent africain produit 8 Mt de corps gras d'origine animale et végétale quand il en consomme 18 Mt.¹⁹

Soucieuse de réduire ses importations, l'Afrique cherche à développer la culture du palmier à huile et son intensification, dans le respect de son environnement. La culture de palmiers à huile à haut rendement présentant de fortes résistances durables à la fusariose répond particulièrement bien à cette ambition.

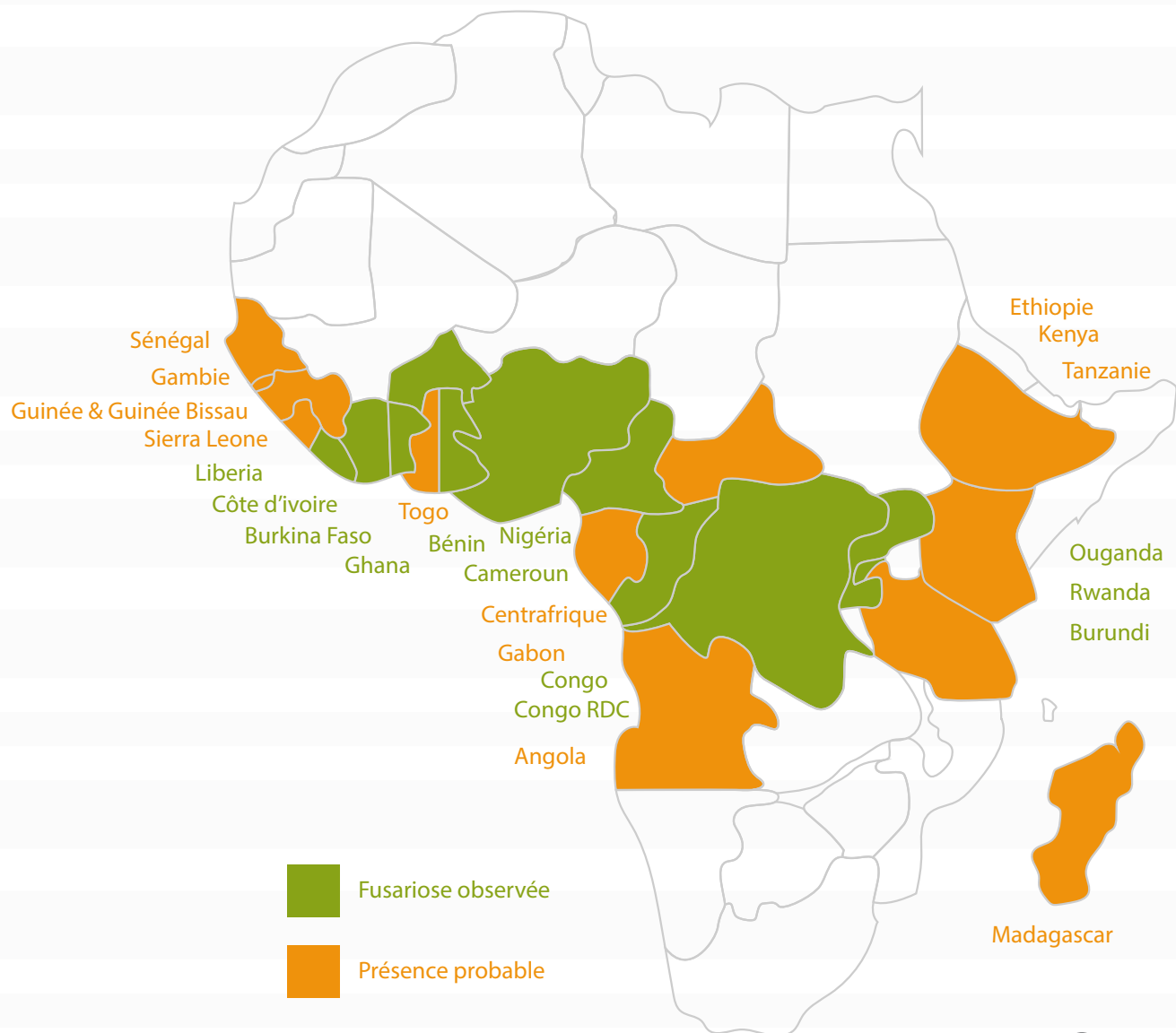
2.2. Découverte, localisation et importance de la maladie

Les symptômes de cette maladie ont été remarqués par des cultivateurs en 1946 au Congo-Kinshasa (République démocratique du Congo) et leur description apparaît pour la première fois dans une publication de Wardlaw qui, la même année, a isolé un *Fusarium oxysporum* sur certains palmiers malades. On lui a ensuite donné le nom de *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* (Foe).

Quelques années plus tard, Fraselle, Guldentops et Prendergast ont prouvé par inoculation la virulence de ce *Fusarium* sur le palmier à huile, dont la présence est aujourd'hui avérée dans de nombreux pays (Fig.1).

Fig.1 Pays du continent africain où des cas de fusariose ont été observés ou suspectés

Jusqu'à 70 % de palmiers atteints de fusariose ont été enregistrés sur certains croisements ¹⁵ dans une étude réalisée en Côte d'Ivoire.



3. Symptômes de la maladie

L'expression de la fusariose prend plusieurs formes qui dépendent de différents facteurs tels que l'âge du palmier, l'environnement, la conduite de la culture et le niveau de résistance du matériel végétal.

3.1. Symptômes externes

En pré-pépinière et pépinière



Les symptômes sont très rares durant les premiers stades de culture du palmier à huile en pré-pépinière ou en pépinière, mais si l'on pratique des inoculations artificielles ils sont alors bien visibles :

La croissance est retardée, voire bloquée en cas d'infection précoce.

La longueur du pétiole est réduite, les feuilles les plus jeunes sont plus courtes et plus étroites que les feuilles plus âgées, conférant au palmier un port plat. Les feuilles prennent une coloration plus pâle et peuvent parfois présenter des perforations le long des nervures qui finissent par se nécroser totalement entraînant la mort du plant. Les plants peuvent également présenter des symptômes similaires à ceux provoqués par un stress hydrique, surtout visibles sur les feuilles plus âgées (Mepsted et al. (1995a) cité par Corley, R H V and Tinker, P B (2016) ⁴).



En plantation

SUR LES PALMIERS IMMATURES

Avant la première récolte, la fusariose s'exprime par une décoloration, souvent unilatérale, jaune et brune d'une feuille au milieu de la couronne. Ce symptôme s'étend ensuite aux feuilles voisines sur le même niveau de la spirale, puis aux feuilles inférieures. Le palmier peut se dessécher complètement et mourir dans les deux mois suivant l'apparition des premiers symptômes ^{9,11}. Cependant, selon le degré de résistance du matériel végétal, une récupération partielle ou même totale pour les palmiers les plus résistants peut se produire.

SUR LES PALMIERS MATURES

Il existe deux formes de fusariose :

- **La forme aiguë (ou typique)** caractérisée par un dessèchement des feuilles inférieures et la cassure du rachis au tiers de sa longueur. Les jeunes feuilles poussent plus lentement, sont plus courtes et jaunissent. Le palmier peut se dessécher complètement et mourir deux à trois mois après l'apparition des premiers symptômes ⁹.

- **Une forme chronique**, caractérisée par un dessèchement des feuilles qui finissent par "s'effondrer" et l'apparition de plusieurs flèches (deux à quatre voire plus) qui ne s'ouvrent que très lentement. Le stipe rétrécit sur sa partie supérieure et prend une forme de "pointe de crayon" ¹¹. Quelques petits régimes peuvent encore apparaître avant que le palmier ne meure, souvent plusieurs années après l'apparition des premiers symptômes.

Aucune différence de race de l'agent pathogène n'a été mise en évidence entre les deux formes de fusariose, aiguë ou chronique. ¹ Les différences de symptômes observés semblent liées au type de matériel végétal planté.



TABEAU 1**MANIFESTATION DE LA FUSARIOSE À DIFFÉRENTS STADES DE DÉVELOPPEMENT DU PALMIER**(Renard J.L, de Franqueville H. Oléagineux, Vol. 44, n° 7 -Juillet 1989¹¹)

STADE	Feuilles basses	Feuilles moyennes	Feuilles hautes	Flèche	Pétioles	Stipe	Racines	Régimes
Pré-pépinière	Normales		Rabougries		Courts	Fibres brunes	Saines cylindre central brun	
Pépinière	Normales		Rabougries jaunissantes	Rabougrie	Courts fibres brunes	Fibres brunes	Saines cylindre central brun	
Jeune âge (1-4 ans)	Normales	Jaunissantes	Normales	Normale	Fibres brunes	Fibres brunes en secteur	Assez saines cylindre central brun	Inflorescences ou régimes plus ou moins développés
Palmiers en production								
Symptômes typiques	Sèches cassées	Normales	Courtes jaunissantes	Assez normale	Quelques fibres brunes	Fibres brunes	Saines Rare : cylindre central brun	Normaux parfois secs
Symptômes chroniques		Courtes vertes		3 à 6 fermées	Quelques fibres brunes	Fibres brunes	Assez saines cylindre central brun	Petits parfois secs



Fibres noires dans un stipe de palmier atteint de fusariose



3.2. Symptômes internes

Les symptômes internes sont caractérisés par une coloration de la plupart des faisceaux vasculaires du xylème (fibres) qui prennent d'abord une teinte orange puis brune. La dissection des bulbes des jeunes plantules inoculées lors des tests de résistance à la fusariose en pré-pépinière permet de détecter le brunissement des fibres caractéristique d'un matériel sensible ²². L'agent pathogène progresse dans le tissu vasculaire des racines à la jonction des racines et du stipe. Il colonise ensuite les vaisseaux du stipe.

Lorsque les vaisseaux sont totalement obstrués, ils finissent par se nécroser et deviennent noirs.³ L'étendue de la nécrose des vaisseaux est très variable, elle affecte certaines parties du stipe. C'est lorsqu'elle atteint l'apex que les premiers symptômes foliaires apparaissent.

Chez les jeunes palmiers, la coloration des vaisseaux peut être remarquée dans le rachis des feuilles exprimant les symptômes d'une infection.

A noter que chez les palmiers âgés, la coloration des vaisseaux en noir n'indique pas forcément la présence de fusariose. Cette coloration est normale chez les palmiers âgés de plus de 20 ans où elle a tendance à s'estomper sur le haut du stipe.

En revanche, chez les palmiers fusariés, la coloration en noir s'accroît sur les parties hautes du stipe (Moureau 1952 cité par Corley, R H V and Tinker, P B (2016)) ⁴.



Fibres brunes apparentes dans le pétiole d'une feuille de palmier fusarié



Fibres noires apparentes dans le stipe d'un palmier fusarié

4. Conséquences de la maladie

4.1. Perte de rendement

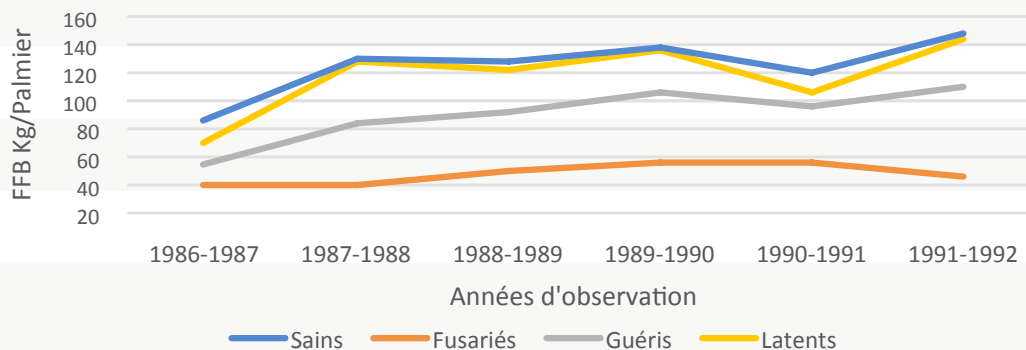
Le développement de *Foe* entraîne d'abord une perte de rendement. Sur les palmiers atteints par la forme aiguë, on peut constater des avortements de régimes avant que le palmier ne meure.

Un essai mis en place en 1981 en Côte d'Ivoire, dans une zone particulièrement atteinte par la fusariose vasculaire, a fait l'objet d'observations régulières concernant l'apparition et le maintien des symptômes de la maladie, depuis la plantation. L'enregistrement de la production individuelle des palmiers, de 1986 à 1992, a permis d'évaluer l'incidence de la fusariose sur le nombre de régimes produits, leur poids moyen et le rendement FFB.

Quatre classes de palmiers ont été définies : les palmiers sains, les palmiers malades avec symptômes évidents, les palmiers d'abord notés malades mais qui ont récupéré totalement, et les palmiers dont la maladie est latente (la maladie a été mise en évidence par des prélèvements de tissus dans le stipe).²

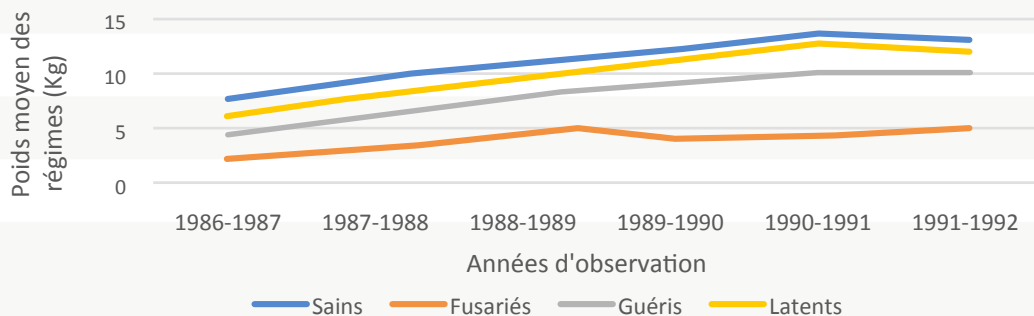
La comparaison du rendement FFB de palmiers malades par rapport à des palmiers sains sur un matériel végétal n'ayant pas de résistance à *Foe* a mis en évidence une perte évaluée à environ 80 % sur l'ensemble des 6 années d'observation (Fig.2).

Fig.2 Étude de l'impact de la fusariose sur le rendement FFB d'un matériel végétal sensible



La comparaison du poids moyen des régimes produits par les palmiers malades par rapport à ceux produits par des palmiers sains sur un matériel végétal n'ayant pas de résistance à *Foe* a mis en évidence une diminution évaluée à environ 64 % en moyenne sur l'ensemble des 6 années d'observation (Fig.3).

Fig.3 Étude de l'impact de la fusariose sur le poids moyen des régimes d'un matériel végétal sensible



4.2. Mort du palmier

Le dessèchement des feuilles et la mort du palmier sont causés en partie par la destruction des racines et en partie par le blocage des vaisseaux xylémiques par les gels et les gommes produits par la plante en réaction à l'entrée de l'agent pathogène ⁴. Dans la forme aiguë de la maladie, les attaques peuvent provoquer la mort des palmiers dans les deux mois suivant l'apparition des premiers symptômes s'il s'agit d'une plantation immature et 3-4 mois s'il s'agit d'une plantation mature ¹¹. Dans la forme chronique, les palmiers peuvent végéter plusieurs années avant de mourir souvent après une saison sèche accentuée ¹¹.

4.3. Cas des parcelles replantées ou en extension

La figure 4 montre l'évolution de la maladie sur un croisement particulièrement sensible planté au même moment sur une parcelle dont le précédent cultural n'était pas du palmier (extension) et sur une parcelle dont le précédent était du palmier (replantation) et dans laquelle on avait noté une forte incidence de la maladie.

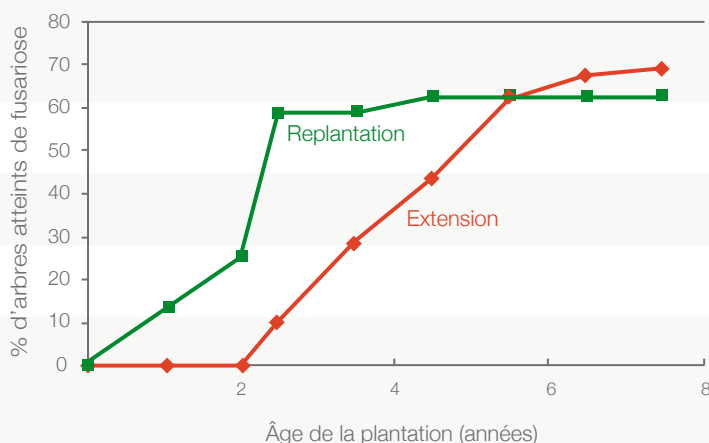
Même si ce sont des conditions expérimentales extrêmes, cette expérience illustre bien les précautions supplémentaires qu'il faut prendre en cas de replantation pour mieux sécuriser son investissement.

- Sur la parcelle replantée, les symptômes de la fusariose apparaissent dès la première année. La maladie se propage rapidement jusqu'à 3 ans après la plantation, en atteignant un taux de fusariose supérieur à 60%.

- Sur la parcelle plantée en palmier pour la première fois, les symptômes commencent à se développer un peu plus tard environ 2 ans après la plantation. Situation rare due à l'extrême sensibilité du croisement utilisé dans cette expérience. Le taux de fusariose en fin d'essai est similaire à celui de la parcelle replantée, mais il est atteint en 5 ans au lieu de deux dans la situation précédente.

Dans tous les cas, l'incidence de la maladie sur la parcelle plantée dépend du matériel végétal utilisé (résistant ou sensible), du type de sol, de l'environnement (climatologie, topographie) et de la conduite de la culture. L'état sanitaire de la plantation précédente, qui doit tenir compte des cas de fusariose latente difficiles à détecter, vient s'ajouter à ces facteurs, s'il s'agit d'une replantation.

Fig.4 Incidence de la maladie en plantation sur un matériel génétique non résistant à *Foe*

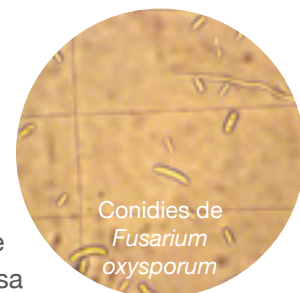


5. Mode de propagation et facteurs favorisant le développement du pathogène

5.1. Mode de propagation

PAR LE SOL ET LES DÉBRIS VÉGÉTAUX

Foe est un champignon tellurique qui produit des macroconidies et des microconidies (spores assurant la multiplication asexuée) ainsi que des chlamydoconidies (spores de multiplication végétative à paroi épaisse). Ce sont les Chlamydoconidies qui permettent sa survie dans les débris végétaux (par exemple, vieux palmiers abattus) et dans le sol.



Le champignon envahit les racines et se développe dans le stipe par les vaisseaux du xylème ², en provoquant leur obstruction par des gommés et des thylles qui sont produits en réaction.

Le prélèvement de terre végétale pour le remplissage des sacs de pré-pépinière ou pépinière dans des zones susceptibles d'être infectées par *Foe* ou tout autre organisme nuisible doit être absolument évité.^{16 17}



Chromolaena odorata eupatorium

PAR DES PLANTES HÔTES

Le champignon peut être hébergé par des plantes hôtes, souvent des adventices rencontrées fréquemment dans des plantations de palmier à huile telles que : *Amaranthus spinosus*, *Mariscus alternifolius*, *Imperata cylindrica*, *Eupatorium oderatum* ⁵, d'où l'importance de contrôler efficacement le développement de ces mauvaises herbes.

PAR LES SEMENCES DE PALMIER À HUILE OU LES SEMENCES DE LÉGUMINEUSES DE COUVERTURE ¹

À ce jour, aucun cas de transmission de la maladie par des semences de palmier à huile préalablement traitées par des fongicides n'a été rapporté. Des cas de transmission par des semences de légumineuses non traitées ont été observées en Amérique Latine (au Brésil en 1983 et en Equateur en 1986 ¹¹), ces semences avaient été prélevées dans des régions où *Foe* était présent.

Le choix d'un fournisseur de semences agréé constitue la garantie d'obtenir des semences saines.



Préparation, séparation et conditionnement de semences à la Cabaña (Colombie)



Stockage

5.2. Facteurs pouvant influencer le développement de *Foe*

Le développement de *Foe* dépend de plusieurs facteurs dont la conduite culturale. De nombreuses observations ont été faites sur les différents facteurs abiotiques qui peuvent intervenir sur le développement de *Foe*. Ces observations sont parfois contradictoires.

Bien qu'aucun élément de conduite culturale ne soit à 100% efficace contre la maladie, la mise en place et le suivi de bonnes pratiques ajoutées au choix d'un matériel végétal sélectionné pour sa résistance formeront un ensemble qui permettra d'assurer une lutte vraiment efficace contre *Foe*.

5.2.1 Facteurs abiotiques

Nous attirons l'attention sur des études qui mettent en relation tel ou tel facteur abiotique avec le développement du *Fusarium*. La plupart d'entre elles n'ont pas été confirmées et il faut porter un regard prudent sur ces observations.



CLIMATOLOGIE

Il y aurait un lien étroit entre le développement de la fusariose et une saison sèche prolongée, qui est une caractéristique de l'environnement du palmier à huile en Afrique de l'Ouest ; l'incidence de la maladie serait plus élevée dans les régions où le déficit hydrique annuel est plus important³. En période de forte sécheresse, la mort des racines se trouvant dans la couche de sol superficielle pourrait être une porte d'entrée du pathogène dans la plante³.

SOLS

Le potentiel infectieux d'un sol résulte de l'interaction entre la population de l'agent pathogène et la réceptivité du sol, c'est-à-dire l'ensemble des facteurs biotiques et abiotiques qui conditionnent la survie et l'activité de cet agent pathogène dans le sol (Bouhot, 1980 ; Alabouvette et al., 1982 cités par Abadie C. et Al.).¹⁴

Parmi les facteurs liés au sol, on a relevé plus d'inoculum dans les sols sablonneux légers que dans les argiles. Les sols dont la teneur en matière organique est faible, dont le pH est faible, qui sont lessivés ou dont la capacité d'échange est faible seraient également à risque³.

Les sols mal drainés favorisent l'asphyxie racinaire et sont également un facteur de risque de développement de la maladie.

TOPOGRAPHIE

Les bas-fonds (souvent mal drainés) seraient propices à l'expression de la maladie^{13,18}.

INSTALLATION ET CONDUITE DE LA CULTURE

Installation

Les replantations réalisées sur des parcelles de palmiers qui étaient très infestées sont soumises à un risque élevé. La plantation des jeunes palmiers trop près des emplacements des vieux palmiers est à éviter absolument. ¹³ De même, il est déconseillé de changer la densité de plantation lorsque l'on replante une ancienne parcelle pour éviter que certains nouveaux plants ne se retrouvent à l'emplacement d'anciens plants potentiellement contaminés (voir § 7.2.1.).



Conduite de la culture

Un palmier ayant une bonne vigueur serait moins sensible à la maladie qu'un palmier de faible vigueur. ³

Cependant il semble difficile de généraliser cette observation : dans nos sélections on ne retrouve pas cette relation : nous connaissons des palmiers extrêmement vigoureux très sensibles et d'autres très résistants ou inversement des palmiers peu vigoureux très résistants.

Les palmiers montrant des symptômes évidents de fusariose doivent être éradiqués afin de limiter la propagation et le maintien du pathogène dans le sol. On évitera le tronçonnage qui provoque la dispersion au sol de la sciure des stipes infectés.

Fertilisation

- Le potassium aurait une influence bénéfique sur le contrôle du développement de *Foe*. En l'absence d'une carence potassique, on note une diminution significative des cas de maladie. Mais l'effet de la fumure potassique n'est notable que 9 ans après les premiers apports ^{10,13}, et ne permet pas de contrôler durablement le développement de la maladie : des plantations bien conduites ont pu subir des attaques conséquentes de fusariose (nous l'avons remarqué au Cameroun sur certains sites d'un de nos partenaires).
- De Franqueville et Diabaté notent que l'apport de rafles dans le rond dès la plantation favorise l'incidence de la fusariose, si le sol est pré-infesté par l'agent pathogène ¹⁴. En plantation mature, on n'a pas retrouvé une telle incidence après un apport de rafles dans l'interligne ⁸.
- L'installation de la légumineuse de couverture *Calopogonium caeruleum*, est également un facteur qui favorise le développement de *Foe* ^{9, 13}. Par contre, *Pueraria* tendrait à réduire le niveau de *Foe* dans le sol selon une étude publiée en 1996 ¹⁴, qui n'a pas été confirmée.

Irrigation

Dans le cas d'une sécheresse prolongée, elle permettrait d'éviter la mort des racines superficielles qui faciliterait la pénétration du pathogène dans la plante. ³

5.2.2 Facteurs biotiques

MATÉRIEL VÉGÉTAL

La gravité d'une maladie dépend de la réceptivité de la plante cultivée à l'agent pathogène qui l'attaque. Un matériel sélectionné pour sa résistance à un agent pathogène donné sera moins réceptif qu'un matériel sensible.

PLANTES ADVENTICES ET SEMENCES DE LÉGUMINEUSES DE COUVERTURE (voir §5.1 – p.18)

6. Méthodes de lutte

6.1 La lutte génétique : une méthode efficace

Seul le choix d'un matériel végétal adapté et certifié hautement résistant* permet d'éviter durablement le développement de la fusariose en plantation. Il est tout de même très important de continuer à respecter les règles de conduite culturale décrites ci avant, afin de réunir toutes les conditions permettant de bien contrôler la maladie.

6.1.1 La sélection à PalmElit : un processus bien rodé



Les semences PalmElit-Cirad® hautement résistantes* à la fusariose sont issues de travaux de sélection ayant débuté il y a plus de 60 ans.

La recherche de matériel résistant a débuté dès 1957 lorsque Prendergast réussit l'inoculation de *Foe* sur de jeunes plants de pépinière au Nigeria.

Il est aujourd'hui fortement suspecté que la résistance est de type polygénique. En nous basant sur notre expérience concernant le comportement du matériel végétal dans différents sites expérimentaux tels que Dabou en Côte d'Ivoire, Sèmè-Podji au Bénin et Dibombari au Cameroun (zones géographiques contrastées, tant sur le plan des conditions climatiques que de la variabilité génétique de l'agent pathogène), nous observons, en termes de résistance, une réponse similaire pour un matériel végétal donné quelle que soit la zone géographique et les souches de l'agent pathogène avec lesquelles il a été testé. Le caractère ubiquiste des résistances aux différentes souches de *Fusarium* est aujourd'hui avéré.

**PalmElit a adopté la terminologie de l'ISF (International Seed Federation) concernant les définitions de la résistance¹². La Haute Résistance représente la capacité du palmier à restreindre fortement la croissance et le développement d'un organisme nuisible déterminé et / ou les dégâts qu'il cause en comparaison à un palmier sensible et dans des conditions de pression normale de l'organisme nuisible. Un palmier à haute résistance peut cependant montrer des symptômes et des dommages si la pression du ravageur ou de la maladie est forte. Une variété sensible, dans les mêmes conditions, présentera plus de symptômes et plus de dégâts.*

PalmElit a développé un important dispositif de tests précoces, réalisés en pré-pépinière, pour mesurer la résistance à *Foe* des croisements avec lesquels nous travaillons. **PalmElit** évalue systématiquement les parents géniteurs de ses variétés. Cela nous permet d'être sûrs de la résistance du matériel végétal que **PalmElit** sélectionne. A ce jour, une base de données de près de 24 000 croisements a été constituée, grâce à la collaboration permanente entre phytopathologistes et généticiens, avec un fort appui de nos statisticiens. 200 croisements sont comparés à chaque test, chacun avec 8 répétitions de 20 plantules. Tous les tests sont interconnectés par une gamme de croisements témoins de niveaux de résistance connus.

Les observations réalisées en plantation ont démontré l'excellente corrélation entre les résultats obtenus en tests de pré-pépinière et le comportement du matériel au champ. Les tests précoces en pré-pépinière sont fiables et permettent de détecter le matériel végétal résistant au *Fusarium*.

Le rendement FFB et CPO du matériel sélectionné pour sa résistance fait l'objet d'un suivi qui permet d'écarter tous les géniteurs intervenant dans les croisements qui n'atteindraient pas les objectifs fixés.

6.1.2 Un important dispositif supervisé par des phytopathologistes



PalmElit et ses partenaires disposent de deux laboratoires de tests de résistance à *Foe*, l'un situé au Bénin à Sèmè Podji près de Cotonou, en partenariat avec l'**INRAB*** et le **CRA-PP*** et l'autre au Cameroun, en partenariat avec **CAMSEEDS***.

Le suivi des tests précoces et des essais expérimentaux du matériel résistant à *Foe* est réalisé par les sélectionneurs et les phytopathologistes de **PalmElit** appuyés par les scientifiques du **Cirad** ainsi que par nos partenaires locaux.

Les statisticiens de **PalmElit**, basés à Montpellier sont chargés de vérifier la cohérence des données et de les analyser.

- **Au Bénin, avec L'INRAB**, 3 tests par an sont réalisés à Sèmè-Podji soit un total de plus de 100 000 plantules testées par an, 175 hectares de parcelles sont réservés à la sélection et 50 hectares aux champs semenciers.
- **Au Cameroun, notre partenaire Camseeds** dispose également d'un laboratoire de phytopathologie et d'une pré-pépinière dédiée pour réaliser les tests précoces de résistance au *Fusarium* à Dibombari (région du Littoral). De même 3 tests, soit plus de 100 000 plantules, sont réalisés chaque année.

* Le **CRA-PP** (Centre de Recherche Agricoles sur les Plantes Pérennes) est un département de l'**INRAB** (Institut National de la Recherche Agronomique du Bénin), basé à Pobè au Bénin.

* **CAMSEEDS** est une unité de recherche et de production de semences basée au Cameroun, appartenant au groupe **SOCFIN**.

6.1.3 Comment fonctionnent les tests de détection précoce ?

L'inoculum est préparé à partir de souches de *Fusarium oxysporum* f.sp. *elaeidis* isolées sur des palmiers malades, une souche locale particulièrement agressive est sélectionnée. Compte tenu du caractère ubiquiste des résistances il est possible de réaliser les tests à partir d'une seule souche (voir § 6.1.1).

Les plantules de pré-pépinière sont inocuées un mois et demi environ après le repiquage de la semence. Toutes les 4 semaines au moins une observation intermédiaire des symptômes externes est réalisée et la lecture finale du test est réalisée 4,5 à 5 mois après l'inoculation. Les symptômes internes comme les symptômes externes sont alors observés.



Conservation des souches de *Fusarium* et *Ganoderma*



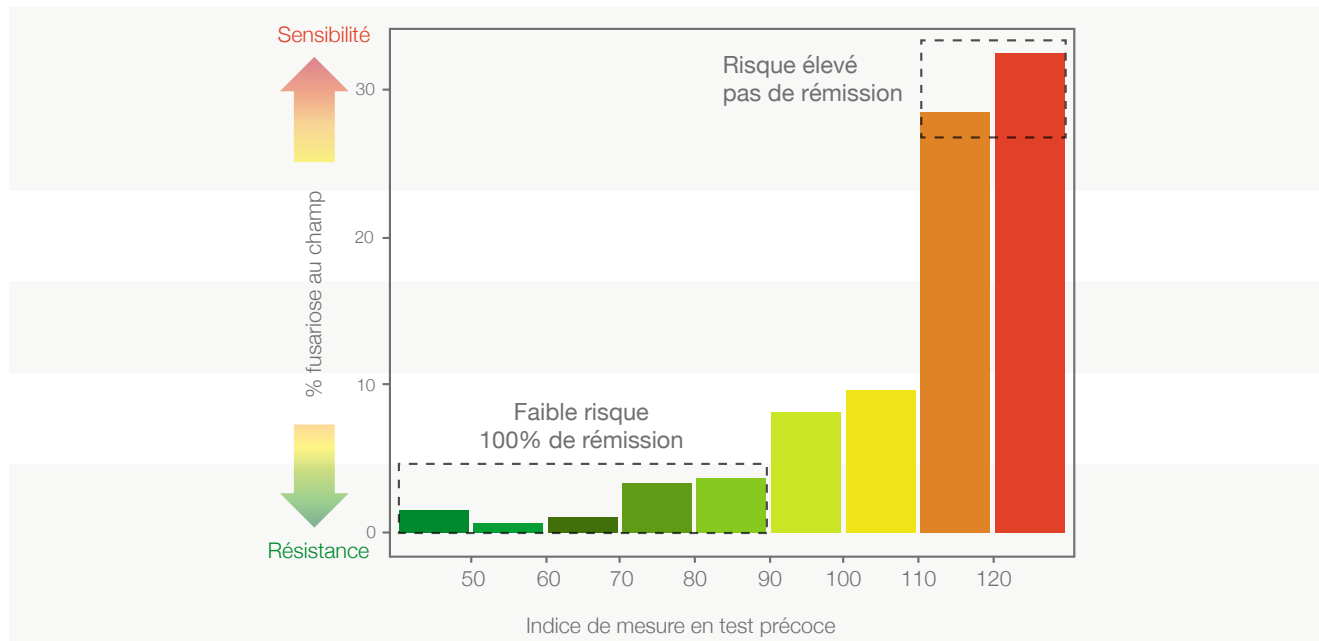
Souche de *Fusarium* cultivée en boîte de Petri



Culture de *Fusarium* en flacons de Roux

L'interprétation des résultats se fait en utilisant un indice de mesure de la résistance. Le comportement d'un croisement donné est défini par le rapport entre le pourcentage de plants fusariés du croisement et le pourcentage moyen des plants fusariés des croisements témoins. Plus cet indice est élevé, plus le croisement est considéré comme sensible (Fig.5).

Fig.5 Le test précoce en pré-pépinière : un outil efficace pour sélectionner la résistance au *Fusarium*



Des analyses statistiques plus poussées exploitent le dispositif génétique mis en œuvre lors des tests et permettent d'évaluer la valeur de chacun des parents et de sélectionner ceux qui transmettent le plus de résistance. Ce sont eux qui seront utilisés pour la production de semences du matériel végétal résistant à la fusariose "#F". L'indice traditionnel tel que ci-dessus décrit, a été complété par une valeur génétique exprimée pour chaque parent potentiel sous forme d'un ratio de résistance.

Le graphique suivant (Fig.6) montre la valeur génétique de la résistance au *Fusarium* de 1694 parents testés, répartis sur 144 familles (chaque famille* est représentée sur la même ligne verticale) appartenant à 14 origines génétiques distinctes**. Un point représente la valeur d'un parent de la famille en question. L'indice 100 représente le niveau de résistance moyen de tous les parents testés. Plus l'indice est élevé, plus le parent est sensible au *Fusarium*. Le graphique illustre parfaitement les variations inter-origines, ainsi que les différences intra-origine qui incluent les différences entre et au sein des familles.



Symptômes de fusariose en test précoce



Inoculation d'un plant à Sèmè Podji



Plantule sensible au *Fusarium*



Symptômes internes

Plant résistant

Plant sensible

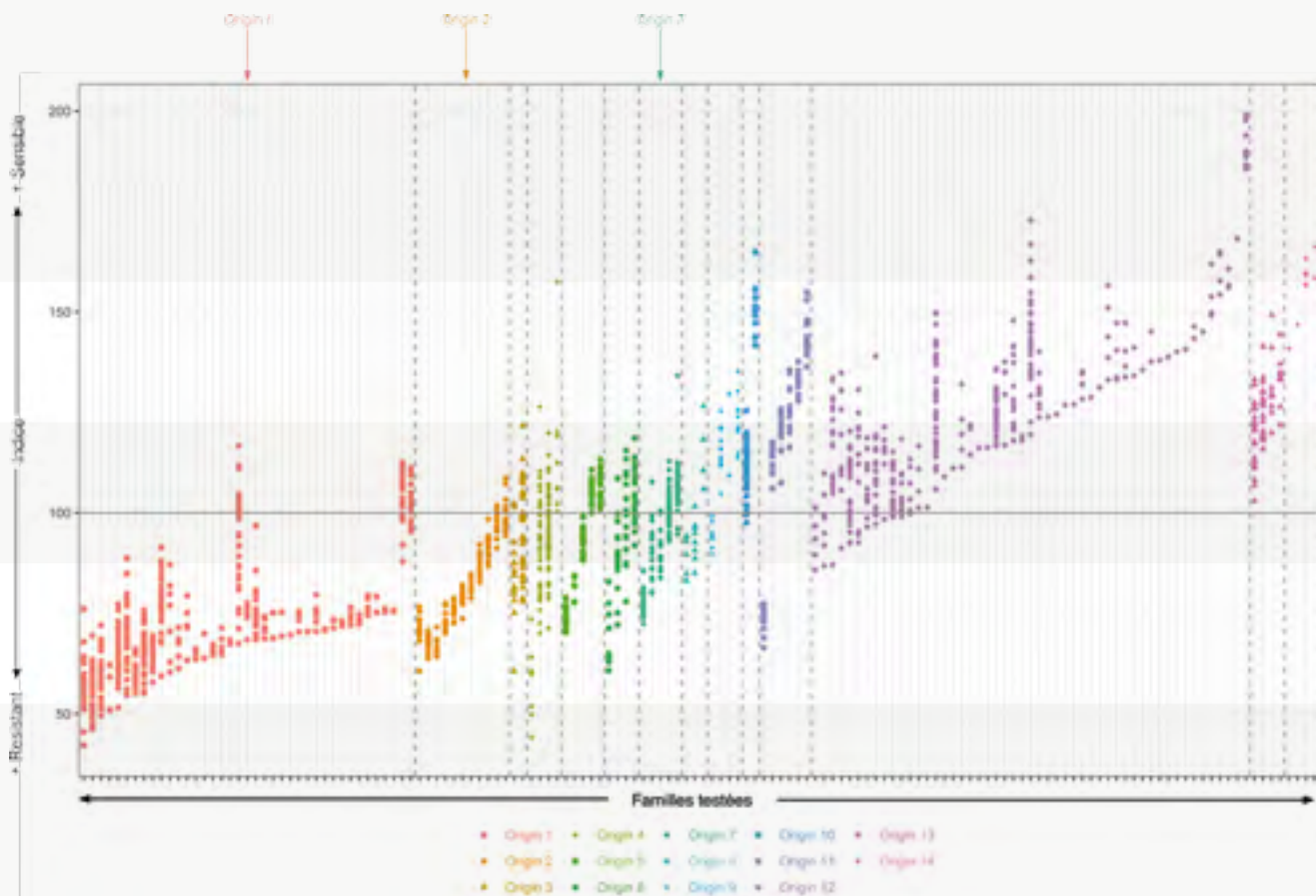


Plant mort de *Fusarium*

PalmElit utilise cette variabilité pour sélectionner des palmiers résistants. Par exemple :

- L'origine 1 est clairement l'origine la plus résistante.
- L'origine 7 montre différents niveaux de résistance à *Foe*, de plus elle est également résistante à *Ganoderma*²⁰ une deuxième maladie majeure sur laquelle PalmElit travaille pour offrir au marché africain un matériel végétal à double résistance *Fusarium* – *Ganoderma*.
- L'origine 2 a été obtenue en croisant des palmiers prometteurs d'origine 7 avec des palmiers résistants d'origine 1. Des familles avec de bons niveaux de résistance pour les deux maladies *Fusarium* et *Ganoderma*, peuvent être sélectionnées au sein de cette origine.

Fig.6 Valeur génétique des parents (géniteurs) évalués en test précoce pour leur résistance au *Fusarium*



* Une famille est un groupe d'individus issus des semences d'un même régime, provenant d'un unique croisement entre une inflorescence femelle et du pollen provenant d'un seul palmier bien déterminé.

** Une origine génétique fait référence aux individus « ancêtres » qui la constituent. Les ancêtres considérés sont la base de nos programmes d'amélioration.

6.1.4 Relation entre test précoce en pré-pépinière et résistance exprimée au champ

La plus belle étude de la corrélation entre la résistance exprimée en test précoce et la résistance observée au champ a été conduite par l'IRHO. La station expérimentale de Dabou est située en Côte d'Ivoire dans une zone de savane où la fusariose est particulièrement active.

A partir des années 50, cette station a été plantée avec des croisements *dura x pisifera* dont les parents étaient connus et ont été répertoriés par la plantation. Cela a permis d'identifier les premières sources de résistance à la fusariose. De plus dès que les tests précoces ont été mis au point, une grande partie de ces croisements a été testée en pré-pépinière.

La comparaison entre l'indice obtenu en pré-pépinière et l'observation des dégâts dus à la fusariose au champ a permis de construire un graphique qui illustre à partir de plus de 170 croisements la relation Champ / Test précoces (voir Fig.5).

Il est clair qu'un indice inférieur à 90 donne une très grande sécurité aux planteurs : les cas de fusariose constatés au champ sont peu nombreux, de plus ils ne sont que transitoires et sans impact sur la production.

6.1.5 Construction d'un croisement résistant à Foe

Chacun des géniteurs femelles (généralement des Deli *dura*), et chacun des géniteurs mâles (généralement des *pisifera* d'origine La Mé, Nigéria ou Yangambi), ont été notés et répartis en 7 classes en fonction de l'indice qui leur a été attribué. Les classes, femelles comme mâles, vont de 1 pour les moins résistantes à 7 pour les plus résistantes.

La résistance à la fusariose se transmet de façon essentiellement additive, c'est-à-dire que le croisement cumule le niveau de résistance du géniteur femelle (*dura*) et celui du géniteur mâle (*pisifera*).

Pour réaliser un croisement résistant à Foe, seule une note supérieure à 11 (cumul note *dura* et note *pisifera*) est prise en compte. Cela correspond à un index inférieur à 90 qui d'après la figure 5 donne une grande sécurité au planteur (Tableau 3).

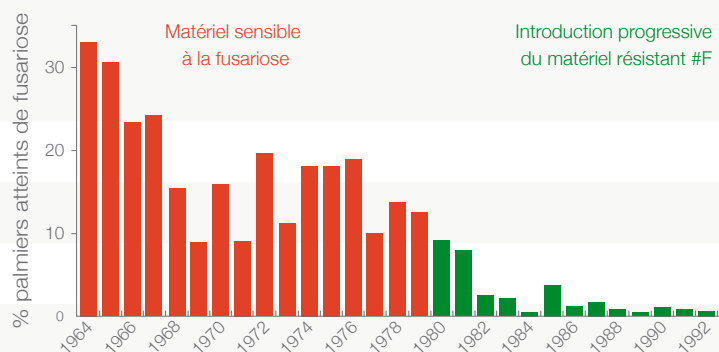
TABLEAU 3
RELATIONS ENTRE NOTE ESPÉRÉE ET INDICE OBSERVÉ.

		Note (espérance) des <i>pisifera</i> (familles ou individus)						
		1	2	3	4	5	6	7
Note (espérance) des <i>dura</i> (familles)	1	177	150		118	125	157	67
	2	145	138		115	117	104	92
	3	146	130	121	115	110	104	93
	4	138	124		102	100	92	81
	5	123	110		100	93	86	73
	6	121	104		81	78	68	58
	7		113		86	68	58	46

6.1.6 Mise en marché du matériel à haute résistance à la fusariose PalmElit-Cirad® #F - Impact sur la maladie

Le premier matériel résistant à la fusariose a commencé à être diffusé à partir des années 80. Par sélections successives les niveaux de résistance ont été améliorés et notre matériel est aujourd’hui hautement résistant si bien que l’on observe 100% de rémission pour les très rares cas observés.

Fig.7 Diminution de la mortalité grâce à la diffusion du matériel résistant #F



Années d'observation sur les 4 000 hectares de plantation à Dabou en Côte d'Ivoire



7. La solution génétique

PalmElit-Cirad® DExLM

porteur de l'option #F permet de sécuriser les plantations face au *Fusarium*

Le matériel végétal PalmElit-Cirad® DExLM porteur de l'option #F peut être offert avec 3 autres options selon les besoins de chaque planteur :

#F #S DExLM

#G #F #S DExLM

#F #I #S DExLM

- **Option #G** – Résistance intermédiaire* au *Ganoderma*.
- **Option # S** – Vitesse de croissance réduite du stipe.
- **Option # I** – Protection de l'huile contre une acidification rapide.

Les options n'affectent ni le niveau de rendement en régimes et en huile, ni la composition de l'huile que l'on observe sur le matériel végétal PalmElit-Cirad® DExLM.

* Voir définitions de la résistance au § 6.1



7.1 Caractéristiques du matériel végétal

PalmElit-Cirad® DExLM

Valeurs données à titre indicatif, représentatives des résultats que l'on peut obtenir dans de bonnes conditions de culture et en l'absence de maladies ou de parasites.

	Tenera Deli x La Mé PalmElit-Cirad® DExLM		
	Valeurs moyennes en sols argilo-sableux *2 (Densité de plantation : 143 palmiers/ha)		
	Pas de déficit hydrique	Déficit hydrique ~200 mm/an	Déficit hydrique ~400 mm/an
Hybride <i>tenera</i>		Oui	
Croissance verticale annuelle en cm	46 à 56 cm	44 à 54 cm	42 à 52 cm
Tolérance à la sécheresse		Tolérant	
Production de régimes (FFB) à l'âge adulte (Âge > 7 ans) t/ha/an en conditions réelles	30-32 t	25-27 t	18-20 t
Production de régimes (FFB) à l'âge adulte (Âge > 7 ans) t/ha/an en conditions expérimentales*3	31,5–33,6 t	26,2–28,3 t	18,9–21 t
Poids moyen des régimes à l'âge adulte	< 18 kg	< 18 kg	< 18 kg
Taux d'extraction en usine (CPO OER)	> 26 %	> 25 %	> 24 %
Taux d'extraction en laboratoire (CPO O/B) *3	~30 %	~29 %	~28 %
Taux d'extraction en usine (PKO)	2-3 %	2-3 %	2-3 %
Taux d'extraction en laboratoire (PKO) *3	2,5-3,5%	2,5-3,5%	2,5-3,5%
Rendement en huile en usine (CPO) t /ha /an	7,8–8,5 t	6,2–6,8 t	4,3–4,7 t
Rendement en huile en usine (CPO+PKO) t /ha /an	> 8,4 t	> 6,7 t	> 4,6 t
Indice d'iode (Wijs)	> 54	> 54	> 54
Début récolte à :	2 ans	2,5 ans	3 ans

Ces données proviennent de parcelles expérimentales PalmElit en ce qui concerne les conditions sans déficit hydrique et ont été estimées pour les conditions de déficit hydrique de 200 et 400 mm. Elles peuvent varier en fonction de la conduite des cultures.

*2 Il faut noter que la performance génétique de toute variété de palmier à huile est affectée par les pratiques culturales et les conditions environnementales : type de sols, conditions climatiques. Un des facteurs le plus impactant est le déficit hydrique (sécheresse).

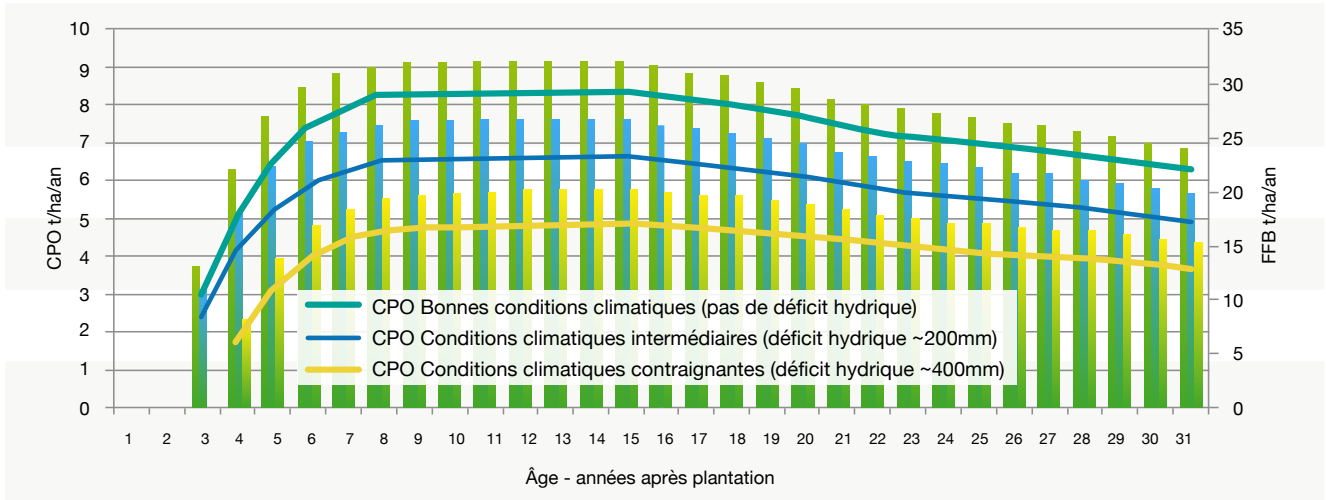
Nos données proviennent d'expérimentations en sol sablonneux de valeur moyenne où notre variété peut produire 31 tonnes, mais dans d'excellentes conditions, nous avons noté des rendements allant jusqu'à 45 tonnes

*3 Dans ce tableau nous avons rajouté les valeurs du rendement FFB et du taux d'extraction OER obtenues en laboratoire et celles obtenues en usine en conditions réelles. On constate toujours une différence de 15% entre les valeurs du taux d'extraction d'huile (CPO OER) obtenues en usine et celles obtenues en laboratoire. Le taux obtenu en usine étant le plus bas.

En ce qui concerne le rendement FFB, on constate généralement une différence de 5% entre les valeurs obtenues dans les essais génétiques et celles estimées dans des conditions de plantation réelles.

En conclusion, le total des différences de performances entre les résultats obtenus en laboratoire et dans les essais génétiques par rapport à ceux obtenus en usine et en plantation s'élève à environ 20%.

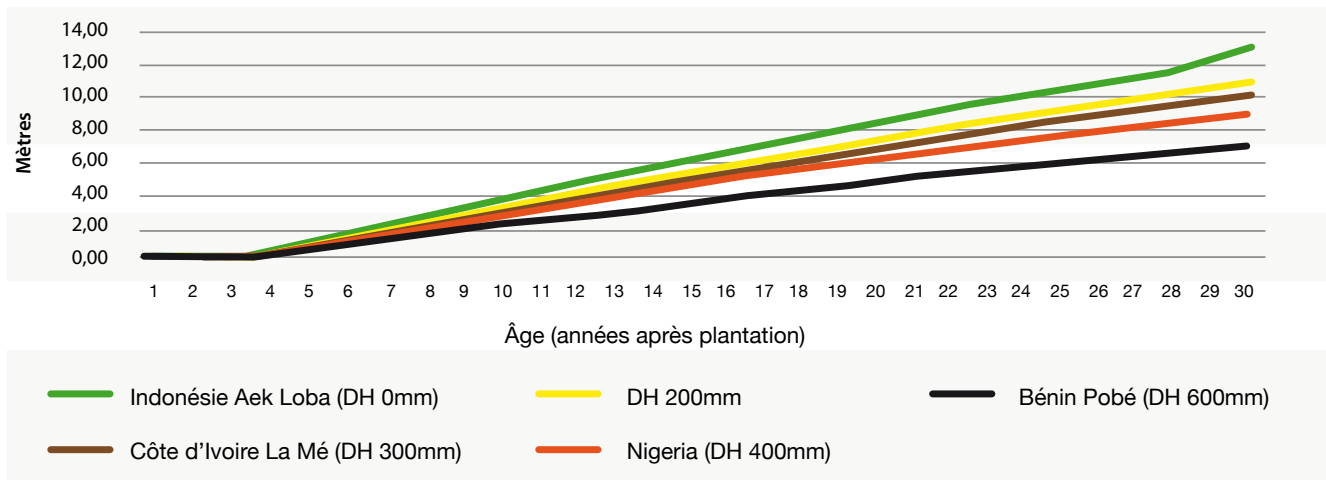
Fig.8 Profil de Rendement FFB & CPO - PalmElit-CIRAD® DExLM



Vitesse de croissance du matériel végétal PalmElit-Cirad® DExLM

Les courbes de croissance selon le déficit hydrique (DH) indiquées ci-dessous sont indicatives et les données peuvent varier selon les facteurs climatiques, les caractéristiques des sols et la conduite de la plantation.

Fig.9 Courbes de croissance (hauteur du stipe en mètre) dans différents environnements et déficits hydriques PalmElit-Cirad® DExLM



Composition de l'huile du matériel végétal PalmElit-Cirad® DExLM (valeurs indicatives)

Carotène (ppm)	777
Indice d'iode	55,3
% Acides gras saturés	47,4
% Acides gras insaturés	52,6
% C14 : 0 acide myristique	0,7
% C16 : 0 acide palmitique	39,9
% C18 : 0 acide stéarique	6,7
% C18 : 1 acide oléique	41,2
% C18 : 2 acide linoléique	11,4



7.2 Conduite culturale

Le matériel PalmElit-Cirad® qui fournit une protection contre la fusariose (#F) ne présente aucune différence notable dans la conduite culturale comparé aux autres matériels *E. guineensis* commercialisés par PalmElit. Pour obtenir un rendement optimum, PalmElit recommande une densité de plantation de 143 palmiers à l'hectare.

En conditions optimales, une durée d'exploitation minimale de 25 ans est garantie en raison de la faible vitesse de croissance du matériel végétal PalmElit-Cirad® porteur de l'option #F.

Dans des situations climatologiques très favorables, sans aucun déficit hydrique, il peut être recommandé de recourir à une pollinisation manuelle des régimes au jeune âge ou si l'on constate un nombre insuffisant d'inflorescences mâles en anthèse (il est nécessaire d'avoir en permanence entre 3 et 6 inflorescences mâles en anthèse par hectare et un nombre suffisant d'insectes pollinisateurs pour assurer une bonne pollinisation des régimes).

7.2.1 Règles générales si l'on envisage une replantation

La réussite de la replantation repose sur l'état sanitaire des palmiers de première génération qui vont être remplacés et sur le choix du futur matériel végétal.

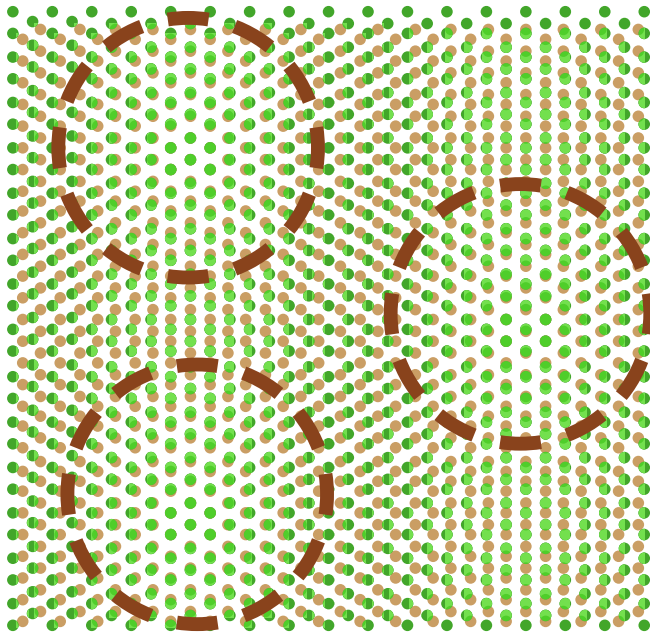
Si la parcelle a été très infestée par le *Fusarium* et que les palmiers atteints n'ont pas été éradiqués en cours de culture, l'état sanitaire des palmiers replantés sera obligatoirement affecté. **Le degré d'infestation dépendra toutefois du niveau de résistance du matériel végétal choisi.** L'élimination systématique des arbres atteints de fusariose chronique, qui peuvent végéter plusieurs années est fortement recommandée.⁹

On replantera sur l'ancienne ligne mais à équidistance des emplacements des palmiers précédents. Le changement de densité est également à éviter pour ne pas retomber par endroits sur les anciens emplacements qui peuvent être des sources d'inoculum importantes, voir figure 10.

Fig.10

A ÉVITER

Parcelle replantée à une densité de 160 palmiers/ha, différente de la précédente (143 palmiers/ha) : par endroit, les nouveaux plants se retrouvent exactement aux emplacements des anciens plants.



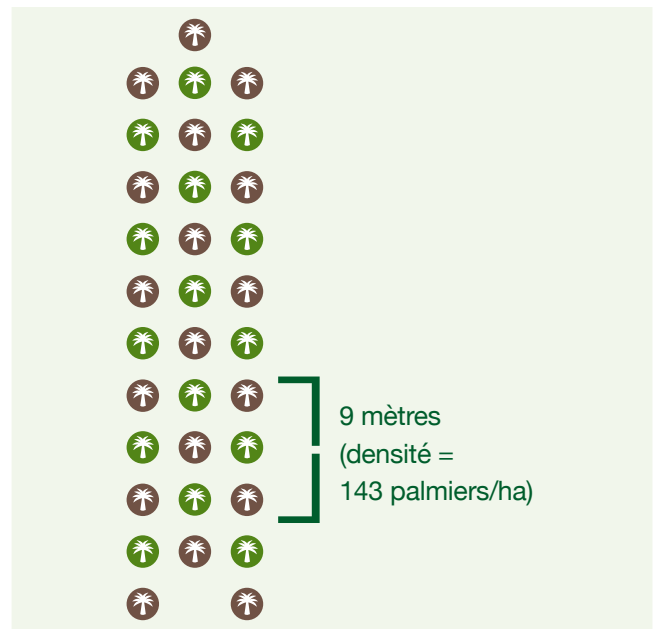
● Densité 160 palmiers/ha

● Densité 143 palmiers/ha

Fig.11

CONSEILLÉ

Replantation à la même densité sur la même ligne entre les palmiers précédents.



🌴 Ancien palmier

🌴 Nouveau palmier

Bibliographie

1. Flood, J. (2006). A review of *Fusarium* wilt of oil palm caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*. Phytopathology 96:660-662.
2. Renard, J.-L., (1970) La fusariose du palmier à huile – Rôle des blessures des racines dans le processus d'infection Oléagineux, 25e année, no 11 - Novembre 1970
3. Turner, P. D., (1981). Oil palm diseases and disorders. Kuala Lumpur: Oxford University Press. Page 114.
4. Corley, R H V and Tinker, P B, (2016) The oil Palm Fifth edition. Publisher: WILEY Blackwell.
5. Oritsejafor, J. J., (1986) Weed hosts of *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis*. Nigerian Inst. of Oil Palm Res., 1030 Benin City, Nigeria. Oléagineux 1986 41 1 1-7
6. Dossa, S. B. J, et al. (2019) Effet des facteurs de l'environnement sur les *Fusarium* pathogènes des plantes cultivées Int. J. Biol. Chem. Sci. 13(1): 493-502, 2019
7. Renard J.L, de Franqueville,H, Diabaté,S, Ouvrier M, (1993). Study of the impact of vascular wilt on FFB production in oil palm. Oléagineux 48 (12) : 495-504.
8. De Franqueville H., Diabaté S. (1995) La fusariose du palmier à huile en Afrique de l'Ouest - Plantations, recherche, développement- juillet-aout 1995
9. De Franqueville H., Renard J.L. (1988) La fusariose du palmier à huile en replantation. Oléagineux, Vol. 43, n° 4 -Avril 1988
10. Ollagnier M., Renard J. L. (1976). - Influence du potassium sur la résistance du palmier à huile à la fusariose. Oléagineux, 31, n° 5, p. 203-209.
11. Renard J.L, de Franqueville H. (1989) - La fusariose du palmier à huile – Conseil 300 - Oléagineux, Vol. 44, n° 7 -Juillet 1989
12. <https://www.worldseed.org/our-work/plant-health/overview/>
13. Renard J.L, de Franqueville H. (1991) Intérêt des techniques culturales dans un dispositif de lutte intégrée contre la fusariose du palmier à huile. Oléagineux, Vol. 46, n° 7 -Juillet 1991
14. Abadie C., de Franqueville H, Renard J.L., Alabouvette C. (1996) Influence de quelques techniques culturales sur la gravité de la fusariose du palmier à huile - Plantations, recherche, développement - Juillet - Août 1996
15. De Franqueville H. Renard J.L. (1990) Bilan de l'amélioration du niveau de tolérance du palmier à huile à la fusariose. Évolution de la maladie sur la plantation R. Michaux - Oléagineux 1990 ; 45 : 399-405.
16. PalmElit – Manuel de l'Elaeiculteur – (2019)
17. Jean-Charles Jacquemard, (2011) Le palmier à huile. Editions Quæ, Cta, Presses agronomiques de Gembloux 2011.
18. Renard J.L, (1990) Mission défense des cultures au Brésil – Le palmier à huile – Janvier et février 1990 – Doc N°2259
19. Oil World. (2020). Oil World Annual 2020. Ista Mielke GmbH
20. PalmElit – Synthèse technique N°1 – *Ganoderma* (2018)
21. Dossa et al., (2021), Effet des facteurs climatiques sur l'expression de la fusariose du palmier à huile (*Elaeis guineensis* J.). Journal of Animal & Plant Sciences (J.Anim.Plant Sci. ISSN 2071-7024) Vol.48 (3): 8741-8753
22. De Franqueville H. (1989) La fusariose vasculaire du palmier à huile relation entre la résistance en pépinière et la résistance en champ - Oléagineux, Vol. 39, n°11 - Novembre 1984



Notes





Notes

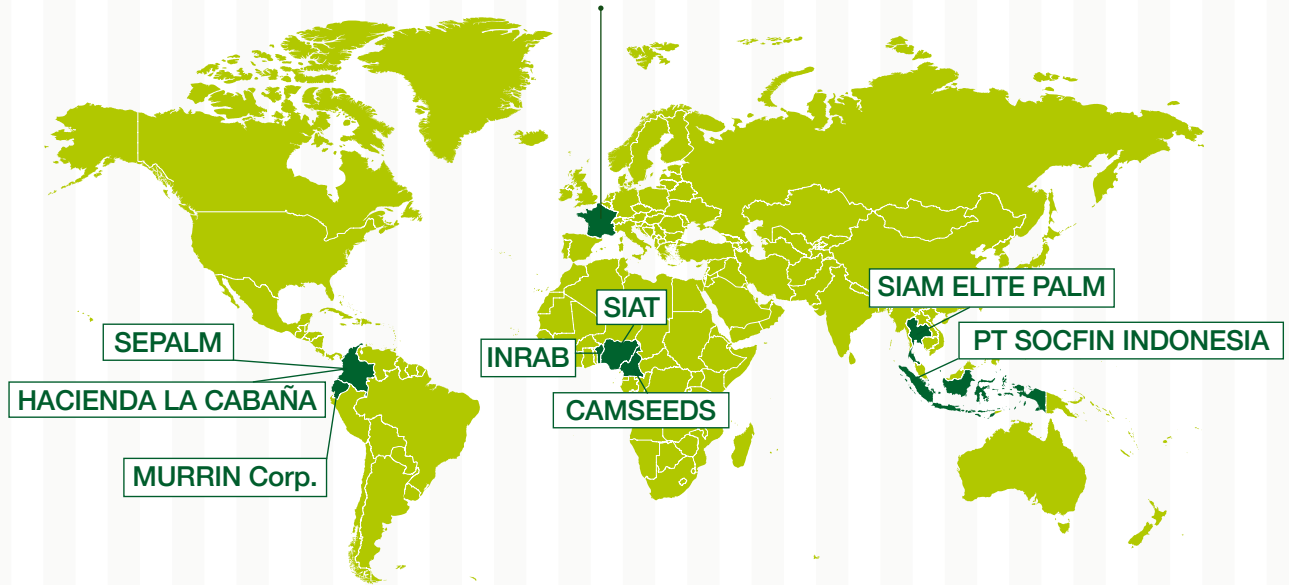




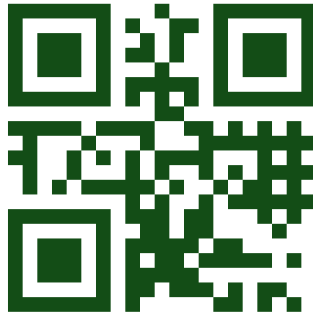
Notes



Partenaires







PalmElit

Siège Social :

+33 4 67 45 79 25

palmelit@palmelit.com

Bât 14 – Parc Agropolis

2214 Boulevard de la Lironde,
34980 Montferrier-sur-Lez FRANCE

WWW.PALMELIT.COM
