

Méthode d'évaluation de la densité de longueur racinaire à partir d'observation de point d'impact sur un profil racinaire. Application à l'étude de l'impact du système de culture sur la densité de longueur racinaire du riz pluvial

Caractérisation du système racinaire de la variété de riz pluvial F161 en vue d'une modélisation de son potentiel de résistance à la sécheresse

INTRODUCTION

Dans un système de culture pluviale, les cultures influencent la composition chimique et la structure du sol. Le régime hydrique du peuplement cultivé est limité par le seul apport de la pluviométrie et de la capacité de rétention d'eau du sol. Les racines des plantes ont alors un rôle d'interface importante entre la plante et le sol. L'étude du système racinaire revêt ainsi une importance considérable pour la nutrition végétale et l'amélioration variétale.

En riziculture pluviale, le mécanisme d'alimentation du peuplement cultivé est limité par la quantité d'eau utile et la mobilité des éléments nutritifs du sol mais surtout par l'importance du système racinaire pour les intercepter. La caractérisation de la densité de longueur racinaire permet ainsi de définir le volume exploité et le flux hydrique et minéral de ce sol sous l'influence de la plante. Cependant l'étude des paramètres d'enracinement pose toujours de grandes difficultés de réalisation. Chopart et Siband ont mis au point sur le maïs un modèle reliant la densité de longueur racinaire avec le nombre d'impact racinaire sur un profil de sol. Ce modèle empirique permet d'estimer la densité de longueur racinaire et du taux d'exploration du sol pour un élément donné.

Notre étude fait suite à un essai d'adaptation de ce modèle sur le riz pluvial en Côte d'Ivoire. Nous avons ainsi entrepris une expérimentation au sein de l'URP SCRID à Antsirabe Madagascar. L'objectif était d'utiliser le modèle pour la caractérisation du profil racinaire d'un peuplement de riz pluvial. La variété retenue pour l'étude est la variété FOFIFA F161, une variété à fort potentiel de production et qui présente un intérêt particulier par sa grande adaptation en milieu contraignant.

Afin de vérifier la pertinence des paramètres d'enracinement sur le potentiel de la plante à la production, l'essai était mené sur deux types de gestion du sol et deux niveaux de fumure.

PRESENTATION DU MODELE ET OBJECTIF DE L'ETUDE

Le modèle d'étude du système racinaire du présent travail se base sur l'existence d'une relation mathématique entre le nombre d'impacts racinaires sur la face d'un profil de sol et de la densité de longueur racinaire explorant ce sol. En fonction du diamètre moyen de ces racines et en supposant que la racine est un système cylindrique on peut avoir une formule du potentiel des racines à puiser l'eau et les macro-éléments nécessaires pour le développement de la plante (annexe 6).

1 Définition du modèle

Le modèle développé par CHOPART et SIBAND en 1999 sur le maïs stipule l'existence d'une relation entre la longueur totale des racines contenues dans un volume de sol et la direction préférentielle d'orientation de ces racines et la distance des racines de la base de la plante. Ces deux variables définissent les coefficients de passage CO et CE de la valeur du nombre d'Impacts racinaires NI vers la valeur de la longueur racinaire totale LR

Soit : $LR = NI \cdot CO \cdot CE$

Puis de la longueur totale on peut estimer la distance moyenne des racines (EMR), qui mise en relation avec la distance d'accès (r) d'un élément nutritif ou de l'eau, permet d'évaluer le taux d'exploration racinaire (EX).

$$EMR = 1.2/LR^{1/2}$$

$$EX = r^2/3(EMR/2)^2 \text{ sans interactions des racines ie } EMR > 2r$$

$$EX = 1 - EMR/3r \text{ avec interaction ie } 2r > EMR$$

Avec r : distance d'accès à l'élément considéré

La mesure de base est donc le nombre d'impact racinaire obtenu d'un plan d'observation du système racinaire.

2. Objectif et présentation de l'étude

La densité de longueur racinaire est définie comme la longueur totale de racines contenues dans une unité de volume.

L'adaptation du modèle sur le riz pluvial concerne ainsi la définition des coefficients de passage du nombre d'impacts racinaires à la densité de longueur racinaire.

CO = f(indice anisotropique) soit Co = 2 pour une direction isotropique et Co = 1 pour une direction perpendiculaire au plan d'observation.

CE = f(age de la plante, distance réelle de l'impact à la base de la plante)

En ajustant ce modèle, on peut ainsi à partir d'une seule face accessible du profil racinaire du sol caractériser le système racinaire du peuplement cultivé.

MATERIELS ET METHODES :

L'étude se porte sur deux types de mesure : la mesure par prélèvement d'échantillon du système sol racine et la mesure par cartographie du profil racinaire. On cherchera à évaluer les paramètres de caractérisation du développement du système racinaire : densité de longueur et taux d'exploration.

1-Le milieu d'étude :

1-1 Caractéristiques générales

Le dispositif expérimental était placé dans le site d'expérimentation de l'URP SCRID. Il est fonctionnel depuis 1999 et constitue un dispositif pérenne et évolutif pour la réalisation des recherches pluridisciplinaires de l'unité.

a) Localisation géographique

Le site est localisé géographiquement au 19.46756S et 46.6411^E à une altitude de 1653m à 1646m.

Il se trouve à Andranomanelatra commune suburbaine d'Antsirabe, dans la région Sud Ouest de la capitale de MADAGASCAR.

b) Le climat

Le climat de la région est caractérisé par une période sèche de Mars à Septembre et une période humide, sur laquelle s'installent les cultures pluviales, d'Octobre à Mars.

Avec une température moyenne de 20°C, la pluviométrie annuelle est de 1500mm environ

c) Le sol

Le sol est classé en sol ferralitique typique avec une forte dégradation et épuisement. Une analyse granulométrique à l'horizon 0-5cm donne une fraction argileuse de 50-55% et limoneuse de 15-25%.

d) Le dispositif général

Le site s'étend sur 3ha environ avec 4 subdivisions (bloc A, B, C, D) de répétitions de 6 systèmes : R1, R2, Rp, R3, R4, T et 2 modes de gestion du sol : Labour et semi-direct.

1-2 Les systèmes de culture pour l'étude

Deux modes de gestion du sol seront retenus pour l'étude avec comparaison de l'effet de la fumure minérale FM (cf. annexe) sur les traitements sans fumure FO.

a) Caractérisation des systèmes

Le mode de gestion du sol sous couverture végétale :

- **Le Système R3 (riz / maïs + Brachiaria) SCV :** Le système définit comme culture principale le riz. Le Brachiaria, en deuxième saison, est utilisé pour son potentiel à produire de la biomasse maïs surtout à « labourer » le sol avec ses racines.

- **Le Système R4 (Riz - vesce / maïs + soja – vesce) en SCV:** Le riz pluvial constitue la culture principale, la vesce sera en culture dérobée avec lui semé au stade de début épiaison. Il sera ensuite suivi de l'association maïs + soja pour la campagne suivante. Ce système combine l'effet du soja et de la vesce pour l'enrichissement du sol par la production de biomasse et la fixation de l'azote.

Le mode de gestion du sol conventionnel sur sol labouré :

- **Le Système R4 (Riz - vesce / maïs + soja – vesce) en LAB :** ce système est la réplique de la première maïs en conduite labourée. Il constitue ainsi le système de référence pour définir l'efficacité et les limites des systèmes en SCV.

Dans les trois systèmes, l'intégration du maïs s'explique par l'importance de cette culture dans la région d'étude.

b) Le matériel végétal

La variété de culture est la FOFIFA 161, c'est une variété rustique de cycle végétatif moyen de 155 jours. Elle présente une bonne adaptation en altitude, elle est fertile et à tallage moyen avec une certaine sensibilité à l'égrenage.

La date de semis pour la campagne était le 18 Novembre 2005.

Sur les deux systèmes de culture la conduite culturale était identique avec une densité de semis de 6 à 8 graines par poquet à 20cm x 20cm

2 -Méthode de mesure :

Pour la présente étude les mesures ont été faites en une observation ponctuelle quand le développement racinaire est à son maximum c'est-à-dire à la fin floraison à 130 JAS.

2-1 La cartographie racinaire :

La cartographie du profil racinaire est une méthode initialisée par Bohm 1956(10). Elle consistait à un comptage d'impacts racinaires sur un plan du sol à différentes profondeurs. Pour la présente étude, le plan était matérialisé par une grille de 40cm de largeur avec des mailles de 5cm x 5cm sur une longueur de 20cm.

Sur deux poquets consécutifs les tranchées d'observation s'établissaient en deux positions : à 3cm avant le poquet et à 10cm après le poquet sur la ligne de semis. Les mesures étaient entreprises jusqu'à 1m de profondeur avec un gradient de 20cm.

Les observations étaient menées en deux répétitions sur l'ensemble des dispositifs d'étude. Les points de relevés étaient choisis du côté périphérique des parcelles pour conserver au maximum le milieu.

Ces mesures permettaient ainsi de caractériser le profil de la colonisation du sol par le système racinaire et de déterminer le front racinaire.

2-2 Le prélèvement d'échantillon de cube

Le prélèvement d'échantillon du système sol racine consistait en un prélèvement de cube de sol. Le cube était à trois faces ouvertes avec un côté de 5cm soit un volume de 125dm³, il était prélevé sur les deux plans d'observations et à trois niveaux 0 - 15cm, 15 – 30cm et 30-45cm.

Les cubes sont placés à 3cm du coté gauche et à 10cm du coté droit du pied de référence, en deux positions inverses de chaque.

Deux types de mesures étaient faites sur les cubes prélevés :

- ❑ Le comptage des impacts racinaires sur les faces des cubes : les cubes étaient ainsi pris dans deux sens des faces ouvertes de manière à obtenir un comptage complet des six faces du cube.
- ❑ La mesure de la longueur cumulative des racines extraites : elle était faite sur un échantillon de chaque extraction et effectuée par le logiciel WinRhizo. Pour la vérification des mesures, une mesure visuelle était faite par la méthode de Newmann (10) sur 4 échantillons pris au hasard.

Les prélèvements étaient faits en deux répétitions sur les deux systèmes R4 SCV et R4 LAB conduits en fumure minérale FM.

2-3 - L'extraction des racines :

Les racines contenues dans deux cubes opposés étaient extraites du sol prélevé par aspersion à grande eau et après tamisage à 2mm. La nature du sol argileux rendait difficile cette extraction. Ainsi, pour activer la désagrégation du sol, nous avons utilisé de l'eau salée au premier tamisage. Les racines récupérées étaient ensuite rincées et colorées par un colorant contenant du méthanol pour faciliter leur repérage au scanner.

a. Mesure pour le modèle

L'ensemble des racines obtenues était pesé pour avoir leur poids humide. Cette valeur était utilisée pour reporter le volume pesé à la longueur mesurée.

Une partie était ensuite scannée pour avoir des fichiers image à traiter avec le logiciel WinRhizo.

Le logiciel WinRhizo mesure la longueur totale des racines étalées sur la surface scannée par classification par pixel des images des racines. Selon ainsi la finesse et l'épaisseur des racines le logiciel attribue une couleur donnée qui correspond à la taille pixel de l'image. Il est obtenu ainsi la longueur racinaire et la classification des racines par leur pixel.

Un échantillon des racines récupérées était étalé sur une grille pour un comptage direct des nombres d'intersections racinaires avec les lignes de la grille et pour une mesure réelle de la longueur des racines à partir des estimations basées sur la méthode de Newmann (8).

$LR = N \times \Pi/2 \times S / (n \times l)$ avec N : nombre d'intersections de racines sur la grille

S : surface de la grille

n : nombre de ligne

l : longueur de la ligne

Cette valeur obtenue était utilisée pour vérifier la fiabilité des mesures de longueur faite par WinRhizo. Elle n'était entreprise que sur 4 échantillons pris au hasard

b. Mesure de la biomasse racinaire

La totalité des racines était séchée à l'étuve pendant 24 h et pesée pour avoir leur poids sec. Cette variable permettrait de déterminer le volume massique des racines et l'importance de leur finesse

3- Le traitement des données :

Le comptage des intersections racinaires avec la surface du sol sur chaque maille de la grille était traité par le logiciel RACINE suivant les différentes formules du modèle. Le calcul des coefficients de passage du nombre d'impacts à la longueur racinaire était fait avec les mesures prises sur les cubes. On a alors :

$$LR = NI.CO.CE$$

CO = f (Px) avec Px indice de la direction préférentielle des racines

Px = (NI_y + NI_z) / 2NI_x avec NI_{xyz} : le nombre d'impact racinaire sur les trois faces d'orientation x y z d'un cube.

CE = f (age de la plante et distance par rapport à la base de la plante DP position dans le sol)

Le logiciel RACINE calcule ainsi la longueur totale de racine explorant le sol : LR et la distance moyenne des racines et le Taux d'exploration du sol.

L'ensemble des données était ensuite analysé par une statistique descriptive sous le logiciel Xlstat

4 - La validation de la méthode :

Il nous manquait de données pour vérifier la validité des résultats obtenus du modèle. En effet les contraintes de temps de notre travail ne nous ont pas permis de faire un nombre de répétition de prélèvement plus conséquente. Il nous était impossible de soustraire de nos données un jeu de données de validation.

5 Conclusion

L'objectif de la présente étude était de définir un modèle d'étude et de caractérisation du système racinaire du riz pluvial. L'approche était l'adaptation du modèle développé par CHOPART et SIBAND sur le maïs. Le modèle de l'étude serait un moyen de plus pour caractériser le potentiel variétal à coloniser son milieu et à déterminer sur quel mode de système de mise en valeur du sol le riz pluvial se développerait le mieux et où sa productivité serait la plus appréciée. L'adaptation du modèle était donc une première approche pour obtenir les moyens adéquats pour l'effectuer.

RESULTATS ET INTERPRETATION

Les résultats obtenus de notre étude se rapportent sur les données d'adaptation du modèle et de caractérisation de l'architecture racinaire de la variété d'étude sur les deux systèmes

1- Résultats pour l'ajustement du modèle

A partir des comptages d'impacts racinaires sur les trois faces de chaque cube prélevé nous avons pu obtenir 24 éléments. Ces jeux de données ont servi pour calculer les coefficients de passage et de correction du modèle. L'objectif était de rapprocher la formule obtenue avec la formule établie pour les données d'une étude faite sur du riz pluvial en Cote d'Ivoire.

1 – 1 A partir des trois faces du cube

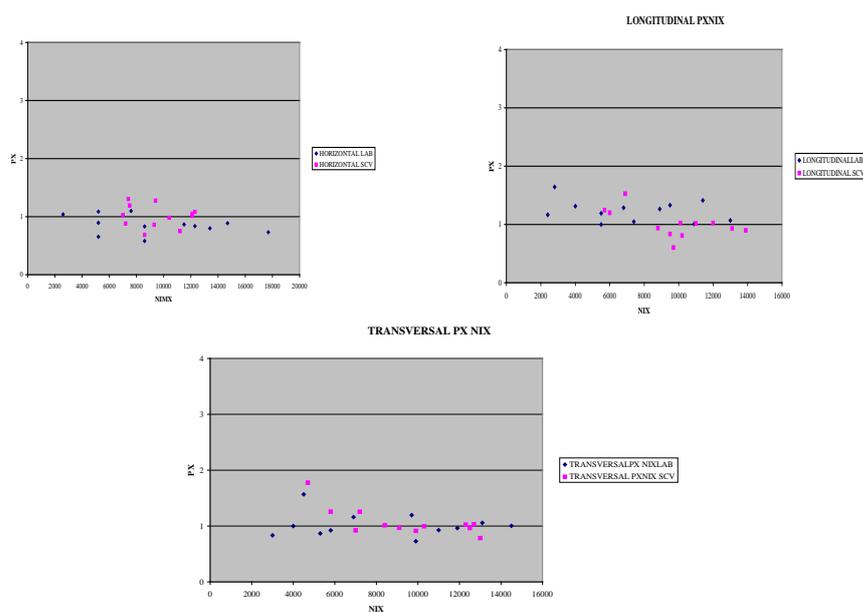
a-L'indice anisotropique An et l'indice de direction préférentielle des racines

An calculé était compris entre 0.008 et 0.20 sur l'ensemble des deux systèmes. Cependant on n'avait trouvé aucune relation entre An et les densités de longueurs racinaires mesurées.

Pour l'indice de direction préférentielle P on avait une distribution anisotrope. Cet indice était variable entre 0.6 à 1.8 avec $P \neq 1$. Par contre selon la profondeur la tendance était à une distribution linéaire vers une seule direction préférentielle sur les premiers centimètres entre 0-15cm et au-delà la distribution présentait une direction planique vers deux faces préférentielles.

Sur les trois faces du cube l'enracinement avait une tendance de direction préférentielle parallèle à la face longitudinale et transversale. Sur l'horizontal les racines avaient une tendance de direction perpendiculaire à la face.

Fig 1 Distribution de l'indice P en fonction des valeurs de Ni moyen selon les profondeurs de prélèvement



b - La densité de longueur racinaire calculée DLT et mesurée DLR

Sur l'ensemble des 24 éléments des données une bonne relation linéaire était obtenue entre N_{it} le nombre d'impacts moyens et la densité de longueur racinaire calculée DLT.

Par contre cette densité de longueur calculée DLT sous-estimait en général la DLR densité de longueur mesurée sous WinRhizo (fig.2) Cette densité mesurée variait de 15000 à 40000 M/M³.

Cette sous-estimation pouvait s'expliquer par les limites des mesures : imprécision dans l'extraction des réelles racines du riz, et abondance de racines fines non prises en compte sur la mesure des nombres d'impacts. L'hétérogénéité du sol impliquait aussi un développement irrégulier des racines (6).

A partir d'une seule face on constatait qu'à partir des modèles de calcul de N_{it} vers DLT on trouvait la même valeur quelle que soit la face. Il pouvait donc être déduit que la valeur DLT obtenu restait exact pour la face d'étude. A cet effet si on ne considérait que la face transversale, on avait une relation constante entre N_{it} et DLT soit :

$$DLT = 2N_{it} \text{ à } r^2 = 0.90$$

De plus à partir des nombres d'impacts sur la face transversale N_{it} , la distribution des racines présente une anisotropie faible comprise en générale entre 0.8 et 1.2 . Les racines ont une tendance de direction verticale qui est faiblement influencé par la profondeur.

Les Nombres d'impacts racinaires sur la transversale N_{it} étaient toujours supérieures à 3000/m², limite trouvée sur les résultats de Bouaké Cote d'Ivoire en 1998. Cette limite définissait les situations isotropiques où $P = 1$ et $CO = 2$.

On peut ainsi retenir ici que $CO = 2$

c - Détermination du coefficient de passage et du coefficient d'expérimentation

Si on se référait aux résultats obtenus en cote d'ivoire $DLR = 1.28 \times LT - 0.12$ avec $r^2 = 0.62$ et où $CO = 2$ pour $N_{ix} > 3000/M^2$ et que $CE = 0.8 + 0.033DP$ (10)

On y retiendrait la valeur de CO qui restait exacte quand on avait une valeur de N_{it} allant de 3000 à 14500/m².

La régression entre L_t et L_m montre une valeur de L_m supérieure à celle de L_t . L'écart augmente autant que L_m est élevée. L'ajustement linéaire obtenu émet un rapport constant à $C_e = 2$

L'observation étant ponctuelle, indépendante du stade physiologique de la plante, on considère une variabilité de CE en fonction de DR variable en fonction des conditions d'enracinement de la plante. Ce coefficient a donc une valeur propre à identifier pour un site et une variété donnée. Il prend aussi en compte les degrés d'erreurs induites par omission de comptage et de mesure de par l'abondance des racines et de leur finesse.

Si on traite ensemble les 24 éléments des données, on peut les partager en deux par une valeur limite à 9500/m². Sur notre jeu de données, cette valeur limite définit la plus faible valeur du coefficient expérimental. A cette valeur on obtient donc le minimum d'erreur.

La formule est donc $DLR = CO * CE * Nit$ avec $CO = 2$ pour $Nit > 3000/M^2$ et
 $CE = 4.66 + 0.000048 DP^2 - 0.248DP$ avec un $R^2 = 0.395$

Et à partir des sous-échantillons on a

Pour $Nit < 9500/m^2$: $CE = 0.94 + 0.034 DP$ avec un $R^2 = 0.112$

Pour $Nit > 9500/m^2$: $CE = 3.46 - 0.09DP$ avec un $R^2 = 0.752$

d- Conclusion :

L'ajustement de la méthode de mesure de la densité de longueur racinaire et du modèle de caractérisation du système racinaire du riz pluvial ont permis d'établir l'existence d'une relation linéaire entre le nombre d'impacts moyens de racines sur trois faces d'un cube et la longueur totale de racine contenue dans ce cube. Cette relation étant définie par un coefficient de passage qui dépend de la valeur du nombre d'impacts par une unité de surface et d'un coefficient expérimental. Le coefficient expérimental varie selon la distance du point d'impact au pied de la plante et du développement du front racinaire. Ces coefficients varient ainsi en fonction des systèmes et des conditions de cultures et du potentiel variétal. Ces conditions limitent en effet le développement racinaire du peuplement cultivé. De plus en considérant l'influence des erreurs de mesures faites sur ce coefficient, on a pu obtenir deux formules différentes de passage, avec soit des racines plus abondantes et un nombre d'impacts supérieurs à 9500/m², ou soit des racines moins abondantes mais plus fines et un nombre d'impacts inférieures à 9500/m².

Comme la quantité de données obtenues ne permet pas d'avoir des données de validation, on est encore incapable de confirmer la validité du modèle obtenu. Cependant le modèle final permet une bonne prédiction de DLR à partir de Nit.

2 Résultats de caractérisation du système racinaire du peuplement étudié

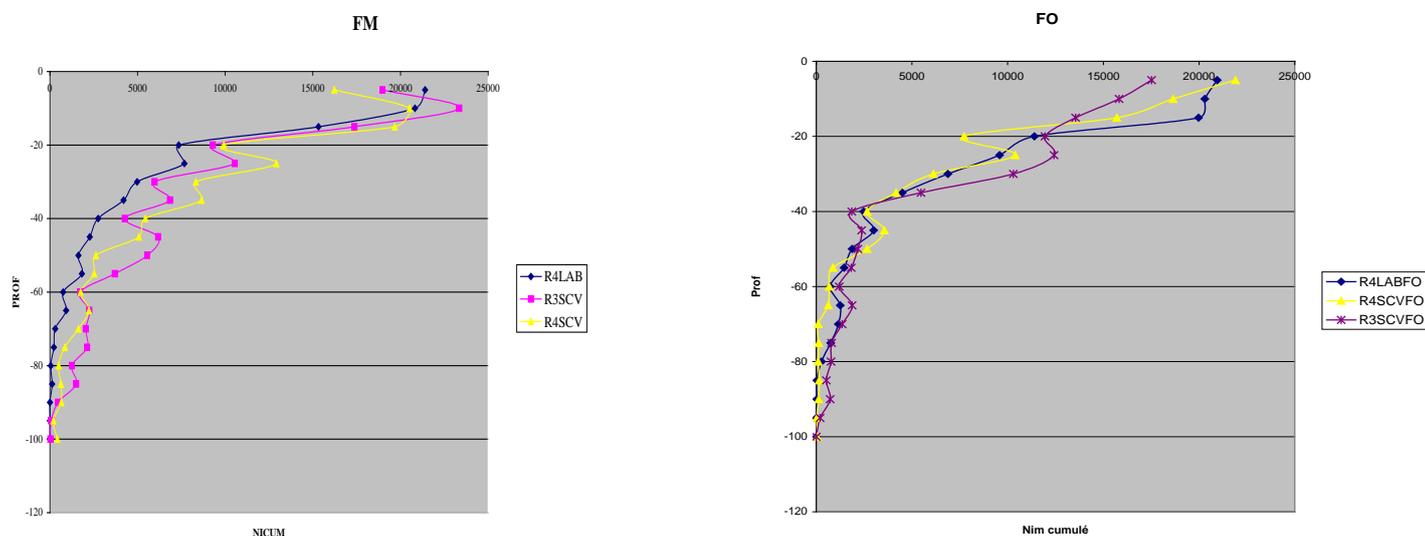
Nous disposons de deux résultats de discussion après l'application du modèle :

- Les résultats réels obtenus à partir des mesures faites : cartographie racinaire et front racinaire,
- Les résultats calculés avec le modèle : densité de longueur et longueur massique des racines.

a- La cartographie racinaire :

Les mesures des nombres d'impacts racinaires sur la face de la grille de 5cm x 5cm de maille sur une largeur de 40cm jusqu'à 100cm de profondeur, ont permis de décrire le système racinaire. Il est important dans les 20 premiers centimètres et se réduit de plus en plus en profondeur.

Fig 2 architecture de la densité de longueur racinaire

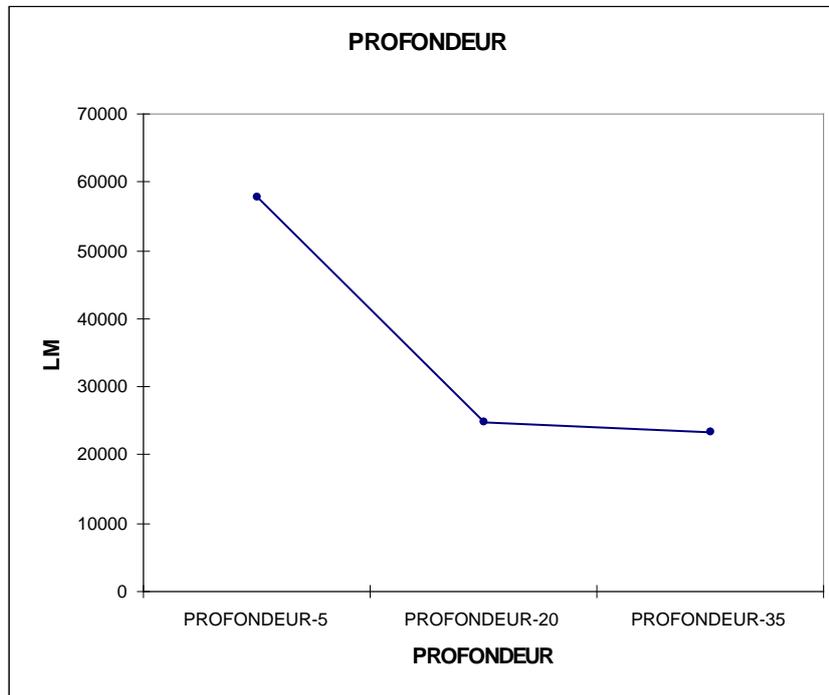


On caractérise ainsi une évolution identique en profondeur du nombre d'impacts des racines sur le système conventionnel labouré et le système sous couverture végétale. L'existence d'une couche plus meuble en dessus de la semelle de labour sur le système LAB favorise une importante concentration des racines sur la couche supérieure du sol sur ce système par rapport au système SCV. En dessous, la distribution des racines est moins abondante sur les deux systèmes mais avec une distribution plus homogène sur le système sous SCV.

b- La densité de longueur racinaire

En fonction des niveaux de fumure cette densité est beaucoup plus importante en fertilisation minérale que sur les parcelles non fumées. Cette observation est certainement à relier à une grande disponibilité de ressource pour la constitution de la biomasse pour le peuplement sous fumure minérale. Par contre cette variable n'était pas influencée par la fumure et le système, elle est plus significative en profondeur et confirme les résultats obtenus sur la cartographie racinaire

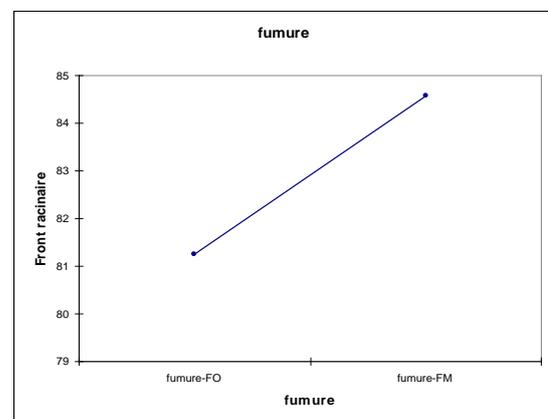
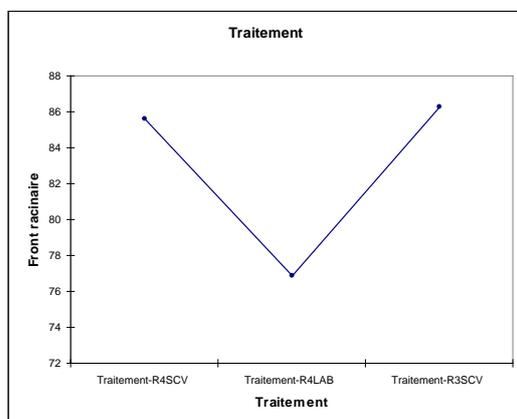
Fig 3 Distribution de la densité de longueur racinaire le long du profil de sol



c- Le front racinaire

Le front racinaire est défini comme étant la profondeur maximale à laquelle on trouve une trace de racine. Le front racinaire moyen ne présente aucune différence significative entre les deux systèmes et le niveau de fumure. Par contre sur les deux systèmes SCV, le front racinaire est beaucoup plus profond par rapport au système sous labour. Cette différence pour le labour est peut être en rapport avec la présence d'une semelle de labour et la densité racinaire plus importante en superficie. Sur SCV la colonisation du sol tend à être homogène sur tout le profil. Le travail biomécanique des racines des plantes de la culture précédente rend le profil plus facile à explorer en profondeur.

Fig 4 : front racinaire moyen en fonction des systèmes et du niveau de fumure



d- La longueur massique

La longueur massique ou longueur spécifique permet d'évaluer la finesse des racines. Selon les deux graphes ci dessous, on note une augmentation de cette longueur vers la profondeur, en effet les racines se ramifient plus en profondeur et sont de plus en plus fines.

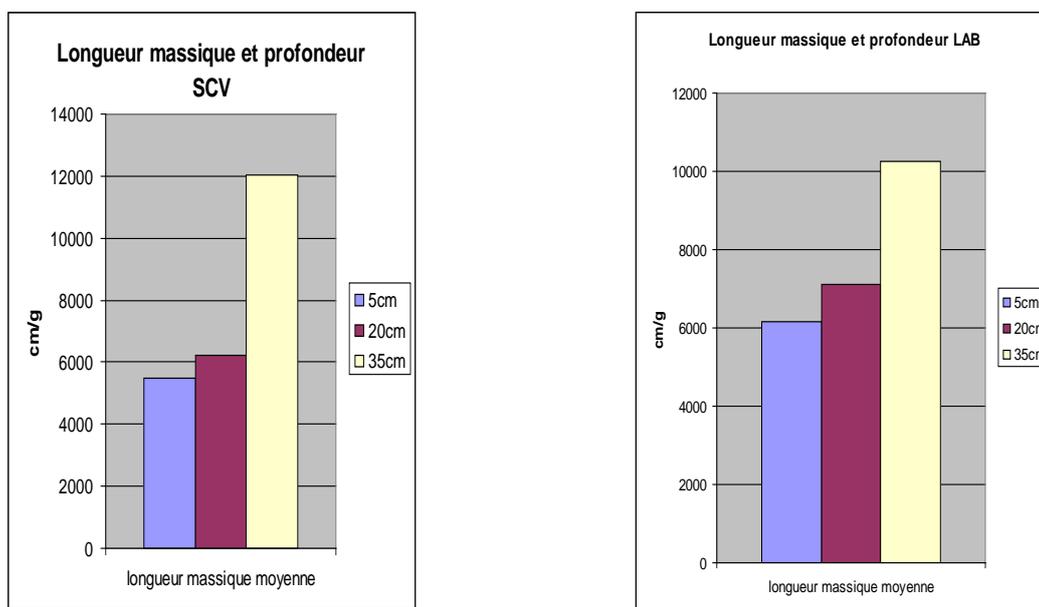


Fig 5 : distribution de la longueur massique des racines par profondeur sur les deux modes de gestion du sol SCV et LAB

Sur l'ensemble des deux systèmes, la longueur massique moyenne de la variété F161 est de 79 m par g de racines.

3-Discussion

Au stade fin floraison, la plante atteint son potentiel maximum de développement racinaire, après cette phase le développement racinaire s'arrête et le système commence à dégénérer.

On a pu remarquer que sur tous les systèmes de culture, le front racinaire était identique. Ce paramètre pourrait donc être un caractère propre à la variété et n'être nullement influencé par le système de gestion du sol et le niveau de fumure.

L'absence de différence significative entre les systèmes et le niveau de fumure pourrait s'expliquer par le fait que les modes de gestion du sol n'avaient induits jusqu'à ce stade aucun effet significatif sur la structure du sol. Sans apport d'éléments nutritifs, l'offre du sol sur l'horizon exploité remplissait les besoins de la plante en eau et en éléments nutritifs pour un développement optimal.

La densité de longueur racinaire correspond à la longueur totale de racine exploitant une unité de volume de sol donné. En appliquant le modèle de cette étude, on doit pouvoir obtenir le diamètre moyen des racines qui définit la distance moyenne entre les racines et leur taux d'exploration du sol pour un élément nutritif donné.

Sur les deux systèmes et le niveau de fumure d'expérimentation ce paramètre serait identique, il varierait par contre en fonction de la profondeur d'enracinement.

La densité de longueur racinaire est importante sur les premiers centimètres de sol exploré soit avant la semelle de labour situé à 20 – 30 cm de profondeur. Le sol étant plus meuble et l'apport d'éléments nutritifs par la fertilisation et la minéralisation des matières organiques plus importantes, les racines s'y trouvent plus abondantes.

Par contre en profondeur les racines sont de plus en plus fines et présentent une distribution moins irrégulière. Entre 20 et 30 cm les racines sont moins abondantes et s'épuisent beaucoup plus à pénétrer la semelle de labour pour puiser les éléments nutritifs en profondeur. Après cette semelle, la chevelure racinaire devient plus importante mais beaucoup plus fine. La longueur massique est plus importante en profondeur. Cette observation confirme la tendance de distribution isotropique des racines par une importance ramification et une finesse généralisée des racines ramifiées en profondeur (2)

Cette variation de la densité de longueur racinaire vient confirmer les résultats obtenus de la cartographie racinaire où on observait une rupture du développement racinaire avant et après la semelle de labour. Les racines sont en effet sensibles à un obstacle mécanique qui pourrait bloquer leur élongation. Elles y répondent par une croissance plus favorisée des racines latérales (8).

4 - Conclusion

En application du modèle, nous avons pu caractériser le système d'enracinement du peuplement du riz pluvial F161. Malgré l'absence de données de validation du modèle, nous nous sommes quand même permis de l'utiliser pour un premier essai de son application sur le riz pluvial. Au stade actuel des systèmes sous couverture végétale, les résultats n'ont pas exprimé une différence significative entre la densité de longueur racinaire en fonction des systèmes et du niveau de fumure. Le système SCV n'est pas encore fonctionnel. L'offre du sol permet, pour le peuplement cultivé conduit sans fumure, que les racines ne descendent pas plus loin pour satisfaire les besoins de la plante. De plus l'alimentation hydrique a été identique pour les deux systèmes de cultures, ce qui amène les systèmes racinaires à avoir un développement identique. Cependant les valeurs obtenues indiquent une densité de longueur racinaire moins importante sur Fo et sur le système Lab. Le meilleur système, présentant une bonne réponse du système racinaire à la fumure, est le système R3SCV. Le sol y est plus homogène avec l'effet du labour biologique du précédent cultural.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Comprendre le mode de fonctionnement d'un système de riziculture pluvial et les interactions du peuplement cultivé avec son milieu permet de maîtriser et de définir les facteurs régissant leur potentiel de production. Les racines jouent un rôle principal dans le processus de production : l'approvisionnement de la plante en eau et en éléments minéraux. Les organes aériens et souterrains de la plante interagissent en effet pour le développement et la production de la plante

Dans cette étude, on a cherché à adapter sur le riz le modèle développé par CHOPART et SIBAND en 1999 sur le maïs. Ce modèle se base sur l'existence d'une relation empirique entre le nombre d'impacts racinaires sur la face d'un profil de sol et de la densité de longueur racinaire explorant ce sol. La longueur massique des racines renseigne sur leur diamètre moyen. En supposant que la racine est un système cylindrique, on peut avoir une formule du potentiel des racines à puiser l'eau et les éléments nutritifs pour le développement de la plante.

L'étude se porte sur deux types d'observation : à partir de prélèvements d'échantillon du système sol racine et sur le profil racinaire. Les variables de caractérisation du développement du système racinaire évalué étaient : la densité de longueur et le taux d'exploration. L'objectif est de réajuster le modèle et de l'appliquer sur la cartographie du profil racinaire.

La validation de la méthode d'estimation de la densité de longueur racinaire et du modèle de caractérisation du système racinaire du riz pluvial ont permis d'établir l'existence d'une relation entre le nombre d'impacts moyens de racines sur trois faces d'un cube et la longueur totale de racine contenue dans ce cube. Cette relation a été définie par un coefficient de passage qui dépend de la valeur du nombre d'impacts par unité de surface et d'un coefficient expérimental variant selon la position du point d'impact à la base de la plante. Ces coefficients variaient en fonction des systèmes et des conditions de cultures et du potentiel variétal. Les résultats obtenus sont différents de ceux obtenus sur les données de Cote d'Ivoire car les variétés et les conditions de cultures étaient très différentes. On a pu cependant déduire que les racines ont une distribution isotropique à partir d'une valeur du nombre d'impacts supérieurs à 4000/m².

L'application du modèle a été faite sur des essais de culture du riz pluvial F161 conduit sur deux niveaux de fumure et sur deux systèmes : sous couverture végétale et avec labour. Les résultats n'ont pas présenté de différence significative de densité de longueur racinaire en fonction des systèmes et du niveau de fumure. Le système SCV n'était pas encore fonctionnel et l'offre du sol était suffisante pour se comparer à l'apport d'éléments nutritifs sur FM. De plus l'alimentation hydrique était identique pour les deux systèmes de cultures. Les systèmes racinaires des différents peuplements ont donc subi les mêmes contraintes pour avoir un développement identique exprimé par leur front racinaire. Les valeurs obtenues montrent cependant une meilleure réponse du système racinaire à la fumure minérale et aux effets du labour sur leur développement dans les couches superficielles du sol.

L'architecture racinaire présente un profil homogène au delà de la semelle de labour sur les systèmes SCV. Sur le système sous LAB, l'importante activité se concentre sur la couche superficielle, les racines en profondeur sont de plus en plus irrégulières. Les racines présentent donc une bonne adaptation aux conditions du milieu avec une bonne exploration du profil riche.

Ce travail est une première approche sur l'étude du système racinaire du riz pluvial et ses principales caractéristiques. Pour pouvoir bien évaluer le potentiel du modèle étudié sur cette caractérisation, il est utile de reconduire cette étude sur des observations dynamiques et sur une répétition plus importante. De plus la difficulté entraînée sur l'observation des racines dans le sol nécessiterait des conditions de culture bien maîtrisée et une réalisation très minutieuse des observations pour réduire au minimum les erreurs incontournables de distinction des racines. Une mesure pour bien évaluer les diamètres serait aussi utile pour ne pas avoir des approximations théoriques peu fiables de ce paramètre.

Une conduite de l'étude sur des conditions hydriques différentes et en milieu contrôlé peut aussi permettre de déterminer les facteurs limitants de l'enracinement : flux d'éléments nutritifs et hydriques du sol à la plante ainsi que le potentiel du sol.

Pour associer l'expression du comportement variétal au niveau des racines avec son potentiel de développement et de production, on pourrait aussi comparer la variété à évaluer avec une variété reconnue sensible aux contraintes du milieu et une autre variété plus rustiques avec une bonne adaptation sur des conditions de milieu difficiles

Résumé

Etudier les interactions des organes aériens et souterrains d'un peuplement de riz pluvial permet d'avoir une vue intégrée du fonctionnement de la plante. Modéliser son unité d'approvisionnement de matières premières eau et éléments nutritifs est une approche plus qu'essentielle, avec son unité de transformation par la photosynthèse, pour prévoir et améliorer sa production. L'objectif des études sur le riz pluvial demeure ainsi l'augmentation de sa productivité, afin de répondre au besoin de consommation de l'humanité qui ne cesse d'augmenter.

Notre étude concerne la modélisation du fonctionnement du système racinaire du riz pluvial à partir des paramètres physiques de l'enracinement tel que la biomasse racinaire, la densité de longueur racinaire, le diamètre moyen des racines et le taux d'exploration racinaire du sol pour les macro éléments.

L'approche adoptée est la caractérisation de l'architecture racinaire par la méthode de cartographie, et l'adaptation du modèle de maïs développé par Chopart et Siband, sur la variété du riz pluvial F161 par des mesures de prélèvement du système sol-racine. L'expérimentation a été menée sur le site d'expérimentation de l'URP SCRiD à Antsirabe (Madagascar), pour qui le riz pluvial constitue la principale culture d'étude. Un seul prélèvement a été fait au stade fin floraison à 130 jours après semis, sur deux systèmes de gestion du sol : système conventionnel labouré et système agroécologique sous couverture végétale en semi-direct. A ce stade le développement racinaire est à son maximum.

En comparaison des données obtenues en 1998 et en 1999, en Cote d'Ivoire sur le riz pluvial, nous avons pu définir un coefficient de passage identique des nombres d'impacts racinaires vers la longueur racinaire. Par contre nous n'avons pas pu vérifier la variabilité du coefficient expérimental CE en fonction de l'âge de la plante car nous n'avons fait qu'un prélèvement ponctuel. Il est donc retenu pour notre étude un coefficient de correction qui est une fonction linéaire de la position (DP) du point d'observation à la base de la plante. L'application du modèle est ensuite faite pour définir les paramètres d'enracinement.

Les résultats obtenus n'ont pas encore pu exprimer l'effet du mode de gestion du sol sur le système racinaire du sol, les systèmes étant encore mis en place récemment. En fonction du niveau de fumure, la meilleure réponse du peuplement cultivé sur l'importance de la densité de longueur racinaire est obtenue sur le système R3SCV. Le niveau de fumure ne présente pas par contre une influence sur l'évolution du front racinaire certainement plus variable avec le régime hydrique de la culture. Le système racinaire du riz pluvial F161 présente donc une bonne plasticité d'adaptation aux conditions hydrique et édaphique du système de culture. Des études supplémentaires doivent cependant être conduites pour valider les formules obtenues et suivre la dynamique de l'enracinement. Les paramètres d'enracinement devraient être plus conséquents à chaque stade physiologique de la plante et en fonction de la fertilisation et du mode de gestion du sol de la riziculture pluviale, effet qu'on n'a pas pu vérifier avec une observation ponctuelle.

Mots clés : riziculture pluviale, système racinaire, stress hydrique, modèle, système de culture

Bibliographies

1. Aide au diagnostic de l'irrigation en système goutte à goutte par cartographie in situ du profil racinaire. CHOPART JL et LE MEZO L
2. Description du système racinaire de trois espèces fourragères en zone soudano-sahélienne. J.J. ROB GROOT, MOUHAMADOU TRAORE, DAOUDA KONE 1997
3. Development and validation of a model to describe root length density of maize from root counts and soil profiles. Plant and soil 214: 61-74 CHOPART J.L. et SIBAND P. 1999
4. Rice roots nutrient and water use. Selected papers from the INTERNATIONAL RICE RESEARCH CONFERENCE. GJD Kirk 1994 86p
5. Fundamentals of rice crop science. SHOUICHI YOSHIDA IRRI 1981 269p
6. How to include organ interactions in models of the root system architecture. The concept of endogenous environment. LOÏC PAGES INRA Avignon 1999
7. Influence du labour sur le développement racinaire de différentes plantes cultivées au Sénégal. Conséquences sur leur alimentation hydrique. L'Agron. Trop (31) 7-29 JL CHOPART et NICOU R 1976
8. Les systèmes racinaires des cultures tropicales : rôle, méthodes d'étude in situ, développement, fonctionnement. Document de synthèse: JEAN LOUIS CHOPART Avril 2004 43p
9. Rythmes d'émission comparés des racines nodales de trois variétés de riz (*Oryza sativa* L.) : D. PICARD et M. JACQUOT L'Agron Trop : (31) 159-169
10. Validation et mise en œuvre d'une méthode de caractérisation du système racinaire : cas de quatre variétés de riz pluvial : mémoire de DEA INP Lorraine CIRAD 33p

Abréviations

URP SCRID : unité de recherche en partenariat système de riziculture durable

CO : coefficient de passage anisotropique

CE : coefficient de passage expérimental

NI : nombre d'impacts racinaires sur une surface du sol

LR : longueur totale racinaire derrière un nombre d'impacts

EMR : distance moyenne entre racines

r : distance d'accès à un élément dans la rhizosphère

EX : taux d'exploration racinaire

FM: fumure minérale

FO: sans fumure

SCV: système de culture sous couverture végétale

LAB: système conventionnel avec labour du sol

JAS: jour après semis

An: indice d'anisotropie

P: indice de direction préférentielle

Nit: nombre d'impacts racinaires sur la face transversale du cube

Nim: nombre d'impacts moyens sur les trois faces du cube

DLT: densité de longueur racinaire théorique calculée

DLR: densité de longueur racinaire mesurée réelle

DP: distance de l'impact au pied de la plante

DR: distance réelle de l'impact à la base de la plante

LM: longueur totale mesurée dans le cube

TT: degré jour