

REPUBLIQUE DU CAMEROUN
Paix-Travail-Patrie

Ministère de la Recherche
Scientifique et Technique

Institut de la Recherche
Agronomique (IRA)
Centre IRA-Nord
B.P. 33
Tel. 29-11-78
MAROUA

REPUBLIC OF CAMEROUN
Peace-Work-Fatherland

Ministry of Scientific
and Technical Research

Institute of Agronomic
Research (IRA)
IRA-North Center
P.O. BOX 33
Tel. 29-11-78
MAROUA

PROJET GAROUA



PROGRAMME CULTURE COTONNIERE PAYSANNE

STATION IRA GAROUA

SECTION D'AGRONOMIE

RAPPORT TECHNIQUE ANNUEL

Campagne 1993/94

K. GUYOTTE

TABLE DES MATIERES

LISTE DES FIGURES	iii
LISTE DES TABLEAUX	iv
PREAMBULE	1
<u>CHAPITRE 1: EVALUATION DE LA BIOMASSE RACINAIRE DU COTONNIER</u> . . .	2
I- INTRODUCTION	2
II- OBJECTIFS	2
III- MATERIELS ET METHODES	3
III.1- méthodes sur profil	3
III.11- description du travail in situ	3
III.12- calendrier des interventions	3
III.2- sondages à la tarière racinaire	3
III.3- traitement des échantillons prélevés	4
IV- RESULTATS	4
IV.1- excavation totale du volume de l'emprise d'un plant	4
IV.11- méthode de traitement des résultats	4
IV.12- résultats	4
IV.2- prélèvements cylindres	5
IV.21- méthodes de traitement des résultats	5
IV.22- résultats	5
IV.221- données élémentaires	5
IV.222- représentation graphique	6
IV.3- grille horizontale	8
IV.31- méthode de traitement des résultats	8
IV.32- résultats	9
IV.321- données disponibles	9
IV.322- traitement en présence absence	9
IV.323- traitement en nombre de racines par plan	10
IV.4- tarière racinaire	11
IV.41- méthode de traitement des résultats	11
IV.42- résultats	11
IV.421- données élémentaires	11
IV.422- influence de la position du sondage dans le peuplement	11
V- CONFRONTATION DES METHODES	12
V.1- confrontation prélèvement cylindre / excavation totale	12
V.2- convergence prélèvement cylindre / grille horizontale	13
V.3- synthèse des estimations de biomasse racinaire	15
VI- CONCLUSION, RECOMMANDATIONS METHODOLOGIQUES	16
VI.1- calendrier d'observation	16
VI.2- méthodes employées	16

VI.21- méthodes basées sur la pesée des racines extraites d'un échantillon de volume connu . . .	16
VI.211- excavation totale	16
VI.212- prélèvement cylindre	16
VI.213- tarière racinaire	16
VI.214- séparation terre/racines, pesée des échantillons	16
VI.22- grille	16
VI.23- recommandations méthodologiques	17
VI.231- estimation biomasse d'un peuplement	17
VI.232- estimation du volume prospecté	17
VI.3- limites des études sur système racinaire	18
VI.31- reconnaissance des racines de cotonnier	18
VI.32- turn-over des racines	18
VI.33- signification statistique des résultats	18

CHAPITRE 2: ESSAI VALIDATION DU DIAGNOSTIC PETIOLAIRE POTASSE . . . 19 ^y

I- INTRODUCTION	19
II- MATERIELS ET METHODES	19
II.1- Objectif	19
II.2- Démarche	19
II.3- Dispositif	19
III- RESULTATS	20
III.1- Production	20
III.11- Production coton graine	20
III.12- Estimation de la biomasse ligneuse	20
III.13- Estimation de la biomasse foliaire	21
III.14- Estimation de la biomasse racinaire	21
III.15- Conclusion: biomasse totale	23
III.2- Croissance et développement	23
III.21- Tableaux d'analyse de variance	23
III.22- Commentaires généraux sur la croissance et le développement	26
III.3- Résultats analytiques	26
III.31- Statistiques descriptives	26
III.32- Analyses de variance par variable et par bande	27
III.33- différence entre bandes; différence entre variables de nutrition potassique	28
III.34- Corrélation entre variables de nutrition potassique	29
III.35- Relations entre rendement et variables de nutrition potassique	32
III.4- Conclusion	37

ANNEXE 1: Itinéraires techniques et calendriers culturaux de l'essai
validation du diagnostic petiolaire potasse 38

ANNEXE 2: Caractérisations de physique du sol menées sur l'essai
Fertiilsation Sanguéré 1993 du Programme Systèmes de Culture
de l'IRA 39

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Biomasse racinaire par couche de 10 cm d'épaisseur. Méthode cylindre. Moyenne pour chaque date.	6
Figure 2: Biomasse racinaire en données cumulées. Moyenne pour chaque date.	7
Figure 3: Corrélation entre méthodes de traitement des données grilles horizontales	8
Figure 4: Résultats grilles horizontales traitées en présence/absence. Influence de la date.	9
Figure 5: Résultats grilles horizontales. Cumul du nombre de racines par plan. Influence de la date.	10
Figure 6: Confrontation entre estimations de la biomasse racinaire par couche de 10 cm par excavation totale et prélèvement cylindres.	12
Figure 7: Confrontation entre estimation de la biomasse racinaire par la méthode des cylindres et les données grille horizontale traitées en présence/absence (%).	14
Figure 8: Confrontation entre estimation de la biomasse racinaire par la méthode cylindre et les données grille horizontale traitées en somme de racines par plan.	15
Figure 9: Influence du mode de préparation du sol sur le profil racinaire	22
Figure 10: Valeurs des variables de nutrition potassique pour chaque bande	27
Figure 11: Influence de l'apport de potasse sur les variables de nutrition potassique	29
Figure 12: Droites de régression entre variables pétiole et F(K)	30
Figure 13: Relation K40/F(K): influence de l'apport de potasse et du travail du sol	30
Figure 14: Relation K70/F(K): influence de l'apport de potasse et du travail du sol	31
Figure 15: Relation K100/F(K): influence de l'apport de potasse et du travail du sol	31
Figure 16: Courbe-enveloppe rendement CG = f(K40)	33
Figure 17: Courbe-enveloppe production totale = f(K40)	33
Figure 18: courbe-enveloppe rendement CG = f(K70)	34
Figure 19: courbe-enveloppe production totale = f(K70)	34
Figure 20: courbe-enveloppe rendement CG = f(K100)	35
Figure 21: Courbe-enveloppe production totale = f(K100)	35
Figure 22: Courbe-enveloppe rendement = f(Fonction K)	36
Figure 23: Courbe-enveloppe production totale = f(Fonction K)	36

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Biomasse racinaire estimée par excavation totale par profil et par couche en kg MS/ha.	4
Tableau 2: Estimation de la biomasse racinaire par la méthode cylindre par profil et par couche en kg MS/ha	5
Tableau 3: Biomasse racinaire estimée à la tarière (kg MS/ha). . .	11
Tableau 4: Influence de la position du sondage sur l'estimation de la biomasse racinaire entre 0 et 40cm (kg MS/ha)	11
Tableau 5: Corrélations entre estimations de biomasse par couche par la méthode d'excavation totale et les prélèvements cylindre. .	13
Tableau 6: Synthèse estimation de la biomasse racinaire selon la date et la méthode employée. Biomasse en kg MS/ha.	15
Tableau 7: Analyse de variance sur la production coton-graine (kg/ha)	20
Tableau 8: Analyse de variance sur la biomasse ligneuse (kg/ha) . .	20
Tableau 9: Estimation biomasse foliaire sur la première répétition (kg MS/ha)	21
Tableau 10: Résultats des estimations de biomasse racinaire. Comparaison des méthodes	22
Tableau 11: Biomasse totale produite par bande kg MS/ha	23
Tableau 12: Variable rang de la dernière feuille adulte à 40 jas (par rapport au noeud cotylédonnaire)	23
Tableau 13: Variable rang de la dernière feuille adulte à 70 jas (par rapport au noeud cotylédonnaire)	24
Tableau 14: Variable niveau de floraison à 70 jas (par rapport à la première branche fructifère)	24
Tableau 15: Variable rang de la dernière feuille adulte à 100 jas (par rapport au noeud cotylédonnaire)	25
Tableau 16: Variable rang de la dernière feuille adulte à 100 jas (par rapport à la première branche fructifère)	25
Tableau 17: Variable Hauteur à 100 jours (cm)	25
Tableau 18: Synthèse des critères de croissance et développement par bande	26
Tableau 19: Statistiques descriptives des variables de nutrition potassique	26
Tableau 20: Analyses de variance par variable et par bande	27
Tableau 21: Différences entre variables potasse par bande	28
Tableau 22: Matrice de corrélation des variables de nutrition potassique	29
Tableau 23: Répartition des parcelles K1 par classe de statut de nutrition potassique	32
Tableau 24: Coefficients de corrélation entre rendements (coton-graine, tiges, total) et variables de nutrition potassique . .	32

PREAMBULE

Ce rapport présente les résultats obtenus par la Section d'Agronomie du Programme Culture Cotonnière Paysanne de l'IRA Garoua pendant la campagne 1993/94, et se compose de deux parties:

- Chapitre 1: évaluation de la biomasse racinaire du cotonnier
- Chapitre 2: validation du diagnostic pétiolaire potasse

Certaines activités menées pendant cette campagne ne sont pas rapportées dans le présent document. Il s'agit:

- Etude de l'influence de la date d'étêtage du cotonnier sur la production (opération lutte contre le collage au champ), publiée dans un rapport à part,
- Caractérisation de quelques paramètres de physique du sol sur l'essai Fertilisation Sanguéré de l'Unité de Recherche sur les Systèmes de Culture, en cours de traitement pour publication dans le rapport de synthèse de cet essai. Le résumé des activités menées sur cet essai est fourni en annexe 2.

Le personnel ayant participé aux activités rapportées dans ce document est composé de:

- K. GUYOTTE, chercheur
- TIGE VANDI, observateur
- OUSMANOU KANTI, observateur
- BAGAO KAMPETE, observateur

I- INTRODUCTION

Cette étude méthodologique sur l'évaluation de la biomasse racinaire du cotonnier trouve sa justification dans la suite des travaux sur la dynamique de l'azote mené par le Programme Culture Cotonnière Paysanne. L'azote disponible pour une culture, outre les engrais minéraux, provient de la minéralisation de la matière organique du sol. C'est la contribution potentielle du système racinaire d'un peuplement de cotonnier que l'on cherche ici à quantifier.

En outre, on ne possède pas d'outil de diagnostic cultural basé sur la morphologie du système racinaire du cotonnier. En raison du caractère pivotant de ce dernier, les méthodes employées sur maïs ne sont pas directement transposables. Nous chercherons donc aussi à définir une méthodologie d'étude de la prospection racinaire du cotonnier.

II- OBJECTIFS

Notre objectif est de comparer différentes méthodes d'étude du système racinaire. Les différentes méthodes retenues sont les suivantes:

- basées sur l'extraction des racines contenues dans un volume de sol connu:
 - 1: excavation totale du volume de l'emprise d'un plant (méthode excavation totale)
 - 2: échantillonnage du volume de l'emprise d'un plant par des cylindres de 100cc (méthode cylindre)
 - 3: échantillonnage aléatoire au sein de la parcelle avec une tarière racinaire (méthode tarière racinaire)
- basée sur la répartition des racines au sein du profil:
 - 4: comptage des racines sur des plans verticaux et horizontaux répartis dans le volume d'emprise d'un plant (méthode grille)

Les critères d'évaluation de chaque méthode sont:

- la nature des résultats
- sa précision
- sa facilité de mise en oeuvre (faisabilité)

III- MATERIELS ET MÉTHODES

Le cadre de cette étude est une parcelle de multiplication de semence de la variété IRMA BLT située à la Station de Boklé. La préparation du sol a été effectuée à la charrue en motorisation conventionnelle. Le semis a été réalisé le 15/06/93, à plat. Le rendement est de 1500kg/ha environ.

III.1- méthodes sur profil

Le volume d'emprise d'un plant (ou d'un poquet s'il y a plusieurs plants par poquet) dépend de l'arrangement spatial du peuplement:

- largeur (perpendiculaire aux lignes) = interligne, soit 80cm
- longueur (dans le sens des lignes) = écartement entre poquet 40cm
- profondeur = variable dans le temps et l'espace, fonction de la croissance du système racinaire et de la profondeur de sol accessible

III.11- description du travail in situ

excavation totale

Le volume de l'emprise d'un plant est entièrement prélevé par couche de 10 cm d'épaisseur (soit un volume de 32 litres).

prélèvement cylindre

Le volume d'emprise d'un plant est divisé en couche de 10 cm d'épaisseur. A l'intérieur de ces couches, on prélève 15 cylindres de 100cc (disposition 5*3).

observation grille

On réalise un comptage de racines sur la face verticale avant du profil, perpendiculairement aux lignes de semis. Puis le volume de l'emprise du plant est divisé en couche de 10cm d'épaisseur. On décape ce volume couche par couche en faisant un comptage de racines sur les faces horizontales ainsi dégagées, aux cotés 10, 20, 30...

Les 3 méthodes sur profil décrites ci-dessus sont réalisées simultanément sur les mêmes profils.

III.12- calendrier des interventions

Ces méthodes ont été employées à 3 dates:

- date 1 (D1): 5/08/93, sur 5 profils (P1 à P5)
- date 2: 5/10/93, sur 5 profils (P1 à P5)
- date 3: 1/12/93, sur 3 profils (P1 à P3)

III.2- sondages à la tarière racinaire

La tarière racinaire est un cylindre (diamètre 8cm, hauteur 14cm), à bord inférieur denté, monté sur un manche de 100cm. Pour rester cohérent avec les méthodes sur profils, nous l'avons employée par couche de 10cm d'épaisseur, jusqu'à 40 cm. Nous avons fait 25 répétitions de prélèvements le 27/10/93.

III.3- traitement des échantillons prélevés

Pour chaque échantillon prélevé, les racines ont été extraites manuellement, en sec, puis lavées, séchées à l'étuve et pesées au mg.

IV- RESULTATS**IV.1- excavation totale du volume de l'emprise d'un plant**IV.11- méthode de traitement des résultats

Pour chaque poids de racines correspondant à un échantillon trié, on réalise une transformation en kg MS/ha. Comme la majorité des échantillons n'a pas été trié (contraintes de temps), il n'a pas été calculé de moyenne. Pour la date 3, on a néanmoins estimé la biomasse totale sur la hauteur des profils (voir tableau 1 pour la répartition des échantillons triés).

IV.12- résultats

Le tableau 1 ci-dessous présente l'ensemble des données disponibles pour cette méthode d'estimation:

Tableau 1: Biomasse racinaire estimée par excavation totale par profil et par couche en kg MS/ha.

	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	somme
P1D1	26										
P2D1				19			6				
P3D1	36	51									
P4D1					6						
P5D1			14								
P1D2	70	122	74	26	19	27	21	13			372
P2D2				43							
P3D2	425	78									
P4D2			43			32					
P5D2					140						
P1D3	408	196	30	20	25	22	23	17	14	8	763
P2D3	507	153	45	75	6	9	22	9	8		833
P3D3	365	239	21	26	29	21	19	19	29	13	781

A la date 3 (seules données complètes), la variabilité intra-couche est importante. Cependant, les estimations de biomasse totale sur la hauteur du profil sont proches, environ 800 kg MS/ha.

IV.2- prélèvements cylindres

IV.21- méthodes de traitement des résultats

Pour chaque couche, on fait la somme des biomasses extraites des 15 cylindres, que l'on transforme en kg MS/ha. Pour chaque date on réalise le calcul de la biomasse moyenne. Ces résultats sont présentés soit en biomasse brute par couche, soit en données cumulées. Comme toutes les couches de 10 cm n'ont pas été prélevées, on réalise pour ces couches manquantes une extrapolation à partir des couches supérieure et inférieure.

IV.22- résultats

IV.221- données élémentaires

Les biomasses racinaires estimées par la méthode des prélèvements cylindre en kg MS/ha par profondeur, par profil et par date sont données au tableau 2:

Tableau 2: Estimation de la biomasse racinaire par la méthode cylindre par profil et par couche en kg MS/ha

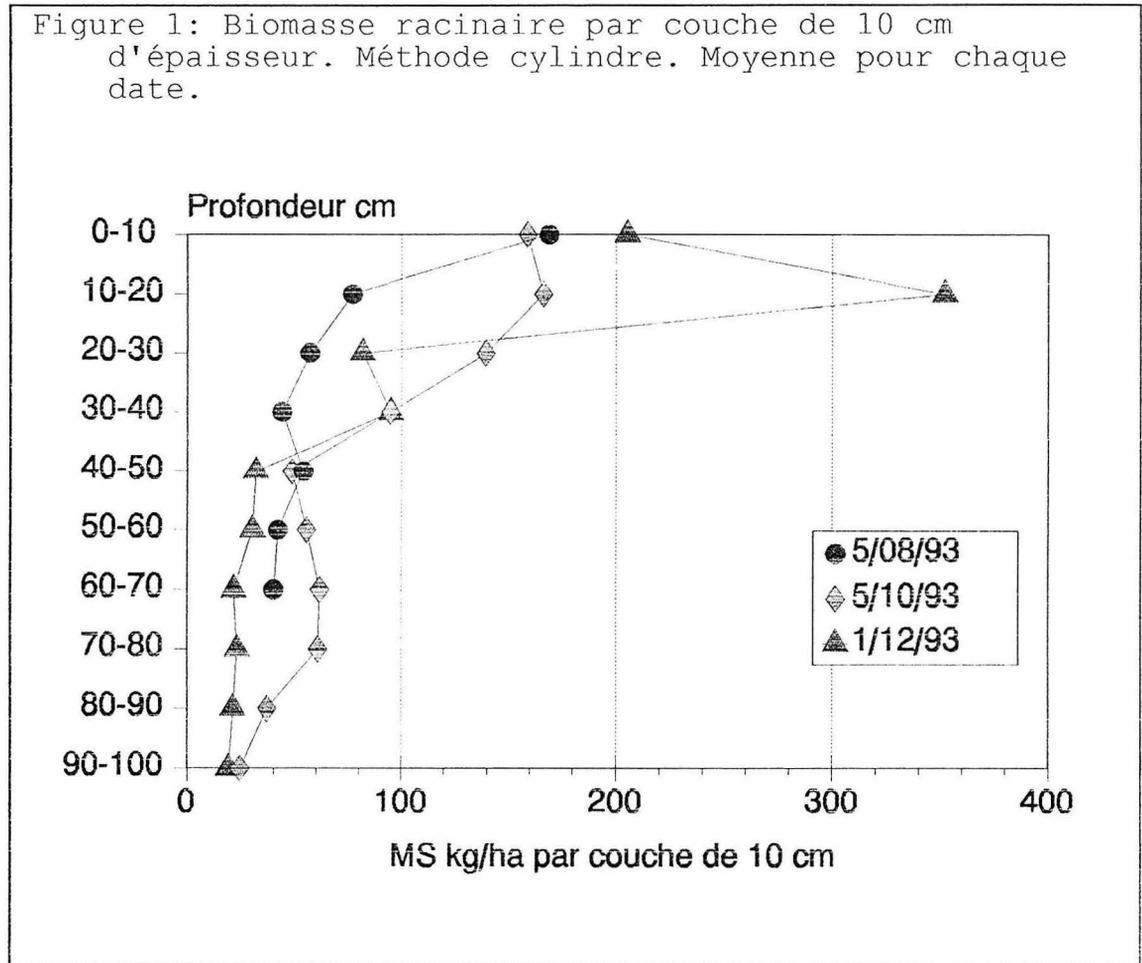
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	cumul
P1D1	111	70	38	59	98						376
P2D1	107	94	84	35	44	*42	40				446
P3D1	94	77	87	60	57						375
P4D1	335	70	45	35	31						516
P5D1	197	74	33	31	21						356
P1D2	151	155	129	40	56	98	75	83			787
P2D2	33	123	303	44	18	*44	70	*53	*36	19	743
P3D3	177	140	52	39	29	*39	48				524
P4D2	210	88	67	299	28	*41	54	*46	*38	30	901
P5D2	224	325	146	52	112						859
P1D3	340	77	18	45	53	*38	25	*23	*21	19	659
P2D3	119	358	181	169	17						844
P3D3	157	621	46	71	25	*22	18				960

(*): données estimées

La variabilité entre profils pour une même profondeur et une même date est importante, liée à la variabilité naturelle à l'intérieur du champ:

- variabilité de la profondeur de sol prospectable
- variabilité du peuplement

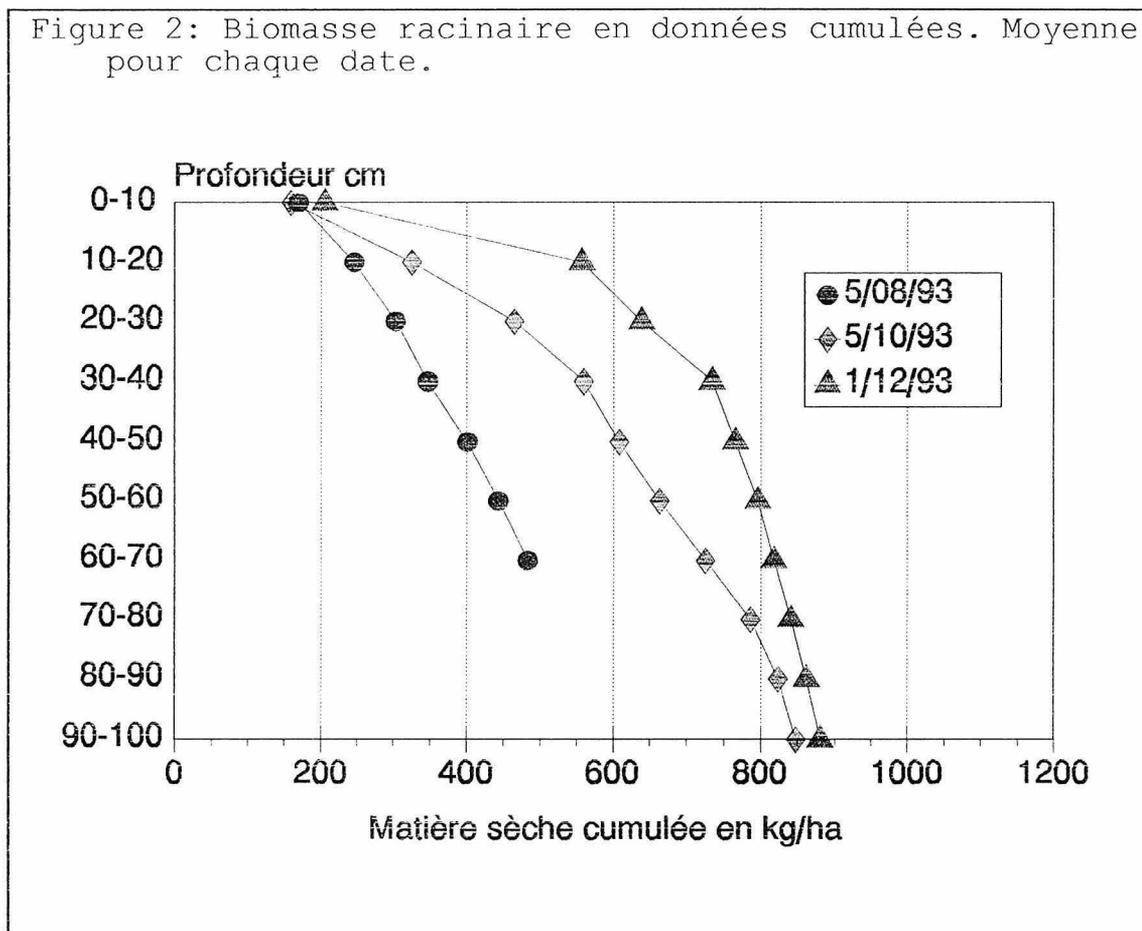
IV.222- représentation graphique



La comparaison entre dates indique un net accroissement de la biomasse racinaire superficielle, alors que la biomasse profonde (> 40/50 cm) évolue peu, voire diminue légèrement entre la date 2 et la date 3.

Cependant, la courbe de la date 3 représente la moyenne de 3 répétitions, contre 5 pour les 2 premières dates. L'allure de la courbe, plus anguleuse, semble indiquer que ce nombre est insuffisant.

Figure 2: Biomasse racinaire en données cumulées. Moyenne pour chaque date.



On constate un doublement de la biomasse racinaire entre la première et la dernière date.

Les biomasses racinaires totales estimées sur la hauteur du profil sont en fin de campagne de l'ordre de 850 kg MS/ha.

IV.3- grille horizontale

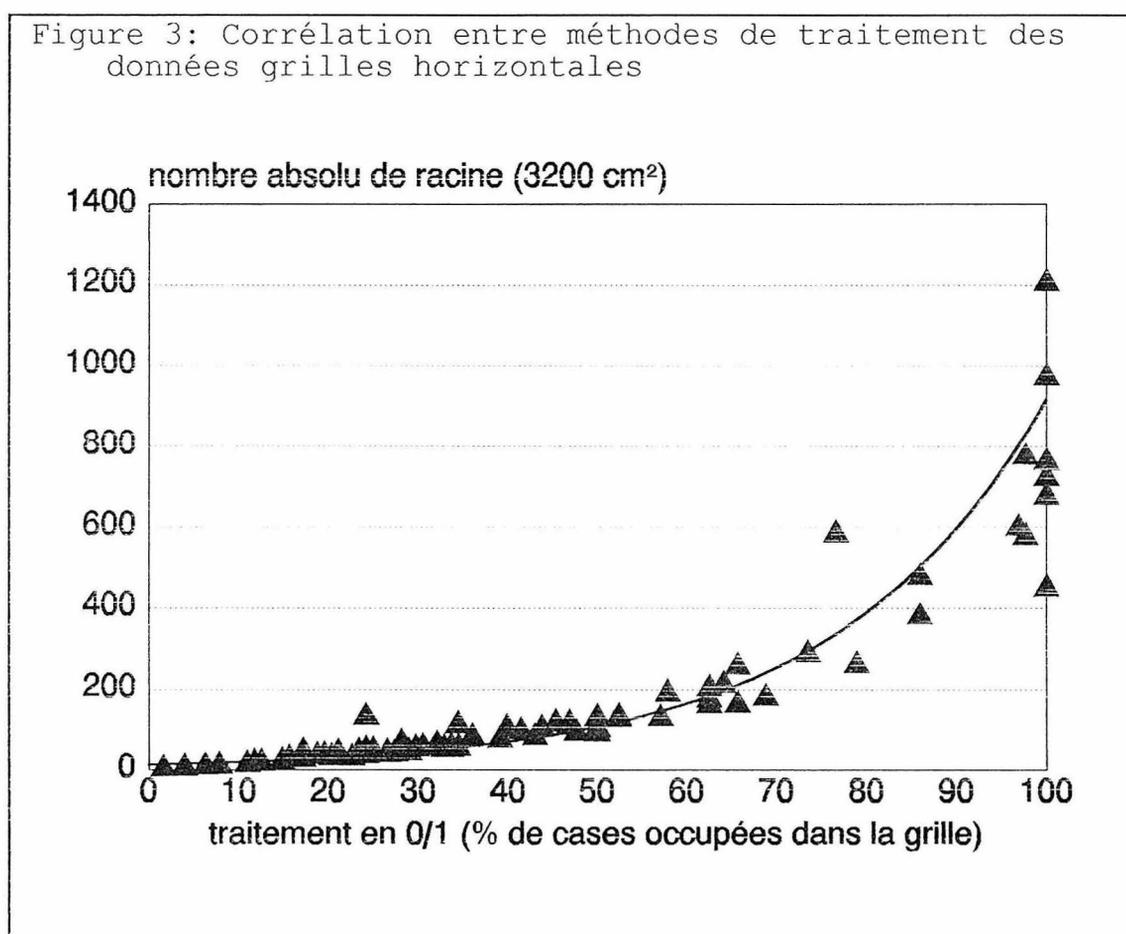
IV.3.1- méthode de traitement des résultats

Pour chaque observation, 2 méthodes de traitement des résultats ont été envisagées:

- comptage exhaustif du nombre de racines repérées par plan: somme des racines de toutes les mailles de la grille

- traitement en présence/absence: une maille vaut 0 si aucune racine n'y a été repérée, 1 s'il y a au moins une racine. La valeur globale du plan considéré est égal à la somme des 1 ramené au nombre total de mailles en %. Une valeur de 80% signifie que 80% des mailles de la grille présentent au moins une racine, ou encore que, à la profondeur considérée 80% de la surface du plan est prospecté.

Le graphe ci-dessous présente la corrélation existant entre les 2 méthodes de traitement:



Ce graphe montre que les 2 méthodes de traitement donnent des résultats fortement corrélés. La corrélation est moins bonne dans les fortes valeurs (80 à 100% de mailles occupées) que l'on rencontre essentiellement en fin de campagne (dates 2 & 3) dans les horizons superficiels.

On peut aussi exprimer les comptages de racines en densité en ramenant les chiffres à la surface du plan d'observation (nombre de racines/cm²)

IV.32- résultats

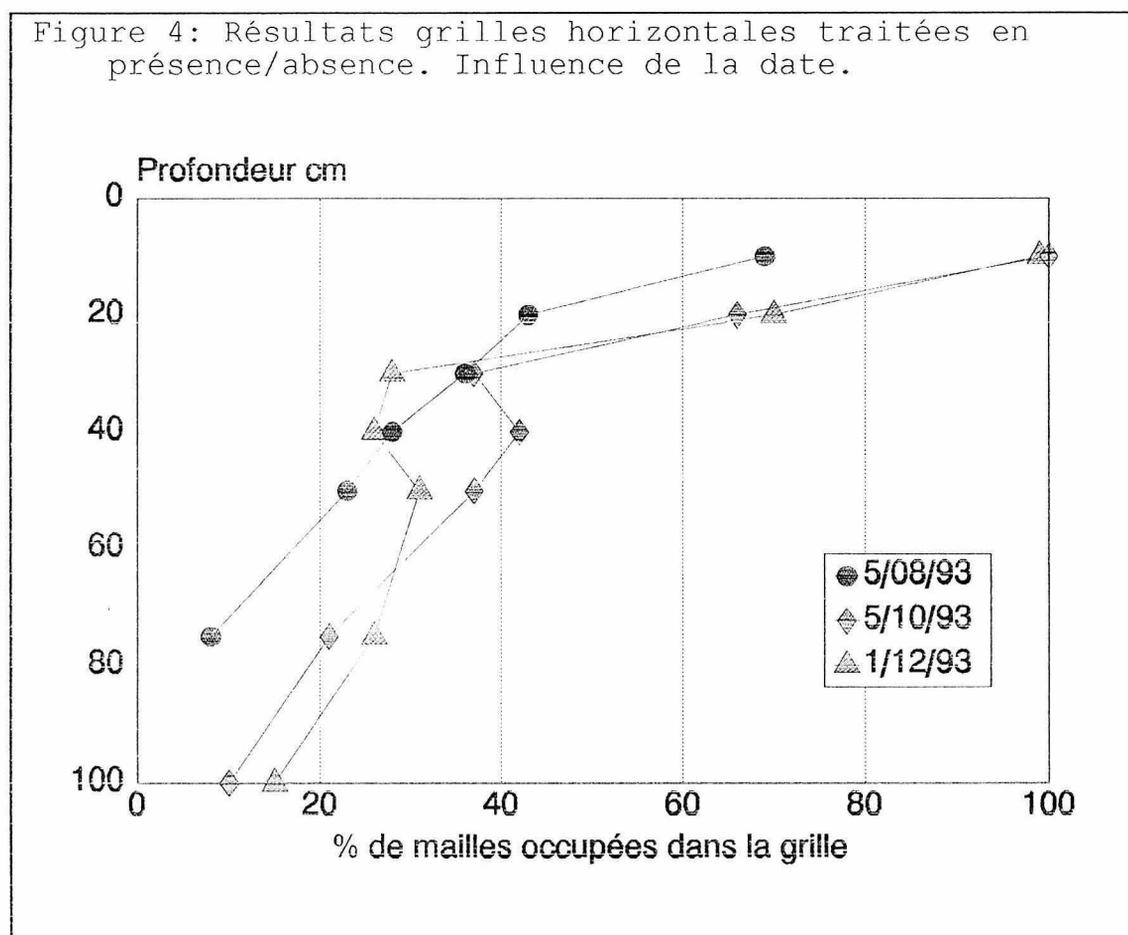
IV.321- données disponibles

Les plans observés se répartissent comme suit:

- à la date 1: 5 profils aux cotes 10, 20, 30, 40, 50 & 75 cm
- à la date 2: 5 profils aux cotes 10, 20, 30, 40, 50, 75 & 100 cm
- à la date 3: 3 profils aux cotes 10, 20, 30, 40, 50, 75 & 100 cm

IV.322- traitement en présence absence

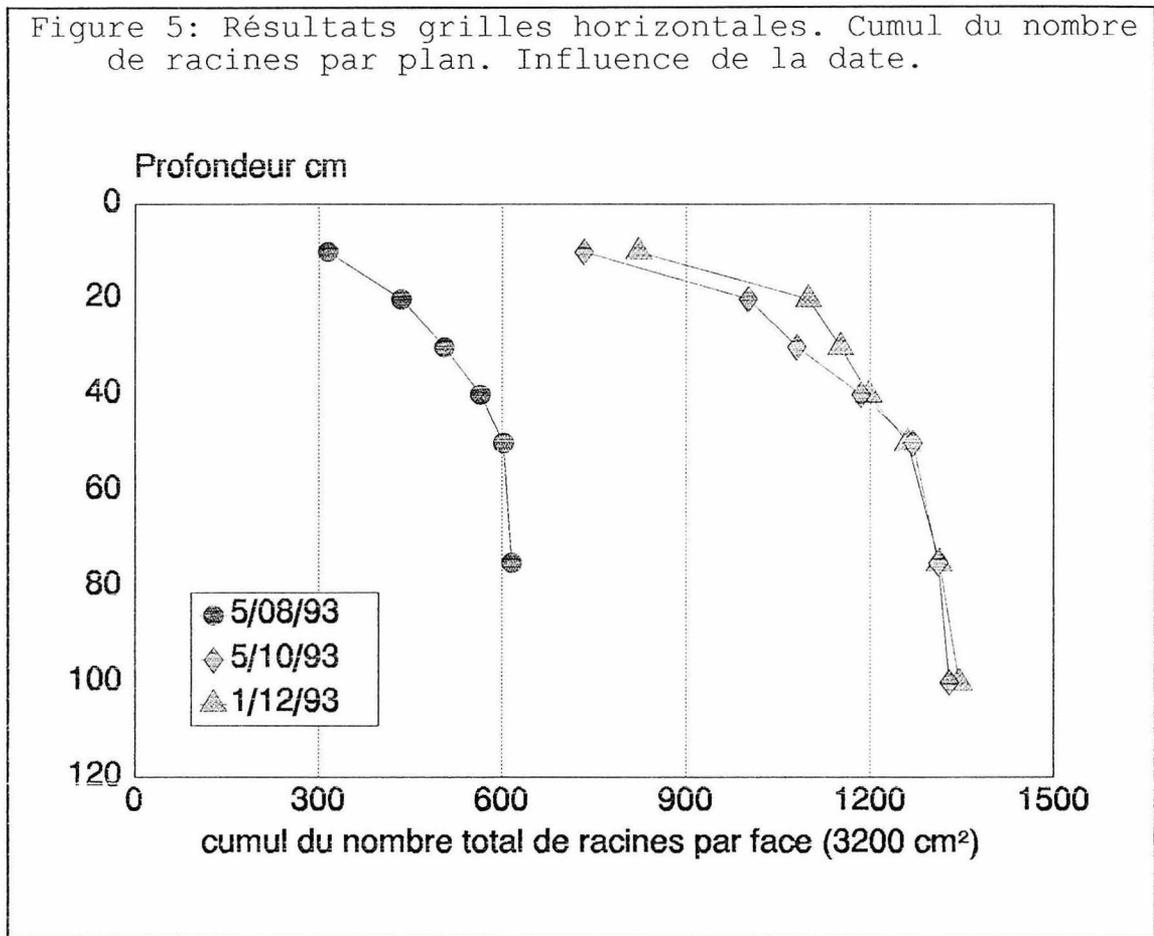
La figure 4 ci-dessous présente la synthèse des observations sur grille horizontale regroupées par date:



Ce graphe montre:

- la forte prospection des horizons de surface
- une forte décroissance de la prospection à l'interface horizons travaillé/non travaillé (30cm)
- une sensible augmentation en dessous de cette zone
- qu'il n'y a pas de doublement du volume prospecté après la date 1
- une légère décroissance de la prospection entre 30 et 50 cm entre la date 2 et 3.

IV.323- traitement en nombre de racines par plan



L'évolution entre la date 1 et la date 2 se traduit par un doublement du nombre de racines par plan.

En outre, ce graphe confirme l'augmentation de la prospection entre la date 2 et la date 3 entre 0 et 40 cm.

IV.4- tarière racinaire**IV.41- méthode de traitement des résultats**

Pour chaque échantillon prélevé, la biomasse extraite a été convertie en kg MS/ha. On a fait le cumul des biomasses extraites de chaque sondage (0-10, 10-20, 20-30 et 30-40 cm).

Enfin, une brève analyse de l'influence de la position du sondage par rapport aux plants environnants a été menée.

IV.42- résultats***IV.421- données élémentaires***

Le tableau 3 ci-dessous présente les résultats de l'estimation de la biomasse racinaire à partir des 25 sondages à la tarière réalisés le 27/10/93:

Tableau 3: Biomasse racinaire estimée à la tarière (kg MS/ha).

	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	cumul
moyenne	81	277	302	56	717
écart-type	51	359	555	50	764
minimum	22	30	4	0	196
maximum	224	1616	2524	246	3072

La majeure partie de la biomasse est localisée entre 10 et 30 cm de profondeur. Les écart-type sont forts.

IV.422- influence de la position du sondage dans le peuplement

Pour chaque sondage, on a repéré sa position par une distance au plant le plus proche sur la ligne ou dans l'interligne. Les résultats sont présentés au tableau 4 ci-dessous:

Tableau 4: Influence de la position du sondage sur l'estimation de la biomasse racinaire entre 0 et 40cm (kg MS/ha)

	5cm plant /ligne	5cm plant /interligne	10cm plant /ligne	20cm plant /interligne	40cm plant /interligne
moyenne	938	538	662	910	316
écart-type	680	214	959	1082	108

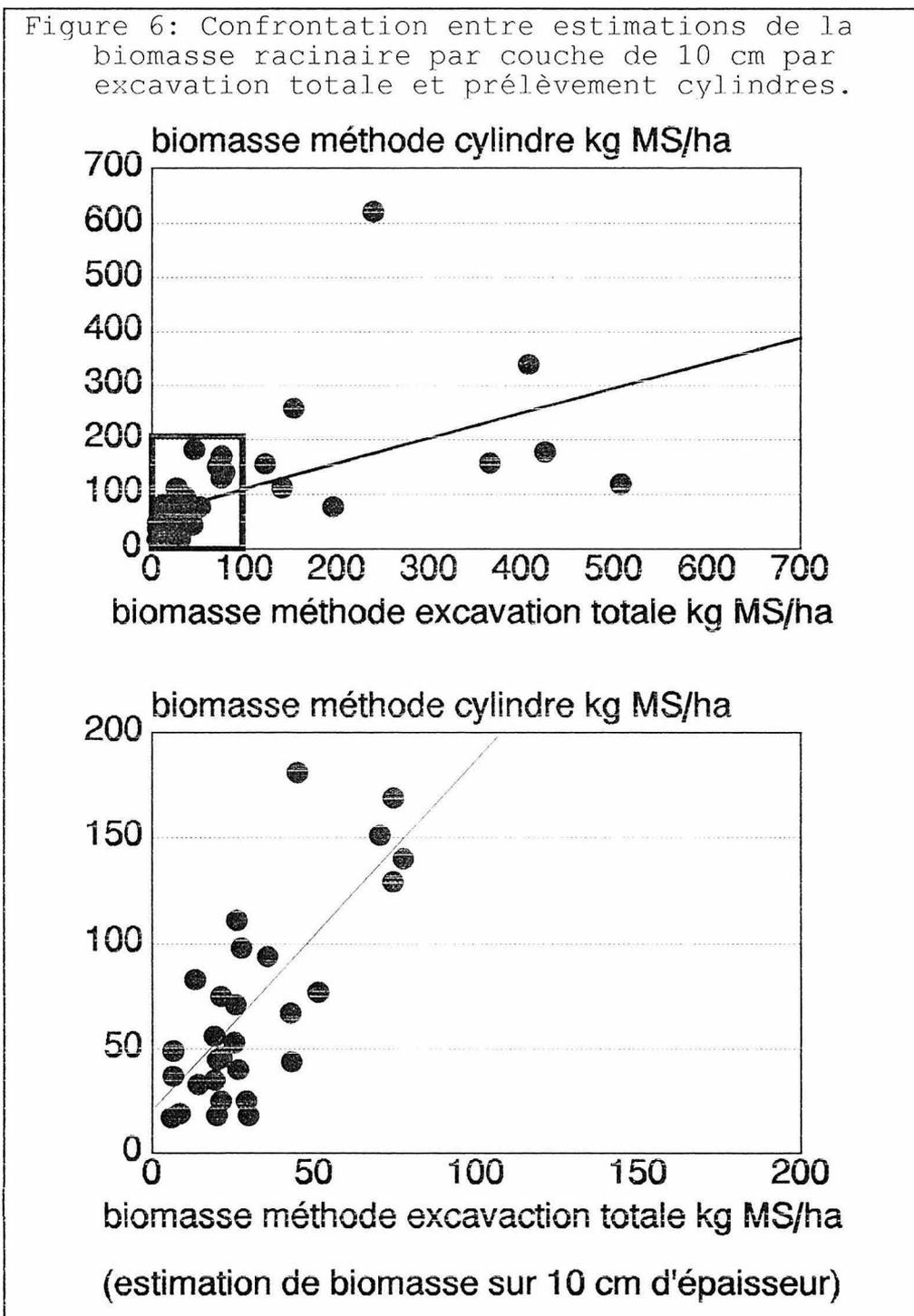
Les différences de moyennes sont non significatives.

V- CONFRONTATION DES METHODES

L'étude de la convergence des méthodes prend 2 formes:

- corrélation entre les différentes méthodes d'estimation sur le même objet: une couche donnée a été étudiée par excavation totale, par cylindres et par grille horizontale (voir V-1 & V-2);
- vérification de la cohérence des estimations de biomasse totale, ou jusqu'à une profondeur déterminée (voir V-3).

V.1- confrontation prélèvement cylindre / excavation totale



Le graphe précédent illustre la corrélation entre données d'excavation totale et données des prélèvements cylindre. Le graphe du bas est un détail du graphe supérieur pour les données de faible biomasse.

Par suite, on a distingué ces 2 ensembles de données pour les calculs de régression, comme indiqué au tableau 5 ci-dessous:

Tableau 5: Corrélations entre estimations de biomasse par couche par la méthode d'excavation totale et les prélèvements cylindre.

	sur 38 couples de données	sur 29 couples de données
R ²	0,29	0,58
coeff X	0,46	1,71
constante	64	16

Ce tableau, ainsi que la figure 6, montrent que la corrélation entre les 2 méthodes d'estimation de la biomasse racinaire pour un même objet (une couche de 10 cm d'épaisseur sur la surface d'emprise d'un plant) est faible:

- pour les volumes à faible biomasse, la méthode des cylindres donne des estimations plus fortes que la méthode d'excavation totale. Pour cette dernière, en raison de l'importance de la masse de terre à trier pour extraire les racines, on peut faire l'hypothèse d'une extraction moins complète que pour les cylindres de volume plus raisonnable.

- pour les volumes à forte biomasse on note une plus grande dispersion des données et un effet inverse: l'excavation totale donne des résultats supérieurs à la méthode cylindre. Il peut s'agir ici d'un biais lié à l'influence des plus grosses racines, peu nombreuses (donc localisées dans l'espace) mais dont la contribution au poids total de l'échantillon est prépondérant.

Ces commentaires tendent à remettre en cause la validité de la méthode de séparation racines/terre, longue et peu fiable. De nouvelles méthodes d'extraction par flottabilité seront testées l'an prochain.

V.2- convergence prélèvement cylindre / grille horizontale

Les figures 7 et 8 ci-dessous présentent les corrélations entre estimation de la biomasse racinaire par la méthode cylindre et les données grille horizontale traitées en présence/absence (figure 7) ou en somme (figure 8):

Figure 7: Confrontation entre estimation de la biomasse racinaire par la méthode des cylindres et les données grille horizontale traitées en présence/absence (%).

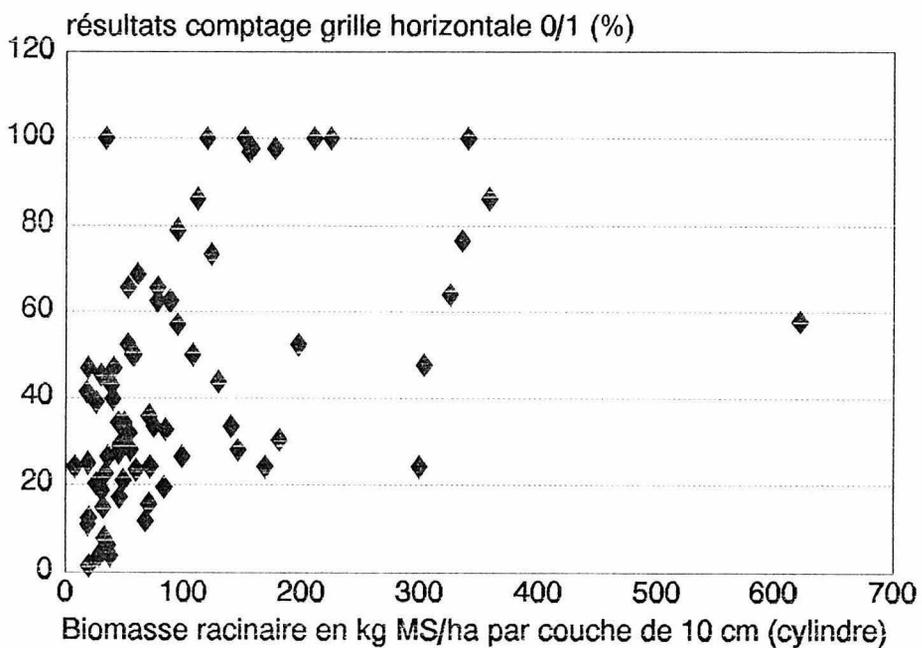
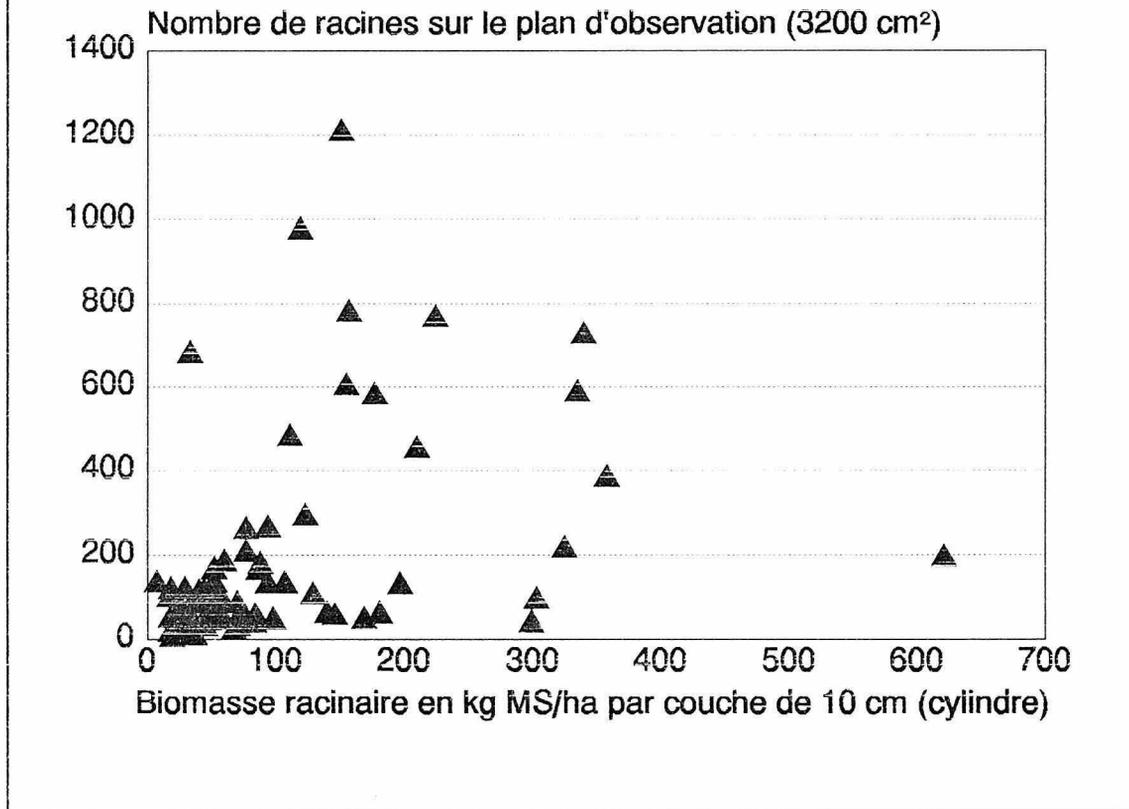


Figure 8: Confrontation entre estimation de la biomasse racinaire par la méthode cylindre et les données grille horizontale traitées en somme de racines par plan.



On constate dans les deux cas que la dispersion est importante, de sorte que la méthode grille semble peu adaptée à l'estimation des biomasses racinaires sans travaux d'étalonnage complémentaires.

V.3- synthèse des estimations de biomasse racinaire

Tableau 6: Synthèse estimation de la biomasse racinaire selon la date et la méthode employée. Biomasse en kg MS/ha.

	0-40cm	0-100cm	% 0-40cm
cylindres 5/08/93	347	-	-
cylindres 5/10/93	559	849	66%
tarière 27/10/93	717	-	-
cylindres 1/12/93	734	873	84%
excavation 1/12/93	695	792	88%

Lorsqu'il s'agit de l'estimation de la biomasse totale, les méthodes employées fournissent des résultats comparables. La proportion de biomasse dans les couches supérieures (0-40cm) est forte, mais variable en fonction de la date d'estimation.

VI- CONCLUSION, RECOMMANDATIONS METHODOLOGIQUES

VI.1- calendrier d'observation

Le tout début de campagne n'a pas été étudié, en raison de difficultés liées aux mises au point logistique des différentes méthodes. Nous n'avons donc aucune donnée sur la progression du front racinaire.

VI.2- méthodes employées

VI.21- méthodes basées sur la pesée des racines extraites d'un échantillon de volume connu

VI.211- excavation totale

La principale contrainte de cette méthode est liée à l'importance de la masse de terre extraite, environ 50 à 60 kg. Il en résulte des difficultés pour le prélèvement, le transport et la manutention. En outre, le temps nécessaire à l'extraction manuelle des racines dans un tel volume (une couche) varie entre 40 et 100 heures.

VI.212- prélèvement cylindre

L'étude complète d'un profil, selon notre plan de sondage, représente en moyenne une centaine de cylindres à prélever et trier, ce qui représente un temps laboratoire de 30 à 40 heures par profil.

VI.213- tarière racinaire

C'est la méthode qui semble la plus rapide et la plus facile à mettre en oeuvre. Nous manquons cependant d'éléments pour raisonner le plan de sondage à l'intérieur de la parcelle.

VI.214- séparation terre/racines, pesée des échantillons

Comme nous l'avons déjà signalé, la méthode manuelle que nous avons employée s'est révélée très longue, fastidieuse et peu fiable. Nous envisageons de tester l'an prochain des techniques de séparation par flottabilité: immersion de l'échantillon sur tamis dans de l'eau salée pour en augmenter la densité.

La pesée des échantillons après lavage nécessite l'emploi d'une balance de précision au mg.

VI.22- grille

Contrairement aux plantes à système racinaire fasciculé, le cotonnier (système racinaire pivotant) se prête mal à des observations sur plan vertical: les données de prospection que nous avons récoltées (non présentées dans ce rapport) sont peu corrélées aux résultats des observations sur plan horizontal.

Il n'est pas utile de compter le nombre de racines par maille de la grille. C'est une méthode peu fiable, qui dépend du savoir-faire de l'opérateur. A l'inverse, les cotations en présence/absence sont plus indépendantes de l'opérateur, plus rapides à réaliser, et fournissent une bonne image de la prospection racinaire.

Les corrélations entre données grille et estimation de biomasse racinaire sont faibles.

VI.23- recommandations méthodologiques

VI.231- estimation biomasse d'un peuplement

Concernant la méthode de prélèvement d'échantillons, l'utilisation d'une tarière racinaire semble le meilleur compromis, en respectant les points suivants:

- raisonner le plan de sondage pour couvrir le maximum de variabilité liée à l'éloignement des plans
- faire "suffisamment" de répétitions

Nous avons aussi fait des observations en fin de campagne sur la morphologie des pivots. En raison des corrélations fonctionnelles existant entre partie aérienne et système racinaire, entre pivot et racines secondaires, il est probable qu'il existe un certain nombre d'indicateurs sur des pivots arrachés en fin de campagne qui soient bien corrélés avec les biomasses racinaire ou aérienne. Les données recueillies cette année ont alimenté un référentiel que l'on complètera par des études sur un dispositif faisant varier les biomasses (essai en station ou dispositif multilocal en milieu paysan).

VI.232- estimation du volume prospecté

Comme mentionné ci-dessus, la seule observation sur plans verticaux, à moins de faire "beaucoup" de répétitions (et de perturber la parcelle) est peu adaptée à l'évaluation de la prospection racinaire sur cotonnier.

L'observation sur plans horizontaux à différentes profondeurs fournit de bonnes estimations. Nous préférons faire des notations en présence/absence plutôt que des comptages de racines par maille: gain de temps et de fiabilité. Nous pensons que la perte d'information (au moins une racine au lieu de x racines) peut être compensée:

- en diminuant la taille des mailles de la grille
- voire en utilisant un mode de cotation en classe (nombre de racines faible, moyen, fort...)

VI.3- limites des études sur système racinaire

VI.31- reconnaissance des racines de cotonnier

A moins de pouvoir garder un champ parfaitement propre dès avant le semis, les racines des adventices surestiment les biomasses et, dans une moindre mesure, les quantifications de volume prospecté, surtout pour les horizons superficiels. Il est en effet quasiment impossible, à moins d'alourdir considérablement les protocoles, de discriminer les racines vivantes de cotonnier des racines d'adventices ou même des racines mortes de cotonnier. On peut néanmoins limiter ce biais par des désherbages fréquents au stade émergence des adventices, ce que nous avons fait.

VI.32- turn-over des racines

On a mentionné qu'il semblait y avoir une diminution de la biomasse profonde (>40cm) entre la date 2 et la date 3 (voir IV.222, IV.322 et IV.323), ce qui pourrait s'expliquer par un turn-over assez rapide des racines. Selon cette hypothèse, la biomasse estimée en fin de campagne ne tient pas compte d'une fraction de la biomasse produite en début de campagne et déjà décomposée. La contribution du système racinaire au stock de matière organique du sol (source d'élément minéraux, notamment azote, pour la culture suivante) est donc vraisemblablement supérieure à nos estimations, mais nous sommes incapables d'en préciser un ordre de grandeur.

Néanmoins, la diminution de biomasse racinaire signalée est faible. Elle peut être la conséquence du plan de sondage appliqué et n'être pas significative.

VI.33- signification statistique des résultats

Par manque d'appui et de temps, aucune étude statistique n'a été menée sur les données présentées dans ce chapitre. On a toutefois mentionné que la dispersion des résultats est importante. Il convient donc de ne pas dépasser le strict cadre de l'étude méthodologique et de vouloir interpréter trop finement les données présentées en terme d'évolution du système racinaire pendant la campagne agricole.

I- INTRODUCTION

Le diagnostic de nutrition potassique du cotonnier est réalisé par la méthode du Diagnostic foliaire développée par l'IRCT. C'est une méthode empirique basée sur la composition des feuilles en N, S, P, B, Cl, K, Ca, Mg. Une autre méthode existe, développée au USA, basée sur la teneur en K des pétioles, mais qui a peu été utilisée en culture paysanne africaine.

II- MATERIELS ET METHODES

II.1- Objectif

Etudier la convergence de 2 méthodes de diagnostic de la nutrition potassique du cotonnier:

- * diagnostic foliaire (DF méthode IRCT),
- * diagnostic pétioleaire (DP méthode américaine).

II.2- Démarche

Afin de tester la validité du DP, on crée une variabilité des conditions de la nutrition potassique (demande en K, offre en K) en jouant sur:

- ▶ la date de semis: effet sur le potentiel de production et donc sur la demande en potasse,
- ▶ le travail du sol: effet sur le profil cultural et la prospection racinaire, et donc sur l'offre en potasse,
- ▶ les variétés: de sensibilité différente à la carence potassique: effets probables sur la demande (exigences en K),
- ▶ la fumure potassique: effet sur l'offre

II.3- Dispositif

Essai factoriel dans 4 situations contrastées:

- * Les 4 situations sont créées par des combinaisons de dates de semis et de modes de travail du sol:

2 dates de semis:

- DS1: précoce
- DS2: tardif (1 mois plus tard que DS1)

2 modes d'implantation de la culture:

- W0: sans travail du sol
- W1: avec travail du sol (passages répétés du tiller)

- * Factoriel (2*2) variétés * fumures, à 5 répétitions:

2 variétés retenues pour leur différence de sensibilité à la carence potassique (cf essais variétaux antenne 1990):

- V1: IRMA 1243, peu sensible
- V2: BULK 96-97, sensible.

2 niveaux de fumure potassique:

- K0: fumure NP-SB
- K1: fumure NP-SB + 150kg/ha de KCl

Les calendriers culturaux sont détaillés à l'annexe 1.

III- RESULTATS

Les observations réalisées concernent (i) la mesure des fractions de la biomasse (coton-graine, biomasse ligneuse, foliaire, racinaire), (ii) la croissance et le développement et (iii) les données analytiques potasse.

III.1- Production**III.11- Production coton graine**

Tableau 7: Analyse de variance sur la production coton-graine (kg/ha)

	DS1-W1	DS1-W0	DS2-W1	DS2-W0
Date de semis	2/06	2/06	2/07	2/07
moyenne générale	2579	2572	1355	1497
IRMA 1243	2536	2497	1554	1710
IRMA 96+97	2621	2646	1155	1285
Fumure K0 (00K)	2295	2309	1361	1529
Fumure K1 (90K)	2862	2834	1348	1465
f (Variété)	0,47	0,27	0,0001	0,002
f (Fumure)	0,0003	0,002	0,81	0,56
f (Variété * Fumure)	0,29	0,97	0,09	0,42
cv %	9,8	11,3	8,8	16,6

Sur les bandes en semis précoces, DS1-W1 et DS1-W0, on note une forte différence significative entre les 2 fumures, mais aucune différence variétale.

A l'inverse, sur les bandes en semis tardif, DS2-W1 et DS2-W0, il n'y a pas de différence entre les deux fumures, mais on constate une forte différence variétale en faveur de IRMA 1243.

III.12- Estimation de la biomasse ligneuse

Pour chaque parcelle élémentaire, sur la surface utile, nous avons fait couper et peser les tiges. les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous:

Tableau 8: Analyse de variance sur la biomasse ligneuse (kg/ha)

	DS1-W1	DS1-W0	DS2-W1	DS2-W0
Date de semis	2/06	2/06	2/07	2/07
moyenne générale	3093	3210	1499	1484
IRMA 1243	3097	3304	1885	1798
IRMA 96+97	3090	3115	1114	1170
Fumure K0 (00K)	2602	2654	1540	1529
Fumure K1 (90K)	3585	3765	1459	1439
f (Variété)	0,97	0,24	0,0000	0,0002
f (Fumure)	0,0002	0,0000	0,30	0,47
f (Variété * Fumure)	0,28	0,25	0,006	0,14
cv %	13,1	10,6	11,2	17,9

Les conclusions sont similaires à celles résultant l'analyse de variance des données de rendement coton-graine, à savoir:

Sur les bandes en semis précoces, DS1-W1 et DS1-W0, on note une forte différence significative entre les 2 fumures, mais aucune différence variétale.

à l'inverse, sur les bandes en semis tardif, DS2-W1 et DS2-W0, il n'y a pas de différence entre les deux fumures, mais on constate une forte différence variétale en faveur de IRMA 1243.

III.13- Estimation de la biomasse foliaire

Afin de mieux appréhender les biomasses mises en jeu (et donc la demande en potasse des cotonniers), nous avons cherché à estimer la biomasse foliaire en faisant ramasser quotidiennement les feuilles sénescentes sur une ligne (20m) de chaque parcelle élémentaire de la première répétition. Les résultats des pesées sont présentés dans le tableau ci-après:

Tableau 9: Estimation biomasse foliaire sur la première répétition (kg MS/ha)

	DS1-W1	DS1-W0	DS2-W1	DS2-W0	moyenne
V1K0	395	314	233	205	287
V1K1	357	366	284	254	315
V2K0	378	376	230	257	310
V2K1	474	426	266	216	346
moyenne	401	370	253	233	315

Aucune analyse statistique n'est possible en raison de l'absence de répétition. Néanmoins, on constate un effet date de semis: la biomasse foliaire mesurée est plus forte sur les semis précoces que sur les semis tardifs (respectivement 385 kg MS/ha contre 243 kg MS/ha).

Si l'on compare les couples K0/K1 (pour une même variété), la biomasse foliaire est plus importante pour K1 dans 6 cas sur 8.

De même, on peut soupçonner un effet variétal, uniquement pour les semis précoces, avec comme estimation 360 kg/ha MS pour IRMA 1243, 410 kg/ha MS pour Bulk 96-97.

III.14- Estimation de la biomasse racinaire

En fin de campagne, nous avons débuté une opération de mesure de la biomasse racinaire. L'estimation se base sur la pesée de la quantité de racines présentes dans un cylindre de prélèvement de 100 cm³. Le profil est découpé en couches à l'intérieur desquelles on prélève 7 cylindres répartis autour du plant étudié.

En outre, nous avons doublé cette estimation par pesée de relevés d'impacts racinaires sur grille 5*5: une lecture sur la face verticale avant du profil et une lecture horizontale à la cote 10 cm.

Les variables calculées sont les suivantes:

- ▶ BR 0-10 cm: biomasse racinaire entre 0 et 10 cm
- ▶ BR 0-20 cm: biomasse racinaire entre 0 et 20 cm
- ▶ BR 0-50 cm: biomasse racinaire entre 0 et 50 cm
- ▶ DR 0-20 cm: densité racinaire (somme des moyennes par couche) entre 0 et 20 cm
- ▶ DR 0-50 cm: densité racinaire (somme des moyennes par couche) entre 0 et 50 cm
- ▶ LH 10: moyenne des comptages par maille du plan 10 cm

Sur 32 parcelles initialement prévues (les 16 PE de la répétition 1 et les 16 PE de la répétition 4), seules les PE 1 à 7 ont été prélevées, et les couches concernées sont inégalement représentées (en raison d'horizon graveleux à faible profondeur).

Tableau 10: Résultats des estimations de biomasse racinaire. Comparaison des méthodes

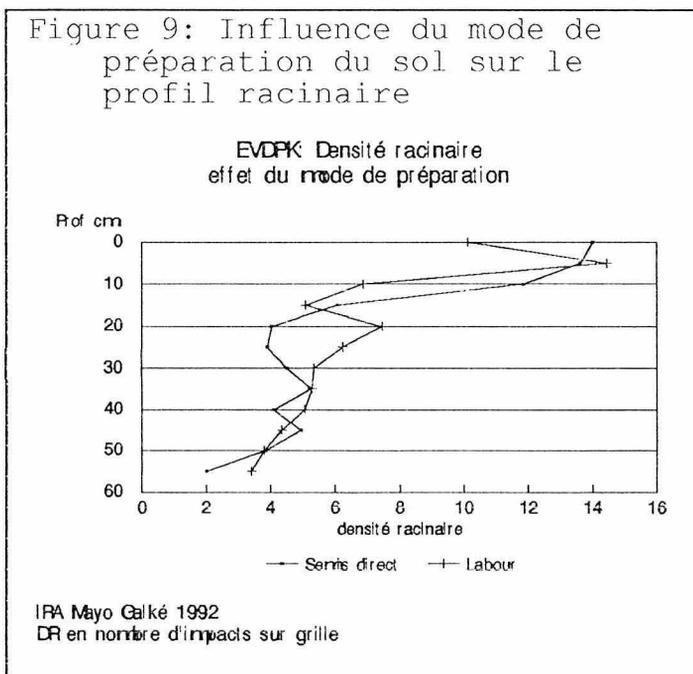
	méthode cylindre kg MS/ha			méthode grille		
	BR 0-10	BR 0-20	BR 0-50	DR 0-20	DR 0-50	LH 10
tiller	311	473	814	36,5	77,4	2,23
semis direct	370	680	-	45,5	78,2	2,59
test T	0,19	0,08	-	0,39	0,46	0,26
avec potasse	364	578	705	35,9	76,8	2,03
sans potasse	316	549	924	43,8	78,5	2,65
test T	0,28	0,43	0,13	0,34	0,43	0,07
IRMA 1243	330	595	726	39,8	79,8	2,24
BULK 96+67	346	517	903	41,2	75,0	2,57
test T	0,41	0,27	0,20	0,25	0,27	0,28

Commentaires:

Aucun test T n'est significatif au seuil de 5%. Il faut y voir la conséquence du manque de répétition.

La biomasse racinaire totale (0-50 cm) mesurée sur la bande 1 (tiller) est comprise entre 600 et 1000 kg MS/ha environ (moyenne 814 kg MS/ha). Les DR 0-50 cm ne sont pas différents entre les 2 modes d'implantation.

L'effet de la préparation du sol (comparaison W1/W0) est jugée sur la biomasse 0-20 cm et indique que le semis direct favorise le développement superficiel des racines (et inversement que le tiller favorise le développement profond). La figure 9 est construite à partir des données de comptage d'impact racinaire sur grille, et illustre cette différence entre les 2 modes d'implantation:



La potasse apportée semble accroître la biomasse racinaire.

III.15- Conclusion: biomasse totale

Tableau 11: Biomasse totale produite par bande kg MS/ha

	W1 DS1	W0 DS1	W1 DS2	W0 DS2
Coton graine	2579	2572	1355	1497
Biomasse foliaire	401	370	253	233
Biomasse ligneuse	3093	3210	1499	1484
Biomasse aérienne	6073	6152	3107	3214
Biomasse racinaire	814	-	-	-
Biomasse totale	6887	-	-	-

Pour un retard de semis de 1 mois, la biomasse aérienne chute de 50%, soit environ 100 kg MS/ha par jour de retard au semis.

Il n'y a aucune différence significative entre les 2 modes d'implantation de la culture, sauf au niveau de la répartition des racines: le travail au tiller favorise un enracinement profond.

III.2- Croissance et développement

Les variables relevées servent à caractériser le stade du peuplement au moment des prélèvements. On dispose des variables suivantes:

- * rang de la dernière feuille adulte (DFA) à 40 jours par rapport au noeud cotylédonnaire (nc)
- * rang de la DFA à 70 jours par rapport au nc
- * niveau de floraison (NF) à 70 jours par rapport à la première branche fructifère (BF1)
- * rang de la DFA à 100 jours par rapport au nc
- * rang de la DFA à 100 jours par rapport à BF1
- * hauteur à 100 jours

III.21- Tableaux d'analyse de variance

Les résultats des analyses de variance sont présentées aux tableaux n° 12 à 17.

Tableau 12: Variable rang de la dernière feuille adulte à 40 jas (par rapport au noeud cotylédonnaire)

	DS1 W1	DS1 W0	DS2 W1	DS2 W0
moyenne gale	8,2	9,0	7,4	7,2
IRMA 1243	a 8,5	a 9,2	a 7,7	a 7,5
BULK 96 97	b 7,9	b 8,8	b 7,1	b 7,0
fumure K00	8,2	9,0	7,4	7,3
fumure K90	8,1	9,0	7,5	7,2
f(variété)	0,0001	0,011	0,0010	0,002
f(fumure K)	0,65	0,63	0,47	0,54
f(var * fum)	0,53	0,13	0,11	0,75
cv %	2,9	3,5	4,1	4,3

Commentaires:

aucun effet de la fumure, quelque soit la date de semis.

dans tous les cas, il y a un effet variétal, IRMA 1243 faisant plus de noeuds que BULK 96-97

Tableau 13: Variable rang de la dernière feuille adulte à 70 jas (par rapport au noeud cotylédonnaire)

	DS1 W1	DS1 W0	DS2 W1	DS2 W0
moyenne gale	16,8	17,4	16,6	16,0
IRMA 1243	a 17,3	a 17,7	17,1	a 16,6
BULK 96 97	b 16,3	b 17,1	16,1	b 15,5
fumure K00	16,8	17,3	17,1	16,2
fumure K90	16,9	17,4	16,1	15,9
f(variété)	0,003	0,009	0,08	0,0002
f(fumure K)	0,73	0,61	0,07	0,22
f(var * fum)	0,04	0,39	0,34	0,81
cv %	3,5	2,8	7,3	2,7

Commentaires:

aucun effet de la fumure, quelque soit la date de semis.

dans tous les cas, il y a un effet variétal, IRMA 1243 faisant plus de noeuds que BULK 96-97

Tableau 14: Variable niveau de floraison à 70 jas (par rapport à la première branche fructifère)

	DS1 W1	DS1 W0	DS2 W1	DS2 W0
moyenne gale	3,1	3,6	2,7	2,9
IRMA 1243	a 3,5	3,7	a 2,9	a 3,3
BULK 96 97	b 2,8	3,5	b 2,5	b 2,6
fumure K00	a 3,3	a 3,8	2,7	3,0
fumure K90	b 3,0	b 3,4	2,7	2,9
f(variété)	0,0000	0,12	0,003	0,0004
f(fumure K)	0,015	0,04	0,99	0,84
f(var * fum)	0,43	0,37	0,61	0,14
cv %	6,5	8,5	9,4	10,7

Commentaires:

la fumure a un effet sur le niveau de floraison en semis précoce, mais pas pour les semis tardifs.

il y a un effet variétal dans 3 cas sur 4.

à la même date, les parcelles en semis direct ont des niveaux de floraison plus élevés que les parcelles travaillées.

Tableau 15: Variable rang de la dernière feuille adulte à 100 jas
(par rapport au noeud cotylédonnaire)

	DS1 W1	DS1 W0	DS2 W1	DS2 W0
moyenne gale	22,7	22,7	18,6	18,3
IRMA 1243	23,0	23,2	a 19,3	a 18,9
BULK 96 97	22,4	22,3	b 17,9	b 17,6
fumure K00	22,6	22,5	18,5	18,3
fumure K90	22,8	23,0	18,6	18,3
f(variété)	0,053	0,07	0,004	0,0017
f(fumure K)	0,39	0,30	0,79	0,99
f(var * fum)	0,65	0,60	0,68	0,22
cv %	2,4	4,2	4,7	3,9

Tableau 16: Variable rang de la dernière feuille adulte à 100 jas
(par rapport à la première branche fructifère)

	DS1 W1	DS1 W0	DS2 W1	DS2 W0
moyenne gale	15,4	16,0	12,2	12,1
IRMA 1243	a 15,8	a 16,7	a 12,8	a 12,7
BULK 96 97	b 15,0	b 15,4	b 11,5	b 11,4
fumure K00	15,2	15,8	12,2	12,1
fumure K90	15,7	16,3	12,2	12,0
f(variété)	0,008	0,011	0,0002	0,0004
f(fumure K)	0,08	0,20	0,99	0,85
f(var * fum)	0,71	0,72	0,96	0,27
cv %	3,6	5,9	4,1	5,0

Commentaires (sur les 2 tableaux précédents):

aucun effet de la fumure.

il y a un effet variétal: IRMA 1243 porte plus de branches fructifères que BULK 96-97; il en ressort un effet significatif sur le rang de la dernière feuille adulte, noté à partir de la première branche fructifère, mais, IRMA 1243 portant moins de branches végétatives que BULK 96-97, on ne note aucun effet significatif de la variété sur le rang de la dernière feuille adulte noté à partir du noeud cotylédonnaire.

Tableau 17: Variable Hauteur à 100 jours (cm)

	DS1 W1	DS1 W0	DS2 W1	DS2 W0
moyenne gale	159	155	121	119
IRMA 1243	160	a 161	a 134	a 129
BULK 96 97	159	b 149	b 107	b 109
fumure K00	b 154	b 150	119	120
fumure K90	a 164	a 160	119	118
f(variété)	0,81	0,0014	0,0000	0,0001
f(fumure K)	0,007	0,0047	0,43	0,61
f(var * fum)	0,99	0,95	0,57	0,70
cv %	4,2	4,5	7,5	6,3

Commentaires:

on note un effet fumure sur les semis précoces, mais pas sur les semis tardifs.

dans 3 cas sur 4, il y a un effet variétal, IRMA 1243 étant plus haute que BULK 96-97.

III.22- Commentaires généraux sur la croissance et le développement

la fumure n'a pas d'effet sur le nombre de noeuds portés par la plante,
 # ce nombre de noeuds est par contre fortement sous influence variétale, BULK 96-97 portant plus de noeuds végétatifs, IRMA 1243 plus de noeuds fructifères,
 # la fumure potassique a une influence sur la taille des plants en semis précoce,
 # enfin, on note un effet dépressif de la fumure K sur la vitesse de floraison, uniquement dans le cas des semis précoces.

Tableau 18: Synthèse des critères de croissance et développement par bande

	W1 DS1	W0 DS1	W1 DS2	W0 DS2
DFA 40 / nc	8,2	9,0	7,4	7,2
DFA 70 / nc	16,8	17,4	16,6	16,0
NF 70 / BFI	3,1	3,6	2,7	2,9
DFA 100 / nc	22,7	22,7	18,6	18,3
DFA 100 / BFI	15,4	16,0	12,2	12,1
Hauteur 100 cm	159	155	121	119

III.3- Résultats analytiques

Les variables de nutrition potassique présentées sont les suivantes:

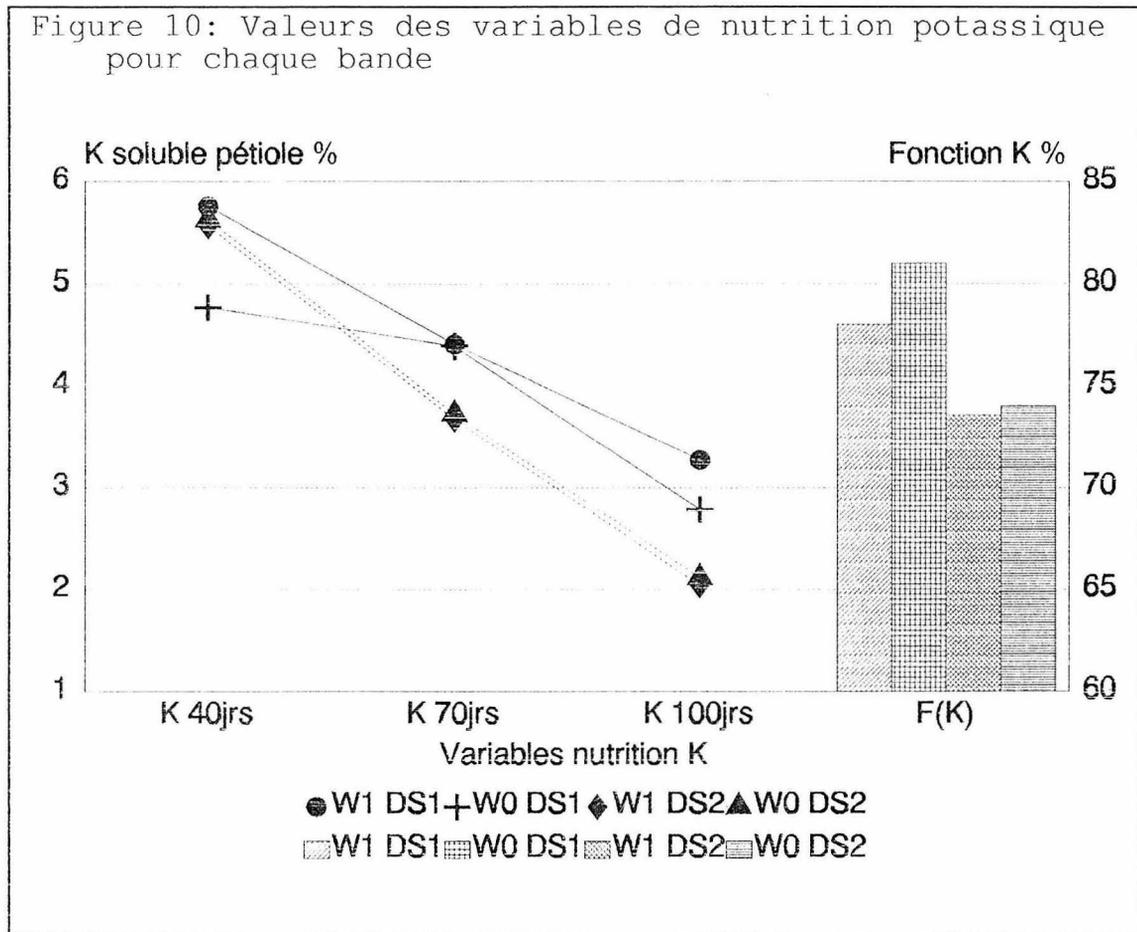
- * K40: potasse soluble dans les pétioles de la DFA à 40 jours (%)
- * K70: potasse soluble dans les pétioles de la DFA à 70 jours (%)
- * K100: potasse soluble dans les pétioles de la DFA à 100 jours (%)
- * F(K): fonction de production K (diagnostic foliaire IRCT)

III.31- Statistiques descriptives

Tableau 19: Statistiques descriptives des variables de nutrition potassique

	Moyenne	Ecart-type	CV%	Minimum	Maximum
K40	5,39	1,69	31,36	2,77	8,17
K70	4,40	0,94	21,30	2,80	6,03
K100	3,16	1,06	33,71	1,13	5,27
F(K)	78,83	15,87	20,14	36,94	96,09

La figure 10 ci-dessous présente les moyennes obtenues sur chaque bande et pour les 4 variables:



III.32- Analyses de variance par variable et par bande

Tableau 20: Analyses de variance par variable et par bande

		Moy Généré	V1	V2	K0	K1	P var	P fum	P var*fum	CV %
Bande 1	K40	5,76	5,92	5,59	b 4,28	a 7,24	0,12	0,000	0,67	7,7
	K70	4,41	4,51	4,31	b 3,57	a 5,25	0,23	0,000	0,27	8,1
	K100	3,28	3,43	3,13	b 2,64	a 3,93	0,17	0,000	0,24	14,2
	F(K)	78,03	79,85	76,21	b 64,60	a 91,46	0,28	0,000	0,72	9,3
Bande 2	K40	4,77	4,85	4,70	b 3,17	a 6,38	0,36	0,000	0,91	6,6
	K70	4,39	4,48	4,30	b 3,53	a 5,25	0,28	0,000	0,43	7,8
	K100	2,79	a 2,99	b 2,58	b 1,67	a 3,90	0,003	0,000	0,31	7,1
	F(K)	81,04	81,00	81,08	b 68,94	a 93,14	0,97	0,000	0,14	5,8
Bande 3	K40	5,57	a 7,66	b 3,49	5,48	5,67	0,000	0,63	0,51	15,7
	K70	3,68	a 4,44	b 2,92	3,59	3,77	0,000	0,22	0,57	8,8
	K100	2,05	a 2,81	b 1,29	2,06	2,04	0,000	0,84	0,48	13,4
	F(K)	73,59	a 91,88	b 55,31	a 77,15	b 70,04	0,000	0,045	0,018	9,6
Bande 4	K40	5,63	6,58	4,58	5,73	5,53	0,07	0,83	0,89	38,8
	K70	3,73	a 4,48	b 2,99	3,75	3,72	0,000	0,81	0,68	8,4
	K100	2,12	a 2,67	b 1,56	2,10	2,14	0,000	0,77	0,74	15,3
	F(K)	74,06	a 90,17	b 57,95	70,77	77,34	0,003	0,46	0,78	25,9

On note un effet significatif de la fumure sur les bandes en semis précoce, et un effet significatif de la variété sur les bandes en semis tardifs. Cette conclusion est semblable à celle sur les productions.

L'examen des moyennes de la bande 3 en semis tardif indiquent que F(K) est supérieur pour les traitements sans potasse. Il semble qu'il y ait eu une inversion dans le conditionnement des engrais des parcelles en semis tardif. Cette conclusion se trouve étayée par les observations en cours de campagne: les symptômes de carence potassiques sur les bandes en semis tardif s'expriment indépendamment de la fumure. En outre, cela pourrait expliquer les résultats de production, notamment le fort effet variétal en semis tardif.

En conséquence, nous avons décidé de ne pas tenir compte des résultats acquis sur les bandes 3 et 4 (y compris en ce qui concerne les productions et les variables de croissance et développement).

III.33- différence entre bandes; différence entre variables de nutrition potassique

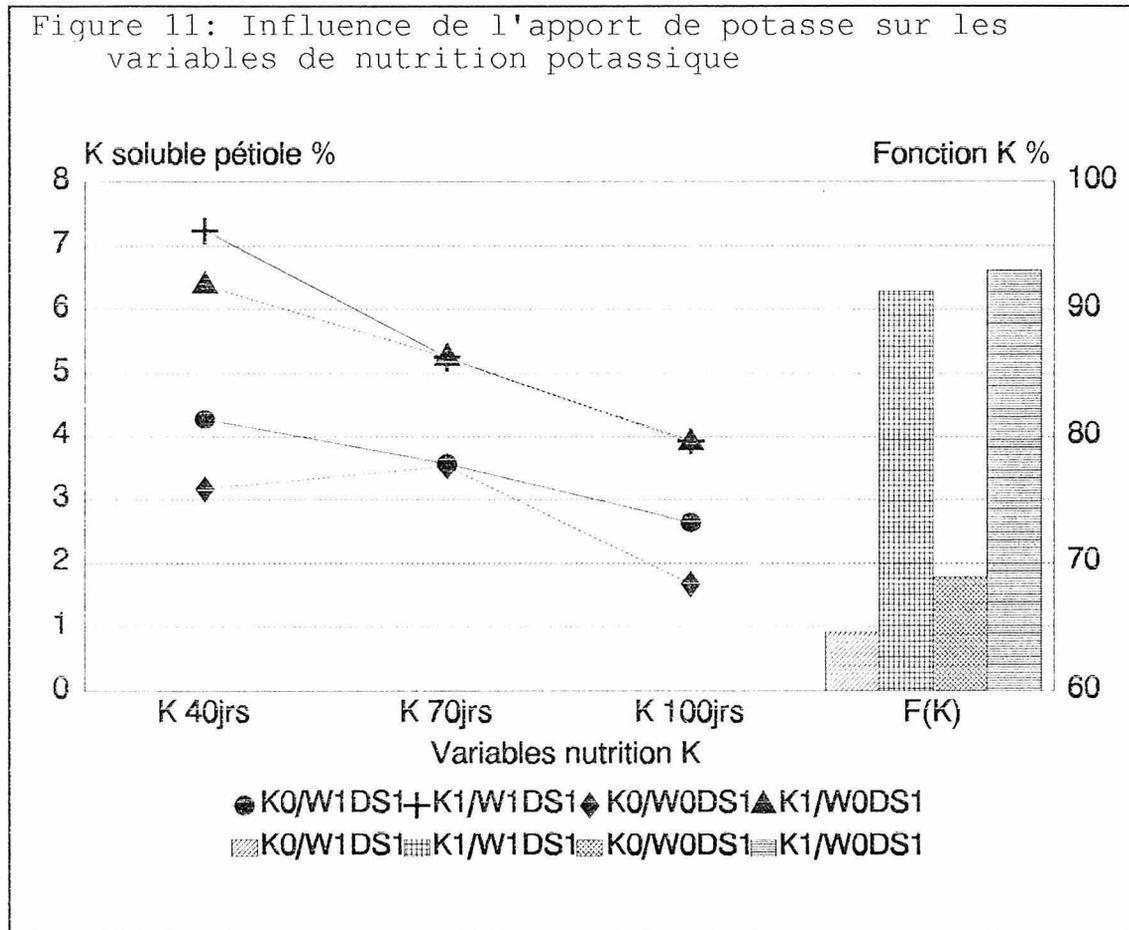
Pour chaque variable, les valeurs mesurées sur la bande 1 DS1W1 ne sont pas significativement différentes de celles mesurées sur la bande 2 DS1W0.

Par contre, pour chaque bande, les 3 variables d'analyse pétioleaire sont significativement différentes:

Tableau 21: Différences entre variables potasse par bande

	DS1W1	DS1W0
moyenne générale	4,48	4,15
K40	a 5,76	a 5,03
K70	b 4,41	a 4,38
K100	c 3,28	b 3,03

La figure 11 illustre l'influence de l'apport de potasse sur les variables de nutrition potassique pour les bande 1 & 2:



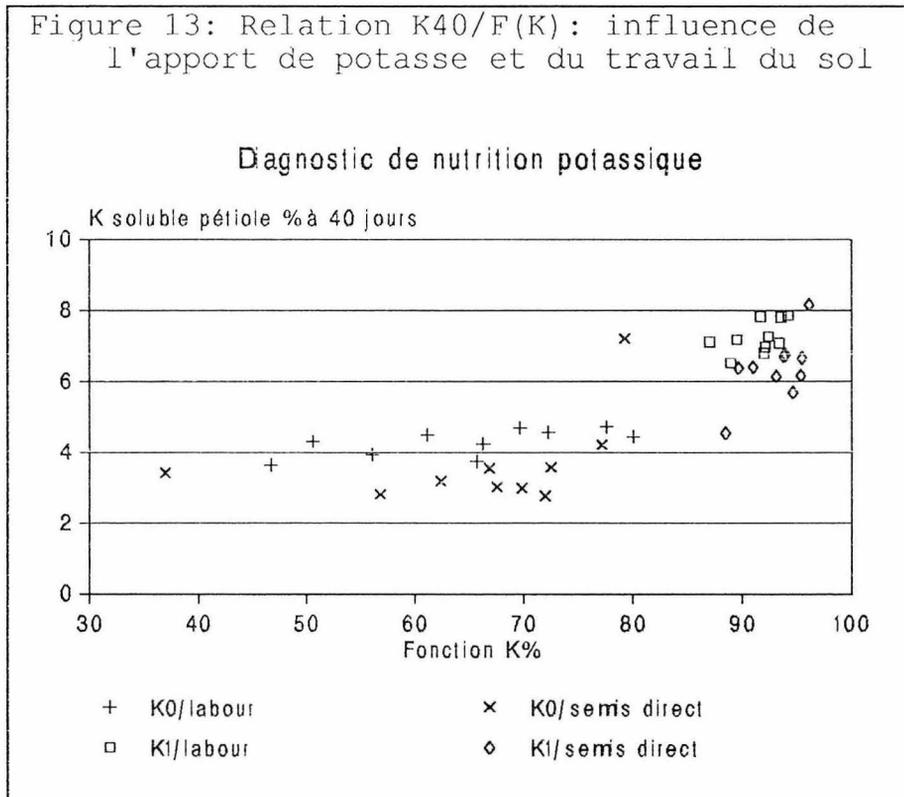
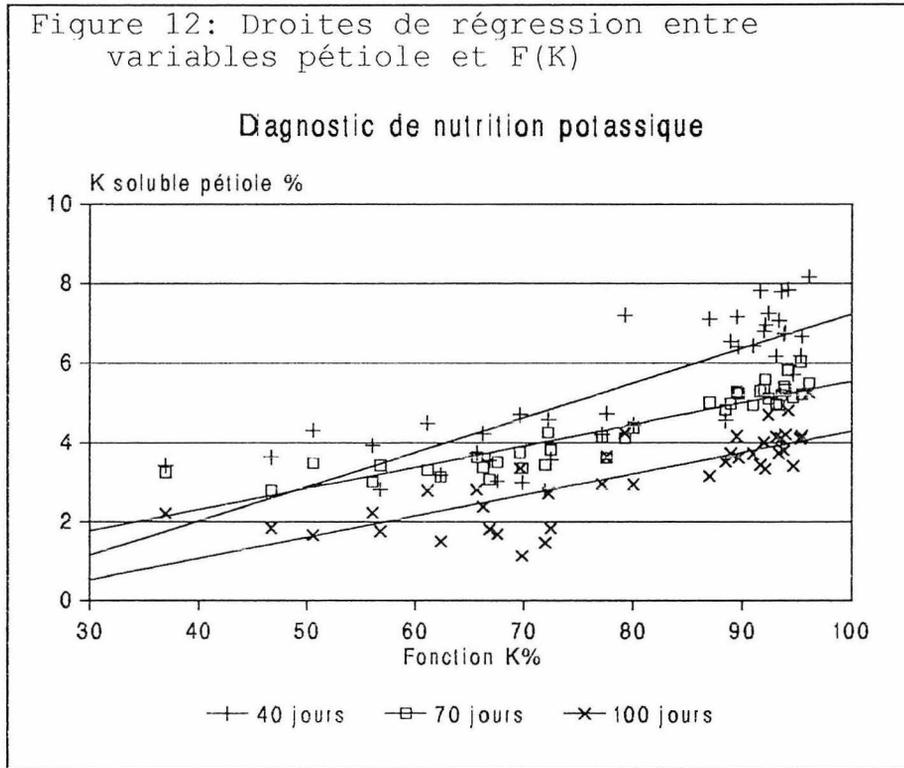
III.34- Corrélation entre variables de nutrition potassique

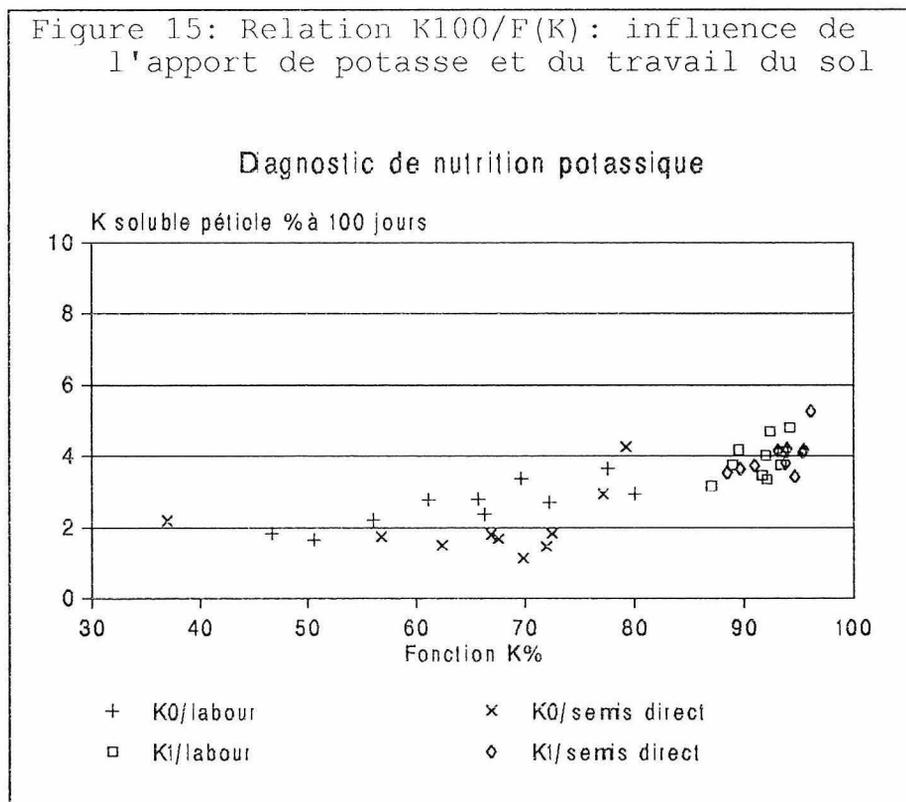
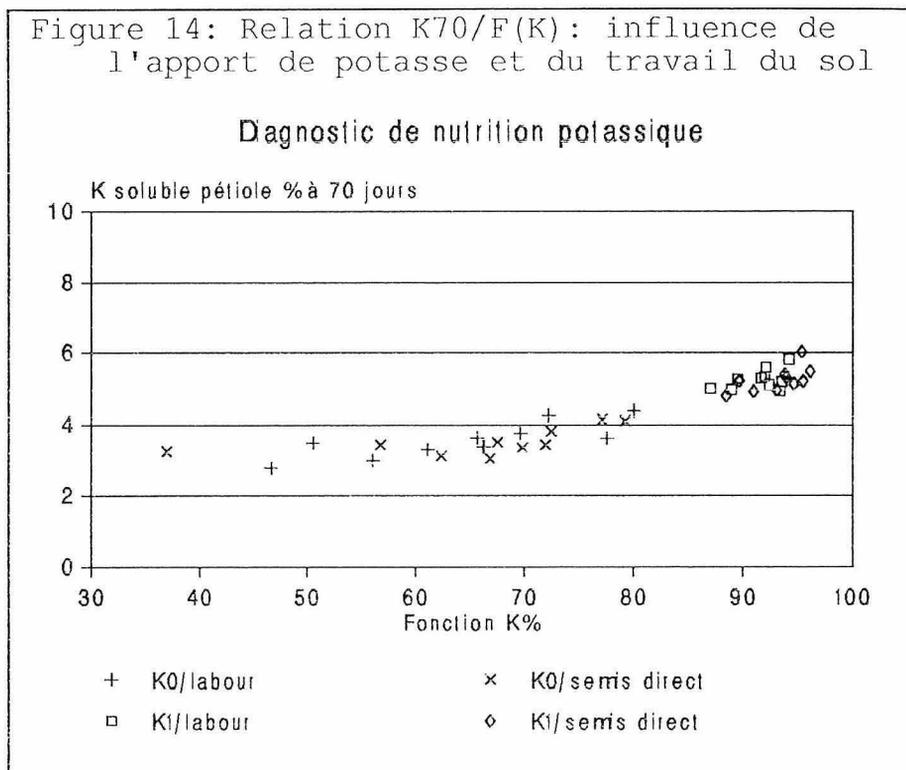
Tableau 22: Matrice de corrélation des variables de nutrition potassique

	K40	K70	K100	F(K)
K40	1			
K70	0,87	1		
K100	0,90	0,64	1	
F(K)	0,82	0,92	0,80	1

les coefficients de corrélation vont de 0.82 à 0.92. Le meilleur coefficient est celui reliant K70 à F(K): 0.92

Les figures 12 à 15 illustrent les relations entre variables d'analyses pétiolaires (K40, K70, K100) et variable d'analyse foliaire F(K).





La fonction de production $F(K)$ permet de discriminer les parcelles ayant reçu de la potasse. Toutes les parcelles K0 ont des $F(K) < 80$. Parmi les parcelles K1 (20 PE), on a la répartition suivante par rapport aux seuils de carence couramment utilisés:

Tableau 23: Répartition des parcelles K1 par classe de statut de nutrition potassique

classe	statut	effectif
$F(K) < 90$	carence franche	5 parcelles élémentaires
$90 < F(K) < 95$	présomption de carence	12 parcelles élémentaires
$95 < F(K)$	correct	3 parcelles élémentaires

Concernant les variables d'analyse pétioleaire:

- * K70 est la seule qui permette une ségrégation des parcelles avec et sans potasse, avec un seuil à 4.5%
- * K40 donne une séparation correcte à 2 parcelles près.
- * K100 donne trop de confusion

Les valeurs des parcelles en semis direct sont toujours beaucoup plus dispersées que celles des parcelles travaillées.

III.35- Relations entre rendement et variables de nutrition potassique

Tableau 24: Coefficients de corrélation entre rendements (coton-graine, tiges, total) et variables de nutrition potassique

	Coton-graine	Tiges	Biomasse aérienne
K40	0,67	0,75	0,76
K70	0,76	0,77	0,80
K100	0,65	0,72	0,73
$F(K)$	0,80	0,78	0,83

- * pour les 3 variables de production, les meilleurs coefficients sont ceux de la biomasse aérienne (coton-graine + tiges)
- * pour les 4 variables de nutrition potassique, les meilleurs coefficients sont ceux de $F(K)$ puis K70.

Les figures 16 à 23 illustrent ces relations sous forme de courbes-enveloppes.

Figure 16: Courbe-enveloppe rendement CG = f(K40)

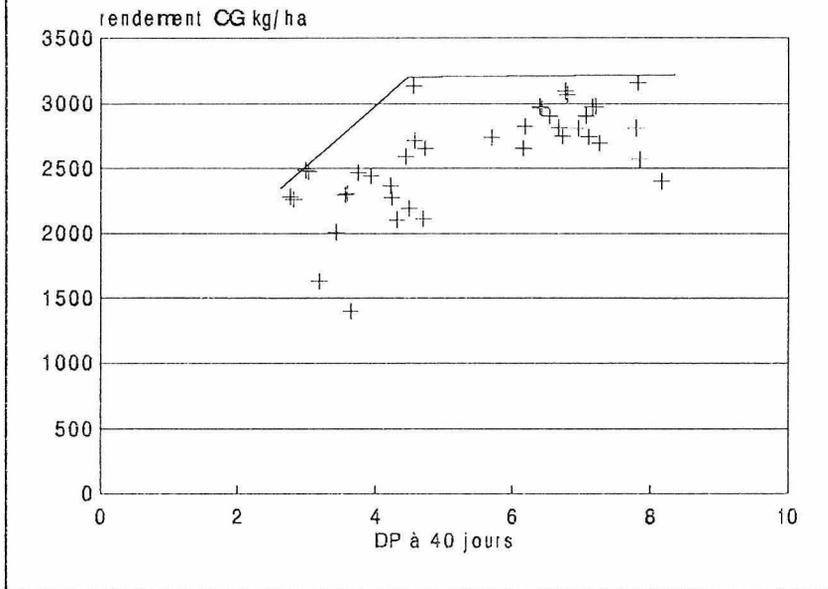


Figure 17: Courbe-enveloppe production totale = f(K40)

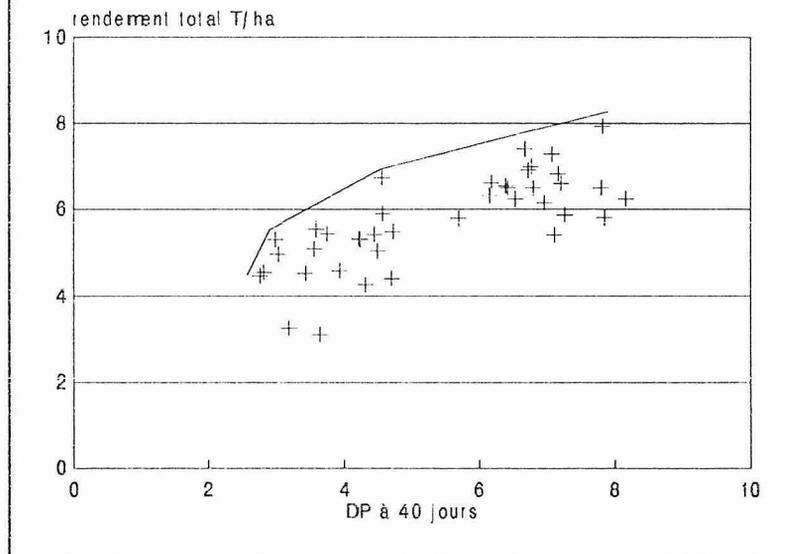


Figure 18: courbe-enveloppe rendement CG = f(K70)

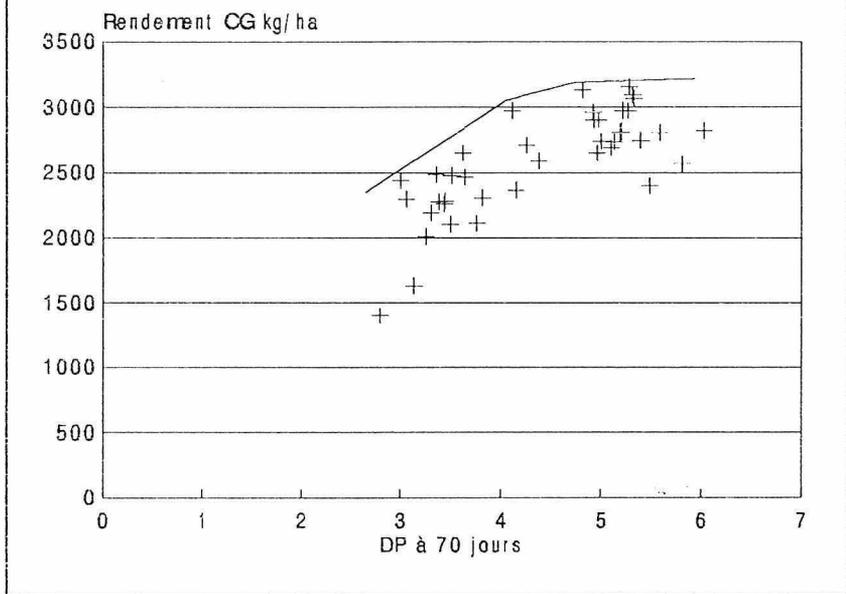


Figure 19: courbe-enveloppe production totale = f(K70)

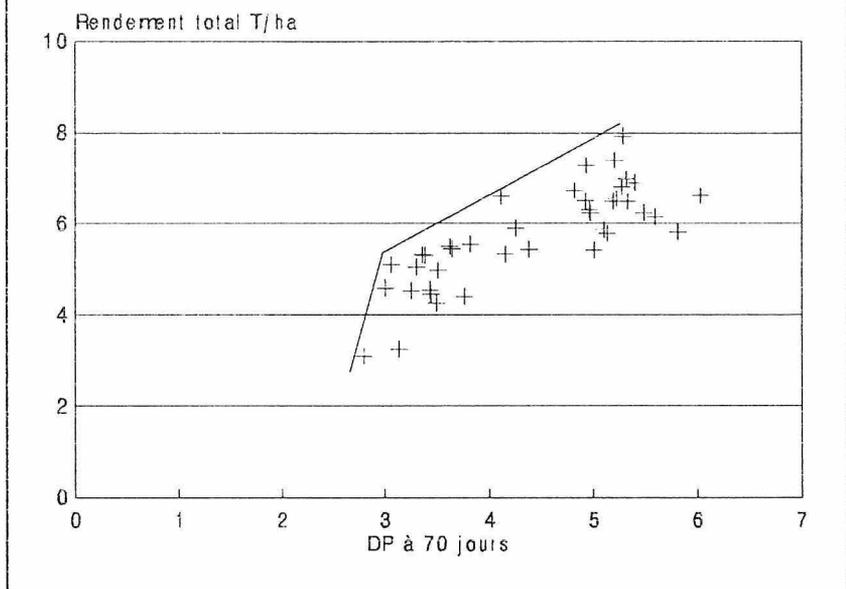


Figure 20: courbe-enveloppe rendement CG = f(K100)

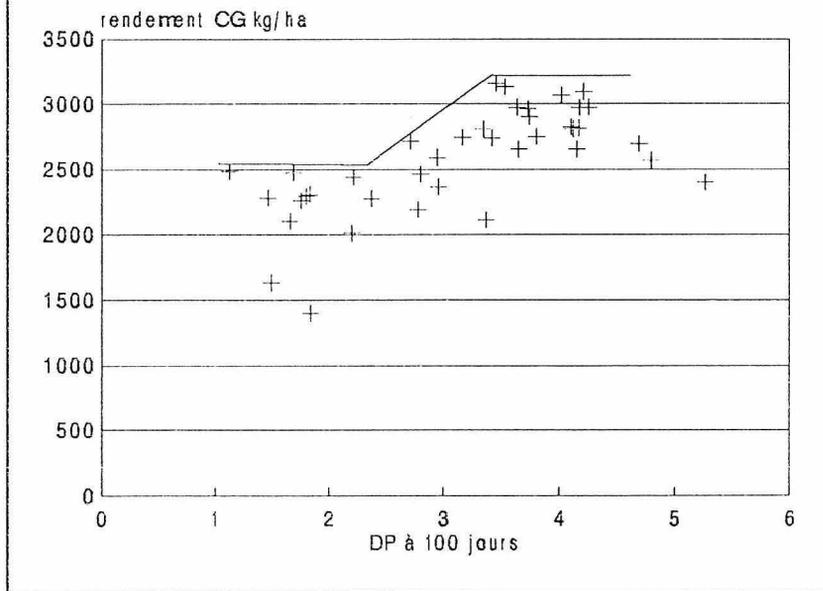


Figure 21: Courbe-enveloppe production totale = f(K100)

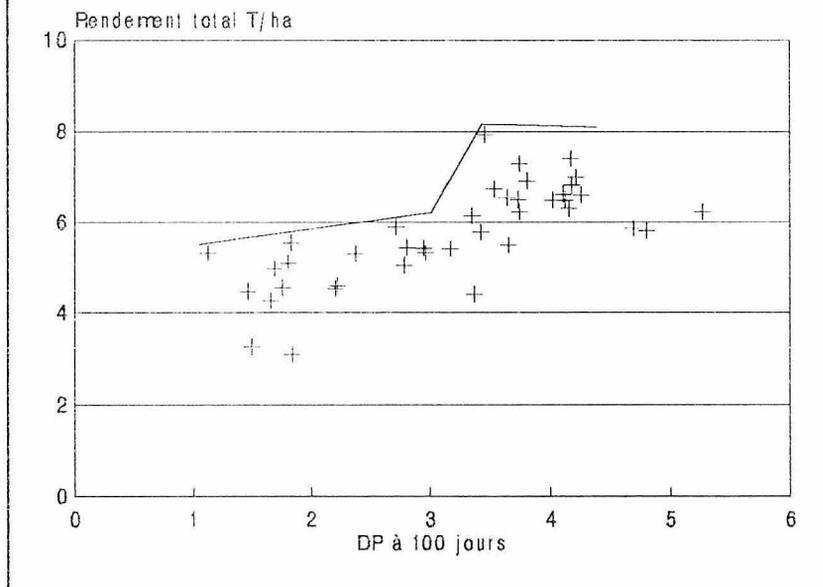


Figure 22: Courbe-enveloppe rendement = f(Fonction K)

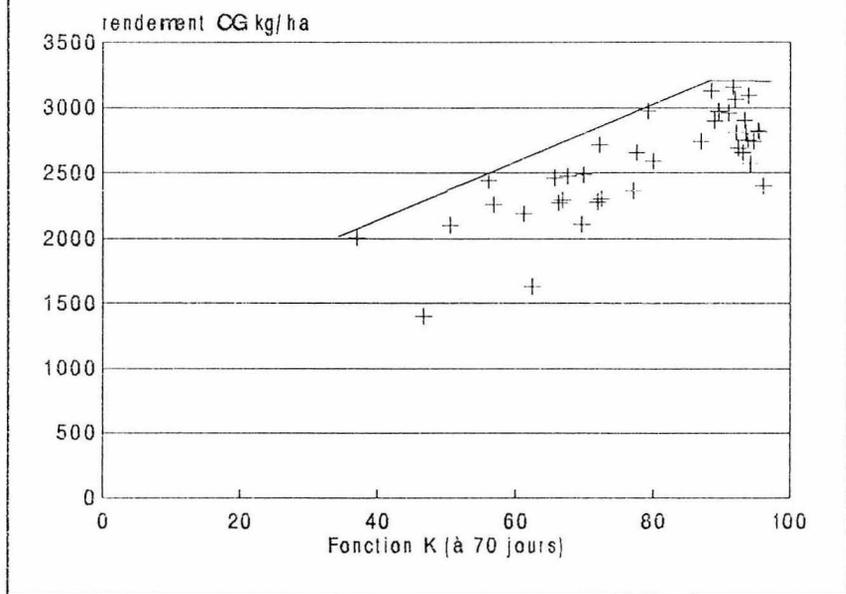
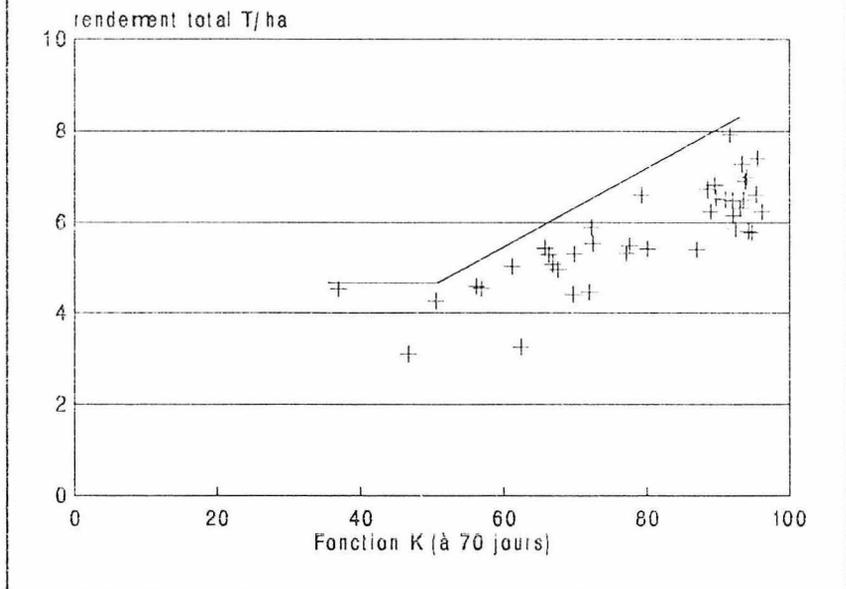


Figure 23: Courbe-enveloppe production totale = f(Fonction K)



Il n'existe pas d'outil pour juger de la qualité des courbes-enveloppes. La construction de ces enveloppes reste manuelle, et l'évaluation de leur validité simplement visuelle.

Les meilleures courbes sont celles construites avec la fonction de production K. La variable K70 est aussi satisfaisante.

L'intérêt des courbes-enveloppes construites avec la variables K100 est médiocre. Elles laissent apparaître un seuil correspondant au point d'inflexion de la courbe vers $K100 = 3\%$ et qu'il est difficile d'interpréter agronomiquement.

La fonction de production K donne une meilleure courbe-enveloppe avec le rendement coton-graine, alors que les variables de potasse pétiolaire se croisent mieux avec la production totale.

III.4- Conclusion

La fonction de production K reste le meilleur outil de diagnostic, malgré la dispersion des valeurs. Cependant, il est surprenant de trouver des parcelles ayant reçu 90 unités de potasse être classées en situation de carence ($f(K) < 95$).

Le dosage de la potasse pétiolaire à 70 jours semble valable, mais il est regrettable d'avoir du abandonner les bandes en semis tardif. Dans la mesure où on ne constate aucune différence dans les bandes en semis précoce entre les 2 modes d'implantation, la validité de K70 reste limitée à une situation.

La validation de cette méthode nécessitera donc une expérimentation complémentaire avec différentes dates de semis, dans différents lieux.

ANNEXE 1: Itinéraires techniques et calendriers culturaux de l'essai validation du diagnostic petiolaire potasse

bande	DS1 W1	DS1 W0	DS2 W1	DS2 W0
préparation sol	25/05 3 * tiller	-	25/05 au 25/06 3 * tiller	-
herbicide contact	-	-	Gramoxone 21/ha	Gramoxone 21/ha
semis	02/06	02/06	02/07	02/07
écartement	0.25 * 0.80	0.25 * 0.80	0.25 * 0.80	0.25 * 0.80
herbicide prélevée	04/06 Diuron + Gramoxone 21/ha	04/06 Diuron + Gramoxone 21/ha	03/07 Diuron + Gramoxone 21/ha	03/07 Diuron + Gramoxone 21/ha
resemis	20/06	20/06	26/07	26/07
démariage	22/06 1 plant/poquet	22/06 1 plant/poquet	30/07 1 plant/poquet	30/07 1 plant/poquet
engrais	10/06	10/06	21/07	21/07
désherbage	15/07	15/07	07/08	07/08
urée	22/07	22/07	11/08	11/08
buttage	22/07	-	21/08	-
traitements insecticides	hebdomadaire	hebdomadaire	hebdomadaire	hebdomadaire
densité après resemis/ha	34135	34990	38040	37623

ANNEXE 2: Caractérisations de physique du sol menées sur l'essai Fertilisation Sanguéré 1993 du Programme Systèmes de Culture

- 1- profils racinaires méthodes grilles verticales
 - ▶ sur coton: 30^{ème} jour
45^{ème} jour
récolte
 - ▶ sur maïs: 30^{ème} jour
45^{ème} jour
- 2- profils culturaux après préparation du sol
 - ▶ 2 profils culturaux par type de travail du sol
- 3- densité apparente par la méthode des cylindres
 - ▶ sur 2 profils par parcelle élémentaire
 - ▶ dans l'horizon travaillé et l'horizon sous-jacent
 - ▶ 5 cylindres par volume prélevé
 - ▶ à 2 dates: août et novembre 1993
- 4- test d'infiltration
 - ▶ 4 répétitions par parcelle élémentaire
 - ▶ à 2 dates: août et novembre 1993
- 5- suivi des états de surface
 - ▶ basé sur la distinction péllicule de battance/dépot de sable libre
 - ▶ sur 4 placettes de 0,4m² par parcelle élémentaire
 - ▶ 12 observations pendant la campagne
- 6- pénétrométrie manuelle en humide
 - ▶ 12 répétitions par parcelle élémentaire
 - ▶ 3 dates: juillet, août et octobre 1993
- 7- pénétrométrie à percussion en sec
 - ▶ 5 répétitions par parcelle élémentaire
 - ▶ en février 1994