

INSTITUT DE RECHERCHES AGRONOMIQUES TROPICALES ET DES CULTURES VIVRIÈRES

IRAT

COMPTE RENDU DE MISSION

AU NIGER

(18 au 29 Septembre 1973)

par C. CHARREAU

Décembre 1973

COMPTE RENDU DE MISSION

AU NIGER

(18 au 29 Septembre 1973)

par C. CHARREAU

-:-:-:-:-

Décembre 1973

	<u>page</u>
2.2 - MESURES ET OBSERVATIONS FAITES SUR LES ESSAIS DE SOUS-SOLAGE	24
2.2.1 - Conditions de réalisation des essais	24
2.2.2 - Observations et mesures sur l'essai A de Tillakeina	27
2.2.3 - Observations sur l'essai B de Tillakeina	29
2.2.4 - Observations sur l'essai C de Tillabéry	31
2.2.5 - Observations sur l'essai D de Tillabéry	32
2.2.6 - Résumé des observations	34
2.3 - ETUDES A POURSUIVRE	34
2.3.1 - Programme à court terme	34
2.3.2 - Programme à moyen terme	36

A N N E X E S

- I - Résultats d'expérience sur le rôle du fer dans le comportement des terres de Tillabery et Tillakeina soumises à l'analyse granulométrique.
- II - Résultats analytiques sur les sols du point d'essais de Tillabéry.
- III - Résultats analytiques sur les sols du point d'essais de Tillakeina.

GRAPHIQUE : TILLAKEINA, Essai, bloc S-E.

----- oOo -----

S O M M A I R E

	<u>page</u>
OBJET	1
CALENDRIER	1
RESULTATS	2
1 - <u>STATION DE TARNA</u>	2
1.1 - LES OBSERVATIONS SUR LES SOLS ET LES ESSAIS DE LA STATION	2
1.2 - PROJET D'ARTICLE DE SYNTHESE SUR LE TRAVAIL DU SOL	4
1.3 - PROGRAMME A POURSUIVRE EN MATIERE DE TRAVAIL DU SOL ET DE PHYSIQUE DU SOL	5
1.3.1 - A TARNA	5
1.3.2 - A MAGARIA	7
1.3.3 - A KAWARA	7
1.4 - RECOMMANDATIONS DIVERSES	8
2 - <u>POINTS D'ESSAIS DE TILLABERY ET TILLAKEINA</u>	10
2.1 - RESULTATS OBTENUS A LA SUITE DE LA PREMIERE MISSION DE NOVEMBRE 1972	10
2.1.1 - Rappel des observations effectuées sur le terrain	10
. à Tillabéry	10
. à Tillakeina	11
2.1.2 - Analyse granulométrique et rôle du fer dans le comportement des sols soumis à cette analyse	11
2.1.3 - Systèmes de porosité - Gonflement - Stabilité structurale	14
2.1.4 - Relations entre caractéristiques pé- dologiques et croissance de la canne	17
2.1.4.1 - à Tillabéry	17
2.1.4.2 - à Tillakeina	22

... / .

COMPTE RENDU DE MISSION

AU NIGER

(18 au 29 Septembre 1973)

par C. CHARREAU

-:-:-:-:-

Objet

L'objectif de la mission était double :

- A la Station de TARNA, examiner, avec M. CHAROY, l'ensemble du programme d'étude sur le travail du sol; effectuer quelques observations et prélèvements sur les sols de TARNA.
- A TILLABERY, effectuer, avec M. VALET, diverses observations et mesures de physique des sols sur les essais de sous solage, avant implantation de la canne à sucre; examiner, avec M. VALET, l'ensemble des problèmes pédologiques posés par le développement de la canne à sucre dans cette région.

Calendrier

- Mercredi 19 Septembre : Arrivée à NIAMEY - Contact et discussions avec MM. CHAROY et VALET -
Après-midi : visite aux points d'essai de TILLABERY et TILLAKEINA -
Contact avec M. du TILLY - Définition du programme de travail sur les points d'essai.
- Jeudi 20 au Samedi
- 22 Septembre : Parcours NIAMEY-MARADI par avion - Visite à la Station de TARNA - Observations aux champs - Discussions avec M. CHAROY -
- Dimanche 23 Septembre : Parcours MARADI-NIAMEY par route -
Bibliographie.
- Lundi 24 Septembre : NIAMEY - Discussions avec M. VALET -
Regroupement et classement des données sur les sols et les mesures à la sonde -
Départ pour TILLABERY le soir -

Mardi 25 au jeudi
27 Septembre : TILLABERY - Observations et mesures sur les essais de sous-solage.

Vendredi 28 Septembre : retour à NIAMEY - regroupement et synthèse des observations - Vérification et classement des échantillons.

Samedi 29 Septembre : Discussion générale de clôture avec MM. CHAROY, VALET et du TILLY - Départ l'après-midi pour BAMAKO, par avion.

RESULTATS

=====

1 - STATION DE TARNA

On distinguera :

- les observations faites sur les sols et les essais de la station,
- le projet d'article de synthèse de M. CHAROY sur le travail du sol au NIGER,
- le programme à poursuivre en matière de travail du sol et de physique des sols.

1.1 - LES OBSERVATIONS SUR LES SOLS ET LES ESSAIS DE LA STATION

Des observations et des prélèvements de sols ont été effectués sur terrains dunaires de la station de TARNA et sur terres de goulbi à la S.E.H.A.

Deux profils de sols ont été examinés à la station de TARNA à proximité des essais de travail du sol et de l'essai enfouissement de paille et d'apport d'azote.

Le relief dunaire quaternaire est ici très émoussé. Les profils de sols sont très proches de ceux des sols "Dior" du Centre-Nord du Sénégal formés également sur massif dunaire quaternaire. Mais le matériau sableux à TARNA est sensiblement plus grossier qu'à BAMBEY. Ceci pourrait expliquer la différence de comportement de ces sols pendant la saison sèche, l'atténuation très sensible du phénomène de reprise en masse et la possibilité de labourer le sol en sec à TARNA, ce qui n'est guère envisageable à BAMBEY. Huit prélèvements de sols correspondant à ces deux profils ont été effectués. Des analyses granulométriques détaillées des sables seront réalisées et comparées aux mêmes analyses faites sur les sols de BAMBEY.

... / ...

A la SEHA se pose un problème d'évolution des sols sous l'influence de l'irrigation avec des eaux modérément chargées en sels.

Il a été noté, après plusieurs années d'irrigation, que :

- les propriétés physiques des terres se dégradent : les terres se prennent en masse, deviennent moins filtrantes et plus difficiles à travailler (influence probable de l'alcalinisation).
- les eaux de drainage de lysimètres installés sur ces terrains sont très chargées en sels et notamment en sodium.

Quelques prélèvements superficiels de sols ont été faits pour avoir une première appréciation du degré de salinisation et d'alcalinisation. Trois emplacements ont été choisis :

- sol témoin, qui n'a jamais été irrigué. Prairie à chloris sp. sp., cynodon dactylon, cypracées (Cyp. rotundus) - 2 prélèvements.
- parcelle 1 : essai comparatif de sorghos de goulbi (programme Institut). Parcelle en irrigation continue depuis 1966. Reçoit environ 10.000 m³ ha d'eau par an (7.000 en saison sèche; 3.000 en hivernage + une préirrigation avant labour).

La parcelle est à proximité immédiate de l'emplacement où a été prélevé le sol témoin.

Dans l'horizon superficiel, la terre est de couleur brune, limono argileuse (20 à 25% d'argile), plastique, à structure fragmentaire. Quelques efflorescences blanches à la surface. 6 prélèvements effectués (2 sites; billon et sillon).

- parcelle 2 : culture fourragère de *Tripsacum laxum*. Irriguée depuis 1965; cultivée en fourrages depuis 1969 avec irrigation de 12 à 15.000 m³/an.

Terre sablo argileuse en surface (8 à 10% d'argile) de couleur jaune beige. 4 prélèvements effectués.

J'ai effectué, avec MM. CHAROY et SAPIN, une visite d'ensemble des essais de la Station de TARNA. Malgré la pluviométrie très déficitaire de l'année (280 mm contre 610 mm pour la normale) les cultures sur la station sont, dans l'ensemble, d'assez belle venue et contrastent avec la médiocrité environnante.

A noter sur sol dunaire le bon comportement des sorghos à court cycle et des mils nains d'origine indienne.

Diverses observations de profils culturaux et racinaires ont été faits à titre de démonstration par M. CHAROY.

Sur les essais de travail du sol cultivés en mil, on note sur le témoin, un enracinement correct et assez bien réparti. Il en est de même pour le traitement avec scarifiage où l'on retrouve avec quelques difficultés, la limite du travail du sol. Celle-ci est bien visible, par contre, à 8 ou 10 cm de profondeur, sur les traitements comportant un labour l'enracinement est très abondant et bien ramifié dans la couche labourée; il diminue très sensiblement en dessous.

Dans les essais de bilan de l'azote (enfouissement de pailles doses d'azote), on retrouve ce contraste dans l'enracinement entre couche labourée et couche sous jacente. Lorsqu'il y a enfouissement de pailles, on observe à 8 cm - 10 cm de profondeur, sur le fond du labour un lit important de pailles tronçonnées en voie de décomposition. Les réalisateurs de l'essai ont noté une moins bonne levée sur les traitements avec enfouissement. L'enfouissement ayant lieu en début de saison (et non à la fin de l'hivernage précédent), ceci pourrait tenir au fait que les pailles non décomposées absorbent trop d'eau, au détriment des plantules.

Il peut y avoir d'autres raisons (notamment : mauvais contact entre graines et sol, rôle d'obstacle mécanique des pailles); ce point serait à vérifier par des observations précises à la prochaine campagne.

Sur un labour réalisé au tracteur après récolte du mil, avec enfouissement du plateau de tallage, on a pu noter un effet "mulch" très net, avec bonne conservation de l'humidité en profondeur; l'humidité devrait se conserver pendant toute la saison sèche.

Enfin les observations de profil racinaire faites sur mil nain d'origine indienne (et sélectionné à BAMBEY) ont révélé un système racinaire particulièrement puissant et ramifié, descendant bien en profondeur.

1.2 - PROJET D'ARTICLE DE SYNTHESE SUR LE TRAVAIL DU SOL AU NIGER

Un document de synthèse a été établi par M. CHAROY, regroupant la plupart des résultats obtenus dans les essais de façons préparatoires réalisés au Niger. Cette initiative est excellente et ce document devrait faire l'objet de publication dans l'Agronomie Tropicale.

Des indications ont été fournies à M. CHAROY sur les modifications à lui apporter, dans cette perspective.

Parmi celles-ci on notera plus particulièrement :

Sur le fond :

- . Nécessité de fournir davantage de précisions sur les sols sur lesquels se sont déroulés les essais, les effets des techniques de préparation pouvant varier largement en fonction de la nature des sols.
- . Intérêt d'inclure, dans cette synthèse, les essais réalisés dans le Niger Ouest, à Kala-Paté (M. NABOS pourrait fournir à M. CHAROY les renseignements qui lui manquent).

./.

- . Intérêt de faire ressortir davantage les interactions entre travail du sol et fumure minérale pour les essais qui permettent le calcul de ce type d'interactions.

Sur la forme :

- . Modifications dans la présentation des tableaux de résultats.
- . Réalisation de graphiques.

1.3 - PROGRAMME A POURSUIVRE EN MATIERE DE TRAVAIL DU SOL ET DE PHYSIQUE DU SOL

Les essais de façons préparatoires mis en place au Niger sont des essais en rotations; plusieurs d'entre eux sont conduits en série (toutes les phases de la rotation représentées chaque année sur le terrain). Tous les essais doivent prendre fin normalement dans les deux années qui viennent.

M. CHAROY a pensé qu'il serait intéressant de profiter de ces dernières campagnes pour effectuer, sur ces essais, diverses mesures de physique de sol et tenter de relier les modifications apportées au profil cultural par le travail du sol aux accroissements de rendements obtenus grâce à ces techniques.

Ceci, en s'inspirant de ce qui a été réalisé dans d'autres pays africains, en particulier au Sénégal. Nous ne pouvons qu'approuver cette idée dont la mise en oeuvre devrait permettre d'établir d'intéressantes comparaisons et de fournir de meilleures bases pour des modalités de préparation du sol et la généralisation des résultats.

Dans cette perspective un programme de travail a été élaboré qui concerne les points d'essai de Tarna et Mogaria sur sols dunaires et de Kawara sur sols sablo-limoneux de banquettes.

Ce programme est le suivant :

1.3.1 - A TARNA

Les essais de travail du sol comporteront en 1973 et 1974 les cultures suivantes :

	1973	1974	1975
Sole C	2ème Mil	Arachide	Jachère
Sole D	1er Mil	2ème Mil	Jachère

En 1974, la sole C devait être normalement abandonnée à la jachère; on y cultivera une arachide pour permettre d'effectuer diverses observations sur cette culture.

./.

Les observations et mesures à effectuer seront les suivantes :

- Profils hydriques et pénétrométrie.

Le but est d'obtenir sur les différents traitements de l'essai les courbes de développement de la cohésion en fonction du temps et du dessèchement des sols (description quantifiée du phénomène de reprise en masse).

Les mesures seront faites sur deux blocs de chaque essai; 4 répétitions par traitement.

Mesure de la résistance à la pénétration jusqu'à une profondeur de 50 cm. Compte tenu du modèle de pénétromètre disponible au Niger, il sera sans doute indiqué d'utiliser un poids de 2 kg (à vérifier par essais préliminaires).

Prélèvements à la tarière d'échantillons de sols pour mesure de l'humidité - tous les 10 cm jusqu'à 50 cm de profondeur; prélèvements ensuite à 1 m et à 1,50 m.

Les mesures doivent commencer dès Septembre 1973.

Périodicité : toutes les semaines jusqu'à la fin Novembre; tous les mois, ensuite, jusqu'à la fin de la saison sèche.

Il y aurait intérêt à poursuivre ces mesures au cours de la saison des pluies 1974.

On effectuera également ces mesures en dehors des essais (mais à proximité) sur le sol nu et sur une jachère.

- Densité apparente : mesures sur tous les traitements des deux essais aux profondeurs de 0 à 10 cm et 10 à 20 cm (limites à modifier éventuellement suivant la profondeur atteinte par le travail du sol) - 4 répétitions par traitement. Les mesures se feront soit au densitomètre à membrane, soit par la méthode des anneaux. Elles seront réalisées en début de saison des pluies.

A côté des essais on creusera, en saison des pluies, une fosse pour mesurer la densité apparente dans les horizons profonds du sol. Prélèvements tous les 10 cm jusqu'à 50 cm de profondeur - Prélèvements aux niveaux de 1 m et de 1,50 m.

- Observation de profils culturaux : à effectuer à la fin de la saison sèche 1974, mais avant réalisation des travaux. Une nouvelle série d'observations de profils culturaux et racinaires sera faite à la floraison du mil.

Observations sur 2 blocs de chaque essai; deux répétitions par parcelle.

1.3.2 - A MAGARIA

La succession des cultures sur les essais sera la suivante :

	1972	1973	1974	1975
Sole A	1er Mil	2ème Mil	Arachide	Jachère
Sole B	Arachide	Jachère	Jachère	Jachère
Sole C	2ème Mil	Niébé	Mil	Jachère

Observations et mesures à effectuer :

- A la fin de la sèche, avant réalisation des travaux culturaux sur les traitements on réalisera la série d'observations et mesures suivantes :

- . Profils culturaux
- . Profils hydriques
- . Profils pénétrométriques

Les mêmes mesures seront si possible effectuées sur sol nu et sur jachère.

- Pendant la saison des pluies :

- . En début de saison : densités apparentes
- . En fin de saison : profils culturaux et racinaires, profilshydriques et profils pénétrométriques. On y ajoutera, si possible, une nouvelle série de mesures de densité apparente.

Mêmes modalités de réalisation, pour ces observations et mesures, qu'à TARNA.

1.3.3 - A KAWARA

Uniquement sur sol sablo limoneux de banquette, les essais sur vertisols étant difficiles à conduire en raison de submersions fréquente en saison des pluies.

La succession culturale sur l'essai sera la suivante :

	1972	1973	1974	1975
	Mil	Niébé	Sorgho (dunaire)	Jachère

Les observations et mesures à effectuer seront les mêmes qu'à Magaria.

./.

1.4 -- RECOMMANDATIONS DIVERSES

En dehors du programme mentionné ci-dessus, il nous semble que deux points mériteraient d'être rapidement mis à l'étude à Tarna:

- Mise au point de techniques culturales sur le mil nain d'origine indienne.

Les perspectives de rendements avec ces nouvelles variétés paraissent très prometteuses. Il faudrait préciser les modalités et densités de semis et peut-être adopter la fertilisation, de façon à proposer à la vulgarisation un ensemble cohérent (variété + techniques de culture = "package deal").

- Modalités de restitution au sol des résidus de récolte.

Des essais sur l'enfouissement de pailles et de compost combiné à des doses variables d'azote sont actuellement en cours et fourniront d'intéressants renseignements sur les possibilités de stockage d'azote dans le sol et d'augmentation du niveau humique.

D'autres aspects des problèmes posés par la restitution des résidus de récolte au sol (avec ou sans enfouissement) devraient également être étudiés :

modalités pratiques de réalisation et incidences sur les propriétés physiques des sols.

Pour ce dernier point, cela nécessiterait la mise en place d'essais en rotations et en séries de façon à pouvoir suivre l'évolution du profil cultural au cours de la rotation en fonction des différents traitements de restitution appliqués (mais du type "Régénération du Profil" de l'IRAT-SENEGAL). Il n'est pas, à notre avis, utile d'en venir là et l'on peut admettre que les résultats obtenus au Sénégal dans ce domaine sont directement transposables aux sols duncires du Niger. Par contre, il conviendrait d'étudier, sous forme de tests plus, les problèmes pratiques posés pour l'enfouissement des résidus de récolte en culture attelée : époque de réalisation en fonction du cycle végétatif des cultures et du cycle pluviométrique, matériel à utiliser ou à adopter (rabatteur-convoyeur), conditionnement de la matière végétale avant enfouissement, techniques de réalisation.

Pour terminer, nous attirerons l'attention sur un dernier point qui nous paraît important : l'intérêt pour M. CHAROY d'effectuer une mission d'information de courte durée à l'IRAT-SENEGAL. Ceci nous semble très souhaitable car les conditions écologiques du Niger "utile" sont comparables, à beaucoup de points de vue, à ceux du Centre Nord du Sénégal. Il y a donc un intérêt particulier à confronter les résultats obtenus dans ces deux pays, compte tenu du fait que l'équipe de recherche de l'IRAT-SENEGAL est beaucoup plus fournie que celle de l'IRAT-NIGER et que, les études ont pu être plus poussées dans certains domaines au Sénégal.

M. CHAROY tirerait donc un grand profit de sa visite en s'informant, d'une manière générale, sur ce qui a été réalisé en matière d'agronomie à l'IRAT-SENEGAL et en étudiant plus particulièrement les 3 points suivants :

- Techniques culturales sur mils nains d'origine indienne (ou G.A.M.).
- Problèmes posés par la restitution des résidus de récolte et par la réalisation pratique des labours d'enfouissement.
- Méthodologie des observations de profils culturaux et des mesures annexes (densités apparentes, pénétrométries, densités d'occupation racinaire).

Cette visite à l'IRAT-SENEGAL devrait se situer, de préférence, en saison des pluies. Mais si, pour des raisons pratiques (con- gés, manque de disponibilité pendant la période de culture) elle ne pouvait se réaliser qu'en saison sèche, elle n'en conser- verait pas moins la majeure partie de son intérêt. Sa durée devrait être d'environ 2 semaines..

Nous souhaitons vivement qu'elle se réalise, peut-être à l'oc- casion d'un retour de congé de M. CHAROY.

2 - POINTS D'ESSAIS DE TILLABERY ET TILLAKEINA

On examinera successivement :

- la suite donnée à la première mission de novembre 1972,
- les observations et mesures faites sur les essais de sous-solage au cours de la présente mission,
- les études à poursuivre.

2.1 - RESULTATS OBTENUS A LA SUITE DE LA PREMIERE MISSION DE NOVEMBRE 1972

2.1.1 - Rappel des observations effectuées sur le terrain

Au cours de la première mission réalisée en Novembre 1972 (se référer au "compte rendu de mission au Niger, du 7 au 11 Novembre 1972", par C. CHARREAU), un certain nombre de profils de sols avaient été observés sur les points d'essai de TILLABERY et de TILLAKEINA correspondant à une gamme d'états végétatifs de la canne à sucre assez étendue, depuis des états de végétation très médiocres jusqu'à des états satisfaisants. Ceci avait permis d'établir des corrélations entre l'état de végétation de la canne et les caractéristiques pédologiques telles qu'on pouvait les apprécier de façon visuelle (couleur, structure) et tactile (texture, structure). Il ressortait des observations effectuées que les facteurs pédologiques limitant la croissance de la canne semblaient être essentiellement d'ordre physique : structure massive et compacité très forte des horizons profonds induisant une mauvaise économie de l'eau et un développement insuffisant de l'enracinement.

La limite supérieure de ces horizons massifs se situait à des profondeurs variables suivant les profils. On avait pu noter des relations entre la profondeur d'apparition de cet horizon, la texture du matériau et la coloration des horizons.

Des hypothèses avaient été faites à ce sujet, des analyses devaient être effectuées sur les prélèvements de sols pour les vérifier. Les résultats en sont maintenant disponibles et figurent en annexe.

Rappelons d'abord succinctement, les profils qui ont été observés à TILLABERY et TILLAKEINA, et leur situation.

A TILLABERY

- sur l'essai 70-1 : profils P₁ et P₂

Les profils sont situés à une vingtaine de mètres de distance l'un de l'autre. En P₁, économie de l'eau et croissance de la canne assez satisfaisantes; en P₂, mauvaise économie de l'eau et croissance de la canne médiocre.

... / ...

- sur la parcelle P₄ : profils T_y 1, T_y 2, T_y 3, T_y 4
Profils situés à faible distance les uns des autres; végétation de plus en plus médiocre de la canne, allant de T_y 1 à T_y 5;
- sur la parcelle P₃ : profils T_y 6, T_y 7
végétation variable de la canne.

A TILLAKEINA

- à la limite S-O de l'essai J K 2-72 :
4 profils distants d'une cinquantaine de mètres environ.
 - . en T_a 1 et T_a 4 : végétation correcte de la canne,
 - . en T_a 2 et T_a 3 : végétation médiocre de la canne;
- à la limite S-E de la parcelle J K 2-72 :
2 profils, T_a 5 et T_a 6, ainsi qu'un troisième profil, T_a 7 situé dans une parcelle voisine.

Les profils de sols de TILLABERY sont tous classés par les pédologues de la SOGETHA dans la catégorie des sols bruns subarides à faciès verticale sur matériaux influencés par des roches basiques.

Ceux de TILLAKEINA appartiennent à la catégorie des sols brun-rouge durcis de glacis sur matériaux dérivant de roches à amphibole.

Avant d'essayer de tirer parti des informations analytiques de l'étude des relations entre caractéristiques pédologiques et croissance de la canne, on examinera, dans leur ensemble, les données relatives à :

- l'analyse granulométrique et au rôle du fer dans le comportement des sols soumis à cette analyse;
- l'analyse des systèmes de porosité.

2.1.2 - Analyse granulométrique et rôle du fer dans le comportement des sols soumis à cette analyse

Les observations de terrain faites en Novembre 1972 avaient fait apparaître, entre autres, les éléments suivants :

- corrélation assez nette entre coloration et structure des horizons; les structures fragmentaires de type polyédrique ou cubique sont associées à une coloration brun-rougeâtre; quand la composante rouge disparaît et que les teintes vont du brun-jaunâtre au gris foncé, la structure devient massive et la compacité très forte;
- d'après les quelques analyses granulométriques disponibles à l'époque, il n'y avait pas de variations brutales de la

composition granulométrique dans le profil, alors qu'on observait des discontinuités marquées dans la morphologie (coloration, structure);

- les profils correspondant à une croissance médiocre de la canne, paraissaient avoir, pour l'ensemble de leurs horizons, une texture plus fine que celles des profils où la croissance de la canne était satisfaisante.

La granulométrie du matériau paraissant avoir une influence déterminante, à la fois sur les caractères morphologiques du profil, sur l'économie de l'eau et sur la croissance de la canne, il importait avant tout de connaître la signification réelle des résultats de l'analyse granulométrique standard (dispersion à l'hexamétaphosphate de sodium). Le fait que, dans les profils, on observât, à des profondeurs variables un changement brutal, à la fois dans la coloration et dans la structure, sans que cela s'accompagnât d'un changement de composition granulaire (par la méthode standard), pouvait, en particulier, faire penser, par analogie avec des travaux réalisés sur d'autres sols (*), au rôle du fer dans la constitution de pseudo-particules et le "masquage" de l'argile.

Les teneurs en fer sont, en effet, assez élevées dans ces sols. A Tillabéry, les teneurs en fer total s'établissent entre 3 et 4 %, dont 30 à 40 % se trouvent sous forme libre (méthode de DEB; réduction à l'hydrosulfite de sodium).

A Tillakeina, la gamme de variation des teneurs en fer total est plus étendue et les teneurs sont, en moyenne, plus élevées qu'à Tillabéry; la plupart des valeurs sont comprises entre 4 et 5 %, mais on en trouve quelques unes à 3 et à 6 %. La proportion de fer libre est également plus importante qu'à Tillabéry et représente entre 40 et 30 % du fer total.

Plus que les quantités de fer total ou de fer libre, ce sont les formes sous lesquelles se trouve le fer dans le sol et le type de liaison qu'il forme avec l'argile qui influent sur le comportement des sols, aussi bien en plein champ (coloration, structure, appréciation texturale) que lors de l'analyse granulométrique.

Sur la suggestion de G. MONNIER, nous avons donc procédé à une expérience comparant, pour ces sols, différentes méthodes de mise en dispersion :

- Méthode 0 = méthode standard avec dispersion à l'hexamétaphosphate de sodium
- méthode 1 = lavage au KCl N/10; dispersion à l'ammoniaque
- méthode 2 = lavage au HCl N/10; dispersion à l'ammoniaque
- méthode 3 = réactif de Tamm à l'obscurité; dispersion à l'ammoniaque.

... / ..

(*) Travaux de A. CHAUVEL sur les sols rouges et beiges de Moyenne Casamance.

En 1, ni le fer ni le calcaire ne sont attaqués; c'est la forme la plus ménagée de dispersion.

En 2, il y a élimination du calcaire et une très faible attaque du fer,

En 3, le fer est fortement attaqué par réduction et formation de complexes.

Le rôle du fer dans la mise en dispersion de l'argile peut s'apprécier par comparaison entre la méthode 3, d'une part, et les méthodes 1 et 2, d'autre part; celui du calcaire s'évaluera en comparant les méthodes 2 et 1.

L'expérience a été conduite sous la direction de Madame BURDIN. Les résultats figurent en annexe 2.

Comme on peut le voir, il n'apparaît pas de différences significatives entre les différentes méthodes.

La méthode 2 (lavage à HCl N/10) donne des taux d'argile qui sont, en général plus faibles que ceux obtenus par les autres méthodes, mais cela s'explique pour une répartition différente des éléments entre les classes "argile" et "limon fin"; le total des éléments fins (*) est très comparable pour cette méthode, avec ceux obtenus par les autres méthodes.

On peut donc conclure, au vu de ces résultats, à l'inexistence - ou tout au moins à la faible importance - du rôle du fer dans le comportement des sols soumis à l'analyse granulométrique, à la validité des résultats fournis par la méthode standard (dispersion à l'hexamétaphosphate de sodium) et à la bonne concordance entre la texture appréciée tactilement sur le terrain et la composition granulométrique des terres.

Ces conclusions sont confirmées par l'examen des fractions sableuses, effectué à la loupe binoculaire. Il en ressort, en effet, qu'il n'existe pas de différences sensibles entre les sables provenant des trois traitements de mise en dispersion (1, 2 et 3) en aucun cas on n'observe de quantités appréciables de pseudoparticules cimentées par le fer; on note simplement, pour le traitement 2, une proportion un peu plus grande de pseudoparticules et des quantités moindres de grains calcaires. Lors de cet examen, les observations complémentaires suivantes ont pu être faites :

- on trouve dans tous les horizons des grains de quartz émoussés luisants et une certaine proportion de grains mats; ceci est habituellement interprété comme un indice de transport de ces sables par l'eau (émoussés luisants) et par le vent (ronds mats). Les sables sont surtout abondants dans les horizons de surface les plus remaniés, mais on les trouve également, en moindre proportion, en profondeur.
- il existe des différences sensibles de composition minéralogique des sables entre les profils prélevés à Tillakeina et ceux de Tillabéry. A Tillakeina, les fractions sableuses

(*) éléments fins = argile + limon fin.

comportent surtout des quartz. A Tillabéry la composition granulométrique est plus variée: outre les quartz et les grains de calcite, on trouve également des feldspathes et des débris de roches altérées; les micas, noirs (altérés) et blancs, apparaissent dans les horizons profonds.

Par ailleurs, l'étude graphique des corrélations entre taux d'argile et valeurs de la capacité d'échange montre qu'il existe une assez bonne liaison linéaire entre ces deux grandeurs, pour l'ensemble des échantillons analysés. La droite ne passe pas par l'origine et son équation (d'après l'examen graphique) est proche de :

$$T \text{ mé}/100 \text{ g} = 0,4 \times \text{argile} \% + 10$$

De sorte que l'argile pure aurait une capacité d'échange voisine de 50 mé pour 100 g. Ceci peut correspondre à un mélange d'interstratifiés, de kaolinite et de montmorillonite. Des analyses minéralogiques d'argile ont été demandées, qui permettraient de vérifier cette hypothèse et de préciser les proportions du mélange.

2.1.3 - Systèmes de porosité - gonflement - stabilité structurale

Les observations de terrain ayant montré que la structure massive et la très forte compacité de certains horizons pouvaient être considérés comme les principaux facteurs pédologiques limitant la croissance de la canne, une tentative a été faite pour analyser les systèmes de porosité et quantifier ces valeurs. Au stade actuel, cette tentative est encore très insuffisante et d'autres mesures doivent venir compléter les quelques résultats disponibles. Ceux-ci concernent :

- les densités apparentes globales, mesurées par S. VALET à l'aide de densitomètres gamma, sur les profils P1 et P2 de Tillabéry,
- les densités texturales sèches et humides, mesurées par C. CHARREAU sur petits agrégats pour la plupart des profils,
- quelques mesures de stabilité structurale, effectuées par Mme BURDIN.

Tous ces résultats figurent dans les tableaux d'analyse, en annexe.

Les densités apparentes globales mesurées sur les différents horizons des profils P1 et P2 sont toutes assez élevées et comprises, pour la plupart, entre 1,6 et 1,7. Il ne paraît pas y avoir, d'après ces quelques résultats de différences significatives entre les horizons ni entre les profils. La densité réelle n'a pas été mesurée; si l'on admet comme valeur moyenne celle de 2,65, les porosités obtenues sont presque toutes inférieures à 40 %. Or, cette valeur est considérée, par beaucoup d'agronomes, comme une limite au

dessous de laquelle l'installation du système racinaire des plantes cultivées se fait dans de mauvaises conditions. Il paraît donc, dans ces terrains, indispensable d'avoir recours à un travail du sol assez profond pour améliorer la porosité globale sur une épaisseur de sol suffisante.

La densité texturale a été mesurée sur petits agrégats secs; elle dépend uniquement de la composition granulométrique du matériau. Les valeurs obtenues sont peu variables suivant les horizons et les profils et s'étagent pour la plupart entre 1,90 et 2,05. En reprenant la même valeur de 2,65 pour la densité réelle, les valeurs correspondantes de porosité s'établissent entre 22 et 28 % pour les sols étudiés. La différence entre porosité globale et porosité texturale, pour un même taux d'humidité (ici à l'état sec ou presque sec) représente la porosité structurale qui correspond à la somme : porosité intra mottière + porosité de fissures.

Pour les profils P₁ et P₂ cette porosité structurale varie entre 10 et 15 %, ce qui est assez peu important.

Il est surtout intéressant de connaître les variations des classes de porosité en fonction des taux d'humidité du sol, et, en particulier, au voisinage de la capacité de rétention; ce que nous n'avons pu faire au cours de cette première étape mais qui, nous l'espérons, pourra être réalisé au cours d'une étape ultérieure.

Nous avons cependant effectué des tests de gonflement des agrégats en soumettant ceux-ci à une humectation très ménagée sur une plaque de porcelaine et sous vide (technique mise au point par G. MONNIER et son équipe). La mesure de densité apparente est faite sur les agrégats saturés d'eau. La différence entre les porosités à saturation et à l'état sec, rapportée à la porosité à l'état sec, représente le coefficient de gonflement. Comme on peut le voir à l'examen des tableaux d'analyse, il y a d'assez grandes différences dans les valeurs de densité texturale à l'état humide suivant les échantillons. On peut, à cet égard, diviser les échantillons en deux catégories :

- les échantillons se rapportant aux profils prélevés à Tillabery ainsi que ceux des profils T_a 1 et T_a 4 prélevés à Tillakeina;
- les échantillons des profils T_a 2 et T_a 3 prélevés à Tillakeina.

Pour la première catégorie, les valeurs de la densité texturale sur agrégats saturés d'eau s'étagent entre 1,30 et 1,60, ce qui correspond à des valeurs de porosité de 40 à 50 % et à des taux de gonflement compris entre 20 et 50 %.

Pour la deuxième catégorie (4 échantillons) les densités texturales humides sont faibles : de 0,70 à 0,85; les porosités sont par conséquent élevées : 66 à 74 % et les taux de gonflement très forts : 145 à 193 %.

L'importance du gonflement des agrégats pour ces échantillons a fait soupçonner la présence de quantités de sodium échangeable importantes. Ceci est en effet vérifié par l'analyse. Pour tous les échantillons des profils T_a 2 et T_a 3 présentant un gonflement important, les taux de sodium échangeable sont anormalement élevés et les rapports Na/T X 100 vont de 12 à 20 %.

Pour tous les autres échantillons, les rapports Na/T X 100 sont inférieurs à 5 %.

Il y a donc un problème d'alcalisation qui semble ne concerner que les sols de Tillakeina. Parmi ceux-ci, seuls les horizons profonds des profils T_a 2 et T_a 3 sont en cause. Or, ces profils correspondent précisément à des taches de très médiocre végétation de la canne à sucre, contrastant avec des zones à végétation satisfaisante à l'emplacement des profils T_a 1 à T_a 4, très voisins. On avait pu noter entre ces deux groupes de profils une différence de coloration très nette avec diminution de la composante rouge au profit de la composante jaune dans le cas des profils T_a 2 et T_a 3. Ceci avait été interprété comme un indice de diminution du drainage interne. Ceci a été vérifié ultérieurement par examen des fosses après irrigation: en T_a 1 et T_a 4, l'eau s'infiltrait et les fosses s'asséchaient, tandis qu'elle stagnait indéfiniment dans les fosses T_a 2 et T_a 3: il y avait dans ce cas imperméabilisation totale après imbibition. Ceci est à relier directement à l'alcalisation. Les horizons alcalisés se gonflent exagérément après humectation et deviennent à la fois imperméables à l'eau et impénétrables par les racines.

Ce problème de l'alcalisation n'avait pas échappé aux pédologues de la SOGETHA, mais il semble qu'ils en aient sous-estimé les incidences agronomiques.

La présence de quantités de sodium importantes sur le complexe absorbant a également une influence sur la stabilité structurale. Nous ne disposons malheureusement, pour l'instant, que de quelques mesures, mais celles-ci paraissent bien significatives.

Pour les horizons non alcalisés, les valeurs de I_s sont inférieures à 4, alors que pour les deux échantillons alcalisés du profil T_a 2 (horizons 60-70 et 90-110), elles atteignent des valeurs de 12,4 et 8,8 pour des rapports Na/T X 100 de 12,0 et 12,7 %

Il est normal qu'il y ait une liaison entre le taux d'alcalinisation (rapport Na/T) et l'instabilité structurale. Les conséquences peuvent également en être importantes sur le plan agronomique. Les effets d'un sous-solage sont réputés être très temporaires quand la valeur de I_s est supérieure à 6 (ce qui est le cas pour les horizons alcalisés).

Pour les échantillons non alcalisés, il ne semble pas y avoir de liaison nette entre le taux de gonflement, d'une part, et les taux d'argile ou de sodium échangeable

d'autre part. Les taux de gonflement sont assez importants et correspondent bien à un mélange de minéraux argileux à dominance montmorillonitique.

2.1.4 - Relations entre caractéristiques pédologiques et croissance de la canne

2.1.4.1 - A Tillabéry

Nous ne reviendrons pas sur les observations faites au cours de la première mission portant sur les corrélations observées entre caractéristiques morphologiques des profils et la croissance de la canne.

On tentera, par contre, de fournir une explication globale de ces phénomènes en s'appuyant sur les données analytiques récemment disponibles.

On commencera par rappeler les hypothèses qui avaient été avancées :

" Le fait que la différenciation de couleur et de structure
" soit parfois très tranchée entre l'horizon superficiel et
" l'horizon sous-jacent, a fait parler de "recouvrement" de
" l'horizon vertique par un dépôt superficiel d'épaisseur
" variable et de composition granulométrique plus grossière.
" Cela existe dans certains cas, mais il ne semble pas qu'on
" puisse faire une règle générale. Les quelques analyses granulométriques dont nous disposons montrent qu'il n'y a pas
" de variations brutales de composition granulométrique dans
" le profil alors qu'on observe des discontinuités marquées
" dans la morphologie.

" Par contre, les horizons des profils du second type (1)
" paraissent, dans leur ensemble, avoir une texture plus fine
" que ceux du premier type (2). La comparaison des profils
" P₁ et P₂ à Tillabéry est, à cet égard, instructive. Un plus
" grand nombre d'analyses serait nécessaire pour étayer cette
" hypothèse, les possibilités d'appréciations tactile sur le
" terrain étant pour cet objet, insuffisamment précises.

" C'est cette légère différence de texture du matériau qui
" pourrait être à l'origine des différences plus facilement
" décelables concernant la structure et surtout la coloration.
" Le passage à des teintes plus grises et plus foncées dans
" les profils du second type peut en effet s'interpréter
" comme un indice d'un drainage interne moins efficient" .

(1) correspondant à des cas de mauvaise croissance de la canne.

(2) correspondant à des cas de bonne croissance de la canne.

Ces hypothèses semblent bien vérifiées si l'on considère les résultats de l'analyse granulométrique pour les différents profils observés à Tillebéry.

On peut grouper ceux-ci en trois catégories :

- le couple P₁ - P₂ dans la parcelle 70/1
 - P₁ : végétation correcte
 - P₂ : végétation médiocre.
- la série T_y 1 à T_y 5 dans la parcelle P₃ (essai 71/1)
 - végétation moyenne en T_y 1 devenant de plus en plus médiocre jusqu'en T_y 5
- les deux profils T_y 6 et T_y 7 dans la parcelle P₄ (essai 71/2)
 - végétation très médiocre en T_y 6,
 - assez bonne en T_y 7

L'examen des résultats de l'analyse granulométrique de ces différents profils amène les remarques suivantes :

- pour P₁ et P₂ : il n'y a pas de variation brutale dans la composition granulométrique du matériau depuis la surface jusqu'au niveau de l'horizon d'altération, où la texture devient nettement plus grossière. L'horizon superficiel est, dans les deux cas, un peu moins argileux que les horizons sous-jacents, mais les discontinuités observées dans les profils se situent plus bas :

- . à 80 cm pour le profil P₁
- . à 30 cm pour le profil P₂

Au dessous de ces limites apparaissent des horizons à structure massive et à coloration grisâtre. On note, par contre, que pour l'ensemble des horizons de chaque profil, les taux d'argile et de limon fin sont nettement plus élevés en P₂ qu'en P₁;

- pour la série T_y 1 à T_y 5, on retrouve la même homogénéité texturale pour les horizons d'un même profil, à l'exception du profil T_y 5 où il y a un net gradient d'augmentation en argile avec la profondeur; de même que pour P₁ et P₂, on note pour les profils T_y 1 à T_y 4 une texture un peu moins argileuse dans les horizons superficiels (10 à 20 cm d'épaisseur) que dans les horizons sous-jacents. Mais, là encore, les discontinuités de coloration et structure sont observées plus en profondeur;

- . à 90 cm pour T_y 1
- . à 70 cm pour T_y 2
- . à 30 cm pour T_y 3 et T_y 4
- . à 40 cm pour T_y 5

Il y a dans l'ensemble des horizons, et surtout pour les horizons profonds (entre 80 et 150 cm) une augmentation sensible de la teneur en argile du matériau en allant de Ty 1 à Ty 5;

- Les profils Ty 6 et Ty 7 sont assez différents entre eux :
 - + en Ty 6 la composition granulométrique est assez homogène depuis la surface jusqu'à l'horizon d'altération et assez riche en argile,
 - + en Ty 7, au contraire, le matériau est nettement plus sableux et il y a une nette augmentation en argile avec la profondeur jusqu'à 1 m.

Ces différentes observations peuvent être schématisées dans le tableau ci-après :

série	Localisation	profils	végétation de la canne	Prof. d'ap- parition des dis- continuités (cm)	granulométrie		
					niveau choisi (cm)	Argile %	Argile + Lim. fin %
1ère série	Parcelle 70/1	P1	'assez belle 'médiocre	80	50-80	30,3	38,2
		P2		30	60-80	44,0	50,6
2ème série	parcelle 71/2 (P4)	Ty 1	'moyenne v 'médiocre	90	40-100	37,3	48,5
		Ty 2		70	60-100	42,0	54,5
		Ty 3		30	80-100	49,6	62,4
		Ty 4		30	80-120	46,6	60,0
		Ty 5		40	80-120	49,9	61,6
3ème série	parcelle 71/2 (P3)	Ty 7	'assez belle 'médiocre	?	50-100	29,9	36,0
		Ty 8		?	50-100	39,3	48,9

Au vu de ces résultats et malgré la relative modestie de l'échantillonnage, nous pensons pouvoir confirmer l'hypothèse avancée lors de notre dernière mission :

Pour les sols bruns subarides du point d'essai de Tillabéry, c'est la richesse en éléments fins (argile et limon fin) du matériau qui constitue le facteur essentiel de différenciation du comportement des sols à la fois pour :

- l'économie de l'eau,
- les caractéristiques morphologiques du profil,
- la croissance de la canne.

Concernant le premier point, l'augmentation de la teneur en argile du matériau se traduira par une baisse de la vitesse d'infiltration apparente à la surface du sol et une diminution de la vitesse d'avancement du front d'humectation, ainsi que l'ont bien montré les cinétiques de remplissage faites par S. VALET à l'aide de la sonde à neutrons. Par contre, d'après ces mêmes études, il ne semble pas que ce facteur ait une grande influence sur les valeurs de la capacité au champ qui restent assez peu différentes d'un profil à l'autre (exemple: P₁ et P₂).

Pour les caractéristiques morphologiques on a pu noter que l'augmentation de la teneur en argile semblait aller de pair avec :

- le relèvement du front des discontinuités qui apparaît plus proche de la surface,
- le contraste plus accusé entre les horizons se situant au dessus et en dessous de cette discontinuité; la compacité et la coloration grisâtre de l'horizon sous-jacent paraissent en effet d'autant plus marquées que celui-ci est plus proche de la surface,
- une atténuation de la composante rouge ou brune dans l'ensemble des horizons du profil, y compris l'horizon superficiel, au profit d'une composante jaune ou grise.

Tous ces phénomènes paraissent pouvoir se relier directement au fait précédent: influence de la richesse des éléments fins du matériau sur l'économie de l'eau du profil. Il faut en effet considérer que ces sols ont évolué pendant une longue période sous un climat aride et une pluviosité faible, voisine de 500 mm. Du fait de leur très faible perméabilité, les sols les plus argileux ont certainement un pédo-climat plus sec que les autres : les quantités d'eau infiltrées sont moindres (pertes par ruissellement) et la profondeur de sol humectée est également plus faible. On peut penser qu'il doit y avoir une certaine proportionnalité inverse entre taux d'éléments fins du matériau et profondeur moyenne de pénétration de l'eau; c'est ce que suggère, entre autres, l'observation de profils situés en dehors du point d'essai et non soumis à l'irrigation.

Or, le jeu des mouvements alternatifs de gonflement et de retrait du sol n'affecte que des horizons subissant des variations importantes d'humidité, c'est à dire ceux dans lesquels l'eau de pluie peut pénétrer. Ces mouvements alternatifs de retrait et de gonflement étant à l'origine de la création d'une structure fragmentaire, on conçoit que celle-ci ne puisse se manifester que dans les horizons humectés annuellement par l'eau de pluie. Au dessous, la structure restera massive, avec cependant quelques fentes de retrait créées en surface et se prolongeant en profondeur.

La coloration des horizons peut également se relier à la dynamique de l'eau dans les profils. Dans les sols les plus argileux la vitesse de progression du front d'humectation sera beaucoup plus lente; le drainage interne sera moins efficace; il y aura saturation plus ou moins prolongée de certains horizons et création de conditions temporaires d'anaérobiose favorisant les phénomènes de réduction et la manifestation de teintes jaunes ou grisâtres.

Ces mécanismes se répétant année après année, les effets sont cumulatifs et l'on peut concevoir qu'après un certain nombre d'années, les profils apparaissent très différenciés les uns des autres en fonction de la teneur en éléments fins du matériau.

Nous pensons donc que les discontinuités observées dans les profils ont essentiellement une origine pédogénétique; ceci ne signifie pas qu'il n'existe pas de différenciations sédimentologiques entre les horizons d'un même profil et que celles-ci n'aient pas d'influence sur la manifestation de ces discontinuités.

Les observations, tant macroscopiques que microscopiques, révèlent la complexité de la mise en place des matériaux et témoignent de remaniements plus ou moins importants dans tous les profils jusqu'à une profondeur variable : la présence de cailloux de quartz émoussés et patinés, de débris de poteries aussi bien que celle de grains de quartz émoussés en ronds mats dans les fractions sableuses de l'analyse granulométrique, en sont autant d'indices.

Il y a indiscutablement dans certaines zones du point d'essai (surtout vers le Nord) recouvrement de matériaux argileux par des matériaux plus sableux. Mais ces différenciations sédimentologiques n'expliquent pas que :

- dans les profils relativement homogènes du point de vue textural des discontinuités de couleur et de structure puissent apparaître de façon très nette;
- dans les profils moins homogènes, granulométriquement, ces mêmes discontinuités ne coïncident pas toujours (ni même habituellement) avec des discontinuités sédimentologiques.

Aussi devons-nous avoir recours à une explication susceptible d'une meilleure généralisation, explication qui est d'ordre pédogénétique. Concernant la croissance de la canne, on peut observer que celle-ci est d'autant plus satisfaisante que l'horizon superficiel, à structure fragmentaire est plus épais et corollairement, que l'horizon sous-jacent, à structure massive et coloration grise, est plus éloigné de la surface. Tous ces caractères peuvent, comme on vient de le voir, être considérés comme secondaires et se rattacher à une cause première qui est la richesse en éléments fins du matériau. De sorte qu'à l'intérieur de chacune des trois séries de profils étudiées, on peut noter une assez bonne corrélation inverse entre l'état de végétation de la canne et la richesse moyenne en éléments fins des profils. Il semble, d'après ces quelques données, qu'au delà d'un seuil de 40 % d'argile ou de 50 % d'éléments fins (argile + limon fin) dans les horizons situés à moyenne profondeur (40 à 100 cm) on ne puisse espérer obtenir, dans les conditions actuelles de pénétration des terres, une croissance satisfaisante de la canne à sucre.

L'influence du taux d'éléments fins sur la croissance de la canne peut s'expliquer par deux processus qui doivent jouer concurremment :

- action sur l'économie de l'eau dans le profil,
- action sur l'enracinement de la canne.

Comme on l'a vu, les sols argileux ont une mauvaise économie de l'eau qui se traduit, en irrigation, par :

- de sérieuses difficultés à faire pénétrer l'eau dans le sol; ceci entraîne les inconvénients suivants : pertes par ruissellement, stagnation de l'eau en surface induisant des pertes directes par évaporation et des risques d'asphyxie et de pourrissement des racines et du collet,
- risques d'engorgement en profondeur entraînant l'asphyxie des racines,
- participation insuffisante des horizons profonds à la nutrition de la canne (montrée par les études à la sonde à neutrons)
- peut-être une moins bonne accessibilité à l'eau quand les taux d'humidité du sol s'abaissent sensiblement en dessous de la capacité au champ.

L'influence dépressive d'une augmentation du taux d'argile sur l'implantation du système racinaire de la canne peut s'expliquer par les éléments suivants :

- diminution de la porosité structurale quand le sol est humidifié, en raison d'un gonflement plus important du matériau et augmentation de la cohésion; ceci accroît les difficultés de pénétration et de cheminement des racines,
- risques d'asphyxie pour les racines pendant l'irrigation, dûs au fait que la capacité de rétention est, dans ces sols, très proche sinon pratiquement confondue avec la capacité à saturation.

2.1.4.2 - A Tillakeina

Les profils observés à Tillakeina lors de la mission de Novembre 1972 se groupent en trois séries :

Dans la partie S-E de la parcelle T K 2 les sols appartiennent à la catégorie des sols brun-rouge durcis de glaciais sur matériaux dérivés de roches à amphiboles.

1ère série de profils :

T_a 1 à T_a 4, à la limite S-O de l'essai T K 2-72

En T_a 1 à T_a 4 : végétation moyenne,

En T_a 2 et T_a 3 : végétation très médiocre.

L'espacement entre les deux profils extrêmes (T_a 1 et T_a 4) est d'une cinquantaine de mètres .

2ème série de profils : T_a 5 et T_a 6, à la limite S-E de la parcelle T K 2-72

En T_a 5 : végétation plus faible et plus desséchée qu'en T_a 6

La 3ème série se résume à un seul profil : T_a 7, observé dans la partie Sud du point d'essai. Dans cette zone, les sols appartiennent à la catégorie des sols brun-rouge évolués sur dépôts colluviaux influencés par les matériaux du Continental Terminal, de type argilo sableux reposant sur roche altérée à faible profondeur. La végétation de la canne était très belle en T_a 7 .

Il y a, d'une manière générale, un contraste net entre les deux catégories de sols du point de vue de l'aptitude à l'irrigation d'une part, de la croissance de la canne d'autre part. Les sols brun-rouge sur Continental Terminal ont de bonnes caractéristiques hydrodynamiques; ils sont plus faciles à irriguer que les sols brun-rouge durcis de glaciais sur matériaux de roche à amphiboles. La croissance de la canne y est à la fois meilleure et plus homogène.

On note également, dans ce cas, une différence nette de composition granulométrique entre les deux catégories de sols. Pour s'en tenir aux profils de sols mentionnés ci-dessus, on observera que pour les horizons de 0 à 1 m du profil T_a 7, représentatif des sols de la première catégorie, la teneur en argile ne dépasse pas 26 % .

Pour l'ensemble des horizons des profils T_a 1 à T_a 7, au contraire, et jusqu'à 1 m de profondeur, la teneur en argile ne descend jamais au dessous de 30 % et oscille entre 31 et 44 %. Il se peut que, malgré la différence des types pédologiques, on retrouve ici la même influence dépressive de la richesse en éléments fins du matériau sur l'économie de l'eau, l'enracinement et la croissance de la canne. L'échantillonnage donné ici est trop restreint pour qu'on puisse faire autre chose qu'une hypothèse, mais les profils étudiés par S. VALET doivent être maintenant suffisamment nombreux pour qu'il soit possible de la soumettre à vérification.

A l'intérieur de la catégorie des sols brun-rouge durcis de glaciais, les hétérogénéités de végétation de la canne à sucre observées sur le terrain paraissent pouvoir s'expliquer non pas par des variations dans la nature texturale du matériau (qui est, ici, assez homogène) mais par des taux d'alcalisation plus ou moins élevés dans les horizons situés à moyenne profondeur dans les profils. Ce point a déjà été examiné plus haut et nous n'y reviendrons pas: il est illustré par la série T_a 1 à T_a 4 .

Quant au couple T_a 5 / T_a 6, ni l'examen morphologique, ni les résultats d'analyse ne font apparaître de différences sensibles entre les profils. La végétation plus faible et plus desséchée sur T_a 5 pourrait peut-être s'expliquer par la position du profil en tête d'irrigation, zone où il existe un fort ruissellement et où l'eau pénètre moins dans le sol.

... / ...

2.2 - MESURES ET OBSERVATIONS FAITES SUR LES ESSAIS DE SOUS-SOLAGE

2.2.1 - Conditions de réalisation des essais

A la suite de la mission de novembre 1972, il avait été convenu de mettre en place quatre essais de sous-solage. Un protocole avait été établi en ce sens; les essais ont été réalisés conformément au protocole.

Les quatre essais sont les suivants :

- Essai A à Tillakeina :

sous-solage en fin de saison sèche, aucune culture en saison des pluies, plantation de la canne en octobre.

- Essai B à Tillakeina :

même procédure qu'en A, mais culture de doliques pendant la saison des pluies.

- Essai C à Tillebéry :

identique à A.

- Essai D à Tillebéry :

identique à B.

Les essais ont été implantés aux emplacements convenus : parcelle N-0 à Tillakeina; anciens essais 70/1 et 71/1 à Tillebéry.

Les indications concernant les conditions de réalisation des essais nous ont été fournis par M. du TILLY, responsable de leur mise en place.

Les informations sur les dates d'exécution des travaux et la pluviométrie sont rassemblées dans le tableau de la page suivante.

Les travaux de mise en place ont été retardés par suite du délai mis à obtenir le bull-dozer D 8 et son équipement, nécessaires à la réalisation du sous-solage. Le matériel appartenait à une société de Travaux Publics. D'après le protocole, le sous-solage devait être effectué en mai : il n'a pu l'être que le 1er juillet alors que la saison des pluies était déjà commencée. Ceci ne semble pas avoir eu de répercussion importantes sur les conditions de réalisation du sous-solage sur les essais A, B, C, car à cette date, la pluviométrie n'avait pas été assez abondante pour humidifier les sols sur une grande profondeur, de sorte que ceux-ci se trouvaient dans un état de sécheresse suffisamment poussé pour que le passage des dents sous-soleuses provoquât un éclatement important du sol. Sur l'essai D, par contre, soumis à un ruissellement intensif, le sol était déjà très humidifié et le sous-solage n'a pu, certainement, jouer complètement son rôle.

PLUVIOMETRIE ET DATES D'EXECUTION DES TRAVAUX

SUR LES ESSAIS DE SOUS-SOLAGE

Pluviométrie et travaux		essais de Tillakeina		essais de Tillabéry	
		essai A sol nu	essai B avec doliques	essai C sol nu	essai D avec doliques
pluvio- métrie (mm)	avant sous-solage	37,5	37,5	55,3	55,3
	après sous-solage	249,2	249,2	279,9	279,9
	totale	286,7	286,7	335,2	335,2
travaux date de réalisa- tion	sous-solage	1/7	1/7	1/7	1/7
	semis de doliques	-	23/7	-	24/7
	sarclage deba	-	fin août	-	fin août
	irrigation (\pm 60 mm)	-	14/9	-	néant
	labour	11/9	-	13/9	-
	pulvérisage	12/9	-	14/9	-

Ce retard a, par ailleurs, gravement perturbé la croissance de la dolique. Le sous-solage a été effectué par trois griffes à écartement fixe de 1 m. Pour les traitements comportant un sous-solage à 50 cm d'écartement, le tracteur effectuait deux passages dans le même sens, les dents se plaçant, au second passage, au milieu de l'intervalle des raies créées lors du premier passage. La profondeur atteinte était de 60 à 90 cm à Tillakeina et 80 à 100 cm à Tillabéry (en comptant probablement le foisonnement).

Il n'y a pas eu de difficultés particulières de réalisation, sauf sur l'essai A à Tillakeina, pour le premier passage à 1 m d'écartement, ce qui a entraîné une certaine hétérogénéité du sous-solage, avec formation d'un micro-relief en "dos d'âne". Par contre, sur le même essai, pour les traitements comportant un second passage à 50 cm d'écartement, les dents ont pu pénétrer facilement. Sur l'essai D, à Tillabéry, fortement humidifié par le ruissellement, le tracteur a patiné mais les dents ont très fortement pénétré.

D'après les estimations faites par M. du TILLY, la réalisation d'un sous-solage simple à écartement de 1 m nécessiterait, pour ces terrains, environ 2 heures de travail à l'hectare.

Le semis de la dolique a été fait sans labour préalable; celui-ci aurait d'ailleurs été impossible à réaliser sur l'essai D de Tillabéry en raison de l'état d'humidité des terrains et de la difficulté d'y pénétrer avec le tracteur à

roues. Sur cet essai le semis a donc été effectué directement sur le sous-solage. Sur l'essai B de Tillakeina, par contre, il y a eu, préalablement au semis, billonnage au tracteur.

A Tillakeina, la levée de la dolique a été très médiocre. Du fait de l'état défectueux du réseau d'irrigation, il n'a pas été possible d'irriguer avant le 14 septembre; irrigation par gravité, dose évaluée à environ 60 mm.

A Tillabéry, la levée a été très perturbée par l'accumulation d'eau sur les terrains de l'essai. On a noté des apports d'eau très importants par ruissellement sous forme de petits "koris" versant du terrain d'aviation et pénétrant dans le point d'essai par l'angle N-E.

Par la suite, il a été impossible d'irriguer, le moteur de la pompe étant en réparation.

Dans les deux cas, un sarclage à la daba a été effectué fin août.

Sur les essais A et C, en sol nu, un labour a été réalisé les 11 et 13 septembre, avant plantation de la canne qui devait intervenir en octobre.

Ce labour a été effectué avec une charrue bi-socs tirée par un tracteur Massy Ferguson 165. D'après M. du TILLY, ces matériels sont beaucoup trop faibles pour réaliser un travail convenable à la profondeur demandée par le protocole (25 cm). Aussi bien à Tillabéry qu'à Tillakeina, il a été nécessaire de faire précéder le labour par un pulvérisage préalable de façon à détruire la végétation d'adventices qui s'était installée (végétation moyenne à Tillakeina, importante à Tillabéry).

A Tillabéry il n'y a pas eu de problème majeur de pénétration des socs, même sur les parcelles témoins. Il y a eu, par contre, de fréquents bourrages en raison de l'abondante végétation herbacée.

A Tillakeina on a noté d'importantes différences de pénétration des socs, suivant que le terrain avait été sous-solé ou non. Sur les parcelles témoins les socs ne pénétraient pas; il y avait un simple grattage superficiel. Sur les parcelles sous-solées, au contraire, les socs s'enfouissaient sans difficultés (surtout sur les parcelles comportant un sous-solage croisé); il y avait parfois patinage du tracteur.

Pour M. du TILLY, avec l'équipement actuel, trop peu puissant, il est nécessaire de labourer en septembre alors que le sol est encore humidifié; ceci évite d'avoir à irriguer avant labour, d'où économie et simplification car l'irrigation gravitaire, sur un terrain non sillonné, serait difficile à conduire; avec l'aspersion, il n'y aurait pas, par contre, de problèmes d'ordre technique. Après labour il y a eu dans les deux cas, pulvérisage croisé; là encore, le pulvérisateur disponible est estimé trop léger pour le travail requis dans ces types de terrain. Le pulvérisage doit être fait aussitôt après labour, lorsque la terre est encore légèrement humide.

2.2.2 - Observations et mesures sur l'essai A de Tillakcina

Le bloc S-E de l'essai a été choisi pour effectuer les observations de profils culturaux. Des fosses ont été creusées dans les 9 parcelles de l'essai et une fosse supplémentaire, correspondant à un traitement témoin a été creusée en dehors du bloc.

L'examen des profils pédologiques révèle que la coloration brun-rouge est peu accentuée dans les horizons superficiels et ne se développe pas en profondeur. Dès 30 à 40 cm de profondeur apparaissent des teintes brun-jaunâtre (10 Y R 5/4 et 6/4) indices d'un drainage interne peu efficient. Il faut s'attendre à trouver des taux d'alcalisation assez élevés dans les horizons situés à moyenne profondeur dans ces profils. D'après la coloration de la terre en surface, il semble que ce soit le cas, non seulement pour le bloc étudié, mais pour l'ensemble de l'essai A. Les textures sont assez homogènes: limono-argileux à argilo-limoneux.

A l'époque des observations (25 à 27 septembre 1973) le labour et le pulvérisage venaient d'être réalisés (11 et 12 septembre); de petites pluies étaient tombées entre le 12 et le 25 septembre. Le sol était nu. On observait en surface un mélange de grosses mottes émoussées sèches (taille: 20 à 30 cm) et de petites mottes et agrégats subanguleux à émoussés. Il n'y avait pas de mottes de tailles intermédiaires; on pouvait noter quelques rares zones à croûte craquelée.

La couche labourée avait une épaisseur de 10 à 15 cm sur les témoins, contre 12 à 30 cm sur les parcelles sous-solées. La profondeur du labour était généralement plus grande sur les parcelles à sous-solage croisé (notamment : 0,5 X 0,5 m). Le réalisateur de l'essai avait d'ailleurs noté une certaine difficulté de pénétration des socs sur les témoins; les traitements les plus faciles à reprendre au labour étaient les sous-solages simples (en particulier ceux à écartement de 1 m).

La couche sous-jacente se présentait de façon nettement différente pour les témoins et les traitements sous-solés :

- pour les témoins, la limite pédologique, variable entre 40 et 80 cm, marquait une assez nette différence de compacité. Au dessus de cette limite : cohérence moyenne et débit en grosses mottes anguleuses. En dessous : cohérence forte; débits en éclats de petite taille. Humidités variables suivant les profils - légèrement humide (frais) jusqu'à 50 - 75 cm, pouvant même atteindre un début de plasticité entre 30 et 60 cm; sec en dessous de 50 - 75 cm .
- pour les parcelles sous-solées : fragmentation très nette jusqu'à 60 - 70 cm. La limite de la zone de la fragmentation se confondait souvent avec une limite pédologique.

On notera que la profondeur atteinte par le sous-solage est sensiblement inférieure à celle qui avait été notée par le réalisateur de l'essai (60 à 90 cm), probablement parce qu'il n'avait pas été tenu compte alors du foisonnement.

Cette couche fragmentée est très hétérogène, à la fois du point de vue cohérence, type de fragmentation, répartition de l'humidité. La cohérence est, en général, nettement moindre que pour les témoins, mais certaines zones peuvent rester assez compactes. Le sol se débite tantôt en grosses mottes, tantôt en petits agrégats, suivant les emplacements. Quelques zones d'ébranlement préférentiel sont parfois réparables et paraissent correspondre à des passages de dents sous-soleuses mais elles ne sont pas visibles dans tous les profils, malgré la dimension des fosses (1 m X 1 m).

Le taux d'humidité semble lié au type de fragmentation : il est plus élevé dans les poches de terre fine et friable que dans les zones à gros blocs. Le sol est en général plastique jusqu'à 35 - 70 cm et sec à partir de 75 - 100 cm.

A l'examen des profils il ne paraissait pas y avoir de différences significatives entre les différents traitements de sous-solage.

En résumé :

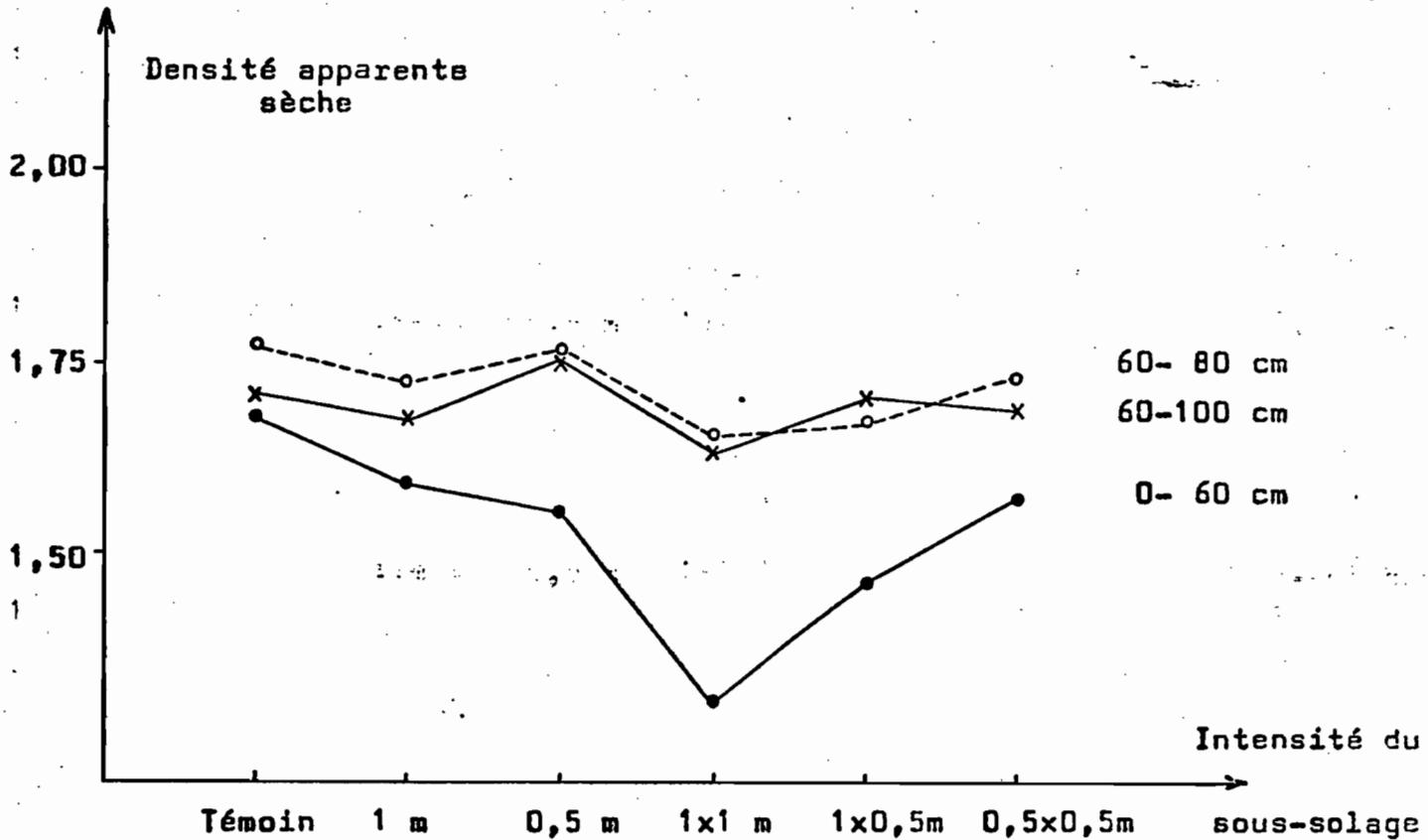
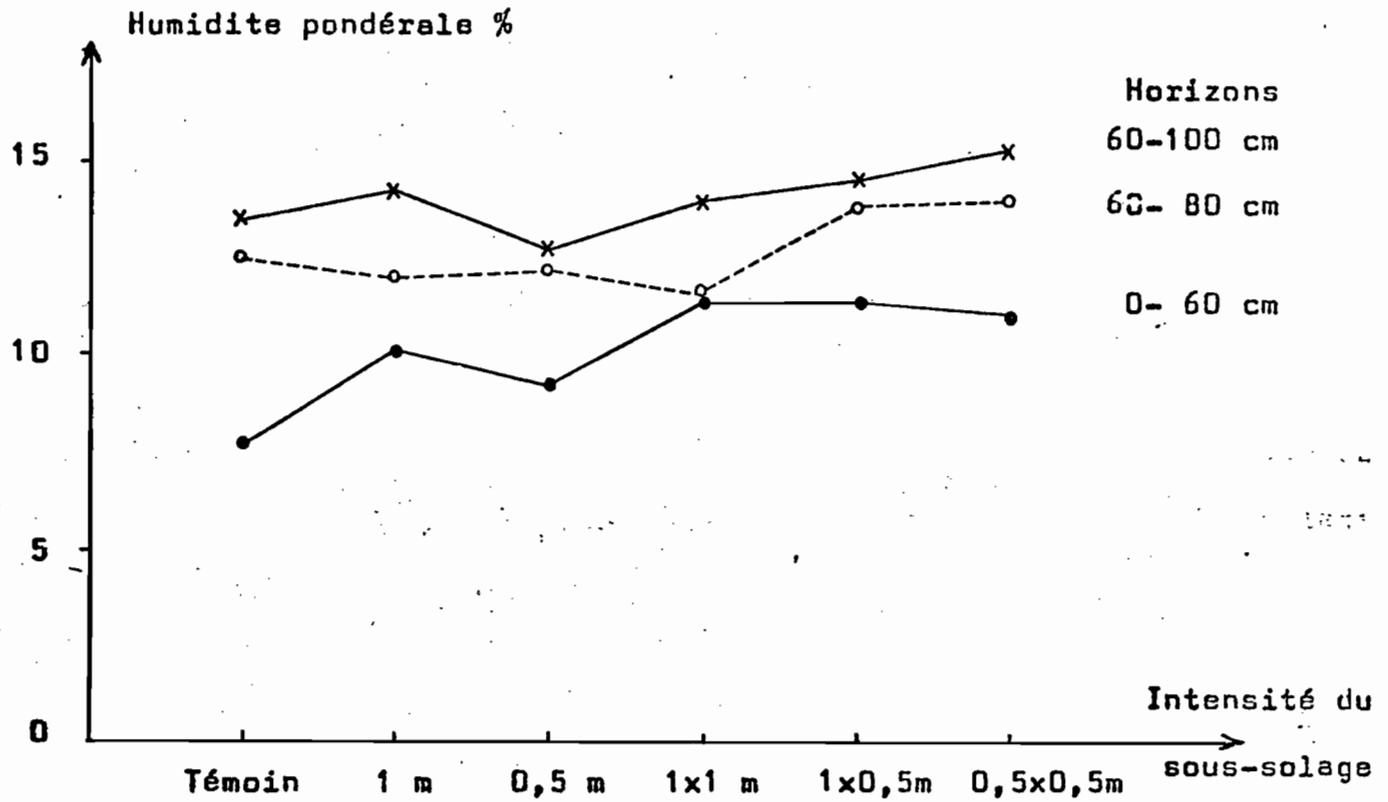
- action nette du sous-solage sur la fragmentation du sol et augmentation de la porosité structurale jusqu'à 60 - 70 cm de profondeur, bien que les traces de passage des dents sous-soleuses soient déjà difficilement identifiables à ce stade;
- action nette du sous-solage sur la profondeur et la facilité de réalisation du labour;
- influence sensible, mais non spectaculaire, des traitements de sous-solage sur l'humidité du sol (meilleure pénétration et meilleure conservation de l'humidité);
- peu de différences, à ces divers points de vue, entre les traitements de sous-solage; il faudrait sans doute plusieurs répétitions pour les mettre en évidence.

Les mesures de densité apparente et d'humidité faites par S. VALET peu après notre passage viennent confirmer ces observations. Les mesures figurent sur le graphique ci-contre.

Pour l'humidité, on notera une augmentation légère mais assez régulière des taux d'humidité dans la couche 0 - 60 cm en fonction de l'intensité du sous-solage.

Pour la densité apparente, le sous-solage est pratiquement sans effet, comme on pouvait s'y attendre, dans les couches inférieures à 60 cm. Il a, par contre, une action importante quoiqu'irrégulière dans la couche de 0 à 60 cm. Dans cette tranche de sol, la densité apparente du témoin est de 1,67 alors qu'elle s'abaisse à 1,49 pour la moyenne des traitements sous-solés. La porosité globale passe ainsi de

.../...



38 à 44 %, soit une augmentation relative de 16 %; mais, fait plus important, la porosité structurale s'élève approximativement de 12 à 18 %, soit une augmentation de 50 % en valeur relative.

On peut noter l'irrégularité des effets sur la densité apparente en fonction de l'intensité du sous-solage et l'effet spectaculaire du sous-solage croisé à 1 m X 1 m. Il ne semble pas qu'il faille attacher une importance particulière à ce phénomène qui témoignerait plutôt, à notre avis, des très grandes hétérogénéités créées, dans la tranche 0 - 60 cm, par le sous-solage, ainsi qu'on pouvait d'ailleurs s'en rendre compte à l'observation directe. A l'intérieur d'une même parcelle, les résultats doivent varier largement suivant les emplacements choisis pour effectuer les mesures et de nombreuses répétitions seraient sans doute nécessaires pour mettre en évidence des différences significatives entre les moyennes correspondant à chaque traitement.

2.2.3 - Observations sur l'essai B de Tillakeine

Au moment des observations, une irrigation de 60 mm avait été faite une douzaine de jours auparavant. Un semis de doliques avait été effectué le 23 juillet.

Sur cet essai, la teinte brun-rouge de l'horizon superficiel est plus accentuée que dans l'essai A. L'examen des profils dans le bloc S-E montre que la composante rouge s'observe en profondeur au moins jusqu'à 70 cm et parfois jusqu'à 1,20 m. Le drainage interne semble assez bon et il est probable que ces sols posent moins de problèmes d'alcalisation que ceux de l'essai A.

La végétation de doliques était assez médiocre dans l'ensemble, mais on observait un contraste très net entre celle des témoins, d'une part, et celle des parcelles sous-solées d'autre part.

Sur les témoins, il n'y avait pratiquement pas de traces de doliques mais seulement quelques graminées peu abondantes. Sur toutes les parcelles sous-solées, au contraire, la dolique était présente, mais avait le plus souvent un développement médiocre et un peuplement faible (nombreux manquants). La végétation était très hétérogène et il était difficile de voir s'il existait des différences significatives dans l'état végétatif de la dolique entre les différents traitements de sous-solage. Des comptages et des pesées de matières végétales permettront de préciser ce point.

A côté de la dolique, il y avait sur ces parcelles, une végétation plus ou moins abondante de plantes adventices : graminées et légumineuses.

Le semis de la dolique avait été précédé d'un billonnage et les traces de celui-ci, orienté E-O, étaient encore bien marquées sur le terrain. Il s'agissait d'ailleurs, plutôt de planches étroites que de billons. Le relief était

mieux marqué sur les parcelles sous-solées que sur les témoins où les planches étaient plus aplaties.

A l'examen des profils culturaux on distinguait deux couches superposées :

- la première couche correspondait au travail superficiel du sol : billonnage, sarclage. La cohérence était faible et la fragmentation assez bonne. Son épaisseur était très variable: entre 4 et 20 cm; en moyenne 10 à 12 cm. Sa limite était très irrégulière. Il ne semblait pas y avoir de différence nette entre témoins et parcelles sous-solées pour la profondeur sous-solée.

- pour la couche sous-jacente, au contraire, nette opposition entre témoins et parcelles sous-solées:

. pour les témoins, le sol est massif dès 40 à 50 cm de profondeur; la cohérence est moyenne au dessus. L'enracinement (graminéen) est peu développé jusqu'à 20 - 25 cm de profondeur. La répartition de l'humidité est variable suivant les emplacements. En général l'humidité descend jusqu'à 80 cm mais peut s'arrêter à 50 cm, ou même 20 cm dans certains cas. Entre la surface et le front de sécheresse, l'état d'humidité varie entre le frais et le sub-plastique, voire le plastique (surtout dans les horizons situés à moyenne profondeur : 20 à 50 cm).

. pour les parcelles sous-solées, on observe sur tous les profils une dislocation et une fragmentation plus ou moins importantes; elles sont moins marquées sur les traitements avec sous-solage simple à 1 m que sur les autres traitements. La couche fragmentée est très hétérogène et comporte à côté de gros blocs des poches de terre fine, bouillante et des agrégats de petites tailles. A côté, peuvent s'observer des zones ayant conservé un caractère assez massif ou des zones non visiblement fragmentées mais réticulées (après un début de dessiccation) et assez peu cohérentes (se débitant bien au couteau). Là encore, les traces de passage des dents sous-solées sont difficiles à localiser avec exactitude, sauf dans quelques cas (parcelle 6, par exemple).

La limite inférieure de la couche sous-solée se situe entre 60 et 70 cm, elle coïncide souvent avec une limite pédologique (passage du brun-rouge au brun-jaune et augmentation de compacité).

L'enracinement est mieux développé sur les témoins; les racines de doliques descendent bien dans la zone éclatée jusqu'à 40 ou 50 cm de profondeur.

Les humidités paraissent, dans l'ensemble, plus importantes que sur les témoins, quoique, là encore, très variables. La sécheresse complète ne commence qu'à 90 ou 100 cm. Dans la couche fragmentée on atteint souvent l'état plastique, surtout dans les poches de terre fine,

en général à moyenne profondeur : 30 à 60 cm.

En dessous de la limite du sous-solage (60 - 70 cm), le sol est frais, rarement sub-plastique.

Il y a donc, là encore, une influence nette du sous-solage à la fois sur la structure du sol, la pénétration de l'humidité et la croissance des doliques.

Les différences entre traitements de sous-solage sont, par contre, assez peu visibles. On peut noter toutefois que le sous-solage simple à 1 m paraît avoir une moindre action sur la fragmentation et l'humidité que les autres traitements.

2.2.4 - Observations sur l'essai C de Tillabéry

L'essai C, en sol nu, avait été labouré une douzaine de jours avant les observations faites à la fin septembre 1973. C'est le bloc N-0 qui a été étudié dans cet essai. Par ailleurs, deux sols témoins ont été observés en dehors du périmètre irrigué :

T_y 10 à la lisière Sud, dans une zone de passage de troupeaux,

T_y 11 à la lisière Est du périmètre.

L'examen des profils pédologiques faisait ressortir d'assez fortes variations dans ces sols bruns subarides à faciès vertiques, et ceci sur quelques mètres de distance. Les variations portaient à la fois sur les textures, les colorations et les structures. La gamme de variation des textures restait cependant inscrite dans les limites de l'argilo-limoneux au limono-argileux.

L'état de la surface du sol était uniforme pour tous les traitements : motteux avec croûte de battance. Les mottes présentaient des tailles variées : de 2 à 10 cm; elles étaient fissurées et émoussées. Le sol était souple sous le pied et était parsemé de souches de cannes.

Dans les profils culturaux, trois couches pouvaient être distinguées :

- une couche correspondant au labour et au pulvérisage,
- une couche plus ou moins fragmentée par le sous-solage,
- une couche profonde, massive et compacte.

Pour la première couche on n'observait pas de différences nettes entre les traitements, ni pour sa profondeur (comprise entre 12 et 30 cm; moyenne 17-20), ni pour sa cohérence : couche très peu cohérente, se débitant bien au couteau en petites mottes; fond du labour assez humide. Dans certains cas, assez rares, on pouvait distinguer la limite de

travail du pulvérisateur de celle de la charrue (exemple : parcelle 6, limite pulvérisage : 10 cm, limite labour : 25 cm). La limite du labour était généralement nette, sans qu'on puisse parler de semelle de labour. On notera que, contrairement à Tillakeina, (essai A), il ne semble pas y avoir de différences de profondeur de la couche labourée entre témoins et parcelles sous-solées. Ceci rejoint l'observation faite par le réalisateur de l'essai, suivant laquelle il n'y avait pas eu, à Tillabéry, de difficultés particulières de pénétration des socs sur les témoins, contrairement à ce qui s'était produit à Tillakeina.

La seconde couche se présente différemment dans les témoins et les parcelles sous-solées :

- dans les témoins, le sol est moyennement cohérent jusqu'à 50 - 65 cm; il est assez humide (plastique à sub-plastique) jusqu'à cette profondeur. Les témoins des essais sont, à ces égards, assez nettement différents des sols observés hors périmètres qui présentent une cohésion plus grande et une humidité plus faible. Il faut y voir sans doute l'effet du passé cultural différent, comportant pour les témoins des essais, irrigations, travail du sol et influence du système racinaire de la canne.
- dans les parcelles sous-solées on observe une fragmentation plus ou moins poussée jusqu'à 50 - 60 cm de profondeur. La limite entre cette couche et la couche sous-jacente est souvent très nette; elle se confond assez fréquemment avec une limite pédologique (coloration, compacité). Là encore, l'aspect est hétérogène (gros blocs voisinant avec terre fine). Il est difficile de localiser le passage des dents sous-soleuses. Il est difficile également de différencier les traitements de sous-solage entre eux. Les traitements comportant un sous-solage croisé entraînent cependant, dans l'ensemble, une fragmentation plus importante.

Le sol est assez humide dans cette couche, surtout dans les poches de terre fine : il est à l'état plastique ou sub-plastique.

La troisième couche est identique partout et présente un aspect massif et cohérent. On note cependant que, dans les témoins, le sol est sec, alors que dans les parcelles sous-solées, l'humidité pénètre jusqu'à 1 m ou même 1,20 m de profondeur; le sol est à l'état frais.

2.2.5 - Observations sur l'essai D de Tillabéry

Comme cela a été signalé plus haut, cet essai a subi un ruissellement important venant du N-E, avant et après réalisation du sous-solage. L'eau a stagné sur certaines parties de l'essai pendant l'hivernage.

La levée de la dolique a été très perturbée

... / ...

par l'accumulation d'eau pendant les pluies. Cependant, au moment de notre passage, la végétation était très vigoureuse (beaucoup plus qu'à Tillakeina), quoique très hétérogène : il y avait de nombreux manquants.

On notait d'une manière générale, une opposition assez nette, pour l'aspect végétatif, entre les témoins et les parcelles sous-solées : sur les témoins, végétation rare et chétive; sur les parcelles sous-solées: pieds plus nombreux, et, surtout, végétation plus belle. Entre les parcelles sous-solées les différences de végétation reflétaient davantage l'influence du ruissellement local que celle des traitements.

L'allure du terrain était mamelonnée, avec des sortes de billons de direction, tantôt N-S, tantôt E-O, correspondant probablement au sous-solage puisqu'aucun autre travail du sol n'avait été effectué après. Le sol en surface était motteux : mottes émoussées et fendillées, intérieur légèrement frais et poreux.

L'examen des profils culturaux révélait une certaine uniformité. Il n'y avait pas de couche superficielle nettement délimitée, ni dans les témoins, ni dans les parcelles sous-solées. La plupart des profils, y compris les témoins, étaient assez humides : état plastique ou même très plastique jusqu'à 1 m de profondeur; ceci peut s'expliquer par les très importants apports d'eau reçus par cet essai.

/ plus
de

Pour tous les profils, le sol était assez peu cohérent jusqu'à 60 - 80 cm de profondeur, même pour les témoins, et se détachait bien au couteau; structure à tendance polyédrique ou cubique pour tous les traitements; après un début de dessiccation, on pouvait observer une réticulation grossière jusqu'à 40 ou 60 cm. Des traces d'éclatement ne s'observaient que dans certaines parcelles sous-solées (parcelles 2, 9).

Les racines de doliques étaient concentrées dans les 30 à 40 cm superficiels dans les témoins et ne descendaient en profondeur que par les fentes de retrait. Elles étaient mieux réparties et descendaient plus profondément dans les parcelles sous-solées.

Au dessous de 60 - 80 cm : horizon à structure fondue, moyennement cohérent, relativement humide (frais à sub-plastique).

Au total, c'est dans cet essai que l'influence du sous-solage est la moins visible. Ceci peut tenir au fait qu'il a été réalisé lorsque le sol était déjà humide et que, par conséquent, l'éclatement a été moins important, ou peut-être est-ce dû aux quantités d'eau importantes qui se sont infiltrées dans ces sols et qui ont provoqué le gonflement du sol et une reprise en masse plus ou moins généralisée. Cependant la dolique, tant par son appareil végétatif que racinaire, paraît avoir réagi favorablement aux traitements de sous-solage.

2.2.6 - Résumé des observations

On retiendra des observations, les principaux faits suivants :

- action nette du sous-solage sur la fragmentation et la structure du sol dans les essais A, B, C; action peu visible sur l'essai D.
- action moins nette mais cependant sensible sur l'état d'humidité du sol dans les essais A, B, C.
- à ces deux points de vue : peu de différences entre les traitements sous-solés avec cependant une certaine infériorité des traitements de sous-solage simple à 1 m d'écartement par rapport aux autres traitements.
- à Tillakeina, sur l'essai A, influence du sous-solage sur la facilité de reprise au labour et la profondeur du labour; cette influence n'a pas été notée à Tillabéry.
- difficulté, assez générale, pour localiser exactement les traces de sous-solage.
- réaction favorable de la dolique du sous-solage à Tillabéry et surtout à Tillakeina.

2.3 - ETUDES A POURSUIVRE

On distinguera :

- la suite immédiate à donner à cette mission ou programme à court terme,
- le programme à moyen terme, tel qu'il se dégage des discussions qui ont eu lieu au C.E.A. de Cadarache.

2.3.1 - Programme à court terme

Les observations et mesures complémentaires à effectuer sur l'essai de sous-solage, sont, ainsi qu'il en a été convenu avec S. VALET et M. du TILLY, les suivantes :

- sur tous les profils observés dans les essais : relevés de profils hydriques et de densités apparentes (échantillonnage tous les 20 cm)
- sur l'essai D de Tillabéry, il serait utile d'effectuer les observations de profils culturaux sur une seconde répétition n'ayant pas (ou peu) subi de ruissellement.
- sur les essais B et D : observations précises : comptage et pesées d'échantillons sur les doliques avant enfouissement

... / ...

- au moment de l'observation des profils culturaux, quatre échantillons de sols ont été prélevés (en double) sur chaque profil, soit 60 échantillons en tout. Ces échantillons ont été expédiés à Nogent où ils sont en cours d'analyse.

Les analyses suivantes ont été demandées :

- pour les échantillons dont la structure a été préservée : mesures de porosité mottière pour tous,
- pour les échantillons ordinaires, on a choisi dans un premier temps, un seul échantillon par profil, situé à moyenne profondeur (25-35 cm ou 35-45 cm suivant les cas). Sur ces échantillons seront effectuées les déterminations suivantes :
 - . granulométrie,
 - . densité texturale sur agrégats secs,
 - . densité texturale sur agrégats humides,
 - . stabilité structurale,
 - . complexe absorbant,
 - . pH

Ceci permettra d'avoir une idée d'ensemble de caractéristiques principales des sols pour chaque bloc étudié : texture, gonflement, stabilité, taux d'alcalisation.

Par la suite, et au vu de ces résultats, on jugera de l'opportunité de compléter ces données :

- en analysant d'autres échantillons,
- en effectuant d'autres mesures (notamment: densités réelles; test de classement des agrégats à l'alcool).

En dehors des essais de sous-solage, il a été convenu d'analyser les systèmes de porosité sur sols humidifiés au voisinage de la capacité de rétention. Ces études doivent se faire à l'emplacement d'anciennes cinétiques :

- P₃ et P₄ à Tillabéry,
- 405, 401 et 410 à Tillakeina.

La procédure est la suivante :

- submersion du sol,
- ressuyage jusqu'au voisinage de la capacité de rétention,
- relevé de profil hydrique et de profil de densité apparente globale (échantillonnage: tous les 20 cm),
- ouverture d'une fosse assez vaste,
- examen de la diffusion latérale de l'humidité (prélèvements complémentaires pour mesure d'humidité),

... / ...

- Prélèvements d'échantillons tous les 20 cm, en double, si possible dans des boîtes métalliques non déformables.

Mesures de : densités texturales sur échantillons secs et humides, porosité mottière, éventuellement : densité réelle et courbe de classement des agrégats à l'alcool.

2.3.2 - Programme à moyen terme

Au cours d'une réunion qui s'est tenue à Avignon le 4 septembre 1973 et à laquelle participaient des représentants du C.E.A. (MM. PELLEGRIN et MARCESSE), de l'INRA (M. MONNIER) et de l'IRAT (MM. GILLET, VALET et CHARREAU), l'ensemble des résultats obtenus à Tillebéry et à Tillekeine dans le domaine des relations eau - sol - plante a été examiné. Après discussion il a été convenu de modifier sensiblement le programme initialement prévu par M. VALET, en :

- donnant la priorité au regroupement et à la synthèse des résultats obtenus,
- développant le programme des mesures et observations sur les essais de sous-solage,
- ralentissant un peu la prospection hydro-pédologique en dehors des points d'essais; cette prospection devrait, en outre, porter en priorité sur les sols les moins argileux qui paraissent finalement les plus aptes à la culture irriguée de la canne.

Il n'y a pas, à notre avis, à revenir sur les grandes lignes de ce programme. On peut seulement en préciser quelques modalités de réalisation.

La synthèse des résultats devra commencer par un regroupement et un classement de toutes les données, par parcelle, par cinétique et par profil. Lors de la présente mission nous avons commencé ce travail avec S. VALET mais nous n'avons pu le pousser très loin, la plupart des données concernant les cinétiques n'étant pas encore arrivées à Niamey.

Après classement il conviendra de synthétiser tous les nombreux résultats concernant chaque cinétique sous forme de fiches normalisées et simplifiées de façon à pouvoir comparer facilement les cinétiques entre elles. Les données présentées à la fois sous forme de tableaux et de graphiques, devront essentiellement comporter les éléments suivants :

- profil granulométrique simplifié (argile ou argile + limon)
- porosité globale , déduite de la densité apparente,
- porosités texturales, mottières et structurelles si elles ont été mesurées,

... / ...

- profil hydrique initial de desséchement,
- profil hydrique à la saturation temporaire,
- hauteurs d'eau infiltrée pour atteindre ce profil de saturation (tentative de bilan)
- courbes de vitesse apparente d'infiltration,
- courbes d'avancement du front d'humectation,
- profil hydrique à la capacité au champ,
- éventuellement: profil hydrique aux points de flétrissement temporaire et permanent, sur les différentes cultures.

Par ailleurs, en ce qui concerne les mesures faites sur les points d'essais, la synthèse ne doit pas être seulement ponctuelle (par cinétique ou par profil) mais également "spatiale" : il faut maintenant avoir une idée plus nette de la répartition des sols des points d'essai et de leurs relations entre eux si l'on veut pouvoir généraliser les résultats obtenus. Pour cela un préalable indispensable est l'établissement de documents topographiques sérieux : il faut disposer d'une carte au 1/1000ème pour Tillabéry, et au moins au 1/2000ème (si possible au 1/1000) pour Tillakeine. Sur ces cartes doivent figurer, non seulement les repères permanents (bornes, canaux...) mais aussi les limites de parcelles et tous les emplacements de cinétiques et profils étudiés qui doivent être localisés avec exactitude. Il faut également essayer d'acquérir toutes les photos aériennes disponibles concernant ces points d'essais.

Ce travail fait, S. VALET devra compléter les données existantes pour observation de nouvelles fosses ou de sondages à la tarière, de façon à pouvoir dresser des cartes valables. Les emplacements de nouveaux sondages doivent être rattachés topographiquement aux précédents (piquetage préalable). Toutefois, à notre avis, S. VALET ne devrait pas consacrer trop de temps à ce travail (maximum : un mois); il ne sera pas nécessaire de faire partout des descriptions détaillées, mais de bien noter les caractéristiques fondamentales des horizons : couleur, texture, structure.

Nous ne reviendrons pas sur le programme de mesures et observations à effectuer sur les essais de sous-solage puisque celui-ci a été détaillé plus haut.

Rappelons seulement que lors de la présente mission, il avait été convenu des dispositions suivantes :

- responsabilité de la conduite des essais confiée à M. du TILLY,
- irrigations effectuées par M. du TILLY, sur indications de M. VALET,

... / ...

- mesures de profils hydriques effectuées par M. VALET,
- observations et mesures sur la végétation de la canne, effectuées par M. du TILLY,
- observations et mesures sur profils culturaux et racinaires de la canne, effectuées en novembre 1974, après récolte, par M. du TILLY,
- exploitation en commun des résultats.

Ces dispositions ont été approuvées par MM. NABOS, BASSEREAU et GILLET.

En ce qui concerne la prospection hydro-pédologique en dehors des points d'essai, il avait été convenu avec les représentants du C.E.A., que le nombre de cinétiques réalisées par M. VALET au cours de la campagne 1973-1974 se situerait dans une fourchette de 6 à 10, suivant les possibilités. Ces cinétiques doivent concerner essentiellement les sols de texture intermédiaire entre les sables éoliens (exploités en culture traditionnelle) et les terrains argileux de la terrasse moyenne, situés en contrebas.

A défaut de pouvoir irriguer ces sols et les planter en canne (pour des raisons pratiques d'éloignement), M. MONNIER avait proposé d'établir les profils d'assèchement en cultivant, aux emplacements étudiés, du mil ou du sorgho. Cette suggestion paraît en effet intéressante mais elle ne pourra être réalisée maintenant qu'au cours de la saison des pluies 1974.

ANNEXE I

Résultats d'expérience sur le rôle du
Fer dans le comportement des terres de Tillabery
et Tillakéine soumises à l'analyse granulométrique.

Expérience réalisée au Laboratoire
Central de l'IRAT à NOGENT/MARNE sous
la Direction de Madame BURDIN.

Résultats comparés d'analyses granulométriques sur les
Profils P1, P2, Ta1, Ta2, Ta3, et Ta4

Objet : Voir si le fer joue, dans ces sols, un rôle important dans la structure des sols, la constitution de pseudo particules et la limitation du gonflement des agrégats.

Méthodes : Comparaison de 4 méthodes de dispersion

- 0 : Méthode habituelle de dispersion, à l'hexamétophosphate de Sodium.
- 1 : Lavage au KCl N/10; dispersion à l'ammoniaque; dans ces opérations, ni le calcaire ni le fer ne sont attaqués; c'est la forme la plus ménagée de dispersion.
- 2 : Lavage à l'HCl N/10; dispersion à l'ammoniaque. Il y a alors élimination du calcaire et une très faible attaque du Fer.
- 3 : Réactif de Tomm à l'obscurité; dispersion à l'ammoniaque.
Le fer est alors fortement attaqué par réduction.

-:-:-:-:-

PROFIL P1 (TILLABERY)

Profondeur cm	Méthode de dis- persion	Granulométrie					Calcaire: CO ₂ C.L. %
		Argile	Limons fin	Limons gros.	Sable fin	Sable gros.	
		% ^o	% ^o	% ^o	% ^o	% ^o	
0 - 10	0 (Hexam)	264	84	88	342	222	0,0
	1 (Kcl)	253	108	78	340	221	
	2 (Hcl)	295	91	79	302	233	
	3 (Tamm)	273	84	81	338	224	
50 - 80	0 (Hexam)	303	79	94	295	229	0,0
	1 (Kcl)	301	97	79	286	237	
	2 (Hcl)	252	97	79	345	227	
	3 (Tamm)	299	89	85	297	230	
80 - 100	0 (Hexam)	283	73	81	264	299	0,0
	1 (Kcl)	273	72	67	290	298	
	2 (Hcl)	136	179	73	304	308	
	3 (Tamm)	288	69	71	288	284	
100 - 120	0 (Hexam)	232	63	73	291	341	0,8
	1 (Kcl)	197	110	68	304	321	
	2 (Hcl)	151	140	73	333	303	
	3 (Tamm)	226	79	69	305	321	
160 - 180	0 (Hexam)	171	145	84	273	327	19,6
	1 (Kcl)	87	202	71	282	358	
	2 (Hcl)	99	136	54	315	396	
	3 (Tamm)	117	188	77	277	341	

PROFIL P2 (TILLABERY)

Profondeur cm	Méthode de dis- persion	Granulométrie					Calcaire CO ₃ Ca %
		Argile ‰	Limon ‰	Limon gros. ‰	Sable fin ‰	Sable gros. ‰	
0 - 10	0 (Hexam)	347	105	93	288	167	0,0
	1 (Kcl)	333	125	77	307	159	
	2 (Hcl)	262	176	87	304	171	
	3 (Tamm)	348	96	94	299	163	
40 - 60	0 (Hexam)	396	106	89	254	155	0,0
	1 (Kcl)	380	130	78	262	150	
	2 (Hcl)	306	187	83	253	171	
	3 (Tamm)	405	106	79	257	153	
60 - 80	0 (Hexam)	440	106	83	221	150	0,0
	1 (Kcl)	429	126	71	230	144	
	2 (Hcl)	295	241	67	238	159	
	3 (Tamm)	462	91	77	222	148	
80 - 100	0 (Hexam)	432	101	79	216	172	0,0
	1 (Kcl)	421	114	75	226	166	
	2 (Hcl)	327	201	81	219	172	
	3 (Tamm)	424	106	77	225	168	
100 - 120	0 (Hexam)	437	104	81	211	167	0,0
	1 (Kcl)	416	137	69	210	168	
	2 (Hcl)	279	230	79	233	179	
	3 (Tamm)	443	107	70	215	165	
120 - 140	0 (Hexam)	446	124	77	188	165	0,0
	1 (Kcl)	451	131	70	196	152	
	2 (Hcl)	363	190	79	208	160	
	3 (Tamm)	447	110	77	203	163	
180 - 200	0 (Hexam)	119	52	70	347	412	2,8
	1 (Kcl)	84	84	65	329	438	
	2 (Hcl)	103	65	69	354	409	
	3 (Tamm)	107	61	65	321	446	

PROFIL To 1 (TILLAKEINA)

Profondeur cm	Méthode de dis- persion	Granulométrie					Calcaire
		Argile ‰	Limon fin ‰	Limon gros. ‰	Sable fin ‰	Sable gros. ‰	CO ₃ Ca %
0 - 20	0 (Hexam)	372	126	101	253	148	0,0
	1 (Kcl)	350	161	93	253	143	
	2 (Hcl)	201	270	99	276	154	
	3 (Tamm)	369	123	107	253	148	
60 - 70	0 (Hexam)	390	130	111	210	159	0,0
	1 (Kcl)	354	193	128	178	147	
	2 (Hcl)	219	282	109	236	154	
	3 (Tamm)	374	177	93	214	142	
100 - 120	0 (Hexam)	312	100	69	328	191	0,0
	1 (Kcl)	275	151	62	296	216	
	2 (Hcl)	182	238	75	289	216	
	3 (Tamm)	312	116	63	292	217	
140 - 160	0 (Hexam)	241	53	55	372	279	0,0
	1 (Kcl)	203	101	54	372	270	
	2 (Hcl)	203	85	56	400	256	
	3 (Tamm)	230	79	58	371	262	

PROFIL T₂ (TILLAKEINA)

Profondeur cm	Méthode de dis- persion	Granulométrie					Calcaire: CO ₃ Ca %
		Argile ‰	Limon fin ‰	Limon gros. ‰	Sable fin ‰	Sable gros. ‰	
0 - 20	0 (Hexam)	353	127	95	277	148	0,0
	1 (Kcl)	309	173	88	281	149	
	2 (Hcl)	146	286	120	305	143	
	3 (Tamm)	316	100	76	310	198	
60 - 70	0 (Hexam)	411	165	108	198	118	1,6
	1 (Kcl)	346	232	103	208	111	
	2 (Hcl)	286	282	114	218	100	
	3 (Tamm)	283	73	73	358	213	
90 - 110	0 (Hexam)	341	81	70	309	199	2,0
	1 (Kcl)	277	136	64	323	200	
	2 (Hcl)	300	113	71	332	184	
	3 (Tamm)	359	132	96	275	138	
130 - 140	0 (Hexam)	293	52	72	364	219	0,0
	1 (Kcl)	274	74	65	370	217	
	2 (Hcl)	213	130	63	379	215	
	3 (Tamm)	419	186	104	211	110	
170	0 (Hexam)	262	105	77	300	256	12,0
	1 (Kcl)	215	145	74	310	256	
	2 (Hcl)	132	236	90	304	238	
	3 (Tamm)	262	105	71	303	259	

PROFIL T. 3 (TILLAKEINA)

Profondeur cm	Méthode de dis- persion	Granulométrie					Calcaire
		Argile ‰	Limon fin ‰	Limon gros. ‰	Sable fin ‰	Sable gros. ‰	CO ₃ Ca %
0 - 20	0 (Hexam)	367	138	106	252	137	0,0
	1 (Kcl)	326	176	96	275	127	
	2 (Hcl)	313	196	96	260	135	
	3 (Tamm)	360	151	89	267	133	
60 - 70	0 (Hexam)	384	136	157	171	152	2,0
	1 (Kcl)	295	215	90	253	147	
	2 (Hcl)	162	357	98	252	131	
	3 (Tamm)	385	145	86	229	155	
90 - 120	0 (Hexam)	444	114	95	225	122	0,8
	1 (Kcl)	369	169	99	234	129	
	2 (Hcl)	330	225	103	224	118	
	3 (Tamm)	427	140	84	221	128	
160	0 (Hexam)	266	95	66	314	259	1,6
	1 (Kcl)	244	95	68	343	250	
	2 (Hcl)	263	75	62	336	264	
	3 (Tamm)	364	192	114	188	142	

./.

PROFIL T. 4 (TILLAKEINA)

Profondeur cm	Méthode de dis- persion	Granulométrie					Calcaire: CO ₃ Ca %
		Argile % ^c	Limon fin % ^c	Limon gros. % ^c	Sable fin % ^c	Sable gros. % ^c	
0 - 20	0 (Hexam)	371	131	108	259	131	0,0
	1 (Kcl)	364	147	95	257	137	
	2 (Hcl)	193	304	102	267	134	
	3 (Tamm)	424	173	28	286	89	
60 - 70	0 (Hexam)	427	156	133	192	92	0,0
	1 (Kcl)	373	208	128	202	89	
	2 (Hcl)	326	256	130	204	84	
	3 (Tamm)	265	83	73	343	236	
80 - 90	0 (Hexam)	395	150	135	175	145	4,4
	1 (Kcl)	332	205	132	189	142	
	2 (Hcl)	356	217	131	192	104	
	3 (Tamm)	350	195	100	229	126	
170	0 (Hexam)	252	137	149	237	225	2,8
	1 (Kcl)	207	181	146	244	222	
	2 (Hcl)	235	169	150	254	192	
	3 (Tamm)	228	178	136	255	203	

ANNEXE II

Résultats analytiques sur les sols du
point d'essai de Tillebery

Analyses effectuées au Laboratoire Central
de l'IRAT à NOGENT/MARNE sous la Direction
de Madame BURDIN (sauf densités apparentes
et texturales).

Parcelle P1

Végétation : Canne à sucre bien développée - sèche.

Surface : Couleur rougeâtre - peu de cailloux de quartz du continental terminal.

Type : Sol brun subaride à faciès verticale.

Description du profil

0 - 20 cm

Sec - brun à tonalité rouge - limon très sableux - structure polyédrique moyenne associée à grumeleuse - consistance assez dure.

Porosité bonne - enduit de sable grossier dans fentes de retrait et autour des agrégats - présence de cailloux de quartz patinés - racines abondantes, ramifiées sous le pied de canne entre et dans les éléments de structure - quelques minéraux en voie d'altération - vie active - cet horizon correspond à la zone labourée.

Transition nette avec

20 - 50 cm

Sec - brun à tonalité rouge plus claire - limon - argilo - sableux - structure fragmentaire polyédrique grossier et associée à plaquettes subcubiques obliques - consistance assez dure - assez rigide - faces de glissement nettes, luisantes mais striées par sable grossier - Descente de sable dans fente de retrait et le long de face de glissement - débris de poterie vers 50 cm - Quelques minéraux en voie d'altération - trace de vie - racines dans et entre les éléments de structure (aplaties et peu ramifiées)

Porosité bonne - quelques quartz patinés.

./.

Transition progressive avec

50 - 80 cm

Sec - brun à brun olive - limon argileux - structure massive à sous-structure polyédrique anguleuse - moyenne - semi-rigide - assez friable - Racines encore bien réparties dans la masse - Porosité moyenne - Rares concrétions ferrugineuses individualisées peu friables - nombreux minéraux en voie d'altération - quelques quartz patinés - traces de galeries de termites avec accumulation de coprolithes qui font effervescence.

Transition sur 80 m, sinueuse avec

80 - 100/130 cm

Sec - jaune non marbré - limon très sableux à sable limoneux - structure massive à éclat anguleux - peu rigide - friable - Quelques concrétions ferrugineuses individualisées - Peu friables - Nombreux minéraux en voie d'altération - racines peu nombreuses.

Transition nette, sinueuse avec

100/130 - 190 cm

Sec - gris - sable limoneux - structure fondue associée à structure particulaire - tendance à boullance - sous structure à éclat anguleux semi-rigide - très friable - litage de la roche oblique - fragment de granite non altéré - encore des racines à 1 m 60.

Les fentes de retrait sont nombreuses en surface :

Tous les 10 cm environ de 0 à 45 cm, puis tous les 20 cm jusqu'à 100/130 cm.

Leur diamètre jusqu'à 10 cm oscille entre 4 et 8 mm puis 4 mm jusqu'à 45, ensuite 2 et 1 mm jusqu'à 130 cm.

Résultats analytiques

Profil : P1 (Tillabery)

Profondeur (cm)		0-10	50-80	80-100	100-120	160-190
Granulométrie	Terre fine %	100,0	100,0	97,3	100,0	97,2
	Argile %	26,4	30,3	28,3	23,2	17,1
	Limon %	8,4	7,9	7,3	6,3	14,5
	Sable très fin %	8,8	9,4	8,1	7,3	8,4
	Sable fin %	34,2	29,5	26,4	29,1	27,3
	Sable grossier %	22,2	22,9	29,9	34,1	32,7
	Carbonate (CO ₃ Ca) %	0,0	0,0	0,0	0,8	19,6
Stabilité Structurale	Agrégats air %	24,1	25,3	29,9	-	-
	" alcool %	43,1	33,8	34,1	-	-
	" benzène %	23,3	22,8	28,9	-	-
	(A + L) maximum %	24,5	24,5	24,5	-	-
	I S	1,92	2,92	3,16	-	-
Densités apparentes	Densité globale	1,55	1,67	1,63	1,65	1,86
	Densité texturale sur agrégats secs	1,92	1,96	1,94	1,92	-
	Densité texturale sur agrégats saturés d'eau	1,50	1,50	1,48	1,44	-
	Coefficient de gonfle- ment %	28,0	30,7	31,1	33,3	-
Humidités à	pF 2,5 %	25,7	29,4	29,2	26,3	24,9
	pF 3,0 %	18,9	21,5	21,1	20,0	21,2
	pF 4,2 %	9,9	9,9	10,7	9,0	8,9
Complexe absorbant	Ca m. e pour 100 g	10,60	15,10	16,40	14,40	10,70
	Mg " "	7,30	6,30	6,40	5,50	7,20
	K " "	0,29	0,22	0,28	0,24	0,17
	N ₂ " "	0,08	0,12	0,16	0,08	0,12
	Somme des bases S m.e. 100 g	18,27	21,74	23,24	20,22	18,19
	Capacité d'échange CEC m.e./100 g	20,50	24,50	23,00	21,00	24,00
	Saturation V = $\frac{S \times 100}{C.E.C.}$	89	88	100	96	75
Sels solubles Ext. 1/20; perc.	Ca m.e. /100 g	0,22	0,21	0,34	0,50	1,10
	N ₂ " "	0,09	0,19	0,54	0,72	1,00
Fer	Fe libre ‰	11,80	11,80	11,60	9,00	4,60
	Fe Total ‰	28,50	32,50	29,50	32,00	28,00
	Fer libre/Fer Total	0,41	0,36	0,39	0,28	0,16

Parcelle P2

- Végétation : Canne à sucre à développement faible - Très sèche.
- Surface : Couleur brun foncé - nombreux quartz patinés et mottes anguleuses.
- Type : Sol brun subaride à horizon verticale accusé et affleurant.

Description du profil

0 - 30 cm

Sec - brun foncé - limon argilo-sableux - structure fragmentaire - motte anguleuse et agrégat polyédrique associé à petits agrégats arrondis - rigide - très dure -

Nombreux quartz patinés et encroutés - Porosité moyenne - Racines et radicules entre et dans les éléments de structure plus nombreuses sous le pied des cannes que dans le sillon - Nombreux quartz patinés.

Transition nette avec

30 - 60 cm

Sec - brun gris clair - argile sableuse - structure prismatique - sous structure - cubique et oblique - moyenne - rigide - dure - faces de glissement nombreuses luisantes - légèrement striées - Sable dans fente de retrait - Porosité faible -

Racines moins nombreuses sous le pied de canne et faibles dans le sillon.

Transition progressive avec

60 - 110/120 cm

Sec - gris foncé - argile sableuse à argile -
structure massive à sous-structure sub-cubique et poly-
édrique - grossière - rigide- dure - Faces de glissement
obliques - luisantes - légèrement striées - Porosité très
faible -

Enracinement descend le long de fentes de retrait jusqu'à
1 m et rare jusqu'à 1 m 20 - sable suit le même chemin -
Trainées, grises et noirâtres - quartz potinés visibles.

Transition nette avec

110/120 - 150/160

Sec - jaunâtre avec tâches grises et rouilles - sable
limoneux - Structure fondue, sous-structure à éclat angu-
leux - semi-rigide - assez dure - Porosité moyenne -

Minéraux en voie d'altération nombreux - Pas de racines
visibles.

Transition nette avec

150/160 - 200

Sec - gris clair avec tâches rouilles - sable limoneux -
structure particulière associée à structure à éclat angu-
leux - semi-rigide - assez dure - granite altéré - Miné-
raux reconnaissables - très poreux - fragment de roche
non altéré - compacte dure -

Aucune racine visible.

Les fentes de retrait sont nombreuses en surface.

Tous les 20 cm de 0 à 30 cm, puis tous les 40 - 60 cm
jusqu'à 1 m 40.

Leur diamètre varie de 10 à 2 mm de la surface jusqu'à
1 m 40.

Résultats analytiques

Profil : P2 (Tillobery)

Profondeur (cm)		0-10	40-60	60-80	80-100	100-200	120-140	180-200
Granu- lométrie	Terre Fine %	100,0	97,6	99,1	100,0	100,0	100,0	95,6
	Argile %	34,7	39,6	44,00	43,2	43,7	44,6	11,9
	Limon %	10,5	10,6	10,6	10,1	10,4	12,4	5,2
	Sable très fin %	9,3	8,9	8,3	7,9	8,1	7,7	7,0
	Sable fin %	28,8	25,4	22,1	21,6	21,1	18,8	34,7
	Sable gros. %	16,7	15,5	15,0	17,2	16,7	16,5	41,2
	Carbonate (CO ₃ .Ca) %	0	0	0	0	0	0	2,8
Stabi- lité Struc- turale	Agrégats air %	24,0	-	30,6	22,4	-	-	-
	" alcool %	32,4	-	36,6	32,8	-	-	-
	" benzène %	17,1	-	18,1	17,7	-	-	-
	(A + L) maximum %	34,5	-	32,0	42,0	-	-	-
	IS	3,7	-	2,07	4,30	-	-	-
Densités apparen- tes	Densité globale	1,72	1,65	1,66	1,65	1,58	1,59	1,75
	Densité textu- rale sur agré- gats secs	1,97	1,94	1,97	1,98	1,98	1,99	-
	Densité textu- rale sur agré- gats saturés	1,36	1,53	1,39	1,32	1,32	1,42	-
	Coefficient de gonflement %	44,9	26,8	41,7	50,0	50,0	40,1	-
Humidités à	pF 2,5	29,3	28,8	32,2	34,5	35,9	36,0	16,7
	pF 3,0	24,4	25,4	28,1	29,7	30,3	30,8	13,0
	pF 4,2	10,9	11,6	13,0	12,7	13,4	13,9	5,6
Complexe absor- bant	Ca m.e. pour 100g	11,50	13,40	13,70	13,60	12,90	15,00	6,60
	Mg " " "	9,80	9,00	9,50	9,30	9,60	10,00	4,90
	K " " "	0,36	0,27	0,36	0,35	0,35	0,33	0,16
	Na " " "	0,33	0,40	0,34	0,13	0,14	0,19	0,01
	Somme des bases	21,99	23,07	23,90	23,38	22,99	25,52	11,67
	S m.e./100g							
	Capacité d'éch.	24,00	25,20	27,50	26,60	28,60	28,60	16,20
	C.E.C. m.e./100g							
Saturation V =	91	91	86	87	80	89	72	
<u>S x 100</u> C.E.C.								
Sels Sol. (Ext.1/20 perc.)	Ca m.e./100 g	0,16	0,24	0,43	0,75	0,55	0,67	1,14
	Na m.e./100 g	0,20	0,96	1,37	1,56	1,63	1,81	1,10
Fer	Fe libre ‰	16,40	10,80	11,40	11,50	11,60	10,50	5,80
	Fe Total ‰	35,50	32,00	32,00	33,00	33,00	33,00	20,50
	Fer Libre/ Fer Total	0,46	0,34	0,36	0,35	0,35	0,32	0,28

Résultats analytiques

Profil : TY 1 - Parcelle P4 (Tillabery)

Profondeur (cm)		0-12	12-25	25-40	40-100	100-150	150-200
Granu- lométrie	Argile %	32,8	33,0	37,7	37,3	35,0	7,2
	Limon %	9,2	8,9	10,4	11,2	9,0	3,2
	Sable très fin %	6,7	6,0	6,6	7,4	6,2	3,7
	Sable fin %	31,0	32,2	28,1	26,0	25,2	23,6
	Sable grossier %	20,3	19,9	20,2	18,1	24,6	62,3
Densités textu- rales	Sur agrégats secs	1,95	2,02	1,99	-	1,90	-
	Sur agrégats saturés d'eau	1,56	1,63	1,31	1,27	1,40	-
	Coefficient de gonfle- ment %	25,0	23,9	51,9	-	35,7	-
Complexe absor- bant	Ca m.e. pour 100 g	14,60	13,00	17,20	17,40	14,60	6,20
	Mg " "	7,35	7,35	6,70	6,50	6,20	1,65
	K " "	0,42	0,22	0,18	0,24	0,25	0,06
	Na " "	0,20	0,22	0,24	0,73	0,42	0,63
	Somme des bases S	22,57	20,79	24,32	24,87	21,47	8,54
	m.e./100 g						
	Capacité d'échange	30,70	29,30	34,50	37,20	38,00	19,40
C.E.C.m.e./100 g							
Saturation V = $\frac{S}{C.E.C.} \times 100$	74	71	70	67	56	44	

Résultats analytiques

Profil : TY 2 - Parcelle P4 (Tillabery)

Profondeur (cm)		15-60	60-100	100-140
Granu- lométrie	Argile %	39,0	42,0	39,1
	Limon %	10,9	12,5	12,1
	Sable très fin %	7,9	8,1	6,9
	Sable fin %	26,6	23,2	24,6
	Sable grossier %	15,6	14,2	17,3
Densités textu- rales	Sur agrégats secs	2,01	1,92	1,94
	" " saturés	1,53	1,48	1,57
	Coefficient de gonfle- ment %	31,4	29,7	23,6
Complexe absor- bant	Ca m.e. pour 100 g	17,40	19,60	18,60
	Mg " " "	8,50	9,40	8,10
	K " " "	0,24	0,25	0,25
	Na " " "	0,85	1,74	1,64
	Somme des bases S m.e	26,99	30,99	28,59
	S m.e./100 g			
	Capacité d'échange	35,40	36,30	38,00
C.E.C.m. e/100 g				
Saturation V = $\frac{S}{C.E.C.} \times 100$	76	85	75	

Résultats analytiques

Profil : TY 3 - Parcelle P4 (Tillabery)

Profondeur (cm)		0-12	15-70	70-100	120-160
Granulo- mètrie	Argile %	36,8	43,1	49,6	36,4
	Limon %	8,5	10,6	12,8	8,00
	Sable très fin %	7,0	7,6	6,8	7,5
	Sable fin %	29,1	24,1	17,5	21,8
	Sable grossier %	18,6	14,6	13,3	28,1
Densités textu- rales	Sur agrégats secs	1,99	1,96	1,90	1,91
	" " saturés d'eau	1,57	1,58	1,46	1,49
	Coefficient de gonflement %	26,8	24,0	30,1	28,2
Humidités à	pF 2,5 %	28,7	32,7	38,8	31,5
	pF 3,0 %	21,9	24,6	30,7	23,0
	pF 4,2 %	10,3	12,0	14,6	11,4
Complexe absorbant	Ca m.e. pour 100 g	12,90	14,00	15,60	15,00
	Mg " " "	8,70	8,50	8,20	6,60
	K " " "	0,25	0,23	0,29	0,23
	Na " " "	0,15	0,65	1,15	0,44
	Somme des bases S m.e./100g	22,01	23,28	25,24	22,27
	Capacité d'échange C.E.C. m.e./100 g	24,50	28,20	30,30	24,80
Saturation V = $\frac{S \times 100}{C.E.C.}$	89	82	83	89	
Sels solubles	Ca m.e./100 g	0,21	0,19	0,17	0,19
	Na " "	0,15	0,48	0,72	0,89
Fer	Fe libre ‰	12,20	14,00	12,90	10,70
	Fe Total ‰	35,50	37,50	34,50	29,00
	Fer Libre/Fer Total	0,34	0,37	0,37	0,37

Résultats analytiques

Profil : TY 4 - Parcelle P4 (Tillabery)

Profondeur (cm)		0-5	10-60	80-120	140-180
Granulo- mètrie	Argile %	35,8	47,3	46,6	25,8
	Limon %	9,8	13,3	13,4	8,9
	Sable très fin %	5,5	6,3	5,7	4,7
	Sable fin %	29,6	19,6	17,2	18,8
	Sable grossier %	19,3	13,5	17,1	41,8
Densités texturales	Sur agrégats secs	2,00	1,96	1,91	-
	" " saturés d'eau	1,66	1,57	-	-
	Coefficient de gonflement %	20,5	24,8	-	-
Complexe absorbant	Ca m.e. pour 100 g	12,20	22,70	22,80	9,90
	Mg " "	8,45	9,20	7,80	3,95
	K " "	0,24	0,24	0,24	0,13
	Na " "	0,18	2,10	2,30	1,66
	Somme des bases	21,07	34,24	33,14	15,54
	S m.e./100 g				
	Capacité d'échange CEC m.e./100 g	32,70	38,00	37,20	26,00
Saturation V = $\frac{S \times 100}{C.E.C.}$	64	90	89	60	

Résultats analytiques

Profil : TY 5 - Parcelle P4 (Tillabery)

Profondeur (cm)		0-20	40-80	80-120	120-160
Granulo- mètrie	Argile %	29,8	36,5	49,9	52,7
	Limon %	8,2	12,3	11,7	11,7
	Sable très fin %	5,4	6,5	5,2	4,5
	Sable fin %	33,7	29,0	21,3	18,4
	Sable grossier %	22,9	15,7	11,9	12,7
Complexe absorbant	Ca m.e. pour 100 g	9,40	19,00	17,20	25,10
	Mg " "	7,35	8,00	6,30	8,50
	K " "	0,23	0,20	0,24	0,24
	Na " "	0,36	2,22	2,52	2,77
	Somme des bases	17,34	29,42	26,26	36,61
	S m.e./100 g				
	Capacité d'échange C.E.C.m.e./100 g	24,00	43,80	20,70	43,40
Saturation V = $\frac{S \times 100}{C.E.C.}$	72	67		84	

Résultats analytiques

Profil : TY 6 - Parcelle P4 (Tillabery)

Profondeur (cm)		20-40	50-100	120-150	150-200
Granulo- mètrie	Argile %	37,9	39,3	30,9	17,6
	Limon %	9,5	9,6	6,8	5,9
	Sable très fin %	6,9	6,3	6,4	5,2
	Sable fin %	27,9	25,8	24,8	32,0
	Sable grossier %	17,8	19,0	31,1	39,3
Complexe absorbant	Ca m.e. pour 100 g	13,80	15,40	13,00	8,80
	Mg " "	4,70	4,05	3,20	2,40
	K " "	0,17	0,23	0,20	0,12
	Na " "	1,45	1,98	1,48	1,08
	Somme des bases	20,12	21,66	17,88	12,40
	S m.e./100 g				
	Capacité d'échange	22,10	15,70	26,00	20,00
C.E.C. m.e./100 g					
Saturation V = $\frac{S \times 100}{C.E.C.}$	91		69	62	

Résultats analytiques

Profil : TY 7 - Parcelle P3 (Tillabery)

Profondeur (cm)		0-18	18-50	50-100
Granulo- mètrie	Argile %	16,8	23,5	29,9
	Limon %	5,3	5,1	6,1
	Sable très fin %	4,6	4,9	6,8
	Sable fin %	39,0	35,0	29,4
	Sable grossier %	34,3	31,5	27,8
Complexe absorbant	Ca m.e. pour 100 g	8,50	11,80	16,80
	Mg " "	3,10	3,30	3,30
	K " "	0,22	0,11	0,17
	Na " "	0,42	0,22	0,25
	Somme des bases	12,24	15,43	20,42
	S m.e./100 g			
	Capacité d'échange	36,70	26,00	25,70
C.E.C. m.e./100 g				
Saturation V = $\frac{S \times 100}{C.E.C.}$	33	59	79	

ANNEXE III

Résultats analytiques sur les sols du point
d'essai de Tillakéina.

Analyses effectuées au Laboratoire Central
de l'IRAT à NOGENT/MARNE sous la Direction
de Madame BURDIN (sauf densités apparentes
et texturales).

Résultats analytiques

Profil Ta 1 (Tillakéina)

Profondeur cm		0-20	60-70	100-120	140-160
Granulo- mètrie	Argile %	37,1	39,0	31,2	24,1
	Limon fin %	12,6	13,0	10,0	5,3
	Limon grossier %	10,1	11,1	6,9	5,5
	Sable fin %	25,3	21,0	32,8	37,2
	Sable grossier %	14,8	15,9	19,1	27,9
	Carbonate %	0,0	0,0	0,0	0,0
Stabilité structurale	Agrégats air %	22,0	24,0	25,1	-
	" alcool %	36,8	32,2	34,0	-
	" benzène %	21,5	15,9	21,9	-
	(A + C) maximum %	26,0	43,5	36,5	-
	I S	1,75	3,72	3,54	-
Densité texturale	Sur agrégats secs	2,02	1,94	2,01	2,13
	Sur agrégats humides	1,47	1,42	1,39	1,39
	Coefficient de gonflement	37,4	36,6	44,6	46,0
Humidités à	pF 2,5	31,6	36,9	32,1	29,5
	pF 3,0	26,9	31,5	33,4	24,6
	pF 4,2	12,2	12,7	11,1	8,7
Complexe absorbant	Ca mé pour 100 g	13,70	13,40	9,10	6,60
	Mg "	8,60	8,20	7,00	5,50
	K "	0,18	0,23	0,18	0,17
	Na "	0,62	1,19	1,61	0,45
	Somme "	23,10	23,02	17,89	12,72
	Cap. d'éch. "	25,90	27,80	24,00	17,80
	Taux de seturation %	89	82	74	71
Fer	Fe libre ‰	26,60	25,80	18,40	17,40
	Fe Total ‰	50,00	52,00	40,50	35,50
	Fer Libre/Fer Total	0,53	0,50	0,45	0,49
Sels solubles extrait 1/20	Ca / me/100 g	0,29	0,42	0,45	0,52
	Percolation Na	1,23	2,76	3,24	2,95

Résultats analytiques

Profil Te 2 (Tillakéine)

Profondeur (cm)	0-20	60-70	90-110	130-140	170	
Granulo- mètrie	Argile %	35,3	41,1	34,1	29,3	26,2
	Limon %	12,7	16,5	8,1	5,2	10,5
	Sable très fin %	9,5	10,8	7,0	7,2	7,7
	Sable fin %	27,7	19,8	30,9	36,4	30,0
	Sable grossier %	14,8	11,8	19,9	21,9	25,6
	Calcaire %	0,0	1,6	2,0	0,0	12,0
Stabilité structurale	Agrégats air %	21,4	14,3	20,4	-	-
	" alcool %	37,2	12,6	21,9	-	-
	" benzine %	17,5	12,8	20,8	-	-
	(A + L) maximum %	35,0	50,5	38,0	-	-
	IS	2,73	12,40	8,79	-	-
Densités texturales	Sur agrégats secs	1,93	2,08	2,05	2,01	-
	" " saturés	1,49	0,85	0,70	0,77	-
	Coefficient de gonflement d'eau %	29,5	144,7	192,9	161,0	-
Humidités à	pF 2,5 %	31,8	65,6	76,2	57,8	63,8
	pF 3,0 %	29,7	37,1	64,0	56,5	50,6
	pF 4,2 %	11,2	15,3	18,9	13,3	15,2
Complexe absorbant	Ca m. e pour 100 g	11,70	7,10	6,10	5,60	5,30
	Mg " "	6,80	5,40	4,80	4,20	4,20
	K " "	0,22	0,22	0,21	0,19	0,10
	Na " "	0,91	2,94	2,85	3,87	0,37
	Somme des bases S m.e./100 g	19,63	15,66	13,96	13,86	10,07
	Capacité d'échange	23,00	24,50	22,40	21,10	19,10
	CEC m.e./100 g					
	Saturation V = $\frac{S \times 100}{C.E.C.}$	85	63	62	65	52
Sels solubles	Conductivité Mhos	200	426	483	362	435
	Mhos 10^{-6} cm^{-1}					
Extrait aqueux 1/10 (agitation)	pH	-	8,74	8,78	8,15	8,63
	Ca mé/100 g de sel	-	0,05	0,05	0,04	0,04
	Mg " "	-	0,08	0,10	0,11	0,10
	K " "	-	0,02	0,04	0,03	0,02
	Na " "	-	4,43	5,35	3,91	4,28
Sels solubles	Cl / mg/100 g	0,57	0,79	1,55	1,36	1,35
Extrait 1/20 (percolation)	Na / mg/100 g	2,19	5,56	5,82	4,08	7,63
Fer	Fe libre %	21,20	21,00	12,40	18,20	13,80
	Fe Total %	47,50	45,25	32,00	37,50	33,00
	Fe Libre/Fer Total %	0,45	0,46	0,39	0,48	0,42

Résultats analytiques

Profil : Ta 3 (Tillakéina)

Profondeur (cm)		0-20	60-70	90-120	160
Granulo- mètrie	Argile	36,7	38,4	44,4	26,6
	Limon	13,8	13,6	11,4	9,5
	Sable très fin	10,6	15,7	9,5	6,6
	Sable fin	25,2	17,1	22,5	31,4
	Sable grossier	13,7	15,2	12,2	25,9
	Calcaire	0,0	2,0	0,8	1,6
Densités texturales	Sur agrégats secs	-	-	-	2,08
	" " saturés d'eau	-	-	-	0,80
	Coefficient de gonflement %	-	-	-	160,0
Humidités à	pF 2,5	32,7	36,0	64,1	48,6
	pF 3,0	29,3	32,1	53,7	40,3
	pF 4,2	10,7	11,9	15,6	11,1
Complexe absorbant	Ca m.e pour 100 g	12,30	9,20	8,10	5,10
	Mg " "	7,90	6,00	6,70	5,30
	K " "	0,25	0,20	0,22	0,18
	Na " "	0,61	1,16	0,72	4,15
	Somme des bases S m.e./100 g	21,06	16,56	17,54	14,73
	Capacité d'échange CEC	23,00	23,00	25,90	20,50
	m.e./100 g	-	-	-	-
	Saturation V = $\frac{S \times 100}{C.E.C.}$	91	72	60	71
Sels solubles (Extrait 1/20; percolation)	Ca mé/100 g	0,30	0,60	1,88	1,85
	Na " "	1,67	4,61	7,08	5,95
Sels solubles (Extrait 1/10 agitation)	Conductivité Mhos 10 ⁻⁶ /cm	137	282	391	361
	Ca ²⁺ mé 100 g	-	0,07	0,09	0,05
	Mg ²⁺ " "	-	0,10	0,12	0,11
	K ⁺ " "	-	0,02	0,02	0,02
	NH ₄ ⁺ " "	-	3,15	4,11	3,70
	Cl ⁻ " "	-	0,09	0,10	0,13
	SO ₄ ²⁻ " "	-	0,04	0,02	0,10
H CO ₃ ⁻ " "	-	2,90	3,40	2,30	
	CO ₃ ⁻⁻ " "	-	Tr	Tr	0,00
	Fe libre	23,40	20,70	20,60	20,60
	Fe Total	47,25	44,00	44,00	40,75
	Fer Libre/Fer Total	0,50	0,47	0,47	0,50

Résultats analytiques

Profil : Ta 4 (Tillakéina)

	Profondeur (cm)		0-20	60-70	80-90	170
Granulo- mètrie	Argile	%	37,1	42,7	39,5	25,2
	Limon	%	13,1	15,6	15,0	13,7
	Sable très fin	%	10,8	13,3	13,5	14,9
	Sable fin	%	25,9	19,2	17,5	23,7
	Sable grossier	%	13,1	9,2	14,5	22,5
	Calcaire	%	0,0	0,0	4,4	2,8
Densités texturales	Sur agrégats secs		2,01	1,99	1,96	-
	" " saturés d'eau		1,42	1,56	1,61	-
	Coefficient de gonflement	%	41,5	27,6	21,7	-
Humidités à	pF 2,5	%	31,7	23,5	23,6	27,2
	pF 3,0	%	26,6	20,9	22,3	19,2
	pF 4,2	%	10,4	13,5	14,9	11,6
Complexe absorbant	Ca m.e. pour 100 g		11,40	15,10	13,60	10,60
	Mg " "		8,50	7,50	7,90	6,70
	K " "		0,22	0,21	0,22	0,19
	Na " "		0,24	0,01	0,13	0,06
	Somme des bases S m.e./100 g		20,36	22,80	21,85	17,55
	Capacité d'échange CEC m.e./100 g		24,50	25,20	24,50	18,60
	Saturation $V = \frac{S}{C.E.C.} \times 100$		83	90	89	94
Sels solubles: (Ext.1/20; percolation)	Ca / me/100 g		0,44	1,57	1,97	1,91
	Na		0,83	0,26	0,35	0,26
Fer	Fe libre	%	24,00	24,00	22,60	18,00
	Fe Total	%	48,75	47,25	46,25	47,25
	Fer libre/Fer Total		0,49	0,51	0,49	0,38

Résultats analytiques

Profil : T₅ (Tillakéine)

	Profondeur (cm)		0-20	60-70	90-100	170
Granulo- métrie	Argile	%	34,4	34,8	31,9	19,7
	Limon	%	13,5	11,6	9,7	13,3
	Sable très fin	%	10,7	8,3	7,3	13,1
	Sable fin	%	97,7	25,2	31,7	33,2
	Sable grossier	%	13,7	20,1	19,4	20,7
	Calcaire	%	0,0	0,0	0,0	0,0
Humidités à	pF 2,5	%	21,9	21,8	32,2	45,9
	pF 3,0	%	19,9	20,4	29,4	38,8
	pF 4,2	%	13,3	12,6	13,0	17,1
Complexe absorbant	Ca m.e pour 100 g		11,80	10,10	6,80	3,50
	Mg " "		7,50	5,60	5,40	5,20
	K " "		0,50	0,20	0,18	0,18
	Na " "		0,15	1,24	1,05	0,75
	Somme des bases S m.e./100g		19,96	17,14	13,43	9,63
	Capacité d'échange CEC m.e./100 g		23,00	23,00	19,10	19,10
	Saturation V = $\frac{S \times 100}{C.E.C.}$		86	74	70	50
Sels solubles (Ext. 1/20 percolation)	Ca / me/100 g		0,48	0,31	0,27	0,27
	Na / me/100 g		1,22	2,93	4,30	5,95
Sels solubles (Ext. 1/10 agitation)	Conductivité Mhos 10 ⁻⁶ /cm		155	272	296	352
	Ca ⁺ mé/100 g		-	0,13	0,09	0,08
	Mg ⁺ "		-	0,18	0,11	0,13
	K ⁺ "		-	0,05	0,02	0,02
	Na ⁺ "		-	3,00	3,11	3,78
	Cl ⁻ "		-	0,07	0,07	0,10
	SO ₄ -- "		-	0,05	0,01	0,02
	HCO ₃ - "		-	2,40	3,00	3,60
CO ₃ -- "		-	0,00	0,00	52	
Fer	Fe libre	%	23,40	17,00	14,00	12,60
	Fe Total	%	45,25	39,00	34,00	52,00
	Fer Libre/Fer Total		0,52	0,44	0,41	0,24

Résultats analytiques

Profil : T2 6 (Tilliskéina)

	Profondeur (cm)		0-20	60-70	90-100	170
Granulo- mètrie	Argile	%	38,3	36,3	33,8	14,6
	Limon	%	13,7	10,7	9,6	12,0
	Sable très fin	%	9,0	8,0	6,7	12,1
	Sable fin	%	25,8	26,9	31,5	23,3
	Sable grossier	%	13,2	18,1	18,4	38,01
	Calcaire	%	0,0	0,0	0,0	0,0
Humidités à	pF 2,5	%	27,7	30,1	39,8	33,2
	pF 3,0	%	26,0	28,1	34,7	29,4
	pF 4,2	%	14,8	13,2	13,1	8,5
Complexe absorbant	Ca m.e. pour 100 g		13,80	8,40	6,80	3,50
	Mg " "		8,10	5,40	5,10	3,30
	K " "		0,26	0,20	0,19	0,13
	Na " "		1,07	1,27	1,60	2,08
	Somme des bases S m.e./100g		23,23	15,27	13,69	9,01
	Capacité d'échange CEC m.e./100 g		25,90	23,00	22,40	14,30
Saturation V = $\frac{S}{C.E.C.} \times 100$		89	66	61	63	
Sels solubles (Ext.1/20; percolation)	Ca / me/100 g	%	0,26	0,45	0,22	0,18
	Na / me/100 g	%	1,02	4,08	4,35	2,87
Sels solubles (Ext 1/10 agitation)	Conductivité Mhos 10^{-6} /cm		134	283	317	271
	Ca ⁺ mé /100 g		-	0,05	0,07	0,05
	Mg ⁺ "		-	0,09	0,11	0,10
	K ⁺ "		-	0,02	0,01	0,01
	Na ⁺ "		-	3,04	3,33	2,87
	Cl ⁻ "		-	0,08	0,07	0,11
	SO ₄ ⁻⁻ "		-	0,03	0,02	0,03
	HCO ₃ ⁻ "		-	2,90	3,10	2,70
CO ₃ ⁻⁻ "		-	0,00	0,00	0,00	
Fer	Fe libre	%	20,60	17,80	17,40	33,40
	Fe Total	%	48,75	39,00	39,00	59,00
	Fe Libre/Fer Total		0,51	0,46	0,45	0,57

Résultats analytiques

Profil : Ta 7 (Tillakéine)

Profondeur (cm)		0-20	70-80	80-100	100-110
Granulo- métrie	Argile %	24,8	19,0	24,7	26,2
	Limon %	9,5	7,4	5,9	5,3
	Sable très fin %	9,0	7,0	7,0	7,1
	Sable fin %	38,3	26,6	26,4	26,6
	Sable grossier %	18,4	40,0	36,0	34,8
	Calcaire %	0,0	0,0	0,0	0,0
Humidités à	pF 2,5 %	22,9	20,5	22,6	22,5
	pF 3,0 %	18,2	16,4	18,4	18,3
	pF 4,2 %	9,2	8,8	10,4	8,3
Complexe absorbant	Ca m.e. pour 100 g	11,70	12,70	15,90	16,00
	Mg " "	6,00	3,30	4,10	4,20
	K " "	0,18	0,15	0,15	0,15
	Na " "	0,10	0,02	0,12	0,15
	Somme des bases S M.e./100g	17,98	16,17	20,27	20,50
	Capacité d'échange m.e./100 g	19,80	19,10	23,00	23,00
	Saturation V = $\frac{S}{C.E.C.} \times 100$	90	84	88	89
Sels solubles (Ext. 1/20; perco- lation)	Ca /me/100 g	0,23	0,38	0,67	1,45
	Na /me/100 g	0,09	0,23	0,24	0,33
Fer	Fe libre ‰	15,60	34,00	25,60	25,60
	Fe Total ‰	42,00	86,50	61,00	63,00
	Fer Libre/Fer Total	0,37	0,39	0,42	0,41