

Rapport scientifique intermédiaire du programme PROTEA ANNEE 2011-2012

Partenariat EGIDE avec un **Projet Hubert Curien**
PROJET N° 25938UK pour la période 2011-2013

Pascal PODWOJEWSKI¹⁺², Gaghik HOVHANNISSIAN¹

Avec la collaboration de Yann LE TROQUER¹ pour la partie géophysique, Sandile MTHIMKHULU² pour les sols du site de la SASRI et Siphamandla MADIKIZELA² pour les sols du site ICFR.

Changement des propriétés écosystémiques du sol induites par l'application d'engrais, par le brulis ou par la restitution au sol des résidus végétaux. Une approche comparative intégrée, multi-échelle pour les plantations de canne à sucre et d'eucalyptus dans la province du KwaZulu-Natal en Afrique du Sud.

Points forts du travail accompli

- SITE SASRI – Plantation expérimentale de canne à sucre
Cartographie géophysique - 25 000 mesures de la résistivité électrique apparente, 2 000 mesures des coordonnées (X, Y, Z) topographiques, 400 mesures de densité apparente et d'humidité et 120 prélèvements de stabilité structurale, et autant d'échantillons pour les analyses courantes et les mesures de rétention en eau, prélèvement de 32 échantillons cylindriques pour l'étude de « retrait – gonflement », 17 sondages à la tarière jusqu'à 1 m de profondeur. Tous les points de prélèvement sont géo-référencés.
Résultats : 3 cartes de résistivité électrique apparente, 1 carte topographique, 1 carte d'humidité massique, 1 carte de densité apparente. Résultats par type de traitement de l'humidité pondérale, de la densité apparente et de la stabilité structurale 0-10cm et stabilité structurale pour 10-20cm.
- SITE ICFR – plantation expérimentale d'Eucalyptus
384 points de mesure (12 répétitions, 2 profondeurs et 8 parcelles expérimentales) pour la stabilité structurale et 64 autres points de mesure pour les analyses physico-chimiques courantes.
Résultats : 3 tomographies de résistivité électrique (ERT) de très haute résolution pour la partie superficielle (moins de 1 m) sur 3 parcelles différentes.

1. Rappel du Contexte scientifique

11. Objectifs :

Ce projet a pour but de quantifier les avantages des services éco-systémiques rendus lors de la restitution au sol des résidus de culture (mulch) en comparaison d'un défrichage par brûlis pour les cultures industrielles de canne à sucre et d'eucalyptus. Les effets attendus portent en premier lieu sur les évolutions temporelles différentes des caractéristiques physiques du sol (teneur en eau, compaction, stabilité de la structure à la dispersion et à l'érosion). Il est également attendu une modification des propriétés de la matière organique du sol (black carbon généré par les brulis en opposition au carbone restitué par le mulch) et de l'activité biologique.

12. Description sommaire

¹ UMR 211 BIOEMCO - IRD, 32, Av. Henri Varagnat, 93143 Bondy cedex France ; ² School of Environmental Sciences, Emails : pascal.podwojewski@ird.fr ; gaghik.hovhannissian@ird.fr

Ce projet associe l'utilisation de méthodes innovantes à la fois sur le terrain (comme les mesures de la résistivité électrique), ainsi qu'en laboratoire (comme la rétractométrie) pour l'étude des propriétés physiques des sols et les effets de la "décompaction – compaction". L'étude portera également la détermination des différents états du carbone (labile et réfractaire) dans les différentes fractions granulométrique des agrégats structuraux.

13. Partenariat institutionnel

Elle associe trois types de partenaires :

- Un partenaire institutionnel Français : le centre IRD France-Nord à Bondy via l'UMR BIOEMCO et la nouvelle plateforme analytique Alysé ;
- Un partenaire institutionnel sud-africain : l'Université du KwaZulu-Natal de Pietermaritzburg via "the School of Environmental Sciences" **qui s'appuie sur une JEA (jeune équipe associée) à l'IRD** ;
- Un partenariat sud-africain à vocation de recherche appliquée qui dispose d'un essai agronomique au champ :
 - la SASRI (South African Sugar Research Institute) à Mount Edgecombe (KZN) avec l'essai BT1, **le plus ancien essai du monde pour la canne à sucre** ;
 - L'ICFR (Institute for Commercial Forestry Research au sein de l'UKZN) qui dispose d'un essai à court terme pour les plantations d'eucalyptus à Paulpietersburg (KZN).

Dans ce programme de coopération il est prévu l'encadrement de deux étudiants sud-africains : un étudiant en master : MADIKIZELA Siphamandla pour le site ICFR et un doctorant pour le site SASRI : MTHIMKHULU Sandile. Une partie de la formation de chacun de ces étudiants a été complétée par un séjour (1 mois – en Juin 2012) en France au Centre de Recherche de l'IRD à Bondy au sein de la plateforme analytique Alysé.

14. Coordonnées du partenariat :

UKZN/SES Pietermaritzburg: Jeff Hugues, Simon Lorentz ; <http://www.ses.ukzn.ac.za>

UKZN/ ICFR: Louis Titshall, Diana Rietz; <http://www.icfr.ukzn.ac.za/>

SASRI : Rianto Van Antwerpen; <http://www.sasa.org.za/sasri/>

IRD-Bondy/UMR Bioemco : Pascal Podwojewski, Gaghik Hovhannissian, Yann Le Troquer ; Centre IRD de France Nord, 32, Av. H. Varagnat, 93143, Bondy cedex.

[http:// www.france-nord.ird.fr/](http://www.france-nord.ird.fr/) ; <http://www.biologie.ens.fr/bioemco/>

2. Etat d'avancement des travaux

21. Travaux sur terrain

Les prospections géophysiques ont été effectuées pendant la période d'Octobre à Novembre 2011 sur 2 sites d'essai de Mount Edgecombe pour le site SASRI et Paulpietersburg pour le site ICFR. Une étude complémentaire s'est déroulée en Novembre 2012 (Figure 1).

Les prélèvements d'échantillons pour l'analyse des sols ont été réalisés au printemps 2012.

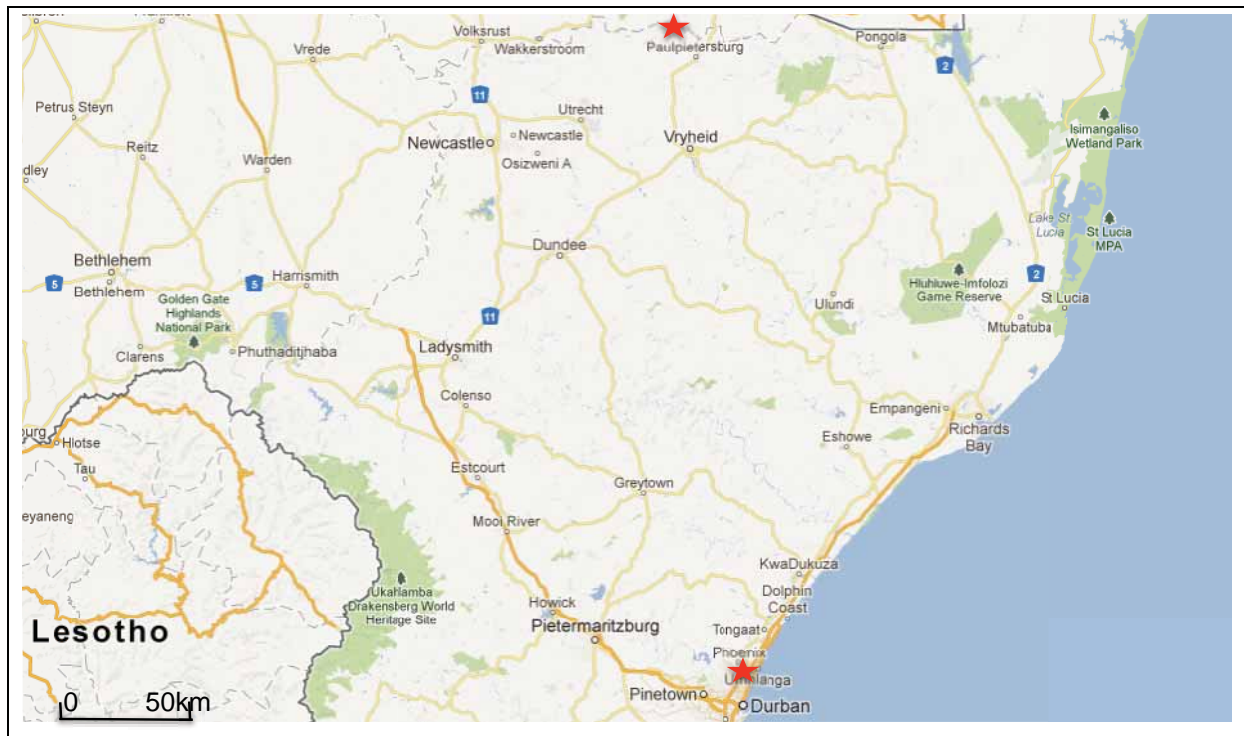


Figure 1. Localisation du site canne à sucre de la SASRI au nord de Durban et du site eucalyptus de l'ICFR au nord de Paulpietersburg.

22. Description du site d'essai de la SASRI

Le site de la plantation expérimentale de canne à sucre "BT1" de la SASRI est situé à Mount Edgecombe près de Durban (31°02'39.125" E ; 29°42'13.945" S). L'altitude maximale est de 88.5m la plus basse de 59.5ml avec une pente de 15% environ orientée au Sud-ouest. Le climat est subtropical humide avec 950 mm de précipitations annuelles réparties principalement d'octobre à mars et une température moyenne de 20.4 degrés.

Le sol est considéré comme un vertisol qui se développe à partir de l'altération d'une dolérite intrusive. L'horizon A fait 40 cm d'épaisseur et est composé à plus de 50% d'argile de type smectite-vermiculite. Le pH varie de 4.8 à 5.5.

L'essai est composé de 32 parcelles expérimentales (Figure 2). Les parcelles font 18 m de large et comportent 7 rangs de plans de canne à sucre séparés par 1,60m. La surface est un Sur Seize d'entre elles les résidus de récolte sont restitués au sol, sur les seize autres on a brûlé ces résidus. Sur la moitié des parcelles brûlées, on a restitué au sol le bout des tiges sur l'autre moitié l'ensemble des résidus a été enlevé. Ces 3 traitements sont subdivisés en deux : les parcelles fertilisées annuellement (16) et les parcelles non fertilisées (16).

Depuis 1939 jusqu'au 1966 la canne était récoltée tous les deux ans. Depuis la récolte est annuelle et se fait en octobre avant la nouvelle saison pluvieuse. Tous les 10 ans environ, la canne est arrachée et déterrée et remplacée par des jeunes plantes. Actuellement nous sommes dans le 6eme cycle de plantation.

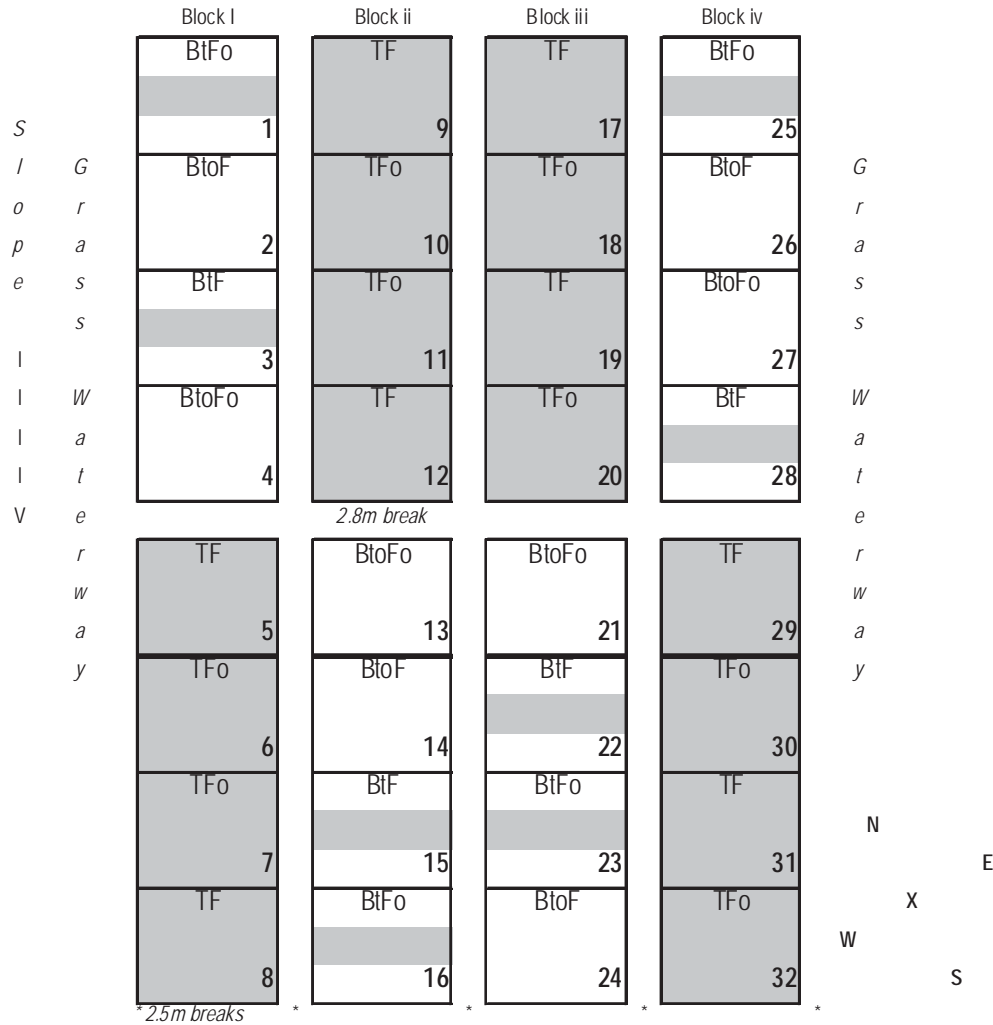
BT 1/39/5R7 FIELD 14 MOUNT EDGECOMBE SASRI

(1st cycle planted in 1939 & 6th cycle planted on 3 Sep 2002)

Proj No: 1014

Current variety: N27

Soil form/series: Arcadia/Rydalvale



TREATMENTS :

- T = Trash blanket
- Bt = Burnt tops scattered
- Bto = Burnt tops and residues raked off

FERTILIZER TREATMENTS :

Fo = No Fertilizer
 F = 160N 32P 160K
 as 5 . 1 . 5 (46) @ 768 Kg/ha
 t/d about 37 days after harvest

Gross plot size: 7rows x 1.4m x 18m = 176.4m²
 Nett plot size : 3rows x 1.4m x 16m = 67.2m²

PLOT DIMENSION

(not drawn to scale)

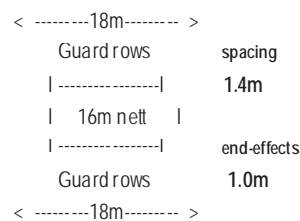


Figure 2 : Plan du site de la SASRI

23. Description du site d'essai de l'ICFR

Le site de la plantation expérimentale de l'ICFR est localisé à Paulpietersburg au Nord du KwaZulu-Natal ($27^{\circ} 19' 54,38''\text{S}$ and $30^{\circ} 45' 31,0''\text{E}$). Cet essai (K10) a été établi par l'ICFR pour évaluer les effets des résidus par opposition au traditionnel brûlis après coupe et différents travaux du sol (compactage, griffage-décompactage) sur la croissance d'une plantation d'*Eucalyptus dunni*.

L'essai est divisé en 24 parcelles (traitement factoriel) et consiste en 3 préparations du sol différentes (pas de compaction, compaction, compaction avec amélioration par passage d'une dent de sous-soleuse) et de 2 traitements différents : brûlis et résidus sous forme de mulch après coupe et émondage de feuilles, branches et écorce. Ces 6 traitements ont chacun 4 répétitions (Figure 3).

Les arbres sont plantés selon un espacement de $3,6 \times 1,7\text{m}$. Chaque parcelle fait $43,2\text{m}$ de long avec 12 arbres et 17m de large avec 10 arbres. Entre chaque rangée d'arbres plantés, il y a un rang d'anciennes souches résiduelles après les dernières coupes sur le site (Figure 4).



Figure 3 : Localisation du site de l'ICFR en coordonnées UTM. Emplacement des mesures de résistivité électrique dans les parcelles 1, 16 et 17.

K10 Trial plan - 1 block
 Replicate 4 times = 4 blocks / 24 plots
 Plus commercial operation plots (8 plots)
 32 plots total

Grapple + Rip
 Manual
 Grapple
 Mulch
 Burn
 X measured tree

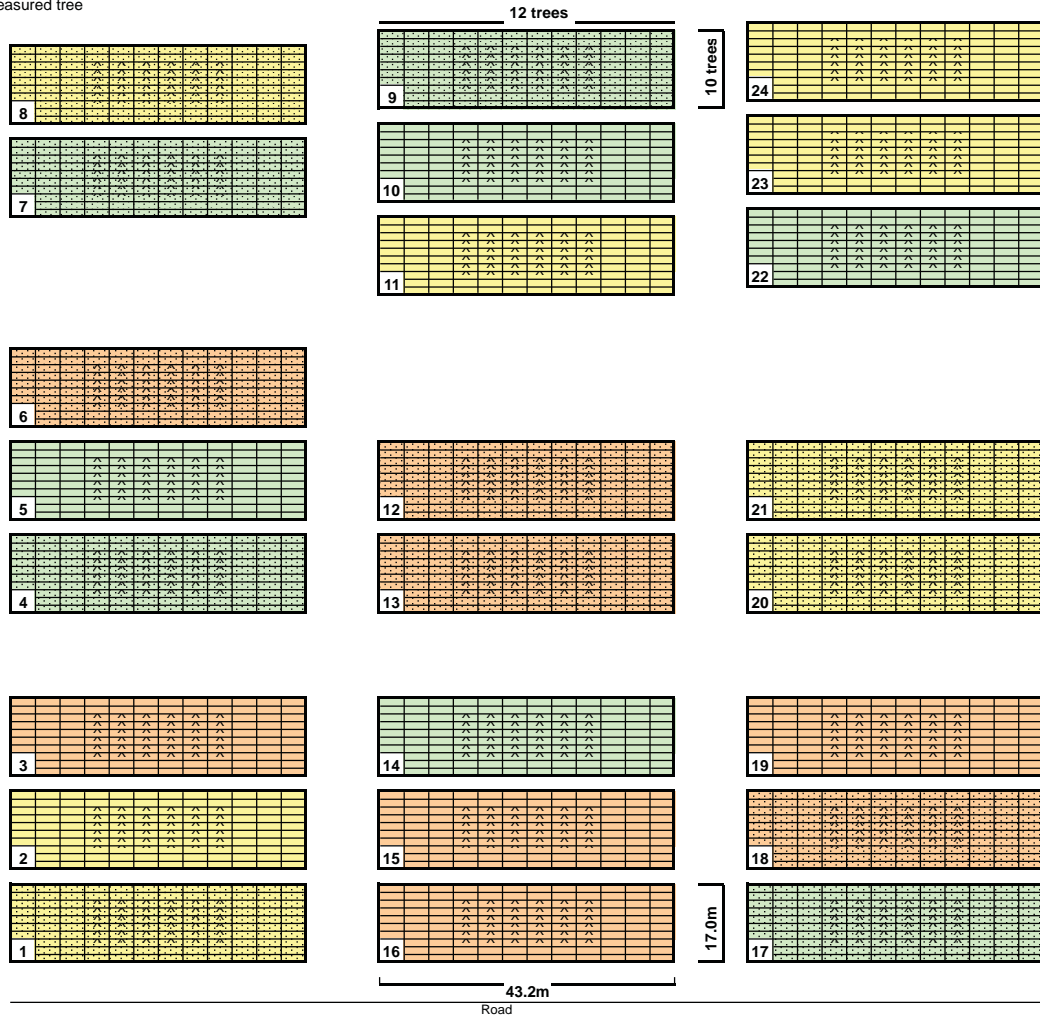


Figure 4 : Plan du site de l'ICFR

24. Méthodologie de prospection topographique et géophysique

24.1. Sur le site de la SASRI

Cartographie topographique

Le matériel utilisé (Station Total LEICA - TC 302) et la méthodologie appliquée a permis d'obtenir une précision suffisante et définir des coordonnées horizontales (X et Y) avec des erreurs inférieures à $\pm 0,10$ m et avec des incertitudes inférieures à $\pm 0,05$ m, pour définir l'altitude Z. La carte topographique du site expérimental a été réalisée avec une résolution spatiale de 4m x 1m, soit plus de 2 000 mesures effectuées.

Les levés des coordonnées géographiques plus de 30 repères ont été effectués par un GPS (Global Positioning System) Garmin 62 cs afin de pouvoir convertir les coordonnées cartographiques (ou locales) en coordonnées géographiques ou en projection Transverse Universelle de Mercator (UTM).

Une interpolation selon la méthode "inverse distance weighting" (IDW) a été appliquée pour obtenir le modèle numérique de terrain (DEM) avec des isoplètes (ligne d'égale altitude) distantes de 0.5 m .

Cartographie de la résistivité apparente

La cartographie de la résistivité électrique a été réalisée avec un résistivimètre RM-15 combiné par un module MPX-15 de multiplexage. L'utilisation de la configuration « Pôle - pôle » à 5 électrodes mobiles (avec un écartement de 0,5m entre elles) et d'un protocole de mesures spécifique, permet d'effectuer et d'enregistrer 7 mesures à chaque position du dispositif avec différents écartements "a" entre les électrodes : 4 mesures avec a=0,5m ; 2 mesures avec a=1,0m et une mesure avec a=2,0m.

Pour cette configuration des électrodes, dans un milieu homogène chaque valeur définie de la résistivité électrique apparente correspond à un volume demi - sphérique localisée entre les électrodes mobiles, ce qui signifie que la profondeur d'investigation est en fonction de la distance "a" entre ces électrodes. Ainsi, les résultats peuvent être présentés sur les cartes correspondant à 3 profondeurs différentes : de la surface jusqu'à environ 0,5 m, jusqu'à 1,0m et jusqu'à 2,0 m. Les mesures ont été effectuées avec un pas d'avancement du dispositif de 1,0 m sur une grille régulière géo-référencée.

242. Sur le site de l'ICFR

A Paulpiertersburg, nous avons réalisé en total 3 tomographies de la résistivité électrique (ERT) en 2D parallèlement à l'axe d'allongement des parcelles 1, 16 et 17. Ces tomographies ont été réalisées en utilisant les mêmes équipements géophysiques que pour la cartographie (Resistancemeter RM-15, Multiplexer MPX-15), mais avec un autre protocole de mesures, permettant d'effectuer les sondages électriques toujours avec une configuration « Pôle - pôle » des électrodes. Pour ce travail, nous avons utilisé un dispositif à 6 électrodes avec un écartement de 0.25 m entre elles fixées sur une barre de matière composite (isolant électrique). Après chaque sondage ce dispositif a été déplacé de 0.25 m sur une même ligne, ce que nous a permis de construire des 3 coupes géo-électriques de sub-surface pour les 3 parcelles. Cette méthodologie a assuré de bonnes résolutions dans les directions horizontale et verticale pour une faible profondeur (moins de 1m) d'investigation.

25. Méthodologie de prospection pédologique

En même temps que la prospection géophysique, une partie des prélèvements d'échantillons de sols a eu lieu pour en déterminer les caractéristiques physiques, chimiques, minéralogiques et de stabilité structurale des sols.

251. Site de la SASRI

** La densité apparente et l'humidité au champ*

Sur le site de la SASRI plus de **300 mesures de densité apparente** sur la fraction 0-10cm ont été réalisés en même temps que les mesures géophysiques selon une grille de 4 X 5m. Les prélèvements d'échantillons non perturbés ont été faits au cylindre (220cm³) et les échantillons séchés à 105°C pendant 48h au laboratoire de science du sol de l'UKZN.

** le gonflement retrait – densité réelle*

12 cylindres (5cm haut X 5cm ø) de sol non perturbés ont été prélevés en 2011 aux centres des parcelles expérimentales. 20 échantillons supplémentaires ont été prélevés en Novembre 2012 correspondant à 1 échantillon /parcelle au centre de chaque parcelle. Les douze premiers échantillons ont été ensuite passés au rétractomètre selon la technique de Braudeau et al. (1999, 2004). Le traitement des données et les analyses sont en cours. Des

échantillons complémentaires ont été prélevés pour analyser la densité réelle des sols (méthode au pycnomètre) et les teneurs en Carbone.

** La stabilité structurale*

Sur 20 parcelles (3 répétitions/parcelle) des échantillons non perturbés ont été prélevés par Sandile Mthimkulu à 2 profondeurs différentes : 0-10 et 10-20cm. Les mesures au laboratoire et les analyses sont en cours. Les agrégats de taille comprise entre 3 et 5 mm subissent 3 types de traitements distincts (traitement à l'eau, par remontée capillaire, par mélange à l'éthanol) (Le Bissonais, 1996 ; Norme AFNOR, 2005). Les agrégats sont ensuite séchés et tamisés à 2 ; 1 ; 0,5 ; 0,2 ; 0,1 ; 0,05 mm. La taille moyenne des agrégats est ensuite calculée en fonction des masses de sol obtenues pour chaque tamis et sert de base à un indice de stabilité structurale (MWD = Mean Weight diameter).

Les analyses de carbone par méthode infrarouge, extractions ADN et analyses enzymatiques sont prévues durant le début de l'année 2013 pour chacun des échantillons avant fractionnement.

** Analyses de Carbone, Azote, pH, CEC, cations échangeables, Granulométrie, Minéralogie*

Ces analyses seront effectuées sur la même prise d'essai que pour la stabilité structurale. Ces analyses sont en cours de traitement. Elles viendront compléter les mesures déjà faites par différents auteurs lors de cycles antérieurs.

** Mesures de la capacité de rétention en eau*

Ces mesures seront faites en complément du gonflement retrait. La capacité de rétention en eau dépend de la pression de succion. Simon Lorentz au laboratoire de physique de l'UKZN a développé une méthode permettant la mesure en continu d'une succion variable dans le temps. Cette méthode couplée avec celle du nouveau rétractomètre acquis par le laboratoire Alysé à Bondy en Novembre 2012 va permettre de connaître les changements physiques (capacité de rétention en eau et stockage de l'eau) des différents horizons.

** Mesures de pénétrométrie*

Ces mesures de pénétrométrie auront lieu à la fin de la saison pluvieuse (mars-Avril). Lorsque le sol est saturé en saison humide, les mesures de pénétrométrie sont trop peu discriminants.

252. Site de l'ICFR

Dans le cadre du Master de Siphamandla, nous avons restreint le nombre de prélèvements en ne prenant en compte que les parcelles non compactées avec les 2 traitements mulch/brûlé soit 8 parcelles au total (parcelles 1, 2, 8, 11, 20, 21 23 et 24).

** Echantillonnage et préparation des échantillons*

Les prélèvements pour chaque plot ont été faits dans 6 rangs le long de l'alignement des anciennes souches et dans 6 rangs dans l'alignement des arbres le long de 2 lignes de prélèvements soit 24 points de prélèvements par parcelles. Pour chaque point de prélèvement, les échantillons ont été prélevés à 2 profondeurs distinctes : 0-10 cm et 10-20cm, soit 48 échantillons par parcelle représentant un total de 384 échantillons. Les prélèvements ont été réalisés avec une bêche pour ne pas fragmenter les agrégats.

Après séchage à l'air, les agrégats ont été conservés pour une partie des échantillons, l'autre fraction a été tamisée à 2mm pour les mesures chimiques, physiques et minéralogiques standard.

Pour cet essai à court terme, nous avons focalisé notre attention sur les mesures standard de stabilité structurale, Analyses de Carbone, Azote, pH, CEC, cations échangeables, Granulométrie, Minéralogie. Nous n'avons pas procédé à la mesure de l'humidité in situ,

de la densité apparente des mesures de gonflement-retrait et de capacité de rétention en eau. En revanche la pénétrométrie est en cours de réalisation.

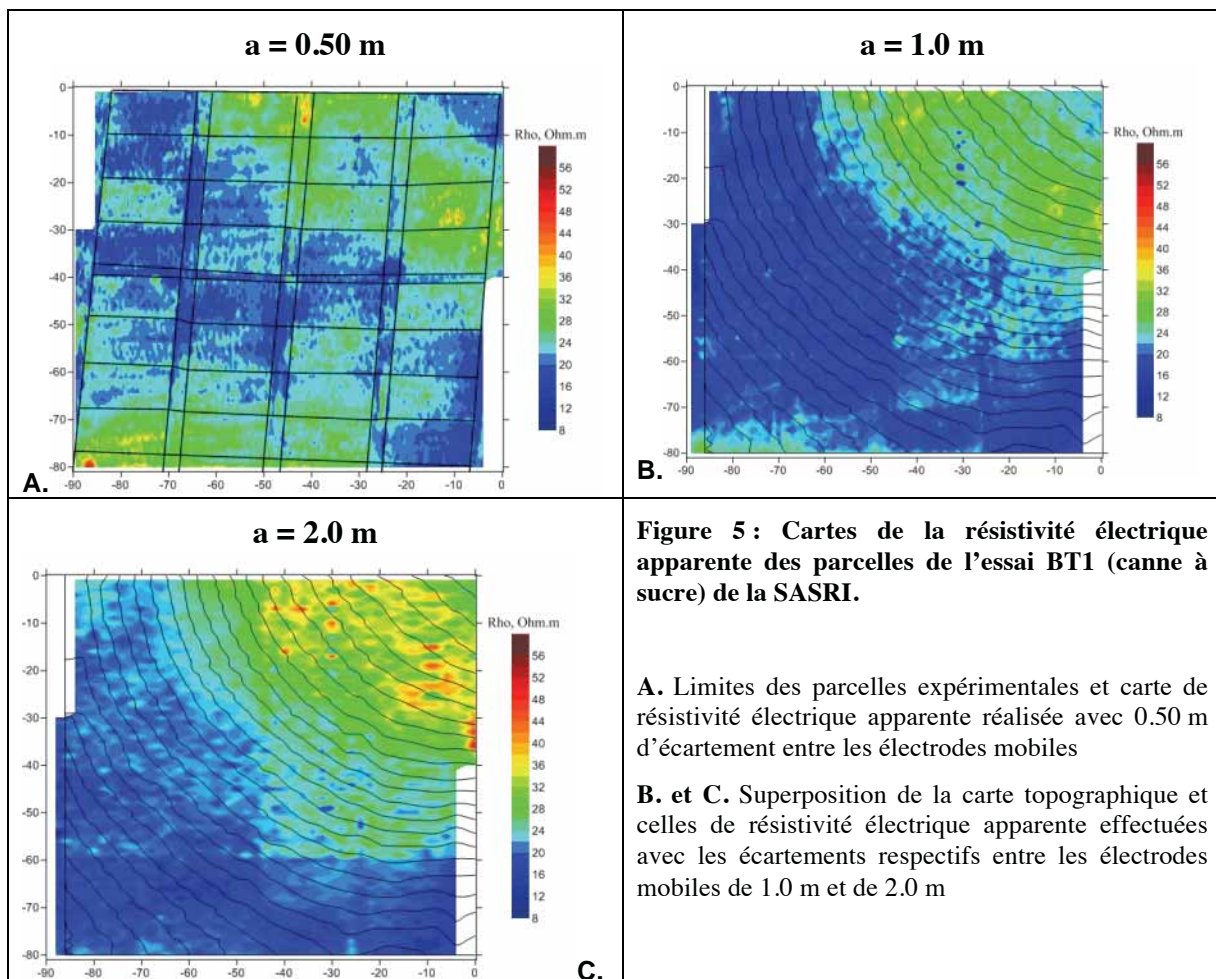
3. Résultats-Discussion

31. La SASRI

311. La résistivité électrique

Les résultats de la cartographie géophysique ont montré une gamme de variation des valeurs de la résistivité électrique apparente comprise entre 8 et 60 Ohm.m pour tous les 3 écartements ($a = 0.50$ m, 1.0 m et 2.0 m) entre les électrodes mobiles. Les faibles valeurs de la résistivité électrique apparente sur ce site indiquent la présence de sols argilo-limoneux relativement humides. Il faut noter que dans ces conditions, la profondeur d'investigation par cette méthode diminue considérablement.

Sur la carte (Fig. 5A), correspondant à des mesures effectuées avec un écartement de $a = 0.50$ m entre les électrodes mobiles et caractérisant les couches les plus proches de la surface (inférieur de 50 cm), il est facile de distinguer 2 zones relativement résistantes (avec des valeurs 20 – 35 Ohm.m) dans les parties nord - est et sud – sud – ouest. Les parcelles 3, 12, 22, 29 et 31 sont caractérisées aussi par des valeurs relativement élevées de la résistivité électrique. Ces plots semblent tous avoir subi un traitement de fertilisation minérale. On peut remarquer, que les limites entre les parcelles, souvent coïncident avec les limites (assez marquées) des anomalies géophysiques, ce qui peut indiquer l'influence de différents traitements culturaux sur le paramètre étudié (résistivité électrique apparente).



La comparaison des 3 cartes, révèle une augmentation de l'intensité de l'anomalie résistante au N-E de l'essai expérimental pour des profondeurs plus élevées (Fig. 5B, a = 1 m et Fig. 5C, a = 2 m), ainsi qu'une bonne cohérence entre la forme géométrique de cette anomalie et les isoplètes, qui représentent l'altitude du relief. On peut donc supposer, que cette anomalie pourrait être engendrée par le *substratum* non profond (inférieur de 1 m).

En revanche, les autres anomalies résistantes, avec l'augmentation de la profondeur d'investigation, diminuent leurs intensités ou deviennent pratiquement invisible sur le fond des couches avec de très faibles valeurs de la résistivité électrique apparente. Ceci indique, qu'elles sont liées à des formations superficielles. En particulier, on peut supposer que dans la partie sud – sud-ouest de la parcelle, où le gradient de la pente topographique est faible, l'anomalie résistante pourrait être engendrée par une couche très superficielle constituée d'accumulation des produits de l'érosion hydrique (de ruissellement ?).

312. L'humidité de surface et la densité apparente du sol

Les prélèvements ont été faits en même temps que la résistivité apparente. Les cartes laissent clairement entrevoir 2 zones : les zones brûlées avec une densité apparente plus forte, une humidité de surface plus faible avec une situation intermédiaire pour les parcelles brûlées avec restitution des pointes après récolte (Figure 6). Dans le détail on peut voir que la distinction entre parcelles fertilisées et non-fertilisées n'existe que pour les parcelles couvertes de mulch. Le couvert de mulch est plus épais pour les parcelles fertilisées, l'humidité au champ plus forte et la densité apparente qui en découle plus faible. Les différences semblent significatives seulement entre les parcelles totalement brûlées (B) et celles avec mulch (T). En revanche ces variations d'humidité ou de densité apparente dans la partie superficielle du sol n'affectent pas la résistivité moyenne des 50cm supérieurs du sol.

313. La stabilité structurale

La stabilité structurale montre des différences significatives entre les parcelles fertilisées et non fertilisées quelque soit le couvert de mulch (Figure 7). Après 80 ans de fertilisation minérale, la stabilité structurale du sol dans les plots fertilisés est significativement plus faible que dans celles des plots non fertilisés. Cette différence est très significative dans la partie 0-10cm et l'est également dans une moindre mesure dans la partie 10-20cm. Dans la partie supérieure du sol, on note une stabilité structurale légèrement plus élevée dans les plots avec mulch (Plots T, effet non significatif) en revanche aucune distinction n'est possible entre les plots brûlés, brûlés/avec mulch et mulch pour la partie 10-20cm.

La fertilisation minérale azotée a pour effet de disperser les argiles par hydrolyse (occasionnée par une diminution du pH qui est à vérifier), cette dispersion est accentuée par l'apport d'engrais potassique. L'apport régulier après 80 ans de fertilisation affecte les 20 premiers horizons du sol et les dégrade de manière significative.

Les teneurs en cations échangeables, les teneurs en C et N et les teneurs en argile doivent impérativement être analysées pour donner une explication à ce phénomène. Jusqu'à présent les teneurs en carbone étaient tenues comme principales responsables de la stabilité structurale ; cela ne semble pas être le cas dans cet essai de longue durée.

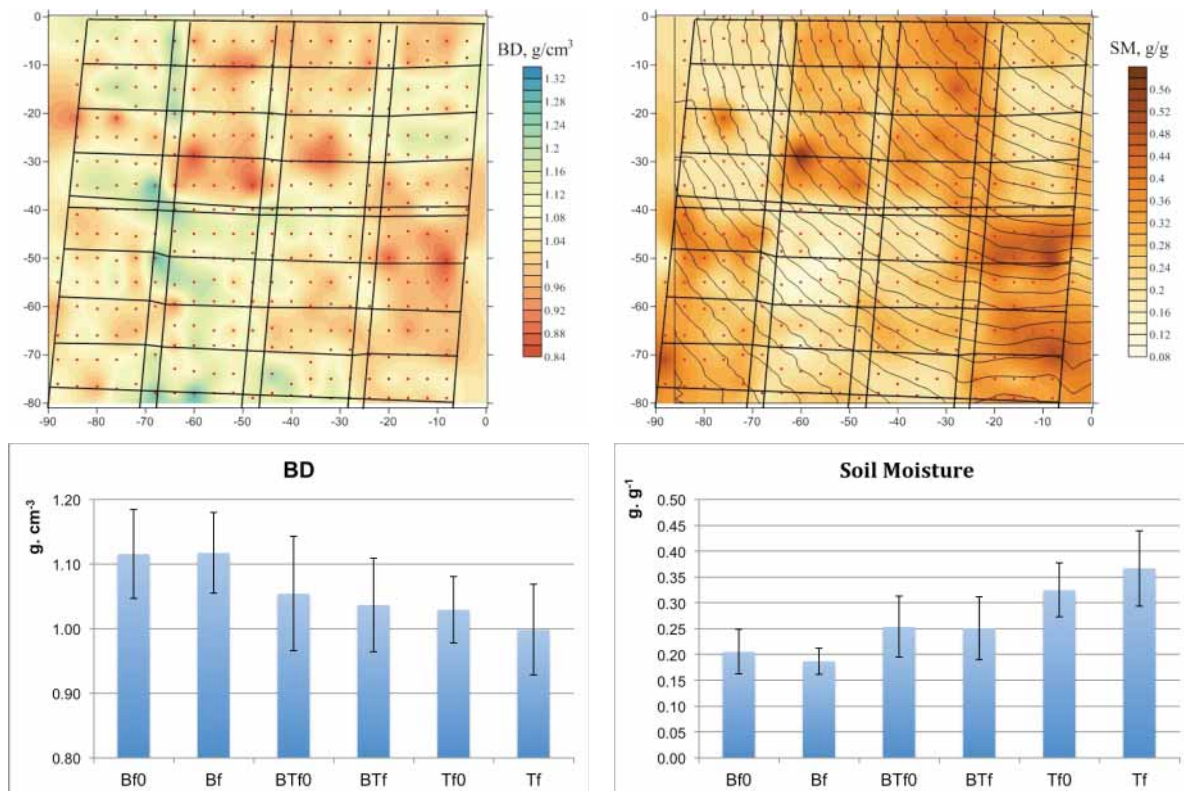


Figure 6 : Carte et mesures de la densité apparente (BD) et de l'humidité massique résiduelle (Soil Moisture) avec emplacement des points de mesure.

B : brûlé, T : Mulch, BT : brûlé avec mulch des extrémité des feuilles, f0 : pas de fertilisation, f : fertilisé

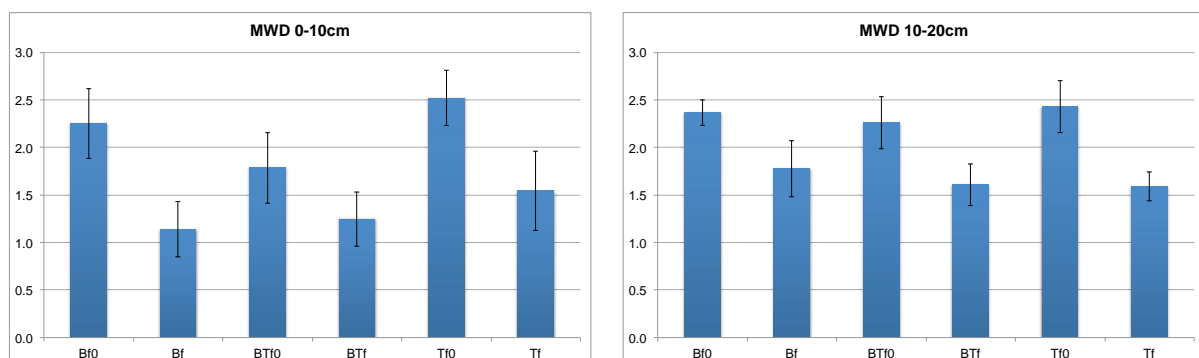


Figure 7 : Diamètre moyen des agrégats (MWD values) pour l'horizon de surface 0-10 cm et pour l'horizon de subsurface 10-20cm

B : brûlé, T : Mulch, BT : brûlé avec mulch des extrémité des feuilles, f0 : pas de fertilisation, f : fertilisé

314. Les rendements

Pour le dernier cycle de 9 années (2003 et 2011), les rendements les plus faibles ont été observés sur les parcelles brûlées, sans mulch ni fertilisant (Figure 8). En revanche pour les parcelles fertilisées, les rendements les plus faibles sont les parcelles 5 et 8 qui ont pourtant un mulch.

Globalement les rendements moyens les plus faibles sont tous dans la partie ouest et les plus élevées dans la partie nord-est, précisément celles où l'altérite apparaît dans le premier mètre du sol. Aucune explication n'a pu être donnée jusqu'à présent. Seules des hypothèses peuvent être formulées.



Figure 8 : Carte des rendements moyens pour la période 2003-2011

32. L'ICFR

321. La résistivité électrique

Sur ce site expérimental la prospection géophysique a été menée pour étudier l'influence de traitement agronomique (mulch ou non), ainsi que pour établir des relations éventuelles entre les variations spatiales de la résistivité électrique et la compaction des sols sous les roues de gros engins d'abattage et de débardage. Pour ce but, nous avons réalisé des tomographies (en 2D) de la résistivité électrique (ERT) ayant des directions perpendiculaires à l'alignement des arbres et aux traces de passage des roues des engins (véhicules) lourds d'abattage et de débardage des arbres. Dans les parcelles 1 et 16, les mesures ont été effectuées sur des lignes

longues de 20 m, et dans la parcelle 17 la longueur de la ligne est de 40 m (Figure 3). Sur les figures 8 A, B et C les courbes des mesures et les pseudo-sections des ERT de la résistivité électrique apparente sont présentées en comparaison avec les positions des lignes des arbres (zones de couleur vert) et des souches d'arbres (marron) qui ont été laissées sur place après l'abattage des arbres de la plantation précédente.

Les résultats de la cartographie géophysique ont montré une gamme de variation des valeurs de la résistivité électrique apparente comprises entre 150 et 2600 Ohm.m (Figure 8). Les valeurs minimales de la résistivité électrique apparente sur ce site sont relativement élevées et indiquent la présence de sols sablo-limoneux. Les résistivités électriques élevées en profondeur (> 3000 Ohm m) indiquent la présence du toit de la roche mère (ici un granite) à relative faible profondeur. La comparaison entre les 3 pseudo-sections indiquent une très faible différenciation des ERT sur la parcelle 1 (mulch + manuel ; Figure 9A) et 16 (brûlé + compacté ; Figure 9B). En revanche la parcelle 17 (Figure 9C) indique des valeurs de résistivité plus faibles, proches de la surface qui sont liées probablement à une plus grande épaisseur du sol et/ou à des teneurs en argile et en eau plus élevées que dans les parcelles 1 et 16. Il faut noter que la parcelle 17 se situe à une altitude moins élevée que les parcelles 16 et 1.

Ces variations ne sont pas liées aux plantations d'arbres récents après scarification (les arbres sont indiqués en vert) ni aux anciennes souches (indiquées en marron). En revanche il y aurait une relation entre les fortes conductivités électriques et des valeurs de pénétrométrie plus faibles (la détermination de la pénétrométrie in situ est en cours).

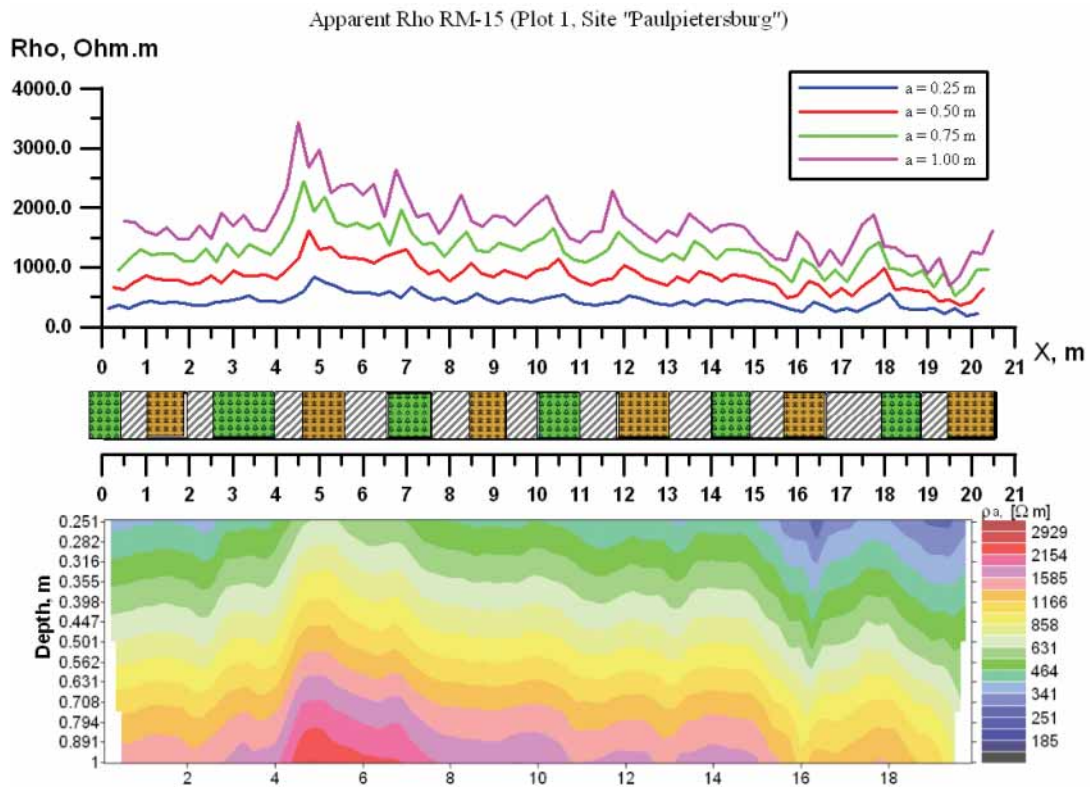


Figure 9 A : Courbes et pseudo-section de tomographie de la résistivité électrique sur la parcelle 1. Les rangs d'arbres récents figurent en vert, les anciennes souches sont représentées par un figuré marron.

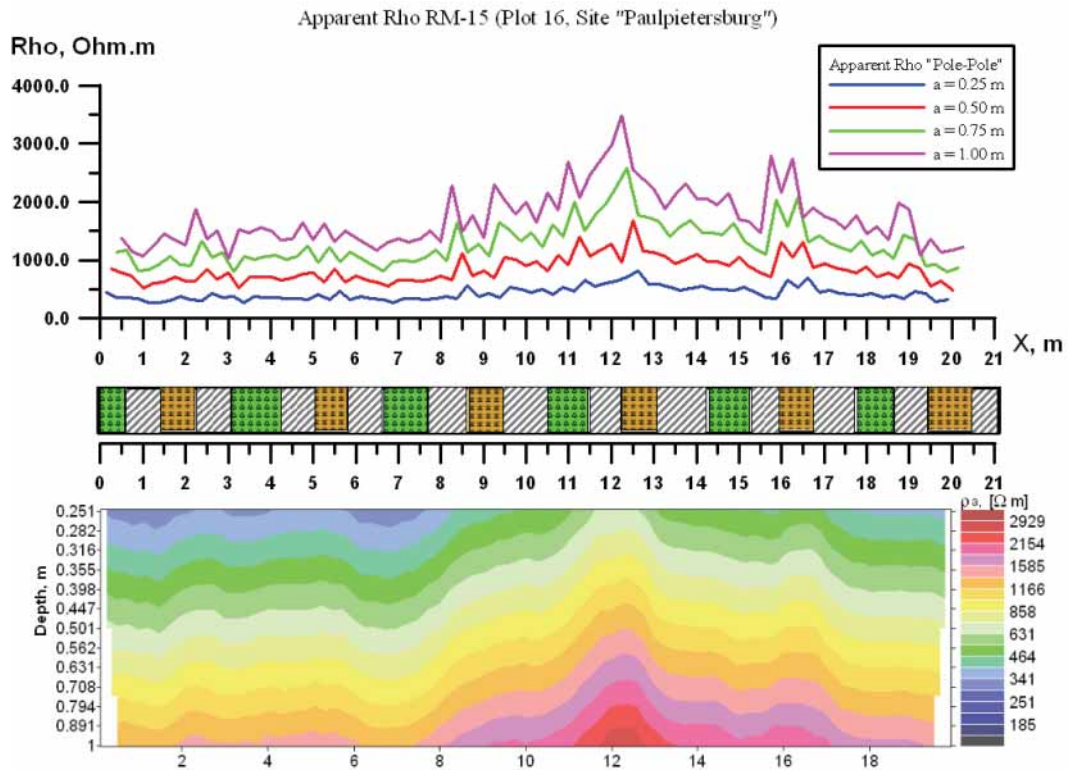


Figure 9 B : Courbes et pseudo-section de tomographie de la résistivité électrique sur la parcelle 16.

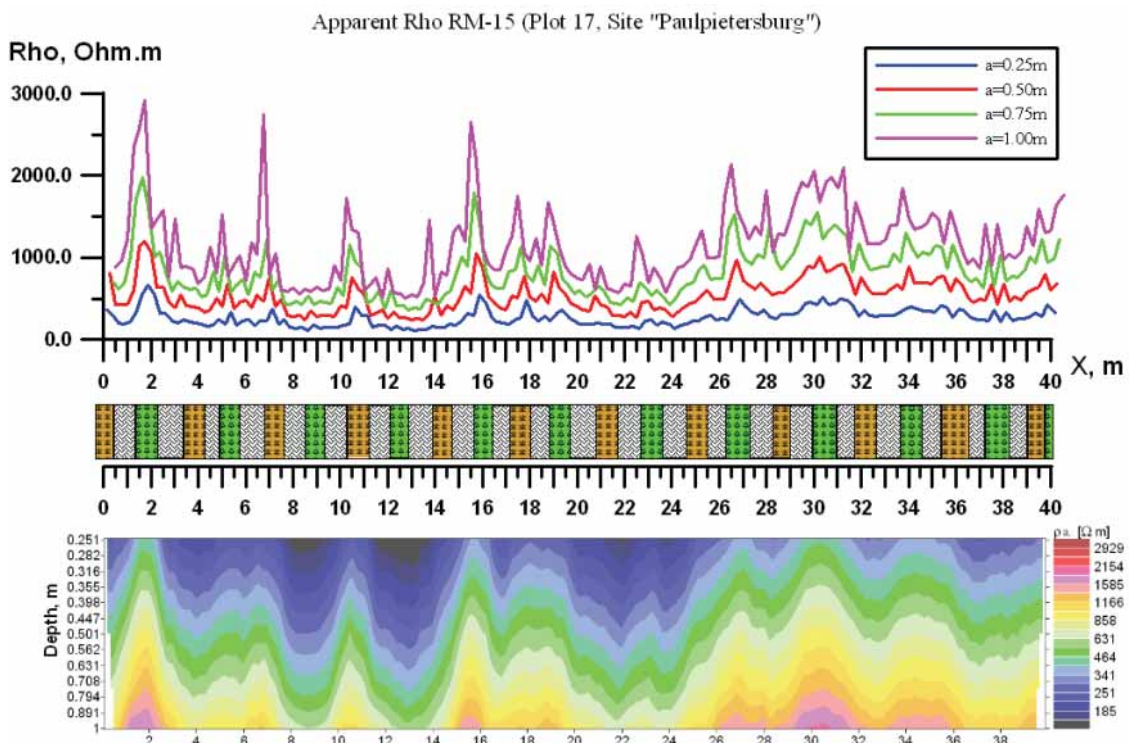


Figure 9 C. Courbes et pseudo-section de tomographie de la résistivité électrique sur la parcelle 17.

322. La stabilité structurale

Les résultats de la stabilité structurale portent sur la comparaison entre les plots avec mulch et les plots brûlés (Figure 10). Il en ressort que :

- La stabilité structurale est plus forte dans les horizons de surface 0-10 que dans l'horizon sous-jacent 10-20 cm ;
- Dans l'horizon supérieur : la stabilité structurale est sensiblement plus élevée (non significatif) dans les plots avec mulch le long des jeunes plants ; le long des anciennes souches le traitement brûlis ou mulch ne montre pas de distinction ;
- Dans l'horizon inférieur : on note une stabilité structurale sensiblement supérieure (non significatif) dans les horizons brûlés le long des jeunes arbres ou des souches anciennes ;
- La stabilité structurale est sensiblement plus importante le long des anciens troncs par rapport aux arbres récents. Cette différence est faible et uniquement en surface pour les parcelles à mulch, elle est plus importante et est valable pour l'horizon de surface et de profondeur pour les parcelles brûlées.

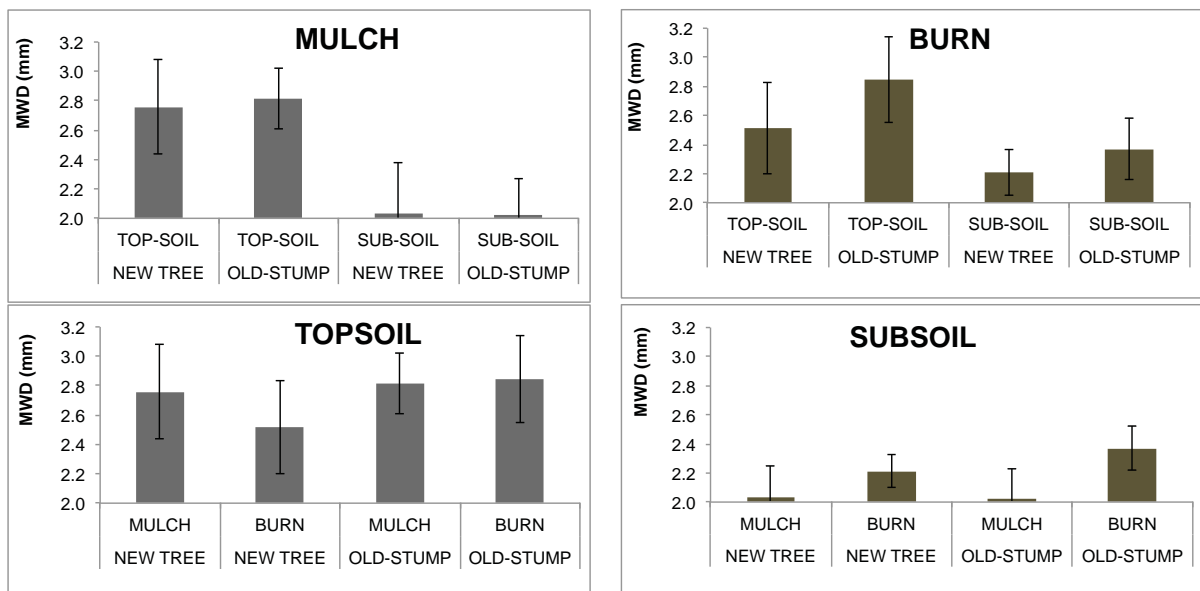


Figure 10. Diamètre moyen des agrégats (MWD values) comparant les traitements mulch et brûlis (burn), les effets des anciennes souches (old stump) par rapport aux arbres récemment plantés (new trees) et la profondeur de prélèvement (0-10cm pour topsoil et 10-20cm pour subsoil).

4. Conclusion

Les premières conclusions montrent une situation fort différente entre l'essai de longue durée et l'essai à court terme.

L'essai longue durée de la SASRI

- Les premiers résultats de la prospection géophysique montrent que la profondeur du sol décroît fortement vers l'amont, dans la partie NE de l'essai. Cette faible profondeur du sol devrait limiter le volume prospecté par les racines ainsi que la réserve hydrique or les rendements apparaissent plus importants dans cette zone qu'ailleurs. Certaines parcelles fertilisées sont caractérisées par des anomalies résistantes qui peuvent être liées à une différence structurale et texturale exprimée par une stabilité des agrégats plus faible. Dans la

partie aval au sud ouest, des dépôts allochtones de subsurface contribueraient à accroître la résistivité électrique de la partie supérieure du sol.

- Les mesures d'humidité et de densité de l'horizon de surface indiquent un effet mulch assez important dépendant de la quantité de mulch recouvrant le sol et le protégeant de l'évaporation. En revanche, cette humidité de surface n'influe pas sur la conductivité électrique de la profondeur 0-50cm.
- Les mesures de stabilité structurale montrent qu'il y a un **effet négatif très significatif de l'application de fertilisants dans l'horizon de surface et de sub-surface**. La stabilité structurale du sol sous mulch est légèrement supérieure à celle du sol situé dans les parcelles brûlées. L'effet négatif de l'application d'engrais sur la structure serait lié à une acidification provoquée par l'application d'azote qui engendre une hydrolyse des particules argileuses.
- Les mesures du pH du sol d'une part et de la composition granulométrique d'autre part sont donc indispensables pour comprendre ce phénomène qui remet en question l'importance des teneurs en matière organique sur la stabilité structurale des sols.

L'essai courte durée de l'ICFR

- Les premiers résultats de la prospection géophysique montrent des dômes à forte résistivité électrique pouvant être interprétés comme une remontée du toit de la roche mère. La forte variabilité des valeurs de la résistivité électrique dans les 20 premiers cm du sol empêche d'établir une corrélation à un traitement particulier des parcelles (mulch, brûlis, compactage), ni à l'alignement des arbres ou des anciens troncs. Une approche spécifique du traitement des données en comparaison avec les mesures de pénétrométrie qui sont en cours permettra d'établir des relations entre les valeurs de résistivité électrique et de compaction des sols.
- Les mesures de stabilité structurale ne montrent qu'un très léger effet positif du mulch et/ou de la présence d'anciens troncs sur les agrégats. En revanche les premières mesures de granulométrie faites sur l'ensemble des parcelles montre une très forte variabilité spatiale des teneurs en argile susceptibles d'influer sur la stabilité structurale. L'hétérogénéité spatiale des propriétés granulométriques pourrait avoir plus d'influence que l'effet des traitements durant les premiers stades de l'essai.

5. Annexes

ESSAI SASRI BT1 (Essai de canne à sucre à Mount Edgecombe, KZN)



Parcelle couverte de mulch



Inter-rang à nu avec signes d'activité faunique



Mesures de topographie associée aux mesures géophysiques



Mesures de résistivité électrique des sols



Prélèvements pour la densité apparente et l'humidité des sols



Essai d'infiltration

Essai ICFR (Essai d'eucalyptus à Paulpietersburg, KZN)



Interrang de culture d'eucalyptus avec mulch et compaction

Interrang de culture d'eucalyptus avec brûlis

Evidence de l'activité des termites dans les cultures d'eucalyptus

Mesure de la conductivité électrique du sol.

6. Références

- AFNOR NF X31-515, 2005. Mesure de la stabilité d'agrégats de sols pour l'évaluation de la sensibilité à la battance et à l'érosion hydrique, AFNOR, Paris, mars 2005. 13p.
- AFNOR, 2003. NF X31-107. Qualité du sol – Détermination de la distribution granulométrique des particules du sol - Méthode à la pipette. Thème: Propriétés physiques des sols. Septembre. 20 pp.
- Braudeau, E., J.M. Costantini, G. Bellier, and H. Colleuille. 1999. New device and method for soil shrinkage curve measurement and characterization. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63:525–535.
- Braudeau, E., J.P. Frangi, and R.H. Mothar. 2004. Characterizing nonrigid dual porosity structured soil medium using its Shrinkage Curve. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68:359–370.
- Le Bissonnais, Y. 1996. Aggregate stability and assessment of soil erodibility: I. Theory and methodology. *Eur. J. of Soil Sci.* 47, 425-437.
- Graham M.H., Haynes R.J., and Meyer J.H., 2002. Changes in soil chemistry and aggregate stability induced by fertilizer applications, burning and trash retention on a long-term sugarcane experiment in South Africa. *Eur. J. Soil Sci.* 53:589–598.
- Van Antwerpen, R., Meyer, J.H. and Turner P.E.T.. 2001. The effects of cane trash on yield and nutrition from the 61 year old BT1 trial at Mount Edgecombe. *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Assoc.* 75:235–241.

7. Bilan Financier 2011-2012

	Recettes(€)	Dépenses (€)
	8208	
Vol Paris-Durban - Pascal Podwojewski (18/10/-10/01/2011)		1309.94
Envoi fret matériel géophysique		2521.90
Vol Paris-Durban - Gaghik Hovhannissian (25/10-21/11/11)		1164.94
Vol Paris-Durban - Yann Le Troquer (25/10-19/11/11)		1164.94
Frais de mission Yann Le Troquer (25/10-19/11/11)		1380
Frais de mission Gaghik Hovhannissian (25/10-19/11/11)		300
Montant des dépenses 2011		7841.72
	9700	
Vol Durban-Paris Madikizela Siphamandla (31/05-02/07/12)		1103.13
Vol Durban-Paris Mthimkhulu Sandile (31/05-02/07/12)		1103.13
Frais de mission Madikizela Siphamandla (31/05-02/07/12)		1920
Frais de mission Mthimkhulu Sandile (31/05-02/07/12)		1920
Vol Paris-Durban Pascal Podwojewski (30/07-30/08/12)		1338.94
Vol Paris-Durban Gaghik Hovhannissian (25/11-5/12/12)		1231.54 + 79
Frais de mission Gaghik Hovhannissian (25/11-5/12/12)		900
Montant des dépenses 2012		9595.74



Pascal Podwojewski

Fait à Bondy, le 24/01/2013