F0000159

REPUBLIQUE DU SENEGAL
MINISTERE DU DEVELOPPEMENT RURAL
INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES (I.S.R.A.)

AGENCE DE COOPERATION CUTURELLE ET TECHNIQUE (A.C.C.T.)
MUSEUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE PARIS

Antitranspirants végétaux
de Type régulateur stomatique

PREMIER RESULTATS DE L'EXPERIMENTATION CONDUITE A THIENABA (Sénégal) EN 1987 - 1988 SUR ANACARDIER ET TAMARINIER

par

Michel CAZET
Ingénieur de Recherches

DIRECTION DES RECHERCHES SUR LES PRODUCTIONS FORESTIERES
Route des Pères Maristes - Parc Forestier de Hann -
B.P. 2312 Dakar (Sénégal)

OCTOBRE 1988

AVANT ▪ PROPOS

Pour améliorer la résistance des plantes la sécheresse, le Museum d'Histoire Naturelle de Paris mène, depuis plusieurs années, des recherches sur les antitranspirants végétaux du type régulateur stomatique. Après la phase de laboratoire, des expériences en vraie grandeur ont été conduites dans différents pays de l'Afrique sahélienne, dans le cadre d'un programme financé par l'Agence de Coopération Culturelle et Technique (ACCT).

Ces expérimentations ont débuté en 1982 au Burkina-Faso, sur des cultures de maïs et de sorgho. Elles ont été poursuivies, à partir de 1984, au Nïger, au Mali, au Sénégal et en Mauritanie, sur une dizaine d'espèces forestières sahéliennes et soudaniennes. L'antïtranspïrant retenu était l'acide usnïque utilisé, soit sous forme d'usnate d'ammonïum seul ou avec un support, soit sous forme libre mélangée avec du terreau. Pour ces expériences, l'acide usnique était incorporé au sol avant semis ou au moment de la plantation.

Une synthèse des résultats fait l'objet d'un ouvrage intitulé "Recherches et applications dans le domaine des antïtranspirants stomatïques'" paru en 1986 aux éditions ACCT dans la collection "Réseaux : Lutte contre la sécheresse". Il ressort que l'influence de l'antitranspïrant varie selon les espèces, mais que globablement "il augmente, comme cela est sa fonction, l'efficience de l'eau, ce qui se traduit par une augmentation de la production de biomasse l'hectare" (CARBONNIER et al., 1986).

Concernant l'emploi de l'acide usnique comme régulateur stomatique en sylviculture, l'auteur concluait que, "si l'acide usnique réduit la transpiration de 30 %, son emploi est tout à fait justifié lorsqu'il s'agit de plantations arrosées, car le transport de l'eau coûte toujours extrêmement cher". Il conviendrait d'ajouter qu'alors son emploi est doublement justifié en zone sahélienne où l'eau n'est disponible qu'en quantité souvent très limitée.

C'est dans cette optique qu'une nouvelle expérimentation a été mise en place à Thiénaba en 1987, sur deux espèces fruitières de plein champ : ***Anacardium occidentale*** (anacardier) et *Tamarindus indica* (tamarinier). L'objectif principal de cette expérieence était de vérifier que, sur ces deux espèces, l'efficience de l'eau d'arrosage pouvait être

améliorée en utilisant de l'acide usnique, autrement dit que l'emploi de l'acide usnique pouvait permettre une économie de l'eau utilisée en arrosage de saison sèche.

Cette expérimentation a fait l'objet d'un premier compte-rendu (CAZET, 1987). L'analyse des résultats, qui portait dune part sur les taux de reprise et la croissance des arbres trois mois, d'autre part sur le rendement de la culture intercalaire de mil, n'avait pas fait ressortir d'influence de l'acide usnique placé au fond du trou de plantation sur ces divers paramètres. L'arrosage d'appoint ayant débuté en novembre 1987, il était nécessaire d'attendre la fin de la saison sèche pour vérifier que l'utilisation de l'acide usnique permettait effectivement une économie de l'eau d'arrosage.

1 - RAPPEL DES CONDITIONS EXPERIMENTALES

21 - Le dispositif en place (Annexe lb)

L'expérimentation de 1987 comprend, en fait, deux sous- essais :

- sous-essais n° 1 : sur anacardier
- sous-essais n° 2 : sur tamarinier

Pour chaque espèce, quatre traitements étaient testés :

TO : Témoin absolu (sans antitranspirant et sans arrosage d'appoint)

T1 : Antitranspirant mis en place au fond du trou de plantation (1 g d'acide usnique par trou)

T2 : Antitranspirant en solution dans 100 litres d'eau apportés en 6 fois pendant la saison sèche

T3 : Arrosage avec 150 litres d'eau pure apportés en 6 fois aux mêmes dates qu'en T2.

Au niveau de chaque sous-essai, ces quatre traitements sont randomisés dans un dispositif en blocs complets à 6 répétitions (Annexe 1). La parcelle élémentaire est un placeau carré de 16 arbres ; les arbres étant plantés aux écartements de 4 m x 4 m. Chaque sous-essai comprend donc 24 parcelles élémentaires de 16 arbres, soit 384 arbres occupant une superficie de 6 144 m2.

22 - Les conditions d'expériences

22.1 - Pluviométrie

Rappelons que la pluviométrie à Thiénaba en 1987 a été de 522 mm répartis entre le 12 juillet et le 5 octobre. Cette pluviométrie est supérieure d'environ 20 % à celle qui avait été relevée depuis 1970 (Annexe la).

22.2 - Pédologie

Les analyses de sols effectuées au centre des sous-essais figurent dans le compte-rendu de décembre 1987. De ces analyses, il ressort essentiellement :

- une nette acidification des sols : pH < 5

- une faible teneur en éléments fins (argile + limon) < 10 % dans l'essai anacardier, < 7 % dans l'essai tamarinier ;

- une grande pauvreté en matière organique, phosphore et bases échangeables:

  . teneur en carbone < 1,8 °/°°

  . teneur en phosphore total < 0,13 °/°°

  . teneur en bases échangeables < 1,3 meq/100 g

Il s'agit donc de sols très filtrants, à faible réserve en eau. Des mesures d'humidité neutronique effectuées à proximité des tubes d'arrosage ont montré qu'un apport de 25 litres d'eau provoquait un bulbe d'humectation atteignant 1,50 m de profondeur dans l'essai anacardier et 2,00 m de profondeur dans l'essai tamarinier. Ces sols, très sableux, facilitent en revanche la pénétration racinaire. Rappelons qu'à l'âge de 4 mois, le système racinaire atteignait en moyenne 1,30 m de profondeur pour les deux espèces.

22.3 - Acide usnique et arrosage

Dans cette expérience, l'acide usnique a été apporté sous forme d'usnate de potassium soluble dans l'eau.

. ler arrosage du 19 au 23 novembre 1.987
. 2ème arrosage du 21 au 23 décembre 1987
. 3ème arrosage du 3 au 6 février 1988
. 4ème arrosage du 18 au 23 mars 1988
. Sème arrosage du 5 au 9 mai 1988
. 6ème arrosage du 16 au 20 juin 1988

Les deux premiers arrosages ont donc été effectués à 1 mois d'intervalle, alors que les suivants sont séparés par des périodes d'environ un mois et demi. L'allongement de la période d'arrosage avait pour but détaler les 6 apports d'eau pendant toute la saison sèche. A noter qu'en 1988, la saison des pluies ne s'est réellement installée que le 30 juillet, seuls 9.7 mm étant tombes à cette date.

La dissolution de l'acide usnique dans l'eau d'arrosage était effectuée dans des bassins de lm3. A chaque arrosage, chaque plant recevait deux arrosoirs de 8,5 litres, soit 17 litres d'eau additionnés de 1/6 g d'acide usnique.

Rappelons que, pour ces deux derniers traitements, l'eau d'arrosage était, non pas versée au pied des arbres, mais dans une tubulure en PVC placée au moment de la plantation, selon le schéma visible en annexe.

3 - INTERPRETATION DES RESULTATS OBTENUS A 11 MOIS

31 - Analyses statistiques

Chaque sous-essai a été analysé comme un dispositif en blocs complets randomisés à un seul facteur au moyen du logiciel STAT ITCF sur microordinateur IBM PC XT. Les variables mesurées au niveau de chaque parcelle sont les suivantes :

. S1(%) : Taux de survie à 1 an

. H1 (cm) : Hauteur moyenne des arbres du placeau

. Dl (mm) : Diamètre moyen des arbres du placeau
(diamètre au collet mesuré avec un pied à coulisse au 1/10e de mm).

Pour chaque parcelle, ont été calculées les variables supplémentaires suivantes

+ SH1 : écart-type sur la hauteur
+ CVH1 : SH1/H1 = coefficient de variation sur la hauteur
+ SD1 : écart-type sur le diamètre
+ CVD1 : SD 1/D1 : coefficient de variation sur le diamètre
+ TS1 : transformée angulaire du taux de survie après "correction" des taux de 100 % par le procédé de BARLETT.

L'analyse a porté sur les variables S 1, TS 1, H1 et D 1. Pour l'essai anacardier, cette analyse a été effectuée sur le dispositif complet et sur le dispositif obtenu après élimination de la répétition n° 4 considérée comme aberrante.

En effet, dans cette répétition, les valeurs de H1 et Dl obtenues dans le témoin TO sont supérieures aux valeurs obtenues dans le traitement T3 où les plants avaient reçu

Pour chacune des variables analysées, seront notés :

. l'effet bloc
. l'effet traitement
. le coefficient de variation résiduel
. la puissance à priori de l'essai au seuil de 10 % pour un écart-type x/x 10 %
. la puissance a posteriori de l'essai au seuil de 10 %

32 - Analyse de l'essai " antitranspirant sur anacardier"

32.1 - Taux de survie (annexe 2)

Le taux de survie moyen observé à 11 mois est de 97,7 %, ce qui montre la très bonne adaptation de cette espèce aux conditions de Thiénaba, du moins lorsque la pluviométrie est bonne et le désherbage correctement réalisé. Les taux moyens observés

- TO : Témoin absolu S1 = 97,9 %
- T1 : Acide usnique à la plantation S1 = 95,8 % (- 2,2 %)
- T2 : Acide usnique dans 100 litres d'eau S1 = 96,9 % (- 1 %)
- T3 : Arrosage avec 150 litres d'eau pure S1 = 100 % (+ 2,2 %)

Les écarts par rapport au témoin sont très faibles. Compte tenu de la faible puissance de l'essai, ces écarts avaient peu de chance d'être significatifs. Toutefois, l'acide aurait un très léger effet négatif sur la résistance à la sécheresse lequel serait compensé par l'arrosage.

32.2 - Croissance en hauteur (annexe 3)

A l'âge de 11 mois, les plants avaient une hauteur moyenne de 67,3 cm. Les moyennes par traitement observées après élimination de la 4ème répétition font apparaître des différences de 3 à 21 % par rapport au témoin TO :

- TO : Témoin absolu H1 = 63,1 cm
- T1 : Acide usnique à la plantation H1 = 65,9 cm (+ 3 %)
- T2 : Acide usnique + arrosage (100 1) H1 = 70,3 cm (+ 10 %)
- T3 : Arrosage (150 l/arbre) H1 = 77,1 cm (+ 21%)

L'analyse de variance fait ressortir que seul le traitement T3 a une hauteur significativement supérieure celle du témoin TO. Bien que les traitements T2 et T3 ne soient pas significativement différents au regard de l'analyse de variance, la différence relative de 10 % observée entre ces deux traitements n'en reste pas moins grande.

Les coefficients de variation sur les hauteurs à 1 an sont importants (CVH = 29 %) et dénotent une forte variabilité du milieu et/ou du matériel végétal. On notera toutefois que l'écart-type sur les hauteurs est peu près constant pour T1, T2 et T3 (18,3 à 18,8), mais qu'il est plus important pour TO (SH = 22,8). Il semblerait donc que l'adjonction de l'acide usnique et/ou de l'arrosage ait un effet homogénèisant sur la hauteur.

32.3 - Croissance en diamètre (annexe 4)

Le diamètre moyen au collet relevé sur l'ensemble de l'essai est de 24,6 mm. Les moyennes par traitement font apparaître des écarts par rapport au témoin qui sont du même ordre de grandeur que sur les hauteurs :

- TO : Témoin absolu Dl = 22,7 mm
- T1 : Acide usnique à la plantation Dl = 23,5 mm (+ 4 %)
- T2 : Acide usnique + arrosage (100 1) Dl = 25,4 mm (+ 12 %)
- T3 : Arrosage à 150 l/arbre Dl = 27,9 mm (+ 23 %)

Là encore, seul le traitement T3 est significativement différent du témoin TO et on notera une différence d'environ 10 % entre T2 et T3 qui, pour n'être pas significative au regard de l'analyse, reste importante.

Le coefficient de variation moyen observé sur le diamètre est de 19 %. Comme sur les hauteurs, on notera le rôle homogénéisant de l'acide usnique et/ou de l'arrosage sur la croissance en diamètre.

32.4 - Conclusion de l'essai

Pas plus l'antitranspirant que l'arrosage n'ont eu d'influence notable sur le taux de survie d'*Anacardium. Ce* taux, toujours supérieur à 95,8 %, montre la bonne adaptation de cette espèce aux conditions de Thiénaba, au moins en 1987.

L'action de l'acide usnique et/ou de l'arrosage est identique sur la croissance en hauteur et la croissance en diamètre, ce qui laisse supposer une bonne corrélation entre ces deux caractères. L'acide usnique aurait un effet relativement modeste sur la croissance de cette espèce qui serait , en revanche, plus sensible à l'arrosage comme témoigne l'écart d'environ 10 % entre les traitements T2 et T3.

Pour cette espèce dont le rapport poids sec de tige/poids sec de racines est supérieur à 3 à l'âge de 3 mois, il apparaît donc que l'effet arrosage est prépondérant devant l'effet amitranspirant.

33 - Analyse de l'essai "antitranspirant sur Tamarinier"

33.1 - Taux de survie (annexe 5)

Pour l'ensemble de l'essai "Antitranspirant sur Tamarinier", le taux de survie moyen était de 95,3 % à 11 mois. Les taux moyens observés sur les 4 traitements étaient les suivants :

- TO : Témoin absolu S1 = 94,8 %
- T1 : Acide usnique à la plantation S1 = 92,3 % (- 2,2 %)
- T2 : Acide usnique dans 100 litres d'eau S 1 = 94,8 % (± 0 %)
- T3 : Arrosage avec 150 litres d'eau pure S1 = 99 % (+ 4,4 %)

Là encore, les écarts par rapport au témoin sont faibles et non significatifs. On notera néanmoins une grande similitude avec l'essai "antitranspirant sur Anacardier", à savoir un très léger effet négatif de l'antitranspirant (- 2 %) compensé par l'arrosage.

33.2 - Croissance en hauteur (annexe 6)

La hauteur moyenne atteinte à 11 mois était de 49 cm avec toutefois des différences importantes entre les traitements :

- TO : Témoin absolu H1 = 40,5
- T1 : Acide usnique à la plantation H1 = 42,5 (+ 5 %)
- T2 : Acide usnique dans 100 litres d'eau H1 = 55,5 (+ 37 %)
- T3 : Arrosage avec 150 litres d'eau pure H1 = 57,5 (+ 42 %)

De l'analyse de ces résultats, on peut tirer les conclusions suivantes :

1 - l'acide usnique, à raison de 1 g/arbre, placé au moment de la plantation, n'améliore que de 6 % la croissance en hauteur à il mois. Si la faible puissance de l'essai (33 % pour un écart relatif de 10 %) ne permet pas de considérer cet écart comme significatif, cette différence confirme le léger effet améliorateur de l'acide usnique

2 - l'arrosage en saison sèche avec 100 litres d'eau additionnés de 1 g d'acide usnique par arbre améliore très significativement la croissance en hauteur (+ 37 % par rapport au témoin TO, + 31 % par rapport au traitement T1)

3 - l'arrosage en saison sèche avec 150 litres d'eau par arbre (sans acide usnique) améliore la croissance en hauteur de 42 %

4 - l'écart entre T2 et T3 est inférieur à 4 % et non significatif.

Ainsi, avec le Tamarinier, un arrosage avec 100 litres d'eau additionnés d'acide usnique entraîne un gain de croissance en hauteur de 37 % à 11 mois, inférieur de 12 % seulement au gain de croissance produit par un arrosage de 150 litres d'eau pure.

33.3 - Croissance en diamètre (Annexe 7)

A l'âge de 11 mois, le diamètre moyen atteint par les plants sur l'ensemble de l'essai était de 9,3 mm. Les diamètres moyens observés sur les quatre traitements étant les suivants :

- TO : Témoin absolu — Dl = 7,0 mm
- T1 : Acide usnique à la plantation — Dl = 8,0 mm (+ 14 %)
- T2 : Acide usnique dans 100 litres d'eau — Dl = 11,0 mm (+ 57 %)
- T3 : Arrosage avec 150 litres d'eau pure — Dl = 11,3 mm (+ 61 %)

L'influence des traitements sur la croissance en diamètre confirme les constatations faites sur les hauteurs :

1 - l'acide usnique placé dans le trou de plantation (T1) améliore de 14 % la croissance sur le diamètre. Là encore, la faible puissance de l'essai (27 % pour un écart relatif de 10 %) n'a pas permis de faire ressortir une différence significative entre ces 2 traitements. Néanmoins, l'influence de l'acide usnique sur la croissance en diamètre est loin d'être négligeable

2 - l'arrosage de chaque arbre avec 100 litres d'eau additionnés de 1 g d'acide usnique provoque une amélioration de la croissance en diamètre hautement significative (+ 51% par rapport au témoin et + 38 % par rapport au traitement T1)

3 - l'arrosage des arbres avec 150 litres d'eau pure a entraîné une augmentation de la croissance en diamètre de 61% par rapport au témoin

4 - la différence entre le diamètre moyen du traitement T2 et celui du traitement T3 est inférieure à 3 % et non significative.

Ainsi et mieux encore que cela avait été observé avec la croissance en hauteur, la croissance en diamètre obtenue avec un arrosage de 150 litres est du même ordre de grandeur (à 3 % près) que la croissance obtenue avec un arrosage réalisé avec 1/3 d'eau en moins et addition d'acide usnique.

33.4- Conclusion de l'essai "Antitranspirant sur Tamarinier"

Concernant la résistance à la. sécheresse, les observations vont dans le même sens que celles qui avaient été faites sur Anacardier, à savoir un très léger effet négatif de l'antitranspirant sur le taux de survie à 1. an compensé par l'arrosage. Par contre, pour le tamarinier, l'influence très bénéfique de l'antitranspirant apparaît cette fois très nettement.

Appliqué au moment de la plantation, il améliore de 6 % la croissance en hauteur et de 14 % la croissance en diamètre. Additionné à l'eau d'arrosage à la dose de 100 litres par arbre, il entraîne des gains de croissance qui sont du même ordre de grandeur que ceux qu'on obtient avec un arrosage à l'eau pure à la dose de 150 litres par arbre, soit avec T2 (+ 37 % sur la hauteur et + 57 % sur le diamètre) et avec T3 (+ 42 % sur la hauteur et + 61 % sur le diamètre).

Autrement dit, les gains de croissance observés dans T3 ne sont jamais supérieurs à 4 % à ceux qu'on relève dans T2, alors qu'on a utilisé 50 % d'eau en plus.

Avec le tamarinier, espèce dont le rapport poids sec des tiges/poids sec des racines était inférieur à l'unité à l'âge de 3 mois, l'utilisation de l'acide usnique permet donc d'économiser environ le tiers de l'eau utilisée pour l'arrosage de saison sèche.

4 - CONCLUSION PROVISOIRE SUR L'ESSAI "ANTITRANSPIRANT 1987

En 1986, l'influence de l'acide usnique, associé ou non à un support humique et/ou un hydrorétenteur, avait été testée à la Station de Thiénaba sur des semis et des jeunes plantations de *Faidherbia albida.*

L'analyse des résultats avait montré que l'acide usnique avait un effet plutôt défavorable sur le taux de reprise mais un effet bénéfique sur la croissance juvénile (CAZET, 1986). Ces résultats sont confirmés dans l'expérience de 1987, avec toutefois des différences de réponses selon l'espèce :

a - sur *Anacardium occidentale*

L'effet négatif de l'acide usnique sur le taux de survie, s'il existe, ne dépasserait guère 2 % et il serait compensé par l'arrosage. Avec cette espèce, dont la biomasse aérienne est environ trois fois la biomasse racinaire à 3 mois, l'acide usnique semble avoir un effet relativement faible sur la croissance (+ 3 % sur la hauteur,+ 4 % sur le diamètre).

Aussi, dissous dans l'eau d'arrosage, son effet améliorant est masqué par l'effet de l'arrosage. La réponse de l'anacardier à un arrosage d'appoint semble en effet plus que proportionnelle la quantité d'eau apportée en saison sèche. Ainsi, avec une dose de 100 litres d'eau additionnée d'acide usnique, l'amélioration de la croissance à 1 an est de + 10 % sur la hauteur et + 12 % sur le diamètre, tandis qu'avec une dose de 150 litres sans acide usnique, le gain de croissance est pratiquement doublé avec + 21 % sur la hauteur et + 23 % sur le diamètre.

b - *sur Tamarindus indica*

L'effet légèrement dépressif de l'acide usnique sur la résistance semble confirmé, tout en restant très modeste (- 2 %) et donc pratiquement négligeable. Par contre, avec cette espèce dont la biomasse racinaire à 3 mois est supérieure la biomasse aérienne, l'acide usnique favorise très nettement la croissance.

Utilisé seul, l'acide usnique améliore de 6 % la croissance en hauteur et de 14 % la croissance en diamètre, soit une amélioration de la biomasse aérienne qui dépasse probablement 30 %. Utilisé en solution dans l'eau d'arrosage, on aboutit à des gains de croissance de 17 % sur la hauteur et 57 % sur le diamètre. Ces gains de croissance sont comparables à ceux qu'on obtient en augmentant la dose d'arrosage de 50 % sans addition d'acide usnique (+ 42 % sur la hauteur, + 61 % sur le diamètre).

Autrement dit, l'utilisation d'acide usnique en solution dans l'eau d'arrosage permet d'économiser environ le tiers de la dose pour un gain de croissance comparable.

Ainsi, cette expérience en vrai grandeur confirme les résultats obtenus en laboratoire : en condition de déficit hydrique, l'acide usnique, en réduisant d'environ 30 % la transpiration, améliore l'efficience de l'eau disponible, ce qui se traduit par une augmentation de la biomasse produite sur une même surface, L'emploi de l'acide usnique trouve toute sa justification dans le cas de plantation qui nécessite un arrosage de saison sèche, comme c'est le cas en arboriculture fruitière.

Dans toute la zone sahélo-soudanienne, et notamment dans le bassin arachidier sénégalais, les paysans sont tous demandeurs de vergers fruitiers (agrumes, manguiers et goyaviers en particulier). Toutes ces espèces ne peuvent être implantées qu'au prix d'un arrosage de saison sèche pendant les 2 ou 3 premières années de végétation. Mais les quantités d'eau disponibles et le temps nécessaire pour I'exhaure et le transport de cette eau font que, très souvent, cet arrosage de saison sèche est le facteur limitant l'extension de ces vergers.

L'acide usnique, en permettant d'économiser 1/3 de l'eau d'arrosage, serait en mesure de favoriser le développement de l'arboriculture fruitière qui pourrait apporter un complément appréciable au niveau de l'alimentation et du revenu des populations rurales. Compte tenu de la variation des réponses des différentes espèces perennes à l'emploi de l'acide usnique, des expériences complémentaires devraient donc être poursuivies sur des espèces fruitières d'intérêt national.

En tous cas, les résultats obtenus en 1988 à Thiénaba sur le tamarinier nous conduisent à l'optimisme.

BIBLIOGRAPHIE

CARBONNIER, J. et PHILLIPEAU, G., 1986 Recherches et applications dans le domaine des antitranspirants stomatiques - ACCT - Collection “Réseaux Lutte contre la sécheresse".

CAZET, M., 1986 Antitranspirants végétaux de type régulateur stomatique - Expérimentation au Sénégal en 1986 sur ***Faidherbia albida*** - Compte rendu des résultats obtenus en octobre 1986 - DRPF-ISRA/ACCT - 25 pages + annexes.

CAZET, M., 1987 Antitranspirants végétaux de type régulateur stomatique - Expérimentation au Sénégal en 1987 sur Anacardier et Tamarinier - Compte-rendu de l’expérimentation 1987 - DRPF-ISRA/ACCT - 9 pages + annexes.

GOUET, J.P. et PHILLIPEAU, G., 1986 Comment interpréter les résultats d’une analyse de variance STAT - ITCF.

PHILLIPEAU, G., 1984 Puissance d’une expérience ITCF

SNEDECOR, G.N. et COCHRAN, W.E., 1984 Méthodes statistiques ACTA

LISTE DES ANNEXES

la : Carte du SENEGAL (isohyètes et situation de la station)

lb : Schéma de l'essai

2 : Anacardier : Tableau des taux de survie 11 mois et analyse de variance

3 : Anacardier : Tableau des hauteurs, écarts-types, coefficient de variation sur les hauteurs et analyse de variance ;

4 : Anacardier : Tableau des diamètres, écarts-types,coefficient de variation sur les diamètres et analyse de variance

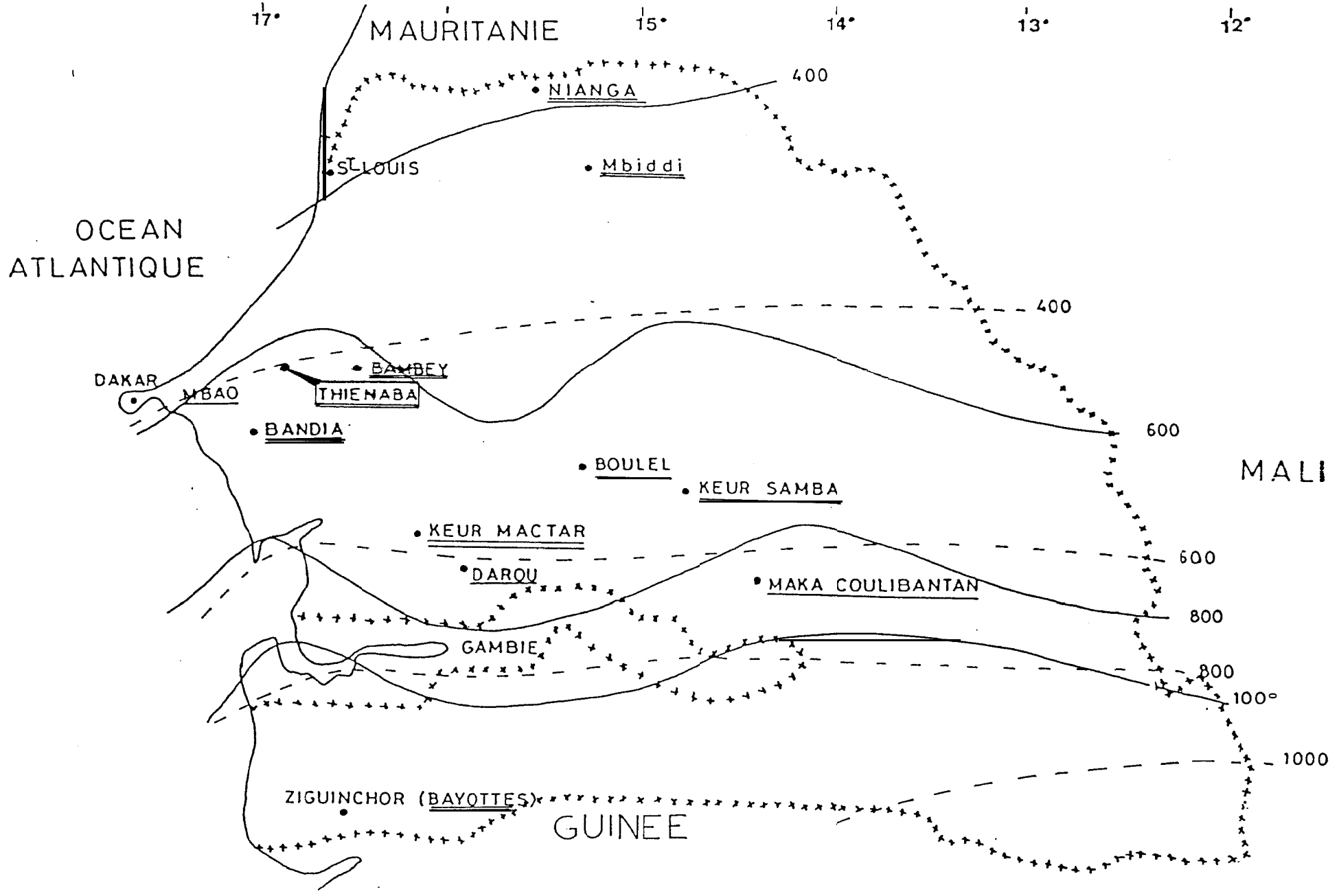
5 : Tamarinier : Tableau des taux de survie à 11 mois et analyse de variance

6 : Tamarinier : Tableau des hauteurs, écarts-types, coefficient de variation sur les hauteurs et analyse de variance

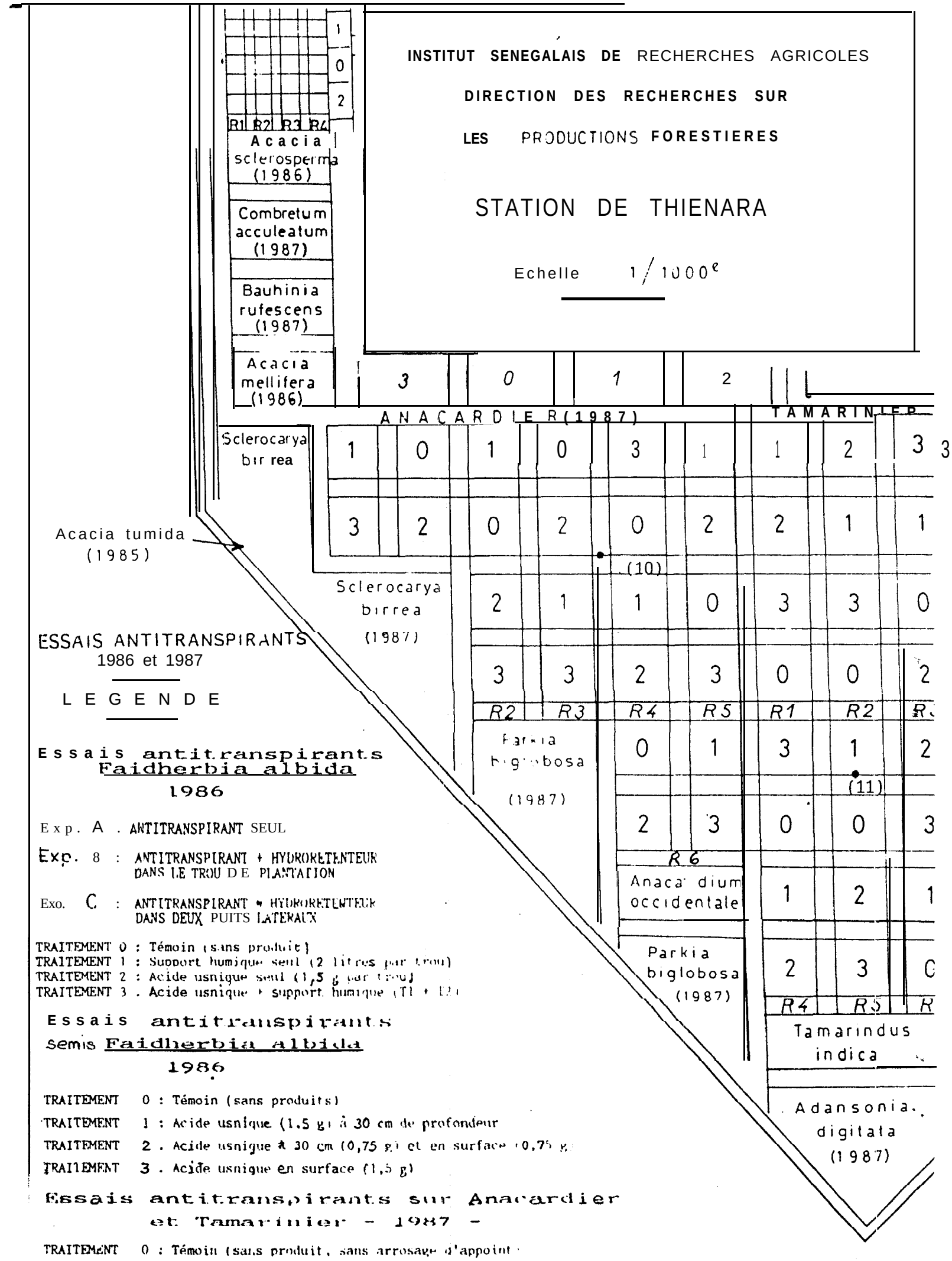
7 : Tamarinier : Tableau des diamètres, écarts-types,coefficient de variation sur les diamètres et analyse de variance

8 : Planches photographiques.

Carte du glissement des isohyètes (mm) au SENEGAL entre les périodes 1951-1967 (——) et 1968-1985 (- - -). Situation des stations et points d'appui



ANNEXE Ia


INSTITUT SENEGALAIS DE RECHERCHES AGRICOLES
DIRECTION DES RECHERCHES SUR
LES PRODUCTIONS FORESTIERES
STATION DE THIENARA
Echelle 1/1000e
Acacia sclerosperma (1986)
Combretum acculeatum (1987)
Bauhinia rufescens (1987)
Acacia mellifera (1986)
ANACARDIER (1987)
TAMARINIER
Sclerocarya birrea
Acacia tumida (1985)
Sclerocarya birrea (1987)
Parkia biglobosa (1987)
Anacardium occidentale
Parkia biglobosa (1987)
Tamarindus indica
Adansonia digitata (1987)
ESSAIS ANTITRANSPIRANTS
1986 et 1987
LEGENDE
Essais antitranspirants
Faidherbia albida
1986
Exp. A . ANTITRANSPIRANT SEUL
Exp. B : ANTITRANSPIRANT + HYDRORETENTEUR DANS LE TROU DE PLANTATION
Exp. C : ANTITRANSPIRANT + HYDRORETENTEUR DANS DEUX PUITS LATERAUX
TRAITEMENT 0 : Témoin (sans produit)
TRAITEMENT 1 : Support humique seul (2 litres par trou)
TRAITEMENT 2 : Acide usnique seul (1,5 g par trou)
TRAITEMENT 3 . Acide usnique + support humique (T1 + T2)
Essais antitranspirants
semis Faidherbia albida
1986
TRAITEMENT 0 : Témoin (sans produits)
TRAITEMENT 1 : Acide usnique (1,5 g) à 30 cm de profondeur
TRAITEMENT 2 . Acide usnique à 30 cm (0,75 g) et en surface (0,75 g)
TRAITEMENT 3 . Acide usnique en surface (1,5 g)
Essais antitranspirants sur Anacardier et Tamarinier - 1987 -
TRAITEMENT 0 : Témoin (sans produit, sans arrosage d'appoint)
TRAITEMENT 1 . Acide usnique (1 g) à 60 cm de profondeur, sans arrosage
TRAITEMENT 2 : Arrosage d'appoint (6 fois 17 litres)
TRAITEMENT 3 : Arrosage d'appoint (6 fois 25 litres + acide usnique en solution)

Annexe 1b

STATION DE THIENABA

Annexe 2

ESSAI ANTITRANSPIRANT SUR ANACARDIUM OCCIDENTALE

PLANTATIONS DU 28 JUILLET 1987 - MENSURATIONS DU 22 JUIN 1988

VALEURS OBTENUES SUR DES PLACEAUX DE 16 ARBRES

Répé ti tions	TO		T1		T2		T3		Moyennes	
	S1	TS1	S1	TS1	S1	TS1	S1	TS1	S1	TS1
Ri	100	82,7	100	82,7	100	82,7	100	82,7	100	82,7
R2	100	82,7	100	82,7	87,5	69,3	100	82,7	96,9	79,4
R3	93,8	75,6	100	82,7	100	82,7	100	82,7	98,5	80,9
R4	100	82,7	100	82,7	100	82,7	100	82,7	100	82,7
R5	93,8	75,6	87,5	69,3	100	82,7	100	82,7	95,3	77,6
R6	100	82,7	87,5	69,3	93,8	75,6	100	82,7	95,3	77,6
Moyennes	97,9	-	95,8	-	96,9	-	100		97,7	80,1

ANALYSE DE L'EFFET DES TRAITEMENTS

SUR LES TAUX DE SURVIE A 1 AN

Traitements et paranétres de l'analyse	Variables	
	S1 (%)	TS1 (%)
TO = Témoin absolu	97,9	80,3
T1 = Acide usnique à la plantation (1g/arbre)	95,8	78,2
T2 = Acide usnique en solution + arrosage 16 l/arbre/mois	96,9	79,3
T3 = Arrosage seulement à 24l/arbre/mois	100,0	82,7
Probabi li té des écarts "b locs" (%)	50,0	49,2
Probabilité des écarts "traitements" %	44,9	45,6
Coefficient de variation des résidus %	4,6	6,1
Puissance à priori de l'essai pour $\Delta X/X$ = 10 % et α = 10 % %	88,0	74,0
Puissance à postériori de l'essai au seuil de 10 % %	32,0	31,0

N.B. : Les valeurs de TS1 sont obtenues par transformation angulaire des taux de survie S1 (TS1 = 100 arc sin (S1/100) 1/2 après avoir remplacé les taux de 100 % par (100 (n - 1/4) / n) %, n étant le nombre d'arbres du placeau, soit 16 (procédé de BARLETT).

STATION DE THIENABA **Annexe 3**

ESSAI ANTITRANSPIRANT SUR ANACARDIUM OCCIDENTALE

PLANTATIONS DU 28 JUILLET 1987 - MENSURATIONS DU 22 JUIN 1988

VALEURS OBTENUES SUR DES PLACEAUX DE 16 ARBRES

Répétitions	T0			T1			T2			T3			Moyennes		
	$\bar{H}1$	SH	CVH	$\bar{H}1$	SH	CVH	$\bar{H}1$	SH	CVH	$\bar{H}1$	SH	CVH	$\bar{H}1$	CVH	
R1	66,0	22,5	0.34	61,3	21,7	0,35	76,9	24,3	0,32	91,5	26,5	0,29	73,9	0,33	
R2	84,9	33,7	0,40	87,6	26,6	0,30	83,1	23,2	0,28	91,7	23,6	0,26	86,8	0,31	
R3	69,2	23,5	0,34	62,7	18,5	0,30	77,8	28,1	0,36	87,8	27,7	0,32	74,4	0,33	
R4	64,6	18,1	0,28	54,4	16,1	0,30	54,3	8,6	0,16	55,1	15,1	0,27	57,1	0,25	
R5	56,6	22,6	0,40	62,4	12,1	0,19	58,1	14,0	0,24	59,1	7,9	0,13	59,1	0,24	
R6	43,0	16,1	0,37	55,5	18,0	0,32	55,4	11,7	0,21	55,4	10,4	0,19	52,3	0,27	
Moyennes	64,1	22,8	0,36	64,0	18,8	0,29	67,6	18,3	0,26	73,4	18,5	0,29	67,3	0,29	

ANALYSE DE L'EFFET DES TRAITEMENTS

SUR LA HAUTEUR A 1 AN

Traitements et paramètres de l'analyse	Variables	
	$\bar{H}1$ (cm)	$\bar{H}1^*$ (cm)
TO = Témoin absolu	64,1	63,9
T1 = Acide usnique à la plantation (1g/arbre)	64,0	65,9
T2 = Acide usnique en solution + arrosage 16 l/arbre/mois	67,6	70,3
T3 = Arrosage seulement à 24l/arbre/mois	73,4	77,1
Probabilité des écarts "blocs" %	0,01****	0,01****
Probabilité des écarts "traitements" %	12,4	4,5*
Coefficient de variation des résidus %	10,8	9,9
Puissance à priori de l'essai pour $\Delta X/X$ = 10 % et α = 10 % %	30	29
Puissance à postériori de l'essai au seuil de 10 % %	60	80

$H1^*$ = valeurs obtenues après élimination de la répétition 4 (jugée aberrante puisque TO > T3

STATION DE THIENABA **Annexe 4**

ESSAI ANTITRANSPIRANT SUR ANACARDIUM OCCIDENTALE

PLANTATIONS DU 28 JUILLET 1987 - MENSURATIONS **DU** 22 JUIN 1988

VALEURS OBTENUES SUR DES PLACEAUX DE 16 ARBRES

Répétitions	T0			T1			T2			T3			Moyennes		
	Dl	S_D	CVD	Dl	S_D	CVD	Dl	S_D	CVD	Dl	S_D	CVD	Dl	CVD	
R1	22,6	4,8	0,21	19,7	5,3	0,27	26,4	5,4	0,20	29,9	6,8	0,23	24,7	0,23	
R2	26,8	8,9	0,33	29,4	5,4	0,18	28,0	4,8	0,17	30,2	5,1	0,17	28,6	0,21	
R3	24,1	5,8	0,14	23,1	7,2	0,31	27,8	5,1	0,18	28,6	5,7	0,20	25,9	0,23	
R4	24,8	4,9	0,20	21,5	3,8	0,18	24,2	3,7	0,15	23,2	3,8	0,16	23,4	0,17	
R5	22,6	2,6	0,12	23,5	2,0	0,09	24,4	4,1	0,17	25,7	4,9	0,19	24,1	0,14	
R6	17,5	4,7	0,27	21,9	2,9	0,13	20,5	2,7	0,13	25,0	3,9	0,16	21,2	0,17	
Moyennes	23,1	5,3	0,23	23,2	4,4	0,19	25,2	4,3	0,17	27,1	5,0	0,18	24,6	0,19	

ANALYSE? DE L'EFFET DES TRAITEMENTS

SUR LE DIAMETRE AU COLLET A 1 AN

Traitenents et paramètres de l'analyse	Variables	
	Dl (mm)	$\bar{D}1^*$(mm)
T0 = Témoin absolu	23,1	22,7
T1 = Acide usnique à la plantation (1g/arbre)	23,2	23,5
T2 = Acide usnique en solution + arrosage 16 l/arbre/mois	25,2	25,4
T3 = Arrosage seulement à 24l/arbre/mois	27,1	27,9
Probabilité des écarts "blocs"	0,3**	0,2**
Probabilité des écarts "traitements" %	1,1*	0,5**
Coefficient de variation des résidus %	8,3	7,6
Puissance à priori de l'essai pour $\Delta X/X$ = 10 % et α = 10 % %	42	40
Puissance à postériori de l'essai au seuil de 10 % %	90	94

$\bar{D}1^*$ = valeurs obtrenues après élimination de la répétition 4 (jugée aberrante puisque T0 > T3)

STATION DE THIENABA **Annexe 5**

ESSAI ANTITRANSPIRANT SUR TAMARINDUS INDICA

PLANTATIONS DU 28 JUILLET 1987 - MENSURATIONS DU 21 JUIN 1988

VALEURS OBTENUES SUR DES PLACEAUX DE 16 ARBRES

Répétitions	TO		T1		T2		T3		Moyennes	
	S1	TS1	S1	TS1	S1	TS1	S1	TS1	S1	TS1
R1	100	82,7	100	82,7	93,8	75,6	100	82,7	98,5	80,9
R2	100	82,7	100	82,7	100	82,7	100	82,7	100	82,7
R3	87,5	69,3	87,5	69,3	87,5	69,3	93,8	75,6	89,1	70,9
R4	100	82,7	93,8	75,6	100	82,7	100	82,7	98,5	80,9
R5	100	82,7	93,8	75,6	93,8	75,6	100	82,7	96,9	79,1
R6	81,2	64,3	81,2	64,3	93,8	92,7	100	82,7	89,1	73,5
Moyennes	94,8	-	92,7	-	94,8	-	99,0	-	95,3	78,0

ANALYSE DE L 'EFFET DES TRAITEMENTS

SUR LE TAUX DE SURVIE A 1 AN

Traitements et paramètres de l'analyse	Variables	
	S1 (%)	TS1 (%)
TO = Témoin absolu	94,8	77,4
T1 = Acide usnique à la plantation (1g/arbre)	92,7	75,0
T2 = Acide usnique en solution + arrosage 16 l/arbre/mois	94,8	78,1
T3 = Arrosage seulement à 24l/arbre/mois	99,0	81,5
Probabilité des karts "blocs" %	4,7*	2,3*
Probabilité des écarts "traitements" %	11,7	19,5
Coefficient de variation des résidus %	4,4	6,3
Puissance à priori de l'essai pour $\Delta X/X$ = 10 % et α = 10 % %	90	72
Puissance à postériori de l'essai au seuil de 10 % %	70	69

N.B. : Les valeurs de TS1 sont obtenues par transformation angulaire des taux de survie (TS1 = 100 arc sin (S1/100) 1/2 après avoir remplacé le taux de 100 % par (100 (n-1/4) / n) %, n étant le nombre d'arbres du placeau, soit n = 16 (procédé de BARLETT).

STATION DE THIENABA

Annexe 6

ESSAI ANTITRANSPIRANT SUR TAMARINDUS INDICA

PLANTATIONS DU 28 JUILLET 1987 - MENSURATIONS DU 21 JUIN 1988

VALEURS OBTENUES SUR DES PLACEAUX DE 16 ARBRES

Répétitions	TO			T1			T2			T3			Moyennes		
	$\bar{H}1$	SH	CVH	$\bar{H}1$	SH	CVH	$\bar{H}1$	SH	CVH	$\bar{H}1$	SH	CVH	$\bar{H}1$	CVH	
Ri	33,2	16,7	0,50	35,5	10,7	0,30	56,6	12,6	0,22	61,2	16,2	0,26	46,6	0,32	
R2	35,2	10,6	0,30	34,9	11,0	0,32	42,8	12,2	0,29	54,7	12,8	0,23	41,9	0,28	
R3	42,6	9,1	0,21	40,5	14,2	0,35	47,3	20,6	0,44	48,8	16,9	0,35	44,8	0,34	
R4	40,0	10,1	0,25	45,7	17,5	0,38	61,9	13,5	0,22	57,4	13,4	0,23	51,2	0,27	
R5	51,2	14,4	0,28	47,1	12,1	0,26	69,3	24,2	0,35	63,8	21,6	0,34	57,8	0,31	
R6	41,1	12,9	0,31	51,2	14,8	0,19	35,1	21,0	0,38	59,2	20,4	0,34	51,6	0,33	
Moyennes	40,5	12,3	0,31	42,5	13,4	0,32	55,5	17,4	0,32	57,5	16,8	0,29	49,0	0,31	

ANALYSE DE L ' EFFET DES TRAITEMENTS

SUR LA HAUTEUR A 1 AN

Traitements et paranètres de l'analyse	Variables	
	$\bar{H}i$ (cm)	Ecart/TO
TO = Témoin absolu	40,5	0
T1 = Acide usnique à la plantation (1g/arbre)	42,5	+ 6%
T2 = Acide usnique en solution + arrosage 16 l/arbre/mois	55,5	t 37 %
T3 = Arrosage seulenent à 24l/arbre/mois	57,5	t 42 %
Probabilité des écarts "blocs" %	0,5	** -
Probabilité des écarts "traitements" %	0,01****	
Coefficient de variation des résidus %	10,0	
Puissance à priori de l 'essai pour $\Delta X/X$ = 10 % et α = 10 % %	33,0	
Puissance à postériori de l'essai au seuil de 10 % %	99,0	

STATION DE THIENABA Annexe 7

ESSAI ANTITRANSPIRANT SUR TAMARINDUS INDICA

PLANTATIONS DU 28 JUILLET 1987 - MENSURATIONS DU 21 JUIN 1988

VALEURS OBTENUES SUR DES PLACEAUX DE 16 ARBRES

Répétitions	TO			T1			T2			T3			Moyennes	
	$\bar{D}1$	SD	CVD	$\bar{D}1$	SD	CVD	$\bar{D}1$	SD	CVD	$\bar{D}1$	SD	CVD	$\bar{D}1$	CVD
R1	4,9	1,8	0,37	6,6	1,6	0,24	10,3	1,8	0,17	10,4	2,1	0,20	8,1	0,15
R2	5,7	1,7	0,30	5,5	1,3	0,24	8,5	2,0	0,24	10,2	1,9	0,19	7,5	0,24
R3	6,0	1,2	0,10	6,0	1,7	0,28	9,6	3,2	0,33	9,4	3,4	0,36	7,8	0,29
R4	6,9	1,9	0,23	10,0	2,7	0,27	11,6	2,3	0,20	11,2	2,9	0,26	9,9	0,25
R5	11,1	2,8	0,25	9,1	2,5	0,27	15,0	2,8	0,19	13,9	3,5	0,25	12,3	0,24
R6	7,4	2,2	0,30	10,9	3,3	0,21	10,7	3,6	0,34	12,7	4,1	0,32	10,4	0,29
Moyennes	9,0	1,9	0,28	8,0	2,2	0,25	11,0	2,6	0,24	11,3	3,0	0,26	9,3	0,26

ANALYSE DE L 'EFFET DES TRAITEMENTS
SUR LE DIAMETRE A COLLET A 1 AN

Traitenents et paranétres de l'analyse	Variables	
	D1 (mm)	Ecart/TO
TO = Témoin absolu	7,0	0
T1 = Acide usnique à la plantation (1g/arbre)	8,0	+ 14 %
T2 = Acide usnique en solution + arrosage 16 l/arbre/mois	11,0	+ 57 %
T3 = Arrosage seulement à 24l/arbre/mois	11,3	+ 61 %
Probabi li té des écarts "blocs"	0,01***	-
Probabilité des écarts "traitements" %	0,01****	
Coefficient de variation des résidus %	11,8	
Puissance à priori de 1 'essai pour $\Delta X/X$ = 10 % et α = 10 % %	27	
Puissance à postériori de l'essai au seui 1 de 10 % %	99	

Essai n° 339/Thiénaba (Sénégal) - 1987 : Anacardium occidentale à 14 mois et culture intercalaire de niébé (photo M. CAZET)

Essai n° 339/Thiénaba (Sénégal) - 1987 : Tamarindus indica à 14 mois et culture intercalaire de niébé (photo de M. CAZET)

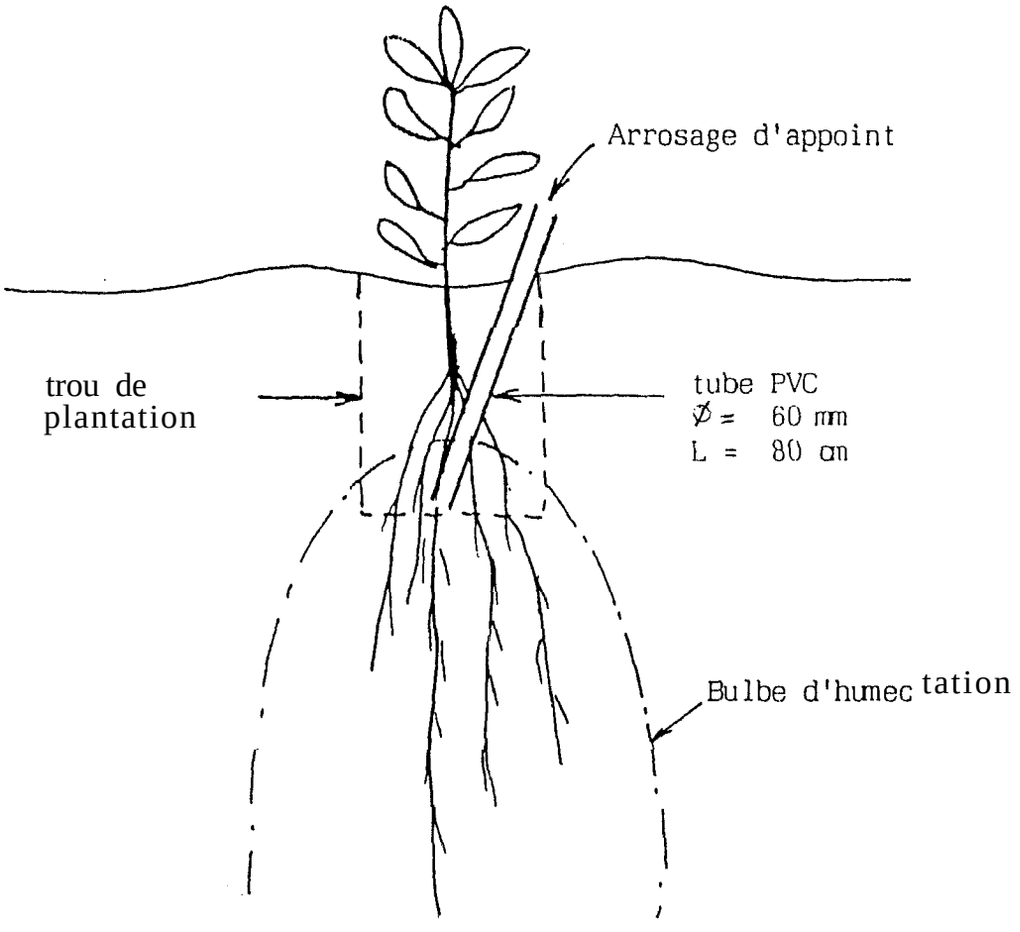


Schéma de mise en place des tubes dans les traitements T2 et T3