Reboisement du Service Provincial : plantations hétérogènes réalisées en 1965 sans engrais.

FERTILISATION FORESTIÈRE SUR LE TAMPOKETSA D'ANKAZOBE

Station de Manankazo Madagascar

par Claude MALVOS - Dominique LOUPPE - Jean-Pierre BOUILLET

Ingénieurs de Recherche au CTFT

SITUATION DE
LA STATION FORESTIÈRE
DE MANANKAZO
CANAL DE MOZAMBIQUE
OCEAN INDIEN
DIEGO-SUAREZ
Ambilobe
NOSSI-BE
Hell-Ville
Vohémar
Ambanja
Sambava
Bealanana
Andapa
Analalava
Antalaha
Antsohihy
Moroantsetra
Sofia
Befandriana
Majunga
Port-Bergé V.
Mandritsara
Mananara
Soalala
Mitsinjo
Mampikony
Ambata-Boeni
Soanierana-Ivonga
SAINTE-MARIE
Ambodifototra
Tsaratanana
Besalampy
Maevatanana
Andilamena
Fénérive
Vavatenina
MANANKAZO
Betsiboka
Ato ndrazaka
Morafenobe
Maintirano
Ankazobe
Anjozo
TANANARIVE
Tsiroanomandidy
Manjakandriana
Brickaville
Antsalova
Miarinarivo
Ahi dratrimo
Moramanga
Arivonimamo
Andramasina
Vatomandry
Miandrivazo
Soavinandriana
Anosibe
Belo sur Tsiribihina
Faratsiho
Ato lampy
Antanifotsy
Mahanoro
Betafo
Antsirabe
Mangoro
Tsiribihina
Fandriana
Marolambo
Mahabo
Morondava
Nosy-Varika
Ato finandrahana
Ambositra
Ambohimahasoa
Ahi mahasoa
Mananjary
Ikalamavony
Manja
FIANARANTSOA
Ifanadiana
Beroroha
Ambalavao
Fort-Carnot
Morombe
Mangoky
Manakara
Ihosy
Vohipeno
Ankazoabo
Ivohibe
Farafangana
Vandrozo
Sakaraha
Manahara
Vangaindrano
TULEAR
Betroka
Midongy du Sud
Betioky
Bekily
Amboasary
Ampanihy
Fort-Dauphin
Ambovombe
Echelle
0 50 100 150 200 Km

Croquis n° 1

SUMMARY

FOREST FERTILIZATION ON THE TAMPOKETSA OF ANKAZOBE (MANANKAZO STATION)

Projects for industrial reforestation with Pinus patula *on the Madagascar high Plateaus were implemented (in the area of High Matsiatra over appr. 50,000 ha) or were remained mere project (Tampoketsa of Ankazobe and Vakinankaratra).*

The document provides a synthesis of the results obtained on the trials carried out at Manankazo Station by the Centre Technique Forestier Tropical and the Centre National des Recherches Forestières (FOFIFA) in the field of fertilization since 1962 (on Pinus patula).

The fertilization at the start yields better results if it is associated with the adequate work of the soil. It is best to fertilize at the planting hole or in the subsoiling line, than to weed the plantations for two or three years.

The recommended fertilizer formula is PK or NPK type. Compound fertilizers are slightly less effective than mixtures of simple fertilizers which provide Ca, S and Mg elements. The recommended amounts (for a 1,500 to 2,000 plants/ha density) are 500 kg/ha of natural phosphates and 150 kg/ha of potassium sulphate. 100 kg/ha of dolomite may also be provided. This fertilization represents :

- *150 kg/ha P_2O_5,*
- *75 kg/ha K_2O,*
- *278 kg/ha CaO,*
- *27 kg/ha S,*
- *20 kg/ha MgO.*

Fertilization during rotation seems to be needed around age 8-10 years and should be similar to that suggested at planting, since compound fertilizers (NPK or PK) are easier to spread on the surface around each plant.

RESUMEN

FERTILIZACION FORESTAL EN EL TAMPOKETSA DE ANKAZOBE ESTACIÓN DE MANANKAZO EN MADAGASCAR

Diversos proyectos de repoblación forestal en Pinus patula, *en las altiplanicies de Madagascar, se han llevado ya a cabo (perímetro del Alto Matsiatra, en cerca de 50 000 hectáreas) o permanecen en estado de proyecto (Tampoketsa de Ankazobe y Vakinankaratra).*

En este documento se procede a la síntesis de los resultados obtenidos con motivo de las experimentaciones emprendidas en la estación de Manankazo (Tampoketsa de Ankazobe) por el Centro Técnico Forestal Tropical (Francia) y el Centro Nacional de Investigaciones Forestales (FOFIFA), en el aspecto de fertilización forestal a partir de 1962 (con la especie Pinus patula).

La fertilización inicial proporciona los mejores resultados cuando se combina con buenas labores del suelo. Resulta interesante fertilizar en hoya de plantación o en el surco de subsolado y, acto seguido, escardar las plantaciones durante dos o tres anos.

La fórmula que se aconseja emplear es del tipo PK o NPK. Los fertilizantes compuestos son ligeramente menos eficaces que las mezclas de fertilizantes simples que aportan los elementos Ca, S y Mg. Las cantidades aconsejadas (para una densidad de 1 500 a 2 000 plantas/ha) corresponden a 500 kg/ha de fosfatos naturales y a 150 kg/ha de sulfato de potasa. Una aportación de 100 kg/ha de dolomía puede también ser benéfica. Esta fertilización representa :

- *150 kg/ha P_2O_5,*
- *75 kg/ha K_2O,*
- *278 kg/ha CaO,*
- *27 kg/ha S,*
- *20 kg/ha/MgO.*

Parece preciso proceder a una fertilización en curso de revolución hacia los 8-10 años y debería ser semejante a aquella preconizada en el momento de la plantación, ya que los fertilizantes compuestos (NPK o PK) resultan más fáciles de distribuir en superficie, en torno de cada planta.

Le présent article a pour objet de faire le point d'une manière aussi claire et complète que possible de l'ensemble des expérimentations menées sur le Tampoketsa d'Ankazobe à Madagascar en matière de fertilisation des plantations de pins, entreprises depuis la création du Centre Technique Forestier Tropical de Madagascar en 1962 et poursuivies dans le cadre de contrats de Recherche signés entre les Autorités malgaches et françaises depuis 1974.

Il reprend bon nombre de travaux, publiés ou non, réalisés par l'équipe de chercheurs qui s'est penchée sur ces problèmes de fertilisation : B. SOUCHIER, J. de VERGNETTE, C. BAILLY, G. BENOIT de COIGNAC, C. MALVOS, D. LOUPPE, anciens chercheurs du CTFT à Madagascar, J.-L. RAKOTOMANANA, J.-P. BOUILLET, chercheurs au Département des Recherches Forestières et Piscicoles au Centre National des Recherches Appliquées au Développement Rural.

Les travaux sur le terrain ont été menés depuis le début des expérimentations par MM. R. HUEBER et M. LEFÈVRE, techniciens au CTFT Madagascar et J. MDRIAMBARA, Chef de la Station d'essais de Manankazo.

PRÉSENTATION DE LA RÉGION

Localisation

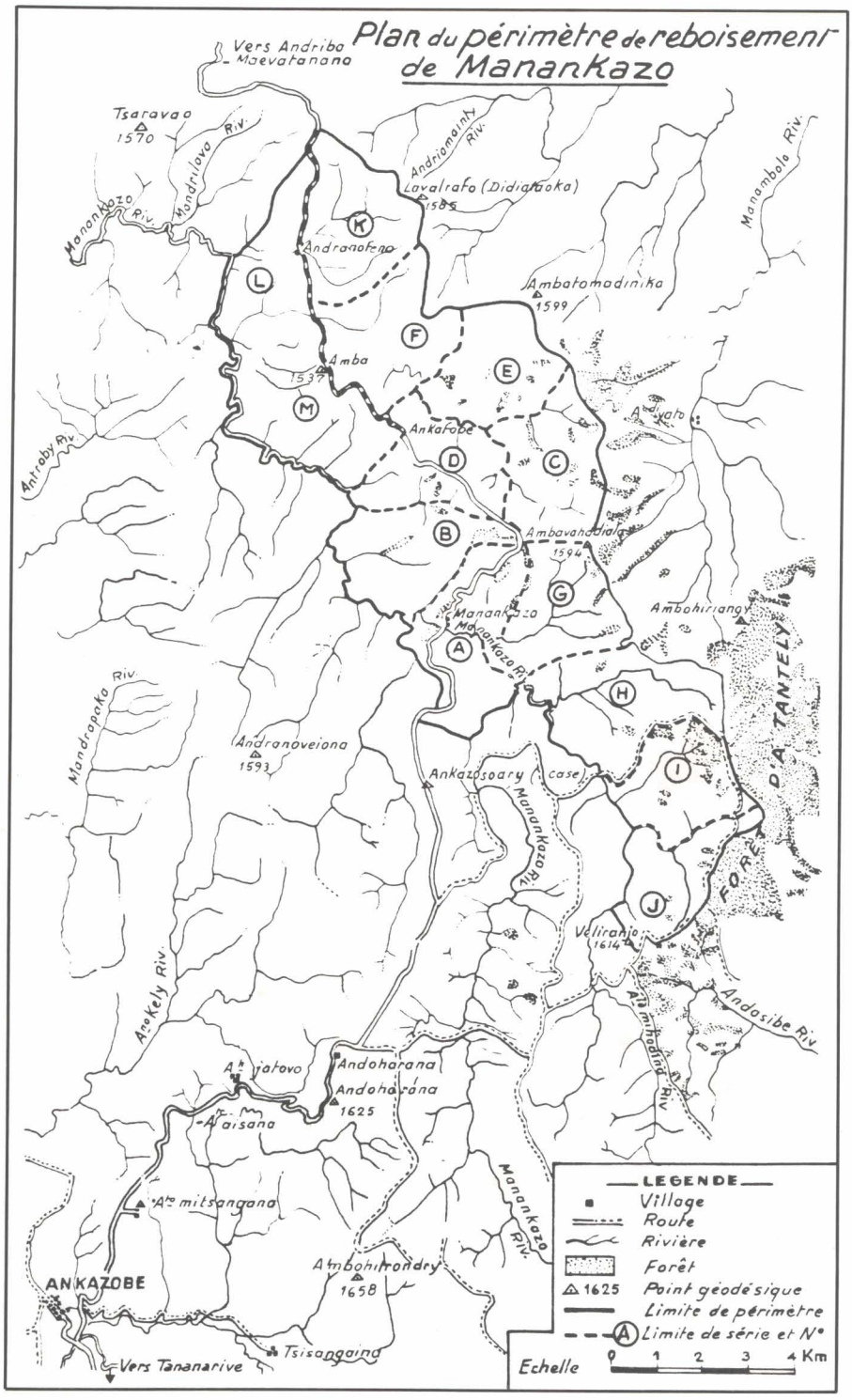
La Réserve Forestière de Manankazo (de 18.000 ha) est située sur le Tampoketsa d'Ankazobe à 125 km au nord-ouest d'Antananarivo (croquis 1, p. 2). Elle inclut la forêt naturelle d'Ambohitantely (2.000 ha environ) et quelques vestiges forestiers dans les talwegs et les têtes de vallée (qui semblent indiquer que la déforestation de ces régions est d'origine récente). Sur ce plateau, plus ou moins ondulé, très peu peuplé, situé à une altitude voisine de 1.500 m, il était prévu la réalisation d'un reboisement principalement en *Pinus patula* mais également en eucalyptus pour les besoins de la population à installer, de 10.000 ha environ (croquis n° 2, p. 6).

Climat

Le climat est du type tropical d'altitude, soumis aux influences de l'est (alizés indiens).

La pluviométrie pendant la période 1966-1976 fut de 1837 mm/an dont 88 % pour la période de novembre à mars. Les mois de saison sèche (juin, juillet, août et septembre) sont particulièrement peu arrosés : moins de 15 mm/mois. La variation de la pluviosité annuelle est

Plantation expérimentale à Manankazo.


Plan du périmètre de reboisement de Manankazo
Vers Andriba Maevatanana
Tsaravao 1570
Mandrilava Riv.
Manankazo Riv.
Andriamainty Riv.
Lavalrafo (Didiakaoka) 1585
Manambala Riv.
Andranofeno
Ambatomadinika 1599
Amba 1537
Ankafobe
Antraby Riv.
Ambavandrial 1594
Manankazo Riv.
Ambohiriangy
Mandrapaka Riv.
Andranoveiona 1593
Ankazosoary (case)
FORET D'ANTELY
Veliranjo 1614
Andosibe Riv.
Anokely Riv.
Andoharana
Andoharana 1625
Manankazo Riv.
ANKAZOBE
Atmbohitrondry 1658
Vers Tananarive
Tsisangaina
LEGENDE
Village
Route
Rivière
Forêt
1625 Point géodésique
Limite de périmètre
A Limite de série et N°
Echelle
0 1 2 3 4 Km

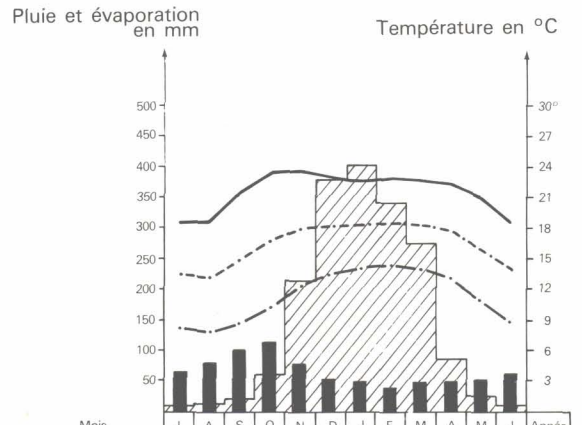
Croquis n° 2

très importante d'une année à l'autre (1.434 mm en 1966-67 et 2.155 mm en 1972-73).

L'humidité relative est toujours importante. Elle ne descend en dessous de 90 % (en moyenne) à 7 heures du matin que pendant les mois de juin (89 %) et de septembre-octobre (83 %). Ainsi, le nombre de jours de brouillard est-il élevé : 272 jours en 1962 dont 189 jours de brouillard concentrés dans les vallées et 73 jours sur l'ensemble du plateau.

La température annuelle moyenne est de 16,8 °C. La saison froide, où les températures minimales descendent sous les 10 °C, correspond à la saison sèche (juin à septembre). Le minimum absolu enregistré est de 1 °C. La température moyenne des maxima est de 21,9 °C. Leur moyenne dépasse 23 °C pendant les mois d'octobre, novembre et décembre (croquis n° 3).

L'action des vents est très importante ; ils viennent d'une manière presque constante (80 %) de l'est.



Mois	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	Année
Pluie en mm	10,0	11,8	16,5	59,6	215,0	380,1	406,6	340,0	275,8	84,5	26,9	10,3	1837,1
Nbre de jours de pluie	7	4	3	8	17	23	23	23	21	14	10	8	161
Evaporation en mm (Piche)	60,9	81,5	102,3	115,7	79,8	53,1	51,9	41,2	48,1	50,5	53,8	63,9	802,7
Moyenne T° Max.	18,6	18,8	21,6	23,4	29,7	22,9	22,6	22,8	22,7	22,4	21,2	18,8	21,6
Moyenne T° Min.	8,3	7,8	8,8	10,3	12,5	13,6	14,0	14,3	14,0	13,2	11,0	8,9	11,4
Moyenne entre T° Max. et T° Min.	19,5	13,3	15,2	16,9	18,1	18,3	18,3	18,6	18,4	17,8	16,1	13,9	16,5

Croquis n° 3 — Station de Manankazo
Observations climatologiques
(campagnes 1966-67 à 1975-76)

Géologie, géomorphologie

Le Tampoketsa d'Ankazobe est inclus dans le système précambrien à formations de migmatites et migmatites granitoïdes qui donnent un aspect uniformément cristallin à toute cette zone.

Un cuirassement ancien (Pliocène) n'a laissé que quelques vestiges sur ces surfaces horizontales demeurées à l'écart du rajeunissement généralisé. Ces lambeaux de cuirasse intéressent la zone de l'étude. Parfois, au même niveau que ceux-ci, aux sommets de mamelons, on rencontre des gravillons ferrugineux très ronds, sur des replats très caractéristiques qu'ils ont protégés de l'érosion.

Le vallonnement est assez doux, les vallées sont peu profondes et occupées en majorité par des tourbières.

La disparition de la forêt et la destruction de la prairie, toutes deux d'origine anthropique, seraient la cause d'un rajeunissement récent et rapide du relief : apparition de *lavakas* et creusement rapide des vallées, suite à l'importance nouvelle des crues.

Pédologie et phytosociologie

Du point de vue pédologique, les sols rencontrés sous la steppe, à graminées à base de *Loudetia,* sont des sols brun-jaune, ferrallitiques lessivés à pH bas ; ils ont une capacité d'échange faible, un taux de matière organique variable mais souvent assez important.

Très fréquemment ces sols présentent, plus ou moins près de la surface, un niveau gravillonnaire dont l'épaisseur peut avoir une très grande importance pour les plantations forestières.

L'humus, lorsqu'il n'a pas disparu suite aux feux répétés et à l'érosion consécutive, présente les caractéristiques d'un moder acide : un rapport C/N relativement élevé (15 à 20, voire 25-26), un pH fortement acide (< 5), un taux de saturation en cations faible.

La texture du sol est limono-argileux à argileux. Le pH est effectivement fortement acide (4,4 à 4,9), la teneur en bases échangeables est très faible (0,4 à 1,4 m.e % en surface), ainsi que la capacité d'échange cationique (7 à 13 m.e % en surface, 1 m.e % vers 70 cm).

Cinq essais différents en vases de végétation (culture de RAY-GRASS) effectués sur les horizons superficiels ont montré l'existence des carences suivantes :

— PHOSPHORE : grave à très grave
— POTASSE : moyenne à grave
— CALCIUM : secondaire à grave selon les stations
— MAGNÉSIUM : nulle à moyenne
— SOUFRE : nulle à faible
— OLIGO-ÉLÉMENTS : carence faible

La végétation naturelle est une maigre steppe à graminées à base de *Loudetia stipoïdes, Aristida multicaulis, Elionurus tristis.* Cette steppe est fréquemment parcourue par les feux qui jouent un grand rôle dans sa dégradation et dans la régression des relictes forestières de la contrée.

Ce feu, parfois naturel (orages) mais souvent anthropique, joue un tel rôle dans la région qu'il nous a empêchés de mener à terme la totalité des essais dont il sera question plus loin.

Les expérimentations dont nous rendons compte ici peuvent se diviser en deux groupes :

— fertilisation à la plantation : fertilisation de départ ou fertilisation starter,

— fertilisation après plantation : fertilisation de rattrapage et fertilisation en cours de révolution.

EXPÉRIMENTATIONS SUR LA FERTILISATION DES PINS À LA PLANTATION

Etude de l'effet global de la fertilisation

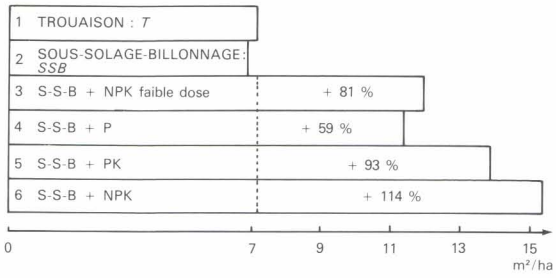
Cinq expérimentations portant sur ce thème ont été installées de janvier 1965 à décembre 1968 sur *Pinus patula* (essais nos 1-2-3-6) et sur *Pinus patula* et *Pinus kesiya* (essai n° 4).

Essai n° 1

Cette expérimentation « Essai de fumure sur Pins » ne comportait que 6 traitements, sans répétition (8 parcelles).

Elle a démontré l'intérêt d'une fertilisation dès les premières années. A 8 ans et demi, le gain en surface terrière est de 114 % pour le traitement « sous-solage billonnage + NPK » par rapport au témoin « trouaison sans engrais » (croquis n° 4).

Surfaces terrières (m²/ha) à 8 ans et demi



Croquis n° 4 ***Essai n° 1***

Essai n° 2

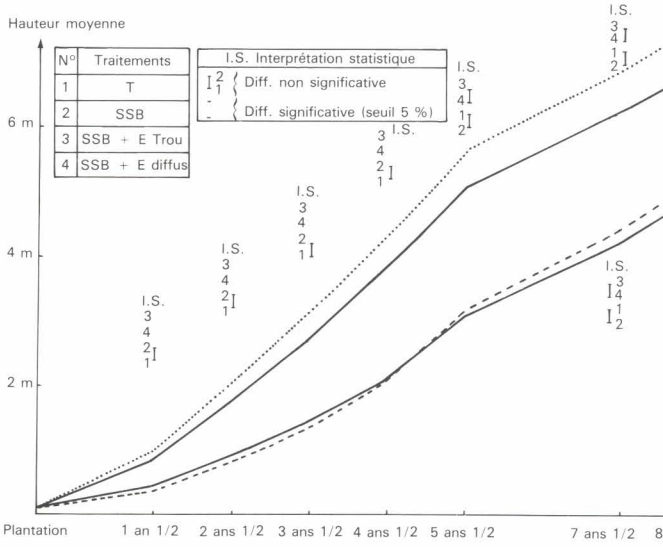
Essai sur les modes de plantation et sur la fertilisation minérale.

4 traitements permettaient (avec 4 répétitions) de tester le travail du sol (trouaison ou labour en billons) et le mode d'apport de l'engrais (au trou de plantation sur le billon ou diffus dans la raie de sous-solage).

L'apport de l'engrais a été fait le jour de la plantation pour l'apport au trou (janvier 1965) et 7 mois plus tôt (juin 1964) pour l'apport dans la raie de sous-solage, avant les travaux de billonnage.

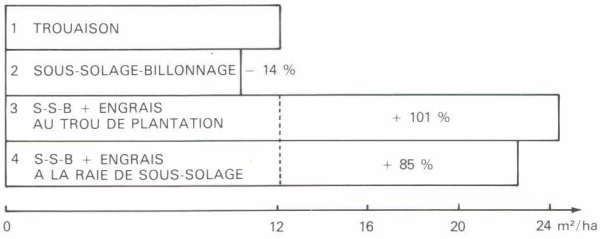
L'effet de l'engrais a été très net dès la première mensuration en hauteur (à 1 an 1/2) et s'est accentué pendant les cinq premières années, puis s'est stabilisé (croquis n° 5).

Ce résultat est confirmé sur l'étude des surfaces terrières avec le même léger avantage pour la localisation au trou de plantation (croquis n° 6).



Croquis n° 5 ***Essai n° 2***

Surfaces terrières (m²/ha) à 8 ans et demi



Croquis n° 6 ***Essai n° 2***

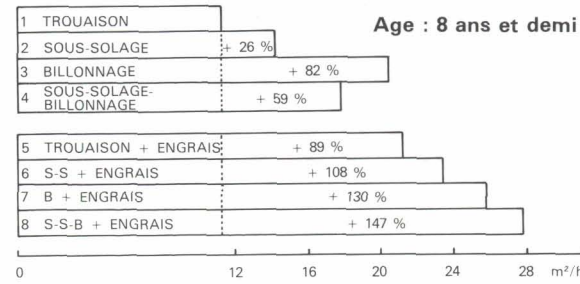
Essai n° 3

Essai travail du sol avec et sans engrais. Il avait pour but de comparer les différents types de travail du sol en présence ou en absence d'engrais (une formule unique au trou de plantation : 20 g de perlurée, 50 g de phosphate tricalcique, 50 g de supertriple, 50 g de sulfate de potasse par plant).

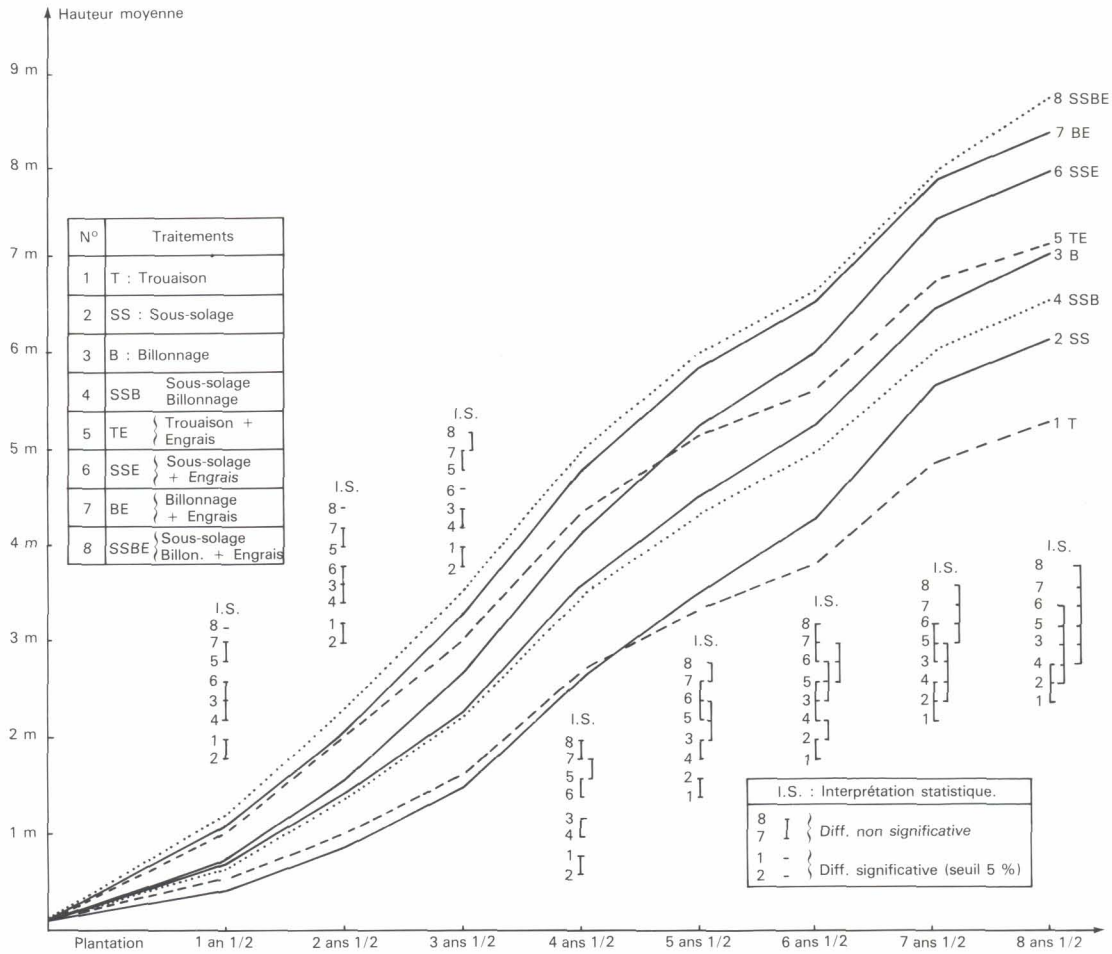
Au départ de l'expérimentation, avec un sous-solage seul sans ouverture de trou ni présence d'un corps verseur, nous avons observé un effet dépressif du sous-solage. Si on réalise sur une telle préparation du sol un apport d'engrais, l'effet dépressif est très marqué. Ceci confirme les observations faites précédemment qui mettaient l'accent sur l'importance de la concurrence des graminées dans le jeune âge. L'apport d'engrais augmente, dans ce cas, l'effet de la concurrence des graminées car ce sont ces dernières qui en profitent. Mais ce phénomène ne dure que quelques années (jusqu'à la fermeture du couvert).

Au bout de 8 ans 1/2, l'effet de l'engrais est très important sur tous les modes de préparation du sol, visible aussi bien sur les hauteurs moyennes que sur les surfaces terrières (croquis n°s 7 et 8).

Notons que l'engrais améliore notablement l'homogénéité des plantations. Le coefficient de variation qui indique l'homogénéité varie de 20 % pour les hauteurs dans les parcelles sans engrais à 12 % dans les parcelles avec engrais.



Croquis n° 8 *Essai n° 3*



Croquis n° 7 *Essai n° 3*

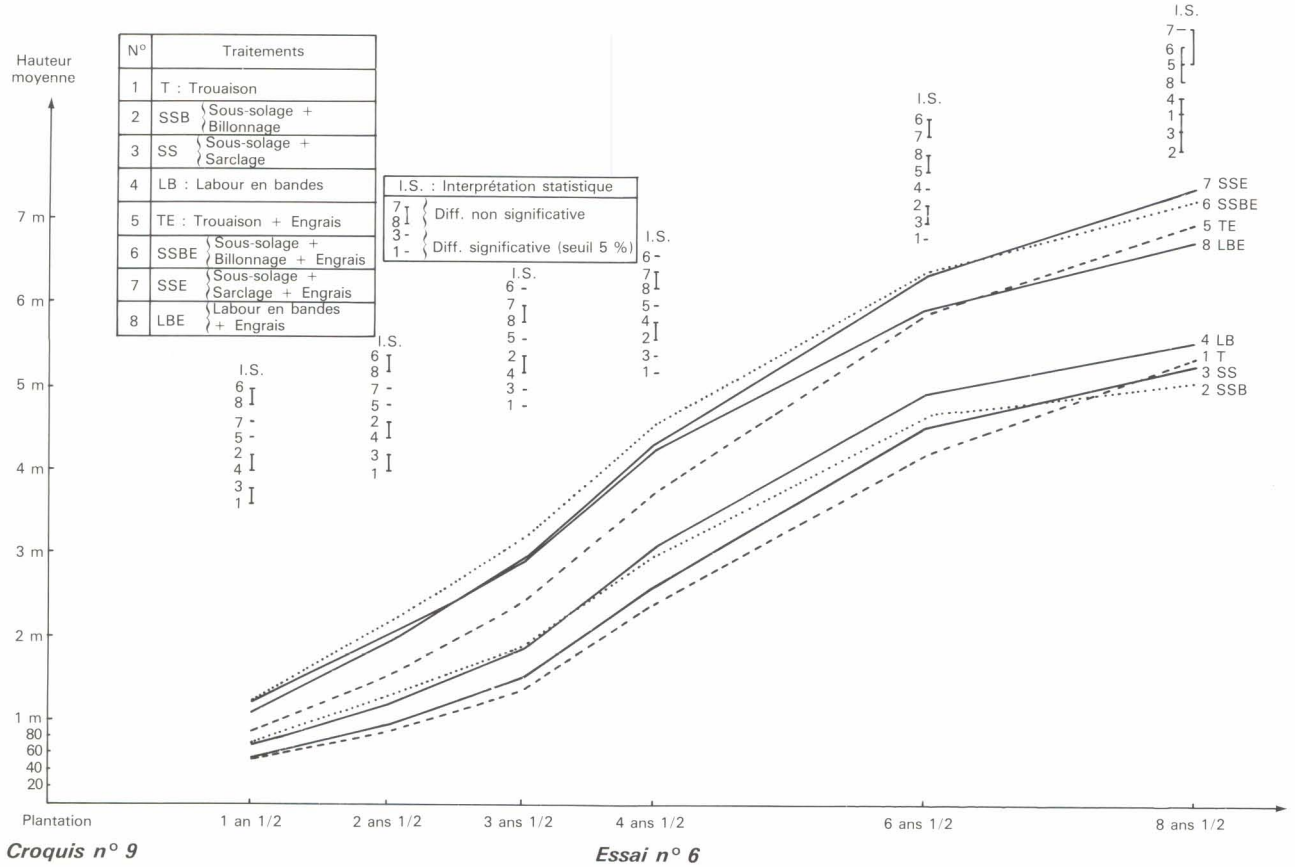
Essai n° 3 : plantation homogène d'une vingtaine d'années avec sous-solage et billonnage plus engrais NPK.

Essai n° 6

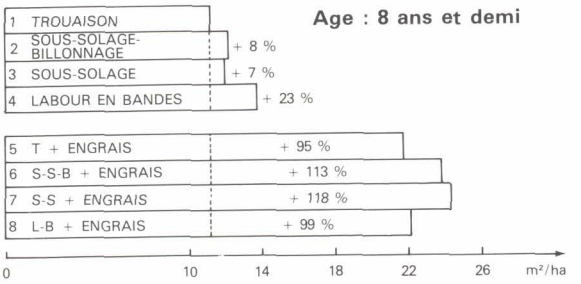
Essai travail du sol avec et sans engrais. Complémentaire de l'essai précédent, il comporte deux autres modes de préparation du sol (labour en bande et sous-solage sarclé) qui sont testés avec pratiquement la même formule d'engrais (20 g de perlurée apportés en surface, 50 g supertriple, 50 g hyperphosphate et 50 g de sulfate de potasse par plant).

L'expérimentation étant installée sur deux types de sols différents (deux répétitions sur sol profond et deux répétitions sur sol gravillonnaire), on trouve une différence très nette :

— entre les types de sol,
— entre les traitements avec et sans engrais,
— entre les modes de préparation du sol (croquis n°s 9 et 10).



Croquis n° 9 ***Essai n° 6***



Croquis n° 10 ***Essai n° 6***

Hauteur moyenne	*P. patula*	*P. kesiya*
sans engrais	298 cm	348 cm
avec engrais	495 (+ 66 %)	517 (+ 49 %)

La réponse à la fertilisation est marquée dès la première saison. Bien que les gains d'accroissement soient importants (50 % et plus), on observera que la vitesse de croissance reste peu compatible avec une sylviculture de courte révolution (25 ans) telle que souhaitée.

Nous noterons également que c'est dans cet essai que sont apparus, pour la première fois, des dessèchements de cime chez *Pinus patula*. Ceux-ci, bien que peu importants : 10-12 % dans les parcelles fertilisées contre 2 % dans les traitements sans engrais, dénotent un déséquilibre nutritionnel, peut-être en oligo-éléments, ralentissant la croissance.

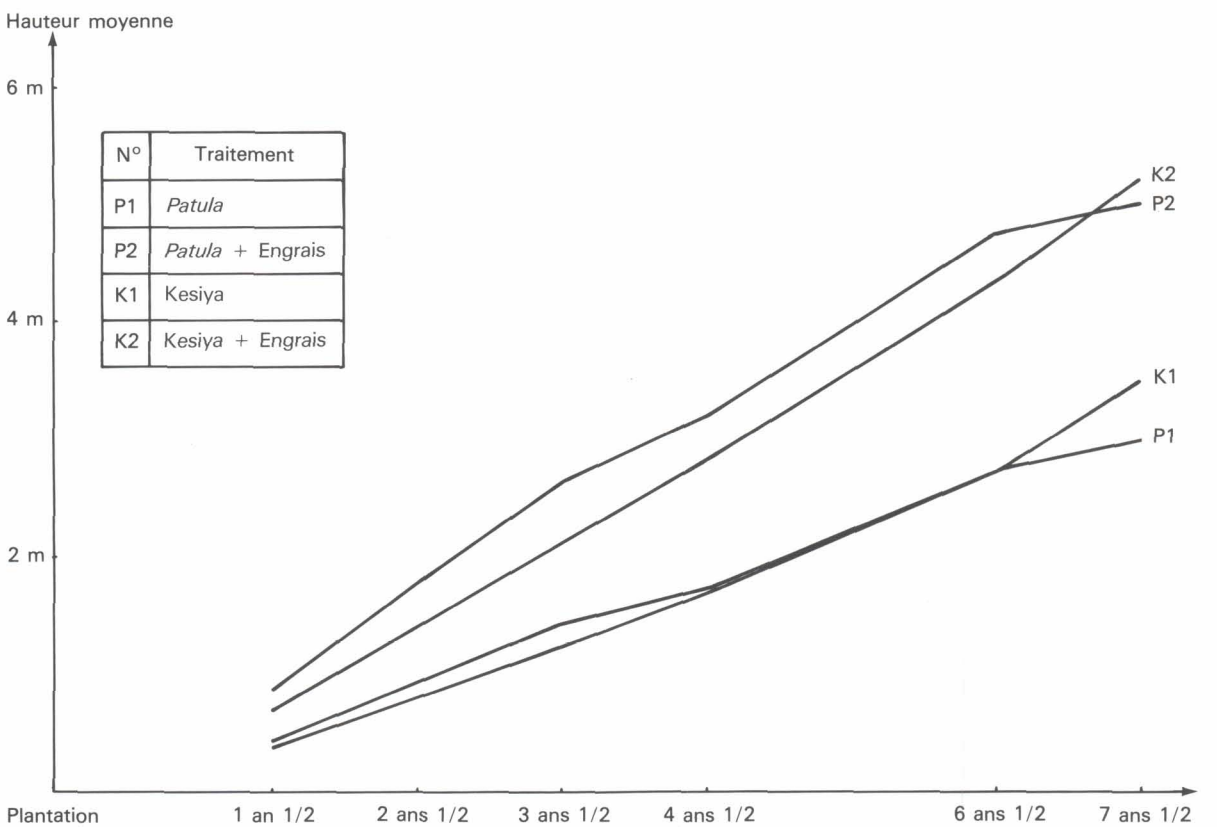
Essai n° 4

Fertilisation de deux espèces de pins. Cet essai étudie la réponse de *Pinus patula* et de *Pinus kesiya* à la fertilisation NPK (30 g de perlurée, 100 g d'hyperphosphate, 50 g supertriple et 50 g de sulfate de potasse par plant, soit en kg/ha : 27,6 N, 106 P_2O_5, 47 K_2O, 144 CaO et 18 S.

Les résultats des mensurations en hauteur à 7 ans et demi donnent (croquis n° 11) :

Conclusions

La réponse à la fertilisation NPK des jeunes plantations de pins *(Pinus patula* et *Pinus kesiya)* est nette dès la première année. Elle se maintient en s'accentuant les dix années suivantes. La fertilisation de départ est donc le moyen le plus efficace pour accroître la croissance de ces jeunes plants. Elle homogénéise également les plantations, diminue notamment la mortalité et permet de fermer le peuplement beaucoup plus rapidement.



Croquis n° 11 ***Essai n° 4***

Etude de l'effet des éléments principaux N,P et K

Nous venons de montrer l'effet de la fertilisation NPK sur la croissance des jeunes plantations de pin. Nous avons voulu déterminer l'effet de l'un de ces éléments en présence ou en l'absence des deux autres, toujours sur *Pinus patula* sauf pour l'essai n° 12 qui a été réalisé sur *Pinus kesiya*.

Essai n° 5 - Essai factoriel NPK

L'essai met en comparaison 8 traitements (factoriel 2^3) qui diffèrent par la présence ou l'absence d'un ou plusieurs éléments : azote (N), phosphore (P) ou potassium (K) ; chaque élément est apporté en une seule dose et sous une seule forme.

Ces doses ont été choisies compte tenu des résultats tirés des premiers essais implantés depuis 1964 à Manankazo et des renseignements obtenus auprès des spécialistes d'Europe.

— L'azote a été apporté en couverture par épandages fractionnés selon les indications données par la Division Pédologie et Fertilisation Forestière (CNRF - Nancy, France) qui nous conseillait d'utiliser la forme ammonitrate. Malheureusement, cet engrais n'était pas, à l'époque, disponible à Madagascar. L'apport fut réalisé par :

- épandage de 10 g de perlurée à 45 %, un mois après la plantation ;
- épandage de 10 g de perlurée au début de la saison des pluies suivante.

— Le phosphore, à la dose de 52 g de P_2O_5 total par plant, a été défini au vu des résultats antérieurs et de la carence caractérisée de ces sols en phosphore. Ceci nous avait amenés à prévoir l'apport d'un mélange de :

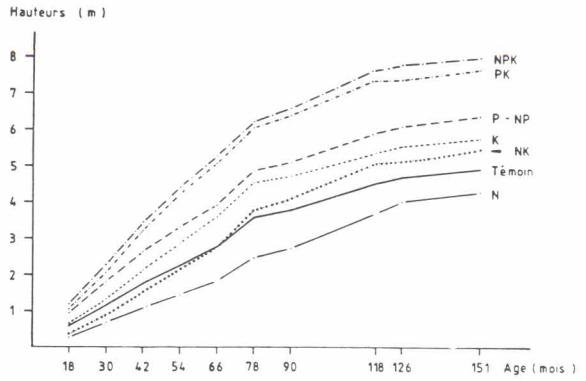
- 50 g de supertriple (à 44 % de P_2O_5 soluble) qui permet de mettre rapidement du phosphore à la disposition du jeune plant,
- 100 g d'hyperphosphate Réno (à 30 % de P_2O_5 tricalcique) dont l'action est plus lente et qui joue un rôle non négligeable par l'apport de calcium.

— En ce qui concerne la potasse, nous avons réalisé l'apport, à raison de 24 g de K_2O par plant, sous forme de sulfate pour éviter les risques éventuels de toxicité des chlorures au voisinage des racines.

Ces deux derniers apports phosphopotassiques se font par mélange des engrais et de la terre dans le trou de plantation quelque temps avant la mise en place des plants.

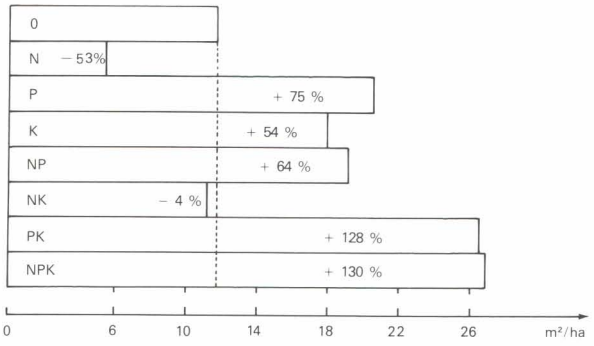
L'équilibre NPK (1-5-2,5) peut paraître très en faveur du phosphore (note de la Société des Potasses d'Alsace, M. FRICKER), mais cela tient compte de la forte carence en P_2O_5 et de l'effet marquant de cet élément déjà mis en évidence antérieurement sur les pins.

Les seuls effets statistiquement significatifs sont ceux de chaque élément pris individuellement (croquis n°s 12 et 13).



Croquis n° 12 *Essai n° 5*

Surfaces terrières (m²/ha) à 12 ans et demi



Croquis n° 13 *Essai n° 5*

L'effet de l'azote est dépressif, ce qui est dû, en majeure partie, à l'importante mortalité provoquée par l'apport de cet élément. Celui-ci a été apporté en couverture en deux fois : 10 g de perlurée un mois après plantation et 10 g en début de la saison des pluies suivante sans précaution particulière. Il est indispensable d'éviter tout contact direct des plants avec un engrais azoté car l'azote en lui-même n'est pas toxique. Dans l'essai 12 on a apporté des doses allant jusqu'à 15 g d'azote pur par plant sans provoquer de mortalité.

Les effets de la potasse (+ 54 %) et du phosphore (+ 75 %) sont strictement additifs ; PK : + 128 % et NPK : + 130 % (ces chiffres concernent les surfaces terrières).

On peut noter, de plus, l'interaction fortement négative entre N et K ; NK : − 4 %.

Cet essai confirme donc les résultats obtenus dans les essais précédents ; il met de plus en évidence la difficulté de la maîtrise de la fertilisation azotée.

Compte tenu des premiers résultats, nous avons étudié, dans des essais plus spécifiques, les formes et les doses d'apport de :

- la fertilisation phosphorique,
- la fertilisation potassique,
- la fertilisation azotée.

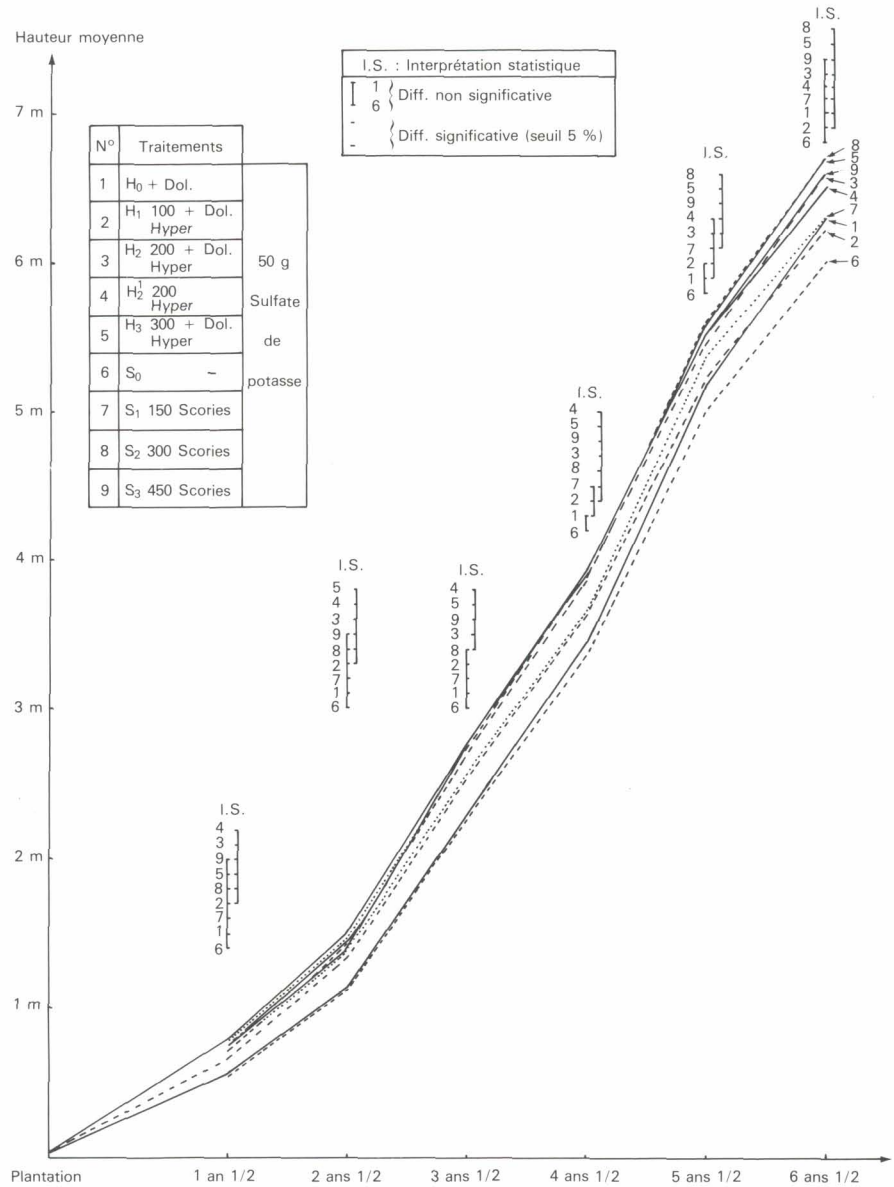
Essai n° 8 - Fertilisation phosphatée

Les phosphates procurent une augmentation de croissance de l'ordre de 70 % dès la première année (essai factoriel NPK). Il nous a semblé intéressant de préciser la courbe de réponse de *P. patula* à l'apport de phosphate afin de définir les doses utilisables en plantation.

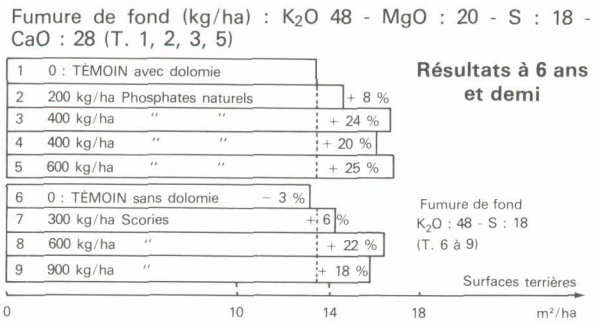
Afin de ne pas risquer des phénomènes de toxicité en utilisant des engrais trop solubles, nous avons testé deux formes d'engrais peu solubles, l'hyperphosphate et les scories aux doses de 30, 60 et 90 g de P_2O_5.

Afin que la carence en potasse ne soit pas limitante, nous avons apporté 50 g de sulfate de potasse par plant sur tout l'essai.

Enfin, les scories apportant de la magnésie, nous avons apporté 50 g de dolomie pour les parcelles avec hyperphosphate. Nous obtenons deux courbes de réponses assez voisines qui situeraient l'optimum entre 120 et 180 kg/ha de P_2O_5, soit 400 à 600 kg de phosphates naturels ou 600 à 900 kg de scories (croquis n°s 14 et 15).



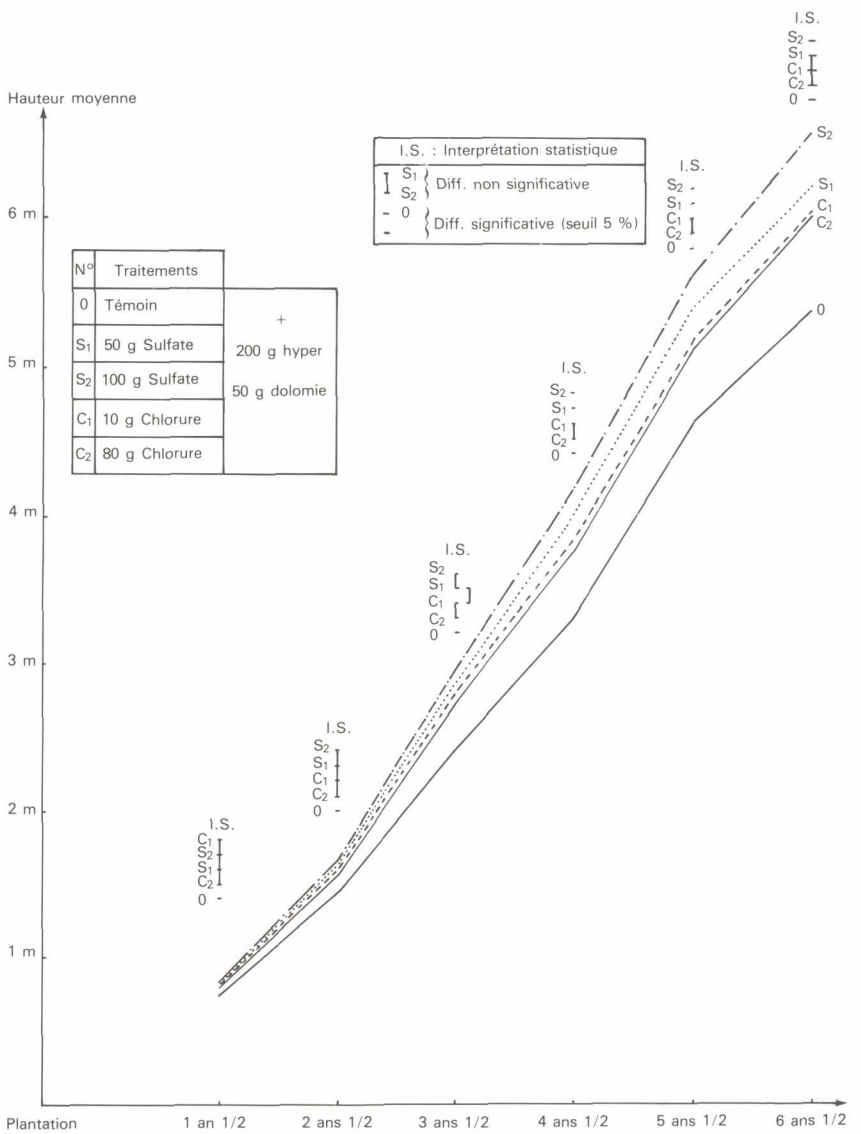
Croquis n° 14 ***Essai n° 8***



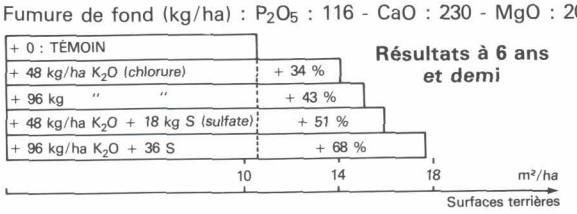
Croquis n° 15 *Essai n° 8*

Essai n° 7 - Fertilisation potassique

L'essai factoriel NPK, confirmé sur d'autres stations, nous a montré que la fumure potassique apportée dans le trou de plantation, à raison de 50 g de sulfate de potasse par plant, avait un effet positif constant de l'ordre de 20 %. Il était donc intéressant de préciser nos connaissances concernant cette fumure potassique. En effet, la potasse est vendue sous deux formes habituelles : chlorure et sulfate. Le chlorure qui titre 60 % de K_2O est moins cher que le sulfate (48 %) mais présentait, d'après la documentation, des risques graves de brûlures des racines de pin par l'ion Cl^-. Il s'agissait donc, dans cet essai, de vérifier si cette toxicité des chlo-



Croquis n° 16 *Essai n° 7*



Croquis n° 17 ***Essai n° 7***

rures était confirmée dans les sols très déchlorurés des plateaux malgaches. Le but de cet essai était donc de chercher les éléments de réponse aux questions suivantes:

- Y a-t-il une différence d'action (mortalité- croissance) entre le sulfate et le chlorure de potasse à la dose habituelle de 24 g de K_2O/plant ?
- Cette différence est-elle accentuée par application d'une dose double ?
- Si la différence est faible, quelle est son importance par rapport à l'action globale de la potasse et à l'action relative de chaque dose (courbe de réponse) ?
- Cette différence est-elle en rapport avec le temps qui sépare l'épandage de l'engrais de la mise en place des plants ?

Comme on s'inquiétait d'une éventuelle toxicité du chlorure, 4 dates d'apport de l'engrais ont également été testées : 32, 20, 8 jours avant et le jour de la plantation.

Aucune différence significative entre dates n'est perceptible mais on constate que, plus l'apport d'engrais est fait longtemps avant la plantation, plus la production est faible. Dans le cas présent, la perte est de 9 % pour la fertilisation un mois avant plantation.

La dose de 200 kg/ha de sulfate de potasse donne les meilleurs résultats. La dose de 100 kg/ha de K_2SO_4 donne un accroissement de productivité semblable à l'apport de 160 kg/ha de chlorure de potasse, lequel n'est pas beaucoup supérieur à l'apport de 80 kg/ha de KCl (croquis nos 16 et 17).

Ici, le sulfate montre donc un avantage certain sur le chlorure, ce qui ne semble pas tellement être le fait de la potasse mais celui du soufre qui est légèrement carencé dans les sols de cette région.

Essai n° 13 - Fertilisation azotée

La fertilisation azotée qui, en matière agronomique, est souvent considérée comme primordiale, présente quelques inconvénients en matière de plantations forestières. Des essais mis en place dans certaines stations (Manankazo-Matsiatra-Angavokely) ont montré les risques de mortalité importante que l'on avait avec cet élément quand il est répandu en surface après plantation.

Par contre, l'épandage dans le trou de plantation pouvait sembler être inutile car l'azote, très soluble, a de fortes chances d'être lessivé avant que le jeune plant ne parvienne à l'utiliser. Le diagnostic des carences nous ayant montré une carence certaine en cet élément dans les sols de Manankazo et du Mangoro, nous devions essayer de résoudre les problèmes que peut soulever une fertilisation azotée en matière forestière à Madagascar. Ces problèmes peuvent être divisés en deux catégories :

— L'azote a-t-il un effet, sous quelle forme et à quelle dose ?

— L'épandage en surface entraîne des risques de mortalité. Ces risques sont-ils fortement diminués si l'apport de cette même dose se fait en plusieurs fois ? L'apport en surface — quelque soit le nombre d'épandages — coûte de toute façon plus cher que l'apport au trou de plantation. Le gain de croissance éventuellement observé compense-t-il le surcoût de l'opération ?

En présence d'une fertilisation PK, nous n'avons pu mettre aucune différence significative entre les traitements, aussi bien sur les hauteurs moyennes que sur les surfaces terrières (croquis nos 18 et 19, p. 16), les traitements ayant reçu de l'azote présentent même sur cet essai une tendance systématique à une moins bonne croissance.

Essai n° 12 - Effet « doses »

Une série de tests a été mise en place sur *Pinus kesiya* pour juger de la toxicité des apports d'engrais à dose croissante mis au trou de plantation.

A partir de la dose habituellement utilisée, nous avons voulu tester l'influence de dose double, triple, voire quadruple de certains engrais, en présence d'une seule dose de P ou de K. Les observations ont porté sur la mortalité d'abord, puis sur la croissance ; elles étudiaient :

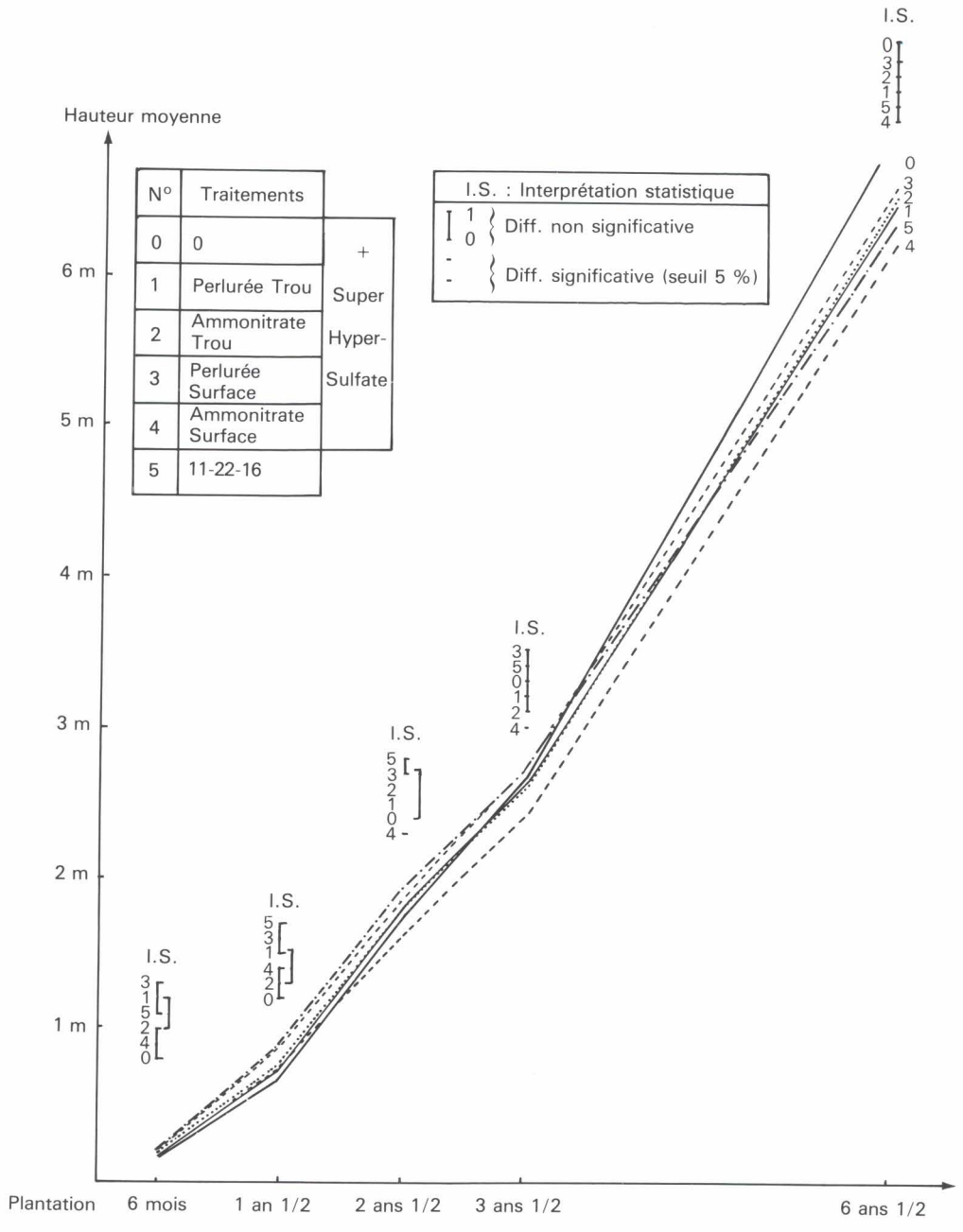
— la toxicité des apports de potasse : 3 doses de sulfate de potasse (50, 100 et 150 g) et 3 doses de chlorure de potasse (50, 100 et 150 g) en présence de 50 g de supertriple plus 100 g d'hyperphosphate (croquis n° 20, p. 17) ;

— la toxicité des apports de phosphore : 4 doses de supertriple (50, 100, 150 et 200 g) en présence de 100 g d'hyperphosphate plus 50 g de sulfate de potasse et 4 doses de phosphate d'os (100, 200, 300 et 400 g) en présence de 50 g de sulfate de potasse (croquis n° 21, p. 18) ;

— la toxicité des apports d'azote : 3 doses de sulfate d'ammoniaque (20, 40 et 60 g), 3 doses de perlurée (10, 20 et 30 g) et 3 doses d'ammonitrate (15, 30 et 45 g) apportés en surface, en présence au fond du trou de plantation de 50 g de supertriple plus 100 g d'hyperphosphate, plus 50 g de sulfate de potasse (croquis n° 22, p. 19) ;

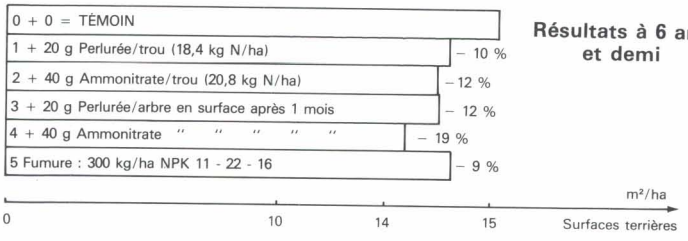
— la toxicité des apports d'engrais binaires : 4 doses de PK 21-16 (100, 200, 300 et 400 g/plant) en présence de 100 g d'hyperphosphate (croquis n° 23, p. 20).

Tous ces tests n'ont montré aucune mortalité ni aucune toxicité au cours des années qui ont suivi la mise en place.



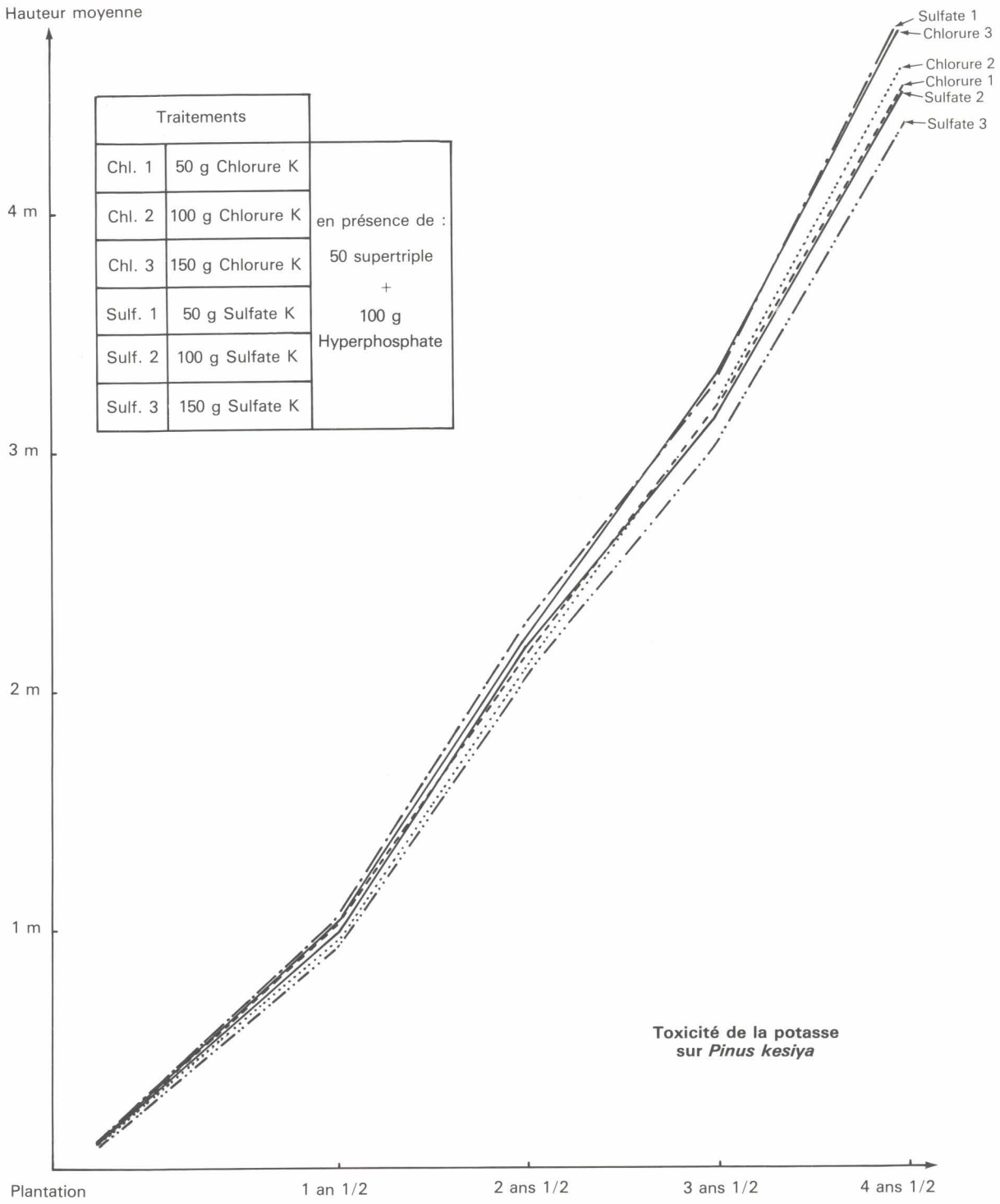
Croquis n° 18 ***Essai n° 13***

Fumure de fond (kg/ha) : P_2O_5 : 104 - K_2O : 48 - CaO : 121,5 - S : 19,5



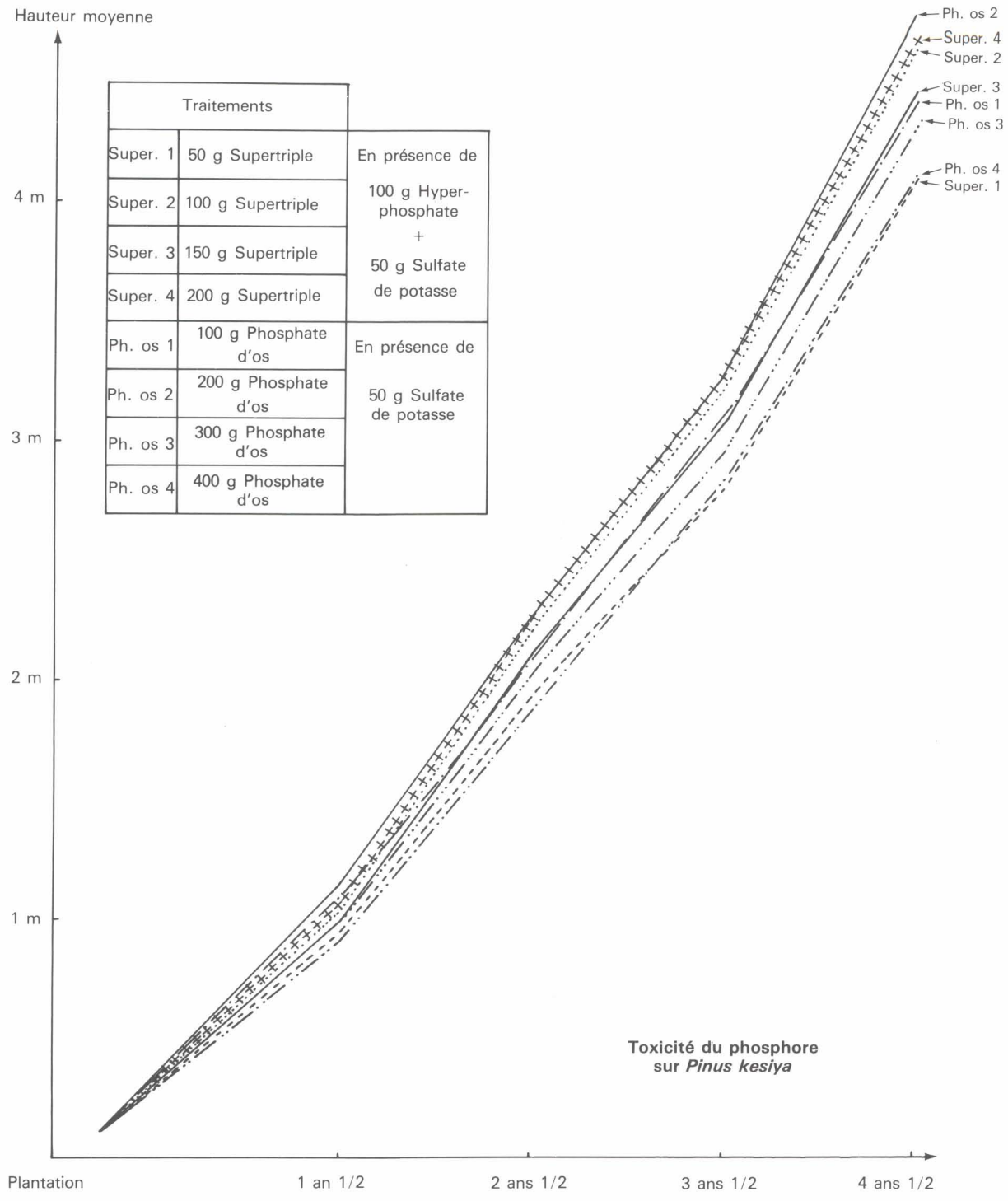
Résultats à 6 ans et demi

Croquis n° 19 ***Essai n° 13***



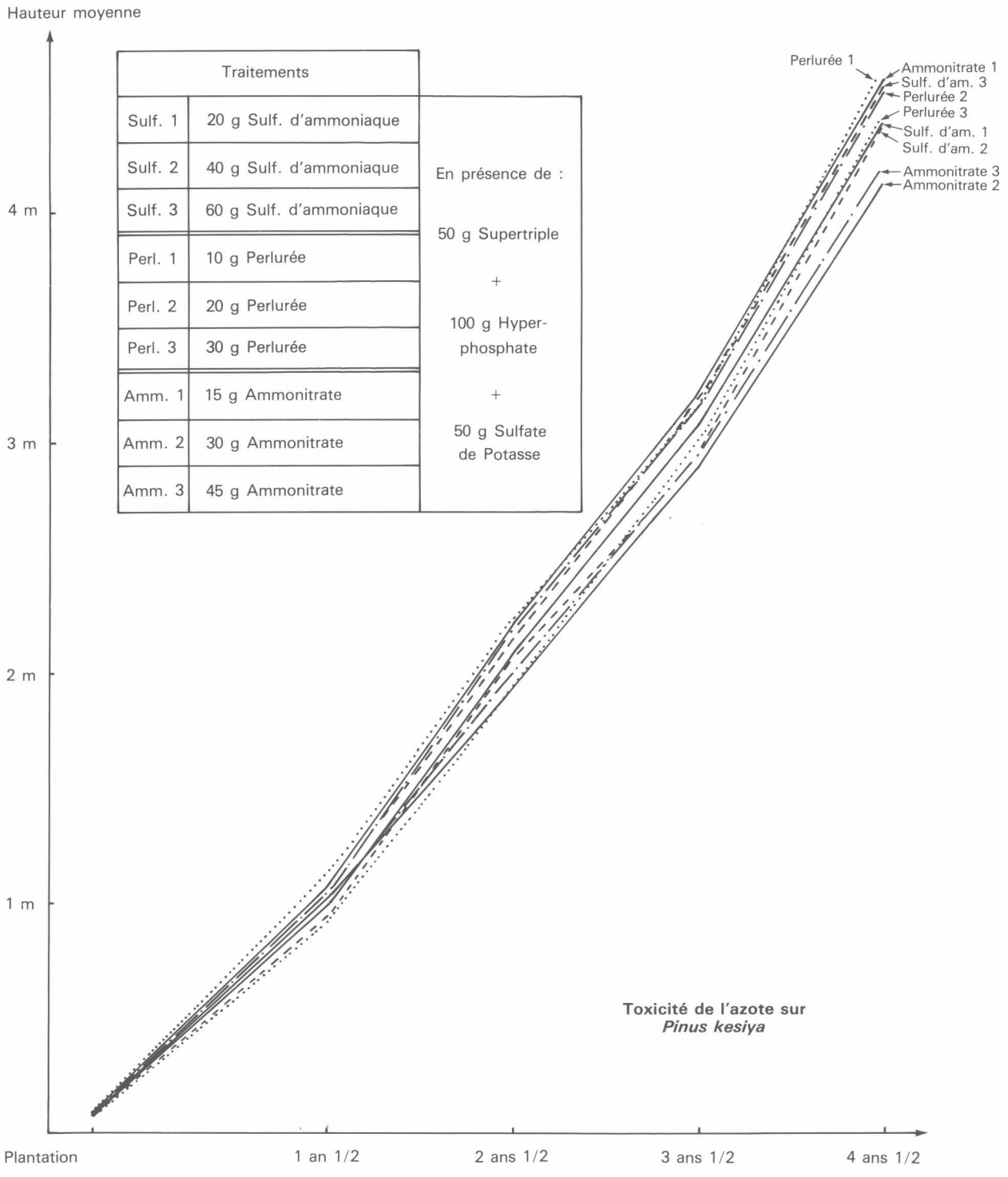
Croquis n° 20

Essai n° 12 a



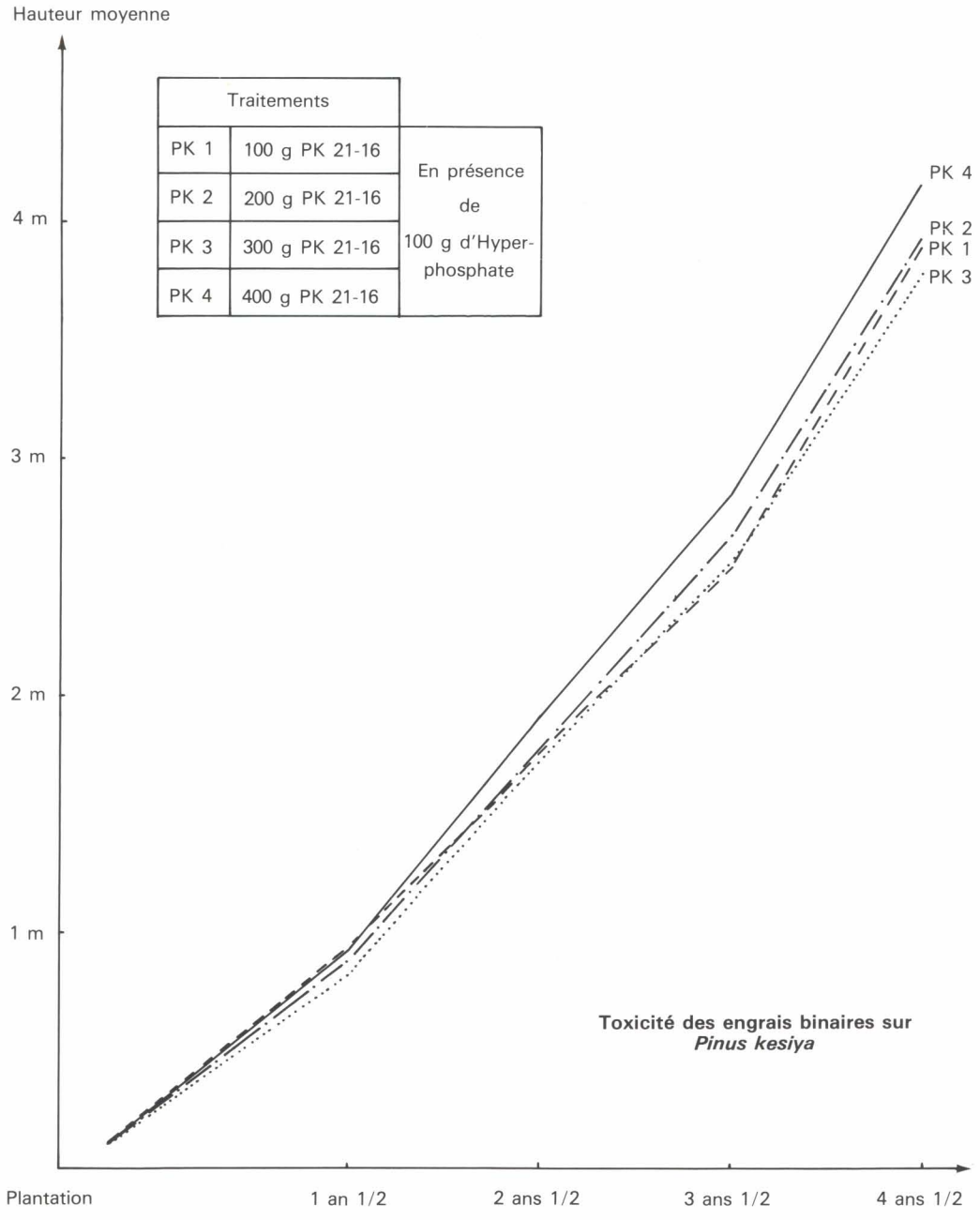
Traitements		
Super. 1	50 g Supertriple	En présence de 100 g Hyper-phosphate + 50 g Sulfate de potasse
Super. 2	100 g Supertriple	
Super. 3	150 g Supertriple	
Super. 4	200 g Supertriple	
Ph. os 1	100 g Phosphate d'os	En présence de 50 g Sulfate de potasse
Ph. os 2	200 g Phosphate d'os	
Ph. os 3	300 g Phosphate d'os	
Ph. os 4	400 g Phosphate d'os	

Croquis n° 21 ***Essai n° 12 b***



Croquis n° 22

Essai n° 12 c



Croquis n° 23 *Essai n° 12 d*

Conclusions

Les expérimentations montrent l'intérêt d'une fertilisation phosphopotassique sur les sols des Hauts-Plateaux malgaches. La formule 8-52-24 adoptée comme dose de référence (15 + 15 g ammonitrate apportés en 2 fois, 50 g superphosphate triple, 100 g hyperphosphate et 50 g sulfate de potasse par plant) semble être la plus économique. Des doses plus fortes de l'un des éléments ne montrent pas des gains de croissance significatifs. Nous verrons dans les pages suivantes la persistance de l'effet starter et l'effet d'une fertilisation après plantation.

L'apport de N n'apportant pas de gain de croissance (cf. essais n° 5 et n° 13, pp. 12 et 15) n'est peut-être pas à préconiser.

Etude des modes d'apport Localisation et modalités d'épandage

Essai n° 2

Essai sur les modes de plantation et sur la fertilisation minérale. Cet essai, qui a déjà été commenté, a montré un léger avantage pour la localisation au trou de plantation par rapport à l'apport dans la raie de sous-solage.

Essai n° 9

Essai sur la localisation des engrais. Cet essai est complémentaire de l'essai précédent. Nous voulions connaître l'influence de la localisation de l'engrais sur la croissance de *Pinus patula,* la localisation pouvant être dans le trou de plantation (à plus ou moins grande profondeur) ou moitié dans le trou de plantation et moitié dans la raie de sous-solage.

Les traitements sont au nombre de 4 :

— 1 dose dans le trou à 25 cm,
— 1 dose dans le trou à 50 cm,
— 1/2 dose dans le trou à 25 cm + 1/2 dose dans la raie de sous-solage,
— 1/2 dose dans le trou à 50 cm + 1/2 dose dans la raie de sous-solage,

et ils ne prévoyaient pas de témoin 0 (la dose de référence était composée de 200 g d'hyperphosphate, 50 g de sulfate de potasse et 50 g de dolomie).

Il n'y a pas de différence significative entre les quatre traitements mais il existe peut-être un léger avantage pour la solution mixte (au trou + dans la raie de sous-solage).

Interaction fertilisation - travail du sol

Ce domaine a été abordé plus haut pour les essais n° 3 et n° 6, pp. 9 et 10.

Ces deux essais ne nous révèlent aucune interaction entre le travail du sol et l'apport d'engrais. La fertilisation augmente considérablement la croissance des pins, un bon travail du sol également. Il est donc souhaitable d'associer la fertilisation à un bon travail du sol.

Ces résultats acquis pour le *Pinus patula* sur ces sols des Hauts-Plateaux de Manankazo sont confirmés pour l'eucalyptus dans cette région.

PHOTO 13. — *Plantation de 20 ans avec sous-solage et sarclage (engrais NPK).*

Persistance de l'effet engrais

Le seul essai permettant d'estimer la persistance de l'effet engrais est l'essai 5 « factoriel NPK » ; en effet, c'est le seul essai ayant pu être régulièrement suivi jusqu'à l'âge de 12 ans. Le croquis n° 24 présente les accroissements annuels moyens et courants en surface terrière des parcelles avec fertilisation phosphorée, potassique et phospho-potassique. Malheureusement, le témoin n'a été mesuré en surface terrière qu'une seule fois, les arbres ayant été de diamètre insuffisant jusqu'à maintenant : il est donc impossible de le comparer aux autres traitements.

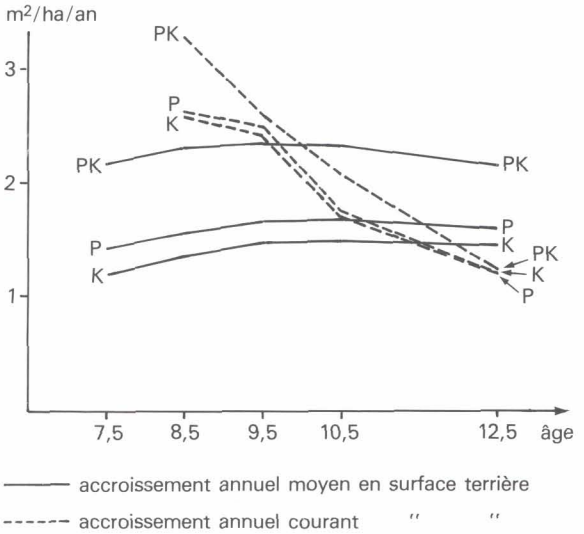
Nous constatons que les différences d'accroissement annuel courant, qui étaient nettement marquées à 8 ans, ne le sont plus à 9. On peut donc penser qu'à partir de cet âge l'effet de l'engrais apporté à la plantation devient négligeable (croquis n° 24).

Ce serait donc vers cet âge (7 à 8 ans) qu'il conviendrait de refertiliser les plantations de pins *(Pinus patula)* pour leur assurer une production soutenue.

En effet, nous remarquons qu'entre 10 et 11 ans l'accroissement annuel courant, quelle que soit la fertilisation, devient inférieur à l'accroissement annuel moyen. Ce phénomène doit intervenir un peu plus tard en ce qui concerne les volumes. En terme « économique », ceci signifie que l'âge optimal d'exploitation serait de 13-14 ans avec un volume sur pied, dans le cas d'une fertilisation PK ou NPK de départ, de 120 à 130 m^3/ha sur écorce, volume relativement faible que seul un deuxième apport d'engrais peut augmenter.

Ceci nous amène inexorablement à nous pencher sur la « rentabilité financière » de la fertilisation. Celle-ci, *grosso modo,* double la surface terrière, et souvent plus, vers 10 ans. Ce qui, en terme de volumes, augmente la production de 150 % environ. L'apport d'engrais rehaussant le coût de plantation d'environ 25 %, on peut estimer grossièrement que la fertilisation diminue le prix du mètre cube produit par 2. Ce calcul, bien sûr, n'est que très approximatif car il faudrait tenir compte, par exemple, du laps de temps qui s'est écoulé entre l'investissement initial (engrais) et les recettes (récolte du bois) et calculer le taux interne de rentabilité d'une telle opération.

Persistance de l'effet engrais



Croquis n° 24 ***Essai n° 5***

FERTILISATION EN COURS DE RÉVOLUTION

Fertilisation des jeunes plantations malvenantes

Suite aux succès obtenus avec les fertilisations de départ, il a semblé que l'on se devait d'améliorer aussi la croissance des plantations existantes non fertilisées dont la productivité était plus ou moins faible.

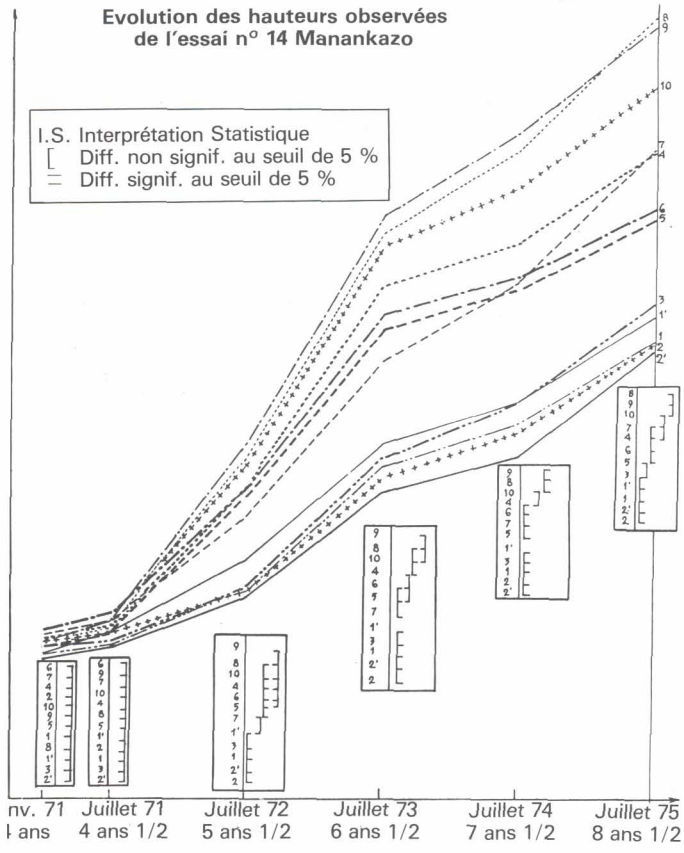
Ce domaine a été également abordé par le CTFT sur les plantations de pins, *Pinus patula* sur les Hauts-Plateaux, et *Pinus kesiya* dans le reboisement industriel du Haut-Mangoro. Les résultats observés ont déjà fait l'objet d'une publication « Expérimentations réalisées à Madagascar sur la fertilisation des boisements de Pins après plantation » (cf. p. 26). Nous rappelons rapidement les expérimentations concernant la Station de Manankazo.

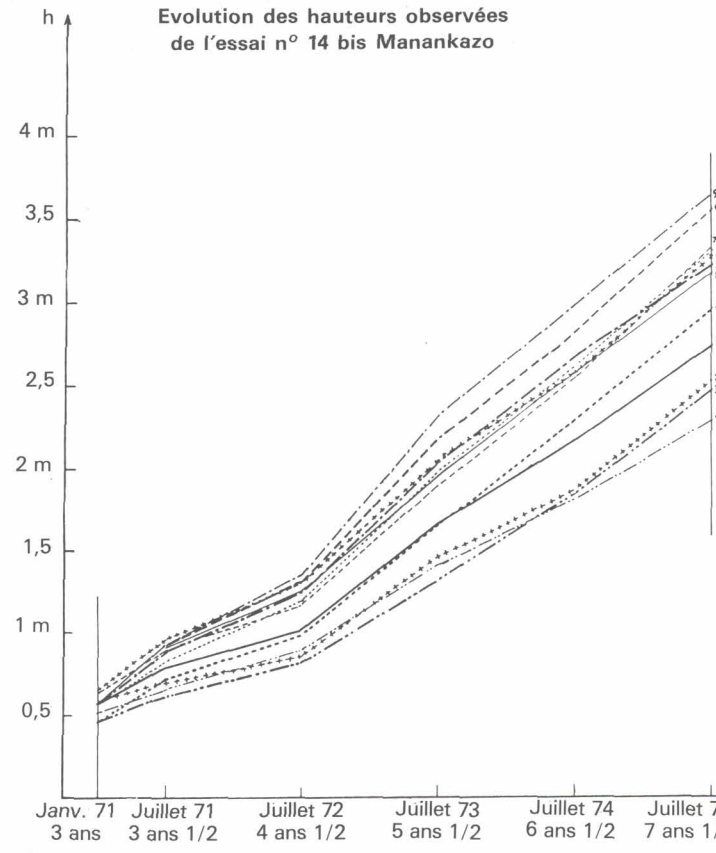
Très tôt, 2 ans après la mise en place du premier essai de fertilisation, le CTFT s'est attaqué à ce problème en réalisant un petit test de fertilisation phosphatée sur une plantation âgée de 3 ans (hauteur moyenne = 2 m) ayant déjà reçu une faible fertilisation à la plantation. Ce test n'a pas été convaincant : gain de 8 % sur la hauteur moyenne et 10 % sur la circonférence en 4 années.

4 ans après le test dont il vient d'être question, ont été installés les tests 14 (sur *Pinus patula* âgé de 4 ans pour une hauteur de 1,5 m) et 14 bis (sur *Pinus kesiya* âgé de 3 ans pour une hauteur de 0,60 m) dont les résultats sont présentés dans les croquis n°s 25 et 26, p. 23.

Sont testés ici le sarclage, les fertilisations P, PK et NPK à 1 ou 2 doses.

Globalement, on constate une bonne réponse aux engrais PK et NPK, ainsi qu'un effet doses marqué. La réponse à l'apport d'engrais phosphaté, tout comme dans le premier test, est insignifiante.





	Trait.	Fertilisation	N°	Trait.	Fertilisation
1'	O	Témoin	6	Complet	150 g 11-22-16
2'	OS	Témoin sarclé	7	2-P	100 g Supertriple 200 g Hyperphosphate
	P	50 g Supertriple 100 g Hyperphosphate	8	2-PK	100 g Supertriple 200 g Hyperphosphate 100 g Sulf. de potasse
	PK	50 g Supertriple 100 g Hyperphosphate 50 g Sulf. de potasse	9	2-NPK	80 g Ammonitrate 100 g Supertriple 200 g Hyperphosphate 100 g Sulf. de potasse
	NPK	40 g Ammonitrate 50 g Supertriple 100 g Hyperphosphate 50 g Sulf. de potasse	10	2 Complet	300 g de 11-22-16

quis n° 25 *Essai n° 14*

N°	Trait.	Fertilisation	N°	Trait.	Fertilisation
1 et 1'	O	Témoin	6	Complet	150 g 11-22-16
2 et 2'	OS	Témoin sarclé	7	2-P	100 g Supertriple 200 g Hyperphosphate
3	P	50 g Supertriple 100 g Hyperphosphate	8	2-PK	100 g Supertriple 200 g Hyperphosphate 100 g Sulf. de potasse
4	PK	50 g Supertriple 100 g Hyperphosphate 50 g Sulf. de potasse	9	2-NPK	80 g Ammonitrate 100 g Supertriple 200 g Hyperphosphate 100 g Sulf. de potasse
5	NPK	40 g Ammonitrate 50 g Supertriple 100 g Hyperphosphate 50 g Sulf. de potasse	10	2 Complet	300 g de 11-22-16

Croquis n° 26 *Essai n° 14 bis*

Fertilisation de plantations âgées

Fertilisation de plantations malvenantes de *Pinus patula*

L'essai 22 testait l'effet de 3 doses de NPK 13-13-21 (200, 400 et 800 kg/ha) sur des plantations âgées de 9 ans et de hauteur moyenne 2,8 m.

Un an et demi après l'apport d'engrais, on constate un effet doses significatif ; les accroissements observés sont les suivants :

— témoin : 34 cm
— 200 kg/ha : 42 cm, soit + 24 %
— 400 et 600 kg/ha : 56 cm, soit + 65 %

Cet essai nous montre une bonne réponse à l'engrais. Néanmoins la croissance reste faible. Cet essai a été parcouru par le feu et n'a donc pas pu être suivi plus longtemps. La reprise de l'expérimentation serait nécessaire.

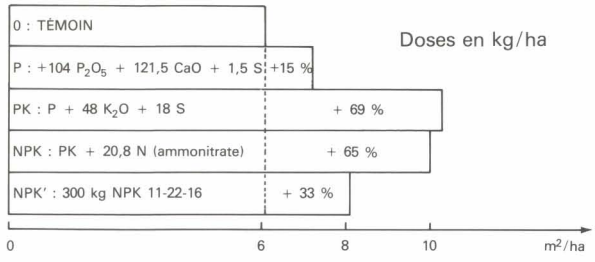
Fertilisation de plantations bienvenantes de *Pinus patula*

Deux essais ont été installés sur un peuplement âgé de 9 ans qui avait reçu une légère fertilisation à la plantation. La hauteur moyenne était de 5,9 m dans l'essai 17 et 5,3 m dans l'essai 18. Les surfaces terrières étaient de 13,5 m^2/ha.

Les traitements appliqués, ainsi que les résultats de ces essais sont présentés dans les croquis n°s 27 et 28.

Fertilisation P-PK et NPK à 9 ans
Accroissements en surface terrière en 3 années et demie

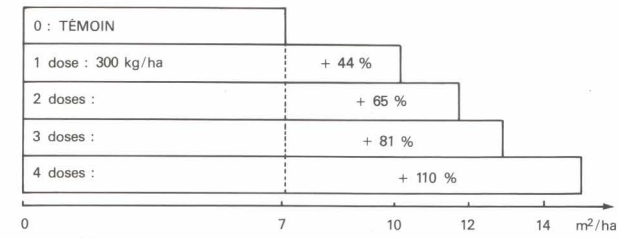
Surface terrière de départ : 13,49 m^2/ha



Croquis n° 27 ***Essai n° 17***

Doses NPK 11-22-16 à 9 ans
Accroissements en surface terrière en 3 années et demie

Surface terrière de départ : 13,63 m^2/ha



Surface terrière
Fertilisation à la plantation (kg/ha) : 9,2 N - 12 P_2O_5 - 19,2 K_2O - 48 CaO - 20 MgO

Croquis n° 28 ***Essai n° 18***

Nous constatons une excellente réponse du peuplement à l'apport d'engrais. En ce qui concerne la composition de ce dernier, les combinaisons PK et NPK sont les plus efficaces. La formule ternaire 11-22-16 apporte une amélioration moins importante qu'un mélange d'hyperphosphate, de supertriple, de sulfate de potasse et d'ammonitrate. Les raisons peuvent en être multiples : rapport P/K mieux adapté dans le mélange que dans l'engrais dit complet (104 P_2O_5 - 48 K_2O contre 66 P_2O_5 - 48 kg K_2O), présence de calcium et de soufre, deux éléments plus ou moins gravement carencés dans cette région.

L'effet doses est également très net : l'apport de 600 kg/ha de NPK 11-22-16 permet de doubler l'accroissement en volume, et celui de 1.200 kg/ha de tripler cet accroissement en l'espace de 3 ans.

CONCLUSIONS

Nous venons de décrire brièvement 17 expérimentations sur la fertilisation mises en place sur le Tampoketsa d'Ankazobe.

Nous pouvons en tirer les conclusions suivantes concernant le *Pinus patula.*

Techniques d'installation des peuplements

— La fertilisation de départ donne de meilleurs résultats si elle est associée à un bon travail du sol : billonnage, sous-solage-billonnage ou labour en bandes. Le labour en plein n'a pas été testé pour plusieurs raisons :

- coût élevé,
- risques d'érosion intense,
- crainte d'une concurrence végétale accrue par développement des adventices (en fait, les labours en plein qui ont été effectués par la suite à Manankazo n'ont pas entraîné un développement important des adventices).

— L'apport fractionné, moitié au trou de plantation, moitié diffus dans la raie de sous-solage, améliore légèrement l'effet de l'engrais.

— L'apport de fertilisants sur un sol enherbé profite beaucoup à la végétation adventice et amoindrit l'effet de l'engrais. Il est donc souhaitable de fertiliser des plantations effectuées sur un sol aussi propre que possible et de le maintenir dans cet état, par sarclage, pendant 2 ou 3 années.

— La formule d'engrais à conseiller est de type PK ou NPK. Par ailleurs, il apparaît que les engrais composés sont moins efficaces que les mélanges d'engrais simples ; en effet, les éléments Ca, S et Mg apportent des améliorations non négligeables de production.

Nous proposerons donc d'utiliser si possible une fertilisation composée comme suit : 500 kg/ha de phosphates naturels + 150 kg/ha de sulfate de potasse, soit 150 kg/ha de P_2O_5, 75 kg/ha de K_2O, 250 kg/ha de CaO et 27 kg/ha de S. Il semble que l'apport de dolomie soit

Vue générale de l'essai n° 6 âgé de 20 ans.

également souhaitable : l'apport de 100 kg/ha correspond à 28 kg supplémentaires de CaO et à 20 kg/ha de MgO.

En ce qui concerne l'azote, nous ne pouvons nous prononcer avec certitude. Son apport en complément à PK semble, en moyenne, n'avoir que peu d'influence. Ce point est à étudier plus intensément à l'avenir.

— L'effet de la fertilisation de départ, sur ces sols extrêmement pauvres, semble être limité dans le temps. Dans l'essai 5, l'effet s'atténue vers l'âge de 9 ans. Une seconde fertilisation devrait donc intervenir avant cette date.

— Le renouvellement de la fertilisation a un effet très marqué (essais 17 et 18). Des doses aussi importantes que dans l'essai 18 (600 à 1.200 kg/ha de NPK 11-22-16) ne sont peut-être pas nécessaires si on apporte l'engrais sur une plantation déjà bien fertilisée au départ. Nous pensons pouvoir conseiller une fertilisation du même type que celle à la plantation ou légèrement plus élevée (200 kg/ha de P_2O_5, 100 kg/ha de K_2O, 330 kg/ha de CaO et 35 kg/ha de S).

— La destruction des différents essais par le feu nous amène à préconiser l'utilisation de toutes les techniques préventives imaginables : installation de pare-feu, désherbage des jeunes plantations, élagage précoce pour éviter que les feux courants accidentels ne gagnent les cimes...

Recherches complémentaires à entreprendre

Nous ne présentons ici que quelques grandes lignes de recherches qui pourraient être entreprises.

• L'interaction travail du sol - composition de l'engrais devrait être réétudiée avec différentes espèces de reboisement : Pins - Eucalyptus principalement. Le travail du sol doit se limiter aux techniques les plus efficaces : labour en bandes, sous-solage-billonnage avec ou sans sarclage en fin de saison des pluies (avril) pendant 3 années.

• L'influence des oligo-éléments, dans ce type de sol, doit être étudiée. En effet, des dessèchements de cimes sont apparus dans quelques essais (essais 4, 5 et 18).

• La persistance de l'effet de l'engrais et la détermination de l'âge optimal de refertilisation en cours de révolution. Un tel essai pourrait comprendre les traitements suivants après fertilisation de départ de l'ensemble : témoin, refertilisation à 3, 5, 7, 9 et 11 ans.

• Ces essais devraient être couplés avec l'étude des points suivants :

— évolution de la nutrition minérale par analyse foliaire et évolution physico-chimique et biologique des sols selon les traitements ;

— influence des traitements sur les qualités des bois : grosseur des branches (taille des nœuds), densité, résistance, etc.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

CTFT/Madagascar (1967). — Essais de fertilisation sur *Pinus patula* à Manankazo. Note CTFT/Mad 115, 27 p.

CTFT/Magascar (1968). — Essais sylvicoles sur Pins (fertilisation, travail du sol, comparaison *P. kesiya* = *P. patula*). Note CTFT/Mad 144, 62 p.

CTFT/Madagascar (1969). — Etude de la vocation des sols du périmètre de Manankazo. Note CTFT/Mad 151, 108 p.

CTFT/Madagascar (1969). — Projets d'essais sur les Pins à Manankazo, 1969-1970. Note CTFT/Mad 171, 20 p.

VERGNETTE (de) - BAILLY - BENOIT de COIGNAC - MALVOS - HUEBER (1968). — Fertilisation minérale des plantations de *Pinus patula* sur les Hauts-Plateaux Malgaches. *Bois et Forêts des Tropiques,* n° 125, mai-juin 1968, 18 p.

CTFT/Madagascar (1971). — Compte rendu d'installation des tests et essais mis en place durant la campagne 1970-71 à Manankazo. Note CTFT/Mad 198, 28 p.

CTFT/Madagascar (1971). — Note sur l'aménagement du périmètre de Manankazo. Note CTFT/Mad 226, 6 p.

MALVOS - BAILLY - BENOIT de COIGNAC - RAMANANTSOAVINA - RAKOTOMANAMPISON (1973). — La fertilisation des plantations de Pins à Madagascar. Expérimentation et mise en œuvre. Note CTFT, n° 290, 236 p.

BAILLY - RAMANANTSOAVINA - BENOIT DE COIGNAC - RAKOTOMANAMPISON - MALVOS (1974). — Fertilisation des plantations de Pins à Madagascar. *Bois et Forêts des Tropiques,* n° 158, nov.-déc. 1974, 20 p.

MALVOS - BAILLY (1980). — Expérimentations réalisées à Madagascar sur la fertilisation des boisements de Pins après plantation. Cahiers scientifiques, supplément de Bois et Forêts des Tropiques, n° 5, 108 p.

MALVOS - VERBEQUE - RAKOTOMANANA (1980). — Essai de synthèse des expérimentations en vase de végétation réalisées par le CTFT à Madagascar de mai 1969 à janvier 1975. Note FOFIFA/DRFP 456, 78 p.

LOUPPE (1985). — Fertilisation Forestière dans le Tampoketsa d'Ankazobe, mai 1985. Note FOFIFA/DRFP 538, 17 p.

BOUILLET - ANDRIANIRINA (1989). — Principaux résultats des recherches sylvicoles sur *Pinus kesiya* et *Pinus patula* à Madagascar, février 1989. Note FOFIFA/DRFP, 35 p.

LES CAHIERS SCIENTIFIQUES
DU C.T.F.T.

EXPÉRIMENTATIONS RÉALISÉES À MADAGASCAR SUR LA FERTILISATION DES BOISEMENTS DE PINS APRÈS PLANTATION

par C. MALVOS et C. BAILLY

Tous ceux qui sont confrontés à des problèmes de reboisement trouveront dans ce document toute une série d'expérimentations menées à Madagascar sur la fertilisation des plantations de pins : *Pinus patula* et *Pinus kesiya.*

Il s'agit d'essais de fertilisation de rattrapage ou en cours de révolution qui se sont déroulés dans trois stations différentes : Manankazo, Matsiatra et Mangoro.

Cette fertilisation après plantation peut permettre soit de « rattraper » des plantations malvenantes, soit d'accroître la production de plantations bienvenantes.

Quand on connaît l'importance, sur le plan économique du rendement par hectare et de la concentration des blocs de plantation, on voit tout l'intérêt que revêt ce problème, traité ici de façon claire et aussi complète que possible.

Cahier Scientifique n° 5

107 pages (figures, références, courbes, tableaux, graphiques, photos)
Prix France : 50,02 F TTC - Zone franc : 60 F - Etranger : 70 F

A commander au Service Publications du C.T.F.T.