

*Déformations provoquées par les dessèchements de cime chez Pinus kesiya. Arbres âgés de 9 ans.
On peut ainsi se rendre compte de l'importance du problème.*

DESSÈCHEMENT EN CIME DU PINUS KESIYA À MADAGASCAR

par L. RAMPANANA, J.-L. RAKOTOMANANA, D. LOUPPE et F. BRUNCK

ABSTRACT

DRYING OF PINUS KESIYA CROWNS IN MADAGASCAR

In Madagascar, in the depression of Upper Mangoro on the soils of slopes developed on migmatites, Pinus kesiya suffers from crown drying which, in extreme cases, may lead to the tree's death

Fertilization trials bringing major elements and various trace elements together with leaf analyses were implemented in an area that was particularly hit by the disease.

Zinc was identified as being the element whose lack causes crown drying.

DESECAMIENTO EN LA COPA DEL *PINUS KESIYA* EN MADAGASCAR

En la depresión del Alto Mangoro — isla de Madagascar — el Pinus kesiya que crece en suelos de pendiente sobre migmatitas, sufre de un desecamiento de su copa que, en los casos extremos, puede acarrear la pérdida del árbol.

En una de las zonas particularmente atacada por semejante fenómeno, se ha procedido a ensayos de fertilización mediante elementos componentes principales completados por análisis foliares.

Se ha identificado el zinc como elemento cuya carencia provoca el desecamiento de las copas de estos árboles.

Le manteau forestier de Madagascar sur les hauts plateaux a été en grande partie détruit du fait des activités humaines et il était normal de songer à valoriser ces vastes espaces par des reboisements susceptibles de fournir du bois pour l'industrie et la fabrication de pâte à papier.

En 1955, un premier reboisement en *Pinus patula* a été entrepris dans la Haute Matsiatra à l'est de Fianarantsoa mais l'évacuation des produits est rendue difficile par le manque de moyens de transport et l'éloignement des grands ports. Aussi, un deuxième grand périmètre en *Pinus kesiya* a été mis en chantier sur le plateau du Mangoro entre Tananarive et Tamatave par la Société Fanalamanga fin 1969 alors que les recherches d'appui venaient à peine de commencer. Ce n'est en effet qu'en 1968 que le C.T.F.T. a mis en place toute une série d'expérimentations systématiques sur le choix des essences, la fertilisation et le travail du sol. Elles

sont continuées aujourd'hui par le Département des recherches forestières et piscicoles qui dépend du FOFIFA et auquel le C.T.F.T. continue à apporter son concours.

Mais bien d'autres problèmes sont apparus au cours de la réalisation des plantations qui couvrent aujourd'hui plus de 80 000 ha, problèmes essentiellement dus à la pauvreté des sols, laquelle n'a pas tardé à se manifester sur la croissance et sur la forme des arbres en particulier suite aux nombreux dessèchements en cime qui ont atteint les pins dès l'âge de 3 ans, notamment sur les pentes. Du fait de l'étendue et de l'importance des dégâts, diverses recherches ont été effectuées en vue de déterminer l'origine des troubles observés et de trouver une solution pratique pour résoudre ce phénomène, la Société Fanalamanga ayant décidé en attendant de ne plus reboiser les zones apparemment les plus sensibles, c'est-à-dire les fortes pentes.

LE SITE DU HAUT MANGORO

Le périmètre de reboisement est situé dans la dépression du Mangoro qui s'étend du Lac Alaotra au nord jusqu'à la ville de Moramanga au sud. Il s'agit d'une dépression tectonique où se sont déposés des sédiments lacustres constitués d'argiles kaoliniques, de sables argileux et d'argiles sableuses. Les matériaux autochtones (migmatites schisteuses) n'affleurent que rarement.

Le relief général est constitué de collines plus ou moins aplanies formant de petits plateaux, de collines basses et de terrasses séparées par des vallées assez étroites, le réseau hydrographique étant assez ramifié.

De l'ouest vers l'est, on note une dorsale nord sud où l'altitude moyenne est de 960 m avec un relief chahuté et des vallées étroites, des terrasses sableuses entrecoupées de vallées abruptes à une altitude de 900 m et des zones plus ou moins marécageuses où les vallées sont

larges, à plus faible altitude. Les reboisements sont essentiellement effectués dans la zone des plateaux.

Les sols sont caractérisés par un pH très acide (4,8 à 5), un taux de matière organique assez important en surface, une capacité d'échange très faible qui diminue avec la profondeur et par des éléments échangeables en très faible quantité notamment le potassium. La végétation naturelle soumise à des passages de feux fréquents se compose d'herbes représentées notamment par *Aristida* et *Imperata*. On note aussi des fougères Aigle et des broussailles à *Helichrysum*, *Phlippia* et *Psadia*. De petites reliques forestières occupent le fond des talwegs.

Au point de vue climat, c'est celui des Hauts Plateaux avec une saison des pluies bien marquée de novembre à mars, la pluviométrie étant de 1.500 mm

Pinus kesiya âgés de 13 ans sur plateau.
Noter la bonne forme générale du fût
(l'élagage a été pratiqué tardivement).

en moyenne mais sujette à de fortes variations d'une année à l'autre (930 à 1.890 mm). Les températures oscillent entre 8° et 30° C avec une moyenne qui varie entre 15 et 23 °C selon les saisons.

LE PROBLÈME DU DESSÈCHEMENT EN CIME

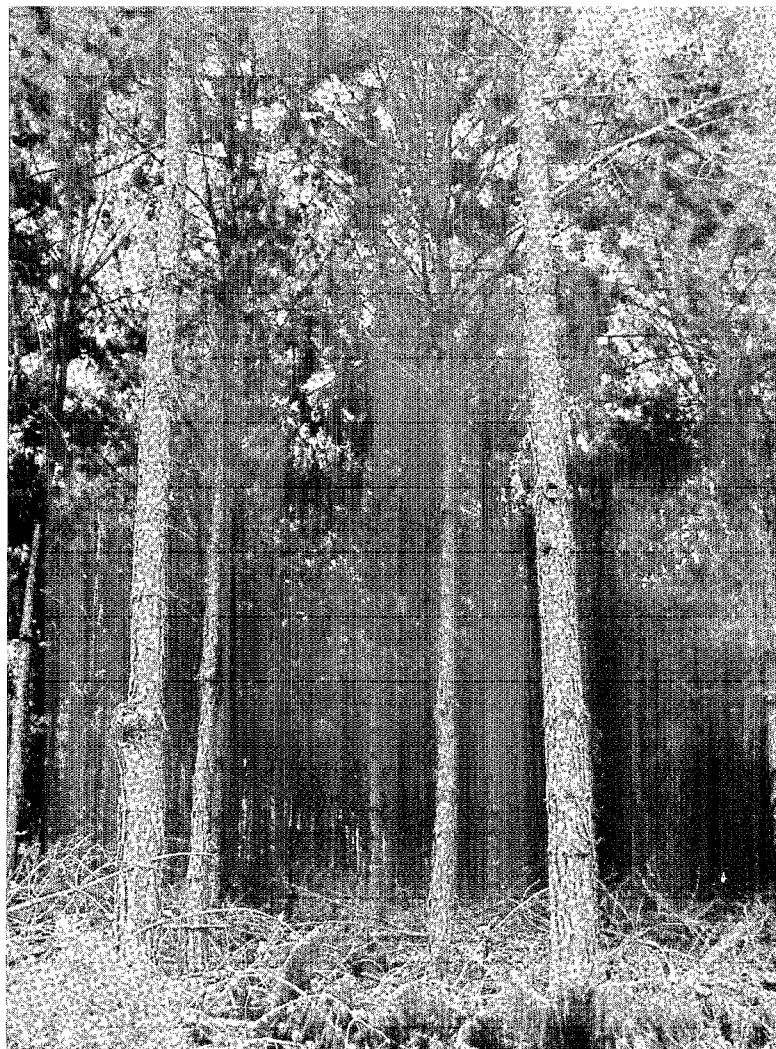
Apparition des premiers dégâts : c'est en 1972 que l'on a observé les premiers dessèchements dans des plantations de *Pinus kesiya* âgées alors de 3 ans. Ces attaques n'étaient visibles qu'en certains endroits et sur un petit nombre de plants.

Ce dessèchement s'amplifia rapidement pour atteindre un pourcentage de plants malades de plus de 34 % dans certaines parcelles des premières séries de plantation (BRUNCK, 1975). C'est sur les sols ferrallitiques fortement désaturés, remaniés, jaunes, formés sur migmatites et qui sont caractéristiques des pentes que l'on observe les boisements les plus atteints. Les plantations sur alluvions anciennes fluviolacustres ou sur alluvions fluviales récentes semblent avoir presque entièrement échappé au phénomène.

Lorsque le sol est très superficiel et contient de nombreux fragments de cuirasse ferrallitique, tous les plants sont dans un état de dessèchement avancé et le boisement peut être considéré comme pratiquement perdu.

Les symptômes : on observe un jaunissement brutal des jeunes aiguilles de la dernière pousse affectant tantôt la pousse terminale et quelques pousses latérales, tantôt presque tout l'ensemble de l'arbre. Le phénomène peut n'être que passager et la cime reprend un aspect normal. Il peut aussi persister, les aiguilles brunissent et se dessèchent, le dessèchement de l'axe principal pouvant s'étendre aux deux ou trois derniers entrenœuds avec parfois exsudation abondante de résines. On observe en outre de temps en temps une courbure en crosse des pousses encore vertes. Ces phénomènes sont particulièrement visibles à la fin de la période de croissance qui précède la saison pluvieuse.

Les crises peuvent se succéder donnant aux arbres une forme désastreuse ou entraînant la mort des arbres



les plus atteints. Des dessèchements semblables peuvent aussi être observés sur *Pinus patula* et *Pinus elliottii*.

Historique de l'étude de la maladie

En janvier 1974, BRUNCK (C.T.F.T.) indique qu'il ne semble pas s'agir d'un problème parasitaire mais plutôt d'un problème physiologique lié à la nutrition minérale des plants (carence ou toxicité). Les premiers diagnostics foliaires pratiqués sur *Pinus kesiya* et *Pinus elliottii* indiquent que le bore, principal élément suspecté, n'est pas en cause. Ils mettent par contre en évidence des carences en zinc et molybdène, les teneurs pour ces deux éléments étant nettement déficientes chez les plants apparemment sains et, ces déficiences étant plus accentuées chez les plants malades.

Un inventaire précis sur le terrain lui paraît nécessaire afin de mettre en évidence les principaux facteurs susceptibles d'occasionner ou de favoriser ces phénomènes.

En novembre 1974, M. BAILLY (C.T.F.T.) et M. BONNEAU (I.N.R.A.) effectuent une mission à Madagascar et suspectent eux aussi des carences en

oligoéléments, certains facteurs comme le mode de plantation, l'utilisation de variétés mal adaptées au climat étant susceptible de les accentuer. Ils proposent, ainsi que M. BRUNCK, la mise en place d'un essai de fumure avec application d'oligoéléments et la poursuite des études sur la nutrition minérale du *Pinus kesiya* en vue de confirmer ou d'infirmer l'hypothèse d'une carence.

De 1975 à 1977, M. BRUNCK poursuit ses investigations en les élargissant sur plusieurs plans. Les observations faites sur le plan phytosanitaire lui permettent assez rapidement d'écarter l'hypothèse d'une attaque parasitaire (insectes, champignons, etc...). Par contre, certains facteurs prédisposent ou contribuent aux dessèchements observés en particulier le sol (présence de concrétions), le travail du sol (moins de plants atteints sur sous-solage que sur trouaison), le mode de plantation, ces facteurs étant à l'origine d'un mauvais développement en profondeur de l'appareil racinaire.

Les facteurs climatiques ne sont pas non plus sans influence, les plantations étant réalisées dans des conditions limites comparativement aux aires d'origine. C'est en particulier le cas pour les provenances utilisées qui proviennent de hauts plateaux nettement plus humides. Enfin en ce qui concerne les problèmes nutritionnels, les analyses effectuées sur plants sains et malades en

zones atteintes et sur plants sains en zones indemnes ont confirmé l'existence d'une carence en zinc (seuil de carence inférieur à 7 ppm) et ont montré que les pins souffraient en outre d'une forte déficience en potasse, une toxicité aluminique n'étant pas exclue (teneurs supérieures à 500 ppm chez les plants malades et ne dépassant pas 200 ppm chez les plants sains).

Mais M. BRUNCK souligne n'avoir donné que des valeurs tout à fait indicatives et préconise des investigations plus complètes et basées sur des essais dont on a maîtrisé les conditions de réalisation et dont on connaît réellement le comportement et la croissance des plants.

C'est Mme RAMPANANA (DRFP, Tananarive) qui a entrepris cette recherche en effectuant observations et analyses dans les essais 26 (mis en place en 1974) et 32 et 33 (mis en place en 1975) qui seront décrits dans le paragraphe suivant. Elle a non seulement confirmé les premières observations de M. BRUNCK sur la carence en zinc qui est à l'origine des dessèchements en cime et sur la déficience en potasse mais a aussi apporté des précisions utiles quant aux seuils limites de carence (5 ppm pour le zinc) et sur les apports minima nécessaires pour relever sensiblement le niveau nutritionnel des éléments faisant défaut mais elle n'a pu déterminer les doses optimales, les conditions des expérimentations en cours ne le lui permettant pas.

LES ESSAIS OLIGO-ÉLÉMENTS

Deux essais de fertilisation avec apport d'oligoéléments ont été mis en place en 1975, suite aux conclusions formulées par MM. BONNEAU et BAILLY d'une part et BRUNCK d'autre part à l'issue de leurs missions à Madagascar fin 1974.

Présentation des essais

L'essai 33 a été mis en place en mars 1975 dans une parcelle de l'ancien chantier pilote FAO, située à flanc de colline (10 à 20 % de pente) et plantée en 1970, laquelle avait été entièrement décimée par le dessèchement à l'âge de 4 ans. Dans cet essai, on se propose de voir l'effet individuel des oligoéléments en présence d'une fertilisation phosphopotassique, les apports de potasse étant faits sous différentes formes (sulfate et chlorure).

Les traitements et les doses utilisées sont les suivants :

— T1 : PK 21.16, 200 g par plant (K sous forme de chlorure de potasse)

— T2 : PK 100 g hyperphosphate + 40 g chlorure de potasse

— T3 : PK 100 g hyperphosphate + 50 g sulfate de potasse

— T4 : T2 + B, 2 g borax

— T5 : T2 + Cu, 2 g chlorure de cuivre

— T6 : T2 + Zn, 10 g chlorure de zinc

— T7 : T2 + Mo, 10 mg molybdate de sodium

— T8 : T2 + B + Cu + Zn + Mo.

Les engrais phosphopotassiques ont été apportés au trou de plantation. Les oligoéléments ont été apportés en surface un an après la plantation et un second apport a été réalisé trois ans après la plantation.

Le molybdate de sodium a été apporté dans une solution (1 litre par plant).

Il y avait 100 plants au départ par placette (plantation à une densité de 2.000 plants à l'hectare) et trois répétitions pour les huit traitements.

Les observations ont porté sur l'évolution du dessèchement et sur la croissance.

L'essai 32 a été de même mis en place en mars 1975 sur un type de terrain analogue en vue de tester un ensemble d'oligoéléments (la nutramine) comparativement à un témoin et aux fertilisations P, PK et NPK.

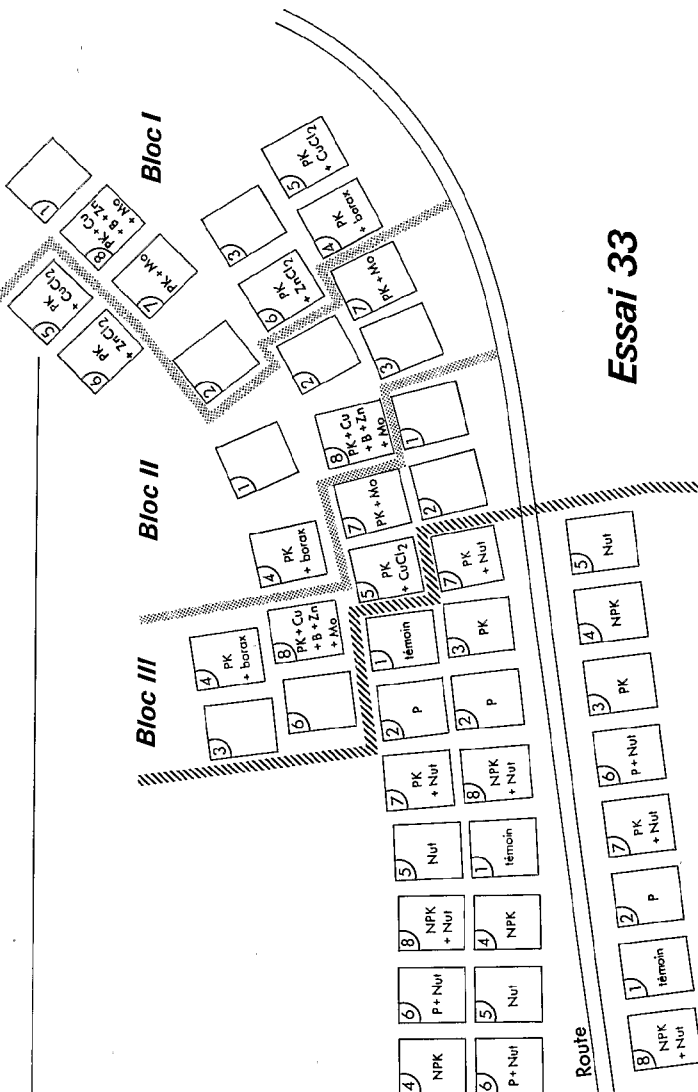
DISPOSITIF D'ESSAI D'OLIGO-ÉLÉMENTS A LA PLANTATION

Essai 32

Bloc III

Bloc II

Bloc I



Essai 33

1. 84 kg/ha P_2O_5 + 64 kg/ha K_2O
2. 60 kg/ha P_2O_5 + 46,4 kg/ha K_2O : PK
3. 60 kg/ha P_2O_5 + 48 kg/ha K_2O
4. PK + 8 kg/ha de borax *
5. PK + 40 kg/ha de $CuCl_2$ *
6. PK + 40 kg/ha de $ZnCl_2$ *
7. PK + 40 kg/ha de molybdate de Na *
8. PK + B + Cu + Zn + Mo *

* Apport en surface, moitié en décembre 1975, moitié en mars 1978

1. témoin
2. P : 60 kg/ha P_2O_5
3. PK : P + 46,4 kg/ha K_2O
4. NPK: PK + 16 kg/ha N
5. Nut : 24 kg/ha de Nutramine*
6. P + Nut *
7. PK + Nut *
8. NPK + Nut *

* Nutramine : 12 kg/ha à la plantation (mars 1975) et 12 kg/ha à 3 ans (mars 1978)

Il s'agit d'un essai soustractif avec un premier groupe de traitements de référence T, P, PK et NPK (T1 à T4) et un deuxième groupe comportant les mêmes traitements mais additionnés de nutramine (T6 à T8).

Les éléments N, P, K sont mélangés au sol du pot et à la dose

N : 20 g d'ammonitrate soit 8 kg d'azote par ha
 P : 100 g d'hyperphosphate soit 60 kg de P₂O₅
 K : 40 g de chlorure de potasse soit 46,4 kg de K₂O/ha

La nutramine comporte les éléments suivants :

Mn 8 %
 Fe 7,5 %
 Zn 4,5 %
 Cu 3,2 %
 B 1,5 %
 Mo 0,46 %

La nutramine (6 g par plant) a été apportée dans le trou de plantation. Un deuxième apport de nutramine (6 g) a été apporté en mars 1978, à 3 ans, en surface autour de chaque plant.

Les observations portent également sur l'évolution du dessèchement et sur la croissance. Il y avait là aussi 100 plants par parcelle (plantés à la densité de 2.000 à l'hectare) et trois répétitions des huit traitements.

Les conditions de l'essai

Pédologiques : il s'agit de sols ferrallitiques fortement désaturés, remaniés, jaunes, formés sur migmatite avec par place en épandage en surface des pseudo-

concrétions pouvant atteindre 20 cm de diamètre, certaines étant partiellement enterrées. Ces concrétions sont constituées de minéraux dégradés provenant de roches altérées ayant perdu bases et silice (BOUCHARD, 1969).

Climatiques : le graphique 1 représente les variations thermiques et pluviométriques tout au long de la période de l'essai.

On remarque que si les températures restent comparables d'une année à l'autre, les pluies montrent par contre des intensités fort variables (voir tableau ci-dessous).

On peut distinguer deux grandes saisons :

- une saison chaude et pluvieuse s'étendant du mois d'octobre au mois de mars. Elle est suivie par une période ensoleillée couvrant les mois d'avril et mai où les températures commencent à baisser ;

- une saison fraîche (juin-juillet-août), appelée aussi « saison des crachins » en raison de pluies fines et fréquentes (1 jour sur 3) dont le maximum est centré sur juillet. L'humidité atmosphérique de cette période est élevée. Les mois de septembre-octobre sont généralement ensoleillés avec l'humidité atmosphérique la plus basse de l'année, souvent inférieure à 70 %.

Les résultats

Le dessèchement : des comptages ont été effectués en même temps que les mensurations en hauteur en mai 1977 (2 ans 1/2), avril 1978 (3 ans 1/2) et mai 1979 (4 ans 1/2). Les résultats sont indiqués dans le tableau de bas de page.

PLUVIOMÉTRIE

Saison	1975 1976	1976 1977	1977 1978	1978 1979	1979 1980	1980 1981	1981 1982	Moyenne
Précipitations annuelles (mm)	1.395,3	1.726,8	1.005,4	930,4	1.469,6	1.304,6	2.034,0	1.409,4
(Oct.-Mars)	1.139,9	1.606,5	882,0	755,2	1.285,3	965,0	1.560,4	1.213,5
(Août-Sept.)	248,8	129,8	217,8	210,0	152,7	320,6		213,8

COMPTAGES DU DESSÈCHEMENT - ESSAI 32

% de plants malades		Sans nutramine				Avec nutramine			
		O	P	PK	NPK	O	P	PK	NPK
Mai 1977	%	4	0	1	1	1	0	0	0
2 ans 1/2	Moyenne	1,5 %				0,25 %			
Avril 1978	%	27	25	38	38	5	0	4	2
3 ans 1/2	Moyenne	32 %				3 %			
Mai 1979	%	40	43	58	56	5	2	8	6
4 ans 1/2	Moyenne	49 %				5 %			

AMBODIMANDRESY

DONNEES CLIMATIQUES

Précipitations moyennes 1969-1982 : 1510,2 mm

Température moyenne 1969-1981 : 18,1°

Température minimale du mois le plus froid : 8,7°

Température maximale du mois le plus chaud : 28,6°

Evaporation annuelle (fiche) : 632,8 mm

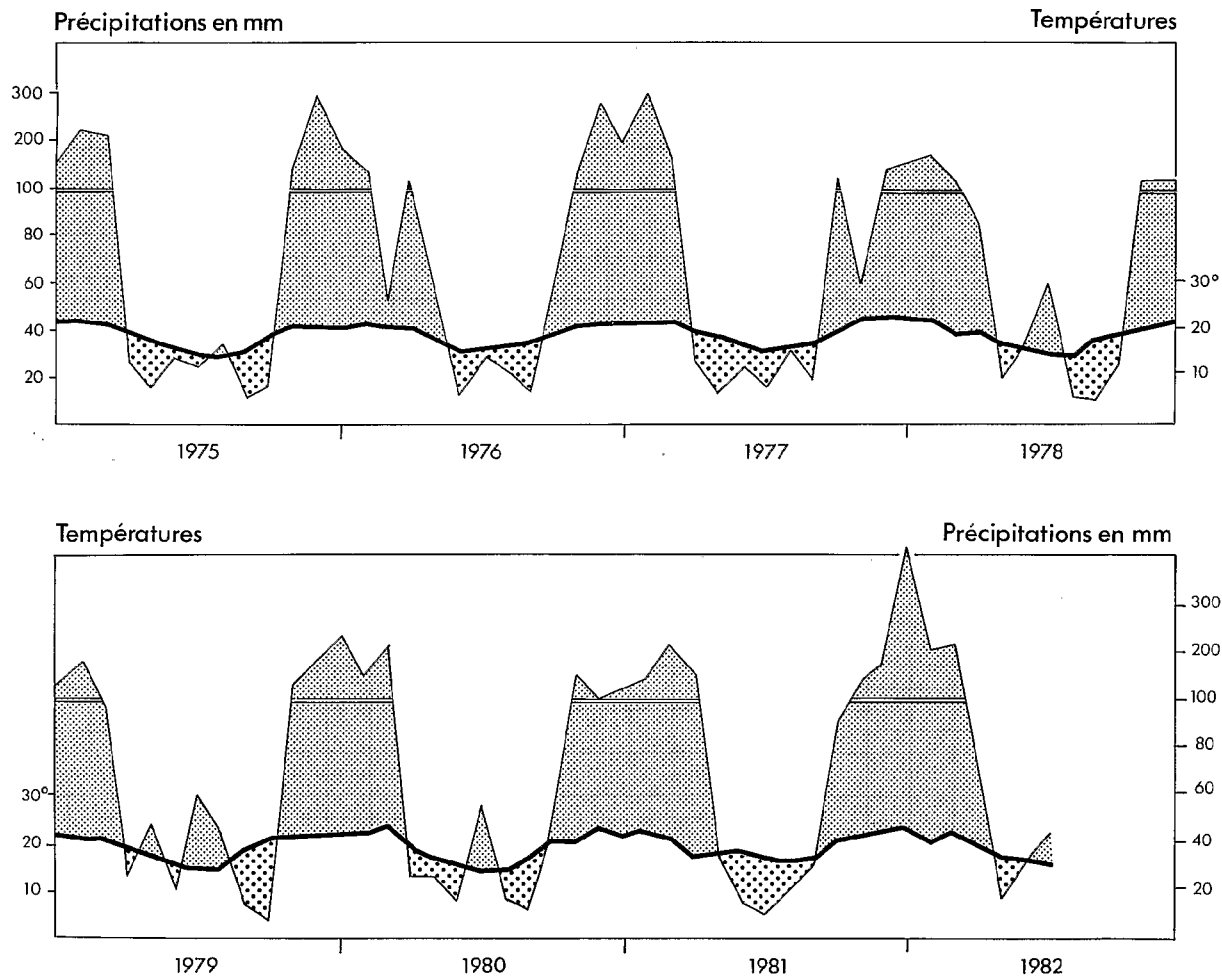


FIG. 1.

— Essai 32 :

La mortalité est uniformément répartie entre les parcelles mais le pourcentage de dessèchement est très différent selon qu'il y a ou non de la nutramine dans les parcelles ; les parcelles ayant reçu de la nutramine présentent un très faible pourcentage (5 %) alors que les autres parcelles, sans nutramine (quelle que soit la ferti-

lisation O - P - PK ou NPK), ont un très fort pourcentage de plants desséchés (50 %).

À noter que les traitements avec nutramine ne se différencient pas statistiquement les uns des autres, l'apport d'oligoéléments seul voisine même étroitement avec la fertilisation NPK + oligoéléments. En 1982 à 7 ans 1/2, il en est de même.

COMPTAGES DU DESSÈCHEMENT - ESSAI 33

% de plants malades	PK	PK	PK	PK + B	PK + Cu	PK + Zn	PK + Mo	Pk + B Cu, Zn, Mo
Mai 1977 2 ans 1/2	2	3	3	1	2	0	3	0
Août 1978 3 ans 1/2	55	67	63	61	47	1	64	1
Mai 1979 4 ans 1/2	68	80	79	72	64	6	72	6

— Essai 33 :

Les parcelles ayant reçu du zinc ne présentent aucun dessèchement à 3 ans 1/2 et pratiquement aucun (6 %) à 4 ans 1/2 alors que toutes les autres parcelles avec ou sans oligoéléments autres que le zinc ont un pourcentage élevé (supérieur à 50 %) de plants atteints.

Le zinc semble être le seul élément responsable du dessèchement.

La croissance : les observations effectuées concernent les hauteurs, les surfaces terrières, le volume et la forme des arbres.

— Essai 32 : l'évolution des hauteurs moyennes et des surfaces terrières est représentée sur le graphique 2 : la supériorité des traitements avec nutramine est très nette. À 90 mois, le traitement avec oligo-éléments a la même hauteur que le traitement NPK sans nutramine. Pour les surfaces terrières, on note une évolution similaire.

Quant aux volumes, une première estimation à partir du tarif de cubage mis au point pour le *Pinus kesiya* (LOUPPE-LEFÈVRE, 1981) donne les valeurs suivantes à 90 mois en dixième de m³/ha sur écorce.

Traitements	Sans nutramine				Avec nutramine			
	O	P	PK	NPK	O	P	PK	NPK
Volumes (0,1 m ³ /ha)	101	190	221	297	272	464	612	780

Mais cette estimation, bien que montrant qu'une fertilisation adéquate (NPK + Nu) permet de multiplier

par 8 la production en volume, est erronée car il est un facteur dont il faut tenir compte : l'effet désastreux du dessèchement de cime sur la forme des arbres. Des arbres ayant subi plusieurs attaques consécutives sont complètement inutilisables à toute fin industrielle même si, par la suite, ils reprennent un aspect sain et une croissance en hauteur satisfaisante.

Les graphiques 3 donnent la répartition par classe de hauteur de 1 m en 1 m (sauf pour les 2 premiers mètres où les classes sont de 50 cm), d'une part, de la hauteur totale des arbres et, d'autre part, du niveau de la première fourche, laquelle est presque toujours due au dessèchement de cimes. En effet, les provenances utilisées par la FANALAMANGA présentent une très bonne rectitude de fût, fait rarement cité dans la littérature (ARMITAGE *et al.*, 1980) où l'on décrit fréquemment le *Pinus kesiya* comme un arbre de mauvaise forme.

3 points s'en dégagent :

— à 7 ans 1/2, l'apport d'oligo-éléments à lui seul permet d'augmenter de plus de 50 % la hauteur moyenne quelle que soit la fertilisation starter en éléments majeurs,

— l'apport de Nutramine réduit de façon très nette le nombre d'arbres fourchus (41-59 % sans Nu à 11 % avec Nu). N'ont été comptabilisées que les fourches inférieures à 4 m, mais on y a adjoint les arbres morts.

— En l'absence d'oligo-éléments, l'apport de potasse semble un facteur prédisposant à la maladie. On note respectivement 59 % et 54 % d'arbres fourchus dans les traitements PK et NPK contre seulement 41 % dans les parcelles Témoin et P.

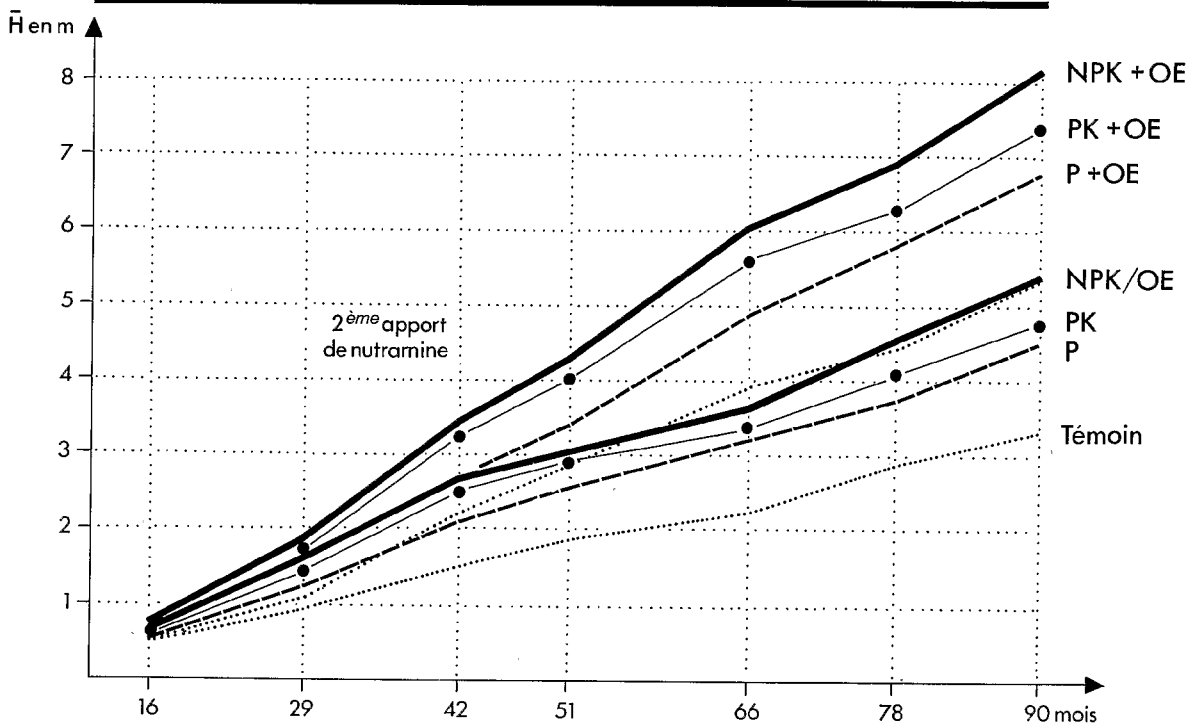
Compte tenu des observations résumées dans ces graphiques, l'estimation précédente des volumes a pu être corrigée comme suit :

VOLUMES UTILISABLES INDUSTRIELLEMENT

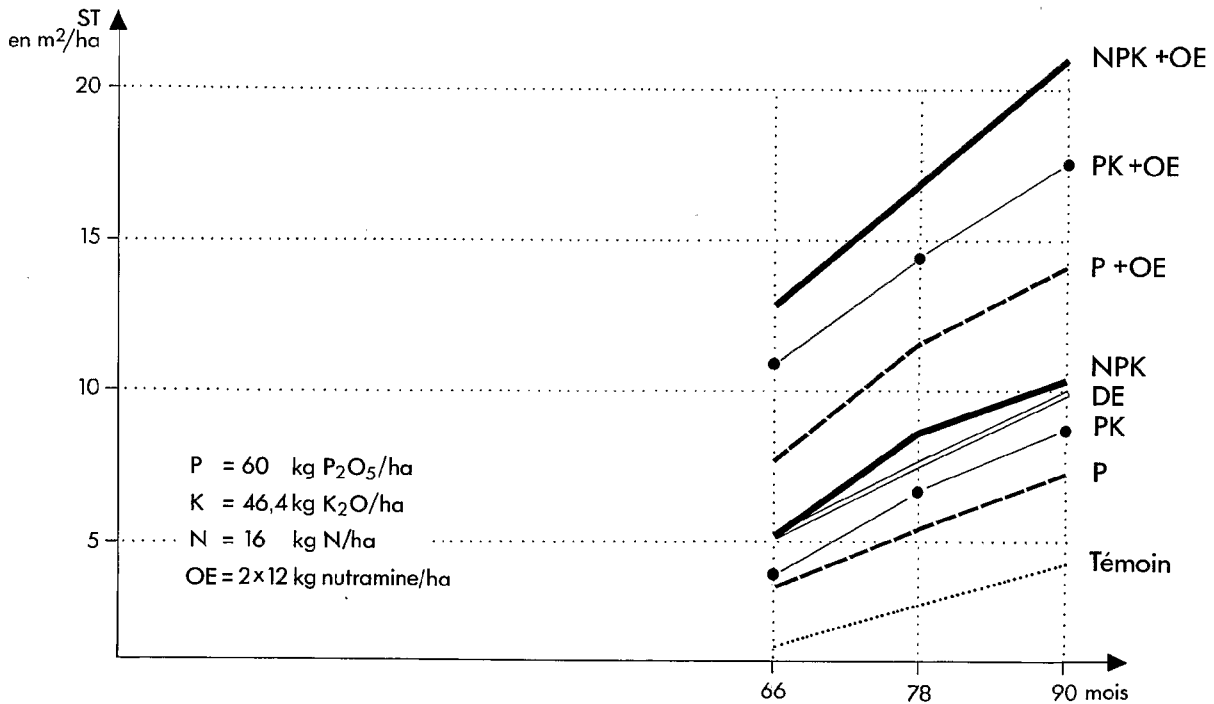
Traitement	Sans Nutramine				Avec Nutramine			
	O	P	PK	NPK	O	P	PK	NPK
Volume en 0,1 m ³ /ha	55	104	121	162	261	445	558	749
AAM (0,1 m ³ /ha/an)	7	14	16	22	35	59	78	100

ESSAI 32

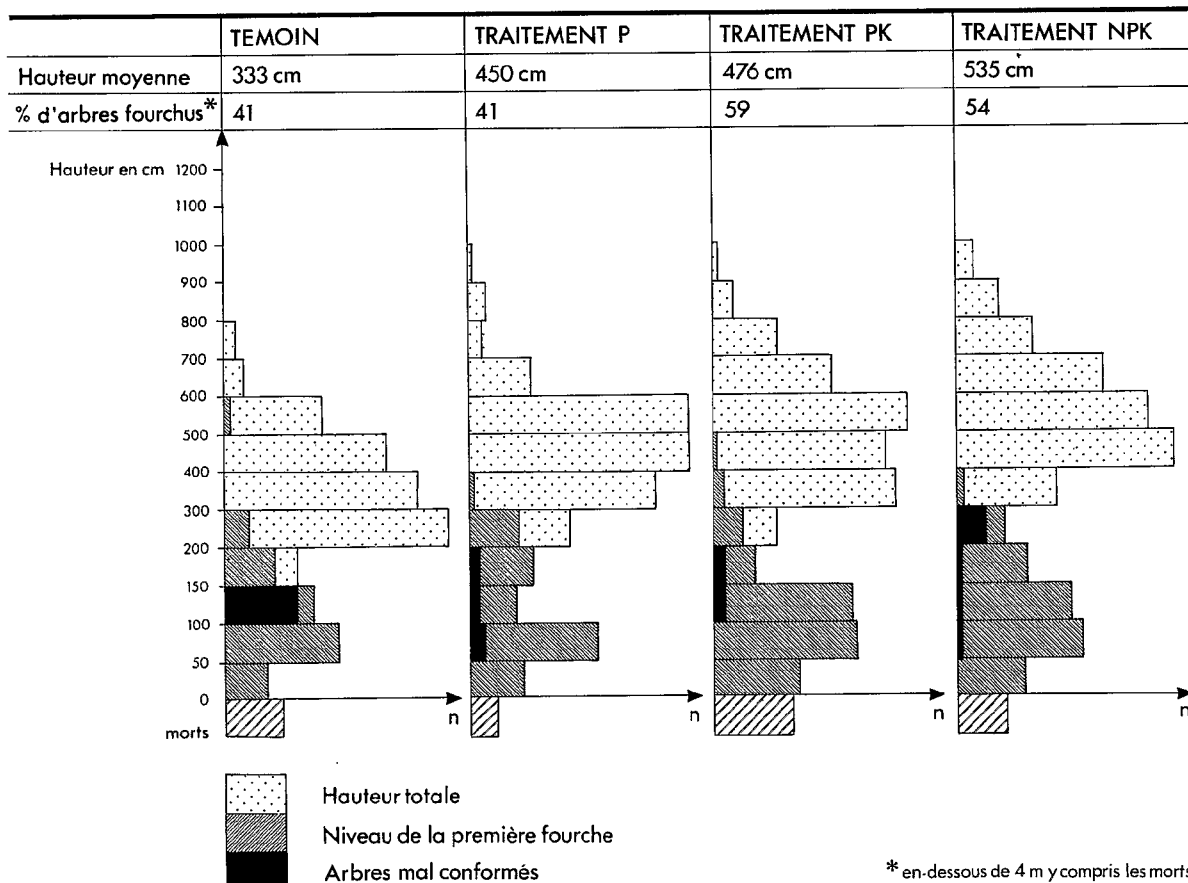
EVOLUTION DE LA HAUTEUR MOYENNE



EVOLUTION DE LA SURFACE TERRIERE



ESSAI 32

RÉPARTITION DES ARBRES PAR CLASSES DE HAUTEURS A L'AGE DE SEPT ANS EN FONCTION DE LA FERTILISATION APPORTÉE


Il apparaît que l'apport d'oligo-éléments, seul, produit réellement près de 160 % de la fertilisation « complète » NPK et qu'une fumure totale NPK + Nutramine donne à 7,5 ans une production 4,6 fois supérieure à l'amendement NPK seul et de près de 14 fois la productivité naturelle du site.

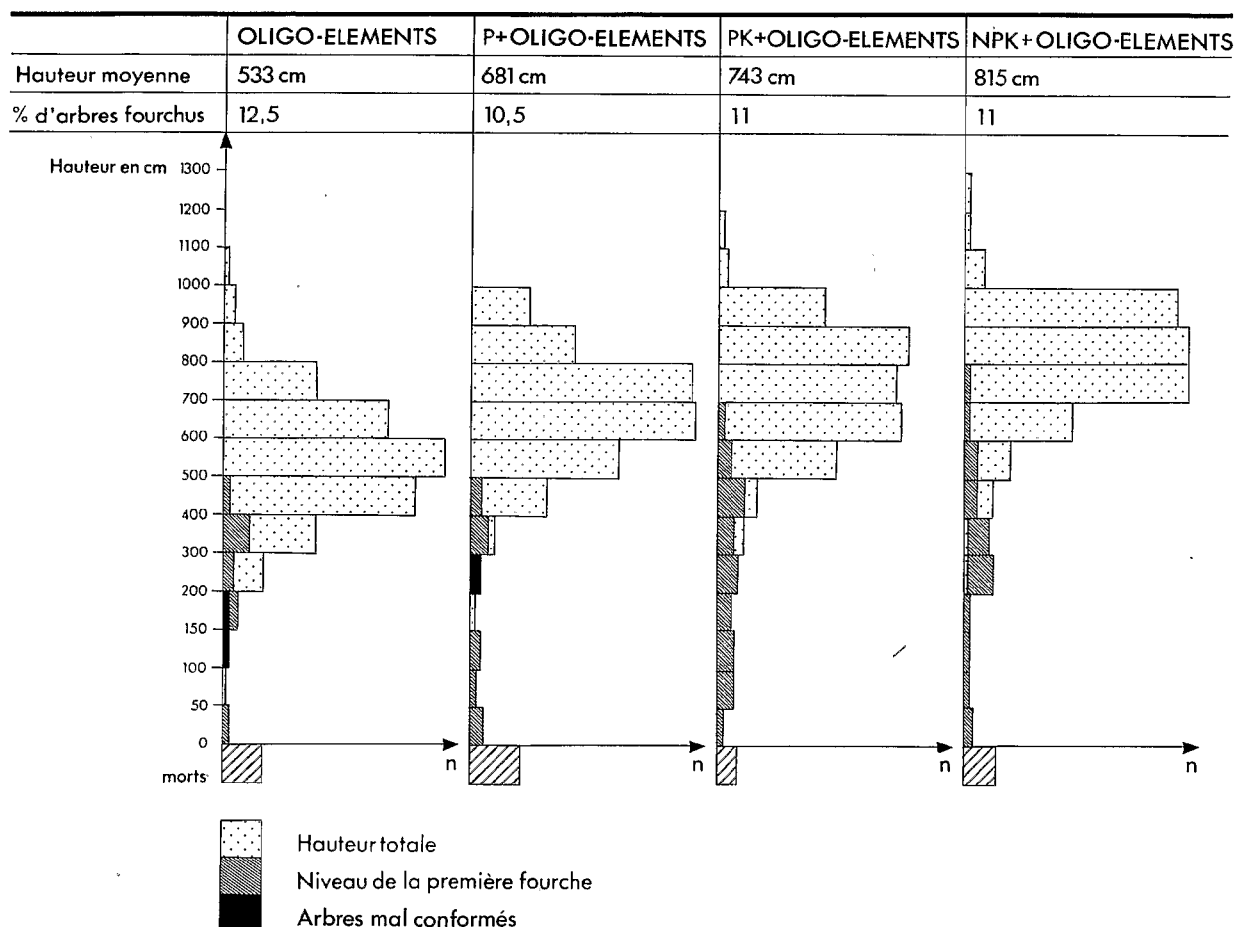
La nécessité d'un apport d'oligo-éléments est donc démontrée et il n'est nul besoin d'un calcul économique pour montrer qu'une telle fertilisation réduit les coûts de production.

— *Essai 33* : le graphique 4 nous montre l'évolution des hauteurs moyennes et des surfaces terrières. À noter que dans l'analyse statistique de cet essai, ont été éliminées 2 parcelles du bloc III situées sur une faible pente (moins de 10 %) en bordure du plateau, sur lesquelles les arbres ont montré une croissance tout à fait exceptionnelle pour la station.

Les traitements 6 et 8 contenant du zinc se distinguent significativement des autres dès l'âge de 3 ans 1/2 et cette différence augmente avec le temps.

Hauteurs moyennes	PK n° 1	PK n° 2	PK n° 3	PK + B n° 4	PK + Cu n° 5	PK + Zn n° 6	PK + Mo n° 7	PK + B, Cu, Zn, Mo n° 8
h à 2 ans 1/2	1,59	1,40	1,42	1,58	1,70	1,65	1,52	1,73
h à 3 ans 1/2	2,58	2,18	2,26	2,57	2,76	3,35	2,38	3,42
h à 4 ans 1/2	2,99	2,46	2,58	2,94	3,19	4,26	2,72	4,29

RÉPARTITION DES ARBRES PAR CLASSES DE HAUTEURS A L'AGE DE SEPT ANS EN FONCTION DE LA FERTILISATION APPORTÉE



On retrouve la très bonne croissance des parcelles ayant reçu du zinc ($h > 4$ m, alors que les autres ont une hauteur moyenne inférieure à 3 m, et ce, avec un coefficient de variation élevé, contrairement aux parcelles avec zinc qui sont très homogènes.

On ne trouve guère de différence entre les 6 traitements sans zinc ; il y a la même fertilisation PK et la carence en Zn masque les différences éventuelles entre sulfate et chlorure.

D'autre part, en répartissant par classe, comme dans l'essai 32, la hauteur totale et le niveau de la première fourche (graphiques 5), il ressort que le zinc a un effet bénéfique tant sur la croissance que sur la forme des arbres. Les parcelles ayant reçu du zinc ne présentent en effet que 11,3 % d'arbres fourchus pour une hauteur moyenne de 8,1 m, alors que l'ensemble des 18 autres parcelles ont 62,4 % d'arbres mal conformés pour une taille moyenne de 4,7 m.

Enfin, en ce qui concerne les volumes, sont donnés

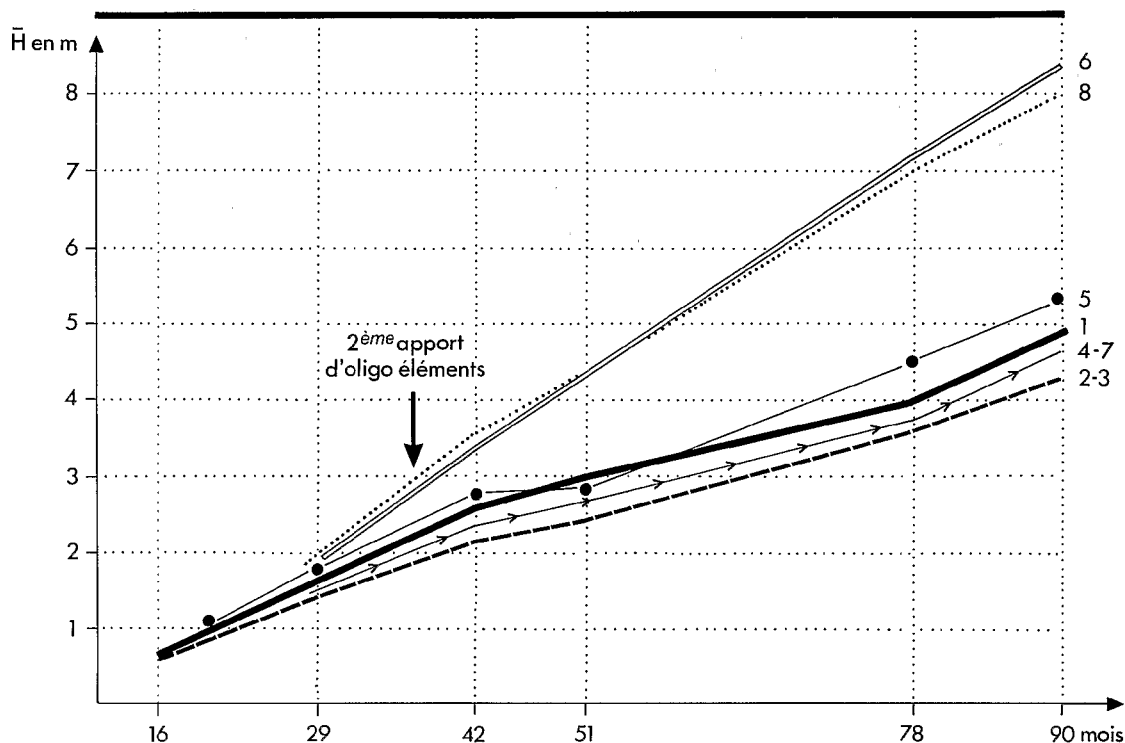
dans le tableau suivant, les estimations obtenues (en $1/10^6$ de m^3/ha) directement par le tarif de cubage (1), le volume corrigé en éliminant les arbres inaptes à toute utilisation industrielle (2) et l'accroissement annuel moyen des bois utilisables (3).

Traitement	1 PK	2 PK	3 PK	4 PK + B	5 PK + Cu	6 PK + Zn	7 PK + Mo	8 PK + OE
(1)	274	180	165	218	358	818	237	784
(2)	149	98	90	119	195	785	129	753
(3)	20	13	12	16	26	105	17	100

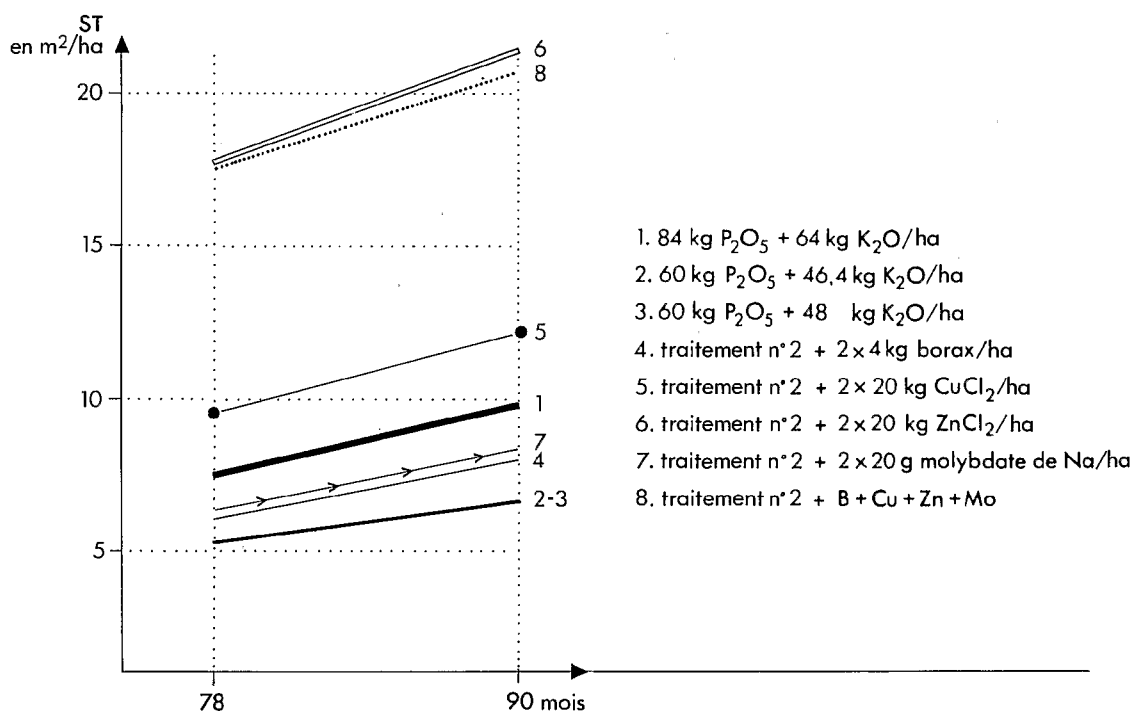
Les résultats concordent parfaitement avec ceux de l'essai 32 et montrent que l'apport de zinc associé à une fertilisation starter convenable multiplie le rendement « réel » par 5 environ.

ESSAI 33

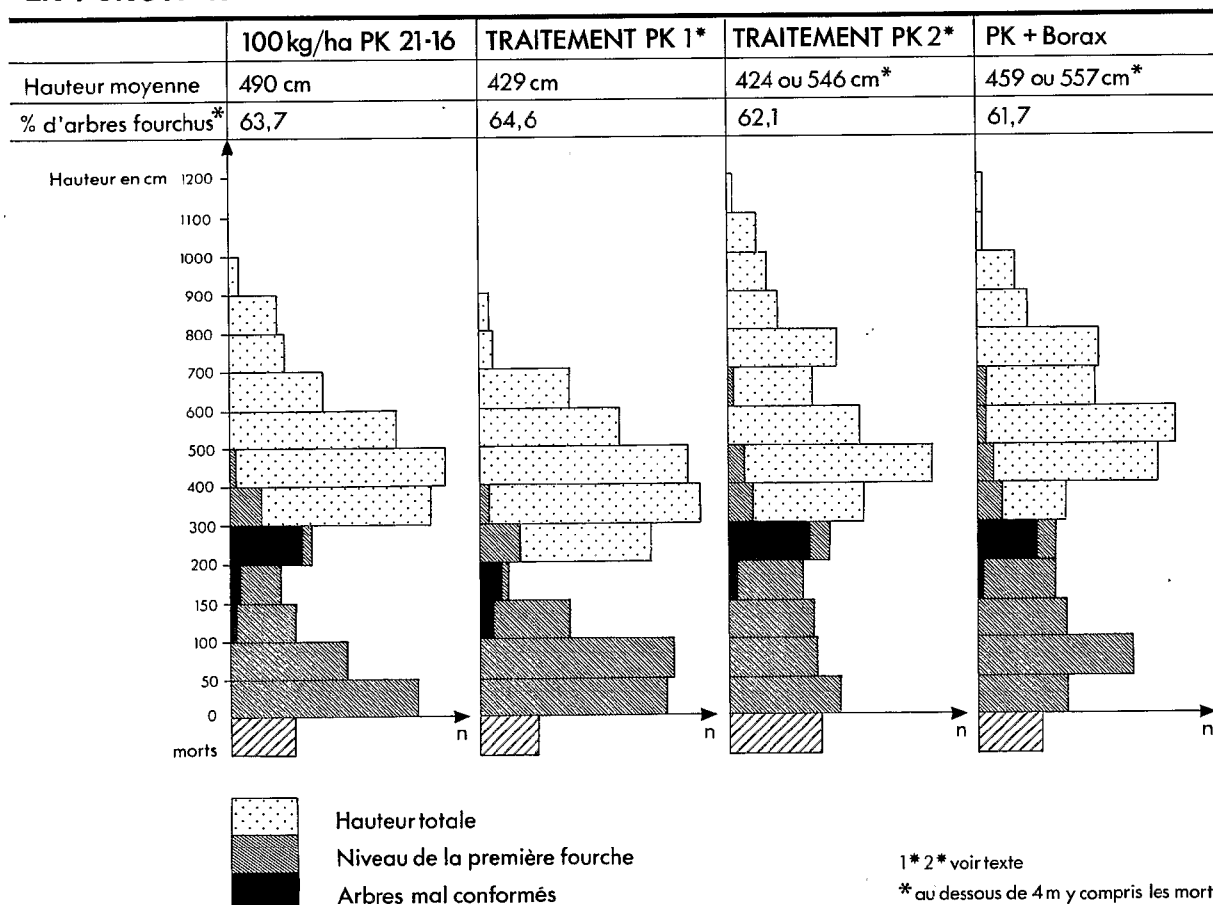
EVOLUTION DE LA HAUTEUR MOYENNE



EVOLUTION DE LA SURFACE TERRIERE



ESSAI 33

RÉPARTITION DES ARBRES PAR CLASSES DE HAUTEURS A L'AGE DE SEPT ANS EN FONCTION DE LA FERTILISATION APPORTÉE


Une étude plus détaillée de la forme des arbres a été effectuée d'autre part sur 4 parcelles et on a estimé leur avenir industriel.

On a choisi chaque fois deux parcelles contiguës, l'une ayant seulement reçu la fertilisation PK, et l'autre un apport supplémentaire de zinc.

Les parcelles 3 et 6 du bloc I sont situées, en pleine pente, sur de très mauvais sols, là où la mortalité de la première plantation avait été quasi totale.

Les deux autres (3 et 6 bloc III) sont proches du som-

met de la pente, sur un sol que l'on peut qualifier de meilleur.

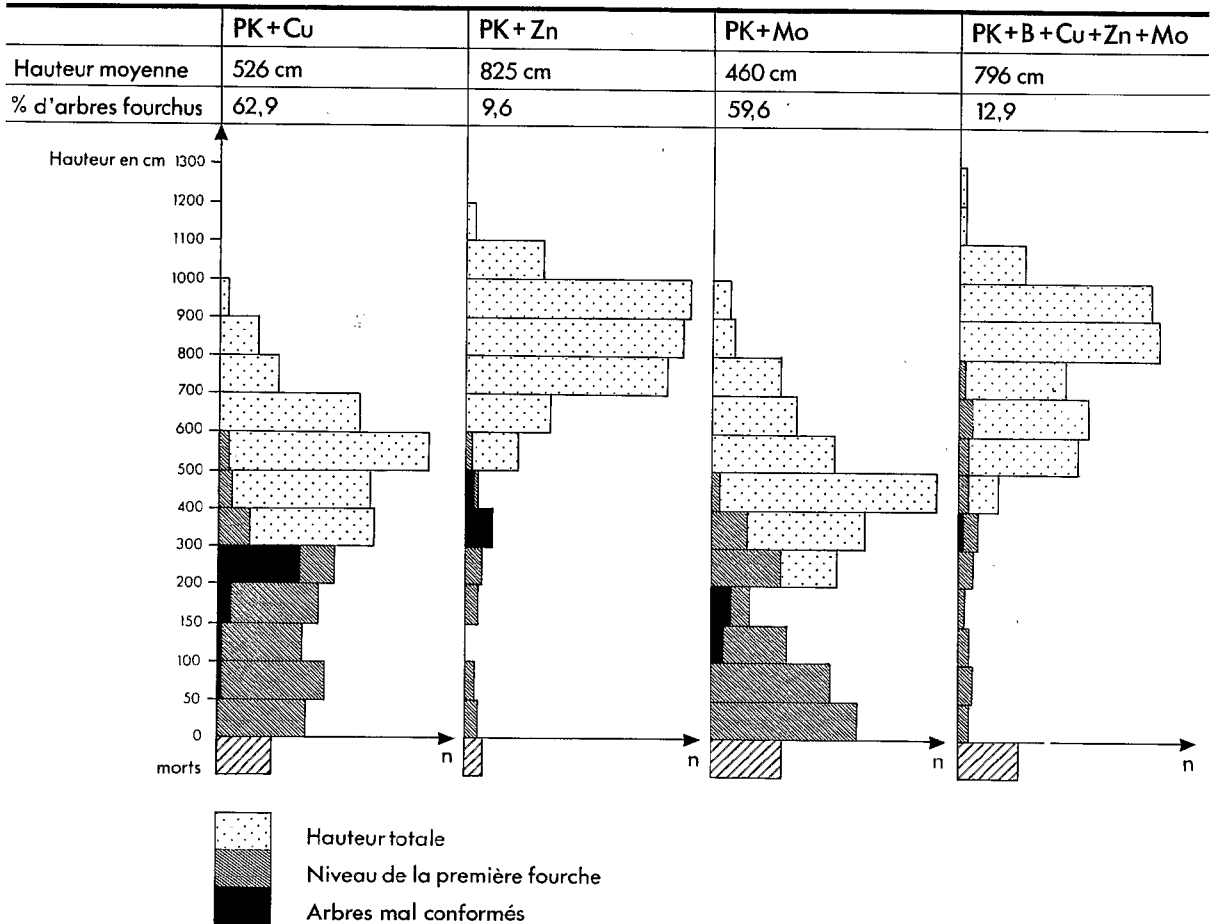
Le graphique 6 montre la répartition des hauteurs et du niveau de la première fourche dans ces 4 parcelles.

La première constatation importante est le pourcentage élevé d'arbres fourchus (+ de 55 %) rencontrés dans les traitements sans zinc et cela même dans la parcelle montrant une croissance satisfaisante en hauteur et en surface terrière.

La seconde, tirée du tableau ci-dessous, concerne les volumes exploitables :

	Localisation	Sans zinc	Avec zinc	Δ %
Volume total estimé	Sol sur pente	26,7	58,8	+ 120
	Bord du plateau	75,6	92,3	+ 22
Volume exploitable	Sur pente	14,6	58,2	+ 299
	Bord du plateau	54,6	91,6	+ 68

ESSAI 33

RÉPARTITION DES ARBRES PAR CLASSES DE HAUTEURS A L'AGE DE SEPT ANS EN FONCTION DE LA FERTILISATION APPORTÉE


Ceux-ci sont sensiblement réduits, sans apport de zinc, mais pas proportionnellement au nombre d'arbres fourchus. En effet, les arbres fortement atteints par la maladie restent chétifs et ne représentent qu'un volume négligeable. En réalité, les arbres occasionnant la plus grande « perte » de bois sont ceux qui montrent une croissance satisfaisante et n'ont subi qu'un ou deux faibles dessèchements ayant toutefois causé des déformations les dépréciant définitivement. Ces arbres représen-

tent environ 28 % du volume estimé de la parcelle 3 du Bloc III qui est cependant considérée, dans les conditions du reboisement industriel, comme une parcelle d'avenir : hauteur en mètres égale ou supérieure à l'âge en années.

L'apport de zinc s'avère donc nécessaire non seulement sur les fortes pentes mais pour tous les reboisements en *Pinus kesiya* réalisés dans la région du Mangoro.

LE DIAGNOSTIC FOLIAIRE

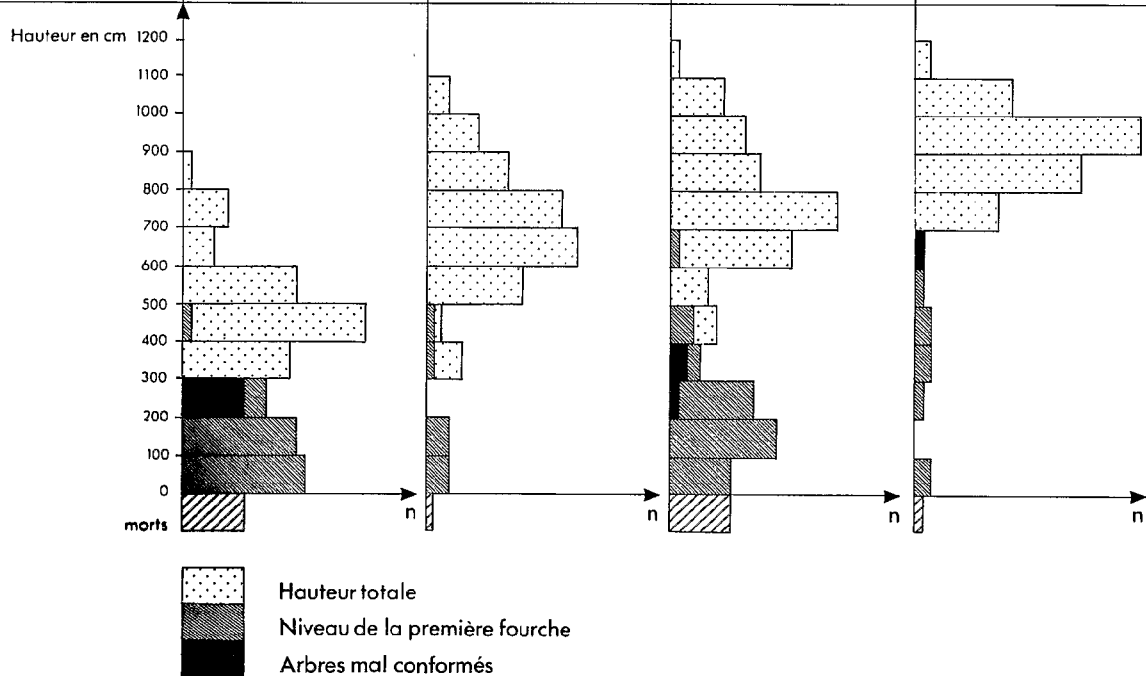
L'étude de la nutrition minérale du *Pinus kesiya* a été entreprise à l'issue des résultats obtenus dans les essais de fertilisation qui ont montré une réponse favorable à

la fumure potassique et à l'apport d'oligo-éléments sur la croissance et le rôle positif du zinc sur l'état de santé des plantes. L'analyse foliaire permet en effet de mieux

ESSAI 33

RÉPARTITION DES ARBRES PAR CLASSES DE HAUTEURS A L'AGE DE SEPT ANS EN FONCTION DU SOL

	TRES MAUVAIS SOL (pente)		SOL PAUVRE (sommet de pente-près du plateau)	
	parcelle 3 bloc I	parcelle 6 bloc I	parcelle 3 bloc III	parcelle 6 bloc III
Hauteur moyenne	497cm	697cm	755 cm	907cm
% d'arbres fourchus	62,5	10	56,3	7,5
Volume en m ³ /ha	26,7	58,8	75,6	92,3



connaître l'efficacité des engrais en révélant l'état nutritionnel des plants d'où une meilleure compréhension des phénomènes et des indications très utiles sur les recherches à poursuivre ou à entreprendre.

Les analyses faites en 1976 (BRUNCK, 1977) ont permis de montrer, suite à une analyse discriminante des résultats, que les groupes d'individus sains, malades et très dépérissants sont nettement distincts les uns des autres et que le premier caractère discriminant sépare à lui seul les arbres sains des autres. Il est corrélé positivement aux éléments zinc et potasse, négativement à l'aluminium et dans une très faible mesure au bore et indépendamment des autres éléments nutritifs.

42. Les analyses effectuées dans les essais 32 et 33 (Mme RAMPANANA, 1979) ont débuté en juillet 1978 sur des arbres de 3 ans 1/2, les échantillons étant constitués d'aiguilles de l'année se trouvant sur l'avant der-

rière pousse des rameaux au niveau des 2^e et 3^e verticilles à partir de la pousse terminale, les prélèvements étant effectués sur les 8 arbres moyens représentant une parcelle donnée.

Résultats et interprétation

— En ce qui concerne l'essai 32, les teneurs moyennes en éléments majeurs (% m.s.) et en oligo-éléments (ppm) sont indiquées dans le tableau de la page suivante.

On constate : pour l'azote, qu'il n'y a pas de différences entre les traitements avec ou sans nutramine bien que la nutramine entraîne une baisse systématique des teneurs due à un effet de dilution ;

— pour le phosphore, l'absence d'effet traitement. La nutramine entraîne toutefois pour les traitements P

Traitements	N	P	K	Ca	Mg	B	Zn	Al
T	1,88	0,080	0,20	0,49	0,22	19,6	5,3	571
P	1,79	0,078	0,20	0,44	0,18	17,4	4,3	490
PK	1,84	0,081	0,27	0,37	0,15	17,6	4,2	535
NPK	1,78	0,080	0,24	0,38	0,15	20,8	4,5	418
T + Nu	1,66	0,075	0,16	0,25	0,12	21,9	6,5	315
P + Nu	1,69	0,085	0,18	0,42	0,14	23,4	7,8	330
PK + Nu	1,81	0,085	0,25	0,20	0,10	18,6	7,8	379
NPK + Nu	1,54	0,081	0,23	0,25	0,09	15,2	7,4	297

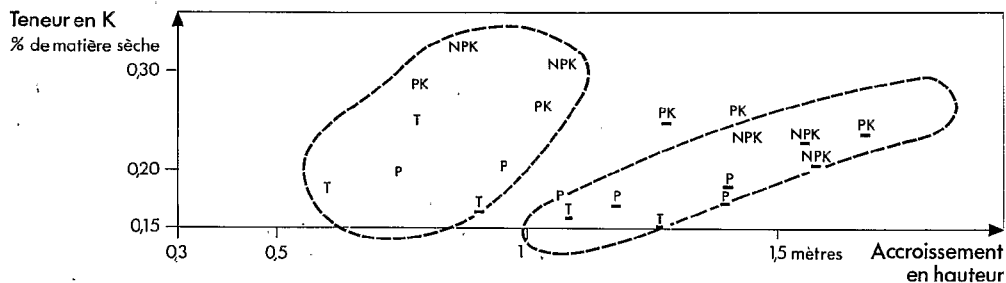
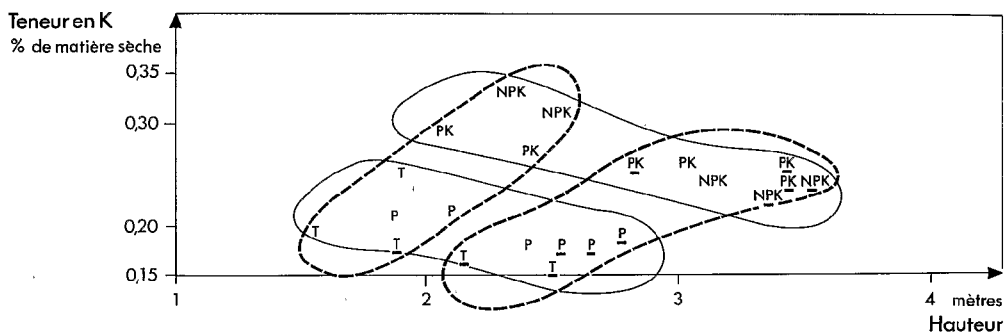
et PK une légère hausse des teneurs laissant supposer un effet de synergie des oligoéléments. Par contre, chez le témoin on note une baisse sensible de la teneur en P en présence de nutramine ;

— pour le potassium (voir graphique 7), on note un effet positif sur la nutrition potassique. On distingue 2 groupes de traitements avec et sans K. La teneur foliaire moyenne peut se chiffrer à 0,25 % chez le premier contre 0,19 % chez le second, soit un écart relatif de plus de 30 %. De plus, à traitement égal la présence de nutramine abaisse la teneur en K conformément au classement ci-contre :

T + Nu	P + Nu	P	T
0,165	0,184	0,184	0,199
<hr/>			
NPK + Nu	PK + Nu	PK	NPK
0,231	0,254	0,273	0,293

Graphique 7

ESSAI 32 VARIATION DE LA TENEUR EN POTASSE EN FONCTION DE LA CROISSANCE ET DU TRAITEMENT

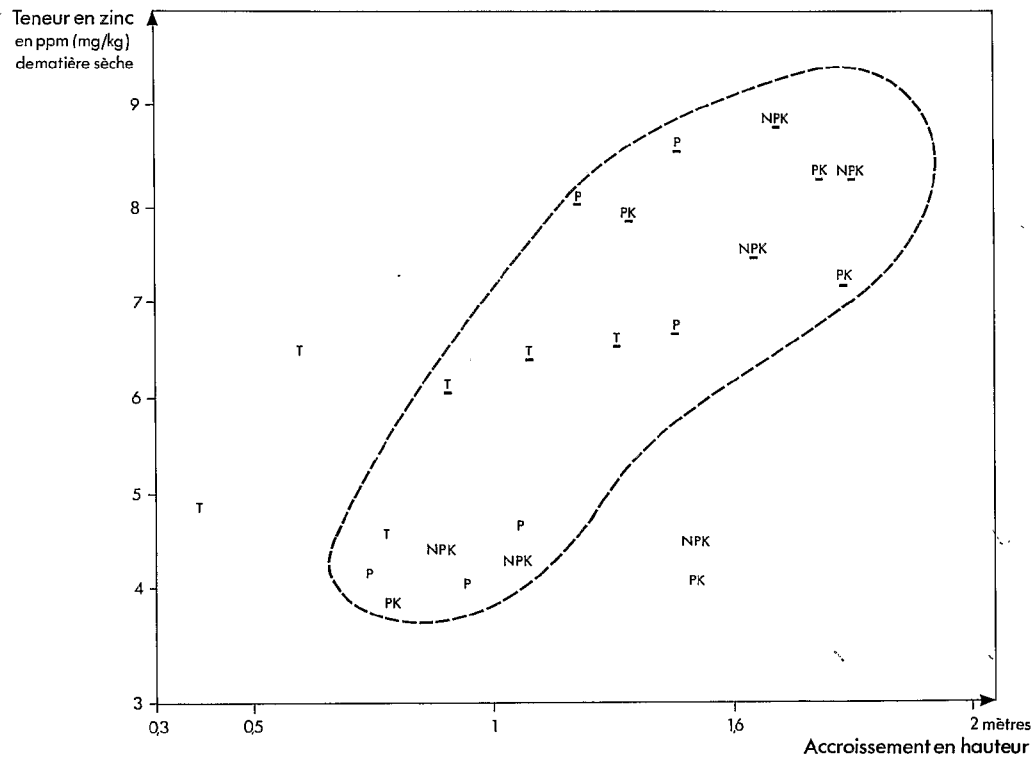
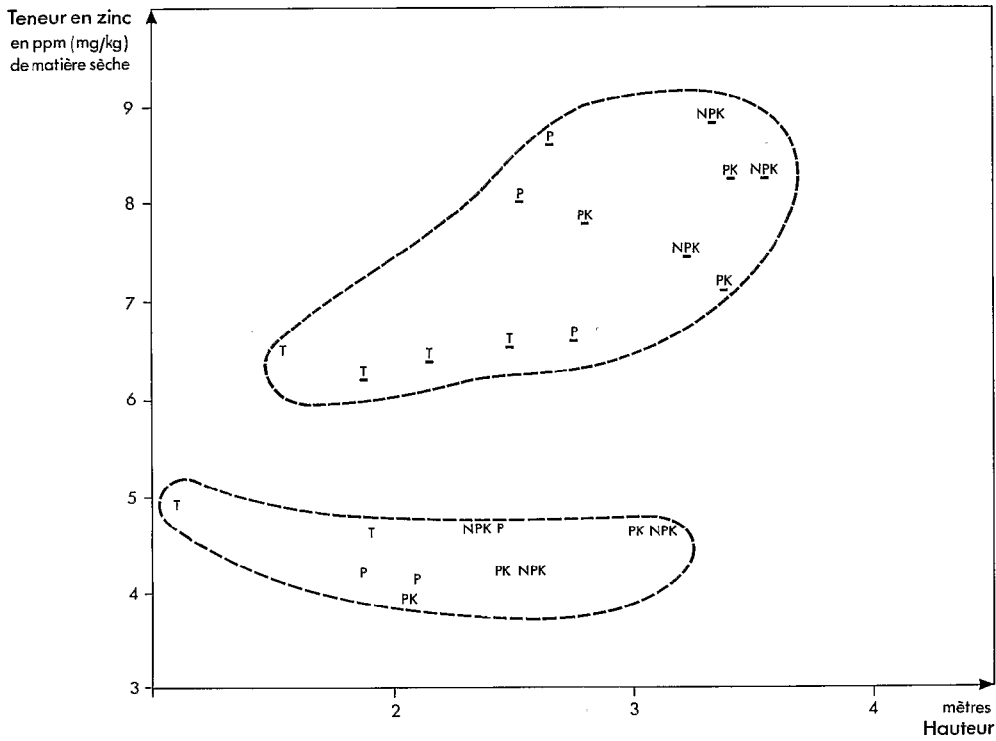


x : sans nutramine x̄ : avec nutramine

Graphique 8

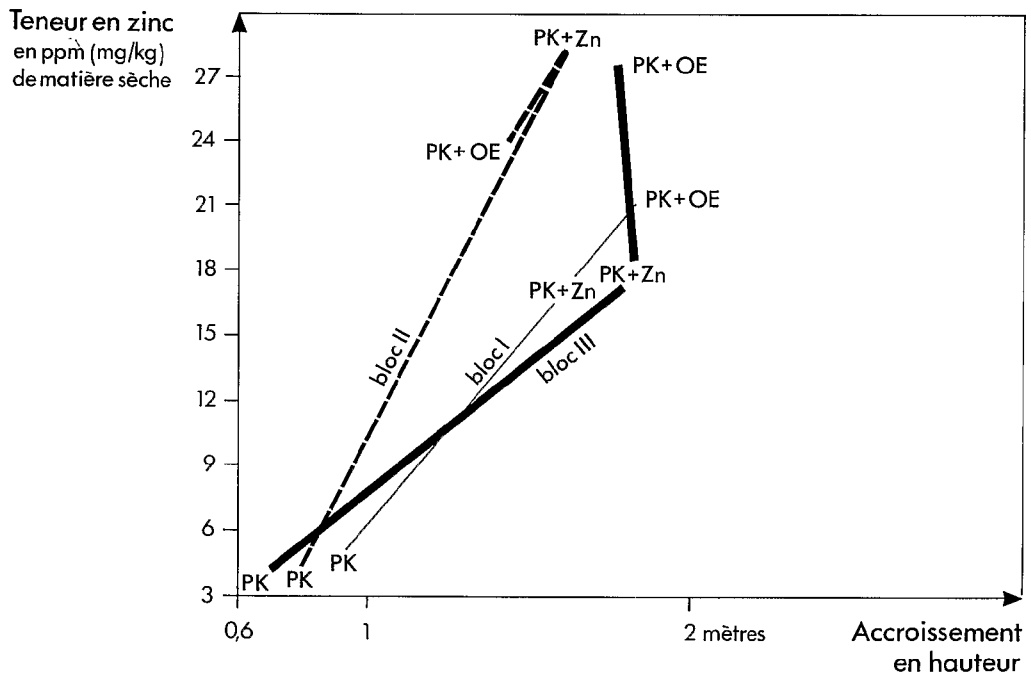
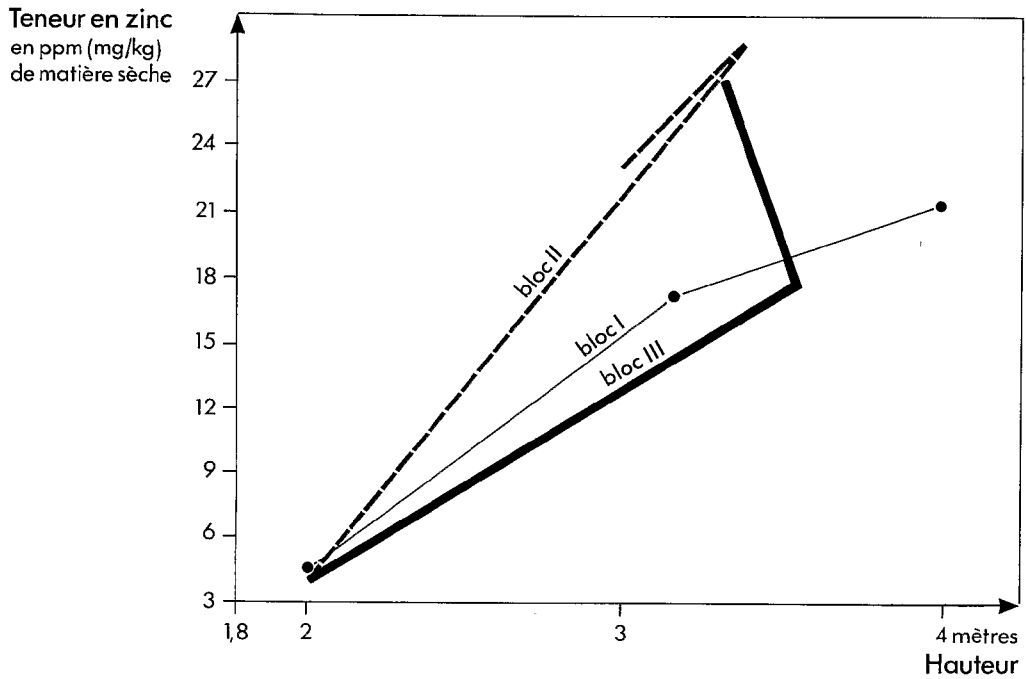
ESSAI 32

VARIATION DE LA TENEUR EN ZINC EN FONCTION DE LA CROISSANCE ET DU TRAITEMENT



x : sans nutramine - x̄ : avec nutramine

ESSAI 33 VARIATION DE LA TENEUR EN ZINC EN FONCTION DE LA CROISSANCE ET DU TRAITEMENT



La nutramine qui favorise aussi la croissance a donc pu entraîner un effet de dilution :

— pour le calcium et le magnésium, on observe une baisse des teneurs en présence de nutramine, ces baisses étant accentuées en présence de potassium ;

— pour les oligoéléments, il n'y a pas d'effet significatif sur la nutrition en bore et en fer mais des effets positifs sur les teneurs en zinc et aluminium.

En ce qui concerne le zinc, l'effet très net des traitements permet d'établir le classement « suivant la méthode de TUKEY HARTLEY » donné en bas de page.

On distingue 2 groupes de traitements, l'un sans Nu où les teneurs varient entre 4,2 et 5,3 ppm, et l'autre avec Nu où celles-ci varient entre 6,5 et 7,8 ppm.

La nutramine, agirait donc par l'élément Zn qu'elle comporte. La teneur limite de la nutrition en zinc pourrait se situer autour de 5 ppm (voir graphique 8).

En ce qui concerne l'aluminium, il y a un effet significatif du traitement.

La nutramine abaisse sensiblement la teneur en Al, bien que les traitements ne présentent pas toujours une différence significative entre eux.

La nutramine agirait donc favorablement sur la physiologie de l'arbre car non seulement elle améliore la nutrition en zinc mais diminue aussi le risque de toxicité aluminium.

• *En ce qui concerne l'essai 33* : on note un effet significatif sur la hauteur, du traitement zinc et du traitement de l'ensemble des oligoéléments, lequel semble agir par le zinc qu'il contient. Sur la nutrition minérale (voir graphique 9), on note un effet significatif négatif des traitements zinc et oligo-éléments sur les teneurs en Ca ou Mg, un effet positif de l'ensemble oligo-éléments sur la teneur en bore, un effet très net des traitements Zn et oligo-éléments sur la teneur en zinc. On remarque

à ce propos que sauf pour le bloc II, le traitement oligo-éléments a un meilleur effet que le zinc seul, ce qui semble indiquer une synergie des oligo-éléments.

Traitements	PK	PK + OE	PK + Zn
% plants malades (à 3 ans 1/2)	67	1	1
Hauteur moyenne (cm) (à 3 ans 1/2)	218	341	335
Teneur en zinc (ppm)	4,1	23,9	21,1

Comme dans l'essai précédent, on note que les arbres sont plus atteints lorsque les teneurs foliaires en zinc sont inférieures à 5 ppm. Le rôle important joué par le zinc se confirme donc dans la zone du Mangoro.

À noter que le zinc peut être absorbé en quantité relativement élevée sans avoir pour autant une influence conséquente sur la croissance ou la santé des arbres (dans l'essai 33 la dose de zinc apportée représente pratiquement plus de 15 fois celle de l'essai 32 alors que les teneurs foliaires correspondantes sont seulement de 3-4 fois supérieures).

Évolution des teneurs foliaires en zinc au cours des années (1978-1981).

Cette étude effectuée par Mme RAMPANANA (non publiée) entre dans le cadre des recherches d'accompagnement à l'opération « Mangoro » et a été entreprise suite aux résultats obtenus dans les essais de fertilisation 32, 33 et 36.

Dans l'essai 32 :

Teneur en zinc (ppm)	Ensemble des traitements sans oligoéléments			Ensemble des éléments avec nutramine		
	1978	1980	1981	1978	1980	1981
	4,6	4,9	4,8	7,4	6,2	6,3
Hauteur en moyenne (cm)	221	311	382	286	454	525

Classement suivant méthode TUKEY HARTLEY.

PK	P	NPK	T	T + Nu	NPK + Nu	PK + Nu	P + Nu
4,2	4,3	4,5	5,3	6,5	7,4	7,8	7,8

Dans l'essai 32 :

La teneur en zinc reste constante dans le temps, là où il n'y a pas d'apports d'oligo-éléments (< 5 ppm). Par contre, dans les traitements avec OE, les teneurs baissent avant, semble-t-il, de se stabiliser. Mais rappelons que l'analyse de 1978 a été effectuée 4 mois seulement après le second épandage de Nutramine (d'où la possibilité d'une absorption relativement importante). Cette diminution de la concentration en zinc pourrait provenir d'un effet de dilution (qui affecte aussi les autres éléments) en rapport avec l'augmentation de la biomasse.

Malgré cette diminution de la teneur en zinc, l'effet favorable de la Nutramine se maintient au niveau de la croissance.

Dans l'essai 33 :

	Année	Traitements		
		PK	PK + Zn	PK + OE
Teneur en zinc (ppm)	1978	4,1	21,1	23,9
	1980	7,1	14,8	12,3
	1981	5,9	15,3	15,3
Hauteur (cm)	1978	218	335	341
	1980	299	611	601
	1981	367	708	692

On note les fluctuations de la teneur foliaire en zinc dans le traitement PK, celle-ci augmentant en 1980 puis chutant en 1981.

Dans les autres parcelles avec zinc, l'évolution va d'abord dans le sens d'une diminution pour se stabiliser ensuite, tout comme dans l'essai 32. Toutefois, cette diminution est ici relativement brutale (on passe de 21 à 15 ppm) et ne semble pas devoir s'expliquer par un simple effet de dilution, l'accroissement en hauteur étant assez comparable à celui de l'essai 32. Les teneurs foliaires constatées dans cet essai restent bien supérieures à celles trouvées précédemment.

Compte tenu de l'utilisation d'une dose beaucoup plus élevée de zinc, elles pourraient faire penser à une certaine consommation de luxe. On note en effet que le

traitement NPK + OE (essai 32) a produit 10 m³/ha/an en moyenne à 8 ans avec une teneur en zinc de 6,3 ppm, alors que le traitement PK + Zn de l'essai 32 a montré exactement la même production pour une teneur de 15,3 ppm.

Néanmoins, cela pose un problème : celui de la détermination des seuils de carence ; 6,3 ppm de zinc entraînant une bonne croissance dans l'essai 32, alors que dans l'essai 33, 7,1 puis 5,9 ppm n'occasionnent qu'un accroissement peu satisfaisant. Peut-on supposer que des *Pinus kesiya* initialement bienvenants ne nécessitent qu'une concentration en zinc assez faible alors que des arbres physiologiquement malades (nutrition fortement déséquilibrée) en demandent beaucoup plus ? Ceci ferait intervenir le jeu complexe des interactions entre éléments et pourrait avoir une influence sur la quantité de zinc à apporter en cas de fertilisation de rattrapage.

Il est d'autant plus intéressant de remarquer que dans l'essai 32, l'apport de 1,08 kg de Zn par ha, soit 108 mg par m², augmente la teneur foliaire de 1,8 ppm par rapport au témoin.

Il faut noter en outre que le témoin reste un peuplement ouvert alors que le couvert des traitements avec oligoéléments est fermé. L'augmentation totale de la quantité de zinc dans la biomasse apparaît donc considérable (si l'on estime grossièrement que la surface foliaire totale est proportionnelle au volume de bois produit, on aurait 3,4 fois plus de Zn dans la biomasse du traitement NPK + OE de l'essai 32 que dans celle du traitement NPK).

Bien que pour MENGEL K., KIRKBY E. A. (1978) le transfert du zinc, des tissus âgés vers les tissus jeunes soit très lent surtout chez les plants carencés, il se pourrait que pour des arbres à feuillage sempervirent cet élément circule de façon relativement correcte et qu'une fois le couvert fermé, il n'y ait plus besoin d'apport supplémentaire. Ce qui expliquerait la bonne rémanence constatée même pour les faibles concentrations dans l'essai 32.

Il se pourrait aussi que le zinc transite assez rapidement à travers la litière. De nouveaux axes de recherches sont donc ouverts.

Woods, d'ailleurs (communication personnelle) nous a signalé qu'en Australie, des carences en zinc ont pu être corrigées par un seul apport à la dose approximative de 0,8 g/plant et que plus de 10 ans après, aucun nouveau symptôme de déficience n'était apparu.

CONCLUSION

Dans la région du Haut Mangoro, les *Pinus kesiya* sont atteints de dessèchements en cime qui déforment de façon irrémédiable les arbres qui, touchés par la maladie, ont néanmoins survécu.

Les premières études effectuées à ce sujet ont montré que ce phénomène pouvait être provoqué par une

déficience en oligo-éléments, que le bore n'était pas en cause et qu'une carence en zinc pouvait être suspectée.

Des essais aux champs furent alors installés dans une zone fortement atteinte par la maladie et les nombreuses observations qui y ont été effectuées tant au point de vue de la croissance des arbres (hauteur, surface ter-

rière, volume) que du point de vue sanitaire (dessèchement, forme défectueuse...) ont confirmé que le zinc était bien l'élément en cause.

Cet élément apporté sous forme de chlorure ou associé à d'autres oligo-éléments à une dose relativement faible (0,54 g de zinc par arbre) réduit, d'une part, efficacement le dessèchement en cime, ce dernier disparaissant pratiquement des parcelles traitées alors que plus de 50 % des sujets sont atteints quand cet oligoélément est absent, et améliore, d'autre part, la croissance des arbres tout en éliminant les déformations et fourches consécutives aux dessèchements.

Les études sur la nutrition minérale du *Pinus kesiya* ont permis en outre de déterminer un seuil de carence pour le zinc proche de 5 ppm (teneur au niveau des aiguilles de l'avant-dernière pousse).

Les résultats acquis à la suite de ces recherches ont été de suite appliqués par la Société Fanalamanga qui a procédé à une pulvérisation foliaire de zinc par avion sur près de 40.000 ha avec succès et effectuée des fertilisations en cours de révolution avec des fumures NPK comprenant du zinc au taux de 2 % (8 kg/ha).

Il n'en reste pas moins que des recherches plus approfondies permettant en particulier de mieux cerner les problèmes d'interaction ou d'équilibres entre éléments (éléments majeurs et oligo-éléments) sont nécessaires, les fertilisations à appliquer devant tendre à une nutrition optimale. Il importe aussi de mieux connaître le rythme de mobilisation des éléments afin de mieux préciser le nombre et la nature des fertilisations en cours de révolution.

BIBLIOGRAPHIE

- ARMITAGE et al., 1930. — *Pinus kesiya*. (Tropical forestry papers n° 9 CFI. University of Oxford).
- BOUCHARD (L.), 1969. — Reconnaissance pédologique de la zone de boisement du Haut-Mangoro. Institut de Recherches Agronomiques de Madagascar (DOC IRAM n° 196).
- BAILLY (C.) et BONNEAU (M.), 1979. — Rapport de mission à Madagascar. Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.). Institut National de la Recherche Agronomique, (I.N.R.A.).
- BRUNCK (F.), 1974. — Compte rendu d'un déplacement effectué à Madagascar en décembre 1973. Centre Technique Forestier Tropical (C.T.F.T.). Division d'Entomologie et de Pathologie Forestières.
- BRUNCK (F.), 1975. — Compte rendu d'un déplacement effectué à Madagascar en novembre-décembre 1974 (C.T.F.T./Division d'Entomologie et Pathologie Forestières).
- BRUNCK (F.), 1976. — Compte rendu d'un déplacement effectué à Madagascar du 8 novembre au 4 décembre 1975 (C.T.F.T./Division d'Entomologie et Pathologie Forestières).
- BRUNCK (F.), 1977. — Compte rendu d'un déplacement effectué à Madagascar du 7 novembre au 8 décembre 1976 (C.T.F.T./Division d'Entomologie et de Pathologie Forestières).
- BRUNCK (F.), 1979. — Compte rendu d'un déplacement effectué à Madagascar du 20 mars au 22 avril 1979 (C.T.F.T./Division d'Entomologie et de Pathologie Forestières).
- BURLEY (J.) et TURNBULL (J. W.), 1973. — Sources and distribution of seedlot for the FAO/FRI/CFI International provenance trial of *Pinus kesiya* (Commonwealth Forestry Institute, Oxford).
- CHAMPSOLOIX (R.), 1958. — Le pin à trois feuilles du Langbian (*P. khasya Royle*). Bois et Forêts des Tropiques n° 57.
- CHAUVET (B.), 1968. — Inventaire des espèces forestières introduites à Madagascar. (École Nationale Supérieure Agronomique - Université de Madagascar).
- DEVILLE (A.) et al., 1973. — Division de Pédologie. Division de Phytopathologie 1975. Résultats d'examen sur le reboisement du Haut-Mangoro. Département des Recherches Agronomiques.
- D.R.F.P., 1981. — Recherches d'appui et d'accompagnement à l'opération reboisement industriel de la Fanalamanga. Département des Recherches Forestières et Piscicoles (DRFP, n° 475).
- LOUPPE (D.), 1981. Remarque sur les accroissements en volume du *Pinus kesiya* au Mangoro (DRFP, n° 478).
- LOUPPE (D.), LEFEVRE (M.), 1981. — Tarif de cubage préliminaire pour le *Pinus kesiya* du Haut-Mangoro (DRFP, n° 486).
- LOUPPE (D.), RAMPANANA (L.), RAKOTOMANANA (J. L.), ANDRIANIRINA (G.), 1984. — Le problème du dessèchement de cime du *Pinus kesiya* à Madagascar (DRFP, n° 528).
- MALVOS (C.), 1980. — Rôle du potassium et du phosphore sur la croissance des reboisements de *Pinus kesiya* à Madagascar. (Thèse présentée à l'Université de Nancy I).
- MALVOS (C.), BAILLY (C.), 1979. — Contribution à l'étude des problèmes de fertilisation en milieu tropical et subtropical. Les expériences sur la fertilisation des plantations de pins à Madagascar. Centre Technique Forestier Tropical.
- MALVOS (C.), VERBEQUE (B.), RAKOTOMANANA (J. L.), 1980. Essai de synthèse des expérimentations en vase végétation réalisées par le C.T.F.T. à Madagascar de mai 1969 à janvier 1978 (DRFP, n° 456).
- MALVOS (C.), BONNEAU (M.), SOUCHIER (B.), 1983. — Rôle du potassium et du phosphore sur la croissance des reboisements de *Pinus kesiya* à Madagascar. (Bois et Forêts des Tropiques, n° 198 et 199).
- MENGEL (K.), KIERBY (E. A.), 1978. — Principles of plant nutrition. (International Potash Institute (BCINE)).
- MORRISON (I. K.), 1977. — Mineral nutrition of conifers with special reference to nutrient status interpretation a review of literature. (Canada 1977, Depart. of Envir. Canadian Forestry Service).
- RAMPANANA (L.), 1979. — Étude de la nutrition minérale du *Pinus kesiya* par la méthode du diagnostic foliaire. (Mémoire de DEA, Université de Madagascar Antananarivo).
- RAMPANANA (L.), 1984. — Nutrition minérale du *Pinus kesiya* dans la zone du Mangoro, cas particulier du Potassium et du Zinc - Thèse de 3^e cycle - Antananarivo.



« PARCELLE PKZn de l'essai 33 située en bordure de plateau. Bonne forme générale des pins avec apport de zinc. »

Ci-contre, de gauche à droite et de haut en bas.

Aspect de la végétation clairsemée se développant en l'absence de feu de brousse. Sur le sol se développent des lichens qui forment un écran à l'érosion et à l'infiltration de l'eau.

Vue d'ensemble du profil pédologique. A cet endroit les pseudo-concrétions de surface sont absentes.

Litière des parcelles PK et PKZn sur pente. La litière des traitements PK (photo de gauche) est peu épaisse, peu décomposée et n'est pas encore colonisée par les racines. Par contre, celle du traitement PKZn est épaisse et envahie sur près de 3 cm par une quantité importante de radicelles. Cette litière est un écran à l'érosion et un début d'amélioration physique et chimique du sol.





Ces 4 photos montrent l'influence favorable du complexe d'oligo-éléments tant sur la production que sur la forme des arbres.



