

Résumé

Il existe une forte réponse des cocotiers aux apports de chlorure de sodium ; sur toutes les variables du rendement (croissance, floraison, nombre de noix, taille des noix, vigueur phytosanitaire, résistance au stress hydrique), à tous les stades (depuis la pépinière jusqu'à la plantation en production), et dans une vaste gamme de conditions pédoclimatiques. La rentabilité de l'apport de chlorure de sodium, quasi-universelle en Indonésie, s'améliore dans les zones à déficit hydrique, car le chlorure de sodium, en amortissant l'effet du stress hydrique, permet de régulariser la production des cocoteraies. Le chlorure de sodium peut se substituer largement au chlorure de potassium, il est beaucoup moins cher et plus facilement disponible. Le chlorure de sodium est donc appelé à devenir le composant principal de la fertilisation des cocoteraies en Indonésie.

Abstract

Coconut palms display a considerable response to sodium chloride applications, as regards all the yield variables (growth, flowering, number of nuts, nut size, phytosanitary condition, resistance to water stress), at all stages (from the nursery to a bearing plantation), and under a wide variety of soil and climatic conditions. The cost-effectiveness of sodium chloride applications, which exists virtually everywhere in Indonesia, increases in zones with a water deficit, since sodium chloride attenuates the effect of water stress, thereby regularizing production in coconut plantations. Sodium chloride can be used to largely replace potassium chloride; it is much cheaper and readily available. Sodium chloride is therefore set to become the main component in fertilization for coconut plantations in Indonesia.

Resumen

Existe una fuerte respuesta de los cocoteros a los aportes de cloruro de sodio; en todas las variables del rendimiento (crecimiento, floración, número de nueces, tamaño de las nueces, vigor fitosanitario, resistencia al estrés hídrico), en todas las fases (desde el vivero hasta la plantación en producción), y dentro de una amplia gama de condiciones edafoclimáticas. La rentabilidad del aporte de cloruro de sodio, casi-universal en Indonesia, se mejora en las zonas con déficit hídrico, dado que el cloruro de sodio, al amortizar el efecto del estrés hídrico, permite regularizar la producción de los cocoterales. El cloruro de sodio puede substituirse ampliamente al cloruro de potasio, resulta mucho más barato y más fácilmente disponible. El cloruro de sodio se halla pues destinado a volverse la componente principal de la fertilización de los cocoterales en Indonesia.

Le chlorure de sodium, fertilisant idéal du cocotier en Indonésie

Bonneau X.¹, Boutin D.², Bourgoing R.², Sugariato J.³

¹ CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

² CIRAD, Plaza Bisnis Kemang, Jl. Kemang Raya N° 2, Jakarta 12730, Indonésie

³ Multi Agro Group, Niaga Building 3rd. floor, Jl.M.H. Thamrin N°55, Jakarta 10350, Indonésie

L'apport de sel de mer (chlorure de sodium) aux cocotiers est une pratique paysanne traditionnelle en Indonésie. Sur l'île de Java notamment, le sel est apporté à l'aisselle des palmes, et l'on constate un effet favorable sur l'état général des cocotiers : aspect des palmes, nouaison, état sanitaire.

Par ailleurs, le chlore a été identifié comme un élément essentiel de la nutrition minérale du cocotier dans différentes zones : Brésil (Dias da Silva Junior, 1994), Côte d'Ivoire (Braconnier et d'Auzac, 1990 ; Ollagnier *et al.*, 1983), Inde (Joseph *et al.*, 1993), Indonésie (Bonneau *et al.*, 1993 ; Ollagnier *et al.*, 1983), Philippines (Magat *et al.*, 1988).

Les résultats obtenus en conditions contrôlées et les observations en plantations industrielles et en plantations villageoises, peuvent être mis à profit pour établir des recommandations sur l'utilisation du sel comme engrais dans les cocoteraies existantes et dans les projets de plantations.

Expériences en station de recherche

Les expériences évoquées ont eu lieu sur la plantation Multi Agro Corporation de Gunung Batin, province de Lampung, entre 1987 et 1996 (encadré).

Les expériences de nutrition minérale effectuées à Gunung Batin ont déjà été décrites (Bonneau *et al.*, 1993). Nous commentons ici

La plantation Gunung Batin est située dans le centre du Lampung, à 70 km à l'ouest de la côte (carte). Les sols sont de type ferrallitique à tendance podzolique, avec apparition d'une cuirasse très indurée vers 100 cm, interdisant la pénétration notable des racines en profondeur : la réserve en eau du sol est limitée à 100 mm environ. Le climat est à deux saisons : une saison humide dont le pic se situe entre décembre et mars, une saison sèche centrée sur les mois de juin à septembre, dont l'intensité est très variable d'une année à l'autre.



les résultats obtenus entre-temps, intéressant plus particulièrement l'effet du chlorure de sodium. Les cocotiers expérimentaux sont des hybrides PB 121 (MAWA).

Jeunes plantations

L'expérience GB CC 08 compare l'effet du chlorure de sodium (NaCl, noté Cl dans les tableaux 1 à 3) et sulfate de potasse (K₂SO₄, noté K dans les tableaux 1 à 3). Les engrais sont apportés aux jeunes cocotiers deux fois par an, selon des doses

croissantes avec l'âge. La dose 0 représente le témoin sans engrais, la dose 1 une dose intermédiaire, et la dose 2 le double de la dose 1.

L'expérience montre un effet prépondérant du NaCl : la tendance était perceptible dès la première année de plantation, elle est devenue significative en deuxième année (tableau 1). L'effet dominant du chlorure de sodium a été confirmé ensuite sur la floraison et les premières récoltes des jeunes cocotiers hybrides (tableau 2).

Le rendement en première année de production est beaucoup plus lié aux teneurs foliaires en chlore qu'aux teneurs foliaires en potassium (tableau 3).

La production sur le traitement K2Cl2, considéré comme optimal, est due avant tout à une forte augmentation de la teneur en Cl. On voit aussi que le traitement K0Cl2 est meilleur que le traitement K2Cl0, ce qui prouve que le chlorure de sodium est un fertilisant plus efficace que le sulfate de potassium pour les jeunes cocotiers à Gunung Batin.

L'élément actif du chlorure de sodium est bien le chlore car on sait, par ailleurs, que le sodium n'est pas un élément actif. Cela a été démontré expérimentalement en Côte d'Ivoire (Anon., 1980), et s'est confirmé par l'expérience GB CC 08 : le tableau 3 montre que l'augmentation de production est plus liée aux teneurs foliaires en Cl qu'aux teneurs foliaires en Na.

La prépondérance de l'élément chlore sur l'élément potassium est démontrée également par corrélation dans le tableau 4.

La corrélation totale production-chlore (0,268) est significative, alors que la corrélation totale production-potassium (0,164) ne l'est pas. De plus, la corrélation production-chlore tient, et s'améliore même, lorsque les autres variables sont fixées, alors que la corrélation production-potassium ne devient significative que lorsque le chlore est fixé et que le sodium ne l'est pas.

On peut donc interpréter le tableau 4 en disant que le chlore est l'élément dominant, et que le potassium ne révèle son effet par l'antagonisme K-Na que si l'effet du chlore est artificiellement supprimé. Autrement dit, pour la nutrition des jeunes cocotiers, il faut d'abord apporter un engrais chloré, quel qu'il soit, et s'intéresser ensuite à la nutrition potassique, sachant que le sodium peut être partiellement substitué au potassium.

Plantations adultes

Les expériences étudiant l'effet du chlore en plantation adulte (GB CC 01, GB CC 02, GB CC 03) ont montré un effet positif de cet élément, à la fois sur la production en conditions climatiques normales (déficit hydrique faible à modéré) et sur la résistance au stress hydrique en conditions climatiques exceptionnelles (déficit hydrique très fort) (tableau 5, figures 1 et 2).

Les résultats combinés de plusieurs expériences de réponse à l'engrais chloré sur cocotiers hybrides adultes permettent, d'après la méthode Irho¹ (Ochs, 1985),

¹ Ex-Institut de recherches sur les huiles et oléagineux.

Tableau 1. GB CC 08 : croissance des jeunes cocotiers hybrides PB 121 en 2^e année de plantation. / GB CC 08: growth of young PB 121 coconut hybrids in the 2nd year after planting.

Traitement Treatment	Circonférence au collet (cm) à 1,5 an Girth (cm) at 1.5 years		Nombre de feuilles émises entre 1 et 1,5 an Number of fronds emitted between 1 and 1.5 years	
K0	59,1	(100)	5,7	(100)
K1	60,1	(102)	5,7	(100)
K2	62,7	(106)	5,9	(104)
Cl0	57,1	(100)	5,5	(100)
Cl1	61,7	(108)	6,0**	(109)
Cl2	63,2*	(111)	5,8*	(105)

* : significatif au seuil de 5 % / * : significant at 5%.

** : significatif au seuil de 1 % / ** : significant at 1%.

Tableau 2. GB CC 08 : floraison et début de production des jeunes cocotiers hybrides PB 121. / GB CC 08: flowering and start of production in young PB 121 coconut hybrids.

Traitement Treatment	% d'arbres sexués à 45 mois % of sex-differentiated at 45 months	Nombre de noix par arbre en 1994 (5 ^e année de plantation) Number of nuts per palm in 1994 (5th palms year after planting)
K0	50	7,2
K1	45	6,2
K2	65	10,5
Cl0	29	4,1
Cl1	63**	8,1
Cl2	68**	11,7**

** : significatif au seuil de 1 % / ** : significant at 1%.

N.B. Une longue sécheresse en 2^e année de plantation a retardé la croissance des arbres, d'où un décalage sur l'entrée en production par rapport au standard de l'hybride PB 121. / N.B. A long drought in the 2nd year after planting retarded palm growth, hence the delay in the start of production compared to the standard situation for the PB 121 hybrid.

Tableau 3. GB CC 08 : teneurs foliaires et production des cocotiers hybrides PB 121 en 1994 (5^e année de plantation). / GB CC 08: leaf contents and yields of PB 121 coconut hybrids in 1994 (5th year after planting).

Traitement Treatment	Nombre de noix par arbre Number of nuts per palm	Teneurs foliaires (feuille 9) en mai 1994 Leaf contents (leaf 9) in May 1994		
		Cl %	K %	Na %
K0Cl0	3,8	0,030	1,589	0,037
K2Cl0	6,8	0,033	1,825	0,017
K0Cl2	10,6	0,452	1,330	0,229
K2Cl2	16,4	0,475	1,684	0,148

d'établir le niveau critique à 0,5 % Cl dans la feuille 14, avec une dose de 2 kg d'engrais chloré par cocotier et par an. Cette dose assure un rendement moyen de 2 à 2,5 t coprah/ha.an, avec des écarts annuels très importants en fonction de l'intensité du stress hydrique (figure 1).

Le rendement peut dépasser 5 t après 2 années successives de pluies bien réparties, tandis qu'il chute à des valeurs inférieures à 0,5 t dans l'année qui suit une année à longue saison sèche.

Lorsque le déficit hydrique atteint des valeurs exceptionnelles (- 666 mm en 1991,

- 842 mm en 1994), la nutrition chlorée joue sur la survie des arbres et non plus sur la production (figure 2).

La droite de régression (figure 2) montre que la survie des cocotiers est étroitement liée à leur nutrition minérale chlorée, et qu'il faut atteindre une teneur de 0,7 % Cl dans la feuille 14 pour assurer la survie des arbres à ce niveau de stress hydrique. Cette valeur est supérieure à celle de 0,5 % obtenue précédemment pour la production. Il est indispensable cependant de l'atteindre, même si elle est luxueuse en année normale, car il est impossible de prévoir long-

temps à l'avance l'incidence d'une année très sèche. Or, celles-ci reviennent à une fréquence non négligeable dans la région du Lampung central (au moins une année sur cinq, jusqu'à une année sur trois dans la période récente).

Comme pour les jeunes plantations, après le chlore, le deuxième facteur nutritionnel à étudier est l'antagonisme K-Na. A teneur foliaire en chlore homogène et non-limitante, jusqu'à quel point peut-on substituer l'ion potassium par l'ion sodium sans diminuer le potentiel de production des cocotiers adultes ? C'est l'objet de l'expérience GB CC 10, mise en place en 1993, comparant l'effet des deux engrais KCl et NaCl, à dose d'engrais chloré équivalente.

Jusqu'à présent, on n'a pas constaté d'effet dépressif du traitement NaCl 100 % sur le rendement des cocotiers (tableau 6).

Les teneurs foliaires ont réagi conformément aux apports de KCl et NaCl, montrant que les deux engrais chlorés sont bien absorbés par les cocotiers. L'absence de réponse de la production est due au fait que les exportations sont encore faibles, à la suite de la sécheresse de 1994. De plus, les teneurs foliaires en K sont encore hautes, y compris sur le traitement NaCl pur. Il faudra attendre un retour à une production normale et une baisse générale des teneurs en K avant de pouvoir observer un effet éventuel.

Tableau 4. GB CC 08 : corrélations teneurs foliaires-production en 1994 (5^e année de plantation) des hybrides PB 121 et PB 111 groupés (54 données). / GB CC 08: leaf content-yield correlations in 1994 (5th year after planting) for grouped PB 121 and PB 111 hybrids (54 data items).

	Corrélation NN/A - Cl % NN/P - % Cl correlation		Corrélation NN/A - K % NN/P - % K correlation
Totale / Total	0,268*	Totale / Total	0,164
K fixé	0,379**	Cl fixé	0,319*
Mg fixé	0,281*	Mg fixé	0,177
Na fixé	0,422**	Na fixé	0,268
K + Mg fixés	0,394**	Cl + Mg fixés	0,334*
K + Na fixés	0,349*	Cl + Na fixés	0,090
Na + Mg fixés	0,456**	Na + Mg fixés	0,268
K + Na + Mg fixés	0,403**	Cl + Na + Mg fixés	0,136

* : significatif au seuil de 5 %./ * : significant at 5%.

** : significatif au seuil de 1 %./ ** : significant at 1%.

NN/A = nombre de noix par arbre./ NN/P = number of nuts per palm.

fixé : fixed

Tableau 5. GB CC 03 : effet de doses croissantes de NaCl sur la production et la résistance au stress hydrique de cocotiers hybrides PB 121. Moyenne annuelle sur 8 campagnes (1989-1996). / GB CC 03: effect of increasing NaCl rates on yields and resistance to water stress in PB 121 coconut hybrids. Annual mean over 8 seasons (1989-1996).

Traitement Treatment	Moyenne des teneurs foliaires en Cl (%) feuille 14 Mean Cl contents (%) in leaf 14	Nombre de noix par arbre producteur Number of nuts per bearing palm	Coprah par noix (g) Copra per nut (g)	Kg coprah par arbre producteur Kg of copra per bearing palm	Nbre de pal- mes vertes par arbre en fin de saison sèche 1991 No. of green fronds/palm at the end of the dry season of 1991	Nombre d'arbres à l'hectare fin 1996 (1) Number of palms per ha at the end of 1996 (1)	Tonnes de coprah par hectare Tonnes of copra per hectare
NaCl0 (témoin sans NaCl) (control without NaCl)	0,276	54,8	184	10,7	6,4	78	1,47
NaCl1 (1,5 kg NaCl/arbre.an) (1.5 kg NaCl/palm.yr)	0,491	69,0	195	14,0	13,5	142	2,10
NaCl2 (3 kg NaCl/arbre.an) (3 kg NaCl/palm.yr)	0,565	71,5	196	14,4	14,5	148	2,17
NaCl3 (4,5 kg NaCl/arbre.an) (4.5 kg NaCl/palm.yr)	0,593	76,0	201	15,8	14,9	148	2,38

N.B. Les arbres reçoivent une fumure compensatoire en sulfate de potassium pour maintenir les teneurs en K à des niveaux homogènes et non-limitants, et isoler ainsi l'effet propre du chlore.

N.B. The palms are given compensatory potassium sulphate to keep K contents at uniform, non-limiting levels, and thereby isolate the specific chlorine effect.

(1) Après deux longues sécheresses, en 1991 et en 1994, à partir d'une population initiale de 152 arbres producteurs à l'hectare.

(1) After two long drought periods in 1991 and 1994, from an initial population of 152 bearing palms per hectare.

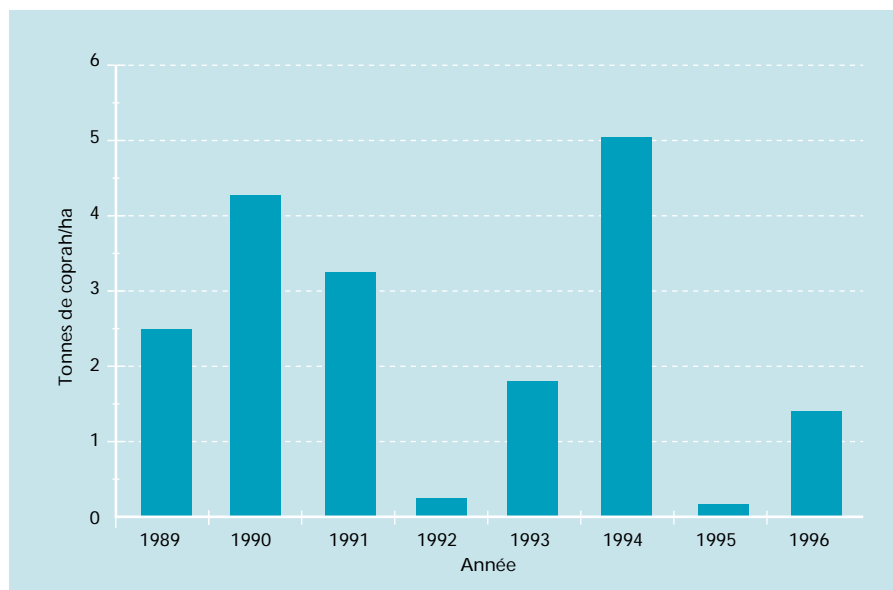


Figure 1. GB CC 03 : variations annuelles de rendement (objet C13). / Trial GB CC 03: annual yield variations (treatment C13).

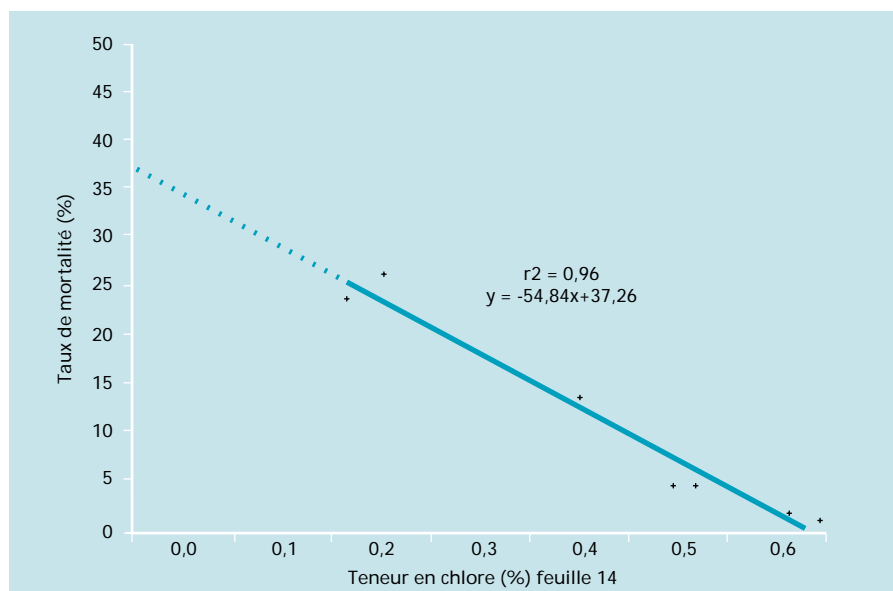


Figure 2. GB CC 01 et GB CC 03 : taux de mortalité des cocotiers hybrides adultes en fonction de la teneur foliaire en Cl, en 1994 (déficit hydrique : - 842 mm). / GB CC 01 and GB CC 03: adult coconut hybrid mortality rate depending on Cl content, in 1994 (water deficit: -842 mm).

Tableau 6. GB CC 10 : effet de différentes combinaisons d'engrais chloré sur la production de cocotiers hybrides PB 121 adultes. / GB CC 10: effect of different combinations of chlorine fertilizers on the yields of adult PB 121 coconut hybrids.

Traitement Treatment	Production cumulée campagnes 1994-1995-1996 Kg coprah par arbre producteur Cumulated production for the 1994-1995-1996 seasons Kg of copra per bearing palm	Teneurs foliaires en mai 1996 feuille 14 Leaf contents in May 1996 leaf 14		
		Cl %	K %	Na %
KCl pur / Pure KCl	26,4	0,443	1,830	0,061
$\frac{3}{4}$ KCl - $\frac{1}{4}$ NaCl	29,1	0,448	1,746	0,089
$\frac{1}{2}$ KCl - $\frac{1}{2}$ NaCl	24,7	0,472	1,705	0,120
$\frac{1}{4}$ KCl - $\frac{3}{4}$ NaCl	25,1	0,496	1,597	0,177
NaCl pur / Pure Na Cl	26,2	0,468	1,405	0,246

Pas de différence significative sur la production. / No significant difference in yields.

L'intérêt de cette expérience est de déterminer la combinaison KCl-NaCl optimale à Gunung Batin. Pour le moment, toutes les données expérimentales convergent pour dire qu'on peut substituer le KCl dans une large mesure par le NaCl, au moins jusqu'à la moitié, peut-être plus. En Inde, Joseph *et al.* (1993) avaient abouti à une proportion optimale de $\frac{1}{2}$ KCl - $\frac{1}{2}$ NaCl.

Conclusion

Les expériences de fertilisation chlorée effectuées sur la plantation Multi Agro Corporation de Gunung Batin nous amènent à conclure que l'élément chlore :

- est le facteur nutritif limitant principal de la cocoteraie ;
- agit sur toutes les variables de croissance et de production : croissance végétative, floraison, nombre de noix, taille du fruit ;
- agit encore plus significativement en période de fort stress hydrique : moins de chute de jeunes noix, de dessèchement de palmes, de mortalité en cas de stress hydrique particulièrement sévère ;
- est très rapidement et très efficacement assimilé ;
- permet de substituer largement l'engrais KCl par l'engrais NaCl.

On a pu, ainsi, définir un niveau critique de 0,5 % Cl dans la feuille 14, obtenu par un apport annuel de 2 kg d'engrais chloré par arbre, pour la production, et un niveau de 0,7 % Cl dans la feuille 14 pour la résistance au stress hydrique. Etant donné l'incidence de plus en plus fréquente de longues saisons sèches, il est prudent d'amener les cocotiers de la plantation à un niveau proche de 0,7 % Cl par des apports conséquents de chlorure de sodium.

Observations en plantations villageoises et industrielles

Pépinière et jeunes plantations

Sur les plantations Kodeco de Barito, province de Kalimantan Selatan et Tri Bakti Sari Mas de Sei Besar, province de Riau (carte), l'apport de chlorure de sodium en pépinière a plusieurs avantages. D'abord, il protège contre l'helminthosporiose, ce qui est intéressant pour des hybrides et variétés sensibles à ce champignon : Magat *et al.* (1977) avaient noté un rôle phytosanitaire du sel en pépinière. Ensuite, il permet de conserver les plants de pépinière en sac plusieurs mois après le stade optimal de mise au champ.

Des plants de pépinière recevant 30 à 40 g de NaCl par sac tous les deux mois, à l'exception de tout autre engrais, et régulièrement taillés, ont pu être conservés en bon état, et ont continué à pousser malgré une réduction de l'arrosage. De plus, ils ont montré une capacité de reprise au champ tout à fait normale, jusqu'à deux ans en *polybag*. Ces observations confirment l'effet positif du chlorure de sodium sur la croissance des plants de cocotiers en pépinière, déjà noté en Indonésie (Sutarta, 1991 ; Wahyuni, 1986), aux Philippines (Oguis *et al.*, 1979) et au Nigeria (Remison et Iremiren, 1990).

L'effet améliorateur du sel sur jeunes plantations a été observé dans deux plantations villageoises sur tourbe épaisse, non soumise à l'influence des marées ; l'une fait partie du projet ISDP (*Integrated swamp development project*) à Rantau Rasau, province de Jambi, à environ 20 km de la côte, l'autre fait partie du même projet ISDP à Rasau Jaya, province de Kalimantan Barat, à environ 30 km de la côte (carte). Dans un cas comme dans l'autre, l'apport de chlorure de sodium améliore de 20 % environ la circonférence au collet à 1 an (tableau 7).

Plantations adultes

Les exemples d'effet positif du chlorure de sodium sont multiples, nous en citons ici quelques-uns pris dans des contextes pédo-climatiques variés.

Sur la plantation de Rasau Jaya à Kalimantan Barat, les cocotiers hybrides plantés en 1988-1989 ont reçu une fumure à peu près complète pendant les trois premières années, puis la fumure a été interrompue. A l'âge adulte, les cocotiers sans sel produisent environ 0,5 t coprah/ha.an, alors que les cocotiers ayant reçu un apport unique de 1,5 kg NaCl par arbre (à l'exception donc de toute autre fumure) produisent 2,0 t coprah/ha.an, deux ans après l'apport (photo 1). Il est intéressant de noter que les cocotiers sans sel montrent des symptômes de grave carence magnésienne, alors que les cocotiers avec sel ont des feuilles plus longues, plus vertes, plus brillantes et beaucoup moins carencées en Mg (photo 2). Peut-être le magnésium provient-il du sel (les dépôts de marais salants peuvent contenir un peu de sels de magnésium) mais plus vraisemblablement la carence magnésienne a été corrigée par le jeu des antagonismes entre cations : l'augmentation de teneur en Na a déprimé les teneurs en K, ce qui a favorisé par ricochet la hausse des teneurs en Mg.

Tableau 7. Projet ISDP : effet du NaCl sur la croissance de jeunes cocotiers hybrides. / ISDP: effect of NaCl on the growth of young coconut hybrids.

Traitement Treatment	Circonférence au collet à 1 an (cm) Girth at 1 year (cm)	
	Rantau Rasau	Rasau Jaya
avec sel / with salt (2 x 100 g/arbre/palm)	50	70
sans sel / without salt	40	52

Fumure de base au premier semestre (g/arbre) : urée 150, super phosphate simple 150, dolomie 400 (application variable).
Basic fertilizer in first half-year (g/palm) : urea 150, single super phosphate 150, dolomite 400 (variable application).



Photo 1.
Cocotiers ayant reçu du sel (droite) et cocotiers n'ayant pas reçu de sel (gauche).
Coconut palms given salt (right) and not given salt (left).

D. Boutin

Sur le projet SCDP (*Smallholder coconut development project*) de Terbanggi Besar, province de Lampung (carte), on constate une amélioration significative très rapide de la taille des fruits (tableau 8).

Dans le district de Bulukumba, province de Sulawesi Selatan (carte), où le climat est défavorable (1 500 mm de pluie par an avec une longue saison sèche de 4 mois) et les sols pauvres, des cocotiers hybrides PB 121 de dix ans ont réagi favorablement à l'apport de chlorure de sodium : les cocotiers sans sel stagnent à un niveau de production de 1 t coprah/ha.an, tandis que les cocotiers avec sel (1 kg NaCl/arbre.an, à l'exclusion de tout autre engrais) passent en deux ans à un niveau de production de 1,8 à 2 t coprah/ha.an.

Dans le district de Toboli, province de Sulawesi Tengah (carte), où le climat et surtout le sol (colluvions brunes riches en potassium) sont plus favorables que précédemment, dans les mêmes conditions de fertilisation (apport ou non de 1 kg NaCl/arbre.an, à l'exclusion de tout autre engrais), les cocotiers hybrides PB 121 adultes passent d'un niveau de 1,5 t coprah/ha.an à un niveau de 2,6 à 3 t coprah/ha.an.

Sur la plantation Tri Bakti Sari Mas de Sei Besar, province de Riau (carte), des cocotiers hybrides PB 121 âgés de huit ans, qui n'étaient plus fertilisés depuis plusieurs années, sont passés en deux ans d'un niveau de production de 0,5 t coprah/ha.an à un niveau de 2 t coprah/ha.an.



Photo 2.
Symptômes de carence magnésienne sur feuille de cocotier n'ayant pas reçu de sel (gauche); carence corrigée par apport de sel (droite).
Magnesium deficiency symptoms on the frond of a coconut palm not given salt (left); deficiency corrected by salt application (right).

D. Boutin

Tableau 8. Terbanggi Besar : effet du NaCl sur le poids de coprah des noix de cocotiers hybrides PB 121 6 mois après l'apport. / *Terbanggi Besar: effect of NaCl on the copra weight of PB 121 hybrid nuts 6 months after application.*

Apport de sel en novembre 1993 <i>Salt applied in November 1993</i>	Répétition <i>Replicate</i>	Coprah par noix (g) / <i>Copra per nut (g)</i>		
		NaCl0 (-)	NaCl1 (0,5 kg/arbre) (0,5 kg/palm)	NaCl2 (1 kg/arbre) (1 kg/palm)
Analyse en avril 1994 (détermination du poids de coprah par noix à partir de lots de 50 noix débouffées cassées) <i>April 1994 analysis (determination of copra weight per nut on batches of 50 split dehusked nuts)</i>	1	122	157	166
	2	122	160	163
	3	128	154	170
	4	134	150	166
	5	112	144	160
	6	112	128	160
	7	138	154	157
	8	138	157	160
	9	154	154	186
	10	154	154	176
	moyenne <i>mean</i>	131	151 (+ 15 %)	166 (+ 27 %)

grâce à un apport généralisé de fertilisants, principalement du chlorure de sodium. Le tableau 9 montre l'évolution des teneurs foliaires en chlore consécutives à l'apport d'engrais chloré.

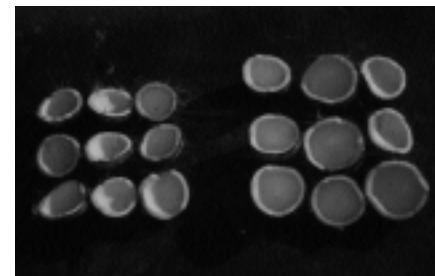
On constate une très bonne assimilation du chlore dans le feuillage des cocotiers, suite aux applications d'engrais chloré, à partir de teneurs initiales très déficientes (< 0,05 %, soit à peine le dixième du niveau critique).

A une seule exception près (unité II 1 entre 10/1995 et 09/1996 où la teneur en Cl a stagné), les teneurs foliaires en Cl ont fortement augmenté, pour se rapprocher en deux ans du niveau critique. L'effet de la fertilisation s'observe aussi sur la taille des fruits sur cette même plantation : en deux ans, le ratio est passé de 7 noix à 5 noix en moyenne pour produire 1 kg de coprah, soit une augmentation de + 40 % en poids de coprah par noix.

Sur le champ semencier de la société Kapas Indah dans le district de Lainea, province de Sulawesi Tenggara (carte), la production des arbres-mères Nain Jaune Malaisie, âgés de trois ans, était quasiment nulle, faute d'entretien et de fertilisation. Là aussi, l'apport d'une fumure complète dont le composant majoritaire est le chlorure de sodium (soit : 2,5 kg NaCl, 0,8 kg KCl et 0,8 kg urée/arbre.an) a amené les cocotiers en deux ans à un niveau de production de 70 noix/arbre.an, sans irrigation. De plus, la production est relativement stable malgré l'incidence d'une longue saison sèche de 4 mois par an.

Dans le district de Tinanggea, province de Sulawesi Tenggara (carte), un producteur de sucre de cocotier (Levang, 1988) a fait les observations suivantes : deux groupes de cocotiers hybrides PB 121 de 45 arbres chacun ont été constitués, l'un recevant du sel (0,7 kg NaCl/arbre.an), l'autre non. En saison

humide, les cocotiers sans sel produisent 7,2 kg de sucre par jour, les cocotiers avec sel 12 kg de sucre par jour, soit + 67 %. De plus, lorsque la saison sèche arrive, les cocotiers sans sel s'arrêtent de produire plus tôt que les cocotiers avec sel. C'est un exemple particulièrement intéressant qui illustre que l'engrais chloré favorise la circulation de sève en période sèche, aspect essentiel de la résistance des cocotiers au stress hydrique. La photo 3 montre des noix débouffées cassées, avec ou sans sel.



D. Boutin

Photo 3. Noix débouffées cassées montrant l'augmentation de la taille des fruits et de leur teneur en coprah selon qu'il y ait eu apport de sel (droite) ou non (gauche).
Dehusked nuts revealing increased fruit size and copra content depending on whether salt was given (right) or not (left).

Conclusion

Plusieurs points ressortent de ces observations sur l'apport de sel, qui recourent très largement les résultats obtenus en station.

Rapidité de la réaction des cocotiers

La production augmente dans les deux années qui suivent, mais des réactions positives sont observables dans l'année : sur l'aspect des feuilles (augmentation de taille, prise d'une coloration vert foncé brillant), sur l'aspect des inflorescences (augmentation de taille, augmentation du nombre de fleurs femelles), sur la nouaison (moins de chutes de jeunes noix) et sur la taille des fruits (augmentation générale de taille, donc de poids de coprah).

Augmentation et stabilisation de la production

Non seulement le rendement moyen annuel augmente largement, mais on constate partout qu'il y a moins de pics de production dans les régions à climat plus sec. Autrement dit, l'engrais chloré permet aux cocotiers de fonctionner plus régulièrement, en amortissant les effets du stress hydrique sur ses fonctions physiologiques telles que la régulation stomatique et la régulation osmotique (Braconnier et d'Auzac, 1990). C'est un point essentiel pour une plantation, car la régularité d'approvisionnement de la partie aval (traitement post-récolte) est aussi importante, sinon plus,

Tableau 9. Sei Besar : effet d'apports d'engrais chloré sur les teneurs foliaires en chlore. / *Sei Besar: effect of chlorine fertilizer applications on leaf chlorine contents.*

Unité DF <i>LA unit</i>	Teneurs foliaires en Cl % feuille 14 <i>Leaf contents (% Cl) leaf 14</i>		
	10/1994	10/1995	09/1996
I 1	0,022	0,052	0,325
I 2	0,043	0,241	0,461
I 3	0,013	0,161	0,435
I 4	-	0,102	0,335
II 1	-	0,472	0,439
II 2	-	0,225	0,374
III 1	-	0,253	0,827
III 2	-	0,063	0,336

Apports d'engrais (kg/arbre) : 1,5 NaCl en février 1995, 0,3 à 0,4 KCl en novembre 1995, 3 NaCl et 0,3 KCl en avril 1996. / *Fertilizer applications (kg/palm): 1.5 NaCl in February 1995, 0.3 to 0.4 KCl in November 1995, 3 NaCl and 0.3 KCl in April 1996.*

que la quantité de matière produite : autrement dit, mieux vaut un rendement moyen bien distribué sur l'année, qu'un fort rendement avec des pics et des creux.

Amélioration de l'état phytosanitaire

En pépinière et sur champs semenciers, l'apport de sel réduit les attaques d'helminthosporiose. A Java, l'apport de sel dans les couronnes foliaires, à l'aisselle des feuilles, diminue la pression de *Tirathaba rufivena*, chenille ravageuse des inflorescences. Enfin, il y a moins de termites dans les plantations dans lesquelles on apporte du sel au pied des cocotiers.

Discussion générale

Intérêt du chlorure de sodium comme fertilisant

Toutes les données obtenues en expérimentation contrôlée, en plantation industrielle et en cocoteraie villageoise concordent : le cocotier est une plante qui réagit très positivement à l'apport de sel, qu'il soit apporté seul ou comme composant principal d'une fumure combinée. On explique alors très bien que les cocotiers produisent mieux le long des franges côtières où ils bénéficient d'apports de chlore atmosphérique (Delmas et Djouka, 1983), qu'ils tolèrent l'irrigation à l'eau saumâtre (Dias da Silva Junior, 1994 ; Pomier et Brunin, 1974), poussant notamment dans les zones de battement de marée.

La frange côtière, où l'apport de chlore atmosphérique est suffisant pour assurer les besoins des cocotiers, est très étroite : Delmas et Djouka (1983) l'ont démontré en Afrique de l'Ouest, il existe des endroits où le dépôt atmosphérique salin peut être encore plus réduit, selon la direction des vents dominants et la force des embruns, ce qui explique que l'apport de sel puisse être déjà rentable même à quelques kilomètres de la côte.

Dès que l'on s'éloigne de la côte, l'apport de sel est bénéfique sur une gamme très variée de types de sol : sols ferrallitiques, sols colluviaux, sols organiques (tourbes)... Jusqu'à présent, on n'a pas constaté d'effet négatif d'apports intensifs de chlorure de sodium sur les sols étudiés. Au contraire, un effet positif a été observé dans des sols de type sulfaté acide, dans la province de Kalimantan Selatan, où l'apport de NaCl diminue l'acidité aluminique (Sarwani *et al.*, 1992). Il faut souligner aussi que si le sel est épandu dans le rond au pied des cocotiers, il est très rapidement absorbé

par un réseau de racines particulièrement dense autour du stipe : le reste est lessivé par les pluies, très peu est retenu par le sol. Le danger de salinisation ou d'alcalinisation des sols n'existe que pour des cas très particuliers.

Un autre avantage de cette absorption très efficace du sel apporté autour du stipe est qu'on peut appliquer du sel aux cocotiers même s'il y a des cultures intercalaires sensibles dans l'interligne. Ainsi, dans l'association cocotier-cacaoyer, fréquente en Asie du Sud-Est, les cacaoyers ne sont pas gênés par les apports de sel aux cocotiers, à condition que celui-ci soit épandu à l'intérieur d'un cercle de 2 m de rayon autour du stipe.

Les cocotiers répondent favorablement à l'apport de sel sous des régimes pluviométriques très variés. Mais la réponse la plus intéressante est obtenue dans les zones où existe un certain déficit hydrique : le sel amortit les effets du stress hydrique et stabilise la production. Il est même encore utile en cas de stress hydrique exceptionnellement sévère, jouant alors non plus sur la production, mais sur la survie de la cocoteraie.

Notons, enfin, que le chlorure de sodium est un engrais nettement plus économique que le chlorure de potassium, en Indonésie. Le prix moyen du NaCl en 1997 en Indonésie est de 110 à 200 Rp/kg (y compris frais de transport et de stockage) contre 650 Rp/kg pour le KCl. En prenant une teneur moyenne du Cl de 49 % pour le chlorure de sodium et de 41 % pour le chlorure de potassium (analyses d'engrais utilisés à Multi Agro en 1995), on calcule alors que le chlorure de sodium revient environ cinq fois moins cher que le chlorure de potassium, rapporté à l'unité fertilisante Cl. Le chlorure de sodium est un engrais naturel, facile à extraire de l'eau de mer par la technique du marais salant, dont il existe des surfaces importantes en Indonésie, spécialement dans des zones à longue saison sèche, notamment l'île de Madura à Java-Est, célèbre pour ses marais salants. De plus, les impuretés contenues dans le sel de mer (autres sels, dont des oligo éléments) ne présentent aucun danger pour les cocotiers, au contraire elles peuvent être bénéfiques.

Recommandations

Les preuves de l'efficacité du chlorure de sodium comme fertilisant du cocotier ont été accumulées depuis plusieurs années dans des zones de culture très variées. Elles sont suffisamment nombreuses et concordantes, notamment en Indonésie, pour don-

ner à cet engrais une place essentielle dans les recommandations de fumure, en particulier sur les projets de développement : TCSDP (*Tree crop smallholder development project*) et ISDP (*Integrated swamp development project*). Le barème de fumure NaCl adopté maintenant est le suivant :

Jeunes cultures

- 100 g NaCl/arbre tous les 3 mois en 1^{re} et 2^e année de plantation ;
- 200 g NaCl/arbre tous les 3 mois en 3^e et 4^e année de plantation.

Cultures en rapport

- 1,5 kg NaCl/arbre.an (équivalent à 200 kg NaCl/ha.an environ) en une ou deux applications annuelles (selon les fluctuations saisonnières locales du prix du sel), jusqu'à ce que le rendement moyen de 2 t coprah/ha.an soit atteint. Dans les zones où le contexte pédoclimatique permet aux cocotiers hybrides de produire plus de 2 t, on apporte un supplément de 0,7 kg KCl/arbre.an pour éviter qu'une déficience potassique ne devienne limitante.

Dans la plupart des projets où se pratique l'association de cultures à base de cocotier, on apporte maintenant de l'engrais chloré uniquement (KCl et NaCl) aux cocotiers, en considérant que les engrais apportés aux cultures intercalaires bénéficient aussi aux cocotiers, ce qui a été démontré en plusieurs endroits (notamment à Multi Agro) par diagnostic foliaire. Dans le cas de l'association cocotier-cacaoyer, par exemple, le cocotier bénéficie des restitutions azotées fournies par la litière des cacaoyers et de l'engrais phosphaté apporté aux cacaoyers.

Quel que soit l'endroit où s'appliquera ce barème, le sel améliorera la croissance, la production et l'état phytosanitaire des cocotiers, et palliera des retards d'application d'autres engrais plus difficilement disponibles (urée, phosphate, KCl). ■

Remerciements.

Les auteurs remercient tous leurs partenaires indonésiens qui leur ont fourni les résultats, en particulier le Dr. K. Subagio, directeur général de la société Multi Agro Corporation jusqu'en 1996, pour l'aide apportée lors de la réalisation des expériences à Gunung Batin, et la direction générale des plantations du ministère de l'Agriculture d'Indonésie, pour l'autorisation de publier les résultats obtenus dans les projets de développement.

Bibliographie / References

- ANON., 1980. Chlore. *In* : Rapport annuel 1978-1979 IRHO. Oléagineux 35 (n° spécial) : 71-72.
- BONNEAU X., OCHS R., KITU W.T., YUSWOHADI, 1993. Chlorine: an essential element in the mineral nutrition of hybrid coconuts in Lampung (Indonesia). Oléagineux 48 (4) : 179-190.
- BRACONNIER S., D'AUZAC J., 1990. Chloride and stomatal conductance in coconut. Oléagineux 45 (6) : 259-266.
- DIAS DA SILVA JUNIOR, 1994. Effet du déficit hydrique et de l'irrigation avec l'eau de mer diluée sur le comportement physiologique des plants de cocotier (*Cocos nucifera* L.) Grand du Brésil en conditions naturelles. Thèse de doctorat, université Paris VII, Paris, France, 156 p.
- DELMAS R., DJOUKA A., 1983. Etude des apports atmosphériques de chlore aux sols en Basse Côte d'Ivoire. Oléagineux 38 (7) : 429-437.
- JOSEPH, P., NAMBIAR P., NAIR C., NAYAR N., 1993. Common salt benefits coconut trees in laterite soils. Indian Coconut J. 24 (2) : 2-3.
- LEVANG P., 1988. Le cocotier est aussi une plante sucrière. Oléagineux 43 (4) : 159-164.
- MAGAT S., MARGATE R., PRUDENTE R., 1977. Utilization of common salt (sodium chloride) as a fertilizer and control of leaf spot disease of coconut seedlings. Philippine J. Coconut Stud. 2 (3) : 39-45.
- MAGAT S., MARGATE R., HABANA J., 1988. Effect of increasing rates of sodium chloride (common salt) fertilization on coconut palms grown under an inland soil (Tropudalf) of Mindanao, Philippines. Oléagineux 43 (1) : 13-17.
- OCHS R., 1985. Stratégie de mise en oeuvre du contrôle nutritionnel des plantes pérennes. Gestion de la nutrition minérale. Programmation des fumures. Oléagineux 40 (12) : 583-594.
- OGUIS L., MAGAT S., MARGATE R., 1979. The effect of chlorine sources and ammonium sulfate on the growth of coconut seedlings. Philippine J. Coconut Stud. 14 (3) : 25-38.
- OLLAGNIER M., OCHS R., POMIER M., DE TAFFIN G., 1983. Action du chlore sur le cocotier hybride PB 121 en Côte d'Ivoire et en Indonésie : développement, tolérance à la sécheresse, production. Oléagineux 38 (5) : 309-321.
- POMIER M., BRUNIN C., 1974. Irrigation des cocotiers à l'eau salée. Oléagineux 29 (4) : 183-186.
- REMISON S.U., IREMIREN G.O., 1990. Effect of salinity on the performance of coconut seedlings in two contrasting soils. Cocos 8 : 33-39.
- SARWANI M., LANDE M., ANDRIESSE W., 1992. Farmers' experiences in using acid sulphate soils: some examples from tidal swampland of southern Kalimantan, Indonesia. Symposium on acid sulphate soils, Ho Chi Minh City, Vietnam, mars 1992. Wageningen, Pays-Bas, International Institute for Land Reclamation and Improvement, 53, p. 113-121.
- SUTARTA E., 1991. Pemakaian garam laut untuk pemupukan bibit kelapa. Manggar IV : 1-7.
- WAHYUNI M., 1986. Percobaan penggunaan pupuk chlor dari KCl dan NaCl (garam dapur) di pembibitan. Pusat Penelitian Kelapa, doc. n° 31/VII/1986.

Sodium chloride, an ideal fertilizer for coconut palms in Indonesia

Bonneau X. ¹, Boutin D. ², Bourgoing R. ², Sugariato J. ³

¹ CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

² CIRAD, Plaza Bisnis Kemang, Jl. Kemang Raya No 2, Jakarta 12730, Indonesia

³ Multi Agro Group, Niaga Building 3rd. floor, Jl.M.H. Thamrin No 55, Jakarta 10350, Indonesia

Smallholders in Indonesia traditionally apply sea salt (sodium chloride) to coconut palms. On the island of Java in particular, the salt is applied in the frond axils and a positive effect is seen on the general condition of the palms: frond appearance, fruit-set, phytosanitary condition.

Chlorine has also been identified as an essential element in coconut palm nutrition in various zones: Brazil (Dias da Silva Junior, 1994), Côte d'Ivoire (Braconnier and d'Auzac, 1990, Ollagnier *et al.*, 1983), India (Joseph *et al.*, 1993), Indonesia (Bonneau *et al.*, 1993, Ollagnier *et al.*, 1983), the Philippines (Magat *et al.*, 1988).

The results obtained under controlled conditions, and observations carried out on estates and smallholdings, can be used to draw up recommendations for using salt as a fertilizer in existing coconut plantations and in planting projects.

On-station trials

The trials referred to were conducted at Multi Agro Corporation's Gunung Batin plantation in Lampung province from 1987 to 1996 (box).

The Gunung Batin plantation is in the centre of Lampung, 70 km west of the coast (map). The soils are ferrallitic with a podzolic tendency, along with a highly indurated hardpan around 100 cm down, preventing effective deep penetration by the roots; the soil water reserve is limited to around 100 mm. The climate has two seasons: a rainy season with a peak between December and March, and a dry season centred on June to September which varies considerably in intensity from one year to the next.

The mineral nutrition trials at Gunung Batin have already been described (Bonneau *et al.*, 1993). This article comments on the results

obtained since then, primarily concerning the effect of sodium chloride. The trials were conducted on PB 121 (MAWA) hybrids.

Young plantings

Trial GB CC 08 compared the effect of sodium chloride (NaCl, shown as Cl in the tables 1 to 3) and potassium sulphate (K₂SO₄, shown as K in the tables 1 to 3) fertilizers. They were applied to young coconut palms twice a year; increasing application rates in line with age. Rate 0 was the control without fertilizer, rate 1 was an intermediate rate and rate 2 was twice rate 1.

The trial showed a dominant NaCl effect: the trend was perceptible from the first year after planting and became significant in the second year (table 1). The dominant sodium chloride effect was then confirmed at the time of flowering and during the first harvests from the young hybrid coconut palms (table 2).

Yield in the first year was linked more to leaf chlorine contents than to leaf potassium contents (table 3).

The yields in treatment K₂Cl₂, which was considered to be optimum, were primarily due to a strong increase in Cl content. Treatment K₂OCl₂ was also seen to be better than treatment K₂Cl₀, proving that sodium chloride was a more effective fertilizer than potassium sulphate on young coconut palms at Gunung Batin.

The active element in the sodium chloride was indeed the chlorine, since it is known from elsewhere that sodium is not an active element. This was demonstrated experimentally in Côte d'Ivoire (Anon., 1980), and was confirmed by trial GB CC 08: table 3 shows that increased production was linked more to leaf Cl contents than to leaf Na contents.

The dominance of chlorine over potassium is also revealed in the correlations shown in table 4.

The total yield-chlorine correlation (0.268) was significant, whereas the total yield-potassium correlation (0.164) was not. Moreover, the yield-chlorine correlation was maintained and even improved when the other variables were fixed, whereas the yield-potassium correlation only became significant when chlorine was fixed and sodium was not.

Table 4 can therefore be interpreted by saying that chlorine is the dominant element and that potassium only reveals its effect through K-Na antagonism if the chlorine effect is artificially removed. In other words, for young coconut palm nutrition, the first thing is to apply any type of chlorine fertilizer and then deal with potassium nutrition, bearing in mind that sodium can be partially substituted for potassium.

Adult plantings

The trials investigating the effect of chlorine in adult plantings (GB CC 01, GB CC 02, GB CC 03) revealed the positive effect of this nutrient on yields under normal climatic conditions (low to moderate water deficit) and on resistance to water stress under exceptional climatic conditions (very high water deficit) (table 5, figures 1 and 2).

With the IRHO¹ method (Ochs, 1985), the combined results of several trials testing the response of adult coconut hybrids to chlorine fertilizer were used to establish the critical level at 0.5% Cl in leaf 14, with a rate of 2 kg of chlorine fertilizer per coconut palm per year. This rate ensured an average yield of 2 to 2.5 t copra/ha.yr, with substantial annual variations depending on the degree of water stress (figure 1). Yields could exceed 5 t after 2 successive years of well-distributed rainfall, whereas they could fall to below 0.5 t in the year following a long dry season.

When the water deficit reached exceptional values (666 mm in 1991, -842 mm in 1994), chlorine nutrition played a role in palm survival and no longer in yields (figure 2). The regression line (figure 2) shows that the survival of the coconut palms was closely linked to their chlorine mineral nutrition and that a content of 0.7% Cl was required in leaf 14 to ensure palm survival at such a level of water stress. This is more than the 0.5% value obtained earlier for yields. Nevertheless, it is essential to reach it, even if it is a luxury in a normal year, since it is impossible to predict the incidence of a very dry year a long time in advance. Such dry years recur fairly frequently in the central Lampung region (at least every five years, and even every three years in recent times).

As in the young plantings, the next factor studied after chlorine was K-Na antagonism. With a uniform and non-limiting leaf chlorine content, to what extent could the potassium ion be replaced by the sodium ion without reducing the production potential of adult coconut palms? This is the purpose of trial GB CC 10, set up in 1993 to compare the effect of KCl and NaCl fertilizers at equivalent chlorine fertilizer rates.

To date, the 100% NaCl combination has not been seen to have any depressive effect on yields (table 6).

The leaf contents reacted in line with KCl and NaCl applications, showing that the two fertilizers were taken up well by the coconut palms. The lack of a yield response was due to the fact that exports were still low, following the 1994 drought. In addition, the leaf K contents are still high, including in the pure NaCl treatment. It is only once yields have returned to normal and there has been an overall drop in K contents that any effect will be seen.

The culmination of this trial will be to determine the optimum KCl-NaCl combination at Gunung Batin. For the time being, all indications from the experimental data are that KCl can largely be replaced by NaCl, at least up to half and maybe more. In India, Joseph *et al.* (1993) concluded on an optimum proportion of ½ KCl- ½ NaCl.

Conclusion

The chlorine fertilizer trials conducted at Multi Agro Corporation's Gunung Batin plantation lead us to conclude that chlorine:

- is the main limiting nutritional factor in the coconut plantation;
- affects all growth and production variables: vegetative development, flowering, number of nuts, nut size;
- has an even more significant effect in periods of serious water stress: less young nut-fall, drying out of fronds or deaths in the event of a particularly severe water stress;
- is very rapidly and very effectively assimilated;

- enables substantial KCl replacement by NaCl fertilizer.

It was thus possible to define a critical level of 0.5% Cl in leaf 14, obtained with an annual application of 2 kg of chlorine fertilizer per palm, for yields, and a level of 0.7% Cl in leaf 14 for resistance to water stress. Given the increasingly frequent incidence of long dry seasons, it is wise to bring plantation coconut palms up to a level nearing 0.7% Cl with ample sodium chloride applications.

Observations in smallholdings and estate plantations

Nursery and young plantings

On the Kodeco estate at Barito in Kalimantan Selatan province and the Tri Bakti Sari Mas estate at Sei Besar, in Riau province (map), sodium chloride applications in the nursery offer several advantages. Firstly, they protect against *Helminthosporium*, which is useful for the hybrids and varieties susceptible to that fungus: Magat *et al.* (1977) noted the phytosanitary role of salt in the nursery. They also mean that nursery plants can be kept in the bags several months after the optimum planting out stage.

Nursery plants receiving 30 to 40 g of NaCl per bag every two months, without any other fertilizer, and regularly pruned, were kept in good condition and continued to grow despite a reduction in watering. They also revealed normal striking ability when planted out after up to two years in polybags. These observations confirm the positive effect of sodium chloride on coconut seedling growth in the nursery already seen in Indonesia (Sutarta, 1991; Wahyuni, 1986), the Philippines (Oguis, 1979) and Nigeria (Remison and Iremiren, 1990).

The positive effect of salt in young plantings was observed on two smallholdings planted on deep peat, but not subjected to tidal effects; one is part of the ISDP (Integrated Swamp Development Project) at Rantau Rasau, in Jambi province, around 20 km from the coast, the other is part of the same ISDP at Rasau Jaya, in Kalimantan Barat province, around 30 km from the coast (map). In both cases, applying sodium chloride increases stem girth by around 20% at 1 year (table 7).

Adult plantings

There are many examples of the positive effect of sodium chloride, and we mention some below taken from various soil and climatic contexts.

At the Rasau Jaya plantation in Kalimantan Barat, the coconut hybrids planted in 1988-1989 were given a more or less complete fertilizer during the first three years, then fertilization was halted. Once they were adult, the coconut palms without salt produced around 0.5 t copra/ha.yr,

¹ Former Oil Crops Research Institute.

whereas the coconut palms that received a single application of 1.5 kg of NaCl per palm (i.e. without any other type of fertilizer) produced 2.0 t copra/ha.yr two years after the application (photo 1). It is interesting to see that the coconut palms without salt revealed serious magnesium deficiency symptoms, whereas the coconut palms with salt had longer, greener, shinier leaves and were much less Mg deficient (photo 2). Perhaps the magnesium came from the salt (salt marsh deposits sometimes contain small amounts of magnesium salts), but the magnesium deficiency was probably corrected by the antagonism between cations: the increase in Na content depressed K contents, thereby promoting higher Mg contents by a knock-on effect.

In the SCDP (Smallholder Coconut Development Project) at Terbanggi Besar, Lampung province (map), a very rapid, significant difference has been seen in fruit size (table 8).

In Bulukumba district, Sulawesi Selatan province (map), where the climate is unfavourable (1,500 mm of rain per year with a 4-month dry season) and soils are poor, 10-year old PB 121 coconut hybrids reacted favourably to sodium chloride applications: the coconut palms without salt stagnated at a yield level of 1 t copra/ha.yr, whereas the palms with salt (1 kg NaCl/palm.yr, and no other fertilizer) increased in two years to a production level of 1.8 to 2 t copra/ha.yr.

In Toboli district, Sulawesi Tengah province (map), where the climate and especially the soil (potassium-rich brown colluvial deposits) are more favourable than above, under the same fertilization conditions (with or without 1 kg NaCl/palm.yr, without any other fertilizer), adult PB 121 coconut hybrids increased from 1.5 t of copra ha.yr to 2.6 - 3 t of copra ha.yr.

On the Tri Bakti Sari Mas estate at Sei Besar, Riau province (map), eight-year old PB 121 coconut hybrids, which had not been fertilized for a few years, increased in two years from 0.5 t copra/ha.yr to 2 t copra/ha.yr, through a blanket application of fertilizers, primarily sodium chloride. Table 9 shows the changes in leaf chlorine contents after chlorine fertilizer application.

Chlorine uptake into the coconut foliage was seen to be good after chlorine fertilizer applications, with contents rising from initial very deficient levels (< 0.05%, i.e. barely a tenth of the critical level).

Apart from one exception (unit II 1 between 10/1995 and 09/1996 where the Cl content stagnated) the leaf Cl contents increased substantially, approaching the critical level within two years. The effect of fertilization was also seen in fruit size at the same plantation: in two years, the ratio increased from 7 nuts to

5 nuts on average for 1 kg of copra, i.e. a 40% increase in copra weight per nut.

In the seed garden belonging to the Kapas Indah company in Lainea district, Sulawesi Tenggara province (map), the yields of the three-year-old Malayan Yellow Dwarf mother-palms were virtually zero, due to a lack of upkeep and fertilization. Here again, application of a complete fertilizer whose main component was sodium chloride (i.e.: 2.5 kg NaCl, 0.8 kg KCl and 0.8 kg urea/palm.year) brought the palms to a production level of 70 nuts/palm.yr in two years, without irrigation. Moreover, yields remained relatively stable despite a long 4-month dry season per year.

In Tinanggea district, Sulawesi Tenggara province (map), a coconut sugar producer (Levang, 1988) made the following observations: two groups of PB 121 coconut hybrids were made up comprising 45 palms each, one given salt (0.7 kg NaCl/palm.yr), the other not. In the rainy season, the coconut palms without salt produced 7.2 kg of sugar per day, those with salt produced 12 kg of sugar per day, i.e. 67% more. Moreover, when the dry season arrived, the coconut palms without salt stopped producing sooner than those with salt. This is a particularly interesting example showing that chlorine promotes sap circulation during the dry season, which is an essential aspect of coconut palm resistance to water stress. Photo 3 shows split dehusked nuts, with or without salt.

Conclusion

These observations on salt applications bring out several points which very largely tally with the on-station results.

Speed of coconut palm reaction

Yields increase in the following two years, but positive reactions can be seen within the year: as regards frond appearance (increase in size, taking on of a shiny dark green colour), inflorescence appearance (increase in size, larger number of female flowers), fruit-set (less young nut fall) and fruit size (general size increase, hence copra weight increase).

Yield increase and stabilization

Not only do annual average yields increase substantially, but there are also fewer production peaks everywhere in regions with a drier climate. In other words, chlorine fertilizer enables coconut palms to function more regularly, by attenuating the effects of water stress on their physiological functions such as stomatal and osmotic regulation (Braconnier and d'Auzac, 1990). This is an essential point for a plantation, as the regularity of supplies downstream (post-harvest processing) is as important, if not more so, than the quantity of raw material produced: in other words, moderate production well distributed throughout the year

is better than high yields with peaks and troughs.

Improvement of phytosanitary condition

In nurseries and seed gardens, salt reduces *Helminthosporium* attacks. On Java, salt applications in the leaf crown, in the frond axils, reduces the pressure of *Tirathaba rufivena*, a caterpillar that attacks inflorescences. Lastly, there are fewer termites in plantations where salt is applied at the foot of the coconut palms.

General discussion

Merits of sodium chloride as a fertilizer

All the data obtained in controlled experiments, on estate plantations and smallholdings agree: the coconut palm is a plant that reacts highly positively to salt applications, whether applied alone or as the main component of a compound fertilizer. This clearly explains the higher yields of coconut palms planted along coastal strips, where they benefit from chlorine in the atmosphere (Delmas and Djouka, 1983) and they tolerate irrigation with briny water (Dias da Silva Junior, 1994; Pomier and Brunin, 1974) as they grow in zones under tidal influence.

The coastal strip where sufficient chlorine is supplied by the atmosphere to cover the requirements of coconut palms is very narrow; Delmas and Djouka (1983) demonstrated this in West Africa, where there are places in which salty atmospheric deposits can be further reduced depending on the direction of the prevailing winds and the force of the sea spray, which explains why salt applications can already be cost-effective just a few kilometres from the coast.

Any distance from the coast, salt applications are beneficial on a very varied range of soil types: ferrallitic soils, colluvial soils, organic soils (peat). So far, intensive sodium chloride applications have never been seen to have a negative effect on the soils studied. On the contrary, a positive effect was seen in acid sulphate type soils in Kalimantan Selatan province, where NaCl application reduced aluminium acidity (Sarwani *et al.*, 1992). It also needs to be pointed out that when salt is spread in the circle at the foot of coconut palms, it is very quickly taken up by a particularly dense root network around the stem: the rest is leached by rainfall and very little remains in the soil. The danger of soil salinization or alkalinization only exists in very special cases.

Another advantage of such efficient uptake of salt applied around the stem is that the salt can be applied even if there are sensitive intercrops in the interrow. Thus, with coconut/cocoa intercropping, which is frequent in Southeast Asia, the cocoa trees are not affected by the salt applied to the coconut palms, provided it is spread within a 2-m radius of the stem.

Coconut palms respond positively to salt applications under very different rainfall patterns, but the best response is obtained in zones with a certain water deficit: salt attenuates the effects of water stress and stabilizes yields. It is even more effective in the event of very severe water stress, when it no longer plays a role in production, but in coconut palm survival.

Lastly, it is worth noting that sodium chloride is a much more economical fertilizer than potassium chloride, in Indonesia. The average price of NaCl, in Indonesia, in 1997, is Rp 110 - 200 per kg (including transport and storage costs) as opposed to Rp 650 per kg for KCl. Taking a mean Cl content of 49% for sodium chloride and of 41% for potassium chloride (analysis of fertilizers used at Multi Agro in 1995), it can be calculated that sodium chloride works out around five times cheaper than potassium chloride, per Cl fertilizer unit. Sodium chloride is a natural fertilizer that is easy to extract from sea water using the technique used in salt marshes, of which large areas exist in Indonesia, especially in zones with a long dry season, notably the island of Madura, East Java, which is famous for its salt marshes. Moreover, the impurities contained in sea water (other salts, including trace elements) are not a danger to coconut palms, on the contrary they can be beneficial.

Recommendations

Proof of sodium chloride effectiveness as a coconut fertilizer has been cumulated over several years in highly varied growing areas. It is sufficient and conclusive enough, particularly in Indonesia, to accord this fertilizer an essential place in fertilizer recommendations, especially in development projects: TCSDP (Tree Crop Smallholder Development Project) and ISDP (Integrated Swamp Development Project). The NaCl fertilizer schedule now adopted is given below.

Young crops

- 100 g NaCl/palm every 3 months in the first and second years after planting;
- 200 g NaCl/palm every 3 months in the third and fourth years after planting.

Bearing crops

- 1.5 kg NaCl/palm.yr (equivalent to approximately 200 kg NaCl/ha.yr), in one or two annual applications (depending on local seasonal fluctuations in salt prices), until a mean yield of 2 t of copra/ha.yr has been achieved. In soils where the soil and climatic context enable coconut hybrids to produce more than 2 t, a supplement of 0.7 kg KCl/palm.yr is applied to prevent a limiting potassium deficiency.

In most projects where coconut is intercropped with other crops, chlorine fertilizers alone (KCl and NaCl) are applied to the coconut palms,

considering that the fertilizers applied to the intercrops are also beneficial to the palms, which has been demonstrated in several places (particularly at Multi Agro) by leaf analysis. For example, with coconut/cocoa intercropping, the coconut palms benefit from nitrogen restitution by cocoa tree litter and from the phosphate fertilizer applied to the cocoa trees.

Wherever this schedule is applied, the salt will improve growth, yields and the phytosanitary condition of the coconut palms, and will compensate for delays in applying other fertilizers which are more difficult to get hold of (urea, phosphate, KCl). ■

Acknowledgements

The authors would like to thank all their Indonesian partners who provided the results, especially Dr K. Subagio, the Managing Director of Multi Agro Corporation until 1996, for his assistance during the trials conducted at Gunung Batin, and the Directorate General of Estates at the Indonesian Ministry of Agriculture for permission to publish the results obtained in the development projects.