

CONVENTIONS  
SCIENCES DE LA VIE  
BOTANIQUE

N° 7

1993

Essais de revégétalisation par des espèces locales  
d'anciens sites miniers de la région de Thio

Tanguy JAFFRE  
Frédéric RIGAULT  
Jean-Michel SARRAILH

CONVENTION  
ORSTOM - CIRAD Forêt  
PROVINCE SUD

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CENTRE DE NOUMÉA

ORSTOM

CONVENTIONS  
SCIENCES DE LA VIE  
BOTANIQUE

N° 7

1993

Essais de revégétalisation par des espèces locales  
d'anciens sites miniers de la région de Thio

\* Tanguy JAFFRE, \* Frédéric RIGAULT, \*\* Jean-Michel SARRAILH

\* ORSTOM, \*\* CIRAD Forêt



CONVENTION ORSTOM - CIRAD Forêt - PROVINCE SUD

ORSTOM

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

CENTRE DE NOUMÉA

© ORSTOM, Nouméa, 1993

/Jaffré, T.  
/Rigault, F.  
Sarrailh, J.M.

**Essais de revégétalisation par des espèces locales d'anciens sites miniers de la région  
de Thio**

Nouméa : ORSTOM. Septembre 1993. 31 p.  
*Conv. : Sci. Vie : Bot. ; 7*

Ø21ENVECO ; Ø82VEGETØ2

REVEGETALISATION ; MINE ; ETUDE EXPERIMENTALE ; PROTECTION DES SOLS ;  
RESTAURATION ; FORMATION VEGETALE ; MAQUIS MINIER ; COUVERT VEGETALE /  
NOUVELLE CALEDONIE ; THIO REGION

Imprimé par le Centre ORSTOM  
Septembre 1993



## INTRODUCTION

L'exploitation à ciel ouvert du minerai de nickel dans la région de Thio, l'un des secteurs les plus activement et les plus anciennement exploités sur le Territoire (début des exploitations en 1876), a eu pour corollaire un accroissement des zones dénudées inesthétiques et sensibles à l'érosion et une perte de la diversité biologique des sites concernés.

Les essais précédemment menés par l'ORSTOM et par le C.T.F.T. (CIRAD Forêt) pour le compte de la Société Métallurgique Le Nickel (SLN)<sup>1</sup> ont montré la possibilité et l'intérêt de l'utilisation d'espèces locales adaptées aux milieux issus de roches ultramafiques ("terrains miniers") pour végétaliser les sites exploités.

Le but des présents essais était :

- de tester sur plusieurs sites, incluant des substrats saprolitiques (matériaux peu évolués riches en Ni et Mg), quelques unes des espèces ayant donné des résultats positifs dans d'autres conditions : *Acacia spirorbis* (Jaffré, Latham 1976, CTFT 1985), *Casuarina collina*, *Arillastrum gummiferum*, *Alphitonia neocaledonica* (CTFT 1978-1985, Cherrier 1990) ainsi qu'une variété d'espèces des maquis miniers ayant donné de bons résultats en cours d'essais en vases de végétation et dont la multiplication par semences ou par boutures est aujourd'hui partiellement ou totalement maîtrisée (Petinot 1991, Jaffré et Rigault 1991, Jaffré et al 1992).

- d'analyser les modalités d'implantation des différentes espèces afin de préciser leur efficacité dans le processus de la restauration des sites, qui doit aboutir à l'installation d'une couverture végétale parfaitement rétablie dans ses fonctions antiérosives, régulatrices des débits hydriques et esthétiques. Les qualités biologiques de cette végétation (richesse, diversité) seront propres à garantir sa durabilité et sa capacité à évoluer progressivement vers des groupements plus denses tendant vers des formations climaciques.

---

<sup>1</sup> des essais sur matériaux ferrallitiques désaturés, provenant de 2 tests d'exploitation de minerai de nickel de faible teneur ont été également effectués par le CTFT pour le compte de l'INCO et de PENAMAX à la Plaine des Lacs (extrémité sud de la Grande-Terre).

## LES ESSAIS

Ils ont été installés sur d'anciens sites d'exploitation : "Ninga" à 732 m d'altitude et "Crépuscule", à 760 m d'altitude (cartes en annexe).

Ils comprennent des plantations dans différentes conditions pour chaque site et des expérimentations d'ensemencement hydraulique (hydroseeding) à Ninga.

### 1- Les conditions édaphiques des différentes parcelles

#### \* Ninga

Il s'agit d'une ancienne carrière abandonnée. Les substrats dénudés sont constitués en majorité de matériaux rocheux et de saprolites. Ces dernières correspondent à la zone d'altération des péridotites. Ce sont des matériaux terreux ou encore durs mais poreux, ayant conservé la structure de la roche mère.

Les analyses chimiques (tableaux 1) indiquent qu'il s'agit de matériaux à pH basique ou faiblement acide, carencés en N, P, K, Ca et anormalement riches en magnésium, ce qui induit un rapport  $Ca/Mg$  très défavorable pour la nutrition des plantes. Les teneurs en nickel, cobalt et manganèse sont excessivement élevées et très variables d'un prélèvement à l'autre (0,81 à 3,23 % pour Ni; 0,07 à 0,3% pour Co et 0,27 à 1,44 % pour Mn).

#### \* Crépuscule

Les essais ont été installés sur 2 décharges stabilisées "Crépuscule haut" et "Crépuscule extérieur".

Les analyses de sols (tableau 1) comprennent les résultats de plusieurs prélèvements sur Crépuscule haut et ceux d'un échantillon moyen (obtenu à partir de 5 prélèvements élémentaires) sur Crépuscule extérieur. Les résultats indiquent qu'il s'agit ici de matériaux nettement plus ferrallitiques (Fe : 32,7 à 53 %) que ceux de Ninga. Ils demeurent toutefois relativement riches en magnésium (1,86 à 4,03 % pour Crépuscule haut et 8,04% pour Crépuscule extérieur). Les teneurs en N, P, K, Ca sont comme dans tous les cas sur terrains miniers excessivement faibles. Les teneurs en nickel, cobalt et manganèse sont globalement moins élevées qu'à Ninga mais sont toutefois très nettement supérieures aux valeurs habituelles des sols. Les teneurs en phosphore sont par contre en moyenne sensiblement plus élevées à Crépuscule qu'à Ninga.

Crépuscule extérieur se différencie de Crépuscule haut par un pH basique, des teneurs en nickel et en magnésium plus élevées et des teneurs en fer et en chrome inférieures. Cette station présente donc des conditions édaphiques intermédiaires entre celles de Ninga et celles de Crépuscule haut dont il convient toutefois de souligner l'hétérogénéité. C'est d'ailleurs là une caractéristique assez constante des déblais miniers des exploitations actuelles et passées en Nouvelle Calédonie.

**Tableau 1 : Analyses chimiques du sol des sites retenus**

N : ancienne terrasse d'excavations - Ninga

Cr : décharge stabilisée - Crépuscule haut

Cr Ext : décharge stabilisée - Crépuscule extérieur

Code	pF 3,0	pF 4,2	C mg/g	N mg/g	C/N	M.O. %	pH	P ppm	P.A.F. %	SiO2 %	Al %	Fe %	Mn %	Ca %	Mg %	Ni %	Cr %	Co %
N1	35,1	23,1		0,06			7,2	3	8,79	42,99	0,767	16,96	1,44	0,021	8,65	2,23	1,58	0,335
N2	39,9	30,5					7,3	3	9,15	47,07	0,434	14,47	0,42	0	10,16	1,92	0,99	0,105
N3	29,8	19,5		0,05			7,3	4	10,18	43,9	0,577	12,56	0,47	0,014	12,92	1,72	1,25	0,104
N4	22,6	15,3		0,05			7,4	12	6,85	39,65	1,555	19,85	1,05	<0,01	6,01	1,33	5,24	0,159
N5	33,1	18,5		0,05			7,7	17	7,08	44,14	1,095	25,29	0,88	<0,01	2,9	0,81	2,48	0,14
N6	34,2	22,8		0,06			7,8	5	9,89	42,07	0,608	16,2	0,4	<0,01	11,35	1,16	1,58	0,074
N7	24,2	17	2,3	0,05	46,00	0,396	7,8	12	8,85	42,43	0,682	16,41	0,52	0,007	9,63	1,97	1,85	0,107
N8	25,4	18,5		0,05			7,5	14	10,29	36,6	0,693	16,92	0,44	0,007	11,69	3,15	1,39	0,128
N9	36,4	21,9	1,1	0,1	11,00	0,189	7,9	17	10,77	31,59	0,741	23,91	0,44	0,007	9,33	2,44	1,07	0,114
N10	29,3	20,5	3,3	0,19	17,37	0,568	7,5	28	11,01	36,03	0,513	16,13	0,27	0,014	12,18	3,23	1,11	0,084
<b>moyenne</b>	<b>31,00</b>	<b>20,76</b>	<b>2,23</b>	<b>0,07</b>	<b>24,79</b>	<b>0,38</b>	<b>7,54</b>	<b>11,50</b>	<b>9,29</b>	<b>40,65</b>	<b>0,77</b>	<b>17,87</b>	<b>0,63</b>	<b>0,01</b>	<b>9,48</b>	<b>2,00</b>	<b>1,85</b>	<b>0,14</b>
<b>ecart type</b>	<b>±5,70</b>	<b>±4,24</b>	<b>±1,10</b>	<b>±0,05</b>	<b>±18,64</b>	<b>±0,19</b>	<b>±0,25</b>	<b>±8,05</b>	<b>±1,44</b>	<b>±4,66</b>	<b>±0,33</b>	<b>±4,01</b>	<b>±0,37</b>	<b>±0,01</b>	<b>±3,06</b>	<b>±0,80</b>	<b>±1,27</b>	<b>±0,07</b>
Cr1	47,3	30,2		0,14			6,7	27	11,75	9,15	1,449	43,4	0,89	0,005	4,03	1,5	3,12	0,168
Cr2	39	26,5		0,11			7,2	16	11,45	17,17	1,09	36,36	0,67	<0,01	6,63	1,14	2,28	0,111
Cr3	35,8	26,4		0,1			5,8	30	12,42	0,98	1,518	52,99	0,64	<0,01	1,86	0,95	2,77	0,062
Cr4	34,4	25,8		0,12			6,2	33	12,63	0,86	1,598	52,21	0,78	<0,01	2,01	1,07	2,85	0,088
Cr5*	35,7	26,1	1,1	0,2	5,50	0,189	6,6	26	11,5	13,4	1,323	42,7	0,57	<0,01	3,56	1,34	2,45	0,109
<b>moyenne</b>	<b>38,44</b>	<b>27,00</b>	<b>1,10</b>	<b>0,13</b>	<b>5,50</b>	<b>0,19</b>	<b>6,50</b>	<b>26,40</b>	<b>11,95</b>	<b>8,31</b>	<b>1,40</b>	<b>45,53</b>	<b>0,71</b>	<b>&lt;0,01</b>	<b>3,62</b>	<b>1,20</b>	<b>2,69</b>	<b>0,11</b>
<b>ecart type</b>	<b>±5,23</b>	<b>±1,81</b>		<b>±0,04</b>			<b>±0,53</b>	<b>±6,43</b>	<b>±0,54</b>	<b>±7,32</b>	<b>±0,20</b>	<b>±7,02</b>	<b>±0,13</b>		<b>±1,93</b>	<b>±0,22</b>	<b>±0,33</b>	<b>±0,04</b>
Crép. ext.																		
<b>moyenne</b> (5 prélèvements)	<b>38,8</b>	<b>28,9</b>		<b>0,14</b>			<b>7,2</b>	<b>15</b>	<b>11,7</b>	<b>19,18</b>	<b>1</b>	<b>32,7</b>	<b>0,65</b>		<b>8,014</b>	<b>1,85</b>	<b>2,2</b>	<b>0,15</b>

## 2- Essais de Plantation

### \* le dispositif expérimental

Il comprend

- 1 parcelle de 500 m<sup>2</sup> à Crépuscule haut
- 1 parcelle de 500 m<sup>2</sup> à Crépuscule extérieur
- 1 parcelle de 500 m<sup>2</sup>, scindée en 2 parties non contiguës à Ninga.
- 1 parcelle de 250 m<sup>2</sup> sur pente.

En outre quelques plantations ont été installées sur merlons et talus au voisinage de l'essai principal.

La préparation des sites a été réalisée avec l'aide technique de la SLN Thio. Elle a consisté à ameubler le substrat par passage croisé du ripper sur environ 40 cm de profondeur suivant une maille de 1 m.

Après cette opération les parcelles de Crépuscule extérieur et de Ninga présentaient une surface de gros blocs rocheux qui ont été laissés en place. Seule la parcelle de Crépuscule haut a pu être régalée.

Un épandage de matière organique (mélange de différentes graminées) a été effectué sur la moitié de chacune des parcelles de Crépuscule haut et extérieur ainsi que sur la totalité de la parcelle de Ninga à raison de 2 kg / m<sup>2</sup>.

### \* la production de jeunes plants.

L'ensemble de la production des espèces choisies s'est étalé sur 12 mois.

La multiplication par bouturage s'est effectuée en atmosphère confinée sous tunnel plastique sur sable de rivière provenant de la rivière Dumbéa et préalablement lavé et désinfecté à l'aide d'une solution à 8 % d'hyperchlorure de sodium afin d'éviter une contamination bactérienne. Les boutures, avant mise en milieu de culture, sont immergées dans une solution de Benlate à 0,5 g/l et préparées avec des régulateurs de croissance (acide 3-indole-butérique).

La germination des semences des espèces arbustives a été obtenue, pour la majorité d'entre elles, en terrine sur tourbe. Pour quelques unes (*Grevillea exul* var. *exul*, *G. meisneri*, *G. gillivrayi* et *Soulamea pancheri*) en boîte de Pétri à l'étuve à 28 °C. Les germinations ont été repiquées principalement en pochons plastique ("pochon forestier") dans un milieu composé pour 1/3 de sable de rivière et 2/3 de terre d'alluvions mixtes, prélevée à la station de Pocquereux à la Foa. A titre de comparaison, des plants ont été repiqués dans une terre provenant de colluvions ferrallitiques sur roches ultramafiques, prélevée à Ouenarou (analyses en annexe).

Le développement s'est révélé dans tous les cas bien meilleur dans le sol d'alluvion, plus équilibré du point de vue minéral, que dans la terre provenant des

terrains miniers. Cette dernière ayant cependant l'avantage d'avoir naturellement de bonnes conditions de drainage.

Les plants de Cypéracées ont été obtenus à partir de graines sur sol ferrallitique colluvial issu de roches ultramafiques dans des "Paperpots" puis élevés dans des sacs plastique sur différents substrats comprenant un sol calcaire, un sol ferrallitique colluvial sur roches ultramafiques et un sol d'alluvions mixtes. Bien que les différences de croissance aient été très variables au sein d'un même lot, on a pu observer en moyenne un meilleur développement sur sol d'alluvions mixtes.

La production de boutures concerne 11 espèces, *Scaevola montana* (Goodéniacées), *Peripterygia marginata* (Célastracées), *Bocquillonia sessiliflora*, *Phyllanthus aeneus*, *P. buxoides*, *P. montrouzieri* (Euphorbiacées), *Normandia neocaledonica* (Rubiacees), *Myrtastrum rufopunctatum*, *Tristaniopsis glauca* (Myrtacées), *Oxera neriifolia* (Verbénacées), *Agatea deplanchei* (Violacées).

La production à partir de semences concerne 26 espèces, *Casuarina collina*, *Gymnostoma chamaecyparis*, *G. leucodon*, *G. deplancheanum*, *G. webbianum*, *G. poissonianum* (Casuarinacées), *Joinvillea plicata* (Flagellariacées), *Geissois pruinosa* (Cunoniacées), *Baumea deplanchei*, *Costularia comosa*, *Schoenus juvenis*, *S. neocaledonicus* (Cypéracées), *Dodonaea viscosa* (Sapindacées), *Grevillea exul var. exul*, *G. exul var. rubiginosa*, *G. gillivrayi*, *G. meisneri*, *Stenocarpus umbelliferus* (Protéacées), *Alphitonia neocaledonica* (Rhamnacées), *Acridocarpus austrocaledonicus* (Malpighiacées), *Arillastrum gummiferum*, *Carpolepis laurifolia*, *Xanthostemon laurinum*, *X. sp.* (Myrtacées), *Acacia spirorbis* (Mimosacées), *Soulamea pancheri* (Simaroubacées).

En outre des plants de *Lepidosperma perteres* (Cypéracée rhizomateuse) ont été obtenus par éclatement de touffes.

La liste des espèces est donnée dans le tableau 2

#### \* Mise en place des plants

Les premières plantations ont été réalisées au cours du mois de mai 1992. Elles se sont étalées jusqu'à la fin juillet en raison de la lente croissance de certaines espèces en pépinière et des difficultés de plantation dues à l'abondance de blocs rocheux.

Les espèces ligneuses ont été plantées tous les mètres, sur des lignes de 25 m dans le cas des parcelles en zone plane (Crépuscule haut, Crépuscule extérieure, Ninga) et sur des lignes de 12 m dans le cas de la parcelle sur pente (Ninga).

Les espèces herbacées, comprenant principalement des Cypéracées des genres *Costularia* et *Schoenus* et 174 pieds de *Joinvillea*, ont été plantées en intercalaire.

Au total ce sont 2052 pieds d'espèces herbacées et 2175 pieds d'espèces ligneuses qui ont été plantés. (le plan des essais est donné en annexe)



Tableau 2 : Liste des espèces testées

Espèces herbacées	Espèces arbustives	Espèces arbustives-arborescentes
<p><i>Baumea deplanchei</i> (Cypéracées)  <i>Costularia comosa</i> (Cypéracées)  <i>Joinvillea plicata</i> (Flagellariacées)  <i>Lepidosperma perteres</i> (Cypéracées)  <i>Schoenus juvenis</i> (Cypéracées)  <i>Schoenus neocaledonicus</i> (Cypéracées)</p>	<p><i>Acridocarpus austrocaledonicus</i> (Malpighiacées)  <i>Agatea deplanchei</i> (Violacées)  <i>Bocquillonia sessiliflora</i> (Euphorbiacées)  <i>Cloezia artensis</i> (Myrtacées)  <i>Dodonaea viscosa</i> (Sapindacées)  <i>Geissois pruinosa</i> (Cunoniacées)  <i>Grevillea exul var. exul</i> (Protéacées)  <i>Grevillea exul var. rubiginosa</i> (Protéacées)  <i>Grevillea gillivrayi</i> (Protéacées)  <i>Grevillea meisneri</i> (Protéacées)  <i>Longetia buxoides</i> (Euphorbiacées)  <i>Myrtastrum rufopunctatum</i> (Myrtacées)  <i>Normandia neocaledonica</i> (Rubiacees)  <i>Oxera neriifolia</i> (Verbénacées)  <i>Peripterygia marginata</i> (Célastracées)  <i>Phyllanthus aeneus</i> (Euphorbiacées)  <i>Phyllanthus buxoides</i> (Euphorbiacées)  <i>Phyllanthus montrouzieri</i> (Euphorbiacées)  <i>Scaevola montana</i> (Goodéniacées)  <i>Soulamea pancheri</i> (Simaroubacées)  <i>Tristaniopsis glauca</i> (Myrtacées)  <i>Xanthostemon laurinus</i> (Myrtacées)  <i>Xanthostemon sp.</i> (Myrtacées)</p>	<p><i>Acacia spirorbis</i> (Mimosacées)  <i>Arillastrum gummiiferum</i> (Myrtacées)  <i>Carpolepis laurifolia</i> (Myrtacées)  <i>Casuarina collina</i> (Casuarinacées)  <i>Gymnostoma chamaecypris</i> (Casuarinacées)  <i>Gymnostoma deplancheanum</i> (Casuarinacées)  <i>Gymnostoma leucodon</i> (Casuarinacées)  <i>Gymnostoma poissonianum</i> (Casuarinacées)  <i>Gymnostoma webbium</i> (Casuarinacées)</p>

Un apport d'engrais (N, P, K : 17-17-17) a été effectué au mois d'août pour toutes les espèces arbustives et un arrosage par une solution de broyât de nodules de bactéries fixatrices d'azote a été réalisé au pied des Casuarinacées (*Casuarina*, *Gymnostoma*).

## RESULTATS

Douze mois après la mise en place de l'essai il serait encore prématuré de tirer des conclusions définitives en raison de la croissance lente, assez générale, des espèces des terrains miniers. Toutefois il est possible de faire un certain nombre d'observations susceptibles d'orienter les choix pour la mise en place de chantiers de revégétalisation, qui devront garder, compte tenu de la complexité des problèmes à résoudre, un caractère expérimental.

En fonction des taux de reprise, de la croissance, de la production de ramifications et du développement en volume, les espèces ont été groupées en 4 catégories. (Tableau 3)

### 1- les espèces ayant manifesté un bon comportement

Ce sont celles qui ont eu un fort taux de reprise (>90%) et dont la taille (ou le volume, notamment pour les Cypéracées et pour *Acacia spirorbis*) a augmenté d'au moins 50 % par rapport à l'état initial en 1 an.

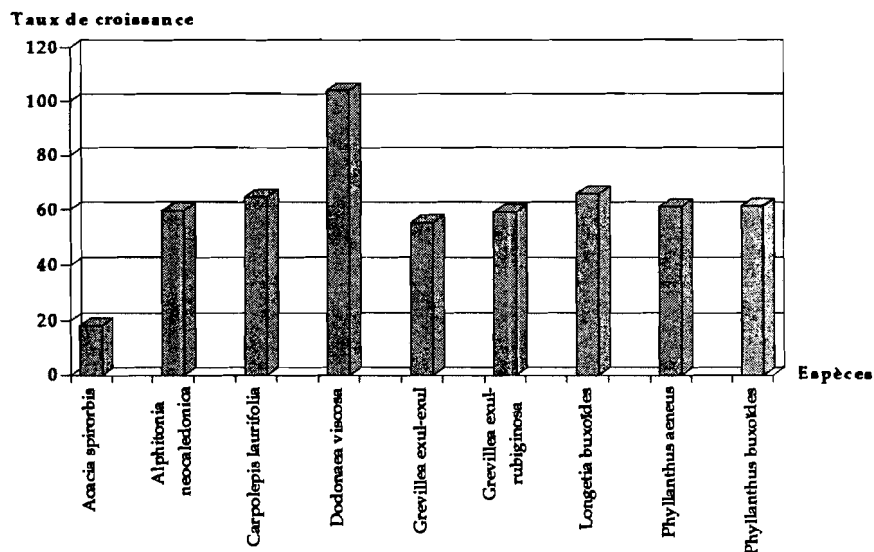


Fig 1 : Taux de croissance (en 1 an) par rapport à la taille à la plantation des espèces ligneuses ayant manifesté un bon développement

Parmi celles-ci les meilleurs résultats sont obtenus pour *Costularia comosa* et *Schoenus neocaledonicus* (Cypéracées) et pour *Carpolepis laurifolia* (Myrtacées). La 3<sup>ème</sup> Cypéracée de cette catégorie, *Schoenus juvenis* manifeste une croissance moins



Site d'expérimentation de Ninga, un an après la mise en place de l'essai



*Schoenus neocaledonicus* - *Carpolepis laurifolia*

**Tableau 3 : Espèces classées en fonction de leurs comportements (développement, croissance, recouvrement) 12 mois après la plantation**

Bon comportement	Comportement moyen	Comportement hétérogène	Comportement médiocre
<i>Acacia spirorbis</i>	<i>Baumea deplanchei</i>	<i>Cloezia artensis</i>	<i>Acridocarpus austrocaledonicus</i>
<i>Alphitonia neocaledonica</i>	<i>Casuarina collina</i>	<i>Geissois pruinosa</i>	<i>Agatea deplanchei</i>
<i>Carpolepis laurifolia</i>	<i>Gymnostoma leucodon</i>	<i>Gymnostoma chamaecypris</i>	<i>Arillastrum gummiferum</i>
<i>Costularia comosa</i>	<i>Gymnostoma poissonianum</i>	<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	<i>Bocquillonia sessiliflora</i>
<i>Dodonaea viscosa</i>	<i>Lepidosperma perteres</i>	<i>Myrtastrum rufopunctatum</i>	<i>Grevillea meisneri</i>
<i>Grevillea exul var. exul</i>	<i>Oxera neriifolia</i>	<i>Normandia neocaledonica</i>	<i>Gymnostoma webbium</i>
<i>Grevillea exul var. rubiginosa</i>	<i>Peripterygia marginata</i>	<i>Tristaniopsis glauca</i>	<i>Joinvillea plicata</i>
<i>Longetia buxoides</i>	<i>Scaevola montana</i>	<i>Xanthostemon spp.</i>	<i>Phyllanthus montrouzieri</i>
<i>Phyllanthus aeneus</i>			<i>Soulamea pancheri</i>
<i>Phyllanthus buxoides</i>			
<i>Schoenus juvenis</i>			
<i>Schoenus neocaledonicus</i>			

importante que les 2 autres, mais il convient de souligner que ceci est également le cas dans les conditions naturelles et que cette espèce, à tendance nettement rupicole, est particulièrement adaptée aux pentes rocheuses souvent arides que constituent les talus de routes.

*Longetia buxoides* et *Phyllanthus aeneus* montrent aussi, mais à un degré moindre que *Carpolepis laurifolia*, une bonne reprise, une bonne croissance et une production de rameaux secondaires assez importante dans le cas de *L. buxoides*.

*Grevillea exul* var. *rubiginosa* et *Grevillea exul* var. *exul*<sup>1</sup> donnent des plants robustes bien ramifiés mais ils se sont montrés sensibles aux vents violents ; plusieurs pieds ayant été couchés à la suite d'une tempête. Cette fragilité ne paraît pas être de règle pour ces espèces dans la végétation naturelle, aussi les causes sont elles à rechercher dans les phases de production en pépinière ou de plantation (mauvais développement ou traumatisme du pivot à la plantation ?)

*Alphitonia neocaledonica* et *Dodonaea viscosa*, qui sont des espèces à croissance relativement rapide par rapport à la plupart des espèces des terrains miniers montrent sur Ninga des symptômes foliaires (nécroses, rougissements, boursoufflures) qui pourraient traduire des phénomènes de déséquilibre minéral ou de toxicité.

*Acacia spirorbis*, dont le taux de croissance est légèrement inférieur à 20% a été classé dans cette catégorie en raison d'un taux de reprise >95% et d'une production importante de rameaux secondaires particulièrement nette à Ninga.

*Phyllanthus buxoides* en dépit du nombre de plants essayés (<5 / site) peut être également classé dans cette catégorie en raison d'une bonne croissance et d'un développement de rameaux secondaires.

## 2- Les espèces à comportement moyen

Sont regroupées ici des espèces qui n'ont pas un bon taux de reprise (taux <30%), une croissance limitée mais qui se sont souvent bien ramifiées.

---

<sup>1</sup> Les plants de moins de 8 cm au moment de la plantation n'ont pas été pris en compte

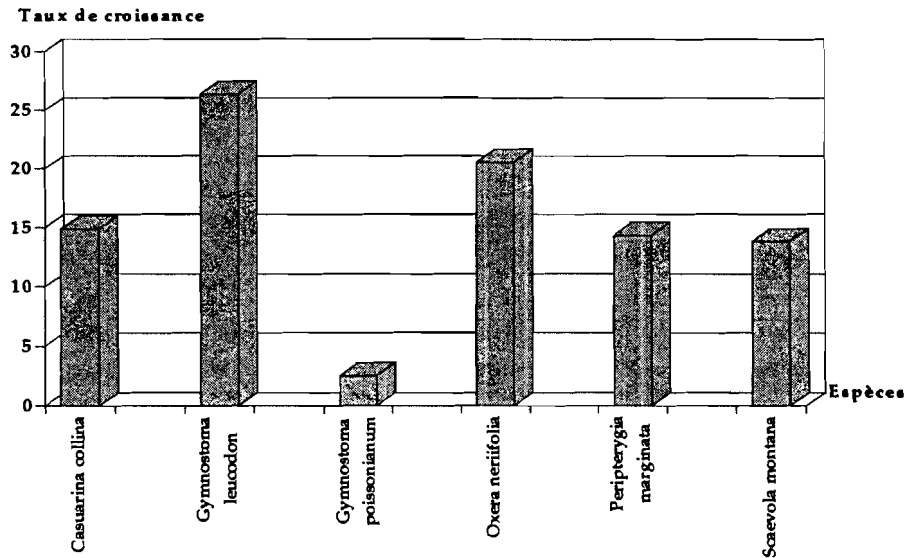


Fig 2 : Taux de croissance (en 1 an) par rapport à la taille à la plantation des espèces ligneuses ayant manifesté un développement moyen

On trouve dans cette catégorie les 2 Cypéracées (*Baumea deplanchei* et *Lepidosperma perteres*) et 6 espèces ligneuses. Parmi ces dernières figurent trois Casuarinacées, *Casuarina collina* qui a un meilleur développement à Ninga où il se ramifie abondamment, *Gymnostoma leucodon* qui a un taux de croissance moyen >25% mais qui s'est peu étoffé et *Gymnostoma poissonianum* dont la croissance demeure très faible.

*Peripterygia marginata*, *Scaevola montana* et *Oxera neriifolia* ont un taux élevé de reprise, une bonne croissance et des ramifications surtout dans le cas d'*Oxera*, mais ces espèces semblent marquer le pas actuellement en période fraîche.

### 3- Les espèces aux comportements hétérogènes

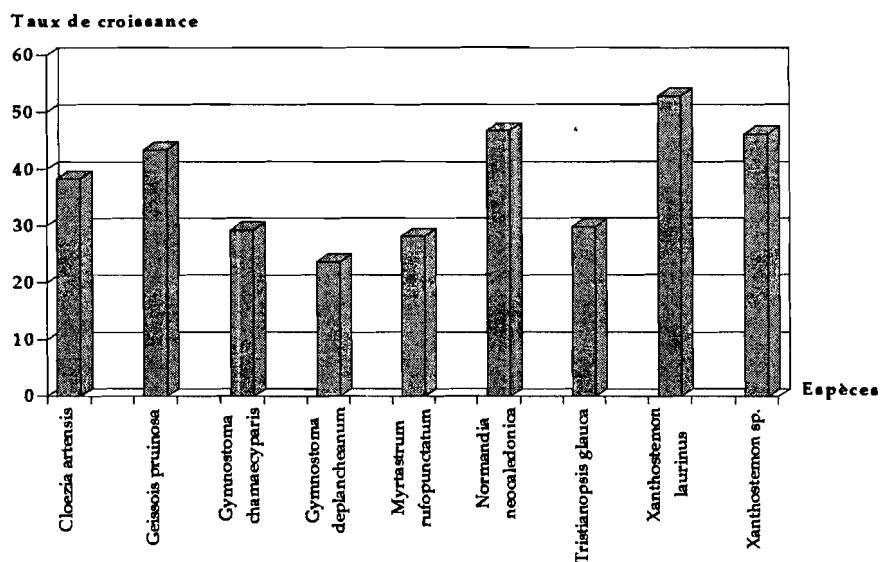


Fig 3 : Taux de croissance (en 1 an) par rapport à la taille à la plantation des espèces ligneuses ayant manifesté un développement hétérogène



*Peripterygia marginata* - *Costularia comosa* - *Gymnostoma chamaecyparis*



Essai d'hydroseeding : plantules de *Costularia comosa*

Elles regroupent des espèces qui ont eu un fort taux de mortalité à l'implantation mais dont les individus restant se sont ensuite bien développés, *Geissois pruinosa*, *Gymnostoma chamaecyparis*, *G. deplancheanum*, *Normandia neocaledonica*, *Xanthostemon spp.*, et des espèces qui se sont bien maintenues mais qui ont dans une même station des développements variables tels *Myrtastrum rufopunctatum* et *Cloezia artensis*, dont quelques pieds ont un développement en volume tout à fait satisfaisant. Il faut souligner dans cette catégorie un comportement nettement meilleur de *Gymnostoma chamaecyparis* sur merlons et bas de talus, où il bénéficie de meilleures conditions de drainage et un meilleur comportement de *G. deplancheanum* à Crépuscule haut.

#### 4- Les espèces aux comportements médiocres

Ce groupe comprend d'une part les espèces qui se sont bien maintenues à la plantation mais qui se sont peu développées ensuite (*Arillastrum gummiferum*, *Bocquillonia sessiliflora*) et d'autre part des espèces qui ont eu un fort taux de mortalité à la plantation et dont le développement demeure très faible (*Agatea deplanchei*, *Phyllanthus montrouzieri*, *Soulamea pancheri*, *Acridocarpus austrocaledonicus*, *Joinvillea plicata*). Il est à préciser qu' *Acridocarpus austrocaledonicus* a été remplacé, lors des regarnis, sur Ninga par *Gymnostoma chamaecyparis* et sur Crépuscule par *G. nodiflorum*.

### ESSAI D'ENSEMENCEMENT HYDRAULIQUE (HYDROSEEDING)

#### 1- Mise en place

Il a été réalisé manuellement sur environ 250 m<sup>2</sup> de talus non stabilisé en pente irrégulière.

6,75 kg de semences (25-30 g/m<sup>2</sup>), comprenant 22 espèces en quantités différentes (tableau 4) ont été utilisées. Seules les graines de *Baumea deplanchei* et *Alphitonia neocaledonica* ont subi un traitement préalable (abrasion au tumbler pendant 36h dans une solution de KNO<sub>3</sub> à 0,3 g/l pour la première et un trempage dans de l'eau chaude (60 °) pour la deuxième).

L'essai se scinde en 2 parties :

- un essai principal sur matériaux meubles, poreux, de bas de talus d'environ 150m<sup>2</sup>
- un essai secondaire sur latérite rouge compactée d'une superficie d'environ 100m<sup>2</sup>.

L'ensemencement s'est fait avec un mélange de semences et de colle organique (Terravest à la dose de 30 g/m<sup>2</sup>) dans les deux cas mais avec un apport d'engrais à raison de 100 g de "Marin granulé" et de 50 g de "Bio engrais" au m<sup>2</sup> pour l'essai principal.



Tableau 4 : Liste des espèces utilisées pour l'ensemencement hydraulique

Espèces	Poids (g)	%
<i>Acacia spirorbis</i>	150	2,22
<i>Alphitonia neocaledonica</i>	450	6,67
<i>Baumea deplanchei</i>	600	8,89
<i>Casuarina collina</i>	100	1,48
<i>Carpolepis laurifolia</i>	235	3,48
<i>Costularia comosa</i>	1100	16,3
<i>Dodonaea viscosa</i>	300	4,44
<i>Geissois pruinosa</i>	45	0,67
<i>Grevillea exul var. exul</i>	20	0,30
<i>Grevillea exul var. rubiginosa</i>	80	1,19
<i>Gymnostoma chamecyparis</i>	100	1,48
<i>Gymnostoma deplancheanum</i>	100	1,48
<i>Gymnostoma leucodon</i>	200	2,96
<i>Gymnostoma poissonianum</i>	100	1,48
<i>Joinvillea plicata</i>	480	7,11
<i>Longetia buxoides</i>	100	1,48
<i>Myrtastrum rufopunctatum</i>	370	5,48
<i>Peripterygia marginata</i>	15	0,22
<i>Schoenus juvenis</i>	850	12,59
<i>Schoenus neocaledonicus</i>	650	9,63
<i>Tristaniopsis callobuxus</i>	85	1,26
<i>Tristaniopsis glauca</i>	195	2,89
<i>Tristaniopsis guillainii</i>	125	1,85
<i>Xanthostemon gugerlii</i>	100	1,48
<i>Xanthostemon laurinum</i>	200	2,96

## 2- Résultats

L'ensemencement a été réalisé au mois d'août après quelques jours de pluie suivis d'une période relativement sèche avant les fortes pluies de la fin 92-début 93 (Fig. 4).

Les germinations ont eu lieu en période humide en 2 vagues successives.

### \* Première vague de germination

Elle s'est produite essentiellement sur la parcelle 1 (essai principal) durant les premières semaines après l'ensemencement. Les semences ayant germés appartiennent à 8 espèces avec *Dodonaea viscosa* qui germe le plus rapidement et en grand nombre. (Tableau 5).

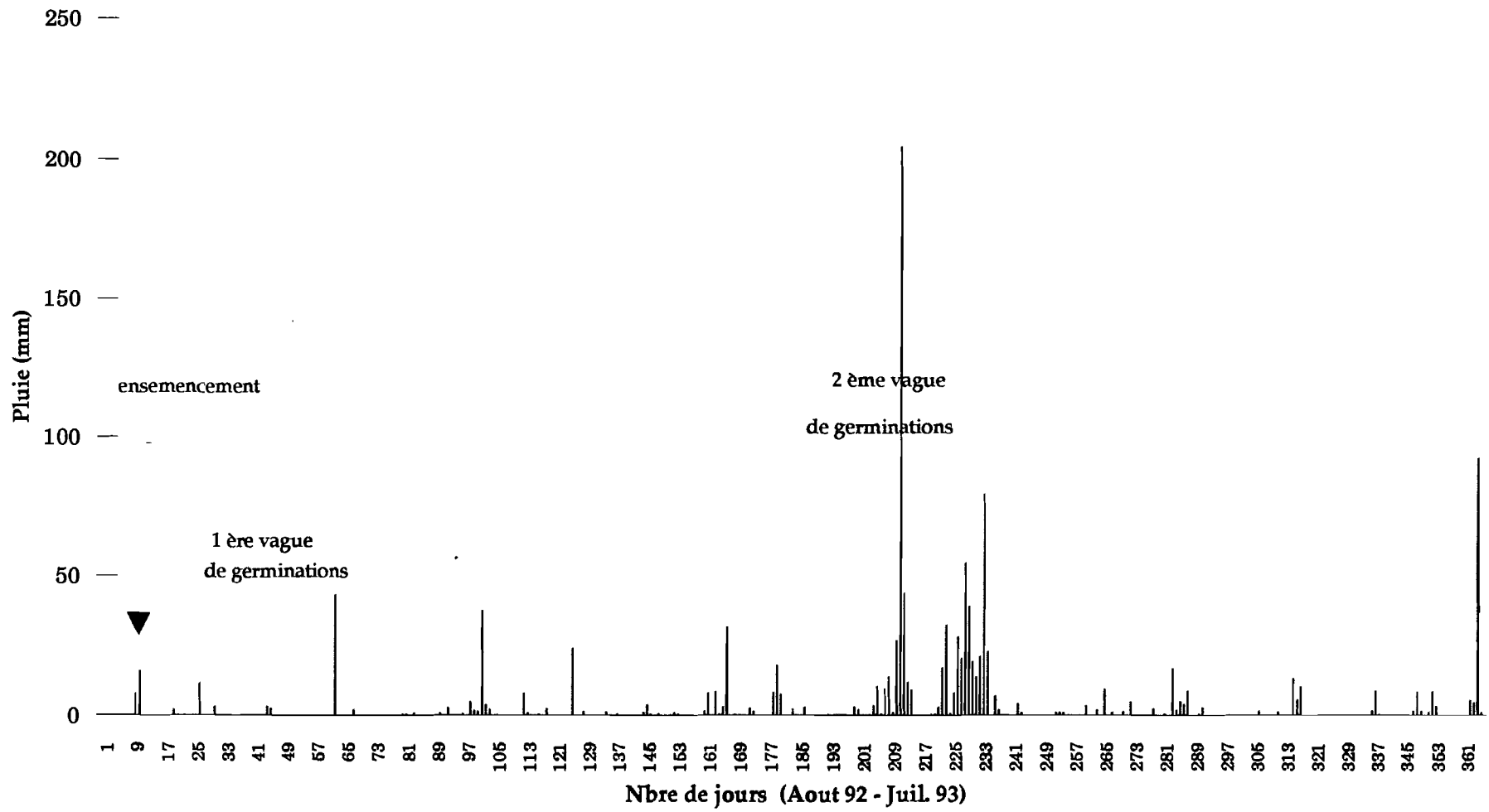


Fig 4 : Pluviométrie journalière à Thio d'aout 92 à juillet 93

**Tableau 5 : Espèces ayant produit des germinations au cours de la première période humide**

Espèces	Densité au m <sup>2</sup>
<i>Acacia spirorbis</i>	<1
<i>Casuarina collina</i>	2-3
<i>Dodonaea viscosa</i>	10-15
<i>Gymnostoma spp.</i>	2-3
<i>Grevillea exul var. exul</i>	2-3
<i>Grevillea exul var. rubiginosa</i>	2-3
<i>Costularia et/ou Schoenus</i>	10-15
Myrtacées spp.	<1

Au cours de la période sèche qui a suivi une grande partie des plantules a été anéantie à l'exception de celles de *Grevillea exul* spp. et de quelques jeunes germinations situées à l'abri des rochers (Cypéracées, Casuarinacées,..).

**\* Deuxième vague de germinations**

- Elle a été très limitée sur la parcelle 2. L'on observe cependant quelques plantules (densité <1/m<sup>2</sup>) d'*Alphitonia neocaledonica*, *Costularia comosa*, *Dodonaea viscosa*, *Grevillea exul var. exul* et *Grevillea exul var. rubiginosa*.

- Les germinations observées sur la parcelle 1 concernent 11 espèces (Tableau 6)

**Tableau 6 : Espèces ayant produit des germinations au cours de la seconde période humide**

Espèces	Densité au m <sup>2</sup>
<i>Alphitonia neocaledonica</i>	1-2
<i>Casuarina collina</i>	1-2
<i>Dodonaea viscosa</i>	3-4
<i>Gymnostoma spp.</i>	<1
Cunoniacées spp.	<1
<i>Grevillea exul var. exul</i>	<1
<i>Grevillea exul var. rubiginosa</i>	1-2
<i>Baumea deplanchei</i>	<1
<i>Costularia comosa</i>	10-15
<i>Schoenus spp.</i>	10-15
Myrtacées spp.	<1

**\* Devenir des germinations**

Les espèces qui manifestent le meilleur développement comprennent *Alphitonia neocaledonica*, *Grevillea exul* var. *rubiginosa*, *Baumea deplanchei*, *Costularia comosa*, *Schoenus* spp. (il n'est pas possible de distinguer aux stades jeunes les 2 espèces de *Schoenus*). On observe également quelques jeunes plants de Myrtacées (*Carpolepis laurifolia*, *Tristaniopsis* spp.), de *Dodonaea viscosa*, mais ces espèces comptent une forte mortalité au stade cotylédonaire.

La distribution des plantules sur la parcelle est très hétérogène. Celles-ci se développent préférentiellement dans des micro-sites à l'abri de rochers et le long des zones d'écoulement des eaux.

Il est encore prématuré de tirer des conclusions sur cet essai, toutefois il est encourageant de constater que les semences de plusieurs espèces sont restées viables dans le sol après plusieurs mois de sécheresse et que des Cypéracées et un *Grevillea* donnent des résultats très positifs.

Un ensemencement au début de la période pluvieuse devrait permettre le développement d'un plus grand nombre d'espèces.

## ROLE DE LA MATIERE ORGANIQUE

Les résultats des essais comparatifs effectués à Crépuscule haut et Crépuscule extérieur sont résumés dans le tableau 7.

Tableau 7 : Effet de l'apport de matière organique

Espèces	Crép. Haut	Crép. Ext.
<i>Acacia spirorbis</i>	+	+
<i>Alphitonia neocaledonica</i>	+	
<i>Arillastrum gummiferum</i>	+	+
<i>Bocquillonia sessiliflora</i>	+	
<i>Carpolepis laurifolia</i>	+	+
<i>Geissois pruinosa</i>	+	+
<i>Grevillea exul</i> var. <i>exul</i>	+	
<i>Grevillea exul</i> var. <i>rubiginosa</i>	+	+
<i>Gymnostoma chamaecyparis</i>	+	
<i>Lepidosperma perteres</i>	+	
<i>Normandia neocaledonica</i>	+	
<i>Peripterygia marginata</i>	+	
<i>Phyllanthus aeneus</i>		+
<i>Scaevola montana</i>	+	+
<i>Schoenus neocaledonicus</i>	+	
<i>Tristaniopsis glauca</i>		+
<i>Xanthostemon</i> spp.	+	

Il ressort que globalement la matière organique a un effet bénéfique, plus net chez certaines espèces, sans doute celles pour lesquelles elle a assuré une meilleure économie de l'eau disponible. De plus, là où elle a été épandue, on constate l'installation spontanée d'une fougère, *Pteridium esculentum*.

La matière organique ne s'étant pas décomposée au bout d'une année, l'effet améliorant par apport d'éléments minéraux et d'azote demeure très limité.

## DISCUSSION - CONCLUSION

La végétalisation des anciens sites miniers demeure, en matière d'environnement, l'un des problèmes majeurs pour la Nouvelle Calédonie.

Plusieurs techniques ou stratégies de végétalisation devront être mises au point pour répondre de manière satisfaisante aux différentes situations. Parmi les solutions qui se dessinent naturellement, aucune ne pourra répondre à tous les cas de figure.

Ceci tient à plusieurs raisons :

- les caractéristiques des matériaux mis à nu. Ils sont toujours excessivement pauvres en N, P, K, Ca mais sont diversement enrichis en magnésium, nickel, manganèse, ont des pH plus ou moins acides ou basiques et sont d'une grande hétérogénéité à l'échelle stationnelle.

- la diversité des conditions climatiques et leur variabilité d'une année sur l'autre. La saison sèche déterminante au moment de l'implantation des espèces est plus ou moins sévère et très fluctuante dans le temps.

- les conditions hydriques sont en outre bien différentes en fonction de la structure et de l'épaisseur de l'horizon meuble, du taux d'engorgement et de porosité ainsi que de l'exposition et de l'inclinaison des stations.

La recherche de méthodes de revégétalisation des anciens sites miniers se pose donc en Nouvelle Calédonie en termes tout à fait originaux, en raison des caractéristiques du milieu (édaphiques et climatiques), de l'étendue des secteurs à végétaliser, mais aussi du caractère original de la flore des terrains miniers. Il s'agit d'une flore très riche (1840 espèces), unique (endémique à plus de 90 %), parfaitement adaptée à des conditions extrêmes de nutrition minérale (carence en éléments majeurs et excès en métaux phyto-toxiques) mais composée d'espèces à croissance lente pour la plupart et dont la biologie (floraison, fructification, modes de multiplications, conservation des semences, exigences et degré de tolérance aux facteurs du milieu, sensibilité aux prédateurs et aux maladies) est encore mal connue.

Si la réhabilitation des terrains dégradés par l'activité humaine a fait l'objet de nombreux travaux de recherche et de réalisations en zones tempérées, dont nous citerons seulement quelques ouvrages ou articles de synthèse qui en font état

(Williamson, Johnson, Bradshaw 1982; Sendlein, Yazicigil, Carlson 1983; Bradshaw 1984 a, b; Jordan, Gilpin, Aber 1987; Cairns 1988; Ravera 1989; Maman, Oberlinkels, Niel 1989), ils sont beaucoup moins nombreux en zone tropicale et n'ont le plus souvent fait l'objet que de rapports à diffusion limitée. Tout en nous inspirant de l'ensemble des travaux existant nous avons tenté de prendre en compte la spécificité des milieux sur roches ultramafiques de Nouvelle Calédonie telle qu'elle a été souvent soulignée (Virot 1956; Jaffré 1980; Jaffré et al. 1987).

Les espèces utilisées sont essentiellement des espèces autochtones, souvent endémiques, croissant naturellement sur terrains miniers. Nous avons volontairement choisi des espèces à la fois peu exigeantes en éléments majeurs, toxicorésistantes à des degrés divers et peu sensibles au déséquilibre Ca/Mg du sol causé par l'excès de magnésium.

Nous avons privilégié les espèces améliorantes (Casuarinacées, Légumineuses) en évitant toutefois de constituer des peuplements trop denses de ces espèces dont la matière organique semble avoir un effet néfaste sur le développement de certaines espèces de la succession secondaire.

Un apport d'engrais a été effectué à la plantation dans le souci d'améliorer la reprise et la croissance au cours de la phase d'implantation. Un essai de paillage a été également effectué toujours dans le but de limiter la phase critique qui se situe au cours des premiers stades des opérations de végétalisation.

Au terme de cet essai en champ, on dispose de 4 Cypéracées : *Baumea deplanchei* (cette espèce devra être cantonnée, en premier lieu, sur merlons terreux et aux zones d'écoulement des eaux de ruissellement), *Costularia comosa*, *Schoenus neocaledonicus* et *S. juvenis* pour l'établissement d'une strate herbacée capable de limiter l'érosion superficielle. Ces 4 espèces étant sensibles aux feux, il serait intéressant de pouvoir y ajouter une Cypéracée rhizomateuse *Lepidosperma perteres* mais dont on ne sait pas, à l'heure actuelle, produire des quantités de graines suffisantes pour un ensemencement par hydroseeding.

Les espèces ligneuses comprenant des arbrisseaux à fort recouvrement (*Myrtastrum rufopunctatum*, *Longetia buxoides*), un sous arbrisseau rupicole, toxico et arido-résistant (*Normandia neocaledonica*), des espèces améliorantes (*Acacia spirorbis*, *Casuarina collina*, *Gymnostoma* spp.), des espèces pionnières ayant manifesté un bon développement dans toutes les situations (*Carpolepis laurifolia*, *Grevillea exul* spp.) se révèlent actuellement tout à fait aptes, avec un certain nombre d'autres moins ubiquistes (*Scaevola montana*, *Peripterygia marginata*, ...), à une utilisation en plantation. On constate cependant qu'*Acacia spirorbis* et *Casuarina collina*, espèces les plus performantes en basse altitude, ont un développement moins satisfaisant dans ces essais.

Par contre les espèces ligneuses ayant donné des résultats positifs par ensemencement hydraulique sont encore en nombre insuffisant. Dans ce domaine deux voies sont à explorer :

- la production de semences d'espèces fortement arido-résistantes,
- l'amélioration du procédé d'ensemencement par utilisation de substances permettant de maîtriser la germination et surtout la phase critique post-germinative.
- la recherche d'espèces adaptées à l'altitude.

## REMERCIEMENTS

La réalisation de ces essais a bénéficié de l'aide du personnel de la Société Minière Le Nickel à Thio pour le choix et la préparation des sites d'expérimentation. Gilles Dagostini, pour l'ORSTOM et Claude Yentao pour le CIRAD ont participé à la production de plants en pépinière et Jean Paul Laclau (CIRAD) a apporté son concours pour la première phase de la mise en place des essais.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bradshaw A.D. 1984 (a). Ecological principles and land reclamation practice. *Landscape Planning*, 11 : 35-48.
- Bradshaw A.D. 1984 (b). Land restoration : now and in the future. *Proc. R. Soc. Land B* 223 : 1-23.
- Cairns J 1988. *Rehabilitating Damaged Ecosystems*. Volume 1 et 2. CRC Press, Inc. Boca Raton, Floride (Vol. 1 : 192 p.; Vol. 2 : 222 p.)
- Cherrier J.F. 1991. Reverdissement des terrains miniers en Nouvelle Calédonie. *Bois et Forêt des Tropiques* n° 225 (3): 5-23.
- CTFT 1978. Problèmes de conservation du milieu naturel posés par l'exploitation du nickel, et recherches entreprises en vue de reconstituer la couverture végétale dégradée par l'exploitation minière et fixer les déblais miniers en Nouvelle Calédonie. CTFT-Nouméa.
- CTFT 1986. Réaménagement du milieu naturel après exploitation minière. Département forestier du CIRAD, 58 p.
- Goodman G.T. 1974. Ecology and the problems of rehabilitating in wastes from mineral extraction. *Proc. R. Soc. Land A* 339 : 373-387.
- Jaffré T., Latham M. 1976. Recherches sur les possibilités d'implantation végétale sur déblais miniers. Rapport ORSTOM Convention ORSTOM-SLN, 19 p.
- Jaffré T. 1980. Végétation des roches ultrabasiques en Nouvelle Calédonie. *Travaux et Documents de l'ORSTOM* n°124, 273 p. + ann.
- Jaffré T., Morat Ph., Veillon J.M., Mackee H.S. 1987. Changements dans la végétation de la Nouvelle Calédonie au cours du Tertiaire : la végétation et la flore des roches ultrabasiques. *Bull. Mus. Natn. Hist. Nat., Paris 4è sér., 9, section B, Adansonia*, 4, 365-391.
- Jaffré T., Rigault F. 1991. Recherche sur les possibilités d'implantation végétale sur sites miniers (Rapport final). *Conventions Sciences de la Vie* n° 5, ORSTOM-SLN, 78 p.
- Jaffré T., Pelletier B. (Rigault F., Dagostini G.) 1992. Plantes de Nouvelle Calédonie permettant de végétaliser des sites miniers. Edition SLN, 14 p.
- Jordan R.W, Gilpin M.E., Aber J.D. 1987. *Restoration Ecology. A synthese approach to ecological research*. Cambridge University Press. Cambridge (342 p.)
- Maman L., Oberlinkels M., Niel J.F. 1989. Le procédé SERAVERT : une méthode scientifique de végétalisation des terrains remaniés après travaux. SERAVERT; Notice du procédé SERAVERT, 31 p.
- Petinot M. 1991. Valorisation de la flore de Nouvelle Calédonie. Etude du potentiel horticole de quelques espèces de terrains miniers. *Rapp. de stage, Sci. Vie. Bota., ORSTOM*, 182 p.
- Revera O. 1989. *Ecological assesment of environmental degradation pollution and recovery*. Elsevier, 369 p.



Sendlein L.V.A., Yazicigil H., Carlson C.L. 1983. Surface mining, Environmental monitoring and Reclamation Handbook, Elsevier, 750 p.

Virost R. 1956. La végétation canaque. Mem. Mus. Natn. Hist. Nat., Paris, sér. B, 7, Botanique : 1-398.

Williamson N.A., Johnson M.S., Bradshaw 1982. Mine wastes reclamation. Mining Journal Books, 103 p.

**ANNEXE**

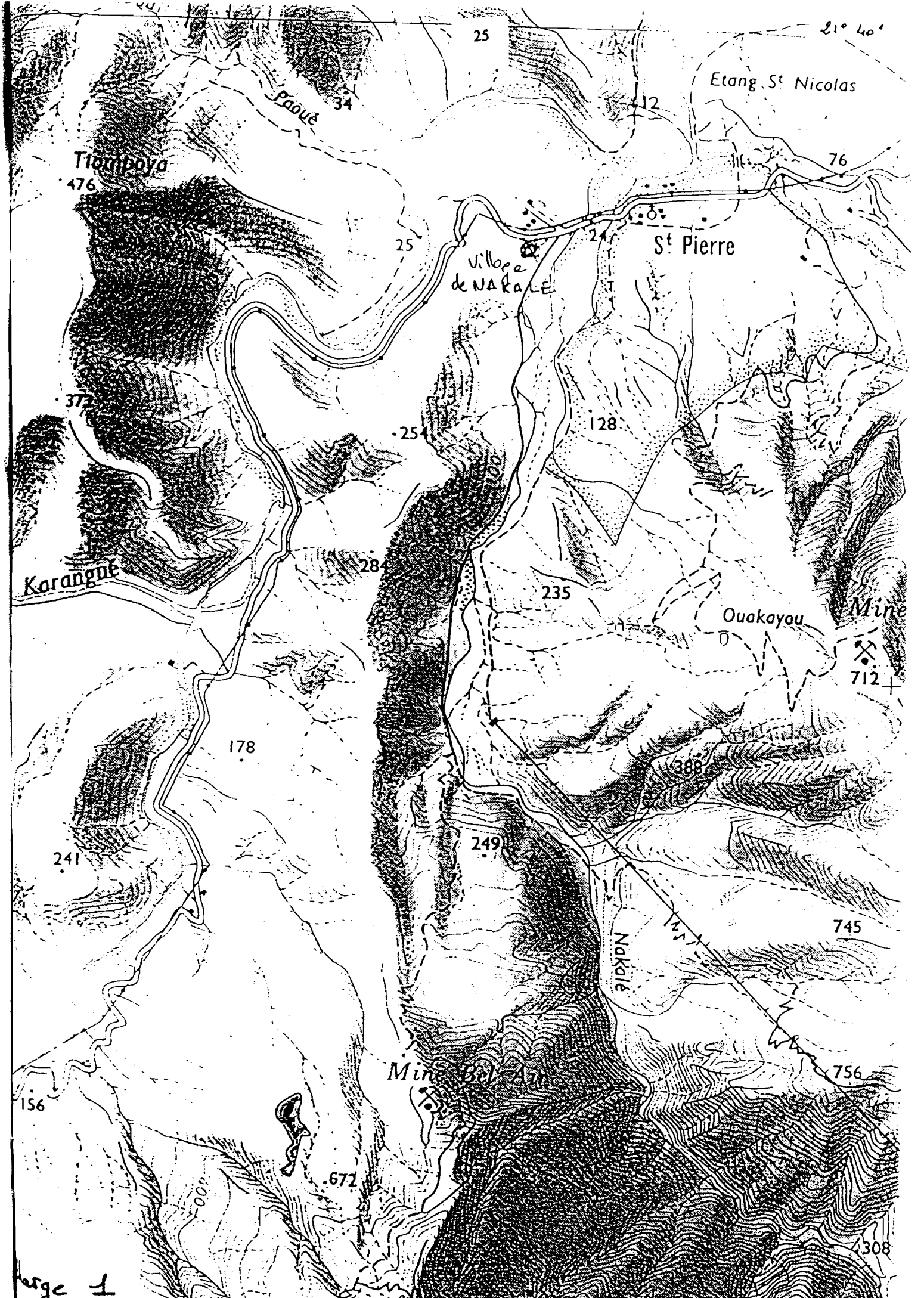
**Analyses chimiques des sols utilisés en pépinière**

**Plans des sites : Ninga - Crépuscule**

**Plans des plantations sur surfaces planes et surface en pente**

### Analyses chimiques des sols utilisés en pépinière

Sols	Alluvions Pocquereux	Colluvions Rivière Bleue
pF3,0	14,7	22,7
pF4,2	9,5	15,4
C mg/g	10,6	13,1
N mg/g	1,07	0,56
C/N	9,9	23,4
M.O.	21,2	26,2
pH	6,1	4,5
P ppm	1500	191
P.A.F. %	5,69	13,4
SiO <sub>2</sub> %	21,26	0,05
Al %	8,29	3,66
Fe %	7,20	50,11
Mn %	0,13	0,32
Ca %	1,13	<0,01
K %	0,73	<0,01
Na %	0,07	<0,01
Mg %	1,79	0,68
Ni %	0,02	0,57
Cr %	0,03	5,47
Co %	0,01	0,06



21° 40'

Etang St Nicolas

Tiapoya

476

Paoué

34

12

76

25

Village de NAKOLE

St Pierre

24

377

254

128

Karangné

284

235

Ouakayou

Mine

712

178

241

249

388

745

NAKOLÉ

Mine Bel Air

756

156

672

308

Large 1

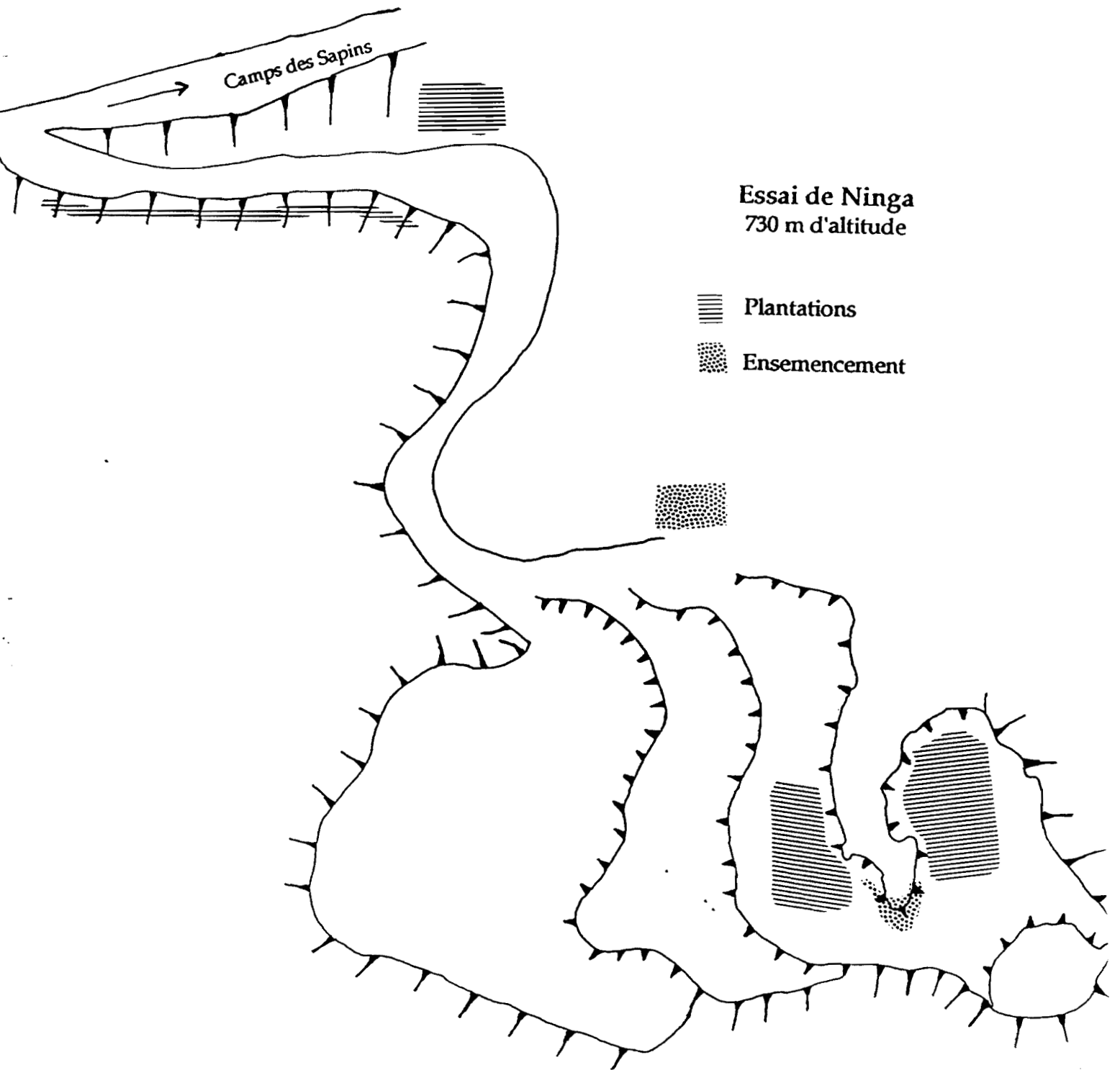


Planche de Boulougari 1/50000 x2

166° 10'

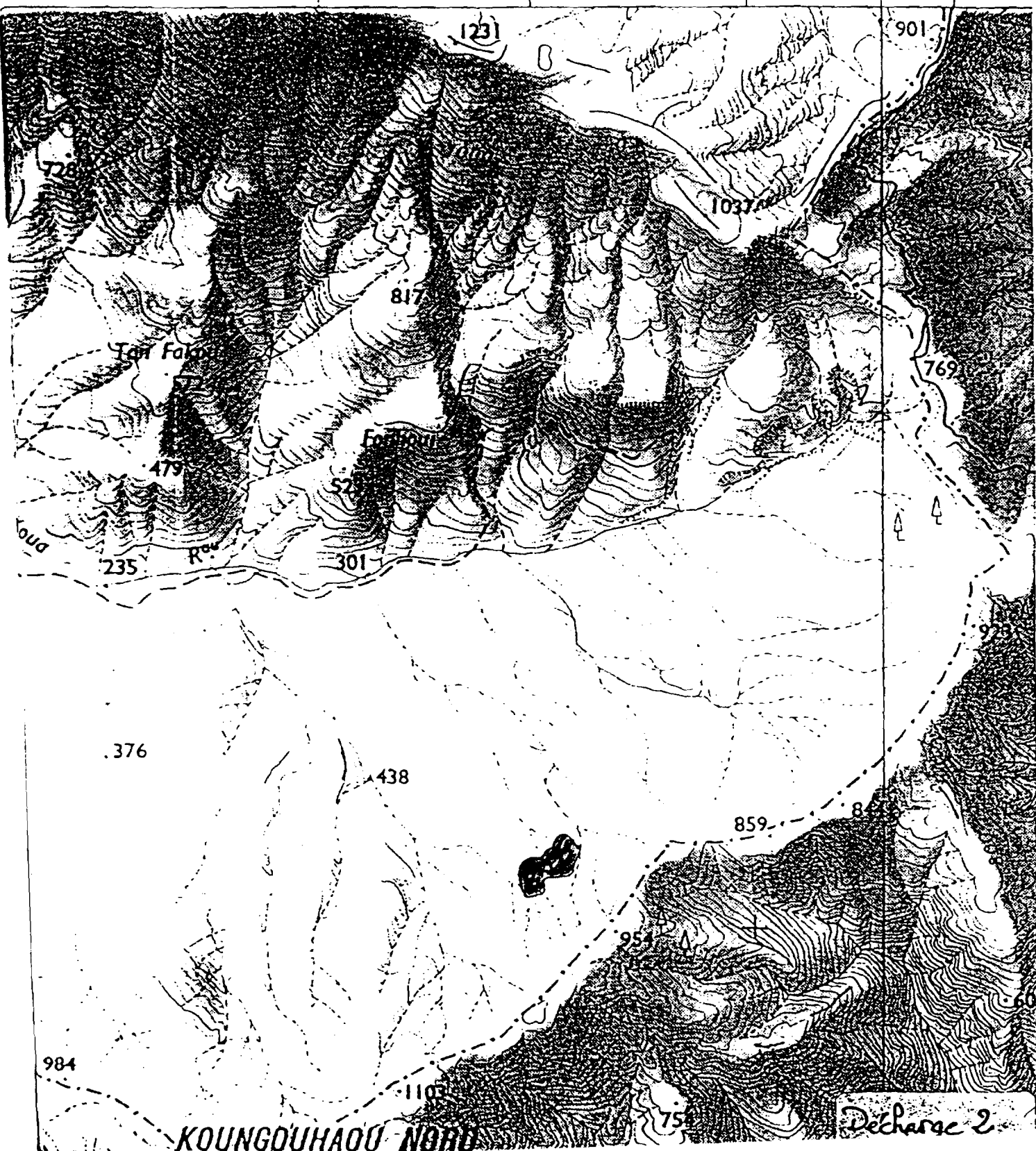
617

618

619

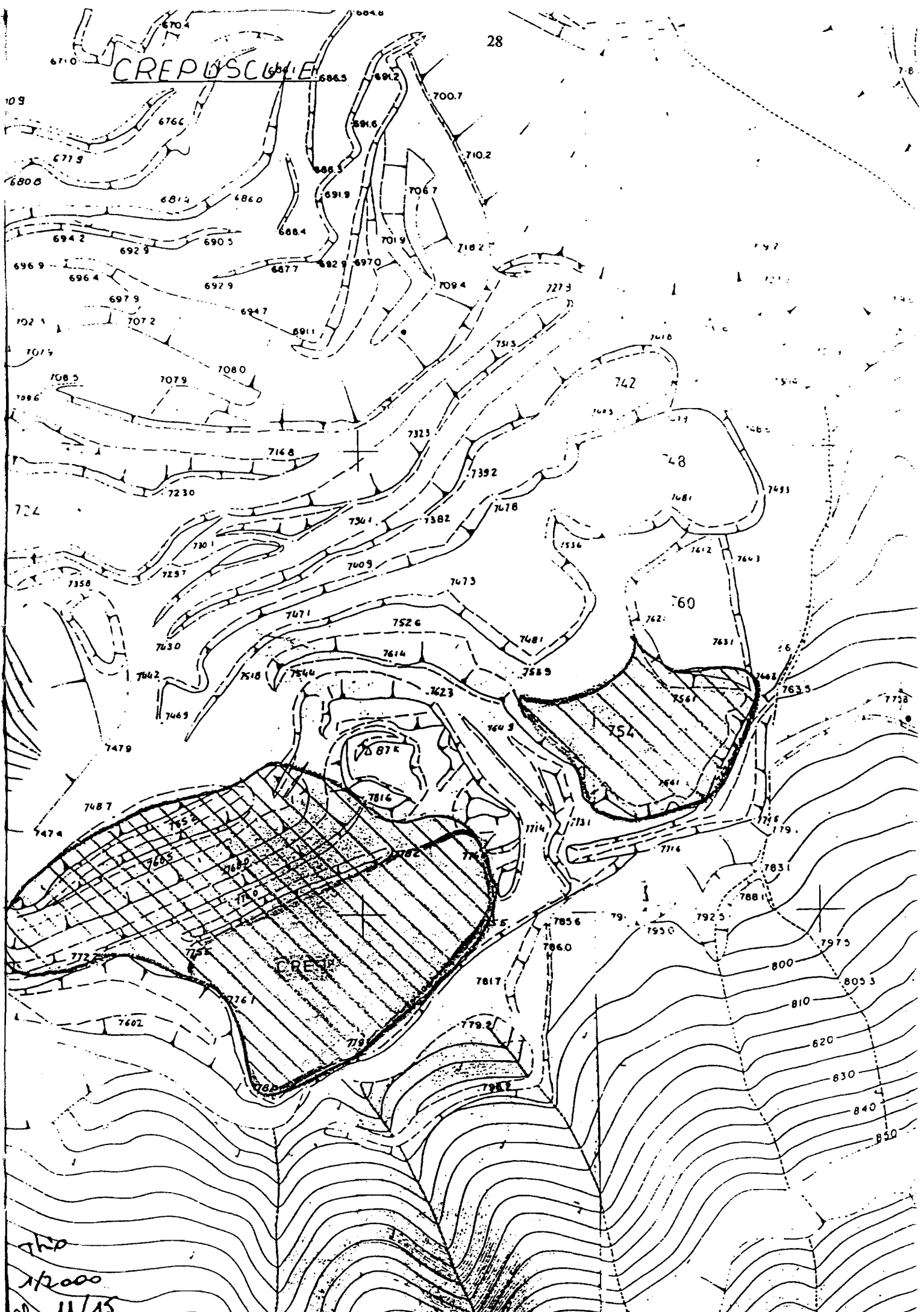
620

621



CREPUSCULE

28



1/2000  
 11/15

# Essai de Crépuscule haut & extérieur 760 m d'altitude

≡ Plantations

