

42 75737

2 F

1 9

CONVENTIONS

SCIENCES DE LA VIE

AGROPÉDOLOGIE

N° 28

1994

Mise en valeur des sols ferrallitiques allitiques  
des Îles Loyauté

Note de synthèse

Bernard BONZON  
Thierry BECQUER

Convention ORSTOM/Province de Îles  
Notifiée le 30 avril 1991

43 107

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

ORSTOM

CENTRE DE NOUMÉA

**CONVENTIONS**  
**SCIENCES DE LA VIE**  
**AGROPÉDOLOGIE**

**n° 28**

**1994**

**Mise en valeur des sols ferrallitiques allitiques  
des Îles Loyauté**

**Note de synthèse**

**Bernard BONZON**  
**Thierry BECQUER**

**Convention ORSTOM/Province de Îles**  
**Notifiée le 30 avril 1991**



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

**CENTRE DE NOUMÉA**

© ORSTOM, Nouméa, 1994

/Bonzon, B.  
/Becquer, T.

Mise en valeur des sols ferrallitiques allitiques des Îles Loyauté. Note de synthèse  
Nouméa : ORSTOM. Décembre 1994. 15 p.  
*Conv. : Sci. Vie ; Agropédol. ; 28*

Ø68PROSOL

LIXIVIATION ; MISE EN VALEUR DU SOL ; STRUCTURE DE SOL ; SOL FERRALLITIQUE  
ALLITIQUE / ILES LOYAUTE

Imprimé par le Centre ORSTOM  
Decembre 1994

 ORSTOM Nouméa  
REPROGRAPHIE

## TABLE DES MATIÈRES

<b>1 - CADRES, MOTIVATIONS ET OBJECTIFS DES RECHERCHES.....</b>	<b>2</b>
<b>2 - TRAVAUX RÉALISÉS.....</b>	<b>3</b>
<b>3 - RÉSULTATS.....</b>	<b>4</b>
<b>3.1 - Organisation structurale des sols ferrallitiques allitiques.....</b>	<b>4</b>
<b>3.2 - Carences et déséquilibres minéraux étudiés sur vases de végétation.....</b>	<b>7</b>
<b>3.3 - Risques de lixiviation.....</b>	<b>8</b>
<b>4 - CONCLUSIONS.....</b>	<b>9</b>
<b>4.1 - Conditions de mise en valeur des sols ferrallitiques allitiques des Îles.....</b>	<b>9</b>
<b>4.2 - Questions pour l'avenir.....</b>	<b>10</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>12</b>

## 1 - CADRE, MOTIVATIONS ET OBJECTIFS DES RECHERCHES

L'étude des facteurs de la fertilité et des conditions de mise en valeur des sols ferrallitiques allitiques des Îles Loyauté a été entreprise en 1990, sur contrat de plan, pour préciser les bases d'une agriculture durable et respectueuse de l'environnement dans le cas de ce type de sols qui représente la principale ressource en terres arables de la Province des Îles.

Les sols ferrallitiques allitiques des Îles Loyauté, communément appelés "sols rouges des Loyauté", recouvrent, en effet, 16 et 19% de Lifou et Maré, soit 192,5 et 129,2 km<sup>2</sup>, et environ un millier d'hectares d'Ouvéa, soit 16,2 % de la surface totale de l'archipel (cf Marc Latham et Pierre Mercky, 1979).

Termes ultimes de l'évolution des sols dérivés de ponces et de cendres volcaniques (piégées dans les lagons de ces atolls soulevés lors de leur surrection, ou provenant ultérieurement d'apports éoliens consécutifs à de puissantes éruptions volcaniques dans leur voisinage), ils sont constitués en majeure partie d'oxydes de fer et d'aluminium qui leur confèrent des caractéristiques agrologiques particulières, notamment :

- une capacité d'échange en cations due en grande partie à la matière organique liée,
- un complexe adsorbant fragile,
- des réserves en nutriments limitées (sauf en phosphore),
- une forte vitesse de filtration,
- une structure micro-agrégée fragile.

Leurs profils ont un développement en profondeur généralement faible mais, surtout, éminemment variable d'un point à l'autre des champs du fait de leur assise corallienne au micro-relief tourmenté.

Couverts naturellement d'une forêt dense sempervirente (Morat et al., 1980), leur mise en valeur traditionnelle consiste toujours (Barrau, 1956) en

deux ou trois années de cultures sur brûlis suivies d'une longue période de jachère.

Pressions démographiques et économiques conduisent néanmoins, depuis quelques années déjà et dans certaines zones, d'une part à un raccourcissement de la durée de la jachère accompagné d'une disparition progressive de la forêt naturelle, d'autre part à quelques installations d'exploitation continue avec utilisation d'engrais (et de produits phytosanitaires).

Si le raccourcissement de la durée de la jachère et la disparition progressive de la forêt apparaissent comme potentiellement dangereux à terme (Jaffré et Veillon, 1987), le recul d'une dizaine d'années dont on dispose maintenant pour juger de la fiabilité des nouveaux systèmes d'exploitation continue est insuffisant, notamment pour ce qui concerne leurs actions sur le milieu et l'environnement. Surtout, aucune étude méthodique n'avait encore été entreprise sur les conditions de mise en valeur continue et intensive de ces types de sols, non seulement sur les Loyauté, mais aussi sur les autres atolls soulevés du Pacifique.

**Mieux connaître les sols ferrallitiques allitiques des Loyauté, leur variabilité physique et chimique, ainsi que leurs interactions avec les plantes cultivées, constituaient ainsi les objectifs généraux des recherches.**

## **2 - TRAVAUX RÉALISÉS**

Dans cette perspective, les recherches entreprises ont comporté :

**1°/- une étude détaillée de l'organisation structurale de ce type de sols sur deux sites de l'Île de Maré très différents par leurs comportements agronomiques et pris comme sites de référence, ceux de Tawaïnèdre et Taodé traditionnellement considérés comme quasi-stérile pour le premier, naturellement fertile pour le second (c'est à dire capable d'assurer au moins un cycle de productions selon les techniques culturelles traditionnelles) ;**

**2°/- trois séries d'études expérimentales en serre destinées à préciser, sur le second horizon du faciès quasi-stérile de Tawaïnèdre,**

- les carences en nutriments,

- les effets d'un compost riche en polyuronides et susceptible d'améliorer sensiblement les caractéristiques physico-chimiques du sol et la

croissance des végétaux,

- la carence en silice et l'intérêt d'une application d'amendement silicaté ;

**3°/- une première étude expérimentale de laboratoire** ayant comme finalité la mise au point d'une technique d'estimation des risques de lixiviation des éléments apportés par les engrais ou fixés sur le sol. Cette étude utilisait le premier horizon du faciès de Tawainèdre.

Les sites de Tawainèdre et Taodé avaient aussi été retenus en raison des projets d'installation de Centres d'Appuis au Développement Agricole dont ils faisaient l'objet. De son côté, le choix du faciès quasi-stérile de Tawainèdre, pour la conduite des recherches expérimentales sur vases de végétation, procédait, bien évidemment, de l'idée qu'il était préférable d'aborder les questions que l'on se proposait d'étudier en se plaçant d'emblée là où elles apparaissaient le plus cruciales.

### **3 - RÉSULTATS**

#### **3.1 - Organisation structurale des sols ferrallitiques allitiques**

L'observation détaillée des sols des deux Centres d'Appui au Développement Agricole de Tawainèdre et Taodé avait comme premier objectif (BECQUER *et al.*, 1993) de caractériser leur morphologie et d'établir une cartographie de leur épaisseur.

- *Homogénéité du caractère oxydique et, consécutivement, de la couleur, de la texture et de la structure des sols allitiques*

Cette étude a permis ainsi de confirmer que, malgré une variabilité importante et aléatoire de leur épaisseur, ces sols présentent un caractère oxydique marqué (hormis sur quelques profils très superficiels) qui se traduit par des similitudes importantes au niveau tant de leur couleur que de leur texture ou de leur structure.

- *Faible développement général des sols*

De plus, ils sont généralement très peu développés comme le montre

l'analyse des résultats des mesures de leur épaisseur, réalisées grâce à 168 sondages à Tawainèdre et 139 à Taodé, présentée dans le tableau ci-dessous (les profondeurs sont exprimées en cm) :

Profondeurs	Tawainèdre	Taodé
Moyenne	42,4	33,2
Médiane	39,5	29,0
Minimum	0,0	8,0
Maximum	110,0	110,0

- *Caractère limité des réserves hydriques et des capacités de stockage en nutriments*

Cette faible profondeur, qui conditionne les possibilités d'enracinement des plantes, l'importance des réserves hydriques disponibles et les capacités de stockage en nutriments assimilables, est un facteur limitant très important de l'utilisation agricole de ces terres.

- *Caractère aléatoire des zones relativement profondes (de 50 à 100 cm)*

Toutefois, certaines zones présentent une profondeur relativement importante (de 50 cm à 1 m). Celles-ci sont, malheureusement, difficiles à localiser par l'utilisation des critères géomorphologiques classiques ou l'observation de la pierrosité de surface.

- *Nécessité d'enquêtes auprès des anciens agriculteurs et/ou de sondages d'assez forte densité pour la localisation des zones arables et le respect de la végétation naturelle*

Des enquêtes auprès des agriculteurs et des sondages à la tarière assez denses sont donc indispensables avant toute opération de défrichement en vue d'une mise en valeur agricole : les surfaces disponibles sont encore suffisamment grandes pour espérer trouver des zones profondes par ces techniques d'enquête ; d'autre part, les coûts des défrichements sont assez élevés pour justifier la mise en oeuvre de ces techniques de localisation qui évitent, de plus, de détruire préalablement la végétation naturelle, particulièrement fragile, surtout sur les sols de faible épaisseur.

- *Caractère carbonaté des sols superficiels et modérément acide des sols "profonds" (d'une profondeur supérieure à 30 cm)*

Les analyses physico-chimiques, effectuées sur les échantillons prélevés entre 15 et 25 cm de profondeur aux différents points de mesure de la profondeur du sol, montrent cependant (BECQUER *et al.*, 1993b), que l'on peut différencier deux types de faciès en fonction de ce critère :

- des sols superficiels (d'une profondeur inférieure à 30 cm) caractérisés par des teneurs en  $\text{CaCO}_3$  élevées pour ce type de sols (supérieures à 0,5 %) et des pH neutres ou légèrement alcalins ;

- des sols plus profonds, non carbonatés, modérément acides (pH 6-6,5) ;

- *Complexe échangeable, réserves en nutriments et matière organique constituent les éléments distinctifs des sols profonds des sites quasi-stériles et des sites fertiles*

- D'importantes différences apparaissent également, au niveau de leurs caractéristiques chimiques, entre les sols profonds des sites naturellement quasi-stériles et des sites relativement fertiles. La station de Tawaïnèdre, qui a subi une forte anthropisation avec, notamment, d'anciens et nombreux brûlages de la savane, est très appauvrie par rapport à la station de Taodé. En particulier, si on estime que l'état initial des deux stations était similaire à l'origine, les pertes peuvent être évaluées respectivement à 28, 21 et 38 % pour le calcium, le magnésium et le potassium échangeables, à 28 % pour la CEC et à 65 % pour le phosphore assimilable.

- Cette baisse de fertilité semble être en grande partie imputable à la diminution du stock de matière organique. En effet, dans ces sols oxydiques, elle constitue la source essentielle de minéraux facilement disponibles pour les plantes grâce à ses propriétés d'échange et à sa biodégradabilité.

- *Faiblesse des réserves en potassium*

D'une façon générale, le potassium est l'élément nutritif dont les réserves sont les plus faibles. Sur les cinquante premiers centimètres du profil, dans le cas des sols arables "profonds" et en terme de potassium échangeable, ses réserves sont respectivement d'environ 300 et 500  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  sur les sites de Tawaïnèdre et de Taodé. Rappelons qu'une culture de maïs immobilise une masse de potassium de 450  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  pour produire 15  $\text{t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de grain sec. Les

réserves en potassium total sont, quant à elles, seulement le double des réserves en potassium échangeable.

- *Importances des réserves en phosphore*

A contrario, les réserves en phosphore, non seulement total mais aussi assimilable (Olsen), sont considérables sur les deux sites. En moyenne, sur les cinquante premiers centimètres du profil, ces réserves sont en effet, exprimées en P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, d'environ 100 t\*ha<sup>-1</sup> pour les premières, 5 à 10 pour les secondes, ce dernier niveau semblant néanmoins très optimiste comme l'ont montré par la suite les tests de fertilité sur vase de végétation.

- *Caractère relativement superficiel des enracinements*

Aussi bien sur le premier site que sur le second, les systèmes racinaires sont apparus généralement superficiels, les racines se développant préférentiellement dans les deux premiers horizons aux teneurs en matière organique plus élevées.

### 3. 2 - Carences et déséquilibres minéraux étudiés sur vases de végétation

- *Carences généralisées en nutriments majeurs et mineurs*

Les résultats de ces études expérimentales - conduites, pour mémoire, sur l'horizon "agrologique" 20-40 cm de Tawaïnèdre - ont montré (BONZON et BECQUER, 1994) que la plante-test - un hybride double haut-producteur, GH 5010 - souffrait de carences minérales très importantes pour la plupart des nutriments majeurs et mineurs : azote, phosphore, potassium, soufre, silice, bore, molybdène et zinc.

Diverses explications peuvent être invoquées pour expliquer ces carences :

1°/- les teneurs faibles ou très faibles de l'horizon en question pour certains éléments (potassium, silice et azote) ;

2°/- les conditions physico-chimiques, notamment le pH élevé, qui peuvent gêner l'assimilation de certains éléments (bore) ;

3°/- la présence d'oxy-hydroxydes de fer et d'aluminium, à des teneurs très élevées, qui peut conduire à une rétention énergétique de certains anions,

essentiellement des phosphates, mais peut-être également des sulfates et des silicates, sur la phase solide et ainsi gêner fortement leur assimilation. Dans ces conditions, la méthode Olsen, utilisée pour déterminer la teneur en phosphore assimilable de ces sols, est sans doute mal adaptée car les résultats obtenus n'indiquent généralement pas de carences ;

4°/- la faible capacité de rétention de la phase minérale du sol et sa forte perméabilité qui favorise la lixiviation de certains ions tel que le nitrate.

• *Interrogations sur l'intérêt et le rôle exact des polyuronides*

L'utilisation de produits riches en polyuronides, qui visait, pour commencer, à renforcer la capacité de rétention du sol pour les nutriments, s'est révélée décevante, une baisse significative de la croissance ayant été observée en présence de polyuronides, même à faibles doses. Ce résultat semble devoir être imputé à une carence en silice en présence de polyuronides : les teneurs en silice des plants de maïs étaient sensiblement et significativement plus faibles sur les traitements avec polyuronides que sur le témoin. Obtenu avec l'aide d'un produit industriel dérivé d'algues récoltées dans la Baltique, il soulève néanmoins la question de l'utilisation des algues venant, à certaines époques de l'année, s'échouer en grande quantité sur les plages des Loyauté, notamment sur celles du lagon d'Ouvéa, et qui devraient être d'intéressantes sources de matières organiques et de nutriments pour les cultures.

• *Intérêt d'utiliser des amendements silicatés*

L'observation inattendue de cette carence en silice a généré, naturellement, l'idée de tester l'intérêt d'une application d'amendement silicaté pour évaluer le niveau de la carence en question. Des apports modérés de "scories du Nickel" (l'équivalent de 3 t\*ha<sup>-1</sup> de Si, c'est à dire de 10 t\*ha<sup>-1</sup> de scories) levaient la carence dans les conditions de l'essai. D'autre part, les scories se sont révélées plus efficaces que le silicate de calcium - testé parallèlement - en raison, en particulier, de leur effet plus modéré sur le pH. Sous-produit gratuit de la métallurgie du nickel, l'utilisation de ce produit soulève, cependant, la question du coût de son transport depuis Nouméa. A noter qu'aucun autre produit silicaté local n'est disponible sur les Loyauté, excepté sur Maré (roches basaltiques à broyer des pitons apparaissant au centre de l'île).

### 3.3 - Risques de lixiviation

Abordés dans le cas du potassium à l'aide de colonnes de sol au sommet desquelles était déposée une quantité précise d'une solution concentrée de sulfate de potassium et qui étaient soumises à des applications pré-réglées d'eau déminéralisée pendant un temps donné, la question s'est révélée délicate à étudier. Les difficultés résidaient dans la réalisation, avec les moyens disponibles, de débits constants, mais aussi dans la répartition homogène à la surface des colonnes cylindriques (de 10 cm de diamètre) des quantités d'eau appliquées. Le dosage du potassium dans les lixiviats obtenus, montrèrent, cependant, que le sol de Tawaïnèdre, retenu pour cette étude à caractère méthodologique, s'avérait pratiquement incapable de fixer cet élément de façon suffisamment énergique pour limiter sa lixiviation, laquelle fut presque complète à partir d'une certaine "pluviométrie". La complexité des phénomènes en jeu, demanderait toutefois une reprise de ce projet sur de nouvelles bases à la fois techniques et théoriques.

## 4 - CONCLUSIONS

### 4.1 - Conditions de mises en valeur des sols ferrallitiques allitiques des Loyauté

Obtenir de très belles récoltes sur les sols ferrallitiques allitiques des Loyauté, n'offre guère de difficultés techniques, dès lors que l'on peut fournir l'eau et les nutriments nécessaires aux cultures : ces sols ne présentent aucune toxicité, aucun déséquilibre minéral grave. En l'absence d'informations sur les risques d'entraînement des nutriments solubles (voire des pesticides et autres produits utilisés en agriculture), vers la lentille d'eau douce, on peut imaginer, en effet, le schéma d'initialisation suivant d'une agriculture continue intensive :

1 - délimitation précise des zones de sols profonds (d'une profondeur supérieure à 50 cm),

2 - défrichement soigné de ces zones (limitant au maximum les pertes en matières organiques évoluées de l'horizon humifère de surface),

3 - application d'amendements phosphaté (dose à préciser, mais qui devrait se situer entre  $500 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  et  $2 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  selon que l'on se situe sur un site naturellement fertile ou quasi-stérile) et silicaté ( $3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de Si, c'est à dire de  $10 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  de scories),

4 - mélange homogène de ces amendements avec les 25 premiers centimètres du sol,

5 - semis ou plantation avec fumure de fond nitro-potassique légère,

6 - application aussi fractionnée que possible du reste des engrais azoté et potassique, avec, éventuellement, localisation des engrais le long des lignes de plantation. Dans le cas de cultures irriguées, on pourrait envisager utilement des épandages d'engrais, préalablement solubilisés, par le réseau d'irrigation. Dans ce cas, seules les cultures susceptibles d'être irriguées par gouttes à gouttes permettent une localisation des nutriments. L'efficacité des engrais est commandée, en effet, par la présence de racines actives sous leur zone d'épandage et force est de reconnaître que l'on observe généralement peu de racines dans les inter-rangs dès lors que ces derniers sont soumis aux tassements dûs aux passages des engins ou des personnes,

7 - enfouissement des résidus de récolte aussitôt celle-là achevée et semis d'une plante de couverture.

Pour le second cycle, seule une fumure phosphatée de fond devant couvrir les besoins de la nouvelle culture devrait être appliquée avant le semis, ou au moment du semis avec la fumure de fond nitro-potassique. Pour le reste, les opérations culturales suivraient la même logique que celle proposée aux points 6 et 7 ci-dessus.

## 4.2 - Questions pour l'avenir

Ces règles générales ne sont pas très éloignées de celles qui sont proposées actuellement, exceptées celles concernant les amendements phosphaté et silicaté et, dans une certaine mesure, celles ayant trait à la nécessité de fractionner le plus possible et de bien placer les engrais. À ce sujet, il importe de remarquer toutefois :

1°/- que l'on n'est aucunement fixé sur l'évolution de l'efficacité à moyen et long terme des amendements phosphaté et silicaté. Sans doute sera-t-il possible de tirer parti, sur ces points, des enseignements généraux des recherches expérimentales en cours sur les sols ferrallitiques ferritiques du Sud de la Grande Terre, conduites par le Laboratoire d'Agropédologie de l'ORSTOM en collaboration avec le CREA et avec l'appui de la Province Sud : ces sols sont assez proches des sols ferrallitiques allitiques des Loyauté, à ceci près, cependant, que leurs réserves initiales en phosphore total et assimilable sont

extrêmement faibles, que leur teneur en alumine est beaucoup plus faible, qu'ils sont riches en métaux lourds, etc... De ce fait, une expérimentation de base au champ, conçue pour étudier ces questions, devrait d'être installée le plus tôt possible ;

2°/- que l'on n'a encore aucune information sur l'importance du jeu des facteurs de lixiviation dans ces conditions de sols et que la question est d'une extrême complexité. La lixiviation dépend, en effet,

- du fonctionnement général de la plante, dont les besoins évoluent qualitativement et quantitativement tout au long de son cycle végétatif,

- de la morphologie de son système racinaire et de ses zones d'activités, lesquelles sont fonction, en grande partie, de l'état des caractéristiques hydriques et physiques du sol,

- des techniques culturales mises en oeuvre, lesquelles conditionnent très largement l'état, justement, des caractéristiques du sol (hydriques, physiques et chimiques) et la morphologie racinaire,

- des conditions climatiques, qui influent sur le comportement de la plante et du sol. Celles-ci peuvent, très certainement, accroître considérablement la lixiviation en saison des pluies, notamment en périodes cycloniques. Pour cette raison, il serait d'ailleurs illusoire de vouloir juguler complètement la lixiviation. Les risques de pollution de la lentille d'eau douce devront donc être probabilisés, leurs niveaux maxima acceptables être définis avec précision.

Pour l'avenir, plusieurs directions de recherches doivent donc être prises en même temps, de façon coordonnée, si l'on veut s'assurer de la mise au point d'une agriculture intensive et durable, respectueuse de l'environnement fragile des Îles . Les nouvelles orientations à définir, tant en matière de recherches de base que de recherches appliquées, devront, pour cela, faire l'objet d'une programmation très poussée, certaines de ces orientations impliquant le moyen - voire le long - terme, d'autres étant susceptibles d'évolution à très court terme en fonction des résultats obtenus.

## BIBLIOGRAPHIE

BARRAU J., 1956 - L'agriculture vivrière autochtone de la Nouvelle-Calédonie. Doc. Techn. n° 87, Com. Pac. Sud, 153p.

BECQUER T., BOURDON E. et PÉTARD J., 1993 - Contribution à l'étude des sols de Maré : les sols du Centre d'Appui au Développement Agricole de Tawaïnèdre et Taode. 2- Caractérisation physico-chimique des sols. Nouméa : ORSTOM. Conv. : Sci. Vie : Agropédol., 24, 63p., multigr.

BECQUER T., BOURDON E. et NIGOTTE W., 1993 - Contribution à l'étude des sols de Maré : les sols du Centre d'Appui au Développement Agricole de Tawaïnèdre et Taode. 1- Caractérisation morphologique et cartographie des épaisseurs de sols. Nouméa : ORSTOM. Conv. : Sci. Vie : Agropédol., 17 ; 37p., multigr.

BONZON B., PODWOJEWSKI P., BOURDON E., L'HUILLIER L. et DE MONPEZAT Ph., 1991 - Recherches préliminaires pour le développement de la culture du cocotier sur les petits archipels du Pacifique Sud. 1- Adaptation à l'espèce des tests de fertilité sur vases de végétation. 2- Identification des sols sous cocoteraies présentant des carences difficiles à éliminer. Problématique de la mise en valeur de tels sols. Convention Science de la vie n° 8, ORSTOM Nouméa, 275p.

BONZON B. et BECQUER T., 1994 - Carences et déséquilibres minéraux des sols ferrallitiques allitiques des Iles Loyauté : recherches expérimentales en serre. Rapport de convention entre la Province des Iles et l'ORSTOM (à paraître).

BRUNEL (J. C.), 1975 - Etude de la lentille d'eau douce de Lifou. ORSTOM-Nouméa, 56 p., multigr.

BRUNEL J.P. et GERNIGON B., 1976 - Etude de la lentille d'eau douce de Maré. ORSTOM-GR, rapport multigr., 43p + annexes.

DUGAIN F, 1953 - Note sur les sols de Maré (archipel des Loyauté). Institut Français d'Océanie, Nouméa, 14 p., multigr.

GAUDET J.P. et VAUCLIN M., 1987 - Transfert de l'eau et de substances chimiques dans les sols partiellement saturés : de la colonne au milieu naturel. Colloque Int. "Impact de la physico-chimie sur l'étude, la conception et l'optimisation des procédés en milieu poreux naturel", Nancy, Comptes-rendus, 253-274.

GIRARD G., 1957 - Rapport d'étude sommaire sur la nappe d'eau douce de Lifou. ZFO, Note dactyl., 15p.

ILTIS J., 1979 - Géomorphologie des Iles Loyauté (Nouvelle-Calédonie): un paysage d'atolls soulevés, étude préliminaire. ORSTOM-Nouméa, 67 p., multigr.

JAFFRE T., VEILLON J. M., 1987 - Etude des jachères et premiers aperçus sur la succession secondaire à Lifou (Iles Loyauté, Nouvelle-Calédonie). ORSTOM-Nouméa, Botanique n°1, 28 p.

LATHAM M., MERCKY P., 1979 - Carte pédologique et carte d'aptitudes culturales et forestières des Iles Loyauté au 1/200 000 eme. Notice explicative n° 99, ORSTOM-Paris, 45p.

LATHAM, 1980 - Les oxydisols dans quelques milieux insulaires du Pacifique sud. Caractérisation, conditions de formation, fertilité, classification. Cah. ORSTOM, sér. Pédol., XVIII (3-4), 305-316.

LATHAM, 1982 - Les sols des atolls et des atolls surelevés du Sud Pacifique. Note présentée à la conférence technique régionale de la culture sur les atolls, organisée par la C.P.S. (Majuro, îles Marshall, 21-27 avril 1982. Nouméa, ORSTOM, 10p multigr.

LATHAM M. et MERCKY P., 1983 - Etude des sols des îles Loyauté (réédition), carte pédologique et carte d'aptitude culturale et forestière à 1/200 000. ORSTOM, Paris, Notice explicative n° 99, 45p.

MORAT P., JAFFRE T., VEILLON J.M., MACKEE H.S., 1981 - Les formations végétales. Atlas de la Nouvelle-Calédonie. ORSTOM-Paris, Pl. 15 plus notice.

PUJOL G., 1989 - Etude sur vase de végétation et sur maïs de l'influence d'amendements phosphaté et calcique appliqués à un sol ferrallitique ferritique du sud de la Nouvelle-Calédonie. Mémoire de fin d'étude à l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs et de Techniciens Pour l'Agriculture. Centre de Recherche et d'Expérimentation Agronomiques de Nessadiou, 101 p., multigr.

TERNICIER, 1971 - Sols des karts de l'atoll surelevé de Lifou (îles Loyalty) Territoire de la Nouvelle Calédonie, et problème de la bauxitisation. C. R. Acad. Sc. Paris, T. 272, 2067-2070.

THENG B.K.G., 1980 - Soils with variable charge. New Zealand Society of Soil Science ed, 285 p.