

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER
ORSTOM PARIS

MINISTÈRE DES AFFAIRES FONCIÈRES
ET DES RESSOURCES NATURELLES
REPUBLIQUE DE VANUATU

VANUATU

CARTE DES POTENTIALITES AGRONOMIQUES ET DES APTITUDES CULTURALES

Notice explicative

P. QUANTIN

*Publié avec le concours du
Ministère des Relations Extérieures
de la République Française*

**PARIS
1982**

VANUATU

CARTE DES POTENTIALITES AGRONOMIQUES ET DES APTITUDES CULTURALES

Notice explicative

P. QUANTIN
Pédologue ORSTOM

- Cartes des potentialités agronomiques
à 1/500 000 : 2 coupures
- et des aptitudes culturelles à 1/100 000
 - Espiritu Santo : 2 coupures
 - Malakula : 1 coupure
 - Efaté-Vaté : 1 coupure
 - Tanna : 1 coupure

**PARIS
1982**

Editions de l'ORSTOM
24, rue Bayard - 75008 PARIS
© ORSTOM 1982

© Ministère des Affaires Foncières
et des Ressources Naturelles
République du VANUATU
ISBN 2-7099-0666-X

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	3
LEGENDE DE LA CARTE	5
GENERALITES	15
SOLS : CARACTERES ET FERTILITE DES PRINCIPALES UNITES PEDOLOGIQUES	
1 – Sols minéraux bruts	19
2 – Sols peu évolués	19
3 – Andosols	21
4 – Sols calcimagnésiques	23
5 – Sols bruns des pays tropicaux	24
6 – Sols fersiallitiques	27
7 – Sols ferrallitiques	28
8 – Sols hydromorphes	31
CLE DE LA LEGENDE	
1 – Carte à 1/500.000 ^e	33
2 – Carte à 1/100.000 ^e	35
3 – Limites écologiques	37
TYPES D'AMENAGEMENT SOLS ET ENVIRONNEMENT FAVORABLES	
1 – Plantations pérennes	39
2 – Cultures fruitières	41
3 – Cultures pluviales de plantes vivrières	41
4 – Cultures vivrières d'inondation	42
5 – Cultures florales	43
6 – Plantes textiles	43
7 – Pâturages	43
8 – Forêts	44
CONCLUSION	47
BIBLIOGRAPHIE	49

INTRODUCTION

L'Atlas des sols et de quelques données du milieu naturel de Vanuatu, outre son caractère scientifique, un peu ésotérique pour certains, présente un grand intérêt pour la mise en valeur des ressources agricoles, pastorales et forestières. C'est pourquoi les autorités de l'Archipel et le Directeur Général de l'O.R.S.T.O.M. ont jugé utile d'exprimer plus clairement ce second objectif, en demandant une extension de la carte pédologique et son achèvement par une carte d'aptitude des sols.

La carte est rédigée à deux échelles : à 1/500.000ème pour l'ensemble de l'Archipel et à 1/100.000ème pour Malakula, Espiritu Santo, Tanna et Vaté (Éfaté), îles considérées comme prioritaires pour un développement de l'économie rurale.

A 1/500.000ème, niveau de synthèse convenant au planificateur, sont représentées des classes de potentialité agronomique. Ces classes, regroupant des sols différents et des aptitudes variées, expriment des degrés de plus ou moins grande facilité de mise en valeur et donc de rentabilité plus ou moins élevée. Elles intègrent les propriétés des sols et les caractères de leur environnement.

A 1/100.000ème, niveau plus détaillé et mieux adapté à l'utilisateur (agronome, pasteur ou forestier), les unités « globales » de potentialités agronomiques sont subdivisées. La diversité des sols reparaît et aussi la variété de leur environnement. Mais, la légende met en relief, de la manière la plus brève et la plus claire possible, les caractères primordiaux des sols et de leur environnement, qui conditionnent en même temps leurs aptitudes culturales, les façons culturales ou aménagements convenables, et la rentabilité qui en découle. La liste des aptitudes n'est évidemment pas exhaustive. Mais, exprimant des ensembles, elle tente cependant de mettre en lumière certains modes d'exploitation ou plantes susceptibles d'être développés (ou au contraire à ne pas pratiquer sans risque), parmi les aptitudes que le Gouvernement de Vanuatu souhaiterait actuellement développer. Ceci laisse la possibilité d'expérimenter ultérieurement d'autres aptitudes, dans la limite toutefois des contraintes imposées par les sols et leur environnement.

Cette notice a pour but d'expliquer la légende de la carte des potentialités agronomiques et des aptitudes culturales. Tout d'abord, elle rappelle les traits essentiels des données physiques et notamment des sols et de leurs aptitudes. Puis elle fournit une clé de la légende. Enfin, pour faciliter la tâche de l'utilisateur, elle propose un inventaire des conditions écologiques (sols et environnement) favorables aux types d'utilisation que l'on voudrait actuellement développer. Souhaitons que cet ouvrage contribue au développement optimum de l'économie de Vanuatu.

LÉGENDE DE LA CARTE

ROUGE

I – POTENTIALITE OPTIMUM

Sols de haute fertilité, à pH élevé (~ 6 à $7,5$), stables, bien drainés et assez profonds ; relief plat ou à pente faible, non ou peu disséqué ; possibilité d'agriculture mécanisée sans risque d'érosion, ni besoin d'aménagement anti-érosif ; climat assez humide et ensoleillé ; pas de facteur limitant de la fertilité, ni de l'aménagement, sauf à l'égard des plantes acidiphiles ; agriculture et pâturage intensifs, sans fertilisants, ou avec fertilisation d'entretien peu coûteuse.

▲ CLIMAT "EQUATORIAL", DE BASSE ALTITUDE

Plantes neutrophiles, adaptées à un climat chaud et régulièrement humide, sans risque de déficit hydrique et avec une bonne insolation.

- a - Sols bruns eutrophes sur terrasse alluviale holocène (Malakula et Espiritu Santo)
Toutes cultures pluviales de plantes annuelles et plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, caféier, arbres fruitiers, etc., sauf palmier à huile et plantes acidiphiles ; cultures irriguées d'inondation (riz, taro) possibles ; pâturage amélioré.
- b - Sols bruns eutrophes sur basaltes quaternaires (Vaté, îles Nguna, Pélé et Emao)
Toutes cultures pluviales de plantes annuelles et plantations pérennes (cocotier, cacaoyer, caféier, arbres fruitiers, etc.), réserves pour le palmier à huile, sauf plantes acidiphiles ; pâturage amélioré.
- c - Sols bruns andiques sur terrasse alluviale pléistocène à cinérites basaltiques (Malakula)
Toutes cultures pluviales annuelles et plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, arbres fruitiers, etc., sauf caféier, palmier à huile et plantes acidiphiles (pH ~ 7) ; pâturage amélioré.
- d₁ - Andosols saturés "chromiques" sur cendres andésitiques récentes / tufs basaltiques pléistocènes (Tanna)
– altitude < 300 m : *Toutes cultures pluviales de plantes annuelles et plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, caféier (arabica ou robusta), arbres fruitiers, etc., sauf palmier à huile et plantes acidiphiles ; pâturage amélioré.*
d_{1b} – altitude 300 à 500 m : *mêmes aptitudes, sauf cocotier et plantes très exigeantes en insolation ; meilleure aptitude pour cultures maraîchères, pâturage et caféier arabica.*
- g - Sols ferrallitiques faiblement désaturés humifères sur plateaux calcaires coralliens pléistocènes (Malakula, Espiritu Santo et Vaté)
– altitude < 300 m : *Toutes cultures pluviales de plantes annuelles et plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, caféier, arbres fruitiers, etc., réserves pour le palmier à huile, sauf plantes acidiphiles ; pâturage amélioré ; réserves pour l'aménagement forestier (calcaire dur en sous-sol) ; des irrégularités de profondeur, limitant parfois les aptitudes pour des plantes non calcicoles et à enracinement profond.*
g₂ – altitude 300 - 600 m (Nord Malakula et Nord Espiritu Santo) : *mêmes aptitudes, sauf cocotier et plantes très exigeantes en insolation ; meilleures aptitudes pour cultures vivrières ; pâturage et caféier arabica.*

▲ CLIMAT “ DE TRANSITION”, A SAISON SECHE DE 1 A 2 MOIS

Plantes neutrophiles adaptées à un climat chaud et régulièrement humide ; mais risque de saison sèche exceptionnelle de > 2 mois.

- f - Sols fersiallitiques saturés rubéfiés sur plateau de calcaires ou de tufs basaltiques pléistocènes, rajeunis par des cendres basaltiques ou andésitiques (Malakula, Tanna)

Toutes cultures pluviales de plantes annuelles et plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, arbres fruitiers, etc., réserves pour le caféier, sauf plantes acidiphiles ; pâturage aménagé ; réserves pour l'aménagement forestier (calcaire dur en sous-sol) ; des irrégularités de profondeur limitant parfois les aptitudes pour des plantes non calcicoles et à enracinement profond.

▲ CLIMAT TROPICAL, A COURTE SAISON SECHE DE 2 A 4 mois

Plantes neutrophiles, adaptées à un climat chaud à saison sèche bien marquée ; besoin éventuel d'irrigation ou d'ombrage.

- d₂ - Andosols saturés “mélaniques” sur cendres andésitiques récentes / tufs basaltiques pléistocènes (Tanna)

Toutes cultures pluviales de plantes annuelles (sans irrigation possible) ; plantations pérennes à expérimenter: cocotier, caféier (arabica) sous ombrage, arbres fruitiers, etc. ; pâturage amélioré.

- e - Sols fersiallitiques saturés brunifiés, parfois vertiques, sur plateaux calcaires et terrasses d'argilites pléistocènes (Malakula)

Toutes cultures pluviales de plantes annuelles (irrigation rarement possible) ; plantations pérennes à expérimenter : caféier sous ombrage, arbres fruitiers, etc., cocotier possible sur terrasses d'argilites au Nord-Est et au Sud-Ouest ; pâturage amélioré ; des irrégularités de profondeur limitant parfois les aptitudes pour des plantes non calcicoles et à enracinement profond.

ROSE

II – POTENTIALITE BONNE

Sols de bonne fertilité, à pH élevé (~ 6 à 7,5) et souvent bien drainés, qui présentent de faibles contraintes d'utilisation : faible profondeur qui restreint les aptitudes culturales ; morcellement par des ravines superficielles et risques modérés d'érosion qui gênent la mécanisation des cultures.

▲ CLIMAT VARIABLE, SOLS DES TERRASSES LITTORALES RECENTES

Plantes neutrophiles de climat chaud et humide ; possibilité d'irrigation.

- a - Sols peu évolués alluviaux sur terrasse fluviale récente ; sols argilo - calcaires, partiellement décarbonatés (Malakula)

Contraintes : profondeur variable ~ 60 à 120 cm ; pH 7 à 8 ; hydromorphie éventuelle en profondeur. Aptitudes : toutes cultures pluviales ou irriguées de plantes annuelles calcicoles ; possibilité de cultures d'inondation (riz, taro) ; plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, arbres fruitiers, etc., sauf plantes acidiphiles ; pâturage amélioré.

- e₃ - Sols peu évolués alluviaux sur terrasse littorale récente, à cinérites, intergrade andosols saturés (Tanna)

Contraintes : profondeur variable ~ 60 à 100 cm ; pH 7 à 7,5 ; structure friable limitant les façons culturales. Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, sauf plantes acidiphiles ; plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, réserves pour le caféier ; pâturage amélioré.

▲ CLIMAT “EQUATORIAL” DE BASSE ALTITUDE

Plantes neutrophiles adaptées à un climat chaud et régulièrement humide, sans déficit hydrique, et avec une bonne insolation.

- b - Sols bruns eutrophes sur basaltes quaternaires, phase des versants à pente modérée (N. Vaté, Nguna, Pélé, Emao)

Contraintes : profondeur variable ; risques d'érosion limitant l'utilisation ou nécessitant un aménagement anti-érosif ; pH 5,5 à 6,5.

Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, aménagées en terrasses ou en courbes de niveau, ou plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, caféier, arbres fruitiers, etc., réserves pour le palmier à huile, sauf plantes acidiphiles ; pâturage amélioré.

- c₁ - Sols bruns eutrophes, andiques sur terrasse alluviale pléistocène à cinérites basaltiques (Malakula)

- c₂ - Sols bruns eutrophes modaux sur terrasses fluviales plio-pléistocènes (Malakula),

} terrasses micro-disséquées par ravines superficielles

Contraintes : profondeur variable ; relief morcelé gênant la mécanisation des cultures ; pH 6 à 7.

Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, aménagées en petits jardins ; possibilités de cultures irriguées d'inondation ou plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, arbres fruitiers, etc., caféier limité aux sols bruns modaux, sauf palmier à huile et plantes acidiphiles ; pâturage amélioré.

- d - Sols bruns eutrophes, fortement rajeunis, andiques, sur plateaux plio-pléistocènes (S.E. Malakula). altitude ≤ 300 m**

Contraintes : sol superficiel fragile, sensible à l'érosion ; relief modérément disséqué nécessitant des précautions anti-érosives ; pH 6,5 à 7.

Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, avec mécanisation possible en courbes de niveau, ou plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, arbres fruitiers, etc., réserves pour le caféier (robusta), sauf palmier à huile et plantes acidiphiles ; pâturage amélioré.

- e₁ - Andosols saturés "chromiques" sur cendres andésitiques récentes / tufs basaltiques pléistocènes (Tanna), versant modérément disséqué**

Contraintes : sol superficiel fragile, sensible à l'érosion ; relief morcelé limitant l'utilisation et nécessitant un aménagement anti-érosif ; pH 5,5 à 6,5.

Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, aménagées en terrasses ou en courbes de niveau, ou plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, caféier (arabica ou robusta), arbres fruitiers, etc., sauf palmier à huile et plantes acidiphiles ; pâturage amélioré.

- h - Sols ferrallitiques faiblement désaturés humifères sur calcaires coralliens pléistocènes (Malakula, Espiritu, Santo et Vaté), gradins littoraux, inclinés et disséqués**

Contraintes : profondeur réduite et variable ~ 30 à 60 cm, limitée par calcaire dur ; relief morcelé limitant l'utilisation et nécessitant des précautions anti-érosives ; pH 6,5 à 7.

Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, aménagées en petits jardins ; pâturage amélioré ; réserves pour la reforestation.

- i - Sols ferrallitiques faibles désaturés andiques sur terrasses fluviatiles plio-pléistocènes (S. Malakula)**

Contraintes : relief vallonné ; forte fixation du phosphore ; pH 6 à 7.

Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, avec mécanisation possible en courbes de niveau ; possibilité de cultures irriguées d'inondation ou plantations pérennes de cocotier, caféier, arbres fruitiers, etc., sauf palmier à huile et plantes acidiphiles ; pâturage amélioré, fertilisation P à expérimenter.

▲ CLIMAT "DE TRANSITION", A SAISON SECHE DE 1 A 2 MOIS

Plantes neutrophiles, adaptées à un climat chaud et régulièrement humide ; mais risque de saison sèche exceptionnelle de > 2 mois

- g - Sols fersiallitiques saturés rubéfiés, sur calcaires pléistocènes, rajeunis par des cendres basaltiques (Malakula), gradins littoraux, inclinés et moyennement disséqués.**

Contraintes : profondeur réduite et variable ~ 30 à 60 cm, limitée par calcaire dur ; relief morcelé limitant l'utilisation ; pH 6,5 à 7.

Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, aménagées en petits jardins ; pâturage amélioré ; réserves pour la reforestation.

▲ CLIMAT "TROPICAL", A COURTE SAISON SECHE DE 2 A 4 MOIS

Plantes neutrophiles, adaptées à un climat chaud, à saison sèche bien marquée ; besoin éventuel d'irrigation ou d'ombrage.

- e₂ - Andosols saturés "mélaniques" sur cendres andésitiques récentes / tufs basaltiques pléistocènes (Tanna), versant modérément disséqué**

Contraintes : sol superficiel fragile, sensible à l'érosion ; contraste textural entre andosol et sol brun argileux sous-jacent ; relief morcelé limitant l'utilisation et nécessitant un aménagement antiérosif ; pH 5,5 à 6,5.

Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles (sans irrigation possible) ; plantation à expérimenter de caféier (arabica), sous ombrage ; pâturage amélioré.

- f - Sols fersiallitiques**
- | | |
|---|---|
| 1) saturés brunifiés vertiques ou rubéfiés modaux | } sur plateaux calcaires et terrasses d'argilites pléistocènes (Malakula, Espiritu Santo et Vaté) |
| 2) faiblement désaturés rubéfiés | |

Contraintes : profondeur réduite et variable ~ 30 à 60 cm, souvent limitée par calcaire dur ; relief parfois morcelé limitant l'utilisation ; pH 6,5 à 7,5.

Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles en jardins, ou si possible culture mécanisée en courbes de niveau ; irrigation parfois possible sur terrasses d'argilites ; caféier (arabica) sous ombrage à expérimenter sur sols plus profonds des terrasses d'argilites ; pâturage amélioré.

- f₁ - Sols calciques mélanisés sur calcaires coralliens
Bruns eutrophes vertiques sur terrasses alluviales littorales
Rendzines brunifiées sur terrasse calcaire littorale** } deuxième ou troisième niveau de terrasse
(Malakula, Espiritu Santo, Vaté, Aniwa)
- Contraintes : profondeur variable, souvent réduite et < 100 cm ; caractère vertique des sols bruns ; pH 6,5 à 7,5
Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, en jardins ; pâturage amélioré ; plantation de cocotier à expérimenter sur rendzines brunifiées et sols bruns assez profonds.

JAUNE

III – POTENTIALITE MOYENNE

Sols de bonne fertilité présentant des contraintes modérées d'utilisation, ou sols de fertilité moyenne ayant des aptitudes limitées ou nécessitant une fertilisation pour obtenir un rendement optimum.

▲ CLIMAT VARIABLE, SOLS DES TERRASSES ALLUVIALES OU RÉCIFALES RÉCENTES

Plantes neutrophiles de climat chaud et humide ; possibilité d'irrigation.

- a - Rendzines humifères sur terrasses calcaires littorales (Malakula, Espiritu Santo, Tanna et Vaté)**
Contraintes : profondeur variable, souvent limitée à < 100 cm par calcaire dur ; sol fragile, sans argiles, trop perméable ; déficience en K et souvent en P et oligoéléments ; pH 7,5 à 8.
Aptitudes, toutes cultures pluviales de plantes annuelles calcicoles, en jardins, avec réserves pour une agriculture mécanisée et nécessité fertilisation (N, P, K, oligoéléments) d'entretien ; plantations de cocotier ; pâturage amélioré ; restrictions pour la reforestation et plantes non calcicoles ; irrigation parfois possible, mais difficile.
- b - Sols peu évolués alluviaux, sableux ou sablo-argileux, sur terrasses fluviales récentes**
Contraintes : sol fragile et battant, très perméable ; profondeur variable ; déficiences éventuelles en N ou épuisement rapide ; parfois hydromorphe à faible profondeur ; pH 6 à 7.
Aptitudes, toutes cultures pluviales de plantes annuelles, avec mécanisation possible mais ménagée, et fertilisation modérée ; possibilité d'irrigation et de cultures d'inondation (riz, taro) ; toutes plantations pérennes (cocotier, cacaoyer, caféier, palmier à huile, arbres fruitiers, etc.), sauf plantes acidiphiles.

▲ CLIMAT "EQUATORIAL", DE BASSE ALTITUDE

Plantes neutrophiles de climat chaud et régulièrement humide, sans déficit hydrique, avec une bonne insolation.

■ DRAINAGE EXTERNE NUL OU DIFFICILE A AMENAGER, LIMITANT LES APTITUDES CULTURALES

- c - Sols bruns eutrophes hydromorphes sur terrasse alluviale holocène (Espiritu Santo)**
Contraintes : sol engorgé près de la surface ; difficulté de drainage interne.
Aptitudes : cultures vivrières d'inondation (riz, taro) ; avec drainage contrôlé, toutes cultures vivrières et pâturage amélioré.
- DISSECTION IMPORTANTE DES PLATEAUX, TERRASSES OU VERSANTS A PENTE MODEREE, LIMITANT LA MISE EN VALEUR AGRICOLE**
- d₁ - Sols bruns eutrophes faiblement rajeunis, andiques sur terrasses calcaires plio-pléistocènes (S. Malakula), disséqués**
Contraintes : profondeur variable ; déficience en P ; relief morcelé ; pH ~ 6.
Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, en jardins ; plantations pérennes de cocotier, cacaoyer, caféier, arbres fruitiers, etc., sauf palmier à huile et plantes acidiphiles.
- d₂ - Sols bruns eutrophes modaux ou vertiques ou faiblement rajeunis, sur collines de calcaires tuffeux ou de roches volcano-sédimentaires (Espiritu Santo), versants à pente modérée et moyennement disséqués ; altitude < 400 m.**
Contraintes : relief vallonné et morcelé ; nécessitant des aménagements anti-érosifs ; pH 5,5 à 7 ; besoin éventuel de fertilisation P, K (Espiritu Santo)
Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles en jardins et en terrasses ou exceptionnellement mécanisées et en courbes de niveau ; plantations pérennes de cocotier (à moins de 300 m), de cacaoyer et de caféier, etc., sauf plantes acidiphiles, sur les versants Sud et Est ; plantes adaptées à la saison sèche et caféier sous ombrage sur le versant Ouest ; pâturage amélioré.
- e - Sols bruns eutrophes fortement rajeunis andiques, sur plateaux sédimentaires plio-pléistocènes (S.E. Malakula), disséqués, d'altitude 300 à 500 m.**
Contraintes : sol fragile ; relief vallonné ou morcelé, nécessitant des aménagements anti-érosifs ; pH 6,5 à 7 ; insolation restreinte.
Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, en jardins et en terrasses ou en courbes de niveau ; plantations pérennes de cacaoyer et caféier, etc., sauf cocotier et palmier à huile ; pâturage amélioré.

■ FERTILITE DU SOL MODEREMENT LIMITEE, RESTREIGNANT LA PRODUCTIVITE

- f - Andosols vitriques modaux, sur cendres andésitiques récentes (Tanna), plaine de cendres**
 Contraintes : sol sableux, très fragile et trop perméable, peu humifère ; déficience en N et épuisement rapide ; faible rétention hydrique ; pH 5,5 à 7.
Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes vivrières, en jardins itinérants ; avec réserves en agriculture mécanisée ; avec amendements organiques et fertilisation d'entretien (N, P, etc.) ; plantations de cocotier, palmier à huile et caféier (robusta), avec fertilisation ; pâturage amélioré.
- g - Andosols désaturés en (B), à horizon A faiblement désaturé, sur cendres andésitiques récentes / basaltes (Tanna), versants à pente modérée et faiblement disséqués ; altitude 300-600 m**
 Contraintes : sol fragile en surface ; forte fixation du phosphore ; précautions anti-érosives ; insolation restreinte ; pH 6 à 6,5.
Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, en jardins ou culture mécanisée en courbe de niveau ; plantations pérennes de cacaoyer, caféier (arabica), etc., sauf cocotier et plantes acidiphiles ; fertilisation P à expérimenter ; pâturage amélioré.
- i - Sols ferrallitiques moyennement désaturés en (B), à horizon A faiblement désaturé (Espiritu Santo, Vaté)**
i₁ - sur terrasses alluviales pléistocènes peu disséqués, altitude ≤ 250 m
i₂ - sur plateaux calcaires coralliens pléistocènes peu disséqués, altitude ≥ 200 m
 Contraintes : profondeur variable des sols sur calcaires durs ; fertilité chimique concentrée en surface ; pH 5,5 à 6 ; insolation restreinte à altitude > 200 m.
Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes annuelles, avec mécanisation possible et fertilisation P éventuelle ; plantations de cocotier (altitude < 200 m) ou de cacaoyer, caféier, etc., sauf plantes acidiphiles ; pâturage amélioré.
- i₃ - Sols ferrallitiques moyennement désaturés, sur terrasses d'argilites pléistocènes (Espiritu Santo, Vaté), altitude > 200 m**
 Contraintes : relief très disséqué par des ravines superficielles et instabilité des sols empêchant la mécanisation des cultures ; fertilité restreinte en surface.
Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes vivrières, en jardins, avec précautions anti-érosives ; plantations de cacaoyer, caféier, etc., sauf cocotier et plantes acidiphiles ; pâturage aménagé avec bandes d'arrêt.

▲ CLIMAT "EQUATORIAL" D'ALTITUDE 500-800 m, A INSOLATION RESTREINTE

- i₄ - Sols ferrallitiques faiblement désaturés rajeunis par des cendres volcaniques sur plateaux calcaires (Malakula)**
 Contraintes : insolation restreinte et climat très humide limitant les aptitudes, plateaux isolés d'accès difficile.
Aptitudes : toutes cultures pluviales de plantes vivrières peu exigeantes en insolation, avec fertilisation P éventuelle ; pâturage amélioré.

▲ CLIMAT "TROPICAL" OU DE TRANSITION, A COURTE SAISON SECHE

Plantes neutrophiles adaptées à un climat chaud, à saison sèche bien marquée ; besoin éventuel d'irrigation ou d'ombrage.

■ DISSECTION IMPORTANTE DES PLATEAUX OU TERRASSES, LIMITANT LA MISE EN VALEUR AGRICOLE

- h - Sols fersiallitiques**
 - faiblement désaturés rubéfiés, sur plateaux calcaires coralliens pléistocènes (Espiritu Santo, Malakula)
 - saturés brunifiés, sur terrasses d'argiles ou plateaux calcaires pléistocènes (Espiritu Santo, Malakula) } formes inclinées et très disséquées
- h₁ - Sols fersiallitiques faiblement désaturés rubéfiés, rajeunis andiques dans l'horizon A (Tanna)**
 Contraintes : profondeur très restreinte du sol et relief morcelé limitant l'utilisation.
Aptitudes : cultures pluviales de plantes vivrières à cycle court, en jardins, avec précautions anti-érosives ; pâturage amélioré.
- DRAINAGE INTERNE ET EXTERNE DU SOL DEFICIENT, LIMITANT LES APTITUDES CULTURALES**
- h₂ - Sols fersiallitiques saturés brunifiés, hydromorphes, sur terrasses d'argilite pléistocènes (Malakula)**
 Contraintes : sol compact et hydromorphe à faible profondeur.
Aptitudes : cultures pluviales de plantes vivrières à cycle court, après amélioration du drainage interne avec mécanisation éventuelle des cultures ; possibilité éventuelle de cultures d'inondation ; pâturage amélioré.

IV – POTENTIALITE MEDIOCRE

Sols de bonne fertilité présentant de fortes contraintes d'utilisation, ou sols de fertilité médiocre ayant des aptitudes limitées et nécessitant une fertilisation très coûteuse pour obtenir un rendement optimum, ou climat restreignant très fortement les aptitudes.

▲ DRAINAGE EXTERNE NUL OU DIFFICILE A AMENAGER, LIMITANT LES APTITUDES CULTURALES

c - Andosols vitriques hydromorphes (Tanna)

i - Sols peu évolués alluviaux hydromorphes (Malakula, Vaté)

e - Sols ferrallitiques hydromorphes sur calcaires coralliens (Espiritu Santo)

Contraintes : difficulté d'améliorer le drainage externe.

Aptitudes : cultures vivrières d'inondation (riz, taro) ; avec contrôle du drainage, toutes cultures vivrières et pâturage amélioré.

▲ DISSECTION DENSE ET ± PROFONDE DU RELIEF, SOLS PEU PROFONDS ; EXPLOITATION AGRICOLE DIFFICILE NECESSITANT DES AMENAGEMENTS ANTI-EROSIFS TRES COUTEUX

a - Sols bruns eutrophes, modaux, vertiques et pénévoulés (Malakula, Espiritu Santo) } sur calcaires tuffeux et roches volcano-sédimentaires
a₁ rajeunis andiques (E. Malakula), avec recouvrement de cendres volcaniques } collines à fort relief, profondément disséquées

b - Andosols saturés } b₁ "chromiques" } sur cendres andésitiques et tufs basaltiques (Tanna)
b₂ "mélaniques" } collines à fort relief et très disséquées

Contraintes : sols de bonne fertilité ; mais profondeur variable, ± restreinte ; relief morcelé ; nécessité d'aménagement en terrasses ; pH : sols rajeunis-andiques et andosols 6 à 7, sols modaux et vertiques 5,5 à 6,5.

Aptitudes : jardins vivriers en terrasses de plantes neutrophiles, diversifiées suivant l'exposition du versant "au vent" ou "sous le vent" ; possibilité de petites plantations de caféier (robusta), cacaoyer, arbres fruitiers, etc., sauf plantes acidiphiles sur le versant "au vent" ; ou caféier (arabica) sous ombrage et arbres fruitiers à expérimenter sur le versant "sous le vent" ; possibilité éventuelle d'irrigation (à Espiritu Santo et Malakula) ; aménagement de pâturage déconseillé.

f - Sols ferrallitiques moyennement désaturés en (B) sur terrasses alluviales plio-pléistocènes et plateaux de calcaire dur (Espiritu Santo), densément disséqués

Contraintes : sols de fertilité moyenne ; mais profondeur variable ± restreinte ; relief morcelé et vallonné gênant la mise en valeur agricole.

Aptitudes : jardins vivriers en terrasses de plantes neutrophiles, sans irrigation ; petites plantations de cocotier, palmier à huile, caféier (robusta), cacaoyer et arbres fruitiers, etc. ; aménagement de pâturage, avec réserve de protection anti-érosive en bandes d'arrêt arbustives.

▲ FERTILITE MEDIOCRE, SOLS ACIDES NECESSITANT UNE FERTILISATION TRES COUTEUSE POUR UN RENDEMENT OPTIMUM

Plantes acidiphiles, adaptées à une insolation restreinte ; mais relief à pente faible et peu disséqué, permettant la mécanisation des cultures.

d - Sols fersiallitiques ± fortement désaturés, rubéfiés, sur tufs volcaniques, altitude 300 à 500 m

d₁ modaux (Vaté) sur versant à pente modérée, peu disséqué

d₂ rajeunis par des cendres (Tanna) sur collines à relief faible et moyennement disséquées

Contraintes : sols acides, pH 5 à 5,5 ; déficients en phosphore et éventuellement en potasse ; risques modérés d'érosion ; climat à courte saison sèche.

Aptitudes : cultures pluviales de plantes vivrières à cycle court ; pâturage amélioré, avec fertilisation (N, P, K) et aménagé en bandes d'arrêt arbustives ; caféier (arabica) sous ombrage avec fertilisation.

g - Sols ferrallitiques ± fortement désaturés, humifères, sur calcaires tuffeux et roches volcano-sédimentaires (Espiritu Santo, Vaté) ; plateaux, planèzes, collines à pente faible et peu disséquées

Contraintes : sols acides, pH 4 à 5 ; nécessitant fertilisation N, P, K importante ; risques modérés d'érosion nécessitant précautions anti-érosives.

Aptitudes : sols profonds convenant bien à un aménagement forestier ; possibilité d'aménagement de pâturage avec bandes d'arrêt et fertilisation, de cultures vivrières itinérantes, de plantations de caféier et de palmier à huile avec fertilisation ; expérimenter la culture du théier ou d'autres plantes acidiphiles.

- h - Sols ferrallitiques $\pm$ faiblement désaturés, andiques, très humifères ; reliefs faibles et peu disséqués
 h₁ sur plateaux calcaires coralliens, altitude 400 à 600 m (Espiritu Santo, Vaté)
 h₂ sur plateaux sédimentaires, altitude 300 à 500 m (S. Malakula)

Contraintes : sols fixant très fortement le phosphore et déficients en potassium ; climat excessivement humide, insolation insuffisante.

Aptitudes : cultures vivrières itinérantes et cultures florales (orchidées, anthuriums, fougères) adaptées à un climat très humide ; expérimenter un pâturage amélioré, avec fertilisation (P, K) et aménagé en bandes d'arrêt.

V – POTENTIALITE MAUVAISE

Sols le plus souvent de médiocre ou mauvaise fertilité et présentant de fortes contraintes d'utilisation (hydromorphie totale, relief et érodibilité excessifs, difficulté d'accès et climat "de montagne" excessivement humide, etc.).

▲ FERTILITE MAUVAISE ; DIFFICULTES IMPORTANTES D'EXPLOITATION

- a₁ - Sols peu évolués alluviaux, sablo-graveleux, des cordons littoraux (Vaté)

Aptitudes : reforestation, pâturage extensif.

- a₂ - Sols peu évolués alluviaux, hydromorphes marécageux (Vaté)

Aptitudes : cultures vivrières d'inondation (riz, taro).

▲ FERTILITE MEDIOCRE ; RELIEF MODERE ; CLIMAT TRES HUMIDE

Plantes acidiphiles adaptées à une forte humidité et une insolation restreinte.

- c - Sols bruns dystrophes modaux sur calcaires tuffeux et roches volcano-sédimentaires (Espiritu Santo) ; hauts versants à pente moyenne et modérément disséqués, altitude : 500 à 1000 m

Contraintes : sols acides (pH 4 à 5) ; riches en aluminium échangeable ; déficience N, P, K ; risques modérés d'érosion ; relief morcelé ; climat très humide à insolation restreinte.

Aptitudes : agriculture vivrière itinérante ; plantation du théier à expérimenter ; pâturage aménagé avec bandes d'arrêt ; cultures florales sous forêt (orchidées, anthuriums, fougères) ; aménagement forestier.

- d₁ - Andosols vitriques complexes à horizon A désaturé sur cendres andésitiques récentes / tufs basaltiques (Tanna), altitude 400 - 600 m

- d₂ - Andosols désaturés, intergrade vitrique, sur cendres andésitiques récentes / basaltes (Tanna), altitude 200 - 400 m

Contraintes : sols friables, plutôt acides ; déficience N, P, K ; épuisement rapide ; climat très humide et insolation restreinte.

Aptitudes : agriculture vivrière itinérante ; plantation du théier à expérimenter ; pâturage avec précautions anti-érosives ; cultures florales (orchidées, anthuriums, fougères) ; aménagement forestier.

▲ FERTILITE MEDIOCRE, CLIMAT EXCESSIVEMENT HUMIDE ET INSOLATION INSUFFISANTE ; HAUTS PLATEAUX OU PLANEZES $\pm$ DENSEMENT DISSEQUES EN SURFACE

- g - Sols ferrallitiques fortement désaturés humifères sur basaltes et sur calcaires tuffeux (Espiritu Santo), altitude > 600 m, planèzes à pente forte et plateaux très disséqués

Contraintes : sols acides ; déficience N, P, K ; climat trop humide ; risques importants d'érosion.

Aptitudes : aménagement forestier ; cultures vivrières itinérantes et florales de plantes acidiphiles adaptées à un climat très humide.

- h - Sols ferrallitiques $\pm$ désaturés, andiques, très humifères sur hauts-plateaux de calcaires coralliens (Espiritu Santo), de roches sédimentaires (Malakula), ou de roches volcano-sédimentaires (Vaté) ; altitude > 500 m, relief disséqué en surface

Contraintes : sols fixant très fortement le phosphore, déficients en potasse, acides (pH 4,5 à 5) ; souvent à faible capacité d'échange cationique ; climat excessivement humide et insolation restreinte ; risques d'érosion.

Aptitudes : aménagement forestier ; cultures florales sous forêt (orchidées, anthuriums, fougères).

▲ FERTILITE MOYENNE OU MEDIOCRE ; ERODIBILITE EXCESSIVE SUR DES VERSANTS A PENTE FORTE, DENSEMENT DISSEQUES EN SURFACE

- b₂ - Sols peu évolués d'érosion, ± brunifiés, sur basaltes pléistocènes (N. Vaté)
- d₁ - Andosols vitriques sur cendres andésitiques (Tanna)
- e - Sols fersiallitiques faiblement désaturés rubéfiés et sols bruns calcaires (Tanna)
- f - Sols ferrallitiques ± modérément désaturés, pénévulés, sur terrasse alluviale pléistocène (Espiritu Santo) disséquée densément et profondément, en bad land
 Contraintes : sols peu profonds ; relief très morcelé et érodibilité excessive ; nécessité d'aménagement anti-érosif très coûteux.
 Aptitudes : cultures vivrières itinérantes ou jardins en terrasses.

▲ FERTILITE ASSEZ BONNE ; CLIMAT "DE MONTAGNE" EXCESSIVEMENT HUMIDE

- b₁ Sols bruns eutrophes humifères "de montagne", sur brèches basaltiques (Espiritu Santo), altitude 1000 - 1200 m, plateau modérément disséqué
 Contraintes : sol moyennement profond ~ 60 à 120 cm et modérément acide (pH ~ 5 à 5,5) ; sensibilité modérée à l'érosion ; mais localisation isolée.
 Aptitudes : cultures vivrières de plantes adaptées à un climat très humide et plus frais (Tm ~ 20°C) ; pâturage.

BRUN

VI – POTENTIALITE TRES MAUVAISE

Sols présentant de très fortes contraintes d'utilisation, ou de mauvaise fertilité, utilisables en agriculture vivrière seulement en cas de nécessité.

▲ EROSION EXCESSIVEMENT ACTIVE SUR DES RELIEFS TRES FORTS ET PROFONDEMENT DISSEQUES ; SOLS PEU PROFONDS (~ 20 à 60 cm) ET INSTABLES

- a₁ - Sols d'érosion peu évolués ou peu différenciés brunifiés, à horizon A₁ faiblement désaturé, sur différentes roches miocènes, pliocènes et pléistocènes (Malakula, Espiritu Santo, Vaté et Tanna) ; pentes très fortes (≥ 50 %) et altitude < 800 - 1000 m
- a₂ - Sols d'érosion peu évolués, intergrade andosols vitriques, sur roches volcaniques récentes (Tanna) ; pentes très fortes
- d - Sols ferrallitiques andiques, très humifères et bauxitiques, sur calcaires durs (Espiritu Santo), série des sols peu différenciés d'érosion sur karst "en tourelles", altitude 300 à 500 m
 Contraintes : fertilité des sols non négligeable ; mais utilisation agricole très difficile et trop dangereuse.
 Aptitudes : agriculture vivrière en terrasses, sous réserve de nécessité ; aménagement forestier très difficile.
- b - Sols bruns dystrophes humifères "de montagne" et sols peu différenciés d'érosion à horizon A₁ très humifère et désaturé, sur roches volcano-sédimentaires mio-pliocènes (Espiritu Santo) ; hauts versants, altitude ≥ 800 - 1000 m jusqu'à 1880 m et pentes très fortes (≥ 50 %)
- c₂ - Andosols désaturés perhydratés, à horizon A faiblement désaturé, sur roches volcano-sédimentaires (Malakula), sommets d'altitude > 800 m et pentes très fortes
 Contraintes : fertilité mauvaise ; relief excessif ; climat trop humide à insolation très restreinte.
 Aptitudes : conserver la végétation naturelle, expérimenter des cultures florales sous forêt (orchidées, fougères, anthuriums, etc.).

▲ FERTILITE MAUVAISE, CLIMAT TRES HUMIDE A FAIBLE INSOLATION, EROSION SENSIBLE

- c₁ - Andosols désaturés perhydratés sur basaltes recouverts de cendres andésitiques (Tanna) ; planèzes à forte pente, densément disséquées en surface ; altitude 200 à 800 m
 Contraintes : sol fragile, modérément acide (pH 5,5 à 6), fixant très fortement le phosphore, déficient en N, K.
 Aptitudes : aménagement forestier ; agriculture vivrière sous réserve de nécessité ; plantes adaptées à un climat très humide, avec précautions anti-érosives : cultures florales sous forêt, expérimenter le théier.

VII – POTENTIALITE NULLE

Sols de fertilité quasiment nulle ou très mauvaise et pratiquement impossibles à utiliser.

- a - Sols minéraux bruts et peu évolués d'érosion sur toutes roches, relief escarpé (falaises, cañons, cirques), (toutes îles)
- b - Sols minéraux bruts d'alluvions récentes et grossières (sables et galets) inondables (Espiritu Santo, Malakula)
- c - Sols minéraux bruts d'apport volcanique récent (Tanna, Ambrym, Lopevi)
- d - Sols hydromorphes de mangrove ou sols calcolithiques sur terrasse calcaire littorale (toutes îles).

GÉNÉRALITÉS

L'archipel de Vanuatu est localisé dans le sud-ouest de l'Océan Pacifique, entre la Nouvelle-Calédonie, les îles Salomon et les îles Fidji. Il est situé en région tropicale (entre 13°04' et 20°16' de latitude S, 166°32' et 170°14' de longitude E). Cet archipel comporte plus de cent îles et îlots, dont seulement quatorze dépassent 100 km². Il couvre une superficie totale d'environ 12.190 km². La population est seulement de 112 600 habitants,* soit une densité de 9 hab/km² ; 92 % d'entre eux sont mélanésiens.

L'économie est encore peu développée, essentiellement agricole et pastorale. Les ressources proviennent surtout de l'exportation du coprah et de la viande de bœuf, et accessoirement de cacao et de café. Cependant, de nouvelles ressources venant de la pêche maritime et du tourisme se sont récemment développées. D'autres ressources naturelles, forestières, dont le Kaori (*Agathis obtusa*) d'Erromango et d'Anatom, ou minières, le manganèse de Vaté, ont été malheureusement vite épuisées.

Les îles de Vanuatu forment un arc volcanique dans le prolongement des îles Salomon et Santa-Cruz. Elles sont constituées de roches éruptives à prédominance volcanique, de plateaux calcaires coralliens et de terrasses sédimentaires. Ce sont des îles « de cendre et de corail ». Leur formation a commencé à la fin de l'Eocène ; elle se poursuit par une activité volcanique importante, répartie du nord au sud en une douzaine de foyers aériens et sous-marins. Elle se continue aussi par un soulèvement tectonique rapide (~ 1 m/1 000 ans), qui fait émerger progressivement de nouveaux plateaux coralliens et sédimentaires. La majeure partie des surfaces émergées sont apparues au cours du Quaternaire.

L'archipel présente deux formes principales de relief. La première est celle des îles volcaniques récentes, dont les formes de cônes et cratères éruptifs sont bien conservées. La seconde est constituée de chaînes volcano-sédimentaires et de plateaux coralliens d'âge quaternaire.

Le climat est différencié sur chaque île en trois zones principales, sous l'effet des alizés et de l'altitude. La première zone, qui prédomine sur le versant « au vent » et à basse altitude, est caractérisée par un régime pluvio-thermique régulièrement chaud et humide, de type « équatorial » (Fig. 1, 2, 3). La seconde, sur le versant « sous le vent », a un régime « tropical », marqué par une courte saison sèche (Fig. 4, 5). La troisième, sur les sommets, présente un climat plus frais et très humide, de type « perhumide ».

A cette différenciation climatique correspond une zonalité particulière de la végétation et des sols. A basse altitude, on observe une forêt ombrophile tropicale sur le versant « au vent », une forêt semi-décidue tropicale et des formations « pyrogénées » de forêt et de savane sur le versant « sous le vent » ; sur les sommets « perhumides », règne une forêt basse et riche en plantes épiphytes, dite « néphélophile ».

*recensement général, janvier 1979.

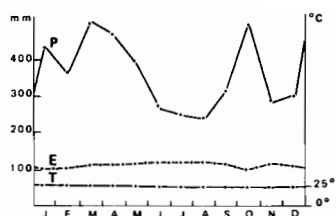


Figure 1 -
Diagramme climatique de Sola, îles Banks,
versant SE, alt. 40 m, lat. 13°53'S
P = pluviosité moyenne mensuelle
E = évaporation potentielle (Penman)
T = température moyenne mensuelle

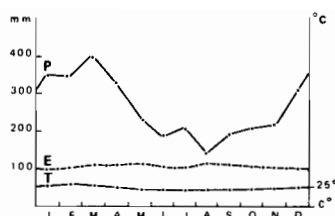


Figure 2 -
Diagramme climatique de Luganville, île Espiritu
Santo, versant SE, alt. 145 m, lat. 15°32'S
P = pluviosité moyenne mensuelle
E = évaporation potentielle (Penman)
T = température moyenne mensuelle

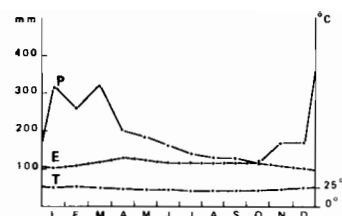


Figure 3 -
Diagramme climatique de Anelghowhat
île Anatom, versant S, alt. 7 m, lat. 20°14'S
P = pluviosité mensuelle (1955 à 1974)
E = évaporation potentielle moyenne (1951 à 1974) (Penman)
T = température moyenne mensuelle (1955 à 1974)

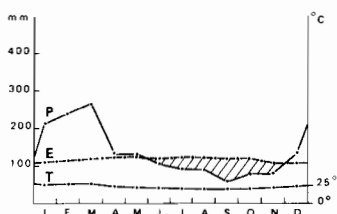


Figure 4 -
Diagramme climatique de Lénakel, île Tanna,
versant SO, alt. 80 m, lat. 19°32'S
P = pluviosité moyenne mensuelle
E = évaporation potentielle (Penman)
T = température moyenne mensuelle
hachures : déficit des précipitations

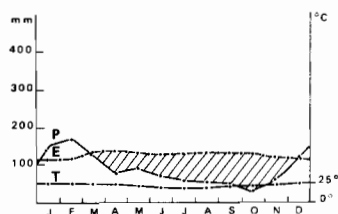


Figure 5 -
Diagramme climatique de Koumac, Nouvelle-
Calédonie, versant NO, alt. 23 m, lat. 20°34'S
P = pluviosité moyenne mensuelle
E = évaporation potentielle mensuelle (Penman)
T = température moyenne mensuelle
hachures : déficit des précipitations

Les sols sont très diversifiés, en raison d'une forte activité volcanique et du soulèvement tectonique d'une part, et de la différenciation climatique d'autre part. On observe principalement : des andosols sur les cendres volcaniques récentes, des sols bruns et des sols peu évolués d'érosion sur les chaînes volcano-sédimentaires plus anciennes (mio-pliocènes) et fortement modifiées par l'érosion, des sols ferralsitiques ou ferrallitiques, selon l'exposition du versant, sur les formations plio-pléistocènes (sédiments calcaires et roches volcaniques) encore peu modifiées par l'érosion, enfin des sols très humifères à caractères d'andosols sur les sommets perhumides. En raison de leur jeunesse et d'apports volcaniques, un grand nombre de ces sols sont très fertiles.

L'utilisation actuelle des sols est résumée dans le tableau n°1. Sur une superficie totale d'environ 12 190 km², les îles du Vanuatu ont un potentiel de 4.970 km² de terres cultivables*, soit près de 41 % de l'aire totale. Ce chiffre est énorme en comparaison de la capacité d'autres îles tropicales voisines, notamment la Nouvelle-Calédonie ; mais 2.115 km² seulement sont utilisés par l'homme, soit 43 % du potentiel cultivable. Les plantations pérennes (cocoier, caféier, cacaoier) occupent près de 660 km² (13,3 % de l'aire cultivable, dont 650 km² pour le seul cocoier, et les cultures vivrières environ 1 150 km² (23,1 % de l'aire cultivable). L'élevage de bovins se pratique sur près de 380 km² de pâturages, dont au moins 100 km² sont aménagés sous les plantations de cocoier. En réalité, les sols uniquement réservés au pâturage ne représentent pas plus de 280 km² (6 % de sol cultivable). L'agriculture des plantes vivrières est surtout itinérante ; la partie exploitée d'une manière intensive (jardins en terrasse, maraîchage, tarodières irriguées) est infime et limitée aux régions à forte pression démographique (Îles Shepherd, Port-Vila, Nord-Pentecôte, Méré-Lava, Paama, Tanna, etc.).

* Cette superficie est restreinte aux unités 1, 2 et 3 de potentialité agronomique (tabl. 2, p. 46), correspondant aux sols les plus favorables. Mais l'aire cultivable peut être étendue à l'unité 4, voire à l'unité 5, dans certaines conditions économiques.

TABLEAU N°1 : POPULATION ET UTILISATION DES SOLS

I L E S	Superficie km ² (a)		Utilisation des sols km ² *				Population (b)	
	S Total	S cultivable	S cultivé	Plantations export (1)	Pâturage (2)	Plantes vivrières (3)	Totale	Densité h/km ²
Torrès	121	98	11	5	—	6	325	2,7
Banks — O (4)	700	178	72	16	8	52	1 971	2,8
Banks — E (5)	61	37	34	9	2	23	2 643	43,3
Espiritu-Santo (6)	4 248	1 831	725	175	240	410	18 876	4,4
Malakula (7)	2 053	836	235	80	50	120	15 935	7,8
Maéwo	300	103	20	5	2	13	1 771	5,9
Pentecôte	499	185	135	65	5	70	9 544	19,1
Aoba	399	173	150	63	5	87	7 820	19,6
Ambrym	666	135	130	39	2	90	6 324	9,5
Paama-Lopévi	60	24	30	23	—	10	2 354	39,2
Épi (8)	446	173	88	38	2	50	2 672	6,0
Shepherd (9)	86	59	53	36	2	17	4 421	51,4
Vaté (10)	923	600	105	60	60	25	20 110	21,8
Erromango	887	203	10	2	1	7	945	1,1
Tanna-Aniwa	569	319	300	45	5	150	16 064	28,2
Anatom-Futuna	171	17	16	6	—	10	821	4,8
Total	12 189	4 971	2 114	667	384	1 140	112 596	9,2

* D'après nos estimations cartographiques (QUANTIN, 1972-78), corrigées d'après les données de D.S. Grundy (1980).

(a) Service topographique, Port-Vila.

(b) Recensement général de la population, 1979

(1) Plantations d'exportation : à prédominance de cocotier, plus un peu de caféier et de cacaoyer.

(2) Pâturage : prairie aménagée seule et pâturages sous cocotier.

(3) Plantes vivrières : agriculture itinérante prédominante et jardins en terrasse.

(4) Banks O : Uréparapara, Vanua-Lava, Santa-Maria.

(5) Banks E : Rowa, Mota-Lava, Mota, Mérig, Méré-Lava.

(6) Espiritu-Santo : Espiritu-Santo, Malo, Aoré et îlots.

(7) Malakula : Malakula et îlots.

(8) Épi : Épi et Lamén.

(9) Shepherd : Tongoa, Tongariki, Buninga, Émaé, Makura et Mataso.

(10) Vaté : Vaté, Nguna, Moso, Lélépa, Pélé, Émao et îlots.

L'utilisation plutôt faible des terres de l'Archipel, malgré leur grande fertilité, s'explique par un taux de population faible (9 hab./km²), un niveau de technicité peu élevé et aussi par l'isolement de l'Archipel. Actuellement, la première ressource économique demeure les produits agricoles d'exportation : coprah et viande de bœuf surtout, plus un peu de cacao et de café. La pêche maritime est la deuxième ressource importante. Vient ensuite le tourisme, en plein développement. L'exploitation du manganèse de Forari est presque terminée. Celle du bois de Kaori d'Anatom et Erromango est achevée. Aucune autre ressource importante n'étant prévisible dans l'immédiat, il est probable que l'économie agricole, pastorale et forestière va se développer, mettant en valeur le large potentiel de terres fertiles pouvant encore être aménagées.

SOLS : CARACTÈRES ET FERTILITÉ DES PRINCIPALES UNITÉS PÉDOLOGIQUES :

Le texte suivant n'est qu'un résumé des informations contenues dans les sept fascicules de l'Atlas de l'Archipel de Vanuatu (ex - Nouvelles-Hébrides), auquel il conviendrait de se référer (QUANTIN, 1972-78). La nomenclature des sols et l'ordre de leur présentation suivent la classification pédologique française (C P C S, 1967), adaptée et légèrement modifiée par l'auteur.

1. SOLS MINÉRAUX BRUTS

Les sols minéraux bruts correspondent aux roches superficiellement altérées et ne contenant que des traces de matière organique ; ils sont à nu, ou couverts seulement de lichens ou d'une végétation arbustive basse et clairsemée. Ils apparaissent soit sur des falaises tectoniques récentes : ce sont des sols minéraux bruts d'érosion, soit sur des formations très récentes : ce sont des sols minéraux bruts d'apport alluvial ou volcanique.

Les sols minéraux bruts d'érosion et d'apport alluvial (fluvatile, marin ou récifal) ne représentent qu'une superficie infime. Par contre, les sols minéraux bruts d'apport volcanique sont très étendus autour des appareils volcaniques en activité : c'est le cas surtout d'Ambrym, de Lopévi et du volcan Yasur à Tanna ; les produits meubles : cendres, lapilli, tufs, constituant des régosols, dominent très largement ; tandis que les coulées de laves qui forment des lithosols sont peu étendues.

Les sols minéraux bruts d'apport volcanique de Vanuatu dépourvus de végétation et d'habitants, n'ont actuellement aucun intérêt économique. Dans d'autres pays comme les îles Hawaï et les îles Canaries, ils sont parfois utilisés à diverses cultures.

2. SOLS PEU ÉVOLUÉS

Les sols peu évolués sont constitués essentiellement d'un horizon humifère, contenant au moins un pour cent de matière organique, et nettement différencié par sa couleur et sa structure du matériau originel encore peu altéré qui le supporte ; ils sont couverts d'une végétation arbustive ou arborée dense. Ils apparaissent soit sur des formes de relief abruptes et très érodées : ce sont des sols peu évolués d'érosion, soit sur des formations récentes : ce sont des sols peu évolués d'apport, alluvial ou volcanique.

2.a. — Sols peu évolués d'érosion

Les sols d'érosion se forment le plus souvent sur les versants à pente très forte ($\geq 50\%$) des vallées et ravines profondes qui ont été creusées dans les massifs surélevés de roches éruptives ou volcano-sédimentaires. Ils sont plus rares sur les roches calcaires dures, où ils n'apparaissent que sur le flanc de falaises abruptes, ou le sommet de petits batholites (récifs ou karst en tourelle). Dès que la pente diminue (sur les interfluvies et les bas-versants), il se forme des sols plus différenciés à horizon (B), généralement des sols bruns, plus rarement des sols ferrallitiques ou des sols fersiallitiques ; pour cette raison, les unités cartographiques (physiographiques) des sols associent fréquemment les sols peu évolués d'érosion à des sols bruns ; c'est le cas notamment des massifs éruptifs ou volcaniques situés au sud de Maewo et de Pentecôte, au centre et au sud de Malakula, à l'ouest de Santo.

L'altération du matériau original, malgré l'érosion et même sur des roches dures comme des gabbros, des laves ou des brèches basaltiques, est souvent assez profonde, atteignant près d'un mètre sur les roches dures et plusieurs mètres sur les roches tendres. Ce sont donc généralement des régosols. Les lithosols sur calcaire dur ou sur lave compacte sont relativement peu étendus.

L'horizon humifère, épais de 10 à 25 cm, est riche en matière organique (5 à 15 %) ; il contient souvent des graviers ou des cailloux de roche altérée ; mais il est également riche en une fraction argileuse très active (montmorillonite et $\pm$ halloysite). Le sol n'est souvent que faiblement désaturé, à cause de la proximité de la roche altérée, elle-même encore riche en minéraux et en bases, alors que les sols plus évolués voisins, en condition de climat très humide, peuvent être fortement désaturés. Sur les sommets élevés, notamment à Espiritu Santo à plus de 1 000 ou de 1 500 m. d'altitude (suivant l'exposition), les sols d'érosion deviennent eux aussi désaturés ; ils acquièrent un horizon organique très foncé et plus développé (30 à 40 cm) qui les apparente à des rankers. Enfin, certains de ces sols, soit parce qu'ils ont accumulé récemment en surface des cendres volcaniques, comme au sud de Tanna, de Pentecôte ou de Malakula, soit parce qu'ils sont situés en condition de climat perhumide sur les hauteurs d'Espiritu Santo, peuvent avoir aussi des caractères andiques.

La majeure partie des sols peu évolués d'érosion étant formés sur des roches éruptives basiques au Vanuatu, sont des sols meubles, mais peu profonds (~ 50 cm) ; ils sont riches en humus, en argiles, en bases et en phosphore ; ils sont donc très fertiles. Mais leur localisation sur des pentes très fortes et leur sensibilité à l'érosion, rendent leur utilisation très difficile.

2.b. — Sols peu évolués d'apport alluvial

Les sols peu évolués d'apport alluvial, fluvial ou fluvio-marin, sont le plus souvent localisés sur le littoral, à l'estuaire des rivières, et sur la terrasse la plus récente (altitude + 2 à 3 m). Rares et peu étendus sont les flats fluviaux récents situés plus en amont le long des rivières (Jourdain et Ora à Espiritu Santo). Exceptionnelles aussi sont les grandes plaines alluviales ayant rempli un fossé d'effondrement comme à Vaté (Mélé, Téouma et Marona), au sud de Malakula, ou à Espiritu Santo (Big Bay). Le matériau alluvial varie suivant le bassin qui l'alimente : surtout des tufs dacitiques à Vaté (plaines de Mélé et de la Téouma) ; des sables basaltiques à Erromango ; un mélange de roches éruptives (serpentinites, gabbros, basaltes) et de calcaires à Pentecôte ; un mélange de roches volcano-sédimentaires (brèches basaltiques, tufs) et calcaires (calcilutites et calcarénites) à Espiritu Santo (plaine de Big Bay). Il s'y ajoute parfois des argiles, des cendres ou des ponces flottées.

Le sol est constitué surtout d'un horizon humifère brun foncé, bien différencié, profond de 15 à 25 cm ; il a une texture sableuse ou sablo-argileuse, rarement argileuse ; il est riche en humus, saturé en cations, bien pourvu en phosphore. Le matériau originel sous-jacent est relativement peu altéré. Quand l'alluvion est en partie calcaire, le sol supérieur est presque totalement décarbonaté.

Les sols peu évolués d'apport alluvial sont le plus souvent fertiles, à l'exception assez rare des sols formés sur des galets, trop perméables, ou de ceux issus de serpentinites (au sud de Pentecôte, près de Lono-

rore) qui sont géochimiquement défavorables, ou enfin de certains sols mal drainés à hydromorphie perchée (à Vaté, plaine de la Téouma, ou à Malakula, estuaire de la Pankumu), dont les aptitudes sont restreintes. Les sols de la série sableuse ou sablo-argileuse, ont une fertilité moyenne et fragile, tandis que les sols de la série argilo-sableuse ou argilo-calcaire sont très fertiles et plus stables.

3. ANDOSOLS

Les andosols sont formés à partir de matériaux volcaniques d'âge récent et surtout de produits pyroclastiques vitreux et bulleux (cendres et lapilli). Ces produits sont très abondants à proximité des volcans actifs (Yasur à Tanna, Lopévi, Ambrym) ou récemment encore en activité (est d'Erromango, sud-est d'Épi, îles Shepherd, Aoba, Santa-Maria et Vanua-Lava). Les andosols se caractérisent par l'abondance de minéraux volcaniques, de constituants silicatés amorphes, verres et allophanes, souvent très hygroscopiques, et aussi fréquemment d'hydroxydes de fer et d'alumine amorphes ou cryptocristallins et fortement hygroscopiques. Cela leur confère des propriétés originales : couleur foncée, densité apparente faible (< 1), structure peu différenciée, texture sableuse ou limoneuse et très humifère, forte hygroscopicité, capacité d'échange cationique et anionique très élevée relativement à la fraction granulométrique fine ($< 20 \mu$) et malgré l'absence (ou la présence en traces seulement) de minéraux argileux. L'absence d'argiles en feuillets se remarque sur le terrain par la non plasticité et la faible adhésivité du sol ; cela donne l'impression au toucher d'un sol limoneux ; la présence abondante d'allophane et d'alumine libre peut être détectée par le test de Fieldes et Perrott (1966). La faible différenciation de la structure, au moins dans le haut du profil, en A_1 et (B), se signale par l'aspect farineux et très friable du sol. En climat « perhumide », les sols assez évolués sont en outre « thixotropiques ». Enfin, les profils sont souvent complexes et polyphasés du fait d'un rajeunissement par différents apports successifs de projections volcaniques ; ceci est surtout visible dans les sols les plus jeunes et proches des volcans actifs.

Les andosols sont souvent très fertiles en raison de leur richesse en réserves minérales et organiques progressivement disponibles aux plantes (à l'exception des andosols fortement désaturés et très alumineux, qui fixent énergiquement le phosphore).

A Vanuatu, il y a trois groupes d'andosols, dont la répartition géographique est bien précise : les andosols vitriques, les andosols saturés et les andosols désaturés. En fonction de la durée de leur formation, on observe d'abord des andosols vitriques (appelés aussi sols peu évolués d'apport volcanique friable) ; puis des andosols saturés, qui persistent dans la zone climatique « tropicale », tandis qu'apparaissent des andosols désaturés dans la zone climatique « équatoriale », et même des andosols fortement désaturés et perhydratés dans la zone « perhumide ».

3.a. — Andosols vitriques

Les andosols vitriques sont des sols sur cendres et lapilli volcaniques, à la fois peu évolués et peu différenciés. Ils sont constitués essentiellement d'un horizon humifère épais de 5 à 15 cm ; celui-ci contient de 1 à 8 % de matière organique et de 1 à 10 % de fraction inférieure à 2 microns. Ces sols sont dépourvus de minéraux argileux. Leur capacité de rétention en eau est souvent faible ou moyenne ; elle dépasse rarement 40 % à pF 3 et 20 % à pF 4,2. Leur capacité d'échange cationique n'excède pas 20 méq. p. 100 g. Ce sont cependant des sols riches en réserves minérales, en phosphore facilement soluble, assez bien pourvus en humus et assez hygroscopiques pour être d'une bonne fertilité. Mais leur contenu en matière organique, souvent médiocre, et leur capacité d'échange, relativement faible, les rendent susceptibles d'un appauvrissement rapide en cas de défrichement suivi d'une culture trop intensive. Ils présentent des déséquilibres minéraux.

Les andosols vitriques sont souvent polyphasés ; ils peuvent recouvrir d'anciens sols plus évolués : andosols saturés à Ambrym, Épi et Tanna par exemple, sols bruns eutrophes aux îles Shepherd.

Les andosols vitriques sont très étendus à proximité des volcans en cours d'activité. Ils recouvrent la majeure partie des îles Ambrym et Lopévi ; ils entourent les cratères des monts Yasur à Tanna, Garet à Santa-Maria, Süretiméat à Vanua-Lava, ou les petits volcans récemment actifs du Tavani Ruro au sud-est d'Épi ou du Tavani Akomwa à Tongoa.

3.b. — Andosols saturés

Les andosols saturés sont formés sur des cendres et des lapilli volcaniques basiques ; ils recouvrent éventuellement des coulées de lave superficiellement altérées. Leur âge de formation est récent (à Aoba, de 1.000 à 1.500 ans). Ils sont bien différenciés en trois horizons A₁ (B) ou (B)/C et C, mais souvent peu développés (de 1 à 2 m) ; ils sont aussi fréquemment polyphasés et constitués de plusieurs sols qui correspondent à plusieurs éruptions superposées : fréquemment deux ou trois sur les deux premiers mètres, parfois jusqu'à six ou sept jusqu'à 4 ou 5 m de profondeur.

L'horizon humifère est épais de 10 à 25 cm ; il a une couleur très foncée ; il contient 5 à 15 % de matière organique et 10 à 30 % de fraction inférieure à 2 microns. L'horizon (B), vers un mètre de profondeur, de couleur brune ou brun-rouge foncé, est composé de 1 à 5 % de matière organique et de 5 à 30 % de fraction argileuse (< 2 μ). Le sol est encore riche en minéraux primaires altérables (au moins 50 %) ; le produit d'altération, très siliceux et riche en cations, est en majeure partie amorphe, du moins au sommet des profils ; il apparaît cependant un peu de minéraux argileux (halloysite, montmorillonite) dont la quantité et la cristallinité s'accroissent vers la partie profonde des profils et vers la région climatique « tropicale ». Les andosols saturés ont une faible densité apparente (< 0,8), une forte porosité et ils sont assez fortement hygroscopiques, relativement à leur teneur en fraction argileuse ; leur capacité de rétention en eau dans l'horizon A₁ varie de 30 à 75 % à pF 3 et de 20 à 60 % à pF 4,2 ; leur capacité d'échange cationique est aussi relativement élevée, variant de 20 à 40 mé p. 100 g dans l'horizon A₁ et de 10 à 40 mé p. 100 g dans les horizons (B) et (B)/C. Le sol est saturé ou faiblement désaturé et son pH voisin de 7 dans tout le profil. Les andosols saturés sont extrêmement fertiles, parce que très riches en tous éléments utiles aux plantes, soit sous une forme facilement assimilable, soit également en réserves minérales. Ils sont peu susceptibles d'un appauvrissement rapide par suite d'une culture très intensive.

On a distingué des andosols saturés « chromiques » dans la zone climatique « équatoriale » de basse altitude et des andosols « mélaniques » dans la zone climatique « tropicale », à courte saison sèche. Les premiers sont sensiblement plus colorés en rouge et légèrement plus désaturés ; ils contiennent un peu d'halloysite. Les seconds, presque noirs, moins désaturés et moins hydratés, contiennent un peu de montmorillonite. Cette distinction, apparemment minime, mais correspondant à une différence climatique, est sans doute importante pour les aptitudes culturales.

Les andosols saturés sont particulièrement bien développés sur les appareils volcaniques récemment entrés en sommeil ou à leur voisinage : ils couvrent presque toute la surface de l'île d'Aoba, une partie importante de Tanna, une petite surface au nord-ouest des îles Vanua-Lava et Santa-Maria (en association avec des sols bruns andiques) ; ils sont faiblement recouverts par des andosols vitriques, d'âge plus récent, au nord d'Ambrym et au sud d'Épi (autour du Mont Pomaré).

3.c. — Andosols désaturés

Les andosols désaturés sont, comme les précédents, formés sur des cendres et lapilli volcaniques basiques et ils peuvent recouvrir des coulées de laves assez peu profondément altérées. Leur âge de formation est probablement récent (mais un peu plus grand) : quelques milliers d'années tout au plus ; ils apparaissent en effet sur des îles où il existe encore un volcanisme actif, quoique modéré (à Tanna) ou

très faible (à Vanua-Lava et à Santa-Maria). Ils semblent surtout localisés dans les régions très pluvieuses et humides : soit au sud du Volcan Yasur à Tanna et dans la zone climatique perhumide, soit dans les deux îles Vanua-Lava et Santa-Maria sur les versants « au vent » où la pluviométrie excède 4 m/an ; des formations de même âge sous des pluviosités plus faibles et plus contrastées portent des andosols saturés ou même des sols bruns andiques.

Ce sont des sols bien différenciés : en trois horizons A₁, (B) et C ; ils sont souvent assez profondément développés, dépassant deux mètres de profondeur ; ils sont fréquemment rajeunis en surface et polyphasés et ils comportent au moins deux matériaux originels d'âge différent ; mais cela est difficile à percevoir sur le terrain à cause de l'altération et de la rubéfaction profonde de ces matériaux, et cela ne peut souvent être déduit que grâce à l'analyse.

L'horizon humifère est épais de 10 à 20 cm ; il a une couleur foncée ou très foncée ; il contient 10 à 25 % de son poids sec (à 105°) en matière organique et 15 à 30 % de fraction inférieure à deux microns. Les horizons (B), de couleur brune ou brun-rouge foncé, ont une teneur en matière organique de 1 à 10 %, pouvant atteindre encore 1 à 2 % à 2 m de profondeur ; le taux de fraction inférieure à 2 microns (mesuré avec difficulté, et probablement par défaut) est de 10 à 40 %. Les andosols désaturés ont subi une altération très intense : en profondeur, ils ne contiennent plus qu'un peu de minéraux altérables (10 à 20 % environ) ; ils sont fortement appauvris en silice et en cations et très enrichis en alumine et en fer. Les produits d'altération (~ 50 % du sol) sont surtout à l'état amorphe ou cryptocristallin : allophane, imogolite, gibbsite, goëthite, lépidocrocite et gels. En surface, les sols sont plus ou moins fortement rajeunis, enrichis en minéraux frais et en silice. Dans l'ensemble du profil, sauf rares exceptions, le sol ne contient que des traces d'argiles (kaolinite, halloysite et montmorillonite).

Les andosols désaturés ont une densité apparente très faible : 0,3 à 0,5 en surface ; 0,3 en profondeur. Ils sont extrêmement hygroscopiques. Dans les régions les moins humides de basse altitude, ils retiennent à pF 3 de 80 à 130 % d'eau et à pF 4,2 de 40 à 100 % ; dans les régions perhumides situées en altitude plus élevée, ces valeurs varient de 90 à 300 % à pF 3 et de 50 à 250 % à pF 4,2. La capacité d'échange cationique est assez élevée dans le haut du profil : de 20 à 60 mé p. 100 g en A₁ ; mais elle est sensiblement plus modérée en profondeur : 15 à 20 mé p. 100 g en II (B) ; cela est une conséquence de la très forte teneur en hydroxydes d'alumine et de fer de ces sols. Ils sont de plus nettement désaturés : modérément à basse altitude, toujours très fortement ($V < 10\%$) dans les andosols perhydratés situés sur les sommets très humides. Le pH n'est pas très acide, sauf cependant dans la partie supérieure, très humifère, des sols perhydratés situés sur les sommets. Les teneurs en phosphore assimilable sont toujours très faibles, à cause sans doute d'un blocage de cet élément par l'alumine ou l'allophane. Il faut distinguer les andosols moyennement désaturés de basse altitude de ceux fortement désaturés et perhydratés situés sur les sommets : les premiers ont un niveau de fertilité assez correct et ils ne paraissent pas souffrir d'une déficience très sensible, même en phosphore ; les seconds, au contraire, sont probablement peu fertiles.

4. SOLS CALCIMAGNÉSIQUES

Les sols calcimagnésiques, sous le climat tropical humide de Vanuatu, n'apparaissent que dans des conditions particulières : tout d'abord essentiellement sur une roche-mère calcaire ; ensuite sur un matériau jeune, c'est le cas des rendzines formées sur plages calcaires littorales, ou sur un matériau rajeuni par érosion, c'est le cas des sols bruns calcaires et bruns calciques développés sur les versants de sédiments calcaires tendres. Les rendzines ont un profil peu différencié et totalement calcaire ; les sols bruns sont partiellement décarbonatés, argiliés et plus différenciés.

4.a. — Rendzines

Les rendzines sont constituées essentiellement d'un horizon humifère gris foncé, épais de 10 à 30 cm et reposant presque sans transition sur un matériau calcaire (sables, graviers, récif) parfois mêlé de ponces, et presque inaltéré. Ces sols sont très humifères (5 à 15 % de matière organique) et calcaires, mais souvent dépourvus d'argiles.

Les rendzines ont une fertilité limitée, d'une part, par le faible développement du sol et sa trop forte porosité, d'autre part, leur pH alcalin (7,5 à 8) et une certaine déficience en potassium et en phosphore qui s'accuse rapidement lors de leur mise en culture. Elles sont cependant très souvent plantées en cocotiers. Leur extension, sur le littoral des îles hautes, ou sur les petites îles basses, est faible ; elle est cependant plus importante sur les îles Vaté, Malakula et Espiritu Santo.

4.b. — Sols bruns calcaires, bruns calciques, calciques mélanisés et rendzines brunifiées

Selon la profondeur de la décarbonatation dans le profil, l'on passe de sols bruns calcaires à des sols bruns calciques. Les deux types sont fréquemment juxtaposés et ils ont été associés en une seule unité pour la cartographie. Ils sont formés soit sur les terrasses alluviales argilo-calcaires un peu plus hautes (vers + 5 m) et anciennes que les plages calcaires littorales où l'on a observé des rendzines, soit sur des versants à pente forte creusés dans les sédiments calcaires tendres (calclutites). Ces sols sont très peu étendus au Vanuatu ; ils ont été observés surtout au nord de l'île Maéwo sur des terrasses moyennes ou des versants érodés ; ils existent aussi, mais sur de très petites surfaces, dans les îles Erromango, Vaté, Pentecôte et Espiritu Santo.

Le sol est constitué d'un horizon humifère brun très foncé ou noir, épais de 15 à 20 cm, très argileux et humifère, et généralement décarbonaté. L'horizon (B) ou (B) C, qui lui succède jusqu'à une profondeur de 40 à 80 cm, a une couleur brun foncé ; il peut être plus ou moins décarbonaté et argilifié, parfois totalement, tout en restant saturé en calcium ; il a parfois une structure vertique et plus rarement il est hydromorphe sur les terrasses alluviales. Le profil s'achève en profondeur par un horizon d'altération brun ou brun-clair, encore très calcaire.

Les sols bruns calcaires et bruns calciques sont très humifères, même dans l'horizon (B), et assez fortement argilo-limoneux. Leur fraction argileuse est surtout constituée de montmorillonite, ce qui entraîne une structure large, souvent vertique, mais leur donne aussi une capacité d'échange cationique très élevée : de 40 à 75 méq p. 100 g, et une assez forte capacité de rétention en eau. Ce sont des sols saturés, principalement en calcium ; mais ils sont assez riches en tous les autres éléments utiles aux plantes et ils sont très fertiles. Les seules limites à leur utilisation peuvent être leur profondeur réduite, ou leur situation sur de fortes pentes soumises à une érosion forte, ou enfin rarement l'hydromorphie de certains sols des plaines littorales.

5. SOLS BRUNS DES PAYS TROPICAUX

Les sols bruns de Vanuatu se sont formés en climat tropical humide et à partir de roches basiques (basaltes, gabbros, serpentinites, etc.). Ils se caractérisent essentiellement par la jeunesse relative de leur évolution, bien qu'il s'agisse de sols parfaitement différenciés en un profil de type A (B) C, et qu'ils soient souvent fortement argileux. Leur caractère de jeunesse vient, soit de l'âge du matériau originel : lapilli basaltiques d'âge quaternaire récent (îles Shepherd, ou terrasses alluviales littorales (+ 5 m et + 15 m) d'âge holocène (Maéwo, Malakula, Pentecôte et Espiritu Santo), soit de l'effet rajeunissant de l'érosion sur de fortes pentes auquel s'ajoutent des apports récents de cendres volcaniques (sud des îles Maéwo, Malakula et Pentecôte), ou même sans apports de cendres (Espiritu Santo et nord Malakula).

Les sols bruns sont caractérisés par leur horizon (B) de couleur brun foncé ou brun-rouge foncé et leur texture argilo-limoneuse. Ils ont une profondeur variant d'un à plus de deux mètres. Ils contiennent une fraction importante de minéraux primaires altérables. Leurs argiles comportent une part variable de montmorillonite-ferrifère : celle-ci domine dans les sols brun foncé situés sur les versants érodés de Malakula, Espiritu Santo, Pentecôte et Maéwo, ou ceux localisés « sous le vent » au nord-ouest des îles Banks ; mais l'halloysite l'emporte sur les sols brun-rouge foncé, intergrades vers les sols ferrallitiques, des îles Shepherd. Les sols rajeunis en surface, par des cendres, contiennent aussi de l'allophe et ils ont des caractères andiques ; c'est le cas notamment de certains sols de l'ouest de Tanna, ou du nord-ouest des îles Banks. Les sols bruns situés à basse altitude sont saturés, ou au plus faiblement désaturés en cations : ce sont des sols bruns eutrophes tropicaux. Au-delà d'une certaine altitude, variant suivant la position géomorphologique et la localisation des îles, avec l'apparition d'un climat très pluvieux et régulièrement humide, les sols bruns deviennent désaturés (dystrophes) ; cette altitude est d'environ 400 à 500 m au sud de Pentecôte et de Maéwo, et de plus de 500 m au sud de Espiritu Santo. Avec la présence d'un recouvrement cendreux et d'un climat perhumide, les sols acquièrent des caractères andiques ; c'est le cas au sud de Pentecôte. Au-dessus d'une altitude de 1.000 à 1.500 m environ, à Espiritu Santo, les sols bruns désaturés présentent une accumulation organique de couleur très foncée et s'apparentent en surface à des rangers ; mais l'extension de ce dernier type de sol est très faible.

A Vanuatu, les sols bruns sur roches basiques peuvent être classés principalement en sols bruns eutrophes tropicaux et en sols bruns dystrophes. Les sols bruns eutrophes se subdivisent en sols brun-rouge (ferruginisés) à halloysite, formés sur des lapilli basaltiques d'âge récent, et en sols brun-foncé (modaux, ou peu évolués) à montmorillonite, formés sur les versants érodés de roches éruptives basiques. Les sols bruns dystrophes, formés en climat perhumide sur les hauts-versants érodés et sur des roches éruptives basiques ou volcano-sédimentaires, sont analogues des sols bruns acides à Espiritu Santo et plutôt des sols andiques désaturés au sud de Pentecôte et de Maéwo.

5.a. — Sols bruns eutrophes ferruginisés, à halloysite

Les sols brun-rouge sur lapilli et cendres volcaniques basiques (basaltes et andésites) d'âge quaternaire récent sont constitués surtout d'halloysite et de métahalloysite dans leur fraction fine ($< 20 \mu$), de sables de plagioclases et de pyroxènes et d'un peu de montmorillonite dans leur fraction sablo-limoneuse. Ils sont colorés en brun-rouge par de la goëthite fine. Les sols sont souvent rajeunis en surface par des cendres volcaniques (dacitiques et andésitiques aux îles Shepherd et au sud d'Épi, basaltiques au nord d'Épi et à Paama) ; leur profil est parfois polyphasé, le sol brun recouvrant un ancien sol ferrallitique (îles Shepherd).

Les sols brun-rouge à halloysite ont une capacité de rétention en eau de 40 à 65 % (en poids sec) à pF 3 et de 30 à 55 % à pF 4,2 ; leur capacité d'échange cationique varie de 30 à 40 méq. p. 100 g ; ce sont des sols saturés, ou, au plus, modérément désaturés. Ils sont riches en matière organique (5 à 7 % dans l'horizon A₁) et en tous éléments minéraux utiles aux plantes, y compris le phosphore, dont ils sont souvent enrichis en surface par les apports de cendres volcaniques. Ce sont des sols très fertiles et supportant bien une agriculture intense.

Les sols bruns eutrophes, de couleur brun-rouge, sur cendres et lapilli basaltiques sont très étendus sur les petites îles volcaniques récentes : au nord de Vati (Nguna, Pélé, Émao), îles Shepherd et Méré-Lava notamment, ou à proximité de volcans actifs : sud-ouest de Tanna, nord d'Épi, Paama et sud-est de Malakula, où ils sont fortement rajeunis et andiques en surface (andosols saturés).

5.b. — Sols bruns eutrophes et pénévolués à montmorillonite

Les sols brun foncé ou brun-rouge foncé, formés sur les versants érodés, qui se sont façonnés dans les roches éruptives basiques, sont constitués surtout de montmorillonite-ferrifère dans leur fraction

fine ($< 20 \mu$) ; ils contiennent aussi une part variable de minéraux primaires altérables et souvent un peu de métahalloysite. Ils ont une couleur foncée et ils ne présentent que rarement des hydroxydes de fer sous une forme bien individualisée. De faibles apports de cendres les ont fréquemment rajeunis en surface. Ils ont enfin la particularité de se former même sous des climats très pluvieux et humides (pluviométrie d'au moins 3 m/an, au sud de Pentecôte). Ceci pourrait s'expliquer par l'effet rajeunissant de l'érosion sur des pentes fortes (20 à 50 %). Dans les régions « sous le vent », à climat plus contrasté, les sols bruns eutrophes acquièrent des caractères vertiques, transitoires vers les sols fersiallitiques saturés bruns. Les sols bruns à montmorillonite ont une capacité de rétention en eau de 40 à 80 % (en poids sec) à pF 3 et de 30 à 60 % à pF 4,2 ; leur capacité d'échange cationique, varie de 40 à 90 mé p. 100 g. Les sols sont saturés ou très faiblement désaturés en cations. Ils sont riches en matière organique (6 à 10 % dans l'horizon A₁) et en tous éléments minéraux utiles aux plantes. Ces sols sont généralement très fertiles ; mais une exception doit être signalée pour ceux issus de roches ultrabasiques (au sud de Pentecôte) dont les déséquilibres minéraux : excès relatif en Mg, Ni, Co et Cr et déficience en P, K et Mo notamment, peuvent être nuisibles à la plupart des végétaux cultivés ; cependant, à Vanuatu, ces déséquilibres sont atténués par suite d'apports superficiels de cendres volcaniques. La limite à l'utilisation des sols bruns eutrophes formés sur de fortes pentes vient de leur forte susceptibilité à l'érosion et de la difficulté de leur exploitation.

Les sols bruns eutrophes, de couleur brun foncé, formés sur les terrasses alluviales (+ 5 m et + 15 m à Maéwo et à Pentecôte) ou principalement sur les bas-versants à forte pente, des reliefs creusés dans les roches éruptives basiques, sont très étendus au sud des îles Maéwo et Pentecôte, au centre et au sud de Malakula, et à l'ouest de Espiritu Santo. Sur les forts reliefs, ils ont été associés pour la cartographie avec les sols peu évolués d'érosion, avec lesquels ils sont étroitement imbriqués.

5.c. — Sols bruns dystrophes

Les sols bruns dystrophes se caractérisent par leur horizon humifère de couleur très foncée et très riche en matière organique (15 à 20 %) ; l'horizon (B) est argilo-limoneux et souvent fortement désaturé ($V < 10$ %) ; sa couleur varie de brun à brun-rougeâtre. Sur les hauts-versants situés au sud de Pentecôte et de Maéwo (à > 500 m), les sols ont nettement des caractères andiques : faible densité apparente, très forte hygroscopicité (< 100 %), et taux élevé de substances amorphes ; ce sont des sols andiques désaturés. Sur les versants d'Espiritu Santo, exposés « au vent », et situés entre 500 et 1 000 m d'altitude, les sols bruns sont plus typiquement des sols bruns acides ; leurs argiles sont composées d'un mélange d'halloysite et de métahalloysite en prédominance, et d'un peu de montmorillonite-alumineuse ; ils contiennent aussi un peu de goëthite fine qui leur donne leur couleur brun-rouge. Sur les sommets d'Espiritu Santo, à plus de 1 000 m au sud, et de 1 200 m au centre, les sols bruns désaturés s'apparentent à des rankers ; ils présentent un horizon organique, très riche en matière organique (60 à 90 %), de couleur noire et acide, mais celui-ci n'est épais que de 15 à 35 cm. Ces sols s'apparentent parfois à des sols andiques, à cause de leur faible densité apparente, de leur forte hygroscopicité et de leur taux élevé de substances amorphes ; ils contiennent en outre un peu de gibbsite.

Les sols bruns dystrophes ont une capacité de rétention en eau (à pF 3) forte à très forte : 50 à plus de 100 % dans les sols d'Espiritu Santo, 200 à 300 % dans les sols andiques de Pentecôte. Ils ont également une capacité d'échange cationique assez forte : de 15 à 35 mé p. 100 g dans les horizons A₁ et (B). Mais c'est surtout leur acidité (pH 4,5) et leur forte désaturation en cations échangeables dans l'horizon (B) ($V < 10$ %) qui les caractérisent. Ils sont aussi fréquemment déficients en phosphore assimilable. Ils sont probablement très pauvres (oligotrophes) et peu fertiles. Leur utilisation est limitée sur les hauteurs d'Espiritu Santo à une agriculture itinérante de plantes vivrières peu exigeantes.

Les sols bruns désaturés dystrophes, formés sur les reliefs très forts des sommets, à partir de roches volcaniques et volcano-sédimentaires anciennes, ont été associés pour la cartographie à des sols peu évolués d'érosion avec lesquels ils sont imbriqués. Leur extension est restreinte aux lignes de crête et hauts versants sur les îles anciennes les plus hautes, au sud de Pentecôte, de Maéwo et de Malakula, et surtout développée sur le faite de la chaîne volcanique occidentale d'Espiritu Santo (altitude 600 à 1 880 m).

6. SOLS FERSIALLITIQUES

Les sols fersiallitiques de Vanuatu sont des sols très argileux et à structure large, prismatique ou cubique, situés sur les plateaux et bas-versants « sous le vent » des îles hautes anciennes. Ce sont des sols profondément évolués et argiliés, et bien différenciés. Ils ont un profil A (B) sur roche calcaire dure, ou A (B) C sur roches volcaniques et volcano-sédimentaires. Leur fraction argileuse est constituée d'un mélange de montmorillonite-ferrière et de métahalloysite ou de kaolinite désordonnée ; ils contiennent aussi parfois un peu d'hydroxydes de fer exprimés sous forme de goëthite fine, qui leur donne une couleur brun-rouge, ou d'hématite fine, qui les colore en rouge vif.

Les sols fersiallitiques comportent un premier groupe de sols, saturés ou faiblement désaturés (à réserve calcique), brunifiés ou rubéfiés constitués surtout d'une montmorillonite-ferrière et d'une quantité faible ou modérée d'hydroxydes de fer, et un deuxième groupe de sols, moyennement à fortement désaturés, (sans réserve calcique) rubéfiés, qui sont constitués en prédominance de métahalloysite (ou kaolinite) et d'une quantité plus grande d'oxy-hydroxydes de fer. Certains sols fersiallitiques sont rajeunis en surface par des cendres volcaniques (Malakula, Tanna).

L'extension des sols fersiallitiques est limitée à une bande assez étroite, située à l'ouest et au nord-ouest des îles Tanna, Erromango, Vaté, Malakula et Espiritu Santo.

6.a. — Sols fersiallitiques saturés

Ces sols se subdivisent en sols saturés et en sols faiblement désaturés. Les sols saturés sont le plus souvent brunifiés et correspondent à des conditions de drainage plus lent, par exemple des terrasses d'argilites (Erromango, Malakula, Espiritu Santo), ou aux conditions climatiques les plus arides (Malakula, Vaté) ; ils ont alors une structure « vertique ». Certains sols brunifiés sur argilites ont des caractères d'hydromorphie temporaire à faible profondeur ; ils sont alors situés dans la zone climatique « de transition » (Malakula NE). D'autres sols saturés sont exceptionnellement rubéfiés ; il s'agit alors de sols formés sur des calcaires durs dans la zone climatique « de transition », mais rajeunis en surface par des cendres volcaniques (Malakula NE, Tanna). Les sols les mieux drainés, sur des calcaires durs, quand ils ne sont pas rajeunis, sont le plus souvent faiblement désaturés et rubéfiés (Espiritu Santo, Vaté, Malakula NO, Erromango).

Les sols fersiallitiques saturés ou faiblement désaturés, sont caractérisés par un horizon humifère (A_1), de couleur très foncée, presque noire ; cet horizon est épais de 15 à 25 cm, très argileux et très humifère (7 à 14 % de matière organique), et il a une structure polyédrique ou cubique bien développée. L'horizon (B) a une couleur brun-foncé ou brun-rouge ; il est très argileux ; sa structure, prismatique et vertique dans les sols brunifiés, est plutôt polyédrique grossière dans les sols rubéfiés ; sa profondeur dépasse rarement 1 m à 1,5 m ; elle est souvent réduite et variable sur les calcaires durs. L'horizon d'altération, presque inexistant sur les calcaires durs, peut atteindre un à plusieurs mètres sur les formations sédimentaires. Exceptionnellement, dans les régions les plus arides, un léger concrétionnement de calcaire friable se forme entre les horizons (B) et C (Malakula NO).

Les sols fersiallitiques saturés ou faiblement désaturés ont une capacité de rétention pour l'eau (à pF 3) de 50 à 70 % et une capacité d'échange cationique de 30 à 60 méq p. 100 g. Ce sont des sols riches en matière organique et en bases échangeables (surtout Ca et Mg) ; mais leur fertilité est limitée par une déficience fréquente en phosphore assimilable et en potassium ; de plus, ils souffrent d'une aridité saisonnière, qui amène la partie supérieure du profil à son point de flétrissement. C'est ce qui explique qu'ils soient souvent peu utilisés à des fins agricoles à Vanuatu et plutôt abandonnés à un pâturage extensif. Les sols brunifiés hydromorphes ont un horizon (B)_g compact et mal drainé, parfois acide ou sodique, qui limite sérieusement leurs aptitudes culturales. Par contre, les sols fersiallitiques saturés rubéfiés, rajeunis par des cendres volcaniques, situés dans une zone climatique « de transition » plus favorable, et en même temps bien drainés, sont très fertiles et ont des aptitudes culturales très étendues (centre et nord-est Malakula).

6.b. — Sols fersiallitiques désaturés rubéfiés

Les sols fersiallitiques désaturés rubéfiés ont une couleur plutôt vive, rouge ou brun-rouge, dans l'horizon (B), qui est due à l'abondance d'hématite très fine. Leurs minéraux argileux sont à prédominance de métahalloysite ou de kaolinite désordonnée et ne comportent qu'un peu de montmorillonite. Ils dérivent de roches volcaniques pliocènes ou pléistocènes.

Ce sont des sols acides ($\text{pH} \sim 5$), assez fortement désaturés ($V \sim 25$ à 35% , en B), pauvres en potassium et en phosphore assimilable. Ils ont un niveau de fertilité moyen à médiocre. Les sols rouges du nord de Tanna sont plus fertiles, car superficiellement enrichis par des cendres volcaniques. Ils ne sont utilisés qu'à un pâturage extensif ou plus rarement à une agriculture vivrière itinérante.

L'extension des sols fersiallitiques désaturés rubéfiés est très faible : au nord-ouest de Vaté, Erromango, Tanna, dans la zone climatique « de transition », et seulement sur des roches volcaniques (dacites, andésites, basaltes).

7. SOLS FERRALLITIQUES

Les sols ferrallitiques de Vanuatu sont localisés sur la majeure partie des reliefs modérés exposés « au vent » et soumis à un climat régulièrement humide. Ils se sont formés sur diverses roches : calcaires, volcaniques et volcano-sédimentaires. L'âge de ces roches remonte pour la plupart au Pléistocène et au Pliocène ; certaines mêmes sont du Miocène. Mais les plateaux ont été rajeunis par d'épais dépôts récents de cendres volcaniques, de sorte que les sols ferrallitiques, même s'ils ne sont pas pour la plupart d'âge très récent, sont-ils du moins presque toujours rajeunis en surface. Les sols ferrallitiques formés sur les plateaux de calcaires durs (presque purs) se sont à l'évidence constitués à partir d'un manteau de cendres volcaniques ; celui-ci s'est probablement déposé au cours du Quaternaire, pendant l'activité des derniers volcans qui jalonnent l'Archipel du sud au nord.

Les sols ferrallitiques sont des sols argileux constitués d'halloysite ou de kaolinite désordonnée et d'hydroxydes de fer (goëthite) en quantité importante ; ils contiennent parfois des quantités variables d'hydroxydes d'alumine (gibbsite). Certains sols, rajeunis par des cendres volcaniques, ou les sols formés dans la zone climatique « perhumide », ont des caractères andiques.

Les sols ferrallitiques de Vanuatu peuvent être subdivisés en trois groupes principaux, d'après les caractères de leur évolution géochimique et la nature de leur matériau originel : les sols ferrallitiques faiblement désaturés, humifères, formés sur les plateaux calcaires et à basse altitude ; les sols ferrallitiques plus ou moins modérément désaturés, andiques et humifères, formés sur les plateaux calcaires et à plus haute altitude ($> 300 - 500$ m jusqu'à 800 m) ; les sols ferrallitiques moyennement ou fortement désaturés, humifères, formés sur les roches éruptives (généralement volcaniques) et sur les roches volcano-sédimentaires. Une évolution générale est constatée des plateaux situés à basse altitude vers ceux les plus élevés : elle consiste, partant de sols argileux à halloysite et goëthite, faiblement ou moyennement désaturés en cations, à aboutir à des sols très appauvris en silice et en cations ; ceux-ci, enrichis relativement en hydroxydes d'alumine et de fer et en produits minéraux amorphes, présentent des caractères andiques. Cette évolution étant progressive, et d'autant moins accusée que les sols ont été plus récemment rajeunis par des cendres volcaniques, la limite cartographique entre les deux groupes de sols ferrallitiques formés sur des plateaux calcaires est parfois un peu arbitraire.

7.a. — Sols ferrallitiques faiblement désaturés humifères, sur plateaux calcaires

Les sols de ce groupe sont considérés comme l'orthotype des sols ferrallitiques formés sur les plateaux calcaires à basse altitude et « au vent », par opposition aux sols andiques qui apparaissent à plus haute altitude et en climat « perhumide ».

Les sols ferrallitiques faiblement désaturés sur calcaires durs sont constitués de deux horizons principaux : un horizon humifère A₁, épais de 15 à 25 cm et de couleur foncé (brun-rouge foncé) ; un horizon (B), d'épaisseur très variable (quelques décimètres à plusieurs mètres) et de couleur brun-rouge. Il n'y a pas ou presque d'horizon d'altération entre le sol et le calcaire dur ; mais tout au plus une mince pellicule de calcaire plus friable. Le sol est surtout constitué d'halloysite et de goëthite fine ; en surface l'halloysite se transforme en métahalloysite. Les sols plus évolués, à horizon (B) moyennement désaturé, faisant transition vers les sols désaturés andiques des climats plus humides, contiennent aussi un peu de gibbsite.

Les sols ferrallitiques faiblement désaturés ont une texture argilo-limoneuse régulière dans tout le profil. Ils sont assez fortement humifères et ils contiennent de 9 à 15 % de matières organiques dans l'horizon humifère et encore de 1 à 2 % vers une profondeur de 1 m. Leur structure est typiquement polyédrique anguleuse, de taille moyenne ou fine dans l'horizon (B) ; leur densité apparente est assez faible (0,7 à 0,9) et la porosité fine très importante. Ils ont une capacité de rétention en eau de 60 à 80 % (en poids sec) à pF 3 et de 40 à 60 % à pF 4,2. Leur capacité d'échange cationique est exceptionnellement élevée pour des sols ferrallitiques (à cause de l'halloysite) : de 20 à 40 mé p. 100 g dans les sols faiblement désaturés ne contenant pas d'alumine libre ; 15 à 20 mé p. 100 g dans les sols de transition, à horizon (B) moyennement désaturé et contenant de la gibbsite. Tous ces sols sont saturés ou faiblement désaturés en cations et peu acides (pH > 5,5) dans le haut du profil. Ils sont riches en matière organique et en tous éléments minéraux utiles aux plantes, même en potassium ; cela vient sans doute du rajeunissement superficiel par des cendres volcaniques. Dans certains cas, ils sont très riches en phosphore (sols de la Rentapao à Vaté) ; mais, le plus souvent, cet élément est immobilisé sous une forme lentement soluble (liée au fer), et les sols pourraient être légèrement déficients en cet élément. Les sols ferrallitiques faiblement désaturés des plateaux calcaires sont considérés comme très fertiles. Leur extension est très importante sur les îles hautes comme Vaté, Espiritu Santo, Pentecôte, Maéwo, le nord de Malakula, les îles Torès et sur les gradins littoraux d'Erromango, ou les terrasses volcano-sédimentaires d'Épi (où ils sont rajeunis par des cendres volcaniques).

7.b. — Sols ferrallitiques plus ou moins désaturés, andiques et très humifères

Les sols ferrallitiques andiques apparaissent le plus souvent sur les hauts-plateaux calcaires ; ils sont exceptionnels sur des formations éruptives ou volcano-sédimentaires, à Vaté ou Anatom par exemple, sans doute parce qu'il existe rarement des hauts-plateaux sur ces formations. L'altitude à partir de laquelle on les observe varie d'une île ou d'un versant à l'autre (≥ 300 à ≥ 600 m).

Les sols ferrallitiques andiques sur calcaires durs sont différenciés en deux horizons : A₁, de couleur brun très foncé ou brun-rouge foncé, épais de 20 à 30 cm, et (B), de couleur brun foncé ou brun-rouge foncé, dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs mètres au centre des plateaux ; ils n'ont pas d'horizon d'altération. Des sols analogues, formés sur des tufs volcaniques, présentent en plus un horizon d'altération profondément développé, et ils ont une couleur brun-jaune ou brun-rouge foncé dans l'horizon (B).

Les sols ferrallitiques andiques des hauts plateaux calcaires se différencient des sols faiblement désaturés humifères, de couleur brun-rouge, par les caractères suivants : une couleur plus brune ; un taux de matière organique beaucoup plus élevé : de 12 à 25 % en A₁ et de 2 à 6 % en (B) à 1 m de profondeur ; une densité apparente très faible ($\sim 0,5$ à $0,7$) ; une hygroscopicité très élevée : de 100 à 200 % d'eau (en poids sec) ; une texture apparemment plus limoneuse ; une structure peu différenciée, presque continue, mais très poreuse et friable dans l'horizon (B). Ces caractères ainsi que la réaction positive au test de Fieldes et Perrott, les apparentent nettement à des andosols.

Mais, les plus évolués de ces sols, notamment sur les hauts-plateaux de Vaté et d'Espirito Santo, sont dépourvus de minéraux primaires altérables et fortement appauvris en silice (taux minimum de $\text{SiO}_2 = 5\%$) ; ils sont aussi très enrichis en hydroxydes d'alumine et de fer ; ils ont enfin une capacité d'échange cationique très basse de 3 à 7 mé p. 100 g dans l'horizon (B), et ils sont plus ou moins fortement désaturés en bases. Toutes ces données caractérisent une ferrallitisation très poussée. Leurs constituants minéraux sont pour une grande part finement ou mal cristallisés : les argiles sont composées d'imogolite et d'hallowite ou de kaolinite très fine ; les hydroxydes de fer sont sous une forme très fine ou cryptocristalline de goëthite, tandis que l'alumine est souvent bien cristallisée en gibbsite. Ces constituants minéraux sont moins rapidement solubles et donc moins « amorphes » que ceux des andosols les plus typiques (îles Banks, notamment) ; d'où le caractère intergrade entre andosols et sols ferrallitiques.

Cependant, il existe des sols de transition, certains moins ferrallitisés, moins désaturés et plus proches des sols des bas plateaux, ou d'autres plus andiques parce que fortement rajeunis par des cendres volcaniques (au sud de Pentecôte) et que l'on peut apparenter davantage aux andosols perhydratés.

Les sols ferrallitiques, moyennement ou fortement désaturés, andiques, ont probablement un niveau de fertilité médiocre pour les moins désaturés, et plutôt très faible pour les plus désaturés et les plus évolués, cela en raison surtout de la fixation très forte du phosphore par leurs constituants minéraux et de leur carence en potassium. Les moins fortement désaturés de ces sols, ou les plus rajeunis par des cendres volcaniques, ont cependant un potentiel de fertilité suffisant pour permettre une agriculture peu intensive (itinérante).

L'extension des sols ferrallitiques andiques est assez grande, car ils recouvrent tous les hauts plateaux des îles anciennes.

7.c. — Sols ferrallitiques moyennement ou fortement désaturés, humifères, sur roches volcaniques et volcano-sédimentaires

Les sols ferrallitiques, moyennement ou fortement désaturés, humifères, apparaissent surtout sur des formations volcaniques et volcano-sédimentaires d'âge relativement ancien (Miocène, Pléistocène) ; il en existe cependant sur des formations plus récentes de calcaires, au sud-est d'Erromango, ou d'argilites, à Vaté et à Espirito Santo ; mais celles-ci sont relativement peu étendues. Les sols ferrallitiques désaturés ont souvent une couleur vive : rouge ou brun-rouge vif sur les formations volcaniques et même sur les calcaires ; mais ils sont bruns sur les argilites.

L'extension des sols ferrallitiques désaturés est importante sur les îles anciennes et relativement peu rajeunies (par des cendres volcaniques), notamment Anatom, Erromango, Vaté et Espirito Santo ; ils sont rares et souvent enfouis sous d'autres sols plus récents (bruns et bruns andiques) dans les îles fortement rajeunies par des cendres volcaniques, telles qu'Épi, Malakula, Pentecôte et Maéwo. Les roches-mères sont variées : basaltes à Anatom et à Erromango ; tufs dacitiques et andésitiques à Vaté ; brèches basaltiques, tufs andésitiques et calcilulites à Espirito Santo. Les sols ferrallitiques désaturés se forment sous un climat régulièrement pluvieux et humide (pluviométrie $\geq 2,50$ m/an). Au-dessus d'une altitude d'environ 600 m, ils acquièrent des caractères andiques, au moins dans le haut du profil.

Les sols ferrallitiques moyennement ou fortement désaturés, formés sur des roches volcaniques ou volcano-sédimentaires, ont un profil constitué principalement de trois horizons : un horizon A_1 , de couleur rouge foncé ou brun-rouge foncé, épais de 15 à 30 cm ; un horizon (B), de couleur rouge ou brun-rouge, dont l'épaisseur varie en moyenne de 1 à 2 m ; un horizon C ou (B)/C, fortement altéré, veiné de rouge et de brun ou de gris, épais de plusieurs mètres. Ils sont assez fortement humifères ; ils contiennent de 5 à 18 % de matière organique en surface et de 0,5 à 1 % vers 1 m de profondeur. Leur structure est polyédrique fine ou moyenne et bien développée. Ces sols sont bien drainés.

Les sols ferrallitiques désaturés humifères sont constitués surtout d'halloysite et de goëthite fine, ou plus rarement de kaolinite désordonnée très fine et d'hématite ; ils contiennent souvent un peu de gibbsite, mais dans le haut du profil seulement. Ils ont une capacité de rétention en eau assez forte : de 60 à plus de 100 % (en poids sec) à pF 3. Leur densité apparente est assez faible (0,7 à 0,8). Ils ont une capacité d'échange cationique exceptionnellement forte pour des sols ferrallitiques, sans doute à cause de l'halloysite : de 10 à 30 mé p. 100 g dans l'horizon (B). Mais ils sont acides ($\text{pH} \leq 5$), pauvres en calcium, en potassium et en phosphore assimilable dans la majeure partie du profil ; en surface, ils peuvent être légèrement enrichis par des apports très faibles de cendres volcaniques. Leur fertilité est souvent médiocre ; ce sont des sols oligotrophes, ou tout au plus mésotrophes pour ceux qui sont le moins appauvris en surface. Aussi les sols ferrallitiques désaturés sont-ils souvent peu utilisés en agriculture à Vanuatu. Mais par contre, ils ont l'intérêt de porter de belles forêts, notamment celles à Kaori et à Tamanou d'Erromango et d'Anatom.

8. SOLS HYDROMORPHES

Les sols hydromorphes des petites dépressions et les sols des mangroves, sont rares et très peu étendus à Vanuatu. Cela s'explique sans doute par le soulèvement progressif de l'Archipel, qui entraîne un bon drainage de la plupart des sols.

Les sols hydromorphes (minéraux ou moyennement organiques) des petites dépressions présentent un certain intérêt. Ce sont des sols « eutrophes » et assez fertiles, qui peuvent être aménagés pour des cultures d'inondation (riz, taro). Les sols hydromorphes associés aux sols bruns eutrophes des terrasses fluviales holocènes, ou aux sols fersiallitiques ou ferrallitiques faiblement désaturés des plateaux ou terrasses pléistocènes, pourraient être drainés et aménagés en jardins vivriers ou en pâturage.

Les sols hydromorphes de mangrove ont une mauvaise fertilité (sols sulfatés acides de Vanua-Lava ; sols $\pm$ alcalins des récifs coralliens frangeants) et sont pratiquement impossibles à aménager. Ils n'ont donc aucun intérêt agricole.

CLÉ DE LA LÉGENDE

1. CARTE à 1/500 000ème, CLASSES DE POTENTIALITÉ AGRONOMIQUE

La carte à 1/500.000ème comporte sept classes de potentialité agronomique : optimum, bonne, moyenne, médiocre, mauvaise, très mauvaise et nulle. Ces valeurs, classées de I à VII, par ordre de potentialité décroissante, sont figurées chacune par une couleur conventionnelle : rouge, rose, jaune, bleu, vert, brun et gris. Il est ainsi très facile de repérer les zones qui, à des degrés divers, sont les plus intéressantes ou les plus difficiles pour la mise en valeur agricole. Les plus intéressantes correspondent aux classes I, II et III. Les sols de la classe IV peuvent être aménagés difficilement. Ceux des classes V et VI sont très difficiles à exploiter et ceux de la classe VII quasiment inutilisables.

Cette classification de la potentialité agronomique des terres s'inspire des principes du système américain de classification (Capability Grouping, in « Soil Survey of Islands of Kanai, Oahu, Molokai and Lanai, State of Hawaii, USDA Soil Conservation Service, p. 153 et 154, 1972). Les sols sont regroupés suivant des degrés de limitations pour les aptitudes agricoles, pastorales et forestières. Ces limitations de classe en classe, deviennent plus sévères ou plus nombreuses, de sorte que l'exploitation des sols est de moins en moins rentable. Ce système est modifié et adapté pour l'Archipel de Vanuatu. Les limitations prennent en compte aussi bien des caractères de fertilité propres au sol lui-même que des contraintes extérieures, d'ordre physiographique et climatique. Une classe de potentialité intègre donc différents facteurs du sol et de son environnement, qui favorisent ou limitent la mise en valeur.

. Classe I, potentialité optimum

Il n'y a pas ou très peu de contraintes dues à la fertilité du sol ou à la forme du relief, qui restreignent les aptitudes. Les sols sont très fertiles, bien structurés et stables, bien drainés et assez profonds. Le relief est plat, subhorizontal ou en pente faible, et peu disséqué par des ravines. Les sols sont situés à basse altitude et l'insolation est suffisante. Il est permis d'envisager une utilisation agricole et pastorale intensive, sans fertilisation, ou grâce à une fertilisation d'entretien peu coûteuse, et avec des façons culturales mécanisées, sans risque sérieux d'érosion. Les plantes convenables sont neutrophiles et de climat chaud et humide. Un aménagement forestier pourrait être envisagé sur les sols les plus profonds (ne présentant pas de calcaire dur ou de lave massive à moins d'1 m). Mais il est très probable, sauf cas de nécessité, qu'une exploitation agricole et pastorale intensive sera plus rentable.

. Classe II, potentialité bonne

Quelques contraintes faibles du sol ou du micro-relief restreignent les aptitudes, bien que le sol ait, comme précédemment, d'excellentes propriétés physiques et chimiques. Il s'agit, soit de la profondeur restreinte du sol (roche dure, hydromorphie), soit d'un modelé superficiel disséqué modérément par des ravines peu profondes, morcelé ou vallonné, soit d'une instabilité modérée de la structure du sol. Il est encore permis d'envisager une utilisation agricole et pastorale intensive, mais dans certains cas pour des plantes admettant des sols peu profonds, ou dans d'autres sans mécanisation des cultures ou avec des façons culturales adaptées.

. Classe III, potentialité moyenne

Soit les sols sont assez fertiles, mais des contraintes physiographiques restreignent les aptitudes (mauvais drainage externe) ou rendent l'utilisation plus difficile (relief densément disséqué, pente modérée et risques d'érosion sensibles, profondeur très restreinte du sol) ; soit la fertilité du sol est nettement modérée par des déficiences chimiques ou la médiocrité et l'instabilité des caractères physiques. Il en résulte des restrictions assez importantes dans les aptitudes culturales, ou le besoin de façons culturales adaptées, d'amendements, ou d'aménagements modérément coûteux. Avec ces réserves, une utilisation agricole et pastorale intensive demeure possible et sans coût excessif, mais soit avec des plantes adaptées, soit avec des façons appropriées, soit sans mécanisation possible.

. Classe IV, potentialité médiocre

Les restrictions ou contraintes sont assez fortes. Soit le sol est assez fertile, mais les conditions d'utilisation sont difficiles du fait d'un défaut de drainage externe, ou d'une pente forte et densément disséquée, ou du climat très humide ; soit la fertilité du sol est médiocre et fragile, et nécessite une fertilisation très coûteuse. Les bons sols, situés sur des reliefs difficiles, sont aptes à des cultures vivrières itinérantes ou à des jardins en terrasses, ou à de petites plantations d'arbustes fruitiers. Les sols médiocres, sur des reliefs modérés, conviennent souvent bien à la forêt ; des pâturages avec une fertilisation suffisante pourraient y être expérimentés, ainsi que de nouvelles cultures adaptées aux sols acides, le théier par exemple.

. Classe V, potentialité mauvaise

Les restrictions et contraintes sont toujours fortes. Elles proviennent en même temps de la fertilité médiocre ou mauvaise du sol et de fortes difficultés, dues au relief ou à un climat excessivement humide et à faible insolation. Les régions les moins accidentées pourraient convenir à un aménagement forestier, ou à des cultures vivrières itinérantes (avec des précautions anti-érosives), ou à l'expérimentation de plantes arbustives acidiphiles (théier), mais avec beaucoup de réserves.

. Classe VI, potentialité très mauvaise

Les aptitudes sont très fortement restreintes du fait d'un relief excessif ou d'une fertilité mauvaise, en même temps qu'une érosion active et un climat très humide. Dans les régions correspondant à cette classe, la végétation naturelle devrait être préservée. La forêt elle-même y est difficile à aménager. Les cultures vivrières itinérantes ne sont tolérables qu'en cas de nécessité et avec des aménagements anti-érosifs stricts.

. Classe VII, potentialité nulle

Aussi bien la fertilité très mauvaise du sol que la difficulté extrême de l'aménagement rendent quasi-impossible l'utilisation des sols de cette classe.

2. CARTE à 1/100 000ème, SUBDIVISION DES CLASSES DE POTENTIALITÉS AGRONOMIQUES, APTITUDES CULTURALES

La carte à 1/100.000ème repart donc des ensembles colorés qui représentent les zones où les sols sont regroupés dans chacune des classes de potentialité agronomique, telles qu'elles ont été définies pour la carte à 1/500 000ème.

Ensuite, chaque plage colorée peut être subdivisée par des contours secondaires, à l'intérieur desquels un code alpha-numérique (une lettre parfois indexée d'un chiffre) permet de repérer l'unité secondaire qui est définie dans la légende. Il s'agit d'une unité-sol, dont les caractères particuliers de fertilité ou de situation (climat, physiographie), conditionnement des aptitudes spécifiques. Ce système permet donc de recourir à la carte pédologique et à sa notice, pour une information détaillée.

Cependant, à l'intérieur de chaque classe, la légende regroupe les diverses unités-sols en plusieurs sous-ensembles, qui orientent d'une manière plus générale les aptitudes.

. Classe I, potentialité optimum

Etant donné que les contraintes liées au sol ou à sa situation physiographique sont nulles ou très faibles, ce sont les conditions climatiques qui limitent ou orientent les aptitudes, suivant trois zones principales :

- **climat « équatorial »** de basse altitude, pour des plantes neutrophiles adaptées à un climat chaud, assez ensoleillé et régulièrement humide, sans risque de déficit hydrique et donc pas besoin d'irrigation ;
- **climat « de transition »**, à saison sèche de 1 à 2 mois, pour les mêmes plantes, mais avec un risque exceptionnel (décennal) de saison sèche de plus de 2 mois, qui pourrait nécessiter une irrigation ;
- **climat « tropical »**, à courte saison sèche de 2 à 4 mois, qui nécessite une adaptation des cultures : plantes vivrières annuelles à cycle court, plantes arbustives pérennes sous ombrage, herbes de pâturage à enracinement profond, irrigation pendant la saison sèche quand cela est possible (mais cela est souvent difficile, sinon impossible sur des plateaux calcaires ou volcaniques éloignés de toute source d'eau permanente).

Outre cette subdivision en trois zones climatiques, une limite d'altitude, inférieure ou supérieure à 300 m, permet de distinguer la zone inférieure bien ensoleillée et favorable au cocotier (ou à d'autres plantes exigeantes en soleil) et la zone supérieure qui exclut donc le cocotier et spécifie davantage les aptitudes (caféier arabica plutôt que robusta, etc.). C'est pourquoi le contour d'altitude 300 m a été reporté systématiquement sur toutes les cartes ; de plus, un code numérique distingue pour une même unité sol, les régions situées de part et d'autre de ce contour.

Enfin, la présence de calcaire dur à une profondeur plutôt modérée, restreint probablement les aptitudes pour un aménagement forestier.

. Classe II, potentialité bonne

A ce niveau encore, le regroupement suivant trois zones climatiques est primordial. Mais, les contraintes dues au sol (profondeur restreinte, hydromorphie éventuelle, pH, fertilisation), ou à son relief superficiel (ravinement ou vallonnement de faible amplitude), sont précisées pour chaque unité, ainsi que les aptitudes qui en découlent. La possibilité de cultures irriguées (sols alluviaux fluviaux, etc.), est signalée.

. Classe III, potentialité moyenne

A ce niveau, où les contraintes deviennent importantes, outre les précédentes zones climatiques, la légende fait ressortir d'autres subdivisions. Elle distingue tout d'abord un climat « équatorial » de basse altitude et d'altitude 500 à 800 m, le second se caractérisant par une insolation réduite et une forte humidité, qui restreignent les aptitudes culturales.

- **Les sols des terrasses alluviales et récifales récentes** sont groupés à part, indépendamment des zones climatiques parce que proches de la nappe phréatique. L'accent est mis sur la fragilité de leur fertilité, leur profondeur restreinte et leur aptitude éventuelle à l'irrigation. Le caractère calcicole des rendzines, qui restreint strictement leurs aptitudes, est à souligner. Par contre, les sols alluviaux ont de plus larges possibilités.
- **Dans la zone climatique équatoriale de basse altitude**, les subdivisions prennent en compte des facteurs physiographiques ou de fertilité. Soit le **drainage externe est mauvais** et difficile à maîtriser. Soit la surface des plateaux, terrasses ou versants est **densément disséquée par des ravines**, réduisant la profondeur du sol et gênant l'extension et la mécanisation des cultures. Soit la **fertilité du sol est restreinte** à la partie supérieure (sols ferrallitiques moyennement désaturés), entraînant un risque de dégradation lors d'une exploitation intensive.
- **Dans la zone climatique « tropicale »** à courte saison sèche, n'interviennent que des contraintes physiographiques : **dissection importante** des plateaux et profondeur réduite des sols, ou **mauvais drainage** interne et externe des sols (ferrallitiques brunifiés hydromorphes).

. Classe IV, potentialité médiocre

A ce niveau, les contraintes physiographiques ou de fertilité sont fortes et prédominent largement sur l'influence climatique.

- **Le drainage est nul** et très difficile à aménager (sols marécageux). Mais il permet des cultures d'inondation, car la fertilité du sol est suffisante.
- **Le relief est fort** et profondément disséqué par des ravines. **Bien que les sols soient fertiles**, leur aménagement est difficile et très coûteux (terrasses ou banquettes en courbes de niveau, morcellement des parcelles). Cela empêche la mécanisation des cultures ou l'installation de pâturages et restreint les aptitudes à des jardins vivriers en terrasses, ou à des petites plantations arbustives, ou à un aménagement forestier.
- **Les sols sont acides** et de médiocre fertilité, bien que profonds et localisés sur des reliefs faibles et peu disséqués. Ces sols ont naturellement une bonne aptitude forestière (Anatom, Erromango, Vaté). On pourrait y expérimenter des plantes acidiphiles (théier) ou des cultures florales sous forêt (Anthurium, fougères, orchidées, etc.) ou l'implantation de pâturages avec une fertilisation assez modérée et des précautions antiérosives (bandes d'arrêt arbustives).

. Classe V, potentialité mauvaise

A ce niveau, la fertilité du sol est le plus souvent médiocre et les contraintes physiographiques et climatiques sont très fortes.

- **La fertilité est médiocre** ou mauvaise et **le climat très humide** ; mais le relief et la susceptibilité à l'érosion sont assez modérés (sols bruns dystrophes, andosols désaturés perhydratés, sols ferrallitiques-andiques). Cela permet d'envisager un aménagement forestier, des jardins vivriers itinérants ou en terrasses, ou d'expérimenter certaines plantes acidiphiles (théier) et des cultures florales sous forêt.
- La fertilité du sol est moyenne ou médiocre, mais les pentes sont fortes et **les risques d'érosion excessifs**. Cela limite les aptitudes à des cultures vivrières en cas de nécessité.

. Classe VI, potentialité très mauvaise

A ce niveau, **les contraintes sont toujours très sévères** et conduisent à protéger la végétation naturelle. Même un aménagement forestier est difficile.

- **Le relief et l'érosion sont très forts** (sols peu évolués d'érosion, etc.), de sorte que la conservation de la végétation s'impose.
- **Le climat est extrêmement humide** et l'érosion sensible, de sorte que les aptitudes sont excessivement restreintes.
- **Au-dessus d'une altitude de 1 000 mètres**, la fertilité du sol est mauvaise, le relief excessif et le climat excessivement humide. Sur l'île d'Espirito Santo, où les crêtes atteignent entre 1 000 et 1 880 m, le contour d'altitude 1.000 m a été tracé pour délimiter cette zone. Cependant, il y a des régions particulières et peu étendues, où un microclimat plus sec et des sols moins acides (bruns eutrophes humifères de montagne) permettent des cultures vivrières.

. Classe VII, potentialité nulle

Trois subdivisions s'imposent : sols minéraux d'érosion, sols minéraux d'apport (alluvial, volcanique), sols de mangrove. Dans tous les cas, les aptitudes culturales sont actuellement nulles.

3. LIMITES ÉCOLOGIQUES

Il s'agit essentiellement de limites approximatives d'ordre climatique, qui conditionnent certaines aptitudes.

- . **Contours d'altitude.** *En-dessous de 300 m*, l'insolation est généralement suffisante pour les plantes exigeantes, comme le cocotier. Cependant, cette limite altitudinale varie légèrement. Elle est toujours valable dans la partie sud de l'Archipel. Elle peut être un peu plus élevée au nord et à l'ouest des îles à fort relief (Malakula, Espiritu Santo). Par contre, elle semble plus basse (~ 200 à 250 m) au S.E. des îles de la partie nord de l'Archipel (Espiritu Santo et Maéwo). *Au-dessus de 1 000 m*, à Espiritu Santo et Aoba, le climat est à la fois plus frais ($T_m < 20^\circ\text{C}$), excessivement humide et peu ensoleillé, de sorte que les aptitudes culturales sont très limitées. Cette limite varie aussi : entre 800 à 1 000 m au S.E., de 1 000 à 1 200 m à l'ouest.
- . **Zones climatiques.** Trois zones principales sont figurées par un contour approximatif et une lettre :

E. Climat « *équatorial* » régulièrement chaud et humide, avec deux subdivisions altitudinales : E₁ à < 300 m, E₂ de 300 à 800 m.

T. Climat « *tropical* », à courte saison sèche, avec deux subdivisions : T₁ à saison sèche de 2 à 4 mois, T₂ « de transition » à saison sèche de 1 à 2 mois.

H. Climat « *perhumide* », néphélophile, à humidité excessive et insolation faible, et avec deux subdivisions altitudinales : H₁ « submontagnard » de 500 à 800 m, H₂ « montagnard » à ≥ 800-1,200 m (jusqu'à 1 880 m).

Ces diverses limites écologiques, suggérées par l'observation, conditionnent une certaine zonalité des aptitudes culturales, importantes à connaître pour établir un plan de mise en valeur.

Il faut noter l'importance des effets perturbateurs des cyclones, qui se reproduisent au moins tous les dix ans. Ceci a des conséquences catastrophiques sur les plantations pérennes et contre-indique probablement les plantes les moins résistantes. Sur certains sols qui présentent une limite de profondeur (calcaire dur, lave massive), la reforestation par des arbres non adaptés serait également trop risquée.

TYPES D'AMÉNAGEMENT SOLS ET ENVIRONNEMENT FAVORABLES

L'objet de ce chapitre est de mettre en évidence pour chacune des principales utilisations agricoles, pastorales ou forestières, pratiquées ou à promouvoir à Vanuatu, les sols et les conditions écologiques les plus favorables de l'Archipel.

1. PLANTATIONS PÉRENNES

. **Cocotier** : Cette plante préfère des sols meubles, assez profonds et bien drainés (sur au moins 0,8 m de profondeur), à pH $\sim$ 6-7. Elle supporte cependant des sols peu profonds sur les récifs coralliens littoraux, à condition qu'ils soient fissurés et que la nappe phréatique soit accessible. Le cocotier tolère bien aussi un milieu calcicole et un pH légèrement alcalin (< 8). Il est exigeant en azote et en potassium, mais le sodium apporté par la nappe phréatique marine ou les embruns de mer peut compenser une carence potassique. En outre, le cocotier a des exigences climatiques précises : un climat chaud et régulièrement humide ($T_m > 20^\circ \text{C}$, $P \sim 1\,600$ à $4\,000$ mm/an, saison sèche $\leq 2-3$ mois) et surtout bien ensoleillé (≥ 1.800 H d'insolation Campbell, nébulosité moyenne $< 6/8$). C'est pourquoi la zone plus favorable au cocotier se situe à basse altitude ($< 200-300$ m) dans la zone climatique « équatoriale » (au vent) et dans la zone tropicale « de transition ». Faute d'irrigation, le cocotier ne peut s'étendre dans la zone « tropicale » (sous le vent) que sur les terrasses alluviales, à proximité d'une nappe phréatique. La densité optimum de plantation préconisée par l'IRHO est de 140 plants/ha dans la zone « au vent ». Mais cette densité pourrait atteindre 200/ha dans la zone « tropicale de transition ». Il est possible d'associer le pâturage et la cocoteraie, ou de faire des cacaoyères sous le cocotier. Mais la rentabilité de cette association est discutable, bien que souvent pratiquée.

Dans les limites climatiques favorables, les sols convenant à la plantation du cocotier appartiennent aux classes I, II et III de potentialité agronomique : peu évolués alluviaux et rendzines sur les terrasses récentes, andosols vitriques s'ils sont suffisamment humifères, andosols saturés, andosols moyennement désaturés en (B) et à horizon A faiblement désaturé, sols bruns eutrophes modaux et intergrade rajeunis-andiques, sols ferrallitiques faiblement désaturés humifères et intergrade rajeunis-andiques, sols ferrallitiques moyennement désaturés en (B) et à horizon A faiblement désaturé. Cependant, les sols peu profonds (< 60 cm) sur des plateaux de calcaires durs, loin d'une nappe phréatique, sont à déconseiller. La possibilité d'extension du cocotier est assez importante.

. **Palmier à huile** : Il aime des sols meubles, assez profonds (≥ 1 m) et bien drainés. Mais au contraire du cocotier, il est plutôt acidiphile (pH ~ 4 à 6) et modérément exigeant en azote et en potasse. Il préfère un climat « équatorial » et il tolérerait un climat moins ensoleillé que le cocotier. Mais

cet arbre n'ayant pas été expérimenté sur l'Archipel, il est prématuré de dire quelle limite climatique s'imposerait ; il est probable qu'une insolation assez bonne ($\sim 1\,600$ à $2\,000$ H/an) est nécessaire.

Etant donné le caractère acidiphile du palmier à huile, cela exclut la possibilité de l'implanter sur la plupart des sols des classes I et II de potentialité agronomique. Cela restreint aux sols des classes III et IV, suffisamment acides, assez profonds, sur des reliefs modérés et situés dans la zone climatique « équatoriale » de basse altitude (< 500 m, pour éviter une humidité excessive) : sols peu évolués alluviaux sableux ou sablo-argileux et non calcaires, andosols vitriques assez humifères, andosols désaturés en (B) non perhydratés, sols ferrallitiques moyennement désaturés en (B) humifères sur roches sédimentaires non calcaires et sur roches volcaniques. L'implantation sur des sols plus pauvres et plus acides, tels que bruns dystrophes modaux et ferrallitiques fortement désaturés, est à expérimenter en fonction de la fertilisation nécessaire pour un rendement suffisant. Compte tenu des indications précédentes, l'extension du palmier à huile dans l'Archipel paraît plus restreinte et plus problématique que le cocotier (d'autant plus que cette plante n'a pas encore été introduite et que la commercialisation de l'huile nécessite une infrastructure nouvelle et importante).

. **Cacaoyer** : Cet arbuste prospère sur des sols de bonne fertilité, assez profonds (> 60 cm, à cause du pivot), bien drainés, à pH proche de la neutralité ($\sim 6-7$). Le climat favorable est « équatorial » de basse altitude (< 500 m) sur le versant « au vent » ; sous ombrage, le climat « de transition » à saison sèche inférieure à 2 mois peut convenir. Le cacaoyer peut fructifier à une altitude plus élevée que le cocotier ; à Aoba, la ceinture cacaoyère s'étage au-dessus de la cocoteraie littorale ; il craint cependant une nébulosité excessive.

Les sols aptes au cacaoyer sont les sols les plus fertiles et assez profonds des classes I, II et III de potentialité agronomique, à l'exception des rendzines, des sols ferrallitiques peu épais sur calcaires durs ou des sols marqués par l'hydromorphie (à moins de 60 cm de profondeur), dans les limites climatiques précisées ci-dessus.

En outre, dans la classe IV, les sols bruns eutrophes localisés sur des collines disséquées, sont aptes à des petites plantations. Les possibilités d'extension du cacaoyer sont donc très importantes dans l'Archipel.

. **Caféier** : Cet arbuste tolère des sols de fertilité moyenne (suffisamment pourvus en N et K), plus acides (pH $\sim 5,5$ à $6,5$) et moins profonds que pour le cacaoyer. Sa « plasticité » est également plus grande pour les conditions climatiques ; sous ombrage, il supporte une saison sèche de 3 à 4 mois.

Le *Coffea robusta* convient à la zone climatique « équatoriale » de basse altitude (< 300 m), le *Coffea arabica* s'adapte à un climat « tropical » à courte saison sèche et aussi à une altitude plus élevée (300 à 500 m) sur le versant « au vent », jusqu'à près de 800 m « sous le vent ».

La plupart des sols des classes I, II et III conviennent bien au caféier à l'exception cependant des rendzines, de sols peu profonds sur calcaires durs, et de certains sols à pH supérieur à 6,5 : sols alluviaux argilo-calcaires, sols bruns eutrophes andiques (terrasse à cinérites de Malakula), sols ferrallitiques saturés rubéfiés rajeunis (NE Malakula). Des réserves aussi sont à faire pour les sols ferrallitiques saturés brunifiés vertiques de la zone climatique « tropicale ». Dans la classe IV, les sols bruns eutrophes modaux situés sur des collines disséquées sont aptes à des petites plantations. Les sols ferrallitiques moyennement désaturés conviennent également. Mais l'utilisation de sols ferrallitiques fortement désaturés est probablement peu rentable. Les possibilités d'extension du caféier (arabica et robusta) sont donc importantes dans l'Archipel.

. **Théier** : Cet arbuste préfère les sols acides (pH $\sim 4,5$ à $5,5$), assez bien drainés et assez profonds (≥ 60 cm). Il se développe sous des climats assez variés, plutôt humides et à insolation modérée, de type « équatorial », ou « tropical » à courte saison sèche, et subtropical.

Cette culture n'étant pas implantée à Vanuatu, nécessiterait une expérimentation, pour déterminer les sols et les climats les plus favorables. Il est probable que son extension peut être envisagée à une altitude supérieure à celle du caféier, sous réserve d'une insolation suffisante, dont la limite reste à déterminer.

Les sols aptes au théier appartiennent plutôt aux classes IV et V de potentialité : sols bruns eutrophes pénévulés sur collines disséquées (altitude > 500 m), sols bruns dystrophes modaux (altitude < 1 000 m), sols ferrallitiques fortement désaturés.

Les possibilités d'implantation pourraient suffire largement pour couvrir les besoins de l'Archipel.

. **Hévéa** : Cet arbre préfère des sols acides (pH ~ 4,5-5,5), meubles, profonds et bien drainés, sous un climat de type « équatorial ». Cette possibilité existe sur les sols ferrallitiques fortement désaturés et des reliefs assez modérés. Mais, les superficies paraissent trop limitées pour ce type de plantation. De plus, le risque trop fréquent de cyclones pourrait être un empêchement majeur.

2. CULTURES FRUITIERES

L'agriculture mélanésienne comporte déjà de nombreuses plantes fruitières : agrumes, bananiers, papayers, arbres à amandes, etc. Des ananas et avocatiers ont été aussi expérimentés sur les plantations « européennes ». Toutes ces cultures pourraient être développées dans les régions suffisamment ensoleillées, à l'exception des zones les plus arides et sans possibilité d'irrigation, ou sur les sols peu profonds.

Quelques brèves indications peuvent être rappelées sur l'aptitude des sols pour certaines plantes : les agrumes peuvent être plantés sur tous les sols assez profonds des classes I, II et III, et les sols bruns eutrophes de la classe IV, à l'exception des rendzines ou des sols calcaires (risque de chlorose et déficience en zinc). Le bananier s'adapte à une gamme plus étendue de sols (même peu profonds) et de climat ; les sols les plus fertiles des classes I, II, III et IV sont aptes au bananier « de Chine ». L'avocatier exige des sols assez profonds et un climat pas trop humide ; ces limites correspondent à la zone du cocotier, sauf peut-être les sols de rendzine. Certains arbres à amande tolèrent des sols peu profonds ou calcicoles. L'ananas préfère des sols acides, et se contente de sols modérément profonds ; sa zone de culture est semblable à celle du théier (mais peut être avec une limite d'altitude plus basse) et sur des reliefs moins disséqués, pour permettre une mécanisation de la culture.

3. CULTURES PLUVIALES DE PLANTES VIVRIERES (annuelles ou bisannuelles)

Sauf de rares exceptions, les cultures vivrières sont pratiquées en agriculture « mélanésienne », manuelle, le plus souvent itinérante, plus rarement en jardins permanents (Aoba, N-Pentecôte, Shepherd). Les aptitudes changent en fonction des zones climatiques. Sur le versant « au vent », on observe un étage-ment des cultures : igname, manioc, maïs, patate douce, arachide, etc., à basse altitude ; puis bananier, taro et légumes supportant une forte humidité. Sur le versant « sous le vent », les cultures sont restreintes aux sols les plus humides ou le plus près de la nappe phréatique, par défaut d'irrigation. Les cultures maraîchères ne sont pratiquées que près des deux seules villes de l'Archipel, Port-Vila (Vaté) et Luganville (Espiritu Santo), ainsi que sur le plateau de Centre-Brousse à Tanna. Elles pourraient être facilement développées.

— Les sols les plus aptes à une agriculture mécanisée et intensive sont les sols des classes I, II et III suffisamment stables et localisés sur des formes de plaine, plateau ou colline à faible relief, peu disséquées et suffisamment étendues, peu sensibles à l'érosion ou facilement aménageables en bandes ou banquettes suivant des contours de niveau. Ces sols sont les suivants :

- sols peu évolués alluviaux (sablo-argileux ou argilo calcaires), des plaines assez vastes (Malakula, Espiritu Santo, Waté) ;
- andosols saturés chromiques ou mélaniques (Aoba, îles Banks, Tanna) ;
- sols bruns eutrophes modaux, des terrasses alluviales holocènes assez étendues (Malakula, Espiritu Santo, Pentecôte) ;
- sols bruns eutrophes andiques, des terrasses pléistocènes à cinérites (Malakula) ou des plateaux rajeunis par des cendres (Épi, Shepherd, Paama, Malakula, etc.) ;
- sols bruns eutrophes ferruginisés, sur formes volcaniques pléistocènes à faible relief (Nord Waté, Shepherd) ;
- sols fersiallitiques saturés brunifiés, ou rubéfiés rajeunis par des cendres, ou faiblement désaturés rubéfiés, sur plateaux ou terrasses pléistocènes peu disséqués (Erromango, Waté, Épi, Malakula et Espiritu Santo) ;
- sols ferrallitiques faiblement désaturés humifères, rajeunis ou non par des cendres, et sols ferrallitiques moyennement désaturés en (B) à horizon A faiblement désaturé, sur plateaux calcaires ou terrasses pléistocènes peu disséqués (Erromango, Waté, Malakula, Espiritu Santo, Maéwo, Pentecôte, îles Torrès, etc.), ou plateaux volcaniques rajeunis (Épi).

Il convient évidemment d'éviter, pour ces mêmes sols, de faire une agriculture mécanisée, sur les aires trop disséquées de certains plateaux calcaires ou trop ravlinées en surface de certaines terrasses sédimentaires. Les sols trop sableux et instables (rendzines, andosols vitriques, certains sols alluviaux) sont également à déconseiller. De même les sols ferrallitiques ou fersiallitiques fortement désaturés sont trop pauvres pour supporter une agriculture intensive.

– **Pour une agriculture vivrière de type « mélanésien »**, les possibilités sont beaucoup plus étendues. Une agriculture itinérante, sur des petites parcelles dispersées, permet d'utiliser presque tous les sols (si leur fertilité est suffisante et si le climat n'est pas excessivement humide), et presque toutes les formes de relief (si les pentes ne sont pas excessives). Une agriculture plus intensive en petits jardins peut être développée, outre les zones convenant à une agriculture mécanisée, sur de bons sols localisés sur des reliefs assez forts : andosols saturés, sols bruns eutrophes modaux ou pénévulés, sols bruns eutrophes andiques : les jardins doivent être alors aménagés en terrasses, comme cela est déjà pratiqué dans quelques petites îles surpeuplées (Shepherd, Nord Pentecôte, Aoba, Méré Lava).

– **Les sols de la zone climatique « tropicale »**, sur les parties les plus arides des plateaux calcaires (sols fersiallitiques saturés, rendzines brunifiées ou sols calciques mélanisés) sont rarement cultivés, et souvent laissés en pâturage extensif (entretenu par des feux saisonniers). Il est difficile de les irriguer pendant la saison sèche, faute d'eau à proximité. Cependant, ces sols conviendraient sans doute à des cultures pluviales de plantes vivrières annuelles à cycle court (maïs, sorgho, arachide, etc.).

– **La culture de la canne à sucre** est parfaitement possible, d'une manière mécanisée, sur les meilleurs sols des classes I, II et III, et dans les zones climatiques « équatoriale » et de « transition » à basse altitude, sans irrigation. Mais, pour des raisons humaines et économiques, il semble peu probable que l'on envisage de développer cette culture dans l'Archipel (population et superficies insuffisantes).

4. CULTURES VIVRIERES D'INONDATION

A Vanuatu, une seule culture d'inondation est traditionnellement pratiquée, celle du taro « d'eau », et seulement sur de très petites surfaces (à Anatom, Maéwo et Espiritu Santo). Cette culture peut être aménagée sur des sols hydromorphes de petites cuvettes marécageuses naturelles (terrasses alluviales ou récifales, plus rarement sur des plateaux calcaires).

Exceptionnellement, des terrasses inondables ont été aménagées sur des plateaux ou des versants de calcaires tuffeux (Maévo), ou le long de petites rivières (Espiritu Santo).

Par suite du développement récent de la consommation du riz dans l'Archipel, il pourrait paraître intéressant d'entreprendre la riziculture. En réalité une riziculture d'inondation semble difficile à développer sur de grandes superficies, parce que cette culture n'a pas encore été pratiquée par les mélanésiens et surtout parce que peu de terres se prêtent à cet aménagement d'une manière peu coûteuse. Les sols les plus favorables sont ceux des terrasses alluviales fluviales, proches d'un cours d'eau permanent. Cette opportunité existe sur les îles les plus anciennes (Espiritu Santo, Malakula, Maéwo, Pentecôte, N-Épi, Vaté) Elle est plus réduite sur les îles volcaniques pléistocènes (Est Vanua Lava, SE-Erromango, Anatom). Elle est nulle sur les îles volcaniques récentes (Ambrym, Aoba, etc.).

5. CULTURES FLORALES

Des cultures de plantes d'ornement tropicales pourraient être pratiquées aisément dans tout l'Archipel. Il serait peut-être plus intéressant de développer la culture de certaines plantes recherchées par les touristes, notamment Anthuriums, Strelitzias, orchidées, fougères, etc. comme cela est pratiqué dans certaines îles tropicales (Antilles, Hawaï, etc.). Ces diverses plantes pourraient être cultivées sous la forêt, dans la zone climatique « perhumide », ou même à plus basse altitude.

6. PLANTES TEXTILES

Il y a à Vanuatu quelques plantes textiles de la végétation naturelle, dont certaines espèces de Pandanus, de palmiers (*Veitchia sp.*) et le bourao (*Hibiscus tiliaceus*), utilisées pour la fabrication des nattes, de pagnes ou d'objets traditionnels. La culture du cotonnier a été expérimentée au début de la période de colonisation, puis abandonnée (au nord de Malakula, de Vaté et de Tanna). Il y a pourtant des sols favorables dans la zone climatique « tropicale » et de « transition », à l'ouest des îles. Il s'agit soit d'andosols saturés « mélaniques » (Aoba, Tanna), soit de sols fersiallitiques saturés, brunifiés ou rubéfiés-rajeunis, ou faiblement désaturés rubéfiés, dans la mesure où leur profondeur est au moins égale à 50 cm (Erromango, Vaté et Malakula).

La culture du cotonnier est donc possible. Mais, les conditions économiques ne sont probablement pas favorables, du fait de la trop grande dispersion des aires convenables sur l'Archipel.

7. PATURAGES

Les pâturages sont déjà bien installés sur certaines grandes îles de l'Archipel (Espiritu Santo, Malakula et Vaté). Ils pourraient être encore largement étendus. Dans la zone climatique « tropicale », des prairies se sont développées spontanément sous l'action répétée des feux ; elles sont exploitées en pâturage extensif, car leur valeur est plutôt médiocre. Dans la zone climatique « équatoriale », les pâturages ont d'abord été aménagés sous les plantations de cocotier, avec des graminées de faible valeur (*Axonopus*, *Imperata*, *Paspalum*, etc.), puis améliorés par des graminées (*Panicum* notamment) et légumineuses de meilleur rendement. De nouvelles prairies ont été implantées autour des plantations, à la place de la forêt. Par suite

de la bonne fertilité des sols et d'un climat favorable, ces pâturages sont capables de supporter une forte charge de bovins avec un croît convenable.

Dans les régions régulièrement humides, presque tous les sols des classes I, II et III sont aptes à l'aménagement d'un pâturage intensif, sous réserve, soit d'une fertilisation modérée (phosphore et azote sur les rendzines, azote sur les andosols vitriques, etc.), soit de précautions antiérosives, bandes d'arrêt arbustives sur des versants à pente modérée (ne dépassant pas 20 %, cas de certains andosols et sols bruns eutrophes) ou des terrasses d'argilites pléistocènes disséquées ou vallonnées (sols bruns eutrophes andiques ou modaux et sols ferrallitiques $\pm$ modérément désaturés). Sur les terres argileuses (sols ferrallitiques $\pm$ faiblement désaturés sur plateaux calcaires ou terrasses d'argilites), la rotation du parcours de bétail devra être assez fréquente pour éviter une compaction du sol en surface.

Une extension des pâturages pourrait être expérimentée sur certains sols de la classe IV dont la fertilité est médiocre : sols bruns dystrophes, sols fersiallitiques désaturés rubéfiés et sols ferrallitiques fortement désaturés humifères, quand ils sont situés sur des reliefs faibles, ou à pente modérée, faiblement ou moyennement disséqués. Mais, il conviendra d'utiliser des méthodes anti-érosives (bandes d'arrêt) et une fertilisation appropriée. L'installation de pâturages sur les sols ferrallitiques andiques localisés sur les hauts-plateaux calcaires est encore plus problématique (climat excessivement humide, forte déficience en phosphore et en potasse).

Dans les régions de climat « tropical », où la saison sèche est bien marquée (2-4 mois), l'amélioration des prairies en vue d'un pâturage intensif et presque permanent semble possible, si l'on plante des herbes à enracinement profond. La plupart des sols situés sur les terrasses et plateaux (sols fersiallitiques saturés ou faiblement désaturés), ou sur des versants à pente modérée (sols bruns eutrophes modaux ou vertiques), pourraient alors être aménagés. Les régions susceptibles d'être irriguées, serviraient de refuge pendant la saison sèche.

8. FORETS

La forêt est très étendue dans l'Archipel. Mais rares sont les régions comportant des bois de valeur pour l'exportation. Les plus belles forêt de kaori (*Agathis obtusa*) d'Anatom et Erromango ont été exploitées récemment. Il demeure cependant d'autres espèces intéressantes dans les plus belles forêts d'Espiritu Santo, Malakula, Vaté, Erromango et Anatom ; notamment le « tamanou » (*Callophyllum neoebudicum*) et le « bois-bleu » (*Hernandia sp.*).

La plupart des sols des classes I, II, III et IV et une bonne partie de ceux de la classe V sont aptes à l'aménagement de la forêt ou à une reforestation. Les meilleurs sont probablement ceux qui sont suffisamment meubles et épais pour permettre aux arbres de développer profondément leurs racines et ainsi bien résister aux effets des cyclones. Il s'agit notamment des sols développés sur des formations récentes de terrasses alluviales (sols peu évolués, ou bruns eutrophes modaux et andiques) ou de dépôts volcaniques meubles (andosols, sols bruns eutrophes andiques et rubéfiés), ainsi que des sols formés sur des formations plus anciennes, volcaniques, volcano-sédimentaires ou sédimentaires, sauf sur des calcaires coralliens, (sols bruns dystrophes, sols fersiallitiques désaturés rubéfiés, sols ferrallitiques $\pm$ désaturés humifères).

La fertilité des sols ne semble pas un facteur prioritaire. C'est sur les sols acides (bruns dystrophes et ferrallitiques fortement désaturés) que l'on observe les plus belles forêts (à *Agathis* et *Callophyllum*). C'est probablement là, puisqu'il n'y a pas compétition avec d'autres possibilités d'aménagement, que l'on serait tenté d'aménager la forêt. Par contre, les sols de meilleure fertilité semblent favoriser des espèces calcicoles ou neutrophiles, à croissance rapide certes, mais moins résistantes aux cyclones et peut-être aussi de moindre valeur.

La profondeur du sol très limitée sur des calcaires durs (rendzines, certains sols fersiallitiques et sols ferrallitiques faiblement désaturés), ou une coulée récente de basaltes (certains andosols et sols bruns eutrophes pénévolus), restreint très fortement l'aptitude forestière (espèces adaptées, moindre résistance aux cyclones).

Les sols calcaires (rendzines, bruns calcaires, sols calciques mélanisés) ou présentant du calcaire à faible profondeur (la plupart des sols fersiallitiques et des sols ferrallitiques formés sur des plateaux calcaires coralliens) conviennent à des espèces calcicoles.

Les conditions climatiques les plus favorables sont probablement celles de la zone « tropicale » de transition (à saison sèche ≤ 2 mois) et de la zone « équatoriale » de basse altitude (< 600 à 800 m, selon les versants). Sur les sommets « perhumides », la forêt paraît souffrir d'un excès d'humidité ; elle devrait y être conservée dans son état naturel. Sur le versant « sous le vent », les aptitudes forestières sont restreintes à des espèces adaptées à une saison sèche bien marquée (2 à 4 mois), surtout s'il s'agit de sols peu profonds sur calcaires. Le gaïac (*Acacia spirorbis*) s'adapte spontanément à ces conditions.

Certaines conditions de relief excessif, d'accès difficile ou de climat trop humide, exprimées dans la classe VI des potentialités agronomiques, restreignent très fortement l'aptitude à un aménagement forestier. Les régions concernées devraient être conservées dans leur état naturel.

TABLEAU N° 2 : UNITES DE POTENTIALITE AGRONOMIQUE, REPARTITION ET SUPERFICIE

ILES*	Aire totale Km ²	Superficie de chaque unité et pourcentage de l'aire totale													
		Unité 1		Unité 2		Unité 3		Unité 4		Unité 5		Unité 6		Unité 7	
		%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
Torrès	121	48,4	58,6	12,8	15,5	19,9	24,1	—	—	—	—	—	—	18,8	22,8
Banks-O	700	0,8	5,6	12,9	90,3	11,7	81,9	12,6	88,2	22,2	155,4	27,5	192,5	12,3	86,1
Banks-E	61	21,3	13,0	1,7	1,0	37,5	22,9	5,1	3,1	23,0	14,0	2,5	1,6	8,9	5,4
Espiritu-Santo	4 248	20,2	858,1	4,7	199,7	18,2	773,1	10,8	458,8	12,1	514,0	26,7	1 134,2	7,3	310,1
Malakula	2 053	19,1	392,1	12,5	256,6	9,1	186,8	44,4	911,5	1,2	24,6	5,4	110,9	8,3	170,2
Maewo	300	12,3	36,9	18,8	56,4	3,1	9,3	17,3	51,9	9,0	27,0	11,3	33,9	28,2	84,6
Pentecôte	499	6,0	29,9	21,0	104,8	10,0	49,9	29,5	147,2	6,6	32,9	3,5	17,5	23,4	116,8
Aoba	399	13,3	53,1	20,0	79,8	10,0	39,9	13,3	53,1	13,3	53,1	26,7	106,5	3,4	13,5
Ambrym	666	—	—	2,8	18,6	17,4	115,9	7,8	51,9	11,0	73,3	11,0	73,3	50,0	333,0
Paama-Lopevi	60	—	—	12,3	7,4	—	—	27,8	16,7	—	—	25,1	15,1	34,8	20,8
Epi	446	21,4	95,4	5,6	25,0	11,8	52,6	8,0	35,7	1,8	8,0	47,3	211,0	4,1	18,3
Shepherd	86	—	—	20,5	17,6	22,6	19,4	15,9	13,7	26,1	22,4	1,4	1,2	13,5	11,6
Efate	923	32,4	299,0	11,4	105,2	21,1	195,0	12,8	118,1	6,1	56,3	4,9	45,2	11,3	104,1
Erromango	887	3,6	31,9	10,0	88,7	8,1	71,9	30,7	272,3	19,9	176,5	11,4	101,1	16,3	144,6
Tanna-Aniwa	569	24,8	141,1	15,0	85,4	16,3	92,7	6,1	34,7	5,2	29,6	8,3	47,2	24,3	138,3
Anatom-Futuna	171	2,1	3,6	—	—	7,6	13,0	20,4	34,9	13,2	22,6	49,2	84,1	7,5	12,8
TOTAL	12 189	16,6	2 018,3	9,5	1 152,0	14,3	1 748,4	18,8	2 291,8	9,9	1 209,7	17,8	2 175,3	13,1	1 593,0

* Groupes d'îles, voir légende Tableau n° 1, p. 17.

CONCLUSION

L'Archipel du Vanuatu présente un potentiel très important (41 % de la superficie totale) de sols de bonne fertilité, situés dans des conditions de climat et de relief favorables pour une mise en valeur agricole et pastorale, ainsi qu'une superficie assez importante de sols moins fertiles et cependant aptes à un aménagement forestier. Moins de la moitié de la superficie cultivable est actuellement exploitée assez intensivement.

Il y a donc de larges possibilités dans l'avenir. Un plan de développement pourrait et devrait tenir compte de la valeur des terres, pour le choix des différentes productions. La notice et les cartes de potentialité agronomique, venant compléter l'Atlas des sols de l'Archipel, apporte une contribution dans ce sens. Le planificateur, aidé des divers spécialistes de l'agriculture, de l'élevage et des forêts, pourra choisir les terres les plus aptes aux différentes productions agricoles recherchées, en agriculture manuelle ou mécanisée, ou à l'implantation de pâturages. De nouvelles cultures pourraient être expérimentées, permettant de diversifier les ressources agricoles ou de répondre à des besoins nouveaux. L'aménagement de la forêt naturelle pourrait être entrepris, préalablement à une reforestation par des essences nouvelles de meilleur rendement.

BIBLIOGRAPHIE

- AUBERT (G.), 1957 – Cours de pédologie générale, tome III, chapitre III : fertilité des sols, adaptation des cultures aux sols.
O.R.S.T.O.M., Paris, multigr., 251 p.
- BOYER (J.), 1978 – Le calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales humides et sub-humides.
Coll. Init. Doc. Techn., O.R.S.T.O.M., Paris, 173 p.
- B.D.P.A. – O.R.S.T.O.M., 1970 – Pédologie et développement. « *Techniques culturelles en Afrique* », n° 10. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères, Paris, 278 p.
- I.R.H.O., 1969 – Accroissement de la production du coprah aux Nouvelles-Hébrides. Tomes I et II, document multigr. I.R.H.O. et Ministère des TOM et DOM, Paris, doc. n° 724, juillet 1969.
- QUANTIN (P.), 1972-78 – Archipel des Nouvelles-Hébrides. Atlas des sols et de quelques données du milieu naturel. 7 fascicules avec cartes pédologiques, géologiques, des formes du relief et de la végétation : Iles Banks et Torrès, Espiritu Santo, Malakula, Ambrym-Aoba-Maéwo-Pentecôte, Épi-Shepherd, Vaté, Erromango-Tanna-Anatom. O.R.S.T.O.M., Paris.
- U.S.D.A., 1972 – Soil survey of Islands of Kauai, Oahu, Maui, Molokai and Lanai (Hawaii). Use and management of the soils, pp. 135-154.
Soil Conservation Service, University of Hawaii. U.S.D.A., Washington.

LA RECHERCHE
UE ET TECHNIQUE DE MER
PARIS

MINISTRY OF LAND
AND NATURAL RESOURCES
REPUBLIC OF VANUATU

VANUATU

AGRONOMIC POTENTIAL AND LAND USE MAP

Explanatory Notes

P. QUANTIN

*Published with the assistance
of the Ministry of External Relations
of the French Government*

**PARIS
1982**

OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE MER
ORSTOM PARIS

MINISTRY OF LAND
AND NATURAL RESOURCES
REPUBLIC OF VANUATU

VANUATU

AGRONOMIC POTENTIAL AND LAND USE MAPS

Explanatory Notes

P. QUANTIN
Pédologue ORSTOM

- Map of Agronomic Potential
1/500 000 : 2 sheets
- Land Use Map
1/100 000
Espiritu Santo : 2 sheets
Malakula : 1 sheet
Efaté : 1 sheet
Tanna : 1 sheet

**PARIS
1982**

ORSTOM Editions
24, rue Bayard - 75008 PARIS
© ORSTOM 1982
© Ministry of Land and National Resources
Republic of VANUATU 1982
ISBN 2-7099-0666-X

CONTENTS

INTRODUCTION	3
LEGEND OF AGRONOMIC POTENTIAL AND LAND USE MAP	5
GENERAL : LOCATION, POPULATION, ECONOMY, GEOLOGY, TOPOGRAPHY, CLIMATE, SOILS, LAND USE	15
SOILS : CHARACTERISTICS AND FERTILITY OF THE MAIN PEDOLOGICAL UNITS	
1 – Unweathered mineral soils	19
2 – Immature (weakly developed) soils	19
3 – Andosols	21
4 – Calcium and magnesium rich soils	23
5 – Tropical brown soils	24
6 – Fersiallitic soils	27
7 – Ferrallitic soils	28
8 – Hydromorphic soils	31
KEY TO LEGEND	
1 – 1 : 500,000 map : grades of agronomic potential	33
2 – 1 : 100,000 map : sub-grades of agronomic potential, land use capabilities	35
3 – Ecological limits	37
TYPES OF LAND USE AND FAVOURABLE SOIL ENVIRONMENTS	
1 – Perennial crops : coconut palm, oil palm, cocoa tree, coffee shrub, tea plant, hevea	39
2 – Fruit crops	41
3 – Rain-fed subsistence crops : mechanised agriculture, shifting agriculture, gardens	41
4 – Irrigated subsistence crops	42
5 – Floriculture	43
6 – Textile plants	43
7 – Pasture	43
8 – Forest	44
CONCLUSION	47
BIBLIOGRAPHY	49

INTRODUCTION

The Atlas of soils and of certain data relating to the natural environment of the Vanuatu archipelago, apart from its scientific value, which some may find a little esoteric, is extremely useful for the development of agricultural, pastoral and forestry resources. For this reason the Vanuatu authorities and the Director-General of O.R.S.T.O.M. decided it would be advantageous to pursue further the achievement of this second objective by commissioning an extension of the pedological map together with a land use capability map to complete the project.

The map is on two scales : 1/500.000 for the group as a whole and 1/100.000 for the islands of Malakula, Espiritu Santo, Tanna and Efate, which have been given priority status for development of the rural economy.

The 1/500.000 scale map, drawn to an all-purpose scale which suits the needs of the planner, shows various grades of agronomic potential. These groupings, each of which covers varying soils and a variety of capabilities, express levels of difficulty of development and therefore of viability. They also state the properties of the soils themselves and the characteristics of their environment.

At the 1/100.000 scale, which is more detailed and better suited to the purpose of the user (agronomist, pastoralist or forester), the broad units of agronomic potential have been sub-divided. The diversity of the soils and their varied environments reappear. However, the legend highlights, as briefly and clearly as possible, the primary characteristics of the soils and of their environment, which also have a direct bearing on their land use capabilities, the agricultural techniques or measures which will be suitable for them and the consequent viability. The list of land uses is clearly not exhaustive but attempts, in terms of groupings, to pinpoint certain types of farming or of crop with good development potential (or on the other hand which cannot be undertaken without risks), from amongst the crops and the capabilities which the government wishes at present to encourage. This still leaves the possibility of subsequently experimenting with other possible crops and capabilities, within the limits imposed by the soils and their environment.

The purpose of this document is to explain the legend to the agronomic potential and land use map. It gives, first, a summary of the essential features of the physical data, particularly of soils, and their capabilities, and then provides the key to the legend. Lastly, to facilitate the user's task, it offers an inventory of ecological conditions (soils and environment) which are favourable to the types of land use which it is currently wished to develop. Let us hope that this work may contribute to the best possible development of Vanuatu's economy.

LEGEND OF MAP

RED

I – OPTIMUM POTENTIAL

Very fertile soils, with high pH (6 to 7.5), stable, freely drained and quite deep ; level or gently sloping topography with little or no dissection ; mechanized agriculture possible without risk of erosion or need for anti-erosion measures ; fairly humid and sunny climate ; no factor restricting fertility or use, except for acidophile plants ; intensive agriculture and grazing without fertilizers, or with inexpensive maintenance fertilization.

▲ LOW ALTITUDE “EQUATORIAL” CLIMATE

Neutrophile plants suited to a hot and regularly humid climate without risk of water shortage and with a high degree of sunshine.

a - Eutrophic brown soils on Holocene alluvial terrace (Malakula and Espiritu Santo)

All rain-fed annuals and perennial crops such as coconut palm, cocoa tree, coffee shrub, fruit trees etc. : no oil palm and acidophile plants ; irrigated crops (rice, taro) possible ; improved pasture.

b - Eutrophic brown soils on Quaternary basalt (Efaté, Nguna, Pélé, Emao)

All rain-fed annuals and perennial crops (coconut palm, cocoa tree, coffee shrub, fruit trees, etc.) restrictions for the oil palm, no acidophile plants ; improved pasture.

c - Andic brown soils (i.e. brown soils with andosol characteristics) on alluvial Pleistocene terrace with basaltic tuffs (Malakula).

All rain-fed annuals and perennial crops such as coconut palm, cocoa tree, fruit trees ; no coffee shrub, oil palm or acidophile plants (pH ~ 7) ; improved pasture.

d₁ - Saturated “chromic” (red or brown in colour) andosols on recent andesitic ash / Pleistocene basaltic tuffs (Tanna)

– Altitude < 300 m : *All rain-fed annuals and perennial crops : coconut palm, cocoa tree, coffee shrub (arabica and robusta), fruit trees, etc. ; no oil palm or acidophile plants ; improved pasture.*

– d_{1b} - altitude 300 m - 500 m : *same capabilities, except for coconut palm and plants requiring a great deal of sunshine : highest suitability for vegetable growing, pasture and arabica coffee shrub.*

g - Weakly unsaturated humic (humus-rich) ferrallitic soils on Pleistocene coral limestone plateaus (Malakula, Espiritu Santo and Efaté).

– altitude < 300 m. *All rain-fed annuals and perennial crops such as coconut palm, cocoa tree, coffee shrub, fruit trees, etc. ; reservations for oil palm ; no acidophile plants ; improved pasture ; restrictions for forestry (hard limestone underlying) ; irregular soil depths sometimes restricting suitability for deep - rooting and non-calcicolous plants.*

– g₂ - altitude 300 - 600 m (North Malakula and North Espiritu Santo) : *same capabilities except for coconut palm and plants requiring a great deal of sunshine ; most suitable for vegetable - growing ; pasture and arabica coffee plant.*

▲ “TRANSITIONAL” CLIMATE, WITH 1 TO 2 MONTH DRY SEASON

Neutrophile plants suited to a hot, regularly humid climate ; but risk of exceptional dry season lasting longer than two months.

- f - Rubified saturated fersiallitic soils on limestone or Pleistocene basaltic tuff plateaus rejuvenated by basaltic or andesitic ash. (Malakula, Tanna).

All rain-fed annuals and perennial crops such as coconut palm, cocoa tree, fruit trees, etc ; restrictions for coffee shrub, no acidophile plants ; cleared pasture ; restrictions for forestry (hard limestone underlying) ; irregular soil depths sometimes restricting suitability for deep-rooting and non-calcicolous plants.

▲ “TROPICAL” CLIMATE, WITH SHORT 2 TO 4 MONTH DRY SEASON

Neutrophile plants, suited to a hot climate with a well defined dry season ; possible need for irrigation or shade.

- d₂ - Saturated “melanic” (black) andosols on recent andesitic ash / Pleistocene basalt tuffs (Tanna)

All rain-fed annuals (no irrigation possible) ; perennial crops to be tested ; coconut palm, arabica coffee shrub under shade, fruit trees, etc. ; improved pasture.

- e - Saturated “brownified” (occasionally “vertic”) fersiallitic soils on limestone plateaus and Pleistocene argillite terraces (Malakula).

All rain-fed annuals (irrigation seldom possible) ; perennial crops to be tested : coffee shrub under shade, fruit trees, etc., coconut palm possible on argillite terraces to the north-east and south-west ; improved pasture ; irregular soil depths sometime restricting suitability for deep-rooting and non-calcicolous plants.

PINK

II – GOOD POTENTIAL

Soils of good fertility, with a high pH (6 to 7.5) and often freely drained, with few limitations on use ; lack of depth restricts agricultural capabilities ; superficial gully-erosion and moderate risk of erosion hinder mechanization of farming.

▲ VARIABLE CLIMATE, SOILS ON RECENT COASTAL TERRACES

Neutrophile plants suited to a hot and humid climate ; irrigation possible.

- a - Immature (weakly developed) alluvial soils on recent fluvial terrace ; clay-lime soils, partially decalcified (Malakula)

Constraints : variable depth ~ 60 to 120 cm ; pH 7 to 8, possible waterlogging at depth.

Capabilities : All rain-fed annuals, except acidophile plants ; perennial crops such as coconut palm, cocoa tree ; restrictions for coffee shrub ; improved pasture.

- e₃ - Immature (weakly developed) alluvial soils with volcanic ash tuffs on recent coastal terrace, tending towards saturated andosols (Tanna)

Constraints : variable depth ~ 60 to 100 cm ; pH 7 to 7.5 friable structure restricting tillage methods.

Capabilities : All rain-fed annuals, except acidophile plants ; perennial crops such as coconut palm, cocoa tree ; restrictions for coffee shrub ; improved pasture.

▲ LOW ALTITUDE “EQUATORIAL” CLIMATE

- b - Eutrophic brown soils on Quaternary basalt, moderately sloping phase (N. Efaté, Nguna, Pélé, Emao)

Constraints : Variable depth ; risk of erosion restricting use or requiring anti-erosion measures ; pH 5.5 to 6.5.

Capabilities : All rain-fed annuals grown in terraces or along contour lines and perennial crops such as coconut palm, cocoa tree, coffee shrub, fruit trees, etc. ; restrictions for oil palm ; no acidophile plants ; improved pasture.

- c₁ - Eutrophic brown andic soils on Pleistocene alluvial terrace with basaltic ash tuffs (Malakula)

- c₂ - Modal (typical) eutrophic brown soils on Plio-Pleistocene fluvial terrace (Malakula)

} Both above types of terrace have widespread surface gully-erosion

Constraints : Variable depth ; fragmented topography hindering mechanization of cultivation ; pH 6 to 7.

Capabilities : All rain-fed annuals, grown in small gardens ; possibility of irrigated wet crops and perennials such as coconut palm, cocoa tree, fruit trees etc. ; coffee shrub limited to modal brown soils ; no oil palm or acidophile plants ; improved pasture.

- d - Highly rejuvenated eutrophic brown-andic soils on Plio-Pleistocene plateaus (S.E. Malakula) altitude ≤ 300 m**
 Constraints : fragile topsoil, susceptible to erosion ; moderately dissected topography requiring anti-erosion precautions ; pH 6.5 to 7.
Capabilities : all rain-fed annuals ; possible mechanisation along contours, or perennials such as coconut palm, cocoa tree, fruit trees etc. ; restrictions for coffee shrub (robusta) ; no oil palm or acidophile plants ; improved pasture.
- e₁ - "Chromic" saturated andosols on recent andesitic ash / Pleistocene basaltic tuffs (Tanna), moderately dissected slopes.**
 Constraints : fragile topsoil, susceptible to erosion ; fragmented topography limiting uses and requiring anti-erosion measures ; pH 5.5 to 6.5.
Capabilities : All rain-fed annuals, grown in terraces or along contours, or perennials such as coconut palm, cocoa tree, coffee shrub (arabica or robusta), fruit trees, etc. ; no oil palm or acidophile plants ; improved pasture.
- h - Weakly unsaturated humic ferrallitic soils on Pleistocene coral limestone (Malakula, Espiritu Santo and Efaté), sloping and dissected tiers of littoral plateaus**
 Constraints : limited and variable depth ~ 30 to 60 cm, bordered by hard limestone ; fragmented topography limiting uses and requiring anti-erosion measures ; pH 6.5 to 7.
Capabilities : All rain-fed annuals, grown in small gardens ; improved pasture ; restrictions for reafforestation.
- i - Weakly unsaturated andic ferrallitic soils on Plio-Pleistocene fluvial terraces (S. Malakula)**
 Constraints : Undulating topography ; strong phosphorus fixation ; pH 6 to 7.
Capabilities : All rain-fed annuals, with possible mechanisation along contour lines ; possibility of irrigated wet crops or perennials such as coconut palm, coffee shrub, fruit trees, etc. ; no oil palm or acidophile plants ; improved pasture ; P fertilization to be tested.
- ▲ "TRANSITIONAL" CLIMATE WITH 1 TO 2 MONTH DRY SEASON**
Neutrophile plants, suited to a hot and regularly humid climate ; but risk of exceptional dry season lasting longer than two months.
- g - Saturated rubified fersiallitic soils on Pleistocene limestone, rejuvenated by basaltic ash (Malakula) tiered and moderately dissected, sloping littoral plateaus.**
 Constraints : reduced and variable depth ~ 30 to 60 cm, bordered by hard limestone ; fragmented topography limiting uses ; pH 6.5 to 7.
Capabilities : All rain-fed annuals, grown in small gardens ; improved pasture ; reservations for reafforestation.
- ▲ TROPICAL CLIMATE WITH SHORT, 2 TO 4 MONTH DRY SEASON**
Neutrophile plants, suited to a hot climate, with a well-marked dry season ; possible need for irrigation or shade.
- e₂ - Saturated "melanic" andosols on recent andesitic ash / Pleistocene basaltic tuffs (Tanna), moderately dissected sloping topography.**
 Constraints : fragile topsoil, susceptible to erosion, textural contrast between andosol and underlying brown clay soils, fragmented topography limiting uses and requiring anti-erosion measures ; pH 5.5 to 6.5.
Capabilities : All rain-fed annuals (no irrigation possible) ; coffee shrub (arabica) under shade to be tested ; improved pasture.
- f - Fersiallitic soils**
 1) vertic brownified saturated or modal rubified
 2) rubified and weakly unsaturated
 } The two above soils on Pleistocene limestone plateaus and argillite terraces (Malakula, Espiritu Santo and Efaté) gully-erosion phase on moderately dissected, tiered, sloping plateaus.
- Constraints : Reduced and variable depth ~ 30 to 60 cm often bordered by hard limestone : partly fragmented topography limiting uses ; pH 6.5 to 7.5.
Capabilities : All rain-fed annuals grown in gardens, or where possible mechanized contour farming ; irrigation sometimes possible on terraces of argillites ; coffee shrub (arabica) under shade to be tested on deep argillite terrace soils ; improved pasture.
- f₁ - "Melanised" calcic soils on coral limestone. Vertic eutrophic brown soils on coastal alluvial terraces. Brown rendzinas on coastal limestone terrace.**
 All three on second or third terrace level (Malakula, Espiritu Santo, Efaté, Aniwa).
 Constraints : Variable depth ; often limited and < 100 cm ; vertic character of brown soils ; pH 6.5 to 7.5.
Capabilities : All rain-fed annuals grown in gardens ; improved pasture ; coconut palm to be tested on brown rendzinas and fairly deep brown soils.

III – AVERAGE POTENTIAL

Soils of good fertility with moderate limitations on use, or soils of average fertility and limited capabilities requiring fertilization to obtain optimum yield.

▲ VARIABLE CLIMATE, SOILS ON RECENT ALLUVIAL AND REEF TERRACES

Neutrophile plants suited to a hot and humid climate, irrigation possible.

a - Humic rendzinas on coastal limestone terraces (Malakula, Espiritu Santo, Tanna and Efaté)

Constraints : Variable depth, often formed on hard limestone occurring at <100 cm ; fragile soil, without clay, too permeable ; K deficiency and often deficiency in P and trace elements ; pH 7.5 to 8.

Capabilities : All rain-fed calcicolous annuals, grown in gardens, with restrictions for mechanized cultivation and necessity of occasional fertilization (N,P,K, trace elements) ; coconut palm, improved pasture ; restrictions for reafforestation and non-calcicolous plants, irrigation sometimes possible, but with difficulty.

b - Immature (weakly developed) alluvial, sandy or sandy-clay soils on recent fluvial terraces.

Constraints : Fragile and "splash-sealed" soil ; very permeable ; variable depth ; possible N deficiencies or rapid loss thereof ; waterlogging sometimes occurring at shallow depths ; pH 6 to 7.

Capabilities : All rain-fed annuals with mechanization possible but restricted and moderate fertilization ; irrigation and wet crops (rice, taro) possible ; all perennials (coconut palm, cocoa tree, coffee shrub oil palm, fruit trees, etc.) ; no acidophile plants.

▲ LOW ALTITUDE "EQUATORIAL" CLIMATE

Neutrophile plants suited to a hot and regularly humid climate with no water shortage and long sunshine hours.

■ EXTERNAL DRAINAGE NIL OR DIFFICULT TO PROVIDE, LIMITING AGRICULTURAL CAPABILITIES

c - Hydromorphic eutrophic brown soils on Holocene alluvial terrace (Espiritu Santo)

Constraints : Soil waterlogged near the surface ; external drainage difficult.

Capabilities : irrigated subsistence crops (rice, taro) ; with controlled drainage, all subsistence crops and improved pasture

■ SUBSTANTIAL DISSECTION OF PLATEAUS, TERRACES AND MODERATELY SLOPING HILLSIDES. LIMITING AGRICULTURAL DEVELOPMENT

d₁ - Partly rejuvenated andic eutrophic brown soils on dissected Plio-Pleistocene limestone terraces (S. Malakula)

Constraints : Variable depth ; P deficiency ; fragmented topography ; pH ~ 6.

Capabilities : All rain-fed annuals grown in gardens ; perennial crops such as coconut palm, cocoa tree, coffee shrub, fruit trees, etc. ; no oil palm or acidophile plants.

d₂ - Modal or vertic of partly rejuvenated eutrophic brown soils on hills of tuffaceous limestone or volcano-sedimentary rock (Espiritu Santo) ; moderately sloping and moderately dissected hillsides ; altitude < 400 m

Constraints : Undulation and fragmented topography requiring anti-erosion measures. pH 5.5 to 7 ; possible need for P and K fertilization (Espiritu Santo).

Capabilities : All rain-fed annuals grown in terraced-gardens, or in exceptional circumstances mechanically cultivated along contours ; perennial crops such as coconut palm (under 300 m altitude), cocoa tree and coffee shrub ; no acidophile plants on south or east facing slopes ; plants suited to the dry season and coffee shrub under shade on western slopes ; improved pasture.

e - Highly rejuvenated andic eutrophic brown soils on dissected Plio-Pleistocene sedimentary plateaus (S.E. Malakula) : Altitude 300 to 500 m.

Constraints : Fragile soil ; undulating or fragmented topography requiring anti-erosion measures ; pH 6.5 to 7 ; limited sunshine.

Capabilities : All rain-fed annuals grown in gardens or terraces or along contours ; perennials such as cocoa tree and coffee shrub etc. ; no coconut palm or oil palm ; improved pasture.

■ MODERATELY LIMITED SOIL FERTILITY, RESTRICTING PRODUCTIVITY

f - Modal vitric andosols, on recent andesitic ash (Tanna), ash plain

Constraints : Sandy soil, very fragile and too permeable, containing little humus ; N deficiency and rapid loss thereof ; poor water-holding capacity ; pH 5.5 to 7.

Capabilities : All rain-fed subsistence crops in shifting gardens ; with restrictions for mechanized agriculture ;

with organic ameliorations and some occasional fertilization (N.P. etc.) ; coconut palm, oil palm and coffee shrub (robusta) with fertilization ; improved pasture.

- g - Andosols with unsaturated (B), slightly unsaturated A horizons, on recent andesitic ash or basalt (Tanna), moderately sloping and slightly dissected topography ; altitude 300-600 m.

Constraints : fragile soil at the surface ; strong retention of phosphorous ; anti-erosion precautions ; limited sunshine ; pH 6 to 6.5.

Capabilities : All rain-fed annuals grown in gardens or mechanized cultivation along contour lines ; perennials such as cocoa tree, coffee shrub (arabica), etc. ; no coconut palm or acidophile plants ; fertilization with P to be tested : improved pasture.

- i - Ferrallitic soils with moderately unsaturated (B) and slightly unsaturated A horizons (Espiritu Santo, Efaté)

i₁ - on slightly dissected Pleistocene alluvial terraces, altitude ≤ 250 m

i₂ - on slightly dissected Pleistocene coral limestone plateaus, altitude ≥ 200 m

Constraints : Variable soil depth on hard limestone ; chemical fertility concentrated at surface ; pH 5.5 to 6 ; limited sunshine at altitude > 200 m.

Capabilities : All rain-fed annuals with mechanization possible and occasionally P fertilization ; coconut palm (altitude < 250 m) or cocoa tree, coffee shrub, etc. ; no acidophile plants ; improved pasture.

- i₃ - Moderately unsaturated ferrallitic soils, on Pleistocene argillite terraces (Espiritu Santo, Efaté) altitude > 200 m.

Constraints : Topography much dissected by surface gully-erosion and unstable soils preventing mechanization of cultivation ; limited fertility at the surface.

Capabilities : All rain-fed subsistence crops grown in gardens, with anti-erosion precautions ; cocoa tree, coffee shrub ; no coconut palm or acidophile plants ; pasture with anti-erosion bush-strips.

▲ "EQUATORIAL" CLIMATE AT ALTITUDE 500 TO 800 m, WITH LIMITED SUNSHINE

- i₄ - Weakly unsaturated ferrallitic soils rejuvenated by volcanic ash on limestone plateaus (Malakula)

Constraints : Limited sunshine and very humid climate restrict capabilities ; isolated plateaus with access difficulties.

Capabilities : All rain-fed subsistence crops requiring little sunshine ; occasionally P fertilization ; improved pasture.

▲ "TROPICAL" OR TRANSITIONAL CLIMATE, WITH SHORT DRY SEASON

Neutrophile plants suited to a hot climate with a well marked dry season ; possible need for irrigation or shade.

■ SUBSTANTIAL DISSECTION OF PLATEAUS AND TERRACES, LIMITING AGRICULTURAL DEVELOPMENT

- h - Fersiallitic soils

- rubified weakly unsaturated, on Pleistocene coral limestone plateaus (Espiritu Santo, Malakula)

- brownified saturated, on Pleistocene argillaceous terraces or limestone plateaus (Espiritu Santo, Malakula)

} both types with sloping and very dissected topography

- h₁ - Lightly unsaturated rubified fersiallitic soils, rejuvenated to andic in A horizon (Tanna)

Constraints : Very limited soil depth and dissected topography restricting uses.

Capabilities : Rain-fed short-cycle subsistence crops, grown in gardens, with anti-erosion precautions ; improved pasture.

■ INADEQUATE INTERNAL AND EXTERNAL DRAINAGE OF SOIL LIMITING AGRICULTURAL CAPABILITIES

- h₂ - Hydromorphic brownified saturated fersiallitic soils on Pleistocene argillite terraces (Malakula)

Constraints : Compact hydromorphic soil at shallow depth.

Capabilities : Rain-fed short-cycle subsistence crops, after improvement of internal drainage and with possible mechanization of cultivation ; possibility of irrigated crops ; improved pasture.

IV – MEDIOCRE POTENTIAL

Soils of good fertility with severe restrictions on use or soils of mediocre fertility and limited capabilities requiring very costly fertilization to give optimum yield, or climatic conditions imposing very severe restrictions on use.

▲ EXTERNAL DRAINAGE NIL OR DIFFICULT TO PROVIDE, LIMITING AGRICULTURAL CAPABILITIES

- c - Hydromorphic vitric andosols (Tanna)
- i - Immature hydromorphic alluvial soils (Malakula, Efaté)
- e - Hydromorphic ferrallitic soils on coral limestone (Espiritu Santo)
 Constraints : Difficulty of improving external drainage
Capabilities : Irrigated subsistence crops (rice, taro) with controlled drainage, all subsistence crops and improved pasture.

▲ DENSE AND ± DEEP DISSECTION OF TOPOGRAPHY ; SOILS WITH LITTLE DEPTH ; AGRICULTURAL USE DIFFICULT AND REQUIRING VERY COSTLY ANTI-EROSION MEASURES

- a - Eutrophic, modal, vertic and immature (weakly developed), brown soils (Malakula, Espiritu Santo)
 a1 - Rejuvenated andic soils (E. Malakula) with a covering of volcanic ash
 Both the above on hills of tuffaceous limestone and volcano-sedimentary rock, with very rugged and deeply dissected topography.
- b - Saturated (b₁ "chromic", b₂ "melanic") andosols on andesitic ash and basaltic tuffs (Tanna) ; hills with very rugged and deeply dissected topography.
 Constraints : Soils of good fertility, but variable ± limited depth ; fragmented topography ; construction of terraces necessary ; pH : andic rejuvenated soils and andosols, 6 to 7, modal and vertic soils, 5.5 to 6.5.
Capabilities : Terraced subsistence crop gardens of neutrophile plants, diversified according to exposure to "windward" or "leeward" possible small stands of coffee shrub (arabica), cocoa tree, fruit trees, etc., no acidophile plants on "windward" slopes ; coffee shrub (under shade) and fruit trees to be tested on "leeward" slopes ; possibility of irrigation (Espiritu Santo and Malakula) ; use for pasture not recommended.
- f - Ferrallitic soils with moderately unsaturated (B) horizon, on densely dissected Plio-Pleistocene alluvial terraces and limestone plateaus (Espiritu Santo)
 Constraints : Soil of moderate fertility, but variable ± limited depth ; fragmented and undulating topography hindering agricultural development.
Capabilities : Terraced subsistence crop gardens of neutrophile plants, without irrigation ; small stands of coconut palm, oil palm, coffee shrub (robusta), cocoa tree, fruit trees, etc. ; pastures, on condition of providing anti-erosion protection in contour-bush strips.

▲ MEDIOCRE FERTILITY, ACID SOILS, REQUIRING VERY COSTLY FERTILIZATION FOR OPTIMUM YIELD

- d - Rubified and intensively unsaturated ferrallitic soils on volcanic tuffs, altitude 300 to 500 m.
 d₁ - modal, (Efaté) on little dissected, moderately sloping topography.
 d₂ - rejuvenated by ash (Tanna) on moderately dissected slightly undulating hills.
 Constraints : Acid soils, pH 5 to 5.5 ; phosphorous and occasionally potash deficiencies ; moderate risk of erosion ; climate with short dry season.
Capabilities : Rain-fed short-cycle subsistence crops ; improved pasture, with N.P.K. fertilization and laid out with anti-erosion contour-bush strips ; coffee shrub (arabica) under shade, with fertilization.
- g - Humic ± intensively unsaturated ferrallitic soils on tuffaceous limestone and volcano-sedimentary rock (Espiritu Santo, Efaté) ; plateaus, "planèzes" little dissected and gently undulating hills.
 Constraints : Acid soils, pH 4 to 5 ; requiring major N, P and K fertilization ; moderate risk of erosion requiring anti-erosion precautions.
Capabilities : Deep soils well suited to forestry ; possibilities for pasture with anti-erosion contour-strips and fertilization, or of shifting subsistence agriculture, or growing coffee shrub and oil-palm with fertilization ; tests to be made with tea plant or other acidophile plants.
- h - Very humus-rich andic, ± weakly unsaturated, ferrallitic soils (gentle and little dissected topography)
 h₁ - on coral limestone plateaus, altitude 400 to 600 m (Espiritu Santo, Efaté)

h₂ - on sedimentary plateaus, altitude 300 to 500 m (S. Malakula)

Constraints : Soils retaining phosphorous very strongly and deficient in potassium ; excessively humid climate ; insufficient sunshine.

Capabilities : *Shifting subsistence agriculture and flower crops (orchids, anthuria, ferns) suited to a very humid climate ; improved pasture using P and K fertilization and laid out with anti-erosion contour-bush-strips to be tested.*

V – POOR POTENTIAL

Soils of mostly mediocre or poor fertility and with severe limitations on use (total waterlogging, excessively rugged relief and excessive susceptibility to erosion, difficult access and excessively humid “mountain” climate, etc.).

▲ POOR FERTILITY : MAJOR HINDRANCES TO USE**a1 - Immature alluvial, sand-gravel soils of offshore bars (Efaté)**

Capabilities : *Reafforestation, extensive pasture.*

a2 - Immature, hydromorphic alluvial soils (swampy areas, Efaté)

Capabilities : *Irrigated subsistence crops (rice, taro).*

▲ MEDIOCRE FERTILITY ; GENTLE TOPOGRAPHY ; VERY HUMID CLIMATE

Acidophile plants suited to high humidity and restricted sunshine.

c - Dystrophic modal brown soils on tuffaceous limestone and volcano-sedimentary rock (Espiritu Santo) ; Upper slopes with moderately inclined and dissected topography, altitude : 500 to 1000 m.

Constraints : Acid soils (pH 4 to 5) ; rich in exchangeable aluminium ; N.P. and K deficiency ; moderate risk of erosion ; fragmented topography ; very humid climate with restricted sunshine.

Capabilities : *Shifting subsistence agriculture ; tea plant to be tested ; pasture with anti-erosion contour-bush strips ; flowers growing under forest cover (orchids, anthuria, ferns) ; forestry.*

d1 - Complex vitric andosols with unsaturated A horizon on recent andesitic ash/basaltic tuffs (Tanna) altitude 400 to 600 m.**d2 - Unsaturated andosols, tending towards vitric, on recent andesitic ash/basalt (Tanna), altitude 200 to 400 m.**

Constraints : friable, rather acid soils ; N.P.K. deficiency ; rapid exhaustion of potential ; very humid climate and restricted sunshine.

Capabilities : *Shifting subsistence agriculture ; tea-plant to be tested ; pasture, with anti-erosion precautions : flower growing (orchids, anthuria, ferns) ; forestry.*

▲ MEDIOCRE FERTILITY ; EXCESSIVELY HUMID CLIMATE AND INSUFFICIENT SUNSHINE : HIGH PLATEAUS OR PLANEZES WITH ± dense surface dissection**g - Strongly unsaturated humus-rich ferrallitic soils on basalt and tuffaceous limestone (Espiritu Santo), altitude > 600 m, steeply sloping “planèzes” and very dissected plateaus**

Constraints : Acid soils ; N.P.K. deficiency ; excessively humid climate ; severe risk of erosion.

Capabilities : *Forestry ; shifting subsistence agriculture and floral crops of acidophile plants suited to a very humid climate.*

h - Andic, very humus-rich unsaturated ferrallitic soils on high plateaus of coral limestone (Espiritu Santo), sedimentary rock (Malakula), or volcano-sedimentary rock (Efaté) ; altitude ≥ 500 m, superficially dissected topography.

Constraints : Soils retaining phosphorus very strongly, having deficiency in potash and being acid (pH 4.5 to 5) often have limited cation exchange capacity ; excessively humid climate and restricted sunshine ; risk of erosion.

Capabilities : *Forestry, flower-growing under forest (Orchids, anthuria, ferns).*

▲ **MODERATE OR MEDIOCRE FERTILITY : EXCESSIVE SUSCEPTIBILITY TO EROSION ON STEEPLY SLOPING, DENSELY SURFACE - DISSECTED TOPOGRAPHY**

- b2 - Immature ± brownified erosion soils on Pleistocene basalt (N. Efaté)
- d1 - Vitric andosols on andesitic ash (Tanna)
- e - Slightly unsaturated rubified fersiallitic soils and calcareous brown soils (Tanna)
- f - Moderately unsaturated, slightly immature ferrallitic soils on Pleistocene alluvial terrace (Espiritu Santo), with “bad-land” type, dense and deep dissection.
 Constraints : Shallow soils ; very fragmented topography and excessive susceptibility to erosion ; need for very costly anti-erosion measures.
Capabilities : Shifting subsistence agriculture or gardens in terraces.

▲ **QUITE GOOD FERTILITY : EXCESSIVELY HUMID “MOUNTAIN” CLIMATE**

- b1 - Humus-rich “mountain” eutrophic brown soils on basaltic breccia (Espiritu Santo) altitude 1000 to 1200 m, moderately dissected plateau.
 Constraints : Moderately deep (~60 to 120 m) and moderately acid (pH 5 to 5.5) soil ; moderate susceptibility to erosion ; but occurring infrequently.
Capabilities : Subsistence crops of plants suited to a very humid and cooler climate (Tm ~ 20°C) ; pasture.

BROWN

VI – VERY POOR POTENTIAL

Soils with very severe limitations on use or of poor fertility, usable only for subsistence agriculture where necessary.

▲ **EXCESSIVELY ACTIVE EROSION ON VERY SHARP AND DEEPLY DISSECTED TOPOGRAPHY ; SHALLOW (~ 20 to 60 cm) AND UNSTABLE SOILS**

- a1 - Brownified immature or little differentiated erosion soils, with a slightly unsaturated A1 horizon, formed on various Miocene, Pliocene and Pleistocene rocks (Malakula, Espiritu Santo and Tanna) ; very steep slopes (≥ 50 %) and altitude < 800 to 1000 m.
- a2 - Immature erosion soils, tending towards vitric andosols, on recent volcanic rock (Tanna) ; very steep slopes.
- d - Andic ferrallitic soils, very rich in humus and bauxite, on hard limestone (Espiritu Santo), undifferentiated erosion soil series on “tower” karst topography ; altitude 300 to 500 m.
 Constraints : Soil fertility not negligible but agricultural use very difficult and too dangerous.
Capabilities : Subsistence agriculture in terraces where necessary ; forestry with great difficulty.
- b - Humus-rich dystrophic “mountain” brown soils and undifferentiated erosion soils with a very humus-rich, unsaturated A1 horizon on Mio-Pliocene volcano-sedimentary rock (Espiritu Santo) ; upper slopes, altitude ≥ 800-1000 m (to 1880 m) and very steep (≥ 50 %).
- c2 - Perhydrated unsaturated andosols, with a slightly unsaturated A horizon, on volcano-sedimentary rocks (Malakula), peaks > 800 m in altitude and very steep slopes.
 Constraints : Poor fertility ; excessively sharp relief ; climate too humid and very restricted sunshine.
Capabilities : Conservation of natural vegetation ; experimental flower-growing under forest (Orchids, ferns, anthuria, etc.).

▲ **POOR FERTILITY, VERY HUMID CLIMATE WITH LITTLE SUNSHINE, EROSION SUSCEPTIBILITY**

- c1 - Perhydrated unsaturated andosols on basalt covered with andesitic ash (Tanna) ; “planèzes” with steep slopes and dense surface dissection altitude 200 to 800 m.
 Constraints : Fragile, moderately acid soil (pH 5.5 to 6), retaining phosphorus very strongly ; N and K deficiency.
Capabilities : Forestry ; subsistence agriculture where necessary ; plants suited to a very humid climate, with anti-erosion precautions : flower growing under forest, tea-plant to be tested.

GREY**VII – NIL POTENTIAL**

Soils of practically nil or very poor fertility and almost impossible to use.

- a - Immature unweathered mineral erosion soils on all types of rock, steeply sloping topography (cliffs, canyons, cirques) (all islands)
- b - Unweathered mineral soils made up of recent coarse - grained alluvium (sand and shingle) ; susceptible to flooding (Espiritu Santo, Malakula)
- c - Unweathered mineral soils of recent volcanic origin (Tanna, Ambrym, Lopevi)
- d - Hydromorphic mangrove soils, or “calcolithic” soils on calcareous coastal terrace (all islands).

GENERAL : LOCATION, POPULATION, ECONOMY, GEOLOGY, TOPOGRAPHY, CLIMATE, SOILS, LAND USE

The Archipelago of Vanuatu is situated in the south west Pacific Ocean between New Caledonia, the Solomon Islands and Fiji. It is located in a tropical region (between 13.04 and 20.16 latitude south, 166.32 and 170.14 longitude east). The archipelago consists of over 100 islands and islets, only 14 of which are over 100 km² in area. Total surface area is approximately 12,190 km². There is a population of only 112,600* giving a density of 9.2 inhabitants per km² ; 92 % of the inhabitants are Melanesians.

The economy, based chiefly on agricultural and pastoral activities, is still rather underdeveloped. Resources consist mainly of copra and beef exports and also a certain amount of cocoa and coffee trading. However, new resources originating from sea-fishing and tourism have recently been developed. Unfortunately, other natural resources, such as the Erromango and Anatom Kauri forests (*Agathis obtusa*) and the Efate manganese mine, have been rapidly worked out.

The islands of Vanuatu form a volcanic arc extending onwards from the Solomon Islands and Santa Cruz. The archipelago consists of predominantly volcanic eruptive rocks, coral limestone plateaus and sedimentary terraces ; these are the « islands of ash and coral ». They began to form at the end of the Eocene age and were then subject to major volcanic activity occurring throughout the islands in a dozen different subaerial and submarine volcanic focii. This activity was accompanied by rapid tectonic uplift (~ 1 m per 1000 years) which gave rise to the gradual emergence of a number of new coral limestone plateaus. Most of the emerged land rose during the Quaternary period.

Two main forms of relief are encountered in the archipelago. One is that typical of young volcanic islands whose cone and eruptive crater shapes are relatively intact. The other land-form is developed in elevated and eroded Miocene and Pliocene volcano sedimentary rocks, sometimes with a capping plateau of Quaternary coral limestone.

Each island has three distinct weather zones, corresponding to the effects of trade-winds and altitude. The first zone, which is predominant to the windward, low altitude side, is subject to a regularly warm and wet climate of the equatorial type (Fig. 1, 2, 3). The second to the leeward side, is a tropical type climate marked by a short dry season (Fig. 4, 5). The third zone, prevailing on the highest summits, has a cooler and very humid climate of the « perhumid » (constantly humid) type.

Specific vegetation and soil zones directly related to the climatic zones described above are to be observed. At low altitudes, tropical rain forest is observed on the windward side, and semi-deciduous tropical forest and pyrogenous formations of forest and savanna to the leeward side ; the « perhumid » summits are overgrown with a low forest cover, rich in epiphytic plants, known as « nephelophile » plants.

* population census, january 1979.

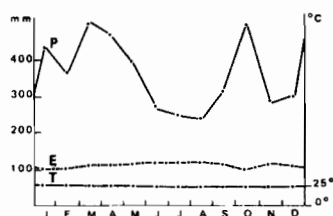


Figure 1 -
Weather chart for Sola, Banks islands,
SE slopes, alt : 40 m, Lat $13^{\circ}55'S$
P = Mean monthly rainfall
E = Potential evaporation (Penman)
T = Average monthly temperature

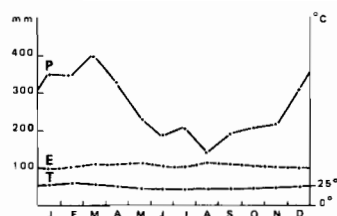


Figure 2 -
Weather chart for Luganville, Espiritu Santo
island S.E. slopes, alt. 145 m, lat. $15^{\circ}32'S$

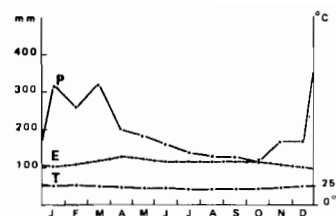


Figure 3 -
Weather chart for Anelgowhat Anatom island,
S slopes, alt. : 7 m, lat. $20^{\circ}14'S$
P = 1955 to 1974
E = 1951 to 1974
T = 1955 to 1974

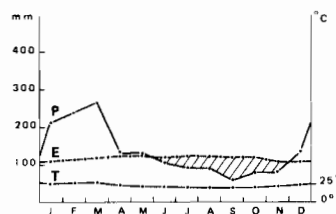


Figure 4 -
Weather chart for Lenakel, Tanna island,
S W slopes, alt. 80 m, lat $19^{\circ}32'S$
Shaded area : rainfall shortage

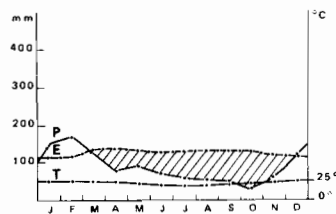


Figure 5 -
Weather chart for Koumac, New Caledonia,
N.W. slopes, alt : 23 m, lat $20^{\circ}34'S$
Shaded area : rainfall shortage

Very diverse soils are recorded, due partly to intense sub-aerial volcanic activity and tectonic uplift and partly to climatic variations. Principal soils occurring are : andosols on recent volcanic ash ; brown soils and immature (weakly developed) erosion soils on the oldest (Miocene) volcano-sedimentary chains, deeply modified by erosion ; ferrallitic and ferrallitic soils, according to wind exposure, on little eroded plio-pleistocene formations (sedimentary limestone and volcanic rock) and very humus-rich andosol type soils on the « perhumid » summits. Because of their youth, and deposits of volcanic origin, many of these soils are very fertile.

The use currently made of these soils is summarised in table No. 1. Of a total surface area of around 12,190 km² Vanuatu has a potential of 4,970 km² of cultivable land*, almost 41 % of the total area. This is an enormous potential when compared to the capacity of other neighbouring tropical islands, particularly New Caledonia, but only 2,115 km² are actually used by man i.e. 43 % of the potential cultivable land. Perennial crops (coconut palms, coffee shrub, cacao tree) cover almost 660 km² (13.3 % of cultivable land) of which 650 km² are occupied by the coconut palm alone, and subsistence crops account for another 1,150 km² (23.1 % of the cultivable area). Cattle breeding is conducted on around 380 km² of pasture, at least 100 km² of which are in coconut plantations. In fact, land reserved solely for grazing purposes does not represent more than 280 km² (6 % of the cultivable area). Subsistence crop agriculture is mostly conducted on a shifting basis ; intensive farming in this sector (gardens in terraces, vegetable growing, irrigated taro beds) is minimal and restricted to regions where there is strong population pressure (Shepherd islands, Port Vila, North Pen- tecost, Mere-lava, Paama, Tanna, etc.).

* This area is limited to the agronomic potential units 1, 2 and 3 (tbl. 2, p. 46), corresponding with the most favourable soils. But, the cultivable land could be extended to the unit 4, even the unit 5, under some peculiar economic conditions.

TABLE 1 : POPULATION AND LAND USE

ISLANDS	Surface km ² (a)		Land use in Km ² *				Population (b)	
	Total area	Cultivable area	Area under cultivation	Export crops (1)	Pasture (2)	Subsistence crops (3)	Total	Density per Km ²
Torres	121	98	11	5	—	6	325	2.7
W. Banks (4)	700	178	72	16	8	52	1 971	2.8
E. Banks (5)	61	37	34	9	2	23	2 643	43.3
Espiritu Santo (6)	4 248	1 831	725	175	240	410	18 876	4.4
Malakula (7)	2 053	836	235	80	50	120	15 935	7.8
Maewo	300	103	20	5	2	13	1 771	5.7
Pentecost	499	185	135	65	5	70	9 544	19.1
Aoba	399	173	150	63	5	87	7 820	19.6
Ambrym	666	135	130	39	2	90	6 324	9.5
Paama-Lopevi	60	24	30	23	—	10	2 354	39.2
Epi (8)	446	173	88	38	2	50	2 672	6.0
Shepherd (9)	86	59	53	36	2	17	4 421	51.4
Efate (10)	923	600	105	60	60	25	20 100	21.8
Erromango	887	203	10	2	1	7	945	1.1
Tanna-Aniwa	569	319	300	45	5	150	16 064	28.2
Anatom-Futuna	171	17	16	6	—	10	821	4.8
Total	12 189	4 971	2 114	667	384	1 140	112 596	9.2

* According to our mapping estimates (Quantin, 1972-78), corrected from D.S. Grundy's data (1980).

(a) 1980 Survey.

(b) General population census, 1979.

(1) Export crops : predominantly coconut, plus a little coffee and cocoa.

(2) Grazing : prairie alone or pasture under coconut.

(3) Subsistence crops : mainly shifting agriculture, and terraced gardens.

(4) W. Banks : Ureparapara, Vanua Lava, Santa Maria.

(5) E. Banks : Rowa, Mota Lava, Mota, Merig, Mere Lava.

(6) Espiritu Santo : Espiritu Santo, Malo, Aore and islets.

(7) Malakula : Malakula and islets.

(8) Epi : Epi and Lamén

(9) Shepherd : Tongoa, Tongariki, Buniga, Emae, Makura and Mataso.

(10) Efate : Efate, Nguna, Moso, Lelepa, Pele, Emao and islets.

The rather inextensive use of land in the archipelago, despite its high fertility, can be explained by a low population density (9 inhabitants per km²), the underdevelopment of technical skills and indeed by the very isolation of the group. At present, the biggest economic resource is still exported agricultural produce copra and beef particularly, plus a little cocoa and coffee. Sea fishing is the second major resource followed by tourism, the development of which is in full swing. Manganese mining at Forari has almost finished and the Kaori forestry projects on Anatom and Erromango have been closed down.

No other significant resource can be foreseen in the near future and it is therefore likely that the agricultural, pastoral and forestry economy will expand, developing the potentially large areas of fertile land which can yet be brought under cultivation.

SOILS : CHARACTERISTICS AND FERTILITY OF THE MAIN PEDOLOGICAL UNITS :

The following text is a summary of the information contained in the seven sections of the Atlas of the Vanuatu (New Hebrides) Archipelago, to which it would be useful to refer (QUANTIN, 1972-78). Soil nomenclature and order of presentation follow French pedological classification (C P C S, 1967), adapted and slightly modified by the author.

1. UNWEATHERED MINERAL SOILS

Unweathered mineral soils correspond to superficially weathered rocks and only contain traces of organic matter ; they are either bare or covered only by lichen or a low and sparse scrub cover. They either occur on recent tectonic cliffs, in which case they are unweathered mineral erosion soils, or on very recent formations, in which case they are unweathered mineral soils of alluvial or volcanic origin.

Unweathered mineral erosion and alluvial (fluvatile, marine or reef) soils only account for a minute surface area. On the other hand, unweathered mineral soils of volcanic origin are very widespread around active volcanoes. This is particularly true in the case of Ambrym, Lopevi and the Yasur Volcano on Tanna ; loose elements such as ash, lapilli and tuffs, constituting regosols, are very dominant, whereas lava flows, which form lithosols, have restricted distribution.

The unweathered mineral soils of volcanic origin found in Vanuatu, devoid of vegetation and inhabitation, do not at present offer any economic value. In other countries, such as Hawaii or the Canary Islands, they are in some cases brought under cultivation for a variety of crops.

2. IMMATURE (WEAKLY DEVELOPED) SOILS

Immature soils consist essentially of a humic horizon containing at least 1 % organic matter and clearly differentiated, in colour and structure, from the little weathered parent material which supports it ; these soils have dense shrub or tree cover. They occur either on steep and very eroded relief forms : these are immature erosion soils ; or on recent formations, in which case they are immature soils of alluvial or volcanic origin.

2.a. – Immature (weakly developed) erosion soils

Erosion soils are most frequently formed on the very steeply sloping sides ($\geq 50\%$) of valleys and deep ravines which have been carved in the raised massifs of eruptive or volcano-sedimentary rock. They occur less frequently on hard limestone where they only appear on the flanks of steep cliffs or the summits of small batholiths (reefs or « tower » karst topography). Where the slope decreases (on interfluvies and lower slopes), are formed more highly differentiated soils with a (B) horizon, generally brown soils and less frequently ferrallitic or fersiallitic soils ; for this reason physiographic soil mapping units tend to associate immature erosion soils with brown soils ; this is particularly so for the eruptive or volcanic massifs situated in South Maewo and Pentecost and in the centre and south of Malakula as well as West Espiritu Santo.

The weathering of the parent material, despite erosion and even on hard rocks such as gabbro, lava or basaltic breccia, often reaches a significant depth, as far as a metre on hard rock and several metres on soft rock. These soils are generally regosols. Lithosols on hard limestone or compact lava are relatively infrequent.

The humic horizon, 10 to 25 cm thick, is rich in organic matter (5 to 15 %) and often contains gravels or pebbles of weathered rock ; it is also however rich in a very active clay fraction (montmorillonite and $\pm$ halloysite). The soil is only lightly unsaturated in many cases because of the proximity of the weathered rock, which is itself still rich in minerals and bases, whereas the neighbouring more mature soils, under very humid climatic conditions, can become strongly unsaturated. On the higher summits, particularly in Espiritu Santo and over an altitude of 1000 or 1500 m (according to exposure) erosion soils also become unsaturated ; they acquire a very dark and more highly developed (30 to 40 cm) organic horizon which makes them akin to rankers. Finally, some of these soils, either through a recent surface acquisition of volcanic ash, as for instance in the south of Tanna, Pentecost or Malakula, or because they are situated in excessively wet climatic conditions, such as in the Espiritu Santo highlands, may also have andic characteristics.

Most of the immature erosion soils formed on basic eruptive rocks in Vanuatu are loose, shallow soils (~ 50 cm) ; they are rich in humus, in clays, in bases and in phosphorus ; they are therefore very fertile. Their location on steep slopes and their susceptibility to erosion, however, make them very difficult to bring into use.

2.b. – Immature (weakly developed) soils of alluvial origin

Immature soils of alluvial, fluvial or fluvio-marine origin are most frequently situated along the coast, around river estuaries and on the most recent terrace (altitude of + 2 to 3 m). Rare and inextensive are the recent fluvial flats situated further upstream (along rivers Jordan and Ora in Espiritu Santo). Also unusual are the large alluvial plains which have filled in a subsidence trench such as on Efate (Mele, Teouma and Marona), in South Malakula or in Espiritu Santo (Big Bay). The alluvial material varies according to the catchment area which supplies it : particular sources are dacitic tuffs on Efate (Mele and Teouma plains) ; basaltic sands on Erromango ; a mixture of eruptive rocks (serpentinites, gabbros, basalts) and limestone on Pentecost ; a mixture of volcano-sedimentary rocks (basaltic breccia, tuffs) and calcareous rocks (calclutites and calcarenites) in Espiritu Santo (Big Bay plain). In addition, clays, ash and floated pumices sometimes also occur.

This kind of soil is principally made up of a dark brown humic horizon, well differentiated, 15 to 25 cm in depth ; it has a sandy or sandy-clay texture, but rarely a clay texture ; it is rich in humus, saturated in cations, and contains substantial amounts of phosphorus. The underlying parent material is relatively unweathered. In places where the alluvium is partly calcareous, the topsoil is almost totally decalcified.

Immature soils of alluvial origin are almost always fertile, with the fairly rare exceptions of soils formed upon pebbles, which are too permeable, or those originating from serpentinites (in South Pentecost near Lonoore) which are geochemically unfavourable, or thirdly of certain poorly drained soils with a perched water table (Teouma plain on Efate and Pankumu estuary on Malakula), which have restricted capabilities. Soils of the sand or sandy-clay series are of moderate and unstable fertility, whereas soils of the clay-sand or clay-lime types are very fertile and more stable.

3. ANDOSOLS

Andosols are formed from recent volcanic material and in particular from vitric and vesicular (ash and lapilli) pyroclastic elements. These elements occur in great abundance near active volcanoes (Yasur on Tanna, Lopevi, Ambrym) or recently active volcanoes (East Erromango, South-East Epi, Shepherd Islands, Aoba, Santa Maria and Vanua Lava). Andosols are characterized by an abundance of volcanic minerals in addition to very hygroscopic amorphous silicates, glass and allophanes and also often amorphous or cryptocrystalline iron and aluminium hydroxides which are themselves highly hygroscopic. This imparts original properties to them : dark colour, low bulk density (< 1), little differentiation in structure, very humus-rich sandy or loamy texture, high hygroscopicity, very high cationic and anionic exchange capacity in relation to the fine-grained fraction ($< 20 \mu$), despite the absence (or the presence of traces only) of clay minerals. The absence of clay in sheet form is evident in the field in the non-plasticity and low adhesiveness of the soil ; this gives the impression to the touch of a loamy soil (with a smeary consistency) ; the abundant presence of allophane and free alumina can be detected by the Fieldes and Perrott test (1966). The lack of differentiation in the soil structure, at least in the upper profile, in horizons A₁ and (B), is distinguished in the fluffy and very friable consistency of the soil. In « perhumid » (constantly wet) climates, moderately mature soils are, in addition, « thixotropic ». Lastly, the profiles are often complex and multiphase as a result of rejuvenation by varying successive deposits of volcanic ejecta ; this is particularly visible in the youngest soils situated close to active volcanoes.

Andosols are often very fertile because of their richness in mineral and organic reserves, which gradually become available to plants (except for strongly unsaturated and very aluminous andosols which retain phosphorus strongly).

In Vanuatu there are three groups of andosols, and these follow a very precise geographical distribution : vitric andosols, base-saturated andosols and base-unsaturated andosols. According to the length of time they have taken to form, one can first observe vitric andosols (also known as immature soils of friable volcanic origin) ; then saturated andosols which occur in the tropical climatic zone and, thirdly, unsaturated andosols which appear in the equatorial climatic zone and even strongly unsaturated and « perhydrated » (permanently hydrated) andosols in the « perhumid » zone.

3.a. — Vitric andosols

Vitric andosols are soils lying on ash and volcanic lapilli which are only slightly developed and fairly un differentiated. They consist essentially of a humic horizon developed 5 to 15 cm in thickness, containing one to eight per cent organic matter and 1 to 10 % of fraction less than 2 microns.

These soils contain no clay minerals. Their water-holding capacity is often low or moderate and rarely exceeds 40 % at pF3 or 20 % at pF4.2. Their cationic exchange capacity is not higher than 20 me per 100 g. These soils are, however, rich in mineral reserves and easily soluble phosphorus, quite rich in humus and sufficiently hygroscopic to offer good fertility. Nevertheless, their often mediocre organic matter content and their relatively low exchange capacity make them susceptible to rapid impoverishment in the event of sustained vegetation clearance followed by over-intensive cultivation. They have mineral imbalances.

Vitric andosols are often multiphase ; they may cover older, more mature soils such as saturated andosols on Ambrym, Epi and Tanna, for example, and eutrophic brown soils in the Shepherd Islands.

Vitric andosols are widespread near active volcanoes. They cover most of the islands of Ambrym and Lopevi and surround the craters of Yasur volcano on Tanna, Garet on Santa-Maria, Süretiméat on Vanua-Lava and small, recently active volcanoes such as Tavani Ruro in South-East Epi or Tavani Akomwa on Tongoa.

3.b. — Saturated andosols

Saturated andosols are formed on ash and basic volcanic lapilli ; in some places they overlie superficially weathered lava flows. Their formation dates from the recent past (on Aoba, 1.000 to 1.500 years ago). They are well differentiated into 3 horizons A₁ (B) or (B)/C and C, but are often in an early stage of development (1 to 2 m) ; they are also, typically, multiphase and made up of a number of different soils corresponding to a series of eruptions lying one on top of the other ; often 2 or 3 over the first 2 metres and sometimes as many as six or seven down to a depth of 4 or 5 m.

The humic horizon is 10 to 25 cm thick ; it is very dark in colour and contains 5 to 15 % organic matter and 10 to 30 % of fraction less than 2 microns. The (B) horizon, approximately 1 m in depth, which is brown or dark reddish-brown in colour, is composed of 1 to 5 % organic matter and 5 to 30 % of clay fraction ($< 2 \mu$). The soil is still rich in weatherable primary minerals (at least 50 %) ; the products of weathering, rich in silica and cations, are largely amorphous, at least in the upper profile ; however, (small) quantities of clay minerals (halloysite, montmorillonite) also appear and the quantity and crystallinity of these increase towards the deeper parts of the profiles and towards the tropical climatic zone. Saturated andosols have a low bulk density (< 0.8), high porosity and are fairly strongly hygroscopic in relation to their clay fraction content ; their water-holding capacity in the A₁ horizon varies from 30 to 75 % at pF 3 and from 20 to 60 % at pF 4.2 ; their cationic exchange capacity is also relatively high, varying from 20 to 40 me per 100 g in the A₁ horizon and from 10 to 40 me per 100 g in the (B) and the (B)/C horizons. The soil is saturated or lightly unsaturated and its pH is around 7 throughout the profile. Saturated andosols are extremely fertile because they are very rich in all plant nutrients in an easily available form and also in mineral reserves. They are not very susceptible to rapid impoverishment as a result of very intensive cultivation.

We have drawn a distinction between « chromic » saturated andosols in the low altitude equatorial climatic zones and « melanic » andosols in the tropical climatic zone with a short dry season. The former are noticeably more red in colour and slightly more unsaturated ; they contain small quantities of halloysite. The latter, which are almost black in colour and less unsaturated and less moist, contain a certain amount of montmorillonite. This distinction, apparently very slight, but corresponding to a climatic difference, is clearly important in determining agricultural capabilities.

Saturated andosols are particularly well developed on recently dormant volcanic foci or nearby : they cover almost the whole surface area of the island of Aoba, a substantial part of Tanna and a small part of the north-west of the islands of Vanua-Lava and Santa Maria (in association with andic brown soils) ; they have a light covering of vitric andosols of more recent formation in North Ambrym and South Epi (around Mount Pomaré).

3.c. — Unsaturated andosols

Unsaturated andosols, similarly to the saturated andosols of the previous paragraph, are formed on ash and basic volcanic lapilli and may also cover little weathered lava flows. They are probably of recent formation (if a little older than those of paragraph 3.b.) : several thousand years at the very outside ; they occur in fact on islands where there is still volcanic activity even though this may be moderate (as in Tanna)

or very minor (in Vanua-Lava or Santa Maria). They seem to be located particularly in the most rainy and humid areas, either to the south of the Yasur volcano on Tanna and in the « perhumid » climatic zone, or, on the two islands of Vanua-Lava and Santa Maria, to the windward side where rainfall exceeds 4 m per year ; formations of a similar age, subject to lower and more irregular rainfall, sustain saturated andosols or even andic brown soils.

These are well differentiated soils with 3 horizons : A₁, (B) and (C) ; they are often quite deeply developed, exceeding 2 m in depth, and are often rejuvenated at the surface and multiphase, containing at least 2 parent materials of different ages ; this is however difficult to perceive in the field, because of the weathering and deep rubefaction (reddening) of these materials, and can often only be deduced by analysis.

The humic horizon is 10 to 20 cm thick and is dark or very dark in colour ; it contains 10 to 25 % of its dry weight (at 105° C) in organic matter and 15 to 30 % of fraction less than 2 microns. The (B) horizons, of a brown or dark reddish-brown colour, have an organic matter content of 1 to 10 % which may still reach 1 or 2 % at a depth of 2 m ; the content of fraction < 2 μ (measured with difficulty and probably under-estimated) is from 10 to 40 %. Unsaturated andosols have undergone very intense weathering ; at depth they only contain small quantities of weatherable minerals (around 10 to 20 %) ; they are highly impoverished in silica and cations and highly enriched in alumina and iron. The products of weathering (~ 50 % of the soil) are most likely to be in amorphous or cryptocrystalline state : allophane, imogolite, gibbsite, goethite, lepidocrocite and gels. Towards the surface, the soils are strongly rejuvenated, enriched in fresh minerals and silica. Throughout the whole profile, with rare exceptions, the soil only contains traces of clays (kaolinite, halloysite and montmorillonite).

Unsaturated andosols have a very low bulk density ; 0.3 to 0.5 towards the surface and 0.3 at depth. They are extremely hygroscopic. In the less humid, low altitude areas they retain 80 to 130 % water at pF 3 and 40 to 100 % at pF 4.2 ; in the « perhumid » areas situated at higher altitudes these values range from 90 to 300 % at pF 4.2. The cationic exchange capacity is quite high towards the top of the profile : from 20 to 60 me per 100 g in the A₁ horizon. It is however much lower at depth : 15 to 20 me per 100 g in horizon II (B) ; this is a consequence of the very high aluminium and iron hydroxide content of such soils. They are moreover markedly unsaturated ; moderately so at low altitude and always very strongly so (V < 10 %) in the « perhydrated » andosols located on very humid summits. The pH is not very acid, except however in the upper, very humus-rich section of « perhydrated » soils situated on the summits. The easily available phosphorus content is always very low, due very probably to this element being locked by alumina or allophane. A distinction must be made between moderately unsaturated low-altitude andosols and strongly unsaturated and « perhydrated » andosols situated on the summits : the former offer a fairly adequate level of fertility and do not appear to suffer from any significant deficiency, even of phosphorus, whereas the latter, on the contrary, are likely to be rather infertile.

4. CALCIMAGNESIC (CALCIUM AND MAGNESIUM RICH) SOILS

Soils rich in calcium and magnesium, under the humid tropical climate of Vanuatu, only appear where very specific conditions prevail : first and foremost the parent rock must be limestone ; then the underlying material must either be recent, which is the case for rendzinas formed on coastal limestone beaches, or must be rejuvenated by erosion, which applies to the calcareous brown soils and calcic brown soils which have developed on slopes of soft sedimentary limestones. Rendzinas have a little-differentiated and totally calcareous profile ; brown soils are partially decalcified, contain clays and are more differentiated.

4.a. — Rendzinas

Rendzinas consist principally of a humic dark grey horizon, 10 to 30 cm in thickness, which lies almost without transition on calcareous material (sand, gravel, reef) sometimes mixed with pumices, and almost unweathered. These soils are very rich in humus (5 to 15 % organic matter) and highly calcareous, but are often devoid of clays.

Rendzinas offer limited fertility, partly because of the early stage of development of the soil and its excessive porosity, and partly because of their alkaline pH (7.5 to 8) and a certain potassium and phosphorus deficiency, which becomes rapidly evident when they are brought under cultivation. They are however often used for coconut plantations. These soils are not very widespread, occurring mostly on the coastline of high islands or on small low islands, but they are more widespread on the islands of Efate, Malakula and Espiritu Santo.

4.b. — Calcareous brown soils, calcic brown soils, calcic « melanised » brown soils and brownified rendzinas

According to the depth of decalcification in the profile, calcareous brown soils give way to calcic brown soils. These two types are frequently juxtaposed and have been classified as a single unit for mapping purposes. They are formed either on clayey-calcareous alluvial terraces which are a little higher (approx + 5 m) and older than the coastal calcareous beaches where we observed rendzinas, or on more steeply sloping topography carved in soft sedimentary limestone (calclutites). These soils are not very common in Vanuatu ; they occur particularly in North Maewo on middle terraces or eroded slopes ; they also exist, but only in small areas, on the islands of Erromango, Efate, Pentecost and Espiritu Santo.

The soil profile consists of a very dark brown or black humic horizon, 15 to 20 cm in thickness, which is very clayey and humus-rich and generally decalcified. The succeeding (B) or (B) C horizon, which goes down to a depth of from 40 to 80 cm, is dark brown in colour ; it can be at various stages of decalcification and of clay formation, and sometimes this process is complete, but remains saturated in calcium ; it sometimes has a very « vertic » structure (coarse and very fine) and less frequently is hydromorphic on alluvial terraces. The bottom of the profile has a brown or light brown weathered horizon, still very calcareous.

Calcareous brown soils and calcic brown soils are very rich in humus, even in the (B) horizon, and have a quite marked clay-loam texture. The clay fraction is made up chiefly of montmorillonite, which causes a fairly coarse and often vertic structure, but gives a very high cationic exchange capacity : from 40 to 75 me per 100 g, and a fairly high water-holding capacity. These are saturated soils, in calcium particularly ; they are however fairly rich in all other plant nutrients and they are very fertile. The only limit on their use may be their limited depth or their location on steep slopes subject to deep erosion, or lastly, in rare cases, the waterlogged state of certain soils on coastal plains.

5. BROWN SOILS OF TROPICAL COUNTRIES

The brown soils of Vanuatu have been formed in a humid tropical climate from basic rocks (basalts, gabbros, serpentinites etc.). Their main characteristic is their relative youth, even though these soils are perfectly differentiated into a profile of the A (B) C type and even though they often have a high clay content. Their youthful character is due either to the age of the parent material : basaltic lapilli of the recent Quaternary (Shepherd Islands), or coastal alluvial terraces (+ 5 m and + 15 m) of the Holocene age (Maewo, Malakula, Pentecost and Espiritu Santo), or to the rejuvenating effect of erosion on steep slopes to which is added recent deposits of volcanic ash (South Maewo, South Malakula and South Pentecost) or even without any ash deposits (Espiritu Santo and North Malakula).

Typical features of brown soils are their dark brown or dark reddish brown (B) horizon and their clay-loam texture. They vary in depth from 1 to over 2 m. They contain a substantial fraction of weatherable primary minerals. Their clays contain a variable proportion of ferri-ferrous montmorillonite : this element is dominant in the dark brown soils situated on the eroded slopes of Malakula, Espiritu Santo, Pentecost and Maewo and those located to leeward in the North-West of the Banks Islands ; However, halloysite is predominant in the dark reddish-brown soils, which tend towards ferrallitic soils, in the Shepherd Islands. Soils which have been rejuvenated on the surface by ash deposits also contain allophane and have andic characteristics ; this is the case particularly for certain soils from West Tanna and the North-West of the Banks Islands. Brown soils situated at low altitudes are saturated or, at the extreme, slightly unsaturated in cations ; these are tropical eutrophic brown soils. Above a certain altitude, which varies according to the geomorphological position and the location of the islands, and with the appearance of a very rainy and regularly humid climate, the brown soils become unsaturated (dystrophic) ; this altitude occurs at around 400 to 500 m in the South of Pentecost and Maewo and at over 500 m in South Espiritu Santo. With the presence of an ash covering and « perhumid » climate, soils become andic in character ; this is the case in South Pentecost. Above an altitude of approximately 1000 to 1500 m in Espiritu Santo, unsaturated brown soils show an organic accumulation, very dark in colour, which on the surface displays certain common properties with rankers ; this latter type of soil is of fairly limited distribution.

In Vanuatu, brown soils on basic rock can mainly be classified as eutrophic tropical brown soils or dystrophic brown soils. The former can be subdivided into reddish-brown or soils (ferruginous) bearing halloysite, formed on recent basaltic lapilli and dark brown soils (modal or only weakly developed) containing montmorillonite, formed on eroded slopes of basic eruptive rock. Dystrophic brown soils, formed in a « perhumid » climate on eroded upper slopes and from a parent material of basic eruptive or volcanic-sedimentary rocks, are analogous either to acid brown soils in the case of Espiritu Santo, or to andic unsaturated soils in the case of South Pentecost and Maewo.

5.a. — Ferruginous eutrophic brown soils, containing halloysite

Reddish-brown soils on lapilli and basic volcanic ash (basalt and andesites) of the recent Quaternary age, consist chiefly of halloysite and metahalloysite in their fine fraction ($< 20 \mu$), of plagioclase and pyroxene in their sands, and a little montmorillonite in their sandy-loam fraction. The presence of a fine goethite colours them reddish-brown. These soils are often rejuvenated towards the surface by volcanic ash (dacitic and andesitic in Shepherd Islands and South Epi, basaltic in North Epi and Paama), their profile is sometimes a multiphase one with brown soil covering an older ferrallitic soil (Shepherd Islands)

Reddish-brown soils with halloysite have a water-holding capacity of 40 to 65 % (in dry weight) at pF 3 and from 30 to 55 % at pF 4.2 ; their cationic exchange capacity varies from 30 to 40 me per 100 g ; these are saturated or at least only moderately unsaturated soils, rich in organic matter (5 to 7 % in the A₁ horizon) and in all mineral elements propitious to plant growth, including phosphorus, with which they are often enriched towards the surface by volcanic ash deposits. These soils are very fertile and stand up well to intensive agriculture.

Eutrophic brown soils of a reddish-brown colour on ash and basaltic lapilli are very widespread on recent small volcanic islands : North Efate (Nguna, Pele, Emao) Shepherd Islands and Mere Lava particularly, or near active volcanoes : South-West Tanna, North Epi, Paama and South East Malakula, where they are highly rejuvenated and andic at the surface (saturated andosols).

5.b. — Eutrophic, immature (weakly developed) brown soils with montmorillonite

Dark brown or dark reddish-brown soils, formed on eroded slopes which have been carved in basic eruptive rock, consist mainly of ferri-ferrous montmorillonite in their fine fraction ($< 20 \mu$) ; they

also contain a varying amount of weatherable primary minerals and often a little metahalloysite. They are dark in colour and only infrequently contain iron hydroxydes, in a highly individualised form. Minor ash deposits have often been responsible for surface rejuvenation. Lastly they have the unusual characteristic of forming even in very rainy and humid climates (rainfall of at least 3 m per year in South Pentecost). This may be explained by the rejuvenating effect of erosion on steep slopes (20 to 50 %). In leeward regions, with a more variable climate, eutrophic brown soils acquire vertic characteristics and are transitional towards saturated ferralsitic soils. Brown soils with montmorillonite have a water-holding capacity of 40 to 80 % (dry weight) at pF 3 and from 30 to 60 % at pF 4.2. Their cationic exchange capacity varies from 40 to 90 me per 100 g. These soils are saturated or very slightly unsaturated in cations. They are rich in organic matter (6 to 10 % in the A₁ horizon) and in all mineral plant nutrients. These soils are on the whole very fertile ; however, one exception should be mentioned in the case of those which have ultrabasic rocks as parent material (South Pentecost) whose mineral imbalances, relative excesses of Mg, Ni, Co and Cr and deficiency in P, K and Mo can be inimical to most cultivated vegetables ; however in Vanuatu, this disequilibrium has been mitigated as a result of surface deposits of fresh volcanic ash. The limits to the uses of eutrophic brown soils formed on steep slopes stem from their high susceptibility to erosion and to the difficulty of bringing them under cultivation.

Eutrophic brown soils, dark brown in colour, formed on alluvial terraces (+ 5 m and + 15 m on Maewo and Pentecost) or, mainly, on the steep lower slopes of eroded (ground on) basic eruptive rock, are very widespread in the south of Maewo and Pentecost Islands, in central and southern Malakula and in West Espiritu Santo. On sharp relief they have been grouped together for mapping purposes with immature erosion soils, with which they closely overlap.

5.c. — Dystrophic brown soils

Dystrophic brown soils are distinguished by their humic horizon which is very dark in colour and very rich in organic matter (15 to 20 %) ; the (B) horizon is clay-loam and often strongly unsaturated ($V < 10\%$) ; its colour varies from brown to reddish-brown. On higher slopes in South Pentecost and Maewo (at 500 m) soils show marked andic characteristics : low bulk density, very high hygroscopicity ($< 100\%$) and high incidence of amorphous substances ; these are unsaturated andic soils. On Espiritu Santo, on slopes which are exposed to windward and situated between 500 and 1000 m altitude, brown soils are more typically acid brown soils ; their clays are made up of a mixture of halloysite and metahalloysite predominantly, and also include a little aluminous-montmorillonite ; they also contain a little fine goëthite which gives them their reddish-brown colour. On the high peaks in Espiritu Santo, at over a thousand metres in the south and 1200 m in the centre, unsaturated brown soils have much in common with rankers ; they have an organic horizon, very rich in organic matter (60 to 90 %), which is black in colour and acid, but only 15 to 35 cm thick. These soils are sometimes closely related to andic soils because of their low bulk density, their high hygroscopicity and their high amorphous substances content ; they also contain a little gibbsite.

Dystrophic brown soils have a high or very high waterholding capacity (at pF 3) : 50 % to over 100 % in Espiritu Santo soils, 200 to 300 % in Pentecost andic soils. They also have a fairly high cationic exchange capacity : from 15 to 35 me per 100 g in the A₁ and (B) horizons. However, their most salient features are their acidity (4.5 pH) and their high degree of unsaturation of exchangeable cations in the (B) horizon ($V < 10\%$). Commonly, they also have a deficiency in easily available phosphorus. They are probably very poor (oligotrophic) and rather infertile. Their use on high ground in Espiritu Santo is restricted to shifting agriculture of subsistence crops which are fairly undemanding of the soils.

Dystrophic unsaturated brown soils, formed on very sharp relief on high ground, from old volcanic and volcano-sedimentary rocks, have been grouped together for mapping purposes with immature erosion soils with which their characteristics overlap. Their occurrence is limited to ridges and upper slopes on the highest of the older islands in South Pentecost, Maewo and Malakula, and most frequent along the crest line of Espiritu Santo's western volcanic chain (altitude 600 to 1880 m).

6. FERSIALLITIC (RICH IN IRON AND CLAY MINERALS) SOILS

The fersiallitic soils of Vanuatu are highly argillaceous soils with a coarse, prismatic or cubic structure, situated on plateaus and the low leeward slopes of the old high islands. These soils are mature, with a high clay content, and well differentiated. They have an A (B) C profile on volcanic or volcano-sedimentary rock. Their clay fraction is made up of a mixture of feriferous montmorillonite and metahalloysite or kaolinite in no specific order ; they also sometimes contain a little iron hydroxide occurring as fine goethite, which gives them a reddish-brown colour, or as fine hematite which colours them bright red.

Fersiallitic soils contain a first group of brownified or rubified saturated or weakly unsaturated soils (with a calcic reserve) consisting in particular of feriferous montmorillonite and a small or moderate quantity of iron hydroxide, and a second group of moderately to strongly unsaturated soils (without calcic reserves) reddish in colour, which consist predominantly of metahalloysite (or kaolinite) and iron oxyhydroxides in greater quantity. Certain fersiallitic soils have had surface rejuvenation through volcanic ash deposits (Malakula, Tanna).

The locations of fersiallitic soils are restricted to quite a narrow strip situated in the western and north-western corners of the islands of Tanna, Erromango, Efate, Malakula and Espiritu Santo.

6.a. — Saturated fersiallitic soils

These soils are subdivided into saturated soils and weakly unsaturated soils. Saturated soils are frequently brownified and result from slower drainage conditions arising for example on argillite terraces (Erromango, Malakula, Espiritu Santo) or from more arid climatic conditions (Malakula, Efate) ; in this case they have a « vertic » structure. Certain brownified soils on argillites can be temporarily waterlogged at shallow depths ; these are situated in the transitional climatic zone (North-East Malakula). Other saturated soils are, in rare circumstances, rubified ; these are soils formed on hard limestone in the transitional climatic zone, but which have been subject to surface rejuvenation by volcanic ash (North-East Malakula, Tanna). The most freely draining soils, occurring on hard limestone, when they are not rejuvenated, are most frequently weakly unsaturated and rubified (Espiritu Santo, Efate, North-West Malakula, Erromango).

Saturated or weakly unsaturated fersiallitic soils are typified by a very dark-coloured humic (A₁) horizon, which is almost black ; this horizon is 15 to 25 cm in thickness, very rich in clay and humus (7 to 14 % organic matter) and has a well developed polyhedral-cubic structure. The (B) horizon is dark brown or reddish brown in colour ; it is very clayey ; its prismatic and vertic structure in brownified soils becomes a rather roughly polyhedral structure in rubified soils ; its depth rarely exceeds 1 to 1.5 m ; it is often reduced and variable on hard limestone. The weathered horizon, which is almost non-existent on hard limestone, can go as deep as 1 to several metres on sedimentary formations. Under exceptional circumstances, in more arid areas, small concretions of friable lime are formed between the (B) and C horizons (North-West Malakula).

Saturated or weakly unsaturated fersiallitic soils have a water-holding capacity (at pF₃) of 50 to 70 % and a cationic exchange capacity of 30 to 60 me per 100 g. These soils are rich in organic matter and exchangeable bases (particularly Ca and Mg) ; but their fertility is limited by frequently occurring deficiencies in (easily available) phosphorus and potassium ; moreover, they suffer from seasonal aridity which brings the upper part of the profile to wilting point. This explains why they are only infrequently used for agricultural purposes in Vanuatu and often relegated to use as extensive pasture. Brownish hydromorphic soils have a compact and poorly drained (B)_g horizon which is sometimes acid or sodic, imposing severe limitations on their agricultural capabilities. On the other hand, rubified saturated fersiallitic soils, rejuvenated by volcanic ash, situated in a more favourable transitional climatic zone and, concurrently, well drained, are very fertile and offer extensive agricultural capabilities (centre and North-East Malakula).

6.b. — Rubified and unsaturated fersiallitic soils

Rubified unsaturated fersiallitic soils have a rather bright, red or reddish-brown colour in their (B) horizon which is due to an abundance of very fine hematite. Their clay minerals are predominantly disordered metahalloysite or kaolinite and contain only a little montmorillonite. They derive from Pliocene or Pleistocene volcanic rocks.

These are acid soils ($\text{pH} \sim 5$), fairly strongly unsaturated ($V \sim 25$ to 35% in (B) horizon), poor in easily available potassium and phosphorus. They are of medium to fairly low fertility. The red soils of North Tanna are more fertile because they have been enriched on the surface by volcanic ash. They are only used for extensive pasture or infrequently for shifting subsistence agriculture. Rubified unsaturated fersiallitic soils are not very widespread; they are found in North-West Efate, Erromango and Tanna in the transitional climatic zone, and only on volcanic rocks (dacites, andesites, basalts).

7. FERRALLITIC SOILS (RICH IN IRON OXIDES, KAOLINITIC CLAY AND, OR, ALUMINA)

The ferrallitic soils of Vanuatu occur predominantly on gentle land forms, to windward and under a regularly humid climate. They have been formed on various kinds of rock: limestone, volcanic and volcano-sedimentary. The majority of these rocks were formed in the Pleistocene or Pliocene periods and some were even formed as far back as the Miocene period. The plateaus have, however, been rejuvenated by thick recent deposits of volcanic ash with the result that, even if the ferrallitic soils are not for the most part very young, they have in nearly every case been subject to surface rejuvenation. Ferrallitic soils formed on hard (almost pure) limestone plateaus have clearly been formed from a mantle of volcanic ash; this mantle was probably deposited during the Quaternary era while the most recent volcanoes, which are situated throughout the archipelago, were active.

Ferrallitic soils are clay soils formed from disordered halloysite or kaolinite clay and substantial quantities of iron hydroxide (goethite); these sometimes contain varying quantities of aluminium hydroxides (gibbsite). Certain soils which have been rejuvenated by volcanic ash, or soils formed in the « perhumid » climatic zone, have some andic characteristics.

The ferrallitic soils of Vanuatu may be subdivided into three main groups, according to the features of their geochemical evolution and the nature of their parent material: weakly unsaturated humic ferrallitic soils formed on limestone plateaus at low altitude; moderately unsaturated andic and humic ferrallitic soils formed on limestone plateaus at a higher altitude (300 – 500 to 800 m); moderately or strongly unsaturated humic ferrallitic soils formed on eruptive (generally volcanic) rocks and on volcano-sedimentary rocks. The general development of these soils can be observed as starting from low altitude plateaus and continuing towards those located at higher altitudes; the progression is from clay soils containing halloysite and goethite, which have a low to moderate degree of cation unsaturation, to soils with a very low silica and cation content; the latter, relatively rich in aluminium and iron hydroxides and amorphous mineral products, exhibit andic characteristics. As this progression is gradual, and the distinction less marked the more recently the soils have been rejuvenated by volcanic ash, the mapping-unit boundary between the two groups of ferrallitic soils formed on limestone plateaus is sometimes a little arbitrary.

7.a. — Weakly unsaturated humic ferrallitic soils on limestone plateaus

Soils of this group are considered to be the « orthotype » of ferrallitic soils formed on low altitude, windward exposure, limestone plateaus, as opposed to the andic soils which appear at a higher altitude and in a « perhumid » climate.

Weakly unsaturated ferrallitic soils on hard limestone contain two main horizons : a humic A₁ horizon, 15 to 25 cm in thickness, and dark in colour (dark reddish brown) ; a (B) horizon of very variable thickness (a few tens of centimetres to several metres) and reddish brown in colour. There is no weathered horizon, or almost none, between the soil and the hard limestone, but, at the most, a thin pellicle of more friable lime. The soils consist chiefly of halloysite and fine goëthite ; at the surface this halloysite changes into metahalloysite. More mature soils, with a moderately unsaturated (B) horizon, which are transitional to the unsaturated andic soils of more humid climates, also contain a little gibbsite.

Weakly unsaturated ferrallitic soils show a regular clay-loam texture throughout their profile. They are fairly rich in humus and contain 9 to 15 % organic matter in the humic horizon, still displaying from 1 to 2 % down to a depth of 1 m. Typically, their structure is angular polyhedral, medium to fine grained in the (B) horizon ; their bulk density is also quite low (0.7 to 0.9) and their fine porosity very substantial. They have a water-holding capacity of 60 to 80 % (in dry weight) at pF 3 and from 40 to 60 % at pF 4.2. Their cationic exchange capacity is exceptionally high for ferrallitic soils (because of the halloysite) : from 20 to 40 me per 100 g in weakly unsaturated soils containing no free alumina ; 15 to 20 me per 100 g in transitional soils with a moderately unsaturated (B) horizon containing gibbsite. All these soils are saturated or only weakly unsaturated in cations and only slightly acid (pH > 5.5) in the upper profile. They are rich in organic matter and in all mineral plant nutrients, even potassium ; this is due to surface rejuvenation by volcanic ash. In some cases they are very rich in phosphorus (soils at Rentapao on Efate) ; however, this element is frequently immobilised in a slowly soluble form (linked to iron) and the soils could show a slight deficiency in this element. Weakly unsaturated ferrallitic soils on limestone plateaus are considered to be very fertile. They are very extensive on high islands such as Efate, Espiritu Santo, Pentecost, Maewo, North Malakula, the Torres Islands and on the coastal terraces of Erromango or the volcano-sedimentary terraces of Epi (where they have been rejuvenated by volcanic ash).

7.b. — Unsaturated andic and very humic ferrallitic soils

Andic ferrallitic soils occur most frequently on high limestone plateaus ; they occur infrequently on eruptive or volcano-sedimentary formations such as those of Efate or Anatom for example, because these formations rarely occur on high plateaus. The lowest altitude at which these can be observed varies from one island or one versant to another (≥ 300 to ≥ 600 m).

Andic ferrallitic soils on hard limestone are differentiated into two horizons ; A₁, very dark brown or dark reddish-brown in colour, 20 to 30 cm thick, and (B), dark brown or dark reddish-brown in colour, the thickness of which may reach several metres in the centres of plateaus ; they have no weathered horizon. Similar soils formed on volcanic tuffs exhibit, in addition, a deeply developed weathered horizon and have a yellowish-brown or dark reddish-brown colour in their (B) horizon.

Andic ferrallitic soils on high limestone plateaus differ from the reddish-brown humic weakly unsaturated soils in the following way : they are browner in colour and have a higher organic matter content ; from 12 to 25 % in A₁ and from 2 to 6 % in B at a depth of 1 m ; they have a very low bulk density (~ 0.5 to 0.7) ; a very high hygroscopicity : from 100 to 200 % of water (dry weight) ; an apparently more loamy texture ; a structure with little differentiation, almost continuous, but very porous and friable in the (B) horizon. These characteristics, together with their positive reaction to the Fieldes and Perrott test, relate them very closely to andosols.

However, the most mature of these soils, particularly on the high plateaus of Efate and Espiritu Santo, are devoid of weatherable primary minerals and have suffered very high silica loss (minimum content of SiO₂ = 5 %) ; they are also very rich in aluminium and iron hydroxides, have a very low cationic exchange capacity of 3 to 7 me per 100 g in the (B) horizon and are strongly base-unsaturated. All these data are typical of a very high degree of « ferrallitization ». Their mineral constituents are mainly finely or poorly crystallized : the clays are composed of imogolite and very fine halloysite or kaolinite ; the iron hydroxides appear in a very fine or crypto-crystalline goëthite form, whereas the alumina is often well

crystallized in gibbsite. These minerals constituents are less rapidly soluble and therefore less amorphous than those of more typical andosols (in the Banks Islands particularly) ; hence their intermediate character between andosols and ferrallitic soils. However, there also exist transitional soils, which are certainly less highly ferrallitic, less unsaturated and closer in nature to the soils of the low plateaus, and other soils which are more andic because of a high degree of rejuvenation by volcanic ash (South Pentecost) and which are more akin to the « perhydrated » unsaturated andosols.

Andic, moderately or strongly unsaturated ferrallitic soils probably have a mediocre level of fertility in the base of those subject to a lesser degree of unsaturation, and a rather low fertility level in the case of the most intensely unsaturated and the most mature, because of the very strong retention of phosphorus by their mineral constituents and because of their lack of potassium. The least strongly unsaturated of these soils, or those which have been the most rejuvenated by volcanic ash, do however have a sufficient fertility potential to allow unintensive (shifting) agriculture.

Andic ferrallitic soils have a fairly wide distribution because they cover all the high plateaus of the older islands.

7.c. – Moderately or strongly unsaturated humic ferrallitic soils on volcanic or volcano-sedimentary rocks

Moderately or strongly unsaturated humic ferrallitic soils occur mainly on relatively old volcanic and volcano-sedimentary formations (Miocene, Pleistocene) ; some do exist however on more recent limestone formations in South-East Erromango, and on Efate and Espiritu Santo argillites, but these are relatively limited in extent. Unsaturated ferrallitic soils are often very bright in colour : bright red or reddish-brown on volcanic formations and even on limestone, but brown when they occur on argillites.

Unsaturated ferrallitic soils occur widely on older islands with relatively little rejuvenation (by volcanic ash), particularly Anatom, Erromango, Efate and Espiritu Santo ; they are however uncommon and often buried under other more recent soils (brown and andic brown) on islands highly rejuvenated by volcanic ash such as Epi, Malakula, Pentecost and Maewo. They originate from a variety of parent rocks ; basalts on Anatom and Erromango ; dacitic and andesitic tuffs on Efate ; basaltic breccia, andesitic tuffs and calcilutites on Espiritu Santo. Unsaturated ferrallitic soils are formed in regularly rainy and humid climates (rainfall ≥ 2.50 m per year). Above an altitude of approximately 600 m, they acquire andic characteristics, at least in the upper profile.

Moderately or strongly unsaturated ferrallitic soils formed on volcanic or volcano-sedimentary rock exhibit a profile consisting basically of 3 horizons : an A₁ horizon, dark red or dark reddish-brown in colour, 15 to 30 cm thick ; a red or reddish-brown (B) horizon, the thickness of which varies on average from 1 to 2 m ; a C or (B)/C horizon, deeply weathered, veined in red and brown or grey, several metres in thickness. There are very clayey soils with an apparent clay-loam texture. They are very rich in humus containing 5 to 18 % of organic matter towards the surface and 0.5 to 1 % towards a depth of 1 m. They have a well developed fine or medium grained polyhedral structure. These soils are free draining.

Humic unsaturated ferrallitic soils consist chiefly of halloysite-clay and fine goëthite and less frequently of very fine disordered kaolinite and hematite ; they also often contain a little gibbsite but only towards the top of the profile. They have a fairly high water-holding capacity : from 60 to over 100 % (dry weight) at pF 3. They have a rather low bulk density (0.7 to 0.8). Their cationic exchange capacity is exceptionally high for ferrallitic soils and this is doubtless due to the presence of halloysite : from 10 to 30 me per 100 g in the (B) horizon. However, they are acid (pH ≤ 5) and contain little available calcium, potassium or phosphorous throughout most of the profile ; towards the surface they may have been slightly enriched with small deposits of volcanic ash. Their fertility is often only mediocre ; these are oligotrophic soils, or mesotrophic soils at most in the case of those which are the least impoverished at the surface.

Unsaturated ferrallitic soils are therefore infrequently used for agricultural purposes in Vanuatu. On the other hand, however, they do have the advantage of supporting splendid forests, particular such as the Kauri and Tamanu forest of Erromango and Anatom.

8. HYDROMORPHIC SOILS

Hydromorphic soils, found in small depressions, and mangrove soils, are both very infrequent and of very limited extent in Vanuatu. This is no doubt explained by the gradual uplifting of the Archipelago which has imparted free-draining qualities to most soils.

The hydromorphic (mineral or moderately organic) soils of small depressions offer a certain utility. These are eutrophic and fairly fertile soils which can be improved to sustain irrigated crops (rice, taro). Hydromorphic soils associated with the eutrophic brown soils of Holocene fluvial terraces or with the weakly unsaturated ferrallitic or ferrallitic soils of Pleistocene plateaus or terraces, could be drained and either cultivated as subsistence crop gardens or turned into pasture.

The hydromorphic mangrove soils are of poor fertility (acid sulphated soils of Vanua Lava ; $\pm$ alkaline soils of the fringing coral reefs) and are practically impossible to bring under cultivation. They therefore have nothing to offer for agricultural purposes.

KEY TO LEGEND

1. 1/500,000 SCALE MAP, GRADES OF AGRONOMIC POTENTIAL

The 1/500,000 scale map shows 7 grades of agronomic potential : optimum, good, average, mediocre, poor, very poor and nil. These grades, which are numbered from I to VII in order of decreasing potential, are each represented by a conventional colour : red, pink, yellow, blue, green, brown and grey. It is thus very easy to identify the various zones which, to varying degrees, are the most apt or the most unsuitable for agricultural development. The most suitable areas correspond to grades I, II and III. Soils of grade IV can be brought under cultivation with difficulty. These of grades V and VI are very difficult to cultivate and those of group VII are all but unuseable.

This classification of the agronomic potential of the land is based on the principles of the American classification system (capability grouping in « Soil survey of islands of Kanai, Oahu, Molokai and Lanai ; State of Hawaii », USDA Soil Conservation Service, pp. 153 and 154, 1972). Soils are classified according to the degree of limitation on their agricultural, pastoral, or forestry capabilities. These limitations become more and more numerous or more and more severe as one goes down from grade to grade, with the result that land use becomes a less and less viable proposition. This system has been modified and adapted for the Vanuatu archipelago and the limitations take account both of fertility characteristics specific to the soils themselves and external constraints of a physiographical and climatic nature. Each individual grade of potential therefore embraces various soil and environment factors which help or hinder development.

. Grade I, optimum potential

The soils of the first group are subject to almost no constraints due to soil fertility or forms of topography which restrict capabilities. Soils are very fertile, well structured and stable, well-drained and fairly deep. Topography is flat, subhorizontal or gently sloping and little dissected by ravines. These soils are situated at low altitudes and sunshine is adequate. Plans can realistically be made to use these soils for intensive agricultural and pastoral uses without resorting to fertilization, or with the assistance of inexpensive maintenance fertilization, and with the use of mechanized cultivation methods, without any serious risk of erosion. Suitable plants are neutrophile and like a hot and humid climate. Forestry projects could be envisaged on the deeper soils (not having hard limestone or massive lava at less than 1 m depth). It is however very probable that intensive agricultural or pastoral use would be more profitable.

. Grade II, good potential

The capabilities of this group are subject to some constraints associated with the soil or the micro-topography, although the soils do, as for the first group, have excellent physical and chemical properties. Their constraints are either the limited depth of the soil (hard rock, water-logging), or the nature of the surface relief which is moderately dissected by shallow ravines, broken up, or undulating, or a certain degree of instability in the soil structure. Intensive agricultural or pastoral uses may still be envisaged, but in certain cases only for plants tolerating shallow soils, or in other cases without mechanized cultivation or with adapted cropping methods.

. Grade III, average potential

Either the soils are quite fertile, but capabilities are limited by physiographical constraints (poor external drainage) or make soil use more difficult (densely dissected topography, moderate slopes and substantial risks of erosion, very limited soil depth) ; or soil fertility is markedly diminished by chemical deficiencies or the mediocrity and instability of the physical characteristics. Major limitations are consequently imposed on land use capabilities, or there arises a requirement for cultivation methods, soil amelioration or land improvement of a rather expensive nature. Despite these hindrances, however, intensive agricultural and pastoral exploitation remains possible, without going to excessive cost, either with suitable plants, or by appropriate methods, or without the possibility of mechanization.

. Grade IV, mediocre potential

Restrictions or constraints are fairly severe under this capability grouping. Either the soil is of quite high fertility, but use is difficult because of the lack of external drainage, or the steep and densely dissected slopes, or the very humid climate ; or the soil fertility is mediocre and unstable and requires very costly fertilization. The good soils situated on difficult (terrain) are suitable for shifting subsistence crops or bench-terraced gardens, or small plantations of crop-shrubs. Mediocre soils on moderate relief are often suitable for forestry purposes ; trials could be made in such locations with adequately fertilised pasture or new crops suited to acid soils, such as the tea plant.

. Grade V, poor potential

Here, restrictions and constraints are severe in all cases. They stem both from the mediocre or poor fertility of the soil and from major difficulties due to the topography or to an excessively humid climate with low insolation. The least rugged areas could be suitable for forestry or shifting subsistence agriculture (with anti-erosion precautions) or for test-planting of acidophile shrubs (tea plant) but with much precaution.

. Grade VI, very poor potential

Very sharp relief or poor fertility, together with active erosion and a very humid climate, very severely restrict capabilities for this group. In areas classified under this grouping the natural vegetation should be preserved. The forest cover itself is difficult to manage and shifting subsistence cropping should only be resorted to if really necessary and with strict anti-erosion measures being taken.

. Grade VII, nil potential

Both the very poor fertility of the soils and the extreme difficulty of bringing them under cultivation make soils of this group virtually impossible to use.

2. 1/100,000 SCALE MAP, SUB-GRADES OF AGRONOMIC POTENTIAL. LAND USE CAPABILITIES

The 1/100,000 scale map is therefore based on the colour-shaded areas which represent the zones within which soils have been grouped into the various grades of agronomic potential as defined for the purposes of the 1/500,000 scale map.

Each coloured area can then be subdivided by secondary contours within which an alpha-numerical code (a letter, sometimes qualified by a numeral) enables the secondary unit defined in the legend to be identified. These are soil units, whose particular fertility or geographical situation (climate, physiography) point to specific agricultural capabilities. This system therefore makes it possible to refer to the pedological map and its explanatory note for detailed information.

However, within each grade, the legend groups the various soil units into several sub-grades which give a more general guide to capabilities.

. Grade I, optimum potential

Since constraints connected with the soil or the physiographical location are non-existent or very minor, it is weather conditions which restrict or determine agricultural capabilities for this group, and these fall into three main zones :

- **equatorial climate** : at low altitude, for neutrophile plants suited to a hot and regularly wet climate with a fairly high incidence of sunshine, no risk of water shortage and therefore no need for irrigation ;
- **transitional climate**, with a one to two month dry season, for the same kinds of plants but with minor risk (approximately decennial) of a dry season lasting longer than two months which could make irrigation necessary ;
- **tropical climate**, with a short dry season of 2 to 4 months, which requires suitable crops : short cycle annual subsistence plants, perennial shrub-crops under shade, deep-rooting pasture-grasses, irrigation during the dry season where possible (but this is often difficult, indeed impossible on limestone or volcanic plateaus situated far away from any permanent water source).

Apart from this subdivision into climatic zones, an altitude limit, above or below 300 m, enables a distinction to be drawn between the lower zone, which has good sunshine and is favourable for the coconut palm (and other plants requiring a lot of sunshine), and the upper zone, which therefore excludes the coconut palm and has specific capabilities (arabica coffee species rather than robusta, etc.). It is for this reason that the 300 m altitude contour has been systematically drawn on every map ; in addition, a numerical code indicates for each soil unit which regions are situated above, and which below this contour.

Lastly, the presence of hard limestone at a moderate depth probably imposes limitations on suitability for forestry.

. Grade II, good potential

Under this grade, classification according to the 3 climatic zones is again the prime factor, but limitations due to the soil (limited depth, possible waterlogging, pH, fertilization) or to surface topography (small-scale gullying or undulation) are given in respect of each soil unit, together with the capabilities thus determined. The possibility of irrigated crops (fluvial alluvial soils etc.) is also mentioned.

. Grade III, average potential

Under this grouping, within which constraints become significant, in addition to the previously mentioned climatic zones, the legend also specifies other subdivisions. It first distinguishes between a low altitude equatorial climate and one found between 500 and 800 m, with the latter being characterised by reduced sunshine and very high humidity, which restrict agricultural capabilities.

- **Soils of recent alluvial and reef terraces** are grouped separately irrespective of climatic zones since they are located near the ground-water table. Stress is laid upon their fragile fertility, limited depth and their possible suitability for irrigation. The calcareous character of the rendzinas, which strictly limits their capabilities, should also be emphasised. On the other hand, however, the alluvial soils offer wider possibilities.
- **In the low altitude equatorial climatic zone**, subdivisions take account of factors related to physical geography and fertility. Either **external drainage is poor** and difficult to ensure, or the surfaces of plateaus, terraces or hillsides are **densely dissected by ravines**, thus reducing the depth of the soils and hindering the extension of mechanized cultivations, or **soil fertility is restricted** in the upper horizon (moderately unsaturated ferrallitic soils) causing a risk of deterioration if intensive cropping is carried out.
- **In the tropical climatic zones with a short dry season**, only physiographical limitations are relevant : **substantially dissected plateaus** and limited soil depth, or **poor internal and external soil drainage** (hydromorphic brownified ferrallitic soils).

. Grade IV, mediocre potential

At this level, constraints connected with physical geography or fertility are severe and predominate greatly over the climatic influence.

- **Drainage is non existent** and very difficult to provide (marshy soils). Wet crops can however be sustained because soil fertility is adequate.
- **The relief is sharp** and deeply dissected. Although the soils are fertile, they are difficult to bring into use and such operations are very costly (terraces or contour-bench cultivation, scattered plots). This prevents mechanised agriculture and the establishment of pasture, and restricts capabilities to subsistence gardens in terraces or small plantations of shrubs, or to forestry projects.
- **Soils are acid** and of mediocre fertility even though they are deep and situated on gentle and little dissected forms of relief. These soils are naturally suitable for forestry (Anatom, Erromango, Efate). Tests could be conducted here with acidophile plants (tea plant) or flower-growing under forest (*Anthurium*, ferns, orchids etc.) or pasture establishment with fairly moderate fertilization and anti-erosion precautions (anti-erosion bush-strips).

. Grade V, poor potential

In this group, soil fertility is more often than not mediocre and physiographical and climatic constraints are very marked.

- **Fertility is mediocre** or poor and **the climate is very humid**, but relief and erosion susceptibility are moderate (dystrophic brown soils, « perhydrated » unsaturated andosols, andic ferallitic soils). Possible uses are therefore forestry, shifting or terraced subsistence crop gardens, or trial cultivation of certain acidophile plants (tea plant) or flower growing under forest.
- Soil fertility is moderate or mediocre, but slopes are steep and **the erosion hazard is excessive**. This limits suitability to subsistence crops and only where necessary.

. Grade VI, very poor potential

At this level constraints are always very severe and tend to protect the natural vegetation. Even forestry projects would be difficult to carry out.

- **Topography and erosion are very severe** (weakly developed or immature erosion soils etc.) such that conservation of the natural vegetation is the only option.
- **The climate is extremely humid** and erosion is substantial with the result that capabilities are very restricted.
- **Above an altitude of 1000 m**, soil fertility is very poor, relief is excessively sharp and the climate excessively humid. On the island of Espiritu Santo, where the crest line fluctuates between 1000 and 1880 m, the 1000 m altitude contour has been drawn in on the map to show the boundary of this zone. However, there are certain specific areas of limited size where a drier micro-climate and less acid soil (eutrophic humus-rich brown mountain soils) make subsistence cropping possible.

. Grade VII, nil potential

Here, there are three subdivisions to be identified : erosion mineral soils, deposit mineral soils (of alluvial or volcanic origin), mangrove soils. In each case, agricultural capabilities are at present non-existent.

3. ECOLOGICAL LIMITS

These are approximate limitations of a climatic nature which have a bearing on capabilities in some cases.

- . **Altitude contours.** *Under 300 m*, insolation is generally adequate for crops with high sunshine requirements such as the coconut palm. However, this altitude limit varies slightly. It is applicable throughout the southern part of the Group, but may occur at a slightly higher level in the North and West of islands with sharp relief (Malakula, Espiritu Santo). On the other hand, it would appear to occur at a lower altitude (~ 200 to 250 m) in the South-East parts of islands in the northern half of the archipelago (Espiritu Santo and Maewo). Above the *1000 m level* on Espiritu Santo and Aoba, the climate is cooler ($T_m < 20^\circ$), excessively humid and offers only limited sunshine, resulting in very limited capabilities. This boundary also varies : between 800 and 1000 m in the south-east and between 1000 and 1200 m in the west.
- . **Climatic zones.** Three main zones are outlined with an approximate contour line and identified by a letter :

E. regularly hot and humid « *equatorial* » climate with two altitude subdivisions :

E₁ at < 300 m, E₂ from 300 to 800 m.

T. « *Tropical* » climate with a short dry season broken down into two subdivisions : T₁ with a 2 to 4 month dry season, T₂, « *transitional* » climate, with a 1 to 2 month dry season.

H. « *Perhumid* » (permanently humid) climate, nephelophile, excessively humid, with low insolation and with 2 altitude subdivisions : H₁, « *submountain* » from 500 to 800 m, H₂ « *mountain* » at ≥ 800-1200 m (to 1880 m).

These various ecological limits, suggested upon observation, give rise to a certain amount of zoning of agricultural capabilities of which it is important to be aware in order to establish a development plan.

The far-reaching effects of damage caused by cyclones, which occur at least once every 10 years, should also be noted. This has disastrous consequences for perennial crops and is probably therefore a contra-indication for less resistant plants. On certain soils which have a depth limitation (hard limestone, massive lava) it would also be too risky to undertake reafforestation with unsuitable trees.

TYPES OF LAND USE AND FAVOURABLE SOIL ENVIRONMENTS

The purpose of this chapter is to show which of the soils and ecological conditions of the Archipelago are most favourable for each of the principal agricultural, pastoral or forestry land uses currently practised or to be encouraged in Vanuatu.

1. PERENNIAL CROPS

. **Coconut palm.** This plant prefers loose, very deep and free-draining soils (at least 0.8 m in depth) with a pH of $\sim 6-7$. It can however tolerate shallower soils on coastal coral reefs, providing that these have fissures and that the water table is accessible. The coconut palm is also very tolerant of a calcareous environment and slightly alkaline pH. (< 8). It requires a good supply of nitrogen and potassium, but the sodium provided by the marine water table, or sea spray, may make up for any potassium deficiency. In addition, the coconut has very specific climatic requirements : a hot and regularly humid climate ($T_m > 20^\circ\text{C}$, R 1,600 to 4,000 mm per year, dry season ≤ 2 to 3 months) and an absolute requirement for a great deal of sunshine (≥ 1800 hours of « Campbell » insolation, mean nebulosity $< 6/8$). It is for these reasons that the most favourable areas for coconut palm are located at low altitudes (< 200 to 300 m) in the equatorial climatic zone (to windward) and in the transitional tropical zone. For want of irrigation, the coconut palm is unable to establish itself in the tropical zone (to leeward) except on alluvial terraces near the water table. The optimum plantation density recommended by IRHO is 140 plants per hectare in the windward zone, but this density can rise to 200 per hectare in the transitional tropical zone. It is possible to cultivate pasture and coconuts together, or to install cocoa tree groves under the coconut palm plantations. However, even though such crop association is often practised, its profitability is arguable.

Within favourable climatic limitations, soils suitable for planting coconut palms belong to grades I, II and III of agronomic potential : i.e. immature alluvial soils and rendzinas on recent terraces, vitric andosols, if these are adequately rich in humus, saturated andosols, andosols with a moderately unsaturated (B) horizon and a weakly unsaturated A horizon, modal eutrophic brown soils transitional to rejuvenated andic soils, weakly unsaturated humic ferrallitic soil transitional to rejuvenated andic soils, ferrallitic soils with moderate unsaturation in the (B) and slight unsaturation in the A horizon. However, shallow soils (< 60 cm) on hard limestone plateaus, far from the water table, are not suitable. There exist wide possibilities for extending the area of land currently under coconut cultivation.

. **Oil palm.** The oil palm favours fairly deep (≥ 1 m) loose and free-draining soils. Unlike the coconut palm, however, it is rather acidophile (pH $\sim 4-6$) and has a moderate requirement for nitrogen

and potassium. This plant prefers an equatorial climate and will tolerate a less sunny climate than the coconut. This tree has not yet however been tested within the archipelago, and it would therefore be premature to say what kind of climatic limitations would arise ; it is probable that fairly high insolation (~ 1600 to 2000 hours per year) would be necessary.

The acidophile character of the oil palm precludes the possibility of planting it on most of the soils of grades I and II of agronomic potential. It is restricted to soils of grades III and IV of sufficient acidity and adequate depth and to moderate topography situated in the low altitude (< 500 m in order to avoid excessive humidity) equatorial climatic zone : i.e. immature sandy or sandy-clay and non calcareous alluvial soils, fairly humus-rich vitric andosols, un-«perhydrated» andosols with an unsaturated (B) horizon, humus-rich ferrallitic soils moderately unsaturated in the (B) horizon on non-calcareous sedimentary rocks and volcanic rocks. Experiments should be conducted on poorer and more acidic soils, such as modal dystrophic brown soils and strongly unsaturated ferrallitic soils, in order to ascertain the degree of fertilization required to give an adequate yield. In view of the above details, the extension of oil palm cultivation in the Group would appear to involve more restrictions and be more problematical than that of the coconut palm (and for the added reasons that this crop has not yet been introduced and that marketing of the oil would require a new major infrastructure to be established).

. **Cocoa tree.** This shrub prospers on soils of good fertility, adequate depth (> 60 cm because of the taproot), freely-draining and with a pH about neutrality (~ 6-7). The favourable climate is the low altitude equatorial climate (< 500 m) on the windward slopes ; under shade, the transitional climate, with a dry season under 2 months in length, may be suitable. The cocoa tree can fructify at higher altitudes than the coconut palm ; on Aoba, the belt of cocoa trees is tiered above the coastal coconut groves ; it does however fear excessive nebulosity.

Soils suited to the cocoa tree are the more fertile and deeper soils of grades I, II and III of agronomic potential, with the exception of rendzinas, shallow ferrallitic soils on hard limestone, or soils affected by waterlogging (at less than 60 cm depth), within the climatic limitations outlined above.

In addition, in grade IV, the eutrophic brown soils located on dissected hillsides are suitable for small stands of cocoa. The possibilities for extending cocoa cultivation in the archipelago are therefore very substantial.

. **Coffee plant.** This shrub tolerates soils of moderate fertility (with sufficient N and K content), of higher acidity (pH ~ 5.5 to 6.5) and shallower depth than those required by the cocoa tree. Its flexibility with respect to climatic conditions is also greater ; under shade, it will tolerate a dry season of 3 to 4 months.

Coffea robusta is suited to the low altitude (< 300 m) equatorial climatic zone, whereas the *coffea arabica* prefers the tropical type climate with a short dry season and also higher altitude (300 to 500 m) on windward slopes and up to almost 800 m on the leeward slopes.

The coffee plant takes well to most soils of grades I, II and III with the exception of rendzinas, shallow soils on hard limestone and certain soils with a pH value over 6.5 : i.e. alluvial clay-lime soils, andic eutrophic brown soils (ash-tuff terraces on Malakula) reddish rejuvenated saturated ferrallitic soils (North-East Malakula). Certain reservations should also be expressed for this crop in respect of vertic brownified saturated ferrallitic soils of the tropical zone. As for class IV, modal eutrophic brown soils situated on dissected hillsides are suitable for small stands. Moderately unsaturated ferrallitic soils are also suitable. However, the use of strongly unsaturated ferrallitic soils would probably be unprofitable. Possibilities for extending the cultivation of coffee (*arabica* and *robusta*) in the Archipelago are therefore substantial.

. **Tea plant.** This shrub prefers acid (pH ~ 4.5 to 5.5) fairly free draining and quite deep (≥ 60 cm) soils. It thrives in quite varied climatic conditions, preferably humid and with moderate insolation, of the equatorial or tropical type with a short dry season, and the subtropical type.

As this crop has not been cultivated in Vanuatu experimentation would be required in order to determine the most favourable soils and climates. It is probable that its cultivation would be possible at a higher altitude than the coffee plant, provided that there was sufficient sunshine, the minimum requirement of which has yet to be established.

Soils suitable for tea-growing fall into grades IV and V of potential : immature eutrophic brown soils on dissected hillsides (altitude > 500 m), modal dystrophic brown soils (altitude < 1000 m), strongly unsaturated ferrallitic soils. Areas where cultivation would be possible should easily be adequate to meet the needs of Vanuatu.

. **Hevea.** This tree prefers acid (pH ~ 4.5 to 5.5) loose, deep and well-drained soils, in an equatorial type climate. These conditions exist on strongly unsaturated ferrallitic soils and fairly smooth landforms. The surface area available however appears to be too limited to undertake cultivation of this crop. In addition, the over-frequent risk of cyclones could be a major hindrance.

2. FRUIT CROPS

Melanesian agriculture already embraces numerous fruit crops : citrus fruits, bananas, pawpaw, almond, etc. Peneapples and avocado trees have also been planted on a trial basis on « European » plantations. All these crops could be developed in areas with adequate sunshine, with the exception of the more arid areas where irrigation is not possible, or on shallow soils.

Some guidelines can be borne in mind on soil suitability for certain plants : citrus fruits can be planted on all fairly deep soils of grades 1, 2 and 3 and on eutrophic brown soils of grade 4, with the exception of rendzinas or limesoils (risk of chlorosis and zinc deficiency). The banana palm will take in a whole range of soils (even shallow ones) and tolerates a wider climatic range ; the more fertile soils of grades I, II, III and IV suit the Chinese banana. The avocado tree requires fairly deep soils and a not too humid climate ; these conditions correspond to the area in which the coconut palm flourishes, except perhaps on rendzina soils. Certain almond trees will tolerate shallow or calcicolous soils.

The pineapple prefers acid soils and does not require more than moderate soil depth ; the extent of its area of cultivation is similar to that of the tea plant (but perhaps with a lower altitude limit and on less dissected topography in order to enable its cultivation to be mechanized).

3. RAIN-FED SUBSISTENCE CROPS (annual or bi-annual)

With rare exceptions, subsistence cropping is a Melanesian occupation, practised manually and most frequently on a shifting basis and less frequently in permanent gardens (Aoba, North Pentecost, Shepherd). Capabilities vary according to climatic zone. On the windward slopes, crops are tiered : yam, manioc, maize, sweet potato, ground nut, etc. at low altitude ; after these come banana, taro and vegetable which can tolerate high humidity. To the leeward side, crops are restricted to the damper soils or those situated closest to the water table for want of irrigation. Vegetable growing is only developed near the Groups two towns, Port Vila (Efate) and Luganville (Espiritu Santo) and on the Middle-Bush plateau on Tanna. These activities could easily be extended.

— **The soils which are the most suited to mechanized and intensive agriculture** are those of grades I, II and III which are sufficiently stable and located on forms of plain, plateau or hill with mild relief, little dissected and of sufficient extent, not susceptible to erosion or which can easily be laid out in contour strips or bench-terraces. These soils are the following :

- immature (weakly developed), alluvial (sand-clay or clay-lime) soils, on fairly extensive plains (Malakula, Espiritu Santo, Efate) ;
- « chromic » or « melanic » saturated andosols (Aoba, Banks Islands, Tanna) ;
- modal eutrophic brown soils, on quite extensive Holocene alluvial terraces (Malakula, Espiritu Santo, Pentecost) ;
- andic eutrophic brown soils, on Pleistocene terraces, with ash tuffs (Malakula), or plateaux rejuvenated by ash (Epi, Shepherd, Paama, Malakula, etc.) ;
- ferruginous eutrophic brown soils, on Pleistocene volcanic formations with gentle relief (North Efate, Shepherd) ;
- brownified saturated fersiallitic soils, or rubified fersiallitic soils rejuvenated by ash, or rubified slightly unsaturated fersiallitic soils, on undissected Pleistocene plateaus or terraces (Erromango, Efate, Epi, Malakula and Espiritu Santo).
- humic weakly unsaturated ferrallitic soils, some rejuvenated by ash deposits and some not, and ferrallitic soils with a moderately unsaturated (B) horizon and a slightly unsaturated A horizon, on limestone plateaus or undissected Pleistocene terraces (Erromango, Efate, Malakula, Espiritu Santo, Malo, Pentecost, Torres Islands etc.) or rejuvenated volcanic plateaus (Epi).

A practice which should of course be avoided on the above soils is to conduct mechanized agriculture on excessively dissected areas of certain limestone plateaus, or parts of some sedimentary terraces which display excessive surface ravining. Soils which are too sandy and unstable (rendzinas, vitric andosols, certain alluvial soils) should not be used either. Similarly, strongly unsaturated ferrallitic or fersiallitic soils are too poor to support intensive agriculture.

– A much wider range of possibilities exists for subsistence agriculture of the « Melanesian » type. Shifting agriculture on small widely scattered plots of land permits the use of almost all soils (if their fertility is adequate and if the climate is not too humid), and almost all forms of relief (if slopes are not excessively steep). Apart from zones which are suitable for mechanised agriculture, a more intensive form of agriculture in small gardens can be developed on good soils located on fairly sharp relief : saturated andosols, modal or immature eutrophic brown soils, andic eutrophic brown soils : these gardens can then be laid out in terraces, as is already the custom on a number of the small over-populated islands (Shepherd, North Pentecost, Aoba, Merelava).

– Soils of the tropical climatic zone on the more arid parts of limestone plateaus (saturated fersiallitic soils, brownish rendzinas or « melanised » calcic soils) are rarely brought under cultivation and often left for extensive grazing (maintained by seasonal fires). Irrigation of these is difficult during the dry season, since there is no water close at hand. However these soils would no doubt be suitable for rain-fed short cycle annual subsistence crop plants (maize, sorghum, groundnuts, etc.).

– It should be perfectly feasible to cultivate sugar cane mechanically on the best soils of classes I, II and III within the low altitude equatorial and transitional climatic zones, without irrigation. However, for human and economic reasons, it would appear unlikely that plans will be laid to develop this crop in the Group (insufficient population and surface areas).

4. IRRIGATED SUBSISTENCE CROPS

Traditionally in Vanuatu only one wet crop is cultivated, the water taro, which is only grown on very small plots (on Anatom, Maewo and Espiritu Santo). This plant can be grown on the hydromorphic soils of small natural marshy depressions (alluvial or reef terraces, and less frequently on limestone plateaus).

In certain rare cases, floodable terraces have been constructed on plateaus or on slopes consisting of tuffaceous limestone (Maewo) or along small rivers (Espiritu Santo).

As a result of the recent increase in rice consumption in Vanuatu it would well appear a good proposition to undertake rice-growing. In reality, however, large scale flood-rice cultivation would appear difficult to develop because this type of agriculture has not yet been undertaken by Melanesians and particularly because there is little land available which would lend itself cheaply to this kind of development. The most favourable soils are those of the fluviatile alluvial terraces, near a permanent watercourse. These circumstances do exist on the older islands (Espiritu Santo, Malakula, Maewo, Pentecost, North Epi, Efate). They are less common on Pleistocene volcanic islands (East Vanua-Lava, South-East Erromango, Anatom). They are non-existent on the recent volcanic islands (Ambrym, Aoba, etc.).

5. FLORICULTURE

Ornamental tropical plants could easily be grown throughout the archipelago. It might perhaps be more profitable to encourage the cultivation of certain plants which are sought out by tourists, particularly *Anthuria*, *Strelitzia*, orchids, ferns, etc. as in the case in some other tropical island (West Indies, Hawaii, etc.). These various plants could be cultivated under forest, in the perhumid climatic zones, or even at lower altitudes.

6. TEXTILE PLANTS

A number of textile plants occur in the natural vegetation of Vanuatu, including certain species of *Pandanus*, palm (*Veitchia* sp) and bourao (*Hibiscus tiliaceus*) used for making mats or loincloths or other traditional objects. Cotton-growing was tried at the beginning of the colonial period and then abandoned (North Malakula, North Efate and North Tanna). There are however certain favourable soils situated in the tropical and transitional climatic zones in the western parts of some islands. These are either melanic saturated andosols (Aoba, Tanna), or saturated brownified or rubified — rejuvenated fersiallitic soils, or rubified weakly unsaturated soils of the same type, providing that they are at least 50 cm in depth (Erromango, Efate and Malakula).

Cotton growing is therefore possible. Economic conditions are however probably not favourable because the suitable land is too widely scattered throughout the Group.

7. PASTURE

Pastures are already well established on some of the biggest islands of the Archipelago (Espiritu Santo, Malakula and Efate). There is much scope for their extension. In the tropical climatic zone, grasslands have in some instance developed spontaneously under the repeated action of fire ; these are used as extensive pasture since their value is rather mediocre. In the equatorial climatic zone, pasture was first installed under coconut plantations using low yielding grasses (*Axonopus*, *Imperata*, *Paspalum*, etc.) which was then improved by the use of higher-yielding gramineae (particularly *Panicum*) and Legumes. New areas of grasslands have been laid around the plantations to replace forest. As a result of the high fertility of these soils and a favourable climate, these pastures are able to sustain large herds of beef cattle with a suitable natural rate of increase in number of head.

In regularly humid regions, almost all the soils of grades I, II and III are suitable for use as intensive grazing land, provided either that moderate amounts of fertilization are applied (phosphorus and nitrogen on rendzinas, nitrogen on vitric andosols, etc.) or that anti-erosion precautions are taken; anti-erosion contour-bush strips are required on moderate slopes (not over 20 %, which is the case for certain andosols and eutrophic brown soils) and dissected or undulating terraces of Pleistocene argillites (andic or modal eutrophic brown soils and moderately unsaturated ferrallitic soils). On clay soils, (weakly unsaturated ferrallitic soils on limestone plateaus or argillite terraces), cattle herding routes should be rotated fairly frequently to avoid surface compaction of the soil.

Trial extensions of pasture could be made on certain soils of mediocre fertility in grade IV: dystrophic brown soils, rubified unsaturated ferrallitic soils and humus-rich strongly unsaturated ferrallitic soils, when these are situated on gentle relief or on moderate slopes, only lightly or moderately dissected. However, appropriate anti-erosion methods (bush-strips) and fertilization would need to be used. Establishment of pasture on andic ferrallitic soils located on high limestone plateaus would be even more problematical (excessively humid climate, marked deficiency in phosphorus and potash).

In the tropical climate areas where the dry season is well marked (2 to 4 months), improvement of the prairies for the purposes of providing intensive and almost permanent grazing would appear to be possible if deep-rooting grasses are planted. Most soils situated on terraces and plateaus (saturated or weakly unsaturated ferrallitic soils) or on moderate slopes (modal or vertic eutrophic brown soils) could then be used. Areas amenable to irrigation could be used as a refuge during the dry season.

8. FORESTS

Much of the archipelago is covered in forest but very few regions offer timber with any export value. The best Kauri (*Agathis obtusa*) forests of Anatom and Erromango were worked until recently. There are however other interesting species in the finest forests of Espiritu Santo, Malakula, Efate, Erromango and Anatom, particularly the Tamanu (*Callophyllum neo ebudicum*) and the "blue wood" (*Hernandia* sp.).

Most soils of grades I, II, III and IV and a large proportion of those of grade V are suitable for forestry purposes or reafforestation. The most apt are probably those which are loose and thick enough to allow trees to put down a deep root system and therefore stand up better to the effect of cyclones. These include in particular soils developed on recent formations of alluvial terraces (immature weakly developed) soils, or modal and andic eutrophic brown soils) or loose volcanic deposits (andosols, andic or rubified eutrophic brown soils), and soils formed on older volcanic, volcano-sedimentary or sedimentary formations, but not on coral limestone (dystrophic brown soils, rubified unsaturated ferrallitic soils, unsaturated humus-rich ferrallitic soils).

Soil fertility would not appear to be a major factor. The finest forests (of *Agathis* and *Callophyllum*), can be observed on acid soils (dystrophic brown soils and strongly unsaturated ferrallitic soils). It is probably in these places, since there is no competition with other possible land uses, that it would be tempting to undertake forestry projects. On the other hand, the more fertile soils seem to offer favourable conditions to calcicolous and neutrophile species, which are certainly quick-growing but which are less resistant to cyclones and may also be of lesser value.

The very limited soil depth on hard limestone (rendzinas, certain ferrallitic soils and weakly unsaturated ferrallitic soils), or on a recent flow of basalt (certain andosols and immature eutrophic brown soils) is a major restraint to forestry (suitable species, reduced resistance to cyclones).

Lime soils (rendzinas, brown calcareous, melanised calcic soils) or with lime appearing at shallow depth (most fersiallitic soils and those ferrallitic soils formed on coral limestone plateaus) are suitable for calcicolous species.

The most suitable weather conditions are probably those of the transitional tropical zone (with a dry season $\leq$ two months) and the low altitude equatorial zone ($< 600-800$ metres, depending on orientation). On the « perhumid » summits, forests appear to suffer from excessive humidity ; in these areas they should be conserved in their natural state. On the leeward slopes, forestry capabilities are restricted to species liking a well-marked dry season (two to four months) particularly in the case of shallow soils on limestone. The guaiacum (*Acacia spirorbis*) adopts spontaneously to such conditions.

Where circumstances of excessively dramatic topography, difficult access, or excessively humid climate occur, as described in grade VI of agronomic potential, suitability for forestry purposes is severely limited. The areas concerned should be conserved in their natural state.

TABLE 2 : AGRONOMIC POTENTIAL UNITS, DISTRIBUTION AND AREA

ISLANDS*	Total area Km ²	Surface of each unit and percentage of total area													
		Unit 1		Unit 2		Unit 3		Unit 4		Unit 5		Unit 6		Unit 7	
		%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²	%	Km ²
Torrès	121	48.4	58.6	12.8	15.5	19.9	24.1	—	—	—	—	—	—	18.8	22.8
W. Banks	700	0.8	5.6	12.9	90.3	11.7	81.9	12.6	88.2	22.2	155.4	27.5	192.5	12.3	86.1
E. Banks	61	21.3	13.0	1.7	1.0	37.5	22.9	5.1	3.1	23.0	14.0	2.5	1.6	8.9	5.4
Espiritu-Santo	4 248	20.2	858.1	4.7	199.7	18.2	773.1	10.8	458.8	12.1	514.0	26.7	1 134.2	7.3	310.1
Malakula	2 053	19.1	392.1	12.5	256.6	9.1	186.8	44.4	911.5	1.2	24.6	5.4	110.9	8.3	170.2
Maewo	300	12.3	36.9	18.8	56.4	3.1	9.3	17.3	51.9	9.0	27.0	11.3	33.9	28.2	84.6
Pentecost	499	6.0	29.9	21.0	104.8	10.0	49.9	29.5	147.2	6.6	32.9	3.5	17.5	23.4	116.8
Aoba	399	13.3	53.1	20.0	79.8	10.0	39.9	13.3	53.1	13.3	53.1	26.7	106.5	3.4	13.5
Ambrym	666	—	—	2.8	18.6	17.4	115.9	7.8	51.9	11.0	73.3	11.0	73.3	50.0	333.0
Paama-Lopevi	60	—	—	12.3	7.4	—	—	27.8	16.7	—	—	25.1	15.1	34.8	20.8
Epi	446	21.4	95.4	5.6	25.0	11.8	52.6	8.0	35.7	1.8	8.0	47.3	211.0	4.1	18.3
Shepherd	86	—	—	20.5	17.6	22.6	19.4	15.9	13.7	26.1	22.4	1.4	1.2	13.5	11.6
Efate	923	32.4	299.0	11.4	105.2	21.1	195.0	12.8	118.1	6.1	56.3	4.9	45.2	11.3	104.1
Erromango	887	3.6	31.9	10.0	88.7	8.1	71.9	30.7	272.3	19.9	176.5	11.4	101.1	16.3	144.6
Tanna-Aniwa	569	24.8	141.1	15.0	85.4	16.3	92.7	6.1	34.7	5.2	29.6	8.3	47.2	24.3	138.3
Anatom-Futuna	171	2.1	3.6	—	—	7.6	13.0	20.4	34.9	13.2	22.6	49.2	84.1	7.5	12.8
TOTAL	12 189	16.6	2 018.3	9.5	1 152.0	14.3	1 748.4	18.8	2 291.8	9.9	1 209.7	17.8	2 175.3	13.1	1 593.0

* Islands group, see the legend of table no 1, p. 17.

CONCLUSION

The Vanuatu archipelago is endowed with a very great potential (41 % of the total surface area) of soils of good fertility, located in climatic and topographical conditions which are favourable for agricultural and pastoral development, together with a fairly substantial surface area of less fertile soils which are nevertheless suitable for forestry. Less than half of the cultivable surface area is currently under any kind of intensive cultivation.

The future therefore offers generous possibilities. A development plan could and should take into account the value of land when selecting capabilities. These notes and the agronomic potential maps, complementing, as they do, the soil atlas of the Group, make a contribution to this process. The planner, assisted by various specialists in agriculture, cattle breeding and forestry, will be enabled to choose the most suitable land for the various agricultural activities which are desired, whether manual or mechanized, or for the establishment of pasture. New crops should be tested so as to be able to diversify agricultural resources or to meet new needs. Management of natural forest could be undertaken as a prior measure to reafforestation with new higher-yield species.

BIBLIOGRAPHY

- AUBERT (G.), 1957 – Cours de pédologie générale, tome III, chapitre III : fertilité des sols, adaptation des cultures aux sols.
O.R.S.T.O.M., Paris, multigr., 251 p.
- BOYER (J.), 1978 – Le calcium et le magnésium dans les sols des régions tropicales humides et sub-humides.
Coll. Init. Doc. Tech., O.R.S.T.O.M., Paris, 173 p.
- B.D.P.A. – O.R.S.T.O.M., 1970 – Pédologie et développement. « *Techniques culturelles en Afrique* », n° 10. Secrétariat d'Etat aux Affaires Etrangères, Paris, 278 p.
- I.R.H.O., 1969 – Accroissement de la production du coprah aux Nouvelles-Hébrides. Tomes I et II, document multigr. I.R.H.O. et Ministère des TOM et DOM, Paris, doc. n° 724, juillet 1969.
- QUANTIN (P.), 1972-78 – Archipel des Nouvelles-Hébrides. Atlas des sols et de quelques données du milieu naturel. 7 fascicules avec cartes pédologiques, géologiques, des formes du relief et de la végétation : Iles Banks et Torrès, Espiritu Santo, Malakula, Ambrym-Aoba-Maéwo-Pentecôte, Epi-Shepherd, Vaté, Erromango-Tanna-Anatom. O.R.S.T.O.M., Paris.
- U.S.D.A., 1972 – Soil survey of Islands of Kauai, Oahu, Maui, Molokai and Lanai (Hawaii). Use and management of the soils, pp. 135-154. *Soil Conservation Service*, University of Hawaii U.S.D.A., Washington.

POTENTIALITÉS AGRONOMIQUES - APTITUDES CULTURALES
AGRONOMIC POTENTIAL - LAND USE MAP

P. QUANTIN

VANUATU

POTENTIALITÉS AGRONOMIQUES
AGRONOMIC POTENTIAL

Unités de classification Units of classification	Potentialité Potential
I	Optimum Optimum
II	Bonne Good
III	Moyenne Average
IV	Médiocre Mediocre
V	Mauvaise Poor
VI	Très mauvaise Very poor
VII	Nulle Nil

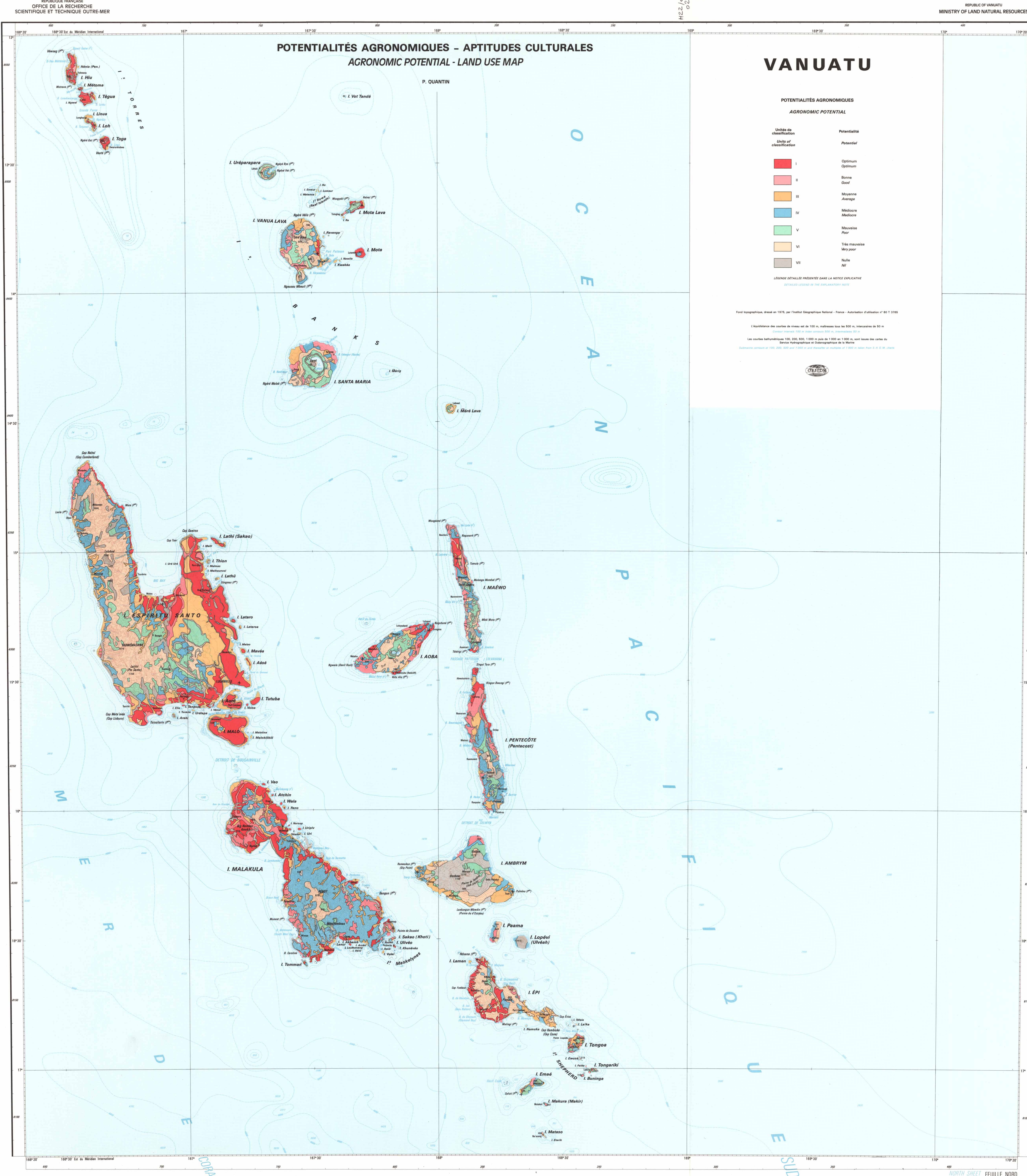
LEGENDE DÉTAILLÉE PRÉSENTÉE DANS LA NOTICE EXPLICATIVE
DETAILED LEGEND IN THE EXPLANATORY NOTE

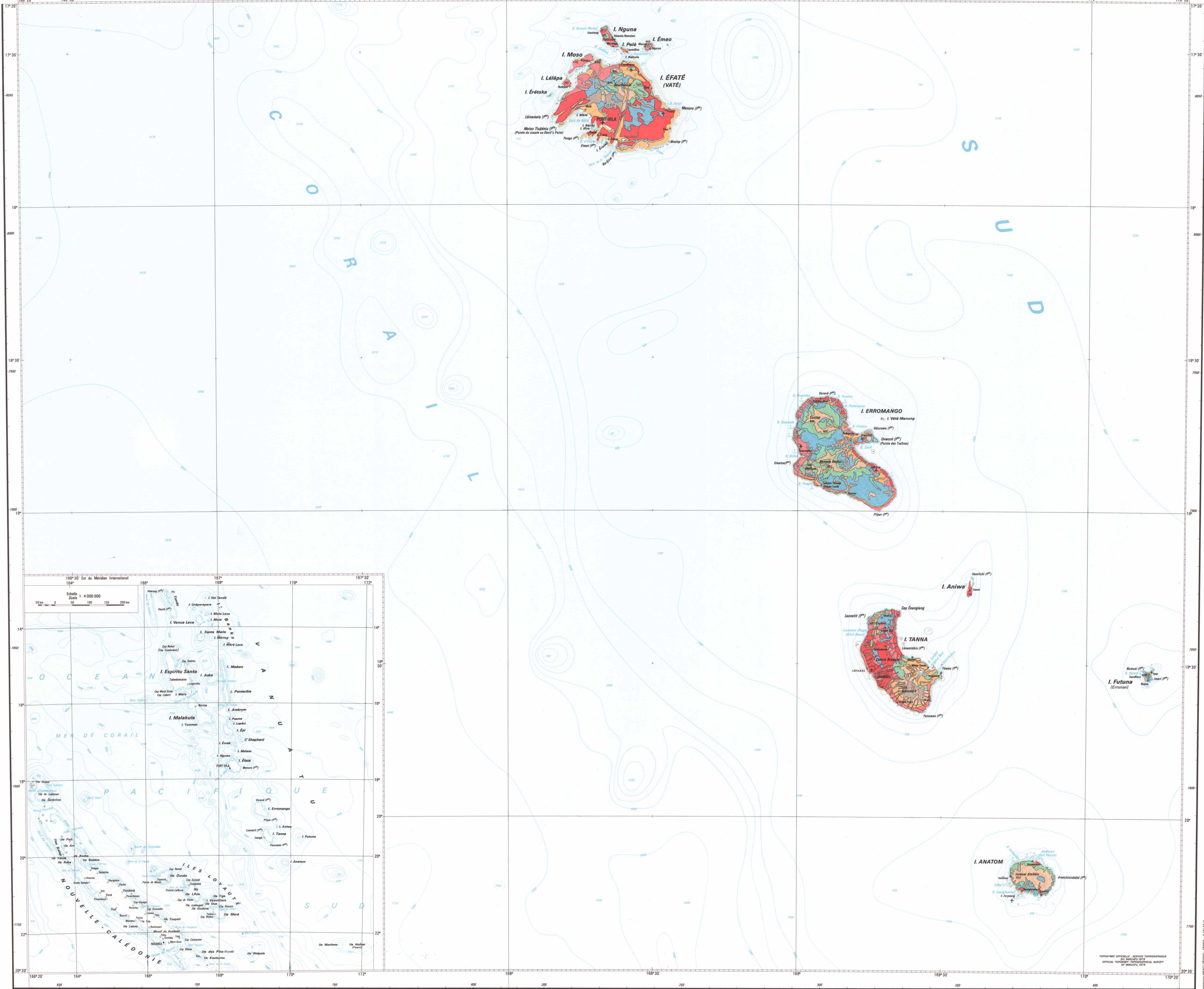
Fond topographique, dressé en 1976, par l'Institut Géographique National - France - Autorisation d'utilisation n° 80 T 3785

L'équidistance des courbes de niveau est de 100 m, mais entre les 500 m, intercalaires de 50 m
Contour interval 100 m, but between 500 m, intercalary 50 m

Les courbes bathymétriques 100, 300, 600, 1 000 m puis de 1 000 m en 1 000 m, sont issues des cartes du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine

Bathymetric contours at 100, 200, 300 and 1 000 m and thereafter at multiples of 1 000 m taken from S. H. O. M. charts

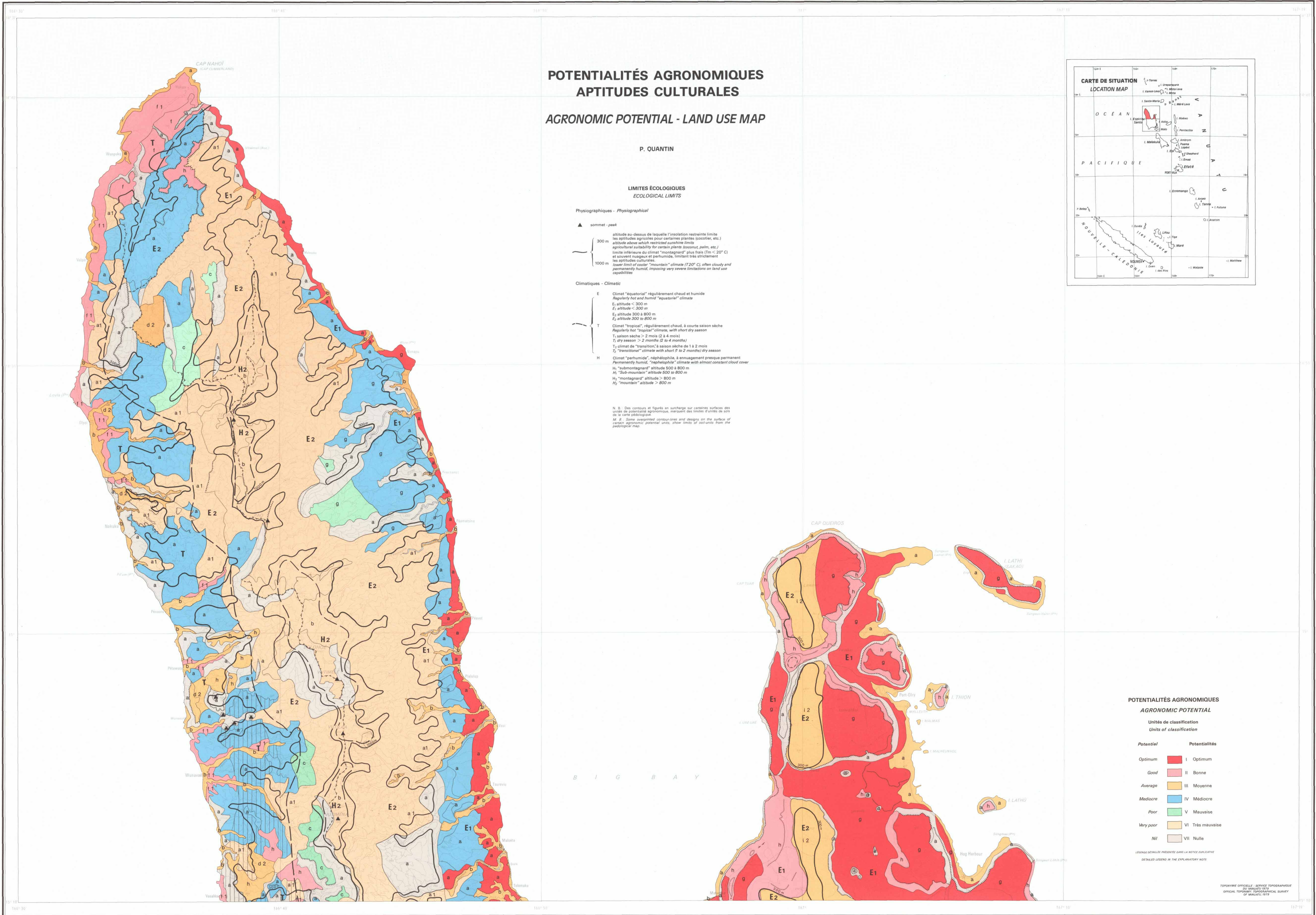


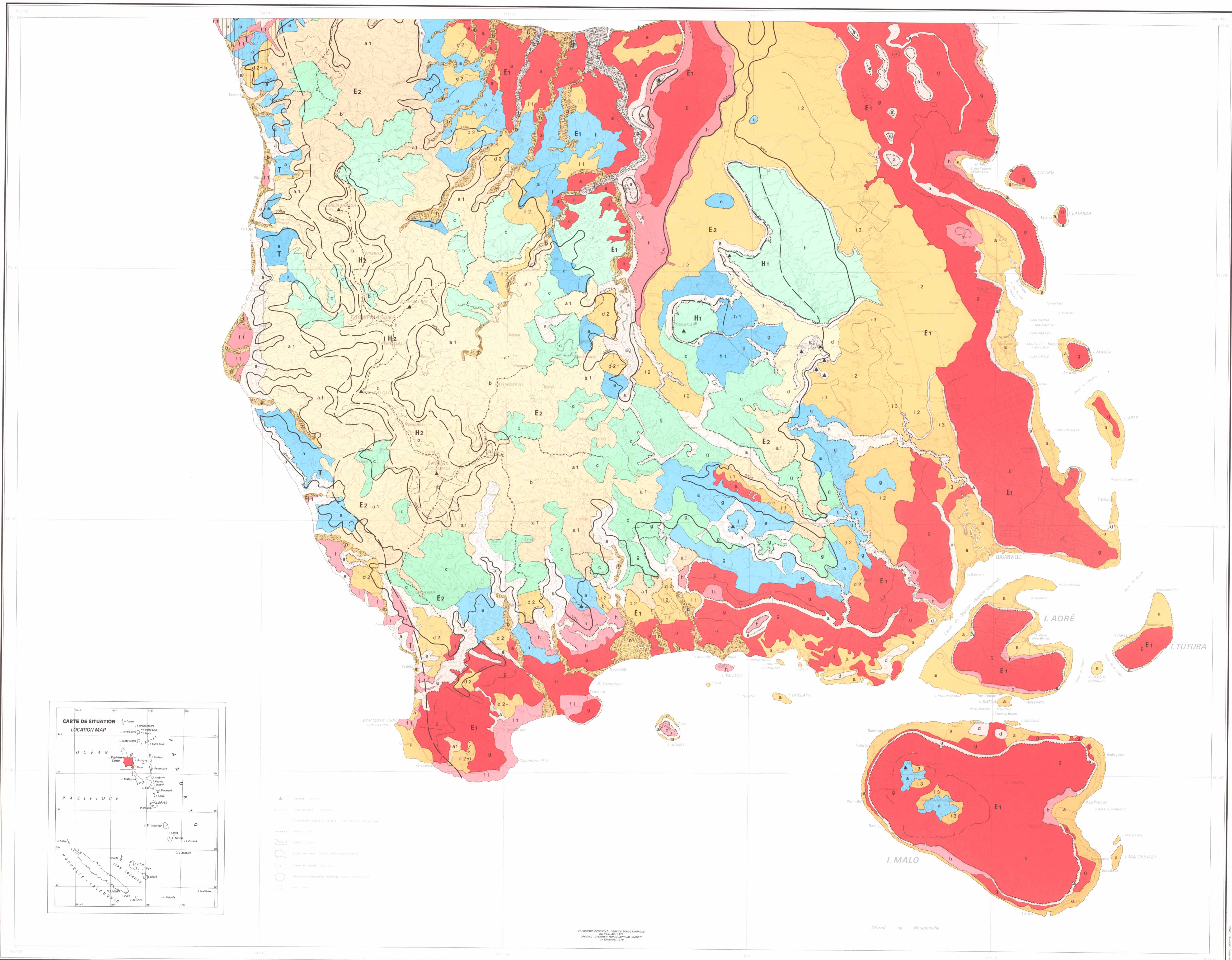


VANUATU
ESPIRITU SANTO

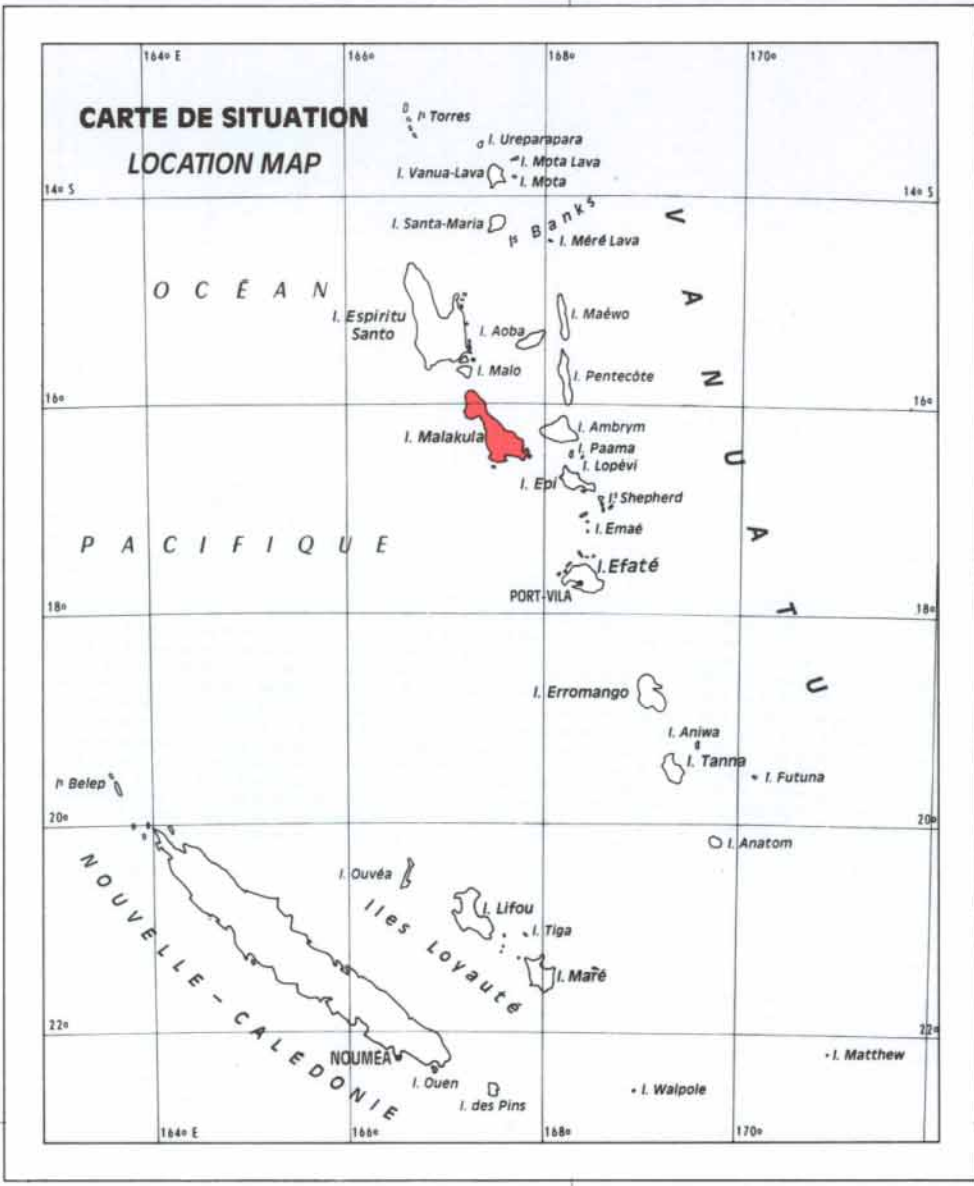
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

REPUBLIC OF VANUATU
MINISTRY OF LAND NATURAL RESOURCES





VANUATU
MALAKULA



POTENTIALITÉS AGRONOMIQUES
APTITUDES CULTURALES
AGRONOMIC POTENTIAL - LAND USE MAP

P. QUANTIN

LIMITES ÉCOLOGIQUES
ECOLOGICAL LIMITS

Physiographiques - Physiographical

▲ sommet - peak

300 m
1000 m

Climatiques - Climatic

E Climat "équatorial", régulièrement chaud et humide
Regularly hot and humid "equatorial" climate
E₁ altitude < 300 m
E₂ altitude 300 à 800 m
E₃ altitude 800 à 1000 m
T Climat "tropical", régulièrement chaud, à courte saison sèche
Regularly hot "tropical" climate, with short dry season
T₁ saison sèche > 2 mois (2 à 4 mois)
T₂ dry season > 2 months (2 to 4 months)
H Climat "montagnard", régulièrement chaud, à courte saison sèche
Regularly hot "mountain" climate, with short dry season
H₁ climat de "transition" à saison sèche de 1 à 2 mois
H₂ "transitional" climate with short (1 to 2 months) dry season
H₃ climat "perhumide", néphéophile, à annéagement presque permanent
Permanently humid, "nephelophile" climate with almost constant cloud cover
H₄ "sub-montagnard" altitude 500 à 800 m
H₅ "sub-mountain" altitude 500 to 800 m
H₆ "montagnard" altitude > 800 m
H₇ "mountain" altitude > 800 m

Unités de classification
Units of classification

Potential

Optimum

Good

Average

Mediocre

Poor

Very poor

Nil

Potentialité

I Optimum

II Bonne

III Moyenne

IV Médiocre

V Mauvaise

VI Très mauvaise

VII Nulle

LEGENDE DÉTAILLÉE PRÉSENTÉE DANS LA NOTICE EXPLICATIVE
DETAILED LEGEND IN THE EXPLANATORY NOTE

N. B. Des contours et figures en surcharge sur certaines surfaces des unités de potentialité agronomique, marquant des limites d'ordre de site de la carte physiographique.
M. A. Some contour lines and figures in surcharge on the surface of certain agronomic potential units, showing limits of site from the physiographic map.

TOPOGRAPHIE OFFICIELLE - SERVICE TOPOGRAPHIQUE
OFFICIAL TOPOGRAPHY - TOPOGRAPHICAL SERVICE
OF VANUATU, 1979

ECHELLE : 1/100 000

0 2 4 6 8 10 Km

SCALE : 1/100 000

Publié avec le concours du
Ministère des Relations Extérieures
de la République Française

Published with the assistance of
the Ministry of External Relations
of the French Government

SERVICE CARTOGRAPHIQUE DE L'O.R.S.T.O.M.

VANUATU

EFATÉ

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
OFFICE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER

REPUBLIC OF VANUATU
MINISTRY OF LAND NATURAL RESOURCES

POTENTIALITÉS AGRONOMIQUES APTITUDES CULTURALES

AGRONOMIC POTENTIAL - LAND USE MAP

P. QUANTIN

Publié avec le concours du
Ministère des Relations Extérieures
de la République Française

Published with the assistance
of the Ministry of External Relations
of the French Government

LIMITES ÉCOLOGIQUES ECOLOGICAL LIMITS

Physiographiques - Physiographical

▲ sommet - peak

altitude au-dessus de laquelle l'insolation restreinte limite
les aptitudes agricoles pour certaines plantes (cocoitier, etc.)
altitude above which restricted sunshine limits
agricultural suitability for certain plants (coconut, palm, etc.)
limite inférieure du climat "montagnard" plus frais (Tm < 20° C)
et souvent nuageux et perhumide, limitant très strictement
les aptitudes culturales.
lower limit of cooler "mountain" climate (Tm < 20° C), often cloudy and
permanently humid, imposing very severe limitations on land use
capabilities

Climatiques - Climatic

E Climat "équatorial", régulièrement chaud et humide
Regularly hot and humid "equatorial" climate

E₁ altitude < 300 m
E₁ altitude < 300 m

E₂ altitude 300 à 800 m
E₂ altitude 300 to 800 m

T Climat "tropical", régulièrement chaud, à courte saison sèche
Regularly hot "tropical" climate, with short dry season

T₁ saison sèche > 2 mois (2 à 4 mois)
T₁ dry season > 2 months (2 to 4 months)

T₂ climat de "transition", à saison sèche de 1 à 2 mois
T₂ "transitional" climate with short (1 to 2 months) dry season

H Climat "perhumide", néphélophile, à ennuagement presque permanent
Permanently humid, "nephelophile" climate with almost constant cloud cover

H₁ "submontagnard" altitude 500 à 800 m
H₁ "sub-mountain" altitude 500 to 800 m

H₂ "montagnard" altitude > 800 m
H₂ "mountain" altitude > 800 m

N.B. : Des contours et figurés en surcharge sur certaines surfaces des
unités de potentialité agronomique, marquent des limites d'unités de sols
de la carte pédologique.
M.B. : Some overprinted contour-lines and designs on the surface of
certain agronomic potential units, show limits of soil-units from the
pedological map.

POTENTIALITÉS AGRONOMIQUES AGRONOMIC POTENTIAL

Unités de classification
Units of classification

Potential	Potentialité
Optimum	I Optimum
Good	II Bonne
Average	III Moyenne
Mediocre	IV Médiocre
Poor	V Mauvaise
Very poor	VI Très mauvaise
Nil	VII Nulle

LEGENDE DÉTAILLÉE PRÉSENTÉE DANS LA NOTICE EXPLICATIVE
DETAILED LEGEND IN THE EXPLANATORY NOTE

TOPOGRAPHIE OFFICIELLE - SERVICE TOPOGRAPHIQUE
DU VANUATU 1979
OFFICIAL TOPOGRAPHY - TOPOGRAPHICAL SURVEY
OF VANUATU 1979

ECHELLE : 1/100 000

0 2 4 6 8 10 Km

SCALE : 1/100 000

TANNA

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE OUTRE-MER
SERVICE des ÉDITIONS
70-74, route d'Aulnay - 93140 BONDY - FRANCE

SERVICE CARTOGRAPHIQUE DE L'O.R.S.T.O.M.

AGRONOMIC POTENTIAL - LAND USE MAP

LIMITES ÉCOLOGIQUES

ECOLOGICAL LIMITS

▲ sommet - *peak*

altitude au-dessus de laquelle l'insolation restreinte limite les aptitudes agricoles pour certaines plantes (cocoitier, etc.)
altitude above which restricted sunshine limits agricultural suitability for certain plants (coconut, palm, etc.)

limite inférieure du climat "montagnard" plus frais ($T_m < 20^{\circ} \text{C}$) et souvent nageux et perhumide, limitant très strictement les aptitudes culturales.
lower limit of cooler "mountain" climate ($T 20^{\circ} \text{C}$), often cloudy and permanently humid, imposing very severe limitations on land use capabilities

Climatiques - *Climatic*

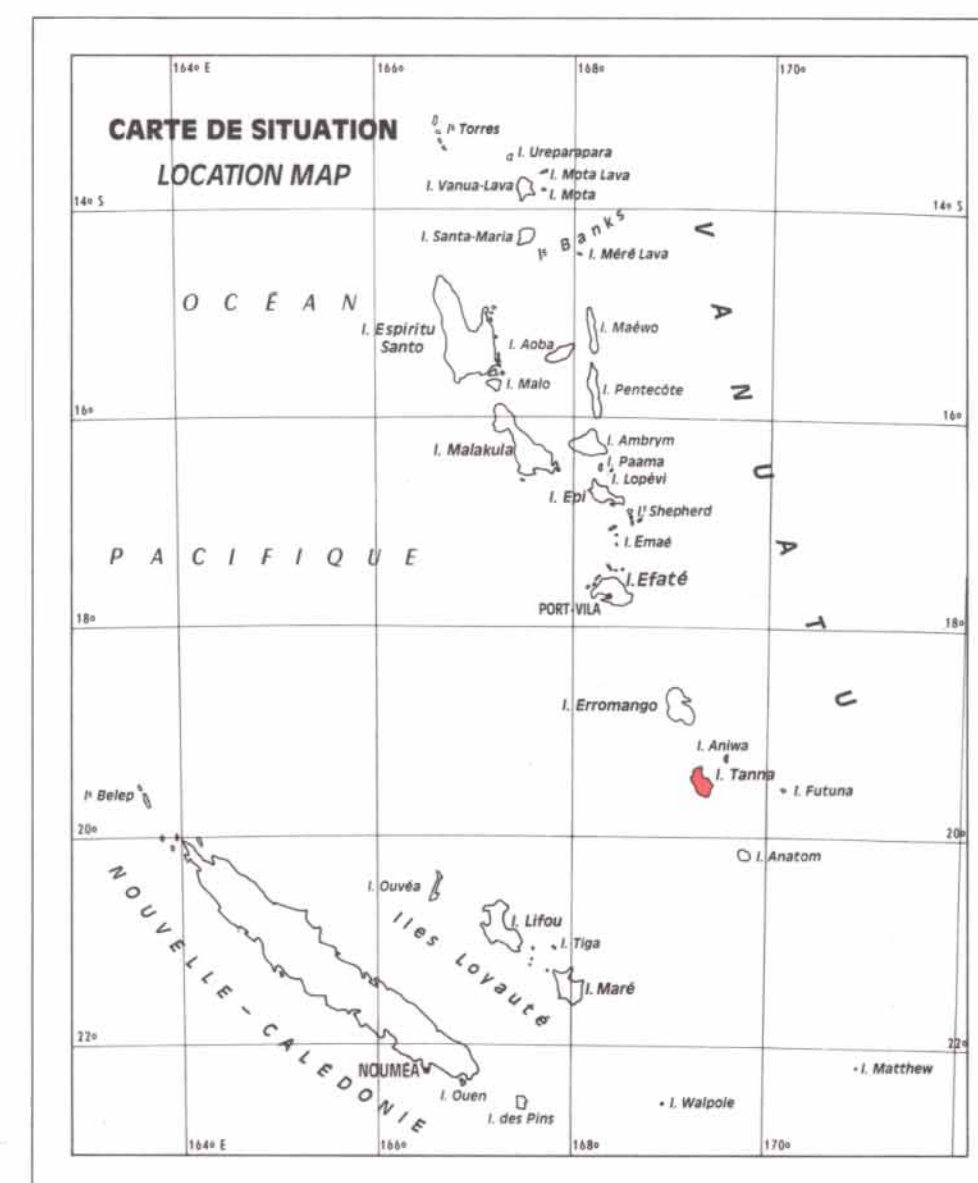
E	{	Climat "équatorial" régulièrement chaud et humide <i>Regularly hot and humid "equatorial" climate</i>
		E ₁ altitude < 300 m <i>E₁ altitude < 300 m</i>
		E ₂ altitude 300 à 800 m <i>E₂ altitude 300 to 800 m</i>
T	{	Climat "tropical", régulièrement chaud, à courte saison sèche <i>Regularly hot "tropical" climate, with short dry season</i>
		T ₁ saison sèche > 2 mois (2 à 4 mois) <i>T₁ dry season > 2 months (2 to 4 months)</i>
		T ₂ climat de "transition" à saison sèche de 1 à 2 mois <i>T₂ "transitional" climate with short (1 to 2 months) dry season</i>
H	{	Climat "perhumide", néphéophile, à annuagement presque permanent <i>Permanently humid, "nephophile" climate with almost constant cloud cover</i>
		H ₁ "submontagnard" altitude 500 à 800 m <i>H₁ "Sub-mountain" altitude 500 to 800 m</i>
		H ₂ "montagnard" altitude > 800 m <i>H₂ "mountain" altitude > 800 m</i>

N. B. : Des contours et figurés en surcharge sur certaines surfaces des unités de potentialité agronomique, marquent des limites d'unités de sols de la carte pédologique.

M. B. : Some overprinted contour-lines and designs on the surface of certain agronomic potential units, show limits of soil-units from the pedological map.

Publié avec le concours du
Ministère des Relations Extérieures
de la République Française

*Published with the assistance
of the Ministry of External Relations
of the French Government*



© ORSTOM 1982
© Ministère des Affaires Foncières
et des Ressources Naturelles
République du VANUATU
ISBN 2-7099-0666-X

© ORSTOM 1982
© Ministry of Land and National Resources
Republic of VANUATU 1982
ISBN 2-7099-0666-X

