

*ETUDES des SOLS de l'EQUATEUR de 1961 à 1974*

*CARTOGRAPHIE des SOLS de la SIERRA de l'EQUATEUR  
et de leurs potentialités agricoles et forestières  
de 1974 à 1982*

*par François COLMET-DAAGE*

*Octobre 1998*

ETUDES des SOLS de l'EQUATEUR de 1961 à 1974  
CARTOGRAPHIE des SOLS de la SIERRA d'EQUATEUR  
et de leurs potentialités agricoles et forestières  
de 1974 à 1982

-1-

Les premières études pédologiques en Equateur ont été réalisées par François Colmet-Daage en 1961 dans le cadre de conventions entre la Dirección Nacional del Banano et l'IRFA (alors IFAC). Cet Institut était très apprécié dans ce pays à la suite de ses excellentes innovations concernant le traitement du cercospora et d'autres résultats,

Les voyages, frais de séjour et analyses de sols réalisées aux Antilles étaient pris en charge par les organismes bananiers.

La première zone étudiée située à proximité du Pérou et du Pacifique (Machala) est relativement aride et irriguée par les eaux abondantes en provenance des Andes. Ces montagnes sont ici constituées de matériaux volcaniques durs anciens: coulées andésitiques ou basaltiques, tufs volcaniques et matériaux sédimentaires essentiellement d'origine volcanique continentaux ou marins. Le recouvrement de cendre est localisé et ne s'est maintenu que dans les zones les plus humides d'altitude, là où les cendres n'ont pu être déplacées par les vents ou le ruissellement

Les études ont mis en évidence une richesse très élevée des sols alluvionnaires en éléments nutritifs, tout particulièrement en potasse, probablement en partie apporté par les eaux d'irrigation. Or on sait les besoins en cet élément du bananier qui doit être épandu dans les sols des Antilles en quantité très importante.

Les missions suivantes concernaient la vaste zone encore en grande partie sous forêt qui va sensiblement de Quevedo à Sto Domingo et Quindé au Nord.

La pluviométrie s'accroît très fortement du Sud vers le Nord et la ligne équinoxiale, ce que reflètent très bien les variations des caractéristiques des sols, qui sont tous dérivés de cendres volcaniques en dépôts superposés.

On passe ainsi des Mollisols à halloysite, très bien pourvus en bases échangeables et éléments nutritifs, aux sols à allophanes qui sont de plus en plus hydratés quand la pluviométrie augmente.

Les sols correspondant au dépôt supérieur sont relativement peu évolués mais dans les sols enterrés, riches en débris de l'industrie humaine (poteries...) l'halloysite 10Å ou 7Å est bien mieux identifiable. Les sols à allophanes sont bien davantage hydratés avec certains jusqu'à 100% d'eau (% sol sec)

La climo-séquence dans l'espace illustre donc fort bien en même temps deux stades différents d'évolution dans le temps,

La rétention en eau importante explique la croissance des bananiers en dépit de plusieurs mois de déficit hydrique bien marqué.

Une enquête, avec de nombreuses analyses de sols, réalisée sur la base de ces études, a montré que dans les Mollisols encore relativement vierges, souvent sur défriche de forêt ou sur de vieilles cacaoyères, l'apport d'engrais minéraux n'était pas justifié et probablement encore durant des années.

Par contre dans le cas des sols à allophanes des besoins en éléments fertilisants seraient à envisager après plusieurs cycles de culture épuisante.

A l'occasion de missions ultérieures concernant ces régions bananières et aussi dans la Province de Guayas, plusieurs tournées ont pu être réalisées dans la Sierra. La composition minéralogique des cendres des dépôts de la zone côtière, varie en effet dans l'espace et dans le temps (dépôts superposés). Certaines ont une nette dominance de Korhblende et d'autres d'hypersthène etc.. (Mme Delaune).

L'objectif initial était donc de connaître l'origine de ces dépôts de cendres d'âge et de composition variée.

D'abord réalisées avec l'appui de la Dirección del banano ces études dans la Sierra ont été par la suite reprises en charge par la section Edafología du Ministère de l'Agriculture à Quito. L'objectif initial a été dépassé pour concerner l'étude des sols de cendres de la Sierra et leur répartition.

Ces études concernant les sols à halloysite et allophane, tant sur la côte que dans la Sierra, sols que nous avons été le premier à l'ORSTOM à mettre en évidence, étaient menées parallèlement à celles que nous poursuivions aux Antilles, au Costa-Rica, au Nicaragua, au Chili, y apportant des éléments nouveaux au plan scientifique.

Ces études ont suscité des invitations à plusieurs congrès internationaux et à l'Université Cornell avec prise en charge des voyages, séjours, excursions par les organisateurs

En 1974 Francois Colmet-Daage établissait et faisait signer par le Ministre de l'Agriculture et l'Ambassadeur à Quito le protocole étendant les actions de l'ORSTOM à d'autres disciplines. travaux grandement facilités par l'arrivée peu après de la manne pétrolière amazonienne

## CARTOGRAPHIE DES SOLS DANS LA SIERRA DE L'EQUATEUR ET CARTES DERIVEES

155 cartes de sols et 945 cartes dérivées

Le Ministère de l'Agriculture de l'Equateur a demandé à l'ORSTOM, en 1974, de l'aider à réaliser les cartes de sols de la Sierra en vue de la régionalisation et de la planification agricole du pays.

Ces études ont été effectuées dans le cadre du Programme National de Régionalisation Agricole - PRONAREG - de ce Ministère.

La précision des cartes établies à l'échelle du 1/50 000 n'est pas uniforme. Les zones marginales, souvent en très fortes pentes, ont été traitées avec moins de détail, moins d'observations de terrain que les zones actuellement cultivées ou susceptibles de mise en valeur.

Les cartes de sols et les cartes qui en dérivent ont toutes été réalisées par François Colmet-Daage, son équipe des antilles : J et M. Gautheyrou, J. Bernard et sur place les pédologues et agronomes équatoriens: Larréa, Tolédo, Gonzalez, Bedoya, pour les sols, Mantilla pour les forêts, Sembrano pour l'élevage et Barriga pour le blé, Velasquez et l'appui de l'Ing. Suarez responsable de PRONAREG.

Les cartes ont été établies avec l'aide de photographies aériennes sensiblement à l'échelle du 1/50.000 mais avec de fortes variations dues au relief montagneux.

La plupart des analyses de sols ont été réalisées aux Antilles, ainsi que le dessin des cartes, avec l'aide financière de l'Equateur qui a permis l'acquisition des équipements nécessaires et l'utilisation de personnel vacataire.

Zebrosky et Winkell se sont chargés de la zone côtière et Sourdat de l'Amazonie équatorienne;

## LE RELIEF

La Cordillère des Andes équatorienne est presque entièrement constituée de deux chaînes de montagne parallèles.

L'altitude des sommets est très élevée dans le Nord et le Centre du pays et plus faible dans le Sud.

La vallée intérandine est située entre ces deux chaînes de montagnes à une altitude de 2000 à 3000 m dans toute la partie centrale et Nord recouverte de cendres

Dans le Sud, il y a plusieurs chaînes de montagnes parallèles. Le volcanisme est plus ancien et les recouvrements de cendres localisés

## REGIME HYDRIQUE DES SOLS : PLUVIOMETRIE

La pluviométrie peut varier considérablement à très peu de distances. Les versants recevant les vents ascendants de la côte ou de l'amazonie sont généralement très humides.

Par contre dans les régions sous-le-vent, la pluviométrie décroît fortement. On peut ainsi, à très peu de distances, observer des sols de régions semi-arides avec accumulation de calcaire secondaire, et des sols de régions humides très acides et fortement désaturés en bases

Le climat est un des facteurs essentiel de variations des sols. Or, les stations météorologiques sont localisées près des villes, généralement situées au fond des vallées dans les régions les plus sèches.

Dans la plupart des cas, les variations de la pluviométrie, de la température et de l'enneigement sont si importantes à peu de distances qu'il faudrait un nombre irréalisable de stations météorologiques pour pouvoir les apprécier.

Nous nous sommes donc efforcés de lier les caractéristiques et propriétés des sols aux climats qui ont contribué à leur formation. Le pédologue doit avoir à l'esprit la recherche de tous les indices possibles qui lui permettent de retrouver dans les sols (en s'aidant aussi de la végétation) les données qui font défaut sur l'environnement climatique, pour la détermination du régime hydrique du sol au cours de l'année.

Dans un pays ayant des climats aussi contrastés, la connaissance du régime hydrique des sols est indispensable pour l'utilisation des cartes de sols.

Toutes les caractéristiques morphologiques, les propriétés du sol et les données concernant la nature minéralogique des argiles aident à déterminer le régime hydrique des sols et sont reliées entre elles et avec l'observation de la végétation naturelle ou des systèmes de cultures.

C'est ainsi que l'apparition de mycelium de calcaire dans les sols de cendres volcaniques est un signe évident d'aridité. Le degré de désaturation en bases des divers horizons et l'accumulation de matière organique, permettent d'apprécier, tenu compte de la température du sol, si l'humidité est surtout due à une faible évapotranspiration suite à un ennuagement important, ou à une pluviométrie abondante, etc...

L'apparition de l'horizon argilique, son épaisseur, l'importance des revêtements sont également pris en considération, l'hydratation des sols à allophane, etc...

On met ainsi en évidence une série de climo-séquences de sols déduites des propriétés et caractéristiques de ceux-ci en s'efforçant de préciser ou de chiffrer le plus possible celles-ci.

#### Cas des sols d'âges uniformes :

Dans le cas des dépôts de cendres recouvrant uniformément une région, et le plus souvent postérieures aux dernières glaciations, l'établissement des climo-séquences est relativement simple.

Le vieillissement des sols se traduit par l'apparition de plus en plus importante de l'argile:halloysite ou allophane, plus ou moins hydraté.

La limite inférieure extrême atteinte par les glaciers au quaternaire peut être déduite avec précision des profils de sols. Si les dépôts de cendres relativement récents reposent directement sur un substratum inerte grossier c'est que tous les sols enterrés, antérieurs aux glaciations, avec une proportion plus importante d'argile ou d'allophane, parfois des horizons cimentés, ont disparu, là où les glaciers les ont rabotés. Ce décapage a été plus intense là où les précipitations actuelles sont les plus élevées.

#### Cas des sols très anciens :

Certains sols, dans le Sud de la Sierra sont très anciens et résultent de phénomènes d'altération puis de transformation sur de très longues périodes de temps.

On ne peut s'y référer pour connaître le climat actuel. Certains sols rouges à kaolinite et hydroxydes de fer, très appauvris en éléments utilisables par les plantes, existent dans des régions qui sont pourtant actuellement relativement sèches. De tels sols sont devenus extrêmement stables, immuables dans le temps.

Dans presque tous les cas cependant il est possible de trouver des indices du climat actuel en examinant les sols en cours d'évolution actuellement sur les parties érodées ou rajeunies par l'érosion.

Il y a formation de toute une gamme de sols nouveaux qui reflètent fort bien le climat.

#### TEMPERATURE DU SOL - REGIME THERMIQUE

Les choses sont beaucoup plus simples pour la température du sol et l'estimation du régime thermique.

En effet, sous l'équateur et au-dessus de 2000 mètres d'altitude les variations au cours de l'année de la température du sol à 50 cm ou 100 cm de profondeur ne dépassent guère 1°C.

Il suffit de la mesurer avec un thermomètre dans les tranchées fraîchement ouvertes ou dans la carotte avec la tarière. C'est ce que nous avons fait systématiquement pour tous les profils.

La température du sol est donc une donnée constante du sol et une caractéristique au même titre que certaines analyses chimiques ou minéralogiques. C'est un très bon reflet non seulement de la température extérieure mais aussi de l'ennuagement et de l'évapotranspiration, lorsque l'on associe cette mesure à d'autres résultats d'observation ou d'analyses.

### Choix des températures limites

Nous avons classé les régimes thermiques en fonction de températures choisies empiriquement d'après nos observations.

C'est ainsi que la température de sol de 10°C à 50 cm de profondeur indique de manière très spectaculaire et précise la limite de toutes les cultures et en particulier de celles qui montent le plus haut en altitude : la pomme de terre et la fève (habas).

La température du sol à 50 cm de profondeur de 13° a été également retenue pour une autre limite. La couleur des sols de cendre change fortement. Ceux-ci passent du brun noir au-dessus de 13° au noir (chroma 0 ou 1) en dessous de 13°C. La végétation naturelle, les systèmes de cultures sont aussi fortement modifiés (disparition du maïs, etc...).

Enfin, la limite moins précise de 21/22°C sépare de manière très évidente les régions de cultures tropicales et celles des régions tempérées. Il n'y a guère que la canne et certains agrumes qui acceptent des températures plus basses.

Nous avons gardé les mêmes dénominations que le Soil Taxonomy bien que les limites de classes de température ne soient plus les mêmes.

Le D. Guy Smith s'est lui-même en Equateur rendu compte du bien fondé de cette modification. (10° au lieu de 8° et 13° au lieu de 15°)

Avec certains types de sols, les mesures de la température n'ont pas de significations, du moins en certaines périodes de l'année. C'est le cas le plus souvent des sols très argileux, profondément fissurés en période de sécheresse.

D'une manière générale, nous nous sommes efforcés de mesurer la température à 50 cm et 100 cm. Il y a en général fort peu de différences.

### LES SOLS ET LES UNITES CARTOGRAPHIQUES | LES ENSEMBLES de SOLS

Les sols de la Sierra sont extrêmement divers. Il a donc paru utile, comme nous l'avions fait pour les cartes de sols des Antilles, de rassembler les unités cartographiques, qui correspondent à des niveaux de classification très variés du Soil Taxonomy, dans des ensembles qui indiquent aussitôt certaines caractéristiques dominantes de ces sols. L'important est que l'unité cartographique souvent au niveau de la série, soit bien définie.

Toute différence cartographiable qui est susceptible de modifier les aptitudes agronomiques des sols et d'intervenir par conséquent dans les cartes d'application est prise en considération et fait objet de distinction.

Les 18 ensembles de sols sont désignés par des lettres majuscules auxquelles on ajoute une minuscule pour les 300 Unités cartographiques.

En fait certaines unités cartographiques ou ensembles "collent" assez bien avec les distinctions du Soil Taxonomy mais d'autres n'ont guère de rapport.

Certains auteurs reprochent au Soil Taxonomy de trop attacher d'importance à l'épipédon mollic et à l'horizon argilic. Or, pour la cartographie des sols dérivés de cendres volcaniques dans la Sierra ce sont là deux données essentielles.

Dans les sols argileux issus de matériaux sédimentaires ou métamorphiques ou du volcanisme ancien, cette distinction entre les sols à horizon argilique ou non est : soit très difficile à établir (cas des sols très argileux), soit illusoire pour les sols en fortes pentes, souvent remaniés.

L'utilisation du Soil Taxonomy a été imposée par les équatoriens à l'exclusion de tout autre système de classification des sols.

Bien que ce système soit particulièrement bien adapté aux sols dérivés de cendres volcaniques, grâce aux chercheurs des Hawaï, des difficultés ont été rencontrées concernant les Mollisols et les Andisols. Elles ont été levées par le Dr Guy Smith qui s'est rendu compte au cours de nos tournées communes du bien fondé de nos suggestions et de nos légendes et a modifié le Soil Taxonomy en conséquence.

## CARACTERISTIQUES SUCCINCTES des ENSEMBLES de SOLS

Il apparaît ainsi que d'une manière simplifiée :

Dans tous les sols C la cangagua, ou cendre cimentée par la silice et très dure, apparaît à moins de 1 mètre de profondeur avec ou sans calcaire secondaire.

Tous les sols J sont des sols sableux dérivés de cendres volcaniques. On a distingué les cendres fines, moyennes ou grossières car la vitesse de l'altération et la rétention d'eau sont très différentes. La Matière organique peut migrer dans le profil et s'accumuler en strates horizontales dans les horizons de profondeur.

Tous les sols H sont des sols de cendres avec présence de limon, généralement bien pourvus en bases échangeables et avec moins de 30 % d'argile. Dans ces sols, il y a formation progressive d'argiles halloysitiques et montmorillonitiques. Ils s'opposent ainsi aux sols M, qui renferment des horizons à plus de 30 % d'argile dans le premier mètre, et aux sols D dans lesquels se forme essentiellement l'allophane, plus désaturés en bases.

La limite de 50% de saturation en bases indiquée de manière très remarquable la formation de l'halloysite (mollisols) ou de l'allophane (Andisols). C'est le cas ici dans la Sierra de l'Equateur mais cette distinction peut très bien ne pas être valable dans d'autres pays.

A la différence des régions tropicales chaudes ou tempérées du Chili, les sols à allophane, hormis l'horizon humifère de surface, n'ont pas cette couleur jaune ou beige jaune assez caractéristique. Les sols sont uniformément très foncés sur plusieurs mètres d'épaisseur, soit brun-noir si la température est du sol est supérieure à 13° soit très très noir si elle est inférieure. Les acides humiques l'emportent nettement sur les acides fulviques contrairement aux sols à allophanes des tropiques chauds.

Mettre en évidence les divers faciès d'halloysite dans les mollisols n'est pas aussi aisé que dans les régions tropicales chaudes. Il y aurait formation d'interstratifiés avec des argiles à 14 Å peu visibles tant aux rayons X qu'au microscope électronique bien que la séparation Mollisols/Andisols par d'autres techniques soit bien nette.

Les sols W, V, U correspondent aux vertisols ou aux sols vertiques riches en argiles-montmorillonitiques gonflantes et rétractables dont la proportion peut-être plus ou moins importante, et ses propriétés plus ou moins marquées.

Les sols I ont une dominance de montmorillonite mais ont la couleur rouge des hydroxydes de fer qui masquent en partie ses propriétés. De plus la montmorillonite y est instable avec libération d'alumine extractible par le KCl en quantité importante et une forte acidité en certains sites. (pH KCl inférieur à 4) en dépit d'une teneur en bases échangeables qui peut être notable (20 à 30 mé %) surtout dans les horizons de profondeur, là où la dégradation de la montmorillonite est la plus intense.

Cette dégradation de la montmorillonite est plus accentuée dans les sols K. Certains sols I et K ne peuvent convenir aux plantes sensibles à l'aluminium libre.

Les sols G très compacts et structurés à dominance de kaolinite appartiendraient déjà, au moins certains d'entre eux, aux sols ferrallitiques et s'opposent aux sols F souvent très friables (Oxisols pour certains) avec les sols E en catégorie intermédiaire (vrais sols ferrallitiques mais compacts). Dans ces sols argileux la distinction de l'horizon argilic est souvent difficile et illusoire.

Sur les fortes pentes, il y a souvent beaucoup de remaniements, éboulements, glissements, mélange de sols relativement évolués avec des niveaux d'altération plus récents et rajeunissement des sols, le tout dans une grande hétérogénéité. L'horizon argilic qui est très net dans un profil n'apparaît plus à quelques mètres de là. Ces sols rajeunis, contenant généralement presque tous de la montmorillonite et de nombreux éléments en cours d'altération ou altérables, ont été rassemblés dans l'ensemble L.

Les sols sans horizons différenciés et généralement peu profonds et érodés sont classés dans l'ensemble S. Mais les conséquences agronomiques sont fort différentes s'il s'agit de sols peu profonds sur des matériaux durs ou sur des argiles ou des molasses sédimentaires plus ou moins réhydratées ou encore sur des arènes de départ de sols ferrallitiques relativement meubles.

Les sols T sont des alluvions de vallées avec nappe en profondeur.

Les sols A sont des sols organiques. Dans les cendres des hautes altitudes froides et toujours humides, la formation de l'allophane est accompagnée d'une accumulation très importante de matières organiques (Organo-hydrates) avec une rétention en eau qui peut être considérable. Certains horizons plus grossiers qui apparaissent en discontinuités (ponceux par exemple) peuvent être localement blancs, totalement décolorés, intercalés entre des horizons très très noirs

600 profils de sols, décrits par François Colmet-Daage de 1974 à 1982 sont disponibles, tapés à la machine, avec leurs coordonnées géographiques relevés sur les cartes à 1/50.000 et les analyses ainsi qu'une partie des notes de tournées (7 volumes)

### LE MODELE

Avec un relief aussi accidenté, c'est une donnée tout à fait essentielle.

Le modèle est déduit des photographies aériennes par interprétation stéréoscopique avec des contrôles sur le terrain.

Les distinctions sont établies en vue de la mécanisation des opérations culturales et désignées par des chiffres de 1 à 7

### LES CLIMO-TOPO SEQUENCES :

De l'examen de la légende, il est aisé de déduire un certain nombre de climo-topo-séquences de sols.

Plusieurs séquences théoriques sont indiquées en annexe de la légende montrant comment s'enchaînent les successions de sols figurant dans un ensemble avec ceux d'un autre ensemble.

Certaines transitions sont des constantes : passage des mollisols aux sols à allophanes en régions plus humides, ou des sols vertiques aux mollisols

La première étape de la cartographie d'une feuille consiste à établir les principales climo-topo-séquences, tout au moins dans les régions de pentes acceptables. Ce travail exige généralement beaucoup d'analyses chimiques, physiques et minéralogiques de sols.

Les cartes des sols à 1/50 000 contiennent donc toute l'information de bases concernant les sols avec les régimes thermiques et hydriques de ceux-ci. Utiliser une échelle plus petite aurait été possible pour certaines feuilles des versants montagneux, mais cela aurait conduit dans la majorité des autres cartes à perdre une partie importante de l'information nécessaire, en particulier à l'estimation des surfaces utilisables. Il y a 155 cartes à 1/50 000 terminées fin 1981.

### LES CARTES D'EROSION ACTUELLE ET POTENTIELLE (RISQUE D'EROSION)

Elles ont pour objectif d'indiquer d'abord les zones où il y a érosion et des risques sérieux d'érosion, puis ensuite les types d'érosion

On a distingué l'érosion par ruissellement (ou lamellaire) et celle par solifluxion qui est très spectaculaire dans les sols ayant un horizon argilic montmorillonitique. L'érosion en masse concerne les sols argileux épais ou ceux qui ont en profondeur des discontinuités dans le drainage.

Les risques d'érosion sont indiqués par des trames de plus en plus foncées que les conséquences sont importantes.

Comme il s'agit de régions montagneuses, où presque partout les risques d'érosion sont évidents, il a bien fallu se limiter aux zones particulièrement sensibles et ne pas mentionner les secteurs où de simples précautions antiérosives sont suffisantes.

Il est en effet important de prendre des mesures antiérosives très sévères là où l'érosion peut entraîner une désertification rapide et totale d'une région, ce qui est le cas des sols peu profonds sur substratum dur.

ZONIFICATION POTENTIELLE DES CULTURES ET DES FORETS

Toutes les cartes dérivées ont été établies en deux exemplaires:

-L'un avec trames et symboles sur le fonds de la carte des sols (sans fonds topographique) qui est imprimé au verso du contre-calque poly-ester. Cet exemplaire permet de comprendre la genèse des cartes et éventuellement plus tard d'y apporter des modifications.

-L'autre exemplaire superpose les mêmes trames et symboles au fond topographique qui est imprimé au verso du calque, sans qu'il y ait aucune référence aux sols, ou provisoirement les mauvaises cartes planimétriques s'il n'existe pas; Cet exemplaire qui a davantage la faveur des utilisateurs, permet aisément de bien localiser les plages délimitées. Les légendes sont des feuilles de même format.

Ces cartes à 1/50.000 ème de format 44x60 cm peuvent être présentées en album à couverture cartonnée ou séparément. Les tirages ont été réalisés aux Antilles et surtout en Equateur.

LES ZONES D'APTITUDES FORESTIERES (collaboration avec la Direccion General de Desarrollo Forestal du MAG) Inq. Mantilla

Il y a trois jeux de cartes : au total 330 feuilles. Un jeu est établi sur le fonds de la carte des sols; un autre sur le fonds topographique (ou à défaut planimétrique) sans références aux sols, et un troisième avec l'indication des zones actuellement boisées (forêts naturelles ou plantées) d'après les indications portées sur les cartes d'utilisation actuelle du sol de la section géographie (P. Gondard)

De la carte d'érosion il est très facile de déduire les cartes de vocation forestière.

Il y a deux orientations :

1/ Les zones à reboiser

- Les régions de très fortes pentes supérieures à 70 % sont à laisser en forêt ou en végétation naturelle. Seul, le café dans certaines régions peut être cultivé.

Dans ces régions de très fortes pentes, la forêt aura surtout un rôle protecteur, l'exploitation des arbres étant difficile sauf cas de routes existant au bas des versants.

Les parties très érodées sont à reboiser impérativement à moins que de coûteux travaux antiérosifs puissent être entrepris si la profondeur des sols résiduels ou la nature du substratum, ou l'environnement humain le permettent et le justifient

Les trames sont de plus en plus foncées quand la reforestation, la protection du sol, les mesures antiérosives s'imposent

Dans les parties très érodées, sur cendre durcie, cimentée, la forêt aura surtout un rôle protecteur, la croissance des eucalyptus étant très lente.

Par contre, sur certains sols très peu profonds sans horizons différenciés correspondant à un substratum rocheux fissuré ou à des formations sédimentaires argileuses de type molasses, etc... la forêt pourra permettre une bonne production.

2/ Quelles essences forestières faut-il planter ?

La deuxième question à laquelle s'efforce de répondre la carte de vocation forestière, c'est l'aptitude des essences aux diverses conditions de climat et de sol.

L'ensemble des résultats d'expérimentation forestière menée en Equateur a été examiné et confronté à ceux que donne la littérature d'autres pays des Andes, avec quelques corrections dues à la latitude. On s'efforce de connaître pour chaque essence ou espèce, les conditions de l'environnement climatique, l'aptitude, la nature des sols en relation avec la croissance des arbres et la production quantitative ou qualitative de bois: **estimation de la hauteur des arbres à : 12,25,50 ans si on le peut.**

Il est donc possible d'indiquer par zones écologiques correspondant aux climats et aux sols et déduites des cartes de sols, quelles sont les essences à recommander ou à essayer.

La carte de vocation forestière a donc un double but : celui d'indiquer d'une part, les endroits qui méritent de préférence d'être reboisés ou laissés en forêt et d'autre part, quelles sont les essences qui conviennent le mieux, quelques soient les motivations qui peuvent inciter au reboisement.

## ZONIFICATION POTENTIELLE DES CULTURES

La zonification potentielle des principales cultures telle que nous l'avons réalisée dans la Sierra n'aurait pas la même justification dans d'autres régions de climat et de sols plus uniformes. C'est le contexte très particulier de ces régions accidentées aux climats très contrastés qui nous a incité à établir ces cartes.

Les cultures n'ont pas les mêmes exigences. Ce qui peut être un facteur limitant pour une culture, ne l'est pas nécessairement pour une autre et parfois c'est même l'inverse.

En choisissant seulement une seule culture, il est possible de ne sélectionner dans la carte des sols au 1/50 000 que ce qui a de l'importance dans l'optique de cette culture.

Les relations avec les autres plantes sont également indiquées, celles-ci pouvant entrer dans des rotations ou être associées.

Cette manière de procéder, culture par culture, permet d'indiquer également sur les cartes des données complémentaires qui concernent la zonification des variétés, la zonification des maladies ou du parasitisme. Il est possible d'indiquer les techniques culturales ou d'irrigation adaptées à chaque secteur cartographié, les besoins en éléments fertilisants ou amendements.

Il est ainsi possible sur ces cartes par culture de consigner toutes les informations qui peuvent être utiles pour les cultures et d'éviter que ne soient perdues certaines indications écrites ou orales, fruits d'expérimentations ou de l'expérience.

### EXEMPLE DE LA ZONIFICATION POTENTIELLE DU BLE

On a distingué :

1/ Les régions sèches où l'irrigation est nécessaire. Mais le blé est une culture rarement irriguée. Quand il y a de l'eau, on préfère d'autres spéculations plus rentables. De plus, la culture à plat ne facilite pas l'irrigation par gravité, comme c'est le cas de la culture en billons.

Les zones où l'irrigation est actuellement possible sur plus de 50 % ou moins de 50 % de la surface ont été indiquées (figuration d'après les cartes des géographes).

2/ Les régions où les rendements peuvent être fortement déprimés certaines années par la sécheresse. Une irrigation d'appoint est alors utile.

3/ Les régions convenant au blé sans limitations majeures mais convenant également à bien d'autres cultures qui sont indiquées.

4/ Les régions similaires mais plus froides et où des risques de gelées sont à craindre. En revanche, l'éventail des autres cultures possibles est plus restreint. Le maïs ne peut y croître (actuellement).

5-6/ Les régions où un excès d'humidité est à redouter, au moins certaines années, tant dans le sol que dans l'atmosphère, et enfin celles où des risques de gelées viennent aussi s'ajouter à cette contrainte.

La légende concernant le modèle et les structures agraires (dimension des propriétés) attire l'attention sur les possibilités, les difficultés ou l'impossibilité de mécaniser les opérations culturales et en particulier, d'effectuer la récolte à la moissonneuse batteuse, à la moissonneuse lieuse, etc...

Il y a deux jeux de cartes: au total 130 feuilles: un jeu sur le fonds carte des sols et un autre sur le fonds topographique ou à défaut plannimétrique provisoirement

### ZONIFICATION POTENTIELLE DU MAÏS (Deux jeux de cartes au total 80 feuilles + légende)

C'est à peu près les mêmes distinctions que pour le blé, mais sans les risques de gelées puisque le maïs ne croît pas aux altitudes où ces risques peuvent se rencontrer.

De plus, le maïs est plus aisé à récolter à la main que le blé, de sorte que les zones avec des pentes supérieures à 40 ou 50 % ont été maintenues pour le maïs lorsque les sols sont favorables, avec bien entendu les recommandations pour les mesures antiérosives à prendre. De plus la culture en billons convenablement établis limite l'érosion.

### ZONIFICATION POTENTIELLE DE LA POMME DE TERRE (Deux jeux de cartes au total 130 feuilles + légende)

C'est avec la fève (habas) et quelques autres plantes spécifiques des Andes, la culture qui accepte de prospérer le plus haut en altitude. La plante accepte aussi des régions plus humides. On l'observe sur les sols à allophane, ce qui n'est le cas que dans quelques régions pour le blé et pratiquement jamais pour le maïs au-dessus de 2000m d'altitude.

Les diverses zones envisagées sont sensiblement les mêmes que pour le blé, mais l'ensemble est nettement décalé vers les zones plus humides et plus froides.

Certaines régions humides et froides convenant à la pomme de terre, il est préférable d'essayer de donner à celle-ci le maximum d'extension, afin de libérer les terres des régions plus chaudes et plus sèches qui conviennent également à d'autres cultures laissant ainsi aux indiens qui habitent ces hautes altitudes des revenus rémunérateurs.

La culture en billon offre moins de risques à l'érosion que pour le blé de sorte que les fortes pentes peuvent, dans une certaine mesure, être utilisées moyennant les précautions antiérosives nécessaires. Néanmoins, ces zones très accidentées ont été indiquées clairement sur les cartes pour que leur abandon à moyen terme puisse être envisagé.

### ZONIFICATION POTENTIELLE DES PATURAGES NATURELS ET ARTIFICIELS

Le plus souvent, ce sont d'une part les régions très humides tempérées ou chaudes souvent ennuagées (généralement des sols à allophane) et d'autre part les parties accidentées non mécanisables en régions modérément humides qui conviennent le mieux.

Il y a aussi les pâturages extensifs des régions très froides où la culture est impossible.

Nous avons cru utile de distinguer trois classes de possibilités de mécanisation, car dans les régions très arrosées, les plantes adventices, les arbustes, broussailles, etc... reconquièrent très vite le terrain. Il nous a donc paru utile de savoir s'il est possible de passer le brush-cutter, partout, ou seulement dans certains sites, ou dans aucun endroit.

Les zones sèches, peu productives sans irrigation, ne sont pas indiquées, cela pourrait faire l'objet d'une autre série de cartes concernant les pâturages extensifs temporaires, la transhumance.

Ces cartes ne mentionnent que les pâturages pour lesquels les risques d'érosion sont limités si l'on prend certaines précautions élémentaires peu coûteuses.

Toutes les zones où le pâturage, surtout s'il est excessif, peut entraîner sauf cas d'aménagement onéreux, une forte dégradation des sols n'ont pas été indiquées sur ces cartes.

Dans certaines régions la productivité des pâturages peut rivaliser, ou dépasser, les meilleurs d'Europe. Une estimation de la charge animale a été indiquée.

Il y a deux jeux de cartes: un sur fonds carte des sols et l'autre sur fonds topographique (ou planimétrique à défaut) soit au total 190 feuilles + 8 légende

## AUTRES INDICATIONS CONCERNANT LES CARTES DE ZONIFICATION DES CULTURES

### Problème des variétés, des maladies, du parasitisme

Dans ces régions au climat très contrasté, les différences de comportement des variétés peuvent être considérables à peu de distances, mais les résultats identiques dans des régions homogènes, bien que parfois très éloignées. C'est ainsi qu'avec l'étirement en longueur de la Sierra et les effets au vent et sous-le-vent, il est possible de trouver des zones homogènes à plusieurs centaines de kilomètres de distance, alors que l'hétérogénéité est très importante à peu de distance localement, quelques kilomètres, et ceci pour les seules variations dues aux climats.

Suivant les secteurs, les problèmes phytosanitaires ne sont pas les mêmes. Par exemple, pour la pomme de terre, il y a la parasitisme par les insectes en régions relativement sèches, et les maladies cryptogamiques en climat humide, etc...

Y-a-t'il des régions d'étendues importantes pour lesquelles il n'y a pas d'indication sur les variétés à recommander - les surfaces justifient-elles des expérimentations multilocales. Les cartes de zonification peuvent contribuer à une meilleure planification des recherches variétales.

### Rotation de cultures

La possibilité d'effectuer une deuxième culture de fin de saison des pluies est à envisager. De même, les rotations de cultures pour éviter la propagation des nématodes, etc... si l'on veut limiter ou éviter les traitements.

### Facteurs humains, etc...

Les dimensions des parcelles, grandes ou petites, reflètent la dimension des propriétés et les structures agraires à défaut du cadastre : moyennes et grandes propriétés d'une part, minifundio d'autre part. Il est bien évident que les problèmes de récolte à la machine ne se posent pas dans les deux cas de la même façon.

De même, l'introduction de certaines techniques nouvelles, ou de variétés plus performantes, etc... ne se réalisera pas avec la même rapidité suivant la dimension des exploitations, l'ouverture d'esprit des agriculteurs.

Il faudra également tenir compte des ethnies (indiens). D'un village à l'autre, il peut y avoir ainsi de fortes variations du paysage agricole sans que les facteurs physiques soient très différents. Les exigences d'une autonomie alimentaire, la nature et la quantité des achats qui motivent l'obtention d'un surplus monétaire agricole ne sont pas les mêmes.

Les recommandations ne sont pas les mêmes pour des agriculteurs avertis ou des minifundistes

## ZONIFICATION D'AUTRES CULTURES

Beaucoup d'autres cultures secondaires, petits pois, fèves, etc... peuvent être reliées aux cultures principales. avec quelques modifications:orge,seigle, avoine.

Certaines zones d'altitude moyenne apparaissent comme très favorables pour la tomate. Actuellement, elles sont cultivées en Canne et exploitées de manière très primitive.

Ces cartes de zonification sont aussi effectuées pour le caféier, mais cette culture concerne aussi les terres chaudes de la côte et de l'Orient.

Le café est cultivé dans des régions à saison sèche bien marquée, en petites étendues disséminées sur le flanc Pacifique de la Cordillère. Quelles sont les zones où il est souhaitable de maintenir et d'intensifier les rendements et la qualité ? Quelles sont les zones où il paraît vain de porter les efforts de vulgarisation ou de crédits.

En Colombie, les meilleures plantations sont situées sur des sols à allophane en régions très humides d'altitude (1000 à 1700 m) en très fortes pentes. Or des régions tout à fait analogues existent en Equateur (C

## MISE A JOUR, MODIFICATIONS, DES CARTES

Toutes les cartes de zonification potentielle de cultures, sont établies sur les fonds cartes de sols. Il est donc possible à tout moment de les modifier si on le juge utile. Le fond carte des sols est au verso du calque, le dessin est réalisé au recto et peut donc être sans aucun problème, effacé par grattage ou complété sans qu'il y ait à refaire la carte à chaque fois.

Les cartes des sols et les cartes dérivées reportées sur des fonds planimétriques parfois de qualité très mauvaise, très déformés, pourront être refaites sur les nouveaux fonds topographiques lorsque ceux ci seront établis par l'IGME, en utilisant les contours portés sur les photographies aériennes

## CONTRIBUTION A LA PLANIFICATION AGRICOLE DU PAYS

Les cartes de zonification potentielle des cultures, complétées par les indications concernant les rendements, les variétés, la lutte phyto sanitaire, les infrastructures générales ou particulières (agro industrie) les structures agraires et facteurs humains, etc... la rentabilité des cultures dans diverses conditions, etc... permettent de mieux définir puis de donner des réponses, des alternatives, aux options politiques du gouvernement

## **IMPACT de ces CARTES de ZONIFICATION POTENTIELLE**

Tous les Départements (ou Programmes) du Ministère de l'Agriculture Blé/seigle/orge - Mais- Pomme de Terre- Paturages - Forêts, disposent de plusieurs albums de ces cartes avec les contre-calques polyester permettant de réaliser d'autres tirages. Le Programme de Régionalisation a pris en charge une partie des frais concernant la réalisation de ces travaux aux Antilles.

C'est avec le Département Forestier que la coopération a été la plus active (Ing. Mantilla) dans le cadre d'une convention séparée avec l'ORSTOM nous assurant un financement très substantiel des travaux de dessin réalisés aux Antilles.

Toutes les antennes du Département forestier dans chacune des Provinces disposent ainsi d'albums de cartes concernant leurs régions.

Durant la première année qui a suivi leur parution, 10.000 feuilles des cartes de Zonification potentielle des Forêts et des essences à recommander ou à essayer, ont été distribuées dans le pays et vendues au prix de revient du tirage réalisé à Quito par le Département forestier.

Le Département forestier avait envisagé la réalisation d'un travail un peu similaire au moins par certains cotés, dans les régions chaudes cotières à l'échelle du 1/100.000. Un financement substantiel destiné à l'ORSTOM comme ce fut le cas pour les cartes de la Sierra avait été demandé, mais à la disparition brutale de l'Ingénieur Mantilla, principal animateur, ce projet fut mis en sommeil.

Lors de la réunion de synthèse organisé par l'ORSTOM, qui s'est tenue à Paris durant trois jours en 1995 le représentant du Ministère de l'Agriculture (Ing. Suarez) auquel il avait été demandé de conclure ces journées de discussions, n'a évoqué que ces cartes de Zonification Potentielle des cultures et des forêts, sans mentionner d'autres études de l'ORSTOM, indiquant la nécessité prioritaire de les poursuivre.

Quelques cartes avec les légendes ont été diffusées en 7 albums cartonnés SPECIMEN dans plusieurs pays ayant des conditions naturelles plus ou moins similaires. Elles ont été à l'origine de l'implantation par François Colmet-Daage de la mission ORSTOM en Colombie et ont contribué avec d'autres études à sa propre implantation en Argentine.

Ces cartes ont été présentées et des albums "spécimen" diffusés à l'occasion des congrès internationaux en Chine, Rwanda, Java/Sumatra, auxquels nous avons été invités à venir participer avec prise en charge des voyages, séjours et excursions par les organisateurs, et également dans des congrès nationaux en Colombie, au Venezuela, au Chili ainsi qu'en Nouvelle Zélande où des travaux, un peu similaires, ont été réalisés sur la base des cartes de sols à 1/50.000ème qui concernent l'ensemble des deux îles.

A l'issue du 4<sup>th</sup> Soil Classification Workshop on Volcanic ash soils au Rwanda, le SMSS du Dept. of Agriculture US, intéressé par nos travaux en Equateur et au Chili me chargea des démarches pour organiser le 5<sup>th</sup> dans ces deux pays.

#### AUTRES CARTES de ZONIFICATION qu'il eut été INTERESSANT de REALISER

Pour les cultures fruitières, la zonification a une importance considérable. Presque tous les fruitiers tempérés et tropicaux sont possibles dans la Sierra, mais chacun doit être placé dans le micro-environnement qui lui convient le mieux. De plus, la zonification n'a de sens que si l'on tient compte des débouchés probables. Même si ceux-ci sont fortement optimisés, les surfaces nécessaires n'ont pas besoin d'être considérables. Il y a aussi des exigences particulières pour l'irrigation, les sols, le problème des gelées aux époques de floraison, etc... Bien des sols de sables grossiers actuellement inutilisés pourraient convenir aux cultures fruitières si l'irrigation au goutte à goutte, microjet... était possible.

#### Zonification des déficiences majeures dans les sols

Tous les agriculteurs de la Sierra connaissent les engrais chimiques. Beaucoup, même parmi les plus petits, les utilisent au moins en tête d'assolement ou pour certaines cultures rémunératrices : tabac, légumes ...

Les prix des engrais ayant considérablement augmenté à partir des années -1981, nombreux sont les agriculteurs qui nous ont fait part de leur hésitation à les employer désormais, ou avec les mêmes quantités et fréquences qu'autrefois.

La zonification des déficiences majeures permettra de délimiter les endroits où les engrais classiques ternaires ne donnent pas les résultats escomptés et sont dans une certaine proportion gaspillés, tant que l'on n'aura pas remédié aux causes essentielles de l'infertilité du sol. Il s'agit souvent de fortes déficiences en phosphates, de toxicités aluminiques, etc...

Suite aux interventions de certains chercheurs ORSTOM incompetents, tous ces travaux de Zonification Potentielle des cultures et des forêts dérivant des cartes des sols de la Sierra ont été unilatéralement et brusquement interrompus par l'ORSTOM en 1983.

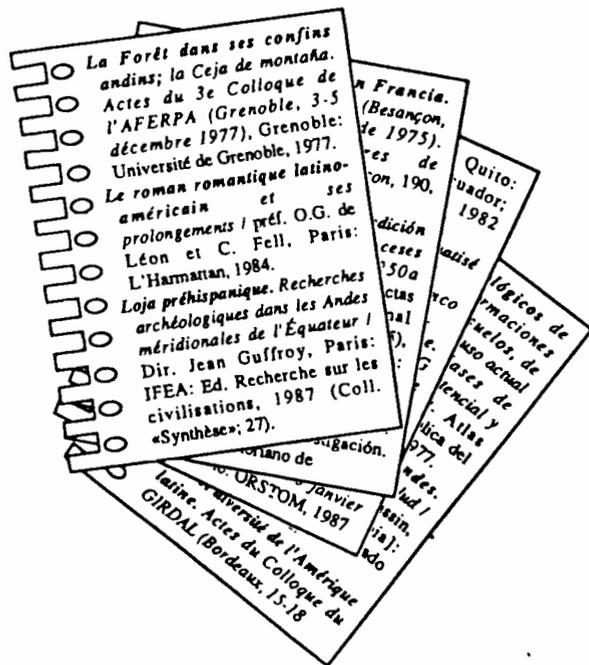
Presque toutes les publications concernant l'Equateur sont incluses dans les 27 volumes à couverture cartonnée, reliés par Gautheyrou en 10 exemplaires. Publications ORSTOM Antilles

# BIBLIOGRAFIA FRANCESA

## SOBRE EL ECUADOR

(1968 - 1993)

CIENCIAS HUMANAS, SOCIALES Y DE LA TIERRA



MAISON DES PAYS IBÉRIQUES  
CORPORACION EDITORA NACIONAL

33

0271

COLMET-DAAGE (F.).-"Études préliminaires des régions bananières de l'Équateur".-*Fruits* (Paris), Vol. 17, 1, 1962, pp. 3-21.

0272

COLMET-DAAGE (F.).-"The volcanic ash soils of Ecuador".-*Conferences Univ.Cornell*, Ithaca-N.Y., 1975, 30 pp.

0273

COLMET-DAAGE (F.).-*Cartografía de los suelos en la Sierra ecuatoriana y cartas derivadas : métodos y objetivos*.-Quito : ORSTOM : PRONAREG, 1979, 16 pp.

0274

COLMET-DAAGE (F.).-"Current programs, problems and strategies for land clearing and development on volcanic soils".-*Workshop tropical land clearing for sustainable agriculture*, Java (Sumatra)-Bangkok (Thailand) : IBSRAM, 1986, pp. 195-206.

0275

COLMET-DAAGE (F.).-"Managements of forest soils in relation to the development and utilisation of upland soils".-*Int. conf. of management and fertilisation of upland soils, Nanking (China)*, 1985, 15 pp.

0276

COLMET-DAAGE (F.).-"The Andisols of central and South America".-*4th Int. soil classification workshop*, Rwanda : Publ. SMSS, 1981, 8 pp.

0277

COLMET-DAAGE (F.).-*Sélection de profils de sols de l'Équateur. Descriptions et analyses*.-Quito : ORSTOM, 1967-1982 (Publ. ORSTOM-Antilles).

36

0298

COLMET-DAAGE (F.), SEMBRANO VELASQUEZ (H.), GONZALEZ (A.).-*Zonificación potencial de cultivos en la Sierra del Ecuador : Pastizales*.-Publ. ORSTOM-PRONAREG, 1980, 190 hojas a 1/50 000, 6 pp. de mapas.

0299

COLMET-DAAGE (F.), TOLEDO (P.), GONZALEZ (G.), BEDOYA (J.), LARREA (A.).-*Cartes des sols de la Sierra de l'Équateur avec régimes thermiques, hydriques, pentes*.-Quito : ORSTOM : PRONAREG, 1979, 155 hojas a 1/50 000 formato 44 x 60.

0300

COLMET-DAAGE (F.), VELASQUEZ (H.), CARRION (J.), AREVALO (A.).-*Zonificación potencial de cultivos en la Sierra del Ecuador. Papa*.-Quito : ORSTOM : PRONAREG, 1979, 130 hojas a 1/50 000 formato 44 x 60.

0301

COLMET-DAAGE (F.), VELASQUEZ (H.).-*Zonificación potencial de cultivos en la Sierra del Ecuador : Maíz*.-Quito : ORSTOM : PRONAREG, 1980, 80 hojas.

0278

COLMET-DAAGE (F.)... [et al.].-*Cartes de l'érosion et de la susceptibilité à l'érosion de la Sierra de l'Équateur*.-Quito : ORSTOM : PRONAREG, 1979, 85 hojas a 1/50 000.

0279

COLMET-DAAGE (F.)... [et al.].-"Clay mineralogy of volcanic ash soils in Antilles, Ecuador, Nicaragua".-*Actes du Congrès IICA-FAO : Volcanic soils in Latin America*, Turrialba (Costa Rica) : IICA : FAO, 1969, B2, pp. 1-11.

0280

COLMET-DAAGE (F.)... [et al.].-*Sols à aluminium actif avec montmorillonite, chlorite illite, vermiculite et interstratifiés réguliers ou irréguliers : Chili, Argentine, Antilles, Ecuador, Pérou, Nicaragua*.-1<sup>er</sup> ed.-Comahué (Argentine) : INTA : ORSTOM, 1991, 170 pp.

0281

COLMET-DAAGE (F.), BARRIGA (E.).-*Zonificación potencial de cultivos en la Sierra del Ecuador : Trigo*.-Quito : ORSTOM : PRONAREG, 1980, 130 hojas a 1/50 000, 7 pp. de mapas.

0282

COLMET-DAAGE (F.), CUCALON (F.).-"Caractéristiques hydriques de certains sols des régions bananières d'Équateur".-*Fruits* (Paris), Vol. 20, 1, 1965, pp. 19-23.

0283

COLMET-DAAGE (F.), DELAUNE (M.), GAUTHEYROU (J.), GAUTHEYROU (M.), MOREAU (B.).-"Caractéristiques de quelques sols d'Équateur dérivés de cendres volcaniques. 1<sup>ère</sup> partie : régions tropicales humides".-*Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, 1, 1967, pp. 1-38.

0284

COLMET-DAAGE (F.), DELAUNE (M.), GAUTHEYROU (J.)... [et al.].-"Caractéristiques de quelques sols d'Équateur dérivés de cendres volcaniques. 2<sup>e</sup> partie : formation et évolution des sols".-*Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, V, fasc.4, 1967, pp. 53-92.

0285

COLMET-DAAGE (F.), GAUTHEYROU (J.), GAUTHEYROU (M.), KIMPE (C. de), DELAUNE (M.), SIEFFERMANN (G.), KOKOUI (M.).-"Caractéristiques de quelques sols d'Équateur dérivés de cendres volcaniques. 3<sup>e</sup> partie : régions tempérées et tropicales, comparaison".-*Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, VII, fasc.4, 1969, pp. 495-560.

0286

COLMET-DAAGE (F.), DIAZ (F.), GAUTHEYROU (J.), GAUTHEYROU (M.), TAZAN (F.).-"Características de algunos suelos de aluvión de la zona oriental de la Provincia de Guayas".-*Banano Ecuador*, Vol. 1, Fasc.1, 1968, pp. 9-12.

0287

COLMET-DAAGE (F.), DELAUNE (M.), GAUTHEYROU (J.)... [et al.].-*Caractéristiques de quelques sols d'Équateur dérivés de cendres volcaniques. 4<sup>e</sup> partie : Sols d'altitudes et paramons*.-Quito : ORSTOM, 1973, 50 pp. (Publ. de l'ORSTOM-Antilles ; 78).

0288

COLMET-DAAGE (F.), GAUTHEYROU (J.), ALMEIDA (G.).-*Caractéristiques et propriétés hydriques de quelques sols de l'Amazonie équatorienne*.-Quito : ORSTOM, 1975, 31 pp. (Publ. de l'ORSTOM-Antilles ; 88).

0289

COLMET-DAAGE (F.), GAUTHEYROU (J.), GAUTHEYROU (M.), KIMPE (C. de).-"Étude des sols à allophane dérivés de matériaux volcaniques des Antilles et d'Amérique latine à l'aide de techniques de dissolution différentielle. 1<sup>ère</sup> partie : Équateur, Chili, Nicaragua".-*Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, IX, fasc.2, 1973, pp. 97-120.

0290

COLMET-DAAGE (F.), GAUTHEYROU (J.), GAUTHEYROU (M.).-"Dispersion et étude des fractions fines de sols à allophane des Antilles et d'Amérique latine : 2<sup>e</sup> partie : Équateur, Chili, Costa Rica".-*Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, X, fasc. 3, 1973, pp. 219-241.

0291

COLMET-DAAGE (F.), GAUTHEYROU (J.), GAUTHEYROU (M.).-"Soil association on volcanic material in tropical America".-*Int. conf. soils caribbean and tropical America*, Publ. Tropical Agric., Vol. 151, 2, 1974, pp. 121-128.

0292

COLMET-DAAGE (F.), GAUTHEYROU (J.), GAUTHEYROU (M.).-"Contribution à l'étude des propriétés et de la nature des sols à allophane des Antilles et d'Amérique latine : Équateur, Costa Rica, Nicaragua".-*2<sup>e</sup> panel volcanic ash soil Latin America*, Pasto (Colombia) : IICA : OEA, 1973, 20 pp.

0293

COLMET-DAAGE (F.), GONDARD (P.), VELASQUEZ (H.), SOTALIN (G.).-"Factores de variación entre la utilización potencial y la utilización actual del suelo".-*6th Int. soil classification workshop (Chile, Ecuador) : Taxonomy and management of andisols*, Washington : SMSS ; Santiago de Chile : PUCC, 1985, 18 pp.

0294

COLMET-DAAGE (F.), GONDARD (P.), SOTALIN (G.), VELASQUEZ (H.).-"Facteurs de variation entre l'utilisation potentielle et l'utilisation actuelle des sols dans les Andes équatoriennes".-*Boletín de la Sociedad de Pedología de Ecuador (Quito)*, número extraordinario, 1984, pp. 82-100.

0295

COLMET-DAAGE (F.), GONZALEZ (A.).-"Deep soils from the Andes altitudes with 14° or interstratified clay minerals and extractable aluminium".-*4th Int. soil classification workshop*, Rwanda : Publ. SMSS, 1981, 3 pp.

0296

COLMET-DAAGE (F.), KIMPE (C. de), GAUTHEYROU (J.), GAUTHEYROU (M.), FUSIL (G.).-"Dispersion et étude des fractions fines des sols à allophane des Antilles et d'Amérique latine : 1<sup>ère</sup> partie : Équateur, Nicaragua, Costa Rica".-*Cahiers ORSTOM. Série Pédologie*, X, Fasc.2, 1972, pp. 169-191.

0297

COLMET-DAAGE (F.), MANTILLA (O.), VELASQUEZ (H.).-*Zonificación potencial forestal con recomendación de especies adaptadas Sierra-Ecuador*.-Quito : ORSTOM : PRONAREG, 1981, 330 hojas a 1/50 000 formato 44 x 60.

LES CARTES de SOLS et de ZONIFICATION POTENTIELLE des CULTURES et des FORÊTS dans la SIERRA de l'EQUATEUR : QUITO de 1979 à 1981

Au total 1100 feuilles de format 44x60cm +70 feuilles de légendes  
Forêts et reboisement HORIZON:

28- 1981 COLMET-DAAGE, François; MANTILLA Osvaldo; VELASQUEZ H;  
cartes Zonificación potencial forestal con recomendación de especies adaptadas Sierra del Ecuador 1981 QUITO -ORSTOM-PRONAREG 330 feuilles à 1/50.000 è de format 44x60 cm soit sur fonds topographique, soit sur fonds carte des sols, soit aussi avec les forêts actuelles. +20 feuilles légende

Maïs HORIZON:

29- 1980 COLMET-DAAGE, François; VELASQUEZ H; Zonificación potencia l  
cartes de cultivos en la Sierra del Ecuador- Maiz (Maïs) 1980 QUITO ORSTOM-PRONAREG 80 feuilles de format 44x60 cm à 1/50.000 è soit sur fonds carte des sols soit sur fonds topographique.

Paturages HORIZON:

30- 1980 COLMET-DAAGE, François; SEMBRANO, VELASQUEZ H; GONZALEZ, A;  
cartes Zonificación potencial de cultivos en la Sierra del Ecuador Pastizales (paturages) 1980- QUITO., Publi. ORSTOM-PRONAREG 190 feuilles à 1/50.000ème de format 44x60 cm soit sur fonds carte des sols, soit sur fonds topographique. +8 f. légende

Pomme de terre HORIZON:

31- 1979 COLMET-DAAGE, François, VELASQUEZ H.; CARRION J; AREVALO A;  
cartes Zonificación potencial de cultivos en la Sierra del Ecuador papa (pomme de terre) 1979 QUITO-ORSTOM-PRONAREG - 130 feuilles de format 44x60 cm soit sur fonds carte des sols soit sur fonds topographique. à 1/50.000 è +10 feuilles legende

Blé HORIZON:

32- 1980 COLMET-DAAGE, François; BARRIGA E. Zonificación potencial de  
cartes cultivos en la Sierra del Ecuador Trigo (blé) QUITO 1980. i. ORSTOM-PRONAREG 130 feuilles à 1/50.000 ème soit sur fonds topographique, soit sur fonds cart des sols. +10p légende

Erosion HORIZON:

33- 1979 COLMET-DAAGE, François; et al. Cartes de l'érosion et de la  
cartes susceptibilité à l'érosion de la Sierra de l'Equateur QUITO Publ. ORSTOM-PRONAREG 1979 85 feuilles de format 44x60 cm à 1/50.000 è +4p legende

Les sols HORIZON:

34- 1979 COLMET-DAAGE, François; TOLEDO Patricio; GONZALEZ, G.; BEDOYA J;  
cartes LARREA A; Cartes des sols de la Sierra de l'Equateur avec les régimes thermiques et hydriques, les pentes. 1979 QUITO Publi, ORSTOM-PRONAREG 155 feuilles à 1/50.000 è +13 feuilles légende

SOLS - CARTOGRAPHIE - REGIMES HYDRIQUES et THERMIQUES -EROSION  
PENTES- ZONIFICATION POTENTIELLE -CULTURES-FORETS -APTITUDES- EQUATEUR

Ces cartes ont été établies en deux exemplaires: l'un sur le fonds de la carte des sols (ou d'érosion) afin de faciliter les modifications éventuelles ultérieures et un autre sur le fonds topographique pour mieux se repérer (sauf s'il manque)

Présentation en album à couverture cartonnée de l'ensemble ou par Provinces.

Notice explicative HORIZON:

Reproduite aussi en deux feuilles de format 45x60cm annexées aux légendes.

35- 1979 Colmet-Daage François; Cartografía de los suelos en la Sierra Ecuatoriana y  
cartas derivadas: objetivos -1979- 16 pages en français, traduite en espagnol et en anglais -1979 -PRONAREG-ORSTOM-QUITO CARTOGRAPHIE -METHODOLOGIE  
SOLS-ZONIFICATION- POTENTIALITES -APTITUDES-CULTURES-FORETS-EQUATEUR