

Etude pour la localisation d'une plantation industrielle de palmiers à huile (1)

A. — LES CRITÈRES DE CARACTÉRISATION DU MILIEU (suite)

III. — LES SOLS

Les sols interviennent, après le climat, pour déterminer les productions potentielles. On devra apporter un soin particulier à leur choix, surtout dans les situations où le climat intervient déjà comme un facteur limitant.

1. — Les principaux types de sol plantés en palmier à huile [8, 9].

a) Les sols ferrallitiques (souvent désaturés ou très désaturés), formés sur des dépôts sédimentaires anciens ou sur des roches anciennes très souvent acides, sont les plus fréquemment utilisés. Cette classe comporte des types de sol très diversifiés par leurs caractéristiques physiques, chimiques et leur évolution. Ils sont souvent très hétérogènes, même à l'intérieur de surfaces réduites. Leur aptitude pour la culture du palmier à huile est extrêmement variable, toutes autres conditions étant égales par ailleurs et elle dépend principalement de leurs caractéristiques physiques.

b) Les sols d'alluvions anciennes ou récentes sont aussi largement utilisés, mais leur extension est plus localisée. Ce sont d'excellents sols, surtout s'ils présentent une nappe phréatique à faible profondeur dont on peut assurer un contrôle permanent. Le rabattement de la nappe phréatique, le contrôle des eaux de pluie excédentaires et parfois le contrôle des débordements des rivières, nécessitent souvent la mise en place des travaux spéciaux d'aménagement cités dans les « Conseils » N° 264, II, 1) (1).

c) Les sols formés sur des matériaux d'origine volcanique et situés dans des régions à bonne climatologie, procurent les productions les plus élevées.

d) Les sols organiques et tourbeux peuvent être également utilisés sous certaines conditions (importance de la fraction minérale, évolution et profondeur de la tourbe).

Compte tenu de la diversité des sols [8, 9], il n'est pas possible de décrire dans cet article le profil idéal pour chacun d'eux. Cependant, on peut donner un certain nombre de critères d'ordre général [10], qui permettent de porter un jugement sur la valeur agronomique des sols qui dépend à la fois des caractéristiques physico-chimiques et du climat.

2. — Les caractéristiques physiques.

Comme la plupart des plantes cultivées, le palmier à huile a besoin d'un sol meuble et profond.

a) Texture.

Le palmier s'adapte à une large gamme de textures, des sablo-argileuses légères aux argileuses. Par contre, les textures extrêmes peuvent ne pas convenir dans toutes les situations.

Les sables purs totalement lessivés en argile, pauvres en matière organique et en éléments minéraux assimilables, sont à éliminer. Mais des sols sableux contenant 15 p. 100 d'éléments fins (argile + limon) peuvent convenir. Une teneur plus faible peut être acceptée en l'absence de toute saison sèche ou en présence d'une nappe phréatique, ou si la teneur en bases totales des sables est élevée.

Les sols très argileux (teneur en argile supérieure à 80 p. 100), peuvent ne pas convenir quand la richesse en argile s'accompagne d'une très forte compacité en saison sèche, avec éventuellement l'apparition de fentes de retrait pour certains types d'argiles dites « gonflantes ». A l'inverse, ces sols peuvent présenter un mauvais drainage interne en saison des pluies. La structure de ces formations doit donc être décrite avec soin au moment des études de terrain. Il est possible de l'améliorer par le sous-solage et la création d'ados.

La présence d'un horizon très compact à faible profondeur (moins de 80 cm), « claypan », « hardpan », qui peut avoir des origines très diverses, est en général défavorable. Le tassement du sol peut d'ailleurs faire suite à l'utilisation d'engins mécaniques pesants, ayant servi à la création et à l'exploitation de la plantation, ce qui pose alors un problème de régénération lors du renouvellement de la palmeraie. Notons que, sur un plan général, une augmentation progressive de la texture et de la compacité avec la profondeur est préférable à des changements brusques de ces caractéristiques dans le profil.

L'observation sur le terrain et les analyses de laboratoire permettent de définir des *séries texturales*, et d'effectuer un classement.

b) Les éléments grossiers.

Ce sont tous les éléments, non organiques, mélangés à la terre fine et dont la taille est supérieure à 2 mm. Ils sont

(1) Le début de cet article a paru dans le numéro précédent d'*Oléagineux*, « Conseils de l'IRHO », N° 264 (41, N° 3, p. 113-118)

d'origines diverses : fragments de roches-mères, quartz, gravillons ferrugineux et magnésiens, débris de cuirasse, galets de rivière, etc. Leur taille peut varier de quelques mm (graviers) à plusieurs dizaines de cm (pierre). Ils constituent un milieu défavorable car ils peuvent faire obstacle au développement des racines et réduisent les réserves en eau du sol. Leur effet est d'autant plus néfaste que leur taille est importante et que le déficit hydrique climatique est élevé. Le classement des sols est alors basé sur l'épaisseur, la profondeur des horizons contenant les éléments grossiers, l'abondance et la taille de ceux-ci. Ces critères permettent de définir des *séries dites gravillonnaires*.

c) L'hydromorphie.

Un terrain engorgé pendant plusieurs mois, à partir de la surface ou d'une faible profondeur, ne peut être utilisé tel quel. Mais surtout, si les autres caractéristiques sont satisfaisantes, il est possible, après assainissement et drainage, de disposer d'un excellent site pour réaliser une plantation. Il n'est pas nécessaire que le rabattement de la nappe phréatique soit très important ; quelques dizaines de centimètres suffisent. Par contre, il est préférable d'éviter que le niveau de cette nappe subisse de grandes amplitudes au cours de l'année car l'eau serait hors d'atteinte du système racinaire en saison sèche.

La situation hydraulique des sols au moment de l'étude permet de définir des *séries hydromorphes*.

3. — Les caractéristiques chimiques du sol.

La plupart des sols ferrallitiques sont acides et ont des teneurs faibles en un ou plusieurs éléments minéraux assimilables, nécessaires aux plantes. Par contre, en général, les sols alluviaux et les sols d'origine volcanique sont mieux pourvus. Sauf pour des cas de pauvreté extrême, il est toujours possible de corriger de façon rentable les carences minérales par l'apport d'engrais.

On a pu définir, pour les sols ferrallitiques, des teneurs en matière organique et en éléments minéraux en dessous desquelles la nutrition des plantes peut être déficiente ou carencée (Tabl. IV).

TABLEAU IV.

Sols ferrallitiques : niveaux de déficience pour les principaux éléments nutritifs		
(Couche superficielle (0-20 cm))		
Carbone	1 p. 100	(en dessous : proportion insuffisante de matière organique).
Azote minéral	1 p. 1000.	
Phosphore total	300/400 ppm.	
Phosphore assimilable Olsen.	30 ppm.	
Phosphore assimilable Bray.	15 ppm.	
K ⁺ échangeable	0,20 meq/100 g.	
Mg ⁺⁺ échangeable	0,40 meq/100 g.	
Ca ⁺⁺ échangeable	pas de niveau connu	
pH eau	pas de niveau connu (pH4 convient encore)	

Jusqu'à ce jour, il n'y a pas de cas connu de sol présentant une toxicité aluminique pour le palmier.

Au niveau des oligoéléments on connaît des cas fréquents de carence en bore, et des cas moins fréquents de carence en cuivre et en zinc (sols tourbeux essentiellement, mais aussi sols minéraux).

B. — ÉTUDE ET CARTOGRAPHIE DES TERRAINS

I. — Préparation des études de terrain.

Il existe plusieurs types d'étude en fonction du degré de connaissance recherché [11]. Mais dans tous les cas, l'agropédologue devra effectuer un certain nombre d'opérations préliminaires pour utiliser toutes les informations connues. Il devra réviser successivement :

a) Les relevés météorologiques.

b) Les cartes géographiques et topographiques qui permettront de diviser la région à étudier en types de « paysages », dont certains pourront être éliminés d'emblée, pour :

- abondance de pentes fortes,
- extrême division du réseau hydrographique,
- présence de larges zones marécageuses ou inondables difficiles à mettre en valeur,
- présence de zones très anciennement cultivées faisant craindre des risques d'érosion et d'épuisement des sols,
- tout autre accident incompatible avec une plantation rationnelle de palmiers à huile.

c) Les photographies aériennes complètent l'étude des cartes géographiques. Elles permettent en outre de cartographier les différents types de végétations et, dans certains cas, de tracer les limites de larges associations de sols. La télédétection apporte aussi sa contribution au niveau des études régionales. Elle sera de plus en plus utile, à mesure que le pouvoir de résolution des « images » données par les satellites, augmentera.

d) Toutes les cartes géologiques et pédologiques existantes, surtout lorsqu'elles ont été établies en vue d'une interprétation agronomique des sols. De toutes façons, ces cartes définissent déjà certaines « unités », qui permettent d'orienter les phases ultérieures de travail.

II. — Les études de reconnaissance.

Les prospections de reconnaissance peuvent être effectuées à des échelles très diverses. La précision et la densité des renseignements recueillis dépendent de la connaissance préalable que l'on a de la région, de la superficie à étudier et du temps imparti. Elles ont pour but de vérifier et de compléter les informations tirées des documents. Elles doivent aboutir à un jugement de valeur global, sur l'aptitude agronomique de chaque type de paysage, afin qu'il soit possible de localiser les secteurs qui pourront faire l'objet d'études plus détaillées. Dans la plupart des cas, elles sont suffisantes pour établir une *étude de pré faisabilité du projet*. Parfois, dans le cas de certains types de paysages monotones, elles peuvent même suffire pour établir l'*étude de faisabilité*.

Dans la plupart des cas, l'agropédologue parcourt le terrain avec un personnel réduit. Le réseau de layonnage sera peu dense et sera surtout constitué de « layons dirigés » (1) ouverts dans des emplacements précis (étude de toposéquence le plus souvent), choisis après l'étude des documents (caractérisation des unités identifiées sur cartes ou sur photos). On n'utilisera le layonnage systématique, mais à très large maille, que si la zone est totalement dépourvue

(1) Layons : chemins rectilignes ouverts dans la forêt à l'aide d'appareils optiques de géomètre. En zone défrichée il suffit de jalonner des chemine-
ments.

de voie de communication, ce qui est, au demeurant, relativement fréquent.

III. — Les études semi-détaillées.

Elles consistent à poursuivre l'étude des secteurs retenus à l'issue des reconnaissances. Les observations seront effectuées sur un réseau plus ou moins systématique de layons parallèles, à équidistance, variant de 2 km à 1 km, selon l'hétérogénéité des paysages. La direction des layons tiendra compte de l'orientation générale du modelé, de façon qu'ils soient aussi perpendiculaires que possible au sens d'écoulement du réseau hydrographique. Si aucune direction générale nette du modelé ne se dégage, ce qui est assez souvent le cas, les layons seront alors, par simplification, ouverts selon les directions Est-Ouest ou Nord-Sud. Des layons perpendiculaires aux premiers pourront également être ouverts, à équidistance, de 2 ou 1 km. Le réseau de layonnage doit être implanté avec précision par rapport à des repères connus, pour pouvoir être ensuite transposé sans erreur sur carte.

Les effectifs nécessaires pour effectuer les différents travaux de terrain (ouverture des layons, observations diverses, prises des échantillons de sol...) et qui sont placés sous l'autorité d'un agropédologue, peuvent être de plusieurs dizaines de personnes. Par ailleurs, les besoins en matériel (théodolite, boussoles, appareils d'arpentage, tarières, clisimètres, sacs pour échantillons, matériels de campement) et en véhicules (4 × 4, transport du personnel), peuvent être importants, parfois des bateaux sont nécessaires. L'ouverture des layons demandera beaucoup de temps à l'agropédologue, s'il en est directement chargé. Une bien meilleure méthode, très courante en Amérique latine, consiste à sous-contracter, par appel d'offres, ce travail à des géomètres professionnels.

En général, ces études permettent de délimiter sur cartes et par grandes masses, les zones plantables. Dans la plupart des cas, les sociétés de plantations et les organismes de financement estiment que ce degré de précision est suffisant pour établir l'étude de faisabilité.

IV. — Les études détaillées d'aménagement.

Elles aboutissent à la localisation précise des parcelles de plantation, en indiquant en plus tous les emplacements des routes, des ponts, des travaux spéciaux d'aménagement

Elles sont indispensables pour que le réalisateur évite de travailler à l'aveuglette. La plupart du temps, elles sont effectuées successivement pour chaque programme annuel de plantation par le maître d'œuvre lui-même. Leur coût est alors inclu dans le devis d'investissement. Parfois, dans des cas de paysages très hétérogènes, ou à la demande du maître d'œuvre lui-même, elles peuvent être effectuées immédiatement après les études semi-détaillées. Elles augmentent alors sensiblement le coût global de l'étude de faisabilité, avant d'avoir la certitude que le projet sera financé.

Elles consistent à densifier le réseau de layonnage initié lors des études semi-détaillées et à éliminer progressivement les zones les moins favorables. Dans les cas les plus complexes, le réseau de layonnage se termine dans les zones retenues par des layons orientés en général Est-Ouest, équidistants de 250 m et qui se superposent aux futures pistes de collecte, dont on connaît ainsi le tracé.

V. — Les observations.

Les relevés concernant la topographie, l'hydrographie et la végétation sont effectués en « continu » sur tous les layons. Les séries de sol sont définies par des études de profils, réalisés sur parois de fosse et leurs variations spatiales par des prélèvements effectués à la tarière. La fréquence des points d'observation (maximum 10 points de sondage à la tarière par kilomètre) dépend de l'hétérogénéité des sols.

VI. — Échelle des documents cartographiques.

- Etude de reconnaissance : échelle 1/100 000^e ;
- Etude semi-détaillée : échelle 1/50 000^e ;
- Etude détaillée : échelles 1/20 000^e à 1/10 000^e ;
- Les cartes fournies peuvent être les suivantes :

- localisation de la zone d'étude,
- modelé : topographie, hydrographie,
- types de végétations,
- types de sol (séries, classes agronomiques),
- zones plantables,
- plan d'aménagement parcellaire dans le cas des prospections détaillées.

J. OLIVIN.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] SURRE C. (1968). — Les besoins en eau du palmier à huile. Calcul du bilan en eau et ses applications pratiques. Conseils de l'IRHO N° 71 (trilingue), *Oléagineux*, 23, N° 3, p. 165-167.
- [2] TAILLIEZ B. (1975). — Aménagement des terrains vallonnés et accidentés pour la plantation du palmier à huile. Conseils de l'IRHO N° 152 (trilingue) *Oléagineux*, 30, N° 7, p. 299-302.
- [3] PRALAIN J. (1969). — Les aménagements routiers en palmeraies industrielles. Les passages d'eau. Conseils de l'IRHO N° 86 (trilingue). *Oléagineux*, 24, N° 7, p. 395-400.
- [4] HUGUENOT R. (1966). — La construction des routes en digues sur les plantations. Conseils de l'IRHO N° 49 (trilingue) *Oléagineux*, 21, N° 3, p. 155-157.
- [5] HUGUENOT R. (1966). — La rectification du cours des rivières en palmeraie industrielle. Conseils de l'IRHO N° 57 (trilingue) *Oléagineux*, 21, N° 12, p. 735-736.
- [6] DELVAUX R. (1967). — La construction mécanique des terrasses pour le palmier à huile. Conseils de l'IRHO N° 58 (trilingue) *Oléagineux*, 22, N° 1, p. 13-14.
- [7] ARRIBAS C., HUGUENOT R. (1984). — Utilisation de tracteurs à chenilles à faible pression au sol. Conseils de l'IRHO N° 243 (trilingue). *Oléagineux*, 39, N° 4, p. 201-204.
- [8] LAUZERAL A. (1980). — Les sols d'Amérique latine et la culture du palmier à huile (bilingue fr.-esp.) *Oléagineux*, 35, N° 11, p. 477-490.
- [9] NGUYEN HUGO VAN, OLIVIN J., OCHS R. (1984). — Sols à palmiers à huile et à cocotiers en Afrique de l'Ouest (bilingue fr.-angl.) *Oléagineux*, 39, N° 3, p. 117-129 ; N° 4, p. 189-200.
- [10] OLIVIN J. (1968). — Etude pour la localisation d'un bloc industriel de palmiers à huile (I) *Oléagineux*, 23, N° 8-9, p. 499-504.
- [11] OCHS R., OLIVIN J. (1969). — Etude pour la localisation d'un bloc industriel de palmiers à huile (II) *Oléagineux*, 24, N° 3, p. 125-132.

Study for the siting of a commercial oil palm plantation (1)

A. — CRITERIA FOR ENVIRONMENTAL CHARACTERIZATION (Continued)

III. — SOILS

Soils come into consideration after climate in determining potential production. Particular care should be given in choosing them, especially when the climate is already a limiting factor.

1. — The main types of soil planted with oil palm [8, 9].

a) **Ferrallitic soils** (often desaturated or very desaturated) formed on old sedimentary deposits or on old and very often acid rocks, are the most frequently used. This category includes a range of soils varying considerably in their physical, chemical, and evolutionary characteristics. They are often very heterogeneous, even within limited areas. Their suitability for oil palm cultivation is extremely variable, and it mainly depends on their physical characteristics, when all other conditions are equal.

b) **Soils made up of old or recent alluvial deposits** are also widely used, but their extent is more localized. They are excellent soils, especially if the water table is not very deep down, enabling continual monitoring. Lowering of the water table, control of excess rain water, and occasional control of river overflows often make it necessary to carry out the special land development work mentioned in the previous issue of *Oleagineux* (IRHO Advice N° 264, § II, 1) (1).

c) **Soils formed on material of volcanic origin and found in regions with a suitable climate** give the best production.

d) **Organic and peaty soils** may also be used under certain conditions (amount of the mineral fraction, development and depth of the peat).

Considering the diversity of the soils [8, 9], it is not possible to describe in this article the ideal profile for each one. However, a certain number of general criteria may be given [10], making it possible to determine their economic value which depends on physico-chemical characteristics as well as on climate.

2. — Physical characteristics.

Like most cultivated plants, the oil palm requires deep, loose soil.

a) Texture.

The palm adapts to a large range of textures, from loamy sand to clay. However, extreme textures are not usable in all situations.

Pure sands, with clay totally leached, poor in organic matter and in assimilable mineral elements, must be eliminated. But sandy soils containing 15 p. 100 fine elements (clay + loam) may be appropriate. A lower content may be accepted when there is no dry season, or in the presence of a water table, or if the total base content of the sands is high.

Very clayey soils (clay content greater than 80 p. 100), may not be appropriate when the high clay content results in much compacting during the dry season, and the possible appearance of shrinkage cracks for some kinds of « swelling » clays. Inversely, these soils may have poor internal drainage during the rainy season. Hence, the structure of these formations must be described with care, during the land survey period. It is possible to improve this structure by subsoiling and creating ridge-backs.

The existence of a very compact horizon not very deep down (under 80 cm), a « claypan », or « hardpan » which may have very diverse origins, is generally unfavorable. The packing of the soil may have been brought about by the use of heavy machinery, used for creating and running the plantations, which creates a problem of regeneration at the time of palm grove renewal. It

should be noted that, generally speaking, a gradual increase in texture and in compactness with depth, is preferable to a rapid change of these characteristics in the profile.

— On-site observation and laboratory analyses, make it possible to define textural series, and to make a classification.

b) Coarse elements.

All organic elements which are mixed with the fine earth and are larger than 2 mm. fall into this category. They are of diverse origins : fragments of parent rocks, quartz, ferruginous and magnesium gravel, cuirasse debris, river pebbles, etc. Their size can vary from a few mm (gravel) to several tens of cm (stone). They are an unfavorable medium, as they may obstruct the development of roots and they reduce the ground water reserves. Their danger is in direct proportion to their size and to the amount of the climatic water deficit. Hence, soil classification is based on the depth and thickness of horizons containing coarse elements, and on the size and abundance of such elements. These criteria allow for the definition of a series referred to as « gravelly ».

c) Hydromorphic conditions.

Ground which is water-logged on the surface or in shallow depth for several months cannot be used as it is. But if the other characteristics are satisfactory, it is possible, after drainage, to create an excellent site for planting. It is not necessary to have a great drop in the water table, a few tens of centimeters is sufficient. On the other hand, it is preferable to prevent the table from having great changes in amplitude during the year as the water would be out of reach of the root system during the dry season.

The hydraulic situation of soils during the research period makes it possible to determine the hydromorphic series.

3. — Chemical characteristics of the soil.

Most ferrallitic soils are acidic and have low contents of one or several of the assimilable minerals necessary for plants. On the other hand, alluvial soils and soils of volcanic origin generally have a greater supply of these minerals. Except for cases of extreme impoverishment, it is always possible to make up for mineral deficiencies in a cost-effective way by using fertilizers.

The minimum requirements in organic matter and in mineral elements necessary for plant nutrition have been defined for ferrallitic soils (Table IV).

To date, there have been no known cases of soils with aluminium poisoning for the palm.

TABLEAU IV.

Ferrallitic soils : deficiency levels for the main nutritive elements
[Surface layer (0-20 cm)]

Carbon	1 p. 100	(below this, insufficient proportion of organic matter)
Mineral nitrogen	1 p. 1000.	
Total phosphorus	300/400 ppm.	
Olsen assimilable phosphorus.	30 ppm.	
Bray assimilable phosphorus	15 ppm.	
Exchangeable K ⁺	0.20 meq/100 g.	
Exchangeable Mg ⁺⁺	0.40 meq/100 g.	
Exchangeable Ca ⁺⁺	No known level.	
Water pH	No known level (pH 4 still suitable).	

(1) The beginning of this article appeared in the previous issue of *Oléagineux*, « IRHO Practical Advice Notes », N° 264 (41, N° 3, p. 113-118).

As regards the oligo-elements, there have been frequent cases of boron deficiency and less frequent cases of copper and zinc deficiency (basically in peaty soils, but also in mineral soils).

B. — LAND SURVEY AND MAPPING

I. — Preparation of land studies.

Several kinds of studies are possible, depending on the degree of knowledge desired [11]. But in all cases, the agro-pedologist must carry out a certain number of preliminary operations, in order to put all known information to use. He has to revise, in order :

a) Meteorological data.

b) **Geographical and topographical maps** which will allow him to divide the region to be studied into types of « landscapes », some of which could be immediately eliminated, for the following reasons :

- abundance of steep slopes,
- extreme division of the hydrographic system,
- presence of large swamp or easily-flooded zones, difficult to render usable,
- presence of zones already cultivated over a long period, therefore risking erosion and soil exhaustion,
- any other undulation incompatible with the rational planting of oil palm.

c) **Aerial photographs** complete the study of geographical maps. They make it possible to map the different types of vegetation and, in some cases, to trace the boundaries of large associations of soils. Remote sensing also contributes to regional studies. Its utility will increase in proportion to the enhanced resolution capacity of the images obtained from satellites

d) **All existing geological and pedological maps**, especially when they have been drawn up with an agronomical interpretation of the soils in mind. In any case, these maps already define certain « units » which make it possible to orient the subsequent phases of the work.

II. — Surveying.

Surveying missions may be carried out on various scales. The accuracy and the quality of information gathered depend on prior knowledge of the region, of the surface area to be studied and of the time allotted. The purpose of these missions is to check and complete the information obtained from documents. They should lead to a valid overall judgement of the agronomical possibilities of each kind of landscape, so that it may be possible to determine the sectors which could be studied more closely — in most cases they are sufficient for setting up a **prefeasibility study**. Sometimes, as in the case of certain monotonous landscapes, they can even be sufficient for drawing up a **feasibility study**.

In most cases the agro-pedologist does his field work with limited personnel. The service path network shall be denser and shall be made up especially by « directed service paths » (1), laid out in specific places (most frequently a toposequence study), chosen after the study of documents (characterization of units identified on maps or photos). Systematic service paths with a wide grid layout, shall only be used if the zone is totally devoid of communication roads, which is relatively often the case.

III. — Semi-detailed studies.

These studies consist in pursuing the study of the sectors retained following the surveys. The observations shall be carried out on a more or less systematic network of parallel service paths at equal distances apart varying from 1 to 2 km, depending on the diversity of the landscapes. The direction of the paths shall take the general layout of the surface relief into consideration, so that they are as perpendicular as possible to the direction of flow of

(1) Service paths : rectilinear paths laid in the forest with the help of surveyor's optical equipment. In cleared zones it is sufficient to stake out pathways.

the hydrographic system. If no clear general direction appears, which is often the case, the paths shall be laid down East-West or North-South to simplify matters. Paths running perpendicular to the first ones may also be laid at an equal distance apart of from 1 to 2 km. The service path network must be accurately laid down with respect to the known landmarks so that they can be transposed onto maps without error.

The personnel required for carrying out the different land work (laying of service paths, various observations, taking of soil samples, etc.) and who are placed under the authority of an agro-pedologist, may come to several tens of people. Moreover, equipment requirements (theodolite, compasses, surveying apparatus, augers, clinometers, bags for samples, camping equipment) and transport requirements (4 wheel drive, personnel transport) may be considerable ; sometimes boats are necessary. Laying service paths will take up a lot of the agro-pedologist's time, if he is directly responsible. A much better method, which is very common in Latin America, consists in sub-contracting out this work to professional surveyors through calls for tenders.

In general, these studies make it possible to define the limits of the plantable zones on maps in large masses. In most cases, plantation companies and financial organizations deem that this degree of accuracy is sufficient for carrying out the **feasibility study**.

IV. — Detailed land development studies.

These studies lead to the precise siting of plantation plots, indicating, moreover, the location of all roads, bridges and special land improvement work. They prevent the constructor from having to work in the dark. Most of the time, they are carried out in succession for each annual planting programme, by the prime contractor himself. This cost is thus included in the investment estimate. Sometimes, in cases of very heterogeneous landscapes or at the request of the prime contractor, they may be carried out immediately after the semi-detailed studies. In such cases, they raise the overall cost of the feasibility study to a considerable extent, before having the certainty that the project will be funded.

These studies consist in providing a denser service path network begun at the time of the semi-detailed studies and to gradually eliminate the least favorable zones. In the most complex cases, the service path network ends in the zones marked out in general by East-West paths at an equal distance apart of 250 metres and which are superposed onto the future collection paths, the layout of which is known.

V. — Observations.

Readings regarding topography, hydrography and vegetation are taken on a continual basis over all the paths. The soil series are defined through profile studies carried out on trench cross-sections and their spatial variations by taking bore samples. The frequency of the observation points (maximum of 10 drill boring points per kilometre) depends on the diversity of the soils.

VI. — Map scales.

- Survey study : 1 : 100,000 scale ;
- Semi-detailed study : 1 : 50,000 scale ;
- Detailed study : 1 : 20,000 scale to 1 : 10,000 scale ;
- The maps supplied could be the following :

- siting of study zone,
- surface relief : topography, hydrography,
- types of vegetation,
- types of soil (series, agronomical categories),
- planting zones,
- plot layout drawings, in the event of detailed prospecting.

J. OLIVIN.

Estudio para la ubicación de una plantación industrial de palma africana (1)

A. — CRITERIOS PARA CARACTERIZAR EL MEDIO AMBIENTE (continuación)

III. — SUELOS

Los suelos son otro elemento que después del clima hacen sentir sus efectos en el potencial de producción. Habrá que seleccionarlos con mucho cuidado, principalmente en situaciones que ya tienen al clima como primer factor limitante.

1. — Principales tipos de suelo en que se suele establecer plantaciones de palma africana [8, 9].

a) Suelos ferralíticos (muchas veces desaturados o muy desaturados): los que se escogen con mayor frecuencia son suelos de este tipo, formados en depósitos sedimentarios antiguos o en rocas antiguas muchas veces ácidas. Esta clase incluye tipos de suelos muy diversos, por sus características físicas y químicas y por su evolución, muy heterogéneos muchas veces, hasta dentro de superficies reducidas, y de aptitudes muy variables para el cultivo de la palma africana, basadas principalmente en sus características físicas, siendo iguales por otro lado todas las demás condiciones.

b) Suelos de aluviones antiguos o recientes también son muy comunes entre las áreas seleccionadas, pero cubren extensiones más reducidas. Son suelos excelentes, principalmente si llevan un nivel freático poco profundo, que pueda controlarse permanentemente. La baja del nivel freático, el control de las aguas lluvias excedentes, y a veces el control de desbordamientos de los ríos, imponen muchas veces establecer labores especiales de adecuación que se mencionaron en los Consejos de IRHO N° 264 (II, 1) (1).

c) Suelos formados en rocas de origen volcánico y ubicados en regiones de clima favorable: son los que proporcionan las producciones más elevadas.

d) Suelos orgánicos y turbosos: también pueden utilizarse bajo ciertas condiciones (importancia de la fracción mineral, evolución y profundidad de la turba).

Habida consideración de la diversidad de los suelos [8, 9], no es posible describir en el presente artículo el perfil ideal de cada uno, pero sí se puede enunciar un cierto número de criterios generales [10], que permiten juzgar el valor agronómico de los suelos, dependiendo éste a la vez de las características fisicoquímicas y del clima.

2. — Características físicas.

Como la mayoría de las plantas cultivadas, la palma africana necesita desarrollarse en un suelo blando y profundo.

a) Textura.

La palma africana se adapta a una gama amplia de texturas, de arenoarcillosas ligeras a arcillosas. En cambio, puede ser que las texturas extremas no sean adecuadas para cualquiera situación.

Las arenas puras totalmente lixiviadas, pobres de materia orgánica y de elementos minerales asimilables, deberán eliminarse. Ahora bien, pueden aceptarse suelos arenosos con un 15 p. 100 de elementos finos (arcilla + limo), así como un contenido más bajo

de éstos, a falta de cualquiera estación seca o cuando existe de un nivel freático, o con un contenido alto de bases totales en arenas.

Puede ser que los suelos muy arcillosos (con contenido de arcilla mayor de un 80 p. 100) no sean adecuados cuando el alto contenido de arcilla viene junto con un carácter muy compacto durante el periodo seco, y dándose el caso con la aparición de grietas de retracción para ciertos tipos de arcillas cualificadas de « hinchantes ». Al revés, estos suelos pueden mostrar un drenaje interno malo durante el período lluvioso, por lo que se debe describir con mucho cuidado la estructura de estas formaciones, al realizar los estudios de campo, pudiendo mejorarse con labores de subsolación y con caballones.

La presencia de un horizonte muy compacto, en una profundidad reducida (o sea menos de 80 cm), llamado « claypan » (capa de arcilla) o « hardpan » (capa dura), que pueden ser de origen muy diverso, suele ser desfavorable. Este apisonamiento del suelo puede producirse por el uso de vehículos mecánicos pesados utilizados en la creación y operación de la plantación, planteándose el problema de la regeneración en el momento de renovarse el palmeral. Es de anotar que en términos generales debe preferirse un aumento progresivo de la textura y de la tenacidad con la profundidad, en relación a cambios repentinos de estas características en el perfil.

La observación de campo y los análisis de laboratorio permiten establecer series de texturas y una clasificación.

b) Elementos gruesos.

Son todos los elementos no orgánicos mezclados con tierra fina y con partículas de diámetro mayor de 2 mm. Son de varios orígenes: fragmentos de roca madre, cuarzo, gravas ferruginosas y magnesianas, desechos de capa gruesa de concreciones, cantos rodados de ríos, etc. El tamaño puede variar de algunos mm (caso de las gravas) a varias decenas de cm (piedra). Forman un medio desfavorable, porque pueden estorbar el desarrollo de raíces y disminuyen las reservas de agua del suelo. Surten un efecto tanto más nocivo cuanto que su tamaño es importante y el déficit hídrico relacionado con el clima es alto. La clasificación de los suelos se basa entonces en el espesor, en la profundidad de los horizontes que contienen los elementos gruesos, en la abundancia y el tamaño de éstos. Estos criterios permiten definir series llamadas « de gravas ».

c) Hidromorfía.

Un suelo atascado durante varios meses a partir de la superficie o de una profundidad escasa, no puede utilizarse tal como es. Pero principalmente, como las otras características no sean satisfactorias, después de saneados y drenados, se puede disponer de una área muy favorable a la realización de una plantación. No es necesario que la baja del nivel freático sea muy importante, sino que basta con unas decenas de centímetros; en cambio más vale evitar grandes variaciones del nivel durante el año, porque no permitirían que el agua alcanzara el sistema radicular durante la temporada seca.

La situación de los suelos desde el punto de vista hidráulico en el momento del estudio, permite definir series hidromórficas.

(1) La primera parte de este artículo se publicó en el n° anterior de *Oléagineux*, « Consejos del IRHO, N° 264 (41, N° 3, p. 113-118).

3. — Características químicas del suelo.

La mayoría de los suelos ferralíticos son ácidos, y sus contenidos de uno o varios elementos minerales asimilables necesarios a las plantas son bajos. En cambio, los suelos aluviales y los suelos de origen volcánico son más favorecidos. Salvo en casos de suma pobreza, siempre queda la posibilidad de corregir las carencias de elementos minerales con aporte de fertilizantes, en condiciones de rentabilidad.

En el caso de los suelos ferralíticos, se ha podido definir contenidos de materia orgánica y de elementos minerales (Cuadro IV), por debajo de los cuales la nutrición de las plantas puede ser deficiente o con carencia.

CUADRO IV.

Suelos ferralíticos : niveles de deficiencia de los principales nutrientes. Capa superficial (0-20 cm)	
Carbono	1 p. 100 (por debajo de este nivel, materia orgánica insuficiente).
Nitrógeno mineral	1 p. 1000.
Fósforo total	300/400 ppm.
Fósforo asimilable Olsen	30 ppm.
Fósforo asimilable Bray	15 ppm.
K ⁺ intercambiable	0.20 meq/100 g.
Mg ⁺⁺ intercambiable	0.40 meq/100 g.
Ca ⁺⁺ intercambiable	no se conocen los niveles.
pH agua	no se conocen los niveles (pH4 es adecuado aún).

Hasta la fecha no hay caso conocido de suelo con toxicidad de alúmina para la palma.

En cuanto se refiere a elementos menores, se conocen casos frecuentes de carencia de boro y casos menos frecuentes de carencia de cobre y cinc (principalmente suelos turbosos, pero también suelos minerales).

B. — ESTUDIO Y CARTOGRAFIA DE TIERRAS

I. — Preparación de los estudios de campo.

Hay varios tipos de estudio en función del grado de conocimiento que se procura [1]. Pero en cada caso el agropedólogo deberá realizar un cierto número de operaciones preliminares, para utilizar todas las informaciones conocidas, revisando sucesivamente :

a) Los levantamientos de meteorología.

b) Los mapas geográficos y topográficos que permitirán dividir la región que hay que estudiar en tipos de « paisajes », pudiendo eliminarse de entrada algunos de los mismos, por los siguientes motivos :

- abundancia de fuertes declives,
- extrema división de la red hidrográfica,
- presencia de amplias zonas pantanosas inundables difíciles de habilitar,
- presencia de áreas cultivadas hace mucho tiempo, que dan a pensar en la posibilidad de riesgos de erosión y agotamiento de los suelos,

— cualquier otro accidente incompatible con el manejo racional de una plantación de palma africana.

c) Las aerofotografías vienen en complemento del estudio de los mapas geográficos, permitiendo además establecer una cartografía de los diversos tipos de vegetación, trazándose en unos determinados casos los límites de amplias asociaciones de suelos. La teledetección también es de utilidad en los estudios regionales, y lo será cada vez más conforme los clichés tomados por satélite sean más precisos.

d) Todos los mapas geológicos y pedológicos existentes, principalmente cuando hayan sido establecidos para una interpretación agronómica de los suelos. De todas formas estos mapas y a definen ciertas « unidades », que permiten orientar las etapas futuras de trabajo.

II. — Estudios de reconocimiento.

Los estudios de reconocimiento pueden efectuarse a escalas muy diversas. La precisión y la densidad de las informaciones reunidas dependen del conocimiento previo que se tiene de la región, de la superficie a estudiarse y del tiempo de que se dispone. Tienen por objetivo el verificar y completar las informaciones sacadas de los documentos. Han de permitir que se emita un juicio global de valor sobre el potencial agronómico de cada tipo de paisaje, a fin de localizar los sectores que podrán ser objeto de estudios más pormenorizados. La mayoría de las veces son suficientes para que se pueda establecer un estudio de prefactibilidad del proyecto. A veces, en el caso de ciertos tipos de paisajes monótonos, hasta pueden permitir que se establezca el estudio de factibilidad.

El agropedólogo recorre el terreno con un personal poco numeroso las más veces. La red de trochas será poco densa, principalmente formada por « trochas dirigidas » (1) abiertas en ubicaciones precisas (estudio de toposecuencia las más veces), escogidas en base a estudio de documentos (caracterización de unidades identificadas en mapas o en fotografías). No se trazará una red de trochas sistemática, pero con malla muy ancha, sino en una área totalmente desprovista de vías de comunicación, lo cual se da con relativa frecuencia.

III. — Estudios semidetallados.

Consisten en proseguir el estudio de sectores escogidos al final de la fase de reconocimiento. Las observaciones se harán en una red más o menos sistemática de trochas paralelas, con equidistancia de 2 km o 1 km, según la heterogeneidad de los paisajes. La dirección de las trochas deberá tener en cuenta la orientación general de la configuración, de tal modo que sean lo más perpendiculares posible a la dirección de escurrimiento de la red hidrográfica. Como no se consiga sacar ninguna dirección general evidente de la configuración, siendo eso bastante frecuente, se simplificará el trazado de las trochas abriéndolas según la direcciones Este-Oeste o Norte-Sur. También se podrá abrir trochas perpendiculares a las primeras a 2 × 2 km o 1 × 1 km. La red de trochas debe implantarse de modo preciso con relación a referencias conocidas, para poder reportar los resultados en un mapa sin equivocarse.

La plantilla necesaria para realizar diversas labores de campo (como apertura de trochas, observaciones varias, tomas de muestras de suelo ...) y que se halla bajo la autoridad de un agropedólogo, puede representar varias decenas de personas. Por otra parte los equipos necesarios (que incluyen teodolito, brújulas, aparatos de agrimensura, barrenos, clisímetros, bolsas para muestras, equipo de campamento) y los vehículos (4 × 4, y transporte del personal), pueden ser importantes, y a veces se necesitan barcos. La apertura de trochas le llevará mucho tiempo al agropedólogo si se le encarga directamente de esta labor. En América Latina se suele recurrir a agrimensores profesionales por subcontrato mediante licitación, siendo este procedimiento mucho más práctico.

(1) Trochas : caminos rectilíneos abiertos en la selva con aparatos ópticos de agrimensor. En áreas deforestadas basta con poner estacas en carretables.

Estos estudios permiten por lo general delimitar áreas plantables en los mapas y por grandes conjuntos. Las empresas especializadas en plantaciones y los organismos de financiación consideraran las más veces que este sistema permite alcanzar un nivel de precisión suficiente para establecer *el estudio de factibilidad*.

IV. — Estudios detallados de habilitación.

Conducen a una ubicación precisa de las parcelas de siembra, indicando además los sitios de conformación de carreteras, construcción de puentes y las labores especiales de habilitación. Constituyen una etapa indispensable que evita que el empresario actúe a ciegas. Muchas veces el propio maestro de obras lleva a cabo tales estudios, para cada programa anual de siembra sucesivamente, incluyéndose entonces el costo en el presupuesto de inversiones. A veces se realizarán inmediatamente después de los estudios semidetallados, principalmente en el caso de paisajes muy heterogéneos o a solicitud del propio capataz, incrementando entonces notablemente el costo global del estudio de factibilidad, antes de estar seguro de que se podrá financiar el proyecto.

Consisten en proseguir la apertura de trochas iniciada en los estudios semidetallados, haciendo que sea más densa, y eliminándose poco a poco las áreas menos favorables. En los casos más complejos, la red de trochas termina en las áreas seleccionadas con trochas orientadas en sentido Este-Oeste por lo general, en cuadrado de 250 × 250 m, y que se superponen a los futuros carretables de recogida, que así se encuentran trazados.

V. — Observaciones.

Los levantamientos sobre topografía, hidrografía y vegetación se hacen de modo continuo en todas las trochas. Las series de suelos se definen con estudios de perfiles realizados en las paredes de las trincheras, y las variaciones en el espacio de los perfiles se definen con tomas de muestras hechas con barreno. La frecuencia de los puntos de observación (con máximo de 10 puntos de sondeo hechos con barreno). La frecuencia de los puntos de observación (con máximo de 10 puntos de sondeo con barreno por kilómetro) depende de la heterogeneidad de los suelos.

VI. — Escala de los documentos cartográficos.

- Estudio de reconocimiento : escala 1/100 000 ;
- Estudio semidetallado : escala 1/50 000 ;
- Estudio detallado : escalas 1/20 000 a 1/10 000 ;
- Los mapas utilizados pueden ser los siguientes :

- ubicación del áreas de estudio,
- configuración : topografía, hidrografía,
- tipos de vegetaciones,
- tipos de suelo (series, clases agronómicas),
- áreas plantables,
- plano de habilitación de parcelas en el caso de prospecciones detalladas.

J. OLIVIN



SODECI

société de développement
des cultures industrielles

23, rue de l'Amiral-d'Estaing
75116 PARIS - Tél. : 47 23 72 30
Télex Sofifom 610581 F

Représentant en France
de
SODECI INTERNATIONAL

Spécialisée dans l'agro-industrie tropicale pour
toutes opérations de création, de réhabilitation
et de gestion de Plantations.

Groupe SOFFO/SIPH présent en Afrique
notamment au Cameroun, au Congo, en Côte
d'Ivoire, au Gabon et au Liberia.