



BULLETIN
SCIENTIFIQUE
N° 6

**QUELQUES ASPECTS DE LA SCIENCE DU SOL
AUX ÉTATS-UNIS**

RAPPORT DE MISSION
1950 - 1951

PAR

F. FOURNIER, H. MOULINIER, CL. MOUREAUX



SECTION TECHNIQUE D'AGRICULTURE TROPICALE
45 N° AVENUE DE LA BELLE GABRIELLE NOGENT SUR MARNE

MINISTÈRE DE LA FRANCE D'OUTRE-MER
DIRECTION DE L'AGRICULTURE, DE L'ÉLEVAGE ET DES FORÊTS

QUELQUES ASPECTS DE LA SCIENCE DU SOL

AUX ÉTATS-UNIS

RAPPORT DE MISSION

1950 - 1951

PAR

F. FOURNIER, H. MOULINIER, CL. MOUREAUX

BULLETIN SCIENTIFIQUE N° 6

AOÛT 1955

850 fr.

Les Bulletins sont vendus par la Régie des Recettes de la Section Technique d'Agriculture Tropicale,
45 bis, Av. de la Belle-Gabrielle, Nogent-sur-Marne (Seine), C/c. chèques postaux : Paris 9067-50

INTRODUCTION

Le 8 novembre 1950, la Mission de Productivité « Etude du Sol » quittait l'aérodrome d'Orly à destination des Etats-Unis.

Première de ce genre, créée sous les auspices de l' « Economic Cooperation Administration » et de l' « Association Française pour l'Accroissement de la Productivité », elle avait pour but d'étudier aux Etats-Unis :

La Classification, la Prospection et la Cartographie des Sols.

Les Méthodes d'analyse des Sols.

Etude sur l'érosion et la conservation des Sols.

La Classification des Terres selon leur valeur.

Les Méthodes d'étude expérimentale de l'Erosion et de la Conservation des Sols.

Elle comprenait trois membres :

Frédéric FOURNIER, Chargé de Recherches à l'Office de la Recherche Scientifique Outre-Mer (Paris).

Hubert MOULINIER, Chef de Travaux des Services de l'Agriculture du Ministère de la France d'Outre-Mer (Bingerville, Côte d'Ivoire).

Claude MOUREAUX, Chargé de Recherches à l'Institut de Recherche Scientifique de Madagascar (Tananarive).

La durée de cette mission fut de quatre mois. Son plan de travail fut établi au « Department of Agriculture » des Etats-Unis à Washington D. C. même, après quinze jours de travaux et de contacts avec les services intéressés : « Economic Cooperation Administration », « Soil Survey Division of Bureau of Plant Industry » ; « Soil Conservation Service ».

Ce plan a compris deux parties :

A) Du 27 novembre au 29 décembre 1950 : Tournée de l'ensemble de la Mission dans le Sud-Est, le Sud et le Sud-Ouest des Etats-Unis.

B) Du 30 décembre 1950 au 25 février 1951 : Tournée individuelle de chacun des membres.

A) ITINÉRAIRE COMMUN

Après les visites de laboratoires à Beltsville et Washington (10-20 novembre), l'itinéraire de la tournée a été le suivant :

1) 27 novembre au 2 décembre : Knoxville (Tennessee).

Etude de la Classification des Sols. Application à la région. Etude du programme pédologique de la « Tennessee Valley Authority ».

2) 3 au 6 décembre : Athens (Georgie).

Etude de l'organisation et des travaux d'une Station d'étude expérimentale de l'Erosion et de la Conservation des Sols (South Piedmont Conservation Experiment Station).

3) 6 au 9 décembre : Crowley (Louisiane).

Etude des travaux de la « Rice Experiment Station ».

4) 11 au 16 décembre : Albuquerque (Nouveau Mexique).

Avec le « Soil Conservation Service » : Etude des rapports entre le Sol et la végétation. Examen des types de Sols de la région.

5) 18 au 29 décembre : Riverside (Californie).

Visite du « Salinity Laboratory » et de la « Citrus Experiment Station ».

Etude de la mise en valeur de l' « Imperial Valley » par l'irrigation.

Etude des Sols à agrumes et à avocats.

B) ITINÉRAIRES INDIVIDUELS

a) FRÉDÉRIC FOURNIER

1) 2 au 8 janvier : Gainesville (Georgie).

Etude de la Classification des Terres en fonction de leur valeur agricole.

2) 9 au 19 janvier : Rome (Georgie).

Prospection et Cartographie des Terres dans le Nord-Ouest de l'Etat de Georgie.

3) 22 janvier au 2 février : Athens (Georgie).

Stage à la « South Piedmont Conservation Experiment Station ». Les méthodes d'étude expérimentale de l'Erosion et de la Conservation des Sols.

4) 5 au 9 février : Tifton (Georgie).

Même étude avec une installation différente.

5) 12 au 13 février : Quincy (Floride).

Etudes de Conservation du Sol.

6) 14 au 16 février : Spartanburg (Caroline du Sud).

Problèmes généraux concernant l'Erosion dans le Sud-Est des Etats-Unis.

7) 17 au 24 février : Washington D. C.

Problèmes de sédimentation.

b) CLAUDE MOUREAUX

1) 2 au 20 janvier : Comté de Modesto (Californie). Vallée de la Saint Joaquin (Californie).

Prospection et Cartographie pédologiques. Visite du Laboratoire des Sols de l'Université de Californie à Berkley.

2) 20 au 27 janvier : Riverside (Californie).

Etude de l'emploi du photomètre à flamme « Perkin Elmer ».

3) 28 janvier au 24 février : Saint-Mary Parish (Louisiane).

Etablissement de la carte des alluvions du Mississipi. Etudes pédologiques et visite au Laboratoire des Sols de l'Université de Louisiane à Baton Rouge.

c) HUBERT MOULINIER

1) 2 janvier au 8 février : Iles Hawaii.

Etudes pédologiques et agronomiques au laboratoire et sur le terrain avec le personnel des trois organismes suivants : Collège d'Agriculture de l'Université, Station expérimentale de la Hawaiian Sugar Planters' Association, Pineapple Research Institute.

Les tournées ont été effectuées dans les îles Oahu, Kauai et Hawaii.

2) 11 au 24 février : Gainesville (Floride).

Visite des quatre Stations du Centre et du Sud de la Floride : Collège d'Agriculture de l'Université de Floride à Gainesville, Citrus Experiment Station à Lake Alcred, Everglades Experiment Station à Belle Glade, Subtropical Experiment Station à Homestead.

Le présent rapport consigne les résultats de cette mission. La nature de nos travaux nous a conduits à le présenter sous la forme d'une série d'exposés relatifs aux questions étudiées.

Son sommaire est le suivant :

**LA CLASSIFICATION, LA PROSPECTION
ET LA CARTOGRAPHIE DES SOLS
AUX ÉTATS-UNIS**

Chapitre I. La Classification des Sols...	7
Chapitre II. Prospection et Cartographie des Sols en Californie.....	9
Chapitre III. Prospection et Cartographie des Sols en Louisiane.....	13
Chapitre IV. Les Sols des Iles Hawaii..	17
Chapitre V. Les Méthodes de Prospection et de Cartographie.....	25

MÉTHODES D'ANALYSE DES SOLS

Chapitre I. Chimie du Sol.....	27
Chapitre II. Physique du Sol.....	30

**ÉTUDES SUR L'ÉROSION
ET LA CONSERVATION DES SOLS**

Introduction	33
--------------------	----

**A. LA CLASSIFICATION DES TERRES
SELON LEUR VALEUR**

Chapitre I. La Détermination des types de Terres.....	37
Chapitre II. La Classification des Terres selon leur valeur.....	44
Chapitre III. Les Cartes d'Utilisation des Terres. Les méthodes de prospection..	45
Chapitre IV. Projet de légende des Cartes d'Utilisation des Terres dressées dans les Territoires Français d'Outre-Mer..	46

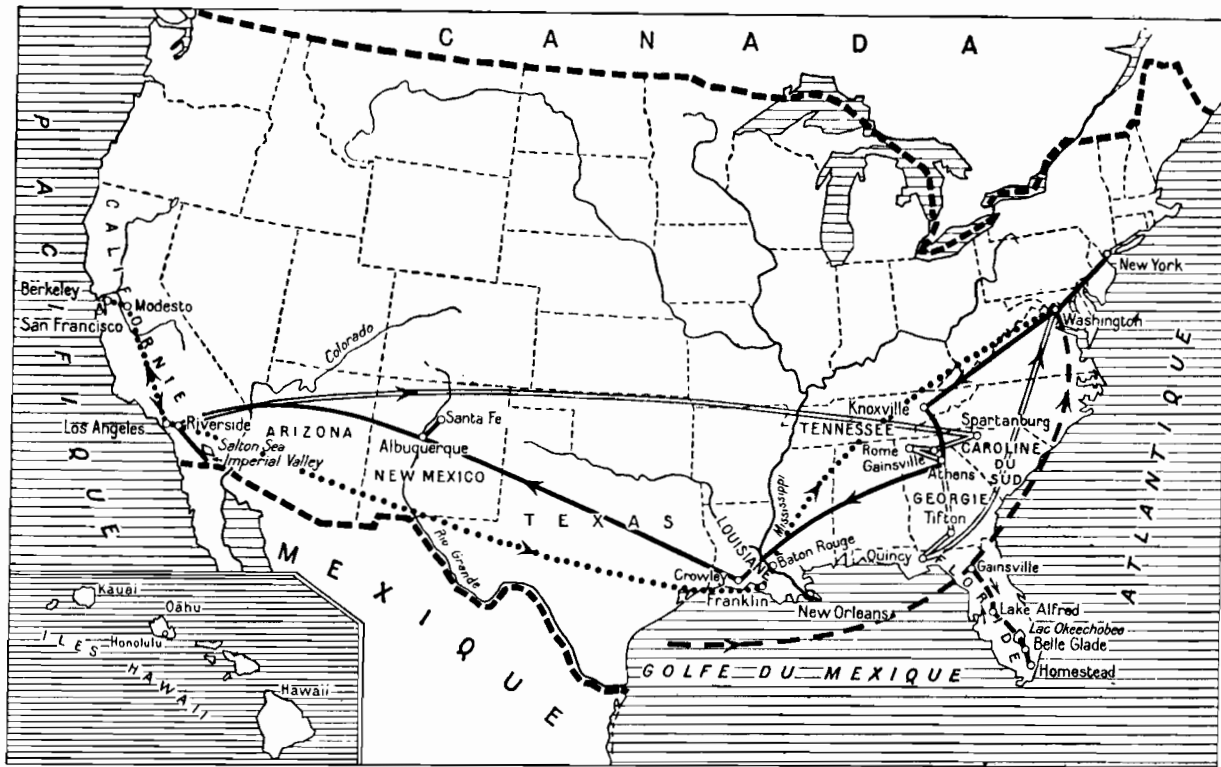
**B. LA PARCELLE EXPÉRIMENTALE. MÉTHODE
D'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA CONSERVATION
DU SOL, DE L'ÉROSION, DU RUISSELLEMENT.**

Chapitre I. Le Champ expérimental....	57
Chapitre II. Le Système récepteur.....	61
Chapitre III. Notes sur l'installation et la construction des parcelles expérimentales	69
Chapitre IV. Evaluation du Ruissellement et de l'Erosion.....	72
Chapitre V. Constitution d'un système récepteur en vue d'une étude complète du ruissellement.....	76

ÉTUDES AGRONOMIQUES

Chapitre I. Une expérience d'utilisation des larves fraîches aux Hawaii.....	89
Les Sols salés aux Hawaii.....	90
Chapitre II. La méthode du diagnostic foliaire appliquée à la canne à sucre aux Hawaii	91
Chapitre III. ÉTUDES DE CULTURES TROPICALES.....	104
La canne à sucre dans le Territoire des Hawaii.....	104
La canne à sucre en Louisiane.....	107
La culture de l'ananas dans le Territoire des Hawaii	108
La culture du caféier dans le Territoire des Hawaii.....	110
Quelques aspects de la culture des agrumes en Californie.....	112
La culture de l'aleurite.....	114

CONCLUSION GÉNÉRALE



LA CLASSIFICATION, LA PROSPECTION ET LA CARTOGRAPHIE DES SOLS AUX ÉTATS-UNIS

H. MOULINIER et Cl. MOUREAUX

CHAPITRE I

LA CLASSIFICATION DES SOLS

La Classification des sols utilisée aux Etats-Unis, étudiée et remaniée depuis plus de quarante ans, est beaucoup plus détaillée que celle utilisée en France et dans les Territoires Français Outre-mer.

La Carte Pédologique de l'ensemble des Etats-Unis est d'ores et déjà établie, le plus couramment à l'échelle de 2 pouces pour 1 mile, soit au 1/31.800. Les régions cartographiées à une aussi grande échelle, dans nos Territoires, sont encore l'exception. Aussi conçoit-on que les Pédologues français puissent tirer profit d'une connaissance des travaux pédologiques américains de prospection et de classification.

* * *

Le système de classification des sols, créé aux Etats-Unis, comprend sept échelons :

- L'Ordre.
- Le Sous-Ordre.
- Le Grand Groupe.
- La Famille.
- La Série.
- Le Type.
- La Phase.

Son étude sera commencée par celles des unités systématiques reconnues sur le terrain, au cours du travail de prospection.

I) Les unités systématiques reconnues sur le terrain

Ce sont :

- La Série.
- Le Type.
- La Phase.

A) La Série

La Série est l'unité systématique la plus importante de la Classification des sols. Elle se définit comme étant un groupement de sols dont le profil, issu d'un matériau originel (zone de départ) de même nature, présente des propriétés morphologiques, chimiques et physiques identiques, exception faite de la texture de l'horizon supérieur.

En d'autres termes, l'agencement des horizons et les caractères et propriétés de chacun de ceux-ci

sont identiques dans le profil de tous les sols d'une même Série.

Les huit faits fondamentaux sur lesquels se base l'existence de la Série ont été énoncés dès 1920 par C. F. MARBUT. Ils sont :

- le nombre d'horizons dans le profil,
- la couleur des différents horizons, principalement celle des horizons supérieurs,
- la texture des horizons, sauf celle de l'horizon supérieur,
- la structure des horizons,
- la disposition relative des différents horizons,
- la composition chimique des différents horizons,
- l'épaisseur des horizons,
- la nature géologique de la zone de départ.

Des faits, tels : la pente topographique, la teneur en pierres, l'érosion subie, la position topographique, etc... n'ont pas été pris en considération, car ils n'ont pas une influence marquée sur la nature et l'agencement des horizons d'un profil de sol.

Une Série de sols prend le nom de la localité près de laquelle le profil, auquel elle correspond a été décrit pour la première fois. Depuis le début des études pédologiques aux Etats-Unis, à chaque nouveau profil décrit a correspondu une nouvelle Série. La conséquence de prospections de plus en plus détaillées et du développement des travaux de laboratoire, qui permettent de préciser des caractères passés inaperçus, est l'existence à l'heure actuelle de huit mille Séries environ.

B) Le Type

Le Type de sol est l'unité systématique de la classification la plus usitée pour les études pédologiques précises et détaillées.

Il est défini, non seulement à l'aide des critères permettant de définir une Série, mais en outre par la texture de l'horizon supérieur.

En d'autres termes, les variations granulométriques de l'horizon supérieur des sols d'une même Série entraînent une subdivision de celle-ci en « Types de sols ». La création de cet échelon de classification est justifiée par le fait que, toutes choses étant égales par ailleurs, la texture de l'horizon supérieur des sols peut présenter de grandes variations à courtes distances, car cet horizon est celui dans lequel s'effectue la culture, celui directement soumis aux agents climatiques, celui enfin qui subit directement l'érosion.

Il est à signaler cependant qu'existe actuellement aux Etats-Unis, une tendance à réduire le nombre de Types que comporte une Série, en créant au besoin de nouvelles Séries. Ceci découle de ce que des différences texturales observées dans l'horizon supérieur de sols d'une même Série sont liées souvent à des différences d'un autre ordre existant ailleurs dans le profil.

Le Type de sol est nommé du nom de la Série auquel il appartient suivi de l'indication de la texture de l'horizon supérieur. Exemple : Cecil (Série) limono-sableux, Cecil (Série) argilo-sableux, etc... etc...

C) La Phase

Le Type de sol peut être considéré comme l'échelon le plus détaillé et le plus homogène de la classification exposée ici. Il peut pourtant posséder parfois une caractéristique sujette à variations : être par exemple plus ou moins pierreuse, être situé sur des pentes topographiques plus ou moins fortes, être caractérisé par la finesse (ou l'épaisseur) d'un horizon donné, finesse (ou épaisseur) pouvant légèrement différer de celle observée généralement, être plus ou moins atteint par un stade d'érosion, etc...

Des « Phases » existent alors à l'intérieur d'un même Type de sol, traduisant un état de fait.

La Phase d'un Type de sol existe donc en fonction de caractéristiques du sol lui-même, ou du milieu naturel dans lequel il se situe, n'ayant aucune incidence sur le profil du sol et ses propriétés morphologiques, chimiques et physiques.

Cette subdivision a donc peu d'importance du point de vue systématique. Elle en revêt par contre une très grande lorsqu'un problème de mise en valeur est considéré. Elle se traduit par l'adjonction au nom du Type de sol d'une notification du caractère en fonction duquel elle est créée, ainsi :

Cecil (Série) limono-sableux (Type) en faible pente (Phase) ; Cecil (Série) limono-sableux (Type) en pente modéré (Phase) ; Cecil (Série) sablo-limoneux (Type) pierreuse (Phase) ; Cecil (Série) sablo-limoneux (Type) très pierreuse (Phase).

II) Les plus hauts échelons de la Classification des sols créée aux États-Unis

A) La Famille

Il est difficile, à l'époque actuelle, de donner une définition exacte de cet échelon de la classification. De création récente, son étude se poursuit encore.

La Famille de sols, échelon intermédiaire entre la Série et le Grand Groupe, est devenue une nécessité lorsque la multiplication des Séries fut telle qu'il a été impossible de les avoir toutes en mémoire.

La Famille de sols tend donc à être un groupement de Séries similaires ayant en commun quelques faits pédologiques importants. Toutes les Séries d'une même Famille doivent obligatoirement appartenir au même Grand Groupe.

B) Le Grand Groupe

Le Grand Groupe de sols groupe en lui toutes les Séries (et naturellement Familles) de sols possédant un type général de profil. Les horizons A, B, C sont considérés chacun dans leur ensemble. Ils ont dans tous les sols d'un Grand Groupe, les mêmes caractères généraux, physiques et chimiques.

Par exemple, le Grand Groupe des Podzols est

défini par un profil général dont l'horizon A est acide, fortement lessivé, de couleur claire, et l'horizon B est caractérisé par une accumulation de fer et d'humus.

Les Grands Groupes de sols sont un échelon de classification permettant de classer les sols du monde entier. Ils correspondent chacun à un mode d'évolution du sol défini d'après l'examen du type général de profil.

C) Le Sous-Ordre

Le Sous-Ordre groupe en lui plusieurs Grands Groupes situés dans un même milieu climatique ou microclimatique et caractérisés par un même mode fondamental d'évolution du sol. Ex. : Sous-Ordre Latéritique, Sous-Ordre Hydromorphe...

D) L'Ordre

L'Ordre est le plus haut échelon de la classification des sols aux Etats-Unis.

Trois Ordres existent, qui permettent le classement des sols en sols : Zonaux, Intrazonaux et Azonaux.

III) Remarques

Nous n'avons pas insisté, dans cet exposé, sur les échelons supérieurs de la classification : Ordre et Sous-Ordre.

L'Ordre est moins utilisé à l'heure actuelle qu'il y a dix ans. En effet, la distinction en Sols Zonaux, Intrazonaux, et Azonaux, pour être valable, suppose la définition de ce que les Pédologues Américains ont nommé « Sol Normal », c'est-à-dire un sol dont les facteurs internes d'évolution (perméabilité, drainage, teneur en bases, texture, etc...) reflètent bien l'action du milieu naturel dans lequel il se situe (climat, végétation) et ont des valeurs moyennes. Ceci réduit beaucoup l'utilité de cet échelon de classification. Faute de pouvoir définir le Sol Normal, on est amené à classer comme Intrazonal en un point, un Sol qui sera Zonal en un autre lieu.

Le Sous-Ordre semble correspondre à l'échelon de classification de même nom adopté par les Pédologues français. Le même critère de « mode fondamental d'évolution » intervient.

D'une comparaison succincte des classifications américaine et française il ressort que :

A) Le concept de Grand-Groupe (américain) correspond à celui de Groupe (français) : tous deux se basent sur l'examen du type général de profil, dénotant un mode d'évolution du sol.

B) Avant la création de l'échelon Famille, rien ne correspondait, dans la classification utilisée aux Etats-Unis, à l'échelon Sous-Groupe de la classification française qui correspond à un stade, à une intensité du processus d'évolution caractérisant le Groupe. L'échelon Famille récemment créé aux Etats-Unis tendra peut-être à devenir l'équivalent de notre Sous-Groupe.

C) Le concept de Famille de la classification française, basé sur les différences pétrographiques entre les Roches-Mères, n'a pas son équivalent aux Etats-Unis.

La cartographie pédologique des Territoires Français n'a pas été systématiquement faite à une échelle telle qu'il ait été nécessaire de codifier des échelons du genre Série et Type. Lorsque cela sera désiré, l'expérience américaine sera certainement d'une utilité indéniable.

CHAPITRE II

PROSPECTION ET CARTOGRAPHIE DES SOLS EN CALIFORNIE

L'étude des méthodes de prospection et de classification des sols, utilisées aux Etats-Unis, a été facilitée par l'organisation de deux tournées pédologiques, l'une en Californie, l'autre en Louisiane, par le Service des Prospections du « Bureau of Plant Industry, Soils and Agricultural Engineering ». Elles ont permis un travail sur le terrain, illustrant les notions théoriques précédemment exposées.

Nous avons tout d'abord séjourné en Californie, dans le Comté de Stanislaus, à Modesto, du 2 au 20 janvier 1951.

I) Aperçu géographique

Le Comté de Stanislaus a une superficie de 3.850 km² et occupe une position centrale dans la Grande Vallée intérieure Californienne. Sa capitale, Modesto (40.000 habitants), est située à 120 km au Sud-Est de San Francisco, à 30 mètres d'altitude. La plus grande partie du Comté est cultivable. La culture des arbres fruitiers et l'élevage sont intensifs grâce à l'irrigation rendue possible par la création de barrages sur les pentes de la Sierra Nevada.

A) Le Climat

La région de Modesto, reçoit en moyenne, annuellement, une lame d'eau de 250 mm ; celle-ci varie largement selon les années : 150 à 450 mm. La répartition des pluies au cours de l'année est inégale : presque toutes les précipitations ont lieu en hiver ; l'été est pratiquement sec.

La température moyenne annuelle est de 18°. La température moyenne mensuelle varie de 27° en juillet, mois le plus chaud en général, à 7° en janvier, mois le plus froid. Les extrêmes enregistrés sont -10° et +43°.

L'humidité relative est basse : 15 % l'été, en après midi. Vers l'Est du Comté, c'est-à-dire vers les premières pentes de la Sierra Nevada, le climat change rapidement, les précipitations moyennes annuelles augmentent jusqu'à 375 mm.

L'irrigation est obligatoire, sous ce climat, sur toutes les terres de culture situées en plaine.

B) La Géologie

Par ordre d'importance décroissante se trouvent, dans le Comté de Stanislaus, les roches-mères suivantes :

1° Les Alluvions fluviales récentes.

Leur origine est principalement granitique. Elles forment une masse sableuse, meuble, généralement jaunâtre. Il semble qu'elles aient été apportées à l'époque des glaciations : l'action érosive des

glaciers a fourni une masse énorme de matériaux qui se sont déposés dans la plaine, au pied de la montagne, de part et d'autre des cours d'eau, en vastes cônes de déjection. La glaciation de Wisconsin a donné naissance à deux terrasses. Une troisième, à quelques 3 mètres au-dessus du lit actuel des cours d'eau, est la conséquence d'une faible et dernière glaciation.

Les deux terrasses supérieures forment de grandes surfaces fertiles et intensément cultivées. L'érosion les a encore peu affectées.

2° Les Alluvions anciennes.

Elles sont beaucoup plus grossières que les précédentes. On y trouve une forte proportion de galets, graviers et sables. Des couches limoneuses y existent cependant. Elles présentent souvent une stratification entrecroisée.

Elles forment deux hautes terrasses, dominant les trois précédentes, et extrêmement disséquées par l'érosion. L'élevage est leur principale utilisation. Parfois des céréales en dry-farming y sont cultivées.

Par place, leur surface a été fortement remaniée par l'Homme en vue de l'extraction de l'or.

3° Les Sables éoliens.

Sur les alluvions récentes s'observent parfois des dunes. Très souvent d'autre part, ces alluvions ont subi un remaniement éolien. D'ailleurs le matériau éolien diffère peu des alluvions granitiques quant à sa composition minéralogique : il est seulement plus riche en hornblende.

4° Les Roches d'origine volcanique.

Elles sont très hétérogènes. Deux niveaux s'observent : « Mehrten formation » et « Valley Spring formation ». Le premier (pliocène inférieur ou miocène moyen) est formé d'un tuf andésitique, noirâtre, assez dur, dans lequel se trouvent des horizons de grès, argilites, brèches et conglomérats. Le second (éocène moyen) est un tuf rhyolitique présentant la même hétérogénéité : bancs fréquents d'argile gris-vert.

Le relief dû à ces roches est souvent très accidenté. Sur les coulées de lave ne se trouvent que des sols squelettiques.

5° Les Roches sédimentaires.

Dans l'Est du Comté de Stanislaus affleurent des schistes ardoisiers du jurassique supérieur et des grès rouges de l'éocène. Le relief y est très accidenté.

La diversité pétrographique est grande à l'intérieur de chacune de ces deux formations géologiques. Les phénomènes d'érosion d'une part, volcaniques d'autre part, ont accentué cette complexité par les apports de matériaux qu'ils ont provoqués.

Les changements climatiques résultant des différences d'altitude et la diversité des roches-mères ont pour conséquence une très grande diversité des sols. Celle-ci est d'ailleurs générale en Californie : des huit mille Séries de sols existant aux Etats-Unis, quatre cents environ peuvent se trouver dans cet Etat.

C) La Végétation

La végétation primitive du Comté de Stanislaus était une prairie avec quelques arbres le long des cours d'eau. Ceux-ci subsistent en partie : ce sont des Chênes, des Saules, des Peupliers, des Frênes.

Actuellement, les zones alluviales sont entièrement cultivées avec irrigation. Seules, ici, certaines régions plus salées sont couvertes de pâturages.

Les pâturages, par contre, occupent toute la région orientale, de relief accentué.

II) Les Sols

Les sols du Comté de Stanislaus sont, nous l'avons déjà dit, très divers. M. R. J. ACKLEY, Prospecteur du Service de Prospection du B. P. I., qui nous a dirigés au cours de la tournée faite en ce Comté, avait précédemment reconnu, dans une zone adjacente, ce même fait. Mais il y avait également acquis l'idée que chaque zone du relief général, en particulier chaque terrasse, portait d'une part un nombre limité de Séries de sols, d'autre part des sols dont le temps d'évolution était le même.

Une prospection débutant par l'étude pédologique de chaque zone du relief s'avérait donc intéressante et utile car elle permettrait, par l'intermédiaire de l'étude comparée de groupes de Séries de sols d'âge différent, une connaissance :

des phénomènes fondamentaux réglant l'évolution des sols,
du mode d'évolution des sols,
de l'intensité d'évolution des sols.

Ceci peut rendre plus sûre et plus exacte une classification ultérieure.

Aussi notre prospection s'est elle déroulée selon le plan suivant :

1° Les Sols sur Alluvions récentes, basse terrasse inférieure.

2° Les Sols sur Alluvions récentes, basse terrasse moyenne.

3° Les Sols sur Alluvions récentes, basse terrasse supérieure.

4° Les Sols sur Alluvions anciennes, haute terrasse inférieure.

5° Les Sols sur Alluvions anciennes, haute terrasse supérieure.

6° Les Sols des Régions volcaniques.

7° Les Sols sur Roches sédimentaires dures.

8° Les Sols sur Roches sédimentaires tendres.

1. Les Sols sur Alluvions récentes, basse terrasse inférieure

Série HANFORD

Sol à profil peu différencié, Brun à Brun-gris, Sablo-limoneux, meuble, très micacé, bien drainé. Présence en surface d'un horizon humifère d'environ 5 cm. Partie supérieure du sol, neutre à légèrement acide; partie inférieure, neutre à légèrement basique.

Roche-mère : Alluvions granitiques.
Utilisation agricole : Vergers. Vignobles.

Série DELHI

Sol à profil peu différencié, Brun-gris, Sablo-limoneux; neutre à légèrement basique; remanié par le vent.

Roche-mère : Alluvions granitiques et sables éoliens.

Drainage : Bon à excessif.

Série COLOMBIA

Sol à profil peu différencié; Gris-brun, Limoneux, neutre, très micacé.

Roche-mère : Alluvions issues de roches granitiques et basiques.

2. Les Sols sur Alluvions récentes, basse terrasse moyenne

Série GREENFIELD

Profil :

0 — 15 cm : A₁ : Brun; Sablo-limoneux; un peu humifère; Meuble; Micacé; pH = 7.
15 — 100 cm : A₂ : Brun clair; Sablo-limoneux; Meuble; Micacé.
100 — 150 cm : B : Brun, un peu rougeâtre. Légère accumulation d'argile et de fer.
+ 150 cm : C : Sable fin, Jaune-Brun; Granitique; Micacé.

Utilisation agricole : Vergers. Vignobles.

Série ATWATER

Sol gris-brun clair, neutre, présentant un horizon supérieur limono-sableux, perméable, légèrement humifère et une accumulation d'argile en profondeur. Ce sol est souvent remanié par le vent.

Série DINUBA

Sol présentant un horizon supérieur sablo-limoneux, remanié par le vent, non calcaire, neutre, très perméable, et un horizon inférieur calcaire, plus argileux, peu perméable.

Roche-mère : Alluvions constituées de sables granitiques.

Utilisation agricole : Vergers. Vignobles.

3. Les Sols sur Alluvions récentes, basse terrasse supérieure

Série SNELLING

Sol présentant un horizon supérieur sableux, riche en matière organique et une accumulation marquée de fer et d'argile. Sa Roche-mère est un sable grossier incluant des galets et des graviers.

4. Les Sols sur Alluvions anciennes, haute terrasse inférieure

Série COMETA

Le profil des sols de la Série COMETA comporte un horizon supérieur humifère, de texture légère, brun-foncé, de pH = 6 et un horizon d'accumula-

tion d'argile très développé, de structure prismatique; l'argile est plastique; aucun minéral autre que le quartz ne subsiste. Cet horizon porte le nom de « Claypan » et indique la très grande ancienneté de ces sols probablement formés sous un paléoclimat plus humide. Leur position sur une ancienne surface d'érosion semble confirmer cette hypothèse.

L'horizon argileux est parfois surmonté d'un horizon argilo-sableux, rouge vif, attestant un lessivage du fer.

5. Les Sols sur Alluvions anciennes, haute terrasse supérieure

Les Séries de sols observées sur cette haute terrasse correspondent presque toutes à des « Sols à Hardpan ». On nomme « Hardpan », aux Etats-Unis, un horizon cimenté, assez dur et généralement situé à la base du profil. Le matériau de cimentation peut être de l'oxyde de fer, de la silice, de la matière organique, du carbonate de calcium, etc...

Série SAN JOAQUIN

Profil :

0 - 3 cm : A₁ : Noirâtre, Sablo-argileux.
 3 - 20 cm : A₂ : Brunâtre.
 20 - 40 cm : B₁ : Brun-rouge. Légère accumulation de fer.
 40 - 48 cm : B₂ : Claypan rougeâtre.
 48 - 55 cm : B₃ : Hardpan dur, ferrugineux, rouge.
 55 - 90 cm : B₄ : Hardpan plus tendre, ferrugineux rouge.
 +90 cm : C : Grisâtre à jaunâtre. Alluvions granitiques.

Réaction légèrement acide sur tout le profil.

Série MADERA

Les sols de la Série MADERA sont un peu moins rouges que ceux de la série SAN JOAQUIN. Ils présentent un horizon supérieur brun, sablo-argileux, neutre, perméable, surmontant un claypan et un hardpan ferrugineux et calcaire, peu perméables.

La Roche-mère est un sable alluvionnaire granitique.

Série FRESNO

La Série FRESNO ne comporte que des Sols Salés ou à Alkali. Leur profil, gris clair, sablo-limoneux, est entièrement calcaire et comporte, vers 75 cm, un hardpan calcaire. Le pH est voisin de 7 en surface, de 9 en profondeur.

Le hardpan de quelque nature qu'il soit, qui caractérise les sols de ces Séries, ne semble pas de formation récente. Il a dû se former sous un paléoclimat plus humide, comportant une saison sèche.

Cependant sa présence actuelle dans les parties basses, mal drainées de la topographie, peut faire également penser à un rôle important de la nappe phréatique. Il faut noter, dans ce cas, que le hardpan est toujours calcaire.

Ceci n'infirme pas la première hypothèse : des points calcaires s'observent souvent dans les hardpans des sols situés sur les anciennes terrasses.

En résumé, si les hardpans sont en majeure partie fossiles, il s'en formerait pourtant à l'heure actuelle dans les bas-fonds mal drainés.

6. Les Sols des Régions Volcaniques

Série AUBURN

Profil :

0 - 25 cm : A : Brun-rouge, Argilo-sableux.
 25 - 35 cm : AC : Roche altérée, avec forte migration de fer dans les fentes.
 +35 cm : C : Méta-andésite.

Très bonne perméabilité sur tout le profil.

7. Les Sols sur Roches sédimentaires dures

Série MARIPOSA

Ces sols s'observent dans la partie orientale du Comté de Stanislaus. Ils sont souvent peu profonds (profondeur moyenne 20 cm).

Nous avons vu le profil suivant, issu de schistes ardoisiers à pendage vertical.

0 - 3 cm : Brun ; Humifère ; Limoneux.
 3 à 50 cm : Brun-jaunâtre à rougeâtre ; Limoneux à Limono-sableux ; pH = 6.
 +50 cm : Ardoise altérée.

Perméabilité bonne.

Ces sols sont surtout utilisés en pâturages.

8. Les Sols sur Roches sédimentaires tendres

Série WHITNEY

Sol brun clair, limono-sableux, neutre, très perméable, présentant parfois un hardpan tendre en voie de formation.

Série RAYNOR

Profil :

0 - 40 cm : Horizon argileux, très noir, pH = 6,5, renfermant quelques galets de 2 à 5 cm.
 40 à 45 cm : Horizon identique, mais faiblement calcaire.
 + 45 cm : Roche-mère : tuf andésitique.

Utilisation agricole : Prairie irriguée.

Les exemples que nous venons de fournir permettent une première étude de la Classification des Sols utilisée aux Etats-Unis.

Tous les sols cités sont formés sous un climat chaud, semi-aride ou sub humide, caractérisé par un hiver doux et pluvieux et par un été chaud et très sec.

Exception faite des sols de la Série RAYNOR, tous les profils étudiés présentent l'un des deux caractères dominants très généraux suivants :

1° Horizon supérieur brun, brun-gris ou brun-rouge, de texture légère à moyennement légère, surmontant un ou plusieurs horizons de texture plus lourde (due à une accumulation d'argile) et de couleur plus rouge (présence de fer). La partie supérieure du profil est, en général, neutre à légèrement acide.

2° Horizon supérieur brun, brun-gris, parfois brun-rouge, de texture légère à moyennement légère, surmontant un ou plusieurs horizons parfois bruns ou brun-clair, parfois brun-rouge (présence de fer). Mais, soit tout le profil, soit sa partie inférieure seulement, sont calcaires.

Ceci atteste deux modes d'évolution du sol et commande l'existence de deux Grands Groupes :
Le Grand Groupe « Non Calcic (Shantung) Brown ».

Le Grand Groupe « Calcic (Shantung) Brown ». La Série de sols RAYNOR se classe dans le Grand Groupe des Chernozem.

A l'intérieur des Grands Groupes reconnus sont donc ainsi groupés des sols dont le mode d'évolution est le même. Mais l'intensité du processus d'évolution n'a pas été la même dans tous les cas. C'est ce qu'à mis en lumière Mr R. J. ACKLEY en montrant qu'aux plus anciennes formes de relief correspondent les sols les plus évolués, puisqu'ils sont eux-mêmes plus anciens. Sur ce fait ne peut être basée directement la création de Séries. En effet des sols à claypan ou hardpan peuvent avoir des profils par ailleurs fort différents. Pourtant l'existence d'un claypan ou d'un hardpan est un fait pédologique de différenciation très important. Aussi, en Californie, les Services de Prospection ont-ils créé un échelon de classification intermédiaire entre le Grand Groupe et la Série : il est nommé « Sous-Groupe » ; il correspond en réalité au concept de « Famille » exposé au chapitre précédent.

Le Grand Groupe « Non Calcic Brown » comprend les Sous-Groupes :

Non Calcic Brown Ferrosol : Sols à hardpan ferrugineux.

Ex. : Série SAN JOAQUIN.

Non Calcic Brown Planosol : Sols à claypan.

Ex. : Série COMETA.

Non Calcic Brown Alluvial : Sols sur alluvions récentes, plus ou moins lessivés.

Ex. : Séries HANFORD.

— COLOMBIA.

— GREENFIELD.

— ATWATER.

— SNELLING.

Non Calcic Brown Aeolian Sand : Sols sur alluvions ayant subi un remaniement éolien.

Ex. : Série DELHI.

Non Calcic Brown Lithosol : Sols très peu épais.

Ex. : Série MARIPOSA.

— AUBURN.

Le Grand Groupe « Calcic Brown » comprend les Sous-Groupes :

Calcic Brown Wiesenboden :

Calcic Brown Solonchak : Sols salés.

Ex. : Série FRESNO.

Calcic Brown Planosol : Sols à claypan.

Calcic Brown Ferrosol : Sols à hardpan ferrugineux.

Ex. : Série MADERA.

Calcic Brown Calcisol : Sols à hardpan calcaire.

Calcic Brown Aeolian Sand : Sols sur alluvions ayant subi un remaniement éolien.

Calcic Brown Alluvial : Sols sur alluvions récentes.

Calcic Brown Lithosol : Sols peu profonds.

Les Sous-Groupes sont donc créés en fonction de stades d'évolution. Ils se subdivisent en Séries, un profil de sol bien déterminé correspondant à chacune d'elles.

Les sols du Sous-Groupe Non Calcic Brown Alluvial offrent un exemple de cette subdivision. Ils sont tous peu à moyennement lessivés. Aucun d'eux n'a atteint un stade d'évolution tel qu'un claypan ait pu se former. Selon leur degré de lessivage, les sols de ce Sous-Groupe présentent des profils plus ou moins homogènes, plus ou moins différenciés. Les horizons dans chaque profil sont plus ou moins nombreux, plus ou moins épais. Leur composition chimique varie ainsi que leur texture, surtout à la base du profil, selon le degré d'accumulation d'argile et de fer. A chaque profil-type correspond une Série.

Autre exemple : les Séries AUBURN et MARIPOSA, toutes deux du Sous-Groupe Non Calcic Brown Lithosol, diffèrent par l'épaisseur, la nature et la texture des deux horizons composant leur profil.

Nous n'aborderons pas ici le concept de Type. Il sera étudié dans le deuxième exemple de Prospection et de Cartographie des Sols, emprunté à la Louisiane.

RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

- STORY (R. Earl) et WEIR (W. W.). — Manual for identifying and classifying California Soil Series. Jan. 1948, Berkeley, California.
- ACKLEY (R. J.). — Soils of the Merced Area, California. University of California, College of Agriculture, Berkeley, California, 1950.
- HARRADIN (F. F.). — Soils of Western Fresno Country, California. Division of Soils, Berkeley, California, 1950.
- AVERILL (C. V.). — Geologic Guide Book along Highway 49. The Mother Lode Country. Bull. 161, 1948. Division of Mines, Ferry Building, San Francisco.
- PIPER (A. M.) et GALE (H. S.). — Geology and Ground Water Hydrology of the Mokelumne Area, California. Geological Survey Water supply Paper, n° 780, Government Printing Office, Washington D. C., 1939.
- MARTIN (R. J.). — Climatic Summary of the United States. U. S. D. A. Weather Bureau, Washington D. C.
- NIKIFOROFF (C. C.). — Hardpan and microrelief in certain soil complexes of California. U. S. D. A., Washington D. C., Techn. Bull., n° 745, April 1941.

CHAPITRE III

PROSPECTION ET CARTOGRAPHIE DES SOLS EN LOUISIANE

La seconde Prospection pédologique, qui nous a permis de nous familiariser avec la classification américaine des sols et les Méthodes de prospection utilisées aux Etats-Unis, s'est déroulée en Louisiane, dans la Paroisse de Sainte-Mary (Sainte-Mary Parish). Nous avons séjourné à Franklin, chef-lieu de cette paroisse, du 28 janvier au 24 février 1951.

I) Aperçu Géographique

La Paroisse de Sainte-Mary a une superficie de 1.650 km², dont 390 sont cultivés en canne à sucre, maïs, riz et légumes, le soja étant employé comme engrais vert.

Sa population est d'environ quarante mille habitants.

A) Le Climat

La température moyenne annuelle de la Paroisse de Sainte-Mary est d'environ 20° (température moyenne en janvier : 12°, en juillet : 27°), mais les maxima et minima absolus peuvent atteindre respectivement 40° et — 10°. Cependant, la température dépasse rarement 35° et les gelées d'hiver ne durent jamais trois jours de suite.

La pluviosité moyenne annuelle est de 1,40 m. Les précipitations sont bien distribuées au cours de l'année, les mois de juillet et août étant les plus pluvieux, les mois d'octobre et novembre les plus secs.

L'intensité des précipitations peut être forte : 80 à 100 mm en une heure, 200 à 250 mm en vingt-quatre heures, sont les maxima enregistrés.

L'humidité relative moyenne annuelle est d'environ 60 % à midi.

B) La Topographie et la Géologie

La Paroisse de Sainte-Mary est située dans la partie occidentale du Delta du Mississippi et est entièrement constituée d'alluvions quaternaires.

Les formes du relief sont extrêmement peu accentuées : les altitudes varient entre — 4 mètres et + 3 mètres.

Chaque bras du Delta (actuel ou mort), chaque cours d'eau (bayou) est bordé par une levée naturelle qui résulte d'une accumulation de sédiments. Ces levées peuvent atteindre une largeur de 2 km et concentrent toute l'agriculture. Elles divisent la plaine deltaïque en une mosaïque de bas-fonds.

Vers la mer, les levées naturelles deviennent de plus en plus étroites et les marais qu'elles limitent deviennent saumâtres, puis salés près du littoral.

C) La Végétation

Presque toute l'étendue des levées alluviales naturelles est, comme nous l'avons dit précédemment, cultivée (canne à sucre, maïs, riz, légumes).

Les zones marécageuses, non cultivées, sont les seules où la végétation primitive a pu particulièrement se maintenir. Il est considéré que 10 % de la forêt primitive ont été préservés.

Peuvent être distinguées actuellement :

1° *La Végétation arbustive hydrophile des Marais boisés (Swamps).*

Il est remarquable qu'en Louisiane beaucoup de marais portent une végétation arbustive. L'eau ne doit cependant pas être trop abondante et le sol doit s'assécher en été. Les arbres résistent très bien à l'humidité. La base du tronc est souvent renflée par suite des inondations.

Lorsque l'eau devient trop abondante ou saumâtre, la forêt fait place à une végétation herbacée palustre.

2° *La Végétation arbustive des Levées naturelles.*

C'est une forêt peu dense, souvent buissonnante, ou se retrouvent de nombreuses espèces faisant partie de la végétation arbustive hydrophile.

3° *La Végétation des Marais d'eau douce.*

C'est fréquemment une végétation flottante.

Dans les zones d'eau libre se trouvent des Nymphéas (*Nymphaea advena*) et *Azolla caroliniana*. Parfois, la jacinthe d'eau douce envahit toute la surface.

Sur des flots tourbo-argileux se rencontrent : *Phragmites communis*, *Scirpus californicus*, *Typha latifolia*, *Panicum hemitomon*, quelques arbustes et le palmier nain (*Sabal minor*).

4° *La Végétation des Marais salés (Tidal Marsh).*

Les marais salés bordent le Golfe du Mexique. Leur largeur dépasse parfois 10 km. La salinité est plus forte près de la mer et le long des bayous envahis par la marée. Elle diminue vers l'intérieur et en bordure des baies ou se jettent des cours d'eau importants. A ces deux salinités correspondent, conventionnellement, les Marais salés et les Marais saumâtres.

Les Marais saumâtres (salinité probablement inférieure à 2 %) présentent une végétation herbacée. Des groupements presque purs de *Typha latifolia*, *Typha angustifolia*, *Juncus effusus*, se remarquent. Sur les flaques d'eau libre flotte *Azolla caroliniana*. En bordure des marais saumâtres, formant une transition vers les levées naturelles, existe une ceinture de saules et de palmiers nains.

La végétation des Marais salés est peu variée. Elle est constituée, en général, d'un peuplement pur de *Distichis spicata*. Ensuite viennent des flots de joncs, de *Spartina alternifolia* et de *Spartina patens*.

5° *La Mangrove.* Elle existe en certains points du littoral avec le palétuvier.

II) Les Sols

Malgré le relief très peu accentué et malgré leur jeunesse, les sols de la Paroisse de Sainte-Mary sont très variés. En effet :

Ils prennent naissance sur des alluvions dont la texture varie largement (limoneuse à argileuse).

Etant donnée la position géographique de cette région, des différences d'altitude, même faibles, exercent toujours une influence capitale sur le drainage du sol. Celui-ci règle ici l'épaisseur et la couleur des différents horizons, influe sur leur composition chimique (teneur en matière organique, formation de gley), influe enfin sur la végétation.

La salinité est un facteur supplémentaire de différenciation. Elle agit sur la végétation, donc sur le sol.

De nombreux profils, différant par le nombre, la nature et l'épaisseur de leurs horizons, ont donc été reconnus, auxquels correspondent autant de Séries.

Ce sont elles qui sont directement cartographiées par le prospecteur, aussi allons-nous tout d'abord en fournir quelques exemples.

Série MHOON

La Série MHOON comprend des Sols alluviaux assez mal drainés.

Profil :

- 0-15 cm : Brun à brun clair ; granulaire. Neutre à alcalin. Friable.
- 15-35 cm : Brun à brun clair, avec taches jaunes et grises. Limono-sablo-argileux. Sans structure. Neutre à alcalin. Friable.
- 35-61 cm : Gris-brun foncé, à taches grises et brunes. Limono-sablo-argileux. Sans structure. Neutre à alcalin. Friable.
- 61-91 cm : Gris, brun et jaune en taches. Limon fin argileux. Structure compacte. Neutre à alcalin. Massif.

La texture de l'horizon supérieur peut être : Limon sablo-argileux, Limon très finement sableux ou Limon argileux. A ces trois textures correspondent trois Types dans la Série.

Topographie : Horizontale à très légèrement ondulée, ce qui détermine des Phases.

Cultures : Maïs, coton, luzerne, trèfle, légumes.

Série COMMERCE

Elle comprend des Sols alluviaux assez bien drainés, situés près des rives ou des anciennes rives du Mississipi.

Profil :

- 0 - 15 cm : Gris-brun foncé à brun clair. Sans structure. Neutre à alcalin. Très friable.
- 15 à 75 cm : Gris-brun foncé à brun clair, avec taches jaunâtres et brunâtres à la partie supérieure de l'horizon et taches jaunâtres et grises à la partie inférieure. Limono-sablo-argileux. Sans structure. Neutre à alcalin. Très friable.
- 75 à 105 cm : Gris-brun foncé à brun clair avec taches grises. Limon fin argileux. Sans structure. Neutre à alcalin. Très friable.

La texture de l'horizon supérieur peut-être limono-sablo-argileuse à limono-sableuse, déterminant plusieurs Types de sols.

Topographie : Horizontale à légèrement ondulée, ce qui détermine des Phases.

Cultures : Maïs, coton, luzerne, trèfle, légumes.

Série ROBINSONVILLE

Elle comprend des Sols alluviaux bien drainés, dérivés d'alluvions du Mississipi à texture légère :

Profil :

- 0 - 20 cm : Brun jaunâtre. Structure peu marquée. Neutre à alcalin.
- 20 - 90 cm : Brun jaunâtre. Limoneux finement sableux. Structure peu marquée. Neutre à alcalin.
- 90 - 105 cm : Brun jaunâtre, clair ou foncé. Sablo-limoneux. Structure peu marquée. Neutre à alcalin.

La texture de l'horizon supérieur peut être : Limon sablo-argileux, Limon très finement sableux ou Limon sableux, ce qui entraîne la distinction de trois Types dans la Série.

Topographie : légèrement ondulée à pentes modérées.

Cultures : Maïs, coton, luzerne, trèfle, légumes.

Série CREVASSE

Elle comprend des Sols alluviaux très bien drainés, dérivés d'alluvions sableuses du Mississipi.

Profil :

- 0 - 25 cm : Gris-brun foncé à brun clair. Sans structure. Neutre à alcalin. Friable.
- 25 - 90 cm : Brun à brun légèrement jaunâtre. Sable fin limoneux. Sans structure. Neutre à alcalin.
- 90 - 105 cm : Gris-brun à gris clair. Sablo-limoneux. Sans structure. Neutre à alcalin.

Les Types sont déterminés par la texture de l'horizon supérieur variant d'un Limon très finement sableux à un Sable limoneux.

Topographie : légèrement ondulée à pentes modérées.

Cultures : Maïs, foin, légumes, lorsque les sols sont protégés des inondations.

Série ALLIGATOR

Elle comprend des Sols alluviaux très mal drainés, dérivés d'alluvions argileuses du Mississipi.

Profil :

- 0 - 15 cm : Gris-brun clair. Granulaire. Moyennement à fortement acide.
- 15 - 75 cm : Gris clair. Polyédrique. Argileux. Moyennement à fortement acide. Horizon très plastique quand il est humide, très dur quand il est sec.
- 75 - 90 cm : Gris clair, tacheté de gris, brun et jaune. Horizon d'argile moyennement à fortement acide.

Trois principaux Types sont distingués suivant la texture de l'horizon supérieur qui peut-être : Limon argileux, Argile limoneuse, ou Argile.

Topographie : Horizontale à faiblement inclinée.
Végétation : Bois.
Cultures : Coton, maïs, sorgho, avoine, soja.

Série SHARKEY

Elle comprend des Sols alluviaux très mal drainés, dérivés d'alluvions argileuses du Mississipi.

Profil :

0 - 15 cm : Gris-brun clair. Nombreuses veines d'oxyde de fer. Granulaire peu stable.
 + 15 cm : Horizon épais d'argile, gris et brun. Moyennement alcalin. Calcaire par place.

Ces sols sont inondés tous les ans lorsqu'ils ne sont pas protégés par des levées.

Série BUXIN

Les Sols qui la composent sont issus d'alluvions de la Red River provenant de dépôts permien ferrugineux.

Profil :

Horizon de 15 à 30 cm, rouge, surmontant une couche d'Argile gris-bleu à taches rouges et brunes. L'horizon supérieur peut être Limono-sablo-argileux déterminant plusieurs Types.

Topographie : Horizontale.

Drainage : Bon en surface, mauvais en profondeur.

Végétation : Bois.

Cultures : Coton, maïs, canne à sucre.

Série CYPREORT

Elle groupe des Sols alluviaux bien drainés, sur alluvions pliocènes du Mississipi.

Profil :

0 - 15 cm : Brun tacheté de gris, granulaire. Friable. Fortement acide.
 15 - 30 cm : Gris-brun foncé, tacheté de jaune. Structure lamellaire. Argilo-limoneux. Fortement acide.
 30 - 40 cm : Brun-clair, tacheté de jaune et gris. Polyédrique. Limon fin argileux. Fortement acide. Un peu plastique.
 40 - 70 cm : Gris-brun tacheté de jaune. Granulaire. Limono-sablo-argileux. Acide.

La texture de l'horizon supérieur peut être : Limon sablo-argileux ou Limon finement argileux, déterminant deux Types.

Topographie : Horizontale.

Cultures : Canne à sucre, maïs, riz.

Série BALDWIN

Elle groupe des Sols alluvionnaires ayant subi une évolution pédologique suffisante pour que des horizons A, B, C, apparaissent.

Profil :

0 - 20 cm : A : Gris-brun, faiblement tacheté de gris. Granulaire. Un peu acide. Plastique. Un peu collant.
 20 - 40 cm : B : Gris avec taches jaune-brun. Polyédrique. Argileux. Un peu acide. Plastique. Collant.

40 - 80 cm : C : Argile grise, tachetée de brun-jaune, incluant quelques concrétions tendres noires. Acide. Collant.

Quatre textures peuvent être rencontrées, pour l'horizon A, déterminant quatre types : Limon fin argileux ; Argile ; Limon sablo-argileux ; Limon très finement sableux.

Drainage : Mauvais.

Végétation : Bois et végétation herbacée.

Cultures : Canne à sucre, maïs, sorgho.

Série IBERIA

Alluvions pleistocènes du Mississipi, évoluées.

Profil :

0 - 15 cm : A : Gris foncé ou noir. Granulaire. Un peu acide. Collant. Plastique.
 15 - 30 cm : B₁ : Gris foncé ou noir à taches brun-jaune. Polyédrique à gros éléments. Argileux. Un peu acide. Très plastique. Collant.
 30 - 45 cm : B₂ : Gris à Gris-brun foncé, tacheté de brun-jaune. Structure compacte. Très argileux. Neutre à alcalin. Très plastique. Très collant.

Des concrétions ferrugineuses peuvent être trouvées dans l'horizon B₁ ; des concrétions calcaires dans l'horizon B₂.

L'horizon A peut être Argileux, Argilo-limoneux ou Limono-argileux, ce qui détermine trois Types.

Topographie : Horizontale ou faiblement inclinée.

Végétation : Arbres et herbes.

Cultures : Canne à sucre et riz.

Série JEANERETTE

Elle groupe des Sols évolués, situés dans un milieu semi-palustre.

Profil :

0 - 15 cm : A : Gris ou noir. Granulaire. Un peu acide. Friable.
 15 - 30 cm : B₁ : Gris-brun foncé. Polyédrique. Limon fin argileux. Un peu acide. Friable.
 30 - 50 cm : B₂ : Gris-brun foncé à taches gris clair. Argilo-limoneux. Alcalin. Présence de concrétions calcaires.
 50 - 65 cm : B₃ : Gris foncé. Structure compacte. Limon fin argileux. Alcalin. Plastique. Légèrement collant. Présence de concrétions noires.
 65 - 75 cm : C₁ : Gris clair. Structure compacte. Limoneux. Alcalin. Présence de nombreuses concrétions calcaires.
 75 - 90 cm : C₂ : Gris clair tacheté de jaune. Limon avec concrétions calcaires plus grosses.

Deux Types sont distingués : Limono-sablo-argileux et Limono-argileux.

Topographie : Horizontale à peu inclinée.

Drainage : Lent.

Végétation : Arbres et herbes.

Cultures : Canne à sucre.

Les exemples, que nous venons de fournir, illustrent bien tout d'abord la conception de la Série de sols qu'ont les Pédologues des Etats-Unis.

Il est remarquable en effet, que les onze Séries citées correspondent chacune à un profil bien déterminé, qui se distingue des autres par le nombre, l'agencement, la couleur, l'épaisseur et les propriétés chimiques et physiques de ses horizons.

Il en est pourtant, parmi elles, de très proches. Les Séries MHOON, COMMERCE, ROBINSONVILLE, CREVASSE, par exemple, correspondent toutes quatre à des Sols alluviaux, neutres à alcalins, sans structure définie, et de couleur grise, gris-brun ou brun-jaune. Mais, issus d'alluvions de texture différente et plus ou moins bien drainées (les sols de la Série MHOON sont assez mal drainés; ceux de la Série COMMERCE, assez bien drainés; de la Série ROBINSONVILLE, bien drainés; de la Série CREVASSE, très bien drainés), les sols de ces quatre Séries ont un profil légèrement différent.

De même, les sols des Séries ALLIGATOR et SHARKEY correspondent à des sols alluviaux très mal drainés, dérivés d'alluvions argileuses du Mississipi, mais dont le profil est différent (trois horizons dans le premier, deux seulement dans le second) ainsi que le pH de l'horizon inférieur.

Les sols des Séries BUXIN et CYPRE-MORT sont également des sols alluviaux, mais ils diffèrent des précédents, les premiers par leur horizon supérieur rouge, les seconds par la structure et le pH de leurs horizons.

Les huit Séries de sols dont il vient d'être question sont donc différentes. Il apparaît pourtant, avec l'étude rapide des profils faite ci-dessus, que plusieurs d'entre elles ont en commun certains caractères pédologiques importants, attestant un même état pédologique des alluvions. Elles se groupent alors en Familles :

Première Famille : Séries MHOON, COMMERCE, ROBINSONVILLE, CREVASSE.

Deuxième Famille : Séries ALLIGATOR et SHARKEY.

Troisième Famille : Séries BUXIN.

Quatrième Famille : Série CYPRE-MORT.

Un deuxième degré de similitude existe entre les sols de ces huit Séries. Ils présentent le même type général de profil, attestant un même mode de genèse, et caractérisé par :

a) L'absence d'horizons caractéristiques dus à une évolution pédologique. Si le terme « horizon » est employé, il l'est pour signaler l'existence de zones stratifiées présentant des caractères différents (couleur, texture, etc...) et non pas pour désigner des horizons A, B, C.

b) Une teneur plus ou moins grande en matière organique.

Tous ces sols, en effet, dérivent d'alluvions fluviatiles non évoluées ou très peu évoluées. Ils ap-

partiennent donc à un même Grand-Groupe : le Grand Groupe des Sols Alluviaux.

Contrairement aux précédents, les sols des Séries BALDWIN, IBERIA et JEANERETTE ont déjà subi une certaine évolution et, de ce fait, présentent des horizons A, B, C à caractères définis. Bien que dérivés d'alluvions, ils n'appartiennent plus au même Grand Groupe.

Le phénomène fondamental réglant l'évolution du sol révélé par l'examen du profil de ces trois Séries est l'Hydromorphie. Elles appartiennent donc toutes trois au Sous-Ordre des Sols Hydromorphes. Mais le mode d'évolution du sol, révélé par l'examen comparé des trois profils, n'est pas le même. Aussi, ces séries appartiennent-elles à des Grands Groupes différents : la Série BALDWIN, au Grand Groupe « Gray Hydromorphic »; les Séries IBERIA et JEANERETTE, au Grand Groupe « Wiesenböden ».

Un dernier examen, enfin, peut illustrer la détermination de l'échelon inférieur de la classification : la Phase. Les sols de la Série BUXIN subissent localement une érosion. Ils existent d'autre part sur une surface topographique horizontale à faiblement inclinée. Ces deux faits déterminent cinq Phases :

Sols de la Série BUXIN, en surface subhorizontale, érodés.

Sols de la Série BUXIN, en faible pente, érodés.

Sols de la Série BUXIN, en faible pente, faiblement érodés.

Sols de la Série BUXIN, en pente nulle, faiblement érodés.

Sols de la Série BUXIN, en pente nulle, non érodés.

RÉFÉRENCES ET BIBLIOGRAPHIE

- BROWN (CLAIR A.). — Louisiana trees and shrubs, Louisiana forestry concession. Bull. n° 1, Massey H. Anderson, BATON ROUGE, 1945.
- St. Mary Planning Board Resources and Facilities of St. Mary Parish, State of Louisiana. Dept. of Public Works and St. Mary Parish Planning Board., jan. 1949.
- PRINCE (W. ARMSTRONG). — Tidal Basins of Texas and Louisiana Coast. Bull. of Amer. Association of Petroleum Geologist., vol. 31, nb. 9, p. 1619-63.
- FISK (H. N.). — Geological investigation of the Alluvial Valley of the Lower Mississippi River. War Department, Corps of Engineers, U. S. Army, 1 dec. 1944.
- PENFOUND (W. M. T.), HATHAWAY (E. S.). — Plant Communities in the Marshland of Southeastern Louisiana, Dept of Botany and Zoology, Tulane University in Ecological Monographs, vol. 8, n° 1, january 1938.
- HARRISON (R. W.), KOLLMORGEN (W. M.). — Drainage reclamation in the Coastal Marshlands of the Mississippi River Delta. The Louisiana historical Quarterly, vol. 30, n° 2, April 1947, The Louisiana historical Society, Labildo, New-Orleans.
- RAUKIN (WILLIAM G.). — Lower Mississippi River Delta. Report on the geology of Plaquemines and St. Bernard Parish. Geological Bull., n° 8, Louisiana Geological Survey, New Orleans, 1936.

CHAPITRE IV

LES SOLS DES ILES HAWAII

L'étude des Cultures tropicales pratiquées aux Iles Hawaii, incluse dans le programme de travail de l'un d'entre nous, a amené une étude des sols de ces régions. Bien que celle-ci n'ait pas été faite en vue d'examiner surtout la classification des sols américaine, nous l'avons ajoutée à cette partie de notre rapport car elle apporte, tant sur cette classification que sur la génétique des sols, d'intéressants renseignements.

Les principaux facteurs de la pédogénèse sont ici le climat et le temps durant lequel le climat a exercé son influence, c'est-à-dire, l'âge des sols. Pour une première approximation, on peut négliger l'influence des Roches-mères en estimant que celles-ci sont partout des laves basaltiques.

I) Aperçu géographique

Les divers climats que l'on rencontre dans ces îles sont très variés. Les chutes de pluies et les températures sont fonction de l'altitude et de la position par rapport aux vents dominants. Quelques chiffres donneront une idée de la variation rapide du climat d'un point à un autre :

PLUVIOMÉTRIE MOYENNE ANNUELLE :

Ile	Localité	Distance	Altitude	Pluviométrie
Maui (ouest)	Puukukui	8 km NE	1.760 m	9.700 mm
	Lahaina	8 km SO	15 »	305 »
Maui (est)	Puoha Ka-moha	19 km E	880 »	7.160 »
	Pulehu	19 km O	170 »	350 »
Oahu	Marsh	19 km N	790 »	7.770 »
	Puuloa	19 km S	45 »	508 »

NOMBRE MOYEN DE JOURS DE PLUIE DANS L'ANNÉE :

Ile	Localité	Nombre de jours de pluie
Oahu	Puuloa.....	minimum 48
	Rhodes Gardens.....	maximum 330
Kauai	Waiawa.....	minimum 36
	Kukana.....	maximum 271
Maui	Waiopae Ranch.....	minimum 18
	Nahiku.....	maximum 320
Hawaii	Ka Lae.....	minimum 40
	Kawaunui (haut).....	maximum 320

Les mois d'août et de septembre sont les plus chauds, janvier et février les plus froids ; leur écart est généralement de 4 à 5° C. Le maximum absolu est de 37° C à 250 mètres d'altitude et le minimum absolu est de — 3° C à 2.000 mètres.

II) Les Sols

Il est clair que, dans des conditions aussi variées, les types de sols soient bien différenciés. L'étude de

l'influence du climat sur la pédogénèse est ici très intéressante. En parcourant seulement quelques kilomètres, on peut passer d'un désert recevant quelques centimètres de pluie à une zone à pluviosité de plusieurs mètres.

L'influence de la durée de l'évolution peut aussi être mise en évidence du fait que les Roches-mères ont des âges différents. Nous verrons plus loin, par exemple, que les Latosols Humiques ferrugineux, qui semblent marquer un stade ultérieur dans l'évolution latéritique se trouvent surtout dans Kauai qui est l'île la plus vieille (3).

De nombreux auteurs ont étudié les sols hawaïens. L'article le plus récent est celui du Dr G. D. SHERMAN (6) ; c'est celui qui servira de base à notre exposé.



Iles Hawaii. Fougères arborescentes.

Les sols sont divisés successivement en Grands Groupes, Familles et Phases. Notre point de vue étant assez général, nous examinerons surtout les Grands Groupes. La liste complète de ceux-ci est la suivante :

- 1) Latosols Humiques de basse altitude (Low humic latosols) (désignés sur les cartes par la lettre N).
- 2) Latosols Humiques (Humic latosols) (A).
- 3) Latosols Humiques hydratés (Hydro humic latosols) (K).
- 4) Latosols Humiques ferrugineux (Ferruginous humic latosols) (T).
- 5) Sols Rouges désertiques (Red desert soils) (RB).
- 6) Sols Brun-rougeâtre (Reddish brown soils) (RD).

- 7) Sols Rougeâtres de Prairie (Reddish prairie soils) (C).
- 8) Sols Bruns forestiers (Brown forest soils) (F).
- 9) Sols Hydromorphes gris (Gray hydromorphic soils) (H).
- 10) Sols de rizière (Paddy soils) (P).
- 11) Sols de marais (Bog soils) (Bg).
- 12) Argile magnésienne noire (Dark magnesium clay) (M).
- 13) Solonchak (Solonchak) (S).
- 14) Sols alluviaux (Alluvial soils) (V).
- 15) Sables surtout coraliens (Regosols) (R).
- 16) Lithosols, Colluvium, Laves et Coraux (L).



Iles Hawaii. Zone aride à cactus raquette.

Nous étudierons les Sols Zonaux qui sont les Groupes 1 à 7. Avec SHERMAN (6), nous y ajouterons aussi le Groupe 8 en raison de la grande similitude de ses propriétés physiques et chimiques avec les Sols Rougeâtres de Prairie.

Les Sols Rouges désertiques et les Sols Brun-rougeâtre se trouvent dans les régions sèches des îles. Les régions à saisons alternativement sèches et pluvieuses ont des Sols des Groupes Rougeâtres de Prairie, Latosols Humiques de basse altitude et Latosols Humiques ferrugineux. Les Sols Bruns forestiers, Latosols Humiques et Latosols Humiques hydratés se rencontrent dans les régions à fortes pluies où le sol est toujours humide.

1) Latosols Humiques de basse altitude

Ces sols se forment sous un climat sec ou moyennement humide, dans lequel six à neuf mois sont classés comme secs (moins de 60 mm de pluie). La pluviométrie annuelle peut varier de 400 à 2.000 mm SHERMAN (4) indique qu'un sol de la Famille Lahaina (N1) jouit de six mois secs (moins de 60 mm de pluie) et de six mois intermédiaires (de 60 à 100 mm de pluie).

Dans le type le plus sec (N1), après une surface (10 cm) à structure grumeleuse, les deux horizons caractéristiques sont : jusqu'à 75-80 cm, un horizon à structure nettement prismatique, puis, plus bas, un horizon compact et rouge foncé. Ce sol, quoique riche en éléments fins, n'est pas dur lorsqu'il est sec. La pluviométrie est ici de 750 à 800 mm.

Avec une pluviométrie de 1.000 mm, on peut avoir le Sol N2 (Famille Lahaina). Son profil est analogue au précédent mais la structure prismatique et la couleur rouge sont un peu moins nettes.

Enfin une troisième Famille de Sol N (pluviométrie de 1.250 mm) présente une structure granulaire jusqu'à 30 cm de profondeur, avec une couleur rouge-beige, puis devient faiblement prismatique jusqu'à 80 cm et enfin rouge plus foncé et compact.

Les Latosols Humiques bas sont utilisés pour les cultures d'ananas et de cannes à sucre. Ils sont faciles à travailler et à irriguer.

Bien que ces sols soient argileux (parfois jusqu'à 80 % d'argile), ils ont les propriétés physiques du limon. Leur argile est du type kaolinite. Dans les zones les plus humides, la teneur superficielle en kaolinite décroît, mais l'horizon inférieur est plus compact. Certains sous-sols sont même imperméables aux racines.

Les tableaux 1 et 2 donnent l'analyse d'un profil typique et l'analyse de ses colloïdes, d'après HOUGH et BYERS (2). Sauf pour la matière organique et l'azote, on voit que les variations dans le profil sont très faibles. Comparé à la roche-mère, le sol a une teneur plus faible en silice et une teneur plus forte en fer et en titane. Un profil d'une zone plus humide montrerait ces tendances d'une façon encore plus nette. Les colloïdes sont plus riches que le sol en silice et alumine et plus pauvres en fer et titane.

Les divers rapports pour ces sols sont aussi constants. Le rapport silice/sesquioxides varie de 1,2 à 1,7 généralement de 1,4 à 1,5 ; le rapport silice/alumine de 1,7 à 2,3 (souvent voisin de 2,0) ; le rapport silice/oxyde de fer varie un peu plus : 2,5 à 8,0 (environ de 6,0) ; les rapports les plus faibles se rapportent aux sols des régions les plus pluvieuses.

La capacité d'échange des bases est de 15 à 40 milliéquivalents pour 100 g, avec une saturation de 50 à près de 100 % suivant la réaction du sol.

TABLEAU 1

ANALYSE D'UN PROFIL DE LATOSOL HUMIQUE DE BASSE ALTITUDE (N 2), D'APRÈS HOUGH ET BYERS (2)
Résultats en pour cent

Profondeur en cm.	pH	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Mn O	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	N	Matière organique
0 à 7	6,2	31,23	23,29	23,84	4,90	0,30	0,51	0,76	0,20	0,03	0,28	0,18	3,80
7 à 40	6,2	32,23	23,96	23,76	5,78	0,30	0,45	0,58	0,13	0,06	0,25	0,09	1,60
40 à 90	5,2	32,36	23,40	24,85	5,81	0,22	0,43	0,72	0,13	0,00	0,21	0,02	0,67
90 à 115	4,9	32,73	23,46	26,30	4,61	0,19	0,39	0,43	0,05	0,08	0,18	0,04	0,63
115 à 150	—	40,80	17,84	25,61	3,74	0,28	0,62	0,71	0,07	0,06	0,12	0,01	0,18

TABLEAU 2

ANALYSE DES COLLOIDES D'UN PROFIL DE LATOSOL HUMIQUE DE BASSE ALTITUDE (N 2), D'APRÈS HOUGH ET BYERS (2)
Résultats en pour cent

Profondeur en cm.	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO + MgO + K ₂ O + Na ₂ O	Perte au feu
0 à 7	37,00	14,78	30,96	1,61	0,61	15,32
7 à 40	37,85	15,14	31,94	1,53	0,61	13,64
40 à 90	38,18	14,61	31,97	1,62	0,54	13,67
90 à 115	38,22	14,68	31,21	1,62	0,51	13,47

2) *Latosols Humiques*

Ces sols se forment sous un climat plus humide que les précédents. Le sol est constamment humide durant toute l'année. La différenciation des horizons est plus nette. Ils portent généralement une végétation naturelle importante et sont riches en matière organique.

D'après SHERMAN (4), un sol de la Famille Honolua (A) subit quatre mois intermédiaires (de 60 à 100 mm de pluies) et huit mois humides (de 100 à 200 mm de pluies).

Un profil A₂ (région de Honokaa, Hawaii) montre un horizon brun foncé à tendance grumeleuse jusqu'à 45 cm, puis brun-rouge jusqu'à 1 mètre et enfin rouge et un peu compact au-dessous. La plu-

viométrie y est de 2 mètres environ. La Famille Pauhau (Au), plus sèche (1.600 mm), semble grumeleuse sur une plus grande profondeur.

Ces sols sont très favorables à la culture. La canne à sucre donne des rendements allant jusqu'à 150 t/ha. L'apport d'engrais phosphatés n'est pas nécessaire ; par contre, la potasse donne une réponse jusqu'à 110 kg/ha.

Comparés aux sols du Groupe précédent, ces sols sont plus pauvres en silice et alumine et bien plus riches en oxydes de fer et de titane. La perte de silice est plus importante. La teneur en bases, qui est plus élevée, est probablement due à une différence de Roche-mère. Enfin, la matière organique est abondante dans tout le profil.

TABLEAU 3

ANALYSE D'UN PROFIL DE LATOSOL HUMIQUE (A₂) D'APRÈS HOUGH ET BYERS (2)
Résultats en pour cent

Profondeur en cm	pH	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	MgO	CaO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	N	Matière organique
0 à 18	4,9	20,33	41,60	11,68	8,92	0,19	0,88	0,59	0,90	0,29	0,21	0,22	6,88
18 à 50	4,9	17,17	38,94	18,49	6,25	0,10	0,57	0,62	0,62	0,44	0,20	0,14	5,67
50 à 80	4,9	14,72	36,96	21,46	3,90	0,07	0,50	0,66	0,48	0,44	0,26	0,12	5,58
plus de 80	4,7	18,30	32,00	24,60	3,90	0,06	0,58	0,76	0,19	0,39	0,25	0,08	4,51

TABLEAU 4

ANALYSE DES COLLOIDES D'UN PROFIL DE LATOSOL HUMIQUE (A₂) D'APRÈS HOUGH ET BYERS (2)
Résultats en pour cent

Profondeur en cm	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO + MgO + K ₂ O + Na ₂ O	Perte au feu
0 à 18	19,72	35,13	21,71	3,64	2,62	17,60
18 à 50	15,24	39,78	22,96	3,42	1,55	17,13
50 à 80	13,81	38,46	24,36	3,28	1,35	18,33
plus de 80	16,69	36,24	24,19	3,49	1,16	17,71

L'analyse des colloïdes (Tableau 4) traduit les mêmes faits. Le rapport silice/sesquioxydes est plus faible que dans le Groupe précédent ; il varie habituellement de 0,5 à 0,9. Le rapport silice/alumine est généralement un peu supérieur à 1,0 et celui silice/oxyde de fer un peu inférieur à 1,0.

La capacité d'échange de bases est forte, souvent de 30 ou 40 milliéquivalents pour 100 g, ce qui est dû en grande partie à la matière organique. Con-

trairement aux Sols N et T, les Latosols Humiques ont un très grand pouvoir tampon.

3) *Latosols Humiques hydratés*

Ces sols se forment dans les régions très pluvieuses où tous les mois sont considérés comme humides (plus de 100 mm). La végétation naturelle y est très luxuriante. Les sols sont très hydratés et,

au séchage, ils diminuent considérablement de volume. La deshydratation est d'ailleurs irréversible. A part cette propriété, ils sont semblables aux Sols A dans leur aspect. Ils se dispersent sous l'action d'une pression et sont donc peu adaptés à l'emploi de la culture mécanique.

Le profil suivant de la Famille Hilo (K 6) a été observé entre Hilo et Papaikou (Hawaii) : jusqu'à 50 cm horizon brun, sans structure nette, fin ; puis,

de 50 à 75 cm, plus clair parfois même jaune, passage progressif à l'horizon suivant (75 à 300 ou 400 cm) qui est argileux et rouge. Vers 100 cm, il y a souvent une zone de concrétions ferrugineuses peu durcies. La pluviométrie annuelle est ici de 3,50 m environ.

Ces sols sont médiocres pour la culture car ils sont pauvres. Tous les engrais donnent des réponses.

TABLEAU 5
ANALYSE D'UN PROFIL DE LATOSOL HUMIQUE HYDRATÉ (HOUGH, GILE ET FOSTER)
Résultats en pour cent

Profondeur en cm	pH	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Matière organique	Analyse des colloïdes					
							SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	CaO + MgO + K ₂ O + Na ₂ O	Eau combinée
0 à 15 cm	5,2	12,9	28,5	16,5	7,1	20,2	17,69	39,25	29,44	7,89	2,14	16,46
15 à 45	5,2	10,3	27,4	27,0	5,3	10,7	12,41	41,20	32,73	7,72	1,24	14,17
45 à 70	5,2	12,6	28,4	22,4	6,1	14,3	14,50	42,51	28,95	8,05	1,68	15,11
70 à 100	4,9	12,7	28,3	24,3	5,6	10,0	16,52	47,75	32,88	6,99	1,66	13,94



Iles Hawaii. Ancien sol, recouvert par une coulée de lave.



Iles Hawaii. Différentes zones de végétation, de bas en haut : zone des cultures tropicales (canne à sucre et ananas), zone des forêts, zone d'herbes courtes ou sans végétation.

Comparés aux Latosols Humiques, ces sols sont plus pauvres en silice, fer et titane, et plus riches en alumine. Les teneurs en matières organiques sont les plus fortes de toutes celles rencontrées dans le territoire ; elles varient de 10 à 27 % et, dans certains cas, la matière organique peut même représenter le tiers du sol. De plus, cette matière organique est présente dans tout le profil. Les bases ont été lessivées et selon AYRES (8) ces sols ont atteint le pH le plus bas qu'il soit possible.

Pour les colloïdes, les analyses sont comparables à celles des Latosols Humiques, mais la teneur en alumine est plus élevée. L'argile comprend surtout des oxydes. Le rapport silice/sesquioxides est inférieur à 0,5, ceux silice/alumine et silice/oxyde de fer sont inférieurs à 1,0. L'alumine est généralement plus abondante que l'oxyde de fer.

Leur capacité d'échange de bases varie de 20 à

60 milliéquivalents pour 100 g. D'après AYRES (1) 50 à 90 % de cette capacité d'échange est due à la matière organique. Leur pouvoir tampon est élevé.

4) Latosols Humiques ferrugineux

Comme les Latosols Humiques de basse altitude, ces sols se forment dans des régions présentant une saison sèche. Ceci incite SHERMAN (4) à penser que les Latosols Humiques ferrugineux sont des Latosols Humiques de basse altitude très âgés.

Après un horizon de surface (parfois jusqu'à 30 ou 40 cm) brun, souvent cendreuse, érodible, ces sols présentent un horizon caractéristique où se sont concentrés les oxydes de fer et de titane et qui a une densité spécifique très élevée. Humide, cet horizon n'a pas de structure, mais, lorsqu'il est sec, il présente une structure granulaire instable. Dans

quelques sols, l'érosion a amené cet horizon en surface et alors, il est très dur et semblable à une cuirasse latéritique.

Au-dessous se trouve une couche d'aspect limoneux mais contenant encore 60 à 75 % d'argile. Cet horizon est appauvri en bases, silice et alumine. Ces sols doivent représenter le stade ultime de l'évolution en pays tropicaux.

Enfin, l'horizon C est souvent formé d'argile compacte qui, suivant le cas, est ou n'est pas la roche-mère. Cet horizon est toujours entièrement différent de la partie supérieure du profil.

Les tableaux 6 et 8 donnent les compositions de

ces sols d'après SHERMAN, FOSTER et FUJIMOTO (3). L'horizon A est riche en titane et tout le profil est riche en fer. Dans ce Groupe, la surface est toujours plus riche en silice que le reste du profil. Dans certains sols, l'horizon B a même une teneur en silice inférieure à 1 p. cent.

L'horizon très dense A₂ est pauvre en colloïdes. Inversement, l'horizon B est très riche. Ces colloïdes sont riches en oxyde de fer et pauvres en silice et alumine. On peut donc penser que l'argile s'est décomposée, ce qui est confirmé par la forte teneur en oxyde de fer libre. Les rapports habituels sont très variables.

TABLEAU 6
ANALYSE DE DEUX PROFILS DE LATOSOLS HUMIQUES FERRUGINEUX (3)
Résultats en pour cent

Horizon	Profondeur en cm	pH	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂
FAMILLE HAIKU						
A ₁	0- 20	4,6	12,98	43,24	13,20	17,36
A ₂	20- 35	4,2	14,04	48,08	13,20	18,92
A-B	35- 45	4,3	8,50	46,84	15,80	12,16
B ₁	45- 65	4,3	4,56	47,36	17,80	10,24
B ₂	65- 105	4,5	2,30	42,54	27,60	8,88
C	plus de 105	4,4	9,00	28,72	36,00	6,68
FAMILLE NAIWA						
A ₁	0- 7	4,1	10,79	38,20	10,65	19,37
A ₂ -1	7-12	4,2	5,50	48,50	17,85	24,69
A ₂ -2	12-30	4,2	3,78	47,50	9,90	25,02
A-B	30-35	4,0	5,74	67,23	12,60	9,43
B	35-70	4,3	5,50	78,50	7,60	7,24
C	Plus de 70	4,3	22,82	35,42	21,72	3,32

TABLEAU 8
ANALYSE DES COLLOIDES DES HORIZONS A₂ ET B D'UN LATOSOL HUMIQUE FERRUGINEUX (3)
Résultats en pour cent

Horizon	Profondeur en cm	Colloïdes	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Oxyde de fer libre p. cent de sol
A ₂	12-30	13,30	5,44	59,60	10,10	21,00	22,74
B	35-70	74,79	4,36	59,50	13,00	6,90	52,46

La capacité d'échange de ces sols est très faible. Pour l'horizon A, elle varie de 2 à 30 milliéquivalents pour 100 g. L'horizon A₂ n'a pratiquement pas de pouvoir tampon.

Les sols de ce Groupe représentent le type même de sols des pays tropicaux. En raison de leur intérêt théorique, ils ont été spécialement étudiés. Le D^r SHERMAN, en particulier, a publié plusieurs articles à leur sujet et notamment à propos des cuirasses latéritiques (5).

L'auteur remarque que ces « cuirasses » apparaissent généralement sur les pentes longues, qui ont un climat très pluvieux dans leur partie haute et un climat semi-aride à leur base. Les cuirasses se produisent alors à l'altitude la plus élevée qui ait encore un climat à saisons alternativement sèches et pluvieuses.

Compte tenu de cette remarque et du profil dé-

crit plus haut, SHERMAN émet une hypothèse sur la formation de la cuirasse. Les oxydes de fer et de titane du haut de la pente sont entraînés latéralement au-dessus de l'horizon C imperméable et viennent s'accumuler dans les horizons de surface de la zone à saisons alternées. Là, les oxydes sont insolubilisés par déshydratation et il se forme hématite et anatase.

5) Sols Rougeâtres de Prairie et Sols Bruns Forestiers

Les sols de ces deux Groupes se sont développés sur des cendres volcaniques à des altitudes élevées. La similitude de leurs propriétés physiques et chimiques vient probablement du fait qu'ils proviennent de la même roche-mère et aussi du fait que ce sont des sols peu évolués.

TABLEAU 9
ANALYSE DE DEUX PROFILS DE SOL BRUN FORESTIER ET DE SOL ROUGEATRE DE PRAIRIE, D'APRÈS SHERMAN (6)
Résultats en pour cent

Profondeur en cm	pH	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂
SOL BRUN FORESTIER					
0-25	6,5	20,2	14,1	29,5	3,2
25-65	7,0	28,1	16,2	36,0	3,6
Plus de 65	6,8	33,1	21,0	33,1	4,8
SOL ROUGEATRE DE PRAIRIE					
0-15	6,4	33,7	15,6	26,4	4,4
15-30	7,0	24,7	18,2	28,6	4,8
30-60	7,4	23,5	18,2	31,2	5,0
60-95	7,7	26,5	18,0	31,8	4,8

TABLEAU 10
ANALYSE DES COLLOÏDES D'UN SOL BRUN FORESTIER ET DE SOL ROUGEATRE DE PRAIRIE, D'APRÈS SHERMAN (6)
Résultats en pour cent

Profondeur en cm	Colloïdes	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂
SOL BRUN FORESTIER					
0-25	34,8	7,7	33,2	16,8	3,2
25-65	32,4	9,6	27,6	29,8	3,4
Plus de 65	40,3	9,5	33,4	29,0	4,4
SOL ROUGEATRE DE PRAIRIE					
0-15	56,9	15,2	23,2	29,0	3,4
15-30	43,9	17,0	21,8	41,0	4,6
30-60	42,2	17,2	29,4	32,6	4,8
60-95	24,0	17,7	20,8	30,8	4,8

Les Sols Bruns forestiers ont subi des chutes de pluie importantes et sont plus lessivés que les Sols Rougeâtres de Prairie qui sont presque neutres. Ces sols sont utilisés pour la production de légumes ou comme pâturages.

Un profil de Sol Brun forestier (F₃) observé dans



Iles Hawaii. Altération en boules de blocs de lave.

la région de Kohala (Hawaii) montre, sous une litière importante de matière organique, un horizon brun cendré jusqu'à 50 cm, puis beige jusqu'à 100 cm et enfin un horizon rougeâtre.

Les analyses chimiques de profils typiques de ces deux Groupes d'après SHERMAN (6) (Tableaux 9 et 10) montrent la similitude des deux sols. La teneur en silice est moindre que dans les Latosols Humiques de basse altitude formés sous des climats semblables. Les colloïdes sont encore plus pauvres en silice. Les rapports silice/sesquioxydes varient de 0,3 à 0,5, le plus faible étant pour le Sol Brun forestier.

La capacité d'échange de bases est élevée (40 à 70 milliéquivalents pour 100 g). L'argile de ces sols n'a pas encore été identifiée.

6) Sols Brun-Rougeâtre et Sols Rouges désertiques

Ces sols se forment sous un climat sec. Ils sont peu évolués. Les Sols Brun-rougeâtre, légèrement plus humides, sont un peu plus profonds. Leur profil, assez peu différencié et court, présente généralement un horizon faiblement humifère jusqu'à 20 ou 30 cm, puis un horizon faiblement humifère beige ou ocre-beige. Ils conviennent à la culture, mais sont généralement trop secs.

TABLEAU 11
ANALYSE D'UN PROFIL TYPIQUE DE SOL BRUN-ROUGEATRE, D'APRÈS SHERMAN (6)
Résultats en pour cent

Profondeur en cm	pH	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Matière organique
0- 7	6,4	43,5	13,6	16,0	2,8	4,6
7-15	6,4	51,7	10,9	15,8	2,7	1,2
15-35	6,2	45,9	12,1	20,2	2,1	0,8
plus de 35	6,6	38,4	15,4	23,4	3,0	0,6

SHERMAN (6) donne une analyse d'un profil typique de Sol Brun-rougeâtre. L'A. estime que ces résultats sont voisins de ceux obtenus sur des laves, sauf pour l'alumine qui est plus abondante, et qu'une analyse de Sol Rouge désertique serait très comparable.

La seule analyse des colloïdes est donnée par HOUGH, GILE et FOSTER, d'où SHERMAN (6) tire le tableau 12. Ces auteurs trouvent de fortes teneurs en silice et en alumine (rapport 2,9 à 3,6).

TABLEAU 12
ANALYSE DES COLLOIDES D'UN PROFIL DE SOL BRUN-ROUGEATRE D'APRÈS HOUGH, GILE ET FOSTER
Résultats en pour cent

Profondeur en cm	Colloïdes	pH	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
0- 25	13,0	6,9	37,9	17,2	34,9
25- 55	6,6	7,4	52,5	12,2	27,9
55-100	8,8	7,3	42,1	17,7	31,5

Comme nous l'avons vu au début de cet exposé, les principaux facteurs de la formation des sols aux Hawaii sont le climat et l'âge même des sols. Etu-

diant ces facteurs et complétant la définition de MORH (*) pour les mois pluvieux, SHERMAN classe les sols hawaiiens de la façon suivante (4) :

Grands Groupes de sols	Famille de sols	Nombre de mois			
		secs (-60 mm)	intermédiaires (60 à 100 mm)	humides (100 à 200 mm)	très humides (+200 mm.)
Latosol Humique bas	Molokai	8	4	0	0
Latosol Humique bas	Lahaina	6	6	0	0
Latosol Humique bas	Wahiawa	5	4	3	0
Latosol Humique bas	Kahana	2	7	3	0
Latosol Humique bas	Kohala	0	4	8	0
Latosol Humique ferrugineux	Mahana	9	2	1	0
Latosol Humique	Naiwa	5	3	4	0
Latosol Humique	Kaneohe	1	5	6	0
Latosol Humique	Honolua	0	4	8	0
Latosol Humique hydraté	Koolau	0	0	8	4
Latosol Humique	Koolau	0	0	3	9

Puis l'A. envisage deux types d'évolution suivant que le climat est alternativement sec et humide ou constamment humide.

Les Latosols Humiques de basse altitude et les Latosols Humiques ferrugineux se forment sous le premier type de climat. L'intensité de leur évolution dépend de leur âge et de la pluviométrie. Au début, les teneurs en kaolinite et alumine augmentent, puis, lorsque l'altération se poursuit, ces teneurs diminuent. Avec l'âge, la teneur du sol en silice décroît et la teneur en oxyde de fer et de titane augmente. Le résultat final est alors la cuirasse latéritique riche en fer et en titane (fig. 1).

Par contre, les Latosols Humiques hydratés se forment sous un climat constamment humide. La décomposition des minéraux argileux en oxydes libres est rapide. Avec une pluviométrie croissante, la teneur en alumine croît et les teneurs en silice et oxyde de fer décroissent. Le résultat final est une Latérite Alumique, probablement une Latérite Bauxitique (voir fig. 2).

RÉFÉRENCES

- 1) AYRES (A. S.). — Soils of high-rainfall areas in the Hawaiian Islands. Hawaii Agr. Exp. Station, Tech. Bulletin, n° 1, sept. 1943.
- 2) HOUGH (G. J.), BYERS (H. G.). — Chemical and physical studies of certain hawaiian soil profiles. USDA Technical Bulletin, 584, dec. 1937.
- 3) SHERMAN (G. D.), FOSTER (Z. C.), FUJIMOTO (C. K.). — Some of the properties of the ferruginous humic latosols of the Hawaiian Islands. Proceed. of the Soil, Sc. Soc. of America, vol. 13, 1948.
- 4) SHERMAN (G. D.). — Factors influencing the development of lateritic and laterite soil in the Hawaiian Islands. Pacific Science, oct. 1949.
- 5) SHERMAN (G. D.). — The genesis and morphology of hawaiian ferruginous laterite crusts. Pacific Science, oct. 1950.
- 6) SHERMAN (G. D.). — The chemical and physical properties of Hawaiian soils. Doc. dactylographié.

* MORH (E. C. J.). — The soils of the equatorial regions. Edwards Bros, ANn Arbor.

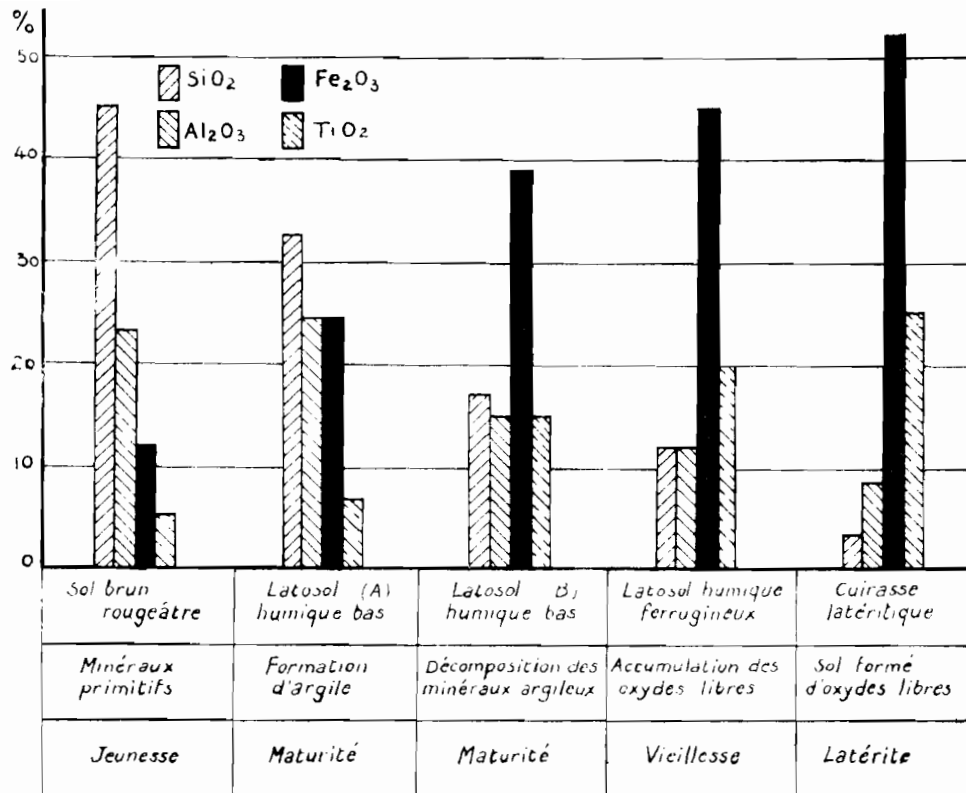


Fig. 1 Influence de l'augmentation de la saison des pluies d'un climat alternativement sec et humide sur la composition chimique de l'horizon A d'un sol. La saison humide croit de la gauche vers la droite.

D'après G.D. Sherman (4)

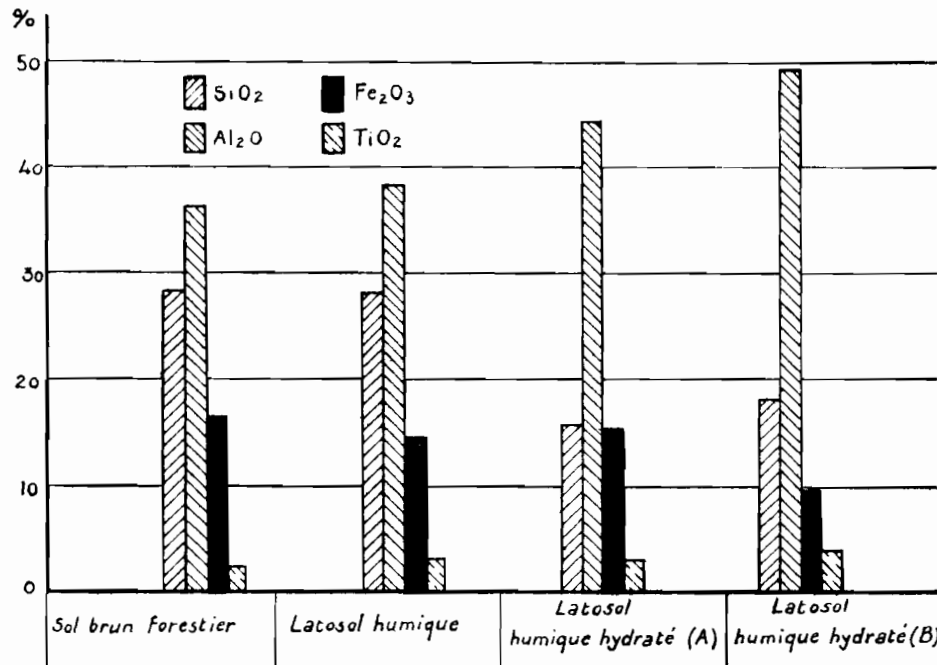


Fig. 2 Influence d'un accroissement de la pluviométrie sur la composition chimique de sols formés sous un climat constamment pluvieux. La pluviométrie passe, de la gauche vers la droite, de 1750 mm. à 6920 mm.

D'après C.D. Sherman (4)

CHAPITRE V

LES MÉTHODES DE PROSPECTION ET DE CARTOGRAPHIE

Le matériel qu'utilise le prospecteur américain comprend :

- 1) Des photographies aériennes, dont l'échelle est 1/15.840. Sur elles sont tracées directement au crayon les limites pédologiques.
- 2) Une tarière longue d'un mètre cinquante.
- 3) Une trousse de pH Truog.
- 4) De l'acide chlorydrique et, éventuellement, un pont de Wheatstone pour mesurer la conductivité des sols salés.
- 5) Une loupe, un clinomètre (les pentes sont indiquées sur les cartes pédologiques) et un code des

couleurs fourni par l'U. S. D. A. (Standard Division of Soil Committee).

L'emploi, pour toute prospection pédologique, de photographies aériennes est à souligner fortement. Il est un facteur de rapidité et de précision de la cartographie : rapidité, car, après reconnaissance des rapports entre les sols et les éléments du milieu naturel dans lequel ils se trouvent, des interprétations sur photographie aérienne sont permises ; précision, car la photographie aérienne est le reflet le plus fidèle de la surface topographique.

Un prospecteur américain peut ainsi cartographier, avec une voiture à sa disposition, 50.000 ha annuellement.

MÉTHODES D'ANALYSE DES SOLS

H. MOULINIER et CL. MOUREAUX.

CHAPITRE I

CHIMIE DU SOL

Les Méthodes d'analyse ordinaires sont devenues suffisamment classiques pour qu'il soit inutile d'y insister. Pour les recherches sur la fertilité, ces méthodes ont été précisées dans un Bulletin Technique du Ministère de l'Agriculture (7). Cependant il faut mentionner spécialement l'utilisation de plus en plus importante d'appareils spéciaux qui permettent de faire rapidement les dosages. En dehors du Polarographe qui a un champ d'application assez spécial, nous avons remarqué particulièrement les divers Spectrophotomètres à flamme. Ces appareils dosent très rapidement le potassium, le sodium, le calcium et parfois le magnésium. Lorsque le réglage est fait, il est facile de faire cinquante déterminations à l'heure. Pour du travail en série cette rapidité est très importante.

Il faut noter aussi l'emploi fréquent d'appareils permettant le dosage global des sels solubles par mesure de la conductivité des pâtes ou suspensions de sol (solubridge). Après lecture de la conductivité et de la température, une table (table de Gardner) donne la teneur totale en sel exprimée généralement en KCl.

Mais c'est surtout les méthodes rapides, très utilisées aux Etats-Unis, qui retiendront notre attention. Elles servent aux études de fertilité et sont souvent désignées par les initiales Q T (quick tests) ou R C M (rapid chemical methods). Les réactions sur lesquelles sont basées ces méthodes sont bien connues, nous nous bornerons simplement à les citer. Nous insisterons cependant un peu plus sur les détails des techniques employées en raison de l'importance capitale qu'ils ont dans ces sortes d'analyse.

MÉTHODES RAPIDES UTILISÉES EN LOUISIANE

Le Laboratoire de l'Université de Baton-Rouge dose des éléments dits « assimilables ». Ce sont le phosphore, le potassium, le calcium et le magnésium. Ces éléments sont extraits par l'acide chlorhydrique 0,05 N : 10 g de sol sont mis au contact de 250 cm³ de solution et agités d'une façon intermittente durant 30 minutes. Les méthodes de dosage ne sont pas forcément des méthodes rapides :

a) le phosphore est déterminé par réduction du phosphomolybdate d'ammonium par le chlorure stanneux et passage au colorimètre ;

b) le potassium est déterminé au cobaltinitrite de soude et aussi au photomètre à flamme (Perkin Elmer 52-C) ;

c) le calcium par l'oxalate d'ammonium ;

d) le magnésium par le phosphate ammoniacomagnésien.

En plus de ces analyses rapides on détermine :

e) la capacité d'échange par contact de 5 g de sol avec 125 cm³ d'une solution d'acétate de baryum 0,1 N de pH 8,3 ;

- f) l'azote total par la méthode de Kjeldahl ;
g) le carbone par combustion au four électrique.

A titre d'exemple, voici deux analyses faites à l'Université de Baton-Rouge et les interprétations qui en sont données :

1° ANALYSE D'UN BALDWIN LIMONO-SABLO-ARGILEUX

	Surface	Sous-sol
P assimilable p. million ...	55	55
K assimilable p. million ...	40	40
Ca assimilable p. million ...	3.000	15.000
Capacité d'échange (még)...	15,17	—
Saturation p. cent	88,07	—
pH	6,2	7,0
Sels solubles	0,437	0,131

Le sel ne forme ici qu'une tache, la série Baldwin étant fort rarement affectée par la salinité. La fumure recommandée après lessivage du sol est, pour la canne à sucre : 450 kg/ha de la formule 12-8-12,

2° ANALYSE D'UN BALDWIN LIMONO-SABLO-ARGILEUX

	Surface	Sous-sol
P assimilable p. million ...	70	50
K assimilable p. million ...	40	50
Ca assimilable p. million ...	10.000	15.000
Capacité d'échange (még)...	16,91	—
Saturation p. cent	88,17	—
pH	6,8	7,5

Recommandation pour la canne à sucre : 450 à 550 kg/ha de la formule 10-0-10. Généralement la série Baldwin n'est pas si riche en phosphore.

D'une façon générale, dans cette région, on considère que les engrais ont un effet favorable si la teneur du sol s'abaisse en dessous des valeurs suivantes obtenues par les méthodes citées plus haut :

	Saturation p. cent	N pour cent	pour million			
			P	K	Ca	Mg
Sol limono-argileux S. O. Louisiane ..	75	0,12	25	100	1.000	200
Alluvions limono-sableuses du Mississipi	75	0,08	50	100	1.000	200
Alluvions limoneuses et argileuses...	75	0,13	75	150	2.500	500

MÉTHODES RAPIDES UTILISÉES AUX HAWAII

Depuis une vingtaine d'années, les planteurs de canne à sucre du Territoire des Hawaii se sont intéressés aux méthodes rapides d'analyse (R. C. M.) aussi bien pour leurs sols que pour les cannes, les jus, etc... A l'origine, les échantillons de sols étaient analysés à la Station Expérimentale d'Honolulu par la méthode de l'extraction à l'acide citrique. Mais ceci avait plusieurs inconvénients, en particulier de demander des délais assez longs.

Une première amélioration avait été espérée lorsque quelques planteurs ont commencé, vers 1930, à utiliser des trousseaux d'analyse rapide fabriqués sur le continent. Mais rapidement on s'est aperçu qu'il fallait perfectionner ces trousseaux et les adapter aux conditions locales. Les transformations effectuées furent si importantes que les méthodes utilisées ultérieurement n'eurent plus aucun rapport avec les trousseaux du commerce.

Ces méthodes furent publiées dès 1936 par le Dr Francis HANCE (2) puis légèrement complétées et adaptées dans des publications suivantes (3, 4, 5).

Pour nous, l'intérêt de ces publications réside non seulement dans les méthodes qui, à l'heure actuelle, sont devenues classiques, mais surtout dans l'esprit de ces travaux.

Il s'agissait avant tout de normaliser les techniques d'analyse de telle sorte que les résultats soient suffisamment précis. La plupart des réactions utilisées étant assez délicates, même en laboratoire, cette normalisation devait être très précise. Le problème était encore compliqué par le fait que ces méthodes étaient destinées à être utilisées sur les plantations mêmes.

Une fois les méthodes choisies, les auteurs ont donc été conduits à préciser chaque détail de la technique. Pour cela des appareils simples et robustes (agitateur, appareil d'éclairage, etc...) ont été conçus et réalisés par la Station pour être cédés aux planteurs. Les différents réactifs ne portent aucun nom de produit chimique ; ils sont simplement désignés par un numéro ; la Station les prépare et les vend aux planteurs. Il a même été publié le plan recommandé pour un laboratoire de plantation (3).

Quant à la marche de l'analyse, elle est décomposée au maximum en actions simples et exemptes autant que possible de mots techniques. Après avoir indiqué brièvement les méthodes utilisées pour les sols, nous donnerons, en exemple d'analyse, l'estimation rapide de la potasse dans les sols.

Estimation rapide de l'azote assimilable. 10 g de sol sont extraits par agitation d'une minute avec 50 cc d'une solution de sulfate de potassium 0,3 N. L'azote ammoniacal est déterminé colorimétriquement par le réactif de Nessler.

Estimation rapide de l'azote total. Attaque Kjeldahl sur 2,5 g de sol, distillation, dosage de l'ammoniaque du distillat par le réactif de Nessler.

Estimation rapide du phosphore. 10 g de sol sont agités pendant une demi-minute avec 30 cc d'acide chlorhydrique 0,5 N. Dans l'extrait, le phosphore est dosé par la réaction du bleu de molybdène.

Estimation rapide de la potasse. 2,5 g de sol sont extraits par agitation d'une demi-minute avec 10 cc d'une solution d'acétate de sodium contenant de l'acide nitrique. Le dosage est fait ensuite par néphélométrie avec le cobaltinitrite de sodium.

Estimation rapide du calcium. Extraction par agitation une demi-minute de 2,5 g de sol avec 30 cc

d'une solution d'acétate d'ammonium neutre. Dosage par néphélométrie avec l'acide oxalique.

Exemple détaillé d'une technique d'analyse d'après F. HANCE (2) : l'estimation rapide de la potasse dans les sols.

Après la liste du matériel nécessaire, l'auteur décrit point par point les diverses étapes de l'analyse.

1) Remplir de terre préparée, une cuiller de 2,5 g et l'araser avec une spatule en acier inoxydable.

2) Mettre cette terre dans une fiole d'Erlenmeyer de 125 cc.

3) Ajouter 10 cc du réactif 1, K_2O , à l'aide d'une burette de 250 cc.

4) Agiter en tournant pendant une demi-minute.

5) Filtrer dans un béccher de 50 cc sur un papier filtre Munktell n° 3.

6) Avec un compte-gouttes calibré prélever des quantités de 1 cc du filtrat et les mettre au fond de chacun des deux tubes à essai forme courte.

7) Ajouter 4 gouttes du réactif 2, K_2O , à chacun des tubes et mélanger.

8) Placer immédiatement les tubes sur un bloc incliné. Maintenir le bloc horizontalement afin de donner aux tubes la bonne inclinaison. Toucher le bord intérieur de chaque tube avec l'extrémité d'une burette de 50 cc et laisser couler 1 cc du réactif 3, K_2O , de façon à ce que les liquides ne se mélangent pas. L'addition du réactif 3, K_2O , doit prendre à peu près quatre secondes et demie à cinq secondes avec un écoulement aussi uniforme que possible. Deux couches de liquides distinctes doivent être visibles. Si les couches ne sont pas distinctes ou si un trouble apparaît, recommencer les n°s 6 à 8 jusqu'à ce que les deux couches distinctes soient obtenues.

9) Placer les tubes dans les trous n° 1 et 3 de l'agitateur pour la potasse.

10) Si un autre extrait de sol a été préparé, il peut être analysé en même temps en utilisant les trous n° 2 et 4.

11) Mettre l'agitateur en route et l'arrêter exactement 30 secondes plus tard.

12) Laisser reposer environ 30 secondes et passer à l'appareil d'éclairage.

13) Déplacer la glissière en avant et en arrière au-dessus des lignes témoins et, en même temps, chercher à apercevoir verticalement ces lignes à travers les colonnes de liquides.

Si les plus grosses lignes ne sont pas visibles, la lecture est 4.

Si les plus grosses lignes sont visibles, mais les lignes moyennes invisibles, la lecture est 3.

Si les lignes moyennes sont visibles, mais les lignes fines invisibles, la lecture est 2.

Si les fines lignes vertes sont visibles, la lecture est 1.

14) Si les deux lectures pour le même échantillon ne coïncident pas, refaire la détermination doublée jusqu'à obtenir deux lectures, ou plus, identiques.

15) Si au moins deux lectures de 2 ou 3 sont obtenues, estimer les teneurs en K_2O d'après le tableau ci-dessous et faire la moyenne des valeurs obtenues.

16) Si une lecture de 1 est obtenue, préparer de nouveaux extraits en employant successivement de plus grandes quantités de sol avec des quantités suffisantes de réactif 1, K_2O , pour obtenir au moins 5 cc de filtrat. Les quantités convenables à utiliser sont indiquées dans le tableau. Recommencer les étapes 6 à 14 jusqu'à ce que des lectures de 2 ou 3 soient obtenues. Si une lecture de 1 est encore obtenue avec un rapport de 1/1 (20 g de sol pour 20 cc de réactif 1, K_2O) la teneur en potasse « est faible »

c'est-à-dire inférieure à 0,003 p. cent ou à 84 kg de K_2O par hectare.

17) Si une lecture de 4 est obtenue, préparer de nouveaux extraits de 2,5 g de sol par 15, 20, 25, 30, 35 et 40 cc de réactif 1, K_2O , jusqu'à ce que des lectures de 2 ou 3 soient obtenues. Si une lecture de 4 est encore obtenue avec 2,5 g de sol pour 40 cc de réactif 1, K_2O , la teneur en potasse est « forte » c'est-à-dire supérieure à 0,056 p. cent, ou à 1 570 kg de K_2O par hectare.

REMARQUE. Conserver le réactif 2, K_2O , dans un endroit sombre ; ne le commander que par petites quantités.

Suit un tableau donnant, pour les divers rapports d'extraction et les différentes lectures (1, 2, 3 ou 4), les teneurs en potasse en pourcentage, en kg à l'hectare et en « faible », « douteux », « moyen », et « fort ».

Comme on vient de le voir, la Station a mis au

point plusieurs appareils permettant de faire ces « tests » dans les conditions les plus rigoureuses possible. Un appareil d'éclairage permet de réaliser dans de bonnes conditions les mesures de colorimétrie ou de néphélométrie. Pour ces dernières des séries de lignes normalisées plus ou moins épaisses ont été mises au point. Pour la colorimétrie, des planches en couleur sont publiées (2). Un agitateur mécanique très simple permet aussi de faire les réactions dans des conditions toujours connues ; ceci est capital notamment pour la précipitation du cobaltinitrite de potassium.

Tous ces travaux relativement anciens, ont trouvé un nouveau champ d'application lorsque le diagnostic foliaire de la canne à sucre a été utilisé. Depuis plusieurs années la grande majorité des plantations de cannes est équipée d'un petit laboratoire pour R C M qui permet de faire les analyses de sol et les analyses demandées par le diagnostic foliaire.

CHAPITRE II

PHYSIQUE DU SOL

FORCE DE SUCCION DES SOLS ET HUMIDITÉ CAPILLAIRE

Les échantillons de sol à structure conservée sont contenus dans des cylindres métalliques de 1 cm de haut et de 5,5 cm de diamètre. Deux rondelles de gaze, maintenues par des bracelets de caoutchouc, ferment les deux extrémités du cylindre. Pour le prélèvement, ces cylindres s'emboîtent au nombre de huit dans l'appareil qui est enfoncé dans le sol. Ces échantillons sont utilisés successivement pour trois déterminations d'humidité.

Posés à plat sur une brique poreuse dépassant de 10 cm une nappe d'eau, ils permettent de déterminer, à l'équilibre, l'humidité sous une tension capillaire de 10 cm.

Dans une enceinte étanche, les échantillons sont ensuite soumis à des dépressions allant jusqu'à 2 cm de mercure et leur humidité déterminée. Certains appareils permettent de traiter simultanément quatre séries de dix-sept échantillons, soit soixante-huit échantillons.

Enfin de façon analogue on détermine l'humidité sous des pressions de 1 à 25 atmosphères.

PERMÉABILITÉ

Les échantillons sont généralement prélevés à l'aide du perméamètre de UHLAND. Cet appareil est décrit dans une circulaire intérieure de l'U. S. D. A. datée du 8 mars 1949. Il s'agit essentiellement d'un cylindre d'acier à bords tranchants que l'on enfonce dans le sol à l'aide du poids qui le surmonte. A l'intérieur se place le cylindre d'aluminium qui contiendra l'échantillon de sol ; sa hauteur et son diamètre sont tous deux de 7,62 cm. Après le prélèvement, les cylindres d'aluminium contenant la terre sont placés dans des boîtes cylindriques en carton pour permettre leur transport jusqu'au laboratoire. A l'arrivée les cylindres sont munis d'une gaze à leur extrémité inférieure et prolongés à leur partie supérieure par un anneau métallique d'une hauteur de 2,54 cm ; la terre est recouverte d'un papier filtre.

On mesure d'abord le temps mis par l'eau pour traverser l'échantillon (arrivée de la première goutte à la base du cylindre) sous une pression de 1,27 cm d'eau, la vitesse de percolation (par exemple le volume percolé en une heure), et l'eau retenue par le sol dans ces conditions. Cette eau est ensuite évacuée par une dépression de 60 cm ; son volume représente le volume des pores. Après saturation pendant une nuit, la vitesse de percolation est mesurée à nouveau. Enfin le sol est séché à 105° et pesé. On peut obtenir ainsi la densité, le volume des pores, l'humidité au champ, l'humidité du sol saturé, etc...

HUMIDITÉ

L'eau utilisable pour les plantes est comprise entre le point de flétrissement et la capacité au champ. Le D^r RICHARDS a mis au point un procédé de mesure pour déterminer le point de flétrissement (1). Sa méthode consiste à mesurer l'humidité du sol soumis à une succion de 15 atmosphères.

La détermination de l'humidité du sol en place se fait d'après deux méthodes. Toutes deux sont très pratiques et souvent utilisées aussi bien sur la Station de Recherches que sur les fermes et plantations privées.

L'appareil du D^r RICHARDS est basé sur la tension capillaire du sol (8, 10). Il s'agit d'une bougie de porcelaine reliée à un manomètre. La pression indiquée par ce dernier est en rapport avec l'humidité. En Californie cet appareil est utilisé parfois dans les plantations fruitières (agrumes, avocats...) pour la conduite des irrigations. Il existe même des installations de ce genre rendues entièrement automatiques, une certaine pression au manomètre déclenchant l'arrivée d'eau d'irrigation ou d'arrosage.

Un autre appareil, entièrement différent, est très utilisé aux Hawaii. Il est dû au D^r BOUYOUKOS (1). Le principe est de mesurer la résistance électrique d'un bloc de plâtre (ou de nylon) que l'on a enterré à l'endroit voulu. La conductivité du bloc, qui est fonction de son humidité, est directement liée à l'humidité du sol. Les blocs de plâtre ou de nylon, qui contiennent deux électrodes et sont prolongés par deux fils isolés, sont disposés à demeure dans le sol ; seules les deux extrémités de fils dépassent de la terre. Les mesures sont faites au moment voulu à l'aide d'une malette contenant la source de courant et l'appareil de mesure des résistances. Un étalonnage préalable est nécessaire.

ANALYSE GRANULOMÉTRIQUE

La dispersion est obtenue, suivant les laboratoires, par plusieurs agents : métaphosphate de soude, silicate de soude, oxalate de soude, etc... ou même des détersifs du commerce. Cependant il semble (6) que le plus actif soit le métaphosphate. Il est encore efficace pour les sols gypseux.

L'analyse est faite suivant la méthode pipette ou suivant la méthode aérométrique de BOUYOUKOS. Cependant la première est la plus utilisée. C'est la plus longue mais c'est aussi la plus précise. La méthode aérométrique, plus rapide, est utilisée pour le travail en grande série où la précision nécessaire est faible. La méthode pipette sert alors de référence.

Dans certaines régions les allonges à sédimentation sont parfois calorifugées pour éviter les changements de température qui perturbent la chute des particules.

RÉFÉRENCES

- 1) BOUYOUCOS (G. J.). — A practical soil moisture meter as a scientific guide to irrigation practices. Rep. *Agronomy Journal*, vol. 42, n° 2, febr. 1950.
- 2) HANCE (F. E.). — Soil and plant material analysis by rapid chemical methods. *The Hawaiian Planters' Record*, vol. 40, n° 3, 1936.
- 3) HANCE (F. E.). — Soil and plant material analysis by rapid chemical methods. II. *The Hawaiian Planters' Record*, vol. 41, n° 2, 1937.
- 4) HANCE (F. C.). — Soil and plant material analysis by rapid chemical methods. III. *The Hawaiian Planters' Record*, vol. 45, n° 4, 1951.
- 5) HANCE (F. C.). — Soil and plant material analysis by rapid chemical methods. IV. *The Hawaiian Planters' Record*, vol. 48, n° 3, 1944.
- 6) KILMER (V. J.), ALEXANDER (L. T.). — Methods of making mechanical analysis of soils. *Soil Science*, vol. 68, n° 1, juillet 1949.
- 7) PEECH (M.), ALEXANDER (L. T.), DEAN (L. A.). — Methods of soil analysis for soil fertility investigations. U. S. D. A. Circular, n° 757.
- 8) RICHARDS (L. A.). — Soil moisture tensiometer materials and construction. *Soil Science*, vol. 53, p. 241-8, 1942.
- 9) RICHARDS (L. A.). — Pressure membrane apparatus construction and use. *Agricultural Engineering*, vol. 28, n° 10, october 1947.
- 10) RICHARDS (L. A.). — Methods of measuring soil moisture tension. *Soil Science*, vol. 68, n° 1, juillet 1949.
- 11) SALINITY LABORATORY. — Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Riverside (Californie), juillet 1947.

ÉTUDES SUR L'ÉROSION ET LA CONSERVATION DES SOLS

F. FOURNIER

INTRODUCTION

L'ÉROSION AUX ETATS-UNIS

Aux Etats-Unis, des conditions physiques, économiques et sociales ont contribué, dans le passé, à provoquer une érosion du sol largement étendue en maintes régions du Territoire et d'une intensité très élevée.

L'Histoire Agricole du Piedmont des Appalaches offre un exemple frappant de ce qu'a été ce passé, dans le Sud-Est et le Centre-Sud des Etats-Unis.

Au XVIII^e siècle, le peuplement rapide de cette région amena la mise en culture de types de sols extrêmement érodibles, parce que composés d'horizons supérieurs limoneux ou limono-sableux surmontant un horizon inférieur peu perméable. Alors qu'auparavant ces sols étaient protégés par une végétation naturelle dense, les cultures sarclées (coton, maïs) entreprises par les premiers cultivateurs permirent aux pluies torrentielles, qui caractérisent le climat de cette partie des Etats-Unis, et aux eaux de ruissellement d'exercer leur action érosive. Celle-ci fut favorisée en outre par un relief très vallonné et par le fait que les sillons étaient tracés dans le sens de la pente.

Des millions d'hectares furent donc défrichés puis cultivés sans aucune précaution. Avec l'érosion, le rendement des cultures diminua. Les cultivateurs abandonnèrent alors leurs champs pour s'installer sur des terres vierges, mais l'érosion elle, continua. Dans le même temps, elle commençait partout où s'installait la charrue.

En cent cinquante ans, une proportion considérable des sols était dégradée.

Un peuplement d'une égale rapidité des Etats du Centre-Nord (Kentucky-Illinois-Missouri) la « mise en valeur » de terres impropres à la culture dans les grandes plaines de l'Ouest la destruction partielle des grandes forêts de l'Ouest eurent pour conséquence, par différents processus, une érosion du sol tout aussi considérable.

Si certains cultivateurs eurent tôt conscience de la destruction de leurs terres par érosion, il fallut attendre l'année 1930 pour voir le Peuple Américain prendre conscience du danger qui menaçait son sol.

Des phénomènes spectaculaires ont contribué à cette prise de conscience : creusement de profonds ravins, fleuves de boue s'écoulant des champs, particules fines du sol entraînées en grands tourbillons vers le ciel au cours de tempêtes. Ce dernier phénomène, fréquent dans les Grandes Plaines après la sécheresse des années 1929-1930, frappa les esprits : le « Bol à poussière » devint le symbole de l'exploitation imprudente de la terre.

Une retentissante publicité eut lieu et les années 1930-1940 ont vu s'accomplir une révolution agricole dont le principal artisan fut le Service de la Conservation du Sol.

LE SERVICE DE LA CONSERVATION DU SOL AUX ETATS-UNIS

Le Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis fut créé en septembre 1933 pour aider les agriculteurs américains à appliquer sur leurs terres des mesures de conservation permanentes et efficaces, à faire un emploi approprié et judicieux de leurs terres afin qu'elles produisent la plus grande quantité possible de produits nécessaires sans perdre leur degré de fertilité.

Les pratiques, appliquées auparavant plus ou moins bien par certains fermiers, furent améliorées et des méthodes ou pratiques culturelles nouvelles furent mises au point. Ainsi apparurent les sillons tracés selon les courbes de niveau, la culture en bandes alternées, les terrasses à lit en pente, des assollements nouveaux introduisant de nouvelles Légumineuses, etc., etc...

Mais, ultérieurement, les Pédologues Américains se sont rendus compte que seule une investigation scientifique pouvait permettre un contrôle précis et efficace de l'érosion.

En effet, elle seule pouvait permettre :

- a) de déterminer quels sont les facteurs prédominants de l'érosion du sol,
- b) d'étudier l'influence de ces facteurs,
- c) de « tarer » le phénomène d'érosion sous les multiples conditions du milieu naturel,
- d) de « tarer », par comparaison, la valeur conservatrice des méthodes et pratiques préconisées,
- e) de mesurer ainsi le bénéfice tiré de l'application des méthodes de lutte,
- f) de déterminer finalement quels systèmes de conservation sont les mieux adaptés pour répondre aux problèmes qui se posent dans la mise en valeur d'un lieu aux caractères géographiques, pédologiques et économiques donnés.

Pour cela, il fallait mesurer :

- α) la perte en eau (c'est-à-dire le volume d'eau ruisselé),
- β) la perte en terre (c'est-à-dire le volume ou le poids de terre érodé),
- γ) les changements physiques et chimiques se produisant dans le sol,
- δ) le rendement des cultures, sous les méthodes et pratiques culturelles préconisées en conservation du sol, dans des conditions géographiques et pédologiques diverses.

Ainsi se dessinent les deux tâches essentielles accomplies actuellement par le Service de la Conservation du Sol aux Etats-Unis : il est un organisme technique du Gouvernement des Etats-Unis effectuant d'une part des travaux de recherches, détachant d'autre part par l'entremise de plus de deux mille deux cents Districts de Con-

servation, des techniciens, pour travailler avec les agriculteurs réclamant leur assistance.

ORGANISATION DU SERVICE DE LA CONSERVATION DU SOL

A) La Direction Générale du Service de la Conservation du Sol, sise à Washington, Capitale fédérale, dirige l'ensemble des travaux accomplis dans le Territoire des Etats-Unis.

Elle a, à sa tête, le *Directeur Général*, plus haute autorité du Service.

Elle est essentiellement composée d'un grand nombre de *Divisions*, scientifiques ou non, ayant chacune la responsabilité d'un domaine bien déterminé, par exemple : Conservation des Eaux ; Génie Rural ; Prospection ; Etudes Forestières ; Cartographie, etc...

Chaque Division organise, oriente, supervise sur le plan national les travaux du domaine dont elle s'occupe.

B) Le Territoire des Etats-Unis est divisé en sept « *Régions de Conservation* » administrées chacune par un *Bureau Régional* siégeant dans un « *Chef-lieu de Région* ». Le Bureau Régional a, à sa tête, un *Directeur Régional*, placé lui-même sous les ordres du Directeur Général du Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis.

Dans chaque Région, le Directeur et son Bureau dirigent quatre services :

a) Un service siégeant au chef-lieu de Région et composé de « *Divisions* » identiques de forme et de but à celles de la Direction générale de Washington, mais dont la tâche s'effectue à l'échelle régionale. Celles-ci et celles-là sont en relations constantes.

b) Un *Service administratif* (Personnel, Finances, etc., etc...).

c) L'ensemble des *Services de Conservation du Sol* dispersés dans la Région.

d) Enfin, dans le cadre des Régions de Conservation, fonctionnent les *Stations de Recherches*

Expérimentales sur l'Erosion et la Conservation des Sols.

Chaque station en effet est contrôlée par le Bureau Directeur de la Région dans laquelle elle se situe, bien que, par ailleurs, elle rende compte également de ses travaux à la Division des Recherches sise à Washington.

C) Les « *Régions de Conservation* » étant au nombre de sept, il est évident que chacune englobe plusieurs Etats des Etats-Unis. C'est par Etat qu'il a été choisi d'organiser le réseau des Services de Conservation du Sol travaillant sur le terrain, en contact avec les agriculteurs.

Chaque Etat est divisé en « *Districts de Conservation* » dirigés chacun par un *Chef de District*. Dans la zone d'action de chaque District sont disséminées des « *Equipes de Travail* » (Work Unit).

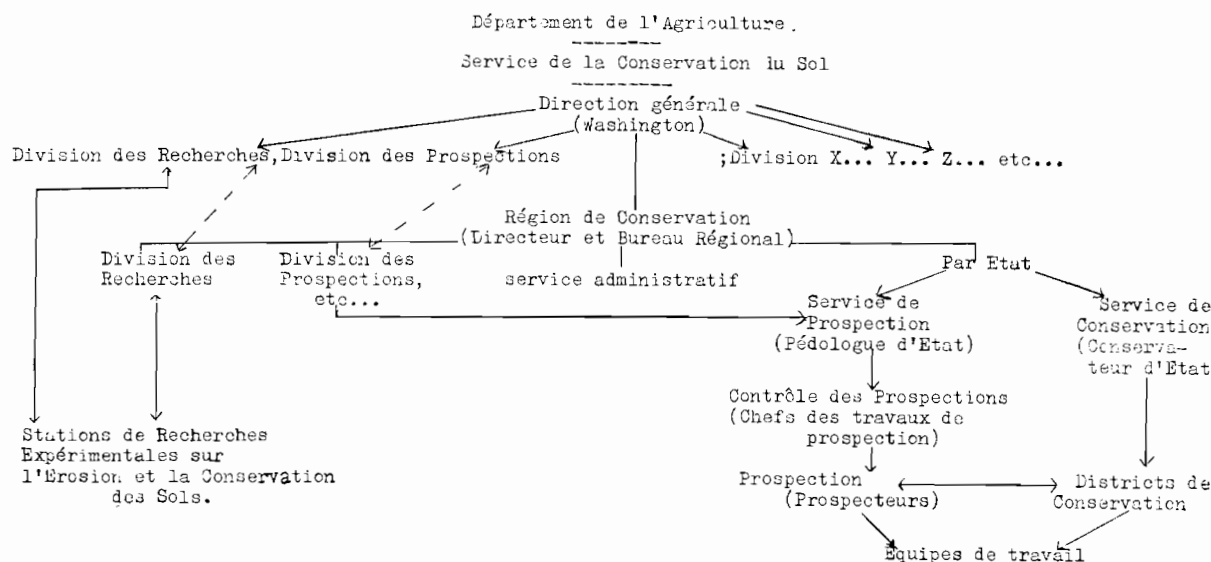
Un *Conservateur d'Etat*, résidant à la Capitale d'Etat couvre de son autorité les Chefs de District.

Cette organisation assure tous les travaux de conservation du Sol, à l'exclusion de ceux de Prospection Pédologique, pour lesquels il a été jugé préférable d'établir, toujours par Etat, une organisation séparée.

Aussi existe-t-il à côté du Conservateur d'Etat un *Pédologue d'Etat*. Celui-ci, par l'intermédiaire de deux ou trois *Chefs de Travaux de prospection* se partageant le territoire de l'Etat, contrôle le travail de *Prospecteurs* répartis à raison d'un par District.

L'organigramme ci-dessous traduit ce bref exposé d'une organisation parfois complexe dans le détail.

Bien des éléments constitutifs du Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis mériteraient un examen plus détaillé qu'une simple mention. Il est difficilement possible de le faire dans le cadre de cette publication, mais il est nécessaire cependant de porter une attention plus particulière à deux éléments qui permettent de mieux se rendre compte d'un aspect des plus importants du travail accompli aux Etats-Unis. Ce sont les Districts et les Stations de Recherches.



PLACE ET RÔLE DES DISTRICTS DE CONSERVATION

Le « District de Conservation » est par excellence le service travaillant en contact direct avec l'agriculteur. Il n'est pas un simple rouage du service de la Conservation du Sol : il est une « cellule démocratique locale » travaillant dans le cadre d'un programme d'intérêt national. En effet, si sa création dépend du Gouvernement Fédéral dans la mesure où il est partie constitutive du Service de la Conservation du Sol, il est organisé et géré par les agriculteurs eux-mêmes « pour protéger contre l'érosion les terres cultivées et les pâturages, conserver l'eau de pluie et améliorer la productivité des sols ».

Son originalité se marque dès sa naissance.

Lorsqu'en un lieu se posent des problèmes de conservation des sols et que les agriculteurs désirent appliquer des mesures anti-érosives appropriées, ce n'est pas le Service de la Conservation du Sol qui, de prime abord, crée un District. Ce sont les autorités administratives locales qui, après avoir demandé la présence d'un technicien pour les conseiller, dressent elles-mêmes le programme du travail à accomplir. Elles dressent également un projet d'organisation de District, insistant sur les ressources financières possibles, le personnel nécessaire, les spécialistes désirables, etc...

Cette documentation est envoyée alors au Service de la Conservation du Sol qui, à ce stade seulement, décide la création du District, puis nomme et envoie les techniciens demandés y compris un Prospecteur.

Ce District et le Prospecteur s'intègrent alors dans le Service de la Conservation du Sol de la manière indiquée ci-dessus dans l'exposé de l'organisation générale du Service.

Le travail du District a, comme assise, des accords volontairement conclus avec les agriculteurs.

Le District est habilité à demander et recevoir l'aide des Institutions Gouvernementales tant d'Etats que Fédérales.

Lorsque les techniciens sont en place au District, le travail de base, le premier travail avant toute chose, est accompli par le Prospecteur.

Le Prospecteur dresse une carte de chaque exploitation agricole ou d'un ensemble d'exploitations situées dans une même unité géographique (dans la plupart des cas, dans un même petit bassin hydrographique).

Cette carte n'est pas purement pédologique (type génétique des sols) mais est une carte de la valeur et de l'utilisation des « Terres ».

Ici est abordée une des tâches essentielles du Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis. Les prospections effectuées par lui visent uniquement la reconnaissance et la cartographie de « Terres » classées selon leur valeur et leur utilisation. Ses cartes montrent donc des types de Terres déterminés d'après le type de sol, la pente topographique, le degré d'érosion, les conditions d'utilisation actuelle, les conditions de drainage, etc...

Les types de Terres sont groupés en huit catégories selon leur aptitude agricole.

Le premier travail du prospecteur étant terminé, un second en découle immédiatement pour lui : dresser pour les entreprises agricoles un plan d'exploitation qui soit en même temps un plan de conservation. Divers membres du District y participent.

C'est alors qu'apparaît le rôle capital des Stations de Recherches Expérimentales sur l'Erosion et la Conservation des Sols.

RÔLE ET PLACE DES STATIONS DE RECHERCHES EXPÉRIMENTALES SUR L'ÉROSION ET LA CONSERVATION DES SOLS

Les investigations scientifiques, dont il a été question précédemment, visent à permettre un contrôle de l'érosion plus précis et plus efficace, en étudiant l'érosion et ses facteurs, en tarant la valeur conservatrice de méthodes et pratiques culturales, en déterminant les meilleures réponses aux différents problèmes de conservation qui se posent dans le milieu où se situe chaque station.

Où et comment sont établies les Stations de Recherches ? Le Service de la Conservation du Sol a reconnu et choisi, à travers les Etats-Unis, des régions, non pas géographiques, mais où existe une certaine identité des problèmes agronomiques, pour y placer des Réseaux de Stations.

L'identité des problèmes, dans une région peut être, par exemple, due à une culture (Cotton Belt ; Corn Belt...) ou à une nature de sol (zone des Terres noires du Texas ; Terres loessiques), etc...

A l'intérieur des régions ainsi définies, ont été reconnues des zones (plusieurs millions d'hectares) dont le climat, le relief, les sols, la végétation, les cultures, bref le milieu naturel, varient relativement peu. En un point de chacune de ces zones a été choisie une surface de plusieurs centaines d'hectares, dont les conditions géographiques et pédologiques sont représentatives de celles dominant dans la zone : c'est là qu'a été installée une Station de Recherches dont l'activité vise une connaissance du phénomène d'érosion et une étude de conservation du sol la plus complète possible.

Ainsi, par exemple, à la « Southern Piedmont Conservation Experiment Station » de Watkinsville (Georgie) (400 hectares), ont été étudiés, pendant dix années consécutives, sur Sols Rouges Podzoliques (série Cecil) :

a) L'érosion et le ruissellement sur sol nu et sous culture continue de coton.

b) La perte en eau et en terre sous toutes rotations possibles avec la culture de coton, en pentes de 3-7 et 11 %.

c) La valeur conservatrice de différentes Légumineuses.

d) La valeur conservatrice des sillons tracés suivant les courbes de niveau ; des terrasses à lit en pente ; de la culture en bandes alternées, lorsque ces méthodes culturales sont appliquées aux cultures possibles du lieu.

e) La variation du pourcentage de matières organiques dans les dix premiers centimètres du sol, sous toutes les méthodes ou pratiques conservatrices expérimentées.

f) Le rendement des cultures, etc...

Les conditions du milieu naturel de la Station de Watkinsville sont éminemment représentatives de celles d'une zone de 8.900.000 hectares.

Cette Station et cette zone se situent dans une région qui s'étend à travers les Etats de Caroline du Nord, Caroline du Sud, Georgie et Alabama, où l'identité des problèmes agronomiques provient de la culture du coton sur le Piedmont des Appalaches et où quatre zones différentes ont amené la création de quatre stations : Auburn, Watkinsville, Clemson, Raleigh.

Il découle de tout ceci, que les conclusions pratiques des travaux accomplis dans une Station de Recherches expérimentales sur l'érosion et la conservation du sol sont applicables à une zone de plu-

sieurs millions d'hectares. Les conclusions tirées de la comparaison des résultats obtenus en plusieurs points d'une région, où existe une identité des problèmes agronomiques, permettent d'apporter une réponse à certains d'entre eux. Enfin, pour un ensemble géographique, des principes de mise en valeur peuvent être dégagés.

Toute l'importance des Stations de Recherches du Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis apparaît alors.

Les résultats des travaux qui y sont accomplis sont les données essentielles, sur lesquelles se basent les Prospecteurs lorsqu'ils dressent, pour les entreprises agricoles, un plan d'exploitation qui est un plan de conservation, sans perdre de vue la rentabilité de celui-ci.

C'est une fois le plan dressé qu'interviennent les techniciens du District de Conservation.

* * *

L'intérêt que présentent :

la Classification des terres selon leur valeur, les Stations de Recherches expérimentales sur l'Erosion et la Conservation des sols, nous a donc conduit à les étudier plus particulièrement au cours de la mission « Etude des Sols » faite aux Etats-Unis en 1950-1951.

L'étude de la première question a eu pour conséquence la mise au point d'un projet de légende de Cartes d'Utilisation des Sols dans les Territoires Français d'Outre-Mer.

L'étude de la seconde porte essentiellement sur la méthode d'étude expérimentale de l'érosion et du ruissellement, les résultats obtenus et la construction de l'appareillage nécessaire.

A

LA CLASSIFICATION DES TERRES SELON LEUR VALEUR

INTRODUCTION

Le problème de la Conservation du Sol est, à notre époque, à l'ordre du jour : l'importance d'une Classification des Terres selon leur valeur n'est plus à démontrer. Son existence, à côté d'une Classification des Sols purement génétique, est d'un intérêt considérable lors de l'établissement de plans de mise en valeur de régions inexploitées ou mal exploitées.

Une telle classification n'a été, jusqu'à présent, mise au point et appliquée qu'aux Etats-Unis.

La France ayant récemment entrepris dans ses Territoires Outre-Mer l'établissement de Cartes d'Utilisation des Terres, il nous a semblé utile, à la

suite de notre mission aux Etats-Unis, d'exposer la Classification des Terres selon leur valeur créée par le Service de la Conservation du Sol de ce pays.

Elle doit permettre de dégager les bases d'une classification de même type, applicable au milieu intertropical et méditerranéen.

Un premier essai dans ce sens a déjà été fait par MM. G. AUBERT, Chef du Service des Sols de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, et F. FOURNIER, membre de la Mission. Il formera la conclusion de cet exposé.

CHAPITRE I

LA DÉTERMINATION DES TYPES DE TERRE

L'établissement d'un plan rationnel de mise en valeur d'une région agricole doit nécessairement se baser sur une connaissance certaine de la valeur des terres qui s'y trouvent : connaissance de leur capacité de production, de leur possibilité d'utilisation et des facteurs qui limitent celle-ci s'il en est, des pratiques et méthodes de conservation qui doivent leur être appliquées pour que puisse être maintenue leur productivité.

En d'autres termes, tout plan rationnel d'exploitation doit s'appuyer sur une Classification des Terres selon leur valeur.

Ceci suppose un inventaire préalable de celles-ci.

En effet, le seul moyen valable pour déterminer la valeur des terres puis les classer en fonction de leur valeur est un examen approfondi du sol et du milieu naturel dans lequel il se situe. Il permet la reconnaissance des faits pédologiques dont dépendent précisément les critères « capacité de production », « possibilité d'utilisation », « nature et importance des travaux de conservation à appliquer », d'où découle la valeur d'une terre.

Avant donc toute classification, la détermination de « Types de Terre » est nécessaire.

Comment les Pédologues Américains ont-ils distingué les uns des autres les multiples types de terre ? En fonction de différences existant :

- a) dans les caractéristiques propres du Sol,
- b) dans celles du milieu naturel auquel il est associé.

Ces différences ayant été reconnues susceptibles :

- 1° d'affecter la valeur d'une terre,
- 2° d'influencer les décisions du prospecteur chargé d'établir un plan de mise en valeur,
- 3° d'être traduites par une méthode graphique quelconque.

Un type de terre est donc une unité d'une classification créée en fonction des possibilités et des besoins des terres utilisées par l'Homme. Tous les types de terre de même valeur sont ensuite groupés en une même classe donnée de la classification.

Il ressort de ce qui vient d'être dit que la détermination des types de terre s'appuie sur l'examen des caractéristiques du sol ou associées au sol, déterminant son degré d'érodibilité et sa capacité d'utilisation.

Les caractéristiques du sol ayant la plus grande signification sont :

- l'épaisseur de sol utilisable pour la culture,
- la texture de l'horizon supérieur,
- la perméabilité des horizons inférieurs,
- la perméabilité de la Roche-Mère ou la zone de départ,
- la nature de la Roche-Mère.

Elles sont nommées par les Pédologues du Service de la Conservation du Sol « Caractéristiques Capitales du sol » (Major Soil Characteristics).

Celles associées au sol, dont l'intérêt est capital, sont :

la pente topographique,
le degré d'érosion subie.

Elles sont nommées « Caractéristiques Capitales associées au Sol » (Major Associated Land Features).

La reconnaissance de ces sept faits pédologiques forme donc généralement la base des travaux de prospection et de cartographie en vue de déterminer des types de terre et leur extension spatiale.

Mais leur seul examen est parfois insuffisant pour atteindre le but recherché. Des « Caractéristiques Additionnelles du Sol » (Additional Soil Characteristics) ont alors leur importance. Ce sont :

l'épaisseur des horizons supérieurs du sol,
l'épaisseur des horizons inférieurs du sol,
la capacité de rétention,
la réaction du sol,
le drainage naturel du sol,
le degré de fertilité,
la teneur en matière organique.

Enfin d'autres « Caractéristiques Associées au Sol » (Associated Land Features) sont parfois à envisager. Ce sont :

l'humidité du sol,
la salinité du sol,
les risques d'inondation.

Il est bien évident qu'il n'est jamais nécessaire d'étudier la totalité de ces caractéristiques. Selon les lieux géographiques prospectés, plusieurs d'entre elles peuvent prendre une certaine importance, alors que l'examen d'autres n'offre aucun intérêt. Seules les caractéristiques capitales du sol ou associées au sol sont toujours étudiées étant donné l'importance des conclusions qui peuvent en être tirées.

Cartographier, ou simplement noter chacune de ces caractéristiques, entraîne une division de chacune d'elles en « classes », exprimant leurs valeurs importantes du point de vue agronomique.

Aussi, allons-nous, ci-après, les passer en revue en exposant les « classes » créées par le Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis.

Caractéristiques capitales du sol

1) EPAISSEUR DE SOL UTILISABLE POUR LA CULTURE

En fonction de cette première caractéristique, cinq catégories de terres sont distinguées :

Terres très peu profondes, ayant une épaisseur inférieure à 25 cm utilisable pour la culture.

Terres peu profondes, ayant une épaisseur de 25 à 50 cm utilisable pour la culture.

Terres moyennement profondes, ayant une épaisseur de 50 à 90 cm utilisable pour la culture.

Terres profondes, ayant une épaisseur de 90 cm à 1,5 m utilisable pour la culture.

Terres très profondes, ayant une épaisseur supérieure à 1,5 m utilisable pour la culture.

2) TEXTURE DE L'HORIZON SUPÉRIEUR DU SOL

La texture de l'horizon supérieur est un caractère important du sol. L'aptitude de celui-ci à être travaillé lui est étroitement liée, ainsi que son érodibilité et sa perméabilité.

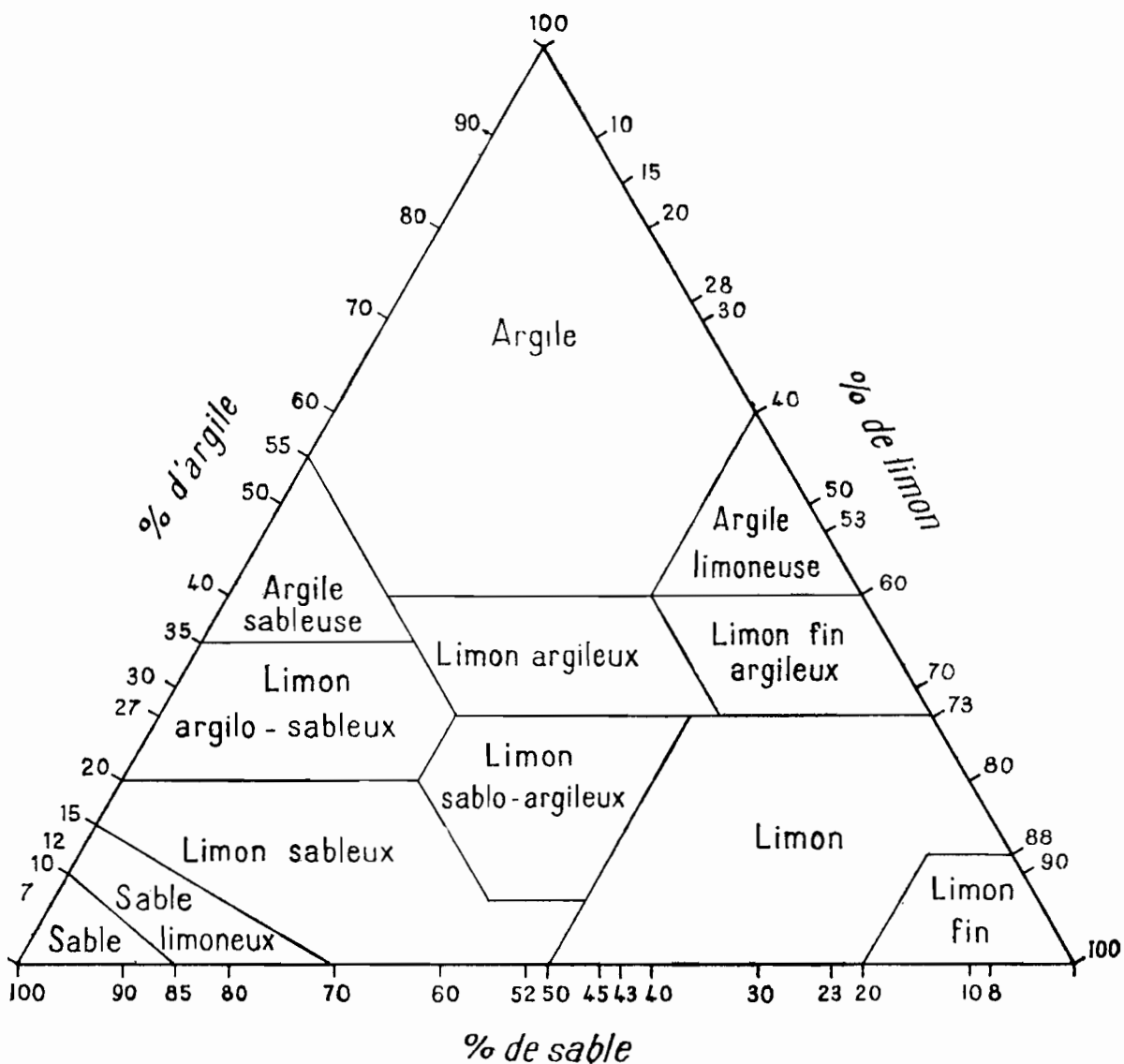
Pour la détermination de types de terres, détermination à but pratique avant tout, les quinze classes de texture distinguées par les pédologues américains (cf : le triangle de KENNETH ABLEITER) ont été groupées en sept groupes texturaux, comme le montre le tableau suivant.

Cette simplification a été jugée nécessaire et son résultat plus en rapport avec le but recherché.

Texture	Classes texturales
<i>Très lourde</i>	Argile (60 % de particules < 2 μ)
<i>Lourde</i>	{ Argile Argile limoneuse Argile sableuse
<i>Modérément lourde</i>	{ Limon fin argileux Limon argileux Sable fin argileux
<i>Moyenne</i>	{ Limon sablo-argileux Limon Limon très finement sableux
<i>Modérément légère</i>	{ Limon finement sableux Limon sableux
<i>Légère</i>	{ Sable fin limoneux Sable limoneux
<i>Très légère</i>	{ Sable fin Sable grossier

La présence de fragments de roches ou de graviers est à noter en outre.

Les termes : gravillonnaire,
très gravillonnaire,
pierreux,
très pierreux,
pierreux à gros éléments,
paraissent suffisants.



Triangle des textures
de J.K. ABLEITER

3) PERMÉABILITÉ DU SOL.

La perméabilité du sol est sa capacité de laisser passer l'eau.

Elle est exprimée quantitativement en « Vitesse d'écoulement de l'eau à travers un échantillon de sol de dimensions données et saturé, ce, en un laps de temps donné et dans des conditions d'hydraulique définies ».

Il serait intéressant de cartographier, après l'avoir déterminée, la perméabilité de chaque horizon compris dans l'épaisseur de sol utilisable pour la culture, ainsi que celle de l'horizon situé immédiatement en dessous de celle-ci.

Mais dans presque tous les cas, l'infiltration de l'eau à travers un sol est sous la dépendance étroite de la perméabilité des 4 à 5 premiers centimètres de ce sol : celle-ci est en relation avec la texture et la

structure de cette couche. Or cette perméabilité varie énormément au cours de l'année suivant les conditions climatiques ou culturales, aussi est-il difficile d'inclure cette donnée en cartographie.

L'infiltration de l'eau dans le sol au cours d'une pluie étant donc réglée par les conditions de surface et par la vitesse de passage de l'eau à travers les couches plus profondes lorsqu'elles sont saturées, les Pédologues du Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis expriment sur leurs cartes la perméabilité interne du sol par la notation de :

la perméabilité du sous-sol (horizons B),
la perméabilité de la zone de départ ou de la roche-mère.

Ces deux données, jointes à la connaissance de la texture de l'horizon supérieur et à l'examen de la

structure de cet horizon, permettent de se faire une idée de la perméabilité d'un sol.

Cependant pour certains travaux précis tel que l'établissement d'un plan de drainage, il est nécessaire de faire la mesure de la perméabilité de chaque horizon du sol.

Aux Etats-Unis, sept degrés de perméabilité sont définis, exprimant les valeurs les plus significatives pour l'agriculture (les valeurs citées, issues d'inches, ont été arrondies).

Degré de perméabilité	Vitesse d'écoulement, en centimètres par heure, à travers un échantillon saturé, de structure non détruite sous une lame d'eau permanente de 1,25 cm
<i>Très lente</i>	Moins de 0,125 cm par heure
<i>Lente</i>	0,125 cm à 0,50 cm par heure
<i>Modérément lente</i>	0,50 cm à 2 cm par heure
<i>Modérée</i>	2 cm à 6,35 cm par heure
<i>Modérément rapide</i>	6,35 cm à 12,70 cm par heure
<i>Rapide</i>	12,70 cm à 25,40 cm par heure
<i>Très rapide</i>	Plus de 25,40 cm par heure

4) NATURE DE LA ROCHE-MÈRE

La nature de la Roche-Mère est un facteur important de différenciation des types de terres, étant donnée son influence sur la composition chimique du sol et, par là même, sur son aptitude culturale.

Les Roches-Mères généralement notées par les prospecteurs du Service de la Conservation du Sol, aux Etats-Unis, sont :

Roche volcanique acide,
 Roche volcanique basique,
 Meulière ou Silex,
 Loess ou matériau éolien,
 Schiste argileux ou schiste ardoisier (acide),
 Grès,
 Grès limoneux,
 Matériau glaciaire,
 Gypse,
 Quartzite,
 Schiste argileux ou schiste ardoisier (basique),
 Schiste,
 Schiste salé,
 Schiste tendre,
 Schiste tendre salé,
 Calcaire,
 Calcaire à meulière,
 Calcaire phosphaté,
 Marne ou craie,
 Tourbe acide,
 Tourbe basique,
 Sable,
 Matériau complexe inconsolidé,
 Alluvion ancienne, Terrasse, Cone de déjection,
 Colluvion ancienne,
 Colluvion récente,
 Matériau lacustre,
 Sable glauconieux,
 Alluvion récente,
 Argile,
 Gravier.

Caractéristiques capitales associées au Sol

1) PENTE TOPOGRAPHIQUE

Le degré de la pente topographique exerce une influence très grande sur l'intensité du ruissellement et de l'érosion, sur l'utilisation de la machinerie agricole, etc... Il est donc un facteur prédominant de la classification des terres selon leur valeur. Son indication sur une carte est d'un intérêt capital.

Mais une difficulté se présente pour la normalisation des classes à créer en vue de faire une cartographie telle que celle envisagée.

Les degrés de pente qu'il est désirable de grouper en une même classe ne sont pas les mêmes dans les différentes régions d'un pays, lorsque ces régions présentent des caractères géographiques et pédologiques très différents.

Aussi, aux Etats-Unis, latitude est-elle laissée aux Organismes Régionaux d'utiliser les classes de degré de pente jugées les meilleures pour chaque région étudiée. Il est uniquement conseillé de ne pas créer dans la mesure du possible, plus de six classes, souvent dénommées :

pentés faibles,
 pentés douces,
 pentés modérées,
 pentés fortes,
 pentés abruptes,
 pentés très abruptes.

2) EROSION ET ERODIBILITÉ DES SOLS

Les Pédologues du Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis ont jugé, avec juste raison, que l'état d'érosion d'un sol est un facteur important d'une classification axée sur leur capacité d'utilisation.

Il peut fournir à la fois une estimation quantitative des modifications survenues dans le passé et une indication sur l'intensité d'érosion ayant existé, donc pouvant survenir dans le futur.

Mais le phénomène d'érosion est complexe et multiforme, aussi la création directe de classes à son sujet est-elle apparue difficile. Le but recherché a été atteint par l'intermédiaire de l'examen de faits dont l'existence ou la coexistence entraîne une notification possible de l'intensité d'érosion subie par un sol.

La réunion des observations faites permet la création *a posteriori* de classes d'érosion significatives.

En cas d'érosion hydrique, les faits examinés sont :

le pourcentage du profil du sol ayant été érodé,
 la densité du réseau de ravins, s'il en existe,
 la profondeur des ravins,
 les matériaux accumulés.

En cas d'érosion éolienne, seuls sont étudiés :

le pourcentage du profil du sol ayant été érodé,
 les matériaux accumulés (en particulier leur épaisseur).

Pour chacun de ces faits, plusieurs classes ont été créées, auxquelles ont été attribués des symboles (chiffres ou lettres) qui seront signalés dès maintenant.

Pourcentage du profil du sol ayant été érodé (Erosion hydrique ou éolienne). Utilisable principalement en cas d'érosion en nappes.

	Erosion hydrique	Erosion éolienne
Moins de 25 % de l'horizon A enlevé.	1	P ; F
25 % à 75 % de l'horizon A enlevé.	2	R ; H
Plus de 75 % des horizons A enlevé..		
Totalité de l'horizon A et moins de 25 % de l'horizon B enlevés	3	S ; L
Totalité de l'horizon A et 25 à 75 % de l'horizon B enlevés	4	T ; U
Totalité de l'horizon A et plus de 75 % de l'horizon B enlevés.		
La Roche-Mère peut être étamée...	5	M ; N
Mouvements de masse (érosion hydrique seulement)	6	

Densité du réseau de ravins

Ravins occasionnels : Ravins distants en général les uns des autres de plus de 30 mètres : 7

Ravins fréquents : Ravins distants les uns des autres de moins de 30 mètres, mais occupant moins de 75 % d'une aire délimitée : 8

Ravinement intense : Réseau très dense de ravins, occupant plus de 75 % d'une aire délimitée, ou développement d'un ou deux ravins jusqu'à l'occupation de plus de 75 % d'une aire constituant une zone à cartographier : 9

Les symboles 7 et 8 peuvent être combinés avec les symboles 1 ; 2 ; 3 ; 4 et 5 lorsqu'il y a coexistence d'érosion en nappes et en ravins. Les symboles obtenus sont 17 ; 18 ; 27 ; 28 ; etc.

Profondeur des ravins

Deux classes seulement ont été créées :

Ravins peu profonds, définis par le fait qu'ils peuvent être franchis par les machines agricoles, mais ne peuvent être oblitérés et supprimés au cours du labour. En pâturages, les ravins peu profonds sont ceux qui peuvent être franchis aisément par le bétail. Ils sont exprimés par les symboles 7, 8 et 9, relatifs à leur densité, employés sans modifications.

Ravins profonds, exprimés par les symboles 7, 8 et 9 si leur thalweg pénètre dans une roche-mère dure et compacte ; par les symboles 7 V, 8 V, 9 V, si leur thalweg pénètre dans une roche-mère tendre et peu résistante.

La profondeur et la densité des ravins sont donc exprimées simultanément.

Accumulation de matériaux

Le dépôt d'éléments solides entraînés par érosion, aussi bien hydrique qu'éolienne, est un fait dont il doit être tenu compte lorsqu'il se produit sur des terres agricoles, ou même aux alentours d'agglomérations.

Le phénomène de dépôt envisagé ici ne concerne évidemment que celui qui peut suivre un processus d'érosion accélérée. Ceci exclut l'alluvionnement des cours d'eau, etc...

Il est noté par le symbole + en cas d'entraînement et de dépôt par l'eau, si l'épaisseur du dépôt est inférieure à 30 cm. Si cette valeur est dépassée,

le symbole employé est + suivi d'une indication numérique.

En cas de dépôts éoliens, des subdivisions plus nombreuses du phénomène sont parfois nécessaires. Aux Etats-Unis, les subdivisions suivantes ont été créées :

- Accumulation faible (0 à 15 cm) symbole F.
- Accumulation moyenne (15 à 30 cm) symbole H.
- Forte accumulation (30 à 90 cm) symbole L.
- Petites dunes (90 cm à 1,80 m) symbole M.
- Dunes élevées (plus de 1,80 m) symbole N.

Du groupement des faits de base précités ont été déduites cinq classes d'état d'érosion du Sol. Nous employerons, pour les définir, les symboles signalés :

Erosion nulle ou légère : +, 0, 1, 17, P, F.

(Le symbole 0, non signalé précédemment, est employé pour signaler une érosion nulle).

Erosion modérée : 17, 2, 27, 27, 17 V, 27 V, R, H.

Erosion sévère : 28, 3, 37, 37, 37 V, S, L.

Erosion très sévère : 38, 4, 48, 5, T, V.

Erosion extrêmement sévère : 38, 38 V, 48, 48 V, 9, M, N.

Caractéristiques additionnelles du Sol

1) EPAISSEUR DES HORIZONS SUPÉRIEURS ET INFÉRIEURS DU SOL

Cette caractéristique est divisée aux Etats-Unis en quatre classes :

Un horizon est dénommé *Mince* s'il a de 10 à 15 cm.

Un horizon est dénommé *Moyen* s'il a de 15 à 30 cm.

Un horizon est dénommé *Epais* s'il a de 30 à 45 cm.

Un horizon est dénommé *Très Epais* s'il a de 45 à 90 cm.

2) CAPACITÉ DE RÉTENTION

La capacité de rétention d'un sol est sa capacité de stocker l'eau nécessaire à la végétation.

Elle s'exprime en « Hauteur d'eau utilisable par la végétation pour une profondeur de sol donnée ».

Si l'épaisseur de sol pour laquelle la capacité de rétention doit être calculée comprend plusieurs horizons, la capacité de rétention cherchée est la somme des capacités de rétention des différents horizons.

La capacité de rétention d'un horizon (ou d'une épaisseur de sol) s'obtient par le calcul :

Hauteur d'eau utilisable par la végétation

$$= \frac{(P_m - P_w) \times V \times D}{100}$$

P_m = Humidité équivalente.

P_w = Point de flétrissement.

V = Densité apparente de l'horizon de sol.

D = Epaisseur de l'horizon de sol.

Le résultat est exprimé en mesure de hauteur utilisée pour D. Cinq classes de capacité de rétention sont définies aux Etats-Unis.

Capacité de rétention	Hauteur d'eau utilisable pour 150 cm de profondeur de sol
Très élevée	Plus de 30 cm
Elevée	de 22,5 cm à 30 cm
Moyenne	de 15 cm à 22,5 cm
Faible	de 7,5 cm à 15 cm
Très faible	moins de 7,5 cm

3) RÉACTION DU SOL

Le pH du Sol intervient dans la détermination des types de terres. Les cinq classes suivantes :

Terre très acide : pH inférieur à 5,
Terre acide : pH compris entre 5 et 6,5,
Terre neutre : pH compris entre 6,6 et 7,3,
Terre basique : pH compris entre 7,4 et 8,5,
Terre fortement basique : pH supérieur à 8,5,

suffisent souvent.

Lorsque des valeurs de pH beaucoup plus précises sont nécessaires, les classes suivantes sont utilisées :

Terre très fortement acide : pH inférieur à 5,
Terre fortement acide : pH compris entre 5,1 et 5,5,
Terre moyennement acide : pH compris entre 5,6 et 6,
Terre faiblement acide : pH compris entre 6,1 et 6,5,
Terre neutre : pH compris entre 6,6 et 7,3,
Terre moyennement basique : pH compris entre 7,4 et 8,5,
Terre fortement basique : pH compris entre 8,6 et 9,2,
Terre très fortement basique : pH supérieur à 9,3.

4) DRAINAGE NATUREL DU SOL

Les prospecteurs du Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis se basent sur l'observation directe du profil pour qualifier le drainage d'un sol.

L'aspect de la coloration des différents horizons (coloration unie ou par taches de couleurs différentes), la présence de gley en plus ou en moins grande quantité et à plus ou moins grande profondeur, la nature de la végétation, etc... leur permettent de distinguer cinq classes :

Sols bien drainés,
Sols assez bien drainés,
Sols imparfaitement drainés,
Sols mal drainés,
Sols très mal drainés.

5) DEGRÉ DE FERTILITÉ DU SOL

Le Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis n'a pas essayé de mettre au point une échelle de fertilité des Sols. Ce travail serait trop ardu.

Mais, dans certains cas, des variations, des différences dans la fertilité de terres par ailleurs très semblables influent sur l'utilisation, l'aménagement et la protection de celles-ci (ces différences se remarquent souvent par l'observation de la végétation).

Aussi, lorsque cela apparaît nécessaire, quatre degrés de fertilité sont notés :

Fertilité élevée,
Fertilité moyenne,
Fertilité faible,
Fertilité très faible.

6) TENEUR EN MATIÈRE ORGANIQUE

La teneur en matière organique, comme le degré de fertilité du sol, n'intervient, dans l'essai de classification des terres, que pour différencier des terres très semblables lorsque celles-ci présentent de notables variations de cette teneur.

Les cinq classes suivantes sont généralement utilisées :

Très forte teneur,
Forte teneur,
Teneur moyenne,
Faible teneur,
Très faible teneur.

Caractéristiques associées au sol

1) HUMIDITÉ DU SOL

L'humidité du sol peut être parfois un facteur déterminant un type de terre. Cela se produit lorsque la présence persistante d'eau dans le sol, pour une raison quelconque (nappe phréatique élevée, temporaire ou permanente, par exemple) affecte la culture et oblige à des travaux de drainage.

L'expérience a montré que, lorsque cela est nécessaire, quatre degrés d'humidité du sol suffisent pour classer des terres, en vue de l'établissement d'un plan de mise en valeur. Ce sont :

Sol légèrement humide : la croissance des plantes peut être légèrement affectée, ou l'époque des plantations peut être retardée d'une très brève période.

Sol moyennement humide : la croissance des plantes peut être moyennement affectée, ou l'époque de plantation peut être retardée d'une semaine ou plus.

Sol très humide : la croissance des plantes peut être sérieusement affectée ou l'époque de plantation peut être retardée d'un mois ou plus. Sol plutôt adapté à une pâture améliorée.

Sol extrêmement humide : Marécage ou marais.

2) SALINITÉ

La présence de sels solubles en quantité toxique est un fait nécessaire à signaler lorsqu'il existe, car il limite les possibilités culturales d'une terre.

Les classes suivantes suffisent pour le but recherché :

Salinité faible : le rendement des cultures est faiblement affecté ou les possibilités culturales sont légèrement limitées.

Salinité moyenne : le rendement des cultures est moyennement affecté ou les possibilités culturales sont moyennement limitées.

Salinité forte : le rendement des cultures est fortement affecté ou les possibilités culturales sont fortement réduites.

Salinité très forte : la croissance des plantes est impossible, sauf celle de certaines variétés très tolérantes.

Caractéristiques capitales du sol

Epaisseur de sol utilisable pour la culture	Texture de l'horizon supérieur		Perméabilité des horizons inférieurs		Perméabilité de la Roche-Mère ou de l'horizon de départ		Nature de la Roche-Mère			
Terres très profondes >1,50 m 1	Très lourde V		Très lente 1		Très lente 1		Roche volcanique acide A	Schiste K ₁	Alluvion ancienne Terrasse, cône de déjection Colluvion ancienne	T
							Roche volcanique basique B	Schiste salé K ₂		
Terres profondes 90 cm à 1,50 m 2	Lourde H		Lente 2		Lente 2		Meulière ou Silex C	Schiste tendre K ₃		
							Loess ou matériau éolien D	Schiste tendre salé K ₄	Colluvion récente U	
Terres moyennement profondes 50 à 90 cm 3	Modérément lourde F		Modérément lente 3		Modérément lente 3		Schiste argileux ou schiste ardoisier acide E	Calcaire L	Matériau lacustre V	
							Grès F	Calcaire à meulière L _c		
							Grès limoneux F ₁	Calcaire phosphaté L _i	Sable glauconieux W	
Terres peu profondes 25 à 50 cm 4	Modérément légère S		Modérément rapide 5		Modérément rapide 5		Marne ou Craie N	Alluvion récente X		
							Matériau glaciaire G		Tourbe acide P	Argile Y
Terres très peu profondes < 25 cm 5	Légère L		Rapide 6		Rapide 6		Gypse H	Tourbe basique M	Gravier Z	
							Quartzite J	Sable Q		
							Schiste argileux ou schiste ardoisier basique K	Matériau complexe inconsolidé S		

Caractéristiques additionnelles du sol

Drainage naturel du sol	Réaction du sol		Teneur en matière organique	Degré de fertilité	Capacité de rétention (cm d'eau pour 150 cm de sol)	Epaisseur des horizons supérieurs du sol	Epaisseur des horizons inférieurs du sol
Bien drainé d ₁	Très acide pH < 5 p1		Très forte teneur > 5 % h0	Elevée n1	Très élevée > 30 cm m ₁	Mince 0 à 15 cm a ₁	Mince 0 à 15 cm b ₁
Assez bien drainé d ₂	Acide pH 5-6,5 p2		Forte teneur 3,5 à 5 % h1	Moyenne n2	Elevée 22,5 à 30 cm m ₂	Moyen 15 à 30 cm a ₂	Moyen 15 à 30 cm b ₂
Imparfaitement drainé d ₃	Neutre pH 6,6-7,3 p3		Teneur moyenne 2 à 3,5 % h2	Faible n3	Moyenne 15 cm à 22,5 cm m ₃	Epais 30 à 45 cm a ₃	Epais 30 à 45 cm b ₃
Mal drainé d ₄	Basique pH 7,4-8,5 p4		Faible teneur 1 à 2 % h3	Très faible n4	Faible 7,5 à 15 cm m ₄	Très épais 45 à 90 cm a ₄	Très épais 45 à 90 cm b ₄
Très mal drainé d ₅	Très basique pH > 8,5 p5		Très faible teneur < 1 % h4		Très faible < 7,5 cm m ₅		

Caractéristiques capitales associées au sol

Autres caractéristiques associées au sol

Pente topographique	Etat d'Erosion du Sol	Classes de phénomènes d'Erosion hydrique	Classes de phénomènes d'Erosion éolienne	Humidité	Salinité	Inondation
Pentes faibles A	Erosion nulle ou légère 1	+ ; 0 ; 1 ; 17 ;	P ; F	Légèrement humide W1	Faible S1	Occasionnelle ou de courte durée f1
Pentes douces B	Erosion modérée 2	17 ; 2 ; 27 ; 27 ; 17 V ; 27 V	R ; H	Moyennement humide W2	Moyenne S2	Fréquente ou de longue durée f2
Pentes modérées C	Erosion sévère 3	28 ; 3 ; 37 ; 37 ; 37 V	S ; L	Très humide W3	Forte S3	Très fréquente ou de très longue durée f3
Pentes fortes D	Erosion très sévère 4	38 ; 4 ; 48 ; 5	T ; U	Extrêmement humide W4	Très forte S4	
Pentes abruptes E	Erosion extrêmement sévère 5	38 ; 38 V ; 48 ; 48 V ; 9	M ; N			
Pentes très abruptes F						

3) RISQUES D'INONDATION

En certains lieux une inondation possible influence l'utilisation des terres. Il est nécessaire alors de noter sa fréquence et sa durée. Aussi trois classes ont-elles été créées dans ce but.

Inondation occasionnelle ou de courte durée : la croissance des plantes peut être légèrement affectée ou l'époque de plantation parfois retardée.

Inondation fréquente ou de longue durée : la croissance des plantes est souvent affectée ou les possibilités culturales limitées.

Inondation très fréquente ou de très longue durée : toute culture est impossible.

* * *

La détermination de types de terres, puis la classification de celles-ci en fonction de leur valeur est étroitement liée à une cartographie dont le but est l'établissement de Cartes d'Utilisation des Terres (cartes d'exploitations agricoles ou cartes régionales).

Aussi, lorsque les multiples types de terres d'une zone prospectée sont reconnus, et leur extension spatiale cartographiée faut-il les distinguer les uns des autres sur la carte. Le but recherché, qui est la création d'un document utilisable pour l'établissement d'un plan rationnel de mise en valeur, commande la notation, sur chacun d'eux, des classes des caractéristiques qui ont déterminé leur création.

Il est naturellement impossible, étant donné le nombre de ces dernières, d'employer un système graphique tel que : couleur, grisé noir, symboles géométriques, etc...

La méthode adoptée par le Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis est l'attribution, à chaque classe de chaque caractéristique, d'un symbole qui est un chiffre, une lettre ou une combinaison chiffre-lettre.

Ces symboles sont écrits sous forme de fraction sur chaque type de terre. Au numérateur sont pla-

cés ceux qui représentent les caractéristiques du sol : caractéristiques capitales du sol suivies, s'il y a lieu, des caractéristiques additionnelles séparées des précédentes par un tiret. Au dénominateur sont placées les caractéristiques capitales associées au sol : pente topographique et érosion. Les symboles des autres caractéristiques associées au sol (humidité, salinité, inondation) suivent la fraction s'ils sont employés.

Afin de supprimer toute ambiguïté — les mêmes chiffres ou lettres ont été employés plusieurs fois — les caractéristiques sont notées dans un ordre défini.

Pour rendre plus utilisables les données fournies dans ce chapitre, un tableau qui les résume a été dressé. Il présente les classes des caractéristiques du sol ou associées au sol, ainsi que les symboles attribués.

Les caractéristiques ont été placées dans l'ordre, dans lequel leurs symboles doivent être écrits dans la fraction : sens gauche à droite dans chacune des trois parties du tableau.

Ainsi la fraction :

$$\frac{2 M 4 3 T}{A - 2}$$

correspond à un type de terre défini par :

Terre profonde : 90 à 150 cm.
Texture de l'horizon supérieur : moyenne.
Perméabilité des horizons inférieurs : modérée.
Perméabilité de la Roche-Mère : modérément lente.
Nature de la Roche-Mère : alluvions anciennes.
Pente topographique : faible.
Erosion modérée.

La fraction $\frac{2 M 4 3 T}{A - 2}$ f2 correspond à un type de terre ayant les mêmes caractéristiques générales que le précédent, mais soumis à une inondation fréquente ou de longue durée, ce qui entraîne la création d'un autre type de terre.

CHAPITRE II

LA CLASSIFICATION DES TERRES SELON LEUR VALEUR

La détermination des types de terres, telle qu'elle a été créée aux Etats-Unis, fournit les bases scientifiques sur lesquelles s'appuient, tout d'abord, la détermination de la valeur des terres, puis, l'établissement d'un plan agricole d'exploitation.

En effet, après la prospection et la cartographie d'une zone quelconque, les techniciens ont la connaissance des caractéristiques pédologiques qui déterminent l'aptitude et la fertilité des terres.

Ils examinent alors les rapports des différentes caractéristiques entre elles, interprètent le résultat de ces études, effectuent enfin une synthèse d'où est déduite la valeur des terres.

Les types de terres de même valeur sont groupés dans une même « classe », et les terres classées en fonction de leur valeur.

La Classification des Terres selon leur valeur est donc un groupement systématique des différents types de Terres en fonction des propriétés qu'ils présentent, propriétés qui déterminent leur capacité d'emploi ou de production. Elle est le résumé et l'interprétation agronomique de faits pédologiques.

Elle précise l'aptitude des terres, les possibilités d'emploi des machines agricoles, les pratiques ou méthodes culturales qui doivent être appliquées pour le maintien du degré de fertilité ou, si possible, son accroissement.

Elle a, avant tout, un but pratique : permettre la mise au point d'un plan rationnel d'exploitation.

La Classification des Terres, créée par le Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis, comprend huit classes :

Classe I. Terres de très bonne qualité, pouvant être cultivées sans danger selon les méthodes culturales ordinaires. Leur emploi est très peu limité. Le seul traitement à appliquer vise le maintien de leur haut degré de fertilité. Elles sont généralement situées en topographie plane ou subhorizontale. L'érosion est inexistante ou très faible.

Classe II. Terres de bonne qualité, pouvant être cultivées moyennant quelques mesures de conservation faciles à appliquer. Certaines caractéristiques pédologiques limitent légèrement leur emploi, par exemple : pente topographique douce, profondeur de sol utilisable pour la culture seulement moyenne, humidité moyenne, etc...

La culture suivant les courbes de niveau, les plantes de couverture destinées à protéger le sol, les travaux ordinaires d'aménagement des eaux peuvent être souvent nécessaires. La rotation des cultures et l'apport d'amendements à doses modérées sont normalement pratiquées.

En Classe II sont généralement placées les Terres légèrement érodées.

Classe III. Terres dont l'emploi est limité par suite de caractéristiques pédologiques (pente topographique moyenne à forte en particulier). Elles ne peuvent être cultivées sans danger qu'au moyen de travaux de conservation plus ou moins importants : cultures en bandes alternées, cultures en terrasses à lit en pente. La rotation des cultures, l'apport d'amendements à doses massives sont toujours pratiqués.

Les Terres de zones planes peu perméables ou trop humides donc nécessitant un drainage important, les Terres peu profondes, ou trop sableuses, etc... sont placées en Classe III.

Dans cette même classe sont placées les Terres sujettes à une sévère érosion.

Classe IV. Terres de valeur médiocre pour une culture permanente. Elles conviennent plutôt au pâturage et à la production de foin, mais peuvent être cultivées de temps à autre : en général pas plus d'une année sur six. De très sévères limitations à leur emploi existent.

Les facteurs limitant l'utilisation peuvent être : une pente topographique abrupte ; une érosion très sévère, une très faible profondeur de sol utilisable, une fertilité peu élevée, un climat défavorable.

En certaines régions semi-arides on peut cependant parfois pratiquer une culture pendant plusieurs années consécutives si les conditions d'humidité sont favorables.

Classe V. Terres de bonne qualité pour le pâturage ou la forêt. Leur emploi pour cela est très peu limité. Aucune érosion appréciable ne se manifeste.

Classe VI. Terres convenant au pâturage ou à la forêt, mais dans certaines limites seulement. Elles réclament une exploitation méthodique et des mesures de protection. Les facteurs limitants peuvent être : pente forte, sol érodé, sol peu profond, etc.

Classe VII. Terres dont l'aptitude au pâturage ou à la forêt est très limitée. Elles nécessitent une réglementation très stricte de l'exploitation pour prévenir toute dégradation. Les facteurs limitants peuvent être : pente abrupte, sol très sévèrement érodé, sol squelettique, sol trop humide, etc...

Classe VIII. Terres convenant uniquement à la faune et à la flore sauvage ou au tourisme.

Comme en toute classification, d'autres échelons existent dans la Classification des Terres selon leur valeur. Leur emploi est commandé par l'échelle de la Carte d'Utilisation des Terres dressée. Lorsque celle-ci est une carte régionale, seules les huit classes étudiées ci-dessus sont utilisées. Mais lors de la cartographie à très grande échelle d'exploitations agricoles, des renseignements plus nombreux peuvent être graphiquement portés.

Ceci a amené la création de « Sous-Classes » dans chaque classe de terres : une sous-classe est un groupe de types de terres présentant la même caractéristique limitant leur emploi. Par exemple, si des Terres de Classe III sont, les unes sujettes à être inondées, les autres en forte pente, d'autres encore trop sèches, trois sous-classes peuvent être créées dans la Classe.

Les sous-Classes peuvent elles-mêmes être subdivisées en « Unités d'aménagement ». Chaque unité d'aménagement est un groupe de types de Terres, dont les caractéristiques commandent l'emploi de mêmes pratiques ou méthodes culturales ou de conservation.

Il existe d'autre part un échelon supérieur de la classification. Il est simple : les classes peuvent être réunies en deux groupes :

Groupe des Terres aptes à la culture : Classes I à IV.

Groupe des Terres impropres à la culture : Classes V à VIII.

CHAPITRE III

LES CARTES D'UTILISATION DES TERRES. LES MÉTHODES DE PROSPECTION

La conséquence de toute prospection, de toute classification pédologique est l'établissement d'une carte, qui est à la fois la « traduction » des études faites et un instrument de travail capital.

Les Cartes d'Utilisation des Terres dressées par le Service de la Conservation du Sol des Etats-Unis fournissent trois informations de base :

α) Une Classification des Terres selon leur valeur.

§) Une Caractérisation des types de Terres constituant chaque classe à l'aide de données relatives au sol lui-même, à l'érosion subie, à la topographie.

γ) L'Utilisation actuelle des Terres : la représentation de ce fait, bien que ne pouvant prétendre à remplacer une véritable carte de la végétation, est toujours d'une grande utilité.

Les méthodes cartographiques employées pour dresser de telles cartes sont simples.

a) Le fond de carte, noir ou bistre, porte tous les éléments topographiques désirés et la toponymie.

b) Les classes sont représentées par des couleurs conventionnelles.

Classe I	:	Vert Jaune.
— II	:	Jaune.
— III	:	Rouge.
— IV	:	Bleu.
— V	:	Vert franc.
— VI	:	Orange.
— VII	:	Brun.
— VIII	:	Violet.

c) Les sous-classes, si l'on désire les cartographier, se marquent à l'aide de grisés noirs.

d) Il est rare que soient indiquées sur les cartes les unités d'aménagement. Elles le sont plutôt en légende ou en notice.

e) A l'intérieur de la zone d'extension de chaque classe, chaque type de terre est limité par un trait noir ou bistre (selon que le fond de carte est noir ou bistre). Sur la zone de chaque terre est placée la fraction qui la caractérise.

f) L'utilisation actuelle des terres est montrée, dans les cartes régionales par des trames bistres apposées en fond de carte.

Sont distinguées : Culture, laissé en blanc généralement.

Forêt.
Pâturage.
Zone inculte.

Dans les plans à très grande échelle, la notation de renseignements plus nombreux (sous-classes, fractions plus longues ou plus nombreuses, etc...) interdit une charge trop grande en grisés et trames.

L'utilisation actuelle des terres est alors représentée, pour chaque type de terre, par une lettre majuscule suivant la fraction : Culture : L ; Forêt : F ; Pâturage : P ; Zone inculte : X.

Telles qu'ont été conçues la Classification des Terres selon leur valeur, la Détermination des types de Terres et les Méthodes de représentation cartographique, les Cartes d'Utilisation des Terres sont dressées à de grandes échelles, d'ailleurs seules valables pour le but recherché : échelles plus grandes que 1/10.000^e pour les exploitations agricoles, échelles comprises entre 1/15.000^e et 1/40.000^e pour les cartes régionales (1/15.840 ou 1/31.680^e le plus souvent).

Nous n'insisterons que peu sur les méthodes de prospection des prospecteurs du Service de la Conservation du Sol. Elles sont familières à tous les pédologues. Une tarière hélicoïdale est utilisée pour l'observation du sol. La perméabilité est étudiée au laboratoire par la méthode exposée au paragraphe « Physique du Sol » de la partie « Méthodes d'Analyses » de ce rapport. La pente du terrain est calculée à l'aide d'un niveau à main.

Il est cependant un point absolument capital sur lequel on n'insistera jamais trop : l'emploi des photographies aériennes.

Il n'est pas un travail de prospection et de cartographie pédologique aux États-Unis qui ne soit fait sans elles. Utilisées à l'échelle de 1/15.840, elles donnent une image fidèle du moindre détail de topographie. Elles permettent, par cela, une précision très grande de délimitation de zones pédologiques quelles qu'elles soient.

Et, fait plus important encore, elles permettent une précision et une rapidité de travail difficilement atteinte par un autre moyen. Il est en effet courant qu'à un type de sol ou à une caractéristique pédologique soit lié un aspect de la surface topographique. A un type de sol peut correspondre une végétation donnée : Podzol et forêt de pins, par exemple. Les horizons supérieurs de différents sols peuvent différer par leur couleur selon leur teneur en matière organique. L'érosion en nappes peut être décelée par l'apparition d'une zone plus claire dans la surface foncée d'une région. L'érosion en rigoles ou en ravins se marque par un microrelief bien particulier. Un sol peut être associé à une position topographique. Les zones alluviales se séparent nettement des sols formés sur place qui les environnent. De tels exemples abondent.

Or, l'aspect de la surface topographique est intégralement reportée sur une photographie aérienne : Types de végétation, couleurs, formes de relief, etc... Aussi le prospecteur commence-t-il en général son travail par un examen des rapports du sol avec le milieu naturel dans lequel il se trouve. Ceci lui permet ultérieurement, non pas peut-être pour la totalité de la région qu'il étudie, mais du moins pour une partie importante, de faire une interprétation de l'aspect qu'offrent les photographies aériennes, qu'il a en mains lors de ses tournées sur le terrain.

On mesure alors tout le bénéfice qui peut être tiré d'une telle méthode de prospection.

C'est ainsi qu'ont été dressées, aux États-Unis, les Cartes d'Utilisation des Terres de plus de 100.000.000 d'hectares.

Munies de celles-ci, les agronomes-conservateurs américains peuvent se rendre chez les Agriculteurs et décider avec eux de l'utilisation et des meilleures méthodes d'exploitation de leurs terres.

CHAPITRE IV

PROJET DE LÉGENDE DES CARTES D'UTILISATION DES TERRES, DRESSÉES DANS LES TERRITOIRES FRANÇAIS D'OUTRE-MER

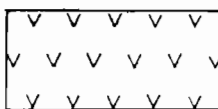
La réalisation des Cartes d'Utilisation des Terres a été récemment décidée dans les Territoires Français d'outre-mer. Dans ce but, une légende a été créée, directement inspirée de celle utilisée par le Service de la Conservation du Sol des États-Unis.

Elle en diffère cependant par la création, à l'inté-

rieur de chaque facteur utilisé pour classer ou caractériser les terres, d'un plus grand nombre de classes mieux adaptées, nous semble-t-il, à une cartographie, dans des territoires tropicaux ou subtropicaux, de faits ou phénomènes importants pour classer les terres selon leur valeur.

PL.I

Signes proposés pour représenter les travaux de conservation ou de mise en valeur



-a- *Apport d'engrais ou d'amendements à doses d'entretien ou modérées, ou travaux d'assainissement ordinaires.*



-b- *Apport d'engrais ou d'amendements à fortes doses, ou fréquente utilisation d'engrais verts ou de plantes de couverture.*



-c- *Culture en bandes alternées.*



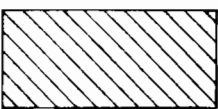
-d- *Sous-solage*



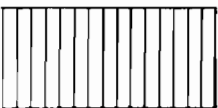
-e- *Terrasses à lit en pente*



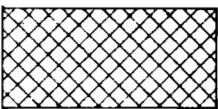
-f- *Irrigation avec simple colature et quelques drains à faible profondeur.*



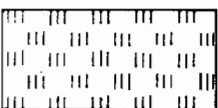
-g- *Travaux importants de drainage ou d'assainissement*



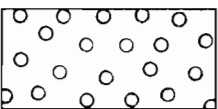
-h- *Terrasses en banquettes.*



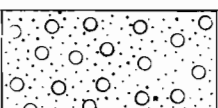
-i- *Travaux conjugués d'irrigation et de drainage*



-j- *Règlementation stricte du pâturage*



-k- *Règlementation stricte de l'exploitation forestière.*



-l- *Reboisement*

Elle fait intervenir, en outre, un nouvel élément : le type de travail de conservation ou de mise en valeur à accomplir.

Elle suppose, enfin, l'existence d'une notice détaillée accompagnant les cartes.

Une carte d'Utilisation des Terres, dressée à l'aide de la légende exposée ici, fournira trois informations de base :

1) *Une Classification des Terres* selon leur valeur, leur possibilité d'utilisation et les travaux nécessaires pour leur utilisation et leur conservation.

Elle sera représentée au moyen de *couleurs*, une couleur étant attribuée à chaque classe de terre, et de *symboles graphiques noirs* (grisés, trames de signes), un symbole étant attribué à chaque type de travail de conservation ou de mise en valeur.

2) *L'Utilisation actuelle des Terres* représentée à l'aide de *symboles graphiques bistres*.

3) *Une Caractérisation des Terres*, à l'aide d'une série de données relatives :

- au sol lui-même ;
- à l'érosion subie ;
- à la pente topographique

chaque donnée étant représentée à l'aide de *chiffres*, de *lettres*, ou de combinaisons « *chiffres lettres* ».

1) Classification des terres

Onze classes de terres, représentées chacune par une couleur, ont été déterminées en se basant :

sur la valeur de la terre elle-même,
sur la nature et l'importance des travaux de conservation ou de mise en valeur à effectuer.

Il est tenu compte de chacun de ces deux facteurs pour classer une terre dans telle ou telle classe. Le principe de cette classification est le suivant : une terre de mêmes caractères fondamentaux peut être placée dans des classes différentes suivant la nature ou l'importance des travaux de conservation ou de mise en valeur à appliquer pour son utilisation rationnelle.

Quatre séries de classes existent dans cette classification.

Les six premières classes groupent les terres utilisables pour la culture ;

Les classes VII et VIII, celles utilisables pour le pâturage ;

Les classes IX et X, celles utilisables pour la forêt ;

La classe XI est celle des terres à laisser sous végétation naturelle, sans exploitation.

A l'intérieur de chaque classe, des subdivisions ont été créées (*a, b, c, etc.*) destinées à différencier les terres qui y sont groupées suivant la nature et l'importance des travaux à accomplir pour une conservation ou une mise en valeur.

Il est tenu compte des travaux suivants :

- a) Apport d'engrais ou d'amendements à doses d'entretien ou modérées, ou travaux d'assainissement ordinaires.
- b) Apport d'engrais ou d'amendements à fortes doses, ou fréquente utilisation d'engrais verts ou de plantes de couverture.
- c) Cultures en bandes alternées.
- d) Sous solage.
- e) Terrasses à lit en pente.

f) Irrigation avec simple colature et quelques drains à faible profondeur.

g) Importants travaux de drainage ou d'assainissement.

h) Terrasses en banquettes.

i) Travaux conjugués d'irrigation et de drainage.

j) Réglementation stricte du pâturage.

k) Réglementation stricte de l'exploitation forestière.

l) Reboisement.

A chacun d'eux est attribué un symbole graphique noir (planche I) qui sera apposé en superposition aux couleurs de classes de terres. Cartographiquement donc, les subdivisions d'une même classe seront déterminées par la présence, sur une même couleur, de symboles graphiques noirs différents.

D'autre part, l'extension d'un même symbole déterminera une zone de terres pouvant être de classes différentes mais où un même travail est à accomplir.

Les onze classes envisagées, ainsi que leurs subdivisions sont finalement les suivantes, déterminées à l'aide d'un tableau à double entrée (tableau n° 1).

Classe I. Terres de très bonne qualité, utilisables pour la culture.

I : Terres de très bonne qualité, utilisables pour la culture sans travaux d'aménagement, ne subissant aucune érosion notable.

I a : Terres de très bonne qualité, utilisables pour la culture moyennant l'apport d'engrais ou amendements à doses d'entretien ou modérées, ou moyennant des travaux d'assainissement ordinaires.

Classe II. Terres de très bonne qualité, ou bonne qualité, dont l'utilisation pour la culture demande quelques travaux ou précaution.

II a : Terres de bonne qualité nécessitant l'apport d'engrais ou amendements à doses modérées ou d'entretien ou des travaux d'assainissement ordinaires.

II b : Terres de bonne qualité nécessitant une forte utilisation d'engrais verts ou de plantes de couverture.

II c : Terres de très bonne qualité, mais nécessitant quelques travaux de conservation : culture en bandes alternées.

Classe III. Terres de très bonne, bonne ou moyenne qualité, dont l'utilisation pour la culture impose quelques travaux de conservation.

III a : Terres de qualité moyenne nécessitant l'apport d'engrais ou amendements à doses d'entretien ou modérées, ou des travaux d'assainissement ordinaires.

III b : Terres de qualité moyenne, nécessitant des apports importants d'amendements ou engrais, ou une forte utilisation d'engrais verts ou de plantes de couverture.

III c : Terres de bonne qualité, nécessitant de simples travaux de conservation : culture en bandes alternées.

III e : Terres de très bonne qualité, nécessitant des travaux réguliers de terrassement : terrasses à lit en pente.

III f : Terres de très bonne qualité, nécessitant une irrigation avec simple colature.

III g : Terres de très bonne qualité, nécessitant un drainage important.

CLASSIFICATION DES TERRES

Types de Travaux / Valeur de la terre	Aucun travail d'aménagement	a) Apport d'engrais ou d'amendements à doses d'entretien ou modérées. Travaux d'assainissement ordinaires	b) Apport d'engrais ou d'amendements à fortes doses. Fréquente utilisation d'engrais verts ou de plantes de couverture	c) Cultures en bandes alternées	d) Sous solage	e) Terrasses à lit en pente	f) Irrigation avec simple colature et quelques drains	g) Importants travaux de drainage ou d'assainissement	h) Terrasses en banquettes	i) Travaux conjugués de drainage et d'irrigation	Aucun travail d'aménagement pour le pâturage ou quelques travaux simples	j) Réglementation stricte du pâturage	Aucune restriction à l'exploitation forestière	k) Réglementation stricte de l'exploitation forestière	l) Reboisement nécessaire
Terres de très bonne qualité.....	I	Ia		IIc		IIIe	IIIf	IIIg	IVh	IVi					
Terres de bonne qualité.....		IIa	IIb	IIIc		IVe	IVf	IVg	Vh	Vi					
Terres de qualité moyenne.....		IIIa	IIIb	IVc	Vd	Ve	Vf	Vg	VIh	VIIi					
Terres de qualité médiocre.....								VI							
Terres de bonne qualité pour le pâturage.....											VII				
Terres d'assez bonne qualité pour le pâturage.....											VIII	VIIIj			
Terres couvertes de forêts d'exploitation												IX	IXk		
Terres à vocation forestière ne permettant qu'une faible exploitation..													X	XI	
Terres à laisser sous végétation naturelle.....	XI														

Classe IV. Terres de très bonne, bonne ou moyenne qualité dont l'utilisation pour la culture impose des travaux de conservation plus ou moins importants.

- IV *c* : Terres de qualité moyenne, nécessitant de simples travaux de conservation : culture en bandes alternées.
- IV *e* : Terres de bonne qualité, nécessitant des travaux réguliers de terrassement : terrasses à lit en pente.
- IV *f* : Terres de bonne qualité, nécessitant une irrigation avec simple colature.
- IV *g* : Terres de bonne qualité nécessitant un drainage important.
- IV *h* : Terres de très bonne qualité nécessitant de très importants travaux de terrassement : banquettes.
- IV *i* : Terres de très bonne qualité nécessitant des travaux conjugués d'irrigation et de drainage.

Classe V. Terres de bonne ou moyenne qualité dont l'utilisation pour la culture impose des travaux de conservation plus ou moins importants.

- V *d* : Terres de qualité moyenne nécessitant un sous solage.
- V *e* : Terres de qualité moyenne nécessitant des travaux réguliers de terrassement : terrasses à lit en pente.
- V *f* : Terres de qualité moyenne nécessitant une irrigation avec simple colature.
- V *g* : Terres de qualité moyenne nécessitant un drainage important.
- V *h* : Terres de bonne qualité nécessitant de très importants travaux de terrassement : banquettes.
- V *i* : Terres de bonne qualité nécessitant des travaux conjugués d'irrigation et de drainage.

Classe VI. Terres de qualité médiocre ou moyenne.

- VI : Terres pauvres, ne pouvant porter des cultures de rapport que périodiquement, ou nécessitant des travaux de conservation.
- VI *h* : Terres de qualité moyenne nécessitant de très importants travaux de terrassement : banquettes.
- VI *i* : Terres de qualité moyenne nécessitant des travaux conjugués d'irrigation et de drainage.

Classe VII. Terres de bonne qualité pour le pâturage.

Classe VIII. Terres d'assez bonne qualité pour le pâturage.

- VIII : Nécessitant quelques travaux (en particulier drainage).
- VIII *j* : Nécessitant une réglementation stricte de pâturage.

Classe IX. Terres couvertes de forêts d'exploitation pour bois d'œuvre.

- IX : Ne nécessitant aucune précaution particulière.
- IX *k* : Nécessitant une réglementation stricte de l'exploitation.

Classe X. Terres à vocation forestière ne permettant qu'une faible exploitation (bois de chauffage surtout) ou un pâturage limité sous forêt.

- X : Actuellement en végétation forestière.
- X *l* : A reboiser.

Classe XI. Terres à laisser sous végétation naturelle sans exploitation.

Les couleurs suivantes pourraient être attribuées aux classes de terres :

Classe I	: Marron.
— II	: Carmin.
— III	: Rouge franc.
— IV	: Orange.
— V	: Chamois ou ocre.
— VI	: Jaune.
— VII	: Bleu foncé.
— VIII	: Bleu clair.
— IX	: Vert foncé.
— X	: Vert clair.
— XI	: Violet.

Elles offrent l'avantage de pouvoir être obtenues par impression en trois couleurs (bleu, rouge, jaune).

Le classement d'un sol de culture comme terre de très bonne, bonne, moyenne ou médiocre qualité (facteur « valeur de la terre » utilisé pour la détermination des classes) est un fait délicat à reconnaître lors de la prospection sur le terrain.

Nous pensons cependant qu'il est nécessaire de maintenir ces quatre qualités.

Il s'agit, bien entendu, de la qualité de la terre au moment même de l'étude. Elle peut varier ultérieurement en fonction des procédés de mise en valeur qui seront utilisés : c'est là un phénomène bien connu.

Cette qualité de la terre dépend des caractères physiques et chimiques du sol. Si les premiers s'apprécient assez bien sur le terrain, les seconds le sont plus difficilement. Cependant l'établissement d'une carte d'utilisation des terres suppose déjà dressée une carte purement pédologique. Tout au moins doit-elle nécessairement pouvoir se baser sur une prospection pédologique préalable.

Or, le type même du sol (processus de genèse, nature pétrographique de la Roche-Mère, position topographique) permet déjà, en certains cas (terrain non ou peu cultivé, ou cultivé sous amendement minéral ou organique) de prévoir ses caractères chimiques.

En outre, les cartes d'utilisation des terres nécessitent très souvent l'analyse d'échantillons, au moins de surface et de moyenne profondeur, prélevés en un nombre de points relativement élevé. Ces analyses sont, bien entendu, de type agrolgique et portent sur les éléments essentiels qui déterminent la fertilité d'une terre.

Tout ceci représente un travail important, tant sur le terrain qu'au laboratoire, justifié par le fait qu'une carte d'utilisation des terres est à la fois une synthèse et une base d'application.

II) Utilisation actuelle du sol

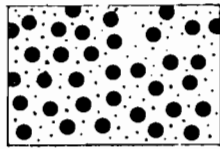
Il est important d'indiquer sur une carte d'utilisation des terres, leur utilisation actuelle, mais il semble impossible que la représentation de cette dernière puisse tendre à remplacer une véritable carte de végétation, pourtant toujours intéressante et qui serait, dans certains cas, un complément d'une grande utilité.

Cela entraînerait des difficultés cartographiques. Par contre, une représentation des grands types de végétation (forêt, savane, prairie, etc...) nous a paru justifiée. Elle fournirait un renseignement de base.

Deux possibilités sont alors offertes à ceux qui

PL. II

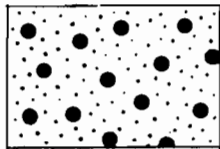
*Signes proposés pour représenter
l'utilisation actuelle des Terres*



Forêt dense



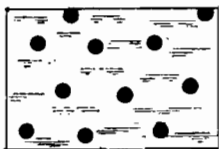
Prairie



Forêt sèche



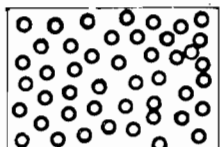
Prairie marécageuse



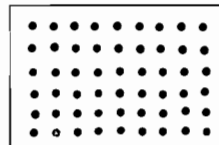
Forêt marécageuse



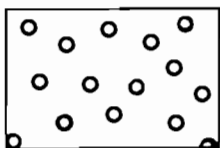
*Steppe ou
Pseudo steppe*



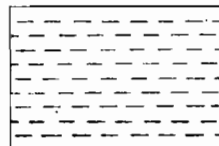
*Savane arborée
dense*



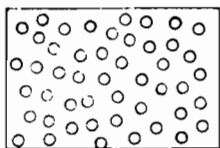
*Cultures arbustives,
arborées ou fruitières*



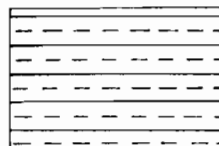
*Savane arborée
claire*



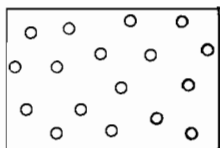
*Cultures sèches
annuelles.*



*Savane arbustive
dense*



Cultures irriguées



*Savane arbustive
claire*



*Cultures d'inonda-
-tion ou de décrue.*



Savane marécageuse

jugeraient nécessaire d'apporter de plus amples informations : soit dresser sur calque une carte de la végétation, plus complète, qui pourrait être lue en superposition de la carte d'utilisation des terres, soit donner dans la notice des indications plus précises.

Les classes d'utilisation actuelle du sol que nous proposons sont :

Forêt dense.
Forêt sèche.
Forêt marécageuse.
Savane arborée dense.
Savane arborée claire.
Savane arbustive dense.
Savane arbustive claire.
Savane marécageuse.
Steppe ou pseudo-steppe.
Prairie.
Prairie marécageuse.
Culture arbustive, arborée ou fruitière.
Culture sèche annuelle.
Culture irriguée.
Culture d'inondation ou de décrue.

Elles seront représentées par des symboles graphiques (planche n° 2). Il serait peut-être indiqué de ne pas essayer de les imprimer sur la carte elle-même, par souci de clarté, mais de les placer sur un calque qui pourrait être lu en superposition. La couleur des symboles peut être bistre afin de ne pas gêner la lecture des symboles noirs relatifs aux travaux à accomplir.

(III) Caractéristiques des terres

La caractérisation des terres sera faite par notification à l'aide de chiffres, lettres ou combinaisons « chiffre-lettre ».

du groupe du sol,
de la famille du sol,
de la profondeur du sol,
de la pente topographique,
de l'érosion subie par le sol :

Elle se traduira, sur la carte, par une fraction portant au numérateur : le groupe, la famille et la profondeur du sol ; au dénominateur : l'érosion et la pente topographique.

Ici encore, une notification des caractères physiques et chimiques du sol serait intéressante. Mais elle entraînerait une activité de laboratoire systématique et importante.

Aussi avons-nous préféré proposer une notification des types génétiques de sols. Leurs caractères peuvent déjà être, *à priori*, prévus. L'existence d'une notice permet de fournir, lorsque cela est jugé nécessaire, les renseignements analytiques détaillés et précis qui influencent l'utilisation ou la mise en valeur des terres.

A. GROUPES DE SOLS (représentés par des combinaisons de chiffres et parfois de certaines lettres minuscules).

Les sols peuvent être simples ou complexes dans leur mode de genèse. La notification proposée n'est prévue que pour le classement de sols à profil simple. Ceux à profil complexe ne paraissent pas être suffisamment connus à l'heure actuelle pour pouvoir entrer dans une classification générale ; mais ils peuvent être, malgré tout, notés à l'aide du système que nous proposons.

Les sols, dont le profil n'est complexe que par suite de la complexité de la Roche-Mère ou du Matériau Originel, peuvent être classés avec ceux à profil simple.

Dans le cas de sols complexes, chaque type d'évolution observé peut être noté successivement, en commençant par celui qui semble être le type d'évolution primitif.

Enfin, dans certains cas, plusieurs processus d'évolution interviennent dans la formation d'un sol : le type de sol peut être alors classé dans plusieurs groupes. Il doit être noté comme appartenant au groupe correspondant au processus d'évolution dominant, le groupe caractéristique du processus secondaire étant noté ensuite entre parenthèses.

Les subdivisions de la liste des Sols établie et publiée ici sont les suivantes :

Trois ensembles ont été créés, correspondant à deux *Ordres* : Sols évolués sur place et Sols non évolués ou peu évolués sur place, et à un ensemble distingué en fonction de la nature même des cartes pour lesquelles ce projet de légende est établi.

Les deux *Ordres* sont divisés en *Sous-Ordres*, caractérisés chacun par un mode fondamental d'évolution du sol. Ainsi les *Sous-Ordres* : Latéritique ou Féralitique, Ferrugineux Tropical, Hydromorphe, etc...

Chaque *Sous-Ordre* est divisé en *Groupes* d'après le mode d'évolution du sol, défini d'après son profil observé non isolément mais dans l'ensemble des sols voisins.

Les *Groupes* comprennent des *Sous-Groupes* correspondant à des intensités différentes du processus d'évolution caractérisant le Groupe.

Les *Séries* et les *Types* peuvent être définis d'après la profondeur du sol, sa texture, son drainage, etc... Nous n'avons pas tenté de normaliser ces définitions.

Chaque sol est désigné de la manière suivante : un chiffre romain indique l'échelon supérieur de la classification (*Sous-Ordre*) auquel il appartient. Des chiffres arabes indiquent : celui des dizaines et le cas échéant, des centaines, le Groupe ; celui des unités, le *Sous-Groupe*.

La classification actuellement adoptée étant susceptible d'être quelque peu complétée dans les années à venir, il nous a paru préférable de ne pas employer tous les chiffres à la suite les uns des autres.

La présence d'un horizon de gley, dans un sol non noté comme Hydromorphe, est signalée par un « g » placé à la suite de l'indication du sous-groupe du sol.

Tout en présentant un sens d'évolution net, un sol peut n'être encore que peu évolué, être assez jeune. Ce fait est indiqué par la lettre « j » placée en fin de notation.

Dans la nomenclature de sols ci-dessous, nous avons surtout détaillé ceux décrits en régions tropicales.

Sols évolués sur place

Groupes des Sols de Toundra, Sols Polygonaux, Sols Reticulés, etc...			
Groupe Humifère acide	I	1	0
Sous-groupe des Sols d'Humus brut.	I	1	1
Sous-groupe des Sols de Tourbe			
haute	I	1	2
Groupe Podzolique	I	2	0
Sous-groupe des Podzols :			
Podzols humifères	I	2	1
Podzols à alios	I	2	2

Sous-groupe des Sols Podzoliques . . .	I 2 3	Sous-groupe des Sols Rouges faiblement Latériques	VIII 30 1
Groupe Lessivé (Sols des régions tempérées)	I 3 0	Sous-groupe des Sols faiblement Latériques Lessivés	VIII 30 2
Groupe Brun Tempéré (ou forestier) . .	II 4 0	Sous-groupe des Sols de pente faiblement Latériques	VIII 30 3
Groupe Rouge Tempéré (ou méditerranéen)	II 5 0	Groupe des Sols Latéritiques	VIII 31 0
Groupe des Rendzines	III 6 0	Sous-groupe des Sols Rouges Latéritiques	VIII 31 1
Sous-groupe des Rendzines typiques :		Sous-groupe des Sols Beiges Latéritiques (de pente)	VIII 31 2
Rendzines noires, grises, etc.	III 6 1	Sous-groupe des Sols Bruns Latéritiques ou Sols Latéritiques humifères	VIII 31 3
Rendzines rouges	III 6 2	Sous-groupe des Sols Latéritiques Lessivés	VIII 31 4
Rendzines profondes	III 6 3	Groupe des Sols Latéritiques très Lessivés (argiles rouges équatoriales)	VIII 32 0
Rendzines à croûte calcaire (1) . . .	III 6 4	Groupe des Sols à Cuirasse Latéritique (3)	VIII 33 0
Sous-groupe des Sols Bruns Calcaires	III 6 5	Groupe des Sols Hydromorphes à engorgement total et permanent .	IX 40 0
Sous-groupe des Sols Bruns à concrétions calcaires	III 6 6	Sols Tourbeux (tourbe basse) . . .	IX 40 1
Groupe des Sols à Croûte calcaire (3) .	III 7 0	Groupe des Sols Hydromorphes à engorgement temporaire de surface (ou d'ensemble)	IX 41 0
Sols à Croûte calcaire lamellaire . . .	III 7 1	Sous-groupe des Sols Marécageux (souvent petites concrétions superficielles)	IX 41 1
Sols à Croûte calcaire friable	III 7 2	Sous-groupe des Sols de Tirs :	
Groupe des Sols salés sans accumulation argileuse	IV 10 0	Sols de Tirs noirs	IX 41 2
Sous-groupe des Sols Salins :		Sols de Tirs gris	IX 41 3
Sols Salius	IV 10 1	Sous-groupe des Sols d'Argiles Noires Tropicales, Sols d'Argiles Noires Tropicales de bas-fonds .	IX 41 4
Sous-groupe des Sols à alcali :		Sols d'Argiles Noires Tropicales de pente ou faible pente (généralement sur roche éruptive basique)	IX 41 5
Sols à alcali, peu salés	IV 10 2	Groupe des Sols Hydromorphes à engorgement temporaire de profondeur	IX 42 0
Sols Salins à alcali	IV 10 3	Sous-groupe des Sols Hydromorphes Lessivés	IX 42 1
Groupe des Solonetz	IV 11 0	Sous-groupe des Sols Hydromorphes concrétionnés :	
Groupe des Solodes	IV 12 0	Sols à concrétions ferrugineuses . .	IX 42 2
Groupe des Sols Désertiques d'ablation (2)	IV 13 0	Sols à concrétions calcaires, en profondeur	IX 42 3
Sols en Chaussée	IV 13 1	Sols à carapace de nappe de plateau	IX 42 4
Sols en Hammadas	IV 13 2	Sols à cuirasse de nappe de plateau	IX 42 5
Reg	IV 13 3	Groupe des Sols Hydromorphes à mouvement oblique de la nappe . . .	IX 43 0
Reg sableux	IV 13 4	Sols à carapace de nappe de basse pente	IX 43 1
Groupe des Sols Désertiques d'apport .	V 14 0	Sols à cuirasse de nappe de basse pente	IX 43 2
Sols des microdunes	V 14 1	Sols à carapace de nappe de vallée .	IX 43 3
Sols des barkhanes	V 14 2	Sols à cuirasse de nappe de vallée .	IX 43 4
Sols d'ergs	V 14 3		
Groupe des Sols Subdésertiques	VI 15 0		
Sous-groupe des Sols Gris Subdésertiques	VI 15 1		
Sous-groupe des Sols Rouges Subdésertiques	VI 15 2		
Groupe des Sols Bruns Subarides	VI 16 0		
Sous-groupe des Sols Bruns Subarides	VI 16 1		
Sous-groupe des Sols Brun-Rouge . .	VI 16 2		
Groupe des Sols Châtains	VI 17 0		
Sous-groupe des Sols Châtains	VI 17 1		
Sous-groupe des Sols Châtain-Rouge	VI 17 2		
Groupe des Sols de Chernozem	VI 18 0		
Groupe des Sols de la Prairie	VI 19 0		
Groupe des Sols Ferrugineux Tropicaux non Lessivés	VII 20 0		
Sous-groupe des Sols Ogres	VII 20 1		
Sous-groupe des Sols Diors	VII 20 2		
Groupe des Sols Ferrugineux Tropicaux Lessivés	VII 21 0		
Sous-groupe des Sols du Sine	VII 21 1		
Sous-groupe des Sols Lessivés à concrétions	VII 21 2		
Sous-groupe des Sols à Lessivage oblique	VII 21 3		
Groupe des Sols à Cuirasse ferrugineuse (3)	VII 22 0		
Groupe des Sols faiblement Latéritiques	VIII 30 0		
		<i>Sols plus ou moins évolués sur place, mais après une action mécanique importante.</i>	
		Groupe des Sols Ferrugineux Tropicaux durcis après érosion	X 50 0
		Sols de carapace ferrugineuse d'érosion	X 50 1

(1) Les Rendzines à croûte calcaire sont celles où l'horizon de croûte calcaire est de faible épaisseur, le caractère de Rendzine étant dominant.

(2) Divisions empruntées au travail de G. DURAND sur les Sols de l'Algérie, *Bull. A. F. E. S.*, janvier 1953.

(3) Sont classés dans ce groupe tous les sols dont la croûte ou la cuirasse a une origine qui ne peut être rapportée nettement à un processus caractérisant un autre groupe (hydromorphie par exemple).

Sols de cuirasse ferrugineuse d'érosion	X 50 2
Groupe des Sols Latéritiques durcis après érosion	X 51 0
Sols de carapace latéritique d'érosion	X 51 1
Sols de cuirasse latéritique d'érosion	X 51 2
Groupe des Sols durcis après transport	X 52 0
Sols de cuirasse alluviale	X 52 1
Sols de cuirasse colluviale	X 52 2
<i>Sols très peu ou non évolués sur place.</i>	
Sols d'érosion. Sols squelettiques	XI 61 0
Sols d'apports. Sols alluviaux marins	XI 62 0
Sols de mangrove (poto-poto)	XI 62 1
Sols alluviaux fluviaux	XI 63 0
Sols colluviaux	XI 64 0
Sols éoliens	XI 65 0

B) FAMILLES DES SOLS

Les familles définies d'après la nature pétrographique de la roche-mère, sont désignées par des lettres majuscules.

1) Roches-dures.

Roches éruptives ou métamorphiques :	
acides à grain grossier	A
à grain fin	B
neutres à grain grossier	C
à grain fin	D
basiques à grain grossier	E
à grain fin	F
Roches sédimentaires acides	G
basiques	H

2) Roches friables :

Grès siliceux friable	I
Grès ferrugineux friable	K
Limon durci	L
Schiste tendre	M
Grès calcaire	N
Calcaire tendre	O

3) Roches meubles :

Sables siliceux	P
Sables et graviers siliceux	Q
Sables calcaires	R
Sabiers et graviers calcaires	S
Limon non calcaire	T
Limon calcaire	U
Argiles marneuses et marnes	V
Marnes à cailloux	W
Argiles	X
Argiles graveleuses	Y
Cendres et Lapilli	Z

C) PROFONDEUR DU SOL

0 à 0,25 m	P ₁
0,25 à 0,50 m	P ₂
0,50 à 1 m	P ₃
1 m à 2 m	P ₄
Plus de 2 m	P ₅

D) PENTE TOPOGRAPHIQUE

0 à 2 %	A
2 à 4 %	B
4 à 7 %	C
7 à 12 %	D
12 à 25 %	E
25 à 40 %	F
plus de 40 %	G

E) EROSION DU SOL

L'érosion du sol est traduite par des combinaisons d'une lettre et de chiffres.

1) La forme d'érosion est représentée par une lettre.

- a : Erosion Eolienne.
- b : Erosion en Nappes.
- c : Erosion en Rigoles.
- d : Erosion en Ravins (l'érosion en lavakas ou d'autres formes analogues peut être notée d_v).

2) Un premier chiffre exprime l'intensité de l'érosion (voir tableau n° 2).

3) Un second chiffre exprime la fréquence du phénomène en cas d'érosion en rigoles ou ravins.

- 1 signifie occasionnel.
- 2 signifie fréquent.
- 3 signifie très fréquent.

4) L'érosion nulle est traduite par le chiffre 0.

5) La signification des symboles exprimant la forme et l'intensité de l'érosion est exposée par le tableau n° 2. Une remarque est à faire à propos des symboles c3 et d.

Ils représentent un terme de passage entre rigoles et ravins, aussi la notation cd3 ou dc3, selon les cas, sera-t-elle parfois plus explicite.

L'adjonction du chiffre de fréquence d'érosion créera un symbole de forme, par exemple : c1-3. : érosion en rigoles atteignant une profondeur comprise entre 0 et 25 % de profondeur de l'horizon humifère supérieur. Rigoles très fréquentes.)

6) Avec la lettre e, représentative des mouvements de masse, les seules combinaisons possibles sont e-1, e-2, e-3 signifiant respectivement mouvements de masse occasionnels, fréquents et très fréquents.

7) Enfin les indications supplémentaires suivantes peuvent être notées :

- Sq : Pointement rocheux.
- Al : Dépôts très récents, colluviaux et alluviaux, non transformés en sols.
- V : Dépôts volcaniques très jeunes, non encore transformés en sols.

Tel qu'il vient d'être exposé, ce projet de légende est adapté pour l'établissement de cartes d'utilisation des terres à l'échelle du 1/20.000^e. Celle-ci est d'ailleurs la plus indiquée pour ce genre de carte. Il paraît difficile d'en dresser à des échelles plus petites que le 1/100.000^e (exceptionnellement le 1/200.000^e).

La légende d'une carte au 1/100.000^e doit pouvoir comporter les classes de terres, telles celles prévues : les différents types d'utilisation actuelle du terrain et les groupes, principaux sous-groupes et familles de Sols. Les autres éléments cartographiques au 1/20.000^e ne peuvent qu'être indiqués en notice.

Cette légende est actuellement employée à titre d'essai dans différents Territoires de l'Union Française. Cette première expérience amènera probablement la modification de certains éléments, soit dans les classes adoptées ou les renseignements notés, soit dans le mode de représentation.

Nous l'avons cependant exposée ici, car elle est une des premières conséquences de la « Mission Française Etude du Sol », aux Etats-Unis.

TABLEAU 2

	Erosion éolienne	Erosion en nappes	Erosion en rigoles	Erosion en ravins
1) 0 à 25 % de l'horizon humifère supérieur.	enlevé a1	enlevé b1	atteint c1	
2) 25 à 75 % de l'horizon humifère supérieur.	enlevé a2	enlevé b2	atteint c2	
3) Horizon humifère pratiquement disparu et horizon sous-jacent faiblement.	enlevé a3	enlevé b3	atteint c3	atteint d3
4) Horizon sous-jacent à l'horizon humifère fortement.	enlevé a4	enlevé b4		atteint d4
5) Horizons humifère et sous-jacent totalement enlevés ou atteints sans attaque de l'horizon de départ.	enlevé a5	enlevé b5		atteint d5
6) Horizon de départ partiellement enlevé ou atteint.	enlevé a6	enlevé b6		atteint d6
7) Roche-mère atteinte.				atteinte d7
7) Roche-mère mise à nu.		à noter b. d. 7, toutes les formes d'érosion ayant certainement existé au cours du processus d'érosion.		
8) Horizon durci atteint.				atteint d8
8) Horizon durci mis à nu.		à noter b. d. 8, toutes les formes d'érosion ayant existé au cours du processus d'érosion.		

BIBLIOGRAPHIE
CONCERNANT LA CLASSIFICATION DES TERRES
SELON LEUR VALEUR AUX ETATS-UNIS

U. S. D. A., Soil Conservation Service. Guide for Soil Conservation Surveys - Washington D. C., May, 1948.

NORTON (E. A.). — Soil Conservation Survey Handbook.

U. S. D. A. Miscellaneous Publication, n° 352, U. S. Government Printing Office, Washington D. C., August 1939.

HOCKENSMITH (R. D.), STEELE (J. G.). — Classifying Land for Conservation Farming. U. S. D. A. Farmers' Bulletin n° 1853, U. S. Government Printing Office, Washington D. C., Feb. 1943.

HOCKENSMITH (R. D.). — Classification of Land according to its capability as a basis for a soil Conservation Program. U. S. D. A. Soil Conservation Service, Washington D. C., Dec. 1949.

B

LA PARCELLE EXPÉRIMENTALE

MÉTHODE D'ÉTUDE EXPÉRIMENTALE DE LA CONSERVATION DU SOL, DE L'ÉROSION, DU RUISSELLEMENT

INTRODUCTION

La totalité des études entreprises dans les Stations de Recherches sur l'Erosion et la Conservation des Sols se fait sur Parcelles Expérimentales. Celles-ci sont constituées de deux parties :

le champ expérimental, en contre-bas, le matériel récepteur d'eau et de terre issues du champ pendant la pluie et le ruissellement.

Trois idées directrices président à leur construction :

La taille et la forme du champ expérimental doivent être telles que celui-ci puisse être considéré,

quelle que soit la pratique ou méthode culturale employée, comme représentatif du milieu naturel.

La taille du champ doit être relativement petite, afin que les quantités d'eau et de terre recueillies soient aisément mesurables.

Le matériel récepteur doit être de dimensions telles qu'il puisse contenir la quantité d'eau, chargée de sédiments, attendue après le ruissellement le plus intense qui puisse survenir sous le climat de la station. Il doit en outre permettre la réception de l'eau de ruissellement lorsqu'elle lui parvient à la vitesse maxima susceptible d'être atteinte sous le climat du lieu.

CHAPITRE I

LE CHAMP EXPÉRIMENTAL

A

DESCRIPTION (figures 1 et 5)

Le champ expérimental est un champ rectangulaire ayant une pente donnée et dont la surface topographique ne présente aucun relief.

Il est limité latéralement et en amont par une petite diguette de terre de 15 à 20 cm de haut ou, parfois, par une mince plaque métallique de même hauteur.

Dans le cas d'études sur des sols très érodibles, un système de limitation différent peut être employé. La topographie des surfaces séparant les

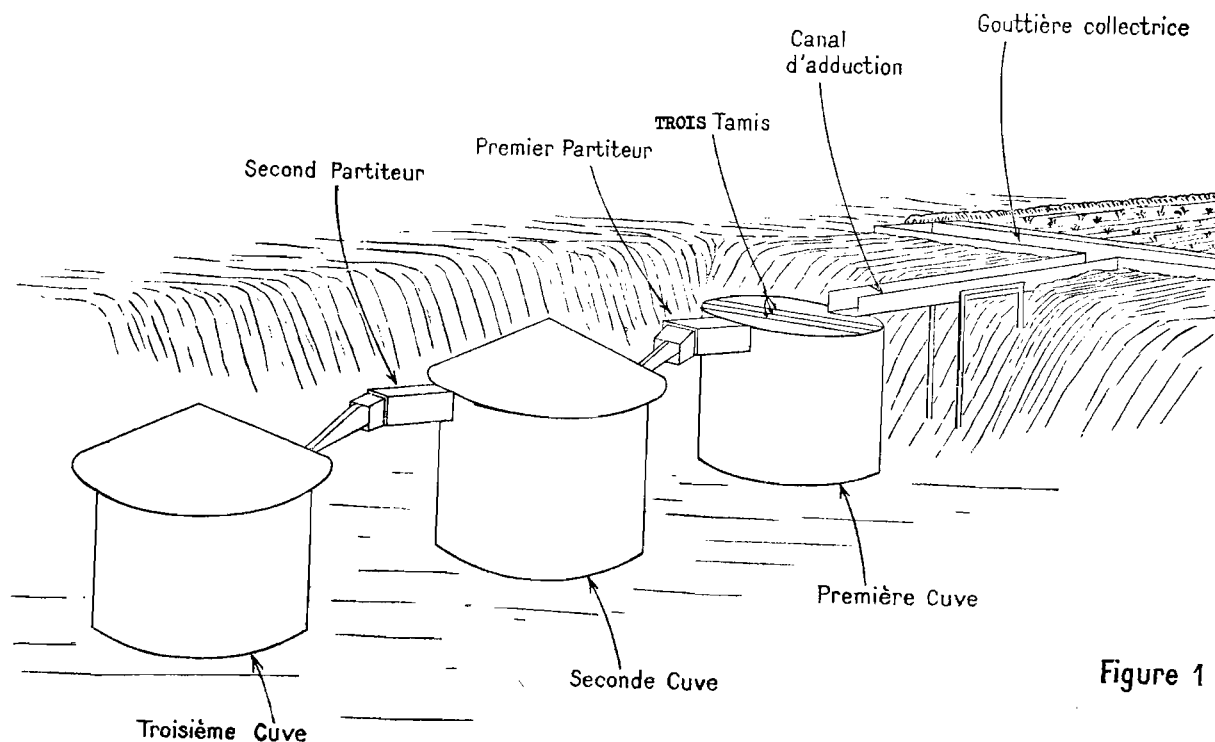


Figure 1

Figure 2

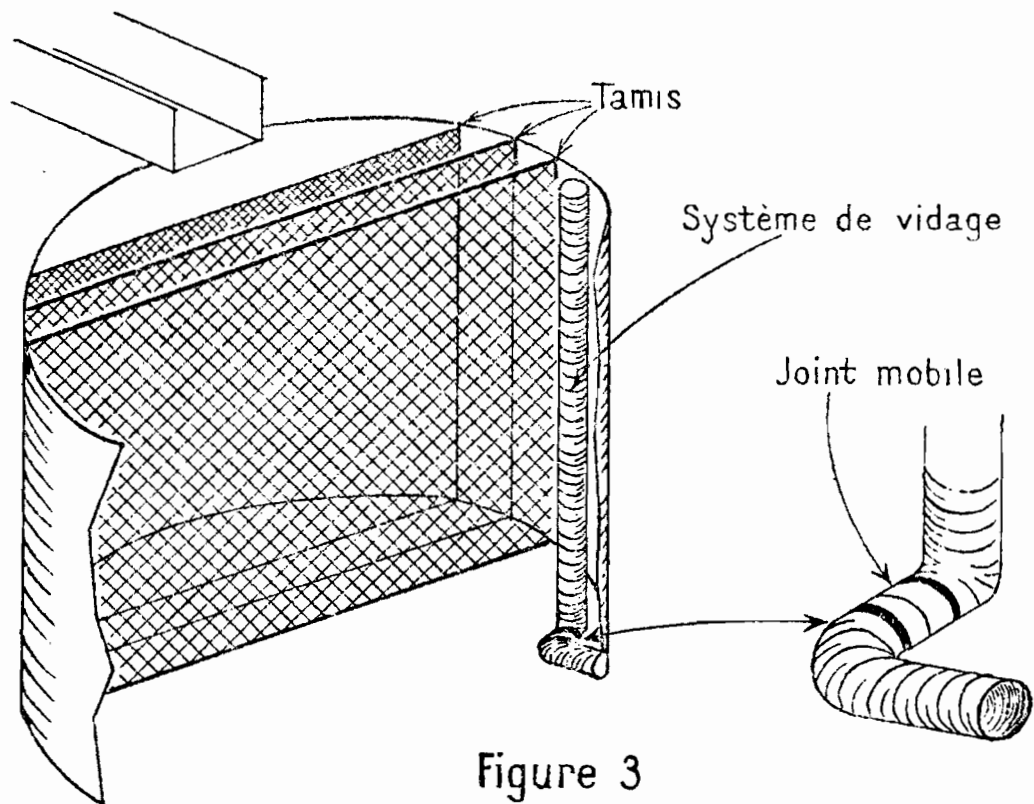
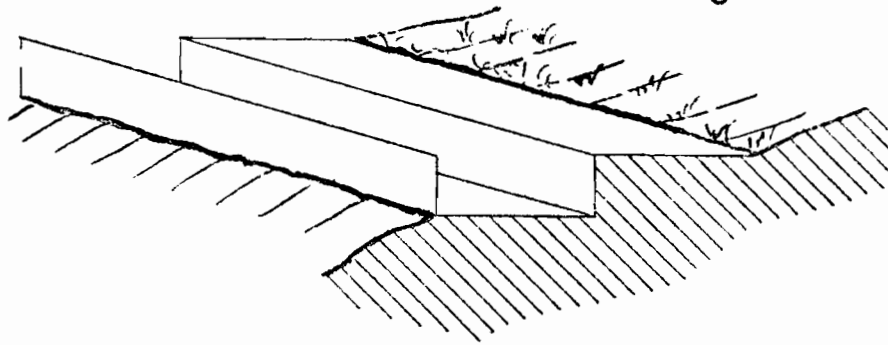


Figure 3

uns des autres une série de champs est modifiée par creusement d'une rigole centrale et apport de terre vers les parties latérales des surfaces séparatrices. La direction du « thalveg » est celle de la pente des champs. Ainsi sont créés de petites « vallées séparatrices » dont les versants ont une pente très faible mais cependant suffisante pour engendrer, à leur limite supérieure, des petits talus de 15 à 20 cm de hauteur, formant les limites latérales des champs expérimentaux (figure 5).

Une modification de la pente du terrain situé en amont du champ, consistant en l'édition d'une surface en légère contrepente, amène la création d'une limite supérieure de même nature.

En règle générale, le choix du système de limitation du champ expérimental dépend de la méthode culturale prévue.

Il est essentiel que le champ expérimental fonctionne comme un véritable « bassin versant miniature ». Il ne doit donc pas risquer de recevoir de l'eau de ruissellement provenant des surfaces environnantes.

Il est recommandé, dans tous les cas, aussi bien pour préserver les bordures de toute détérioration que pour éviter des phénomènes pouvant troubler les études entreprises, d'établir sur les surfaces environnant les champs expérimentaux une végétation anti-érosive.

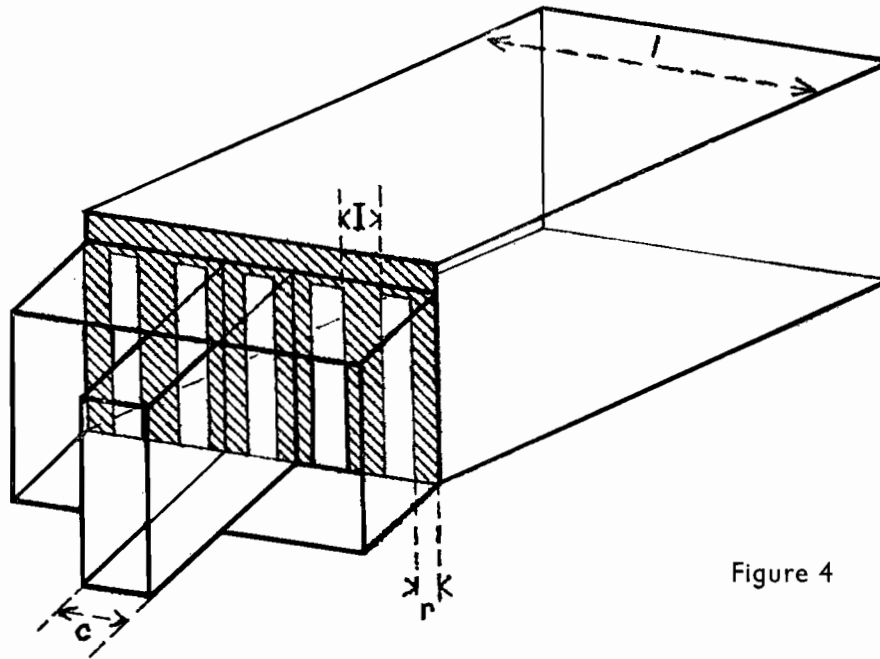


Figure 4

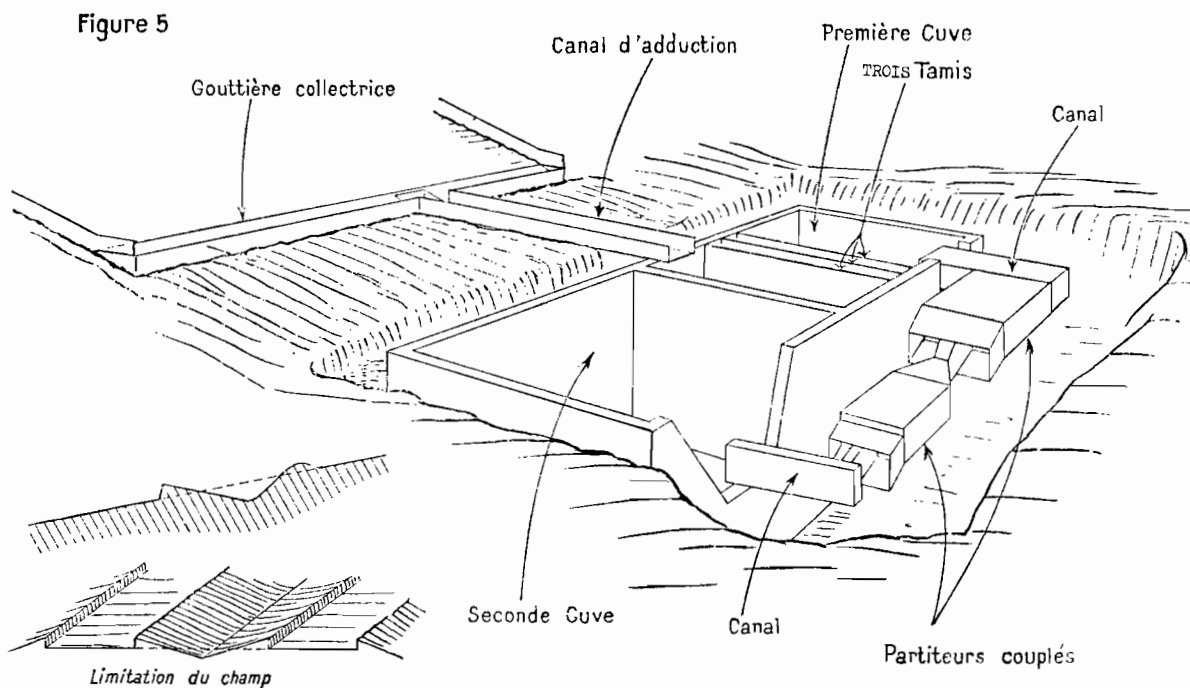


Figure 5

B

DIMENSIONS

Les dimensions d'un champ expérimental sont essentiellement choisies par l'expérimentateur en fonction du but poursuivi.

La règle fondamentale, qui est la nécessité absolue de ne pas donner au champ une surface trop grande, afin de recueillir un volume d'eau et de

terre aisément mesurable, ne doit cependant jamais être oubliée.

Si, par exemple, l'expérimentateur désire étudier la résistance d'un sol à l'érosion ou l'efficacité conservatrice d'une plante, il fixe simplement la longueur et la largeur du champ en tenant compte de la hauteur d'eau maxima susceptible d'être écoulee sous le climat du lieu, afin que le volume d'eau issu de ce champ puisse être stocké dans un

système récepteur de taille qui permette une étude aisée et rigoureuse.

Si, autre exemple, l'expérimentateur désire mesurer le ruissellement et l'érosion sur un système de terrasses à lit en pente dans lequel la largeur de chaque terrasse est 20 mètres, il créera des champs expérimentaux de 20 mètres de longueur.

Seul le choix de la largeur des champs est parfois incertain, surtout lorsque ceux-ci doivent être cultivés. Dans les différentes Stations expérimentales du Service de la Conservation du Sol des

Etats-Unis, différentes largeurs de champs ont été adoptées.

Il semble qu'une largeur de 5 à 8 mètres soit bien souvent idéale. Elle diminue le risque de troubles dans le déroulement du phénomène de ruissellement et d'érosion par suite d'effets de bordure; elle permet d'autre part l'emploi de machines agricoles sur un ensemble de champs expérimentaux.

Il est évident que pour certaines études, telle celle de la résistance d'un sol nu à l'érosion, des parcelles de moins grande dimension suffisent.

CHAPITRE II

LE SYSTÈME RÉCEPTEUR

A) Constitution du système récepteur

Les parties constitutives du système récepteur sont :

Une gouttière collectrice, située en aval du champ expérimental et formant la limite inférieure de celui-ci. Son rôle est de collecter l'eau et la terre issues du champ pendant le ruissellement et l'érosion.

Un canal d'adduction, conduisant l'eau et les sédiments de la gouttière collectrice vers une première cuve réceptrice.

Plusieurs cuves successives, communiquant par des *partiteurs*. En elles, s'accumulent l'eau ruisselée et les éléments solides entraînés, dont la mesure est ainsi possible.

B) Description des éléments constitutifs du système récepteur

La gouttière collectrice, le canal d'adduction et les cuves réceptrices ont été jusqu'à présent, et sont encore bien souvent, métalliques. Récemment pour des raisons d'économie, le ciment a été employé pour leur construction et s'avère être un matériau entièrement satisfaisant.

Les partiteurs sont toujours métalliques.

La forme et l'agencement dans le détail des différents éléments du système récepteur peuvent évidemment varier pour de nombreuses raisons : moyens financiers, espace possédé pour la construction, etc... Cependant les deux descriptions suivantes, l'une du système récepteur utilisé à Watkinsville (Southern Piedmont Conservation Experiment Station) et entièrement métallique ; l'autre, de celui utilisé à Tifton (Georgia Coastal Plain Experiment Station), construit en ciment (gouttière collectrice, canal d'adduction, cuves) et métal (partiteurs), décrivent deux systèmes des plus courants et certainement les mieux adaptés aux études entreprises.

1) LE SYSTÈME RÉCEPTEUR DE LA « SOUTHERN PIEDMONT CONSERVATION EXPERIMENT STATION » Watkinsville, Georgie (entièrement métallique) (figure 1).

a) *La gouttière collectrice.*

Elle a la forme d'un parallélépipède rectangle, d'une largeur de 25 à 30 centimètres, d'une hauteur de 20 à 25 cm et d'une longueur égale à la largeur du champ expérimental.

Sa paroi située du côté du champ se prolonge à angle droit par une petite bande métallique venant ainsi se poser à plat sur le sol auquel elle doit adhérer fortement. Cette bande facilite l'entrée de l'eau et de la terre dans la gouttière, et supprime tout risque d'infiltration le long de la face extérieure de la paroi (figure 2).

Le fond de la gouttière est en très légère pente, longitudinalement, vers l'orifice du canal d'adduction, pour éviter toute retenue d'eau et de terre.

b) *Le canal d'adduction.*

Il prend naissance au milieu de la paroi aval de la gouttière collectrice et conduit l'eau, chargée de sédiments, de celle-ci à une première cuve réceptrice. Sa section a la forme montrée par la figure 1.

Sa largeur est de 25 à 30 centimètres, sa hauteur 20 à 25 centimètres. Il a une pente de 2 ‰, pente nécessaire pour empêcher les éléments solides de se déposer.

c) *La première cuve réceptrice* (figure 3).

Elle reçoit l'eau et la terre amenées de la gouttière collectrice par le canal d'adduction. Sa forme est cylindrique. Ses dimensions découlent évidemment du volume d'eau maximum qu'elle doit pouvoir contenir.

Afin de rendre plus aisé le calcul de la perte en terre et d'éliminer, au cours de ce calcul, des risques d'erreurs, il est nécessaire de retenir dans la première cuve les éléments solides relativement volumineux. Ils se déposeront au fond.

A cette fin se trouvent dans la première cuve *trois lamis verticaux* de hauteur égale à celle de la cuve. Le premier est constitué d'un grillage à ouvertures moyennes (ouvertures carrées de 0,60 cm à 0,65 cm de côté) ; le second et le troisième d'un grillage fin (ouvertures carrées de 0,3 cm de côté).

L'évaluation obligatoire du volume de ces dépôts de fond nécessite l'existence d'un système particulier de vidage de la cuve, permettant l'évacuation de l'eau sans évacuation des dépôts.

Le vidage s'effectue par un tuyau ayant une position verticale en période de non-utilisation et s'articulant sur une pièce doublement coudée aboutissant à un orifice situé à la base de la paroi du cylindre. L'inclinaison progressive du tuyau à l'intérieur de la cuve provoque le vidage de celui-ci de haut en bas. L'arrêt de l'inclinaison du tuyau sur le plan supérieur de la masse des sédiments déposés évite un écoulement de ceux-ci (figure 3).

Il découle de ceci que la longueur du tuyau de vidage doit être plus petite que celle du diamètre de la cuve et légèrement plus grande que la hauteur de l'eau dans la cuve lorsque celle-ci est pleine.

Il apparaît que la première cuve réceptrice doit avoir un diamètre plus grand que sa hauteur.

Il est rarement possible de recueillir toute l'eau de ruissellement dans une seule cuve réceptrice. Il est même nécessaire de ne recueillir dans la seconde, lors de ruissellements intenses, qu'une fraction très exactement connue de l'eau de ruissellement, afin que les cuves gardent une taille permettant l'exécution facile et sûre des opérations

à effectuer (cette question sera reprise ultérieurement).

L'emploi d'un canal muni d'un partiteur, pour relier les cuves entre elles, répond à cette obligation.

d) *Le partiteur* (figure 4).

Lorsque la capacité maxima de retenue d'eau dans la première cuve est atteinte, l'eau s'écoule vers la seconde à travers un partiteur.

Ce partiteur est un canal de section rectangulaire. Il est ouvert à l'extrémité située vers la première cuve réceptrice, afin que l'eau y pénètre. Le fond du canal doit être strictement horizontal et exactement de niveau avec le plan supérieur de l'eau lorsque la capacité maxima de retenue d'eau est atteinte. La hauteur de la cuve doit donc être, nécessairement, au moins égale à la somme de la hauteur maxima dans la cuve de l'eau et de la hauteur du partiteur afin que l'écoulement se fasse de manière normale, sans débordements.

L'extrémité aval du partiteur est fermée par une plaque métallique percée d'un nombre impair de fentes de taille et forme absolument identiques. Les fentes peuvent aussi être réalisées à l'aide d'une série de plaques verticales et équidistantes, barrant l'orifice aval. Seule l'eau s'écoulant à travers la fente centrale est recueillie dans un conduit et dirigée vers la seconde cuve. L'eau passant à travers les autres fentes se perd hors du système récepteur.

Le partiteur permet donc de ne recueillir qu'une fraction très exactement connue de l'eau qui le traverse ; le nombre de fentes conditionne ce fractionnement (un partiteur de sept fentes par exemple, permet de ne recueillir que le 1/7 de l'eau).

Les caractéristiques du partiteur (nombre et taille des fentes, dimensions du canal, etc...) dépendent du débit maximum qu'il permet. Lorsqu'un partiteur est employé, il doit essentiellement pouvoir permettre l'écoulement de l'eau lorsque celle-ci lui parvient à la vitesse maxima d'écoulement qu'elle peut avoir.

Il existe des partiteurs de taille différente, ayant chacun un débit différent. Leur construction, basée sur des calculs hydrologiques, sera exposée ultérieurement.

e) *La seconde cuve réceptrice.*

Sa forme est cylindrique. Ses dimensions découlent également du volume d'eau qu'elle doit pouvoir contenir.

Comme seuls sont passés avec l'eau des éléments solides en suspension, aucun tamis n'existe dans cette cuve et son vidage s'opère par l'ouverture d'un orifice quelconque situé à sa base.

f) Si l'existence d'une *troisième cuve* est nécessaire, celle-ci est reliée à la seconde par un partiteur et les règles qui régissent sa construction sont identiques à celles régissant la construction de la seconde.

2) LE SYSTÈME RÉCEPTEUR DE LA « GEORGIA COASTAL PLAIN EXPERIMENT STATION » TIFTON GEORGIE (métal et ciment) (figure 5).

a) *La gouttière collectrice.*

La gouttière collectrice est construite en ciment et a une forme dissymétrique. Elle est constituée d'un petit plan incliné d'environ 50 cm, faisant suite au champ expérimental. L'eau issue de ce dernier ruisselle sur le plan et s'accumule arrêtée

par la paroi aval de la gouttière, paroi qui est verticale (figure 6).

L'eau s'écoule alors dans le canal d'adduction.

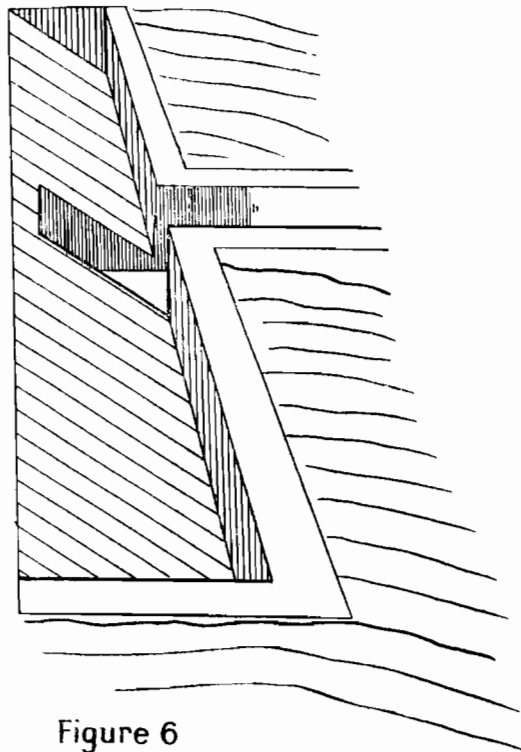


Figure 6

b) *Le canal d'adduction.*

Il est construit en ciment. Il a les mêmes caractéristiques que celui utilisé à la « Southern Piedmont Conservation Experiment Station » (cf. : ci-dessus chapitre II B-I-b).

c) *Les cuves réceptrices.*

Elles sont au nombre de deux, construites en ciment et situées côte à côte. Elles ont toutes deux la forme d'un parallépipède rectangle. Pratiquement elles sont réalisées par la séparation en deux d'une grande cuve.

La première reçoit l'eau et les sédiments amenés de la gouttière collectrice par le canal d'adduction. Ses dimensions découlent du volume d'eau qu'elle doit pouvoir contenir.

En vue de retenir dans cette première cuve les éléments grossiers, trois rainures verticales sur les parois A et C (figure 7) permettent de glisser *trois tamis*. Le premier est constitué simplement d'une plaque métallique moins haute que la hauteur maxima d'eau dans la cuve. Le second, plus haut que cette hauteur maxima d'eau, est constitué à sa partie supérieure d'une plaque métallique et à sa partie inférieure d'un grillage à larges ouvertures. Le troisième enfin est constitué d'un grillage fin.

Ce qui a été dit précédemment, au cours de la description du système récepteur utilisé à Watkinsville, au sujet de l'estimation des dépôts de fond et du système particulier de vidage, est également valable ici.

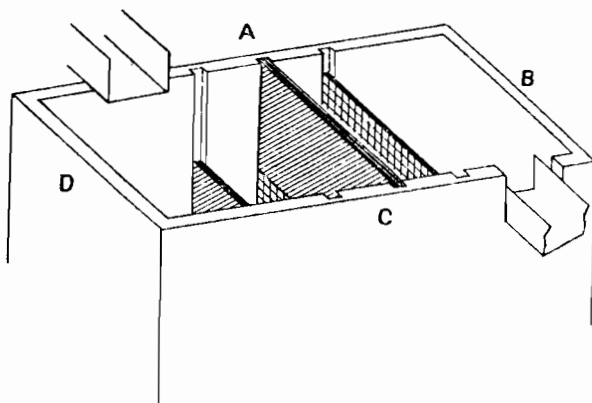
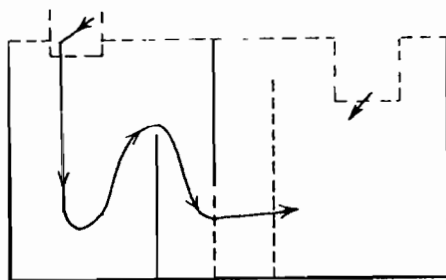


Figure 7



Lorsque la capacité maxima de retenue d'eau dans la première cuve est atteinte, l'eau s'écoule vers la seconde suivant le processus décrit à propos du système récepteur précédent.

La seconde cuve est établie suivant les principes donnés pour l'établissement de la seconde cuve du système récepteur de Watkinsville.

d) *Le passage de l'eau de la première à la seconde cuve.*

Ce passage s'effectue rarement à travers un seul partiteur, comme dans le cas précédent, mais par l'intermédiaire d'un ensemble de deux partiteurs, afin de ne retenir qu'une très petite fraction de l'eau écoulée, étant donné que les cuves ne sont qu'au nombre de deux. Deux partiteurs couplés permettent en effet de ne retenir, si le premier à x fentes et le second y fentes, que $\frac{1}{x} \times \frac{1}{y}$ de l'eau qui les traverse. Les deux cuves étant côte à côte, l'ensemble des partiteurs se situe extérieurement, le long de la paroi C (figure 5).

L'eau est amenée de la première cuve aux partiteurs, puis conduite à la seconde après passage à travers ceux-ci, chaque fois par un canal coudé dont les dimensions sont fonction du rôle qui leur est dévolu.

C) Détermination de la constitution d'un système récepteur et des dimensions de ses éléments constitutifs

Il a été dit, en introduction à cette étude sur les parcelles expérimentales, que le système récepteur doit être de dimensions telles qu'il puisse con-

tenir la quantité d'eau et de sédiments attendue après le ruissellement le plus intense qui puisse survenir sous le climat du lieu d'étude, et doit permettre la réception de l'eau lorsqu'elle lui parvient à la vitesse maxima susceptible d'être atteinte.

Ceci est aisément concevable. Une parcelle expérimentale doit pouvoir permettre une étude du ruissellement et de l'érosion dans un lieu, quelles que soient l'intensité et la grandeur du phénomène en ce lieu. Le système récepteur doit donc avoir une taille permettant d'étudier le phénomène lorsque celui-ci atteint le maximum d'intensité et de grandeur qu'il puisse avoir au lieu d'étude.

I) CARACTÉRISTIQUES ET DIMENSIONS DE LA GOUTIÈRE COLLECTRICE ET DU CANAL D'ADDUCTION.

Elles ont été fournies précédemment (chapitre II, B-1, a, b).

Les dimensions citées sont celles communément données à ces deux éléments aux États-Unis. Si elles sont recommandables (un canal d'adduction de 30 centimètres de large et 25 centimètres de haut, ayant une pente de 2 % permet un écoulement de 0,20 m³ par seconde), il est évident qu'elles ne sont pas immuables, le rôle de ces deux éléments étant simplement de recueillir l'eau et les sédiments issus d'un champ et de les acheminer dans les meilleures conditions possibles aux cuves réceptrices qui permettent l'évaluation du ruissellement et de la perte en terre.

Il n'a pas été parlé de la longueur du canal d'adduction. Elle est variable et dépend de l'éloignement entre la gouttière collectrice et la première cuve. Cette distance n'a aucune importance dans le fonctionnement du système.

II) MÉTHODE DE DÉTERMINATION DE LA COMPOSITION D'UN SYSTÈME RECEPTEUR : TAILLE ET NOMBRE DE CUVES ET DE PARTITEURS.

Il est difficilement possible de concevoir un système récepteur constitué d'une seule cuve réceptrice. Un système récepteur pour permettre l'étude du phénomène de ruissellement et d'érosion en un lieu, doit rendre possible la retenue du volume d'eau qui ruisselle du champ expérimental lorsque le phénomène atteint son maximum de grandeur et d'intensité. L'emploi d'une seule cuve pour cette opération nécessiterait une cuve réceptrice de très grande taille.

Par exemple un ruissellement de 40 m³ d'eau conduirait à la construction d'une cuve d'au moins 5 mètres de long, 4 mètres de large et 2 mètres de haut.

Mais, lors de ruissellements moins intenses les opérations de prélèvement d'échantillons en vue d'estimer la perte en terre et celles du calcul du volume d'eau écoulé seraient d'exécution difficile et de valeur contestable, étant donné qu'alors la lame d'eau contenue dans l'unique cuve sera de très faible épaisseur.

Ainsi 2 m³ d'eau parvenant à la cuve de dimensions citées ci-dessus se traduiraient par une lame d'eau de 0,10 m d'épaisseur situés à 1,90 m du sommet de la cuve. Son examen, comme tout prélèvement d'échantillons, offrirait à l'observateur de multiples difficultés.

Il est absolument nécessaire que les dimensions des cuves réceptrices permettent d'effectuer des

opérations manuelles aisées et des observations scientifiques de valeur certaine.

L'emploi de deux ou plusieurs cuves, communiquant par des partiteurs répond à cette nécessité.

1) *Problèmes à résoudre.*

Quel doit être le nombre de cuves réceptrices ?

Quel doit être le volume de chacune d'elles ?

Quel doit être le type du ou des partiteurs employés, type caractérisé par le nombre et la taille des fentes ?

Telles sont les questions essentielles qui se posent.

Après ce qui a été dit précédemment, il est évident qu'elles se résolvent tout d'abord par la connaissance :

du volume maximum d'eau susceptible de ruisseler du champ à la suite d'une pluie ou durant le laps de temps intéressant l'observateur ;

de l'intensité maxima du ruissellement, en mètres cubes par seconde, susceptible de survenir du champ expérimental.

Ces deux données seront des données présumées, déduites de l'examen des annales météorologiques ou hydrologiques relatives au lieu d'installation des parcelles expérimentales.

Données de base pour la détermination de la composition d'un système récepteur, leur méthode de calcul sera tout d'abord fournie.

2) *Calcul du volume maximum présumé d'eau pouvant ruisseler d'un champ expérimental, sous le climat du lieu, à la suite d'une pluie ou durant un certain laps de temps.*

Calcul de l'intensité maxima présumée du ruissellement, en mètres-cubes par seconde, issu d'un champ expérimental.

Ces données, absolument nécessaires pour l'établissement d'un système récepteur, se calculent à l'aide de :

a : la surface du champ expérimental,

b : la plus grande hauteur d'eau jamais ruisselée sous le climat du lieu, à la suite d'une pluie ou durant un laps de temps,

c : la plus grande hauteur d'eau jamais ruisselée en une seconde, sous le climat du lieu.

a) La surface du champ expérimental est déterminée par l'expérimentateur. Cette donnée est donc connue.

b) Les annales météorologiques ou hydrologiques permettent de trouver quelle est la plus grande hauteur d'eau qui ait jamais été écoulée, sous le climat du lieu, à la suite d'une pluie ou durant un laps de temps.

Généralement, cette plus grande hauteur d'eau écoulée a été la conséquence de la plus haute précipitation jamais enregistrée sous le climat du lieu. En l'absence de cette première donnée, la seconde peut être prise pour effectuer les calculs nécessaires. La dimension des éléments du système récepteur sera encore plus certainement satisfaisante.

c) Les mêmes annales permettent de déterminer l'intensité maxima du ruissellement observée sous le climat du lieu, c'est-à-dire la plus grande hauteur d'eau jamais écoulée par seconde.

Les valeurs exprimées en centimètres par heure, ou par trente minutes, ou par vingt minutes, parfois, en l'absence d'études précises, en centimètres par douze ou vingt-quatre heures, serviront de base à l'établissement de cette donnée.

A défaut de ce renseignement la plus intense précipitation (hauteur d'eau tombée par seconde) sera prise en considération. Il est probable que ces valeurs maxima, basées sur une étude du passé ne seront dépassées dans l'avenir qu'en cas de phénomènes pluviométriques tout à fait exceptionnels.

Aussi peut-on les considérer comme représentatives des valeurs maxima susceptibles d'être atteintes.

Elles seront évidemment d'autant plus exactes que la période des études météorologiques sera grande.

Lorsqu'elles sont connues et attendu que le champ expérimental est un véritable bassin versant miniature, le calcul des données recherchées est le suivant :

α) *Calcul du volume maximum d'eau ruisselé d'un champ expérimental sous le climat du lieu.*

Si la surface d'un champ expérimental est *S*, et la hauteur d'eau maxima écoulée sous le climat du lieu, *H* ; le volume d'eau maximum que le système récepteur devra permettre d'évaluer est :

$$S \times H$$

A Watkinsville (Georgie) par exemple, la lame d'eau maxima écoulée à la suite d'une pluie a une hauteur de 0,20 m. Un système récepteur recevant l'eau issue d'un champ de 200 m² devra permettre d'évaluer

$$200 \text{ m}^2 \times 0,20 \text{ m} = 40 \text{ m}^3 \text{ d'eau.}$$

Ainsi le phénomène de ruissellement et d'érosion pourra être étudié sur ce champ quelle que soit sa valeur quantitative.

β) *Calcul de l'intensité maxima du ruissellement issu d'un champ expérimental.*

Si l'intensité maxima du ruissellement, exprimée en hauteur d'eau écoulée par seconde, est, en un lieu, *I*, le volume d'eau qui parviendra en 1 seconde au système récepteur est :

$$I \times S$$

S étant la surface du champ expérimental

Ainsi en continuant le même exemple numérique, à Watkinsville, l'intensité maxima du ruissellement est 0,20 m de hauteur d'eau écoulé en une heure.

Il s'écoule donc chaque seconde une hauteur d'eau de

$$\frac{0,20 \text{ m}}{3\ 600} = 0,000055 \text{ m}$$

D'un champ de 200 m² parviendra chaque seconde au système récepteur un volume d'eau de

$$200 \text{ m}^2 \times 0,000055 \text{ m} = 0,011 \text{ m}^3$$

L'intensité maxima d'écoulement est 0,011 m³/sec.

* * *

Une fois connues ces données climatiques, de multiples solutions s'offrent pour la constitution d'un système récepteur. En effet pour atteindre le but recherché (estimation très exacte d'un volume d'eau et de terre) il est laissé à l'expérimentateur une certaine possibilité de combiner, de diverses manières, cuves réceptrices et partiteurs.

Les deux descriptions des systèmes récepteurs utilisés à Watkinsville et Tifton (Chapitre II. B) mettent ce fait en lumière.

Dans un cas, Watkinville, le nombre de cuves réceptrices n'a pas été fixé par avance. Les valeurs maxima présumées du ruissellement en volume et en intensité, et les partiteurs employés, règlent le nombre et la taille des cuves.

A Tifton, par contre, il a été décidé de n'utiliser que deux cuves réceptrices. Il a fallu alors réaliser une combinaison de partiteurs (deux partiteurs couplés) telle, que les cuves gardent une taille acceptable pour l'exactitude scientifique désirée, tout en retenant le volume d'eau nécessaire. Les valeurs maxima présumées du ruissellement, en volume et en intensité, dirigent dans ce cas, le choix des partiteurs. De ce dernier découle alors la taille des cuves.

Par ailleurs, enfin, le phénomène étudié peut revêtir, en un lieu donné, un caractère tel qu'il soit possible de ne recueillir qu'une partie seulement de l'eau et des sédiments, directement à l'issue du champ expérimental. On peut alors terminer le canal adducteur par un partiteur et n'utiliser qu'une seule cuve.

Etant donnée la multiplicité des combinaisons possibles, plusieurs exemples d'établissement d'un système récepteur vont être donnés, bien que cette opération soit dirigée par un certain nombre de règles invariables.

Auparavant il est nécessaire de connaître :

le débit maximum permis par les différents types de partiteurs,

le volume maximum que peut avoir une cuve réceptrice.

γ) *Débit maximum permis par les différents types de partiteurs.*

Le débit : Q m³/sec. des différents types de partiteurs, types caractérisés par le nombre et la taille des fentes, est calculé par la formule

$$Q \text{ m}^3/\text{sec.} = n \left(k \times H \times l \sqrt{2g \frac{H}{2}} \right)$$

dans laquelle

- n = nombre de fentes du partiteur.
- H = hauteur de la fente en mètres.
- l = largeur de la fente en mètres.
- g = 9,81.
- k = 0,66.

La taille des fentes les mieux adaptées à l'étude du ruissellement et de l'érosion est :

1,25 cm de largeur	sur	10 cm de hauteur
2,50 cm	»	15 cm »
2,50 cm	»	20 cm »
2,50 cm	»	30 cm »

Le débit permis par chacune de ces fentes est :

- 0,00081675 m³/sec pour la fente de : $l = 1,25$ cm ; $H = 10$ cm.
- 0,003002175 m³/sec pour la fente de : $l = 2,50$ cm ; $H = 15$ cm.
- 0,00462 m³/sec pour la fente : de $l = 2,50$ cm ; $H = 20$ cm.
- 0,00848925 m³/sec pour la fente de : $l = 2,50$ cm ; $H = 30$ cm.

Le débit maximum des différents types de partiteurs est fourni dans le tableau suivant.

Nombre de fentes	Largeur de la fente en cm	Hauteur de la fente	Débit en m ³ /sec.
3	1,25	10 cm	0,00245025
5	1,25	10	0,00408375
7	1,25	10	0,00571725
9	1,25	10	0,00735075
11	1,25	10	0,00898425
3	2,50	15	0,009006525
5	2,50	15	0,015010875
7	2,50	15	0,021015225
7	2,50	20	0,03234
9	2,50	20	0,04158
11	2,50	20	0,05082
13	2,50	20	0,060 05
9	2,50	30	0,07640325
11	2,50	30	0,09338175
13	2,50	30	0,11036025

8) *Volume maximum d'une cuve réceptrice*

L'expérience acquise par les Pédologues des Etats-Unis en matière de construction de système récepteurs permet de fixer le maximum du volume d'eau qu'une cuve doit pouvoir contenir à 60 pieds-cubes soit 1,70 m³.

Les dimensions alors données à une cuve cylindrique sont :

- Hauteur : 1,25 m
- Diamètre : 1,60 m.

celles d'une cuve rectangulaire sont :

- Hauteur : 1,20 m
- Largeur : 1,20 m
- Longueur : 1,80 m

Une retenue d'eau de 1,70 m³ se traduira par un remplissage de la cuve cylindrique sur une hauteur de 0,845 m, de la cuve rectangulaire sur une hauteur de 0,787 m.

Dans les deux cas, 0,40 m environ de hauteur supplémentaire permettent l'installation du partiteur et offrent une marge de sécurité.

Les quatre facteurs influant sur la constitution d'un système récepteur étant étudiés, il est possible maintenant d'aborder la question de la méthode de détermination de cette constitution.

ϵ) *Méthode de détermination de la constitution d'un système récepteur et des dimensions de ses éléments constitutifs (cuves et partiteurs).*

Plusieurs exemples vont servir à expliquer et illustrer cette méthode :

A. Établissement d'un système récepteur dont le nombre de cuves n'est pas limité (premier exemple).

Soit un projet d'installation de parcelles expérimentales pour étudier en une région le ruissellement et l'érosion et basé sur les données suivantes :

Les champs expérimentaux auront 30 mètres de long sur 6 mètres de large, soit une surface de 180 m².

Les annales météorologiques du lieu ne donnent aucun renseignement sur le ruissellement mais révèlent que la pluie la plus intense jamais observée est d'une valeur de : hauteur d'eau tombée en une heure = 0,20 m et que la plus grande précipitation jamais tombée est d'une hauteur de 0,25 m.

Le processus à suivre est le suivant :

I. — CALCUL DES DONNÉES DE BASE

a) *Intensité maxima présumée des précipitations (suppléant l'intensité maxima présumée du ruissellement).*

Si une hauteur d'eau de 0,20 m est tombée en 1 heure, il s'est accumulé sur une surface de 180 m² un volume d'eau de :

$$180 \text{ m}^2 \times 0,20 \text{ m} = 36 \text{ m}^3$$

pendant le même temps.

En supposant que ce volume d'eau ruisselle totalement, 36 m³ parviendront au système récepteur en une heure.

En une seconde parviendra au système récepteur :

$$\frac{36 \text{ m}^3}{3.600} = 0,01 \text{ m}^3.$$

L'intensité maxima présumée d'écoulement d'eau est donc :

$$0,01 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

b) *Volume maximum présumé d'eau tombé au cours d'une précipitation (suppléant le volume maximum présumé d'eau, ruisselé à la suite d'une précipitation).*

Si la plus grande hauteur d'eau jamais tombée est 0,25 m, et que toute cette eau s'écoule ; d'un champ de 180 m² parviendra au système récepteur un volume d'eau de :

$$180 \text{ m}^2 \times 0,25 = 45 \text{ m}^3.$$

II. — VOLUME DE LA PREMIÈRE CUVE

Attendu que le système récepteur doit permettre d'évaluer jusqu'à 45 m³ d'eau, le volume de la première cuve peut être maximum c'est-à-dire permettre une retenue d'eau de 1,70 m³.

III. — CHOIX DU PARTITEUR FAISANT COMMUNIQUER LA PREMIÈRE ET LA SECONDE CUVE

Puisque 1,70 m³ d'eau seront retenus dans la première cuve, il est évident que d'autres cuves seront nécessaires. Il est recommandé que ces dernières, également, ne recueillent pas un volume plus grand d'eau (Cf. chapitre II C-II).

De ce fait découle l'emploi de partiteurs pour faire communiquer les cuves, car ils permettent la retenue d'une fraction exactement connue de l'eau qui les traverse.

a) Puisque 1,70 m³ d'eau sont retenus dans la première cuve,

$$45 \text{ m}^3 - 1,70 \text{ m}^3 = 43,30 \text{ m}^3$$

restent à devoir être évalués.

b) *Le partiteur faisant communiquer la première et la seconde cuve doit avoir un débit légèrement supérieur au débit de l'eau qui le traversera lorsque l'intensité maxima de ruissellement est atteinte.*

L'intensité maxima présumée du ruissellement étant ici 0,01 m³ sec., le partiteur faisant communiquer la première et la seconde cuve devra avoir un débit supérieur à 0,01 m³/sec.

En se reportant au tableau précédent, il apparaît que seuls conviennent les partiteurs de :

5 et 7 fentes de 2,5 cm de largeur et 15 cm de hauteur ;

7,9, 11 et 13 fentes de 2,5 cm de largeur et 20 cm de hauteur ;

9,11 et 13 fentes de 2,5 cm de largeur et 30 cm de hauteur.

c) *Il est recommandé d'employer un partiteur dont le débit ne soit pas trop supérieur au débit d'eau issu du champ, lorsque l'intensité maxima de ruissellement est atteinte.*

En effet, en cas contraire, il y aurait, lors de ruissellements moins intenses, risque de troubles au cours de l'écoulement de l'eau à travers le partiteur : par exemple écoulement de volumes d'eau inégaux par chaque fente, lorsque la lame d'eau est très peu haute dans le canal et le nombre de fentes relativement grand.

Il est essayé généralement d'employer, pour un débit donné, le partiteur ayant dans le tableau précédent, la valeur de débit immédiatement supérieure. Ceci n'est cependant pas une règle immuable. Il faut parfois la transgresser pour une raison de construction pratique.

Dans le cas présent, le choix doit se porter sur un partiteur de cinq fentes de 2,5 cm de largeur et 15 cm de hauteur.

d) Puisqu'un partiteur de cinq fentes est choisi, 1/5 de l'eau qui le traversera sera recueilli dans la seconde cuve, soit :

$$\frac{43,30 \text{ m}^3}{5} = 8,66 \text{ m}^3.$$

IV. — VOLUME DE LA SECONDE CUVE

La seconde cuve peut avoir, comme la première, un volume permettant une retenue d'eau de 1,70 m³.

Lorsqu'elle aura recueilli ce volume d'eau, resteront à être évalués :

$$8,66 \text{ m}^3 - 1,70 \text{ m}^3 = 6,96 \text{ m}^3.$$

Une troisième cuve est nécessaire, communiquant avec la seconde par un partiteur.

V. — CHOIX DU PARTITEUR FAISANT COMMUNIQUER LA SECONDE ET LA TROISIÈME CUVE

Lorsque l'eau de ruissellement, issue du champ expérimental, passe de la première dans la seconde cuve, elle traverse un partiteur de cinq fentes de 2,5 cm de largeur et 15 cm de hauteur.

Mais seule l'eau passant par une fente, la fente centrale, est recueillie dans la seconde cuve. Le débit maximum de l'eau de ruissellement sera donc, à partir de ce moment, celui permis par cette fente. Il est connu (voir chapitre II, C, II).

Le débit du partiteur faisant communiquer la seconde et la troisième cuve devra lui être supérieur.

En résumé : *Le partiteur faisant communiquer la seconde et la troisième cuve doit avoir un débit supérieur au débit maximum permis par une fente du partiteur faisant communiquer la première et la seconde cuve.*

Dans le cas actuel sera choisi un partiteur à cinq fentes de 1,25 cm de largeur et 10 cm de hauteur, puisqu'il permet un débit de 0,0048375 m³/sec., supérieur à celui permis par une fente de 2,5 cm de largeur et 15 cm de hauteur, c'est-à-dire 0,003002175 m³/sec.

V. — VOLUME DE LA TROISIÈME CUVE

Le cinquième des 6,96 m³ restant à estimer en cas de ruissellement d'un volume maximum d'eau passera dans la troisième cuve puisqu'un partiteur de cinq fentes est employé, soit :

$$\frac{6,96 \text{ m}^3}{5} = 1,40 \text{ m}^3 \text{ par excès.}$$

Le volume de la troisième cuve doit permettre de recueillir ce volume d'eau.

En conclusion, le système récepteur dont la composition est recherchée s'établit comme suit (cuves cylindriques) :

Première cuve :

hauteur.....	1,25 m
diamètre.....	1,60 m
volume	2,51 m ³ , permettant une retenue d'eau de 1,70 m ³

Cette retenue se traduira par le remplissage de la cuve sur une hauteur de 0,845 m. Il restera 0,40 m de hauteur pour l'installation du partiteur.

Premier partiteur : cinq fentes de 2,5 cm de largeur et 1,5 cm de hauteur.

Deuxième cuve :

hauteur.....	1,25 m
diamètre.....	1,60 m
volume	2,51 m ³ , permettant une retenue d'eau de 1,70 m ³ .

Deuxième partiteur : cinq fentes de 1,25 cm de largeur et 10 cm de hauteur.

Troisième cuve :

hauteur.....	1,10 m
diamètre.....	1,50 m
volume	1,94 m ³ , permettant une retenue d'eau de 1,40 m ³ .

B. Établissement d'un système récepteur dont le nombre de cuves n'est pas limité (deuxième exemple).

Soit un projet d'installation de parcelles expérimentales basé sur les données suivantes :

Les champs expérimentaux auront 20 mètres de long et 6 mètres de large, soit une surface de 120 m².

Le ruissellement le plus intense jamais observé est d'une valeur de : hauteur d'eau écoulée en 1 heure = 0,20 m.

La plus grande hauteur d'eau jamais ruisselée est 0,25 m.

1) Calcul des données de base.

a) Intensité maxima présumée du ruissellement.

$$\frac{120 \text{ m}^2}{3.600} \times 0,20 \text{ m} = 0,0066 \text{ m}^3/\text{sec.}$$

b) Volume maximum présumé d'eau ruisselé à la suite d'une précipitation :

$$120 \text{ m}^2 \times 0,25 \text{ m} = 30 \text{ m}^3.$$

2) Volume de la première cuve.

La première cuve peut permettre de retenir 1,70 m³ d'eau. (Dimensions d'une cuve cylindrique : hauteur 1,25 m, diamètre 1,60 m.)

Après retenue d'1,70 m³ d'eau ; 30 m³ — 1,70 m³ = 28,30 m³ restent à être estimés.

3) Choix du partiteur faisant communiquer la première et la seconde cuve.

L'intensité maxima du ruissellement étant 0,0066 m³/sec., un partiteur de neuf fentes de 1,25 cm sur 10 cm sera choisi parce qu'il a une capacité de débit de 0,00735075 m³/sec.

A la seconde cuve parviendront donc :

$$\frac{28,30 \text{ m}^3}{9} = 3,145 \text{ m}^3.$$

4) Volume de la seconde cuve.

Un problème se pose alors : faut-il construire une seconde cuve permettant une retenue d'eau de 1,70 m³ et envisager l'existence d'une troisième cuve ? Cela évidemment augmenterait le coût du système récepteur. D'autre part les calculs pour l'évaluation du ruissellement et de l'érosion sont d'autant plus simples qu'un système récepteur comporte moins de cuves.

Il est remarquable qu'une augmentation minime des dimensions d'une cuve telle que la première accroît sensiblement son volume total. Une hauteur portée de 1,25 m à 1,30 m et un diamètre de 1,60 m à 1,80 m suffisent pour provoquer un accroissement du volume de 2,51 m³ à 3,30 m³.

Une seconde cuve de 1,30 m de hauteur et 1,80 m de diamètre suffirait donc pour contenir toute l'eau de ruissellement parvenant de la première cuve.

Il est préférable de la choisir.

C. Établissement d'un système récepteur dont le nombre de cuves est limité.

Soit un projet d'installation de parcelles expérimentales, basé sur les données suivantes :

Les champs expérimentaux auront 25 mètres de long et 6 mètres de large, soit une surface de 150 m².

La plus grande précipitation jamais tombée a une hauteur de 0,30 m (aucun renseignement n'est connu sur le ruissellement).

La précipitation la plus intense jamais observée s'est traduite par une chute de 0,40 m d'eau en trente minutes.

Le système récepteur ne doit comporter que deux cuves réceptrices. Le processus à suivre est le suivant :

1) Calcul des données de base.

a) Intensité maxima présumée des précipitations (suppléant l'intensité maxima présumée du ruissellement).

Si une hauteur d'eau de 0,40 m est tombée en trente minutes, pendant le même temps s'est accumulé sur une surface de 150 m² un volume d'eau de :

$$150 \text{ m}^2 \times 0,40 \text{ m} = 60 \text{ m}^3.$$

En supposant que ce volume d'eau ruisselle totalement, 60 m³ parviendront au système récepteur en trente minutes, soit chaque seconde :

$$\frac{60 \text{ m}^3}{1800} = 0,0334 \text{ m}^3.$$

La valeur de : 0,0334 m³/sec. peut être prise pour représenter l'intensité maxima présumée du ruissellement.

b) *Volume maximum présumé d'eau tombée au cours d'une précipitation. (Suppléant le volume maximum présumé d'eau ruisselée à la suite d'une précipitation).*

Si la plus grande hauteur d'eau jamais tombée est 0,30 m, d'un champ de 150 m² peut parvenir au système récepteur, en supposant un ruissellement total, un volume d'eau de :

$$150 \text{ m}^2 \times 0,30 = 45 \text{ m}^3.$$

2) *Volume de la première cuve.*

Il peut être maximum, c'est-à-dire permettre une retenue d'eau de 1,70 m³. Après cette retenue, 45 m³ — 1,70 m³, c'est-à-dire 43,30 m³ restent à devoir être évalués.

3) *Choix des partiteurs.*

Puisque le système récepteur ne doit comporter que deux cuves réceptrices, une petite fraction seulement de l'eau de ruissellement devra parvenir à la seconde cuve. Ce résultat sera atteint par l'emploi de deux partiteurs couplés.

En effet, la nécessité de devoir faire face à une intensité maxima possible du ruissellement de 0,0334 m³/sec commande l'emploi d'un partiteur à neuf fentes de 2,5 cm de largeur et 20 cm de hauteur (capacité de débit : 0,04158 m³/sec.).

Or, après passage de l'eau de ruissellement à travers celui-ci : $\frac{43,30 \text{ m}^3}{9} = 4,812 \text{ m}^3$ resteront à être

évalués. Il est contre-indiqué d'utiliser une cuve pouvant contenir un tel volume d'eau. Sa taille serait trop grande.

Aussi fait-on parvenir l'eau, à la sortie du premier partiteur, directement dans un deuxième partiteur.

Etant donné que seule l'eau passant par une fente est recueillie, son débit maximum possible, après ce passage, sera celui permis par cette fente. Il est ici de 0,00462 m³/sec.

Le second partiteur, faisant directement suite au premier, doit avoir une capacité de débit supérieure au débit maximum d'eau permis par une fente du premier partiteur.

Dans le cas actuel, il sera choisi un second partiteur à sept fentes de 1,25 cm de largeur et 10 cm de hauteur (capacité de débit : 0,00571725 m³/sec. donc supérieure à 0,00462 m³/sec.).

Ainsi parviendra-t-il finalement à la seconde cuve, le septième des 4,812 m³ qui restaient à être évalués après passage dans le premier partiteur soit 0,6875 m³. Le volume de la seconde cuve doit permettre à celle-ci de stocker ce volume d'eau.

En conclusion, si un système récepteur du type de celui utilisé à Tifton (voir page 62) est adopté, il sera composé comme suit :

Une grande cuve de 1,20 m de hauteur, 1,20 m de largeur et 2,80 m de longueur sera divisée par une paroi en deux cuves dont l'une, première cuve réceptrice, aura 1,20 m de hauteur, 1,20 m de lar-

geur et 1,80 m de longueur ; et l'autre, seconde cuve réceptrice, 1,20 m de hauteur et une base de 1,20 m sur 1 m.

Le volume de ces deux cuves sera respectivement 2,592 m³ et 1,44 m³.

Elles communiqueront par deux partiteurs couplés, le premier à neuf fentes de 2,5 cm sur 20 cm, le second à sept fentes de 1,25 cm sur 10 cm.

Le volume d'eau parvenant à la seconde cuve représente $\frac{1}{7}$ de $\frac{1}{9}$ soit $\frac{1}{63}$ du volume d'eau ruisselé de la parcelle.

D. **Établissement d'un système récepteur à partiteur faisant immédiatement suite au canal d'adduction**

Soit un projet d'installation de parcelles expérimentales basé sur les données suivantes :

Les champs expérimentaux auront 200 m² de surface.

La plus grande hauteur d'eau jamais ruisselée à la seconde est 0,000025 m.

La plus grande hauteur d'eau jamais ruisselée à la suite d'une précipitation est 0,15 m.

L'intensité maxima présumée des précipitations est :

$$200 \text{ m}^2 \times 0,000025 = 0,0050 \text{ m}^3/\text{sec}.$$

Le volume maximum présumé d'eau à évaluer est :

$$200 \text{ m}^2 \times 0,15 = 30 \text{ m}^3.$$

Il a été remarqué par ailleurs que l'étude envisagée ne permettrait l'entraînement, par ruissellement, que d'une quantité négligeable d'éléments grossiers.

Aussi peut-on envisager l'installation d'un système récepteur dans les conditions suivantes :

Installation d'un partiteur à l'extrémité du canal d'adduction.

Pour faire face à un débit maximum de 0,0050 m³/sec, l'emploi d'un partiteur de sept fentes de 1,25 cm sur 10 cm est possible, mais dans ce cas

$$\frac{30 \text{ m}^3}{7} = 4,30 \text{ m}^3$$

d'eau parviendraient à une cuve réceptrice, ce qui est excessif.

Il est remarquable que l'emploi d'un partiteur de neuf fentes de 1,25 cm sur 10 cm ramènerait le cubage maximum d'eau à estimer à

$$\frac{30 \text{ m}^3}{9} = 3,33 \text{ m}^3$$

et qu'une cuve de 1,30 m de large, 1,30 m de haut et 2 m de long permettrait de contenir ce volume d'eau.

Le débit d'un partiteur de neuf fentes n'étant pas trop supérieur à celui auquel il faut faire face, l'emploi d'un tel partiteur est acceptable, puisqu'il permet l'utilisation d'une seule cuve seulement.

CHAPITRE III

NOTES SUR L'INSTALLATION ET LA CONSTRUCTION DES PARCELLES EXPÉRIMENTALES POUR L'ÉTUDE DU RUISSELLEMENT ET DE L'ÉROSION

Ce chapitre a pour objet la réunion d'une série de notes sur différents détails de l'installation et de la construction des parcelles expérimentales, complétant l'exposé de l'établissement de ce moyen d'étude expérimentale de l'érosion et du ruissellement.

A) Établissement du champ expérimental

Le champ expérimental a toujours une pente donnée. Il est nécessaire que la direction de celle-ci soit perpendiculaire à la direction des courbes de niveau afin qu'il n'existe aucune pente latérale dans le champ.

B) Établissement de la gouttière collectrice et du canal d'adduction

1) Il découle de ce qui vient d'être dit que la gouttière collectrice sera longitudinalement horizontale avec la légère modification de la pente de son fond vers l'orifice du canal d'adduction, afin de faciliter l'écoulement de l'eau et des sédiments.

2) Le canal d'adduction, s'il a une pente longitudinale de 2%, doit être transversalement de pente nulle.

3) L'ensemble gouttière collectrice — canal d'adduction peut ne pas être couvert. S'il l'est, cela élimine une correction à faire dans l'évaluation du ruissellement. S'il ne l'est pas, il reçoit, au cours des précipitations un volume d'eau qui est à déduire du volume d'eau ruisselé puisqu'il ne provient pas du champ expérimental (cf. chapitre IV B, I, 3).

Dans la plupart des cas, la gouttière collectrice et le canal d'adduction sont laissés découverts, attendu la facilité de la correction à faire.

4) Pour rendre plus aisée la correction citée ci-dessus, il est important que la surface de base de la gouttière collectrice et celle du canal d'adduction aient une forme géométrique simple. Le plus souvent elles ont une forme rectangulaire.

C) Établissement du système récepteur

I. NOTES SUR LE PARTITEUR.

a) Les dimensions des différentes parties d'un partiteur varient suivant le type de celui-ci.

Le tableau ci-dessous en fournit des ordres de grandeur, issus de l'expérience américaine.

Dimensions des fentes en cm	2	L	H	l	I	r	a	b	c	d
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
1,25 cm	3	60	14	10,25	2	1,25	24	8	3,25	12
10 cm	5	60	14	16,75	2	1,25	24	8	3,25	12
»	7	60	14	23,25	2	1,25	24	8	3,25	12
»	9	60	14	29,75	2	1,25	24	8	3,25	12
»	11	60	14	36,25	2	1,25	24	8	3,25	12
2,5 cm	3	60	19	17,5	3	2	23	7	5,5	17
15 cm	5	60	19	28,5	3	2	23	7	5,5	17
»	7	80	19	39,5	3	2	23	7	5,5	17
2,5 cm	7	80	24	39,5	3	2	27	8	5,5	22
20 cm	9	100	24	50,5	3	2	27	8	5,5	22
»	11	100	24	61,5	3	2	27	8	5,5	22
»	13	100	24	72,5	3	2	27	8	5,5	22
2,5 cm	9	100	34	50,5	3	2	35	10	5,5	32
30 cm	11	100	34	61,5	3	2	35	10	5,5	32
»	13	100	34	72,5	3	2	35	10	5,5	32

- 2 = nombre de fentes.
- L = Longueur du canal amont.
- H = Hauteur du canal amont.
- l = Largeur du canal amont.
- I = Distance entre chaque fente.
- r = Distance entre la paroi du canal amont et la première fente en cm.
- a = Longueur horizontale du conduit collecteur aval.
- b = Dénivellée du fond du conduit collecteur aval.
- c = Largeur du conduit collecteur en aval.
- d = Hauteur du conduit collecteur aval (voir figure 8).

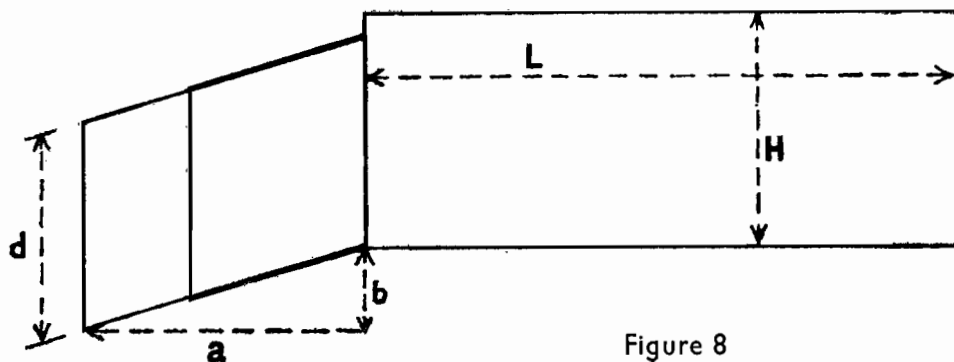


Figure 8

b) Lors de l'installation d'un partiteur pour faire communiquer deux cuves, le canal amont doit être placé le plus horizontalement possible. C'est une condition du fonctionnement normal d'un partiteur. En effet la formule de calcul du débit des partiteurs n'est valable que pour une vitesse d'approche d'eau nulle. Celle-ci ne peut l'être que si le canal amont, avant les fentes, est de pente nulle.

c) Il a été dit, lors de la description des partiteurs (chapitre II, B, I, d) que :

seule l'eau passant à travers une fente (la fente centrale) est recueillie ;

le conduit collecteur aval permet de la conduire vers une cuve ;

l'eau passant à travers les autres fentes se perd hors du partiteur.

Il est nécessaire d'empêcher la fraction d'eau éliminée de tomber verticalement au sol, en chute libre, immédiatement après passage à travers les fentes.

En effet si l'eau retenue et l'eau éliminée s'écoulaient dans des conditions différentes (l'eau retenue, dans un canal à pente donnée ; l'eau éliminée, en chute libre) il n'y aurait pas certitude que la fente centrale débite autant d'eau que les autres fentes. Seules des conditions identiques d'écoulement avant et après les fentes peuvent garantir l'identité du débit à travers chacune d'elles.

Pour unifier les conditions d'écoulement de l'eau après le passage à travers les fentes, le conduit collecteur aval est placé au milieu d'un canal plus grand, englobant toutes les fentes et dont le fond a une pente identique à celle du fond du canal collecteur (figure 4). Dans ces conditions l'eau parcourt, en aval des fentes, un chemin identique, qu'elle soit recueillie dans une cuve ou qu'elle se perde.

d) Le partiteur est, bien entendu, un canal couvert. L'eau des précipitations ne doit pas y pénétrer en tombant sinon le calcul du volume d'eau ruis-

selé serait faux et il serait impossible de faire une correction.

II INSTALLATION DE L'ENSEMBLE DU SYSTÈME RÉCEPTEUR.

Lorsque l'emplacement d'un champ expérimental est déterminé, la première opération à accomplir est le creusement d'une excavation en aval et en contre-bas de celui-ci.

Une certaine attention doit être portée à la profondeur de cette excavation, sur le fond de laquelle reposeront les cuves réceptrices.

a) Cas d'un système récepteur à cuves successives communiquant par des partiteurs (système décrit Chapitre II, B, I Watkinsville).

α) La gouttière réceptrice étant au niveau de l'aval du champ expérimental et le canal d'adduction ayant une certaine pente (environ 2%), l'extrémité de ce deuxième élément devra se poser sur le sommet de la paroi de la première cuve. Or, celle-ci a une hauteur déterminée. La profondeur de l'excavation devra satisfaire cette installation.

β) Le partiteur joignant la première et la seconde cuve est terminé par un conduit collecteur aval ayant une certaine pente et venant aboutir sur le haut de la paroi de la seconde cuve. La distance entre le fond de l'excavation et l'extrémité du conduit collecteur devra alors à cet endroit être égale à la hauteur de la seconde cuve.

γ) Un pareil fait se reproduit pour le second partiteur et la troisième cuve, s'ils existent.

La figure 9 illustre le problème posé par l'excavation. De multiples solutions peuvent évidemment être envisagées : le fond de l'excavation peut être établi au niveau le plus bas et des socles peuvent élever au niveau voulu les cuves ; ou bien le fond de l'excavation peut être irrégulier et comprendre plusieurs niveaux par simple creusement, etc...

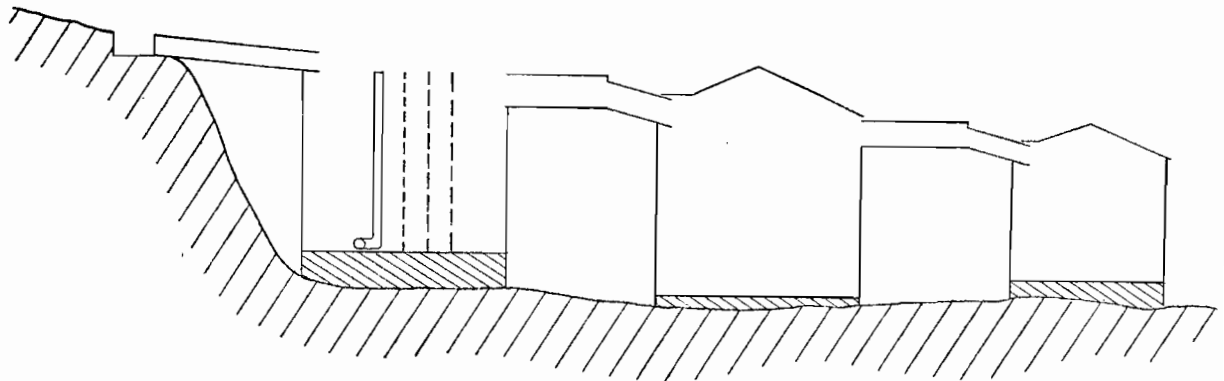


Figure 9

b) Cas d'un système récepteur à deux cuves côte à côte communiquant par deux partiteurs couplés.

Dans ce cas, le seul fait dont il faut tenir compte pour creuser l'excavation est celui cité ci-dessus : a α.

III) NOTES SUR LES CUVES RÉCEPTRICES.

1) Le placement des cuves réceptrices dans une excavation de profondeur bien calculée est un fait

important. C'est lui qui, en effet, permet d'obtenir l'horizontalité du canal amont des partiteurs, horizontalité nécessaire.

2) Si la parcelle expérimentale doit être installée pour un grand nombre d'années (une parcelle est installée aux États-Unis, souvent pour plus de dix ans), il est bon de placer les cuves réceptrices sur un socle solide (ciment, etc...).

3) Comme la gouttière collectrice et le canal

d'adduction, la première cuve réceptrice peut ne pas être couverte.

Si elle est découverte, une correction est à faire lors de l'évaluation d'un ruissellement. En effet, dans ce cas, il est tombé directement dans la première cuve, pendant la durée des précipitations au cours d'une période d'étude, un certain volume d'eau. Celui-ci ne provenant pas du ruissellement survenu sur le champ expérimental est à déduire du volume d'eau ruisselé. Il est facile de le calculer. Il est égal à : hauteur d'eau tombée pendant la période d'étude \times surface de base de la première cuve.

La présence d'un pluviomètre est nécessaire dans toute station dont le but est l'étude de l'érosion du sol et du ruissellement.

Il est avantageux d'autre part de donner aux cuves des formes simples. Si la première cuve est couverte, cette correction est éliminée. Par contre, il est indispensable de couvrir toutes les autres cuves.

En effet dans une parcelle expérimentale, à trois cuves par exemple, un volume d'eau ruisselé se calcule par la somme :

$$\text{volume d'eau ruisselé dans la première cuve} + \text{volume d'eau ruisselé dans la seconde cuve} \times n_1 + \text{volume d'eau ruisselé dans la troisième cuve} \times n_1 \times n_2$$

puisque, si n_1 est le nombre de fentes du premier partiteur, la seconde cuve stocke $\frac{1}{n_1}$ de l'eau venant du champ expérimental et si n_2 est le nombre de fentes du second partiteur, la troisième cuve stocke $\frac{1}{n_2}$ de l'eau venant de la seconde cuve, c'est-à-dire $\frac{1}{n_2} \times \frac{1}{n_1}$ de l'eau provenant du champ expérimental.

Une chute de pluie dans les cuves autres que la première amènerait, non seulement une correction complexe mais encore un risque d'erreur dans

l'estimation du volume d'eau contenu par ces cuves.

Cette erreur, si elle se produit pour la seconde cuve se trouverait multipliée par n_1 ; et pour la troisième cuve, multipliée par $n_1 \times n_2$. Un tel risque n'existe pas pour la première cuve puisque aucun partiteur ne la sépare du champ expérimental. Aussi peut-on la laisser découverte.

Dans le cas d'un système récepteur à partiteur situé au bout du canal d'adduction, il est indiqué de couvrir la (ou les) cuve réceptrice employée.

4) Afin de faciliter les opérations d'évaluation du ruissellement et d'éviter des calculs renouvelés, il est utile de placer une échelle de lecture de hauteur d'eau dans chacune des cuves et d'établir, une fois pour toutes, pour chaque cuve, une table de conversion « hauteur d'eau — volume d'eau ».

Si cette installation est aisée dans les cuves autres que la première, il doit être tenu compte, pour celle-ci, de la présence des tamis, du système de vidage, etc... qui occupent un certain volume.

5) Dans le cas d'un système récepteur à deux cuves côte à côte, communiquant par un ensemble de partiteurs, une attention particulière doit être portée à la hauteur donnée aux cuves.

Dans l'espace, le canal coudé amenant l'eau à la seconde cuve, après passage à travers les partiteurs, est obligatoirement moins élevé que celui amenant l'eau aux partiteurs, puisque le conduit collecteur aval de chaque partiteur a une certaine pente afin que l'eau circule.

La hauteur des deux cuves devra être choisie de telle manière que, lorsque les partiteurs seront installés :

le fond du canal amenant l'eau aux partiteurs soit de niveau avec le plan supérieur de l'eau dans la première cuve, lorsque la capacité maxima de retenue de celle-ci sera atteinte ;

le canal amenant l'eau à la seconde cuve soit à une hauteur suffisante pour que cette cuve ait la capacité de retenir le volume d'eau voulu (figure 10).

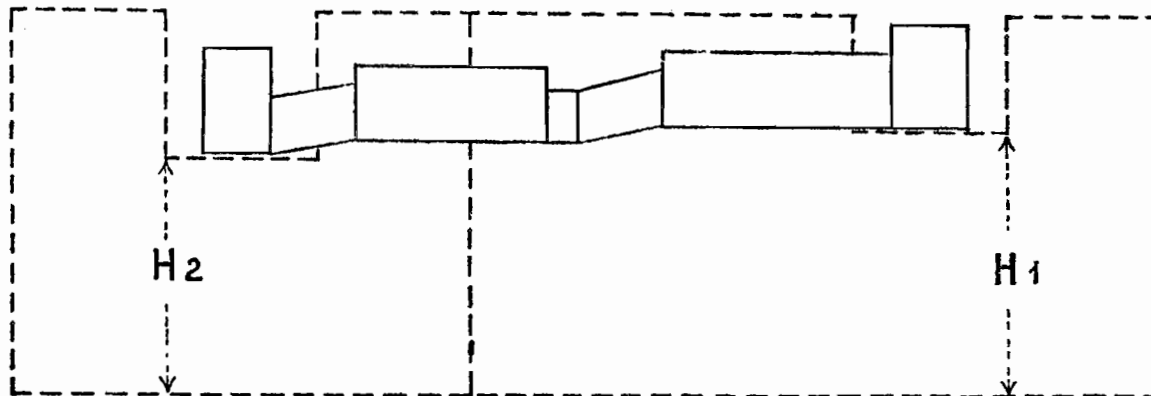


Figure 10

- Profil des deux cuves
- H1 Hauteur d'eau dans la première cuve
- H2 Hauteur d'eau dans la seconde cuve

ÉVALUATION DU RUISSELLEMENT ET DE L'ÉROSION

A) Processus de fonctionnement d'une parcelle expérimentale

Étant donnée la composition d'une parcelle expérimentale, son processus de fonctionnement est le suivant :

1) Au cours de chaque précipitation, l'eau de pluie tombe sur le champ expérimental, ruisselle et érode.

2) L'eau de ruissellement, chargée de particules solides, est recueillie par la gouttière collectrice.

3) Elle est amenée par le canal d'adduction à une première cuve réceptrice qui en retient un certain volume. Cette eau retenue contient non seulement des éléments solides en suspension, mais aussi des éléments solides grossiers puisque ceux-ci sont retenus par les tamis.

La rétention des éléments solides grossiers dans la première cuve est obligatoire. S'ils passaient à travers le premier partiteur, ils se déposeraient au fond de la seconde cuve. Il serait alors nécessaire d'installer dans celle-ci un système de vidage identique à celui de la première cuve. Cela compliquerait sensiblement les calculs d'évaluation du ruissellement et de l'érosion.

D'autre part, l'estimation du volume ou du poids des éléments grossiers est délicate. Si une minime erreur faite lors de cette estimation dans la première cuve n'a que peu d'importance, une même erreur se trouverait multipliée par n (n étant le nombre de fentes d'un partiteur) lors d'une estimation faite dans une deuxième cuve, ce qui serait plus grave.

Enfin, les tamis jouent un rôle important en retenant, s'il y a lieu, les débris de végétaux qui risquent parfois d'obstruer partiellement une ou plusieurs fentes du premier partiteur, faussant ainsi son fonctionnement.

4) Lorsque la première cuve est pleine, l'eau de ruissellement s'écoule vers les autres par la voie de partiteurs permettant de n'en recueillir qu'un volume bien déterminé. Ainsi un système récepteur relativement petit permet l'évaluation très exacte d'un volume d'eau élevé.

5) Finalement, après ruissellement et érosion, les cuves d'un système récepteur contiennent de l'eau ruisselée et de la terre érodée. La première cuve contient de l'eau, les éléments solides grossiers déposés sur son fond et des éléments solides en suspension. Les autres cuves contiennent de l'eau et exclusivement des éléments solides en suspension.

B) Calcul du volume d'eau ruisselé

Le calcul du volume d'eau ruisselé après une précipitation ou un certain laps de temps se fait par l'examen du volume d'eau recueilli dans chacune des cuves du système récepteur.

Son processus est le suivant :

I) PREMIÈRE CUVE.

1) Retirer les tamis,

2) Lire la hauteur d'eau dans la cuve et en déduire un volume.

3) Le volume ainsi calculé ne représente pas un volume exact d'eau ruisselé. *Deux corrections* sont à faire si l'ensemble « gouttière collectrice — canal d'adduction — première cuve » n'est pas couvert. *Une seule correction* reste à faire si cet ensemble est couvert :

a) Dans le premier cas, l'ensemble « gouttière collectrice — canal d'adduction — première cuve » reçoit un volume d'eau égal à : surface de base de l'ensemble \times hauteur d'eau tombée pendant la période d'étude.

Il est recueilli par la première cuve et doit être déduit du volume d'eau estimé puisqu'il ne provient pas du ruissellement.

b) Dans tous les cas, une correction doit être faite, due à l'accumulation des dépôts de fond. Ceux-ci occupent dans la première cuve un certain volume, qui provoque un exhaussement du niveau d'eau.

Au cours du calcul de la perte en terre, le volume occupé par ces dépôts est calculé : n'étant pas un volume d'eau, il est à déduire. Il faut tenir compte du dépôt à l'état sec car l'eau qui le sature provient du ruissellement.

II) SECONDE CUVE.

Si le partiteur faisant communiquer la première et la seconde cuve a n_1 fentes, le volume d'eau contenu dans la seconde cuve est $\frac{1}{n_1}$ du volume d'eau réellement écoulé jusqu'à elle.

Le produit : volume d'eau dans la cuve $\times n_1$ fournit le volume d'eau de ruissellement réellement écoulé du champ expérimental jusqu'à la seconde cuve.

III) TROISIÈME CUVE.

Si une troisième cuve existe, reliée à la seconde par un partiteur de n_2 fentes, le volume d'eau qu'elle contient est $\frac{1}{n_2}$ du volume d'eau issu de la seconde cuve.

Il est donc $\frac{1}{n_1} \times \frac{1}{n_2}$ du volume d'eau de ruissellement issu du champ expérimental.

Le volume d'eau de ruissellement réellement écoulé jusqu'à la troisième cuve est :

Volume d'eau dans la troisième cuve $\times n_1 \times n_2$.

La somme des volumes d'eau écoulés jusqu'aux différentes cuves fournit le volume total d'eau de ruissellement écoulé pendant la période d'étude.

IV) EXEMPLES.

a) Système récepteur de trois cuves, communiquant par deux partiteurs, le premier à cinq fentes, le second à sept fentes.

Soient les conditions suivantes, à la suite d'une période d'étude :

la première cuve contient un volume total de 1,70 m³ d'eau et de dépôts de fond,
la seconde cuve contient 1,70 m³ d'eau,
la troisième cuve contient 0,32 m³ d'eau,
la hauteur d'eau tombée pendant la période d'étude est 0,15 m,

la gouttière collectrice, le canal d'adduction et la première cuve ne sont pas couverts et ont une surface de base totale de 4,01 m².

le volume occupé par les dépôts de fond recueillis dans la première cuve, et à l'état sec, est 0,201 m³.

Le volume d'eau ruisselé pendant cette période est :

volume stocké par la première cuve .	1,70 m ³
+ eau ruisselée jusqu'à la deuxième cuve : 1,70 m ³ × 5	8,50 m ³
+ eau ruisselée jusqu'à la troisième cuve : 0,32 m ³ × 5 × 7.....	11,20 m ³
	<u>21,40 m³</u>

— Correction due à l'eau tombée sur les éléments non couverts du système récepteur :

4,01 m² × 0,15 m..... — 0,6015 m³

— Correction due au volume occupé dans la première cuve par les dépôts de fond : — 0,2010 m³

Volume d'eau ruisselé..... 20,5975 m³

b) Système récepteur entièrement couvert, à deux cuves côte à côte communiquant par deux partiteurs couplés, ayant respectivement sept et neuf fentes.

Soient les conditions suivantes :

la première cuve contient un volume total de 1,70 m³ d'eau et de dépôts de fond ;

la seconde cuve contient un volume d'eau de 0,40 m³.

le volume des dépôts de fond recueillis dans la première cuve est, lorsqu'ils sont secs, 0,216 m³.

Le volume d'eau ruisselé pendant la période d'étude est :

volume stocké par la première cuve..	1,70 m ³
+ eau ruisselée jusqu'à la seconde cuve : 0,4 m ³ × 7 × 9.....	+ 25,20 m ³
— correction due au volume occupé dans la première cuve par les dépôts de fond.....	— 0,216 m ³
Volume d'eau ruisselé.....	<u>26,684 m³</u>

Ici, une seule correction intervient puisque le système collecteur est entièrement couvert.

D'autres part la seconde cuve reçoit le 1/9 du 1/7, soit le 1/63 de l'eau issue du champ expérimental.

c) Système récepteur à une seule cuve recevant seulement une fraction de l'eau ruisselée du champ expérimental, grâce à un partiteur situé à l'extrémité du canal d'adduction.

Si le partiteur a cinq fentes, et si la cuve a recueilli 1,50 m³ d'eau, corrections faites, le volume d'eau écoulé du champ est :

1,50 m³ × 5 = 7,50 m³.

C) Calcul de la perte en terre

Le calcul de la perte en terre, c'est-à-dire l'évaluation du poids de terre entraînée par érosion au cours d'une période d'étude, se fait également par l'examen des différentes cuves d'un système récepteur.

L'ensemble des cuves permet l'évaluation du poids des particules terreuses entraînées en suspension au cours du phénomène d'érosion.

La première cuve permet, en outre, le calcul du poids des éléments terreux relativement volumineux érodés, car ils y sont retenus par les tamis et s'y sont déposés.

La somme des poids des éléments solides en suspension et des dépôts de fond fournit le poids total de terre entraînée par érosion au cours d'une période d'étude.

1) Calcul du poids des éléments solides en suspension dans l'eau ruisselée.

Le processus à suivre est le suivant :

a) Retrait des tamis de la première cuve.

b) Prélèvement, au milieu de chaque cuve du système récepteur, d'un échantillon d'eau d'un litre. Pour avoir la certitude d'une plus grande exactitude, plusieurs prélèvements peuvent être faits à différentes profondeurs, puis combinés.

L'eau contenue dans les cuves, autres que la première, doit être agitée avant la prise des échantillons, afin de remettre en suspension des particules ayant pu se déposer. En effet tous les éléments parvenus dans les cuves autres que la première ont été entraînés uniquement en suspension : ils doivent être évalués comme tels.

c) Analyse de chaque échantillon.

Faire flocculer la suspension dans le récipient utilisé à prélever l'échantillon, par adjonction de 5 à 6 cc d'HCl.

Laisser déposer, puis décanter.

Placer le résidu dans un bécher.

Laisser à nouveau déposer puis décanter.

Faire évaporer à 105° pendant douze heures.

Peser les éléments terreux ainsi obtenus à l'état sec.

d) Ainsi est connu le poids de la terre contenue en suspension dans chaque échantillon d'eau prélevé, échantillon de volume déterminé.

L'échantillon d'eau prélevé dans une cuve est représentatif de l'eau de ruissellement issue du champ expérimental et écoulee jusqu'à cette cuve.

Le volume d'eau écoulé jusqu'à chaque cuve est calculé au cours de l'estimation du volume total d'eau ruisselée pendant la période d'étude.

Dès lors, il est facile de calculer le poids de la terre entraînée en suspension jusqu'à chaque cuve.

Il est fourni par le calcul :

$$\frac{V}{v} \times p$$

V étant le volume d'eau ruisselée jusqu'à une cuve.
v étant le volume de l'échantillon prélevé dans cette cuve.

p étant le poids de terre contenue en suspension dans l'échantillon de volume v.

La somme des résultats obtenus, en effectuant ce calcul pour chaque cuve d'un système récepteur, fournit le poids total de la terre érodée et entraînée en suspension pendant la période d'étude.

II) *Calcul du poids des éléments terreux déposés au fond de la première cuve.*

Le processus à suivre est le suivant :

- a) Retrait des tamis.
- b) Vidage de la cuve au moyen du système spécial. Le vidage de la cuve doit être arrêté dès que l'orifice du tube parvient à un niveau où la concentration en éléments terreux est plus forte. Cela est généralement facilement visible.
- c) Prélèvement de la totalité des dépôts de fond dans des seaux de poids connu.
- d) pesée des seaux et détermination du poids des dépôts de fond humides (poids total — poids des seaux).
- e) Prélèvement, dans chaque seau, d'un échantillon de 300 cc. Mélange des échantillons prélevés. Prélèvement final, dans le mélange, de deux échantillons de 300cc.

Il est nécessaire, avant tout prélèvement, d'agiter le contenu des seaux, qui est une boue, afin d'unifier la teneur en terre et de supprimer une sédimentation toujours possible.

Il est bon, d'autre part, de ne pas se contenter d'un seul échantillon final, afin d'établir une moyenne, l'expérience ayant montré que, bien souvent, des variations se produisent dans les calculs relatifs aux dépôts de fond.

- f) Pesée de chacun des deux échantillons à l'état humide, c'est-à-dire sans modification d'état depuis le nettoyage de la cuve.
- g) Évaporation des deux échantillons à 105° pendant douze heures.
- h) Pesée des deux échantillons à l'état sec.
- i) Établissement pour chaque échantillon du pourcentage (en poids) en éléments terreux secs, et établissement du pourcentage moyen.
- j) Le poids total des dépôts de fond humides et le pourcentage (en poids) en éléments terreux secs étant connus, il est immédiatement possible de calculer le poids total des dépôts de fond, dans la première cuve, à l'état sec.

A la suite des opérations que nécessite ce calcul, il est possible d'évaluer le volume occupé par les dépôts de fond, à l'état sec, dans la première cuve.

Il suffit de mesurer le volume des deux échantillons finalement prélevés et utilisés pour le calcul exposé précédemment, lorsqu'ils sont à l'état sec.

Puisque leur poids, à cet état, est d'autre part connu, une simple opération fournit le volume occupé par la totalité des dépôts de fond à l'état sec. Elle est :

$$\frac{P}{p} \times v$$

P étant le poids de la totalité des dépôts de fond à l'état sec,

p, le poids des deux échantillons à l'état sec,
v, le volume des deux échantillons à l'état sec.

Cette donnée permet d'effectuer la correction nécessaire dans le calcul du volume d'eau ruisselé.

1) **Organisation de l'examen d'un système récepteur pour l'évaluation du ruissellement et de l'érosion**

Lors de l'exposé des calculs du volume d'eau ruisselé et de la perte en terre, les processus à suivre ont été décrits séparément.

Cependant toutes les opérations manuelles alors citées peuvent se succéder de manière logique. Elles sont à accomplir dans l'ordre suivant :

- 1) Retrait des tamis.
- 2) Lecture du volume d'eau dans les cuves.
- 3) Prélèvement dans les cuves des échantillons nécessaires au calcul du poids de particules terreuses en suspension.
- 4) Vidage des cuves.
- 5) Prélèvement de la totalité des dépôts de fond dans la première cuve.
- 6) Lecture au pluviomètre de la hauteur d'eau tombée pendant la période d'étude. L'emploi d'un pluviomètre enregistreur est recommandé.

Afin de faciliter les travaux, des feuilles spéciales ont été créées aux États-Unis, qui permettent de noter clairement et nettement, sur place, les observations. Les calculs peuvent y être également faits. Faciles à classer, elles permettent de former le dossier des observations d'où seront tirés les calculs de l'érosion et du ruissellement pendant de plus longues périodes : mois, trimestre etc...

Un exemple en est fourni à la page suivante.

Enfin, toujours en vue de réduire les opérations manuelles comme les risques d'erreur, il est préférable, lorsque plusieurs parcelles coexistent en un lieu, de posséder des séries de bouteilles, boîtes et seaux de volume et poids connus et numérotés d'une manière quelconque, chaque numéro correspondant à une cuve donnée, d'une parcelle donnée.

**CONSTITUTION D'UN SYSTÈME RÉCEPTEUR
EN VUE D'UNE ÉTUDE COMPLÈTE DU RUISSELLEMENT.
VOLUME ; INTENSITÉ ; VARIATION D'INTENSITÉ
PENDANT LE PHÉNOMÈNE**

L'estimation du volume d'eau ruisselé d'un champ expérimental, soit après chaque précipitation, soit après un certain laps de temps, fournit la donnée indispensable pour :

l'étude des relations entre le ruissellement et les facteurs qui l'influencent ;

l'étude comparative du ruissellement en différentes conditions de milieu, permettant de « tarer » l'action d'un facteur donné.

Mais il est nécessaire, si l'on désire effectuer ces études avec une précision plus grande encore, de porter attention à un second fait : la variation d'intensité du ruissellement pendant la durée de celui-ci, fait qui se traduit par une courbe : la courbe d'intensité du ruissellement.

Des enseignements très précieux peuvent être tirés de l'examen de cette dernière.

En effet, si dans une étude du ruissellement le volume d'eau ruisselé permet la connaissance du résultat final de l'action d'un facteur, la courbe d'intensité pendant cette même étude permet de se rendre compte de quelle manière ce facteur a agi.

**A) Constitution du système récepteur :
appareillage et aménagements supplémentaires**

La mesure de la variation de l'intensité du ruissellement et la courbe d'intensité du ruissellement, pendant un temps donné, sont obtenues par simple adjonction aux ordinaires systèmes récepteurs d'eau et de terre d'un appareil de mesure situé à l'extrémité aval du canal d'adduction qui fait communiquer la gouttière collectrice et la première cuve réceptrice (fig. 11).

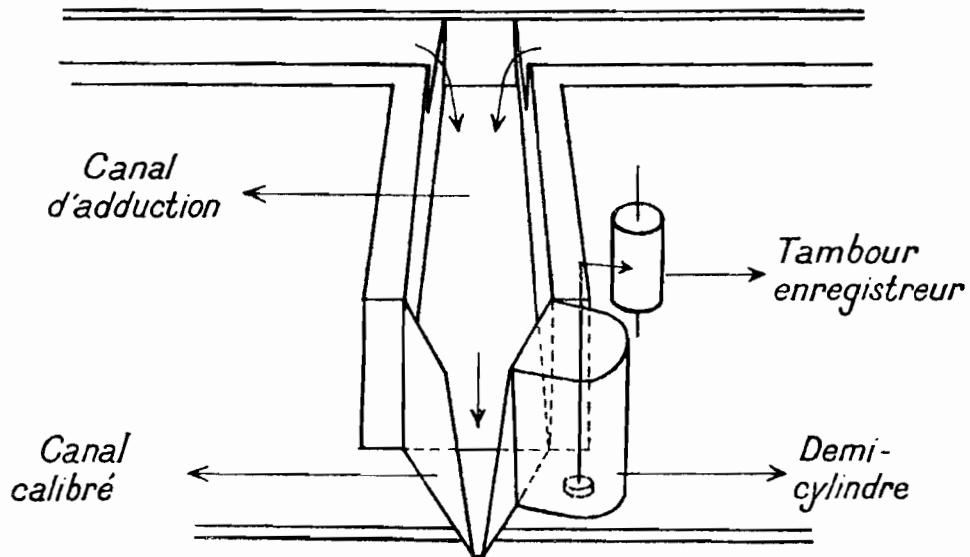


Figure 11

1) DESCRIPTION DE L'APPAREIL

Il est constitué de deux parties :

- 1) un canal calibré,
- 2) un enregistreur à flotteur.

1) Le canal calibré a un fond trapézoïdal, la petite base étant située vers l'aval. Les parois perpendiculaires au fond, sont verticales et conver-

gentes. Le canal est ainsi largement ouvert vers l'amont et se rétrécit dans le sens d'écoulement de l'eau.

Les parois enfin ont une forme de trapèze rectangle, le côté en pente étant situé vers l'aval. Il en résulte que l'orifice du canal n'a pas une forme de rectangle vertical mais celle d'un trapèze incliné.

2) Sur une paroi du canal sont percés, en une ligne verticale, des trous faisant communiquer celui-ci avec un demi-cylindre.

Au sommet de ce dernier, de hauteur plus grande que celle du canal, est situé un tambour enregistreur à révolution.

Les mouvements de la plume traçante sont solidaires de ceux d'un flotteur placé dans le demi-cylindre dont le fond est exactement de niveau avec celui du canal.

II) FONCTIONNEMENT DE L'APPAREIL

Le fonctionnement de l'appareil est basé sur les principes suivants :

1) A condition que le degré de pente du canal d'adduction, amenant l'eau de la gouttière collectrice au canal calibré, soit inférieure à 3 %, le débit de l'eau, en m³/sec, à la sortie du canal calibré est en relation simple et directe avec la hauteur d'eau dans ce canal.

2) Le canal calibré et le demi-cylindre adjaçant étant communicants, la hauteur d'eau dans ces deux éléments, au cours du ruissellement, sera la même à tout instant.

Toute variation du niveau d'eau dans le canal entraînera une variation de même sens et de même grandeur dans le demi-cylindre. Le flotteur variera donc d'altitude, transmettant son mouvement à la plume.

Finalement sur le tambour sera enregistré une courbe traduisant la variation, dans le temps, de la hauteur d'eau dans le canal calibré au cours d'un ruissellement.

Comme à chaque hauteur d'eau correspond un débit défini, une courbe exprimant la variation du débit dans le canal, donc une variation d'intensité du ruissellement, se trouve de ce fait établie.

3) L'emploi du canal calibré ci-dessus décrit offre deux avantages appréciables : la convergence des parois provoque de sensibles variations de hauteur d'eau ; aucune correction n'intervient dans le calcul du débit en fonction de la hauteur d'eau.

Employés aux Etats-Unis de tels canaux calibrés se sont révélés parfaits pour la mesure de débits aussi bien faibles que forts.

III) NOTES SUR L'INSTALLATION DU SYSTÈME RÉCEPTEUR

Lorsqu'un système récepteur est muni de l'appareil permettant d'évaluer la variation d'intensité du ruissellement, il est obligatoire :

1) De le couvrir entièrement : aucun élément, depuis la gouttière collectrice jusqu'à la dernière cuve, ne doit recevoir en lui de l'eau de pluie. Il n'y a, en effet, aucune possibilité d'effectuer une correction quelconque, relative à l'eau traversant le canal calibré.

2) De donner au canal d'adduction une pente inférieure ou égale à 3 %.

3) De donner au canal d'adduction une largeur égale à celle de l'ouverture amont du canal calibré.

4) De prévoir à l'extrémité du canal d'adduction un moyen quelconque de fixer solidement le canal calibré (la jonction des deux canaux doit être parfaitement étanche). L'extrémité de ce dernier repose sur le bord de la première cuve, dans laquelle s'écoule l'eau de ruissellement.

L'adjonction de l'appareil de mesure d'intensité du ruissellement à un système récepteur quelconque ne change aucunement sa composition. Son éta-

blissement : choix du nombre et de la taille des cuves, choix des partiteurs se conforme aux règles exposées au Chapitre II.C.

B) Choix du canal calibré

Le choix du canal calibré à installer sur un système récepteur est fixé par une règle unique :

Un canal calibré, inclus dans un système récepteur, doit avoir une capacité maxima de débit supérieure à l'intensité maxima présumée du ruissellement (en m³/sec) issu du champ expérimental.

Le calcul de cette dernière valeur a été exposé au Chapitre II.C.

C) Dimensions des canaux calibrés couramment employés Débit des canaux calibrés

Le débit des canaux calibrés utilisés aux Etats-Unis pour étudier la variation d'intensité du ruissellement et obtenir une courbe d'intensité du phénomène, n'est pas justiciable d'une formule hydrologique.

Ces canaux ont été conçus et étudiés par le Service de la Conservation du Sol au « Laboratoire d'Hydraulique du Bureau national des Standards » et adoptés pour les avantages certains qu'ils offrent, et qui ont été signalés ci-dessus.

Il a été calculé que le débit de l'eau qui les traverse à un moment donné est fonction directe de la hauteur de la lame d'eau. Pour faciliter les études envisagées à l'aide de ces canaux, il était nécessaire de connaître à priori leur débit pour toute une série de hauteurs d'eau successives. Aussi ont-ils été simplement étalonnés expérimentalement en laboratoire.

C'est ainsi qu'ont été mis au point une série de canaux calibrés, de même conception mais de différentes tailles. Ils se groupent en trois types généraux : types HS — H et HL. Ceci répond à la particularité suivante : le rapport d'une dimension donnée du canal à la hauteur du canal est, pour tous les canaux d'un même type, toujours le même. En d'autres termes les dimensions d'un canal s'expriment et se calculent en fonction de la hauteur de celui-ci : elles se calculent de la même manière pour tous les canaux appartenant à un même type général.

Chaque canal a son propre débit maximum, fonction de sa taille. Le débit de chaque canal a été calculé pour des hauteurs d'eau successives, différentes de 0,01 pied soit 3,048 mm.

Les tables dressées par le Service de la Conservation du Sol vont être ci-dessous fournies. Les valeurs de débit et de hauteur d'eau sont respectivement exprimées en pieds-cubes par seconde et pieds. Nous n'avons pas fait la transformation en mesure métrique, car liberté est laissée à l'expérimentateur de fixer à quelles différentes hauteurs d'eau il désire connaître le débit du canal qu'il lui faut employer. Il peut calculer le débit pour des hauteurs d'eau successives, différant de 2 mm, 3 mm ou 4 mm (Un calcul tous les 3 mm permet une étude de bonne précision).

Les renseignements fournis ici permettent de construire un abaque sur papier millimétré. Si les hauteurs d'eau tous les 3,048 mm (= 0,01 pied) sont portées en ordonnée et les valeurs de débit en pieds-cubes par seconde en abscisse, une lecture

directe sur la courbe obtenue, pour des hauteurs en ordonnée (tous les 2 mm par exemple) permettra de déduire les valeurs de débit, en pieds cubes par seconde, correspondant à ces hauteurs (hauteurs d'eau successives différant de 2 mm pour l'exemple pris). On les exprimera alors en m^3/sec .

D) CANAUX CALIBRÉS DE TYPE HS.
(Planche 1. Table 1)

Il en existe quatre, différant par leur hauteur, d'où découlent leurs dimensions : 0,4 pied, 0,6 pied, 0,8 pied, 1 pied.

La Planche n° 1 permet le calcul de leurs dimensions.

La Table 1 fournit leur débit tous les 1/100 de pied.

II. — CANAUX CALIBRÉS DE TYPE H
(Planche 2. Table 2)

Il en existe huit, différant par leur hauteur, d'où découlent leurs dimensions :

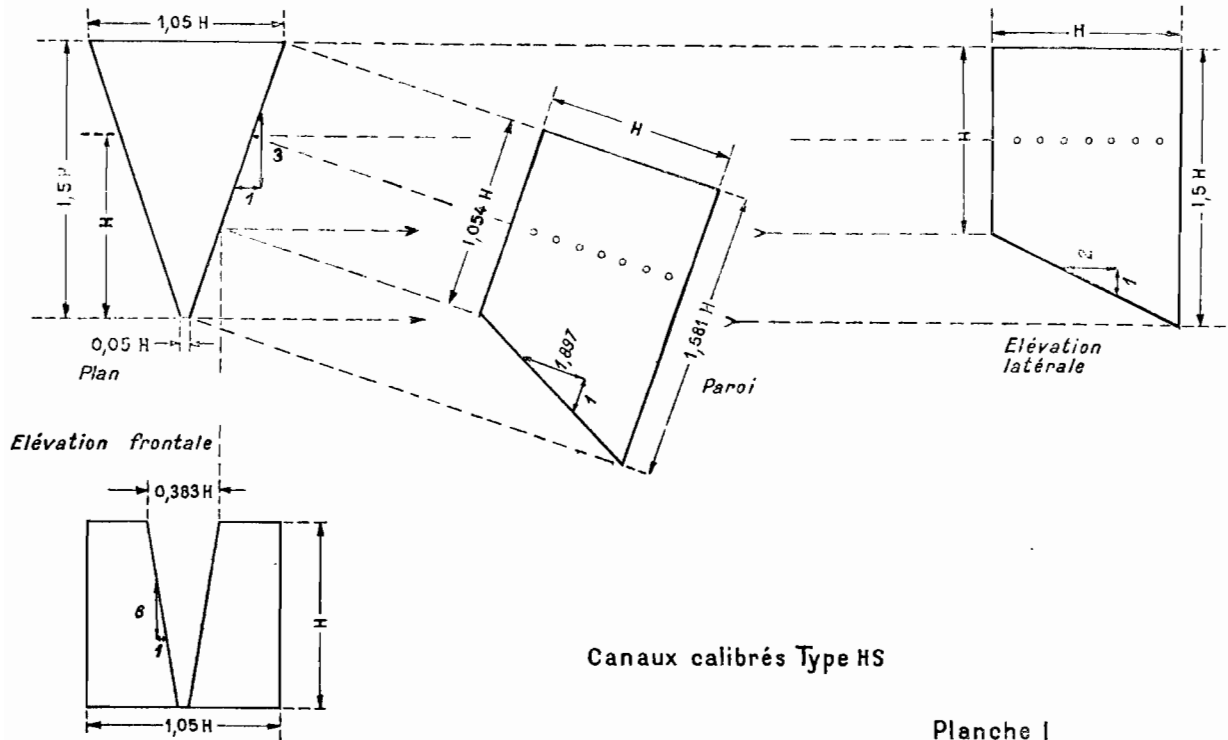
0,5 pied, 0,75 pied, 1 pied, 1,5 pied, 2 pieds, 2,5 pieds, 3 pieds, 4,5 pieds.

La Planche n° 2 permet le calcul de leurs dimensions.

La Table 2 fournit leur débit tous les 1/100 de pied.

III) CANAL CALIBRÉ DE TYPE HL.
(Planche 3. Table 3)

Un canal seulement de ce type existe : il a 4 pieds de haut. La Planche 3 et la Table 3 fournissent son calcul de dimension et son débit.



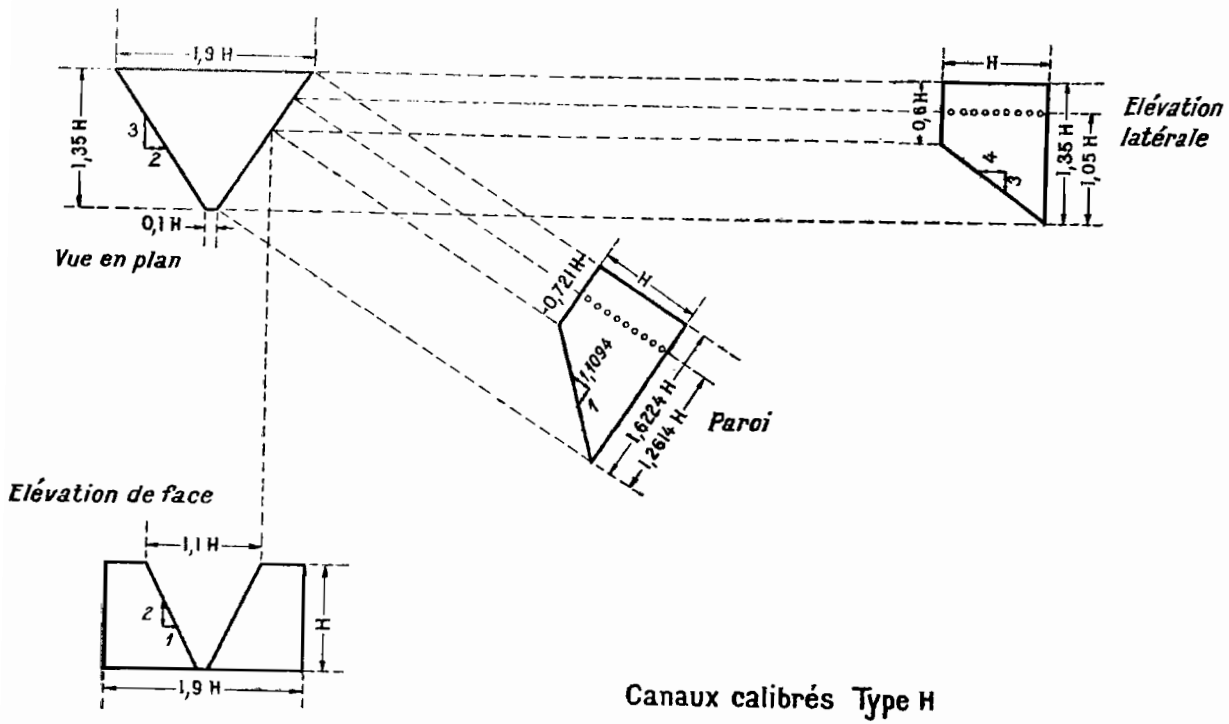


Planche 2

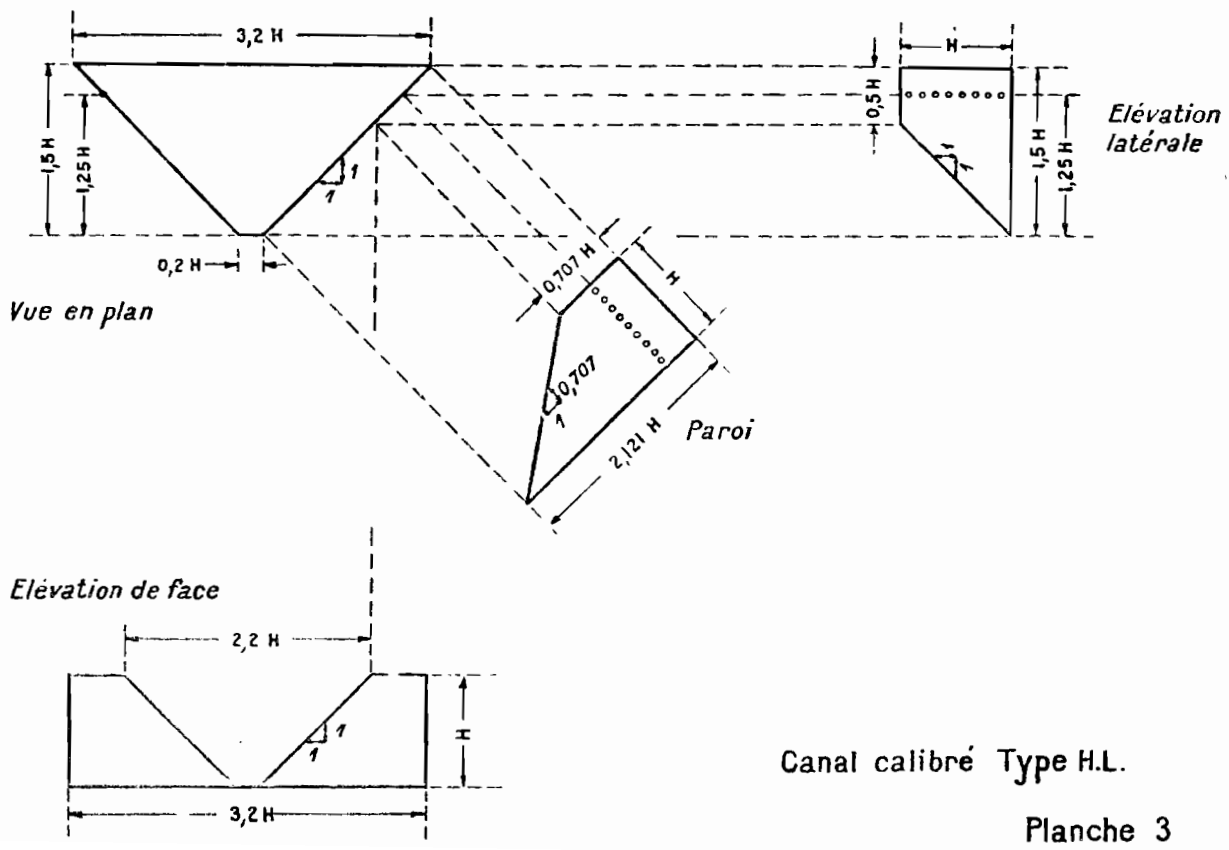


Planche 3

TABLE 1 : DÉBIT DES CANAUX CALIBRÉS DE TYPE HS.

Hauteur d'eau en pieds
Débit en pieds-cubes par seconde

Hauteur : 0,4 pied

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
Pieds										
0		,00000	,00016	,00037	,00064	,00098	,00141	,00194	,00258	,00332
,1	,00417	,00509	,00608	,00717	,00837	,00968	,0111	,0126	,0143	,0161
,2	,0179	,0200	,0221	,0244	,0268	,0293	,0320	,0348	,0378	,0409
,3	,0441	,0475	,0511	,0548	,0586	,0626	,0668	,0711	,0756	,0803

Hauteur : 0,6 pied

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0	0	,00000	,00023	,00053	,00091	,00138	,00193	,00259	,00335	,00421
,1	,00517	,00625	,00742	,00867	,0100	,0115	,0131	,0148	,0166	,0186
,2	,0207	,0229	,0252	,0277	,0303	,0330	,0359	,0389	,0421	,0454
,3	,0489	,0524	,0562	,0601	,0641	,0683	,0727	,0772	,0819	,0868
,4	,0918	,0970	,102	,108	,114	,120	,126	,132	,138	,145
,5	,152	,159	,166	,173	,181	,188	,196	,205	,213	,221

Hauteur : 0,8 pied

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0	0	,00000	,00030	,00068	,00116	,00174	,00242	,00322	,00412	,00513
,1	,00625	,00750	,00884	,0103	,0118	,0135	,0153	,0172	,0193	,0214
,2	,0237	,0262	,0287	,0314	,0343	,0373	,0404	,0437	,0471	,0506
,3	,0543	,0582	,0622	,0664	,0708	,0752	,0799	,0847	,0897	,0949
,4	,100	,106	,111	,117	,123	,129	,136	,142	,149	,156
,5	,163	,170	,178	,186	,193	,202	,210	,218	,227	,236
,6	,245	,254	,264	,273	,283	,293	,303	,314	,325	,336
,7	,347	,358	,370	,381	,393	,406	,418	,431	,444	,457

Hauteur : 1 pied

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0		,00000	,00037	,00083	,00141	,00209	,00290	,00384	,00489	,00606
,1	,00736	,00882	,0103	,0120	,0137	,0157	,0177	,0198	,0221	,0245
,2	,0270	,0297	,0325	,0355	,0386	,0418	,0452	,0488	,0525	,0563
,3	,0603	,0645	,0688	,0733	,0779	,0827	,0877	,0929	,0981	,104
,4	,109	,115	,121	,127	,134	,140	,147	,154	,161	,168
,5	,176	,183	,191	,199	,208	,216	,225	,233	,243	,252
,6	,261	,271	,281	,291	,301	,312	,322	,333	,344	,355
,7	,367	,379	,391	,403	,416	,428	,441	,454	,468	,481
,8	,495	,509	,524	,538	,553	,568	,583	,599	,614	,630
,9	,646	,663	,680	,697	,714	,731	,749	,767	,785	,803

TABLE 2 : DÉBIT DES CANAUX CALBRÉS DE TYPE H

Hauteur d'eau en pieds
Débit en pieds-cubes par seconde

Hauteur : 0,5 pied

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
Pieds										
0	0,	T.	,0004	,0009	,0016	,0024	,0035	,0047	,0063	,0080
,1	,0101	,0122	,0146	,0173	,0202	,0233	,0267	,0304	,0343	,0385
,2	,0431	,0479	,0530	,0585	,0643	,0704	,0767	,0834	,0905	,0979
,3	,1057	,1139	,1224	,1314	,1407	,1505	,1607	,1713	,1823	,1938
,4	,205	,217	,230	,244	,257	,271	,285	,300	,315	,331

Hauteur 0,75 pied

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0	0	T.	,0006	,0013	,0022	,0332	,0046	,0061	,0080	,0101
,1	,0126	,0151	,0179	,0210	,0242	,0278	,0317	,0358	,0403	,0451
,2	,0501	,0555	,0612	,0672	,0735	,0802	,0872	,0946	,1023	,1104
,3	,119	,128	,137	,146	,156	,167	,177	,188	,199	,211
,4	,224	,237	,250	,263	,277	,291	,306	,321	,337	,353
,5	,370	,388	,406	,424	,443	,462	,482	,502	,523	,544
,6	,566	,588	,611	,635	,659	,683	,708	,734	,760	,786
,7	,813	,841	,869	,898	,927	,957				

Hauteur : 1 pied

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0,	0	T.	,0007	,0017	,0027	,0040	,0056	,0075	,0097	,0122
,1	,0150	,0179	,0211	,0246	,0284	,0324	,0367	,0413	,0462	,0515
,2	,0571	,0630	,0692	,0758	,0827	,0900	,0976	,1055	,1138	,1226
,3	,132	,141	,151	,161	,172	,183	,194	,206	,218	,231
,4	,244	,257	,271	,285	,300	,315	,331	,347	,364	,381
,5	,398	,416	,434	,453	,472	,492	,512	,533	,554	,576
,6	,598	,621	,644	,668	,692	,717	,743	,769	,796	,823
,7	,851	,880	,909	,939	,969	1,000	1,031	1,063	1,096	1,129
,8	1,16	1,20	1,23	1,27	1,30	1,34	1,38	1,41	1,45	1,49
,9	1,53	1,57	1,61	1,66	1,70	1,74	1,78	1,83	1,87	1,92

Hauteur : 1,5 pied

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0	0,	T.	,0011	,0023	,0039	,0057	,0078	,0103	,0131	,0164
,1	,0200	,0237	,0276	,0319	,0365	,0414	,0467	,0523	,0582	,0645
,2	,0711	,0780	,0854	,0931	,1011	,1095	,1183	,1275	,1371	,1470
,3	,157	,168	,179	,191	,203	,215	,228	,241	,255	,269
,4	,283	,298	,314	,330	,346	,363	,380	,398	,416	,435
,5	,454	,473	,493	,514	,535	,557	,579	,601	,624	,648
,6	,672	,697	,722	,747	,773	,800	,827	,855	,883	,912
,7	,942	,972	1,002	1,033	1,065	1,097	1,130	1,163	1,197	1,231
,8	1,27	1,30	1,34	1,38	1,41	1,45	1,49	1,53	1,57	1,61
,9	1,65	1,69	1,73	1,78	1,82	1,86	1,91	1,95	2,00	2,05
1,0	2,09	2,14	2,19	2,24	2,30	2,35	2,40	2,45	2,50	2,56
1,1	2,61	2,67	2,73	2,78	2,84	2,90	2,96	3,02	3,08	3,14
1,2	3,20	3,27	3,33	3,39	3,46	3,52	3,59	3,66	3,73	3,80
1,3	3,87	3,94	4,01	4,08	4,15	4,22	4,30	4,37	4,45	4,52
1,4	4,60	4,68	4,76	4,84	4,92	5,00	5,08	5,16	5,24	5,33

TABLE 2 (suite)

Hauteur : 2 pieds

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
Pieds 0,	0,	T,	,0014	,0031	,0050	,0073	,0100	,0130	,0166	,0205
,1	,0248	,0293	,0341	,0392	,0447	,0505	,0567	,0632	,0701	,0774
,2	,0850	,0930	,1015	,1103	,1195	,1290	,1390	,1494	,1602	,1714
,3	,183	,195	,207	,220	,234	,248	,262	,276	,291	,307
,4	,323	,339	,356	,374	,392	,410	,429	,448	,468	,488
,5	,509	,530	,552	,574	,597	,620	,644	,668	,693	,719
,6	,745	,771	,798	,826	,854	,882	,911	,941	,971	1,002
,7	1,03	1,07	1,10	1,13	1,16	1,20	1,23	1,27	1,30	1,34
,8	1,38	1,42	1,46	1,49	1,53	1,57	1,62	1,66	1,70	1,74
,9	1,78	1,83	1,87	1,92	1,96	2,01	2,06	2,10	2,15	2,20
1,0	2,25	2,30	2,35	2,40	2,45	2,51	2,56	2,62	2,67	2,73
1,1	2,78	2,84	2,90	2,96	3,02	3,08	3,14	3,20	3,26	3,32
1,2	3,38	3,45	3,51	3,58	3,65	3,71	3,78	3,85	3,92	3,99
1,3	4,06	4,13	4,20	4,28	4,35	4,43	4,50	4,58	4,66	4,74
1,4	4,82	4,90	4,98	5,06	5,14	5,23	5,31	5,40	5,48	5,57
1,5	5,65	5,74	5,83	5,92	6,01	6,11	6,20	6,29	6,38	6,48
1,6	6,58	6,67	6,77	6,87	6,97	7,07	7,17	7,27	7,37	7,47
1,7	7,58	7,68	7,79	7,90	8,00	8,11	8,22	8,33	8,44	8,56
1,8	8,67	8,78	8,90	9,01	9,13	9,24	9,36	9,48	9,60	9,72
1,9	9,85	9,97	10,09	10,21	10,34	10,47	10,60	10,72	10,85	10,98

Hauteur : 2,5 pieds

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0,	0,	T,	,0018	,0038	,0061	,0089	,0121	,0158	,0200	,0247
,1	,0298	,0350	,0406	,0465	,0528	,0595	,0666	,0741	,0820	,0903
,2	,0990	,1081	,1176	,1275	,1379	,1486	,1597	,1713	,1834	,1960
,3	,209	,222	,236	,250	,265	,280	,296	,312	,328	,345
,4	,363	,381	,399	,418	,437	,457	,478	,499	,520	,542
,5	,564	,587	,611	,635	,659	,684	,710	,736	,763	,790
,6	,818	,846	,875	,904	,934	,965	,996	1,027	1,059	1,092
,7	1,13	1,16	1,19	1,23	1,27	1,30	1,34	1,38	1,41	1,45
,8	1,49	1,53	1,57	1,61	1,65	1,70	1,74	1,78	1,83	1,87
,9	1,92	1,96	2,01	2,06	2,11	2,16	2,21	2,26	2,31	2,36
1,0	2,41	2,46	2,51	2,57	2,62	2,68	2,74	2,79	2,85	2,91
1,1	2,97	3,03	3,09	3,15	3,21	3,27	3,33	3,40	3,46	3,53
1,2	3,59	3,66	3,73	3,80	3,86	3,93	4,00	4,07	4,15	4,22
1,3	4,29	4,37	4,44	4,52	4,59	4,67	4,75	4,82	4,90	4,98
1,4	5,06	5,15	5,23	5,31	5,39	5,48	5,56	5,65	5,74	5,82
1,5	5,91	6,00	6,09	6,18	6,27	6,37	6,46	6,55	6,65	6,75
1,6	6,84	6,94	7,04	7,14	7,24	7,34	7,45	7,55	7,66	7,76
1,7	7,86	7,97	8,08	8,19	8,30	8,41	8,53	8,64	8,75	8,87
1,8	8,98	9,10	9,22	9,34	9,45	9,57	9,70	9,82	9,94	10,06
1,9	10,2	10,3	10,4	10,6	10,7	10,8	11,0	11,1	11,2	11,4
2,0	11,5	11,6	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,5	12,6	12,7
2,1	12,9	13,0	13,2	13,3	13,5	13,6	13,8	13,9	14,1	14,2
2,2	14,4	14,5	14,7	14,8	15,0	15,1	15,3	15,5	15,6	15,8
2,3	16,0	16,1	16,3	16,4	16,6	16,8	17,0	17,1	17,3	17,5
2,4	17,6	17,8	18,0	18,2	18,3	18,5	18,7	18,9	19,1	19,2

Hauteur : 3 pieds

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0,	0,	T,	,0021	,0045	,0073	,0105	,0143	,0186	,0234	,0288
,1	,0347	,0407	,0471	,0538	,0610	,0686	,0766	,0851	,0939	,1032
,2	,113	,123	,134	,145	,156	,168	,180	,193	,207	,220
,3	,234	,249	,264	,280	,296	,312	,329	,347	,365	,383
,4	,402	,421	,441	,462	,483	,504	,526	,549	,572	,596
,5	,620	,644	,669	,695	,721	,748	,775	,803	,832	,861
,6	,890	,920	,951	,982	1,014	1,047	1,080	1,113	1,147	1,182
,7	1,22	1,25	1,29	1,33	1,36	1,40	1,44	1,48	1,52	1,56
,8	1,60	1,65	1,69	1,73	1,78	1,82	1,86	1,91	1,96	2,00
,9	2,05	2,10	2,15	2,20	2,25	2,30	2,35	2,41	2,46	2,51
,0	2,57	2,62	2,68	2,73	2,79	2,85	2,91	2,97	3,03	3,09
1,1	3,15	3,21	3,27	3,34	3,40	3,46	3,53	3,60	3,66	3,73
1,2	3,80	3,87	3,94	4,01	4,08	4,15	4,23	4,30	4,37	4,45
1,3	4,53	4,60	4,68	4,76	4,84	4,92	5,00	5,08	5,16	5,24
1,4	5,33	5,41	5,50	5,58	5,67	5,76	5,84	5,93	6,02	6,11

TABLE 2 (suite)

Hauteur : 3 pieds

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
Pieds										
1,5	6,20	6,30	6,39	6,48	6,58	6,67	6,77	6,87	6,96	7,06
1,6	7,16	7,26	7,36	7,47	7,57	7,67	7,78	7,88	7,99	8,10
1,7	8,20	8,31	8,42	8,53	8,64	8,75	8,87	8,98	9,10	9,21
1,8	9,33	9,45	9,56	9,68	9,80	9,92	10,05	10,17	10,29	10,41
1,9	10,5	10,7	10,8	10,9	11,0	11,2	11,3	11,4	11,6	11,7
2,0	11,9	12,0	12,1	12,3	12,4	12,6	12,7	12,8	13,0	13,1
2,1	13,4	13,4	13,6	13,7	13,9	14,0	14,2	14,3	14,5	14,6
2,2	14,8	14,9	15,1	15,3	15,4	15,6	15,7	15,9	16,1	16,2
2,3	16,4	16,6	16,7	16,9	17,1	17,2	17,4	17,6	17,8	17,9
2,4	18,1	18,3	18,5	18,8	18,9	19,0	19,2	19,4	19,6	19,8
2,5	19,9	20,1	20,3	20,5	20,7	20,9	21,1	21,3	21,5	21,7
2,6	21,9	22,1	22,3	22,5	22,7	22,9	23,1	23,3	23,5	23,7
2,7	23,9	24,1	24,3	24,5	24,7	24,9	25,2	25,4	25,6	25,8
2,8	26,0	26,2	26,5	26,7	26,9	27,1	27,4	27,6	27,8	28,0
2,9	28,3	28,5	28,7	28,9	29,2	29,4	29,7	29,9	30,1	30,4

Hauteur : 4,5 pieds

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
0,	0,	T,	,0031	,0066	,0106	,0154	,0208	,0269	,0337	,0413
,1	,0496	,0578	,0666	,0758	,0855	,0959	,1067	,1180	,1298	,1420
,2	,155	,168	,182	,196	,211	,226	,242	,259	,276	,293
,3	,311	,330	,349	,368	,388	,409	,430	,452	,474	,497
,4	,520	,544	,569	,594	,620	,646	,673	,700	,728	,756
,5	,785	,815	,845	,876	,907	,939	,972	1,005	1,039	1,073
,6	1,11	1,14	1,18	1,22	1,25	1,29	1,33	1,38	1,41	1,45
,7	1,49	1,53	1,58	1,62	1,66	1,71	1,75	1,80	1,84	1,89
,8	1,94	1,99	2,04	2,09	2,14	2,19	2,24	2,29	2,35	2,40
,9	2,45	2,51	2,56	2,62	2,68	2,74	2,79	2,85	2,91	2,98
1,0	3,04	3,10	3,16	3,22	3,29	3,35	3,42	3,49	3,55	3,62
1,1	3,69	3,76	3,83	3,90	3,97	4,04	4,12	4,19	4,27	4,34
1,2	4,42	4,50	4,58	4,65	4,73	4,81	4,89	4,98	5,06	5,14
1,3	5,22	5,31	5,39	5,48	5,57	5,66	5,74	5,83	5,92	6,02
1,4	6,11	6,20	6,29	6,39	6,48	6,58	6,68	6,77	6,87	6,97
1,5	7,07	7,17	7,27	7,37	7,48	7,59	7,69	7,80	7,90	8,01
1,6	8,12	8,23	8,34	8,45	8,56	8,68	8,79	8,90	9,02	9,14
1,7	9,25	9,37	9,49	9,61	9,73	9,85	9,98	10,10	10,22	10,35
1,8	10,5	10,6	10,7	10,8	11,0	11,1	11,2	11,4	11,5	11,6
1,9	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,5	12,6	12,8	12,9	13,0
2,0	13,2	13,3	13,5	13,6	13,7	13,9	14,1	14,2	14,4	14,5
2,1	14,7	14,8	15,0	15,2	15,3	15,5	15,6	15,8	15,9	16,1
2,2	16,3	16,4	16,6	16,8	16,9	17,1	17,3	17,4	17,6	17,8
2,3	18,0	18,1	18,3	18,5	18,7	18,8	19,0	19,2	19,4	19,6
2,4	19,7	19,9	20,1	20,3	20,5	20,7	20,9	21,0	21,2	21,4
2,5	21,6	21,8	22,0	22,2	22,4	22,6	22,8	23,0	23,2	23,4
2,6	23,6	23,8	24,0	24,2	24,4	24,6	24,9	25,1	25,3	25,5
2,7	25,7	25,9	26,1	26,4	26,6	26,8	27,0	27,2	27,4	27,7
2,8	27,9	28,1	28,4	28,6	28,8	29,0	29,3	29,5	29,7	30,0
2,9	30,2	30,4	30,7	30,9	31,2	31,4	31,7	31,9	32,2	32,4
3,0	32,7	32,9	33,2	33,4	33,7	33,9	34,2	34,4	34,7	35,0
3,1	35,2	35,5	35,8	36,0	36,3	36,6	36,8	37,1	37,4	37,7
3,2	37,9	38,2	38,5	38,8	39,0	39,3	39,6	39,9	40,2	40,5
3,3	40,8	41,2	41,3	41,6	41,9	42,2	42,5	42,8	43,1	43,3
3,4	43,7	44,0	44,3	44,6	44,9	45,2	45,5	45,8	46,1	46,4
3,5	46,8	47,1	47,4	47,7	48,0	48,3	48,6	49,0	49,3	49,6
3,6	49,9	50,3	50,6	50,9	51,2	51,6	51,9	52,2	52,6	52,9
3,7	53,2	53,6	53,9	54,3	54,6	54,9	55,3	55,6	56,0	56,3
3,8	56,7	57,0	57,4	57,7	58,1	58,4	58,8	59,2	59,5	59,9
3,9	60,2	60,6	61,0	61,3	61,7	62,1	62,4	62,8	63,2	63,6
4,0	63,9	64,3	64,7	65,1	65,4	65,8	66,2	66,6	67,0	67,4
4,1	67,8	68,2	68,5	68,9	69,3	69,7	70,1	70,5	70,9	71,3
4,2	71,7	72,1	72,5	72,9	73,3	73,8	74,2	74,6	75,0	75,4
4,3	75,8	76,2	76,6	77,1	77,5	77,9	78,3	78,8	79,2	79,6
4,4	80,0	80,5	80,9	81,3	81,8	82,2	82,6	83,1	83,5	84,0

TABLE 3 : DÉBIT DU CANAL CALIBRÉ DE TYPE H L.

Hauteur d'eau en pieds.
Débit en pieds-cubes par seconde

Hauteur d'eau	,00	,01	,02	,03	,04	,05	,06	,07	,08	,09
Pieds										
0,	,000	T,	,005	,012	,020	,029	,039	,050	,062	,075
,1	,089	1,03	,119	,135	,152	,170	,190	,211	,232	,255
,2	,278	3,02	,327	,352	,378	,405	,434	,465	,497	,530
,3	,565	6,00	,635	,670	,705	,740	,780	,820	,860	,900
,4	,940	9,82	1,03	1,08	1,12	1,17	1,22	1,27	1,32	1,37
,5	1,42	14,8	1,53	1,59	1,64	1,70	1,76	1,82	1,88	1,94
,6	2,01	20,7	2,14	2,21	2,28	2,35	2,42	2,49	2,56	2,64
,7	2,71	27,9	2,87	2,95	3,03	3,11	3,19	3,28	3,36	3,44
,8	3,53	36,1	3,70	3,79	3,88	3,98	4,08	4,18	4,28	4,38
,9	4,48	45,8	4,68	4,79	4,90	5,01	5,12	5,23	5,34	5,45
1,0	5,56	56,8	5,80	5,92	6,04	6,16	6,28	6,40	6,52	6,64
1,1	6,76	68,9	7,02	7,15	7,28	7,41	7,54	7,67	7,80	7,93
1,2	8,06	82,0	8,35	8,50	8,65	8,80	8,95	9,10	9,25	9,40
1,3	9,55	97,0	9,90	10,1	10,2	10,4	10,5	10,7	10,8	11,0
1,4	11,2	11,4	11,6	11,7	11,9	12,1	12,3	12,4	12,6	12,8
1,5	13,0	13,2	13,3	13,5	13,7	13,9	14,1	14,3	14,5	14,7
1,6	14,9	15,1	15,3	15,5	15,7	15,9	16,2	16,4	16,6	16,8
1,7	17,0	17,2	17,4	17,6	17,8	18,1	18,3	18,5	18,7	19,0
1,8	19,2	19,4	19,7	19,9	20,2	20,4	20,6	20,9	21,2	21,4
1,9	21,7	21,9	22,1	22,4	22,7	23,0	23,2	23,4	23,7	24,0
2,0	24,3	24,5	24,8	25,0	25,3	25,6	25,8	26,1	26,4	26,7
2,1	27,0	27,3	27,6	27,9	28,2	28,5	28,8	29,1	29,4	29,7
2,2	30,0	30,3	30,6	30,9	31,2	31,5	31,9	32,2	32,5	32,8
2,3	33,1	33,5	33,8	34,1	34,5	34,8	35,1	35,4	35,8	36,1
2,4	36,5	36,8	37,1	37,4	37,8	38,2	38,5	38,8	39,1	39,5
2,5	39,9	40,3	40,6	41,0	41,4	41,7	42,1	42,4	42,8	43,2
2,6	43,6	43,9	44,3	44,7	45,1	45,5	45,8	46,2	46,6	47,1
2,7	47,5	47,9	48,2	48,6	49,0	49,4	49,8	50,2	50,7	51,1
2,8	51,6	52,0	52,4	52,8	53,3	53,7	54,1	54,5	54,9	55,4
2,9	55,9	56,3	56,7	57,2	57,6	58,1	58,6	59,1	59,5	59,9
3,0	60,3	60,8	61,3	61,8	62,3	62,8	63,2	63,7	64,1	64,6
3,1	65,1	65,6	66,1	66,6	67,1	67,5	68,0	68,5	69,0	69,5
3,2	70,0	70,5	71,0	71,5	72,0	72,5	73,0	73,5	74,0	74,5
3,3	75,0	75,5	76,0	76,5	77,0	77,6	78,2	78,7	79,3	79,9
3,4	80,5	80,9	81,5	82,0	82,6	83,1	83,6	84,2	84,8	85,3
3,5	85,9	86,5	87,1	87,7	88,3	88,9	89,5	90,1	90,7	91,3
3,6	91,9	92,5	93,1	93,7	94,3	94,9	95,5	96,1	96,7	97,4
3,7	98,0	98,6	99,2	99,7	100,	101,	102,	102,5	103,0	104,
3,8	104,5	105,	106,	106,5	107,	107,5	108,	109,	109,5	110,
3,9	111,	111,5	112,	113,	113,5	114,	115,	115,5	116,	116,5
4,0	117,									

D) Résultats obtenus Étude complète du ruissellement

L'adjonction, au système récepteur d'une parcelle expérimentale, de l'appareil de mesure décrit dans ce chapitre permet une étude complète du ruissellement : volume, intensité, variation d'intensité, comparaison avec le volume et l'intensité des précipitations.

Les tableaux 4 et 5 et les figures 12 et 13 fournissent un exemple numérique des résultats obtenus. Ils vont permettre d'illustrer la méthode de calcul des valeurs et résultats recherchés.

A) Le renseignement obtenu directement sur le tambour enregistreur est une courbe traduisant la variation dans le temps de la hauteur d'eau dans le canal calibré (figure 12).

Cette courbe permet la notation de trois données dans les colonnes 1, 2 et 3 du tableau 4 : hauteur d'eau dans le canal calibré (colonne 3) à une série d'heures successives (colonne 1) différant d'un certain nombre de minutes (colonne 2).

L'expérimentateur, pour ce faire, étudie la courbe obtenue sur le tambour à révolution. Les temps sont en abscisse : le papier millimétré permet d'apprécier généralement une minute ; les hauteurs d'eau sont

en ordonnée. Il note les points qui lui semblent caractéristiques (inflexions, changements de direction, maxima, minima) à des intervalles de temps les plus petits possibles : une ou deux minutes en général, trois ou quatre minutes ou même plus si la courbe présente une ligne presque droite.

B) Le débit dans le canal est fonction de la hauteur d'eau : à chaque hauteur d'eau déterminée sur la courbe fournie par l'appareil, et notée en colonne 3, correspond donc un débit en m³/sec. Celui-ci est obtenu à l'aide des tables de transformation n^o 1, 2, 3 fournies au paragraphe précédent.

Ainsi donc sont déterminées les intensités du ruissellement, en m³/sec, à une série d'heures successives, en d'autres termes la variation d'intensité du ruissellement, en m³/sec, pendant le phénomène (colonne 4 du tableau 4).

Ceci est un premier résultat intéressant. Il faut noter cependant immédiatement à son sujet que le ruissellement est exprimé ici en valeur absolue : m³/sec. Mais les buts recherchés sont des comparaisons : comparaison avec la courbe d'intensité des précipitations, études comparatives de l'érosion et du ruissellement sur des champs différemment traités ou cultivés.

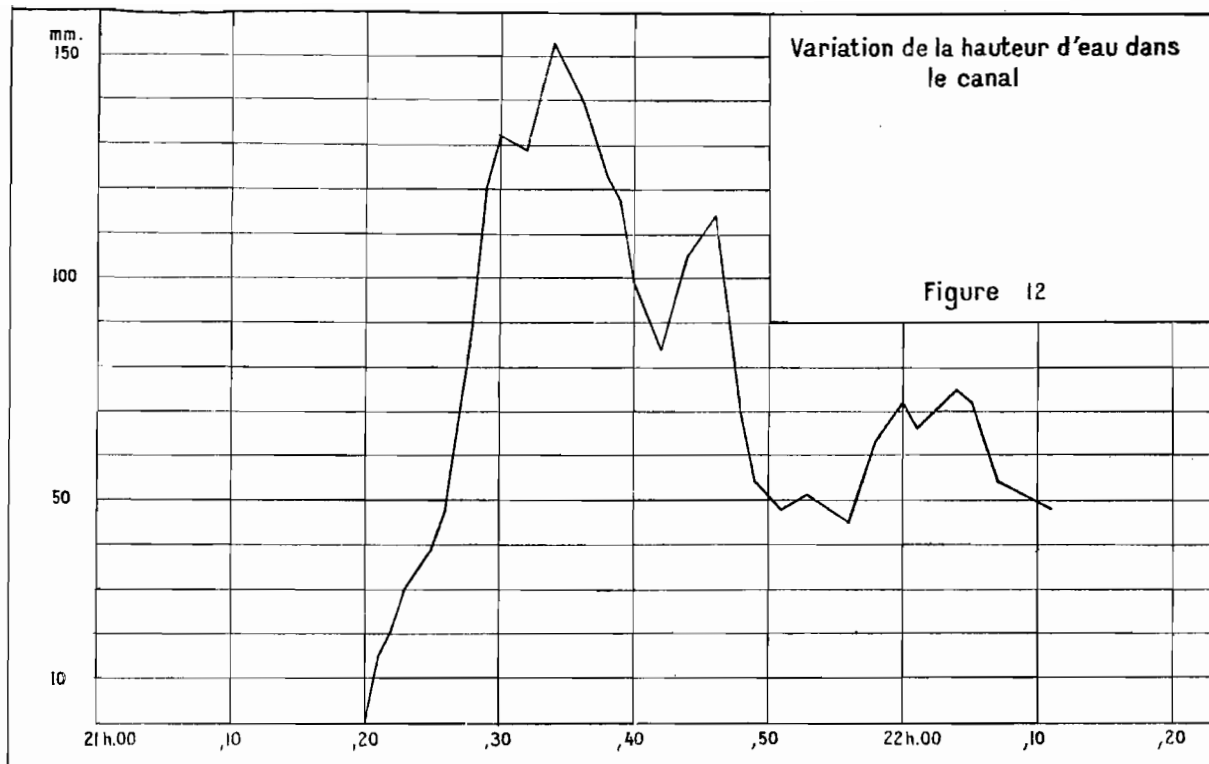


TABLEAU 4

EVALUATION DU RUISSELLEMENT

Superficie du champ expérimental : 720 m².

Coefficient de conversion pour le champ : 0,002 m³/sec pour 1 cm/heure

1 Date et heures heures et minutes	2 Intervalles de temps minutes	3 Hauteur d'eau dans le canal millimètres	4 Intensité du ruissellement enregistré dans le canal m ³ /sec	5 Intensité du ruissellement en cm/heure	6 Intensité moyenne du ruissellement pour les intervalles de temps cm/heure	7 Hauteur d'eau ruisselée	
						par intervalle de temps cm	cumulée cm
21 h 20	0	0	0	0			
21	1	15	0,0000435	0,02175	0,010875	0,000181	0,000181
22	1	21	0,0000805	0,04025	0,031	0,000516	0,000697
23	1	30	0,00015625	0,078125	0,0591875	0,000986	0,001683
25	2	39	0,0002575	0,12875	0,1034375	0,003447	0,005130
26	1	48	0,0003825	0,19125	0,16	0,002666	0,007796
28	2	90	0,0013575	0,67875	0,435	0,0145	0,022296
29	1	120	0,0025	1,25	0,964375	0,016072	0,038368
30	1	132	0,003075	1,5375	1,39375	0,023229	0,061597
32	2	129	0,002925	1,4625	1,5	0,05	0,111597
34	2	153	0,00425	2,125	1,79375	0,059791	0,171388
36	2	141	0,00355	1,775	1,95	0,065	0,236388
38	2	123	0,00265	1,325	1,55	0,051666	0,288054
39	1	117	0,0023725	1,18625	1,255625	0,020928	0,308982
40	1	99	0,00166	0,83	1,008125	0,016802	0,325784
42	2	84	0,0011775	0,58875	0,709375	0,23645	0,349429
44	2	105	0,00188	0,94	0,764375	0,025479	0,374908
46	2	114	0,0022425	1,12125	1,030625	0,037375	0,412283
48	2	69	0,000785	0,3925	0,756875	0,025229	0,437512
49	1	54	0,0004825	0,24125	0,316875	0,005281	0,442793
51	2	48	0,0003825	0,19125	0,21625	0,007208	0,450001
53	2	51	0,00043	0,215	0,203125	0,006770	0,456771
56	3	45	0,0003375	0,16875	0,191875	0,009593	0,466364
58	2	63	0,000655	0,3275	0,248125	0,008270	0,474634
22 h 00	2	72	0,0008575	0,42875	0,378125	0,012604	0,487238
01	1	66	0,0007175	0,35875	0,39375	0,006562	0,493800
03	2	72	0,0008575	0,42875	0,39375	0,013125	0,506925
04	1	75	0,0009325	0,46625	0,4475	0,007458	0,514383
05	1	72	0,0008575	0,42875	0,4475	0,007458	0,521841
07	2	54	0,0004825	0,24125	0,335	0,011166	0,533007
11	4	48	0,0003825	0,19125	0,21625	0,014416	0,547423

Or, 1) l'intensité des précipitations s'exprime en hauteur d'eau tombée, rapportée à une unité de temps : cm/heure en général.

2) Les champs expérimentaux à comparer peuvent avoir des superficies différentes. Dans ces conditions un ruissellement exprimé en valeur absolue a peu de signification. Sur deux champs, par exemple, l'un ayant une superficie double de celle de l'autre, un même ruissellement, en m^3/sec , peut se produire à un moment donné, pourtant la hauteur d'eau écoulée alors du premier est moitié moindre que celle écoulée du second.

Il est donc absolument nécessaire d'exprimer l'intensité du ruissellement en valeurs permettant toutes les comparaisons cherchées, c'est-à-dire en hauteur d'eau rapportée à une unité de temps : cm/heure en général. Ceci fait intervenir la superficie du champ, puisque toute l'eau passant à travers le canal calibré, estimée en m^3/sec , est issue d'un champ qui fonctionne comme un véritable bassin versant.

C) Soit $x m^2$ la superficie d'un champ : 1 cm d'eau ruisselant du champ en une heure signifie le ruissellement en une heure d'un volume d'eau égal à :

$$x \times 0,01 = 0,01 x m^3$$

soit une intensité d'écoulement par seconde de :

$$\frac{0,01}{3.600} x m^3$$

Si l'on considère alors pour ce champ les intensités du ruissellement en m^3/sec , enregistrées à une série d'heures successives, autant de fois la valeur :

$\frac{0,01}{3.600} x m^3/sec$ sera comprise dans chaque valeur, autant de fois il y aura de cm/heure de hauteur d'eau ruisselés.

Examinons l'exemple numérique (tableau 4). La superficie du champ expérimental est $720 m^2$. 1 cm d'eau s'écoulant en une heure représente le ruissellement en une heure de

$$720 m^2 \times 0,01 = 7,2 m^3.$$

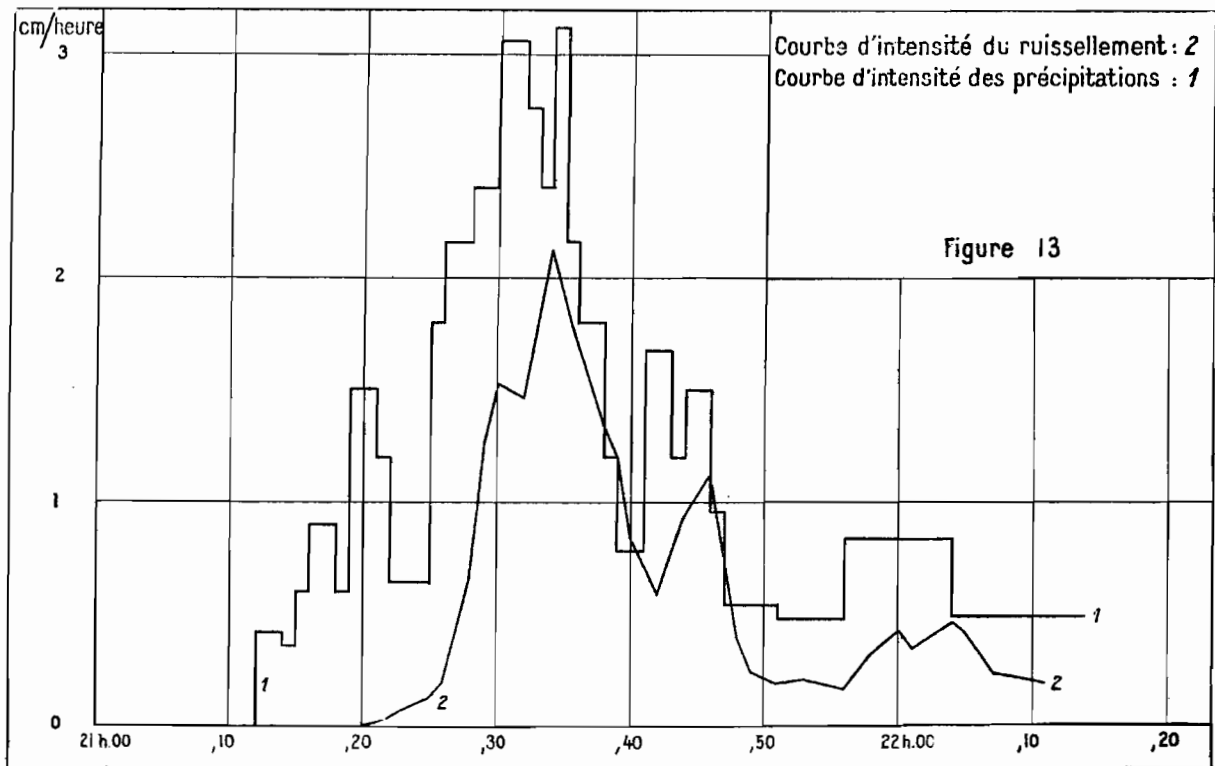
Soit, à la seconde :

$$\frac{7,2 m^3}{3.600} = 0,002 m^3.$$

Une intensité d'écoulement, pour ce champ, de $0,002 m^3/sec$ représente donc une intensité de ruissellement de 1 cm/heure. Autant de fois $0,002 m^3/sec$ sont compris dans chaque valeur d'intensité de ruissellement notée, colonne 4 (intensités enregistrées à une série d'heures successives), autant de cm/heure sont ruisselés.

La division des valeurs de la colonne 4 par $0,002$ amène la connaissance de l'intensité du ruissellement en cm/heure pour la série d'heures successives que comprend l'étude entreprise (colonne 5). Les valeurs nécessaires aux études visées sont ainsi possédées. Elles permettent l'établissement de la courbe d'intensité du ruissellement (courbe 2 de la figure 13).

Le ruissellement est exprimé en hauteur d'eau ruisselée rapportée à une même unité de temps : une comparaison est alors possible avec tout autre ruissellement et toute précipitation, exprimée en hauteur d'eau ruisselée ou tombée, rapportée à la même unité de temps.



D) En se basant sur les intensités du ruissellement, en cm/heure, à une série d'heures successives, il est possible de calculer la hauteur d'eau ruisselée pendant le temps d'étude.

Ces intensités sont des valeurs instantanées à des heures données qui diffèrent d'un certain nombre de minutes. Cela signifie :

qu'à l'heure h l'intensité du ruissellement était par exemple, a cm/h ; qu'à l'heure $h + 1'$ l'intensité du ruissellement était par exemple, b cm/h ; qu'à l'heure $h + 3'$ l'intensité du ruissellement était par exemple, c cm/h.

De l'heure h à l'heure $h + 1'$, c'est-à-dire en une minute, l'intensité du ruissellement a varié de a cm/heure à b cm/h. Pendant cette minute donc, l'intensité moyenne du ruissellement a été $\frac{a + b}{2}$

cm/heure. Si cette intensité se maintenait pendant une heure, la hauteur d'eau écoulée, pendant ce laps de temps, serait de : $\frac{a + b}{2}$ cm. Comme cette intensité moyenne de ruissellement a duré une minute la hauteur d'eau écoulée en cette minute

$$a \text{ été, en cm : } \left(\frac{a + b}{2} \right) \times \frac{1}{60}$$

De même, de l'heure $h + 1$ minute à l'heure $h + 3$ minutes le ruissellement a varié de b cm/heure à c cm/heure. Pendant deux minutes, l'intensité moyenne

du ruissellement a été : $\frac{b + c}{2}$ cm/heure ; la hauteur d'eau écoulée pendant ces deux minutes a donc été,

$$\text{en cm : } \left(\frac{b + c}{2} \right) \times \frac{2}{60}$$

Reprenons l'exemple numérique du tableau 4. A 21 heures 20 l'intensité du ruissellement était nulle. A 21 heures 21, elle était 0,02175 cm/heure. Pendant un intervalle de temps de une minute, l'intensité du ruissellement étant passée de 0 à 0,02175 cm/heure, l'intensité moyenne du ruissellement a été : $\frac{0 + 0,02175}{2} = 0,010875$ cm/heure.

En une minute s'est écoulé :

$$\frac{0,010875}{60} \times 1 = 0,000181 \text{ cm.}$$

Donc de 21 h. 20 à 21 h. 21 s'est écoulée une lame d'eau de : 0,000181 cm.

Autre exemple :

à 21 h. 23 intensité du ruissellement : 0,078125 cm/heure ; à 21 h. 25 intensité du ruissellement : 0,128750 cm/heure.

L'intensité moyenne du ruissellement pendant l'intervalle de temps de deux minutes a été : $\frac{0,078125 + 0,128750}{2} = 0,1034375$ cm/heure. La

lame d'eau écoulée en ces deux minutes est donc

$$\frac{0,1034375}{60} \times 2 = 0,00344 \text{ cm.}$$

La somme des lames d'eau successivement écoulées pendant tous les intervalles de temps fournit la hauteur d'eau totale ruisselée pendant le temps d'étude.

Ainsi la somme des lames d'eau calculées en colonne 7 du tableau 4 fournit la hauteur d'eau écoulée de 21 h. 20 à 22 h. 11, soit 0,54723 cm (colonne 8).

L'un des points capitaux de l'étude du ruissellement est la comparaison de la courbe d'intensité du ruissellement avec celle d'intensité des précipitations. L'existence d'un pluviomètre enregistreur est donc toujours obligatoire dans une station expérimentale. Il fournit directement, sur son tambour enregistreur, la courbe d'accumulation de l'eau de pluie en fonction du temps. Or, la donnée nécessaire est la courbe d'intensité des précipitations. Pour l'obtenir, il faut déterminer l'intensité des précipitations pendant une série d'intervalles de temps successifs.

La méthode suivante permet d'atteindre ce but (tableau 5).

TABLEAU 5
EVALUATION DE L'INTENSITÉ DES PRÉCIPITATIONS

1	2	3	4	5
Période	Intervalles de temps	Hauteur d'eau cumulée	Hauteur d'eau par intervalle	Intensité des précipitations pendant chaque intervalle de temps cm/heure
heures et minutes	minutes	centimètres	centimètres	
9 h 12	0	0	0	0
14	2	0,014	0,014	0,42
15	1	0,020	0,006	0,36
16	1	0,030	0,010	0,60
18	2	0,060	0,030	0,90
19	1	0,070	0,010	0,60
21	2	0,12	0,050	1,50
22	1	0,14	0,020	1,20
25	3	0,172	0,032	0,64
26	1	0,202	0,030	1,80
28	2	0,274	0,072	2,16
30	2	0,354	0,080	2,40
32	2	0,456	0,102	3,06
33	1	0,502	0,046	2,76
34	1	0,542	0,040	2,40
35	1	0,594	0,052	3,12
36	1	0,63	0,036	2,16
38	2	0,690	0,060	1,80
39	1	0,710	0,020	1,20
41	2	0,736	0,026	0,78
43	2	0,792	0,056	1,68
44	1	0,812	0,020	1,20
46	2	0,862	0,050	1,50
47	1	0,878	0,016	0,96
51	4	0,914	0,036	0,54
56	5	0,954	0,040	0,48
10 h 04	8	1,066	0,112	0,84
14	10	1,148	0,082	0,492

1) En abscisse du graphique obtenu sur le pluviomètre enregistreur se trouvent les temps.

Une minute peut être facilement appréciée. En ordonnée se trouvent les hauteurs d'eau cumulées. L'étude des points caractéristiques de la courbe permet la connaissance d'une série de hauteurs d'eau successives (colonne 3), à une série d'heures successives (colonne 1) différant d'un certain nombre de minutes (colonne 2).

Exemple : 21 h. 12 hauteur d'eau 0
21 h. 14 » 0,014 cm
21 h. 15 » 0,020 cm.

Il est facile de calculer la hauteur tombée pendant chaque intervalle de temps (colonne 4).

On obtient (colonne 5) les intensités des précipitations pendant toute une série d'intervalles de temps successifs. Elles permettent l'établissement d'une courbe d'intensité des précipitations (courbe 1 de la figure 13) et ainsi la comparaison « eau tombée-eau ruisselée ».

CONCLUSION

Les parcelles expérimentales destinées à équiper les Stations de Recherches où sont entreprises des études sur l'érosion et la conservation des sols offrent un intérêt considérable.

Elles permettent d'effectuer une gamme d'études extrêmement étendue. Les partiteurs du système récepteur, par la facilité qu'ils offrent d'apprécier aussi sûrement de très grands comme de très faibles volumes d'eau ruisselée ou poids de terre érodée, laissent toute latitude d'emploi de champs expérimentaux de toutes tailles. On peut donc étudier les facteurs du ruissellement et de l'érosion (climat, relief, nature du sol, végétation) et mesurer l'érodibilité des sols, la perte en eau et en terre sous cultures ou la valeur conservatrice de plantes ou de pratiques culturales (plantes de couverture, assolements, bandes de culture alternées, terrassements, etc...).

A tout ceci s'ajoutent la possibilité de calculer le rendement des cultures et celle de suivre l'évolution

du sol : variation de la composition chimique, principalement de la teneur en matières organiques, ou des propriétés physiques.

Du fonctionnement de parcelles expérimentales en un lieu donné naît un ensemble de connaissances sur la susceptibilité du milieu naturel à l'érosion en une série de conditions différentes. De multiples comparaisons peuvent être alors faites et des conclusions sur la conservation du sol être tirées.

C'est alors que peut être établi un plan rationnel de mise en valeur permettant une conservation des terres exploitées.

RÉFÉRENCE

HARROLD (L. L.), KRIMGOLD (D. B.). — Devices for measuring Rates and Amounts of Runoff. U. S. D. A. S. C. S. Tech. Pub. 51, July 1943, Revised Oct. 1944 et May 1948.

ÉTUDES AGRONOMIQUES

CHAPITRE I

UNE EXPÉRIENCE D'UTILISATION DES LAVES FRAICHES AUX HAWAII

par H. MOULINIER,

Maître de recherches des services de l'agriculture de la France d'outre-mer

Une expérience curieuse a été tentée près de Hilo dans l'île Hawaii. Il s'agit de la culture de *Macadamia* sur une lave « aa », géologiquement récente. Cette lave est formée de blocs de taille



Laves couvertes de lichens aux Hawaii

très variable et poreux ; ces blocs sont très altérés. La végétation naturelle est assez abondante (arbres, fougères arborescentes, herbes) et se nourrit uniquement à partir de la couche de matières organiques recouvrant les blocs. La pluviométrie annuelle est d'environ 3 mètres bien répartis.

Pour la préparation du terrain, la végétation naturelle a été coupée et en partie brûlée. Le sol très irrégulier a été nivelé au bulldozer et rouleau compresseur de 8 tonnes, de sorte qu'ensuite il se présente comme composé uniquement de cailloux, les débris de matières organiques étant tombés dans les espaces libres entre les cailloux. Pour la plantation, on fait un trou de 50 cm au cube que l'on remplit à moitié de terre meuble prise dans une autre région et additionnée de 450 g de phosphate naturel. Puis, on y place l'arbuste, on ajoute encore un peu de terre et on termine par des blocs de lave. Après la plantation, on passe plusieurs fois le rouleau compresseur de façon à bien aplanir le sol, ce qui facilitera les récoltes futures. L'écartement des arbres est de 7,5 m.

Les engrais sont apportés quatre fois par an à raison de 450 g par an et par pied du mélange 7-7-14.

A l'heure actuelle 200 hectares sont plantés. Le prix de revient est de 150 dollars l'hectare. Les arbres les plus âgés ont maintenant deux ans de plantation et sont en excellent état. Des « pins » de Norfolk, plantés en brise vent de la même manière sont aussi très beaux.

NOTA. Un problème d'apparence aussi difficile est étudié sur l'île Kauai. Il s'agit de planter des cannes à sucre sur des sables coralliens purs. De petits torrents descendant de la montagne sont canalisés et conduits sur ces sols dans des parcelles limitées par des digues de sable. Ils déposent là les matériaux arrachés à la montagne. Les premiers essais de culture de canne sur ces sols « alluviaux » ont donné de bons résultats.

Plantations de *Macadamia* sur laves fraîches aux Hawaii

Coulée de laves datant de six mois

LES SOLS SALÉS AUX HAWAII

par H. MOULINIER

Maître de recherches de l'agriculture de la France d'outre-mer

Les Argiles Magnésiennes et les Sols Salés sont relativement fréquents aux Hawaii, notamment dans les régions de culture de la canne à sucre.

Gris Hydromorphes. Elles se présentent sous la forme de sols fins, très compacts et de couleur très foncée. Les mottes légèrement humides, brisées à la main, présentent une cassure conchoïdale. Ces sols sont évidemment très imperméables. Leur pH est de 8 et le rapport Mg/Ca est voisin ou supérieur à 30 p. cent. L'incorporation de grosses quantités de bagasse, 100 t/ha, a un très bon résultat sur les propriétés physiques de ces sols. Même avant la formation d'humus, le sol est plus aéré par suite de la présence de bagasse entre les mottes de terre compactes. Des applications de soufre peuvent aussi être tentées pour diminuer le pH. Enfin, sur ces argiles, l'analyse des cannes à sucre indique souvent une déficience en azote ; on a intérêt à augmenter la quantité d'engrais azotés apportée.

Les **Sols Salés** se présentent généralement en

zones peu étendues mais assez fréquentes. Le pH est voisin de 8. L'amélioration de ces sols est tentée lorsque l'eau de percolation dans les drains contient 2 % de sels. Le soufre et le gypse sont utilisés, mais le plus gros effort est porté sur l'amélioration du drainage. Pour cela on fait des apports de bagasse. Des parcelles d'essais ont été installées dont le drainage est effectué par drains clos. Des fossés de 1 mètre sont creusés, on y met 20 cm de bagasse, deux feuilles de métal perforées et disposées en toit, encore 20 cm de bagasse et on rebouche. Sur ces parcelles, sont étudiés, seuls ou en combinaison, les traitements suivants : apport de bagasse, de soufre ou d'acide sulfurique. L'acide est apporté dans l'eau d'irrigation. A l'origine, cette eau a un pH de 7,8. Par l'adjonction d'acide, on l'amène à pH 5. L'irrigation acide est prolongée au maximum jusqu'à ce que les cannes commencent à jaunir. Dès à présent, il semble que l'apport de 80 tonnes de bagasse à l'hectare est un excellent moyen d'améliorer le drainage et de lutter contre le sel.

LA MÉTHODE DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE APPLIQUÉE A LA CANNE A SUCRE DANS LES TERRITOIRES DES HAWAII

par H. MOULINIER

Maître de recherches des services de l'agriculture de la France d'outre-mer.

Le principe de la méthode du diagnostic foliaire est bien connu. Cependant nous insisterons ici spécialement sur l'application qui en a été faite aux Hawaïi pour la canne à sucre. En effet, cette étude a non seulement conduit à des conclusions pratiques très importantes pour cette culture, mais elle donne aussi un bon exemple de la manière dont doivent être exécutés des travaux de ce genre.

Ces travaux commencés, vers 1938, par la Section de Physiologie Végétale de l'Université d'Honolulu et la Station de Recherches de l'Association des Planteurs de canne à sucre, ont été réalisés sous la direction du Dr HARRY F. CLEMENTS physiologiste des plantes à l'Université. Tous les renseignements qui suivent sont tirés des publications du Dr H. F. CLEMENTS ou de ses collaborateurs, notamment dans « *The Hawaiian Planters Record* » et les rapports de l'Université.

I) INFLUENCE DU CLIMAT SUR LA CANNE A SUCRE

Le point de départ a été l'observation de différences de rendement entre des champs, par ailleurs comparables, mais jouissant de climats différents. Une expérience fut montée en 1938 pour vérifier cette observation (1).

Les régions choisies sont, dans l'île Oahu : Waipio, où les jours sont clairs et chauds et où la pluviométrie est très faible (les cannes sont irriguées), et Kailua, à quelques kilomètres de là, où les jours sont plus frais et la pluviométrie assez élevée. En 1939, il est tombé 227 cm de pluie avec des maximum d'environ 40 cm en janvier, avril et octobre et un minimum d'environ 7,5 cm en août.

Quatre carrés, d'environ 10 ares chacun, ont été choisis dans chacune de ces stations et plantés, le 28 juillet 1938, avec la variété 31-1389. Les cultures ont été conduites sur un cycle de vingt deux mois.

Dans ces deux situations, l'humidité des sols et leur fertilité ont toujours été comparables. Cependant au bout de vingt deux mois les récoltes ont donné les chiffres suivants :

	Tonnes de canne par ha.	Tonnes de saccharose par ha.
Kailua	146	16
Waipio	300	42

La différence est si grande qu'on est conduit à analyser les conditions de croissance des deux séries de plantes.

A) Étude de la température et de l'intensité du rayonnement solaire.

La mesure de ces deux facteurs est réalisée par un appareil comportant deux thermomètres enregistreurs. L'ampoule d'un thermomètre est peinte en blanc et placée à l'intérieur de l'abri météorologique, alors que celle de l'autre est peinte en noir et placée à l'extérieur de façon à être toujours exposée au soleil. La différence de température entre les deux thermomètres à chaque instant est fonction de l'intensité du rayonnement solaire. La température de l'air est donnée par le thermomètre blanc intérieur.

Pour chaque journée, de 6 heures à 18 heures, on mesure la surface de la courbe située au-dessus d'une ligne de base située à 50° F (10° C) et on divise cette aire par l'aire de 1° F pour une période de douze heures. Ce chiffre, ajouté au 50° F de base, donne la température moyenne de la journée considérée. Ce procédé est appliqué aux deux courbes des thermomètres blanc et noir, le chiffre donné par ce dernier est toujours plus élevé. La différence des deux est prise ici comme mesure de l'intensité du rayonnement solaire et est appelée « degrés-lumière solaire » ; la fig. 1 donne les degrés-lumière solaire cumulés mois par mois pour Waipio et Kailua. On voit de cette façon qu'il existe une différence sensible entre les deux localités.

Cette différence serait passée inaperçue si l'on n'avait considéré que les températures moyennes. En effet sur le cycle de végétation de vingt deux mois, la moyenne des températures moyennes des périodes de vingt quatre heures sont 72,9° F (22,7° C) à Waipio et 72,4° F (22,5° C) à Kailua.

Dans le même but, une autre méthode, inspirée de U. K. DAS a été essayée. Cet auteur pense que le rendement en sucre est lié au maximum journalier de température au-dessus de 70° F (21,1° C). Cette différence entre le maximum de température d'une journée et 70° F est appelée « degrés-jour ». Cette méthode présente l'inconvénient d'être trop sensible aux brèves apparitions du soleil. A l'usage elle apparaît moins comme une mesure de température que comme une mesure d'intensité lumineuse. Les degrés-jour cumulés jour par jour donnent 9.374 à Waipio et 5.693 à Kailua.

La comparaison des degrés-lumière solaire et des degrés-jour de DAS montre une bonne corrélation entre ces deux séries de chiffres. Cependant il existe une légère différence, chaque jour le rapport des deux chiffres n'étant pas constant. A Kailua ce rapport varie de 2.87 à 1.07 et à Waipio il varie de 2,45 à 1,11. Durant les périodes nuageuses le rapport est élevé, et inversement. Lorsque la courbe de température d'une

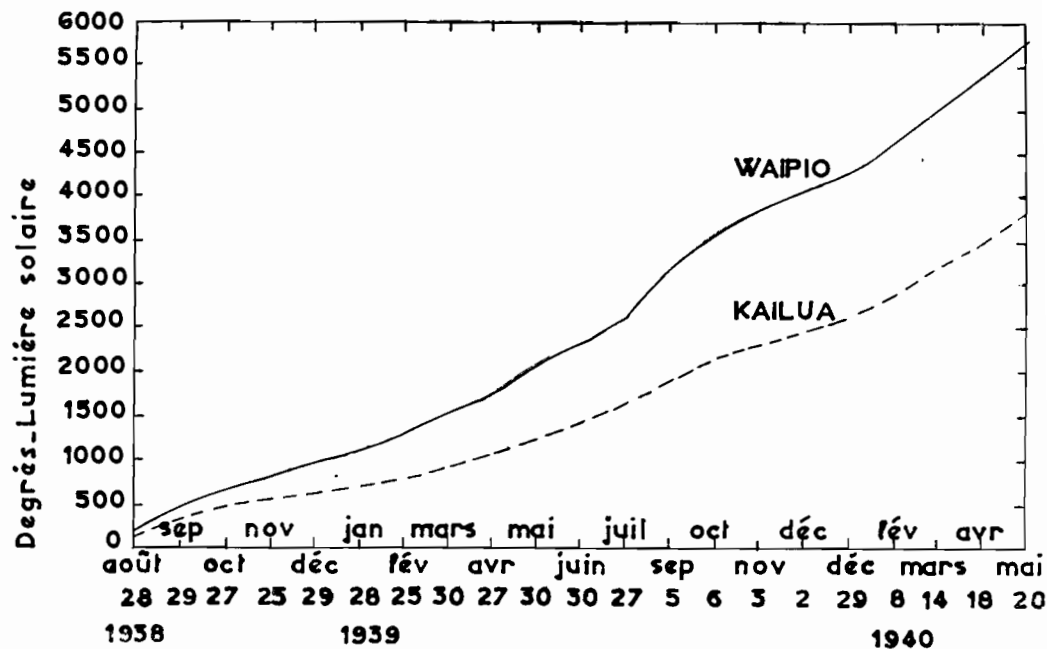


FIG. 1. — Degrés lumière solaire cumulés par Waipio et Kailua.
d'après H. F. CLÉMENTS (1)

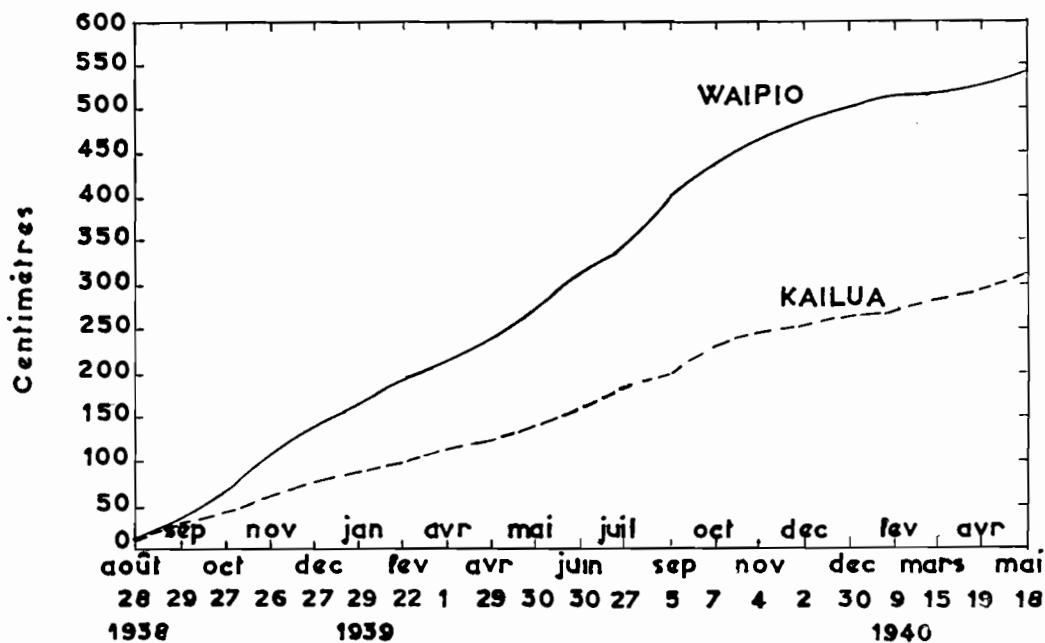


FIG. 2. — Croissances (allongement de la tige) à Waipio et à Kailua.
d'après H. F. CLÉMENTS (1)

journée est très irrégulière, la température maximum atteinte n'est pas très représentative de la journée.

Donc, quoique ces deux méthodes donnent des résultats souvent semblables, les auteurs préfèrent généralement la méthode des degrés-lumière solaire.

B) Étude de la croissance des plantes.

La croissance des plantes est contrôlée chaque mois par l'observation de l'allongement de la tige, du nombre de feuilles sorties dans le mois et de celles mortes dans la même période, des longueur, largeur à la base et largeur maximum de chaque feuille. Ces mesures sont faites sur vingt cannes dans chaque carré. De ces chiffres on déduit facilement la surface foliaire totale pour chaque plante. La surface foliaire à l'hectare est déduite de ces chiffres corrigés par un facteur traduisant la densité des tiges.

Parallèlement à la mesure de l'allongement des tiges, la croissance est contrôlée aussi par la détermination des poids frais et sec d'un échantillon prélevé chaque mois. Ces deux méthodes donnent des résultats très semblables. Les longueurs des tiges sont indiquées par la fig. 2.

C) Interprétation.

Les courbes de croissance et degré-lumière solaire sont très semblables. Le graphique (fig. 3) indique les relations entre la température, le

degré-lumière solaire et la croissance. Un examen détaillé des résultats montre qu'il y a une meilleure corrélation entre la croissance et les degrés-lumière solaire qu'entre la croissance et la température.

De cette corrélation une preuve de synthèse est donnée par le calcul de la croissance à Kailua en fonction de la croissance à Waipio et des différents facteurs étudiés précédemment. La formule donnée par le Dr H. F. CLEMENTS est :

$$G_k = \frac{G_w \times A \times L}{D}$$

dans laquelle G_k est l'accroissement de longueur à Kailua.
 G_w est l'accroissement de longueur à Waipio.
 A est le rapport des surfaces foliaires (Kailua/Waipio).
 L est le rapport des intensités lumineuses (Kailua/Waipio).
 D est le rapport des densités de tiges (Kailua/Waipio).

Les accroissements calculés par cette formule ne coïncident pas avec ceux enregistrés réellement si l'on considère les courtes périodes d'un mois. Mais au contraire, si l'on considère l'ensemble du cycle végétatif, l'accord entre croissances calculées et croissances observées est remarquable (voir fig. 4).

En résumé les cannes à sucre, plantées à Kailua et Waipio dans les mêmes conditions de fertilité, humidité et température, ont donné des rendements différents pour trois raisons : intensités différentes du rayonnement solaire, surfaces fo-

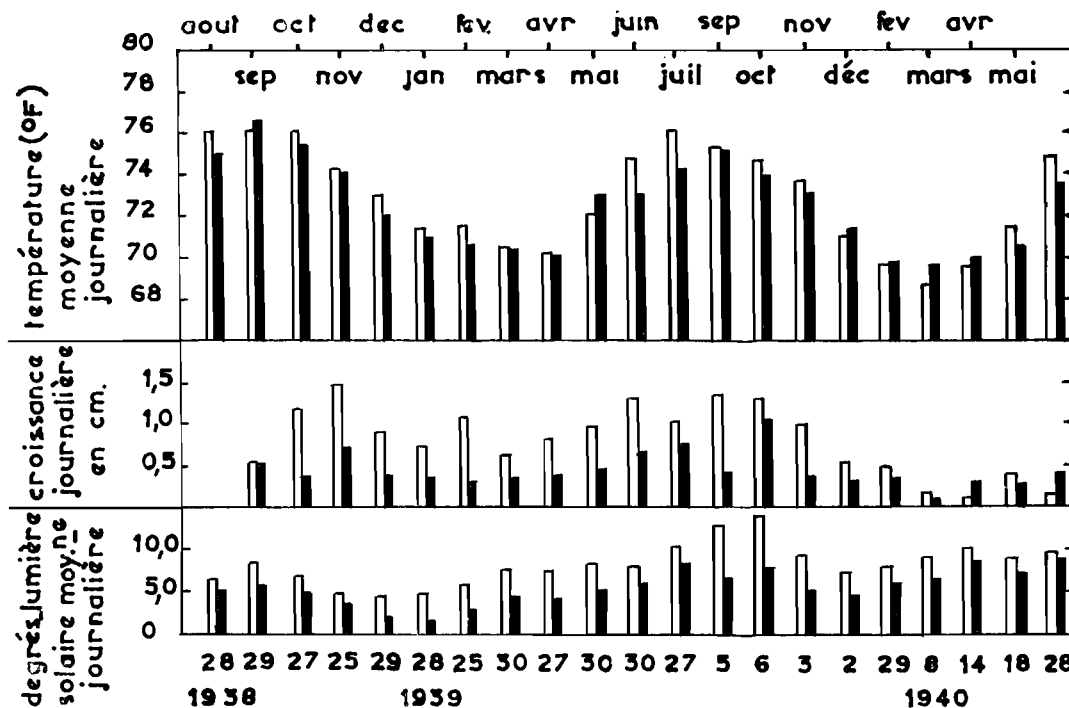


FIG. 3. — Corrélation entre la croissance des plantes, la température en (haut) et les degrés-lumière solaire (en bas)
 Les barres blanches représentent Waipio et les barres noires Kailua.

d'après H. F. CLÉMENTS (1)

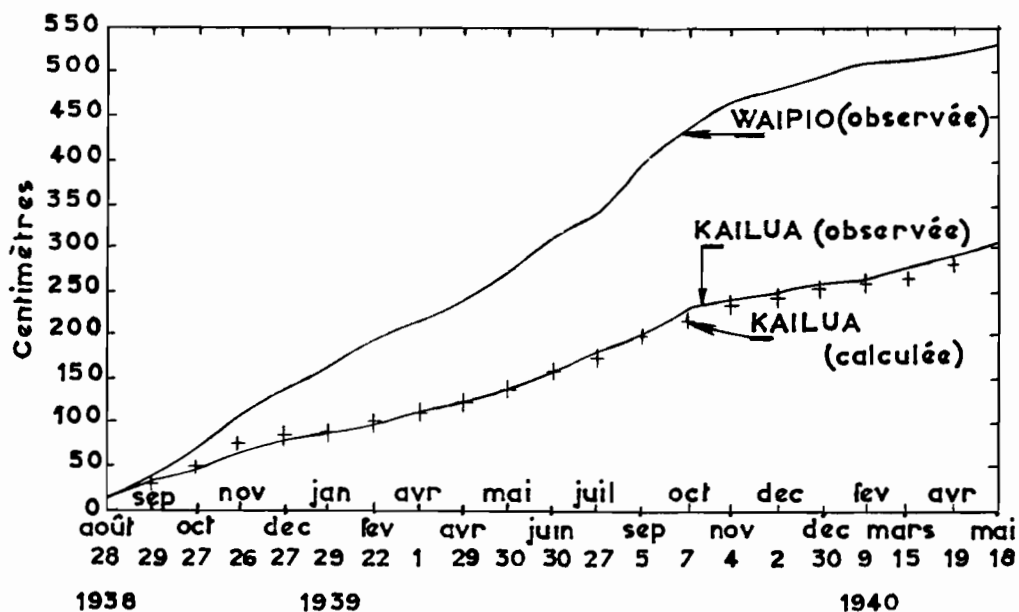


FIG. 4. — Croissances calculées et croissances observées.

d'après H. F. CLÉMENTS (1)

liaires différentes, nombres de tiges à l'hectare différents. Toutes ces raisons sont liées au rayonnement solaire ou à son absorption.

On peut tirer la conclusion importante suivante :

Puisque le rendement d'une culture dépend en particulier des conditions atmosphériques, les besoins en engrais en dépendront aussi. Puisqu'une année diffère toujours d'une autre année et qu'une région diffère d'une autre région, une certaine application d'engrais ne sera justifiée que si elle a été étudiée spécialement pour cette région et cette année. Il faut donc trouver un procédé permettant de suivre la plante, au cours de sa croissance, à l'endroit et au moment même où elle vit. Il faut donc déterminer un indice dans la plante permettant de traduire son état, son bien-être.

On est ainsi conduit à chercher un ou plusieurs indices internes à la plante permettant de faire la synthèse de toutes les influences extérieures subies par celle-ci.

II) DÉTERMINATION ET ÉTUDE DES DIFFÉRENTS INDICES TRADUISANT L'ÉTAT DE LA PLANTE.

A) L'indice primaire.

Dès le début de ces études il est apparu que l'état de la plante est bien traduit par sa teneur en sucres. En effet, à tout moment, la teneur en sucres est liée d'une part à sa production par photosynthèse et d'autre part à son utilisation

pour la croissance, ces deux phénomènes dépendant des conditions extérieures.

Si la teneur en sucres décroît, la rapidité de la croissance est plus grande que celle de la production de sucres par photosynthèse. Ceci se produit d'ordinaire durant des périodes de température élevée, la nuit et le jour, associée à une grande humidité dans les tissus et à une faible luminosité.

La teneur en sucres croît si le contraire se produit. Les causes en sont : basse température accompagnée de temps clair, de faible humidité tissulaire ou d'une très faible teneur en azote.

L'indice primaire sera donc la teneur en sucres totaux.

Il reste maintenant à déterminer quelle partie de la plante sera analysée pour fournir cet indice.

a) Choix de la partie du végétal devant donner l'indice primaire.

Le tissu choisi doit remplir plusieurs conditions :

1) Il doit être possible de choisir des tissus de même âge morphologique.

2) Ce tissu doit être facilement accessible.

3) Le prélèvement de ce tissu doit pouvoir être fait d'une façon précise.

4) Ce tissu doit être aussi homogène que possible pour simplifier les opérations de préparation et d'homogénéisation de l'échantillon.

5) Les variations de teneur en sucres doivent y être aussi grandes que possible de façon à diminuer l'importance relative des erreurs dues à l'analyse chimique.

6) Enfin et surtout il doit traduire le plus complètement possible les facteurs de l'équilibre biologique de la plante dans son milieu extérieur.

Ces conditions sont remplies par quatre tissus :

- α) les gaines des feuilles vertes (la feuille sortant du bourgeon terminal étant la feuille n° 1, il s'agit des feuilles n° 7 et plus âgées),
- β) les limbes des feuilles vertes,
- γ) les gaines des feuilles de la zone de croissance (feuilles n° 6, 5, 4 et 3),
- φ) les limbes des feuilles de la zone de croissance.

Les plantes utilisées sont celles déjà décrites à Waipio et Kailua. Sur ce matériel fournissant les quatre échantillons précédents, les observations ou déterminations suivantes ont été faites :

- luminosité : méthode des degrés-lumière solaire,
- température : moyenne par périodes de vingt quatre heures,
- humidité : la teneur en eau des gaines foliaires de la zone de croissance (voir plus loin l'établissement de cet indice),
- croissance : l'augmentation de longueur des tiges en centimètres par jour,
- azote : teneur en azote organique total des limbes de la zone de croissance (voir plus loin l'établissement de cet indice),
- potassium : teneur en potassium des gaines de la zone de croissance,
- phosphore : teneur en phosphore des gaines de la zone de croissance.

L'énorme quantité de résultats obtenus a été traitée par la méthode statistique. En combinant ces sept facteurs et en utilisant la méthode de régression multiple, on peut déterminer non seulement les corrélations individuelles et les régressions standards partielles de chacun mais aussi le coefficient final de régression multiple. En utilisant ces sept facteurs et les teneurs en sucres de chaque tissu, on peut, par la valeur de ce coefficient et la régression standard partielle, choisir le meilleur tissu et déterminer la valeur de l'indice primaire.

Sans entrer dans le détail des calculs, nous dirons que les tissus des gaines ont des coefficients de corrélation multiple plus significatifs que ceux des tissus de limbe.

Le choix entre gaines de zone de croissance et gaines des feuilles vertes n'est pas aisé car toutes les deux semblent très bonnes. Cependant les gaines des feuilles vertes sont beaucoup plus sensibles à l'humidité, souvent même à l'exclusion des autres facteurs. Comme l'indice doit traduire tous les facteurs et non un seul, il a été jugé préférable d'abandonner ce tissu et de choisir comme indice primaire la teneur en sucres totaux dans les gaines de la zone de croissance (feuilles n° 3, 4, 5 et 6).

Toujours par la méthode statistique on montre l'influence de chacun des sept facteurs sur l'indice primaire.

b) *Influence de la croissance sur l'indice primaire.*

La corrélation simple et la régression partielle sont négatives, ce qui était prévisible. Lorsque la croissance s'accélère, les hydrates de carbone sont utilisés et la réserve des sucres diminue.

c) *Influence de l'eau sur l'indice primaire.*

Les coefficients sont encore négatifs. Quand la plante est riche en eau, l'utilisation des hydrates

de carbone peut s'accomplir. De plus, quand la plante est riche en eau, la quantité maximum d'éléments nutritifs que le sol peut fournir est atteinte. Il y a une corrélation positive très élevée entre l'eau d'une part et l'azote, le potassium et le phosphore d'autre part. D'un autre côté, si l'eau est abondante dans le sol, mais si la teneur en azote du sol et de la plante sont au minimum, la teneur en eau de la plante reste faible. Ceci donne un renseignement très important pour faciliter la maturation de la canne dans les régions à forte pluviométrie. Pour faire mûrir la canne, même en période pluvieuse, il suffit de réduire la quantité d'azote.

Ainsi lorsque l'indice primaire est anormalement élevé, la première cause possible est l'eau. S'il y a peu d'eau, le sol peut d'abord être incriminé. Si l'humidité du sol est correcte, et l'humidité de la plante faible, la plante souffre d'une carence alimentaire, probablement en azote ou d'une mauvaise aération du sol ou d'une température du sol basse.

d) *Influence de la luminosité sur l'indice primaire.*

Les coefficients de corrélation et de régression partielle sont positifs. Plus la luminosité est forte, plus la plante est riche en sucre.

e) *Influence de la température sur l'indice primaire.*

Les coefficients sont positifs, à l'exception d'un seul. Cela signifie que, dans les limites des températures observées dans cette expérience, plus la température est élevée, plus la teneur en sucres est élevée. Cependant la croissance est aussi une fonction directe de la température, et comme son influence sur la teneur en sucres est plus forte, l'augmentation des sucres avec la température est souvent masquée.

f) *Influence de la teneur en azote sur l'indice primaire.*

Pour le facteur azote le problème est beaucoup plus complexe. Nous donnerons ici les conclusions de cette étude mais nous en reparlerons à propos des applications du diagnostic foliaire.

Lorsqu'il y a une grande quantité d'énergie disponible (à la fois lumière et chaleur) associée à une quantité d'eau suffisante, l'action de l'azote est d'accélérer la croissance et donc de faire baisser l'indice primaire. Inversement, lorsqu'il y a peu d'énergie disponible, spécialement sous forme de chaleur, et peu d'eau, l'indice primaire est en fonction directe de la teneur en azote.

Contrairement aux apparences il n'y a pas ici de contradiction. Avec une température et une humidité élevées, si l'azote augmente, la respiration et la croissance augmentent et l'accumulation d'hydrates de carbone due à l'augmentation d'azote n'est pas sensible. Mais si la richesse en azote est associée à des conditions limitant plus la croissance que la photosynthèse il y aura accumulation d'hydrates de carbone.

L'importance pratique de ces conclusions est très grande. Dans les régions fraîches et nuageuses, où il y a cependant des risques de sécheresse, les planteurs ont remarqué qu'en apportant un excès d'azote il y avait augmentation du ren-

dement en sucres. Ceci est pleinement justifié en période de sécheresse, mais présente un risque très grave. En effet, si la sécheresse est brusquement interrompue par quelques pluies, l'excès d'azote se traduit par une croissance très vigoureuse aux dépens des hydrates de carbone péniblement accumulés en saison sèche et la récolte, très forte en tonnage de canne, est très pauvre en sucres.

g) *Influence de la teneur en potassium sur l'indice primaire.*

Dans les expériences considérées, cette influence n'est pas visible en raison de l'abondance du potassium. D'autres expériences sont en cours pour déceler cette influence. Il semble cependant qu'une déficience en potassium se traduirait par un indice primaire élevé et un indice de potassium bas.

h) *Influence de la teneur en phosphore sur l'indice primaire*

De même que dans le cas précédent il n'y a pas encore de résultats bien établis. Une déficience très marquée en phosphore pourrait réduire la teneur en sucres.

En résumé, l'indice primaire est sensible aux variations : de luminosité, température, rapidité de croissance et, peut-être, d'azote, de potassium et de phosphore.

Cet indice présente une corrélation positive avec la luminosité, la température et parfois l'azote et le phosphore. Sa corrélation est négative avec la croissance, l'humidité, le potassium et parfois l'azote et le phosphore.

Dans des conditions où la croissance est inférieure à la normale, l'indice augmente.

Lorsque la croissance est excessive, l'indice diminue.

B) Les indices secondaires.

Pour poursuivre cette étude il fallait ensuite mettre au point d'autres indices permettant de déceler les facteurs responsables d'un mauvais indice primaire. Ces facteurs sont les différents indices secondaires.

Les études faites dans ce but sont semblables à celles décrites précédemment pour l'indice primaire. Nous verrons donc seulement les deux plus importantes : l'humidité et l'azote. Nous traiterons aussi de l'indice de potassium pour donner un exemple de la détermination de la « teneur normale ».

a) *L'indice d'humidité*

Le matériel végétal utilisé est ici encore les plantes des huit carrés de Waipio et de Kailua.

Les échantillons sont prélevés chaque mois, de bonne heure le matin (de 5 h 45 à 7 h). Ils sont fournis par cinq plantes choisis soigneusement dans chaque carré. Comme dans les autres études, ces échantillons sont de haut en bas :

tissu méristématique : 13 cm de canne au-dessus de la feuille n° 3,
bourgeon terminal : l'extrémité de la tige,
limbes de la zone de croissance : feuilles n° 3, 4, 5 et 6,
gainnes foliaires de la zone de croissance,
canne de la zone de croissance,

canne de la zone des feuilles vertes : feuilles n° 7 et plus,

morceaux de cannes de trois entrenœuds : sur tout le reste de la tige.

On détermine le poids frais, puis on sèche à l'étuve à 90° C dans un courant d'air, et une deuxième pesée donne le pourcentage d'humidité par rapport au poids frais.

Les résultats indiquent deux faits importants. Chaque tissu a son humidité caractéristique, parfois très différente de celle d'un tissu voisin. Les variations d'humidité interne sont faibles en comparaison des variations de sécheresse ou d'humidité extérieures.

Le tissu devant donner l'indice d'humidité doit traduire les variations d'humidité dans les parties de la plante, où s'effectue la croissance. De plus, s'il est possible, il doit traduire l'humidité de la canne elle-même puisque ce facteur est associé à la qualité de la récolte.

Des considérations de facilités de prélèvement indiquent qu'il y a intérêt à fixer son choix sur des limbes ou des gainnes foliaires, celles-ci étant bien définies anatomiquement. Ceci limite à quatre le nombre des échantillons intéressants.

Les coefficients de corrélation sont donc calculés entre chacun de ces quatre tissus d'une part et chacune des autres parties de la plante (plante entière, zone des feuilles vertes, canne sans feuille, etc...). De plus ces corrélations furent faites de plusieurs façons : dans chaque carré pour chaque région, pour l'ensemble des carrés d'une même région, enfin pour l'ensemble des carrés des deux régions.

Tous les résultats obtenus indiquent que le meilleur tissu pour la mesure de l'indice d'humidité est la gaine foliaire de la zone de croissance. Ces équations sont linéaires ou paraboliques.

De ces chiffres on tire des relations entre, d'une part, l'indice d'humidité et, d'autre part, l'humidité de la zone de croissance, l'humidité de tout le sommet ou l'humidité de la canne sans feuilles.

Du point de vue pratique ces courbes ont peu d'intérêt, mais leur existence seule permet de suivre l'humidité de toute la plante simplement en suivant l'indice d'humidité. Par exemple, pour la variété de canne 31-1389, on sait maintenant que l'humidité de la plante convient bien à la croissance si l'indice d'humidité reste entre 83,5 et 85,5 : la croissance est gênée dès que cet indice descend à 82,5 ; au-dessus de 85,5 il y a un excès d'eau. Pour des cultures irriguées ces conclusions sont très utiles.

b) *L'indice d'azote*

Le dispositif expérimental utilisé ici est le même que précédemment. Les échantillons sont toujours prélevés aux mêmes époques et correspondent aux mêmes tissus : en fait ce sont les mêmes échantillons qui ont servi aux diverses analyses.

Les résultats des analyses indiquent que chaque tissu a une teneur en azote caractéristique. Le plus riche est le tissu méristématique, le plus pauvre le limbe des feuilles vertes. Les variations de teneur sont plus grandes dans le limbe que dans la gaine d'une feuille.

Pour cette raison et pour la commodité des prélèvements, il apparaît *a priori* qu'il serait intéressant d'utiliser les gainnes de certaines feuilles.

D'autre part un examen statistique rapide des

relations, entre ces tissus d'une part et d'autre part la plante entière ou ses diverses parties, indique leur supériorité à tous les autres échantillons.

Enfin un léger avantage peut être accordé aux limbes de la zone de croissance par rapport aux limbes des feuilles vertes, en raison du fait que les premiers sont en nombre bien défini tout au long du cycle (feuilles n° 3, 4, 5 et 6), alors que les derniers sont en nombres variables (feuilles n° 7 et au delà).

Pour choisir définitivement entre ces deux tissus, une analyse statistique complète des résultats est faite de la même façon que pour l'indice d'humidité. Dans l'état actuel des recherches ces deux tissus s'avèrent aussi bons l'un que l'autre. Il semble cependant que les auteurs utilisent plus volontiers les gaines des feuilles de la zone de croissance (n° 3, 4, 5 et 6) pour la détermination de l'indice d'azote.

De même que pour l'humidité, des équations linéaires ou paraboliques existent et permettent de déduire de l'indice les teneurs en azote du reste de la plante. Cependant les influences extérieures sont ici plus importantes et les études sont poursuivies.

c) L'indice de potassium

Cette étude ayant été entreprise ultérieurement le dispositif expérimental n'est plus le même (4). Pour la détermination du tissu devant donner l'indice, le choix a été fait entre les limbes des feuilles 3, 4, 5 et 6, les gaines de ces feuilles, les limbes des feuilles n° 7 et plus âgées et enfin les gaines de ces dernières feuilles. Les échantillons furent récoltés de façon à représenter différents âges et différentes conditions de cultures, puis analysés pour le potassium. Sur les résultats, on a déterminé les coefficients de régression et leur signification statistique. Le tissu choisi doit présenter la corrélation la plus grande avec la plante entière, le sommet, la canne sans feuilles et les tissus de la zone de croissance. Ces conditions sont remplies par les gaines des feuilles n° 3, 4, 5 et 6 : c'est donc ce tissu qui donne l'indice de potassium.

Ensuite, on détermine la teneur qui doit être considérée comme normale. Tous les chiffres obtenus sur de très nombreuses plantations variaient de 0,17 à 5,10 p. cent de K_2O par rapport à la matière sèche sans sucre. Une gamme aussi étendue de valeur a pu être l'occasion d'une étude très poussée aussi bien sur l'effet des faibles teneurs que sur l'effet des fortes teneurs. Les plantes dont l'indice est 0,17 ont une apparence malade. Celles dont l'indice est voisin de 5,00 sont d'une qualité médiocre.

Des expériences furent montées pour déterminer la teneur minimum compatible avec une croissance normale. Dans la plus simple de ces expériences, quatre niveaux de potassium furent obtenus par des applications de 0-110-225-335 kg de K_2O à une série de parcelles. Chaque traitement est répété cinq fois.

Chaque parcelle est constituée par 5,5 m de ligne de cannes (ultérieurement cette longueur fut portée à 8,2 m). Une allée de 90 cm est ménagée entre deux parcelles contiguës. Dans les zones irriguées une seule parcelle est disposée dans chaque ligne de canne. Entre deux parcelles parallèles on laisse deux lignes de cannes.

L'engrais de chaque traitement est placé dans un petit sillon le long de la ligne et recouvert de terre. Dans chaque parcelle, cinq plantes témoins sont choisies pour la mesure de la croissance.

Pendant la période de croissance rapide, trois sommets sont prélevés dans chaque parcelle : on y détermine l'indice primaire et l'indice de potassium. Ce prélèvement est renouvelé encore deux fois à des intervalles de cinq semaines. A chaque prélèvement des mesures de croissance sont faites sur les plantes repérées. Les résultats d'un de ces prélèvements sont donnés dans le tableau.

NIUULI. EXPÉRIENCE DE POTASSIUM 16, VARIÉTÉ 32-3575 (23-9-43), d'après H. F. CLEMENTS (4)

	Quantité K_2O Kg/ha	Indice d'humidité	Indice primaire	Indice K	Indice N	Croissance (*)
A	0	81,8	13,3	1,87	1,84	5,59
B	110	82,8	10,8	2,92	1,86	6,02
C	225	83,0	10,8	3,02	1,85	5,97
D	335	83,2	10,1	3,28	1,87	6,08
Signification statistique		+	+	+	—	+

(*) L'unité de croissance est arbitraire. C'est la racine carrée du produit de l'allongement journalier en centimètre par le poids frais en grammes des quatre gaines récoltées de chacune des trois plantes dans chaque parcelle.
 + } Signification statistique comprise entre les niveaux 5 et 1 p. cent.
 + } Signification statistique au niveau de 1 p. cent ou moins
 — Pas de signification statistique.

Il y a plusieurs conclusions à tirer de l'expérience résumée dans ce tableau.

a) Le traitement a élevé l'indice de potassium dans chaque parcelle. Les parcelles B, C et D sont plus riches que A d'une façon très significative. De même la parcelle D est plus riche que B et C d'une façon très significative. L'indice de potassium est donc sensible au traitement.

β) Plusieurs effets physiologiques sont associés au traitement. Les indices d'humidité des parcelles B, C et D sont plus forts que A d'une façon significative. Les différences d'humidité entre B et C ne sont pas significatives. Les teneurs en azote n'ont pas subi l'influence des traitements. Les indices primaires de B, C et D, quoique ne présentent pas entre eux de différences significatives, sont plus élevés que ceux de A d'une façon très significative. Enfin, la croissance dans B, C et D est plus forte que dans A d'une façon significative, bien que les différences entre B, C et D ne le soient pas.

γ) De ces chiffres, nous pouvons conclure : que le niveau minimum de l'indice de potassium pour une croissance normale est entre 1,87 et 2,92 ; que la qualité de la canne (indice primaire plus fort et humidité plus faible) baisse aux fortes teneurs, bien qu'alors la baisse ne soit pas significative.

Un autre type d'expérience utilisé dans le même but est l'expérience factorielle appliquée à des champs connus pour leur faible teneur en potassium et en phosphore. Les résultats d'une telle expérience sont donnés dans le tableau

EXPÉRIENCE FACTORIELLE, POTASSIUM ET PHOSPHORE, VARIÉTÉS 32-8560, SIX RÉPÉTITIONS (19-9-44),

d'après H. F. CLEMENTS (4)

Critères	Parcelles						Signification statistique *
	K ₀ P ₀	K ₁ P ₀	K ₂ P ₀	K ₀ P ₁	K ₁ P ₁	K ₂ P ₁	
Indice K	1,05	1,74	2,13	1,22	1,70	1,96	P non significatif K tous ++
Indice P	0,088	0,086	0,083	0,111	0,093	0,083	P + (positif) K + (négatif)
Indice N	1,96	2,04	1,95	1,96	1,92	1,99	P significatif
Indice primaire	14,18	13,60	12,65	16,10	14,50	14,22	K + (négatif) P + (positif)
Indice d'humidité	75,87	75,97	77,26	75,83	76,40	77,30	K ₂ sur K ₁ + K ₂ sur K ₀ ++ P pas significatif
Croissance.....	4,04	4,38	4,77	4,46	4,60	4,65	K ₂ sur K ₀ +

K₀ = 0 kg K₂O par ha ; K₁ = 84 kg K₂O par ha ; K₂ = 168 kg K₂O par ha.
P₀ = 0 kg P₂O₅ par ha ; P₁ = 110 kg P₂O₅ par ha.
* +, significatif à P = 0,05.
++ , significatif à P = 0,01.

ci-dessus. Dans ce cas les parcelles avaient 8,2 m de long, mais ont été conduites de la même façon que précédemment.

Sur cette expérience on peut faire les observations suivantes. Les traitements donnent encore des réponses sur les indices K et P. L'application de phosphore n'a pas eu d'influence sur l'indice de K. Cependant l'apport de potassium a fait baisser l'indice de P. L'azote ne réagit pas à l'apport de phosphore ou de potasse.

L'action du traitement sur l'indice primaire est de deux ordres :

a) l'apport de K a diminué l'indice primaire comme dans l'expérience précédente ;

β) l'apport de P l'a élevé.

L'action du traitement sur l'indice d'humidité n'est en relation qu'avec le potassium, qui, comme précédemment, provoque une augmentation de la teneur en eau.

L'action du traitement sur la croissance vient uniquement de l'apport de potassium. Le plus haut indice de K est associé à la meilleure croissance.

La conclusion pratique générale de cette expérience est que l'indice de potassium est voisin de 2,13 ou supérieur et que l'indice de phosphore de 0,083 convient le mieux à la croissance observée dans cette expérience.

Par des expériences analogues, le niveau minimum pour l'indice de potassium a été fixé à 2,25 et pour le phosphore à 0,080.

En vue de faciliter l'exposé, nous avons fait allusion surtout aux expériences de Waipio et Kailua. Il est bien évident cependant que de nombreuses autres expériences ont été montées dans d'autres régions. On y a vérifié l'exactitude des conclusions données précédemment. De même, on a déterminé les réactions de la plante à diverses quantités d'éléments nutritifs ; les réactions de croissance à chaque élément ont été mesurées par la détermination des régressions partielles. Par le même procédé, des champs carencés ont indiqué ou indiqueront les teneurs minimum du calcium, magnésium, etc...

III) APPLICATION DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE A LA CONDUITE D'UNE CULTURE

Afin de représenter d'une façon parlante tous les facteurs agissant sur un champ donné, ceux-ci sont inscrits sous forme de courbe, on obtient ainsi le « crop-log » du champ, que l'on peut définir comme l'enregistrement de l'évolution de la plante depuis sa plantation (ou sa repousse) jusqu'à la récolte. Les courbes sont tracées sur du papier quadrillé transparent, d'environ 30 × 40 cm, avec lignes distantes d'environ 1,3 cm.

La luminosité est exprimée en degrés-lumière solaire : pour chaque période de cinq semaines, c'est la moyenne des moyennes journalières.

La température est exprimée en moyenne de vingt-quatre heures.

L'indice d'azote est la teneur en azote des limbes des feuilles n° 3, 4, 5 et 6 (la feuille n° 1 étant celle qui commence à sortir du bourgeon terminal) exprimée en pour cent de matière sèche.

L'indice d'humidité est la teneur en eau de la gaine des feuilles n° 3, 4, 5 et 6 exprimée en pour cent de matière fraîche. Les irrigations sont indiquées par des flèches accompagnées d'un chiffre indiquant le nombre de degrés-jour qu'a subis la plante depuis la dernière irrigation. Le cas échéant les chutes de pluie sont indiquées par des barres verticales.

L'indice de potassium est la teneur en potassium (K) de la gaine des feuilles n° 3, 4, 5 et 6 exprimée en pour cent de matière sèche sans sucres. Le niveau de 2,25 pour cent est le niveau au-dessus duquel, jusqu'à présent, aucun champ n'a donné de réponse à un apport de potassium. Dans la pratique, on se limite souvent à doser le potassium dans trois prélèvements consécutifs au cours de la période de croissance rapide. Cependant dans les régions de forte pluviométrie et dans celles où le tonnage de canne récolté est élevé, on fait une autre série de trois dosages

dans la deuxième moitié de la période de végétation.

L'indice de phosphore est la teneur en phosphore (P) de la gaine des feuilles nos 3, 4, 5 et 6, exprimée en pour cent de matière sèche sans sucres. Jusqu'à présent aucun champ présentant un indice supérieur à 0,08 pour cent n'a montré de signes de déficience en phosphore.

Si des chiffres de calcium et de magnésium sont obtenus, ils peuvent être représentés sur le graphique du phosphore.

L'indice primaire est la teneur en sucres totaux de la gaine des feuilles nos 3, 4, 5 et 6, exprimée en pour cent de matière sèche.

Le dernier graphique indique la rapidité de la croissance, pour chaque période de trente cinq jours ; c'est la moyenne des croissances en centimètres par jour.

Les dates du prélèvement des échantillons sont indiquées au bas de la feuille.

Les lignes « supposé normal » indiquent pour certaines courbes le niveau que l'on estime, jusqu'à présent, encore convenable pour un rendement maximum. Quoique déjà bien établies, ces lignes pourront être modifiées légèrement lorsque de nouvelles expériences auront été faites. La normalité pour l'azote est basée sur l'analyse de la feuille entière. La normalité pour l'humidité est basée sur le régime de croissance connu de la plante. La normalité pour le potassium et le phosphore est basée sur l'analyse de cannes cultivées longtemps à Waipio sur des carrés n'ayant reçu ni potasse ni phosphate et maintenant leurs rendements. La normalité de l'indice primaire a été déduite des seize cultures faites à Waipio et Kai-lua pour cette étude. Nous devons remarquer ici qu'au moins une partie de ces teneurs normales seraient probablement différentes si l'on considérerait des facteurs différents (en particulier, la variété de la canne).

Nous donnerons deux exemples de « crop log » (16) afin de montrer la façon, dont ils pourront être utilisés pour la conduite d'une culture. Le premier exemple, carré R A à Waipio montre la conduite d'une culture irriguée avec contrôle de l'irrigation et de l'azote. Le second se rapporte à l'utilité du contrôle de l'azote pour faciliter la maturation des cannes en région pluvieuse. Les commentaires sont entièrement du Dr H. F. CLEMENTS.

Premier exemple : le carré R A de Waipio (fig. 5).

Il s'agit d'une repousse de canne à sucre commencée le 1^{er} juin 1940. Elle suit une première culture de plantation qui avait été bien nourrie. Les courbes de la première culture montraient un indice de phosphore très élevé et un indice de potassium moyen. En conséquence, il n'est pas apporté de phosphate à la repousse considérée. De la potasse est appli-

quée à raison de 225 kg de K₂O par hectare sous forme de chlorure.

Cette application est faite simplement par mesure de sécurité, les renseignements manquant alors pour qu'on puisse s'en dispenser en toute sécurité. De l'azote est appliquée, dès le début à raison de 110 kg de N par hectare sous forme de sulfate d'ammoniaque. Cette application paraît très forte, cependant, on verra par la suite qu'elle était justifiée. Cinq irrigations sont faites entre le 1^{er} juin et le 31 juillet, les irrigations suivantes sont indiquées par des flèches sur le graphique. Jusqu'en février 1941, les irrigations sont faites empiriquement, ce n'est qu'ensuite qu'on a appliqué la règle des degrés-jour, dont la culture a bénéficié depuis l'irrigation précédente, ces chiffres sont indiqués sous les flèches.

Le 2 août, l'indice primaire est très élevé. Ceci se produit souvent dans les très jeunes plantes avant qu'elles commencent leur croissance rapide, et ne présente aucun danger si les indices d'eau et d'azote sont corrects.

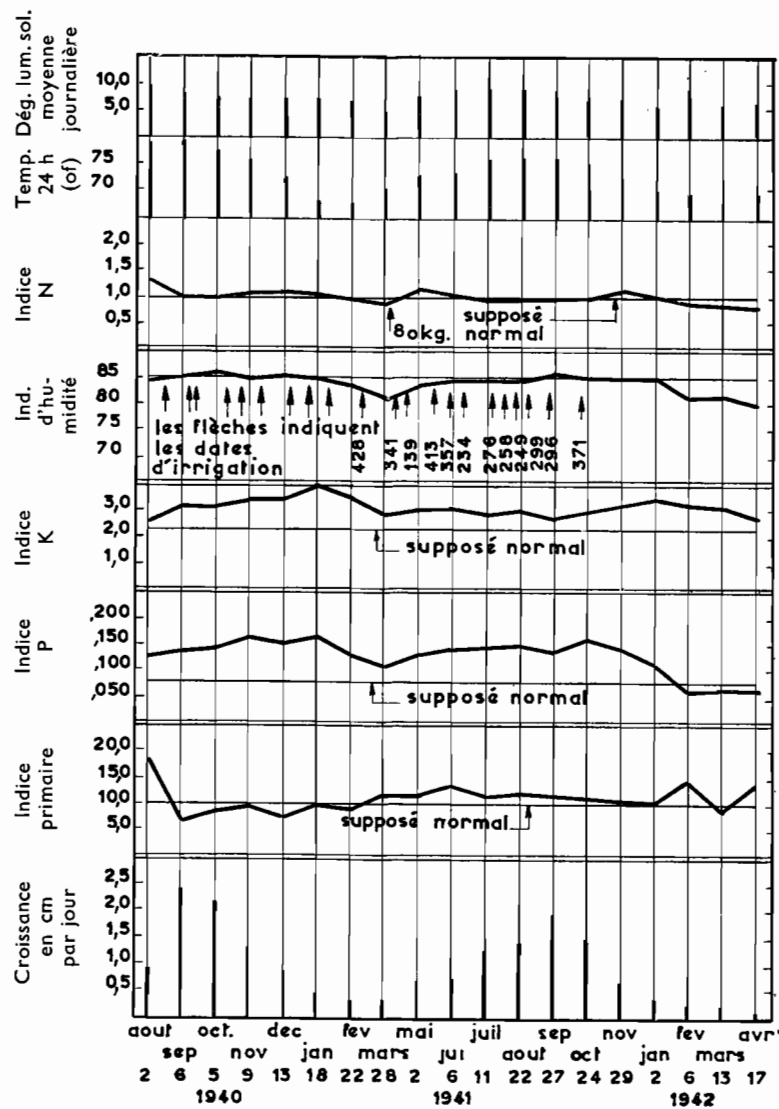


FIG. 5. — "Crop log" du carré RA de Waipio.

Le 6 septembre. L'indice primaire descend très bas et peut être considéré comme dangereux. A cette époque de l'année, avec une chaleur intense, cela traduit simplement une croissance excessive. Effectivement la rapidité de croissance est énorme : 2,4 cm par jour, soit 73 cm par mois. Mais à cet âge de la plante, on doit tirer parti de bonnes conditions pour la croissance et forcer la plante autant qu'il est possible, car bientôt il y aura plusieurs mois moins favorables qui ne pourront être utilisés que pour durcir les tiges. Donc nous continuons à pousser la plante.

L'indice d'azote baisse très rapidement. Si la conduite de la culture n'était basée que sur cette courbe, on serait enclin à apporter cet élément. Cependant l'indice primaire, très bas, indique que l'azote n'est pas le facteur limitant, donc pas d'apport d'azote.

Le 5 octobre. L'indice primaire remonte, mais il est encore bien au-dessous du niveau des 10 p. cent. L'humidité monte aussi, donc nous pourrions augmenter l'intervalle d'irrigation. L'azote monte. Puisque aucun apport d'azote n'a été fait, cela signifie que l'absorption d'azote se continue très rapidement, mais la rapidité de croissance diminuant, l'azote est plus abondant dans la plante.

Le 9 novembre. Les conditions sont favorables à la croissance. L'indice primaire augmente encore mais est presque normal. L'azote continue à augmenter. L'humidité est normale. Pas de changement dans la conduite de la culture.

Le 13 décembre. Nous sommes en période nuageuse. L'indice primaire baisse, l'humidité est normale. L'azote continue à augmenter. Pas de changement.

Le 18 janvier 1941. La culture subit maintenant une période froide ; la croissance dans les deux ou trois mois suivants sera probablement faible. Les plantes sont bien érigées mais commencent à devenir hautes. Nous devons utiliser le temps froid pour durcir les tiges sans perdre de temps. De plus, nous voulons que les plantes soient à même d'être forcées au cours de l'été prochain, mais si nous ne les durcissons pas, elles verseront, comme l'a montré la première culture précédente. Donc nous diminuons la fréquence de l'irrigation et imposons à la plante une période sèche.

Le 22 février. Le « séchage » se produit comme le montrent les indices d'humidité et d'azote. L'indice primaire est encore un peu au-dessous de la normale. Nous continuons les irrigations réduites à un intervalle de 428 degrés-jour.

Le 28 mars. A ce moment, le « séchage » est très prononcé. L'indice primaire est passé au-dessus de la normale. L'humidité et l'azote sont bas. La saison est à nouveau favorable à la croissance. Maintenant, nous devons prendre une décision. Nous pouvons apporter un peu plus d'eau, mais alors il est clair que l'azote sera le facteur limitant. Nous faisons donc maintenant la dernière application d'azote. La quantité à apporter doit être déterminée. Jusqu'à maintenant, la culture a reçu seulement les 110 kg du début. Nous connaissons la quantité totale de lumière que la culture a reçue jusqu'à ce jour d'après les degrés-lumière solaire. Une estimation nous permet de connaître la quantité de lumière qu'elle recevra encore jusqu'à la récolte. Pour être sûr que cette estimation est prudente, nous ne tenons pas compte des cinq derniers mois avant la récolte.

Sachant que 110 kg d'azote ont conduit la culture jusqu'à ce jour, une règle de trois nous donne la quantité à apporter pour aller jusqu'à la récolte. Le résultat est environ 80 kg. Ces 80 kg sont donc apportés avec l'eau au jour indiqué par la flèche sur la courbe d'azote.

Le 2 mai. L'indice primaire a cessé d'augmenter. L'humidité et l'azote sont montés rapidement. Pas de changement.

Le 6 juin. L'indice primaire a augmenté brusquement. L'azote est normal. L'humidité est un peu au-dessous de la normale. La culture est bonne, mais l'indice primaire est trop haut. Nous ramenons l'intervalle d'irrigation à 250 degrés-jour.

Le 11 juillet. L'indice primaire est meilleur à présent. Pas de changement.

Le 22 août. L'indice primaire est un peu plus haut mais presque normal pour la deuxième année. Avec les températures plus élevées que nous aurons bientôt, nous pouvons craindre que la deuxième période de croissance rapide fasse baisser la teneur en sucres. Pour être tranquille, nous ajoutons 50 degrés-jour à l'intervalle des irrigations. Ce changement est fait avec précaution car la culture est maintenant à un moment critique. Si la croissance durant les deux mois suivants est excessive, la qualité de la récolte en souffrira. Mais si la croissance est freinée durant cette même période, il y a danger de floraison. C'est pourquoi en effectue seulement une faible diminution des irrigations.

Le 27 septembre. L'indice primaire commence à baisser. Le danger de floraison est passé pour la variété considérée (31-1389). L'indice d'humidité est au-dessus de la normale. La croissance est rapide, l'intervalle d'irrigation est porté à 375 degrés-jour.

Le 24 octobre. L'indice primaire continue à baisser. L'indice d'humidité est encore haut. Nous avons maintenant notre tonnage de cannes. Le programme de récolte fixe la récolte de cette culture au début d'avril 1942. La baisse de l'indice primaire peut devenir dangereuse, nous devons faire quelque chose d'énergique. La dernière irrigation a été faite le 13 octobre. La récolte est pour dans six mois, avec d'ici là un temps incertain. Nous décidons de supprimer les irrigations dès maintenant. Si, après un mois ou deux, l'indice d'humidité commence à baisser rapidement, nous pourrions toujours faire une irrigation supplémentaire.

Le 29 novembre. L'indice primaire continue à baisser. L'indice d'humidité est élevé. L'indice d'azote a augmenté rapidement. Pas de changement.

Le 2 janvier 1942. L'indice primaire baisse. L'humidité a baissé un peu mais est encore normale. A cette date, après presque trois mois sans irrigation et seulement de faibles averses, l'indice d'humidité est encore normal : c'est une économie que nous avons faite en coupant les irrigations. Mais maintenant la récolte est seulement pour dans trois mois.

Le 6 février. Finalement, l'indice primaire monte rapidement, la maturation s'accomplit. L'humidité baisse fortement, l'azote baisse aussi.

Le 13 mars. L'indice primaire baisse à nouveau. L'humidité a augmenté un peu. L'azote est faible. Ces courbes ne nous expliquent pas le compor-

tement de l'indice primaire. Mais les raisons sont évidentes si l'on examine la climatologie : basse température, temps nuageux et averse. L'indice primaire ne doit pas nous inquiéter, puisque, avec l'humidité et l'azote aussi bas, il suffirait seulement d'un peu de beau temps.

Le 17 avril. L'indice primaire a bien augmenté, l'humidité est très faible et l'azote est faible. Nous pouvons prolonger la culture pour un autre mois, mais dès maintenant, elle est pratiquement prête pour la récolte. Elle est récoltée et donne à l'hectare 248 tonnes de cannes, soit 34 tonnes de sucre (coefficient de qualité 7,3).

Résumé. Durant la première partie du cycle de végétation, l'indice primaire est resté bas, à cause de la croissance rapide et de la température élevée. Ensuite l'indice primaire a été élevé par la forte luminosité et la croissance faible.

A la fin, l'indice primaire a été surtout sous l'influence de l'humidité, la luminosité et la température. Ces observations sont vérifiées par les corrélations et les régressions partielles. Pour produire cette récolte il a fallu : vingt six irrigations, 190 kg d'azote et 225 kg de potasse à l'hectare. La potasse n'était probablement pas nécessaire, puisque l'indice de potassium a toujours été bien supérieur à la normale. L'indice de phosphate aussi a été élevé. Si une deuxième repousse devait suivre cette culture, il n'y aurait pas besoin d'apporter de phosphore ou de potasse, d'autant plus que, suivant les indications que donneraient les indices, on pourrait toujours faire une application ultérieure de potasse, par exemple.

Nous devons remarquer que ces indications ne s'appliquent qu'au cas considéré. Sur un sol différent, ou avec un autre climat, les conclusions seraient probablement différentes.

Deuxième exemple. Le carré R. B. de Kailua (fig. 6).

Ce champ est sous un climat défavorable à la culture de la canne, nuageux et humide, conjugué avec de la fraîcheur.

L'irrigation n'y est pas possible. Les résultats culturaux ne sont pas satisfaisants, mais ils prouvent cependant, que, même dans les cas les moins favorables, un certain contrôle est possible. Enfin, les dégâts dus aux rats furent importants.

Pour tenir compte de certaines critiques, suivant lesquelles la région serait pauvre en phosphore, une forte application de phosphate fut faite au début de la repousse (450 kg de P_2O_5 à l'hectare).

On agit de même pour le calcium qui fut apporté avec l'azote sous forme de nitrate de chaux. L'apport de ces deux éléments n'était probablement pas indispensable. Enfin, pour l'azote, on apporta donc du nitrate de chaux à raison de 110 kg d'azote à l'hectare au début de la repousse.

La culture de plantation précédant cette repousse a été récoltée le 27 août 1940. Son quotient de qualité était de 9,5. Les engrais mis au début, associés à la chaleur et à des quantités suffisantes de pluies, ont donné un bon départ à la repousse.

Le 6 octobre. L'indice primaire est bas, l'humidité et l'azote sont très élevés.

Le 10 novembre. L'indice primaire est encore bas, quoique en hausse, l'humidité et l'azote sont élevés.

Le 14 décembre. Malgré une température plus faible, la croissance continue.

Le 19 janvier. Tous les indices sont bons.

Le 23 février. Quoique la pluviométrie devienne le facteur limitant, cette culture a une humidité

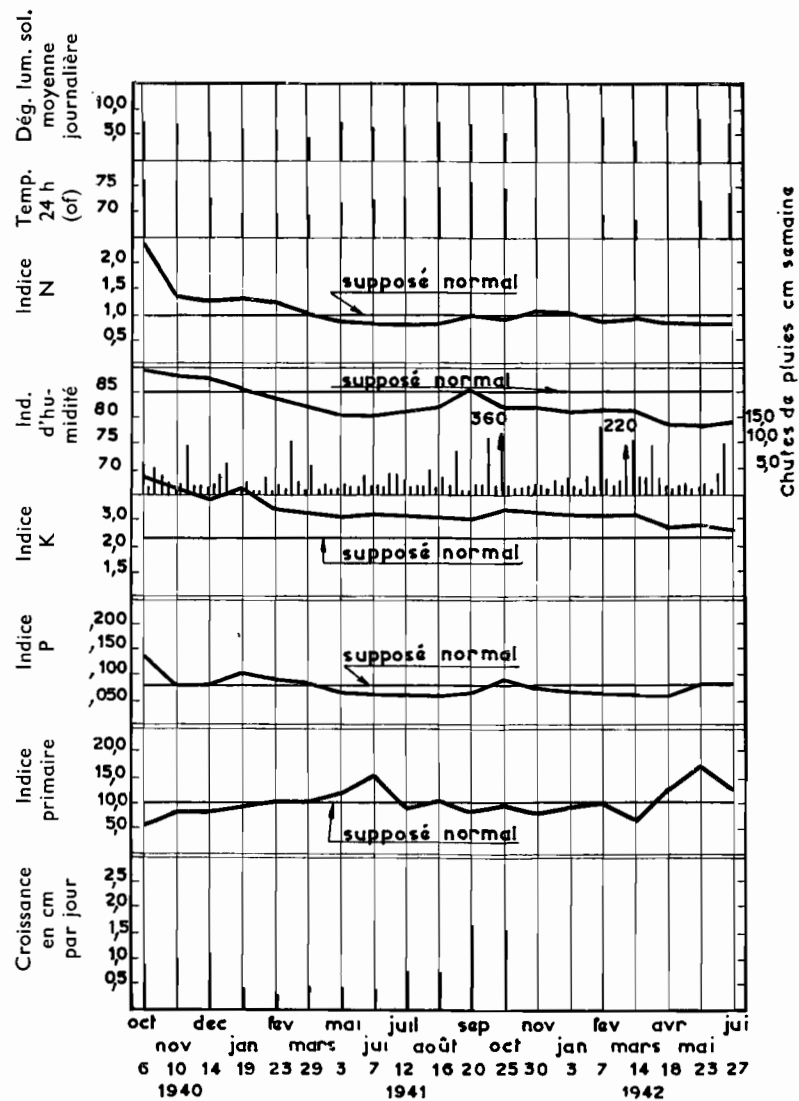


FIG. 6. — "Crop log" du carré RB du Kailua.

plus élevée que le carré voisin (R. A.) ; ceci est probablement dû à une teneur en azote plus élevée.

Le 29 mars. L'indice primaire est normal, ce qui conduit à penser que la culture ne souffre pas du manque d'eau bien que l'indice d'humidité soit en baisse.

Le 3 mai. L'indice primaire monte, l'humidité est très basse et l'azote aussi, ce qui traduit les conditions de sécheresse.

Le 7 juin. L'indice primaire est élevé, l'humidité reste faible et l'azote continue à baisser.

Le 17 juillet. Les chutes de pluie se font plus fortes, l'indice primaire baisse et l'humidité augmente. L'azote reste stable. Là, nous aurions eu une meilleure reprise de la plante si nous avions pu apporter un peu d'azote. Il aurait été préférable d'en apporter moins au début et de mettre maintenant une quantité calculée.

Le 16 août. L'indice primaire est normal, l'humidité monte lentement, l'azote est stable.

Le 20 septembre. L'indice primaire est faible, l'humidité normale et l'azote presque normal (en d'autres termes, il y a encore assez d'azote dans le sol). La culture est en bonne condition. Elle est encore érigée, bien dense et, jusqu'à présent, les rats ont fait peu de dégâts. Mais cependant les sommets sont lourds et probablement les tiges verseront bientôt.

Le 25 octobre. Avec la grosse tempête, la récolte a versé mais, probablement en raison du durcissement provoqué par la sécheresse, il y a peu de tiges cassées. L'indice primaire est bas, l'humidité a diminué, de même que l'azote.

Le 30 novembre. Les rats ont causé de gros dégâts, malgré l'utilisation de poisons. L'indice primaire est moins bas. L'azote est normal, l'humidité est stable.

Le 3 janvier. Les dégâts dus aux rats sont très sévères.

Le 7 février. L'indice primaire est normal, l'humidité reste faible et l'azote baisse.

Le 14 mars. Après une période très froide et nuageuse, l'indice primaire a baissé, bien que l'azote et l'humidité soient tous deux au-dessous de la normale.

Le 18 avril. Ici, nous commençons à constater l'action du manque d'azote. L'indice primaire monte et l'humidité et l'azote baissent malgré de fortes pluies.

Le 23 mai. La même tendance continue.

Le 27 juin. La température augmentant, l'indice primaire baisse mais reste encore élevé, l'humidité et l'azote sont faibles. La culture est récoltée et donne 124 tonnes de cannes à l'hectare et 18 tonnes de sucre (quotient de qualité 6,99), ce qui peut être considéré comme satisfaisant, étant donné les très mauvaises conditions.

A titre de comparaison, nous résumerons la culture voisine (C) qui fut conduite sans l'aide des graphiques. Les applications d'engrais furent faites suivant la pratique courante, généralement adoptée, soit : à la plantation, apport d'ammonios (225 kg de P_2O_5 et 45 kg de N à l'hectare), puis chlorure de potasse (225 kg de K_2O à l'hectare), enfin, en cours de culture, deux applications de sulfate d'ammoniaque (de 50 à 60 kg

de N à chaque fois), soit pour toute la culture 180 kg de N à l'hectare.

Juste avant la récolte, l'indice primaire est très bas, l'humidité normale et l'azote très élevé. La récolte donne 204 tonnes de cannes et 16 tonnes de sucre à l'hectare (quotient de qualité 12,78).

Donc bien qu'ayant bénéficié de chutes de pluies plus favorables, la parcelle C n'a pas donné plus de sucre que R B, et pourtant on y a utilisé 60 % de plus d'azote. D'autre part, pour chaque tonne de sucre de la parcelle C, on a dû récolter et manipuler 6 tonnes de cannes de plus que pour la parcelle R B.

IV. UTILISATION DU DIAGNOSTIC FOLIAIRE SUR LES PLANTATIONS

Dès à présent, en 1950, cette méthode d'étude de la végétation de la canne est appliquée très fréquemment. Les deux tiers des plantations sont ainsi suivis, en ce qui concerne la croissance. Toutes les plantations irriguées se servent de graphiques pour la maturation des cannes.

La dépense supplémentaire entraînée par un tel travail est très faible, et les avantages sont énormes. Une plantation de 5.000 hectares, par exemple, possède son laboratoire et deux chimistes pour faire les analyses. Pour une grosse plantation, la dépense supplémentaire entraînée par le diagnostic peut être évaluée à 10 cents (35 fr) par tonne de sucre.

Comment est-on parvenu à une vulgarisation aussi rapide ? D'abord par la création du « crop-log ». Cette représentation graphique de l'état de la culture est assez parlante pour être appliquée par le planteur lui-même, lorsqu'il y est un peu habitué. D'ailleurs, la Station Expérimentale peut toujours être consultée pour des cas complexes. Le contact permanent entre les planteurs et la Station permet aussi à cette dernière de continuer la mise au point de la méthode non seulement sur ses parcelles expérimentales, mais aussi sur les plantations.

Ensuite, il faut reconnaître que les plantations étant presque toujours importantes (moyenne 3.000 hectares environ), leur superficie justifie facilement la création du petit laboratoire.

Enfin, un gros effort a été fait pour simplifier la tâche du planteur et de son chimiste. Pour cela la Station Expérimentale a tiré parti du fait que précédemment (depuis environ 1935) elle avait mis au point un ensemble de méthodes rapides d'analyses chimiques pour les sols et les plantes. Ces méthodes ont été publiées dans le bulletin de la Station sous une forme très simple. Les réactifs sont désignés par un numéro et ils peuvent être fournis prêts à l'emploi par la Station. La méthode d'analyse se réduit alors à la succession de paragraphes correspondant chacun à une opération simple, par exemple : l'adjonction de tant de centimètres cubes du réactif n° X ou un séchage à l'étuve durant tant de minutes, etc. Des tables sont données pour les calculs des résultats. La liste du matériel nécessaire à chaque analyse est naturellement fournie. Le soin a été poussé jusqu'à donner le plan d'un laboratoire type et du minimum d'appareils qu'il doit comporter.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) CLEMENTS (H. F). — Integration of climatic and physiologic factors with reference to the production of sugar-cane. Hawaiian Planters' Record, 44, 1940.
- 2) — Environmental influences on the growth and mineral nutrition requirements of sugar-cane. Doc. dactylographié, 1949.
- 3) — AKAMINE (E. K.), SHIGOURA (G.), ISOBE (M.). — Potassium and sugar-cane. Biennial Rpt. Univ. of Hawaii Agr. Exp. Station, 1946.
- 4) — — — MORIGUCHI (S.). — The crop-log for use in sugar-cane production. Biennial Rpt. Univ. of Hawaii Agr. Exp. Station, 1944-1946.
- 5) — KUBOTA (T.). — Internal moisture relations of sugar-cane. The selection of a moisture index. Hawaiian Planters' Record, 46, 1942.
- 6) — — The primary index, its meaning and application to crop management with special reference to sugar-cane. Hawaiian Planters' Record, 47, 1943.
- 7) — MORIGUCHI (S.). — Nitrogen and sugar-cane. The nitrogen index and certain quantitative field aspects. Hawaiian Planters' Record, 46, 1942.

ÉTUDES DE CULTURES TROPICALES

LA CULTURE DE LA CANNE A SUCRE DANS LE TERRITOIRE DES HAWAII

par H. MOULINIER.

Maître de recherches des services de l'agriculture de la France d'outre-mer.

La culture de la canne à sucre est à la base de l'économie du Territoire des Hawaii. Elle satisfait un septième des besoins en sucre des Etats-Unis.

En 1949, la production de sucre brut a été d'environ 850.000 tonnes, se répartissant comme suit entre les différentes îles : environ 35 p. cent pour l'île Hawaii, 22,5 p. cent pour Oahu, autant pour Kauai, 20 p. cent pour Maui.

La surface plantée en cannes ne représente que 6 % de la surface du Territoire. En 1949, il y avait environ 86.000 ha de cannes ; la production citée plus haut correspondait à la récolte de près de 44.000 ha avec un rendement en cannes de 167 tonnes par ha et un rendement en sucre brut de 19 tonnes/ha (une tonne de canne avait donné environ 115 kg de sucre brut).

Les plantations sont vastes puisqu'elles sont seulement au nombre de vingt huit. La surface moyenne est de 3.000 ha. La plupart, toutes sauf deux, possèdent leur usine pour traiter les cannes. Sur chaque domaine les opérations de plantations sont échelonnées au cours de l'année de façon à éviter les pointes à tous les stades de la culture : irrigation, récolte, usinage.

Les planteurs sont groupés en une organisation coopérative : la « Hawaiian Sugar Planters Association ». Cette organisation est financée par l'ensemble des planteurs. Elle s'occupe de tout ce qui a trait au sucre de canne et à sa production. Elle possède même des bureaux à Washington (D. C.) et à Manille. Une de ses belles réalisations est la Station Expérimentale. La Station de Recherches principale est à Honolulu, mais de nombreuses

sous-stations existent dans les principales zones de culture des quatre îles. La Station Expérimentale comprend deux cent vingt huit membres et a un budget de 1.250.000 dollars par an, soit plus de 400.000.000 de francs. Elle s'occupe uniquement de tout ce qui a trait à la culture et à la technologie de la canne à sucre.

Mode de culture de la canne à sucre

Généralement, la canne est conduite sur un cycle de vingt deux mois pour la première plantation, puis on laisse repousser une deuxième fois. Une plantation occupe donc le terrain durant environ quatre ans.

La grande majorité des plantations est irriguée. Pour pouvoir faire une culture sans irrigation, il faut au moins 1,50 m de pluies bien réparties dans l'année, soit environ 9 cm toutes les trois semaines. Dans certaines régions, les planteurs estiment même qu'il faut 2 m de pluies par an.

La canne demande un sol riche et bien aéré. En dehors des questions de salinité, la difficulté, qui nous est apparue la plus fréquente, est la présence à faible profondeur d'un horizon imperméable ou compact. Dans ces conditions, les plantes sont toujours médiocres. Pour remédier à la pauvreté, et lorsque c'est possible, certains planteurs essayent la rotation ananas-canne durant quatre ans chacun. En général, même sur un sol très pauvre, la première récolte de canne après ananas est bonne. Ceci est dû au fait que



Creusement de fossés de drainage
sur latosols humiques



Creusement de fossés de drainage
sur latosols humiques



Plantation de boutures de canne.



Culture de cannes à sucre sur argiles magnésiennes.

l'ananas laisse beaucoup de matières organiques dans le sol (environ 50 l/ha).

Les boutures utilisées ont généralement trois nœuds, parfois cinq, chaque extrémité est trempée dans une solution fongicide à base d'acétate de mercure pour éviter les pourritures. La plantation se fait à l'aide d'une machine comportant deux socs, qui ouvrent des sillons profonds d'environ 40 cm et distants de 1 m à 1,20 m. Un homme, porté par la machine, place les boutures dans deux gouttières aboutissant dans les sillons. L'engrais peut être appliqué en même temps par la machine. Ce procédé permet de planter environ 5 ha par jour avec cinq hommes.

Les apports d'engrais sont évidemment très variables. À l'heure actuelle, on tend de plus en plus à le faire suivant les résultats du diagnostic foliaire. Un exemple d'engrais de fond mis au labour préparatoire peut être, par hectare : 110 kg d'azote (N), 200 kg de phosphore (P_2O_5) et 200 kg de potasse (K_2O).

Dans le courant de la culture on apporte surtout de l'azote, soit au pied du billon, soit dans l'eau d'irrigation. On utilise : le sulfate d'ammoniaque, l'ammophos, le phosphate naturel et le chlorure de potasse.

Dans certains cas, des engrais sont apportés en pulvérisation par avion (besoin urgent, faible pouvoir absorbant du sol, végétation trop dense). Nous avons vu un traitement de ce genre avec

67 kg d'azote et 11 ou 20 kg de potasse à l'hectare. Ces solutions utilisées sont presque à saturation. On ne constate pas de brûlure des tissus, pourvu que ceux-ci aient une bonne teneur en humidité ; pour cela on opère de bonne heure dans la matinée. Le contrôle de l'épandage se fait facilement en ajoutant de la fluorescéine aux solutions. Suivant les conditions, on peut traiter ainsi environ 300 ha par jour.

Les irrigations sont conduites souvent à l'aide du diagnostic foliaire ou de blocs de Bouyoucos (*) enterrés à 25 cm de profondeur. Cependant, il existe encore des plantations, où les irrigations sont faites au jugé ou suivant la quantité d'eau disponible. En principe, on donne une irrigation tous les quinze jours s'il n'y a pas de pluies.

Des expériences d'engrais sont faites à l'aide d'éléments radioactifs. Elles ont confirmé notamment que, dans les sols tropicaux, le phosphore est fortement et rapidement fixé par le sol. Seuls les phosphates mis au contact immédiat des racines peuvent être absorbés.

Des études très poussées sont faites depuis plusieurs années par la Station Expérimentale sur les désherbants. Ce laboratoire a mis au point un « activateur » (pentachlorophénate de sodium)

(*) Bouyoucos (G. J.). — A practical soil moisture meter as a scientific guide to irrigation practices. *Agro. Journal*, Vol. 42, n° 2, février 1950.



Irrigation des cannes.



Épandage d'herbicides sur les cannes à sucre.



Ramassage des cannes.



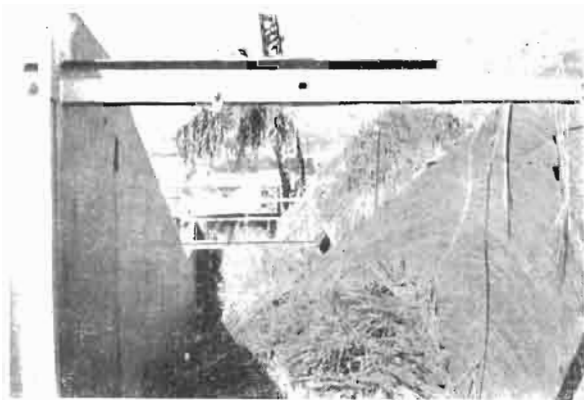
Ramassage des cannes.

qui est soluble dans l'eau et abaisse la tension superficielle. Il permet d'obtenir de bonnes émulsions et améliore le contact de la solution avec les feuilles. Les principaux désherbants sont : le Diesel-oil, le trichloracétate de sodium (T. C. A.), le 2,4-D, le chlorate de sodium et les arsénites.

L'huile de Diesel est utilisée à des concentrations variant autour de 7 p. cent. La canne à sucre y est sensible, mais ses gaines foliaires la

protègent, et, en opérant avec précaution, il n'y a pas de dégâts sensibles. En 1948, 30.000.000 de litres d'huile de Diesel ont été utilisés pour cet emploi.

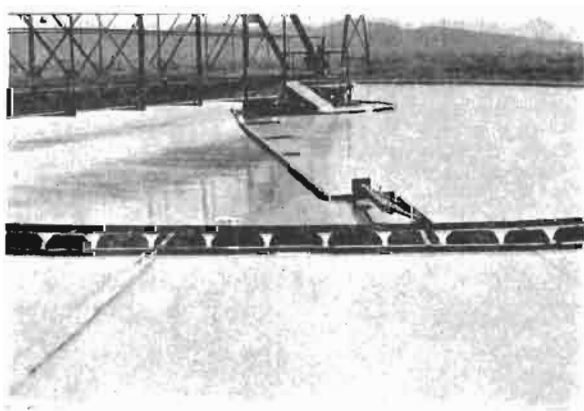
Le T. C. A. a l'inconvénient d'attaquer les métaux. Les appareils doivent être protégés par un enduit à base de matières plastiques. La concentration généralement utilisée est d'environ 2,8 kg pour 100 litres d'eau.



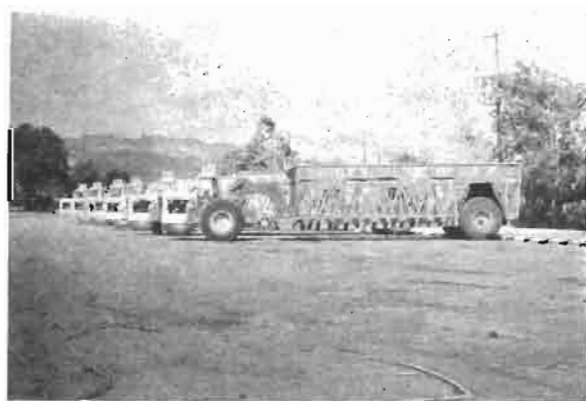
Arrivage des cannes à l'usine.



Lavage des cannes à sucre.



Bac de décantation d'une sucrerie.



l'arc de camions d'une sucrerie.

Le 2,4-D est surtout utilisé contre *Comelina nudiflora*. La concentration est généralement voisine de 4 kg pour 100 litres d'eau, mais cette solution peut aussi être diluée de 1 à 20.

Contre les grosses herbes, on emploie le chlorate de sodium en solution à 5 p. cent.

Le problème de la floraison de la canne est aussi étudié. La floraison s'accompagne de la production de tiges secondaires peu riches et qui nuisent à la qualité de la récolte. L'apparition des fleurs semble liée à plusieurs facteurs, notamment l'âge de la plante, la température et la durée du jour. Le facteur lumière semble être très important. Pour se former, les fleurs demandent une certaine durée du jour. Cette durée se rencontre généralement, ici, au début de septembre. En modifiant cette durée d'éclairage par un éclairage de nuit, on supprime la production de fleurs. Il suffit, à l'aide de lampes à filament de tungstène, de donner une très faible quantité de lumière (50 foot-candle) chaque nuit entre le 1^{er} et 15 septembre, pour arriver à ce résultat. Sur le plan pratique, cet éclairage serait

très peu onéreux si ce n'était l'installation initiale qu'il exige.

Enfin, la récolte est dominée par le fait que la main-d'œuvre est rare et chère. Les machines à récolter sont difficiles à mettre au point pour les champs irrigués. La solution généralement adoptée ici comporte seulement l'emploi d'une grue. En premier lieu, on met le feu au champ mûr sur pied. Les feuilles inférieures, qui sont sèches, sont détruites par le feu. Cela simplifie les opérations ultérieures et surtout le traitement à l'usine, ce qui est estimé avantageux malgré une faible perte de sucre due à l'incendie. Ensuite, une grue saisit les tiges dans ses mâchoires, les arrache et les dispose dans un énorme camion. Cette opération d'arrachage est relativement délicate et son succès dépend surtout du degré de dessiccation du sol. Si le sol est trop humide, une partie des racines est arrachée ; et, si l'on compte ensuite sur une repousse, il faut replanter en partie. De plus, ces racines avec leur terre compliquent le nettoyage que l'on fait à l'arrivée à l'usine.

LA CANNE A SUCRE EN LOUISIANE (ST MARY PARISH)

par Cl. MOUREAUX

Maître de recherches, ORSTOM,

La culture de la canne à sucre est très ancienne en Louisiane. Des documents datant de 1800 relatent que des familles françaises (De la Hous-saye) la pratiquaient déjà.

Les sols utilisés sont des alluvions, dont certaines ont subi une évolution palustre. Ce sont les Séries Baldwin, Iberia, Buxin, Cypremort et quelquefois Alligator.

Le mauvais drainage de beaucoup de sols est la principale difficulté rencontrée par la culture. Nous avons déjà vu plus haut l'aspect topographique de cette basse côte de Louisiane. Les levées naturelles le long des cours d'eau (bayous) sont les seules zones non marécageuses à l'état naturel. Les zones basses des levées (Back-lands) proches des marais sont protégées par une digue, drainées par des fossés ouverts et l'eau est pompée vers le marais. L'irrigation est inutile, car la pluviométrie est de 1.600 mm avec un maximum en été. La température moyenne annuelle est d'environ 20° C, mais les rares gelées d'hiver sont un facteur limitant des grosses récoltes.

Les essais sur la canne à sucre sont faits à l'Université de Bâton-Rouge.

Les rendements sans engrais sont d'environ 37 t/ha ; avec engrais ils atteignent 65 à 90 t/ha. Les « Back-lands », sols à mauvais drainage, donnent les rendements les plus bas. Quelques rares cultivateurs n'emploient encore aucun engrais, les réserves de leurs terres étant élevées ; la plupart utilisent des engrais ammoniacaux dont la réponse est la mieux marquée. Une partie seulement applique des engrais phosphatés (phosphates mono et bicalcique) et potassiques. En général, 45 à 95 kg d'azote sont utilisés à l'hectare et on considère que 7 kg d'azote donnent un accroissement de rendement de 1 t de canne à l'hectare. L'emploi d'ammoniac liquide se généralise de plus en plus.

Une rotation irrégulière est pratiquée, non à cause d'une fatigue du sol, mais pour éliminer

les mauvaises herbes. Tous les quatre ans environ, on intercale une culture de maïs, quelquefois une jachère.

La plantation se fait vers septembre. Les boutures sont plantées à la main sur des billons d'environ 40 cm de haut et espacés de 1,80 m. La croissance des jeunes plantés a lieu tout l'hiver s'il n'y a pas de gelée. S'il y a gel, les parties vertes meurent et la végétation ne repart qu'en mars, le rendement est plus faible. La récolte se fait d'octobre à novembre. Dès 1945, plus des deux tiers des cannes à sucre étaient récoltées mécaniquement. Des usines locales traitent la récolte.

Les variétés les plus répandues dans la paroisse de Ste-Mary sont : Co 290 sur sols bien drainés, CP 36-105 sur sols légers, CP 29-103 sur sols organiques (Iberia), CP 34-120, CP 43-47, CP 44-101.

Les essais de Caffery (près Franklin), sur le sol « Baldwin limoneux » très finement sableux, ont donné les résultats suivants :

RENDEMENT DES PLANTATIONS DE CANNES A SUCRE

Variétés	Tonnes cannes par ha	Kilogrammes sucre par ha
CP34-120	67,4	6.992
CP43- 47	68,4	6.852
CP44-101	53,7	5.484
Co290	63,4	5.482

D'autres essais sur le « Baldwin limoneux », sans engrais, ont donné, pour la variété Co 290, 27 t de cannes et 2.124 kg de sucre à l'hectare. Mais avec différents engrais les rendements deviennent :

RENDEMENT AVEC ENGRAIS

Kg par ha de N, P ₂ O ₅ , K ₂ O	Tonnes cannes par ha	Kilogrammes sucre par ha
45 - 0 - 0	31,9	2.718
67 - 0 - 0	39,3	3.436
67 - 45 - 45	40,2	3.492
67 - 0 - 67	40,6	3.385
90 - 0 - 0	41,1	3.184
67 - 45 - 0	41,5	3.385
67 - 28 - 67	42,3	3.493
67 - 45 - 67	43,7	3.784
90 - 45 - 67	43,7	3.594
67 - 28 - 45	45,5	3.766

On voit que l'azote, principalement, est avantageux jusqu'à 67 kg/ha puisque l'on observe un accroissement, avec la fumure 67-0-0, de 1.312 kg de sucre à l'hectare, c'est-à-dire un accroissement

de récolte de près de 60 % par rapport à la culture sans engrais.

Dans d'autres essais, c'est une dose de 90 kg d'azote à l'hectare qui s'avère le traitement optimum sur les sols de la Série Iberia, les rendements les plus forts sont obtenus avec 67 et 90 kg d'azote, 45 kg de P₂O₅ et 67 kg de K₂O.

Le chaulage donne de bons résultats et est pratiqué sur la plupart des sols, bien qu'ils soient voisins de la neutralité (des concrétions calcaires existent généralement en sous-sol). On utilise environ 2 t/ha de coquilles broyées. Les essais à Bâton-Rouge ont montré que la chaux dolomitique donne un résultat supérieur : on a ainsi obtenu 56 t/ha de canne contre 45 t avec apport de coquilles. Le calcaire naturel (agricultural limestone) est aussi utilisé. Il est finement broyé ; 100 % passe au tamis de 10 « mesh » (cent trous au pouce carré de 6,45 cm²) et 50 % au tamis de 100 « mesh » (dix mille trous au pouce carré).

LA CULTURE DE L'ANANAS DANS LE TERRITOIRE DES HAWAII

HUBERT MOULINIER

L'importance de la culture de l'ananas aux Hawaii est très grande. C'est la deuxième culture d'exportation du territoire. En 1947, pour une exportation de 92.000.000 de dollars de sucre de canne non raffiné, il y a eu à l'exportation 48.000.000 de dollars d'ananas en boîtes et 25.000.000 de dollars de jus d'ananas. Or, cette industrie est relativement récente puisqu'elle date du début du siècle. La première expédition d'ananas remonte à 1903, où mille huit cent treize caisses furent embarquées ; aujourd'hui, les expéditions sont d'environ dix-neuf millions de caisses par an.

La variété cultivée est le « Cayenne lisse ». A l'heure actuelle, l'ananas est cultivé sur 27.000 ha répartis dans deux îles et appartenant à neuf compagnies. Chaque compagnie possède son usine. La main-d'œuvre est constituée par neuf mille ouvriers permanents, auxquels s'ajoutent onze mille saisonniers au moment des grosses récoltes de juin à septembre.

Un Institut de recherches pour l'ananas fut créé il y a environ vingt-cinq ans. Cet organisme est coopératif de même que le Service de Recherche pour la canne.

Bien que se trouvant généralement dans des zones plus sèches que la canne à sucre, les ananas sont peu souvent irrigués. L'irrigation est cependant nécessaire lorsqu'il y a moins de 30 à 50 mm de pluies par mois. Quand l'irrigation n'est pas indispensable à la vie de la plante, elle semble avoir peu d'effet sur le rendement ; seule la maturité est avancée par un manque d'eau. Les besoins en eau d'irrigation peuvent être contrôlés par la mesure de l'humidité du sol à l'aide de tensiomètres à mercure, par exemple. Cependant, on leur préfère les blocs de Bouyoucos beaucoup plus sensibles aux faibles humidités, surtout si on remplace le plâtre par du nylon. Des expériences sont actuellement faites avec ces appareils pour des essais d'irrigation avec ou sans paillage ou enfouissement de matières organiques. Les diverses succions en essais sont de 0,7-1-1,5-2,0 atmosphères. On dresse les courbes d'humidité et de température du sol et d'allongement des feuilles. Dès à présent, il semble que l'enfouissement de

matières organiques et le paillage soient utiles. Par exemple, dans une région de 500 mm de pluviométrie, le meilleur résultat est obtenu par irrigation à 0,7 atmosphère et paillage. Ces irrigations apportaient 10 mm d'eau à chaque fois et revenaient environ tous les dix jours dans les périodes sans pluie.

Les exigences de l'ananas en ce qui concerne le sol sont relativement faibles. L'essentiel semble être de bonnes propriétés physiques pour la partie superficielle. Le groupe de sols le plus utilisé ici est celui des « Latosols Humiques » de basse altitude. Ces sols étant parfois érodibles, on est ainsi conduit à y faire des terrasses, ce qui amène le sous-sol en surface. Mais alors les ananas plantés directement sur le sous-sol ont une production inférieure (20 % environ). Ceci est peut-être dû aux moins bonnes propriétés physiques du sous-sol.

Quoique l'ananas soit peu exigeant en ce qui concerne la profondeur du sol pourvu que la terre de surface soit convenable, en terrain très meuble, ses racines peuvent descendre à 90 cm et ont un maximum de densité à 15 cm. Les racines supportent bien la présence de cailloux ; nous avons vu ici une bonne plantation sur un sol caillouteux et ayant seulement 50 cm de profondeur. Le point important est d'avoir de gros pores dans l'horizon de surface.

Pour les pH, la tolérance est assez grande puisque cette plante pousse normalement jusqu'à un pH de 4,5. Par l'addition de sulfate d'ammoniacal cependant, le pH peut descendre trop bas, on est amené alors à chauler. Ces apports massifs de calcium risquant de provoquer des déséquilibres, on apporte aussi de la magnésie, du potassium et du bore.

Sur les « Latosols Humiques ferrugineux », il se pose un problème de drainage. Ces sols ont une forte teneur en fer et alumine et ont en général un horizon B très imperméable et situé assez près de la surface. Dans les régions humides, ces conditions favorisent l'accumulation de l'eau en surface et la prolifération des champignons parasites. En principe, la pourriture attaque les racines, elle est due à *Phytophthora cinnamomi* ;



Jeune plantation d'ananas



La récolte des ananas aux Hawaii

mais elle peut aussi attaquer le cœur et la base des feuilles. Une pourriture des fruits, avant ou après la récolte, se rencontre aussi dans ces conditions ; elle est due à *P. parasitica*. Un troisième champignon, *Thielaviopsis paradoxa* (*Ceratostomella*) attaque le collet dont il fait pourrir le parenchyme. Ces pourritures ne donnent aucun symptôme particulier. Il n'apparaît qu'un jaunissement général plus ou moins marqué et un resserrement du cœur, ce qui ne traduit qu'un mauvais fonctionnement des racines sans en indiquer la cause. Parallèlement à la désinfection, on peut tenter l'assainissement du sol. Des essais dans ce sens ont été faits à l'aide d'une machine creusant des fossés larges de 25 à 30 cm et profonds d'un mètre. Ces fossés sont distants d'environ 1 m. Ils sont rebouchés immédiatement avec les déblais. On espère ainsi briser l'horizon imperméable et faciliter le drainage.

Le travail du sol est fait jusqu'ici par des charrues à disques ordinaires. Mais l'Institut de Recherches vient de mettre au point une charrue qui opère un meilleur enfouissement des résidus végétaux de la culture précédente. Il s'agit d'une charrue à soc, puissante (profondeur du labour 35 cm), dont le versoir est muni d'un tapis de caoutchouc entraîné qui opère le retournement de la terre. Cette charrue peut être tirée par un tracteur de 60 CV.

La plantation se fait en lignes accouplées. Les deux lignes du couple sont distantes d'environ 50 cm. Les pieds de ces lignes sont plantés à travers une feuille de papier large de 90 cm. Les avantages de la culture avec papier de couverture sont notamment l'absence d'herbes entre les lignes d'un couple et la protection du sol contre l'érosion. Il est probable, d'autre part, que le papier diminue l'évaporation et augmente la température du sol. Entre les couples de lignes, le sol est recouvert, autant que possible, des débris végétaux de la culture précédente.

Des essais de diverses couvertures sont en cours. En plus de nombreux papiers, on essaie des feuilles d'aluminium, de la cellophane transparente, des feuilles de matières plastiques de diverses couleurs (rouge, jaune, blanche), etc... La cellophane semble être la matière qui retient le mieux l'humidité. L'aluminium doit être peint en noir à sa face supérieure, pour éviter les brûlures de la plante dues à la réflexion des rayons solaires. Les matières plastiques ont le gros inconvénient de se rétrécir en séchant et par suite de se fendre. Dans le même ordre d'idée, les meilleurs papiers sont ceux qui sont gaufrés ; ils risquent moins de se déchirer.

Les désherbants sont très utilisés par les planteurs. Actuellement, cette question est encore à l'étude. Les planteurs utilisent différents produits



Culture d'ananas aux Hawaii



Plantation d'ananas dans l'île Oahu

et en changeant souvent. Le plus utilisé est le sel de sodium du pentachlorophénol.

En dehors des apports en matières organiques déjà cités, on apporte des engrais chimiques. Les engrais azotés, surtout sulfate d'ammoniaque, sont mis en partie avant la plantation. Puis un nouvel apport est fait à la première pluie. Une autre méthode consiste à apporter au quatrième mois l'azote sous forme d'une pulvérisation à raison de 30 kg/ha de sulfate d'ammoniaque. En tout, certains planteurs mettent jusqu'à 900 kg de sulfate d'ammoniaque par hectare.

Sur ces sols, les ananas répondent bien à la potasse et peu au phosphore.

Des carences en fer ou en manganèse ont été constatées. Pour augmenter la teneur en manganèse, on peut pulvériser du sulfate de manganèse, ou encore apporter du soufre qui augmente l'assimilabilité. L'excès de manganèse se produit parfois. Il est conditionné par la valeur du rapport Mn/Fe. La valeur normale de ce rapport est 2/1. Dans le cas d'un excès, on lutte donc par des

pulvérisations de sulfate de fer ou aussi par le chaulage. On signale aussi une déficience en magnésium conditionnée par le rapport K/Mg qui doit être voisin de 5/1.

Des travaux sont en cours à l'Institut de recherches sur l'étude de la nutrition de l'ananas par la méthode du diagnostic foliaire. Les résultats n'en sont pas rendus public. Les analyses sont faites sur la base de la feuille (partie blanche) lorsque celle-ci est complètement élargie sauf à la base. On ne prend que le tiers moyen de la partie blanche. Il semble que la teneur normale en phosphore soit de 0,17 % par rapport à la matière sèche.

Enfin, la récolte se fait à la main par des équipes de dix ouvriers. Une machine déplace devant l'équipe un tapis roulant qui conduit les fruits dans de grandes caisses chargées sur un camion. Chaque homme reçoit un salaire horaire minimum et doit récolter une certaine quantité de fruits. Au-dessus de cette quantité, la paye est proportionnelle à la cueillette.

LA CULTURE DU CAFÉIER DANS LE TERRITOIRE DES HAWAII

par H. MCULINIER

Maître de recherches des services de l'agriculture de la France d'outre-mer



Caféiers aux Hawaii

Dans le Territoire des Hawaii le café a une importance économique relativement faible. En 1949, pour une superficie plantée de 1.400 ha, la récolte a été de 1950 tonnes de café vert, soit un rendement moyen d'environ 1,4 t/ha.

La zone de culture du caféier est limitée au district de Kona sur la grande île Hawaii. Elle s'étend surtout de l'altitude de 250 mètres à l'altitude de 750 mètres. Au-dessous de cette zone le climat est trop sec et au-dessus il est trop froid. En raison du fait que la pluviométrie est fonction de l'altitude, il est difficile de donner une moyenne des chutes de pluie sur cette zone. A titre d'exemple voici la pluviométrie (moyenne sur trente-cinq ans) à Kealekekua situé à une altitude d'environ 450 mètres :

Janvier	93 mm	Juillet	175 mm
Février	83 mm	Août	177 mm
Mars	102 mm	Septembre	190 mm
Avril	125 mm	Octobre	156 mm
Mai	164 mm	Novembre	94 mm
Juin	169 mm	Décembre	99 mm

A cette altitude, la pluviométrie annuelle est donc voisine de 1.600 mm avec une bonne répartition. La température moyenne y est d'environ 23° C. Les sols de cette zone, très particuliers comme tous les sols hawaiiens, sont généralement assez riches. Leur profondeur est très variable mais bien souvent assez faible. Il est fréquent de trouver seulement 20 à 30 cm de sol meuble, puis un mélange de terre et de blocs de lave. Le pH est bas en général, de 4 à 5 ; il est d'autant plus bas que l'altitude est élevée. Aux hautes altitudes, vers 900 m les rendements en café sont moins élevés, quoique le sol ait tendance à être plus profond ; ceci est probablement dû à la faible température (moyenne 20° C).

Les plantations très basses, altitude 100 à 150 mètres, souffrent de la sécheresse. Cepen-

dant, certaines années très pluvieuses, elles ont des rendements extraordinaires. En 1947, par exemple, on a enregistré un rendement de plus de 6 t/ha. Ici, le sol comporte, dès la surface, de nombreux blocs de lave. La pente est assez forte et il n'est pas rare de voir des terrasses entre les lignes d'arbres.

La variété cultivée est uniquement *Coffea arabica*. Il y a quelques années c'était uniquement le type dénommé « Hawaii ». Actuellement, on tend à le remplacer par le type, « Guatemala ».

Les plantations sont, en général, de petite surface, 2 ha en moyenne, et exploitées par une famille (japonais surtout). Leur âge est généralement assez grand et atteint parfois cinquante ans. La plantation est faite en carré avec espacement de 2,40 mètres sur 2,75 mètres. En raison des différences dans le développement des arbres, cet espacement varie avec l'altitude.

Le sol est toujours maintenu propre à l'aide de désherbants. Les arsenieux qui étaient em-

Des essais d'engrais et de taille sont conduits simultanément dans la Station dépendant de l'Université. Les deux tailles étudiées actuellement se rapportent à la conduite sur plusieurs tiges. On peut les résumer de la façon suivante :

Taille n° 1 : 1950, tiges âgées de un an, trois ans, cinq ans ;

1951, tiges âgées de deux ans, quatre ans, six ans (cette dernière est supprimée) ;

1952, tiges âgées de trois ans, cinq ans, un an, etc...

Les engrais sont très utilisés. Les formules préconisées ont beaucoup varié avec le temps. Actuellement, la plus répandue est 10-5-20 à raison de 850 kg par hectare et par an. Les épandages sont faits en surface en deux fois, février et août-septembre (la récolte a lieu en octobre-novembre). Ces épandages sont généralement faits à la main, en couronne autour de chaque pied.



Caféiers aux Hawaii



Caféiers aux Hawaii

ployés avant la guerre sont remplacés maintenant par les huiles minérales. Voici, par exemple, une formule pour 100 litres de désherbant :

10 litres d'Union Oil n° 4.080,
1 kg environ d'un activant du commerce.
1,8 kg de savon.

La taille est toujours pratiquée. Elle dépend de l'altitude. Les plantations basses sont conduites sur plusieurs tiges. Aux altitudes élevées, au contraire, la tige est unique et étêtée à environ 1 mètre du sol. Les raisons de cette différence de taille ne semblent pas nettes. Il s'agit plutôt d'une habitude prise par les fermiers.

Taille n° 2 : 1950, tiges âgées de un an, deux ans, trois ans, quatre ans (cette dernière est supprimée) ;

1951, tiges âgées de deux ans, trois ans, quatre ans (cette dernière est supprimée), un an, etc...

Dans les essais, ces tailles sont combinées avec des apports d'engrais de 1,3 kg, 1,8 kg, ou 2,250 kg par pied du mélange 8-4-13 (ancienne formule préconisée par la Station). Les plus forts rendements ont été obtenus avec la taille n° 1 et 2,250 kg d'engrais. Ce résultat est peut-être dû au fait que cette taille laisse plus de bois capable de porter des fruits. Avec l'autre taille, 1,5 à

1,8 kg d'engrais suffisent ; une quantité de 2,25 kg ne donne pas de réponse supplémentaire.

L'usinage de la récolte se fait souvent dans de petites installations appartenant au fermier. Cependant, un certain nombre de planteurs sont affiliés à une société qui leur donne toutes les facilités culturales, engrais, herbicides, etc..., à condition que ceux-ci lui vendent leurs récoltes en cerises. La société possède une grande usine qui traite les récoltes. La méthode utilisée est toujours le traitement par voie humide. Après un dépulpage mécanique grossier, les fruits sont mis à fermenter durant une nuit en général, puis lavés et séchés. Ensuite on procède mécaniquement à l'enlèvement de la parche.

QUELQUES ASPECTS DE LA CULTURE DES AGRUMES EN CALIFORNIE

H. MOULINIER

Maître de recherches de l'agriculture
de la France d'outre-mer

CL. MOUREAUX

Maître de recherches de l'ORSTOM

A) LE « QUICK DECLINE »

Le « quick decline » des agrumes, dont l'étude est actuellement confiée, en Californie, au Dr BIRTER, a débuté en 1939. Aujourd'hui deux cent cinquante mille arbres sont morts. Jusqu'en 1944, seuls les arbres greffés sur bigaradiers étaient atteints. Les Dr FOSSET et WALLACE ont établi, en 1946, la transmissibilité de cette maladie due à un virus. Les recherches sont poursuivies dans trois directions : recherche de l'insecte vecteur ; symptômes, incubations, mesures préventives ; et enfin recherche de combinaisons sujet-greffon résistantes. Les expériences sont conduites à Baldwin Park à 15 km de Pomona sur une parcelle de 12 ha située dans la région atteinte.

Le virus se multiplie dans les feuilles, ensuite gêne l'alimentation normale des racines. En général, la maladie cause simplement une très forte diminution de la production mais, dans certains cas d'évolution rapide, l'arbre peut mourir en trois semaines.

Le principe de la lutte est de trouver des porte-greffes résistants. La greffe en pont a été essayée avec succès mais elle est très coûteuse. Le classement des porte-greffes par ordre de résistance décroissante est le suivant : « Rangpur », « Rough lemon », citronnier, oranger, mandarinier... (classement établi avec « Valencia » comme greffon).

L'évolution de la maladie demande en Californie dix-huit mois entre l'inoculation et les premiers symptômes. Pour faciliter les recherches les pieds à inoculer sont greffés sur « Mexican lemon ». Dans ce cas l'évolution dure quelques semaines.

B) LES SOLS A AGRUMES ET LEUR FATIGUE

La fatigue des sols ayant porté des agrumes se présente parfois en Californie. La Station des Agrumes de l'Université a étudié cette question (Dr H. D. CHAPMAN).

En général les agrumes s'accoutument d'une très grande variété de sols, depuis les sols sableux jusqu'aux sols argileux. Cependant les premiers sont plus favorables. Les meilleurs sols sont les sols alluviaux. Ils sont représentés par les séries : Yolo, Greenfield, Placentia, Ramona, Hamford. Le pH optimum se situe entre 6,5 et 7,3. Parfois on emploie le soufre pour l'abaisser. Les agrumes sont sensibles aux sels, principalement les citronniers.

La fatigue des sols à agrumes se manifeste à chaque replantation, même si la plantation précédente n'a duré que quelques années. Les facteurs de cette fatigue étudiés à la Station peuvent être classés en trois groupes : facteurs biologiques, facteurs physiques et facteurs chimiques.

Les facteurs biologiques. Il semble que les agrumes produisent des toxines spécifiques, mais elles n'ont pas encore été isolées. Le changement de porte-greffe peut être un remède quoi que rien de définitif n'ait encore été trouvé.



Plantation de citronniers en Californie

D'autre part, les parasites des agrumes s'accumulent dans les sols des plantations, en particulier les nématodes. Des essais de désinfection sont faits en serre sur des échantillons de sols. Les produits utilisés sont classiques : sulfure de carbone, chloropicrine, etc... Les fumigations ne produisent qu'une restauration imparfaite de la fertilité.

Des études comparatives sont faites sur la microflore des sols. Les premiers résultats indiquent la présence d'un *Fusarium* dans les sols des plantations, bonnes ou mauvaises.

Les facteurs physiques. Par suite des labours et des irrigations la structure se détériore. Une zone compacte se forme vers 10 à 15 cm qui gêne les racines et la pénétration de l'eau et de l'air. La dispersion des grains du sol par voie mécanique, par brûlage de la matière organique et les eaux d'irrigation, entraîne une diminution de la perméabilité.

Les facteurs chimiques. La fatigue des sols semble peu liée à la chimie, cependant des apports massifs d'engrais peuvent conduire à une accumulation néfaste de certains éléments.

Un excès de phosphore aggrave les déficiences en zinc, fer, cuivre et rend les apports d'azote moins efficaces. La potasse en trop grande quantité accentue la déficience en magnésium. En Californie, ce dernier cas est rare, car les eaux d'irrigation venant du Colorado sont riches en magnésium.

C) LA NUTRITION DES AGRUMES

(D^r A. R. C. HAAS)

L'aspect morphologique des feuilles traduit seulement la carence la plus marquée. Si cette carence est supprimée, les autres peuvent se manifester ensuite.

L'azote. Cette déficience se manifeste par un jaunissement général des feuilles. En général les engrais azotés sont acidifiants, ce qui convient ici, car les sols ont souvent un pH trop élevé. Les engrais employés sont l'urée ou les nitrates de calcium ou d'ammonium.

Le phosphore. Une déficience en phosphore se traduit par une diminution du nombre des feuilles ; en saison chaude il y a jaunissement et le bout des feuilles est brûlé. Un excès favorise les déficiences en azote, en zinc et en fer.

Le potassium. Une feuille normale contient de 0,5 à 1 % de K. Une déficience correspond à une teneur de moins de 0,3 % et se traduit par des brûlures de feuilles. On peut lutter contre cette déficience par l'injection de phosphate acide de potassium.

Le bore. La carence donne des fentes liégeuses dans les nervures des feuilles. La teneur en bore

peut varier beaucoup, même dans les arbres sains, suivant le porte-greffe ; les limites semblent être 0,04 et 0,12 ‰.

La chlorose ferrique. Les feuilles sont jaunes et les nervures restent vertes (si c'est l'inverse c'est un manque d'azote) ; si les nervures deviennent jaunes aussi, la carence est très grave. Les remèdes sont : ajouter de la magnétite au sol, ou apporter 25 à 90 g de sulfate de fer par pied avec l'eau d'irrigation, ou encore pulvériser une solution de sulfate ferreux à 1 ‰ additionnée d'acide oléique.

Déficience en zinc. Cette carence se traduit par le « mottle-leave », c'est à dire des feuilles de taille réduite, gaufrées et présentant des taches jaunes entre les nervures.

Déficience en manganèse. Les feuilles sont de taille normale mais leur nombre est moindre et elles portent de petites taches jaunes.

Pour combattre ces deux dernières carences on pulvérise la solution suivante, pour 100 litres d'eau : 650 g de sulfate de zinc, 350 g de sulfate de manganèse, 530 g de chaux éteinte.

On peut remplacer la chaux par le carbonate de soude. Ces déficiences n'apparaissent qu'au-dessus de pH 6,2 ; la première mesure est donc d'abaisser le pH.

Le cuivre. Un excès de cuivre donne de petites taches brunes sur les feuilles et l'apparition de gomme. Une déficience provoque la formation de fruits de taille réduite, présentant des taches de gomme sur la peau et à l'intérieur ainsi que des craquelures en étoile à trois branches. Il est possible que la carence en cuivre compromette l'alimentation azotée.

Des expériences sont conduites en pots en milieu liquide ou sur sable. La solution type employée est celle de Hoagland, à un pH de 4. Si le pH est plus bas, des feuilles jaunes apparaissent ; si le pH est supérieur à 4,5 les racines sont tuées par des moisissures. Ces expériences ont pour but d'étudier en particulier les rapports

$$\frac{\text{Ca}}{\text{Na}} \text{ et } \frac{\text{Mg}}{\text{Ca}}$$

En ce qui concerne la fertilisation des sols à agrumes, les principaux problèmes sont ici ceux de l'azote, de la matière organique et de la carence en zinc. Dans la région, l'orange répond peu aux engrais phosphatés mais le citronnier y répond très bien. Quelques chloroses sont dues au manque de fer en relation avec la présence de calcaire mais aussi avec l'excès d'humidité. On les combat par des pulvérisations de chlorure de fer.

La déficience en manganèse est fréquente mais peu accentuée. Le molybdène est très important pour les agrumes ; sa carence ne se fait pas sentir en Californie.

LA CULTURE DE L'ALEURITE (*Aleurites Fordii* HEMSL)

par H. MOULINIER

Maître de recherches de l'ORSTOM

Dans le passé, les Etats-Unis dépendaient entièrement de la Chine pour leur ravitaillement en huile d'aleurite. Le Sud-Est asiatique, qui est le pays d'origine de ces arbres, est encore aujourd'hui le principal centre de leur culture.

Situation de cette culture dans le Sud-Est des Etats-Unis

Le Sud-Est est la zone de culture la plus importante pour l'aleurite. La première plantation importante remonte à 1924 en Floride. A l'heure actuelle, environ 66.000 ha sont plantés en aleurites. Ces plantations occupent une bande de 150 km de large, le long de la côte du golfe du Mexique jusqu'à l'Océan Atlantique (Est de la Louisiane, Sud du Mississippi, Sud de l'Alabama et Nord de la Floride). Cette répartition est due surtout au climat. Mais le sol aussi a une grande importance, ainsi qu'il est apparu dès le début de la culture. En effet, la première plantation, située près de Gainesville (Floride), établie sur un sol mal drainé, a périclité très rapidement et a dû être abandonnée. De cette observation et de bien d'autres, faites ultérieurement, on a pu déduire les principales qualités que doit avoir un sol convenant à l'aleurite. L'essentiel des renseignements qui suivent a été tiré des publications de H. DROSDOFF (1) et (2).

Des expériences ont été conduites en 1940 en Floride pour comparer divers sols (Séries et Phases). Des résultats très significatifs ont été obtenus. En particulier à Floral City, deux Phases de la Série Lekeland (sableux) ont donné des rendements très différents. La Phase comportant un lit argileux dense entre 1 m et 1,8 m de profondeur a donné une production deux fois et demi supérieure à celle de la Phase ne présentant pas d'argile avant 2,5 m. Dans les sols sableux de Floride, un banc argileux assez proche de la surface est absolument nécessaire (rétention de l'eau et des bases).

Des expériences semblables faites dans le Mississippi et en Louisiane sur d'autres Séries de sol ont donné des résultats analogues. Les sols imperméables ne conviennent pas, mais un horizon argileux situé vers 1 m ou 1,5 m est toujours avantageux.

En résumé, dans ces régions, l'aleurite demande un sol bien drainé, tout au moins dans le mètre supérieur, mais pas trop sableux. L'idéal semble être un sol, léger dans la partie supérieure, surmontant une couche argileuse plus basse pouvant servir au stockage de l'humidité et des éléments nutritifs.

Du point de vue chimique, on peut dire, par exemple en Floride, que les meilleurs sols pour l'aleurite ont une capacité d'échange de bases assez élevée (de préférence supérieure à 5 méq. pour 100 g de sol) et au moins 50 % de leur capacité saturée par des bases.

La description ci-dessous et le tableau, adaptés de DROSDOFF (1), donnent quelques caractéristiques des types de sol les meilleurs pour la culture de l'aleurite. Ils appartiennent au Grand Groupe des sols faiblement latéritiques.

La Série Ruston. Le sol de surface gris-brun à brun-gris de 7 à 10 cm d'épaisseur a une texture qui varie de sable limoneux ou sable fin limoneux, à limon sableux ou limon finement sableux. Au-dessous, le sol, jaune brunâtre à brun jaunâtre, est un sable limoneux ou un limon sableux. Le sous-sol, qui a généralement 90 cm d'épaisseur ou plus, est un limon argileux avec sable de couleur rouge jaunâtre à jaune rougeâtre.

La Série Red-Bay. Le sol de surface brun foncé de 10 cm d'épaisseur a une texture qui varie de sable limoneux ou sable fin limoneux à limon sableux ou limon finement sableux. Au-dessous, le sol brun rougeâtre est limoneux ou limono-sableux. Le sous-sol, qui a généralement une épaisseur de 120 cm, est rouge et est constitué



Plantation d'aleurite en Floride

d'un limon argileux avec sable fin et friable ou d'une argile avec sable. Le substratum est une argile sableuse, friable et rouge, légèrement bariolée de jaune et de gris.

La Série Orangeburg. Cette série est semblable à Red-Bay mais en diffère cependant par son horizon de surface qui est gris-brun à jaune pâle au lieu d'être brun et par son sous-sol d'un rouge plus pâle.

Type de sol	Pro- fondeur cm	pH	Matière organique	Argile
			p. cent	p. cent
Limon finement sableux de Ruston.....	0 à 13	5,7	2,1	10,0
	13 à 28	5,7	0,5	15,8
	28 à 122	5,2	0,2	20,0
Sable fin limoneux de Red-Bay.	0 à 15	5,6	1,0	9,9
	15 à 40	5,8	0,3	18,9
	40 à 152	5,8	0,3	27,5
Limon sableux d'Orangeburg..	0 à 13	5,6	2,4	9,4
	13 à 76	5,4	0,7	11,5
	76 à 101	5,2	0,4	22,2

Type de sol	Capacité d'échange de bases p. 100 gr de sol meq	Bases échangeables pour 100 g de sol			P_2O_5 assimilable parties par millions
		Cal- cium meq	Magné- sium meq	Potas- sium meq	
Limon finement sa- bleux de Ruston ...	5,8	2,96	0,34	0,11	25
	4,4	2,19	0,37	0,05	tr
	4,8	2,30	0,27	0,05	tr
Sable fin limoneux de Red-Bay	3,4	0,59	0,19	0,03	13
	3,3	1,56	0,39	0,02	18
	4,4	1,70	0,50	0,03	21
Limon sableux d'Oran- geburg	5,2	1,09	0,22	0,16	tr
	2,5	0,39	0,19	0,09	tr
	3,4	0,30	0,19	0,08	tr

Les engrais.

Suivant les régions et les sols, les besoins en engrais sont très différents. Sur les sols de Floride, généralement riches en phosphore, cet élément donne peu de réponse. Par contre, en Louisiane, surtout lors de grosses récoltes, l'apport du phosphore est nécessaire. La potasse manque surtout dans le Nord de la Floride, et, aussi en Louisiane lorsqu'on a comblé le déficit en phosphore.

RÉFÉRENCES

1. U. S. D. A. — Suitability of various soils for tung production ; Circulaire n° 840.
2. STANLEY DYAL (R.), DROSDOFF (M.). — Physical and chemical properties of some important soils of the Southeast used for the production of tung oil. Soil Sc. Soc. of American Proceedings, vol. 8, 1944.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Tels sont les résultats des travaux effectués aux Etats-Unis par les trois membres de la Mission de Productivité « Etude des Sols ».

Ils sont sans doute très différents d'aspect de ceux habituellement obtenus par les Missions françaises. Cela tient avant tout à la nature même des informations recherchées. Ici, nulle question technique relative à une industrie mais des études scientifiques.

La Pédologie, ou Science des Sols, science encore jeune est l'une des bases de tout progrès en agriculture. Elle est en plein développement en France et dans les Territoires Français outre-mer, mais a atteint aux Etats-Unis un degré plus élevé d'avancement. Classification, prospection et cartographie des sols ; Classification des terres selon leur valeur ; Conservation des sols ; Ecologie des cultures tropicales sont questions maintenant largement étudiées aux Etats-Unis et auxquelles ont répondu les Pédologues Américains.

A l'étude de ces mêmes questions se sont attachés les Pédologues Français avec leurs propres vues.

Il était d'un puissant intérêt pour eux de s'initier, sur les lieux mêmes où elles se sont dévelop-

pées, aux connaissances pédologiques acquises outre-Atlantique. L'Association Française pour l'Accroissement de la Productivité l'a compris et a organisé cette première mission « Etude des Sols ».

La Mission a pu accomplir son programme grâce à l'aide qu'elle a rencontrée auprès des différents organismes et des personnalités qualifiées.

En particulier elle a apprécié l'aide que l'A. F. A. P. lui a apportée avant son départ. Elle se souvient avec reconnaissance de la chaleur de l'accueil qui lui a été réservé aux Etats-Unis tant par le personnel de l'E. C. A. à Washington que par celui du Soil Survey Division du B. F. M. et du Soil Conservation Service.

Elle tient à souligner la grande facilité avec laquelle elle a obtenu tous les renseignements qu'elle recherchait et en exprime ici sa gratitude aux nombreuses personnes qui n'ont épargné ni leur temps ni leur peine pour lui apporter un concours efficace.

Elle espère que ce rapport permettra aux chercheurs et agronomes français une ample moisson de renseignements et précisions utiles au développement de la science pédologique.

10-1955. — Imprimerie JOUVE, 15, rue Racine, Paris. — 7-1955
Dépôt légal : 3^e trimestre 1955.
