

Pédo

O R S T O M
BUREAU DES SOLS DES ANTILLES

CONCEPT D'UN LABORATOIRE D'ANALYSES
(Sols, Végétaux, Eaux)

J. et M. GAUTHEYROU

(Rapport rédigé à la demande de Monsieur le Chef de Mission FAO)
en Haïti 1966 - 1967

O. R. S. T. O. M.
Collection de Référence

n° B/2/34

Pointe à Pitre, le 28 avril 1967

INTRODUCTION

Dans le cadre des missions de durée limitée, le problème des analyses pose de nombreuses difficultés.

En effet s'il est nécessaire de monter de toute pièce un laboratoire complet susceptible d'absorber des analyses de type varié, des délais toujours considérables seront nécessaires. Si l'on peut utiliser une base déjà existante le problème sera très simplifié mais l'équipement matériel demandera encore 6 mois à 1 an au minimum.

Il est difficile d'assurer un déroulement régulier de la prospection en privant, par exemple, le pédologue ou l'hydrologue des analyses fondamentales qui vont l'aider constamment dans son travail.

Dans la phase préparatoire des appareils portatifs (pH mètre, conductimètre) pourront permettre de cerner et dégrossir les grandes lignes du programme, mais le laboratoire ne sera généralement pas encore installé complètement lorsqu'on lui demandera au bout de 2 ou 3 mois d'assurer la relève en fournissant des analyses plus diversifiées et plus précises.

C'est pourquoi, il apparaît nécessaire de disposer dans une zone géographique dont l'ampleur sera proportionnée, évidemment, à l'importance des moyens mis en oeuvre, d'un laboratoire permanent équipé pour faire face à des analyses en grande série. Ce ou ces laboratoires disposant de matériel et de personnel qualifié, seraient en mesure d'absorber les échantillons pendant les phases préparatoires d'une mission et ensuite d'assurer le plus gros des analyses courantes lors de la prospection systématique.

On éviterait par ce moyen d'une part la dispersion de crédits, d'autre part on permettrait de rationaliser le démarrage des études.

Si par la suite il apparaît nécessaire d'équiper sur place un laboratoire ce sera en pleine connaissance des exigences locales : intérêt futur, possibilité de relève assurant une solution de continuité aux études qui doivent être le prolongement naturel de la mission qui devrait jouer le rôle de nerf moteur.

On connaîtra aussi, alors les possibilités exactes : locaux disponibles, matériel déjà existant, électricité, gaz, eau, etc... qui permettront de commander le matériel le plus adéquat. Il est en effet inutile de commander un photomètre de flamme avec brûleur oxygène-acétylène par exemple s'il est impossible de se procurer ces gaz facilement.

On aura pu déterminer dans quelle mesure le recrutement de personnel spécialisé est possible et assurer éventuellement sa formation soit directement sur place soit par des stages à l'extérieur.

.../...

CONCEPTION DU LABORATOIRE

Selon l'ampleur et la diversité des analyses que l'on est susceptible de demander chaque année, on devra envisager un équipement qui répondra le plus économiquement possible aux exigences des directeurs de mission.

En partant du laboratoire entièrement automatique dirigé par ordinateur et susceptible d'absorber plusieurs milliers d'analyses par jour, mais qui à l'échelon d'une grande Nation ne pourra fonctionner que dans un centre très important avec un personnel spécialisé hautement qualifié, on peut par degré concevoir le laboratoire pratiquement réalisable à un échelon moins élevé.

INVESTISSEMENT IMMOBILIER

Nous passerons rapidement sur cette question, car pour des missions de durée limitée, il est rare que l'on ait à envisager la construction d'un laboratoire, les délais étant disproportionnés par rapport à la durée moyenne des projets.

°° Si une telle éventualité se présentait, c'est vers la construction type "Fermeture Eclair" qu'il faut s'orienter. Ce type de construction caractérisé en fait par une dalle plancher et une dalle plafond permet l'extension future en toutes directions. Un cloisonnage intérieur amovible permet de changer rapidement la disposition intérieure en fonction des besoins.

La distribution des fluides et des sources d'énergie doit être assurée, si les moyens sont suffisants, par des canalisations circulant dans un vide de 1 mètre environ établi sous la dalle plancher.

Cette solution onéreuse peut être éventuellement remplacée par une distribution sous plafond avec gaine de protection. Ce système donne une souplesse moindre que le procédé précédent et en cas de réparation il faut envisager un arrêt du laboratoire dans la zone demandant le démontage des gaines.

Cela peut être très gênant si des montages complexes ont été réalisés. Il faut démonter avant d'effectuer les réparations et en cas de fuite le matériel risque d'être endommagé.

MATERIEL D'EQUIPEMENT

Comme il est toujours difficile de recruter du personnel spécialisé en nombre suffisant, il faut envisager l'achat de matériel automatique.

.../...

Dans ce domaine le matériel atteint rapidement des prix considérables compensés par le fait que l'on économise sur le poste personnel, à la construction sur la surface des locaux nécessaires, et que l'on dispose d'un débit élevé qui donne une grande rentabilité.

Le critère du nombre de mètres de paillasses disponibles qui autrefois donnait la puissance potentielle d'un laboratoire est remplacé (sauf s'il s'agit d'enseignement) par la puissance du matériel.

Avec un matériel bien adapté on est toujours à même d'absorber dans des délais raisonnables des envois qui seront groupés par 150 échantillons au minimum.

A l'heure actuelle de nombreux fabricants réalisent ce type d'appareil. Citons par exemple pour les dosages colorimétriques par absorption (par ordre alphabétique) :

- 1)- "Auto Chemist"* de A.B Autokemi (Suède)
- 2)- "Bechman"(U.S.A)
- 3)- "Bausch & Lomb" (Allemagne)
- 4)- "Automation Instruments of Research Specialities Co" (U.S.A)
- 5)- "Autoanalyseur"* de Technicon International (U.S.A)
- 6)- "Robot Chemist"* de Warner-Lamber (U.S.A)

* Trade Mark

D'autres fabricants construisent du matériel automatique ou semi-automatique (Fisher, Jarell-Ash, Joyce, Milton Roy, Elliot, Mettler, Sauter, Volland, etc...) adaptés à certaines tâches bien définies : balances automatiques, densimètres, titrateurs, pH mètres, absorption atomique, photomètre de flamme etc...

On doit disposer d'un ensemble complet de matériel conçu pour une grande flexibilité permettant de conjuguer à volonté les divers éléments composant les chaînes analytiques, par exemple :

- Distributeur d'échantillons permettant de présenter les tubes de solution à une cadence donnée et d'assurer le rinçage pendant un laps de temps déterminé.
- Pompe proportionnante ou distributeurs de fractions permettant de pomper des réactifs en quantité déterminée.

.../...

- Dialyseur thermostaté permettant d'assurer la dialyse des substances contenant en suspension des colloïdes et des impuretés non solubles.
- Bain-Marie permettant d'accélérer certaines réactions
- Colorimètre à circulation permettant la colorimétrie automatique dans le visible ou l'U.V.
- Photomètre de flamme à 1 ou plusieurs canaux avec alimentation automatique
- Spectromètre absorption atomique avec alimentation automatique
- Fluoromètre à circulation
- Enregistreur à 1 ou plusieurs canaux
- Minéralisateur à hélice pour minéralisation acide automatique des produits organiques.
- Filtre continu pour séparation des solides en continu etc...

Tout ce matériel permet de réaliser automatiquement la plupart des analyses chimiques de sol qui font appel à la colorimétrie ou à la photométrie.

Il existe encore toute une gamme de matériels plus complexes destinés à des débits d'analyses beaucoup plus élevées, par exemple les appareils de spectrométrie à lecture directe du type "quantomètre" utilisé pour les roches, les sols etc... pour la détermination des éléments majeurs et éléments traces.

Le calcul des courbes étant long à effectuer, les résultats peuvent être calculés directement dans un intégrateur automatique qui imprime les résultats en clair pour un canal donné. C'est un poste très important car le goulot d'étranglement du laboratoire devient rapidement le calcul des résultats.

Les analyseurs séquentiels capables d'effectuer 4, 7, 8 ou 12 analyses simultanées et d'afficher les résultats en clair, permettent un débit considérable. Un multi-12 permet d'analyser 12 des paramètres retenus pour l'analyse des eaux à la cadence de 30 échantillons par heure soit 360 déterminations automatiques à l'heure avec résultats calculés et imprimés au fur et à mesure.

L'apparition des spectromètres d'absorption atomique multi-channel permettant d'analyser de 4 à 12 éléments avec lecture directe et impression des résultats marque aussi un gros progrès.

.../...

Enfin à un stade ultime les signaux électriques envoyés par les différents appareils (7 à 8 chaînes) peuvent être centralisés, dans un petit ordinateur qui commande, contrôle, calcule les résultats, établit statistiques, facturations etc ...

A ce niveau le prix d'un équipement de laboratoire est très élevé mais peut être rapidement amorti si le volume d'analyse correspond aux possibilités des chaînes soit 25 à 30.000 échantillons analysés chaque année avec 30 à 40 variables chimiques et ceci en faisant fonctionner seulement le matériel 8 heures par jour. Avec 2 ou 3 équipes et avec le même matériel on triplera ces chiffres ce qui est considérable.

Avant de se lancer dans une telle opération il est donc essentiel de savoir si les chercheurs seront en mesure d'absorber et d'interpréter les résultats. Une étude sérieuse des besoins présents et futurs est donc nécessaire.

CONCEPT D'UN LABORATOIRE SPECIALISE DANS L'ANALYSE DES SOLS, VEGETAUX ET EAUX:

SOLS : On distinguera dans les analyses de sol, 2 catégories d'analyses bien définies :

- Les Analyses Physiques *
- Les Analyses chimiques *

* Termes s'appliquant au sol et non à l'analyse proprement dite.

- Analyses Physiques On retient généralement 13 Variables :

- <u>Granulométrie</u>	Refus	1
	Carbonate de Ca	2
	Argile 2 μ	3
	Limons fins 2 à 20 μ	4
5 Fractions	Limons grossiers 20 à 50 μ ..	5
	Sables fins 50 à 200 μ	6
	Sables grossiers	7

- Structure et Caractéristiques Hydriques

pF 2.5	8
pF 3.0	9
pF 4.2	10
Instabilité structurale	11
Perméabilité	12
Porosité	13

L'automatisation dans ce domaine est assez complexe et dans l'état actuel, il est plus prudent de parler de mécanisation de certaines opérations.

Le choix de techniques nouvelles et une rationalisation poussée pouvant amener de très gros progrès dans la réalisation des analyses (centrifugation, ultra-sons etc...)

- Analyses Chimiques :

Les variables retenues sont au nombre de 40 environ, mais toutes ne seront pas analysées pour tous les types de sols. (Voir DRSTOM 1965).

- Matières organiques :

Carbone	1
Azote	2
Acides Humiques	3
Acides Humiques bruns..	4
Acides Humiques gris..	5
Acides Fulviques.....	6

- Acidité :

pH eau 1/2.5	7
pH KCl	8

- Cations Echangeables:

Ca ⁺⁺	9
Mg ⁺⁺	10
K ⁺	11
Na ⁺	12
Capacité échange	13

- Acide phosphorique:

P ₂ O ₅ Total	14
" Assi Truog	15
" Assi Olsen	16
" " Citrique ...	17

- Elements Totaux :

Perte au feu	18
Résidu	19
Silice	20
Alumine	21
Fer	22
Titane	23
Manganèse	24

Ca	25
Mg	26
K	27

Na	28
----------	----

- Fer libre

29

- Sols solubles sur pâte saturée :

Conductivité.....	30
Cl ⁻	31
SO ₄ ⁼⁼	32
CO ₃ ⁼⁼	33
CO ₃ H ⁻	34
Ca ⁺⁺	35

- Sols solubles sur pâte saturée (suite)

Mg ⁺⁺	36
K ⁺	37
Na ⁺	38

- sur extrait 1/10

Conductivité	39
--------------------	----

Humidité sol au moment

de l'analyse pour effectuer les corrections:

.....	40
-------	----

Par la suite dans certains cas bien précis (tourbes, calcaires etc...) on pourra faire intervenir le dosage des oligo-éléments. Les études plus poussées des argiles nécessiteront aussi des études aux I.R, aux Rayons X, à la thermobalance, au microscope électronique etc... Mais ces déterminations sont délicates, demandent un très gros matériel et comme on n'a pratiquement besoin que de déterminations en nombre limité, il est plus économique de s'adresser à des laboratoires spécialisés.

VEGETAUX : On distingue 6 variables courantes :

Diagnostics foliaires:

N	1
P	2
K	3
Ca.....	4
Mg.....	5
S	6

Des études plus poussées feront intervenir ensuite les oligo-éléments éventuellement, ou des dosages plus orientés sur la physiologie de la plante : acides aminés, sucres, etc... mais c'est alors plus le travail de l'équipe d'une station, que celui d'une mission de durée limitée.

EAUX : Deux optiques peuvent être envisagées:

- celle de l'hydrologue
- celle de l'utilisateur (Agronome ou consommateur)

.../...

Dans le 1er Cas, on retiendra des critères variés adaptés à la situation locale (Salinité, dureté etc...)

Dans le 2ème cas, on retiendra pour l'irrigation le teneurs en Cl^- , SO_4^{--} , Na^+ , Ca^{++} et Mg^{++} .

Pour la consommation, le problème sera plus ardu car il faut analyser à la fois l'eau sur le plan chimique, mais aussi sur le plan bactériologique.

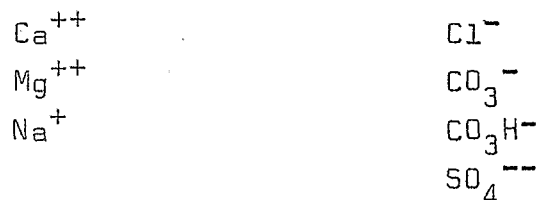
Une analyse "complète" pourra comprendre :

- <u>Sur eau brute</u> :	Aspect	1
	Turbidité	2
	Couleur	3
	Odeur	4
	pH	5
	Conductivité	6
	Azote organique	7
	Matière en suspension..	8
- <u>Sur eau filtrée</u> :	Résidu sec à 105°C.....	9
	Résidu sec à 500°C	10
	Acidité	11
	Dureté Totale	12
	Alcalinité à la phénolphtaléine.....	13
	Alcalinité au Méthylorange.....	14
	Azote organique	15
	Oxygène	16
	Silice totale	17

<u>Cations:</u> Ca^{++}	18	<u>Anions:</u> CO_3^{--}	26
Mg^{++}	19	CO_3H^-	27
NH_4^+	20	SO_4^{--}	28
Na^+	21	Cl^-	29
K^+	22	F^-	30
Al^{+++}	23	NO_3^-	31
Fe^{+++}	24	NO_2^-	32
Mn^{++}	25	SiO_3	33
		PO_4^{--}	34
		S^{--}	35

.../...

Pratiquement l'analyse est réduite généralement à la balance de :



Et s'il s'agit d'eau de consommation on ajoutera les indicateurs de pollution: M.O , NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- , soit au total 11 Variables fondamentales.

REALISATION PRATIQUE DES ANALYSES

- Tout dosage chimique peut être réalisé sur chaîne automatique à la vitesse de 20 échantillons à l'heure soit 100 dosages par jour en conservant une marge de sécurité.

L'automatisme est particulièrement intéressant quand il s'agit de déterminer plusieurs éléments sur le même extrait. C'est là que le procédé prend toute son ampleur.

Selon le volume d'analyses prévu, on utilisera une chaîne simple soit pour un seul dosage, soit pour deux dosages simultanés ou plus, soit plusieurs chaînes. Un même appareil pourra être utilisé pour plusieurs déterminations si le débit fixé est peu élevé.

Des méthodes existent pour le dosage de la plupart des éléments et il est assez facile de transposer les méthodes manuelles en les adaptant aux possibilités du matériel. Il semble que le niveau économique qui doit présider à toute décision, est un appareil disposant d'au moins 2 canaux en colorimétrie et photométrie de flamme.

- Le goulot d'étranglement d'un laboratoire d'analyse des sols sera nécessairement le laboratoire de physique des sols.

La multiplication de personnel peu spécialisé doit permettre à ce secteur de suivre le rythme du département chimie, si la mécanisation n'est pas possible.

Tout devra donc être fait pour équilibrer ces 2 services.

- Pour les analyses de végétaux et d'eau, les problèmes seront moins ardues. Ce sera surtout une question de moyens financiers à mettre en oeuvre.

.../...

CONCLUSION

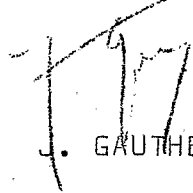
Dans le cadre général, dans lequel est traité ce court rapport, il n'est pas possible d'établir une fiche financière détaillant le matériel sans avoir des données précises telles que les prévisions concernant :

- Le volume d'analyses annuel et les types d'analyses à effectuer sur les sols, les eaux etc...
- Les délais d'exécution souhaités.
- La précision de chaque détermination permettant de définir la fourchette plus ou moins étroite dans laquelle les appareils devront travailler.

On peut concevoir 2 échelons dans le laboratoire :

- Une partie fixe assurant les analyses de série, dotée de gros matériel et de personnel très spécialisé et qualifié.
- Une ou plusieurs antennes mobiles qui, disposant de matériel portatif léger, seraient chargées d'établir dans la phase de démarrage les prévisions d'analyses avec les différents responsables de la mission, de réaliser les analyses sommaires nécessaires dès le début, de préparer les échantillons et d'assurer la liaison avec le laboratoire central.

Pointe à Pitre le 28 Avril 1967


J. GAUTHEYROU