

FAO/SF: 51/LEB-10

ENQUETE PEDOLOGIQUE ET PROGRAMMES D'IRRIGATION CONNEXES

LIBAN

U.S. Department of Agriculture
National Agricultural Library
Division of Lending
Beltsville, Maryland 20705

Rapport final

Volume I

Général

U. S. DEPT. OF AGRICULTURE
NATIONAL AGRICULTURAL LIBRARY

AUG - 21974

CATALOGING - PNEP.

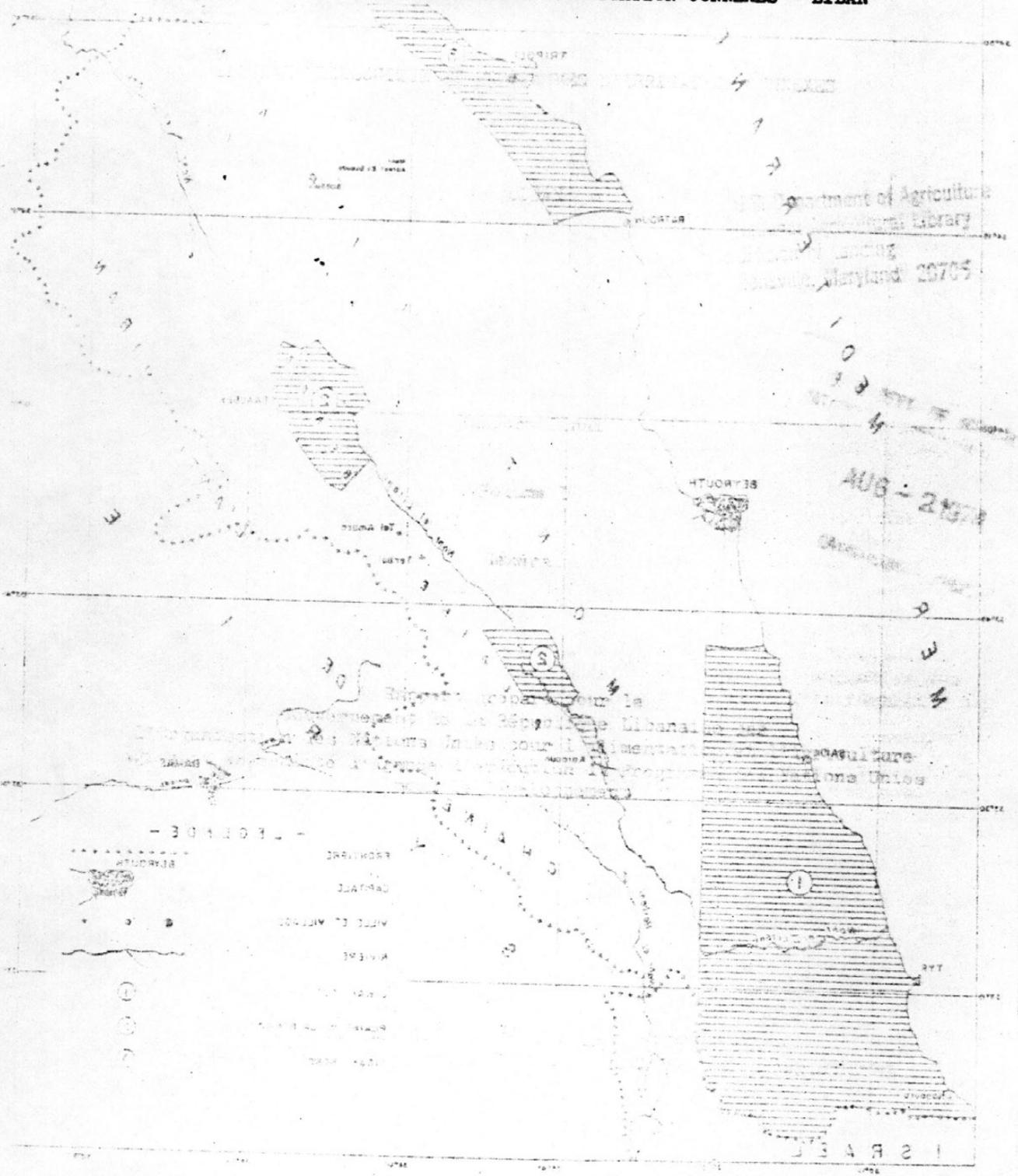
Rapport préparé pour le
Gouvernement de la République Libanaise par
l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
agissant en qualité d'Agence d'exécution du Programme des Nations Unies
pour le Développement

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

Rome 1968

LOCALISATION DES ZONES D'ENQUETE

ENQUETE PEDOLOGIQUE ET PROGRAMMES D'IRRIGATION CONNEXES - LIBAN



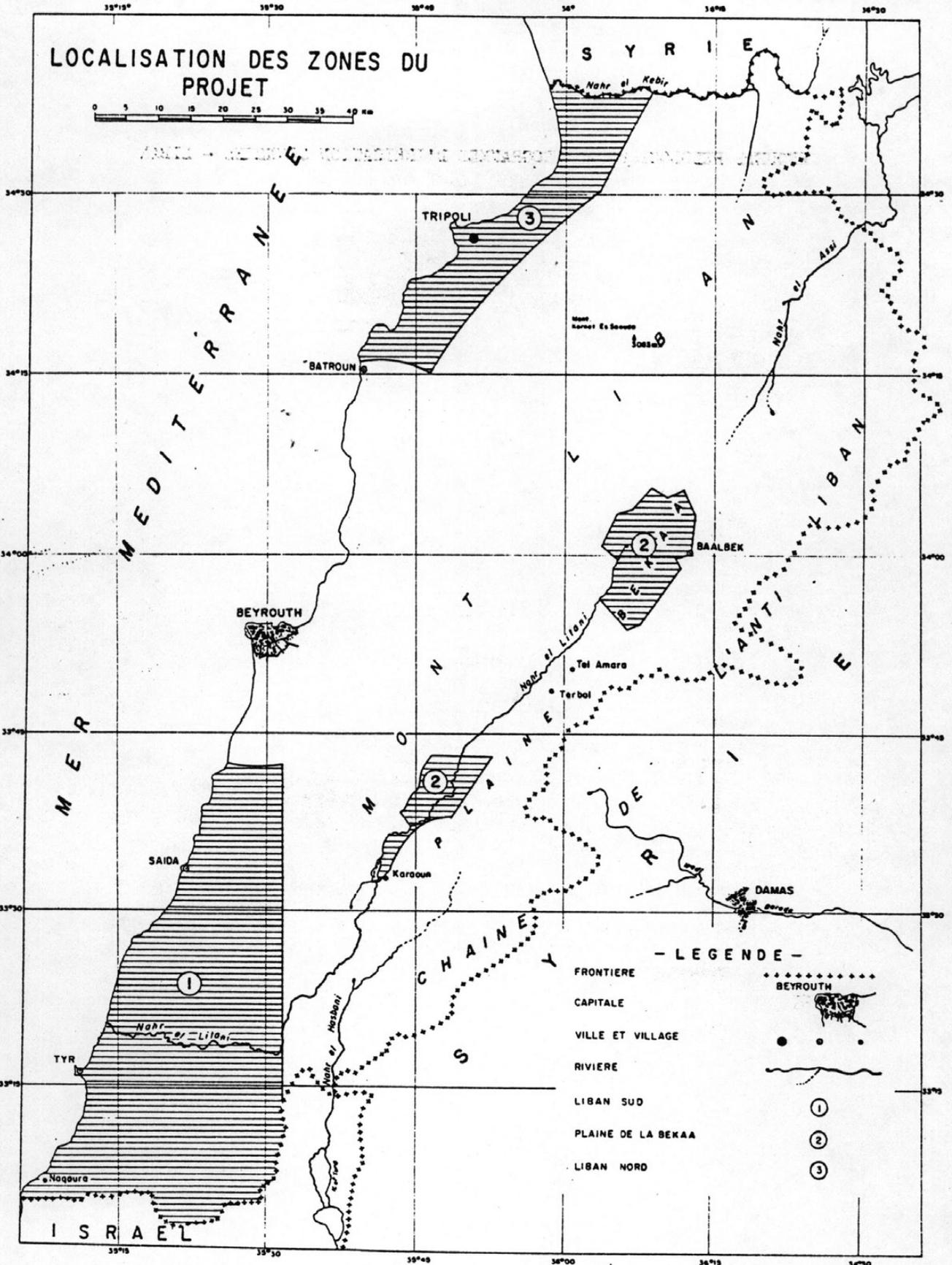
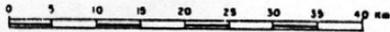
U.S. Department of Agriculture
Soil Conservation Service
Washington, Maryland 20705

AUG - 21 1954

LEGENDE

ISRAEL

LOCALISATION DES ZONES DU PROJET



- LEGENDE -

- FRONTIERE
 - CAPITALE
 - VILLE ET VILLAGE
 - RIVIERE
 - LIBAN SUD
 - PLAINE DE LA BEKAA
 - LIBAN NORD
- BEYROUTH
- ①
- ②
- ③

SOMMAIRE

Ce rapport décrit l'origine, le déroulement et les résultats d'un projet du Fonds Spécial du Programme des Nations Unies pour le Développement au Liban. Le but de ce projet était d'aider l'Institut des Recherches Agronomiques du Ministère de l'Agriculture dans l'évaluation des ressources en sols de zones agricoles prioritaires et dans la mise au point des techniques d'irrigation les mieux adaptées aux différentes situations.

La requête du Gouvernement libanais pour obtenir l'assistance des Nations Unies fut approuvée par le Conseil de Direction du Fonds Spécial des Nations Unies en janvier 1963. Le plan d'opérations fut signé en avril et les opérations commencèrent en juillet de la même année.

La contribution apportée par le Fonds Spécial des Nations Unies^{1/} sous forme de spécialistes, de bourses d'étude et d'équipement s'est chiffrée à 581.900 \$E.U. La contribution en nature du Gouvernement libanais pour le personnel de contrepartie et les dépenses locales entraînées par les opérations du projet, s'est élevée à l'équivalent de 623.310 \$E.U.

Les opérations du projet ont porté sur trois aspects principaux: la prospection des sols et leur classification suivant leur aptitude pour l'irrigation, l'évaluation des besoins en eau des cultures principales et les techniques d'irrigation, la fertilité des sols et l'utilisation des engrais.

Les prospections pédologiques ont porté sur trois zones prioritaires situées dans le Liban Sud, la Bekaa et le Liban Nord. Au total 211.000 hectares ont été prospectés en détail ou en semi-détail. La distribution des terres en ce qui concerne leur aptitude à l'irrigation est la suivante:

classe 1:	terres très favorables	23.050 ha.
classe 2:	terres favorables	57.900 ha.
classe 3:	terres marginales	46.300 ha.
classe 4:	terres ne convenant pas	83.750 ha.

^{1/} Le financement de ce projet a été assuré par le Fonds Spécial des Nations Unies jusqu'au 1er janvier 1966. A cette date, le Fonds Spécial des Nations Unies et le Programme Elargi d'Assistance Technique ont fusionné sous la dénomination de Programme des Nations Unies pour le Développement qui a continué d'assurer le financement du projet.

Le programme des recherches sur l'irrigation, réalisé en collaboration étroite avec l'Office National du Litani, a porté sur trois campagnes. Il a consisté en une série de mesures de l'évapotranspiration par différentes méthodes et de champs d'essais sur les techniques d'irrigation par aspersion et par gravité. Les conclusions et recommandations tirées de ces essais ont un caractère provisoire en raison du petit nombre de répétitions et devront être confirmées dans le cadre d'un programme d'expérimentation et de recherches à long terme qui a été élaboré au cours du projet. Ce programme sera poursuivi par l'Institut de Recherches Agronomiques en collaboration avec un nouveau projet d'aménagement hydro-agricole qui vient d'être approuvé en janvier 1968 par le Conseil d'Administration du Programme des Nations Unies pour le Développement.

Les études de fertilité des sols et d'utilisation des engrais ont compris des essais en vases de végétation et des essais en champ. Des expérimentations permanentes sur cultures irriguées ont été établies et le problème de la fumure des sols très calcaires sous irrigation spécialement étudié. Les recommandations de fumure sont encore fragmentaires et provisoires et devront également être confirmées au cours d'un programme à long terme qui sera poursuivi par l'Institut des Recherches Agronomiques au cours des années à venir.

Le rapport décrit les résultats obtenus au cours de ces études et les conclusions auxquelles on est parvenu. Le programme des Nations Unies pour le Développement et l'Institut des Recherches Agronomiques ont financé ces études. Les résultats ont été publiés dans le rapport de l'Institut des Recherches Agronomiques et dans le rapport de l'Institut des Recherches Agronomiques.

Le rapport a été préparé par le Centre de Recherches Agronomiques de l'Institut des Recherches Agronomiques. Les études ont été financées par le Conseil d'Administration du Programme des Nations Unies pour le Développement.

Le Centre de Recherches Agronomiques de l'Institut des Recherches Agronomiques a financé ces études. Les résultats ont été publiés dans le rapport de l'Institut des Recherches Agronomiques.

Les études ont été financées par le Conseil d'Administration du Programme des Nations Unies pour le Développement. Les résultats ont été publiés dans le rapport de l'Institut des Recherches Agronomiques.

Le Centre de Recherches Agronomiques de l'Institut des Recherches Agronomiques a financé ces études. Les résultats ont été publiés dans le rapport de l'Institut des Recherches Agronomiques.

classe 1 :	terres très favorables	25.000 ha
classe 2 :	terres favorables	21.000 ha
classe 3 :	terres marginales	10.000 ha
classe 4 :	terres non favorables	44.000 ha

Le rapport a été préparé par le Centre de Recherches Agronomiques de l'Institut des Recherches Agronomiques. Les études ont été financées par le Conseil d'Administration du Programme des Nations Unies pour le Développement.

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
SOMMAIRE	v
CHAPITRE I - INTRODUCTION	1
1.1 Origine du projet	1
1.2 Objectifs	2
1.3 Déroulement des opérations	2
1.4 Suite du projet	3
1.5 Remerciements	4
CHAPITRE II - RESUME DES RESULTATS, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	5
2.1 Résultats	5
2.2 Formation technique	7
2.3 Conclusions et recommandations	8
CHAPITRE III - PHYSIOGRAPHIE	15
3.1 Relief	15
3.2 Climat	16
3.3 Géologie	19
3.4 Sols	19
3.5 Eaux	22
3.6 Végétation - Utilisation des sols	23
CHAPITRE IV - PEDOLOGIE	25
4.1 Système de cartographie des sols - Classification des terres pour l'irrigation	25
4.2 Liban Sud - versant ouest	28
4.3 Plaine de la Bekaa	36
4.4 Liban Nord - versant ouest	38
4.5 Recommandations pour un programme futur de cartographie des sols	40

TABLE DES MATIERES (suite)

	<u>Page</u>
CHAPITRE V - IRRIGATION	
5.1 Unité pilote d'expérimentation sur l'irrigation	41
5.2 Mesure de l'évapotranspiration potentielle (ETP)	41
5.3 Mesure de l'évapotranspiration réelle (ETR)	42
5.4 Etude de l'irrigation par aspersion	43
5.5 Etudes et travaux connexes à l'irrigation	45
	48
CHAPITRE VI - FERTILITE	51
6.1 Essais en vases de végétation sur sols calcaires	52
6.2 Essais en champ	53

ANNEXES

I - Plan d'opérations	59
II - Liste du personnel du projet	73
III - Bourses d'études	75

TABLEAUX

	<u>Page</u>
1. Utilisation actuelle des sols au Liban.	23
2. Distribution des principales cultures au Liban.	23
3. Liban Sud - versant ouest - Zone de Saïda. Inventaire des surfaces convenant à l'irrigation.	29
4. Liban Sud - versant ouest - Zone d'Iklim el Kharroub. Inventaire des surfaces convenant à l'irrigation.	33
5. Liban Sud - versant ouest - Zone de Naqoura. Inventaire des surfaces convenant à l'irrigation.	35
6. Bekaa Sud. Inventaire des surfaces convenant à l'irrigation.	37
7. Liban Nord - versant ouest. Inventaire des surfaces convenant à l'irrigation.	40
8. ETP moyenne pour une année normale en mm/jour.	43
9. Détermination de l'ETR à partir du bilan hydrique au champ.	44
10. Rendement de maïs-grain avec différentes quantités d'eau.	45

CARTES

1. Localisation des zones du projet.
2. Carte orographique et hydrographique
3. Carte des isohyètes

frontispice

13

17

CHAPITRE I

INTRODUCTION

1.1 Origine du projet

Ayant décidé de réaliser des investissements importants en vue de son développement, le Gouvernement de la République Libanaise a engagé en 1960 une étude générale pour établir un plan de développement à moyen terme.

Dès 1961 les premières conclusions mettaient l'accent sur l'urgence de la mise en valeur des ressources naturelles en sols et en eaux, surtout en ce qui concerne l'irrigation des terres. La superficie du Liban est de 10.000 km². Les surfaces cultivées ne dépassent guère 260.000 ha (26%), dont 54.000 ha sont irrigués de façon plus ou moins satisfaisante pour couvrir complètement les besoins des cultures. L'irrigation est indispensable pour atteindre des rendements agricoles acceptables, les cultures en sec ne donnant en général que de faibles productions. Fin 1961, les études permettaient de conclure à des possibilités certaines d'augmentation de la production agricole, aussi bien par l'extension des superficies cultivées et irriguées, que par l'amélioration des techniques agricoles.

En 1962, le Fonds Spécial des Nations Unies avait apporté son aide au Gouvernement libanais dans deux projets:

- "Développement de la montagne libanaise, formation et recherches forestières", plus communément appelé "Projet forestier": 7 février 1963 - 6 août 1967;
- "Etude des eaux souterraines": janvier 1963 - janvier 1969.

L'objectif prioritaire du second projet était d'assurer une adduction d'eau suffisante aux agglomérations urbaines en rapide expansion. On pouvait également espérer, comme cela s'est vérifié par la suite, que l'agriculture pourrait utiliser le surplus de ces ressources.

Le Plan Quinquennal, établi par le Gouvernement libanais pour les années 1962-1966, consacrait une part importante de ses crédits d'équipement à l'extension de l'irrigation. Il est apparu nécessaire de dresser au plus tôt un inventaire général des ressources

en sols de l'ensemble du pays, en donnant priorité aux surfaces intéressées par les projets d'irrigation en cours d'exécution, en cours d'étude ou déjà envisagés.

Fin 1961, le Gouvernement libanais avait sollicité l'aide technique et financière du Fonds Spécial des Nations Unies, afin de procéder à une enquête pédologique et d'étudier des programmes d'irrigation connexes. Cette requête fut approuvée par le Conseil d'Administration du Fonds Spécial des Nations Unies en janvier 1963 et l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture a été désignée comme Agence d'Exécution.

Le plan d'opérations fut signé conjointement le 26 avril 1963 par le Gouvernement de la République Libanaise, le Fonds Spécial des Nations Unies et l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture. Le projet, rendu opérationnel le 3 juillet 1963, s'est terminé le 31 décembre 1967.

Le plan d'opérations fixait la contribution du Fonds Spécial^{1/} à la somme de 485.700 \$E.U. et celle du Gouvernement libanais à 544.000 \$E.U.

Un amendement (No. 1) au plan d'opération signé en mai 1967, portait la contribution du Fonds Spécial à 581.900 \$E.U. et celle du Gouvernement libanais à 623.310 \$E.U. et prolongeait la durée totale du projet de six mois, jusqu'au 31 décembre 1967.

1.2 Objectifs

Les objectifs du projet peuvent être résumés par les 4 points principaux suivants:

- dresser un inventaire des ressources en sols convenant à l'irrigation dans les secteurs du Liban Sud, de la Bekaa et du Liban Nord,
- déterminer les besoins en eau d'irrigation des cultures principales et mettre au point des méthodes pratiques d'irrigation,
- améliorer l'emploi des engrais et autres techniques culturales,
- assurer le perfectionnement professionnel du personnel libanais de contrepartie.

Ces objectifs ainsi que les travaux prévus sont décrits en détail dans le plan d'opérations annexé à ce rapport (annexe I).

1.3 Déroulement des opérations

Le projet entra en opération le 3 juillet 1963, pour une durée initiale de 4 ans. Par la suite, il fut prolongé de 6 mois et prit fin le 31 décembre 1967.

Le programme des prospections pédologiques débuta immédiatement, car l'équipe des pédologues et leurs homologues libanais étaient en place dès juillet 1963. Elles

^{1/} Le financement de ce projet a été assuré par le Fonds Spécial des Nations Unies jusqu'au 1er janvier 1966. A cette date, le Fonds Spécial et le Programme Elargi d'Assistance Technique ont fusionné sous la dénomination de Programme des Nations Unies pour le Développement qui a continué à financer le projet.

portèrent sur les 3 secteurs indiqués par le plan d'opérations: Liban Sud, Bekaa, Liban Nord. Au total 211.000 ha ont été cartographiés.

Le programme des études sur l'irrigation commença en 1964; plusieurs experts en mission de courte durée y ont collaboré. Au cours du projet, une certaine modification fut apportée au programme: une série d'essais sur les besoins en eau de différentes cultures et sur les techniques d'irrigation ont été exécutés dans 10 stations expérimentales situées dans les 3 zones susmentionnées, durant 3 campagnes.

L'expert en fertilisation a commencé son programme en 1965; un expert en mission de courte durée y a collaboré. Ce programme a porté sur deux campagnes et a surtout consisté en une étude sur les besoins en engrais de différentes cultures sur des sols représentatifs, situés dans 6 stations expérimentales au Liban Sud et en Bekaa.

Le projet a travaillé en liaison avec l'Institut de Recherches Agronomiques du Ministère de l'Agriculture du Liban, basé à Tel Amara. Les spécialistes de cet Institut, et plus particulièrement ceux de la Section sols et de la Section irrigation, ont formé des groupes de travail avec les experts de l'Organisation pour l'Alimentation et l'Agriculture dans un excellent esprit de collaboration.

L'Office National du Litani a utilisé les cartes des sols du Liban Sud pour l'établissement d'un avant-projet d'irrigation. En retour, cet organisme a apporté une collaboration de plus en plus étroite au programme d'irrigation.

La Direction Générale des Ressources Hydrauliques et Electriques du Ministère des Travaux Publics, qui travaille en collaboration avec le "projet pour l'étude des eaux souterraines", a eu recours au projet pour effectuer les études préparatoires de plusieurs périmètres d'irrigation.

Le Service National Météorologique a fourni les données disponibles pour le calcul des besoins en eau et a contribué à l'extension du réseau météorologique existant, indispensable pour la recherche agronomique.

La collaboration avec l'American University of Beirut a abouti à un programme commun d'expérimentation sur les besoins en eau par la méthode des lysimètres.

Le Plan Vert, assisté du "Projet Forestier", a effectué en collaboration étroite avec le projet des prospections pédologiques et des essais d'irrigation. Un pédologue a été détaché au "Projet Forestier" pour effectuer la prospection des régions montagneuses du Liban.

1.4 Suite du projet

Une liaison très étroite a été maintenue avec les deux projets. L'ensemble des données rassemblées par les trois groupes de travail a donné naissance à un nouveau projet du Fonds Spécial des Nations Unies, approuvé en décembre 1967: "Projet d'aménagement hydro-agricole" (opérationnel en 1968).

Grâce à l'étude des sols faite dans l'ensemble du pays et qui est maintenant (presque) terminée, le Gouvernement a pu réunir les renseignements de base indispensables à l'élaboration d'un programme de développement hydro-agricole: il dispose d'un inventaire des terrains les plus propices à l'irrigation, d'une estimation préliminaire des besoins en eau des cultures principales et des conclusions essentielles des recherches faites sur la fertilité des différents sols. Tous ces renseignements font actuellement l'objet d'une corrélation avec les résultats de l'étude des eaux souterraines, résultats qui seront soumis au cours de cette année à un examen plus détaillé grâce à une aide supplémentaire du PNUD (Fonds Spécial).

Dans le domaine de l'agriculture, la phase suivante de l'action gouvernementale serait consacrée à des évaluations économiques et techniques des résultats que pourrait donner l'irrigation, particulièrement dans l'important périmètre irrigable que l'étude des sols a permis d'identifier dans le nord du pays. Afin de réaliser ce programme d'action, le Gouvernement élaborera avec le concours de la FAO une demande d'assistance relative à un projet de seconde phase, demande qui a été approuvée par le Conseil d'Administration du Programme des Nations Unies pour le Développement lors de sa cinquième session tenue en janvier 1968.

L'objectif du nouveau projet, dont la durée sera de 4 ans, est de mettre en place et de faire fonctionner des installations pilotes d'irrigation par aspersion dans le nord du Liban, en procédant à cette occasion à des démonstrations de l'utilisation des nappes phréatiques; d'étudier les possibilités économiques de l'ensemble du périmètre irrigable situé dans cette région et de fournir l'assistance nécessaire sur le plan institutionnel et législatif afin d'établir les bases pour l'élaboration éventuelle d'un plan national de développement hydro-agricole.

1.5 Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement:

- M. le Ministre et M. le Directeur Général de l'Agriculture,
- M. le Ministre du Plan et M. le Directeur du Service de la Coopération Technique,
- M. le Président et MM. les membres du Comité Exécutif du Plan Vert,
- M. le Conseiller Technique du Président de la République Libanaise,
- M. le Directeur Général du Ministère des Ressources Hydrauliques et Electriques,
- M. le Président et MM. les membres du Conseil d'Administration du Conseil National de la Recherche Scientifique,
- MM. les Experts français détachés auprès de l'Institut de Recherches Agronomiques.

Nos remerciements tous spéciaux vont également à la Direction Générale de l'Institut de Recherches Agronomiques du Liban et à son Conseil d'Administration auprès desquels nous avons toujours trouvé une aide efficace.

La Direction Générale et les Techniciens de l'Office National du Litani trouveront ici l'expression de notre reconnaissance pour l'aide importante apportée au programme d'irrigation du projet, sous forme d'informations techniques aussi bien que d'équipements.

La collaboration des ingénieurs et des techniciens libanais, membres du personnel de contrepartie affectés au projet, a été particulièrement précieuse et nous les en remercions. Il faut mentionner ici tout spécialement le personnel des Section des Sols et de l'Irrigation de l'Institut de Recherches Agronomiques du Liban. Leur collaboration constante au cours des cinq années du projet a été un gage de réussite et de succès.

Toutes les personnes des secteurs publics et privés qui, de quelque manière que ce soit nous ont aidé, trouveront ici l'expression de notre gratitude.

Liste du personnel du projet en annexe II.

CHAPITRE II

RESUME DES RESULTATS, CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

2.1 Résultats

L'Institut de Recherches Agronomiques (IRA) du Ministère de l'Agriculture du Liban, basé à Tel Amara, a été l'Organisme de contrepartie officiel du projet. Les études ont été réalisées dans un excellent esprit de collaboration par les spécialistes de la FAO et de l'IRA, et ont porté sur la pédologie, l'irrigation et la fertilisation.

Pédologie

Un inventaire des ressources en sols dans les secteurs intéressés par le projet (voir carte frontispice) a été dressé grâce à une prospection pédologique des surfaces suivantes:

Liban Sud - versant ouest	114.000 ha
Plaine de la Bekaa	37.000 ha
Liban Nord - versant ouest	60.000 ha
	<hr/>
	211.000 ha

L'étude pédologique a surtout été conçue en fonction de l'irrigabilité des sols. Les terres convenant à l'irrigation ont été groupées en 3 classes:

- classe 1: très favorable à l'irrigation,
- classe 2: moyennement favorable à l'irrigation
- classe 3: marginale pour l'irrigation.

L'inventaire des classes a abouti aux estimations suivantes des terres convenant à l'irrigation (en ha):

	<u>classe 1</u>	<u>classe 2</u>	<u>classe 3</u>	<u>Total</u>
Liban Sud - versant ouest	300	31.250	22.450	54.000
Plaine de la Bekaa	8.350	11.950	9.550	29.850
Liban Nord - versant ouest	14.400	14.700	14.300	43.400
Total	<u>23.050</u>	<u>57.900</u>	<u>46.300</u>	<u>127.250</u>

Les résultats de la cartographie des sols ont été consignés sur une série de 13 cartes, à l'échelle du 1/20.000 ou du 1/50.000. Elles seront annexées au Volume II.

L'impression des cartes pédologiques a été définie d'après le plan d'opérations comme contribution libanaise de contrepartie. Un certain nombre de cartes sont encore en cours d'impression à la Direction des Affaires Géographiques du Liban.

L'étude pédologique a permis de mettre au point une méthode pour la cartographie et la classification des sols du Liban, de sorte que des levés pédologiques ultérieurs pourront être faits de façon standardisée.

Le projet a aidé l'IRA à perfectionner l'installation de son laboratoire des sols en lui fournissant un complément d'équipement des plus modernes. Des méthodes d'analyse des sols y ont été mises au point.

Irrigation

A Terbol a été installée la première "unité pilote d'expérimentation sur l'irrigation" composée d'une station agroclimatologique, de parcelles équipées d'évapotranspiromètres pour la mesure de l'ETM (évapotranspiration maximum d'une culture) et de champs d'essais factoriels sur microparcelles. Cette installation a comme but d'étudier les besoins en eau des cultures et l'irrigation la plus efficace, ce qui conduira à l'utilisation la plus économique de l'eau.

La mesure de l'ETP (évapotranspiration potentielle) sur ray-grass et luzerne a donné les résultats suivants (en mm/an):

	<u>Bekaa</u>	<u>Côte</u>
ray-grass	1640	1460
luzerne	2190	2190

Des déterminations de l'ETR (évapotranspiration réelle) ont été effectuées sur plusieurs cultures par différentes méthodes: atmomètre, évapomètre (Ec), tensiomètre, bilan hydrique au champ, ETM. L'utilisation de la dernière méthode (ETM) permettra après quelques années d'établir un guide pratique pour l'irrigation des cultures les plus importantes du Liban. Des essais sur maïs-grain ont démontré qu'en réduisant l'eau d'irrigation à 50% de l'ETM, la production diminuait à peine de 10% par rapport à la production maximum, qui elle-même était obtenue avec une irrigation à 85% de l'ETM.

L'étude technique et agronomique de l'irrigation par aspersion a permis de tirer quelques conclusions sur la qualité du matériel (solidité, maniabilité, etc.), quelques effets sur les cultures (mauvaises herbes, maladies, etc.), certains aspects climatiques (vent) et l'organisation du travail.

2.3 Conclusions et recommandations

- Poursuivre et développer un programme coordonné de recherches appliquées, en donnant priorité aux besoins du développement rural.

L'Institut de Recherches Agronomiques désire s'engager dans un programme de recherches fondamentales. Il serait souhaitable d'orienter les organismes de recherches vers la solution des problèmes pratiques posés par le développement du pays. Un programme de recherches appliquées, dont l'exécution devrait être coordonnée entre les différents spécialistes, aboutirait rapidement à des résultats directement utilisables et à une amélioration de la production agricole, base de tout développement rural.

- Charger officiellement l'Institut de Recherches Agronomiques du Liban de l'ensemble des travaux de cartographie des sols et des études pédologiques, y compris l'organisation et le renforcement en personnel qualifié d'un laboratoire central de pédologie.

L'Institut de Recherches Agronomiques centralise en fait actuellement la plus grande partie des études de cartographie des sols, les études physiques et chimiques des terres et les travaux de recherche qui se rattachent à la pédologie.

Les différents organismes ou services responsables de la mise en valeur des terres et en particulier de l'étude des réseaux d'irrigation, chargent actuellement cet Institut de études pédologiques nécessaires à l'établissement des projets. Il serait souhaitable de confirmer officiellement cette situation, en particulier pour conserver à la cartographie des sols une unité de vue indispensable à l'achèvement de la carte pédologique du Liban selon les mêmes critères.

Le Laboratoire des Sols de l'Institut fait face actuellement à tous les besoins du Liban. Il y aurait certainement intérêt à maintenir cette centralisation pour éviter une dispersion des frais d'investissement et de fonctionnement si chaque organisme ou service intéressé par la pédologie envisageait d'installer son propre laboratoire. La centralisation des résultats des analyses fournit en outre une contribution importante à l'étude des sols dans le domaine de la recherche.

Cette centralisation serait facilitée par le transfert du Laboratoire des Sols aux environs de Beyrouth dans un bâtiment mieux situé par rapport à l'ensemble du pays, plus proche des utilisateurs, plus moderne, plus vaste et mieux adapté à ses besoins.

Il est également recommandé de renforcer le personnel libanais actuel de quelques éléments qualifiés et en particulier de pourvoir le poste de Directeur du Laboratoire des Sols, vacant depuis plusieurs années.

- Poursuivre les prospections pédologiques de façon à aboutir à une étude de l'ensemble du pays, en donnant priorité au Koura, l'Akkar et la Bekaa.

Ce projet a fait le point de la situation des études pédologiques au Liban; il reste un certain nombre de zones à cartographier ou à étudier plus en détail.

Les projets d'irrigation en cours d'étude exigent en priorité des levés complémentaires:

- la région de Koura est à cartographier au 1/20.000, avec un supplément de détail selon les besoins;

- la plaine de l'Akkar est à cartographier au 1/20.000, en attachant une importance particulière à l'étude de la perméabilité et de la vitesse d'infiltration des sols.

- dans la plaine de la Bekaa, la rive droite du Litani de Zahlé à Ammicq reste à cartographier.

Il serait souhaitable d'achever une carte des sols au 1/50.000 de la totalité du Liban. L'interprétation des résultats serait facilitée si la cartographie était réalisée selon la même méthode que celle mise au point par le présent projet et par celui de la bonification de la montagne libanaise (Plan Vert).

- Procéder à des études sur la nature et le coût des investissements nécessaires pour l'aménagement et la mise en valeur de sols représentatifs, convenant particulièrement bien à l'irrigation.

Par comparaison avec des travaux déjà effectués on pourrait évaluer, pour des sols représentatifs occupant des surfaces importantes, le montant des investissements et les meilleures techniques d'aménagement pour leur mise en valeur. Dans le cas où l'aménagement aurait pour but une mise en valeur par l'irrigation, il serait également intéressant d'évaluer le complément d'investissements rentables, compte tenu des divers systèmes d'irrigation possibles.

Les sols considérés comme étant marginaux pour l'irrigation (classe 3) sont en proportion importante. Leurs rendements seront inférieurs à ceux des terres classées 1 et 2, les aménagements plus importants et le choix des cultures souvent plus limité. Dans tous les cas où les ressources en eau ne sont pas suffisantes pour les besoins de l'irrigation, une attention particulière devra être apportée à l'ensemble de la zone étudiée pour savoir s'il ne serait pas préférable d'irriguer les meilleures terres en priorité.

- Poursuivre et développer un programme à long terme de recherches et de démonstrations sur les besoins en eau des cultures principales, la mise au point des techniques et l'économie de l'irrigation.

Dans l'impossibilité d'achever complètement et de répéter sur un nombre suffisant de saisons les études engagées sur l'irrigation, le projet a mis au point un programme d'expérimentation à long terme en collaboration avec tous les services et organismes intéressés, pour garantir une coordination à l'échelon national. Ce programme répond à un des problèmes les plus urgents du pays: produire davantage avec les ressources en eau existantes.

Les quantités d'eau disponible pour l'irrigation sont inférieures aux besoins. Il faut mettre au point des techniques permettant une utilisation rationnelle des eaux. Sur les réseaux d'irrigation par gravité, actuellement en service, une amélioration de la distribution permettrait d'irriguer dans de nombreux cas une surface double en appliquant des doses correspondant aux besoins réels des différentes cultures. L'irrigation par aspersion diminue d'un tiers environ les quantités d'eau nécessaires à l'irrigation par gravité. Ces méthodes sont à vérifier, puis à vulgariser au niveau de l'exploitation agricole par un personnel d'encadrement qu'il faut spécialiser techniquement.

Les valeurs obtenues par la mesure de l'évapotranspiration sont incomplètes et à confirmer. Elles sont généralement plus élevées que les valeurs calculées par les différentes formules; l'explication de cet écart reste à trouver.

L'exécution de ce programme exige une bonne organisation de la météorologie agricole. Il faudra probablement plusieurs années pour aboutir à des résultats utilisables en pratique.

- Développer un programme d'études sur les propriétés physiques et hydrodynamiques de sols représentatifs en vue de leur mise en valeur par l'irrigation.

Les mesures de perméabilité présentent beaucoup d'intérêt dans les sols profonds. Dans la plupart des situations, elles ont donné des valeurs qui n'entraînent aucune limitation de l'irrigation. Cependant ces valeurs sont faibles dans la Bekaa Sud, l'Akkar et quelques vallées en montagne. Ceci engage à poursuivre la mesure de la perméabilité dans tous les cas où sa valeur se rapproche de la limite acceptable pour l'irrigation.

Dans les sols de faible épaisseur, où l'influence du substrat est prépondérante, ce sont les vitesses d'infiltration qui présentent le plus d'intérêt; elles constituent une donnée essentielle pour le calcul des doses d'irrigation dans le cas de l'aspersion. Dans tous les sols prospectés les vitesses d'infiltration sont suffisantes; il reste à compléter les mesures dans les zones où les sols n'ont pas encore été étudiés en détail.

La capacité de rétention a été mesurée en un certain nombre de points; cette étude se poursuit à l'Institut de Recherches Agronomiques.

- Poursuivre la mise au point d'une agriculture irriguée sur les sols très calcaires; installer à cet effet une station expérimentale dans la région de Lebaa.

Les sols très calcaires présentent plusieurs inconvénients qui freinent leur mise en valeur: limitation dans le choix des cultures, risques d'érosion, manque de stabilité structurale. L'irrigation traditionnelle augmente les risques d'érosion, par suite de la possibilité de fuite dans les canaux de surface ou d'écoulement d'importantes quantités d'eau excédentaires, souvent imprévisibles. Ces risques sont fortement réduits dans le cas de l'aspersion.

Comme premières cultures irriguées après défrichement, les pâturages et les cultures fourragères semblent être très indiquées. Les cultures fourragères pourront tenir une place importante dans l'assolement si le cheptel local est assez nombreux pour les utiliser.

Des essais devront définir les procédés d'irrigation les mieux adaptés, particulièrement sur les sols marneux, où l'aspersion avec des pluviométries très faibles et facilement réglables pourra donner les meilleurs résultats.

- Donner priorité à l'étude des facteurs humains dans tout avant-projet d'irrigation, pour associer le plus possible la population locale à la mise en valeur envisagée.

Dans le cas particulier du Liban, la coexistence sur un même périmètre irrigué de plusieurs collectivités rend indispensable l'étude des facteurs humains préalablement à tout avant-projet de réseau d'irrigation.

Il serait hautement souhaitable que les futurs usagers de l'eau s'engagent librement à participer à la réalisation, puis à l'exploitation et à l'entretien des réseaux, jusqu'à se charger complètement de toute la gestion dans un avenir plus ou moins lointain.

Un personnel d'encadrement, préalablement spécialisé techniquement et formé aux méthodes utilisées, devrait être recruté à la condition expresse de s'installer sur place et d'y résider en permanence.

Si une association d'usagers parvenait, au bout d'un certain temps, à se charger complètement de son périmètre, l'Etat devra toujours en assurer la tutelle.

- Poursuivre et développer un programme à long terme d'expérimentation et de recherches sur l'utilisation des engrais et les problèmes de la matière organique des sols, en organisant une coordination à l'échelon national entre les divers participants intéressés.

Des essais ont permis de fournir des précisions sur les formules d'engrais chimiques à appliquer à diverses cultures irriguées sur certains types de sols. Il suffit d'étendre ces essais à d'autres cultures et à d'autres sols pour en tirer des conclusions valables.

Aucune réponse significative n'a été obtenue sur l'action de la potasse pendant deux et trois campagnes d'essais. Les réserves potassiques restent très importantes sur les parcelles étudiées et n'ont guère varié, même dans les parcelles témoins. La méthode proposée pour résoudre cette question consiste à répéter les mêmes essais sur les mêmes parcelles pendant plusieurs années, jusqu'au moment où des chutes de rendement significatives traduiront un épuisement des réserves en potasse.

Le problème du maintien d'un taux convenable de matière organique dans les sols portant des cultures irriguées n'a pas été abordé; on ne pouvait guère espérer le résoudre sur deux campagnes. Il serait nécessaire d'entreprendre une série d'essais pendant 5 à 10 ans.

La poursuite de l'effort déjà engagé donnerait des résultats plus rapides si elle faisait l'objet d'un programme à long terme organisé à l'échelon national. Une coordination entre les différents participants permettrait d'élaborer chaque année un programme en commun, en fonction de l'interprétation collective des résultats obtenus par chacun pendant la campagne précédente.

- Centraliser en un seul organisme la planification, les travaux et les observations agroclimatologiques.

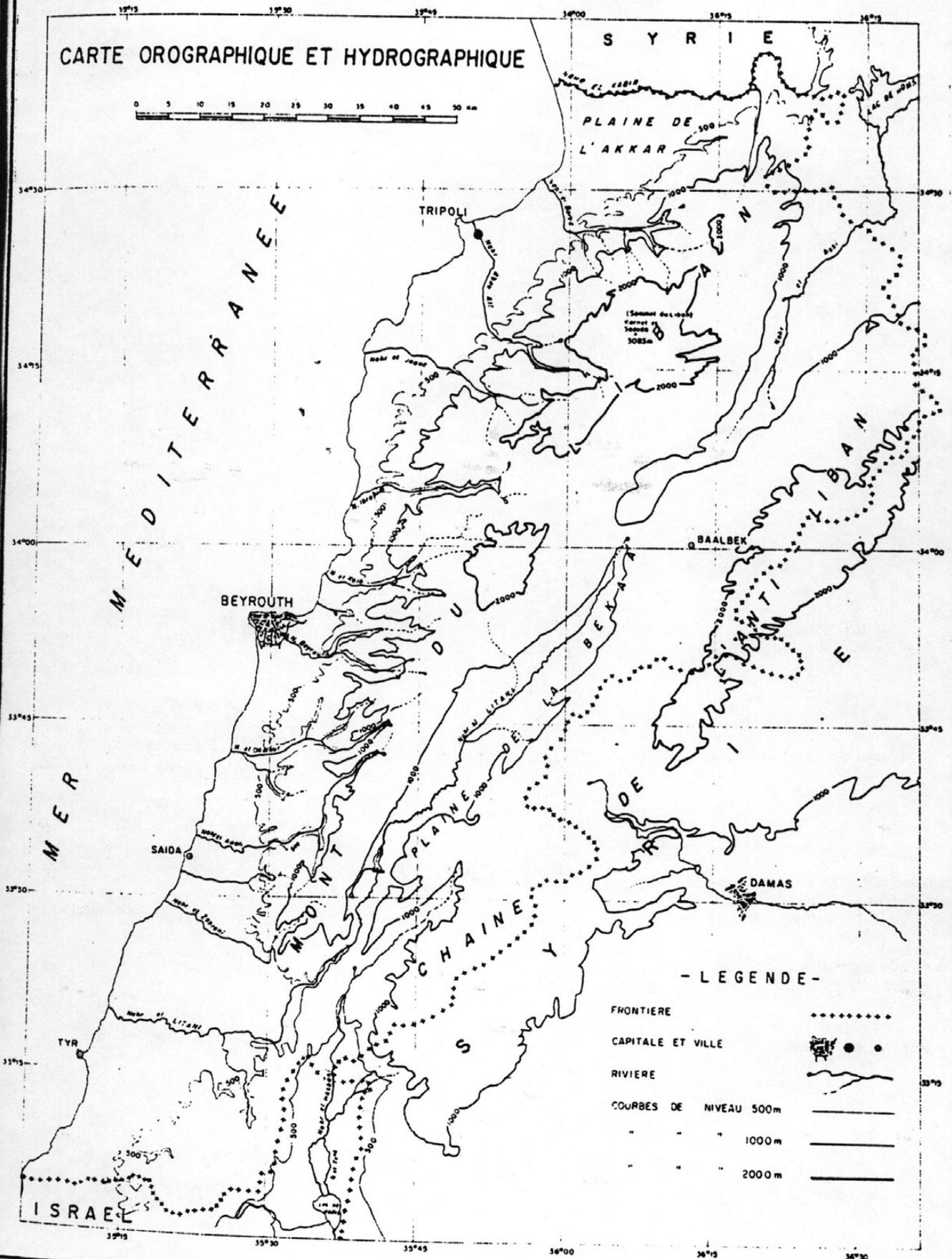
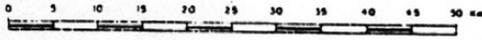
En 1963 le réseau météorologique national fournissait uniquement les observations nécessaires pour couvrir les besoins de l'Aviation Civile; il a été décidé de le compléter pour réunir un supplément d'observations de météorologie agricole, constituant les données de base de l'agroclimatologie.

Un début de standardisation a porté sur l'appareillage, les méthodes d'observation, les relevés des résultats enregistrés en vue de leur centralisation et de leur interprétation. Mais la standardisation exige, pour être efficace, une unité de vue qui ne peut être obtenue qu'au sein d'un seul organisme.

En effet les données résultant des observations sont interprétées d'un point de vue différent selon qu'elles sont utilisées dans un but statistique, pour la connaissance des microclimats, à des fins phénologiques, écologiques, ou climatiques.

Il appartiendrait à l'organisme centralisateur de réunir d'une part les relevés des observations fournies par les différentes stations, d'autre part d'étudier la planification et l'exécution des projets nécessaires pour amener le réseau météorologique à couvrir progressivement les besoins de l'agroclimatologie.

CARTE OROGRAPHIQUE ET HYDROGRAPHIQUE



- LEGENDE -

- FRONTIERE 
- CAPITALE ET VILLE 
- RIVIERE 
- COURBES DE NIVEAU 500m 
- " " " 1000m 
- " " " 2000m 

CHAPITRE III

PHYSIOGRAPHIE

La superficie du Liban est d'environ 10.000 km², sa longueur (N-S) 190 km et sa largeur max. 75 km. Elle est située entre 33° et 34,5° de latitude nord et entre 35° et 36,5° de longitude est.

Le pays compte environ 2.200.000 d'habitants; 55% de la population est urbaine et 45% rurale. La densité dépasse 200 habitants/km², ce qui est extrêmement élevé pour ce pays très montagneux dont la moitié des terres au moins est impropre à l'agriculture et où 260.000 ha seulement sont cultivés.

3.1 Relief

Quatre grandes unités orographiques s'étendent en direction SSW-NNE, parallèlement à la bordure orientale de la Mer Méditerranée. (voir carte n.2).

- La plaine côtière n'a que quelques kilomètres de largeur ou fait même souvent défaut. Les plaines de Tyr, Saïda, Beyrouth, Tripoli et surtout celle de l'Akkar (plus de 10 km de largeur) sont les plus importantes.

- Le Mont Liban forme une chaîne de 170 km de longueur et de 20-30 km de largeur, qui s'élève progressivement du sud (500-1.100 m) vers le nord (2.500-3.000 m). L'altitude moyenne de son axe orographique est de 2.200 m. Les sommets, atteignant un max. de 3.083 m (Kornet es Saouda), sont souvent adoucis, mais les versants sont très abrupts.

- La haute-plaine de la Bekaa est un fossé d'effondrement, large de 10-15 km, entre le mont Liban et l'Anti-Liban. Son altitude varie de 600 m à 1.100 m. On y distingue la Bekaa méridionale (plaines du Litani moyen et du Hasbani ou Jourdain), la Bekaa centrale (plaine du Litani supérieur) et la Bekaa septentrionale (plaine supérieure du Nahr el Assi ou Oronte).

- La chaîne de l'Anti-Liban est moins élevée que celle du Mont Liban. Atteignant de 2.500 m dans le sud (max. 2.814 m à l'Hermon) elle descend à 1.000-1.500 m, puis fort à partir de Zebdani en direction NNE, un vaste massif de 2.000-2.500 m d'altitude, mais relief moins accusé que dans le sud.

3.2 Climat

Par suite de son relief très particulier, on rencontre au Liban plusieurs types de climat:

- climat méditerranéen maritime humide: zone côtière, pentes occidentales du Mont Liban, sud de la Bekaa, sud-ouest de l'Anti-Liban,
- climat d'altitude tempéré et humide: Mont Liban, sud de l'Anti-Liban,
- climat continental sec: Bekaa centrale, nord de l'Anti-Liban,
- climat subdésertique: extrême nord.

Température moyenne en °C:

	Annuelle	Janvier	Août
Côte	20		
Bekaa	15-17	13	27
Montagne	10	5	24
		0 - -5	13-18

Température moyenne mensuelle et amplitude journalière moyenne à Beyrouth (côte, alt. 30 m) et à Rayak (Bekaa, alt. 920 m) en °C:

		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D.
Beyrouth	Moy.	13,9	14,0	15,5	18,3	21,4	24,2	26,2	27,0	25,8	23,4	19,5	15,9
	Ampl.	6,5	6,7	7,2	7,6	6,9	6,3	5,9	6,4	6,7	7,4	7,4	6,9
Rayak	Moy.	5,2	5,9	8,7	10,4	17,5	21,3	23,8	24,1	21,4	17,5	12,1	7,3
	Ampl.	9,8	10,3	12,5	14,6	16,9	18,5	18,7	19,0	18,2	16,8	14,1	10,9

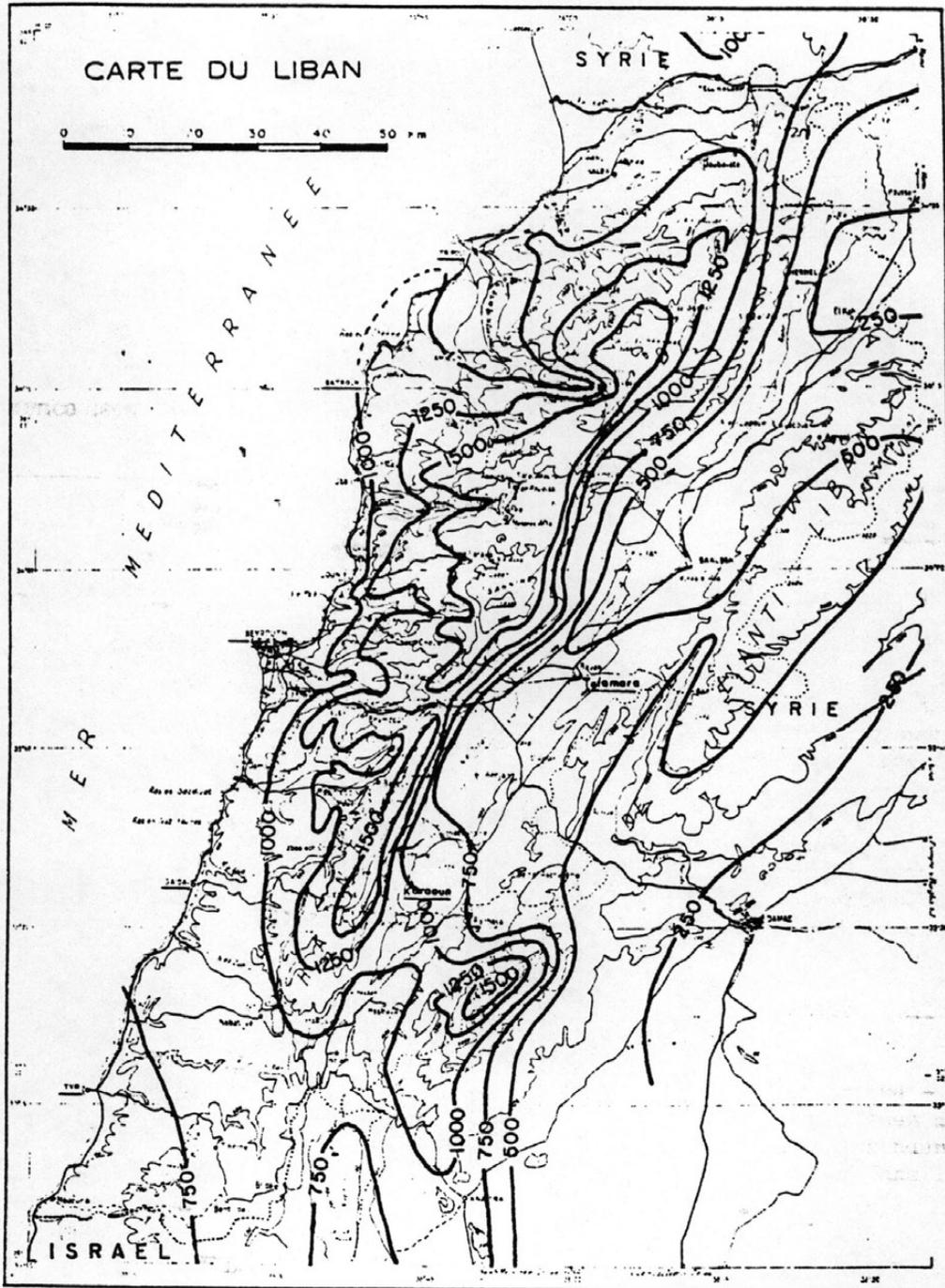
Les températures moyennes sont plus élevées sur la côte qu'en Bekaa, mais dans cette dernière les amplitudes journalières sont beaucoup plus importantes.

Précipitations moyennes annuelles en mm: (voir carte n.3)

Côte	sud: 700	centre: 900	nord: 1.000
Bekaa	sud: 900-1.000	centre: 400-700	nord: 200-400
Mont Liban	1.300-1.500		
Anti-Liban	sud: 1.500		nord: 500

Carte N° 3

CARTE DES ISOHYÈTES (en mm)



ignant p
uis form
e, mais

pes de

te,

D.
15,9
6,9
7,3
10,9

cette

0
0-400

0

Les précipitations sont très élevées en hiver et sont concentrées pratiquement de novembre à février. L'été est très sec. La quantité globale d'eau reçue chaque année est estimée à 9,7 milliards de m³, soit une moyenne de 960 mm pour l'ensemble du territoire.

Humidité relative de l'air en %:

	Eté	Hiver
Côte	73	66
Bekaa	76	45
Montagne	55	74

Vents: Côte - direction dominante SW, violents (jusqu'à 200 km/h);
Bekaa - centre, nord: moins violents - sud: très violents.

3.3 Géologie

Les roches sédimentaires du Liban appartiennent au secondaire, tertiaire et quaternaire; depuis la base du jurassique, presque tous les systèmes et étages y sont représentés. Ces roches ont comme particularité qu'elles sont presque toutes calcaires.

Secondaire. Le jurassique est formé essentiellement par des calcaires compacts ou dolomitiques qui constituent le noyau du Mont Liban et de l'Anti-Liban.

Dans le crétacé, la série sédimentaire commence par un grès de base, fréquent dans l'ouest du Mont Liban et le sud-ouest de l'Anti-Liban. Les marnes et calcaires de l'aptien et de l'albien sont bien développés dans le centre-ouest. Le cénonanien, puissante formation du Mont Liban et de l'Anti-Liban, est formé de calcaires durs et compacts, parfois dolomitiques. Le sénonien (+ turonien) des plateaux du sud et du nord est constitué de marnes et de calcaires marneux.

Tertiaire. L'éocène, surtout important dans le Liban Sud, est formé de calcaires durs et tendres. Le miocène et le pliocène côtiers sont des marnes et des argiles. Dans la région de Tripoli et dans la Bekaa centrale existent des poudingues néogènes à ciment calcaire.

Quaternaire. Les formations quaternaires recouvrent la plaine côtière (alluvions, sables dunaires) et la plaine de la Bekaa (alluvions, colluvions).

Les roches éruptives à caractère basaltique sont d'âge ancien (jurassique - crétacé) ou assez récent (tertiaire - quaternaire). Les premières sont interstratifiées dans la série stratigraphique du Mont Liban et de l'Anti-Liban; les secondes correspondent à de larges épanchements de plateaux dans le nord, et de versants ou de vallées dans le centre-sud.

3.4 Sols 1/

Sols sur roche-mère calcaire (jurassique, crétacé inférieur et moyen)

Sols rouges- La plupart des roches calcaires sont recouvertes par des sols rouges (terra rossa) au-dessous d'une altitude de 1.450-1.850 m et avec des précipitations

1/ D'après B. Gèze: Carte de reconnaissance des sols du Liban. Ech. 1/200.000. Beyrouth, 1956.

Sols jaunes subdésertiques. Il s'agit de limons loessiques dans le nord de la Bekaa et de l'Anti-Liban, où les précipitations sont inférieures à 300 mm. La teneur en argile est de 4-11%, en sable fin (0,02-0,2 mm) de 35-65%, en CaCO₃ de 30-45%. Le pH est supérieur à 7,4. Les horizons supérieurs ont une teneur en sels élevée.

Dans la Bekaa centrale, les sols châtain foncé et clair portent des cultures fort prospères. Plus au nord, les possibilités culturales diminuent. Dans la zone subdésertique l'exploitation agricole devient presque impossible.

Sols sur alluvions

Ce sont des sols non évolués, dont les caractères varient fortement d'après les conditions locales. Leur fertilité naturelle est moyenne à très bonne.

3.5 Eaux

Hydrographie (voir carte n.2) - Sur le versant ouest du Mont Liban, les sources à la base des hauts-plateaux cénomaniens sont nombreuses; elles expliquent le grand nombre de petites rivières côtières à régime torrentiel.

Sur le versant est du Mont Liban et sur le versant ouest de l'Anti-Liban les sources sont moins fréquentes de part et d'autre de la Bekaa. On y trouve cependant les sources de l'Oronte, du Litani et du Hasbani, seuls fleuves permanents. La ligne de partage des eaux du Litani et de l'Oronte est située à hauteur de Baalbek.

Ressources en eau - Les 9,7 milliards m³ de précipitations annuelles sont distribués comme suit:

	milliards de m ³	%
évapotranspiration	5,4	56
infiltration	3,0	31
ruissellement	1,3	13

Ainsi, plus de la moitié des précipitations est consommée par l'évapotranspiration.

Les eaux d'infiltration, qui traversent facilement les formations calcaires des montagnes et alimentent les nappes souterraines, sont restituées à 80% par les sources qui sourdent au pied des montagnes et qui sont surtout nombreuses sur le versant ouest du Mont Liban. Elles ont au printemps un débit de pointe qui décroît au cours de la saison sèche estivale. Le débit moyen des rivières principales du littoral durant la période sèche (juin à novembre) est de 20-25% du débit de la période pluvieuse (décembre à mai).

Le ruissellement superficiel entraîne la perte de plus d'un milliard de m³ chaque année.

Toutes ces eaux ne seraient certes pas exploitables dans leur totalité pour des raisons économiques et autres. Pourtant, on estime que le Liban n'utilise que 10% des eaux d'infiltration et de ruissellement.

6 Végétation - Utilisation des sols

Le Liban étant un pays de vieille civilisation, la végétation naturelle climatique a presque entièrement disparu. On y distingue les zones suivantes:

- La plaine côtière est essentiellement vouée aux cultures maraîchères, à la fructiculture (olivier, figuier, oranger, citronnier, dattier, bananier, néflier) et à l'agriculture (cultures vivrières et industrielles).

- La plaine de la Bekaa est appelée à juste titre le grenier du Liban; on y trouve plus du tiers des terres cultivées du pays, soit environ 110.000 ha. Les céréales y occupent la première place avec 50.000 ha, suivies par les cultures maraîchères et autres cultures annuelles (20.000 ha) et les arbres fruitiers (10.000 ha); les jachères et les jardins couvrent 30.000 ha.

- La zone montagneuse inférieure (1.000 - 1.500 m) présente des caractères variés. Les cultures y occupent encore une large place, mais la végétation spontanée subsiste en maints endroits. Sur calcaires et marnes on trouve une garrigue plus ou moins dégradée, avec des bois et bosquets de chênes et des buissons de *Poterium spinosum*, sur grès ou sables un maquis très dense et des boisements de pins. Le long de nombreux talwegs des Lauriers roses forment des "forêts galeries".

- La zone montagneuse moyenne (1.200 - 2.000 m) présente encore des cultures, des chênes et des pins, mais en plus des sapins, des genévriers et des cèdres.

- La zone montagneuse supérieure (2.000 - 3.000 m) porte une végétation purement herbacée de courte durée, en raison de l'enneigement qui s'étend sur plusieurs mois.

Tableau 1 - Utilisation actuelle des sols au Liban

	ha	%
Terres cultivées	260.000	25
Forêts et taillis	135.000	13
Terres incultes	595.000	59
Divers	27.000	3
Total	1.017.000	

Tableau 2 - Distribution des principales cultures au Liban

	ha	%
Arbres fruitiers	56.000	22
Céréales	100.000	38
Cultures maraîchères et autres cultures annuelles	40.000	15
Jachères	64.000	25
Total	260.000	

CHAPITRE IV

PEDOLOGIE

Introduction

Les buts principaux de l'étude pédologique étaient les suivants:

- lever des cartes pédologiques au Liban Sud - versant ouest, dans la Plaine de la Bekaa et au Liban Nord - versant ouest (au total 150.000 ha), afin de pouvoir choisir judicieusement de nouveaux périmètres d'irrigation,
- contribuer à une meilleure utilisation des eaux dans les zones agricoles.

Les cartes des sols qui ont été levées à cet effet couvrent les superficies suivantes:

Liban Sud - versant ouest	114.000 ha	éch. 1/20.000 - 1/50.000
Plaine de la Bekaa	37.000 ha	éch. 1/20.000 - 1/50.000
Liban Nord - versant ouest	60.000 ha	éch. 1/50.000
Total	211.000 ha	

1.1 Système de la cartographie des sols

Le système et la technique adoptés pour une cartographie des sols résultent de l'analyse des facteurs à inventorier en fonction du but assigné et des conditions particulières de la région.

Le but du projet était d'inventorier les ressources en sols pour l'irrigation dans les périmètres intéressés. Les conditions particulières de la région peuvent se résumer comme suit: relief accidenté et irrégulier, complexité des sols et de leur substrat géologique, forte influence de l'homme.

Unités de prospection

Trois unités de prospection ont été adoptées, correspondant à trois niveaux différents de généralisation: la série de sols, l'unité de terrain et l'ensemble naturel.

- La série de sols^{1/} est une unité taxonomique qui permet de situer un sol dans une classification systématique scientifique. Dans les périmètres cartographiés, 44 séries de sols ont été identifiées. Elles sont décrites en détail (morphologie, analyses) dans le volume II - 2e partie. Elles ont été classées d'après le système français (G. Aubert) et d'après le système américain (mieux connu sous le nom de la 7ème Approximation).

La série est déterminée par un profil-type de sol (caractérisé par la nature de ses horizons pédogénétiques et de son substrat géologique) et ses variations mineures admises (p.ex. la variation de l'épaisseur des horizons entre certaines limites).

La série n'a pas été utilisée comme unité de cartographie dans des zones accidentées ou complexes; elle peut l'être dans les zones de plaine là où le sol et les facteurs physiographiques sont homogènes.

- L'unité de terrain^{1/} a été adoptée comme unité de cartographie: c'est elle qui a été représentée sur les cartes des sols.

L'unité est déterminée non seulement par l'association de sols (profils pédologiques) qui la composent, mais également par des caractéristiques de surface: forme de terrain, pente, pierres, roches, végétation, aménagements ou dégradations dus à l'homme. La notion d'unité exprime donc l'existence de zones relativement homogènes dans les trois dimensions.

- L'ensemble naturel^{1/} est un groupement d'unités qui présentent certaines caractéristiques communes et dont résulte un ensemble de formes, de sols et de végétation caractéristiques. L'ensemble est donc une association d'unités.

Méthode de travail

Les documents de base utilisés pour les levés pédologiques sont:

- la carte topographique, éch. 1/50.000 (Direction des Affaires Géographiques du Liban),
- la carte géologique du Liban, éch. 1/50.000 (Dubertret),
- la carte des sols du Liban, éch. 1/200.000 (B. Gèze),
- des photographies aériennes en couleur (éch. 1/12.500 et en noir et blanc (éch. 1/10.000, 1/25.000) (Services de l'Armée du Liban).

Le travail de cartographie a été exécuté en diverses étapes.

^{1/} Dans la suite de ce rapport les mots série-unité-ensemble sont utilisés en place de série de sols, unité de terrain et ensemble naturel pour des raisons de commodité.

- Une reconnaissance générale du terrain a permis de déterminer les ensembles. Lors de cette première approche, on fait appel à des assemblages de photos aériennes et à des cartes géologiques et topographiques, en combinaison avec des observations de terrain.

- Sur une carte schématique au 1/50.000, les grandes unités qui ont été reconnues dans l'ensemble sont définies par des critères facilement observables: la nature du substrat géologique, les grandes caractéristiques du sol (couleur, texture dominante, calcaire), la présence de roches, la pente, la nature de l'aménagement. Cette carte schématique est une base suffisante pour l'étude d'un avant-projet d'irrigation, mais ne suffit pas pour les études ultérieures.

- Le travail de terrain. En utilisant les photos aériennes, il permet de scinder les grandes unités en unités de cartographie plus détaillées. A ce stade surtout les séries de sols sont inventoriées et la légende de cartographie est établie. La carte finale est obtenue par restitution photogrammétrique des levés au 1/10.000 sur le fond topographique au 1/20.000.

Tous les levés pédologiques n'ont pas été effectués à l'échelle du 1/10.000; en effet, on a dû tenir compte des buts spécifiques de chaque zone à cartographier et du fait que certains documents de base n'étaient pas partout disponibles.

Classification des terres pour l'irrigation

L'étude pédologique a surtout été conçue en fonction de l'aptitude des sols pour l'irrigation. Les terres ont été classées, en vue de l'irrigation, suivant des caractères morphologiques qui influencent principalement le coût de leur aménagement et leur production. Quatre classes ont été distinguées.

Classe 1: terrains très favorables à l'exploitation sous irrigation. Ces terrains exigent peu ou pas d'aménagements préalables à l'irrigation. Le choix des cultures est assez large et les rendements sont élevés.

Classe 2: terrains moyennement favorables à l'exploitation sous irrigation. Des aménagements sont nécessaires préalablement à l'irrigation, le choix des cultures est assez restreint et les rendements sont modérés en raison de la fertilité naturelle limitée du sol.

Classe 3: terrains marginaux pour l'exploitation sous irrigation. Les aménagements nécessaires sont plus importants, le choix des cultures est très limité et les rendements sont inférieurs à ceux de la classe 2.

Classe 4: terrains à déconseiller pour l'exploitation sous irrigation, du moins dans l'état actuel des connaissances.

Les terrains appartenant aux classes 1, 2 et 3 sont donc considérés comme convenant à l'irrigation du point de vue pédologique; il n'a pas été possible de tenir compte du facteur ressources en eau, essentiel pour déterminer si un terrain appartenant à une de ces 3 classes est finalement irrigable.

La classe 4 correspond en fait à la classe généralement considérée comme "non irrigable". Cette dernière expression n'est pas utilisée dans le rapport, parce qu'il est admis que dans certaines conditions particulières, avec les techniques modernes d'aménagement de terrain et l'utilisation de tuyaux souples ou autres systèmes d'irrigation, une partie de ces terres pourrait être irriguée.

L'inventaire des 3 classes de sols convenant à l'irrigation a donné les estimations suivantes (en ha):

	<u>classe 1</u>	<u>classe 2</u>	<u>classe 3</u>	<u>total</u>
Liban Sud - versant ouest	300	31.250	22.450	54.000
Plaine de la Bekaa	8.350	11.950	9.550	29.850
Liban Nord - versant ouest	14.400	14.700	14.300	43.400
Total	<u>23.050</u>	<u>57.900</u>	<u>46.300</u>	ha <u>127.250</u>

4.2 Liban Sud - versant ouest

Le secteur du Liban Sud - versant ouest, comprenant la zone du Litani et s'étendant du Nahr Damour à la frontière sud, couvre une superficie totale de 114.000 ha environ.

Les premières études dans ce secteur ont été exécutées par le FOA^{1/}, en 1954, au nord du Litani, et ont localisé 9.188 ha de terres convenant à l'irrigation. Depuis lors de nouveaux éléments ont modifié les données du problème.

Une attention toute particulière a été accordée à la cartographie du Liban Sud pour les raisons suivantes:

- priorité a été donnée à la cartographie de ce secteur, à la demande des autorités libanaises, étant donné l'urgence des décisions à prendre;
- la cartographie des sols et l'irrigation de ce secteur très complexe nécessitaient la mise au point d'une technique de travail originale qui devait éventuellement être appliquée ultérieurement à d'autres secteurs.

Zones prospectées

La cartographie des sols a porté sur 3 zones:

Saïda	67.000 ha	éch. 1/20.000	8 + 1 feuilles
Iklim el Kharroub	10.000 ha	éch. 1/20.000	1 feuille
Naqoura	37.000 ha	éch. 1/50.000	1 feuille
Total	<u>114.000 ha</u>		

Ces zones forment tout le périmètre d'irrigation du Liban Sud. Les terres convenant à l'irrigation ont été groupées en 3 classes, sauf dans la zone de Naqoura où cette distinction n'a pu être faite (en ha):

	<u>classe 1</u>	<u>classe 2</u>	<u>classe 3</u>	<u>total</u>
Saïda	-	20.732	16.183	36.915
Iklim el Kharroub	305	578	2.477	3.360
Naqoura				13.774
Total	<u>305</u>	<u>21.310</u>	<u>18.660</u>	54.049 ha

^{1/} FOA: United States Foreign Operations Administration.

La classe 1 n'est représentée que par 305 ha de terrains non encore irrigués de la plaine côtière dans le secteur d'Iklim el Kharroub; vers le sud, la plaine côtière est déjà irriguée et n'a donc pas été prospectée.

Description des ensembles de la zone de Saïda

Cette zone comprend les ensembles naturels suivants :

- L'ensemble d'Aadloun est constitué essentiellement par le plateau subcôtier (alt. 100-200 m) et l'escarpement (alt. 20-100 m) le reliant à la plaine côtière. Il s'agit d'un plateau tabulaire, profondément entaillé par le réseau hydrographique. Le substrat est un calcaire crayeux, assez facilement attaqué par les machines agricoles. Les sols sont bruns, calcaires, peu profonds. Les aménagements sont généralement constitués de terrasses à murets régulières.

- L'ensemble de Babliyé est un plateau calcaro-marneux ondulé aux formes convexes et larges (alt. 200-500 m) et profondément découpé par un réseau très ramifié de vallées. Le substrat est un calcaire tendre ou marneux, facilement attaqué par les machines agricoles. Les sols sont généralement gris, très calcaires, peu profonds à profonds, à quelques exceptions près. Les aménagements sont en général constitués de terrasses à talus formant un réseau de mailles.

- L'ensemble de Sarba est un plateau karstique très ondulé avec un relief très irrégulier (alt. 200-600 m); il est découpé par un réseau de vallées peu ramifiées et souvent très encaissées. Le substrat est un calcaire dur peu fissuré. Les sols sont rouges, argileux, non calcaires, très peu profonds et rocheux. Les aménagements sont normalement des terrasses à murets assez irrégulières.

- L'ensemble de Nabatiyé-Zaoutar est constitué par un plateau très ondulé, aux flancs de collines généralement convexes (alt. 400-600 m); il est découpé par un réseau très ramifié de vallées. Le substrat est un calcaire dur fissuré. Les sols sont rouges, argileux, non calcaires, peu profonds et caillouteux. Les aménagements sont formés de terrasses ou banquettes avec talus d'épierrage.

- Les vallées et cuvettes comprennent des alluvions et des colluvions. Les sols sont rouges non calcaires et brun-gris très calcaires, profonds, caillouteux en surface. Les aménagements existants sont faits avec grand soin: terrasses à murets très bien entretenues.

Les superficies convenant à l'irrigation sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 3 - Inventaire des surfaces convenant à l'irrigation
Liban Sud - versant ouest, zone de Saïda

Ensemble	Surface totale ha	Surfaces convenant à l'irrigation			
		classe 1 hectares	classe 2	classe 3	total
Aadloun	11.445	-	5.049	1.709	6.758
Babliyé	20.915	-	1.687	9.413	11.100
Sarba	14.459	-	1.940	2.600	4.540
Nabatiyé- Zaoutar	12.108	-	3.829	2.461	6.290
Vallées, cuvettes	8.227	-	8.227	-	8.227
Total	67.154	-	20.732	16.183	36.915

- 30 -

Conclusions pour la mise en valeur des terres de la zone de Saïda

Ensemble d'Aadloun

L'ensemble d'Aadloun, qui couvre 11.445 ha, est caractérisé par des sols bruns calcaires, généralement peu profonds et reposant sur un substrat peu dur.

- 6.758 ha sont classés comme convenant à l'irrigation (classes 2 et 3).
- 940 ha sont aménagés en terrasses, mais déconseillés pour l'exploitation avec irrigation à cause de la pente qui dépasse 20%.
- 3.747 ha sont en pente forte et non aménagés.

C'est dans cet ensemble que se rencontrent les unités les plus favorables à un développement de l'irrigation, tant en raison du relief de certaines unités que de la nature des sols: plateaux avec sols peu calcaires. C'est d'ailleurs dans cet ensemble que, déjà actuellement, se trouvent quelques exploitations cultivées avec irrigation, l'eau provenant de forages.

L'intensification de l'agriculture dans les sols de l'ensemble d'Aadloun devra tenir compte des limitations suivantes.

- Relief accidenté. Certaines unités présentent un relief favorable à l'irrigation sur des superficies plus grandes que dans les autres ensembles et, dans ce sens, l'ensemble d'Aadloun est plus favorable à l'irrigation que les autres. Mais à côté de ces zones de plateau, le relief accidenté des flancs de vallées et de l'escarpement côtier limite le pourcentage de terres convenant à l'irrigation et grève les frais d'installation du réseau de distribution.

- Manque de profondeur du sol. Dans les parties du plateau où la topographie est favorable à l'irrigation, la profondeur du sol est faible (50 cm et souvent moins). Cette profondeur suffit pour les cultures annuelles. Un approfondissement est possible, le substrat étant un calcaire peu dur, mais il faut tenir compte de la haute teneur du sol en calcaire fin.

- Excès de calcaire actif et augmentation du taux de calcaire. Les sols généralement rencontrés dans les surfaces irrigables ne présentent pas un taux de calcaire actif très élevé. Les travaux agricoles qui visent à approfondir ces sols en attaquant le substrat risquent d'augmenter ce taux. Quelques unités de sols se rapprochent des sols gris très calcaires et sont à exploiter en tenant compte des remarques faites pour les sols gris calcaires de l'ensemble de Babliyé.

Ensemble de Babliyé

L'ensemble de Babliyé, qui couvre 20.915 ha, est dominé par des sols très calcaires (40-90% de calcaire total, 20-40% de calcaire actif), sauf en ce qui concerne l'unité B4, dans laquelle le sol non calcaire est très profond et très caillouteux.

- 10.012 ha sont considérés comme convenant à l'irrigation (classes 2 et 3)
- 6.323 ha : possibilités d'irrigation limitées par la pente; s'ils sont aménagés, les sols seront moyennement profonds.

Les sols présentent des difficultés d'utilisation dues aux facteurs suivants:

- Relief accidenté. Le problème du relief accidenté n'est pas inhérent aux sols gris calcaires; d'autres sols de la région ont un relief tout aussi accidenté. La nature du substrat permet toutefois d'exécuter des aménagements en terrasses plus aisément dans ces sols que dans d'autres de la région. Il faut tenir compte du risque de solifluxion.

- Haute teneur en calcaire actif et total. Dans les conditions agricoles normales, il est illusoire de vouloir modifier ce facteur. L'agriculture en milieu calcaire doit se limiter à l'utilisation d'espèces végétales résistant au calcaire ou rechercher des variétés résistantes. Ce problème existe aussi bien en culture sèche qu'en culture irriguée. Il n'est cependant pas impossible que l'apport d'eau d'irrigation entraîne l'apparition de certains symptômes de chlorose que l'on ne rencontrerait pas en culture sèche.

- Manque de stabilité structurale. Des tests de laboratoire ont confirmé le manque de stabilité structurale des sols à haute teneur en calcaire actif. La pratique de l'irrigation accélère la dégradation de la matière organique et l'instabilité structurale risque d'être augmentée.

- Grande sensibilité à l'érosion. Il est assez apparent sur le terrain que l'érosion est plus active dans ces sols que dans les autres de la région. Ce danger grandira lorsque les terrains seront irrigués. La lutte anti-érosive reste cependant une question technique relativement aisée à résoudre.

- Manque de perméabilité. Tant les observations de terrain que de laboratoire permettent de constater que ces sols sont peu perméables, mais la vitesse d'infiltration des eaux dans le sol reste dans les normes admises pour l'irrigation. La lenteur du drainage naturel se traduit par des taches d'hydromorphie qui se rencontrent assez fréquemment à faible profondeur. L'irrigation risque d'aggraver ces conditions qui sont dues au manque de perméabilité du sol. Les aménagements en terrasses (largeur, légère inclinaison) et les techniques d'irrigation auront à tenir compte de ce défaut du sol qui peut être corrigé par des techniques appropriées.

- Expérimentation future. La mise en valeur des sols gris très calcaires par l'irrigation pose certains problèmes; il serait prudent de contrôler leur comportement à l'irrigation dans la pratique agricole, ce qui implique une expérimentation.

Il ne saurait cependant être question d'entreprendre la comparaison de tous les procédés d'exploitation qui peuvent être envisagés, ce qui conduirait à des études disproportionnées pour les superficies intéressées. Le but de l'expérimentation ne peut être que la vérification de conditions d'exploitation choisies a priori et l'établissement du bilan technique des aménagements et opérations culturales.

En conclusion, le problème posé par l'excès de calcaire ne peut être résolu que par la choix d'espèces ou de variétés végétales résistant au calcaire.

La mise sous irrigation de ces sols n'est pas à exclure, mais une expérimentation doit être entreprise afin d'orienter l'agriculteur en ce qui concerne les aménagements et les techniques culturales.

La nécessité d'une lutte contre l'érosion et du maintien du taux de matière organique conduit à recommander pour la revalorisation des terres dégradées, simplement abandonnées ou peu exploitées, l'établissement de cultures fourragères couvrant le sol en permanence. Dans les conditions les plus favorables, des cultures annuelles bien menées peuvent être envisagées. Pour les oliveraies existantes, l'irrigation avec la mise en herbe pourra, dans de nombreuses situations constituer la solution la plus valable.

Les sols présentent des difficultés d'utilisation dues aux facteurs suivants:

- Relief accidenté. Le problème du relief accidenté n'est pas inhérent aux sols gris calcaires; d'autres sols de la région ont un relief tout aussi accidenté. La nature du substrat permet toutefois d'exécuter des aménagements en terrasses plus aisément dans ces sols que dans d'autres de la région. Il faut tenir compte du risque de solifluxion.

- Haute teneur en calcaire actif et total. Dans les conditions agricoles normales, il est illusoire de vouloir modifier ce facteur. L'agriculture en milieu calcaire doit se limiter à l'utilisation d'espèces végétales résistant au calcaire ou rechercher des variétés résistantes. Ce problème existe aussi bien en culture sèche qu'en culture irriguée. Il n'est cependant pas impossible que l'apport d'eau d'irrigation entraîne l'apparition de certains symptômes de chlorose que l'on ne rencontrerait pas en culture sèche.

- Manque de stabilité structurale. Des tests de laboratoire ont confirmé le manque de stabilité structurale des sols à haute teneur en calcaire actif. La pratique de l'irrigation accélère la dégradation de la matière organique et l'instabilité structurale risque d'être augmentée.

- Grande sensibilité à l'érosion. Il est assez apparent sur le terrain que l'érosion est plus active dans ces sols que dans les autres de la région. Ce danger grandira lorsque les terrains seront irrigués. La lutte anti-érosive reste cependant une question technique relativement aisée à résoudre.

- Manque de perméabilité. Tant les observations de terrain que de laboratoire permettent de constater que ces sols sont peu perméables, mais la vitesse d'infiltration des eaux dans le sol reste dans les normes admises pour l'irrigation. La lenteur du drainage naturel se traduit par des taches d'hydromorphie qui se rencontrent assez fréquemment à faible profondeur. L'irrigation risque d'aggraver ces conditions qui sont dues au manque de perméabilité du sol. Les aménagements en terrasses (largeur, légère inclinaison) et les techniques d'irrigation auront à tenir compte de ce défaut du sol qui peut être corrigé par des techniques appropriées.

- Expérimentation future. La mise en valeur des sols gris très calcaires par l'irrigation pose certains problèmes; il serait prudent de contrôler leur comportement à l'irrigation dans la pratique agricole, ce qui implique une expérimentation.

Il ne saurait cependant être question d'entreprendre la comparaison de tous les procédés d'exploitation qui peuvent être envisagés, ce qui conduirait à des études disproportionnées pour les superficies intéressées. Le but de l'expérimentation ne peut être que la vérification de conditions d'exploitation choisies à priori et l'établissement du bilan technique des aménagements et opérations culturales.

En conclusion, le problème posé par l'excès de calcaire ne peut être résolu que par la choix d'espèces ou de variétés végétales résistant au calcaire.

La mise sous irrigation de ces sols n'est pas à exclure, mais une expérimentation doit être entreprise afin d'orienter l'agriculteur en ce qui concerne les aménagements et les techniques culturales.

La nécessité d'une lutte contre l'érosion et du maintien du taux de matière organique conduit à recommander pour la revalorisation des terres dégradées, simplement abandonnées ou peu exploitées, l'établissement de cultures fourragères couvrant le sol en permanence. Dans les conditions les plus favorables, des cultures annuelles bien menées peuvent être envisagées. Pour les oliveraies existantes, l'irrigation avec la mise en herbe pourra, dans de nombreuses situations constituer la solution la plus valable.

Ensemble de Sarba et de Nabatiyé-Zaoutar

Les ensembles de Sarba et de Nabatiyé-Zaoutar, qui couvrent une superficie de 26.56 sont dominés par les sols rouges argileux, non calcaires, peu profonds.

- 10.830 ha sont considérés comme convenant à l'irrigation (classes 2 et 3).
- 2.928 ha sont aménagés et partiellement cultivés, mais à déconseiller pour l'irrigation à cause de la pente.
- 2.311 ha sont à déconseiller pour l'irrigation parce que trop rocheux.
- 10.498 ha sont en pente forte et non aménagés, généralement rocheux.

Les difficultés rencontrées pour la mise en exploitation de ces sols sont dues principalement aux facteurs suivants:

- Relief accidenté. Ce problème concerne la totalité de la région. Il est plus aigu dans les sols rouges à cause du substrat dur qui rend les travaux d'aménagement plus ardu et plus onéreux.

- Manque de profondeur du sol. En dehors des zones de talwegs et de cuvettes, les sols rouges sont généralement peu à très peu profonds. Leur approfondissement est aléatoire compte tenu du peu de terre existant dans les fissures du substrat; il exigerait d'importants travaux. Pour les cultures annuelles, une profondeur suffisante de sol est généralement atteinte. Pour l'arboriculture, il faudrait procéder à une excavation avec apport de terre; la nature fissurée du substrat permet à un enracinement déjà développé de prospérer en profondeur.

- Affleurements rocheux, couverture pierreuse et caillouteuse. L'importance et la nature des affleurements rocheux de calcaire dur limitent les possibilités d'une exploitation intensive d'une grande partie des zones à sols rouges. Certaines unités très pierreuses nécessitent des travaux d'aménagement importants et les zones recouvertes par les tas d'épierreage diminuent la surface utile et entravent l'exploitation. Toutefois les cailloux et les pierres protègent le sol de l'érosion, compensant partiellement sa haute teneur en argile et ont même probablement un rôle positif dans la protection du sol contre l'évaporation.

- Haute teneur en argile. Les sols rouges ont une teneur en argile très élevée, généralement supérieure à 60 et même 70%. Les défauts dus à cette teneur en argile sont partiellement compensés par la présence de cailloux et de graviers.

Description des ensembles de la zone d'Iklim el Kharroub

La région est caractérisée par les ensembles naturels suivants:

- L'ensemble de Tripoli est constitué par la plaine côtière (alt. max. 100 m). C'est une succession d'étroites plaines alluviales bordées de plages et de dunes, de redents rocheux présentant des replats et d'anciennes falaises sur calcaires durs. Les sols sont soit alluviaux, bruns, argileux et sableux, profonds, soit bruns et rouges, argileux, peu ou non calcaires, peu profonds, souvent caillouteux et rocheux, sur calcaires durs. Vergers et jardins irrigués sont installés sur les sols alluviaux. Les sols rouges sont occupés par une garrigue dégradée; localement ils sont aménagés en terrasses et cultivés. Cet ensemble, en raison de sa situation, est fréquemment réservé à des lotissements résidentiels et des installations industrielles.

- L'ensemble de Saadiyat (alt. 50-400 m) est formé par un glacis subcôtier de pente générale de 8-10% assez régulière, légèrement concave, découpé par des vallées étroites et des ravins parallèles. Le substrat est un calcaire dur, souvent dolomitique et généralement fissuré. Les sols sont rouges ou bruns, argileux, non calcaires, peu profonds,

caillouteux, pierreux, souvent rocheux. Cette zone, anciennement assez largement cultivée avec aménagement en terrasses, est actuellement abandonnée à 70% et occupée par des friches de la garrigue. Il existe quelques aménagements récents et, près de la mer, des cultures maraîchères et quelques vergers irrigués.

- L'ensemble de Joun (alt. 300 - 500 m) constitue un plateau ondulé et profondément coupé par un réseau de vallées subparallèles, profondes, avec des vallées latérales ramifiées, évasées et perchées au-dessus des entailles profondes. Le substrat est un calcaire dur fissuré, coiffé par des buttes de calcaire marneux. Les sols sont brun-gris, argilo-limoneux, calcaires, moyennement profonds. Les aménagements sont formés de terrasses régulières et gauchies, à talus enherbés, peu dégradées dans les talwegs et sur les versants orientés vers le sud; il faut noter quelques terrasses à murets près des villages sur les buttes.

- L'ensemble de Debbiyé est un plateau ondulé (alt. 400 - 600 m) et découpé par un réseau de vallées ramifiées. Le substrat est un calcaire dur, plus au moins fissuré, devenant plus tendre et lité vers l'est. Les sols sont bruns ou rouges, argileux, non calcaires, généralement rocheux et caillouteux, peu profonds. Les têtes de vallées sont souvent disposées en terrasses à murets. Les autres terrains sont soit aménagés en terrasses à talus d'épierrage et cultivés, soit laissés en friches ou sous garrigues avec quelques bois de pins ou de chênes.

- Les complexes comprennent essentiellement des buttes arrondies et des têtes de vallées. Les sols sont peu profonds sur les buttes, profonds dans les vallées. Les buttes portent quelques terrasses avec talus; les vallées sont aménagées en terrasses à talus enherbés ou à murets.

- L'ensemble de Babliyé, décrit pour la zone de Saïda, est représenté par quelques parcelles dans l'ensemble de Joun.

- L'ensemble de Baakline forme la limite est, mais n'est plus considéré comme faisant partie de la zone d'Iklim el Kharroub.

Les superficies convenant à l'irrigation sont signalées au tableau 4.

Tableau 4 - Inventaire des surfaces convenant à l'irrigation (ha)
Liban Sud - versant ouest, zone d'Iklim el Kharroub

Ensemble	Surface totale	Surfaces convenant à l'irrigation			
		classe 1	classe 2	classe 3	total
Tripoli	482	305	177	—	482
Saadiyat	3.368	—	302	805	1.107
Joun	858	—	67	—	67
Debbiyé	2.379	—	32	322	354
Complexes	1.859	—	—	930	930
Babliyé	772	—	—	420	420
Total	9.718	305	578	2.477	3.360 ha

Conclusions concernant la mise en valeur des terres d'Iklim el Kharroub

Cette zone présente sensiblement les mêmes possibilités et les mêmes problèmes pour une mise en valeur par l'irrigation que la zone de Saïda. Elle a cependant certaines caractéristiques particulières.

- Les sols marginaux (classe 3) y couvrent une surface relativement plus importante. Ce sont surtout des terrains demandant des travaux d'aménagement importants (terrassement et épierrage). Les études réalisées précédemment avaient considéré une grande partie de ces terrains comme non utilisables. C'est la raison pour laquelle cette zone avait été jugée moins favorable que d'autres situées au sud de l'Awali. Si l'on admet au contraire que ces terrains peuvent être améliorés par les techniques modernes d'aménagement, les surfaces irrigables seront alors largement accrues; c'est en particulier le cas du glacis subcôtier (ensemble de Saadiyat) qui, contrairement à ce qu'on observe plus au sud, s'élève graduellement au-dessus de la zone côtière. Les conditions de topographie et de climat y justifient une extension des irrigations.

- Sur le plateau (ensembles de Joun et de Debbiyé) on retrouve les difficultés signalées à propos des plateaux ondulés de la zone de Saïda. Cependant, certains problèmes y présentent une acuité particulière. Parmi les terrains convenant à l'irrigation, la proportion plantée d'oliviers y est beaucoup plus élevée qu'ailleurs. D'autre part, la topographie est généralement plus accidentée.

L'étude des conditions naturelles de la zone restreint cependant le choix des solutions

- le tracé d'un canal dans une gamme d'altitude allant de 300 à 200 m se heurte à des difficultés innombrables de topographie;

- une distribution de l'eau à partir d'une altitude voisine de 200 m permettrait d'irriguer une large partie du glacis subcôtier; on réaliserait ainsi pratiquement une extension des cultures intensives de la côte;

- une distribution à partir du canal situé au pied du gradin de raccordement de Chehim (ensemble de Baakline) dans l'est de la zone au voisinage de la cote 550, permettrait de dominer la totalité de la zone, mais avec une proportion plus faible de terres convenant à l'irrigation.

- Les sols gris très calcaires ne représentent que de faibles superficies. L'équivalent des sols bruns calcaires de l'ensemble d'Aadloun ne se rencontre pas. Les sols les plus représentés sont du groupe des sols rouges argileux non calcaires, sur calcaire dur plus ou moins fissuré; souvent, ils sont légèrement recalifiés par des apports latéraux. Les problèmes de leur mise en valeur sont à comparer à ceux exposés pour les ensembles de Sarba et de Nabatiyé-Zaoutar et concernent donc principalement leur manque de profondeur, la dureté du substrat, le dérochage et l'épierrage.

Ressources en sols de la zone de Naqoura

La cartographie de la zone de Naqoura a porté sur 37.000 ha situés au sud de la zone cartographiée au 1/20.000. La carte a été exécutée au 1/50.000 sous une forme schématique.

Hormis quelques flots qui correspondent aux ensembles d'Aadloun et de Babliyé, cette région est constituée presque uniquement de sols rencontrés dans les ensembles de Sarba et de Nabatiyé-Saoutar, ainsi que de dépôts de la plaine côtière ou de vallées et de cuvettes.

Le tableau 5 signale les superficies des terrains convenant à l'irrigation.

Tableau 5 - Inventaire des surfaces convenant à l'irrigation (ha)
Liban Sud - versant ouest, zone de Naqoura

Ensembles	Surface totale	Surface convenant à l'irrigation
Aadloun	889	181
Babliyé	929	382
Sarba	23.810	7.182
Nabatiyé-Zaoutar	9.290	4.072
Côte, vallées, cuvettes	<u>2.275</u>	<u>1.957</u>
Total	37.193	13.774 ha

Résumé des problèmes du Liban Sud - versant ouest

- La topographie générale est irrégulière, avec des pentes souvent fortes. La pente de 20% a été admise comme limite extrême des terrains convenant à l'irrigation, en supposant que l'irrigation se fera par aspersion et que l'eau sera amenée par canalisations sous pression.

Les terrains dont les pentes ne dépassent pas 20% se répartissent comme suit dans les 3 zones:

Saïda	39.226 ha
Iklim el Kharroub	4.962 ha
Naqoura	<u>24.689 ha</u>
Total	68.877 ha

- La profondeur du sol est faible: en dehors des zones de dépôts de vallées ou de cuvettes, dont la superficie représente 10.000 ha environ, soit 9% de la zone, la profondeur du sol ne dépasse généralement pas 50 cm. Les possibilités d'approfondissement mécanique de ces sols sont liées à la nature du substrat, dont les affleurements occupent une proportion importante de la surface. Considérant les terrains dont le sol doit être approfondi, en pente ne dépassant pas 20%, les surfaces sont à classer comme suit:

- sur calcaire dur, avec travaux de dérochement nécessitant de grosses dépenses: 18.739 ha, soit 16% du secteur et 34,5% des surfaces convenant à l'irrigation,

- sur calcaire tendre, avec travaux de dérochement moins onéreux que sur calcaire dur: 2.553 ha, soit 2% du secteur et 4,5% des surfaces convenant à l'irrigation,

- sur calcaire tendre et marneux: 16.811 ha, soit 15% du secteur et 30% des surfaces convenant à l'irrigation.

- La haute teneur en calcaire de certains sols limite le choix des cultures. Le danger de dégradation de la structure, sous irrigation, doit également être souligné. Les terrains auxquels ces restrictions se rapportent couvrent une superficie approximative de 10.500 ha parmi les terres convenant à l'irrigation, soit 19,5%.

En conclusion les difficultés mises en évidence par l'inventaire des ressources en sols au Liban Sud - versant ouest ne doivent pas être un obstacle à l'exécution progressive du réseau d'irrigation. Cependant, certaines recherches doivent être entreprises par les services gouvernementaux. Elles permettront d'informer les agriculteurs sur les deux points suivants:

- Coût des aménagements nécessaires dans les diverses unités cartographiées. Plusieurs exploitants agricoles procèdent en ce moment à des aménagements de leur terrain, avec l'aide gouvernementale (Plan Vert). L'établissement du coût de ces aménagements dans les conditions particulières à chaque unité inventoriée sur la carte permettrait de fournir aux exploitants agricoles un élément important pour l'étude de leurs investissements.

- Recherche d'une agriculture irriguée adaptée aux sols très riches en calcaire actif. Les premiers essais, réalisés sur une échelle très petite, ont prouvé l'intérêt des cultures fourragères sur ces sols. Ces études sont à poursuivre dans une station expérimentale dont la création à Lebaa a été recommandée.

4.3 Plaine de la Bekaa

Les projets d'irrigation dans la plaine de la Bekaa ne sont pas encore tous précisés. Ils ne le seront probablement que lorsque les inventaires des ressources en eaux de surface et souterraines permettront de planifier l'utilisation des eaux en fonction des ressources en sols.

Les ressources en sols étaient très largement connues grâce à des études réalisées antérieurement.

Le FOA a étudié le secteur au sud de Terbol, sur la rive est du Litani, et le secteur au nord de Baalbek jusqu'à la frontière syrienne.

Le Groupe Français du Litani a réalisé, en 1957, la cartographie des sols d'un secteur situé entre Aanjar et Joubb-Jannine, sur la rive est du Litani.

L'Institut de Recherches Agronomiques du Liban a fait, en 1960, une étude dans la région d'Hermel El Kah et, en 1962, dans le secteur de Yahfoufa.

Zones prospectées

Le projet s'est limité à l'étude de la zone extrême sud de la plaine, laissée en suspens par les études antérieures, et de la zone située entre Yahfoufa et Baalbek.

	<u>Surfaces prospectées</u>		
Bekaa Sud	11.500	ha	éch. 1/20.000
Talia-Yammouneh	<u>25.500</u>	ha	éch. 1/50.000
Total	<u>37.000</u>	ha	1 feuille
			1 feuille

Répartition des terrains convenant à l'irrigation (ha)

	<u>classe 1</u>	<u>classe 2</u>	<u>classe 3</u>	<u>total</u>
Bekaa Sud	2.152	6.161	1.778	10.091
Galila-Yammouneh	<u>6.205</u>	<u>5.792</u>	<u>7.761</u>	<u>19.758</u>
Total	<u>8.357</u>	<u>11.953</u>	<u>9.539</u>	<u>29.849 ha</u>

Description des ensembles de la zone Bekaa Sud

La surface cartographiée porte sur une partie des terres susceptibles d'être irriguées au départ du canal projeté à la cote 900, dont l'alimentation en eau sera assurée par le barrage de Karoun.

Les zones à irriguer au départ de Karoun peuvent être divisées en deux grands ensembles.

- Vers le nord: les larges zones alluviales du Litani et de ses affluents et les larges terrasses inférieures. Cet ensemble a une topographie plane, des sols profonds et présente des conditions favorables à l'irrigation sur sa totalité.

- Vers le sud: les piedmonts et les hautes surfaces de la plaine. La plaine se rétrécit, la topographie devient irrégulière, les sols très variés en nature et en profondeur. Cet ensemble présente des caractéristiques moins favorables à l'irrigation.

Le canal principal d'amenée d'eau passera en premier lieu dans le second ensemble qui sera irrigué avant les autres secteurs.

Le tableau 6 donne l'inventaire des surfaces convenant à l'irrigation.

Tableau 6 - Inventaire des surfaces convenant à l'irrigation (ha)
Bekaa Sud

Ensemble	Surface totale	Surfaces convenant à l'irrigation			
		classe 1	classe 2	classe 3	total
Alluvions du Litani, terrasses inférieures	7.264	2.152	4.602	328	7.082
Piedmonts, hautes surfaces	<u>4.156</u>	-	<u>1.559</u>	<u>1.450</u>	<u>3.009</u>
Total	11.420	2.152	6.161	1.778	10.091 ha

En conclusion la totalité des terres cultivables est actuellement déjà cultivée, mais l'eau n'est disponible que dans quelques secteurs et sa distribution est très irrégulière.

L'établissement d'un réseau rationnel d'irrigation ne présente pas de difficultés. Il permettra d'introduire dans la rotation des cultures industrielles ou maraichères, augmentant ainsi la production tout en améliorant les conditions techniques d'exploitation du sol.

Les techniques d'irrigation à adopter auront à tenir compte de la faible perméabilité de plusieurs types de sols, qui sont argileux en profondeur et ont une tendance à présenter des conditions asphyxiantes en période hivernale; l'arboriculture ne semble pas devoir être conseillée dans ces sols.

Ressources en sols de la zone de Talia-Yammouneh

Zone prospectée

La cartographie (échelle 1/50.000) a porté sur 25.434 ha situés dans la Bekaa Centrale au nord de la zone dite de Yahfoufa. Actuellement, aucun nouveau projet d'irrigation n'y est à l'étude. Un secteur est déjà irrigué par le canal du Yammouneh; l'irrigation des autres secteurs dépendra d'une part des conclusions de l'inventaire des ressources en sols, et d'autre part des disponibilités en eau.

Ressources en sols

L'étude des ressources en sols confirme les hautes potentialités des terrains de cette région pour l'irrigation. Si les ressources en eau sont suffisantes, on pourrait envisager l'extension des périmètres de la Bekaa Sud et Yahfoufa jusque dans cette zone, ainsi qu'une augmentation des surfaces irrigables au départ des eaux du Yammouneh. En effet, sur une surface totale de 25.434 ha, 19.758 ha (76%) répartis comme suit:

classe 1	6.205 ha
classe 2	5.792 ha
classe 3	7.761 ha

sont classés comme convenant à l'irrigation.

Le problème du drainage peut se poser pour quelques zones; certaines observations faites au cours de l'hiver 1966-1967 semblent montrer qu'il n'est pas aigu. En fin d'hiver, les zones où la nappe phréatique apparaît à moins de 100 cm de profondeur sont très limitées; les zones avec nappe entre 100 et 150 cm occupent une surface plus grande.

Les conditions climatiques caractérisant cette zone se rapprochent du semi-aride; en dehors des zones déjà irriguées par les eaux des sources du Yammouneh ou d'autres provenances (puits), la production est très basse. Les conditions topographiques sont favorables à l'exécution d'un réseau d'irrigation dont l'influence positive sur la production est certaine. La réalisation devra cependant être précédée d'une étude économique, qui décidera de l'intérêt d'inclure dans le réseau les terres marginales; la décision sera également influencée par la planification de l'utilisation des eaux disponibles.

4.4 Liban Nord - versant ouest

Le FOA avait déterminé, entre 1950 et 1954, les superficies irrigables dans la plaine de l'Akkar (14.675 ha) et dans le bassin versant de l'Abou Ali (13.080 ha), en fonction des ressources hydriques inventoriées à ce moment là.

ltés.
es,
oitatio

Les études en cours, depuis 1963, pour l'inventaire des ressources en eaux souterraines, permettaient de prévoir des possibilités nouvelles d'approvisionnement en eaux. Il fallait étendre l'inventaire des ressources en sols à toute la région.

tabilité
présen
voir

Secteur prospecté

Le secteur du Liban Nord - versant ouest englobe la région sous la cote d'altitude 600 au nord de Batroun et couvre 60.000 ha. L'échelle du 1/50.000 pour l'étude des sols a paru largement suffisante pour répondre aux problèmes posés.

Ressources en sols

Centra
on
tion
ces

L'ensemble de Tripoli (alt. max. 100 m) correspond à la zone côtière formée d'étroites plaines alluviales bordées de plages et de dunes, de redents rocheux et de falaises. Ces terrains sont partiellement favorables à l'arboriculture et aux cultures annuelles avec irrigation locale. Les travaux d'aménagement nécessaires seront peu importants.

L'ensemble de l'Akkar (alt. max. 100 m) forme la grande plaine alluviale du Liban Nord. Les terrains sont favorables à l'arboriculture et aux cultures annuelles. L'irrigation est à généraliser. Les travaux d'aménagement auront quelque ampleur, principalement en ce qui concerne le drainage.

le cet
visag
qu'un
une

L'ensemble de Tlail (alt. 50 - 500 m) constitue un plateau ondulé sur basalte. Après la réalisation de terrasses et l'épierreage, certaines zones conviendront partiellement à l'arboriculture et aux cultures annuelles irriguées. De grandes zones sont partiellement favorables aux pâturages sans irrigation et sans aménagement.

L'ensemble de Berkayel est formé d'un plateau s'abaissant vers le nord-ouest en gradins de 300 à 50 m d'altitude, sur poudingues et marnes pliocènes et miocènes et sur alluvions quaternaires. Les terrasses sont favorables aux cultures annuelles et partiellement aux pâturages et à l'arboriculture avec irrigation généralisée et après exécution de travaux assez importants.

as
nt
nde.

L'ensemble de Djebel-Terbol (alt. 100 - 700 m) est formé par le massif montagneux du Djebel-Terbol. Certaines zones sont partiellement favorables à une arboriculture en sec, avec des aménagements réduits; d'autres conviennent mieux aux pâturages et à la reforestation, ces utilisations n'exigeant pas de travaux spéciaux. L'irrigation de cet ensemble se limitera à de rares secteurs.

L'ensemble de Hamate-Dedde (alt. 100 - 350 m) est constitué par des plateaux côtiers, bordés à l'ouest par des falaises rocheuses. Les terrains peuvent être favorables à l'arboriculture irriguée et partiellement aux cultures annuelles irriguées, mais après exécution d'importants travaux d'aménagement.

L'ensemble de Koura (alt. 50 - 400 m) représente une grande dépression à fond plat, actuellement presque totalement plantée d'oliviers; ce type d'arboriculture peut être poursuivi sans irrigation. D'autre part ces terrains peuvent partiellement convenir à l'arboriculture irriguée, mais avec des travaux d'aménagement assez importants.

ain
n

L'ensemble de Chekka (alt. 50 - 350 m) est constitué par un versant côtier sur marnes et calcaires marneux, très découpé. Cet ensemble ne peut convenir qu'à l'arboriculture en sec ou au reboisement, avec d'importants travaux d'aménagement.

Les superficies de chaque ensemble convenant à l'irrigation sont données au tableau 7.

Tableau 7 - Inventaire des surfaces convenant à l'irrigation (ha)
Liban Nord - versant ouest

Ensemble	Surface totale	Surface convenant à l'irrigation			
		classe 1	classe 2	classe 3	total
Akkar	12.350	9.350	3.000	—	12.350
Tlail	10.300	350	850	5.100	6.300
Berkayel	5.500	500	1.550	2.000	4.050
Djebel-Terbol	4.000	—	—	900	900
Hamate-Dedde	5.000	—	1.500	—	1.500
Koura	11.750	1.550	5.500	3.400	10.450
Chekka	8.500	550	2.000	2.900	5.450
Tripoli	2.500	2.200	300	—	2.500
Total	59.900	14.500	14.700	14.300	43.500

En conclusion, la région du Liban Nord - versant ouest ne doit pas être considérée comme une entité pour l'étude d'un projet d'irrigation, mais de plusieurs unités à étudier séparément plus en détail.

4.5 Recommandations pour un programme futur de cartographie des sols

- La région de Koura, objet d'un projet d'étude d'irrigation, devra être cartographiée au 1/20.000 dans son ensemble et plus en détail pour certaines zones à déterminer en accord avec les responsables du projet d'irrigation.

- La plaine de l'Akkar doit être cartographiée à l'échelle du 1/20.000 en attachant une attention particulière aux déterminations des caractéristiques hydrodynamiques des principaux types de sols inventoriés.

Dans la plaine de la Bekaa, la rive droite du Litani de Zahlé à Ammicq n'a fait l'objet d'aucune étude pédologique; pareille étude compléterait utilement les inventaires de cette plaine.

- D'une façon plus générale, la couverture au 1/50.000 de la totalité du Liban devrait se poursuivre dans le même esprit et avec les mêmes techniques que les travaux déjà exécutés par le présent projet et celui de la "Bonification de la montagne libanaise (Plan Vert).

- Pour toute cartographie il faut attacher une grande importance à poursuivre les travaux avec les mêmes techniques que celles mises au point au cours de ce projet, afin d'obtenir des cartes dont l'interprétation sera possible avec les mêmes critères.

- L'Institut de Recherches Agronomiques du Liban est l'organisme le mieux indiqué pour coordonner les travaux de cartographie qui sont ou viendraient à être entrepris par d'autres organismes gouvernementaux.

CHAPITRE V

IRRIGATION

Les buts principaux du programme d'expérimentation en irrigation étaient les suivants:

- organisation d'une recherche appliquée sur les besoins en eau des cultures principales du pays,
- étude des aspects techniques et agronomiques de l'irrigation par aspersion,
- étude de l'efficacité de l'irrigation traditionnelle,
- organisation d'un réseau de stations agrométéorologiques,
- formation technique du personnel responsable de l'exécution des travaux.

La réalisation du programme a été possible grâce à la collaboration de l'Institut de Recherches Agronomiques (IRA) et de l'Office National du Litani (ONL). L'adoption des mêmes protocoles pour l'expérimentation sur les besoins en eau, la normalisation de certaines mesures et la coopération de ces deux organismes pour l'extension des stations agrométéorologiques ont facilité les travaux de l'analyse préliminaire et des essais.

Les essais ont été conduits dans les stations expérimentales de l'IRA dans la plaine de la Bekaa (Kfardane, Tel Amara, Terbol) et dans les plaines côtières (Abdé, Salhyié, Tyr); dans les stations expérimentales de l'ONL dans la Bekaa (Taanayel, Marj, Karaoun) et sur la côte (Insarieh).

5.1 Unité pilote d'expérimentation sur l'irrigation

Pour assurer l'exécution du programme, une "unité pilote d'expérimentation sur l'irrigation" d'une conception originale a été installée à Terbol; 3 sont en cours de réalisation dans d'autres stations expérimentales.

L'unité pilote d'expérimentation est composée de plusieurs éléments: station agrométéorologique, parcelles équipées d'évapotranspiromètres et champs d'essais factoriels sur microparcelles. Un minimum d'équipement permettant des essais sur 4 cultures principales est considéré comme indispensable pour répondre aux exigences agronomiques.

Les résultats obtenus la première année ont démontré que l'unité pilote d'expérimentation est très utile pour les études sur les besoins en eau et surtout sur les pratiques d'irrigation les plus rationnelles. Ils permettront de fixer les normes pour l'utilisation la plus économique de l'eau.

La suite des essais sur les unités d'expérimentation sera organisée dans 8 stations ou fermes expérimentales couvrant tout le territoire du pays. Après répétition des essais sur plusieurs années, les résultats seront utilisés pour établir un guide pratique pour l'irrigation des cultures les plus importantes du Liban.

Le nouveau projet "d'aménagement hydro-agricole" (PNUD) poursuivra l'effort engagé par le présent projet dans le cadre du programme général d'expérimentation sur l'irrigation.

5.2 Mesure de l'évapotranspiration potentielle (ETP)

Définition de l'ETP: évapotranspiration d'une couverture uniforme gazonnée, en phase active de croissance et abondamment pourvue en eau (irrigation au minimum tous les deux jours). Elle peut être mesurée en lysimètre ou calculée au moyen de formules.

Les valeurs de l'ETP calculées au moyen des formules de Turc, Penman, Bouchet et Thornthwaite diffèrent considérablement entre elles; de plus, elles diffèrent des valeurs de l'ETP mesurées en lysimètre.

Les valeurs de l'ETP mesurées sur ray-grass dans la Bekaa ne varient pas beaucoup d'une année à l'autre: les écarts n'excèdent pas 10-15%. Le maximum mensuel de l'ETP dépasse légèrement 300 mm en juillet et en août.

Pendant l'été, la valeur de l'ETP mesurée dans la Bekaa dépasse celle de la côte; en hiver, par contre, la valeur de l'ETP mesurée sur la côte est plus forte. L'ETP annuelle ne diffère cependant pas beaucoup entre les deux régions.

Dans les stations d'Abdé et d'Insarieh, la culture du ray-grass n'a pas donné une végétation normale pendant son cycle annuel; elle a été remplacée par un mélange à base de chiendent (*Cynodon dactylon*).

Les mesures de l'ETP sur luzerne ont donné des valeurs généralement très élevées, surtout à Terbol où, pendant le mois de juillet 1967, l'ETP a atteint 496 mm.

Sous réserve de confirmation, les valeurs de l'ETP du ray-grass et de la luzerne pour la Bekaa et la zone côtière pour une année sont présentées dans le tableau 8.

Tableau 8 - ETP moyenne pour une année normale
(Valeur provisoire basée sur 2 ou 3 années d'observation)

Mois	Ray-grass		Luzerne	
	Bekaa	Côte	Bekaa	Côte
 en mm/jour			
Janvier	1	2	1	2
Février	1	2	1	2
Mars	2	3	2	5
Avril	5	4	5	6
Mai	6	5	7	7
Juin	8	6	12	10
Juillet	8	6	13	10
Août	9	7	12	10
Septembre	7	6	9	7
Octobre	4	4	5	5
Novembre	3	3	3	5
Décembre	1	2	2	2
Moyenne	4,5	4	6	6

Les mesures de l'ETP doivent être continuées sur le plan national, en améliorant les méthodes pour préciser les variations de l'ETP sous les différents climats du pays et aboutir à une application pratique des résultats.

5.3 Détermination de l'évapotranspiration réelle (ETR)

Définition de l'ETR: évapotranspiration d'une culture irriguée de telle façon que le taux d'humidité du sol entre deux arrosages n'atteigne pas le point de flétrissement.

Les déterminations de l'ETR sur plusieurs cultures ont été faites suivant différentes méthodes.

Atmomètre

La méthode des atomètres, essayée sur la luzerne, le ray-grass et la pomme de terre dans les stations d'Abdé, Taanayel et Terbol, a l'avantage d'être simple et bon marché. Cependant les résultats n'ont pas donné satisfaction, les appareils étant très sensibles à la poussière qui modifie les caractéristiques de réflexion des corps poreux.

Evaporation d'un évaporimètre (Eo)

Définition de Eo: évaporation d'un plan d'eau libre. Elle est mesurée par l'évaporation de l'eau dans un bac standardisé, du type "classe A".

Un essai de détermination de l'ETR sur pomme de terre a été effectué en partant des mesures de l'E_o qui permettent d'évaluer l'ETP en introduisant un facteur de réduction (p.ex. ETP = 0,8 E_o). Cet essai a démontré que, pour un meilleur rendement, la fréquence de l'irrigation sur pomme de terre ne doit pas dépasser 8 jours avec une dose de 70 mm. L'emploi du coefficient constant 0,8 n'a pas donné de résultats satisfaisants; en effet la valeur ETR déterminée par bilan hydrique dans le champ (pomme de terre) se situe entre 0,7 E_o et 1,2 E_o selon les phases végétatives.

Tensiomètre

Les premiers essais avec les tensiomètres ont donné des résultats satisfaisants. L'appareil a bien indiqué les tendances de changement des taux d'humidité du sol dans les différentes profondeurs où il avait été placé.

Bilan hydrique au champ

Les déterminations de l'ETR par bilan hydrique au champ en utilisant la méthode gravimétrique ont fourni des données satisfaisantes dans les sols homogènes. Dans ces sols on peut obtenir, par le bilan hydrique au champ, une première approximation des besoins en eau. Dans le tableau 9 on a rapporté les mesures effectuées par cette méthode sur différentes cultures en 1967.

Tableau 9 - Détermination de l'ETR à partir du bilan hydrique au champ

Station	Culture	ETR mensuelle en mm				
		Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Terbol	pomme de terre	240	242			
Terbol	maïs-grain		253			
Terbol	maïs-fourrage			296		
Abdé	maïs-grain				146	
Deir Takla	agrumes	53	113	119	146	
Insarieh	bananier	42	112	156	140	99
					123	20

Evapotranspiration maximum (ETM)

Définition de l'ETM: évapotranspiration d'une plante quelconque dans des conditions d'humidité du sol proches de la capacité de rétention.

Dans le cadre de l'unité pilote d'expérimentation sur l'irrigation à Terbol, on a commencé les études sur les besoins en eau des cultures irriguées, basés sur les mesures de l'évapotranspiration maximum (ETM) par un évapotranspiromètre. Le but principal de ces études est la détermination des modalités pratiques de l'irrigation la plus efficace, en évaluant les quantités d'eau les plus économiques à utiliser pendant le cycle de végétation et la meilleure fréquence de leur distribution.

En 1967 des essais sur maïs-grain ont démontré qu'une quantité d'eau relativement réduite, mais bien distribuée selon les besoins de la plante, peut donner des rendements intéressants. Un sommaire de l'essai est présenté dans le tableau 10.

Tableau 10 - Rendement de maïs-grain avec différentes quantités d'eau

Traitement	Rendement kg/ha	Quantité d'eau		Revenu net	
		totale mm	mensuelle max. mm	LL/ha	LL/m ³ d'eau
Irrigation max.: ETM	9.600	860	août 331	716	0,08
Irrigation 0,85 ETM	9.900	731	août 282	828	0,11
Irrigation 0,5 ETM	8.900	430	août 161	791	0,19

En 1967 un essai sur maïs-fourrage tardif a été effectué. Les traitements différentiels ont donné des écarts significatifs qui auraient probablement été plus accusés si l'essai avait pu être mené jusqu'à son terme; il a été interrompu par suite de pluies exceptionnellement abondantes.

En conclusion:

- L'emploi des atmomètres pour l'étude de l'ETR est à abandonner.
- Les déterminations basées sur l'évaporimètre (Eo, bac d'évaporation) sont à reprendre sur plusieurs années au cours desquelles on essaiera d'établir une corrélation entre l'ETR et différents facteurs du climat (rayonnement solaire, température, évaporation, radiation nette, déficit hydrique de l'air, etc.). Cette corrélation permettra de choisir les facteurs sur lesquels on peut se baser pour établir des coefficients directement utilisables pour l'irrigation ou indirectement en les introduisant dans une formule à mettre au point.
- Les premiers essais avec des tensiomètres ont montré que ces appareils peuvent être utiles en pratique, surtout dans les vergers.
- La méthode du bilan hydrique au champ peut donner une première approximation des besoins en eau dans les sols homogènes. Il conviendrait d'améliorer les mesures de l'humidité au champ par une prise d'échantillon à plus grande profondeur et surtout par l'emploi de la sonde à neutrons. Cette dernière est à préconiser pour les déterminations de l'ETR dans les vergers.
- Les essais sur la détermination des modalités pratiques de l'irrigation la plus efficace ont donné de très bons résultats. On doit les poursuivre et les étendre aux cultures principales du Liban, en adoptant la méthode d'expérimentation développée dans l'unité pilote de Terbol. Il faut préciser les meilleures fréquences et doses d'irrigation, tout en réduisant au minimum la quantité d'eau nécessaire pour obtenir une récolte économiquement rentable. Après répétition des essais sur plusieurs années, ces données pourront être utilisées pour établir des guides pratiques sur l'irrigation des cultures les plus importantes du Liban.

5.4 Etude de l'irrigation par aspersion

Le but principal de l'irrigation par aspersion est de réduire les pertes d'eau par rapport à l'irrigation traditionnelle, en d'autres termes d'augmenter l'efficacité de l'irrigation. C'est pourquoi quelques problèmes posés par l'irrigation par aspersion ont été étudiés.

Observations sur le matériel d'aspersion

Les asperseurs en matière plastique et particulièrement les asperseurs à secteurs se sont montrés trop fragiles. L'emploi des asperseurs à jet bas ou à jet réglable est à conseiller dans les vergers.

Les tuyaux perforés n'ont pas donné de résultats satisfaisants; par contre, les tuyaux souples avec asperseurs montés sur traîneaux ont donné d'excellents résultats. On peut les utiliser pour les vergers et bananeraies. Dans les terrains accidentés et caillouteux il est préférable d'utiliser des tuyaux en acier léger à raccord mécanique. La technique de l'application des engrais par aspersion (fertilisateurs) est à conseiller spécialement pour les engrais azotés sur cultures annuelles intensives.

Les observations ci-dessus ont permis de tirer seulement des conclusions partielles. Il est donc recommandé de poursuivre les essais en ce domaine en vue d'aboutir à la sélection du matériel le mieux adapté aux conditions locales.

Observations phytotechniques et phytopathologiques

Par rapport à l'irrigation traditionnelle l'irrigation par aspersion modifie considérablement les techniques culturales qui devront être adaptées en conséquence; elle provoque une prolifération des mauvaises herbes qui a été observée dans les stations expérimentales et semble avoir une action favorable sur la croissance et par conséquent sur le rendement des cultures fourragères.

Une expérience effectuée dans un verger de pommiers, dans la Bekaa, a montré l'effet positif de l'aspersion sur la coloration des pommes de la variété Starken-Delicious.

Aucune brûlure des feuilles n'a été observée sur différentes cultures habituellement sensibles aux effets de loupe.

Des essais et observations sur les maladies cryptogamiques provoquées par l'aspersion ont été effectués dans différentes stations expérimentales. Il faut signaler le développement de quelques maladies cryptogamiques nouvelles (sur haricot et tomate) et l'augmentation de la virulence de quelques maladies endémiques (sur aubergine, poivron et pommier). Par contre, quelques maladies qui étaient à craindre ne se sont pas ou peu manifestées (mildiou de la pomme de terre, oïdium des cucurbitacées). Enfin, l'aspersion diminue l'attaque des pucerons verts sur différentes cultures maraichères et des acariens sur pommier.

L'introduction de l'irrigation par aspersion n'a apparemment pas induit de graves problèmes sur le plan phytopathologiques. Il faut cependant poursuivre les observations et organiser une recherche plus poussée dans le domaine des relations aspersion-cultures.

Problèmes relatifs au vent

Presque toutes les régions du Liban sont affectées par un vent fort durant la journée. Les relevés réguliers de la vitesse du vent, commencés en 1966 dans les stations de Terbol et de Taanayel, ont montré qu'elle atteint, pendant la saison d'irrigation, une moyenne de 10 m/s à partir de 11 - 12 h jusqu'à 18 h.

- Une réglementation régionale devrait fixer l'arrêt des arrosages au cours des heures affectées par un vent fort; ceci implique que les arrosages devraient être effectués pendant la nuit.

- Des études microclimatiques sur les brise-vent seront très utiles.

Problèmes relatifs aux sols (nature et relief)

Les conditions du sol sont généralement favorables à l'introduction de l'irrigation par aspersion. La pratique et les essais ont montré que l'aspersion peut être appliquée sur des terrains en pente jusqu'à 12 - 15% avec une pluviométrie de 8 - 15 mm/h suivant les types de sol et la pente. Une première expérience a montré que l'aspersion avec des pluviométries très faibles donnait les meilleurs résultats dans le cas particulier des sols marneux du Liban Sud.

Organisation du travail

Les ouvriers apprennent très facilement à déplacer le matériel d'aspersion et à assurer convenablement les changements de poste.

Le chronométrage du travail nécessaire au déplacement des rampes indique que l'on a besoin de 4-6 heures d'ouvriers par ha, ce qui représente comme frais de main-d'oeuvre entre 2,5 et 4,8 LL/ha par arrosage.

L'introduction à une plus grande échelle de l'irrigation par aspersion au Liban se heurte aux facteurs suivants:

- matériel mal étudié ou mal adapté aux conditions locales;
- manque de formation de l'utilisateur qui ne peut exploiter convenablement l'équipement d'aspersion.

En conclusion il serait nécessaire d'intensifier la recherche sur l'aspersion dans les stations expérimentales existantes et organiser de nouvelles stations de ce genre (Lebaa - Versant Ouest, El Kah - Bekaa Nord, Akkar - Littoral Nord). Un programme de vulgarisation et de formation technique dans le domaine de l'irrigation par aspersion serait d'une grande efficacité pour le développement de ce système d'irrigation dans de nouveaux périmètres.

Efficiences de l'irrigation traditionnelle (irrigation par gravité)

Une dizaine de points de contrôle de débit ont été installés par l'ONL dans des fermes avec l'aide du projet, en vue de mesurer les quantités d'eau fournies aux différentes cultures en irrigation traditionnelle et d'en calculer l'efficacité.

Les mesures de débit ont révélé que les fermiers utilisent l'eau d'une façon très irrationnelle. Généralement on donne beaucoup d'eau au début de la saison d'irrigation. Les exploitations qui se trouvent près d'un canal utilisent quelquefois des quantités d'eau énormes, qui peuvent atteindre 1.200 mm/saison en Bekaa (pommier, betterave) et 1.500 mm/saison sur le Versant Ouest (agrumes). Par contre, les doses sont parfois très faibles: 570 mm/saison sur le Versant Ouest (bananier).

L'efficacité de l'irrigation, qui représente la relation entre l'ETR mesurée par bilan hydrique et l'eau fournie à la parcelle, calculée en 1967 pour agrumes à Deir Takla, a donné un coefficient d'efficacité saisonnier de 0,4, ce qui est assez bas. Comme premier pas d'un programme pour l'amélioration de l'irrigation traditionnelle, une augmentation du nombre de mesures de son efficacité est à recommander, ainsi qu'un effort en matière de formation des agriculteurs aux techniques d'irrigation par gravité, nivellement, contrôle de l'eau.

CHAPITRE VI

FERTILITE

Les buts principaux de l'étude sur la fertilisation des sols étaient les suivants:

- réaliser des essais divers sur la fertilisation dans les régions intéressées par le projet;
- interpréter les résultats en vue de préciser les besoins en engrais des cultures irriguées.

Pendant des millénaires, le fumier de ferme a constitué la fumure principale; depuis une vingtaine d'années elle a été complétée progressivement par une utilisation de plus en plus large des engrais chimiques. Cette extension de l'emploi des fertilisants minéraux sous l'impulsion de firmes commerciales, a été plus rapide que l'étude des sols. Il s'avérait donc nécessaire d'adapter les équilibres de fumure aux différents types de sols inventoriés au fur et à mesure des prospections pédologiques, et à en déduire les besoins en fumures des différentes cultures.

Les études antérieures révélaient que les engrais organiques, l'azote et l'acide phosphorique augmentaient nettement le rendement des cultures, alors que l'apport de potasse ne donnait qu'exceptionnellement des résultats significatifs.

Ces données sur la potasse ne résultaient que d'expériences portant généralement sur 2 ou 3 années de culture, durée insuffisante pour faire apparaître une réponse à la fumure potassique là où les sols accusent déjà des teneurs en potassium relativement élevées. L'explication de ces teneurs importantes doit se trouver au niveau des argiles.

La plupart des problèmes importants restant à résoudre tenaient à la présence de calcaire dans le sol.

Le volume et la durée des études nécessaires pour arriver à des conclusions pratiquement utilisables dépassaient largement les possibilités d'exécution du projet. Le programme à élaborer devait tenir compte des 3 paramètres suivants:

- Le type de sol et son incidence sur les besoins en engrais des cultures: il fallait déterminer les sols les plus caractéristiques et trouver, pour chacun d'eux, des champs expérimentaux présentant les conditions requises par l'expérimentation.
- La durée de l'expérimentation: les terrains devaient être disponibles pendant plusieurs années, de façon que les cultures puissent se succéder aux mêmes emplacements.
- Les moyens disponibles: l'équipe comprenait un ingénieur de contre-partie et deux assistants techniques, chargés de la mise en place et de la surveillance des expériences; les moyens étaient donc limités.

6.1 Essais en vases de végétation sur sols calcaires

L'étude des sols calcaires paraissait indispensable, à condition de l'entreprendre en milieu irrigué. Or, il n'a pas été possible de l'aborder faute de terrains irrigués valables pour l'expérimentation. Ces sols ont néanmoins fait l'objet de tests qualitatifs en vases de végétation, qui avaient pour but de déterminer le niveau des réserves en phosphore et en potassium de 8 séries de sols du Liban Sud - versant ouest.

Phosphore

Tous les sols soumis à l'expérience ont manifesté une carence prononcée en phosphore.

En l'absence de celui-ci les rendements moyens obtenus ont été de 50-70% inférieurs à ceux produits en présence d'une fumure complète. Des apports importants, supérieurs aux exportations par les récoltes, sont donc indispensables dans ces sols calcaires pour élever le niveau des réserves phosphatées. Toutefois, ces apports devront être faits judicieusement et échelonnés sur plusieurs années, car il faut craindre la fixation irréversible du phosphore dans ces types de sols. Elle est apparue dans l'expérience réalisée: la forte dose de phosphore appliquée dans un traitement, dont la majeure partie n'était pas nécessaire à la végétation, n'a pas été retrouvée à l'analyse à la fin de l'essai. Cette application excédentaire a toutefois permis d'élever de 2 à 3 fois la teneur initiale des sols en phosphore assimilable.

Dans ces sols le problème à résoudre sur le plan pratique consiste donc à déterminer les quantités d'engrais phosphatés susceptibles d'élever la teneur initiale du sol en phosphate. Ces essais en vases de végétation devraient être poursuivis en appliquant aux différents sols des doses croissantes de phosphore et en suivant, par l'analyse chimique, l'évolution de l'enrichissement du sol en cet élément.

Potassium

Dans un sol blanc calcaire (série Kafer Falouse)^{1/} et un sol rouge non calcaire (série Sarba)^{1/}, les rendements sont pratiquement identiques en présence ou en l'absence de potassium dans la fumure. Ces sols présentent la capacité de libérer du potassium aux dépens des réserves, mais probablement pas sans limites. En effet, les analyses de sol en fin d'essai ont permis de mettre en évidence une diminution des réserves en cet élément.

^{1/} La description de ces séries est donnée au Vol. II - 2ème partie.

Seule l'expérimentation en champ permettra d'établir si le rythme de la libération du potassium aboutit à une différenciation entre les sols comme dans les tests en vases. Du point de vue pratique, la fumure potassique paraît indispensable dans la majorité des sols calcaires expérimentés, mais peut se limiter à des apports d'entretien correspondant aux exportations par les cultures.

6.2 Essais en champ

Un réseau d'essais permanents pour déterminer la réaction à la fumure de quelques cultures irriguées, sur divers types de sols et pendant plusieurs campagnes successives, a été créé. Trois types d'essais ont été entrepris.

- Essais complexes NPK, multilocaux

Ces essais ont été conduits pendant deux campagnes dans les stations de l'IRA à Kfardane (série Kfardane), Terbol (série Delhamié) et Marj (série Ghazayel)^{1/}. Dans chacune des stations, les emplacements choisis ont fait l'objet d'un échantillonnage de sol, dont les principales caractéristiques physiques et chimiques ont été déterminées au laboratoire.

Betterave sucrière

Dans toutes les situations, l'azote est l'élément déficient. Cependant, la teneur en sucre ainsi que la pureté des jus ont été défavorablement influencées par des doses croissantes d'azote à Kfardane et à Marj. Il convient donc de ne pas dépasser la dose limite d'azote favorable à la production de racines.

L'apport de phosphore est particulièrement marquant à Kfardane au cours de la première année, et à Kfardane et Terbol durant la seconde année. Les réserves en phosphore à Marj sont plus élevées. La quantité de sucre par hectare est surtout influencée par les apports de phosphore sur les sols de Kfardane et de Terbol, mais cet effet n'est pas observé à Marj.

La potasse appliquée n'a eu aucun effet sur les 3 types de sols. La nutrition potassique est donc largement assurée, même en l'absence d'apport d'engrais.

Fumure préconisée

- Kfardane (pour un rendement de 50 - 60 t/ha de racines)

- Azote: 140 - 160 unités/ha, réparties comme suit:
- au dernier labour: 525 - 600 kg/ha de sulfate d'ammonium (20%)
- au démarriage: 220 - 250 kg/ha de nitrate de sodium (16%).
- Phosphore: 160 unités/ha, soit 880 kg/ha de superphosphate (18%); cette dose peut être augmentée de façon à enrichir la teneur initiale du sol.
- Potassium: dose d'entretien de 75 unités/ha, soit 150 kg/ha de chlorure de potassium (50%).
- Bore: 15 kg/ha de borate de sodium (borax), en mélange avec les engrais phospho-potassiques.

^{1/} La description de ces séries est donnée au Vol. II - 2ème partie.

- Terbol (pour un rendement de 60 t/ha de racines)

Azote: comme pour Kfardane, dose maximale.

Phosphore: comme pour Kfardane.

Potassium: dose d'entretien de 75 - 150 unités/ha, soit 150 - 300 kg/ha de chlorure de potassium (50%).

Bore: 15 kg/ha de borax.

- Marj (pour un rendement de 50 t/ha de racines)

Azote: 140 unités/ha, réparties comme suit:

- au dernier labour: 525 kg/ha de sulfate d'ammoniaque (20%).

- au démariage: 220 kg/ha de nitrate de sodium (16%).

Phosphore: 100 unités/ha, soit 550 kg/ha de superphosphate (18%).

Potassium: comme pour Kfardane.

Bore: 20 - 25 kg/ha de borax.

Pomme de terre

Cet essai a été effectué sur les sols de Kfardane et de Terbol. Les éléments déficients dans les deux types de sols sont l'azote et le phosphore, ce dernier particulièrement à Kfardane où la fumure phosphatique a influencé favorablement la calibre des tubercules. Il n'y a eu aucune réponse à la fumure potassique.

Fumure préconisée

- Kfardane (pour un rendement de 23 - 28 t/ha)

Azote: 80 - 100 unités/ha, réparties comme suit:

- au dernier labour: 300 - 375 kg/ha de sulfate d'ammoniaque (20%)

- au buttage: 100 - 125 kg/ha de nitrate d'ammoniaque (21%).

Phosphore: 100 unités/ha, soit 550 kg/ha de superphosphate (18%), dose pouvant être portée à 125 unités/ha.

Potassium: dose d'entretien de 100 unités/ha, soit 170 kg/ha de chlorure de potassium (60%) ou 210 kg/ha de sulfate de potassium (48%).

- Terbol (pour un rendement de 34 t/ha)

Azote: 120 unités/ha, réparties comme suit:

- avant la plantation: 450 kg/ha de sulfate d'ammoniaque (20%)

- au buttage: 150 kg/ha de nitrate d'ammoniaque (21%).

Phosphore: 100 unités/ha, soit 550 kg/ha de superphosphate (18%).

Potassium: comme pour Kfardane.

Oignon

Fumure préconisée

Pour un rendement de 27 t/ha, et pour une variété d'oignon rouge, la fumure peut être fixée comme suit pour les 3 types de sols.

Azote: 80 unités/ha, soit 400 kg/ha de sulfate d'ammoniaque (20%).

Phosphore: 40 - 60 unités/ha, soit 220 - 330 kg/ha de superphosphate (18%).

Ces données sont à revoir en fonction de variété réputées plus productives ou de variétés cultivées en vue de la déshydratation.

Maïs-grain

Seuls les apports d'azote influencent les rendements.

Fumure préconisée

- Kfardane et Terbol (pour une production de 8,1 - 8,7 t/ha).

Azote: 110 - 160 unités/ha, appliquées comme suit:

- avant le semis: 400 - 600 kg/ha de sulfate d'ammoniaque (20%).

- après la levée: 150 - 200 kg/ha de nitrate d'ammoniaque (21%).

Phosphore: 75 unités/ha, soit 413 kg/ha de superphosphate (18%).

Essais de potasse

En ce qui concerne l'étude de la potasse, aucun des essais en champ réalisés sur 3 types de sols de la plaine de la Bekaa ainsi que sur alluvions à Tyr n'a donné de réponse à la fumure potassique, après 2 et dans un cas après 3 années de cultures. Ces expériences devront être poursuivies sur les mêmes parcelles pendant plusieurs années, de façon à déterminer le moment où des chutes de rendement significatives traduiront un épuisement des réserves en potasse du sol.

Toutes les analyses de sol, effectuées avant l'implantation des essais sur la potasse, indiquent que les réserves du sol sur les parcelles étudiées sont très importantes. Ces teneurs n'ont pas varié après une année de culture, même dans les parcelles témoin.

Dans ces conditions, la fumure potassique n'apparaît pas indispensable dans les types de sols expérimentés. Il serait toutefois prématuré, en l'absence de données portant sur un plus grand nombre d'années, de conclure à l'élimination totale de la fumure potassique.

A la suite de cette étude préliminaire, les recommandations ne présenteront qu'un caractère provisoire: elles préconisent une fumure d'entretien pour des cultures réputées exigeantes en potassium, telle que la betterave sucrière ou la pomme de terre.

L'absence de fumure potassique, si elle peut influencer favorablement le prix de revient des produits, pourrait amener à la longue les réserves du sol à un niveau de carence préjudiciable aux rendements futurs des cultures. Par la suite, le rétablissement de la fertilité potassique constituerait une opération longue et coûteuse. D'autre part, l'extension et l'amélioration de l'irrigation accélèreront le phénomène de dégradation de la fertilité potassique.

Essais fertilisation-irrigation combinées

Dans ce type d'essais, l'irrigation et la fumure varient simultanément. Le but est la détermination des composantes du système donnant le rendement le plus élevé d'une part, et le plus économique d'autre part.

Une expérience sur maïs-fourrage a mis en évidence un rapport entre la fumure et la périodicité des arrosages: l'influence de cette périodicité est marquée sur le rendement en matière sèche, mais devient presque nulle lorsque la dose d'azote est très élevée. Une dose de 120 unités/ha d'azote étant nécessaire pour assurer une production optimale de matière sèche, elle pourrait être réduite à 80 unités/ha pour autant que la périodicité d'arrosage soit courte. Pour confirmer ces indications préliminaires, ce type d'essai devrait être repris pendant plusieurs années, sur diverses plantes fourragères.

Un second essai du même genre sur maïs-grain sur sol brun-rouge n'a pas permis de dégager des différences entre les traitements fumure-irrigation combinées.

Comportement d'espèces fourragères sur sols très calcaires

Une des conclusions des enquêtes pédologiques effectuées dans le Liban Sud versant ouest préconise, pour la plupart des terrains calcaires irrigables, l'établissement de pâturages et de cultures fourragères.

C'est en vue d'obtenir quelques données sur le comportement de ces espèces végétales en sols très calcaires et en culture irriguée que des essais ont été réalisés. Des graminées, des légumineuses et des mélanges graminées-légumineuses ont été étudiés sur sols gris calcaires.

Les résultats confirment que le choix des espèces végétales à cultiver sur ces sols est limité, mais que l'établissement de pâturages ou de cultures fourragères constituera probablement la meilleure solution après défrichement pendant les premières années de culture sous irrigation. Ces essais réalisés à petite échelle, à proximité de Lebaa, seront poursuivis sur la future station expérimentale aussitôt qu'elle sera mise en service.

En conclusion les résultats obtenus constituent un trait d'union entre les essais réalisés avant le projet et la poursuite des expérimentations indispensables pendant plusieurs années encore. Les recommandations reflètent ce caractère transitoire des résultats.

- Il est nécessaire de poursuivre l'expérimentation en matière de fumure, d'une part dans un programme au niveau de l'Institut de Recherches Agronomiques, et d'autre part sur le plan national, en collaboration avec d'autres organismes intéressés par les études sur la fertilisation.

- L'Institut de Recherches Agronomiques doit poursuivre le programme d'essais déjà engagé sur le réseau d'expérimentation actuellement en place, tout en l'étendant à d'autres régions pédoclimatiques, notamment sur sols calcaires. A cet effet il est proposé d'établir une station expérimentale dans la région de Lebaa. Les essais doivent être implantés de préférence en station ou, à défaut, chez des agriculteurs.

- Il faut établir des essais à long terme pour solutionner le problème du maintien, voire de l'augmentation de la teneur en matière organique des sols, en vue de l'amélioration de leurs propriétés physiques. L'introduction dans l'assolement d'un fourrage ou d'un engrais vert est recommandée.

- La transformation en terreau des ordures ménagères des villes peut apporter aux sols un supplément de matière organique.

- Des essais de longue durée sur arbres fruitiers peuvent standardiser les normes de composition minérale (les optima, les seuils de déficience et de toxicité) en fonction des sols et des espèces cultivées. Ces normes doivent servir de guide pratique pour la correction des fumures minérales.

- Pour les essais de fumure en station, il faut généraliser l'emploi du matériel d'irrigation par aspersion, afin d'étudier d'une façon précise l'action réciproque de la fumure et de l'irrigation. C'est à ce stade plus avancé qu'il conviendrait, à l'avenir, de conduire l'expérimentation en matière de fertilisation en culture irriguée.

- Les travaux de recherche en physico-chimie des sols doivent être poursuivis: comportement des engrais phospho-potassiques sur sols calcaires, influence du calcium dans les phénomènes d'assimilation. Il serait utile d'engager l'étude des oligo-éléments.

- Il serait en outre souhaitable d'étudier la fumure pour de nouvelles variétés plus productives et fixer leurs exigences nutritives.

ANNEXE I

PLAN D'OPERATIONS

PROJET DU FONDS SPECIAL DES NATIONS UNIES AU LIBAN

ENQUETE PEDOLOGIQUE ET PROGRAMMES D'IRRIGATION CONNEXES

Allocation du Fonds Spécial

\$485,700

- Provenant - i) D'une contribution du Fonds Spécial comprenant les frais généraux de l'Agent d'exécution
- ii) D'un versement en espèces du Gouvernement pour des dépenses locales de fonctionnement, équivalent à

\$433,200

\$ 52,500

Contribution de contrepartie du Gouvernement (en nature)

équivalent à

\$544,000

Durée du projet

quatre ans

Agent d'exécution

Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

Organisme de Coopération

Ministère de l'Agriculture - Institut de Recherches Agronomiques

Aux fins de classification et de cartographie des sols, ainsi que d'études complémentaires relatives à des programmes d'irrigation au Liban dont le Fonds Spécial des Nations Unies a confié l'exécution à l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, le présent Plan d'Opérations est établi en application de l'Article I, paragraphe 2 de l'accord signé le 7 mai 1960 par le Gouvernement libanais et le Fonds Spécial des Nations Unies.

I. BUT ET DESCRIPTION DU PROJET

A. But du Projet

1. Fournir sur les sols des zones intéressées par les programmes les données de base nécessaires au développement d'une agriculture efficace par irrigation. Dans ce but, effectuer principalement des levés pédologiques détaillés et semi-détaillés pour des projets d'irrigation déterminés et estimer la valeur des sols dans les zones étudiées, tel que indiqué sur la carte ci-jointe.

2. Effectuer sur le terrain des essais et démonstrations sur les méthodes pratiques d'irrigation. Etudier les besoins en eau des différentes cultures, de manière à assurer une utilisation rationnelle des eaux en vue d'accroître le rendement des cultures.

3. Entreprendre et poursuivre dans des zones déterminées et notamment dans des exploitations agricoles existantes des expériences pratiques et scientifiquement conçues pour préciser l'augmentation du rendement des cultures qu'on pourrait attendre d'un emploi efficace des engrais conjugué à d'autres améliorations des pratiques culturales. Aider à formuler une politique nationale d'utilisation des engrais.

4. Assurer, dans le cours du programme, le perfectionnement du personnel libanais de contrepartie.

B. Description du Projet

5. Le projet comporte quatre domaines d'activité:

- a) Levés pédologiques
- b) Recherches, essais et démonstrations sur les techniques d'irrigation
- c) Etudes de fertilité des sols et essais d'engrais
- d) Formation professionnelle correspondant aux activités ci-dessus

a) Levés pédologiques

i) Des levés pédologiques détaillés et semi-détaillés dans les zones suivantes:

1. Projets de la Plaine de la Bekaa	50.000 ha
2. Projets du Nord du Liban y compris ceux de la Plaine d'Akkar	45.000 ha
3. Projets du Sud du Liban y compris ceux du Litani	} 55.000 ha
4. Petits projets dans les monts du Liban	
	150.000 ha ^{1/}

Ces levés pédologiques détaillés et semi-détaillés ont pour objet de fournir les données qui permettront de choisir de nouveaux périmètres d'irrigation (estimés à 50.000 ha environ) et d'indiquer les périmètres déjà irrigués, afin de contribuer à une meilleure utilisation des eaux dans les zones agricoles.

^{1/} Cette estimation a été établie par le Gouvernement d'après la situation actuelle des études (carte ci-jointe). Comme la topographie et un certain nombre d'autres données de base sont encore incomplètes, cette estimation pourra être modifiée légèrement quand on disposera de chiffres plus exacts.

- ii) Des études pédologiques de reconnaissance dans des zones spécifiques compléter les données de la reconnaissance pédologique générale déjà effectuée.

On utilisera pour toutes les études les photographies aériennes existantes aux échelles de 1/25.000 et 1/10.000.

b) Recherches, essais et démonstrations sur les techniques d'irrigation, qui comprendront:

- i) Des recherches et essais en quelques zones sur les besoins en eau d'irrigation des différents types de sols, ainsi que sur les besoins en eau des différentes cultures, sur la fréquence des irrigations nécessaires et sur leur calendrier.
- ii) Une étude technique et économique de l'irrigation par aspersion sur certaines terres de versants ou aménagées en terrasses, pour des cultures déterminées.
- iii) Une étude des effets que peut entraîner, sur la structure et la productivité des sols, l'irrigation avec des eaux souterraines ou de surface de provenances diverses.
- iv) L'introduction et la vulgarisation de méthodes et de procédés d'irrigation perfectionnés dans des périmètres déjà ou nouvellement irrigués.

c) Etudes de fertilité des sols et essais d'engrais, qui comprendront:

- i) Un résumé de toute la documentation pertinente qui existe dans les pays et concerne les expériences faites sur la fertilité des sols et les engrais.
- ii) La réalisation, dans les régions intéressées par le projet, sous des conditions pédologiques et hydrologiques variées, d'un nombre approprié de tests et d'essais de fertilisation en agriculture irriguée en tenant compte notamment du milieu agricole réel.
- iii) L'interprétation des résultats en vue de préciser les besoins des cultures en engrais chimiques et organiques pour atteindre les meilleurs rendements et la meilleure rentabilité dans toutes les régions irriguées du pays.
- iv) L'établissement et la transmission aux organismes officiels intéressés de recommandations sur l'emploi des engrais destinés aux cultivateurs exploitant des terres irriguées.
- v) La mise à la disposition du Gouvernement des éléments d'information nécessaires pour décider d'une politique nationale des engrais, couvrant leur production éventuelle, leur distribution et l'organisation d'un système de crédit susceptible d'en développer l'utilisation efficace.

d) Formation professionnelle

La formation professionnelle constitue un aspect important du programme: il s'agit de former des spécialistes libanais (pédologues, chimistes des sols, spécialistes des cultures irriguées, ingénieurs en irrigation) aux méthodes modernes concernant la pédologie, la fertilité des sols, l'emploi des engrais, les pratiques d'irrigation, les rapports sols/eaux, ainsi qu'aux recherches, essais et démonstrations correspondants. Le programme adopté permettra de former tout le personnel détaché à titre de contrepartie par le gouvernement.

6. Les conclusions tirées de ce programme devraient fournir:

- a) La base nécessaire à l'établissement de plusieurs projets d'irrigation pour lesquels le Gouvernement a déjà inscrit des crédits dans son Plan quinquennal.
- b) Une contribution très importante à une utilisation plus rationnelle des eaux et à l'application par les cultivateurs libanais d'engrais et de méthodes améliorés, contribution propre à élever le rendement des cultures.

II. PLAN DE TRAVAIL

A. Participation et Contribution du Fonds Spécial des Nations Unies

7. Le Fonds spécial fournira, par l'intermédiaire de l'Agent chargé de l'exécution:

a) Experts

<u>Années d'exécution</u>	<u>1963</u>	<u>1964</u>	<u>1965</u>	<u>1966</u>	<u>1967</u>	<u>Total</u> <u>mois/hommes</u>
Directeur du projet	10	12	12	12	2	48
Pédologue principal ou ingénieur principal (méthodes d'irrigation) ^{1/}	9	12	12	9	-	42
Pédologue	9	12	3	-	-	24
Pédologue-spécialiste de l'interprétation des photographies aériennes	6	12	-	-	-	18
Agronome chargé de l'expérimentation sur le terrain	-	12	12	-	-	24
Spécialiste en techniques d'irrigation, y compris l'irrigation par aspersion	-	12	6	-	-	18
Experts en mission de courte durée (crédit pour achat d'engrais, chimie et physique des sols, vulgarisation agricole, statistique, etc.)	3	9	6	6	-	24
					Total	198
Coût estimé des 198 mois d'experts prévus ci-dessus: \$ E.U. 349.800						

^{1/} Le choix s'oriente vers l'une ou l'autre spécialité, selon la propre spécialisation du Directeur du Projet.

8. La répartition indiquée pour ce total de 198 mois d'experts pourra subir des modifications de détail si l'intérêt du projet l'exige.

b) Bourses

9. Le projet prévoit les bourses ci-dessous:

<u>Années d'exécution</u>	<u>1963</u>	<u>1964</u>	<u>1965</u>	<u>1966</u>	<u>1967</u>	<u>Total</u> <u>mois-hommes</u>
Prospection des sols	-	9	3	-	-	12
Prospection des sols interprétation des photographies aériennes	-	-	12	-	-	12
Méthodes d'irrigation	-	-	12	-	-	12
Agronomie (irrigation)	-	12	-	-	-	12
Fertilité des sols	-	3	9	-	-	12
					Total	60

Il y aura en tout 5 bourses, chacune d'une durée d'un an.

10. Les bourses accordées dans le cadre du présent Plan d'Opérations seront administrées conformément aux règlements appliqués en la matière par l'Agent chargé de l'exécution, dans les limites du crédit global de \$ E.U. 25.000. Des modifications de détail pourront être apportées aux prévisions ci-dessus si l'intérêt du projet l'exige.

c) Matériel et fourniture

11. On trouvera ci-dessus les catégories principales de matériel nécessaire (travail en laboratoire et sur le terrain).

- i) trois véhicules du type jeep station-wagon;
- ii) matériel pour l'exécution sur le terrain des travaux de prospection des sols (tarières, chartes colorimétriques Munsell, comparateurs pour la mesure du pH, niveaux Abney, etc.);
- iii) matériel pour l'analyse photos aériennes tels que steroscopes de différents modèles; etc.
- iv) matériel pour laboratoire de pédologie (ponts de conductivité, pH-mètres, photomètres à flamme, etc. verrerie et produits chimiques); matériel de dessin (classeurs verticaux à cartes, instruments de dessin, jeux de pochoirs, normographe, encres de couleur, etc);
- v) instruments pour la mesure de l'humidité des sols et matériel pour l'étude des pratiques et méthodes d'irrigation (tensiomètre à membrane, débitmètres, plaques poreuses, blocs de gypse, etc.);

- vi) matériel pour les essais sur la fertilité des sols et les engrais (prismes à cinq pans, boussoles, balances et trébuchets, pulvérisateurs, etc.);
- vii) matériel d'irrigation par aspersion; y compris moto-pompes et tuyaux, remorque de transport, différentes pièces de rechange et outillage d'entretien;
- viii) engrais, semences et insecticides non disponibles dans le pays;
- ix) divers, y compris une certaine quantité de matériel de bureau;
- x) rapports et cartes.

Le coût total sera au maximum de \$ E.U. 50.000.

Le Directeur du projet, avec l'aide du personnel du projet et du Co-Directeur, dressera pendant les premiers mois des opérations des listes détaillées du matériel nécessaire.

d) Divers

- 12. - Service de secrétariat
- Frais postaux et télégraphiques
- Imprévus

Le coût total sera au maximum de \$ E.U. 16.000.

B. Participation et Contribution du Gouvernement

13. Contribution de contrepartie

Le Gouvernement fournira, à titre de contribution de contrepartie en nature:

14. a) Personnel

Le Gouvernement paiera les salaires et les indemnités du personnel libanais suivant:

i) Techniciens

- Un Co-Directeur du projet, pédologue, de préférence le Chef de la Section des Sols de l'Institut de la Recherche Agronomique;
- Deux ingénieurs pédologues qui collaboreront avec le personnel international aux levés pédologiques détaillés sur le terrain;
- Un chimiste des sols qui effectuera et contrôlera l'analyse des sols au laboratoire;
- Un ingénieur en irrigation, chargé d'aider à l'exécution d'expériences sur des méthodes et pratiques améliorées d'irrigation dans deux zones choisies;
- Un agronome (spécialiste de l'irrigation), qui aidera à exécuter des expériences des essais et participera à toutes les études agronomiques;

- Un ingénieur en fertilité des sols, qui aidera à surveiller les expériences sur la fertilité des sols exécutées dans le cadre du présent projet;
- Dix adjoints techniques, qui aideront à la réalisation des travaux et études relatifs à la pédologie, aux pratiques de l'irrigation, aux cultures irriguées, à la fertilité des sols, aux statistiques ainsi qu'aux travaux de laboratoire;
- Un dessinateur pour la section de cartographie.

ii) Administration et comptabilité

- Un chef des services administratifs;
- Un secrétaire administratif;
- Un comptable-magasinier;
- Un secrétaire.

iii) Autre personnel

- Sept chauffeurs pour les véhicules;
- Main-d'oeuvre temporaire embauchée pour ouvrir les tranchées pédologiques et pour aider à l'exécution des expériences sur les pratiques et les aspects agronomiques de l'irrigation, ainsi qu'à des essais en place sur la fertilité des sols, ou à des travaux divers sur le terrain ou au laboratoire.

15. b) Bourses

Le Gouvernement continuera à verser les traitements, etc., de tous les bénéficiaires d'une bourse dans le cadre du présent projet pendant la durée de leurs études à l'étranger.

16. c) Terrains et bâtiments

- i) Bâtiments pour le siège du projet: disposition de ceux existant à Tel Amara, Rayack, jusqu'à ce que les nouveaux bâtiments soient prêts.
- ii) Terrains et eau d'irrigation pour les essais et études en champ, laboratoires et locaux à usage de bureaux pour deux sous-stations à Abdé (Plaine d'Akkar) et à Terbol (Bekaa centrale).
- iii) Terrains et moyens pour tous travaux complémentaires d'expérimentation et de démonstration nécessaires aux fins du projet. La superficie des zones devant servir aux expériences et aux démonstrations sera déterminée par le Directeur du projet en consultation avec le Co-Directeur et avec le Directeur Général de l'Institut de Recherches Agronomiques. Ce poste comprend: la préparation des terres, l'installation de l'irrigation et du drainage, les coûts d'opération et d'entretien des zones expérimentales, le coût de la main d'oeuvre et autres, visés au paragraphe 14 (iii) ci-dessus.

17. d) Matériel, fournitures et services

- i) Sept véhicules, dont cinq jeeps et deux station-wagons;
- ii) Matériel simple pour les travaux sur le terrain, matériel de photogrammétrie, appareils de laboratoire, etc., disponible au Service de la Recherche Agricole;
- iii) Photographies aériennes existantes des zones du projet, au 1/25.000 et au 1/10.000, et autres photographies aériennes et cartes disponibles, concernant ces zones;
- iv) Photographies aériennes complémentaires au 1/10.000 et autres échelles, qui pourront être demandées par le Directeur du projet. Ces photographies seront réalisées par l'Institut géographique national sur la demande du Ministère de l'Agriculture;
- v) Facilités pour la recherche (matériel, collections, archives d'études, cartes, etc.) requises pour l'exécution du projet;
- vi) Engrais, semences et insecticides nécessaires au travail d'expérimentation et disponibles localement;
- vii) Mobilier pour les bâtiments du siège et les autres bureaux installés dans les sous-stations, papeteries et matériel de bureau, y compris machines à écrire, machines à calculer, etc.;
- viii) Electricité, approvisionnement en eau, téléphone et autres services nécessaires au bon fonctionnement des installations du siège et des sous-stations;
- ix) Frais de poste et services de télécommunications;
- x) Le Gouvernement sera responsable du fonctionnement et de l'entretien des moyens de transports et versera une indemnité kilométrique pour les déplacements effectués en automobile privée, pour raisons de service aux fins du projet, par le personnel national ou international;
- xi) Le Gouvernement délivrera des permis d'importer en franchise le matériel fourni au projet par le Fonds spécial des Nations Unies par l'entremise de l'Agent d'exécution, ou remboursera, à l'arrivée du matériel ou des fournitures, les droits de douane acquittés;
- xii) Les installations pour les analyses des sols, des eaux, des engrais et des plantes nécessitées par le Projet seront fournies par le laboratoire central de pédologie de Tel-Amara; certaines analyses seront faites au laboratoire régional d'Abdé;
- xiii) Le Gouvernement prend à sa charge l'assurance en cas de décès, d'accident du travail, d'accidents causés aux tiers pour tout le personnel national du projet. Il s'engage également à souscrire une assurance tous risques couvrant tous les moyens de transport fournis par le Gouvernement ou par le Fonds spécial des Nations Unies au fins de l'exécution du Projet;

- xiv) Le Directeur du projet affectera aux divers experts et aux membres du personnel de contrepartie le matériel et l'équipement destinés à la réalisation du projet, y compris les véhicules du Fonds spécial des Nations Unies et en décidera de l'emploi. Si du matériel ou de l'équipement est affecté à du personnel du Gouvernement libanais, l'Institut de la Recherche Agronomique assumera à l'égard de l'Agent chargé de l'exécution, la responsabilité de son bon entretien et de sa bonne utilisation. En ce qui concerne tout le matériel et l'équipement acquis grâce à la contribution du Fonds spécial, les opérations de stockage et le système de comptabilité devront être approuvés par le Directeur du projet;
- xv) Le Gouvernement prend à sa charge le dédouanement du matériel nécessaire au projet, son transport, son assurance, sa manutention et son magasinage à l'intérieur du pays, ainsi que toutes autres dépenses connexes.

18. e) Dépenses diverses

- Location d'un bureau, d'un entrepôt et autres locaux;
- Transport à l'intérieur du pays du personnel international et national affecté au projet;
- Divers et imprévus.

19. La contribution du Gouvernement pour les postes ci-dessus se fera, d'une façon générale, en nature. Cependant, lorsqu'un paiement en espèces se montrera propre à faciliter les opérations et à présenter un avantage pour le projet, il pourra être effectué sur accord entre le Gouvernement, l'Agent d'exécution et le Fonds spécial.

20. f) Dépenses locales de fonctionnement

En exécution des engagements de paiement pris par le Gouvernement au titre des alinéas (a) à (d) du paragraphe 1 de l'article V de l'accord mentionné dans le préambule du présent Plan d'Opérations, exception faite des frais de transport à l'intérieur du pays des approvisionnements et du matériel du projet et qui sont sa contribution de contrepartie, le Gouvernement versera au Fonds spécial une somme équivalente à \$ E.U. 52.500 à titre de participation aux dépenses locales de fonctionnement. Cette contribution représente 15% de l'estimation des dépenses totales prise en charge par le Fonds spécial au titre de la fourniture d'experts étrangers. La somme mentionnée ci-dessus sera versée par le Gouvernement au crédit du compte bancaire du Fonds spécial No. 2665 à la Banque de Syrie et du Liban, Beyrouth, conformément à l'échéancier suivant:

Equivalent de \$ E.U. 9,900 à la signature du Plan d'Opérations
Equivalent de \$ E.U. 19,650 le 1er janvier 1964
Equivalent de \$ E.U. 14,500 le 1er janvier 1965
Equivalent de \$ E.U. 8,450 le 1er janvier 1966.

Le versement des montants ci-dessus aux dates prévues ou avant ces dates constitue un préalable aux opérations. Le montant de chaque versement sera déterminé d'après le taux de change appliqué par les Nations Unies au moment du paiement.

C. Organisation

21. La responsabilité générale de l'organisation et de l'exécution du projet incombe à l'Agent d'exécution, qui préparera et dirigera les opérations par l'intermédiaire du Directeur du projet, choisi et nommé par l'Agent d'exécution et agréé par le Gouvernement.
22. L'Agent du gouvernement responsable de sa participation au projet sera l'Institut Libanais de la Recherche Agronomique du Ministère de l'Agriculture, qui fournira le support technique et administratif nécessaire et assurera la coopération entre les autres services gouvernementaux participant au projet.
23. Le Gouvernement nommera un Co-Directeur agréé par l'Agent d'exécution et de préférence le Chef de la Section des sols de l'Institut de la Recherche Agronomique; le Co-Directeur assistera le Directeur du projet dans l'exécution et l'administration du projet.
24. Le Directeur du Projet sera responsable de la programmation et de la direction des opérations, en consultation avec le Co-Directeur du Projet. Il sera responsable de l'exécution des phases techniques et de la soumission, en temps voulu et selon les plans établis, des demandes relatives à la fourniture de tous les services et prestations que le Fonds spécial doit fournir par l'intermédiaire de l'Agent chargé de l'exécution, y compris matériel et approvisionnements, personnel étranger, bourses d'études et autres besoins. Les décisions concernant l'exécution du Projet seront prises par le Directeur, en consultation avec le Co-Directeur. Le Directeur du Projet rendra compte directement à l'Agent chargé de l'exécution.
25. Les études prévues par le programme adopté seront exécutées en liaison étroite avec celles d'autres programmes du Fonds spécial, ou avec celles d'autres organisations chargées de mise en valeur, que ces programmes soient en projet ou en cours d'exécution dans le territoire. Ce Conseil de Coordination aura voix consultative et se réunira deux fois par an sous la présidence de Monsieur le Ministre de l'Agriculture, ou de Monsieur le Directeur Général du Ministère de l'Agriculture. Le Conseil de Coordination sera composé des membres suivants:
 - M. le Ministre de l'Agriculture (Président)
 - M. le Directeur Général de l'Agriculture
 - M. le Directeur Général de l'Institut de la Recherche Agronomique
 - M. le Directeur Général au Service de l'Hydraulique et de l'Electricité
 - M. le Directeur Général de l'Office National du Litani
 - M. le Représentant du Ministère du Plan
 - M. le Directeur des Activités du Fonds spécial au Liban
 - M. le Directeur du Projet (Secr.)
 - M. le Co-Directeur du Projet
 - M. le Représentant du Conseil d'Administration de l'Institut de la Recherche Agronomique
 - M. le Directeur régional du programme d'étude de la fertilisation FAO-CMCF
 - M. l'Attaché à la coopération technique bilatérale française
 - M. le Représentant de la "Soil and Irrigation Division" de l'Université américaine de Beyrouth.

1/ Cette liste peut faire l'objet de modifications. D'autres personnes peuvent être également appelées à assister aux réunions sur l'invitation spéciale du Président ou du Secrétaire.

26. L'ensemble du matériel et des fournitures affectés au projet et fournis par le Fonds spécial dans le cadre du Plan d'Opérations sera utilisé exclusivement à son exécution.

27. Le Gouvernement nommera un chef des services administratifs, qui devra être agréé par l'Agent d'exécution et qui travaillera sous le contrôle du Directeur du projet et en coopération étroite avec le Co-Directeur.

28. Le Chef des services administratifs et son personnel subalterne seront chargés des fonctions administratives du projet, telles que la comptabilité, le magasinage, les achats d'équipement et de fournitures, l'entretien du matériel, le paiement et l'assistance administrative aux experts.

29. Le siège du projet est fixé à la Station de recherches agricoles de Tel-Amara (Rayak).

D. Déroulement des Opérations

30. L'Agent d'exécution entreprendra les opérations du projet dès qu'il en recevra l'autorisation écrite du Directeur Général du Fonds spécial des Nations Unies.

31. Dès réception de l'autorisation du Directeur Général du Fonds spécial des Nations Unies (voire avant même, sur autorisation spéciale), l'Agent d'exécution entreprendra le recrutement et, avec l'assentiment du Gouvernement, désignera le Directeur et les experts du projet.

32. En même temps, le Gouvernement désignera le Co-Directeur, avec l'accord de l'Agent d'exécution.

33. Il est prévu que le projet sera entrepris vers avril 1963 et s'achèvera en avril 1967.

34. Dès leur arrivée, le Directeur et le Co-Directeur du projet se consulteront pour établir un plan général de travail afin de mettre en oeuvre les opérations du projet. Ce plan de travail, après approbation du Gouvernement, devra être soumis dans un délai de trois mois à compter de la date d'arrivée du Directeur du projet à l'approbation définitive de l'Agent d'exécution, et il devra comprendre, à titre de mémoire général pour les opérations du projet, des rubriques telles que: listes détaillées du matériel, des fournitures et des approvisionnements à acquérir, plans d'affectation du personnel, moyens de transport et autres services. Des dispositions conservatoires seront prises pour permettre des modifications ultérieures dans le détail des listes de matériel et de fournitures, afin de pouvoir inclure les propositions des experts intéressés quand ils arriveront dans le pays.

35. Le Directeur du projet, en coopération avec le Co-Directeur, préparera également un bref plan préliminaire de travail pour les six premiers mois d'exécution des opérations du projet, fixant en détail les activités qui devront être assurées durant cette période. Par la suite et jusqu'à l'achèvement du projet, un plan préliminaire de travail sera préparé et arrêté pour chaque période semestrielle afin d'orienter et de diriger les activités du projet pendant chacune de ces périodes.

36. Au cours des trois premiers mois le Gouvernement fera le nécessaire pour recruter le personnel local de contrepartie et autre, pour fournir les moyens matériels prévus et pour commander les fournitures et les approvisionnements à sa charge.

37. Si le projet peut effectivement débuter en avril 1963, le calendrier suivant sera observé:

- i) Des études pédologiques de détail débuteront au début du 2^e semestre 1963, elles seront suivies par leur interprétation, qui sera une des tâches principales de l'Expert chargé des Etudes Pédologiques. Il devra s'assurer que tous les documents établis sont complètement interprétés et exploités.
- ii) Des recherches et des essais sur les pratiques et les méthodes d'irrigation débuteront en fin 1963, dès que les études pédologiques de détail auront fourni quelques données;
- iii) Des essais de fertilité du sol et d'engrais seront entrepris dès le début de 1964 comme élément du projet;
- iv) Les activités de formation professionnelle prévues par le projet comprendront une formation technique permanente au cours de service et un perfectionnement complémentaire à l'étranger, comme il est indiqué au programme des bourses.

38. Tandis que se déroulera le projet, les fonctionnaires libanais de contrepartie recevront une responsabilité accrue dans la direction et le contrôle des travaux, de telle façon que lorsque l'Agent d'exécution et le Fonds spécial cesseront de participer au projet dans le Liban quatre années après son démarrage, le Gouvernement libanais assurera sous la direction de personnel libanais la continuation des travaux entrepris.

III. BUDGET

39. En plus des services et moyens décrits aux paragraphes 13 à 19 et dont le coût total est estimé à l'équivalent de \$ E.U. 544.000 suivant détail fourni, le budget total estimé du projet, en espèces, s'élève à l'équivalent de \$ E.U. 485.700 consistant en:

- a) Coût brut des experts, bourses, matériel et fournitures et dépenses diverses, décrits aux paragraphes 7 à 12, qui seront supportées par le Fonds spécial, pour un montant total estimé de \$ E.U. 440,800, dans lequel est inclus, pour l'équivalent de \$ E.U. 52.500, l'estimation des paiements en espèces à régler par le Gouvernement en monnaie locale au Fonds spécial au titre des dépenses locales de fonctionnement décrites au paragraphe 20 ci-dessus.
- b) Frais généraux de l'Agent d'exécution pour \$ E.U. 44.900, qui seront supportés par le Fonds spécial.

IV. RAPPORTS

40. Le Gouvernement et l'Agent chargé de l'exécution échangeront leurs rapports financiers et leurs rapports sur l'avancement des travaux. La forme, le contenu et la fréquence de ces rapports seront fixés d'un commun accord par le Gouvernement et l'Agent d'exécution.

Inventaire du matériel

41. Le Gouvernement et l'Agent chargé de l'exécution soumettront conjointement au Fonds spécial, à la fin de chaque année civile, un inventaire certifié du matériel acheté avec les fonds alloués par le Fonds spécial.

42. Dès que possible après l'achèvement des opérations, l'Agent d'exécution soumettra au Fonds spécial un rapport final sur le projet. Ce rapport sera établi sous forme provisoire par le Directeur du Projet en accord avec le Co-directeur au cours des derniers mois; il fera l'objet d'une discussion avec les fonctionnaires techniques de l'Agent d'exécution. La contribution du Fonds spécial comprend les montants nécessaires pour assurer l'impression du rapport ainsi que des cartes, plans, etc. nécessaires.

43. A l'achèvement du projet, le Gouvernement soumettra à l'Agent d'exécution et au Fonds spécial un rapport sur les avantages procurés par le projet et sur l'activité envisagée par le Gouvernement pour en poursuivre les objectifs.

V. REVISION

44. Le projet fera l'objet d'une révision périodique par le Fonds spécial. Toute dérogation importante au Plan d'Opérations exigera une évaluation précise des problèmes auxquels se sont heurtés les trois participants du projet, afin de déterminer l'action future.

VI. CONCLUSIONS

45. Lorsque le projet aura été mené à bien, le Gouvernement, l'Agent d'exécution et le Fonds spécial se consulteront afin d'effectuer le transfert au Gouvernement ou à un organisme désigné par ce dernier des titres de propriété du matériel du Fonds spécial.

46. La documentation technique rassemblée durant l'exécution du projet sera transmise par l'Agent d'exécution au Gouvernement du Liban pour utilisation appropriée, selon accord avec le Fonds spécial.

47. Le présent Plan d'Opérations a été établi en trois exemplaires originaux, en version française, anglaise et arabe, étant convenu qu'en cas de divergence d'interprétation, les textes anglais et français font foi.

48. Convenu, au nom des parties, par les soussignés:

Date: 26 avril 1963

Date: 26 avril 1963

Date: 26 avril 1963

Fouad Ammoun

(signature)

Pour le Gouvernement du Liban

AssadKhan Sandry

(signature)

Pour le Fonds spécial des Nations Unies

Dr. H.P. Chu

(signature)

Pour l'organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture

ANNEXE II

PERSONNEL DU PROJET

<u>Personnel de la FAO</u>			<u>Personnel Principal Libanais</u>		<u>Experts Associés</u>	
Directeur du projet	L. Aubert	1963-67	S. Bayan	1963-66		
			A. Osman	1966-67		
Pédologue principal	J. Thirion	1963-67	K. Khazzaka	1963-67	W. Verheye	1964-67
Pédologue	S. Desaunettes	1966 (6 mois)	L. Baldasar	1964-67		
Pédologue- spécialiste Interprétation de photos aériennes	P. Mahler	1963-66	S. Sfeir	1963-67		
Agronome chargé de l'Experi- mentation sur le terrain	J. Del Brassine	1965-67	A.T. Shammas	1963-67		
Spécialiste en Techniques d'Irrigation	C. Houghton	1964-65	S. Sarraf	1963-67		
	A. Marasovic	1965-67	T. Abou Khaled	1963-67	N.H. Vink	1966-67
Experts en mission de courte durée	D. Caponera					
	B. Fassi					
	P. Gouny					
	J. Knetsch					
	J. Damagnez					
	R. Ambroggi					
	J. Laruelle					

ANNEXE III

BOURSES D'ETUDE

			<u>Début</u>	<u>Fin</u>
K. Khazzaka	Pédologie	France Orstom Idert - 80 Route d'Aulnay- Bondy	26.1.65	27.1.66
A. Osman	Pédologie	Belgique-Université de Gand	13.9.65	31.7.66
T. Aboukhaled	Irrigation	U.S.A. Davis Université de Californie	15.12.65	30.12.66
A.T. Shammass	Fertilité	U.S.A. Université de New Mexico	29.9.66	23.2.68
S. Sarraf	Irrigation	C.R.A. Versailles France	3.1.67	31.12.67
S. Bayan	Organisation de la Recherche Agronomique	U.S.A. Voyage d'études	23.8.67	18.10.67