

Ref 3124

AG:DP/LEB/68/513
Rapport technique 2

DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE

L I B A N

PLANIFICATION DE L'UTILISATION DES EAUX
DANS LE NORD DU LIBAN

Rapport préparé pour
le Gouvernement du Liban
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

sur la base des travaux de
l'équipe du projet

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

Rome, 1976

FAO. Développement hydro-agricole, Liban. Planification de l'utilisation des eaux dans le nord du Liban. Rapport établi sur la base des travaux de l'équipe du projet. Rome, 1976. 96 p., 12 figures. AG:DP/LEB/68/513. Rapport technique 2.

RESUME

Aux termes du Plan d'opérations, le projet devait planifier l'utilisation des eaux dans la région Nord du Liban, notamment pour la plaine d'Akkar (110 km²) et le plateau de Koura-Zgharta (200 km²), le reste de la zone du projet étant trop montagneux pour permettre une large extension des irrigations actuelles, sauf peut-être la petite plaine de la B'qaia (environ 20 km²) enclavée entre un grand méandre du Nahr el Kébir (frontière syrienne) et les contreforts septentrionaux du mont Liban. Pour cette planification on devait naturellement commencer par évaluer les nouveaux besoins découlant du développement agricole étudié par le projet et tenir compte de l'ensemble des usages de l'eau de la région.

Planification proposée

Le projet s'est consacré tout d'abord à l'étude du réaménagement hydro-agricole de la plaine d'Akkar, puis du plateau de Koura-Zgharta.

Des études climatiques, hydrologiques, hydrogéologiques, pédologiques, agronomiques et autres ont été conduites pour définir les besoins en eau, les ressources disponibles et l'extension possible des irrigations. La régulation des eaux superficielles au moyen de barrages-réservoirs a été systématiquement étudiée; une régulation supplémentaire par utilisation combinée des eaux souterraines a été programmée, parfois au moyen d'un modèle analogique.

La planification hydraulique proposée définit l'ordre de priorité ci-après:

- alimentation en eau des populations et des industries existantes;
- irrigations;
- production hydro-électrique et alimentation des industries nouvelles.

Les programmes d'intensification des irrigations, qui viennent en second après les programmes de développement des adductions d'eau, n'entrent pratiquement pas en compétition avec ces derniers. Par contre, la production hydro-électrique actuelle perturbe assez largement l'élaboration des programmes hydro-agricoles.

Conformément à la politique énergétique du Liban, il n'a été envisagé aucun développement futur de la capacité de production hydro-électrique du Liban Nord, mais plutôt une décession de cette capacité à plus ou moins longue échéance. Dans les conditions actuelles, l'extension des irrigations, tout en ayant une priorité reconnue sur la production hydro-électrique, ne doit toutefois pas entraîner le paiement d'indemnités trop lourdes aux usiniers.

Plusieurs degrés ont été observés pour la planification hydraulique:

- i. en assurant tout d'abord aux périmètres d'Akkar et de Koura-Zgharta l'eau nécessaire à leur plein développement, ce qui entraîne la construction des barrages de Kfar Harra pour Akkar et de Dar Beachtar pour Koura-Zgharta;
- ii. en considérant l'incidence d'une amélioration des irrigations de la Bqaia sur les volumes disponibles à l'étiage dans le Nahr el Kébir;

TABLE DES MATIERES

	<u>Page</u>
<u>Chapitre 1</u> INTRODUCTION	1
1.1 Historique	1
<u>Chapitre 2</u> LE NORD DU LIBAN	3
2.1 Limites, superficie et population	3
2.2 Cadre physique	3
2.3 Situation agricole et besoins de développement	14
<u>Chapitre 3</u> RESSOURCES EN EAU	18
3.1 Législation des eaux et droit coutumier	18
3.2 Etude quantitative des conditions actuelles d'utilisation des eaux	20
3.3 Régime des eaux superficielles; évaluation quantitative par bassin versant	24
3.4 Sources et eaux souterraines	34
3.5 Bilan	45
<u>Chapitre 4</u> POSSIBILITES TECHNIQUES D'AMENAGEMENT DES RESSOURCES	48
4.1 Nature des études poursuivies par le projet	48
4.2 Régulation des eaux superficielles	48
4.3 Régulation par les eaux souterraines	51
<u>Chapitre 5</u> EVALUATION DES BESOINS EN EAU	53
5.1 Politique de l'eau et ordre de priorité des besoins	53
5.2 Estimation quantitative des besoins pour la prochaine décennie	53
<u>Chapitre 6</u> PLANIFICATION PROPOSEE	56
6.1 Alimentation en eau des populations et des industries	56
6.2 Développement hydro-agricole et récession hydro- électrique	56
6.3 Conclusions	60

LISTE DES TABLEAUX

- | | | |
|-----|---|---|
| 1. | Stratigraphie synthétique pour le Liban Nord | |
| 2. | Débits dérivés des cours d'eau par les irrigants du Liban Nord | |
| 3. | Stations hydrométriques par bassin versant | |
| 4. | Apports annuels et modules d'écoulement | |
| 5. | Variations interannuelles des apports annuels | |
| 6. | Apports mensuels | |
| 7. | Estimation des apports pour les sept fleuves | |
| 8. | Apports moyens annuels des fleuves | |
| 9. | Apports moyens des fleuves pour la saison sèche | |
| 10. | Valeur de crues retenues pour les bassins versants du Liban Nord | |
| 11. | Valeurs de crues pour les barrages en étude | |
| 12. | Aquifères du Liban Nord ayant fait l'objet d'études détaillées | |
| 13. | Autres aquifères du Liban Nord - Estimations | |
| 14. | Sites de barrages prospectés | |
| 15. | Valeurs de crues pour les barrages en étude | |
| 16. | Ressources en eau pour l'alimentation de Tripoli | |
| 17. | Projections relatives à l'approvisionnement en eau de Tripoli | |
| 18. | Région de la Bqaia - Fleuve Kébir. Situation actuelle et évaluation proposée des irrigations | 7 |
| 19. | Région de la Bqaia - Fleuve Kébir. Ressources en eau de surface disponibles après amélioration de l'efficacité des irrigations | 7 |
| 20. | Région de Machta - Fleuve Kébir. Situation actuelle et évaluation proposée des irrigations | 7 |
| 21. | Régions de la Bqaia et Machta - Fleuve Kébir. Ressources en eau de surface disponibles après amélioration de l'efficacité des irrigations | 7 |
| 22. | Région de Qoubaiyat - Fleuve Estouène. Situation actuelle et évolution proposée des irrigations | 7 |
| 23. | Région de Qoubaiyat - Fleuve Estouène. Ressources en eau disponibles après amélioration de l'efficacité des irrigations | 7 |
| 24. | Région du Bared - Situation actuelle et évolution proposée des irrigations | 7 |
| 25. | Région du Bared - Ressources en eau de surface disponibles pour le développement maximal des irrigations | 7 |
| 26. | Bassin versant du Bared. Ressources en eau disponibles aux stations situées à l'amont des usines hydro-électriques | 7 |
| 27. | Bassin versant du Bared. Ressources en eau non turbinées disponibles à l'amont des usines hydro-électriques | 7 |

LISTE DES FIGURES

- | | | |
|----|--|----|
| 1. | Région du Liban Nord | 79 |
| 2. | Caractéristiques physiques des bassins versants du Liban Nord et stations hydrométriques | 81 |
| 3. | Pluviosité moyenne et vents | 83 |
| 4. | Pluies annuelles classées de Tripoli-Qlafat et Abou Aali | 85 |
| 5. | Utilisation actuelle des eaux | 87 |
| 6. | Répartition en altitude des surfaces karstiques pour les bassins versants du Liban Nord | 89 |

	<u>Page</u>
7. Débit spécifique des crues décennales, centenaires, millénaires et dix-millénaires	90
8. Comparaison des débits de crue donnés par diverses formules	91
9. Débit de crue des fleuves du Liban Nord	92
10. Les aquifères du Liban Nord	93
11. Essai de bilan hydrologique des bassins versants du Liban Nord	95
12. Projection de la demande d'eau de Tripoli	96

Chapitre 1

INTRODUCTION

1.1 HISTORIQUE

Au Liban, l'utilisation des eaux pour irriguer les cultures est restée longtemps régie par d'anciennes traditions: l'eau était utilisée soit à titre individuel ou familial, soit par groupes, selon des procédures où l'Etat n'intervenait pas.

L'intérêt socio-économique du développement de l'agriculture irriguée, auquel s'est ajoutée la nécessité de faire face aux besoins accrus des agglomérations et des industries, a conduit l'Etat libanais à intervenir pour identifier de nouvelles ressources en eau, pour les aménager et pour en coordonner l'emploi.

De 1963 à 1969 notamment, deux projets bénéficiant de l'aide du PNUD et de la FAO ont permis de reconnaître, pour l'ensemble du territoire, les ressources en sols irrigables et les ressources en eau. Puis, le concours de ces deux organismes des Nations Unies a été sollicité à nouveau en vue de la mise en valeur hydro-agricole du nord du Liban: c'est le projet "Liban 13".

Le Plan d'opérations, mis au point en 1968, a été signé le 31 janvier 1969 et le projet déclaré opérationnel le 1^{er} mars 1969, pour une période de quatre ans.

Aux termes de ce Plan d'opérations, le projet devait établir la planification de l'utilisation des eaux dans la région Nord du Liban, notamment pour la plaine d'Akkar et le plateau de Koura-Zgharta. A cet effet, il devait procéder à des études complémentaires pour l'agronomie, la pédologie, les eaux souterraines et les eaux de surface, en utilisant les renseignements préexistants et les informations concernant un projet d'irrigation de 800 ha entrepris près de Tripoli par le Gouvernement. Il devait en outre mener à bien l'exécution d'un secteur pilote de 300 ha en irrigation par aspersion, apporter l'assistance nécessaire dans le domaine institutionnel et législatif, et enfin établir l'esquisse d'un plan de développement hydro-agricole du Liban en partant de l'expérience acquise pour le nord du pays.

Les résultats des études complémentaires ainsi que diverses contraintes ont imposé une réorientation de certains objectifs au cours du déroulement des opérations du projet. Il a fallu faire face à l'obligation de réduire le secteur pilote de 300 ha

Chapitre 2

ansmis

LE NORD DU LIBAN

2.1 LIMITES, SUPERFICIE ET POPULATION (cf. figure 1)

La région Nord du Liban est limitée géographiquement au nord par le Nahr el Kébir qui forme la frontière avec la Syrie; au sud, par la bordure méridionale du bassin versant du Nahr el Jacouz; au sud-est, par la ligne de crête de la chaîne principale du mont Liban et au nord-ouest, sur 50 km environ, par la Méditerranée.

Tant pour la superficie que pour la population, la région représente environ 19 pour cent de l'ensemble du pays qui compte au total 10 230 km² et 2,6 millions d'habitants.

Sa superficie est en effet de l'ordre de 1 920 km²; ses limites géographiques correspondent sensiblement à celles de la province administrative (Mohafazat) du Liban Nord, dont la superficie est de 1 980 km² et dont la population, pour moitié concentrée à Tripoli et dans les agglomérations avoisinantes, est de 507 000 habitants.

2.2 CADRE PHYSIQUE (cf. figure 2)

2.2.1 Relief et bassins versants

La région s'étend depuis la mer Méditerranée jusqu'au point culminant de la dorsale du mont Liban, le Qornet es Saouda, à 3 083 m d'altitude, qui domine la station touristique des Cèdres. Le Qornet es Saouda étant distant de la mer, à vol d'oiseau, de 27 km, la partie la plus étroite de la région a ainsi, face à la mer, une pente moyenne orientée NO-SE, d'environ 11 pour cent. La pente est en fait un peu plus faible sur les hauts plateaux (Makmel), très souvent plus forte sur les versants et beaucoup plus faible près de la côte.

Les hauts plateaux, situés au-dessus de 1 500 m d'altitude ont une largeur moyenne de 8 à 12 km. Ils sont inclinés vers l'ouest et vers le nord, avec des

- Nahr el Jaouz (ou: el Joz) <u>1/</u>	18
Zone côtière intercalaire située entre Batroun et Chekka	
- Nahr el Aasfour	2
Zone intercalaire (triangle Chekka-Amioun-Tripoli)	7
- Nahr Abou Aali (Nahr Kadicha dans son cours supérieur)	13
Versant nord du Jabal Tourbol (NE de Tripoli)	48
- Nahr el Bared (y compris Nahr Abou Moussa, principal affluent)	49
Zone intercalaire	28
- Nahr el Aarqa	59
Zone intercalaire	12
- Nahr Ostouène (ou: Estouène)	50
- Nahr el Kébir (941 km ² , dont moins d'un tiers au Liban)	161
	289
<u>Total</u>	<u>1 916</u>

2.2.2 Géologie

L'étage le plus ancien apparaissant au Liban Nord est le jurassique. Il est constitué par une puissante série de dolomies et de calcaires. Puis viennent les dépôts plus minces du crétacé inférieur: grès, argiles, calcaires gréseux et porphyriques volcaniques. Ils sont recouverts par le crétacé moyen qui constitue la seconde formation calcaréo-dolomitique de la stratigraphie libanaise. Le crétacé supérieur et l'éocène sont souvent tronqués et, à l'extrême nord du Liban, ont été complètement érodés.

Il y a lacune de l'éocène moyen et supérieur, de l'oligocène et du miocène inférieur. Les formations néogènes correspondent à deux cycles de dépôts. Le cycle miocène débute par les calcaires du vindobonien et se termine par les formations néogènes du pontien. Le cycle pliocène commence par les dépôts de marnes et de calcaires gréseux du plaisancien qui sont progressivement remplacés par des matériaux volcaniques. Des formations quaternaires variées, fluviatiles, continentales et marines se sont accumulées dans les dépressions structurales et les plaines côtières.

Une stratigraphie synthétique est donnée au tableau 1 2/.

1/ Le thalweg du Nahr el Jaouz est voisin de la limite nord de son bassin versant, mais bien que si l'on prenait le lit comme limite géographique, la superficie du nord du bassin se réduirait à environ 1 750 km².

2/ Cf. Carte géologique, annexe 1, figure 3 du rapport technique 1: "Projet d'irrigation de Koura-Zgharta".

Les grandes lignes de l'édifice structural peuvent se résumer comme suit: la chaîne du Liban correspond à un horst orienté SSO-NNE, limité à l'est par la faille libano-syrienne, portion de l'une des failles maîtresses du globe dénommée localement la faille de Yammouné, et limité à l'ouest comme au nord par une suite de flexures étagées faisant plonger la couverture cénomanienne. Des accidents transverses, orientés O-E: les failles de Batroun, Sir ed Danniyé et Beddaoui pour le nord du Liban, tronçonnent le horst en blocs d'altitudes variables, le bloc du Qornet es Saouda étant le plus élevé de toute la chaîne libanaise. Associés à cette tectonique cassante, des glissements de la couverture cénomanienne, à la surface du crétacé inférieur, ont donné naissance à une bande plissée moulant le bas versant montagneux.

Les torrents qui ont entaillé le versant montagneux ont dégagé dans la partie haute de leur bassin versant de vastes échancrures dont le coeur est profondément disséqué par l'érosion: la fenêtre de Sir ed Danniyé-Fneidek, entre 800 et 1 500 m, dans le bassin versant du Nahr el Bared et son principal affluent de rive droite, le Nahr Abou Moussa, la région de Bcharré - les Cèdres, entre 1 000 et 1 900 m, dans le bassin-versant du Nahr Abou Aali, et celle de Tannourine, dans le bassin versant du Nahr el Jaouz.

Toute cette région haute est bordée par une zone de bassins qui ont été remblayés par des dépôts néogènes avant d'être légèrement déformés; les trois principaux sont, du sud au nord:

- i. La plate-forme de la Koura, surtout développée au sud de la ville de Zgharta et qui correspond à d'anciens glacis quaternaires s'enracinant vers la cote 400 m et s'abaissant à la cote 100 m aux abords de Zgharta et de Tripoli.
- ii. Les collines de Halba et du Nahr el Bared inférieur (150 à 400 m), au nord du Jabal Tourbol, lequel culmine à 683 m à 8 km ENE du centre de Tripoli.
- iii. La plaine d'Akkar (110 km² au Liban), grande plaine côtière d'altitude inférieure à 100 m, d'une largeur d'environ 10 km et d'une pente moyenne de l'ordre de 1 pour cent, plus faible près de la côte.

Au sud de cette grande plaine côtière se succèdent des formations similaires de moindre étendue: la plaine de Minié (10 km²), limitée par le Nahr el Bared et le Jabal Tourbol; les "jardins" de Tripoli (12 km²) développés sur un tombolo dunaire élargi par les dépôts récents du Nahr Abou Aali, la plaine de Chekka (9 km²) inscrite entre la plate-forme de Koura-Zgharta et la côte, et la petite plaine de Batroun à l'embouchure du Nahr el Jaouz. Ces petites plaines côtières sont des bandes de 1 à 3 km de largeur sur 4 à 6 km de longueur.

Les études géologiques poursuivies dans le cadre du projet du nord du Liban ont permis d'établir des documents détaillés, rapports, cartes, logs lithologiques et coupes, concernant surtout les zones de l'érosion.

i. Les vents

Les directions dominantes des vents sont étroitement liées à la configuration des reliefs. Sur le littoral de la région de Tripoli ils viennent du sud-ouest, la plaine d'Akkar de l'ouest et du nord-est, directions dues à l'influence de la de Homs. En altitude la station des Cèdres enregistre des vents de directions dispersées, avec cependant une prédominance de ceux de l'ouest-nord-ouest qui ont remonté la vallée du Nahr Abou Aali.

La durée moyenne journalière des calmes et des vents de vitesse inférieure 4 m/s, qui est une limite pour l'irrigation par aspersion sans brise-vent, est dans le tableau ci-dessous pour les stations de Qlafat (Akkar), Tripoli (1962 à et les Cèdres (montagne), en heures et fractions décimales d'heure:

Zone géographique	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	M
Littoral du Akkar (Qlafat)	14,2	13,8	12,1	9,6	10,3	9,8	10,6	13,0	13,7	14,1	12,8	14,3	
Littoral de Tripoli (El-Mina)	13,2	13,2	10,6	12,8	14,7	11,7	11,5	14,0	17,3	18,6	16,8	15,1	
Montagne (Les Cèdres)	18,2	17,4	17,6	16,2	15,7	14,9	14,9	15,9	16,2	17,1	18,0	18,1	

ii. Les températures

Les quatre mois les plus chauds de l'année sont juin, juillet, août et septembre le plus chaud est août. Les températures les plus basses sont observées en janvier sur le littoral et en février dans la montagne.

Sur le littoral, il y a en moyenne une gelée tous les dix ans, sauf dans la plaine d'Akkar où l'on a enregistré 13 jours de gelée en neuf ans à Qlafat. A droite de la plate-forme de Koura-Zgharta la courbe de fréquence d'une gelée par an s'élève à mesure de l'altitude.

Un ensemble de 16 stations enregistre les températures de la région. Le tableau suivant donne les valeurs moyennes pour trois stations types: Tripoli (19 années) pour le littoral, Amioun (17 années) pour les bas-plateaux, les Cèdres (11 années) pour la montagne:

Zone géographique	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
Littoral (6 m)	25,7	22,8	19,0	14,6	12,8	13,3	14,9	17,5	21,3	24,0	26,2	27,1	19,9°C
Bas-plateaux (300 m)	24,7	21,6	17,9	14,0	12,0	12,3	13,8	16,4	20,3	23,8	25,7	26,4	19,1°C
Montagne (1 925 m)	15,2	11,9	7,0	3,5	0,3	0,1	2,2	7,1	12,0	14,8	17,5	18,0	9,1°C

L'écart diurne moyen est de 7,6°C à Tripoli, 10,7°C à Amioun et 8,6°C aux Cèdres, le maximum étant de 12,6°C en juin et juillet à Amioun et le minimum de 6,8°C en février aux Cèdres.

iii. Les précipitations (cf. figure 3)

Du fait de l'orientation des reliefs qui font obstacle aux vents maritimes et, surtout, les refroidissent, les précipitations, qui ont leur maximum en hiver, sont plus fortes sur le haut versant, au-dessus de 1 500 m. La couverture neigeuse peut rester notable jusqu'en mai-juin. L'ampleur des précipitations nivales n'est pas encore connue avec précision: les nivomètres de Bcharré (1 450 m) et des Cèdres (1 950 m) n'ont fourni que de grossières sous-estimations; un nivographe moderne a été installé aux Cèdres, un peu plus haut, vers 2 000 m, en 1970 mais le projet n'a pas pu disposer de résultats de mesure corrects. Une estimation provisoire de l'équivalent en eau de la chute des neiges est donnée à la fin du présent chapitre comme facteur de correction pour les calculs d'hydrologie.

Un réseau de 26 pluviomètres relève les hauteurs des pluies ou grêles tombées sur le nord du Liban, mais il n'y a que neuf stations en montagne et presque toutes situées en dessous de 1 500 m. De nombreuses stations présentent des lacunes ou des mesures douteuses; de plus, 13 d'entre elles ont moins de dix années de mesures et dix moins de cinq années. Quatorze pluviographes ont en outre été installés dans la région, mais leurs relevés n'ont pas encore été suffisamment exploités.

Bien que chaque zone climatique présente quelques variantes locales, trois stations types permettent de définir les grandes lignes de la pluviométrie pour le nord du Liban:

- a) Tripoli: située sur le littoral; le pluviomètre a été transféré d'El-Mina (le port) altitude 6 m, à Qlafat (littoral de la plaine d'Akkar), altitude 5 m, de 1950 à 1958; l'année 1958/59 manque; 38 années d'observations ont pu être utilisées, soit de 1930/31 à 1968/69.
- b) Abou Aali: (altitude 500 m), pour les bas-plateaux (complétée tantôt par Amioun, tantôt par Kaftoun).
- c) Sir ed Dannié: (1 100 m, région Dendache) pour la montagne, mais avec des discontinuités de fonctionnement.

Les périodes d'observations sont quelque peu disparates. Les valeurs mensuelles et annuelles moyennes sont les suivantes:

Zone géographique	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A
Littoral (6 m)	14	53	127	175	<u>205</u>	140	105	50	18	1	0	1
Bas-plateaux (500 m)	9	51	110	161	<u>219</u>	158	137	56	18	1	0	0
Montagne (1 100 m)	15	49	122	218	<u>283</u>	199	181	71	24	0,1	0	0

A titre de comparaison, Hermel, altitude 700 m, à 50 km à l'est de Tripoli, la Beqaa, au pied du versant et de la chaîne principale, n'accuse que 250 mm de pluie annuelle.

Dans le Liban Nord, les variations mensuelles sont fortes d'un mois à l'autre, il pleut à peine 10 pour cent du total annuel pendant la période d'irrigation qui s'étend de mai à octobre, chacun de ces mois pouvant être, certaines années, totalement sec.

Le maximum journalier a été de 106 mm (décembre 1931) à Tripoli; 150 mm (février 1964), à Kaftoun, altitude 215 m; 140 mm (octobre 1955) à Amioun, altitude 300 m.

La fréquence moyenne annuelle des jours de pluie est de 73 jours à Tripoli, de 67 jours à la station d'Abou Aali. Elle est un peu plus faible à Amioun, sur le bas-plateau de Koura-Zgharta, qui est protégé des vents marins par quelques collines côtières: 46 jours seulement par an pour 13 années d'observations. Elle est la plus forte à Qlafat (77 jours par an) sur la côte d'Akkar que dans la plaine au sud de cette plaine (Abdés, 57 jours par an).

Les totaux annuels, en dépit de quelques anomalies locales, conduisent à une valeur du gradient pluviométrique moyen, pour le versant occidental du nord du Liban de 0,25 mm/m.

Les variations interannuelles sont importantes, même pour des périodes relativement courtes et la répartition spatiale peut ne pas être similaire d'une année à l'autre. Les valeurs extrêmes ne sont pas forcément simultanées partout. Les extrêmes pour l'année sèche 1959/60 et l'année humide 1937/38, sont les suivants:

Zone géographique	Minimum observé	Moyenne annuelle	Maximum observé
Littoral	449	889	1 495
Bas-plateaux	497	920	1 569
Montagne (sans la neige)	581	1 162	1 725

Le versant ouest du Liban, unité climatologique homogène, dispose d'une station, Beyrouth AUB (American University of Beirut), où les observations pluviométriques ont commencé dès 1876. Il a donc été possible par l'utilisation rationnelle de corrélations sur des stations-clés, d'estimer, pour toutes les stations du nord du Liban et pour une période commune de 30 ans, de 1939/40 à 1968/69, la moyenne annuelle des pluies, mais avec une certaine incertitude en montagne. Il a été tenu compte également, pour quelques stations, des données relevées à Qalat el Hoan (Crack des Chevaliers, Syrie; altitude 670 m) où les observations ont commencé en 1938, ce qui a d'ailleurs déterminé le choix de la période commune de 30 ans ci-dessus. Pour cette période de 30 ans, commençant en 1939/40, une carte pluviométrique de l'année moyenne a pu être établie, avec intervalles d'isohyètes de 100 mm, ainsi qu'une carte de l'année sèche 1959/60 et une carte de l'année 1967/68, régionalement la plus humide de la période. Notons qu'à Tripoli le maximum des 30 années en question, 1 402 mm, n'a eu lieu qu'en 1968/69. En montagne, il faut, pour les calculs d'hydrologie, ajouter aux valeurs des isohyètes, d'après l'altitude, l'équivalent en eau des neiges donné à la fin du présent chapitre. Ces recherches ont également permis de définir la probabilité des pluies annuelles pour les diverses stations.

Le tracé d'un diagramme de probabilité en corrélation avec celui de Beyrouth (cf. figure 4) a conduit pour les 449 mm de l'année 1959/60 à une probabilité de 0,085, disons environ neuf années sur 100, tandis que l'année 1937/38, jusqu'à la fin du projet la plus humide (1 495 mm), y apparaît avec une probabilité de 0,02 seulement (une année sur 50), que l'année 1967/68 la plus humide de la période de 30 ans (1 402 mm) montre une probabilité de 0,045 et que l'année 1966/67 régionalement la plus humide des 30 montre pour Tripoli, avec 966 mm, une probabilité de 0,38. Ce même diagramme donne pour les extrêmes:

probabilité un an sur dix: 480 mm/an (ou moins) et 1 270 mm/an (ou davantage)

probabilité un an sur cinq: 610 mm/an (ou moins) et 1 130 mm/an (ou davantage).

Les séquences d'années consécutives sèches ou inférieures à la moyenne peuvent toutefois comprendre jusqu'à huit années, comme ce fut le cas, pour le littoral nord, entre les années 1955-66 et 1963/64, encadrant l'année minimale de 1959/60.

Les condensations sous forme de rosée ne présentent d'importance notable qu'en altitude et n'ont fait l'objet d'aucune étude spéciale pour les zones à développer. Les précipitations sous forme de grêle sont faibles mais assez variables d'une zone à l'autre. Elles sont rares dans la région de Koura-Zgharta, où elles se produisent

uniquement en hiver et au tout début du printemps. A Tripoli, pour la période 1942-70, la moyenne est de 4,6 j/an; la période de grêle s'étend de novembre à avril avec un maximum moyen de 1,3 j/an en février. La grêle est plus fréquente dans la plaine d'Akkar où l'on a noté dix jours de grêle en 1968 et 16 jours en 1969 (station de Halba). L'équivalent en eau de la grêle est compris, tout au moins au-dessous de l'altitude 1 000 m, dans les relevés pluviométriques.

Pour la neige, compte tenu de la déficience actuelle des observations quantitatives, quelques valeurs moyennes annuelles de l'équivalent en eau ont dû être provisoirement estimées en fonction de l'altitude au cours des études hydrologiques de la région, afin de corriger la sous-estimation des précipitations dans les hauts bassins.

Ces valeurs correctives moyennes annuelles de l'équivalent en eau de la chute des neiges sont les suivantes:

entre 1 000 et 1 500 m	125 mm
" 1 500 et 2 000 m	250 mm
" 2 000 et 2 500 m	375 mm
" 2 500 et 3 000 m	500 mm

iv. Humidité relative

L'humidité de l'air reste forte durant toute l'année sur le versant ouest de la chaîne libanaise. Sur le littoral, l'humidité est légèrement plus faible en automne et plus forte au printemps, tandis qu'en montagne le maximum s'observe en hiver.

Qlafat, bien que comparable à Tripoli pour la pluie, présente des valeurs d'humidité relative légèrement supérieures, ainsi que le montre le tableau ci-dessous, établi en pour cent de l'humidité de saturation:

Stations	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
 pour cent												
<u>Littoral:</u>													
Qlafat (7 années)	70	67	71	74	74	74	73	74	79	78	77	73	74
Tripoli (15 années)	66	69	67	70	71	70	67	71	72	74	73	70	70
<u>Montagne:</u>													
Càdres (5 années)	57	60	59	71	76	72	65	58	61	57	53	49	62

v. Evaporation, évapotranspiration

L'évaporation et l'évapotranspiration ont été déterminées dans le nord du Liban par divers procédés de mesure et de calcul: évaporomètre Piche, bacs Colorado et de classe A; formules de Turc, Penman, Blaney-Criddle.

Les plus longues séries de mesures d'évaporation sont celles de Tripoli (15 années); Miniora, à 20 km au nord-est de Tripoli, altitude 195 m (neuf années pour l'évaporation et 20 années pour la température), et Qlafat (sept années). Depuis 1966, les mesures se font avec un appareil Piche dans dix autres stations. En plus, à la station d'Abdé (altitude 40 m) de l'Institut de recherches agronomiques, l'évaporation a été simultanément mesurée, d'avril 1966 à décembre 1969, par évaporomètre Piche, par bac Colorado et par bac de classe A. Les résultats les plus forts sont ceux du bac de classe A, qui a donné au moment du maximum de juin et juillet 7,3 mm/j pour ces deux mois en 1966; 7,7 et 7,3 mm/j en 1967; 7,9 et 8,2 mm/j en 1968; 8,2 et 8,0 mm/j en 1969.

De plus, des mesures d'évapotranspiration en case lysimétrique y ont simultanément été effectuées en 1969. Enfin, l'évapotranspiration potentielle y a été calculée, tant par la formule de Penman que par la formule de Blaney-Criddle (facteur "f").

Les valeurs de l'évapotranspiration mesurées en case lysimétrique et celles calculées par la formule de Penman pour la saison d'irrigation (avril à septembre) ont donné en 1969 dans le contexte d'Abdé des résultats comparables: 1 733 mm mesurés et 1 723 mm Penman. Le facteur "f" de la formule de Blaney-Criddle qui représente le pouvoir évaporant de l'air a donné des valeurs comparables à celles mesurées sur le bac de classe A; ces valeurs doivent être affectées d'un coefficient caractérisant à la fois le type de culture et son degré de développement afin d'obtenir l'évapotranspiration réelle à la surface des zones irriguées: en fait, les besoins à la parcelle correspondent assez souvent à environ 70 pour cent de l'évaporation d'un bac de classe A placé à proximité des cultures. L'évaporation mesurée sur bac Colorado a été trouvée plus faible que celle déterminée à l'évaporomètre Piche, appareil d'ailleurs très sensible à la qualité et à l'état du papier utilisé.

La formule de Penman a servi, dans la planification hydraulique du nord du Liban, à déterminer surtout les pertes par évaporation à la surface des retenues envisagées, tandis que la formule de Blaney-Criddle a été utilisée pour calculer l'évapotranspiration réelle des nouvelles terres à irriguer.

Les résultats moyens pour les trois années 1967, 1968 et 1969 sont donnés ci-dessous, en millimètres:

ETP à Abdé	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	Année
 mm												
Penman	135	111	69	53	48	50	79	84	148	171	174	175	1 287
"f" de Blaney-Criddle	162	142	112	99	96	96	122	140	173	190	201	190	1 723

Il n'a pas été fait de mesures comparées d'évaporation réelle à différentes altitudes.

Par ailleurs, l'évapotranspiration réelle sur les bassins versants a été trouvée égale à 500 mm/an en moyenne d'après l'étude détaillée des pluies tombées et des volumes écoulés dans deux bassins versants: celui du Nahr Jouaait, affluent de rive droite à Zgharta du Nahr Abou Aali, et celui du Nahr el Jacuz qui a un régime pluvio-nival. Cette valeur moyenne de 500 mm/an, qui intègre l'effet des variations d'altitude de ces bassins, a été utilisée pour les calculs hydrologiques des autres bassins.

2.2.4 Régions naturelles (cf. figure 5)

Dans un pays d'aussi vieille tradition que le Liban, le relief, la géologie et le climat n'ont pas été les seuls à imprimer leur caractère aux particularités des régions naturelles. Les innombrables terrasses réalisées de main d'homme et les nombreux canaux d'irrigation souvent vétustes témoignent des grands efforts entrepris par la population depuis les temps les plus reculés, malgré les cataclysmes naturels ou les guerres, pour développer la production agricole toujours plus loin ou toujours plus haut et même parfois sur des versants très abrupts et pierreux.

L'extension de la haute montagne dans le nord du Liban oblige toutefois à classer à part les hauts plateaux à vocation pastorale ou forestière et les hauts versants, en général très érodés, à vocation essentiellement forestière. Les villages sont l'exception. C'est le domaine de prédilection des actions jusqu'à présent trop sporadiques de reboisement: station touristique des Cèdres et extrémité septentrionale de la chaîne principale. Dans le cadre des travaux du Plan Vert, 2 300 ha ont été aménagés et reboisés de 1965 à 1970; le rythme au Liban Nord est actuellement de 400 ha/an.

Les villages sont par contre nombreux, malgré la déclivité du terrain et l'érosion des sols entre 500 et 1 200 m d'altitude. Leur densité est plus grande entre le Nahr el Jacuz, au sud, et le Nahr Abou Moussa, affluent de rive droite du Nahr el Bared, au nord, région où un grand nombre de sources ont été captées. C'est une région de polyculture, au relief tourmenté qui ne se prête pas à un développement hydro-agricole important. Les zones rocheuses y abondent; les terres cultivables y sont rares.

Malgré cela, les cartes d'utilisation actuelle des eaux du nord du Liban montrent, pour cette région naturelle qu'est le flanc occidental de la montagne, quatre groupes principaux d'irrigations traditionnelles, qui concernent surtout des arbres fruitiers. Ce sont, du sud au nord: le groupe de Boharré, d'une étendue d'environ 12 km suivant la pente et de 4 km en largeur, entre 2 000 et 1 000 m d'altitude, dans la "fenêtre" géologique des Cèdres du haut-bassin du Nahr Abou Aali (Nahr Kadicha); le groupe de Sir ed Dannié, d'une étendue d'environ 8 km sur 7, entre 1 500 et 500 m, autre "fenêtre" géologique d'érosion; le groupe de Michmich, d'une étendue de 10 km sur 4 environ, entre 1 500 et 500 m, dans les hauts bassins du Nahr Abou Moussa. (affluent du Nahr el Bared) et d'un affluent du Nahr el Aarqa, et le groupe plus dispersé de Qoubalyat, également situé entre 1 500 et 500 m, à l'extrémité nord des contreforts du mont Liban et au-dessus de la plaine de la Bqaia (ou Bouqafa), distante d'une dizaine de kilomètres.

La zone des piémonts commence vers 400 à 500 m d'altitude. Elle s'étend jusqu'à la rupture de pente d'altitude 100 m qui limite les zones côtières. Elle est très étroite et assez escarpée dans sa partie médiane, surtout aux abords de Tripoli (Jabal Tourbol, 683 m); elle est plus élargie au nord et au sud. Du Nahr el Jacuz jusqu'au Nahr Estouène les oliviers y prédominent, et en particulier au sud, sur le bas-plateau de Koura-Zgharta (200 km²), qui est propice à des actions de développement. Au nord, entre le Nahr Estouène et la frontière (Nahr el Kébir) elle comprend, d'une part, un bas-plateau basaltique, au micro-relief fortement incisé, prolongement du plateau basaltique syrien de Tell Kalakh, où dominent les céréales et quelques autres cultures annuelles en sec et, d'autre part, la plaine irriguée de la Bqaia, généralement comprise entre 250 et 300 m d'altitude, contournée par le Nahr el Kébir et d'une superficie de 20 km².

Dans la zone côtière, à part trois ou quatre petites plaines atteignant au maximum 10 à 12 km² et où prédominent les orangers, la seule région naturelle de grande étendue est la plaine d'Akkar qui se prolonge en Syrie au-delà du Nahr el Kébir. Sa superficie, entre le Nahr el Aarqa (près de Halba) et le Nahr el Kébir, est de l'ordre de 110 km².

2.2.5 Pédologie

L'étude des sols n'existait qu'au stade de la reconnaissance pour l'ensemble des régions naturelles du nord du Liban. Les opérations du projet ont conduit, en collaboration avec l'Institut de recherches agronomiques du Liban, à l'établissement de cartes pédologiques au 1/20 000 pour la région de Koura-Zgharta et pour la plaine d'Akkar.

Pour Koura-Zgharta 1/, une prospection a été effectuée sur 21 800 ha. Elle a fait apparaître quatre ensembles naturels, en fonction de la nature lithologique des affleurements et des grandes lignes de la morphologie: l'un représenté par les argiles rouges et les poudingues quaternaires des cônes de dépôts du Nahr Abou Aali et de ses affluents, un autre, plus hétérogène, couvrant les affleurements de néogène du flanc sud du Jabal Tourbol, avec une prédominance de faciès marneux, un troisième correspondant essentiellement aux affleurements de marnes et de calcaires marneux du sénonien et de l'éocène inférieur sur les bordures est et sud de la plate-forme de Koura-Zgharta et le quatrième représenté par les affleurements karstifiés de vindobonien des Jabal Qalhat et Tourbol, avec des calcaires à algues et des calcaires marno-gréseux.

Les cartes des ressources en sols situent 24 séries de sols, réparties en classes d'aptitude suivant les normes de l'US Bureau of Reclamation. Les classes 2 et 3, irrigables, couvrent une surface brute d'environ 11 000 ha. Après élimination des secteurs trop élevés ou trop accidentés, on est arrivé à délimiter un périmètre d'irrigation de 6 791 ha nets, toutes emprises déduites. Les facteurs qui motiveraient des travaux correctifs sont: la présence de pierres ou de rochers à enlever sur 1 050 ha, le drainage défailant à corriger par des fossés superficiels sur 2 656 ha, et les anciennes terrasses à consolider sur 2 023 ha.

Pour la plaine d'Akkar 2/, d'une superficie d'environ 11 000 ha, la prospection a porté sur la plaine proprement dite, où l'irrigation n'est assurée que partiellement et où les terres agricoles ont une superficie globale de 10 420 ha, sur les piémonts non irrigués du pourtour de la plaine (2 382 ha) et sur 2 472 ha de terres agricoles côtières partiellement irriguées (agrumes), situées au sud-ouest du Nahr el Aarqa, jusqu'à la limite sud des cartes au 1/20 000. Un périmètre en cours d'aménagement (800 à 900 ha bruts, 650 ha nets), contigu à la plaine d'Akkar, a ainsi été inclus.

Les sols d'Akkar sont argileux; très souvent leur teneur en argile oscille entre 50 et 60 pour cent. Certains sols sont situés en contrebas de formations basaltiques et proviennent manifestement de l'altération du basalte, d'autres sont en contrebas de formations calcaires, d'autres sont des formations côtières. Pour les premiers de ces sols, la basse plaine comprend un dépôt régulier assez homogène venu recouvrir un matériau argilo-limoneux plus ancien, tandis que dans la haute plaine, qui se situe plus près du piémont, le dépôt recouvre soit une roche basaltique en place soit des dépôts torrentiels anciens. Pour les seconds de ces sols, la basse plaine est généralement formée sur un ancien dépôt plus caillouteux que dans les formations basaltiques,

1/ Cf. la carte Aptitude des sols à l'irrigation, région de Koura-Zgharta, fig. 4, annexe 3 du rapport technique 1: Projet d'irrigation de Koura-Zgharta.

2/ Cf. carte originale établie par l'Institut de recherches agronomiques du Liban (carte au 1/20 000 et rapport).

la plaine étant ici moins large, tandis que la haute plaine s'est formée sur des cônes caillouteux ou de la roche calcaire en place. En bordure de mer, un système de dunes est venu se surimposer au dépôt argileux ou argilo-limoneux de la basse plaine. Les dunes, lorsqu'elles n'ont pas été remaniées, forment des buttes de plusieurs mètres; les dépressions intercalaires peuvent être soit une argile, soit un dépôt fluviatile récent. Ces dépôts côtiers reposent en de nombreux points sur un conglomérat récent.

Les cartes au 1/20 000 des ressources en sols situent 17 unités principales de sols. Suivant les normes de l'US Bureau of Reclamation, pour l'aptitude des sols à l'irrigation, la plaine d'Akkar offre une surface brute de 10 020 ha irrigables, se répartissant comme suit:

	<u>ha</u>
Classe 1	2 642
Classe 2	5 915
Classe 3	<u>1 463</u>
<u>Total</u>	<u>10 000</u>

2.3 SITUATION AGRICOLE ET BESOINS DE DEVELOPPEMENT

2.3.1 Cadre économique et orientations générales

Le Liban a une population relativement nombreuse: 2,6 millions d'habitants en 1970, sans les réfugiés. Cette population dont le taux de croissance est de 2,8 pour cent par an, est inégalement répartie sur les 10 230 km² du pays. Le revenu national est élevé: 520 dollars US par tête en 1968; son taux de croissance annuel a été de 7,5 pour cent depuis 1964.

L'économie libanaise reste cependant fragile: les secteurs productifs, agriculture et industrie, n'apportent que 31 pour cent du produit intérieur brut contre 61 pour cent au commerce, transport et services et 8 pour cent à l'administration. Le déficit commercial élevé, 30 pour cent du PIB, n'est compensé que par les revenus aléatoires du tourisme et des mouvements de capitaux; la part des échanges extérieurs de produits agricoles et dérivés dans ce déficit est de 24 pour cent.

Ces chiffres reflètent la distorsion du développement du territoire: concentration des habitants et des activités sur la côte, et notamment à Beyrouth et à Tripoli, abandon progressif des zones rurales et gaspillage des ressources naturelles. Encourager une agriculture intensive, compétitive sur les marchés extérieurs, est devenu l'un des objectifs du Gouvernement.

Les ressources en terres cultivables sont cependant limitées, 270 000 ha, et la sécheresse estivale est un handicap. Un tiers des sols est occupé par des céréales et ne fournit que 3 pour cent en valeur de la production brute totale. Les deux autres tiers sont occupés par les vergers, les légumes et les cultures industrielles. La production fruitière, dont la moitié est exportée, apporte 40 pour cent de la production brute totale.

L'aide de l'Etat s'est concentrée sur le soutien des prix: tabac, betterave sucrière, blé, tournesol. La petite et moyenne hydraulique agricole semble avoir atteint son plafond: 80 000 ha dont 26 000 n'ont qu'une irrigation aléatoire; l'équipement hydro-électrique est pratiquement achevé.

L'action du Gouvernement se porte maintenant sur les grands projets d'irrigation: 18 000 ha pour le Liban Nord (Akkar, Bqia, Koura-Zgharta); 30 000 à 40 000 ha pour le Liban Sud; 28 000 ha dans la Bqaa (kas-Hermal, au nord, avec les eaux de l'Oronte ou Nahr el Assi; Bqaa Sud, au sud, avec les eaux du Litani). De plus, un certain développement susceptible de prendre de l'importance, a pris naissance dans la Bqaa centrale, grâce à l'existence de nappes exploitables.

2.3.2 Population agricole

L'essor du développement hydro-agricole envisagé au Liban Nord est lié, d'une part à l'activité et au rayonnement de Tripoli et, d'autre part au dynamisme de la population agricole de la région. La moitié de la population (507 000 habitants au total) vit à Tripoli; le reste se répartit entre les villes de moindre importance et les villages. Sur le futur périmètre d'irrigation de Koura-Zgharta, par exemple, vivent environ 20 400 personnes, dont la moitié habitent Zgharta et Amioun et les autres 28 villages d'environ 100 à 500 habitants; le niveau d'éducation est élevé, le chômage déclaré est pratiquement inexistant; l'arboriculture prédomine et n'utilise que 40 pour cent des actifs, alors que 45 pour cent sont employés dans le secteur tertiaire et dans l'industrie; le travail salarié représente 80 pour cent du travail agricole; il est fourni pour moitié par les ouvriers des villages et pour moitié par des saisonniers venant de la montagne ou de Syrie. Dans la plaine de la Bqia ou Bouqala, la main-d'oeuvre saisonnière est essentiellement syrienne. Dans la plaine d'Akkar, où les conditions de métayage sont apparemment plus dures que dans la Bqia, les conditions de vie socio-économique de la population rurale sont telles qu'une importante fraction est fortement défavorisée, surtout parmi les métayers: 90 pour cent de la population agricole ne sait ni lire ni écrire; c'est une contrainte qui s'ajoute aux problèmes du morcellement, des structures foncières et du mode de faire-valoir.

2.3.3 Production végétale et animale; irrigations actuelles

L'arboriculture fruitière prédomine dans le Liban Nord: agrumes, sur la côte (à l'abri de haies de tamaris à proximité de la mer ou avec des brise-vent de casuarinas ou de cyprès); oliviers sur les bas-plateaux, autres fruitiers (surtout des pommiers) en montagne.

A Koura-Zgharta, par exemple, 6 200 ha, soit 88,5 pour cent du périmètre à développer, sont occupés par une oliveraie traditionnelle en déclin, avec des arbres âgés et d'un mauvais rendement; les céréales occupent 271 ha (4 pour cent); les jardins et cultures maraîchères 113 ha (2 pour cent), les vignes et vergers 11 ha, les friches et les jachères 407 ha (6 pour cent), pour une surface agricole utile totale d'environ 7 000 ha. Le cheptel vif, la production laitière et l'aviculture y sont faibles.

Les plaines de la Bqia et d'Akkar présentent par contre des caractères différents. Dans la Bqia (2 000 ha) en dehors du chemin de fer Tripoli-Homs, les voies d'accès sont topographiquement plus faciles vers la Syrie que vers le Liban. La superficie irrigable est de 92 pour cent; la superficie irriguée est de 63 pour cent (totalisant: maïs 30 pour cent; arachide 20 pour cent; tomates 5 pour cent; haricots et oignons 4,7 pour cent, autres légumes 1,7 pour cent, divers (tabac, coton, pépinière) 1,6 pour cent); la superficie non irriguée, d'après une enquête d'août à octobre 1971, est de 28 pour cent (totalisant: blé 27 pour cent, pâturages 1 pour cent). La région semblerait convenir à l'élevage, à cause de la présence de nombreux pâturages sur le pourtour des terres cultivées. L'enquête a dénombré 200 vaches laitières, 100 boeufs et 50 chevaux appartenant aux métayers; toute production de lait supérieure à la consommation locale ne trouverait actuellement pas de débouché. La traction animale est complétée par une dizaine de tracteurs. Certaines parties de la plaine sont inondables ou mal assainies; l'accès aux terres est difficile et tardif (avril-mai).

Dans la plaine d'Akkar, 11 000 ha de surface brute environ, la surface agricole utile est de 9 150 ha dont 1 500 ha d'irrigations intensives, 3 870 ha d'irrigations extensives, c'est-à-dire soit printanières, soit intensives par alternance sur une fraction des terres, 3 450 ha de cultures en sec et 330 ha de jachères et friches. On trouve 770 ha d'agrumes sous irrigation intensive ainsi que 120 ha de maïs (contre 600 ha dans la Bqala) et 610 ha de tomates, aubergines, oignons. Les cultures sous irrigation extensive comprennent 2 500 ha d'arachides (27 pour cent de la SAU totale), 760 ha de pommes de terre et 610 ha de légumes divers. Par ailleurs 490 ha de cultures dérobées, dont 400 ha d'arachides tardives, s'ajoutent à ces cultures principales sous irrigation. Les cultures en sec comprennent 2 640 ha de blé et d'orge (29 pour cent de la SAU), 130 ha d'oliviers, 170 ha de tabac et 930 ha de légumes divers, auxquels s'ajoutent 420 ha de cultures dérobées également non irriguées.

La plaine d'Akkar est la région du Liban qui présente la plus grande concentration de cheptel bovin. Une enquête du projet a dénombré environ 3 800 bovins, dont 1 270 vaches, 3 400 moutons et 600 ânes; les vaches se trouvent en majorité (63 pour cent) dans les exploitations de moins de 3 ha, les veaux, pour 58 pour cent, dans les exploitations de 3 à 20 ha. L'élevage est inexistant dans les exploitations de plus de 20 ha. Il n'y a pratiquement pas de cultures fourragères dans la plaine d'Akkar. Les animaux se nourrissent sur les jachères, friches et chaumes; c'est un élevage extensif de bétail d'origine locale. La production laitière moyenne est estimée à 800 l par an et par vache; les boeufs fournissent chacun, en moyenne, 112 journées de travail par an. La mécanisation, avec 110 tracteurs de 30 à 50 ch, est pratiquement totale dans les plantations d'agrumes et variable pour les autres cultures.

Si l'on considère l'ensemble du Liban Nord, les irrigations actuelles couvrent 16 000 à 17 000 ha. Dans les statistiques, on distingue les irrigations pratiquées pendant toute la période de végétation, dites irrigations "pérennes", et les irrigations d'une durée plus courte, dites irrigations printanières. Pour les études du projet, l'estimation de la superficie totale irriguée a été de 16 550 ha (dont 6 200 ha d'irrigations printanières), se répartissant, par tranches d'altitudes, et du sud au nord dans chaque tranche, comme suit:

Irrigations des versants

Source Nabaa Takandaar (6 km au sud-est d'Amioun)
Kfar Halda (près de Doûma)
Echarré-Ehden
Sir ed Danniyé
Michmich-Fneidek
Qoubsiyat-Aandqet

<u>Bassin versant</u>	<u>ha</u>	<u>ha</u>
Nahr el Jaous	50	
Nahr el Aasfour	50	
Nahr Abou Aali	1 500	
Nahr el Bared	2 500	
Nahr el Bared	1 600	
Nahr el Kébir	<u>600</u>	
Total partiel		6 300

Irrigations des piémonts

Zgharta (source Rachafne)
Machta-Hassan, Machta-Hammoud et Bqala

Nahr Abou Aali	900	
Nahr el Kébir	<u>2 200</u>	
Total partiel		3 100

Irrigations côtières

Batroun (basse vallée et côte)
Jardins de Tripoli (d'El-Mina à El Beddaoui)
Vergers d'El-Minie (périmètre de 1 500 ha)
Plaine d'Akkar: Nahr el Aarqa, Nahr Estouène, et

Nahr el Jaous	400	
Nahr Abou Aali	600	
Nahr el Bared	1 150	
Nahr el Kébir	<u>5 000</u>	
Total partiel		7 150
<u>Total général</u>		<u>16 550</u>

Il faut ajouter la première tranche d'un nouveau périmètre d'irrigation. Cette première tranche de 700 ha, contiguë à El-Minie a été mise en service à peu près vers le début du projet. La seconde tranche, de 650 ha, contiguë à la première et à la plaine d'Akkar (de Ouadi Jamous à Nahr el Aarqa), est en cours d'exécution, indépendamment également des opérations du projet.

2.3.4 Développement hydro-agricole escompté

Il est certes possible de moderniser les irrigations, en partie printanières, pratiquées sur les versants de la montagne, mais les conditions climatiques, ajoutées aux difficultés topographiques et pédologiques, ne permettraient pas d'y obtenir un accroissement très important de la production. Cette modernisation désirable de la petite et moyenne irrigation ne pouvait donc être suggérée en priorité au Gouvernement. Il s'agirait surtout de recalibrer et de rendre étanches les canaux existants et aussi d'améliorer les techniques d'irrigation à la parcelle.

Pour permettre un développement hydro-agricole important au Liban Nord, il était nécessaire de concentrer les efforts de planification sur les bas-plateaux à topographie favorable (Koura-Zgharta) et sur les plaines (Bqaia et Akkar) où l'irrigation est nettement insuffisante.

L'eau est actuellement le facteur limitant: les agglomérations, les industries et les irrigations actuelles au fil de l'eau absorbent la presque totalité des apports d'été des fleuves du Liban Nord, qui représentent environ 20 pour cent des apports annuels totaux. De plus, certaines petites usines hydro-électriques restituent l'eau à une cote trop basse pour les usages agricoles. D'où la nécessité de régulariser les eaux hivernales et printanières et de coordonner l'utilisation des eaux souterraines jusqu'à ce que le facteur limitant ne soit plus l'eau.

Chapitre 3

RESSOURCES EN EAU

3.1 LEGISLATION DES EAUX ET DROIT COUTUMIER

L'Etat n'intervient en principe au Liban en matière d'eaux que pour les grands aménagements et laisse pour le reste libre cours à l'initiative privée. Sur le Nahr el Bared, par exemple, au barrage de dérivation situé à 4 km de la côte, deux canaux strictement identiques et jalousement surveillés par les intéressés prennent l'eau pour la rive gauche (El-Minie) et pour la rive droite (nouveau périmètre d'une surface comparable, en cours d'achèvement).

Dans la plaine d'Akkar, chaque canal de dérivation dispose, à sa prise en rivière, d'une certaine fraction du débit. Un tour d'eau est organisé sur les diverses branches du canal pour distribuer l'eau aux irrigants, à intervalle de huit à dix jours pour les légumes et de 20 à 22 jours pour les arachides et les agrumes. A l'intérieur du réseau de canaux, toute parcelle agricole dispose d'un droit d'eau: le tour d'eau est parfois cédé par un agriculteur à un autre, au prix de 4 à 6 LL par heure ce qui, pour des débits de l'ordre de 40 l/s, représente en moyenne un prix de 3 à 4 piastres libanaises par mètre cube (1970).

Sur chaque système, un responsable (appelé "chaoui") est désigné et appointé par les irrigants pour contrôler le partage des eaux sur la rivière et sur les canaux. Le coût de ce service est d'environ 4 LL/ha/an, auquel s'ajoute celui de l'entretien des canaux. Au total, les irrigants dépensent 30 000 LL/an pour les 6 230 ha équipés dont 4 000 ha sont effectivement irrigués par les eaux de rivière, soit respectivement une charge de 5 ou de 8 LL/ha/an. Ces frais ne concernent pas les 1 369 autres hectares irrigués par pompage dans la nappe phréatique.

Pour les grands aménagements, on a créé en 1966 le Ministère des ressources hydrauliques et électriques. C'est à lui qu'ont été confiées toutes les questions ayant trait aux ressources en eau du pays, soit directement, soit par la tutelle qu'il exerce sur différents offices autonomes tels que l'Office national du Litani, l'Office des eaux de Beyrouth, l'Office des eaux de Tripoli, etc. C'est lui qui serait chargé d'intervenir au sujet des droits de propriété ou d'usage des eaux dont le maintien serait susceptible d'entraver la réalisation de grands travaux d'intérêt général.

Le droit actuellement en vigueur en la matière est basé sur trois textes essentiels:

- Arrêté N° 144 du 10.6.1925
- Arrêté N° 320 du 26.5.1926
- Arrêté N° 3339 du 12.11.1930, ce dernier intitulé "Code de la propriété foncière".

Ont été incluses dans le domaine public à dater de la publication de l'arrêté du 10.6.1925: les eaux souterraines, les eaux de source et les eaux courantes, sous réserve des droits privés (propriété ou usage) constitués antérieurement à cette date de domanialisation des eaux 1/.

L'arrêté N° 320 du 26.5.1926 traite des autorisations, occupations temporaires et concessions, sauf pour les puits non jaillissants, qui ne sont pas soumis à autorisation s'ils sont situés en propriété privée, s'ils ont une profondeur inférieure à 150 m, si leur débit est inférieur à 100 m³ par jour et s'ils ne constituent pas une prise d'eau déguisée dans un cours d'eau ou dans une source.

Par ailleurs, les articles 59 et 60 de l'arrêté N° 3339 du 12.11.1930 traitent des servitudes d'écoulement des eaux pluviales qui tombent sur un fonds ou des eaux de source qui naissent sur un fonds. Ces eaux peuvent y être utilisées, mais sans que "l'usage des eaux ou la direction qui leur est donnée aggrave la servitude naturelle d'écoulement".

L'état de fait actuel existant sur tout le territoire libanais est particulièrement complexe. Il se caractérise essentiellement par la multiplicité d'ouvrages juridique-ment irréguliers, voire même illégaux, dont l'existence semble résulter pour partie de l'ignorance de la législation en vigueur chez les administrés et pour partie d'une tolérance des autorités administratives locales. De même, de très nombreuses utilisations d'eaux souterraines, de source ou superficielle, fondées à l'origine sur le régime dit de "permission d'occupation temporaire" prévu par les arrêtés N° 144 (art. 17) et N° 320 (art. 4 et 7) se sont perpétrées sans titre, en vertu d'une tolérance tacite des autorités.

En conclusion 2/, lorsque leur restriction, modification ou suppression est utile à la réalisation d'un projet d'aménagement hydraulique d'intérêt général:

- i. les droits privés, de propriété ou d'usage, doivent être expropriés;
- ii. les droits fondés sur une autorisation expresse ou tacite doivent être indemnisés;
- iii. les usages fondés sur une autorisation administrative périmée peuvent être indemnisés;
- iv. les usages illicites, dépourvus de toute base juridique, ne sont pas indemnisables.

1/ Une réserve analogue pour les "droits fondés en titre" existe en Droit français pour les droits constitués antérieurement à l'Edit de Moulins de 1566, considéré comme ayant institué la domanialité publique; mais en France, toutes les eaux ne sont pas domaniales; seule l'énergie hydraulique appartient à l'Etat sur tous les cours d'eau et fait l'objet tantôt d'autorisations, tantôt de concessions.

2/ D'après P. Gautron, Conseiller FAO; mission à Beyrouth, décembre 1970 - Rapport sur la Codification éventuelle des textes régissant la propriété et l'usage des eaux dans la République du Liban ainsi que sur deux questions connexes.

3.2 ETUDE QUANTITATIVE DES CONDITIONS ACTUELLES D'UTILISATION DES EAUX

L'analyse quantitative de l'usage actuel des eaux fait partie des investigations permettant d'évaluer les ressources superficielles et souterraines.

Parmi les eaux utilisées au Liban Nord, certaines sont à classer dans les bilans hydrologiques comme définitivement irrécupérables, telles sont les eaux d'alimentation des agglomérations urbaines et des industries côtières, dont les effluents, recyclés ou non, sont rejetés à la mer; d'autres ne sont qu'en partie perdues, telles sont les eaux d'irrigation dont l'excédent revient aux cours d'eau par les colatures ou atteint les nappes souterraines; d'autres enfin sont presque entièrement restituées, ce sont les eaux des centrales hydrauliques et des rares moulins de la région.

3.2.1 Eaux domestiques et industrielles

Les villes les plus importantes et les industries du Liban Nord sont situées au bord de la mer, de Batroun à Tripoli, Zgharta étant sous la juridiction de l'Office des eaux de Tripoli. Dans le cadre du projet, une étude a été faite et publiée en septembre 1970, dans le rapport AE 10 intitulé: "Study on the Water Supply System and Bahaas". El Bahaas est le quartier sud de Tripoli. Ce rapport concerne également l'approvisionnement en eau de la côte, de Tripoli à Chekka et Batroun.

Il en résulte que, chaque jour d'été, 47 000 m³ (544 l/s) sont amenés à Tripoli et au quartier du port, El-Mina, provenant des sources de Rachafne (14 000 m³/jour ou 162 l/s) et de Hâb (33 000 m³/jour ou 382 l/a). Les sources de Rachafne et de Hâb sont exploitées à leur maximum à la fin de l'été et les premières installations de pompage ont déjà été mises en place en prévision d'un accroissement certain de la demande. A la fin de l'été, la ville de Tripoli dérive 250 l/s de la source de Rachafne.

De ces 47 000 m³, 24 000 arrivent effectivement aux utilisateurs; la différence est attribuée à des pertes, en majorité des pertes d'adduction, que l'on espère ramener de 50 pour cent à 25 pour cent, ce qui permettrait de satisfaire la demande jusqu'en 1985 sans avoir à pomper. Il s'avère en particulier que malgré des injections de ciment, le tunnel de 1,85 m de diamètre et de 2 038 m de longueur qui part de la rivière souterraine du Hâb n'est pas étanche, mais qu'il y a cependant un excès d'eau nocturne. La consommation domestique réelle est de 110 l/j pour 170 000 utilisateurs ^{1/} recensés dans les limites de Tripoli et d'El-Mina, soit 18 700 m³ sur les 24 000 m³ effectivement utilisés au total. La moitié seulement des branchements particuliers ont un compteur; les autres n'ont qu'un orifice de jauge et coulent en permanence sous contrat forfaitaire. Par ailleurs les industries consomment en moyenne 2 000 m³/j et la municipalité environ 2 500 m³/j.

A Chekka, quatre industries principales s'alimentent elles-mêmes et consomment 15 000 m³/j indépendamment de Tripoli.

Quoi qu'il en soit, le risque de pénurie d'eau de Tripoli ne semble pas toucher les villages ruraux des versants de la montagne qui disposent d'un grand nombre de petites sources. Pour les autres villages, les réservoirs sont alimentés par des sources ou des puits parfois fort éloignés: les sources de Nabaa Rahoué et de Nabaa Houb, ainsi qu'une autre du Jabal Raimoune, toutes trois au-dessus de Tannourine Faouka, alimentent sur une distance d'environ 27 km à vol d'oiseau, une quarantaine de réservoirs

^{1/} Ce chiffre pour les utilisateurs n'inclut pas la population de Bahaas ni les habitants ayant leur puits particulier: il y en a par exemple plus de 3 000 à El-Mina.

dans le bassin versant du Nahr el Jaouz. La situation est la même pour les villages qui dominent Batroun et Chekka, alimentés par des sources du bassin versant du Nahr el Aasfour. Elle est aussi la même près de la frontière nord, dans les bassins versants du Nahr Estouène et du Nahr el Kébir.

Le projet n'a pas étudié en détail l'alimentation actuelle en eau des villages du Liban Nord, car il fallait tenir compte des ordres de grandeurs: cinq villages ruraux, de 200 habitants chacun, consomment en moyenne moins de 50 l/j/hab, c'est-à-dire au total pas plus qu'un seul hectare irrigué en juillet à 1 600 m³/ha.

La description des sources est reprise ci-après au chapitre 3.4.

3.2.2

Prélèvements d'eau pour l'irrigation

Ces prélèvements sont effectués principalement sur les cours d'eau, bien que plus de 3 500 ha soient desservis par des sources. Une enquête du projet sur les prélèvements effectués par les irrigants le long des fleuves du Liban Nord a été conduite pendant l'été 1969, donnant l'inventaire de presque toutes les prises d'irrigation existantes et une estimation de leur débit au moment de la visite.

Sur 20 pour cent des prises inventoriées, une deuxième enquête a été effectuée pendant l'été 1970, avec deux visites par mois pour chaque prise, afin de mesurer la variation du débit dérivé pendant la saison d'irrigation.

Les résultats groupés des deux enquêtes sont donnés dans le tableau 2. Ce tableau donne un total des prélèvements au début de la saison d'irrigation d'au moins 13,42 m³/s et à la fin de la saison d'au moins 11,44 m³/s, c'est-à-dire 21 à 25 fois la consommation actuelle de Tripoli. Ces chiffres, comparés avec la surface totale de 10 350 ha en irrigations de pleine saison dites pérennes (c'est-à-dire sans tenir compte des 6 200 ha d'irrigations de début de saison dites printanières; cf. 2.3.3), offrent une assez bonne concordance pour le nord du Liban, où le débit fictif continu dépasse facilement 1 l/s/ha.

Les irrigations actuelles au fil de l'eau absorbent ainsi la presque totalité des apports disponibles des fleuves du nord du Liban.

Pour les irrigations pratiquées par dérivation d'eaux de source, le débit prélevé est moins bien connu, mais les chiffres avancés par le Ministère des ressources hydrauliques et électriques pour les surfaces irriguées à partir des sources permettent de se faire une idée de leur importance:

en montagne

- sources de la région de Bcharré-Ehden
- sources de la région de Sir ed Danniyé

ha

1 500

1 500

aux abords de Tripoli

- sources de Zgharta-Rachafne

500

Total

3 500

Les eaux non utilisées de ces sources alimentent principalement les fleuves Abou Aali et Bared. De nombreuses autres sources de moindre importance sont utilisées à la fois pour de petites irrigations et pour l'alimentation des villages.

3.2.3 Les usines hydro-électriques

i. Généralités

Sept centrales hydrauliques existent sur trois des cours d'eau du nord du Liban: l'une (Kaftoun) vers la cote 200 m, sur le Nahr el Jaouz, une série de quatre autres (Kadicha, Mar Licha, Blaouza et Kousba) s'échelonnant de 1 500 à 500 m, d'abord sur le Nahr Kadicha lequel, à partir de Blaouza, confluent de l'Ouadi Amoubine, devient le Nahr Abou Aali, et une série de deux (Bared 2 vers la cote 500, et Bared 1 vers la cote 100), sur le Nahr el Bared. A part, à la rigueur Bared 1, alimenté par la retenue de compensation de Bared 2, ce sont toutes essentiellement des usines au fil de l'eau; elles n'opèrent aucune régularisation des cours d'eau.

Leur production d'énergie s'affaiblit considérablement pendant les mois de basses eaux, surtout en année sèche. Cette production entre forcément en conflit avec l'irrigation au moment même où le débit naturel des fleuves s'appauvrit. D'autre part, le niveau de restitution de l'eau en aval de ces centrales hydrauliques est parfois trop bas pour que l'eau turbinée puisse être utilisée par gravité à des fins agricoles. Il n'existe, par contre, pratiquement aucune interférence entre la production d'énergie et l'alimentation en eau urbaine ou industrielle de la zone côtière.

ii. Données numériques sur les centrales du Liban Nord

Les données numériques ci-après proviennent des études et documents du projet daté de janvier 1970 - juillet 1971, complétés par les statistiques et résultats techniques d'Electricité du Liban (EDL) de 1972 et 1973.

La puissance installée totale des sept centrales hydrauliques susmentionnées est de 43 MW (43 000 kW); elle est restée la même de 1961 à 1973.

L'une des deux centrales du Nahr el Bared (13,5 MW) de la Société d'électricité d'El Bared, dont la concession expire en 2021, est raccordée au réseau EDL; la centrale Bared 2, d'amont (3,7 MW), ne figure pas dans les statistiques EDL. Les quatre centrales du Nahr Abou Aali - Nahr Kadicha (20,5 MW) de la Société d'électricité de la Kadicha, dont la concession expire en 2011, sont interconnectées avec le réseau EDL, de même que la centrale Kaftoun du Nahr el Jaouz ou El Joz (5,3 MW), de la Société des ciments libanais, dont la concession expire en 2025.

La région du nord du Liban dispose en outre de trois centrales thermiques dont la puissance installée totale était de 48,9 MW en 1969 et 1970 et de 46 MW en 1971, 1972 et 1973; une quatrième, Abou Aali (1,6 MW), n'a été prise en compte que jusqu'en 1968. Deux de ces centrales, Hreiché (37,2 MW) et Bahaas (1,6 MW depuis 1971) débitent sur le réseau de la Kadicha; toutes trois, y compris Chekka (7,2 MW depuis 1969) sont interconnectées avec EDL.

Pour l'ensemble du Liban, la puissance hydro-électrique installée a été de 245,6 de 1968 à 1973. Les sept centrales hydrauliques de la région Nord y participent donc pour 17,5 pour cent; ce sont des centrales au fil de l'eau qui ne fourniraient en principe que de l'énergie de base si elles étaient correctement exploitées au maximum en interconnexion constante avec le réseau général; l'énergie hydraulique de pointe est l'apanage des trois centrales du Litani (154 MW), situées en aval du réservoir de Karaoun (40 km SSE de Beyrouth) dont le volume utile est de 220 millions de mètres cubes (220 Mm³).

D'autre part, pour l'ensemble du Liban, la puissance thermique installée, qui est de 180, 3 MW en 1969 et 175,3 MW en 1970, est passée à 237,4 MW en 1971, 292,4 MW en 1972 et 302,4 MW en 1973, grâce à la mise en service en 1971 et en 1972 des premières

unités de 65 MW de la centrale thermique de Jiyé (25 km S de Beyrouth). Si bien qu'en 1973 la puissance installée totale du Liban, hydraulique et thermique, était de 548 MW, y compris celle de la région nord qui était de 89 MW, c'est-à-dire d'environ 16,2 pour cent, dont 7,8 pour cent pour les sept centrales hydrauliques de cette région.

En 1968, l'énergie produite par ces sept centrales hydrauliques a été de 203 GWh ^{1/}, correspondant à une puissance moyenne de 23,1 MW et à près de 27 pour cent de la production hydro-électrique totale du pays qui était de l'ordre de 800 GWh. En 1970, année relativement sèche, une enquête effectuée sur quatre des sept centrales hydrauliques (Bared 1 et 2, Kousba et Kaftoun) a montré une réduction de 41,6 pour cent de la production annuelle par rapport à 1968, année dont la production était voisine du maximum. Pour les sept usines, on cite en effet comme valeurs annuelles extrêmes: 97,2 et 205,3 GWh, et comme moyenne annuelle, 154,6 GWh. A titre de comparaison, pour l'ensemble du Liban, la production annuelle totale, en 1971, 1972 et 1973, a été respectivement de 1 375, 1 547,6 et 1 787,7 GWh, y compris une production hydro-électrique de 838,6, 806,6 et 475,4 GWh, cette dernière valeur étant due, semble-t-il, à la vidange d'un réservoir.

La production mensuelle des centrales hydrauliques du Liban Nord subit des variations relatives encore plus importantes: à l'usine de Kaftoun (Nahr el Jaouz), où la production moyenne mensuelle a été de 1,35 GWh de 1955 à 1970 inclusivement, la production de mars 1970 a été de l'ordre de 4,1 GWh, celle d'août 1970 a été de 1 GWh et celle de septembre 1970 de l'ordre de deux tiers de GWh seulement.

iii. Débits turbinés

En principe, si les sept centrales hydrauliques au fil de l'eau du Liban Nord étaient exploitées en interconnexion constante avec le réseau EDL, leurs débits turbinés dépendraient uniquement des débits disponibles dans les cours d'eau, tout au moins pour la période de l'année où ces derniers restent inférieurs aux débits équipés des centrales. Le reste de l'année, les débits turbinés devraient correspondre aux débits équipés. Tel n'est pas le cas. Il n'a pas été possible de déduire des relevés des centrales des renseignements quantitatifs précis sur les débits disponibles en basses eaux dans les cours d'eau, débits qui sont parfois très faibles.

Le tableau ci-après donne pour les sept centrales: l'année de mise en service, le débit équipé, le débit turbiné moyen et le volume moyen annuel correspondant:

^{1/} 1 GWh = 1 million de kWh.

Cours d'eau	Centrale hydraulique	Entrée en service	Puissance installée (MW)	Débit		Volume annuel moyen turbiné (hm ³ = 10 ⁶ .m ³)
				équipé (m ³ /s)	moyen turbiné (m ³ /s)	
Nahr El Jaouz	Kaftoun	1954	5,3	3,8	1,46	46
Nahr Kadicha (Nahr Abou Aali)	Kadicha (Bcharré)	1929	1,6	0,8	0,35	11
Nahr Kadicha	Mar Licha	1958	3,1	1,4	0,63	20
Nahr Abou Aali	Elaouza	1961	8,4	3,6	1,52	48
Nahr Abou Aali	Kousba 1/	1932	7,4	2,6	1,40	44
Nahr El Bared	Bared 2	1961	3,7	4,5	1,65	52
Nahr El Bared	Bared 1	1954 2/	13,5	12,0	4,69	148
Totaux			43,0	28,7	env. 11,7	369

Le volume moyen annuel turbiné et le débit correspondant en mètres cubes par seconde ont été déterminés d'après les relevés de l'énergie produite, en utilisant l'équivalent énergétique en kWh du mètre cube d'eau turbiné à chaque centrale, dont le minimum est de 0,238 kWh/m³ pour Bared 2 (amont) et le maximum de 0,700 pour Elaouza.

3.3 REGIME DES EAUX SUPERFICIELLES; EVALUATION QUANTITATIVE PAR BASSIN VERSANT

3.3.1 Caractéristiques physiques des bassins versants

L'étagement des bassins versants en altitude est un important facteur topographique à considérer en premier lieu du fait du gradient pluviométrique élevé et de la constitution hivernale d'un stock neigeux sur les parties les plus hautes.

La répartition des surfaces des principaux bassins versants par tranches d'altitude est la suivante:

- 1/ En aval de Kousba un moulin utilise 7 à 13 millions de mètres cubes par an (0,22 à 0,40 m³/s en moyenne).
- 2/ Production interrompue entre mai 1958 et décembre 1960.

Altitudes (m)	km ² (%)	Nahr el Jaouz	Nahr Abou Aali	Nahr el Bared	Nahr el Aarqa	Nahr Estouène	Nahr el Kébir
0- 500	S (%)	45,4 (23,9)	145,0 (30,2)	23,8 (8,8)	53,0 (45,3)	95,2 (59,1)	640,0 (68,0)
500-1 000	S (%)	45,0 (23,5)	70,0 (14,5)	55,6 (19,7)	53,0 (45,3)	50,4 (31,3)	224,4 (23,8)
1 000-1 500	S (%)	56,8 (30,1)	72,0 (14,9)	80,0 (28,4)	15,0 (9,4)	11,8 (7,3)	47,0 (5,0)
1 500-2 000	S (%)	35,8 (19,3)	73,0 (15,2)	94,6 (33,5)	-	3,6 (2,1)	28,8 (3,1)
2 000-2 500	S (%)	6,0 (3,2)	56,0 (11,6)	20,2 (7,2)	-	-	0,8 (0,1)
Plus de 2 500	S (%)	-	65,0 (13,5)	6,8 (2,4)	-	-	-
Totaux	km ²	189,0	480,9	281,0	121,0	160,8	941,0 (dont 289 au Liban)

Les facteurs structuraux qui président aux relations occultes entre les bassins versants ont été résumés précédemment au chapitre 2.2.2; il en résulte que les bassins versants topographiques et les bassins hydrogéologiques ne coïncident que globalement, ce qui laisse apparaître des anomalies de détail en relation avec les accidents structuraux majeurs et les déformations associées.

Les facteurs lithologiques et morphologiques conditionnent davantage les relations entre les écoulements superficiels et souterrains, expliquent la présence de zones sub-endoréiques sans ruissellement superficiel atteignant un cours d'eau et jouent un rôle important dans la régulation des écoulements annuels et interannuels.

Les divers affleurements géologiques des bassins versants du Liban Nord peuvent être répartis en trois grandes catégories d'après leurs caractères litho-morphologiques vis-à-vis de l'infiltration et du ruissellement:

1. Les formations karstiques douées d'une perméabilité en grand qui joue un rôle capital dans l'écoulement estival des cours d'eau principaux, mais qui, inversement, peuvent assécher certaines portions de vallées: jurassique, crétacé moyen (cénomaniens et turonien) et vindobonien calcaire.

- ii. Les formations semi-perméables, à perméabilité de type granulaire dont l'apport direct par ruissellement peut être élevé tandis que l'apport souterrain différé est restreint: grès crétacés inférieurs, dépôts quaternaires marins et fluviaux.

Les formations impermeables ou de très faible perméabilité qui contribuent par le ruissellement seulement à l'écoulement des cours d'eau: complexe volcano-sédimentaire du pliocène et néogène continental.

La répartition en altitude des surfaces karstiques pour les bassins versants du Liban Nord est donnée par la figure 6.

La répartition de la surface des bassins versants par formations litho-morphologiques est donnée dans le tableau suivant:

Formations	km ² (%)	Nahr el Jaouz	Nahr Abou Aali	Nahr el Bared	Nahr el Aarqa	Nahr Estouène	Nahr el Kébir
Karst	S (%)	143,0 (76,5)	288,0 (60,3)	183,0 (65,2)	81,0 (66,9)	71,6 (45,0)	285,0 (30,5)
Semi- perméable	S (%)	39,0 (20,3)	76,0 (15,4)	85,8 (30,5)	27,0 (22,3)	26,6 (16,5)	116,6 (12,6)
Imperméable	S (%)	7,0 (3,2)	117,0 (24,3)	12,2 (4,3)	13,0 (10,8)	62,8 (38,5)	539,4 (56,9)
Totaux	km ²	189	481	281	121	161	941 (dont 289 au Liban)

Le Nahr el Jaouz est le cours d'eau dont le bassin versant présente la plus forte proportion d'affleurements karstiques (plus des trois quarts de sa superficie). Viennent ensuite les bassins versants de Nahr el Aarqa, Nahr el Bared et Nahr Abou Aali qui en possèdent plus de 60 pour cent: essentiellement des calcaires crétacés moyens pour Nahr Abou Aali, des dolomies jurassiques pour Nahr el Bared et à peu près 50 pour cent de chaque pour Nahr el Aarqa.

3.3.2 Principaux types de régime des cours d'eau du nord du Liban

Tous les fleuves de la région sont pérennes jusqu'à la mer, sauf l'Aasfour à Bziza (19 km sud de Tripoli), à cause des pertes en profondeur dans le lit du fleuve. Le Jaouz se trouve toutefois mis à sec à la fin de l'été par suite des dérivations d'eau d'irrigation. Il en est de même du Chadra, affluent de rive gauche du Nahr el Kébir, qui coule du sud au nord en direction de la Bqai. Il en est presque de même également pour le Kébir, l'Estouène et l'Aarqa, dont les débits disponibles en été sont presque entièrement dérivés pour l'irrigation à l'entrée de ces fleuves dans la plaine côtière d'Akkar.

Certains fleuves ont un régime uniquement pluvial, tel le Nahr el Kébir, avec des hautes eaux en janvier-février. D'autres ont un régime pluvio-nival, avec deux périodes de hautes eaux: en janvier-février à cause de la pluie, et en mars-avril à cause de la fonte des neiges. Tels sont surtout Nahr el Bared, Nahr Abou Aali et Nahr el Jaouz, et, à un moindre degré Nahr el Aasfour, dont le bassin versant s'étend moins en altitude.

Entre ces deux régimes extrêmes, Nahr el Aarqa et Nahr Estouène présentent une seule période de hautes eaux mais d'une durée de trois mois (janvier-mars).

Enfin, il existe des cours d'eau pour lesquels le maximum des apports a lieu seulement en mai. Tels sont le Nahr el Bared à Tirane (vers 700 m d'altitude) et le Nahr Rachafne (affluent du Nahr Abou Aali). Ils reçoivent un apport d'eaux souterraines infiltrées au moment de la fonte des neiges et, en partie du moins, sur des pentes qui, autour du Qornet es Saouda, ne présentent pas d'écoulements superficiels atteignant les vallées 1/: le délai d'écoulement souterrain s'ajoute au délai de fonte des neiges en altitude. Pour les sources dont les émissaires se singularisent ainsi, la décrue comporte deux phases: l'une à rythme assez rapide pendant les mois de septembre, octobre, juin-juillet-août, l'autre au rythme plus lent pendant les mois de septembre, octobre, novembre. L'hydrogramme anamorphosé de la source de Rachafne (fig. 16, annexe 1 du projet de Koura-Zgharta) montre nettement ces deux phases et donne leur coefficient de tarissement α d'après la formule de Maillet: $Q_t = Q_e - \alpha t$. On peut également considérer l'hydrogramme de décrue comme la somme d'une décrue nivale d'une durée de trois mois et d'une décrue pluviale d'environ six mois.

3.3.3 Observations sur le terrain

1. Limnimétrie, limnigraphie et jaugeages (cf. figure 2)

Il existe au Liban Nord, depuis la fin de 1970, 18 stations hydrométriques pourvues d'un limnigraphe et une station limnimétrique (Rachafne) dont l'échelle est lue deux fois par jour.

La première station limnigraphique du Liban Nord a été installée à Kousba sur l'Abou Aali en 1948 et a fonctionné depuis lors, sauf de 1953 à 1956. Trois autres stations limnigraphiques ont été équipées en 1955 suivant les recommandations du programme américain d'assistance appelé "Point 4".

Depuis 1965 le Service d'hydrologie de l'Office national du Litani est chargé de la gestion des stations hydrométriques de tout le territoire libanais (gestion assurée auparavant par le Ministère des travaux publics). L'ONL a installé 12 autres limnigraphes en 1965/66, dont deux sont destinés à remplacer ultérieurement les stations de Kousba sur l'Abou Aali et du Pont Halba sur l'Estouène.

Pour les séries relevées avant 1965 un nombre important d'interruptions et de changements ont été décrits dans l'Annuaire hydrométrique de l'ONL.

Depuis 1965, des jaugeages hebdomadaires (ou bi-hebdomadaires), sauf aux stations pourvues d'un déversoir (qui demandent peu de jaugeages), ont permis d'établir un grand nombre de courbes de tarage hauteurs-débits et d'améliorer la précision de

l'estimation des apports. Cette fréquence élevée des jaugeages est rendue nécessaire par l'importance du charriage de fond, surtout dans la partie amont des bassins versants; il n'a malheureusement été fait que très peu de jaugeages pendant les crues.

Les jaugeages sont faits au moulinet en été, tandis qu'en hiver, vu la grande turbulence des eaux, ils sont faits par procédé chimique. Les deux méthodes employées simultanément à faible turbulence ont donné des résultats concordants.

A la demande du projet, deux limnigraphes supplémentaires ont été installés, à la fin des années 1969 et 1970 sur le Nahr el Aasfour, ce qui a porté à 18 le nombre de stations pourvues d'un limnigraphe.

Le tableau 3 donne par cours d'eau la liste des stations, leur altitude et l'année hydrologique de leur entrée en fonctionnement.

Chacune de ces stations présente des particularités dont il a été tenu compte dans l'exploitation des renseignements qu'elles fournissent. Quelques exemples sont donnés ci-après.

A la station de Chadra, qui mesure les apports du haut bassin versant (32 km²) de l'Ouadi Chadra, les mesures sont entachées d'imprécision du fait qu'un canal auxiliaire contourne la station (son débit moyen est de l'ordre de 0,06 à 0,16 m³/s), qu'une digue a été construite immédiatement en aval de la station et que le limnigraphe est tombé deux fois en panne. Pour les stations du Nahr Estouène il existe des prises d'eau d'irrigation. La station d'embouchure du Nahr el Bared est soumise aux fluctuations du niveau de la mer, etc. La station de Kousba qui reçoit les apports de la partie amont (142 km²) du bassin du Nahr Abou Aali fonctionne depuis 1948 mais avec une interruption pendant la période 1953-56. Il y a été fait trop peu de jaugeages avant 1965, d'où une insuffisance initiale de courbes de tarage alors que le lit est instable; d'autre part, des prélèvements de 7 à 13 millions de mètres cubes par an (moulin) sont faits juste en amont de la station. Une deuxième station, Daraiya, a été installée à 2 km en aval de la station de Kousba; elle est destinée à remplacer Kousba après un certain nombre d'années de fonctionnement simultané. Ces deux stations sont situées en aval du bassin de compensation de la centrale de Kousba, lequel régularise journalièrement les débits assez variables lâchés par l'usine; leurs limnigrammes dépendent donc des conditions d'exploitation du bassin de compensation, mais cela n'affecte pas les volumes journaliers qui s'en déduisent.

C'est à la demande du projet qu'un limnigraphe a été installé en décembre 1969 au pont de Bziza, sur le Nahr el Aasfour, pour un bassin versant de 45 km². Les résultats de la première période de mesures de décembre à avril 1970 (le fleuve étant ensuite à sec) n'ont décelé que de très faibles apports à cause des infiltrations dans le lit du fleuve sur un tronçon d'un kilomètre en amont du pont. Un deuxième limnigraphe a ensuite été installé à Mathamet el Biddaouié, à 3 km en amont du pont de Bziza. Ce limnigraphe fonctionne depuis janvier 1971 et, malgré un bassin versant réduit à 25 km² au lieu de 45, il indique des apports supérieurs d'environ 2 millions de mètres cubes/an à ceux de la station d'aval. Il est nécessaire de continuer l'exploitation pendant encore cinq années avant de ne conserver que Biddaouié comme station permanente.

ii. Mesures de débits solides

Les stations hydrométriques ne sont équipées ni pour la mesure du charriage de fond, ni pour la mesure des débits solides en suspension. Le projet a déterminé les apports solides déposés dans divers barrages existants de la région afin d'estimer par extrapolation les risques de sédimentation dans d'autres barrages envisagés.

Le barrage le plus important est situé sur le Nahr Abou Moussa juste avant son confluent avec Nahr el Bared. Il reçoit aussi les eaux turbinées de la centrale Bared 2 alimentée par Nahr el Bared, ce qui complique un peu l'évaluation du bassin versant. Il s'y est déposé 500 000 m³ en 12 ans, soit un débit solide de 40 000 m³/an, pour un bassin versant de l'ordre de 200 km² ayant apporté en moyenne 80 millions de mètres cubes/an. Le dépôt dans ce réservoir a donc été de 1 m³ pour 2 000 m³ d'eau.

iii. Qualité physico-chimique des eaux superficielles

De nombreux prélèvements d'eau ont été effectués par le projet notamment de septembre 1970 à septembre 1971, tant d'eaux superficielles que d'eaux souterraines. Les analyses des eaux superficielles 1/ indiquent en vue de l'irrigation qu'elles sont en général du type C₂S₁ d'après la classification américaine (Agriculture Handbook, No. 60, Feb. 1954, U.S. Salinity Laboratory of Riverside). Cela signifie:

pour C₂: ce sont des eaux à salinité moyenne (2,5 à 7,5 milli. équivalents (mEq) de cations ou d'anions au litre, soit 160 à 480 mg de sels dissous au litre), qui peuvent être utilisées si un lessivage modéré du sol peut avoir lieu, ce qui est le cas avec les fortes pluies hivernales du Liban Nord, à condition d'assurer un assainissement suffisant des sols lourds;

pour S₁: ce sont des eaux faiblement sodiques qui peuvent être utilisées sur presque tous les sols avec faible risque d'apparition de teneurs nocives en sodium échangeable, teneurs qui peuvent gêner les cultures des arbres à noyaux sensibles au sodium.

Le tableau suivant donne à titre d'exemple un résultat d'analyse du Nahr Abou Aali qui confirme la classe C₂ avec environ 4,5 mEq de cations/ou d'anions au litre, mais avec un coefficient de Gapon tellement faible que le risque sodique est absolument négligeable. Pour 4,5 mEq de cations au litre, la classe S₁ va en effet jusqu'à un coefficient voisin de 7, alors qu'il est ici de 0,175.

Eau du Nahr Abou Aali	Cations				Anions			Résidu à 180°	pH
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	CO ₃ H ⁻		
mg/litre	46	24	6	0,6	14	17	225	228	7,6
mEq au litre	2,30	2,00	0,26	0,02	0,40	0,36	3,69		Dh
	Total: 4,58 mEq/l				Total: 4,45 mEq/l				22
Coefficient de Gapon: $A = \frac{Na}{\sqrt{\frac{1}{2} (Ca + Mg)}} = \frac{0,26}{\sqrt{2,15}} = 0,175$									

1/ Pour les eaux souterraines, voir paragraphe 3.4 ci-après.

3.3.4 Mode d'exploitation des données de base

i. Apport annuel moyen

La durée des périodes d'observations aux stations hydrométriques du Liban Nord, au moment des opérations du projet, était comprise entre 2 et 14 années. Or, la valeur de la moyenne des apports annuels observés à chacune de ces stations dépend de la durée de la période et de sa place chronologique: si la période est courte et humide ou courte et sèche, la moyenne sera évidemment différente de celle d'une même période ayant à la fois des années humides et des années sèches.

Il existe heureusement un degré de corrélation élevé entre les apports annuels des différents stations et ceux de Kousba sur le Nahr Abou Aali qui possède la plus longue série d'observations (14 années)

$$C = \frac{m_a \text{ longue}}{m_a \text{ courte}} \times m_b \text{ courte}$$

en désignant par:

C : la moyenne annuelle de toute la période d'observations de la station a;

m_a longue: la moyenne annuelle de toute la période d'observations de la station a (par exemple Kousba: 14 années);

m_b courte: la moyenne annuelle de la période d'observations de la station b ayant une série courte;

m_a courte: la moyenne annuelle de la station a (par exemple Kousba) sur la même période que celle de la station b.

Une deuxième correction du même type aurait pu être appliquée par corrélation avec la pluie annuelle dont la moyenne peut être calculée au moins sur 30 ans au Liban Nord; les coefficients de corrélation autorisaient cette correction. Elle ne valait pas la peine d'être appliquée vu la différence minime qui existe entre les moyennes des pluies annuelles pour les 14 années 1956/57 à 1969/70 et pour les 30 années 1940/41 à 1969/70. Elle permet toutefois de mieux déterminer la probabilité de tel ou tel apport annuel et aussi d'estimer que les valeurs données pour l'année sèche 1959/60 à Kousba (29 Mm³) auraient dû être de l'ordre de 40 à 50 Mm³.

ii. Apports mensuels moyens

Les apports mensuels des fleuves ayant un régime voisin ont une bonne corrélation entre eux. Tels sont, du sud au nord: Nahr el Jaouz, Nahr Abou Aali et Nahr el Bared (station de Tirane). La corrélation est moins bonne pour la partie nord: Nahr el Bar (station de Michmich), Nahr el Aarqa et Nahr el Kébir. La correction simple, analogue à celle des apports annuels, n'est admissible qu'après contrôle des coefficients de corrélation. En pratique on a renoncé à corriger les valeurs mensuelles moyennes.

Les essais de corrélation entre les pluies et les apports des stations ont donné des résultats médiocres: il n'y a pas de pluies en été et les fleuves en cause ont un régime pérenne; de plus les bassins versants sont partiellement couverts de neige une partie de l'année et présentent une forte karstification, surtout en altitude.

iii. Les crues

L'étude des crues des cours d'eau du nord du Liban s'est heurtée aux mêmes difficultés que celles rencontrées pendant l'étude des apports moyens:

- séries trop courtes,
- discontinuité dans les séries,
- qualité très variable des données de base, notamment de celles d'avant 1965.

Les deux séries d'observations les plus longues, 14 années à Kousba sur le Nahr Abou Aali et 15 années à Arida sur le Nahr el Kébir, n'ont guère permis l'application d'une loi théorique du type Gumbel, Fréchet ou Galton-Gibrat, qui demande une série d'au moins 50 années. En outre ces lois ne sont pas forcément celles qui sont les plus représentatives des conditions naturelles du nord du Liban, où de la neige fond sur des zones karstiques plus ou moins développées.

Tout dépend d'ailleurs de l'objectif poursuivi: la montée des eaux d'un grand fleuve qu'on ne peut barrer peut être traitée en probabilité sans passer par les débits, directement d'après les niveaux observés chaque année (niveaux regroupés par exemple en valeurs moyennes décennales, ce qui donne trois données de base par mois); on peut traiter de même la décrue, ou encore chercher à tracer un diagramme de probabilité pour le minimum annuel des débits.

Le programme des recherches du projet qui comportait, entre autres, l'étude d'une dizaine de sites de barrages, conduisait à supputer les crues pour des bassins versants où les stations hydrométriques n'offraient que trois ou quatre années d'observations et de mesures.

Il n'a été possible de tenir compte que du débit de pointe des crues et non du volume correspondant: les séries de données étaient trop courtes et les informations sur la forme des crues étaient insuffisantes. Certaines crues peuvent aussi être provoquées par un engorgement temporaire qui vient à se rompre dans le lit des cours d'eau, ce qui fournit des données de base localement aberrantes, mais dont il faut quand même tenir compte dans la programmation des aménagements.

Devant cette situation, le projet a suivi une méthode proposée par le consultant en hydrologie. Cette méthode, appelée ci-après "méthode Bernier", présente l'avantage d'utiliser très intensivement l'information disponible en tenant compte de toutes les crues dépassant une certaine valeur, au lieu de n'utiliser qu'une seule valeur par année, ce qui augmente le nombre des données de base prises en compte dans les séries et autorise l'application à des périodes plus courtes.

Une autre difficulté qui s'ajoute à celle de l'information insuffisante (séries courtes) est l'incertitude concernant la validité des données de base: les limnigrammes et les courbes de tarage qui leur sont applicables, le nombre de jaugeages aux stations du Liban Nord est nettement insuffisant pour la période d'avant 1965. De plus 1/, comme ces jaugeages sont habituellement faits pour des débits faibles, les personnes chargées des dépouillements sont obligées, pour les niveaux élevés, d'extrapoler les courbes hauteurs-débits. Il s'est avéré que bon nombre de débits de crues, notamment pour la période d'avant 1965, ont été faussés par des erreurs d'extrapolation. Il a donc tout d'abord fallu corriger ces erreurs dans la mesure du possible.

1/ L'insuffisance des jaugeages pendant les crues a déjà été mentionnée à la section 3.3.3 ci-dessus.

La méthode Bernier a été ensuite appliquée aux deux séries continues disponibles les plus longues de Kousba et Aarida. Les résultats se situent en général, avec un degré acceptable de concordance, entre ceux obtenus avec les autres lois théoriques (Gumbel, Fréchet et Galton-Gibrat). Des formules empiriques ont aussi été utilisées: parmi ces dernières, les plus simples, Scimemi, Baratta, Forti et "Massif central" ne tiennent compte que de la superficie du bassin versant; celle de Mallet et Gauthier, établie pour l'Algérie, et qui tient compte de la surface, de la longueur et de la pluviométrie annuelle du bassin versant, utilise des coefficients difficiles à évaluer sans une certaine quantité d'informations historiques et n'a pu être appliquée.

Il apparaît que la méthode Bernier est valable pour les deux séries les plus longues du nord du Liban et qu'elle peut être appliquée aux autres cours d'eau de la région. Les valeurs pour les crues dix-millénaires concordent bien avec les valeurs de la crue maximale trouvées avec la formule utilisée en France pour les barrages du Massif central.

3.3.5 Résultats numériques

i. Notations

Pour abréger "millions de mètres cubes", les divers documents du projet utilisent les notations correctes 10^6 m^3 ou hm^3 lorsque le texte ou les tableaux citent simultanément des mégawatts MW ou millions de watts. Ailleurs, la notation Mm^3 , qui indiquerait en toute rigueur des "mégamètres cubes" a été utilisée dans le sens de "millions de mètres cubes", ce qui ne prête évidemment pas à confusion, mais est, en principe, incorrect. Afin de conserver une homogénéité suffisante dans les documents, la notation Mm^3 a cependant été utilisée ci-après.

ii. Apports annuels et modules d'écoulement

Le tableau 4 donne les résultats du calcul des apports moyens annuels à 16 stations et les débits spécifiques ou modules d'écoulement correspondants.

Le tableau 4 montre que les modules moyens d'écoulement en litres par seconde et par kilomètre carré sont très variables d'une station à l'autre, même pour des bassins versants de superficies comparables. Les différences ne peuvent être attribuées seulement aux différences d'altitude ou aux dérivations actuelles d'eaux de consommation ou d'irrigation; elles sont dues au grand développement des zones karstiques, mentionné ci-dessus à la section 3.3.1 et à l'importance des écoulements souterrains qui tantôt alimentent les cours d'eau avec des eaux collectées hors du bassin de la station (Tirane) et tantôt les drainent (Jouaait-Zgharta, Bziza).

Dans ce tableau, pour Bziza par exemple, 27 km^2 seulement, en moyenne, sur 45, participent au ruissellement superficiel. De plus, les apports de l'Aasfour à Bziza, au lieu d'être basés seulement sur deux années incomplètes de mesures, ont été estimés par corrélation directe avec les apports de Kousba et proportionnellement aux surfaces des bassins versants topographiques. La moyenne de 6 Mm^3 ne tient pas compte des apports plus importants, de l'ordre de $2 \text{ Mm}^3/\text{an}$, enregistrés au deuxième limnigraphe installé à 3 km en amont de Bziza, c'est-à-dire en amont du tronçon où l'infiltration dans le lit du cours d'eau est particulièrement intense.

Quoi qu'il en soit, tous ces renseignements ont été pris en considération dans l'étude du bilan hydrologique, étude qui figure au paragraphe 3.5 ci-après. Quant à l'irrégularité interannuelle des apports annuels, elle doit être considérée comme assez forte malgré le petit nombre des années de mesure de la plupart des stations, elle apparaît dans le tableau 5 qui donne les valeurs numériques des variations inter-annuelles des apports annuels.