

NOT YET RELEASED
BY GOVERNMENT CONCERNED

DÉVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE DU SUD DU LIBAN

LIBAN

PLAN RÉGIONAL DE DÉVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE
PREMIÈRE PARTIE—LE MILIEU PHYSIQUE



PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DÉVELOPPEMENT



ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION
ET L'AGRICULTURE

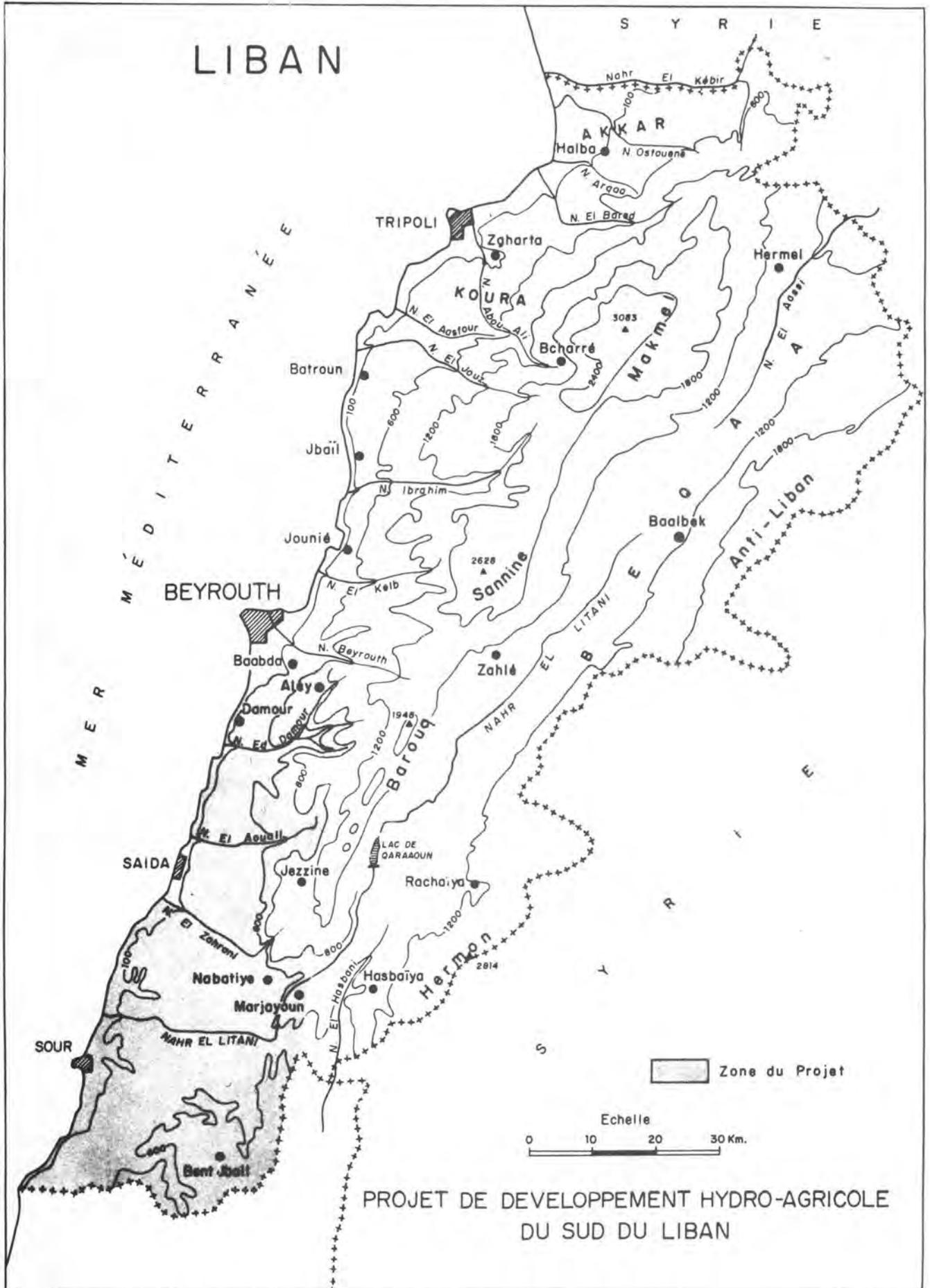
ROME, 1977

DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE DU SUD DU LIBAN

L I B A N



LIBAN



PROJET DE DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE
DU SUD DU LIBAN

DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE DU SUD DU LIBAN

L I B A N

PLAN REGIONAL DE DEVELOPPEMENT HYDRO-AGRICOLE

PREMIERE PARTIE - LE MILIEU PHYSIQUE

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

PROGRAMME DES NATIONS UNIES POUR LE DEVELOPPEMENT

ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR L'ALIMENTATION ET L'AGRICULTURE

Rome, 1977

Le présent rapport est l'un des rapports techniques établis durant l'exécution du projet du PNUD/FAO identifié sur la page de titre. Les conclusions et recommandations figurant dans ce rapport sont celles qui ont été jugées appropriées lors de sa rédaction. Elles seront éventuellement modifiées à la lumière des connaissances plus approfondies acquises au cours d'étapes ultérieures du projet.

Les désignations utilisées et la présentation des données qui figurent dans le présent document et sur les cartes géographiques n'impliquent, de la part des Nations Unies ou de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

FAO. Développement hydro-agricole du sud du Liban, Liban.
Plan régional de développement hydro-agricole. Première
partie: Le milieu physique. Rome, 1977. 46 p., 10 figures,
 1 carte. AG:DP/LEB/71/524, Rapport technique 1/1.

RESUME

Afin de pouvoir dresser un plan de développement hydro-agricole du Sud-Liban, le projet s'est tout d'abord consacré à l'étude du milieu physique et des ressources en eau de cette région.

La première partie du rapport analyse les données de base, physiques, climatologiques, géologiques, hydrologiques et pédologiques de la zone intéressée. On y note une certaine diversité topographique où se distinguent quatre ensembles principaux: les plaines côtières, les plateaux du Liban Sud, la zone montagneuse et le sud de la Beqaa.

L'étude climatologique fait apparaître, à côté d'un climat méditerranéen, des variétés climatiques dues au dispositif orographique de la région et qui vont du climat maritime tempéré au climat continental sec, sub-désertique ou humide. Pour les mêmes raisons on a enregistré d'importants écarts dans les températures, les précipitations et le degré d'humidité.

La série stratigraphique s'étend du jurassique au quaternaire: chafnes calcaires du jurassique, formations crayeuses et marneuses des plateaux côtiers de Nabatiyé et du jabal Aarbe, terrains néogènes de la frange littorale. On y observe de grands ensembles structuraux limités par des failles qui se raccordent à celles de la mer Morte.

Le réseau hydrographique présente deux aspects essentiels: celui des rivières permanentes d'une part et celui des ouadis à fonctionnement saisonnier d'autre part. L'écoulement variant selon l'altitude des bassins versants, celui des rivières du nord de la région intéressée est très supérieur à celui des nahr situés au sud, sur les plateaux côtiers et intérieurs. Le débit est, par ailleurs, influencé par l'interrelation des eaux de surface avec les aquifères.

Les séries de sols rencontrés au Sud-Liban peuvent être classées en six grandes catégories:

- sols sur roche mère calcaire (sols rouges, jaunâtres de montagne, sols bruns)
- sols sur roche mère marneuse
- sols sur roche mère gréseuse ou sableuse
- sols de mélange
- sols noirs ou gris
- sols steppiques

Leur utilisation est très diversifiée: les plaines côtières sont vouées aux cultures maraîchères et des fruits, la plaine de la Beqaa est riche en céréales, cultures maraîchères et arbres fruitiers, la zone montagneuse où l'on distingue trois niveaux d'altitude (inférieur, moyen et supérieur) porte respectivement de la garrigue et des forêts-galeries, des chênes et des conifères, et enfin une végétation purement herbacée.

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture tient à remercier vivement les organisations et personnalités qui l'ont aidée dans la réalisation du projet en lui fournissant des renseignements, avis et facilités.

TABLE DES MATIERES

| | <u>Page</u> |
|---|-------------|
| PREAMBULE | ix |
| <u>Chapitre 1</u> RELIEF ET MORPHOLOGIE | 1 |
| 1.1 Généralités | 1 |
| 1.2 Les ensembles topographiques | 2 |
| 1.3 Les reliefs karstiques | 5 |
| <u>Chapitre 2</u> CLIMATOLOGIE | 6 |
| 2.1 Régime climatique | 6 |
| 2.2 Précipitations | 6 |
| 2.3 Températures | 7 |
| 2.4 Evapotranspiration | 7 |
| 2.5 Humidité | 8 |
| 2.6 Vents | 8 |
| <u>Chapitre 3</u> GEOLOGIE | 10 |
| 3.1 Généralités | 10 |
| 3.2 Stratigraphie | 10 |
| 3.3 Tectonique et structures | 15 |
| <u>Chapitre 4</u> HYDROGRAPHIE | 17 |
| 4.1 Généralités | 17 |
| 4.2 Caractéristiques physiques | 18 |
| 4.3 Aperçu sur les interrelations eau de surface/eau souterraine | 20 |
| <u>Chapitre 5</u> SOLS ET VEGETATION | 22 |
| 5.1 Sols | 22 |
| 5.2 Végétation - Utilisation des sols | 24 |
| CONCLUSIONS | 25 |
| BIBLIOGRAPHIE | 35 |

LISTE DES TABLEAUX

| | <u>Page</u> |
|--|-------------|
| 1. Précipitations moyennes sur les principaux ensembles géographiques | 26 |
| 2. Températures moyennes mensuelles pour les principaux ensembles géographiques | 27 |
| 3. Températures moyennes mensuelles et amplitudes journalières moyennes à Beyrouth et Rayak | 27 |
| 4. Valeurs moyennes mesurées de l'ETP et de l'évaporation | 28 |
| 5. Humidité relative mensuelle moyenne | 28 |
| 6. Stratigraphie synthétique pour le "Versant Ouest" | 29 |
| 7. Stratigraphie synthétique pour le sud de la Beqaa | 30 |
| 8. Répartition des surfaces des bassins versants et des inter-bassins par tranche d'altitude | 31 |
| 9. Répartition des surfaces des bassins versants et des inter-bassins par formations lithologiques | 32 |
| 10. Principales caractéristiques du réseau hydrographique permanent | 33 |
| 11. Interrelations hydrauliques entre les rivières permanentes et les aquifères | 34 |

LISTE DES FIGURES

| | |
|---|----|
| 1. Localisation des domaines d'études physiques | 37 |
| 2. Les ensembles topographiques | 38 |
| 3. Pluviométrie année moyenne | 39 |
| 4. Pluviométrie année sèche | 40 |
| 5. Géologie régionale | 41 |
| 6. Coupes géologiques | 42 |
| 7. Structures de la région Sud-Litani | 43 |
| 8. Hydrographie | 44 |
| 9. Courbes hypsométriques des bassins versants du Liban Sud | 45 |
| 10. Sources | 46 |

CARTE

Projet de développement hydro-agricole du sud du Liban

Frontispice

PREAMBULE

Le projet de développement hydro-agricole du sud du Liban désigné ci-après par "Projet Liban-Sud", a été constitué en 1972 avec l'assistance financière du PNUD et exécuté sous l'égide de la FAO et de l'Office national du Litani.

Trois objectifs étaient assignés au projet:

- dresser un plan régional de développement hydro-agricole à long terme, appelé parfois "planification hydraulique", couvrant la partie sud du Liban;
- élaborer un avant-projet général technico-économique du premier périmètre d'irrigation que déciderait le Gouvernement;
- apporter une assistance dans quelques domaines connexes: développement du périmètre pilote de Saïda, réorganisation du périmètre de Qasmiyé, expérimentations hydro-agricoles, mise en place de nouvelles unités à l'intérieur de l'Office national du Litani.

Commencés en janvier 1972, les travaux du projet ont été terminés en février 1976.

La région du projet a été fixée par le Gouvernement comme l'ensemble des terrains situés sous la cote 800 m sur le versant ouest du Mont Liban, entre le nahr Beyrouth au nord et la frontière libanaise au sud.

Pour les besoins des études, divers "domaines d'études" ont été définis en fonction de la nature des investigations poursuivies. Ces domaines peuvent, suivant les disciplines, déborder le cadre ci-dessus défini ou au contraire s'inscrire à l'intérieur.

Documentation

Le projet Liban-Sud a élaboré trois sortes de rapports:

- Documents de travail

De nombreux documents de travail ont été rédigés et publiés au Liban pendant la période d'activité du projet; ils ont été remis au Gouvernement au fur et à mesure de leur publication.

- Rapports techniques

Deux rapports techniques ont été élaborés en fin de projet pour synthétiser les résultats obtenus aux deux premiers objectifs:

Rapport technique 1: Plan régional de développement hydro-agricole

Rapport technique 2: Avant-projet général du périmètre cote 800. Evaluation économique.

Le troisième objectif ne justifiait pas de rapport technique en raison de la dispersion et de l'hétérogénéité des travaux effectués par le projet dans les divers domaines en cause.

- Rapport terminal

Un rapport terminal sera remis au Gouvernement après la fin du projet, résumant les conclusions et soulignant les recommandations que la FAO juge opportun de formuler à l'intention des autorités du pays.

Le rapport technique 1: Plan régional de développement hydro-agricole, comprend cinq parties:

- Première partie: Le milieu physique
- Deuxième partie: Le cadre socio-économique
- Troisième partie: Les ressources en eau
- Quatrième partie: Les ressources en sols
- Cinquième partie: Les ouvrages de mobilisation des eaux

Le présent document constitue la Première partie: Le milieu physique. Il a été rédigé en janvier-février 1976 par M. Alain Guerre, hydrogéologue, sur la base des travaux effectués par le groupe "hydrogéologie" du projet.

Chapitre 1

RELIEF ET MORPHOLOGIE

1.1 GENERALITES

Le sud du Liban, bien que de relief assez contrasté, est toutefois moins accidenté que la région située au nord de Beyrouth. La chaîne côtière, le Liban (1 980-1 000 m), s'efface progressivement vers le sud. Le versant montagneux qui plonge directement vers la mer près de Damour, s'éloigne progressivement du littoral et laisse place à une étroite bande de plaines côtières (0-50 m) et à des plateaux (50-950 m) qui s'élèvent par paliers jusqu'à leur bordure SE où ils prennent le relais de la chaîne côtière.

La dépression intérieure, qui correspond à la plaine de la Beqaa (800-1 000 m) encaissée entre les massifs du Liban et de l'Anti-Liban, perd cette simplicité de caractère au sud de Joubb-Janine. Une crête intermédiaire (1 500 m) encadrée par les vallées du Litani et du Hasbani occupe alors la plus grande partie de cette zone déprimée. Cette ligne de relief disparaît au niveau du seuil de Marjayoun (780 m), palier topographique précédant la plaine du Houlé.

Les études sur le milieu physique et les ressources en eau qui ont été menées dans le cadre du projet Liban-Sud couvrent la région inscrite entre les latitudes 33°00' et 33°60' N et les longitudes 35°05' et 35°65' E (cf. figure 1). Cette région débordé largement le domaine du projet de développement hydro-agricole.

Elle comprend: le versant ouest de la chaîne côtière libanaise au sud du parallèle de Beyrouth, les crêtes du jabal Barouq-Niha, les plateaux du Liban Sud jusqu'à la frontière méridionale et, dans la zone intérieure, le sud de la Beqaa et le bassin versant du Litani amont.

La superficie de cette région d'étude est de 4 110 km² approximativement; elle correspond à 40 pour cent de la superficie totale du Liban (10 285 km²).

Les études hydrologiques et géologiques ont concerné une part plus ou moins grande de ce domaine, selon les problèmes qu'elles avaient à résoudre. L'agglomération de Beyrouth, et plus généralement la zone située entre le nahr Beyrouth et le nahr Ghadir, n'a pas été incluse dans les études techniques élaborées par le projet:

- les études hydrologiques couvrent la totalité du domaine précédemment défini;
- les études hydrogéologiques ont intéressé: le versant ouest de la chaîne côtière, l'ensemble du jabal Barouq-Niha, les plateaux du Liban Sud et l'aquifère éocène du jabal Aarbe dans le sud de la Beqaa (2 710 km²);

- les études géologiques de détail (cartographie à l'échelle du 1/20 000) couvrent le versant ouest de la chaîne côtière jusqu'à la cote 800 m approximativement et les plateaux du sud du Liban (1 200 km²).

1.2 LES ENSEMBLES TOPOGRAPHIQUES

Les quatre ensembles suivants peuvent être distingués:

- les plaines côtières;
- les plateaux du Liban Sud comprenant les plateaux côtiers, les plateaux intérieurs, le jabal Aamel et les monts de Bent Jbail;
- la zone montagneuse comprenant le versant montagneux, les plateaux de moyenne altitude, les jabals Barouq-Niha et Ghayate;
- le sud de la Beqaa comprenant la plaine de la Beqaa, le jabal Aarbe, les couloirs du Litani et du Hasbani, le seuil de Marjayoun.

1.2.1 Les plaines côtières

Elles forment une frange continue entre l'Izzyyé et le Aouali puis morcelée entre le Aouali et le Damour. On distingue:

- la plaine de Sour (Tyr) entre Ras el Bayada et Aadloun, de 25 km de longueur;
- la plaine de Saïda entre Ras ech Chalk et Aalmane, de 17 km de longueur;
- la plaine de Jieh, de 3 km de longueur;
- la plaine de Damour, de 5 km de longueur;
- la plaine de Choueifat-Khaldé dans la banlieue sud de Beyrouth.

A l'exception de la plaine de Choueifat-Khaldé, les plaines côtières du littoral sud sont étroites, avec une largeur moyenne de 2 à 3 km. Leurs surfaces sont régulières avec une faible pente en direction de la mer. Le rivage actuel est souligné par un liséré de plages sableuses ou à galets, parfois consolidées, surtout développées dans la région de Sour.

1.2.2. Les plateaux du Liban-Sud

Il s'agit en fait de reliefs composites ayant été façonnés sous différentes époques et par différents agents et fortement ravinés par l'érosion linéaire. Ils méritent l'appellation de plateaux par leur faible pente générale (2 à 2,5 pour cent) qui assure un contraste avec le versant montagneux qui les domine à l'est et au nord. Ils sont surtout localisés au sud du Aouali.

i. Les plateaux côtiers

Ils s'étendent entre 50 et 400 m d'altitude environ. Le contact avec les plaines côtières se fait par un escarpement correspondant à une série de falaises mortes étagées,

dont le dénivelé total peut dépasser une cinquantaine de mètres. Ce ressaut est parfois très dégradé par l'érosion, comme à l'est de Sour où l'on passe sans grand changement de pente des plateaux à la plaine côtière.

Ces plateaux côtiers, surtout formés sur des terrains marneux, sont profondément disséqués par les vallées des ouadis temporaires et sont entaillés sur plus de 300 m par les rivières pérennes. Seuls les plateaux de Barja et de Naqoura se sont formés sur calcaire dur.

ii. Les plateaux intérieurs

Ils prolongent vers l'est les plateaux côtiers jusqu'au contact du versant montagneux dans la zone Nord-Litani, et jusqu'au jibal Aamel dans la zone Sud-Litani. Ils s'étendent entre 400 et 600 m d'altitude et leur pente est généralement plus faible que celle des plateaux côtiers, comprise entre 1,5 et 2 pour cent. Ils sont incisés moins profondément et sont taillés surtout sur des affleurements de calcaires durs. Ils sont bien développés dans la région du Zahrani moyen, de Nabatiyé et de Srifa.

iii. Le jibal Aamel

Il est localisé entre la vallée du Litani et la frontière méridionale, et correspond à un ressaut topographique reliant les plateaux intérieurs aux monts de Bent Jbaïl. Il ne s'agit donc pas à proprement parler d'un "jabal" comme son nom le sous-entend, mais d'une sorte de glacis dont la pente un peu plus forte (de 2,5 à 4 pour cent) suffit pour le démarquer des plateaux intérieurs qui le bordent vers l'ouest et le nord.

iv. Les monts de Bent Jbaïl

Ils forment la partie la plus élevée du système de plateaux du Liban Sud (700-950 m) et constituent le prolongement des monts de Galilée. Ils dominent à l'est la plaine du Houlé. Leur topographie est peu contrastée dans leur partie SE, avec des collines arrondies - qui culminent à 943 m - séparées par des vallons larges et à fond plat. Cependant vers l'ouest et le nord, la topographie se creuse, les vallées s'encaissent et les ravins se multiplient, détachant des interfleuves aux sommets tabulaires et aux flancs escarpés.

1.2.3 La zone montagneuse

Elle est localisée au nord et à l'est de la vallée du Litani. Elle se décompose en une zone de crête avec des flancs très dissymétriques et un versant ouest (s.s. 1/) formé d'une zone intermédiaire de plateaux et de hautes vallées et d'un bas-versant montagneux qui chute vers les plateaux du Liban Sud.

i. Le jibal Barouq-Niha

C'est la partie méridionale de la chaîne côtière du Liban. Son altitude décroît du nord vers le sud et il s'efface à la hauteur du seuil de Marjayoun. Il est formé par le jibal Barouq (1 980 m), le jibal Niha (1 853 m) et, au sud du col de Machghara, par le jibal Ghayate (1 287 m). Alors que la zone faïtière de la chaîne du Liban se

1/ Ssensu stricto.

présente au nord de Beyrouth sous forme de hauts plateaux, entre 2 000 et plus de 3 000 m, le jabal Barouq-Niha se réduit à une étroite ligne de crêtes calcaires de forme aiguë, orientée SSO-NNE, avec un flanc est tombant en abrupt sur la plaine de la Beqaa, et un flanc ouest, moins raide, qui domine les plateaux de moyenne altitude de Jezzine-Kfar Houné.

ii. La zone intermédiaire du versant ouest

Elle s'étend entre 800 et 1 300 m d'altitude environ. Dans sa partie sud elle est constituée par les plateaux de Jezzine-Kfar Houné, assez irréguliers et ayant une surface tourmentée de modèle karstique avec de nombreuses dolines dominées de reliefs uniformes. Dans la partie nord, l'érosion régressive des vallées du Aouali et du Damour et de leurs affluents a excavé de vastes ouvertures dans ces plateaux de moyenne altitude qui restent encore bien développés dans la région de Beit ed Dine.

iii. Le bas-versant montagneux

Il correspond à une brutale rupture de pente associée à un accident tectonique majeur. Large de quelques kilomètres seulement, il fait chuter l'altitude de plus de 500 m. Il constitue le dernier contrefort avant la zone des plateaux du Liban Sud. Les rivières permanentes le traversent en gorges étroites et profondes.

1.2.4 Le sud de la Beqaa

Les deux chaînes montagneuses du Liban et de l'Anti-Liban, qui encadrent la région déprimée de la Beqaa, se rapprochent progressivement l'une de l'autre vers le sud, jusqu'à n'être plus distantes que de 5 km au niveau du seuil de Marjayoun.

Ce rétrécissement s'accompagne de complications topographiques avec l'érection d'une ligne de relief intermédiaire.

i. La plaine de la Beqaa

Son secteur méridional (1 000-800 m), qui fait partie du bassin versant du Litani amont, conserve une surface régulière à pente générale très faible vers le SO avec, dans le secteur de Aamiq, une zone de marécage temporaire. Le contact avec les versants montagneux est jalonné de cônes rocheux ou de dépôts, et de buttes résiduelles qui provoquent des irrégularités topographiques locales.

ii. Le jabal Aarbe

Il est de forme trapue et occupe presque toute la largeur de l'espace - notablement réduit dans ce secteur - compris entre la chaîne côtière et la chaîne intérieure. Le jabal Aarbe (1 506 m) constitue, en fait, la partie nord de ce chaînon montagneux; il est prolongé au sud par le jabal Bir ed Dahr (1 221 m) dont l'altitude décroît progressivement vers le sud. Sa partie axiale est échancrée par le vallon de Sahel ech Chams. De part et d'autre du jabal Aarbe, le Litani et le Hasbani s'écoulent vers le sud, au fond de gorges incisées de plusieurs centaines de mètres à la surface d'étroits couloirs.

iii. Le seuil de Marjayoun (780 m)

Il fait communiquer le littoral avec la Syrie intérieure dans la direction OE et forme un palier entre le sud de la Beqaa et le fossé Houlé-mer Morte, dans la direction NS. Vers le nord, il est dominé par le jabal Ghayate, extrémité méridionale de la chaîne du Liban, le jabal Bir ed Dahr et l'Hermon, massif méridional de la chaîne de l'Anti-Liban.

Vers le sud, il s'appuie sur les collines de Bent Jbaïl, à l'ouest de la plaine du Houlé, et sur le plateau du Golan à l'est.

La petite plaine de Marj (500 m) correspond à un replat enchâssé dans le seuil de Marjayoun qui s'ouvre au sud sur la plaine du Houlé (100 m).

1.3 LES RELIEFS KARSTIQUES

Plus des deux-tiers de la région du sud du Liban, si l'on exclut la plaine de la Beqaa, sont formés d'affleurements de roches calcaires et dolomitiques qui ont subi durant des périodes plus ou moins longues des altérations de type karstique.

Les plateaux intérieurs et les plateaux côtiers de Barja et de Naqoura, le versant montagneux et les plateaux de Jezzine-Kfar Houné, où affleurent les calcaires du crétacé moyen, sont taraudés en profondeur comme le témoigne l'importance des circulations d'eau souterraine. Les formes externes restent cependant réduites sauf entre Jezzine et Kfar Houné où sont exposés d'impressionnants reliefs ruiniformes parsemés de dolines creusées de gouffres dont plusieurs dépassent la centaine de mètres de profondeur.

Sur les plateaux côtiers et intérieurs calcaires, les formes karstiques externes ont été nivelées ou ennoyées dans des colluvions de sols argileux résiduels. On y trouve quelques gouffres importants (Sarba). Des structures de type polje sont bien développées dans les environs de Rmaich et de Aita ech Chaab.

Les calcaires crayeux et récifaux de l'éocène des plateaux de Nabatiyé et Taibé ainsi que des monts de Bent Jbaïl et du jabal Aarbe sont très karstifiés, sur des profondeurs de plusieurs centaines de mètres, comme en témoignent de nombreux forages de reconnaissance et la quasi-absence d'écoulement superficiel durant la saison des pluies. Les superstructures karstiques sont ici réduites en raison de la mauvaise tenue mécanique des roches calcaires qui ont une tendance à la fragmentation; les surfaces sont tapissées d'un manteau de sols caillouteux qui par colluvionnement encombrant les fonds des ouadis. Certains bancs de calcaire plus dur sont cependant lapiazés (jabal Aarbe surtout).

L'épaisse série monotone de calcaires et dolomies dans lesquels sont taillées les crêtes du jabal Barouq-Niha est le domaine de prédilection des formes karstiques tant superficielles que profondes; les dolines s'y comptent par douzaines, souvent en chapelet, égrénées sur des failles; les gouffres et les trous à neige y abondent et les champs de lapiaz y sont fréquents surtout sur les crêtes et le flanc ouest du jabal Barouq. La karstification profonde est aussi particulièrement développée et hiérarchisée comme le révèlent la vidange rapide des eaux infiltrées et le nombre restreint des exutoires.

Chapitre 2

CLIMATOLOGIE

2.1 REGIME CLIMATIQUE

Le Liban bénéficie d'un climat méditerranéen caractérisé par des pluies concentrées en hiver et au début du printemps, et des étés secs et chauds. Cependant son dispositif orographique est à l'origine de plusieurs variétés climatiques:

- La chaîne côtière, élevée et parallèle au littoral, forme un écran pour les vents humides du SO et jouit d'un climat maritime tempéré et humide, caractérisé par des précipitations abondantes dont une importante fraction sous forme de neige au-delà de 1 000 m d'altitude.

- La dépression intérieure de la Beqaa, ouverte à ses deux extrémités nord et sud sur des seuils topographiques de basse altitude qui mettent en contact direct le littoral et les plateaux semi-désertiques de l'intérieur, est soumise à un climat continental sec à influence sub-désertique dans son extrémité nord et à influence maritime dans sa partie sud, du fait de l'effacement de la chaîne côtière dans cette région.

- La façade occidentale de la chaîne de l'Anti-Liban est sous l'influence d'un climat continental sec dans sa partie nord et médiane, et plus humide dans sa partie sud car, en raison de son abaissement progressif vers le sud, la chaîne côtière ne constitue plus un obstacle suffisamment élevé pour que les vents maritimes puissent se décharger de la plus grande partie de leur humidité.

2.2 PRECIPITATIONS (cf. figures 3 et 4)

La répartition des pluies est en liaison étroite avec le dispositif orographique (cf. tableau 1). Sur le versant ouest, les pluies augmentent avec l'altitude et décroissent avec la latitude. Dans le sud de la Beqaa et dans l'Anti-Liban, en raison de l'effacement progressif de la chaîne côtière qui entraîne une réduction de l'effet de foehn et de l'apparition d'un chaînon montagneux d'altitude intermédiaire, les précipitations ont tendance à augmenter du nord vers le sud.

Le réseau des stations principales pluviométriques comprend 48 postes sur le versant ouest au sud de Beyrouth, et 23 postes dans le sud de la Beqaa.

Au-dessus des plaines côtières, les précipitations moyennes annuelles sont de l'ordre de 650 mm; sur les plateaux du Liban Sud elles sont de l'ordre de 800 mm et sur le versant montagneux de l'ordre de 1 100 mm. Elles dépassent 1 300 mm sur le jabal Barouq-Niha.

Dans la région intérieure, les précipitations sont de 600 mm dans la partie sud de la plaine de la Beqaa, de près de 900 mm au seuil de Marjayoun, et elles dépassent largement 1 000 mm sur le Hermon.

Les précipitations qui tombent sous forme de neige sont mal connues car il n'existe pas de nivomètre. La couverture neigeuse est beaucoup moins importante que dans le Liban Nord et le Liban central, les altitudes étant plus réduites. En année normale, elle se maintient cependant plusieurs semaines sur la partie nord du jabal Barouq-Niha, au-dessus de 1 500 m et sur le Hermon. Ailleurs, il est exceptionnel qu'elle puisse subsister plus de quelques jours.

2.3 TEMPERATURES

Comme pour les autres paramètres climatiques, la répartition des températures suit les grandes lignes du relief (cf. tableau 2). Sur la frange côtière la température moyenne annuelle est voisine de 20,5°C; elle décroît à 19°C sur les plateaux du Liban Sud et à 16°C sur le versant montagneux. Elle est inférieure à 10°C sur le jabal Barouq-Niha et sur le Hermon. Dans le sud de la Beqaa elle varie entre 14° et 16°C.

Le mois le plus chaud est août et le plus froid janvier, pour l'ensemble de la région du sud du Liban.

Il n'y a pas de gelées dans les plaines côtières. Très faibles sur les plateaux côtiers, où elle est en moyenne de 1,8 jour/an, leur fréquence est de 9,5 jours/an sur le versant montagneux (station de Jezzine à 947 m d'altitude) où elles sont localisées entre janvier et mars.

Dans le sud de la Beqaa, la répartition des gelées est sensible aux formes moyennes et mineures des reliefs qui commandent à la circulation locale des vents maritimes adoucissant les influences continentales. Pour Marjayoun, balayé par les vents d'ouest en hiver, la fréquence des gelées est de 2,5 jours/an. A Kherbet Khanafar, beaucoup plus soumis aux vents continentaux qui descendent du nord et isolé du littoral par la chaîne côtière, elle atteint 30 jours/an; toutefois celles-ci ne se produisent qu'exceptionnellement après mars.

L'influence continentale dans la zone intérieure se manifeste aussi dans les amplitudes de fluctuations journalières des températures qui y sont beaucoup plus importantes que sur la façade maritime, notamment en été (cf. tableau 3).

2.4 EVAPOTRANSPIRATION

Des mesures directes de l'évaporation (Bac classe A, Bac Colorado) et de l'ETP (Lysimètre) ont été réalisées aux stations agronomiques de Sour et de Tal-Amara (Beqaa centrale) (cf. tableau 4).

Les valeurs de l'ETP et de l'évaporation mesurées sur la côte et dans la Beqaa sont notablement différentes, entre 300 et 400 mm; les écarts sont surtout importants durant les mois d'été.

2.5 HUMIDITE (cf. tableau 5)

Le versant ouest de la chaîne côtière est soumis à une forte humidité durant toute l'année avec un maximum en été. Sur la frange côtière l'humidité moyenne annuelle est de 73 pour cent. Sur les plateaux du Liban Sud, l'humidité décroît avec l'altitude mais reste encore très élevée durant toute l'année. Il faut dépasser 1 000 m pour que celle-ci baisse sensiblement.

Dans la plaine de la Beqaa l'humidité atmosphérique est très variable suivant que les régions sont soumises à des dominantes continentale ou maritime. L'influence continentale s'y manifeste par une humidité moyenne plus faible et un fort contraste saisonnier, avec un minimum en été et un maximum en hiver. Par contre, le seuil de Marjayoun, ouvert aux vents maritimes, connaît une humidité moyenne élevée durant toute l'année avec deux maximums, un en été et l'autre en hiver.

2.6 VENTS

Les stations anémométriques sont peu nombreuses dans le sud du Liban, et sont placées dans des zones peu représentatives pour la région du projet d'irrigation. La station de Beyrouth-Khaldé peut donner des indications sur le régime des vents dans la zone littorale jusqu'au parallèle de Nabatiyé et la station de Marjayoun pour la zone située plus au sud. Il faut cependant noter que le contexte topographique dans lequel se place la station de Marjayoun donne des valeurs excessives quant aux quantités de vent à craindre sur les plateaux du Liban Sud: le seuil topographique de Marjayoun est en effet un carrefour balayé par les vents de direction variable suivant les saisons: vents marins venant du secteur ouest (O à NO), vents du NE descendant le couloir de la Beqaa, et plus rarement vents du sud remontant la dépression de la mer Morte.

Pour la région des plaines et plateaux côtiers entre Beyrouth et Nabatiyé, les calmes et vents inférieurs à 4 m/s sont en moyenne de l'ordre de 17 h/j durant la saison d'irrigation; pour cette même période la moyenne tombe à 10 h/j dans le secteur de Marjayoun. Ceci apparaît aux deux tableaux ci-après qui donnent la durée moyenne journalière des vents "toutes directions" de vitesse inférieure à 4 m/s y compris les calmes - en heures et fractions d'heures.

D'abord pour la station de Beyrouth-Khaldé:

| Mois | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | Année |
|---------------------------|----------------|------|------|---------------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Durée moyenne journalière | 18,3 | 18,2 | 18,1 | 15,7 | 15,5 | 16,1 | 14,9 | 16,2 | 17,5 | 15,7 | 14,6 | 16,6 | 16,5 |
| Direction prédominante | <u>E</u> SO | ENE | E | <u>E</u> S | S | S | SO |

Puis, pour celle de Marjayoun:

| Mois | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | Année |
|---------------------------|------|------|------|------|----------------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-------|
| Durée moyenne journalière | 10,2 | 12,5 | 12,9 | 13,2 | 12,6 | 13,4 | 12,4 | 12,3 | 11,1 | 9,8 | 8,5 | 8,8 | 11,4 |
| Direction prédominante | ONO | ONO | NE | NE | <u>NE</u> O | O | O | O | O | ONO | ONO | ONO | ONO |

Chapitre 3

GEOLOGIE

3.1 GENERALITES

La série stratigraphique dans la région du projet s'étend du jurassique au quaternaire. Le jurassique constitue le noyau calcaire des chaînes libanaises et forme, dans le sud du Liban, les zones culminantes du relief: jabal Barouq-Niha et Hermon. Les terrains tendres du crétacé inférieur auréolent les affleurements jurassiques sur une bande étroite, sauf entre Jezzine et Beyrouth où ils couvrent la presque totalité du versant montagneux (cf. figure 5).

Le crétacé moyen, calcaire et dolomitique, affleure principalement entre le Damour et le Litani ainsi que dans le jabal Aamel sur la bordure méridionale du Liban et sur le plateau de Naqoura.

Les formations crayeuses, marneuses et calcaires du crétacé supérieur et de l'éocène constituent les plateaux côtiers entre Saïda et Sour, les plateaux intérieurs de Nabatiyé et Bent Jball, ainsi que le jabal Aarbe dans la zone axiale de la Beqaa sud.

Les terrains néogènes et quaternaires sont essentiellement localisés sur la frange littorale et en Beqaa.

3.2 STRATIGRAPHIE

3.2.1 Jurassique

C'est l'étage le plus ancien rencontré au Liban. Une coupe presque complète a été levée dans le massif du Hermon: sur le lias gréseux repose une puissante série calcaire et dolomitique d'environ 1 500 m d'épaisseur. Au-dessus suit un complexe marneux de 130 m d'épaisseur puis une falaise calcaire de 40 m. La série est couronnée par des calcaires marneux et oolithiques sur 40 m.

Dans la chaîne du Liban la masse principale du jurassique n'a pas été dégagée par l'érosion. Sur le flanc ouest du jabal Barouq et dans la vallée du Damour, la partie supérieure du jurassique donne une coupe comparable à celle du Hermon: au-dessus des calcaires du jurassique moyen se place une formation argileuse avec intercalations de

produits volcaniques, surmontée par des calcaires récifaux puis par des alternances de calcaires marneux et oolithiques.

Les variations d'épaisseur et de lithologie sont cependant fréquentes dans la partie terminale du jurassique qui peut même, localement, avoir été érodé avant le dépôt du crétacé inférieur.

3.2.2 Crétacé

Il est subdivisé en trois groupes lithologiques représentant aussi des ensembles stratigraphiques:

- le crétacé inférieur, constitué essentiellement de dépôts néritiques: grès, argiles, calcaires, avec localement des interstratifications de produits volcaniques;
- le crétacé moyen, puissante formation dolomitique et calcaire avec des intercalations marneuses;
- le crétacé supérieur, formé de marnes et de craies, dont la sédimentation se poursuivra durant une partie de l'éocène.

i. Le crétacé inférieur (C₁₋₂)

Il s'étend depuis la base du crétacé jusqu'à l'aptien.

Les grès de base (C₁) ou grès du Liban débutent la série. Cette formation est constituée essentiellement de grès ferrugineux que leur tonalité rougeâtre d'ensemble rend aisément reconnaissables dans le paysage. Ces dépôts deltaïques ou littoraux contiennent des niveaux d'argile, de lignite et localement de produits volcaniques: dolérites, tufs et cinérites. Leur épaisseur peut atteindre 500 m; elle décroît de l'ouest vers l'est et du nord vers le sud de la région étudiée. Au pied de l'Anti-Liban, l'aptien repose directement sur le jurassique.

L'aptien (C₂) qui surmonte les "grès de base" est subdivisé en deux formations:

- l'aptien inférieur (C_{2a}) de 65 à 170 m d'épaisseur, d'abord de faciès gréseux et argileux, il s'enrichit progressivement en calcaires néritiques très fossilifères avec des récurrences argileuses à lignite, ambre et pyrite. Le passage des grès du Liban à l'aptien inférieur est jalonné par un niveau de marnes à pisolithes calcaires.

- l'aptien supérieur (C_{2b}) de 80 à 110 m d'épaisseur; sa base est marquée par une barre de calcaire fin, compact ou brèchique, dénommée "Falaise de Blanche" ou "Falaise de Jezzine" (50 à 60 m d'épaisseur) qui se reconnaît dans tout le sud du Liban jusqu'en bordure de l'Anti-Liban et du Hermon. Au-dessus, suivent des alternances de grès, de calcaires, d'argile et de marnes avec plusieurs horizons à oolithes ferrugineuses.

ii. Le crétacé moyen (C₃₋₅)

Il correspond à l'albien, au cénomanien et au turonien et constitue le second ensemble calcaire-dolomie de la stratigraphie libanaise après celui du jurassique.

L'albien (C₃) de 70 à 210 m d'épaisseur. Il débute par un banc de calcaire riche en moules de *Cardium*; ce banc n'est cependant pas partout reconnaissable dans le paysage, il est normalement surmonté par des alternances de marnes vertes et de calcaires, parfois dolomitiques, régulièrement litées. Sa limite supérieure est plus floue; le contact avec le cénomanien correspond approximativement à une augmentation relative des bancs de calcaires durs et de dolomies compactes, qui se marque dans la topographie par une rupture de pente.

Le cénomanien-turonien (C₄₋₅) de 320 à 900 m d'épaisseur. Alors que l'épaisseur de cette formation apparaissait relativement constante dans le Liban Nord et le Liban central, elle décroît considérablement vers le sud et aussi, mais plus irrégulièrement, de l'est vers l'ouest. Deux séries lithologiques représentatives des bordures méridionale et septentrionale de la région d'étude sont données ci-dessous:

a) En Galilée: Le cénomano-turonien est d'épaisseur réduite (320 m) et les faciès dolomitiques prédominent dans l'ensemble de la série qui peut se résumer comme suit, de bas en haut:

- cénomanien inférieur: dolomies finement cristallisées, bien litées, 100 m;
- cénomanien moyen (et supérieur?): alternances de marnes, de calcaires et de dolomies à silex, 20 m;
- cénomanien supérieur (turonien inférieur?): barre de dolomie massive, 150 m;
- turonien (turonien supérieur?): calcaires lithographiques et dolomies, 5-50 m.

Une succession lithologique comparable a été observée dans la partie aval de la vallée du Litani quoique avec des épaisseurs beaucoup plus importantes, supérieures à 450 m, la base de la série n'affleurant pas.

b) Dans le Liban central: Epaisseur maximum 900 m.

- cénomanien inférieur: dolomies régulièrement litées, 150 m;
- cénomanien moyen: alternance de marno-calcaires avec d'épaisses intercalations dolomitiques et calcaires; présence de silex et de géodes de quartz, maximum 300 m;
- cénomanien supérieur: masse de calcaires et de dolomies, 190 m;
- turonien inférieur: marnes et calcaires marneux, maximum 135 m;
- turonien supérieur: calcaires récifaux et dolomies, maximum 165 m.

Les âges admis dans cette coupe type ne sont pas basés sur de récentes déterminations micropaléontologiques comme c'est le cas pour celle de Galilée, et les différents niveaux n'ont donc pas exactement la même signification stratigraphique. Par contre, si l'on considère les ensembles lithologiques, il apparaît que la partie inférieure de la série (cénomanien inférieur et moyen) est assez semblable, aux variations d'épaisseur près. Il n'en n'est plus de même en ce qui concerne la partie supérieure de la série (cénomanien supérieur et turonien) où les faciès sont différents et les changements d'épaisseur considérables.

La lithologie du crétacé moyen affleurant dans le sud du Liban varie entre ces deux extrêmes. En première approximation, la coupe-type du Liban central serait utilisable jusque dans la région de Jezzine, aussi bien en faciès qu'en épaisseur; au sud de la vallée du Litani, les groupes lithologiques identifiés en Galilée ont déjà été reconnus, mais avec des épaisseurs plus fortes.

Dans la Beqaa Sud et en bordure du Hermon, la puissance du crétacé moyen est de l'ordre de 600-800 m et les faciès calcaires semblent prédominer dans le turonien, le cénoomanien étant plutôt dolomitique.

iii. Le crétacé supérieur (C_6) (sénonien-maestrichien)

Les dépôts crayeux qui s'accumulent durant cette période tranchent avec la sédimentation calcaire du crétacé moyen. Cependant, des conditions paléogéographiques variables ont pour conséquence des variations d'épaisseur importantes, de 0 à 570 m. Il est représenté avec une épaisseur réduite à quelques dizaines de mètres dans la zone des plateaux intérieurs du jabal Aamel et des monts de Bent Jbaïl ainsi que localement dans la région de Sour. Il peut atteindre 200 m dans les régions de Saïda et de Maaraké, et 270 m en Galilée.

Dans la Beqaa Sud une coupe a montré 570 m de crétacé supérieur. Le sénonien débute par des calcaires marneux et marno-gréseux avec des intercalations de marnes. Au-dessus suivent des alternances de calcaires marneux et de marnes avec quelques niveaux à silex. La glauconie est toujours présente et son apparition sert localement à identifier le passage du turonien au sénonien lorsque des faciès de transition comparables rendent leur séparation malaisée.

3.2.3 Eocène (e_{1-2}) (paléocène-éocène inférieur et moyen)

La sédimentation crayeuse qui a débuté au sénonien s'est poursuivie durant le paléocène et le début de l'éocène inférieur. C'est pour cette raison que sur les cartes géologiques existantes une partie de l'éocène a été regroupée avec le crétacé supérieur. La base du paléocène est marquée par un niveau de marnes glauconieuses et par des argiles grises. Au-dessus, succèdent des alternances de marnes et de calcaires marneux à silex en barres ou en rognons souvent pétris de nummulites, dont l'épaisseur globale varie de 180 m environ dans la zone côtière de Sour jusqu'à plus de 400 m dans la Beqaa.

La suite de l'éocène inférieur et l'éocène moyen consiste en des alternances de calcaires marneux, de calcaires cristallins et de calcaires récifaux dont la puissance croît irrégulièrement vers l'est avec deux zones d'accumulations principales, la région de Nabatiyé (épaisseur supérieure à 250 m) et surtout celle du jabal Aarbe dans la Beqaa Sud (900 m pour l'éocène inférieur et moyen).

L'éocène supérieur et l'oligocène n'ont pas été identifiés dans le sud du Liban.

3.2.4 Miocène (M) (M_{1-2} : burdigalien-vindobonien, M_1 : pontien lacustre, M_{og} : pontien conglomératique)

Il ne subsiste qu'à l'état de lambeaux. Des taches de miocène apparaissent sur les collines côtières entre Saïda et Sour. Au-dessus de Sarafand et de Khaïzarane des marno-calcaires jaunâtres finement lités sur 80 m d'épaisseur ont été rapportés au

burdigalien (miocène inférieur). Ils sont surmontés par un niveau de poudingues puis par des calcaires récifaux à algues et des calcaires sableux dont la puissance est supérieure à 100 m et qui sont datés du vindobonien.

Pour les autres affleurements de miocène, la semelle de burdigalien est plus réduite ou absente et ils sont formés principalement de vindobonien.

Dans la région intérieure, le miocène est constitué de dépôts conglomératiques torrentiels ou marneux lacustres, discordants sur l'éocène, dans lesquels a été trouvée une faune pontienne. Ces formations continentales affleurent à l'est de Nabatiyé, et localement dans la Beqaa Sud sous le plio-quadernaire dont il est parfois difficile de le séparer.

3.2.5 Pliocène (P: plaisancien, Bp: basaltes pliocènes)

Aucun dépôt de cet âge n'affleure dans le Liban Sud; il aurait cependant été rencontré, par forage, sous les dépôts quadernaires de la plaine littorale de Saïda, avec des argiles grises analogues à celles du plaisancien du Liban Nord. Il existe aussi sous le quadernaire de la plaine de Beyrouth-Khaldé.

Dans la Beqaa des coulées basaltiques localisées surtout dans la vallée du Hasbani, mais aussi dans la vallée du Litani près du site de barrage de Qaraaoun, ont été rapportées au pliocène par analogie avec la grande aire volcanique du Jabal Druze syrien.

Certains bancs de conglomérats bordant le pied des reliefs pourraient être pliocènes bien que jusqu'à présent ils aient été considérés comme miocènes ou quadernaires.

3.2.6 Quadernaire

i. Les dépôts marins et dunaires

Des dépôts actuels et récents sont localisés en bordure du rivage. D'autres dépôts grésocalcaires et conglomératiques correspondants à des rivages anciens se rencontrent dans la partie haute des plaines littorales et échelonnés en altitude sur les plateaux côtiers où ils sont associés à des terrasses d'abrasion marine. Des vestiges de ces niveaux marins anciens ont été identifiés aux cotes: 15 m, 20-25 m, 45-50 m, 65-70 m, 90-100 m, 110-115 m, 130-145 m, 155-170 m, 190-210 m.

ii. Les formations continentales

Elles présentent une grande diversité et couvrent des superficies importantes surtout dans la plaine de la Beqaa où l'épaisseur des dépôts atteint plusieurs centaines de mètres. On peut distinguer:

- les dépôts fluviatiles accumulés surtout dans les basses vallées et dans la plaine de la Beqaa;
- les dépôts colluviaux argilo-caillouteux encombrant le fond des ouadis, ou épandus à la surface des plaines côtières et de la Beqaa;

- les formations résiduelles de "terra rossa" piégées dans les formes karstiques;
- les encroûtements qui recouvrent d'une carapace très dure (dont l'épaisseur peut atteindre plusieurs mètres) les affleurements de calcaires marneux du sénonien et de l'éocène inférieur.

On trouvera aux tableaux 6 et 7 deux exemples récapitulatifs de cette étude stratigraphique, concernant l'un le versant Ouest, l'autre le Sud de la Beqaa.

3.3 TECTONIQUE ET STRUCTURES

3.3.1 Tectonique

Les premières déformations identifiables dans le Liban Sud datent du jurassique supérieur, avec un paroxysme à la fin du jurassique qui provoque une émergence partielle.

La transgression, qui recouvrira l'ensemble du Liban et des pays voisins s'amorce à l'aptien mais elle ne prend toute son ampleur qu'au cénomaniens. A la fin du cénomaniens et durant le turonien des mouvements modifient la configuration et la profondeur des aires de sédimentation, produisant d'importantes variations d'épaisseur et de faciès.

Ces mouvements s'accroissent au crétacé supérieur et durant l'éocène, entraînant des émergences locales et des changements de sédimentation. La répartition des dépôts de l'éocène moyen suggère déjà les grandes unités structurales qui ne s'édifieront cependant, avec leurs principaux caractères, qu'après la phase orogénique majeure de la fin de l'éocène.

Au miocène, la plus grande partie du sud du Liban est émergée. Un retour localisé de la mer se produit sur le bas-versant ouest, tandis que le reste de la région est soumis à une évolution continentale, avec accumulation des produits d'érosion dans les zones basses, et une sédimentation mixte lacustre et torrentielle dans la Beqaa.

La phase orogénique de la fin du miocène a rajeuni les reliefs édifiés lors de l'orogénèse majeure.

Au pliocène et au quaternaire des mouvements provoquent un soulèvement d'ensemble de la chaîne du Liban, tandis qu'en Beqaa Sud se manifeste une activité volcanique.

3.3.2 Structures

Les grands ensembles structuraux du sud du Liban sont limités par un système de failles maîtresses qui se raccordent à celles de la mer Morte.

Les deux grandes cassures méridiennes qui encadrent à l'ouest et à l'est le fossé de la mer Morte et celui du Houlé se ramifient et changent d'orientation à leur entrée en territoire libanais.

La faille ouest, la plus importante, se divise dans la partie nord du Houlé en trois branches:

- la faille de Roum de direction SSE-NNO, qui se prolonge vers Beyrouth par deux flexures étagées en altitude;
- la faille de Yammouné de direction NNE-SSO qui limite le flanc est de la chaîne libanaise;
- la faille de Hasbaïya de direction NE-SO qui longe la bordure orientale de la Beqaa.

La faille "est" de la mer Morte est prolongée par la faille de Chebaa-Rachaiya de direction SSO-NNE qui entaille la voûte du Hermon.

Entre ces grandes failles s'inscrivent les principaux ensembles structuraux en relation étroite avec la topographie:

- La zone des plateaux du Liban Sud, située à l'ouest de la faille de Roum et des flexures la relayant, qui dessine un grand triangle dont la pointe nord serait Beyrouth. Le plongement général est orienté vers le NO. Des ondulations d'axes SO-NE et S-N affectent ces plateaux, tandis que de nombreuses cassures les découpent avec des rejets variables mais pouvant atteindre plusieurs centaines de mètres au niveau des axes de plissements. Un exemple de la structure de détail complexe de ces plateaux est représenté, pour la région située au sud du Litani, dans la figure 7. Ce canevas structural est établi à partir des levés des cartes géologiques à l'échelle du 1/20 000 réalisées par le projet.

- La zone montagneuse s'inscrivant entre les failles de Roum et de Yammouné, qui dessine aussi un triangle, mais inversé par rapport à celui des plateaux, sa pointe abaissée se plaçant vers Marjayoun et sa base nord correspondant aux failles transversales O-E du col de Baïdar. Cette zone montagneuse, qui culmine sur sa bordure orientale, est formée de structures d'orientation NNE-SSO: l'anticlinal très dissymétrique du jabal Barouq-Niha, le synclinal de Jezzine s'amortissant vers le nord, et un monoclinal à plongement vers l'ouest qui chute au niveau des flexures prolongeant la faille de Roum. Plusieurs grandes cassures transversales d'orientation moyenne O-E associées à des plis de même orientation se surimposent aux structures longitudinales.

- L'extrémité méridionale de la Beqaa, coincée entre les failles de Yammouné et de Hasbaïya, dont la structure est celle d'un synclinal d'axe NNE-SSO compliqué sur ses bordures par des ondulations anticlinales faillées.

- La voûte du Hermon, anticlinal dissymétrique d'axe SO-NE, longé à l'ouest par la faille de Hasbaïya, est traversée obliquement par la faille de Chebaa-Rachaiya.

Chapitre 4

HYDROGRAPHIE

4.1 GENERALITES

Le sud du Liban est drainé par cinq rivières permanentes: les nahr Damour, Aouali, Saitaniq, Litani et Izziyé, et par de très nombreux ouadis à fonctionnement saisonnier.

Le réseau hydrographique permanent (cf. figure 10) est dominé par le Litani dont l'écoulement annuel moyen ($987 \text{ Mm}^3/\text{an}$) représente presque le double de celui de l'ensemble des autres rivières du sud du Liban. Il est la seule rivière à prendre sa source dans la zone intérieure et à rejoindre la mer ensuite.

Les autres rivières permanentes sont des torrents qui drainent le versant ouest de la chaîne côtière. Le Damour ($242 \text{ Mm}^3/\text{an}$) et le Aouali ($243 \text{ Mm}^3/\text{an}$), localisés dans le secteur nord de la région étudiée, ont un écoulement élevé car ils drainent le versant montagneux et une partie des crêtes du jabal Barouq-Niha. Le Saitaniq ($17 \text{ Mm}^3/\text{an}$), le Zahrani ($38 \text{ Mm}^3/\text{an}$) et le Izziyé ($6 \text{ Mm}^3/\text{an}$) dont les bassins versants sont en grande partie localisés sur les plateaux du Liban Sud sont d'importance secondaire; leur cours aval est d'ailleurs souvent asséché à la fin de la période d'étiage.

Les rivières permanentes ont en commun des vallées profondément encaissées et des affluents en nombre réduit à l'exception du Litani en amont de Qaraaoun.

Le réseau hydrographique temporaire est particulièrement développé surtout dans les plateaux du Liban Sud. Le caractère non permanent de ces ouadis - à fonctionnement hivernal - est dû au fait qu'ils ne bénéficient pas des apports de sources pérennes (parce que localisés sur des affleurements imperméables), ou qu'ils sont l'objet de pertes totales par soutirage karstique dans leur tronçon où ils circulent sur des formations perméables.

L'écoulement des ouadis temporaires n'est en général pas mesuré alors qu'il est bien connu pour les rivières permanentes par l'intermédiaire des stations hydrométriques.

4.2 CARACTERISTIQUES PHYSIQUES

4.2.1 Les éléments principaux du réseau hydrographique

Pour les études hydrologiques, il a été considéré (cf. rapport technique 1 - Troisième partie) les bassins versants des rivières permanentes et les secteurs inter-bassins versants regroupant un ou plusieurs ouadis côtiers.

i. Les bassins versants des rivières permanentes

- le Damour a pour principaux affluents l'Hamam dans son secteur aval; dans sa partie amont il se ramifie en deux affluents, le nahr es Safa et l'ouadi Bou Zeblé;

- le Aouali n'a pas d'affluent dans son tronçon aval; dans son secteur médian il se dénomme nahr Bisri et reçoit les apports du nahr Aaray; dans son tronçon amont il prend le nom de nahr el Barouq;

- le Saïtaniq connu aussi sous le nom de nahr Sainiq et nahr Chemas a pour principaux affluents l'ouadi Janné et l'ouadi Sfenta;

- le Zahrani est connu sous le nom de ouadi el Akhdar dans sa partie amont; ce tronçon était au quaternaire ancien un affluent du Litani qui a été détourné par une capture au profit d'un ouadi côtier;

- le Litani est, dans sa partie amont, riche d'affluents qui sont branchés sur des sources karstiques pérennes: nahr el Faaour, nahr el Ghzaiyel, nahr Berdaouni, ouadi Chtaoura, ouadi ed Delem, nahr ech Chita. A l'aval du barrage de Qaraacoun il reçoit principalement l'ouadi Zraiqoun, cours fossile du Zahrani amont, et l'ouadi Ghandouriyé;

- l'Izzyyé a pour principaux affluents l'ouadi en Nafkha et l'ouadi Ain et Tiné.

ii. Les inter-bassins versants côtiers

Ils sont généralement drainés par plusieurs ouadis qui débouchent directement sur la mer. Les plus importants de ces ouadis sont:

- Inter-bassins versants Damour-Aouali: l'ouadi el Zeini
- Inter-bassins versants Aouali-Saïtaniq: l'ouadi el Qraiyé
- Inter-bassins versants Saïtaniq-Zahrani: l'ouadi el Bachroun
- Inter-bassins versants Zahrani-Litani: le nahr Abou Assouad et l'ouadi el Barouqiyé
- Inter-bassins versants Litani-Izzyyé: l'ouadi Bazouriyé et l'ouadi Abbasiyé
- Inter-bassins versants Izzyyé-frontière: l'ouadi Hamoul et l'ouadi el Ain.

4.2.2 Altitude des bassins versants

La répartition par tranches d'altitude des bassins versants et des secteurs inter-bassins est donnée au tableau 8; les altitudes moyennes pour les bassins versants des rivières permanentes sont indiquées au tableau 10. Le facteur altitude est un facteur important dans la productivité hydraulique des bassins versants, en particulier pour les rivières du versant ouest, où il existe un gradient pluviométrique croissant avec

l'altitude. Les nahr Aouali et Damour qui drainent superficiellement les premiers contreforts de la crête du jabal Barouq-Niha ont des écoulements très supérieurs à ceux des nahr Saïtaniq, Zahrani et Izziyé dont les bassins versants sont essentiellement localisés sur les plateaux côtiers et intérieurs du Liban Sud. Cependant le facteur altitude n'est pas l'unique cause de la prépondérance des écoulements du Aouali et du Damour sur les rivières situées plus au nord. L'interrelation avec les aquifères, pour des raisons topographiques ou géo-structurales, joue aussi un rôle primordial dans l'importance des débits évacués par le réseau de drainage superficiel.

4.2.3 Pente moyenne des bassins versants

La pente moyenne des bassins versants pour les rivières permanentes et les ouadis côtiers est forte; seule la partie du bassin versant du Litani à l'amont de Qaraaoun, qui couvre la plaine de la Beqaa Sud et de la Beqaa centrale, présente une pente faible. Ce phénomène est à mettre en relation avec l'encaissement des vallées sur le versant ouest de la chaîne côtière. Les fluctuations du niveau marin durant le quaternaire et les soulèvements épéirogéniques d'ensemble de la chaîne côtière ont été à l'origine de cet enfouissement du réseau de drainage superficiel qui, combiné avec l'étroitesse du versant entre la ligne de crête et le littoral, la dissémination des sources karstiques qui assurent la permanence de l'écoulement, l'ossature des bancs calcaires compétents dans le versant des vallées et l'importance des circulations karstiques souterraines, ont favorisé la protection des interfluves et le maintien de versants raides. Ces pentes moyennes élevées (de 18 à 24 pour cent) sont aussi l'expression d'un réseau hydrographique peu hiérarchisé où les captures sont rares à l'exception de celles liées à des phénomènes karstiques.

Les bassins versants associés aux ouadis côtiers présentent aussi des pentes assez élevées (de 14 à 18 pour cent) malgré leur faible extension en altitude puisqu'ils sont généralement localisés sur les plateaux du Liban Sud. Ces fortes pentes s'expliquent par les mêmes raisons que pour les rivières permanentes: fluctuations du niveau marin, soulèvement épéirogénique important et ossature de bancs durs maintenant les versants, même dans les séries marno-crayeuses du crétacé supérieur et de l'éocène inférieur. Cependant, les phénomènes de capture y sont plus fréquents car la prédominance des affleurements de roches peu perméables (cf. parag. 4.2.5 ci-après) souvent plus fragiles favorise le ruissellement superficiel et l'érosion.

4.2.4 Pentes longitudinales

Ainsi que pour les pentes des surfaces des bassins versants, les pentes longitudinales des rivières permanentes et des ouadis temporaires atteignent des valeurs élevées sur le versant ouest de la chaîne côtière et cela malgré l'encaissement des vallées qui atteint souvent plusieurs centaines de mètres. Pour les rivières permanentes autres que le Litani, les pentes longitudinales moyennes sont comprises entre 2,4 et 4,2 pour cent. Cette valeur moyenne recouvre un tronçon amont où les pentes peuvent dépasser 5 pour cent, un tronçon médian avec des pentes de l'ordre de 2 pour cent et un tronçon aval avec des pentes voisines de 1 pour cent.

Le Aouali a un profil particulier par suite de l'effondrement naturel qui a barré sa vallée à la hauteur de Bisri dans son secteur moyen, une plaine d'accumulation s'étant constituée derrière ce barrage naturel.

Le Litani présente un profil en long très différent avec une pente moyenne inférieure à 1 pour cent et, dans son extrémité aval, une pente de 0,2 pour cent qui persiste jusqu'à 20 km de son embouchure.

4.2.5 Lithologie

La lithologie est un facteur qui influence fortement l'écoulement des rivières. La plus ou moins grande proportion d'affleurements karstiques dans les bassins versants a une répercussion directe sur:

- l'étalement et le laminage des crues;
- l'importance des débits d'étiage;
- la productivité hydraulique d'un bassin versant par suite des transferts par voie souterraine avec les bassins versants adjacents;
- la régularisation interannuelle des débits superficiels en liaison avec la régularisation naturelle des aquifères;
- les taux de débit solide.

Les formations karstiques sont constituées par les séries calcaire et/ou dolomitique du jurassique, du crétacé moyen et de l'éocène moyen.

Les formations non karstiques, peu perméables ou imperméables sont:

- crétacé inférieur: grès, argiles, marnes, calcaires
- crétacé supérieur: marnes, calcaires marno-crayeux
- éocène inférieur: marnes, calcaires marno-crayeux
- miocène: calcaires marno-gréseux, marnes, conglomérats
- quaternaire: limons, colluvions argilo-caillouteuses.

Tous les bassins versants des rivières permanentes comportent un pourcentage élevé d'affleurements karstiques (de 50 à 70 pour cent) à l'exception du Damour (seulement un tiers de sa surface) qui draine un domaine où prédominent les grès et argiles du crétacé inférieur (cf. tableau 9).

Il faut aussi souligner que, par suite de la continuité spatiale des formations karstiques ou par le jeu des structures, les bassins versants topographiques des rivières permanentes sont généralement inférieurs en surface à leur bassin d'alimentation par voie souterraine.

4.3 APERCU SUR LES INTERRELATIONS EAU DE SURFACE/EAU SOUTERRAINE

La permanence de l'écoulement d'une partie du réseau hydrographique est assurée par les apports en provenance de plusieurs aquifères karstiques que les structures géologiques ont échelonnés en altitude. Le réseau principal, grâce à l'encaissement

des vallées, a réussi à localiser et à concentrer les écoulements souterrains vers un nombre restreint d'exutoires en créant des niveaux de base locaux au fond des vallées. A ce titre, les vallées les plus encaissées constituent les meilleurs drains pour les eaux souterraines: les vallées du Aouali aval et du Litani aval ayant des cotes de fond de vallée plus basses que celles du Saïtaniq et du Zahrani drainent à leur profit des eaux souterraines du crétacé moyen du versant ouest qui auraient dû appartenir au domaine de ces deux dernières rivières.

Le Litani est la rivière qui bénéficie le plus des apports souterrains à partir d'une grande variété d'aquifères karstiques répartis tout le long de son cours (cf. figure 9); la contribution des eaux souterraines est bien soulignée par la valeur élevée du rapport écoulement d'été sur écoulement annuel moyen (cf. tableau 10).

Le Aouali et le Damour reçoivent surtout des apports souterrains par l'intermédiaire de leurs sources de tête; cependant le Aouali reçoit aussi des apports non négligeables dans son cours inférieur, à quelques kilomètres seulement de son embouchure.

Le Saïtaniq et, à un moindre degré, le Zahrani, ne bénéficient pas d'apports de sources importantes à l'exception de la source de Tassé et, au contraire, les eaux superficielles collectées par leur bassin versant sont réduites par des pertes qui se produisent dans leurs lits.

Le Izziyé est un cas extrême, avec un régime plus proche de celui des ouadis que de celui des rivières permanentes, où la productivité hydraulique du bassin versant, déjà réduite par la forte proportion d'affleurement karstique, est encore diminuée par les pertes qui se produisent dans son lit.

Ces phénomènes apparaissent dans la comparaison des débits spécifiques pour les différents bassins versants une fois corrigée l'influence des altitudes (cf. tableau 10).

L'influence des aquifères dans le régime hydrologique des rivières du Liban Sud et en particulier leur rôle régulateur vis-à-vis des écoulements interannuels est détaillée dans la troisième partie du rapport technique 1. Les principales interactions hydrauliques eau de surface/eau souterraine sont résumées au tableau 11.

Chapitre 5

SOLS ET VEGETATION

5.1 LES SOLS

Les séries de sols rencontrées dans le sud du Liban, ainsi d'ailleurs que pour ceux de l'ensemble de ce pays, ont été définies à partir de la nature lithologique de leur substrat. Le relief et les variations pluviométriques provoquent des modifications dans la teneur des différents éléments constitutifs des sols et permettent aussi de définir des séries de sols associés à des roches-mères types. Cependant une topographie irrégulière et un ruissellement souvent élevé ont provoqué des migrations de sols qui se sont sédimentés dans les points bas: pieds de versant, fonds d'ouadis, plaines littorales et intérieures. Ces sols remaniés sont plus ou moins associés aussi aux produits d'érosion de la roche-mère.

D'après l'étude de B. Geze sur la reconnaissance des sols au Liban, les sols rencontrés dans le sud du Liban peuvent se classer comme suit:

5.1.1 Sols sur roche mère calcaire

Ils se sont formés sur les affleurements de roches dures calcaires et dolomitiques du jurassique moyen et terminal du cénomaniens et turonien (crétacé moyen) principalement, ainsi que de l'éocène moyen calcaire.

i. Sols rouges

Ils apparaissent à des altitudes inférieures à 1 500 m et dans les régions où la pluviométrie dépasse 450 mm. Ces sols sont des argiles résiduelles de décalcification rubéfiées (terra-rossa) et sont issus des processus d'altération karstique. Les sols in-situ sont peu profonds et discontinus. Ceux qui ont été entraînés donnent des sols plus profonds et continus qui se sont étalés sous forme de colluvions de piémont ou ont été piégés dans des structures karstiques ou enfin ont été colluvionnés dans le fond des ouadis temporaires. Les plus typiques de ces sols sont très fortement décalcifiés (de 0 à 6 pour cent de CaCO_3) et riches en argile (de 30 à 50 pour cent). Ils permettent des cultures variées.

ii. Sols jaunâtres de montagne

En altitude, les sols rouges passent progressivement à des sols jaunâtres caractérisés par une décalcification moins prononcée (de 3 à 10 pour cent de CaCO_3) et par une teneur en argile plus faible (de 20 à 40 pour cent). Leur vocation est le boisement.

iii. Sols bruns

Plus rares, ils se rencontrent à moyenne altitude lorsqu'il subsiste des restes de la forêt primitive (chênes verts). Ils sont très argileux (de 30 à 75 pour cent) et comportent une teneur notable en calcaire (de 4 à 10 pour cent). Ils conviennent à toutes les cultures.

5.1.2 Sols sur roche mère marneuse

Ils se sont formés sur des calcaires assez tendres comportant une fraction argileuse importante. Ces sols se rencontrent essentiellement sur les calcaires marneux, crayeux et les marnes du crétacé supérieur et de l'éocène, particulièrement développés sur les plateaux côtiers du Liban Sud. Ils apparaissent aussi sur les faciès marno-calcaires de l'albien et de certains niveaux de l'aptien et du crétacé moyen. On les rencontre parfois sur les calcaires tendres plus ou moins marneux et sableux qui font partie de l'éocène moyen et du miocène. Ils sont représentés par des rendzines de couleur variable, entre le grisâtre et le rouge, suivant les teneurs en calcaire (de 20 à 70 pour cent) et en argile (de 5 à 30 pour cent). Leur valeur agricole varie fortement.

5.1.3 Sols sur roche mère gréseuse ou sableuse

Ils sont représentés essentiellement sur les affleurements de grès tendre du crétacé inférieur. Localement, ils apparaissent dans la zone littorale sur les cordons dunaires et les plages anciennes du quaternaire. Ils sont caractérisés par une teneur élevée en sable (de 65 à 75 pour cent), une teneur en argile plus faible (jusqu'à 20 pour cent) et des traces de CaCO_3 (de 1 à 3 pour cent). Ils ont une vocation forestière.

5.1.4 Sols de mélange

Il s'agit de sols qui se sont formés sur des colluvions hétérogènes à base de marnes, grès, calcaires, produits volcaniques, argiles, qui ont peu évolué. Ils conviennent à la fructiculture.

5.1.5 Sols noirs ou gris

Ils se sont formés sur des alluvions et des colluvions riches en marne et présentent des caractères d'hydromorphie fossile ou actuelle. On les rencontre localement dans la plaine côtière et, surtout, dans la plaine de la Beqaa. Leur teneur en calcaire est très variable (de 3 à 85 pour cent). Ils correspondent à des zones de culture intensive.

5.1.6 Sols steppiques

Les sols rouges de piémont passent vers la plaine de la Beqaa à des sols châtain clair sous une pluviosité faible (450 à 600 mm). La teneur en argile varie de 15 à 30 pour cent ainsi que la teneur en calcaire. Le CaCO_3 peut monter en surface et former une croûte calcaire. Ces sols se prêtent assez bien à des cultures intensives dans les zones pourvues d'eau d'irrigation abondante.

5.2 VEGETATION - UTILISATION DES SOLS

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

- Les plaines côtières sont essentiellement vouées aux cultures maraîchères, à la fructiculture (olivier, figuier, oranger, citronnier, dattier, bananier, néflier) et à l'agriculture (cultures vivrières et industrielles).

- La plaine de la Beqaa est appelée à juste titre le grenier du Liban; on y trouve plus du tiers des terres cultivées du pays, soit environ 110 000 ha. Les céréales y occupent la première place avec 50 000 ha, suivies par les cultures maraîchères et autres cultures annuelles (20 000 ha) et les arbres fruitiers (10 000 ha); les jachères et les jardins couvrent 30 000 ha.

- La zone montagneuse inférieure (1 000 à 1 500 m) présente des caractères variés. Les cultures y occupent encore une large place, mais la végétation spontanée subsiste en maints endroits. Sur calcaires et marnes, on trouve une garrigue plus ou moins dégradée, avec des bois et bosquets de chênes et des buissons de Poterium spinosum, sur grès ou sables un maquis très dense et des boisements de pins. Le long de nombreux talwegs des lauriers-roses forment des "forêts-galeries".

- La zone montagneuse moyenne (1 200 à 2 000 m) présente encore des cultures, des chênes et des pins, mais en plus des sapins, des genévriers et des cèdres.

- La zone montagneuse supérieure (2 000 à 3 000 m) porte une végétation purement herbacée de courte durée, en raison de l'enneigement qui s'étend sur plusieurs mois.

CONCLUSIONS

La présente étude ne prétendait pas former une analyse homogène et complète du milieu physique de la région du Liban Sud. Son objectif, plus limité, consistait à rassembler les éléments du milieu physique qui constituent l'introduction nécessaire à certaines propositions techniques d'aménagement hydro-agricole.

Plus particulièrement, ce document donne les bases préliminaires pour l'étude des ressources en eau et en sol qui fait l'objet des troisième et quatrième Parties du Rapport technique 1. Ceci explique la prépondérance donnée ci-dessus aux éléments physiques du cycle de l'eau, tels que relief, géologie et hydrographie.

Pour la climatologie, on a insisté ici sur la température, l'humidité et les vents, alors que les précipitations et l'évapotranspiration font l'objet d'un développement plus approfondi dans la troisième Partie, consacrée aux ressources en eau.

De la même façon, la quatrième Partie "Ressources en sols" détaille intensivement les notions générales données ci-dessus en matière de sols.

Tableau 1

PRECIPITATIONS MOYENNES SUR LES PRINCIPAUX ENSEMBLES GEOGRAPHIQUES
(en mm)

| Zone géographique (Station-altitude) | | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | Année |
|---|---|---|----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|---|-----|-----|-------|
| VERSANT OUEST | <u>Littoral</u> (Qasmiyé alt. 30 m) | 4 | 26 | 77 | 144 | 194 | 109 | 62 | 37 | 5 | 1 | 0,5 | 0,5 | 660 |
| | <u>Plateaux</u> (Alma Chaab alt. 385 m) | 4 | 31 | 73 | 184 | 186 | 158 | 70 | 32 | 10 | 1 | 0,5 | 0,5 | 750 |
| | <u>Versant montagneux</u> (Beit ed Dine alt. 880 m) | 2 | 48 | 117 | 207 | 277 | 208 | 166 | 74 | 33 | 2 | 0,5 | 0,5 | 1 135 |
| SUD BEQAA | <u>Sud de la plaine</u> (Joubb Janine alt. 920 m) | 3 | 16 | 62 | 124 | 183 | 150 | 103 | 49 | 22 | 2 | 0,5 | 0,5 | 715 |
| | <u>Seuil de Marjayoun</u> (Marjayoun alt. 760 m) | 2 | 30 | 92 | 172 | 203 | 173 | 132 | 60 | 20 | 1 | 0 | 0 | 885 |

Le régime interannuel des pluies est assez irrégulier. Seule la station de Aitaroun, sur les monts de Bent Jbail, dispose de 32 années d'observation permettant d'estimer les principales caractéristiques de l'irrégularité interannuelle:

| | | | |
|----------------------------|---|----------|---------|
| Année moyenne | = | 787 mm | |
| Année la plus humide | = | 1 248 mm | (+ 60%) |
| Année la plus sèche | = | 426 mm | (- 45%) |
| Ecart-type | = | 175 mm | |
| Coefficient d'irrégularité | = | 22 % | |

Tableau 2

TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES POUR LES PRINCIPAUX ENSEMBLES GEOGRAPHIQUES
(en °C)

| Zone géographique | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | Année |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Littoral Sud (Qasmiyé) | 26,3 | 23,1 | 19,9 | 16,5 | 14,6 | 13,2 | 15,4 | 18,0 | 21,7 | 24,4 | 26,3 | 27,2 | 20,5 |
| Plateaux Liban Sud (Alma Chaab) | 23,7 | 21,8 | 18,2 | 14,7 | 12,2 | 12,5 | 14,4 | 16,6 | 20,3 | 22,7 | 24,1 | 25,5 | 18,9 |
| Versant montagneux (Kafer Nabrakh alt. 1 020 m) | 20,8 | 18,1 | 14,1 | 10,0 | 8,5 | 8,6 | 10,9 | 13,9 | 17,8 | 21,1 | 22,9 | 23,3 | 15,8 |
| Sud Beqaa (Marjayoun) | 21,5 | 19,6 | 15,2 | 10,2 | 8,3 | 8,7 | 10,9 | 14,4 | 18,4 | 20,9 | 22,3 | 23,0 | 16,1 |

Tableau 3

TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES ET AMPLITUDES JOURNALIERES MOYENNES
(en °C)
à Beyrouth (alt. 30 m) et Rayak (Beqaa centrale, alt. 920 m)

| Stations | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | Année |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|
| Beyrouth t moyenne | 25,8 | 23,4 | 19,5 | 16,0 | 13,9 | 14,0 | 15,5 | 18,3 | 21,4 | 24,2 | 26,2 | 27,0 | 20,4 |
| amplitude | 6,7 | 7,4 | 7,4 | 7,1 | 6,5 | 6,7 | 7,2 | 7,6 | 6,9 | 6,3 | 5,9 | 6,4 | 6,8 |
| Rayak t moyenne | 21,4 | 17,5 | 12,1 | 6,9 | 5,2 | 5,9 | 8,7 | 10,4 | 17,5 | 21,3 | 23,8 | 24,1 | 14,6 |
| amplitude | 18,2 | 16,8 | 14,1 | 11,3 | 9,8 | 10,3 | 12,5 | 14,6 | 16,9 | 18,5 | 18,7 | 19,0 | 15,1 |

Tableau 4

VALEURS MOYENNES MESUREES DE L'ETP ET DE L'EVAPORATION (1968-72)
(en mm/mois)

| Mois \ Station | Tal-Amara (Beqaa) | | | Sour (Côte) | | |
|---------------------|-------------------|-------|----------|-------------|-------|----------|
| | ETP | Cl A | Colorado | ETP | Cl A | Colorado |
| Janvier | 40 | 43 | 28 | 37 | 60 | 45 |
| Février | 39 | 62 | 39 | 36 | 64 | 45 |
| Mars | 78 | 112 | 81 | 65 | 93 | 73 |
| Avril | 132 | 162 | 120 | 96 | 132 | 108 |
| Mai | 170 | 232 | 180 | 136 | 171 | 139 |
| Juin | 231 | 282 | 216 | 168 | 198 | 161 |
| Juillet | 254 | 319 | 245 | 174 | 208 | 174 |
| Août | 226 | 291 | 232 | 164 | 192 | 160 |
| Septembre | 159 | 225 | 180 | 120 | 156 | 129 |
| Octobre | 112 | 149 | 121 | 81 | 115 | 93 |
| Novembre | 66 | 84 | 69 | 54 | 72 | 57 |
| Décembre | 40 | 34 | 28 | 34 | 56 | 43 |
| Total annuel | 1 574 | 1 995 | 1 539 | 1 165 | 1 517 | 1 227 |
| Total (avril-sept.) | 1 172 | 1 511 | 1 173 | 858 | 1 057 | 871 |

Tableau 5

HUMIDITE RELATIVE MENSUELLE MOYENNE (en %)

| Zone géographique | S | O | N | D | J | F | M | A | M | J | J | A | Année |
|------------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|
| Littoral (Qasmiyé) | 76 | 72 | 68 | 69 | 71 | 76 | 71 | 74 | 74 | 74 | 77 | 78 | 73 |
| Plateaux Liban Sud (Alma Chaab) | 75 | 69 | 67 | 64 | 71 | 73 | 67 | 66 | 61 | 69 | 77 | 74 | 68 |
| Plaine Beqaa (Ksara) | 50 | 54 | 65 | 76 | 77 | 74 | 65 | 56 | 49 | 45 | 45 | 46 | 59 |
| Seuil Marjayoun (Marjayoun) | 73 | 60 | 62 | 69 | 75 | 74 | 69 | 67 | 64 | 66 | 75 | 75 | 69 |

Tableau 6

STRATIGRAPHIE SYNTHETIQUE POUR LE "VERSANT OUEST"

| Ere | Etage | Sous-étage | Symbole Carte | Epaisseur (m) | Lithologie | Zone d'affleurement | Evénements géologiques | |
|--------------------------|-------------|--------------|------------------|------------------|---|---------------------------|--------------------------------|---|
| QUATERNAIRE | Holocène | Wurm | Q3 | Variable | - dépôts de plage | Plaines | Soulèvements épéirogéniques | |
| | | Riss | Q2 | | - alluvions | côtières | | |
| | Pléistocène | Mindel | Q1 | | - colluvions | vallées | | |
| | | Gunz | Q' | | | | | |
| TERTIAIRE | Pliocène | Plaisancien | P | (?) | argiles grises | Salda | Mouvements Phase orogénique | |
| | | Pontien | meg | Variable | conglomérats, argiles rouges | Nabatiyé | | |
| | Miocène | Vindobonien | m2 | 100 | calcaires récifaux, marnes sableuses | Collines côtières | | |
| | | Burdigalien | m1 | 0-80 | marnes et calcaires marneux | Maghdouché | | |
| | Eocène | Eocène moyen | e2b | 400 | calcaires récifaux, calcaires marneux, dolomies | Plateaux du Liban Sud | | Phase orogénique majeure Mouvements (subsidence du synclinal de Nabatiyé) |
| | | Eocène inf. | e1-2a | 200 | marnes, calcaires marneux | | | |
| | | Paléocène | | marnes grises | | | | |
| SECONDAIRE | Sup. | Sénonien | C6 | 30-180 | calcaires marneux marnes | Plateaux du Liban Sud | Mouvements | |
| | | Turonien | C5 | 100-300 | calcaires fins, dolomies | | | |
| | Moy. | Cénomanién | C4 | 400-600 | dolomies, calcaires marnes | Jabal Aamel versant NO | Transgression généralisée | |
| | | Crétacé | Albien | C3 | 120-150 | marnes, calcaires | | Jezzine |
| | Inf. | | Aptien | C2 | 250 | calcaires, grès, argiles | Beit | Emerision partielle |
| | | Néocomien | C1 | 220 | grès, argiles | ed Dine | | |
| | Jurassique | | Portlandien (?) | J7 | 150 max | calcaires oolithiques | | Phase orogénique |
| | | | Kimmeridgien | J6 | 60 | calcaires fins | Jabal | |
| Lusitanien- oxfordien | | | J5 | 180 max | marnes, basaltes | Barouq-Niha | Mouvements | |
| Bathonien- Bajocien | | | J2-4 | 1 300 | calcaires, dolomies | Barouq | | |

Tableau 7

STRATIGRAPHIE SYNTHETIQUE POUR LE SUD DE LA BEQAA

| Ere | Etage | Sous-étage | Symbole Carte | Epaisseur (m) | Lithologie | Zone d'affleurement | |
|-----------------|-------------------------|--------------------------------------|--------------------|-----------------------|---|--|-----------------------------------|
| QUATER-NAIRE | Holocène | | Q | très variable | Limons, sables | Beqaa nord Cônes d'ouadi Vallées | |
| | Pléistocène | | | | Conglomérats, basaltes | | |
| TERTIAIRE | <u>Plio-quadernaire</u> | | | | <u>Conglomérats</u> | Bordure de la Beqaa | |
| | | <u>Plaisancien</u> | BP | | <u>Basaltes</u> | | |
| | Miocène | Pontien | mcg | très variable | Conglomérats, argiles marnes lacustres | Jabal ed Dahr | |
| | Eocène | Lutétien Eocène inf. Paléocène | m1 e2b e1-2a | 850 410 | Calcaires récifaux, dolomies Calcaires marneux, marnes à silex | | |
| SECONDAIRE | Crétacé | Sup. | Sénonien | C6 | 570 | Marnes et calcaires marneux | Anti-Liban et bordure de l'Hermon |
| | | Moy. | Turonien | C5 | (200) | Dolomies, calcaires, marnes Calcaires, calcaires dolomitiques | |
| | | | Cénomanién | C4 | (300-550) | | |
| | Inf. | Albien | C3 | (50) | Calcaires marneux, calcaires Grès | | |
| | | Aptien + Néocomien | C2-1 | 50-100 | | | |
| | Jurassique | | Portlandien | J7 | 55 115 150 | Calcaires oolithiques | Hermon |
| | | | Kimmeridgien | J6 | | Calcaires fins | |
| Lusitanien-Oxf. | | | J5 | Marnes | | | |
| Bathonién-Calb | | | J4 | Calcaires | | | |
| Bajocién | | | J2-3 | Dolomies et calcaires | | | |
| Lias | J1 | Marnes et dolomies | | | | | |

Tableau 9

REPARTITION DES SURFACES DES BASSINS VERSANTS ET DES INTER-BASSINS
PAR FORMATIONS LITHOLOGIQUES

| Bassin versant | Lithologie | Formations karstiques | | | | | | Formations non karstiques | |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------|----|-----------------|----|-----------------|----|------------------------------|-----|
| | | Jurassique | | Crétacé M. | | Eocène | | km ² | % |
| | | km ² | % | km ² | % | km ² | % | km ² | % |
| IBV | Ghadir - Damour | - | - | 40 | 62 | - | - | 24 | 38 |
| BV | Damour | 10 | 3 | 77 | 24 | - | - | 236 | 73 |
| IBV | Damour - Aouali | - | - | 87 | 96 | - | - | 4 | 4 |
| BV | Aouali | 29 | 9 | 137 | 48 | - | - | 124 | 43 |
| IBV | Aouali - Saitaniq | - | - | - | - | - | - | 27 | 100 |
| BV | Saitaniq | 4 | 3 | 64 | 46 | - | - | 72 | 51 |
| IBV | Saitaniq - Zahrani | - | - | 1 | 5 | - | - | 21 | 95 |
| BV | Zahrani | - | - | 59 | 55 | 8 | 8 | 39 | 37 |
| IBV | Zahrani - Litani | - | - | 75 | 25 | 51 | 17 | 172 | 58 |
| BV | Litani Amont Qaraaoun | 150 | 10 | 519 | 34 | 177 | 11 | 699 | 45 |
| BV | Litani Aval Qaraaoun | 49 | 8 | 135 | 21 | 263 | 42 | 183 | 29 |
| IBV | Litani - Izziyé | - | - | 108 | 38 | 17 | 6 | 163 | 56 |
| BV | Izziyé | - | - | 124 | 81 | 12 | 8 | 18 | 12 |
| IBV | Izziyé - Frontière | - | - | 99 | 75 | 17 | 13 | 16 | 12 |

Tableau 10

PRINCIPALES CARACTERISTIQUES DU RESEAU HYDROGRAPHIQUE PERMANENT

| Rivières | Superficie | Altitude | Pente | Pente | Ecoulement annuel moyen (Mm ³) | <u>Ecoulement été</u> | Débit spécifique moyen (l/s/km ²) |
|---------------|--------------------------|----------------------|----------------------|---------------------------------|---|-----------------------------|--|
| | BV (km ²) | moyenne BV (m) | moyenne BV (%) | longitudinale moyenne (%) | | Ecoulement annuel (%) | |
| Nahr Damour | 323 | 765 | 25 | 3,2 | 242 | 16 | 24 |
| Nahr Aouali | 290 | 905 | 23 | 2,4 | 243 | 19 | 27 |
| Nahr Saïtaniq | 140 | 515 | 23 | 4,2 | 17 | 12 | 4 |
| Nahr Zahrani | 106 | 690 | 19 | 2,6 | 38 | 16 | 11 |
| Nahr Litani | 2 175 | 1 080 | 18 <u>1/</u> | 0,8 <u>2/</u> | 987 | 32 | 14 |
| Nahr Izziyé | 154 | 550 | 18 | - | 6 | 8 | 1 |

1/ BV du Litani à l'aval de Khardalé.

2/ Litani à l'aval de Qaraaoun.

Tableau 11

INTERRELATIONS HYDRAULIQUES ENTRE LES RIVIERES PERMANENTES ET LES AQUIFERES

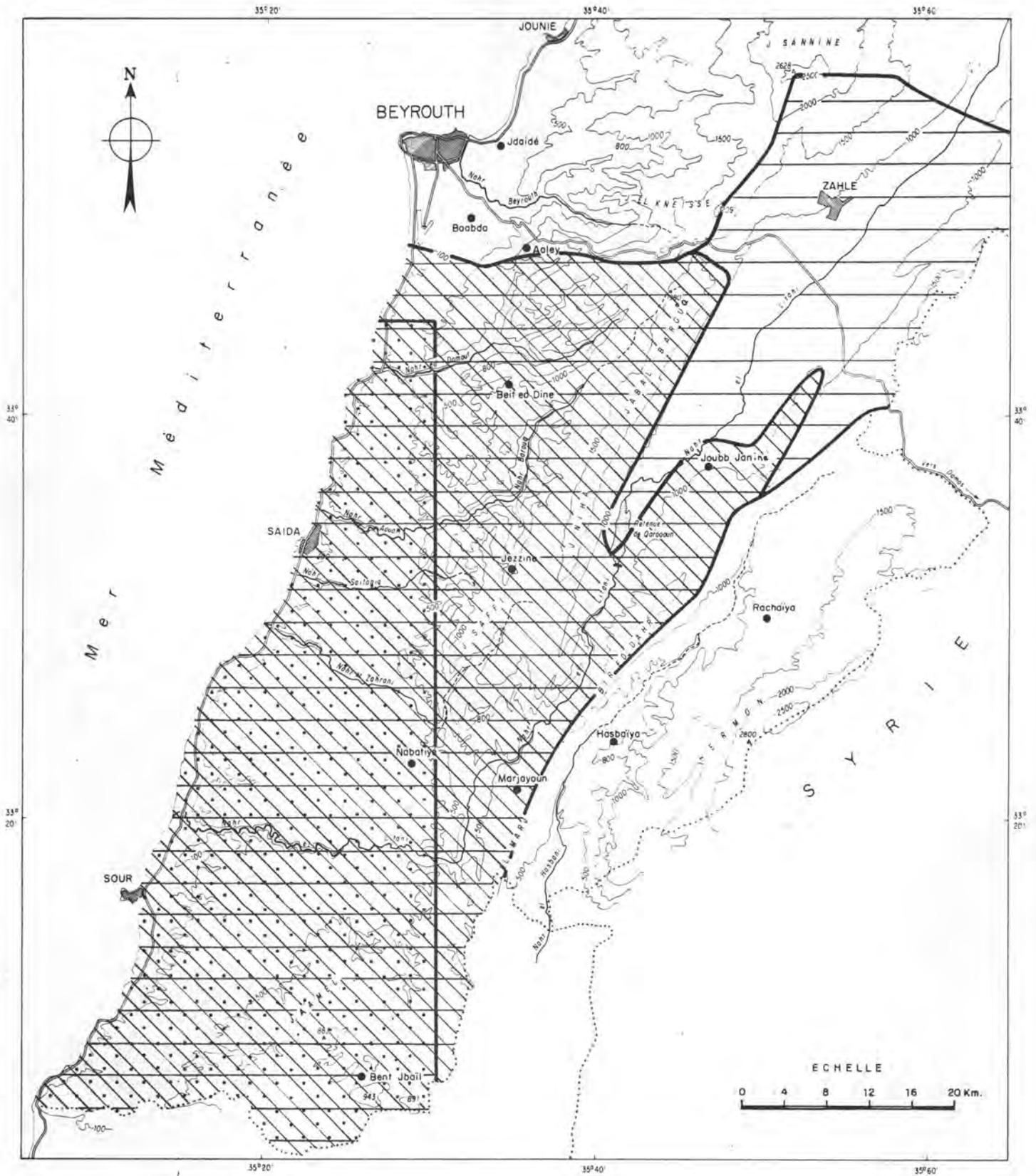
| Rivières | Relations hydrauliques avec les aquifères |
|---------------|---|
| Nahr Damour | Amont: Apports de l'aquifère jurassique Barouq-Niha (Source Safa-Rayane) Moyen: Pas d'échanges importants Aval: Apports de l'aquifère crétacé moyen du versant ouest (zone sourcière de Damour aval) |
| Nahr Aouali | Amont: Apports de l'aquifère jurassique Barouq-Niha (source Barouq-Niha) Moyen: Apports de l'aquifère crétacé moyen de Jezzine (source Jezzine et sources disséminées) Aval: Apports de l'aquifère crétacé moyen du versant ouest (zone sourcière du Aouali aval) |
| Nahr Saïtaniq | Amont: Apports de l'aquifère crétacé moyen du versant ouest (sources locales) Moyen: Pertes vers l'aquifère crétacé moyen du versant ouest Aval: Pas d'échanges importants |
| Nahr Zahrani | Amont: Apports de l'aquifère crétacé moyen de Jezzine (source de Tassé) Moyen: Pertes vers l'aquifère crétacé moyen du versant ouest Aval: Apports de l'aquifère crétacé moyen du versant ouest (source de Kfaroué) |
| Nahr Litani | Amont: Apports de l'aquifère crétacé moyen de l'Anti-Liban (sources de Anjar, Chamsine) Apports de l'aquifère éocène du jabal Tourbol (sources de Faouar, el Bayada) Apports de l'aquifère crétacé moyen du Mont Liban (sources de Berdaouni, Chtaura) Apports de l'aquifère jurassique de Barouq-Niha (sources Qab-Elias, Aamiq) Moyen: Apports de l'aquifère éocène du jabal Aarbi (sources de Zarqa, Bourghoz) Apports de l'aquifère jurassique de Barouq-Niha (source de Guellé) Apports de l'aquifère éocène de Nabatiyé-Chandouriyé (source de Hjaïr) Aval: Apports de l'aquifère crétacé moyen du versant ouest (zone sourcière du Litani aval) |
| Nahr Izziyé | Amont:) Moyen:) Pertes vers l'aquifère crétacé moyen du versant ouest Aval: Apports de l'aquifère crétacé moyen du versant ouest (source de Izziyé) |

BIBLIOGRAPHIE

- Abd-el-Al, I. - Le Litani, étude hydrologique, Beyrouth.
1948 Atlas climatique du Liban, tomes I, II et III, Ministère des travaux publics, Beyrouth.
- Dubertret, L. - Carte géologique du Liban au 1/200 000 et notice explicative, Ministère
1955 des travaux publics, Beyrouth.
- Geofizica - Report on geophysical investigations in the southern coastal zone of
1964/65 Lebanon, Zaghreb.
- Magon - Evaporation, évapotranspiration potentielle au Liban, Institut de
1969 recherches agronomiques, Tall Amara.
- Sarraf, S. - Estimation de l'évapotranspiration potentielle et consommation en eau
1973 des cultures en région semi-aride (Liban). Thèse d'ingénieur-docteur, Montpellier.
- U.S. Department of Interior, Bureau of Reclamation - Development for the Litani River
1954 Basin, Beyrouth.

Documents établis dans le cadre du projet FAO LEB/71/524:

- Rapport Hg 102 - Le milieu naturel du sud du Liban.
- Rapport Hg 111 - Etude géologique du sud du Liban.
- Rapport AE 101 - Annuaire des apports mensuels observés des fleuves du sud du Liban.

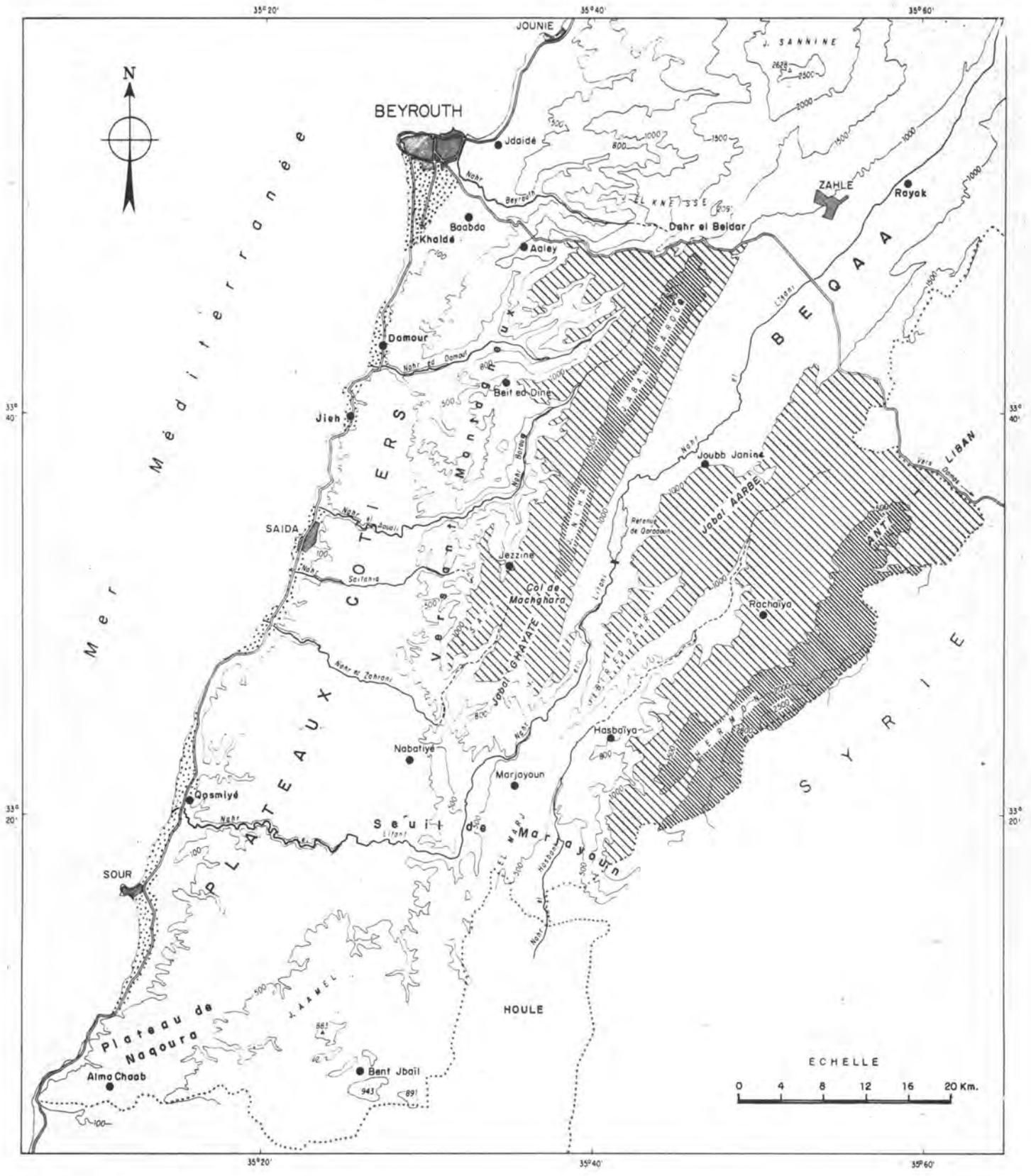


L é g e n d e

-  Domaine des études hydrologiques
-  Domaine des études hydrogéologiques
-  Domaine des études géologiques détaillées

LOCALISATION DES
DOMAINES D'ETUDES PHYSIQUES

Figure 1

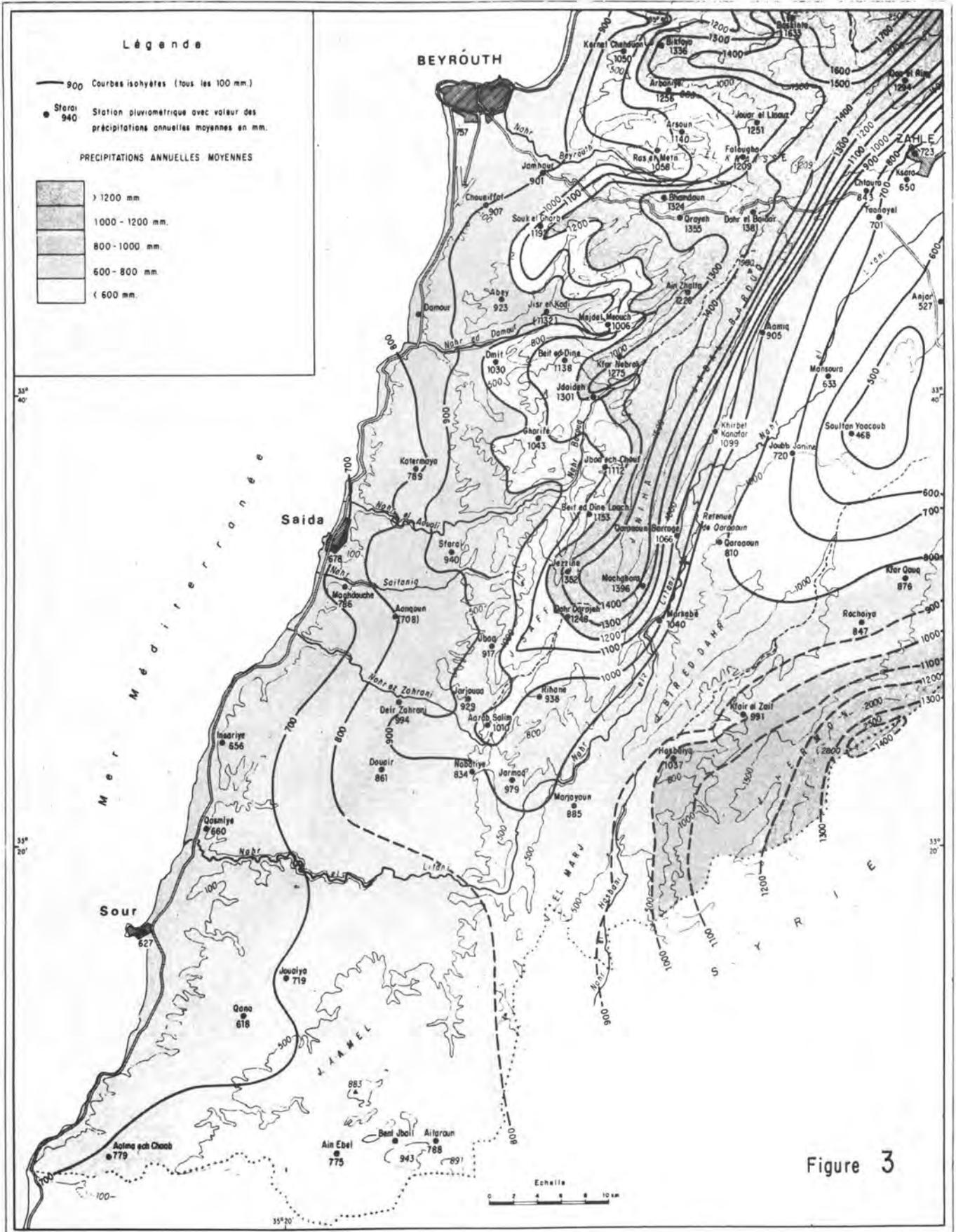


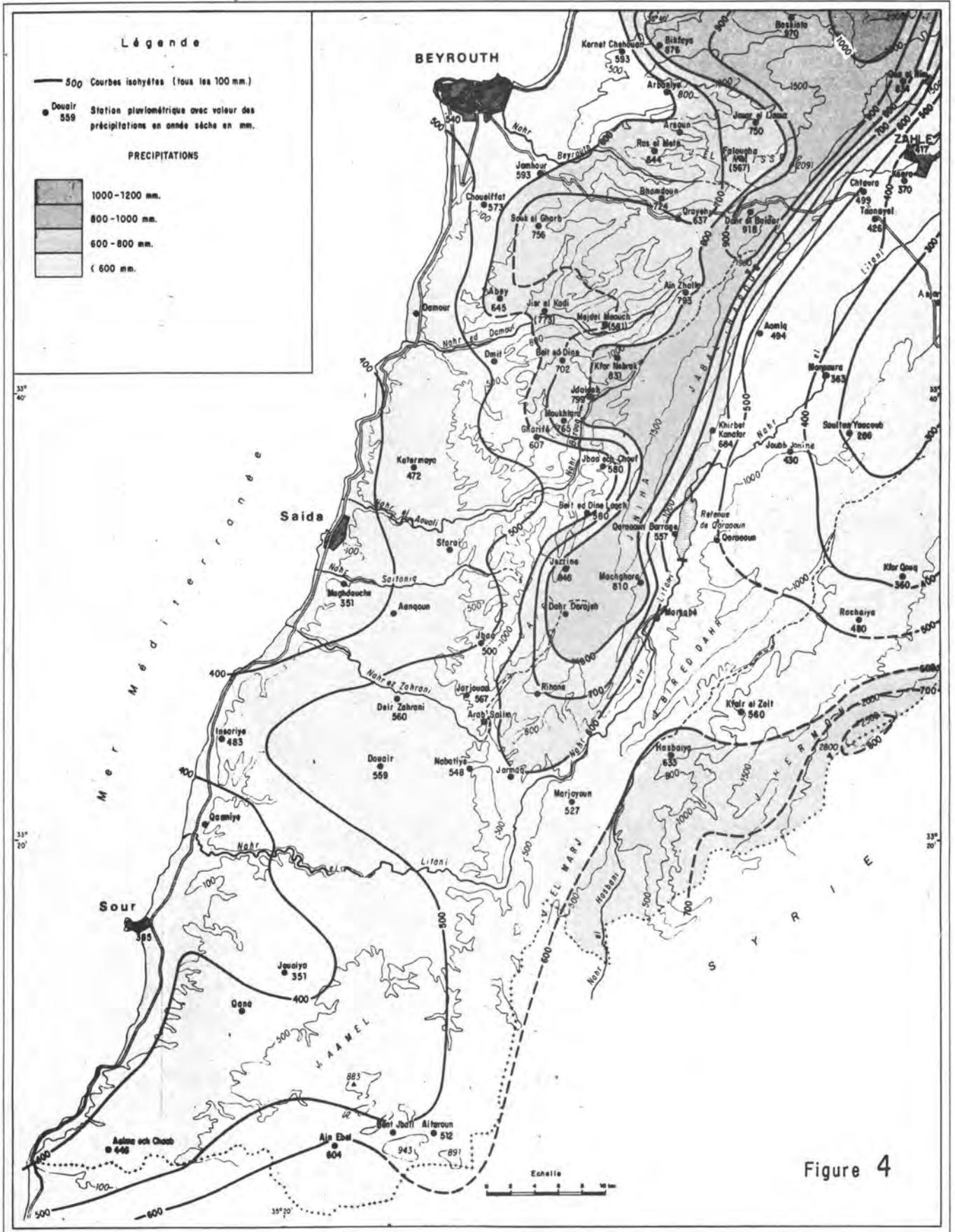
Légende

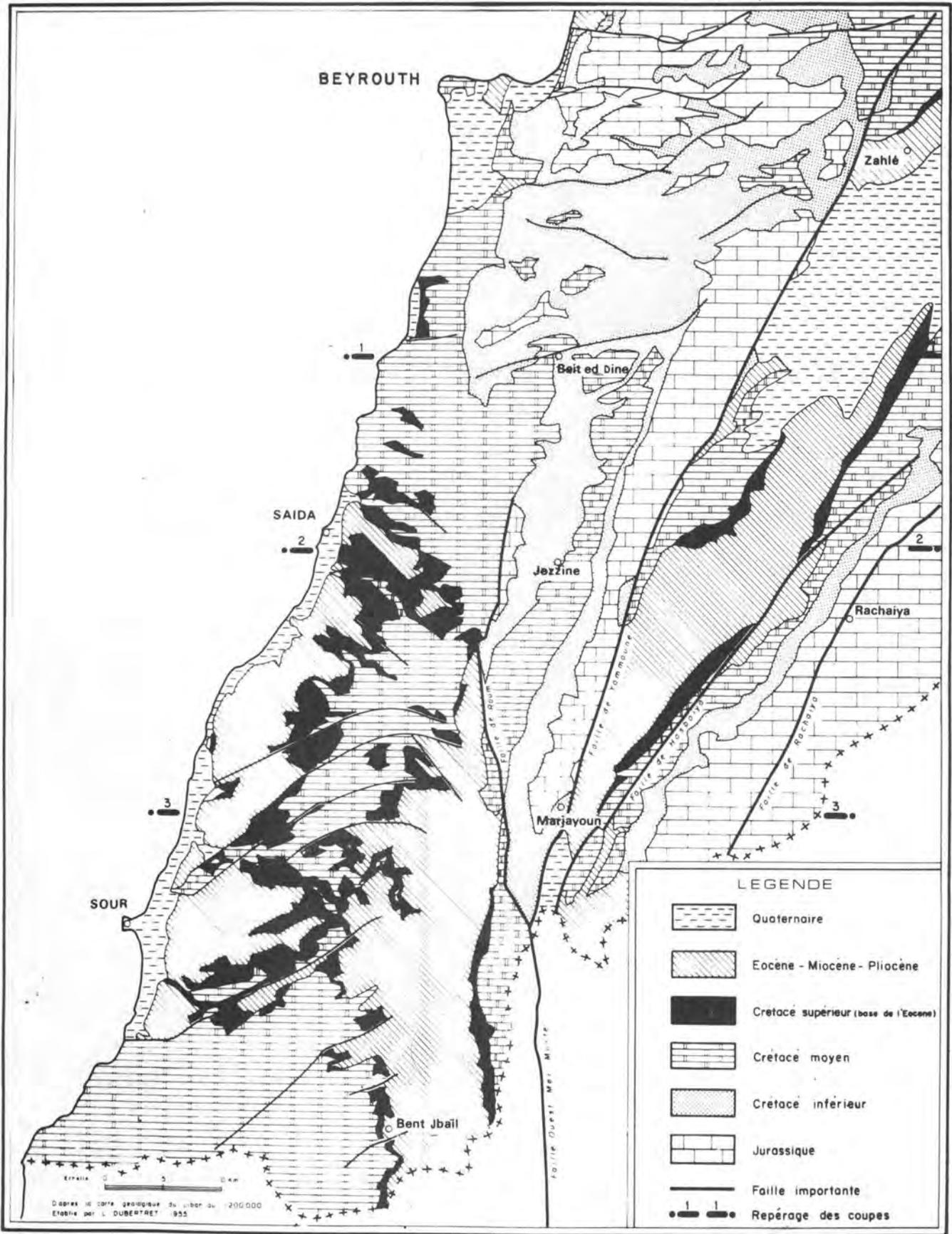
-  Plaines côtières
-  Zone au-dessus de 1000 m.
-  Zone au-dessus de 1500 m.

LES ENSEMBLES TOPOGRAPHIQUES

Figure 2

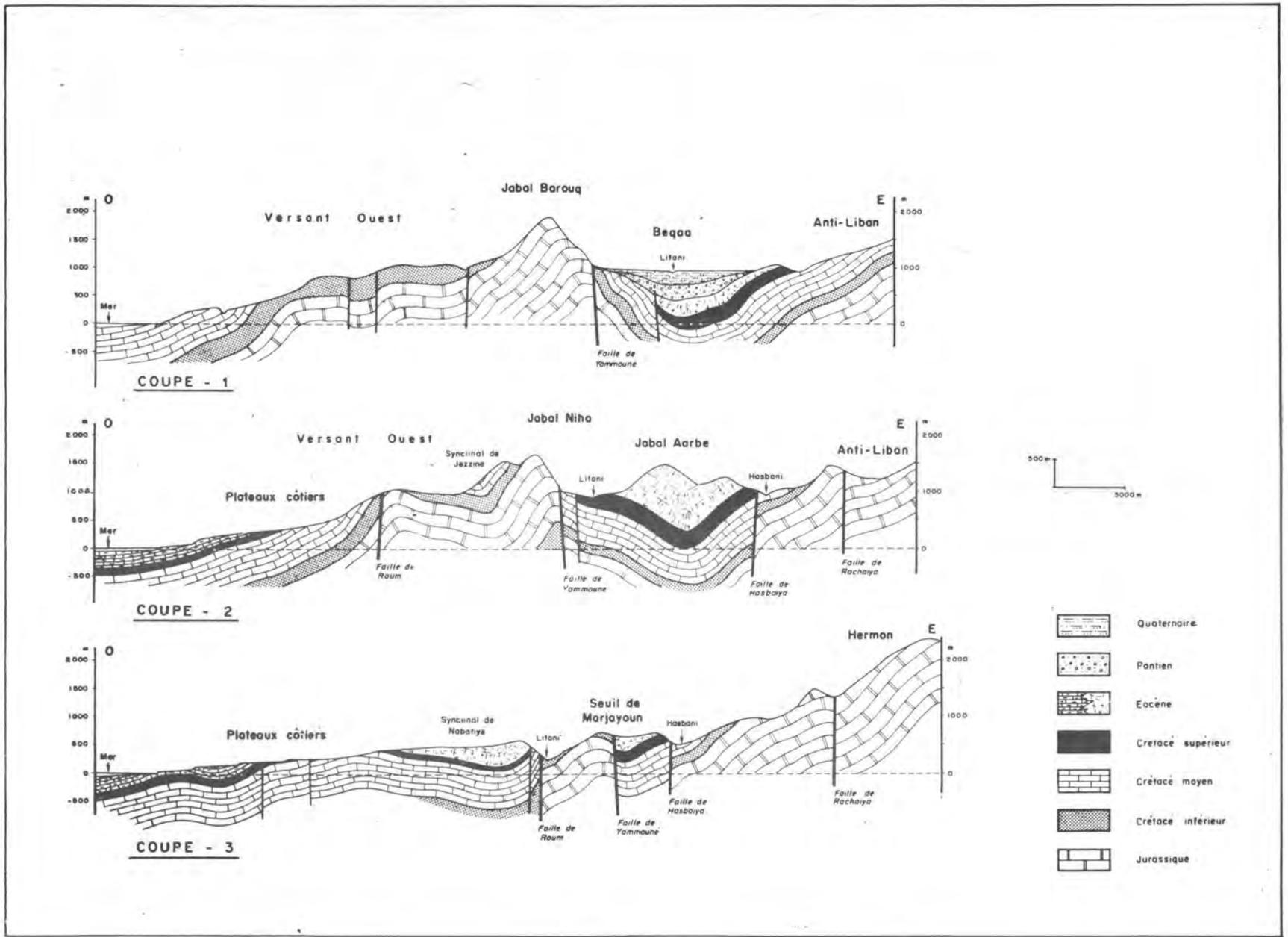






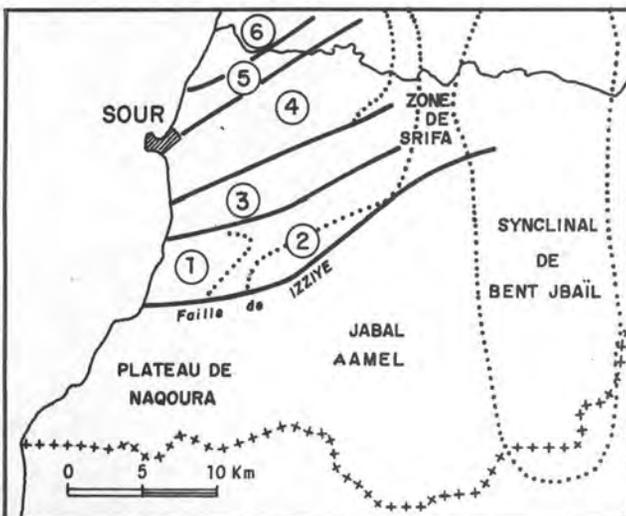
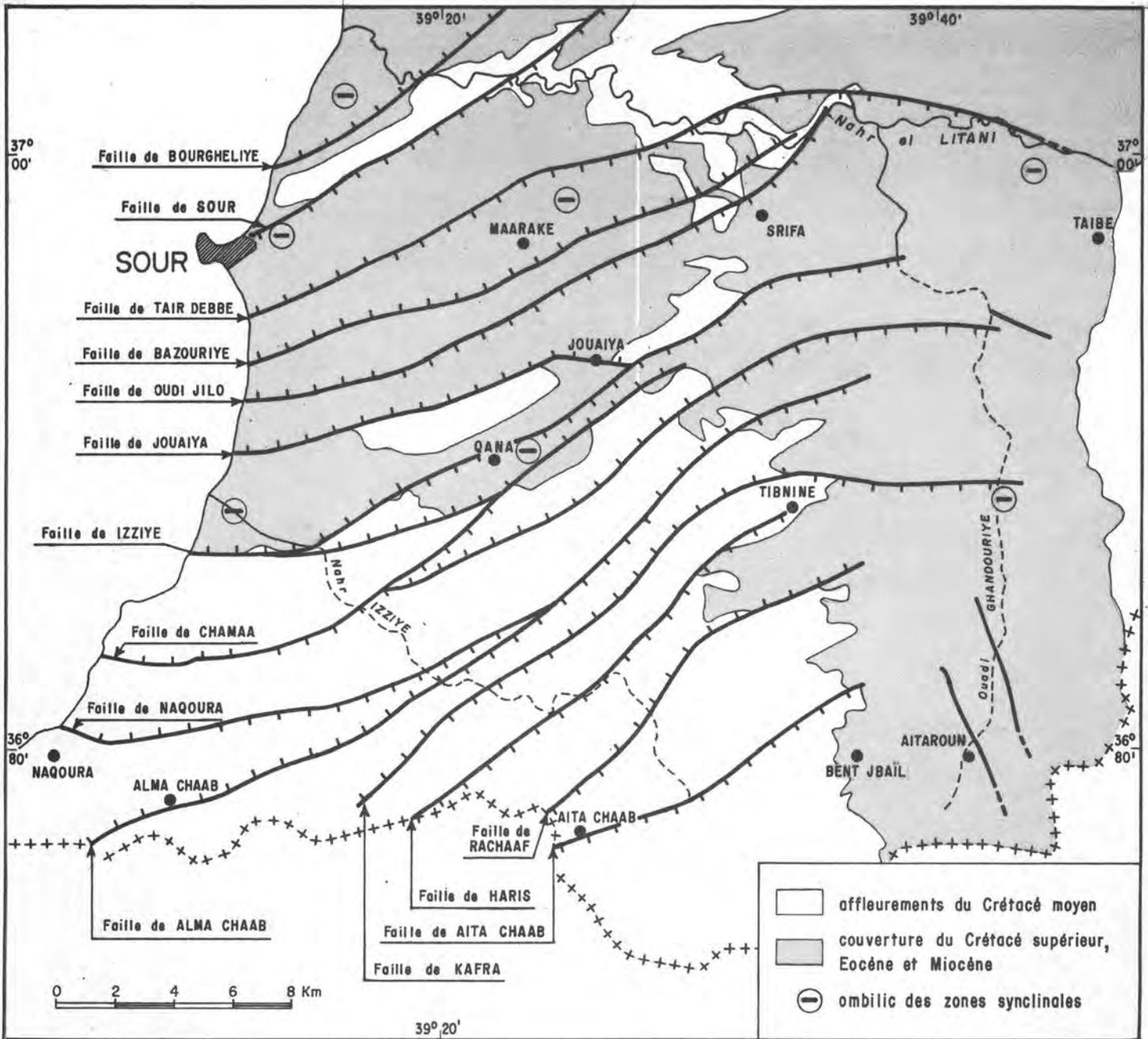
GÉOLOGIE RÉGIONALE

Figure 5



COUPES GÉOLOGIQUES

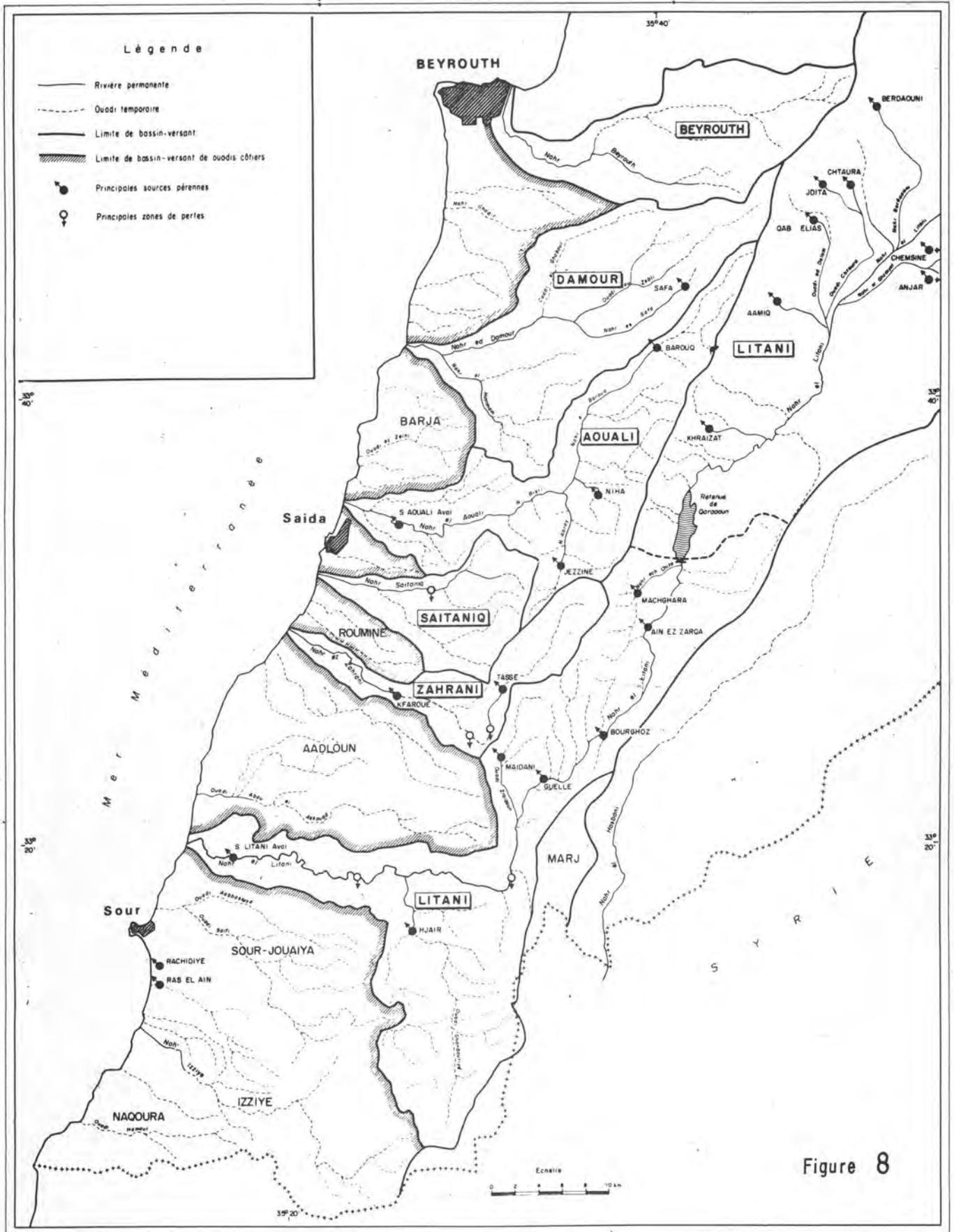
Figure 6

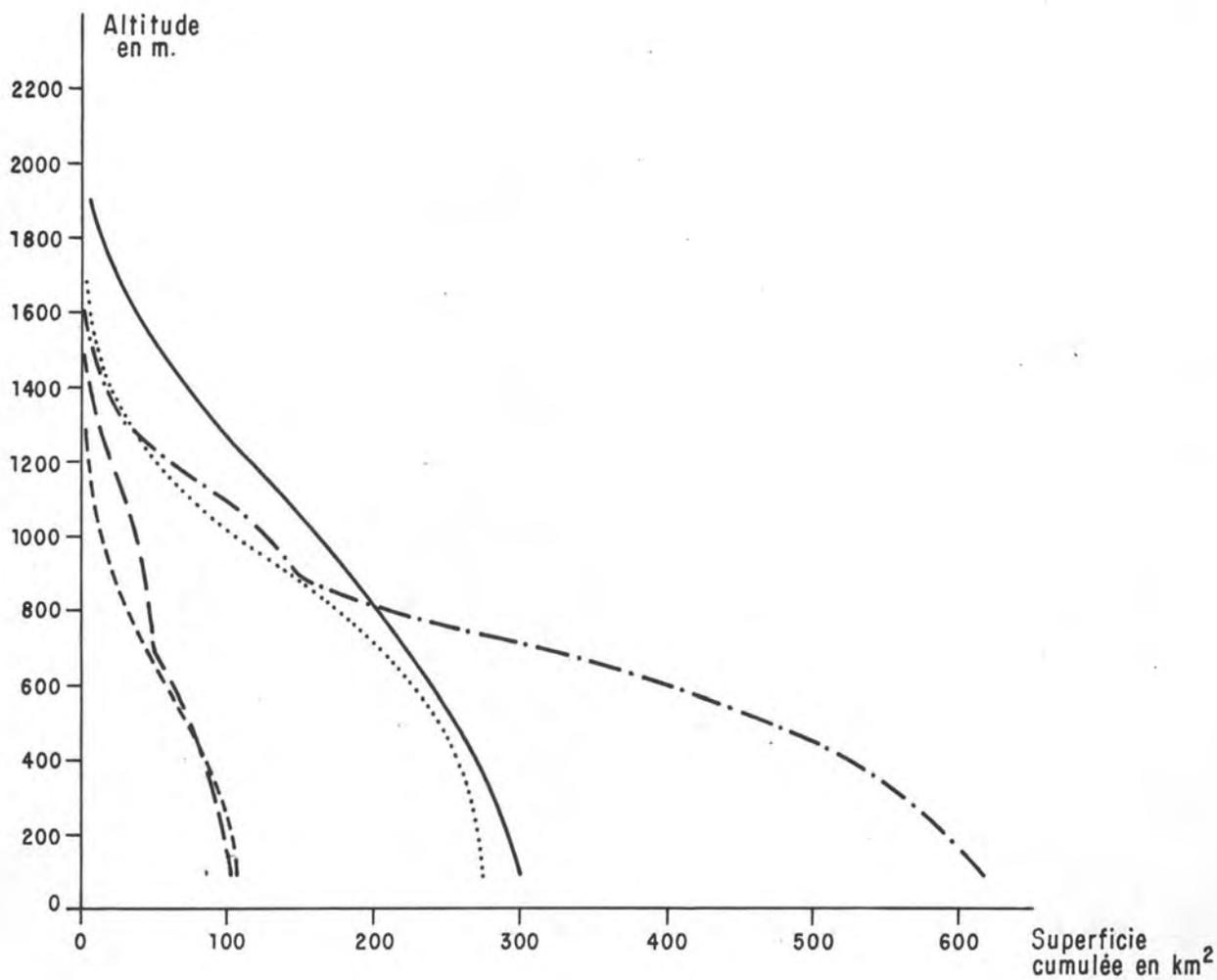


- ① Synclinal de Henniye
- ② Synclinal de Qana
- ③ Zone haute de Jouniya - Deir Qanoun
- ④ Synclinal de Maarake
- ⑤ Crête de Zrariye
- ⑥ Synclinal de Qasmiye

STRUCTURES DE LA RÉGION
SUD LITANI

Figure 7





Légende:

- Nahr Damour
- Nahr el Aouali
- Nahr Saitaniq
- Nahr ez Zahrani
- · - · - Nahr el Litani
aval Qaraoun

COURBES HYPSONOMETRIQUES
DES BV DU LIBAN SUD

