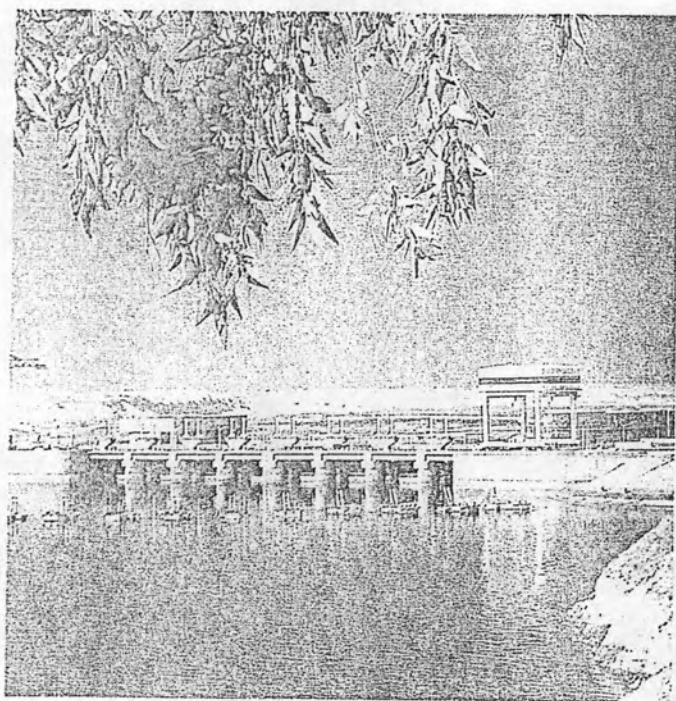


WATER
FROM DAMS
IN SYRIA



L'EAU
DES BARRAGES
EN SYRIE

Cover photograph : Tabqa dam, now called Euphrates dam
Photo de couverture : Barrage de Tabqa, appelé maintenant barrage de l'Euphrate

Earthfill dam/*Barrage en enrochement* :
Height/*Hauteur* : 60 m.
Crest length/*Longueur en crête* : 4 500 m.
Dam volume/*Volume du barrage* : 41.10^6 m³.

Reservoir capacity/*Vol. de la retenue* : 14.10^9 m³.
Reservoir area/*Surface de la retenue* : 641 km².
Powerstation/*Usine* : 800 MW.

WATER FROM DAMS IN SYRIA

L'EAU DES BARRAGES EN SYRIE

This brochure has been prepared by J. Cotillon, Secretary General, ICOLD, with assistance from the Syrian Committee on Large Dams and the Ministry of Irrigation of the Syrian Arab Republic, to coincide with the 61st Executive Meeting, Cairo, November 1993 and the Study Tour to Syria.

Cette brochure a été préparée par J. Cotillon, Secrétaire Général de la CIGB, avec la collaboration du Comité Syrien des Grands Barrages et du Ministère de l'Irrigation de la République Arabe Syrienne, à l'occasion de la 61^e Réunion Exécutive du Caire (novembre 1993) et de la Tournée d'Étude en Syrie.



INTERNATIONAL COMMISSION ON LARGE DAMS
COMMISSION INTERNATIONALE DES GRANDS BARRAGES

151, boulevard Haussmann - 75008 PARIS - FRANCE
Tél. : 33-1 40 42 54 38 - Fax : 33-1 40 42 60 71 - Télex : 641320 ICOLD F

© CIGB - 1993 - ISSN 0249-7565

ACKNOWLEDGEMENTS

I wish to express my sincere and warm appreciation to His Excellency A. R. Madani, Minister of Irrigation, and Mr. Barakat Hadid, Vice-Minister, Chairman and Vice-Chairman respectively of the Syrian Committee on Large Dams, Mr. S. E. Karadamur, Director of Dams at the Ministry, and to his assistant, Dr. A. Elamir, for their full and friendly assistance.

REMERCIEMENTS

J'adresse mes remerciements sincères et chaleureux à Son Excellence A. R. Madani, Ministre de l'Irrigation, M. Barakat Hadid, Vice-Ministre, respectivement Président et Vice-Président du Comité Syrien des Grands Barrages, à M. S. E. Karadamur, Directeur à ce Ministère, et à son assistant, Dr. A. Elamir, pour l'aide patiente et bienveillante qu'ils ont bien voulu m'accorder.

J. COTILLON

CONTENTS

SOMMAIRE

PREFACE	7	PRÉFACE	7
INTRODUCTION	9	INTRODUCTION	9
HISTORICAL BACKGROUND	10	RAPPEL HISTORIQUE	10
GEOGRAPHY	15	GÉOGRAPHIE PHYSIQUE	15
ECONOMY	23	ÉCONOMIE	23
DAMS IN SYRIA	27	LES BARRAGES EN SYRIE	27
EUPHRATES RIVER	35	L'EUPHRATE	35
GEOLOGICAL PROBLEMS FOR DAM CONSTRUCTION	51	PROBLÈMES GÉOLOGIQUES LIÉS A LA CONSTRUCTION DES BARRAGES	51
ANNEX : Dam Data		ANNEXE : Données pour quelques barrages.	
• Rastan Dam	54	• Barrage de Rastan.	54
• 16-November Dam	55	• Barrage du 16-Novembre	55

MAPS AND SKETCHES

1. Administrative Divisions of Syria.
2. The African Rift.
3. The Syrian Rift.
4. The Syrian Rift.
5. Geological Map of Syria.
6. Agricultural Settlement Zones.
7. Important Reservoirs.
8. Rate of Construction.
9. Euphrates : General Map.
10. Euphrates in Turkey.
11. Atatürk Dam : Cross Section.
12. Euphrates in Syria.
13. Tabqa Dam.
14. Euphrates in Iraq.
15. Rastan Dam.
16. 16-November Dam.

TABLES

- A. Irrigated Areas.
 - B. Geographical Distribution of Dams.
 - C. Distribution of Dams by Height and Capacity.
 - D. List of Reservoirs with Capacity $> 10 \text{ hm}^3$.
 - E. Major Rivers Comparable to Euphrates.
 - F. Development Projects on the Euphrates.
- Annex : Main Data on Rastan Dam
and 16-November Dam.

CARTES ET CROQUIS

1. Divisions administratives de la Syrie.
2. Le Rift africain.
3. Fossé syrien (partie sud).
4. Fossé syrien (partie nord).
5. Carte géologique de la Syrie.
6. Zones agricoles.
7. Principales retenues.
8. Cadence de construction.
9. L'Euphrate : Carte générale.
10. L'Euphrate en Turquie.
11. Barrage Atatürk : coupe transversale.
12. L'Euphrate en Syrie.
13. Barrage de Tabqa..
14. L'Euphrate en Irak.
15. Barrage de Rastan.
16. Barrage du 16-Novembre.

TABLEAUX

- A. Surfaces irriguées.
 - B. Répartition géographique des barrages.
 - C. Répartition des barrages par hauteur et capacité.
 - D. Liste des réservoirs d'une capacité $> 10 \text{ hm}^3$.
 - E. Les grandes fleuves comparables à l'Euphrate.
 - F. Les aménagements de l'Euphrate.
- Annexe : Principales données sur les barrages
de Rastan et du 16-Novembre.

TABLE OF CONTENTS

TABLE DES MATIÈRES

PREFACE	7	PRÉFACE	7
1. INTRODUCTION	9	1. INTRODUCTION	9
2. HISTORICAL BACKGROUND	10	2. RAPPEL HISTORIQUE	10
2.1. Ancient Syria	10	2.1. La Syrie antique	10
2.2. Syria under Arab Rule	10	2.2. La Syrie arabe	10
2.3. Syria under Ottoman Domination	11	2.3. La Syrie sous domination ottomane	11
2.4. Arab Revolt and French Mandate	11	2.4. La révolte arabe et le mandat français	11
2.5. Independence	12	2.5. L'indépendance	12
3. PHYSICAL GEOGRAPHY	15	3. GÉOGRAPHIE PHYSIQUE	15
3.1. Great Rift Valley	15	3.1. Le rift africain	15
3.2. Syrian Rift	15	3.2. Le fossé syrien	15
3.3. Natural Regions	19	3.3. Les régions naturelles	19
• Coastal Zone	19	• la zone côtière	19
• Mountains	19	• les montagnes	19
• Syrian Plateau	19	• le plateau syrien	19
3.4. Rainfall	21	3.4. La pluviométrie	21
3.5. Rivers	21	3.5. L'hydrographie	21
4. ECONOMY	23	4. ÉCONOMIE	23
4.1. Agriculture	23	4.1. Agriculture	23
4.2. Industry	25	4.2. Industrie	25
4.3. Electricity	26	4.3. Électricité	26
5. DAMS IN SYRIA (as of end 1992)	27	5. LES BARRAGES EN SYRIE (fin 1992)	27
5.1. Geographical Distribution	28	5.1. Répartition géographique	28
5.2. Geographical Distribution by Dam Height and Reservoir Capacity	28	5.2. Répartition par hauteur de barrage et volume de retenue	28
5.3. Breakdown by Reservoir Capacity	29	5.3. Répartition par volume de retenue	29
5.4. Breakdown by Dam Height	29	5.4. Répartition par hauteur de barrage	29
5.5. Dam Types	29	5.5. Types des barrages	29
5.6. Dam Purposes	33	5.6. Buts des barrages	33
5.7. Construction Rate and Development Prospects	33	5.7. Cadence de construction et perspectives de développement	33
6. EUPHRATES RIVER	35	6. L'EUPHRATE	35
6.1. Physical	35	6.1. Le fleuve	35
• Euphrates in Turkey	35	• en Turquie	35
• Euphrates in Syria	35	• en Syrie	35
• Euphrates in Iraq	36	• en Irak	36
• Hydrology and Climatology	36	• hydrologie, climatologie	36
• Euphrates and Other Great Rivers of the World ..	41	• l'Euphrate et les autres grands fleuves du monde ..	41
6.2. Hydro-Electric Schemes	43	6.2. Les aménagements hydroélectriques	43
• in Turkey	43	• en Turquie	43
• in Syria	43	• en Syrie	43
• in Iraq	47	• en Irak	47
6.3. International Agreements	49	6.3. Les accords internationaux	49
7. GEOLOGICAL PROBLEMS IN DAM CONSTRUCTION	51	7. PROBLÈMES GÉOLOGIQUES LIÉS A LA CONSTRUCTION DES BARRAGES	51
7.1. Karst	51	7.1. Karst	51
7.2. Basalt	51	7.2. Basalte	51
7.3. Gypsum	52	7.3. Gypse	52
7.4. Reservoir Silting	52	7.4. Alluvionnement des retenues	52
7.5. Constructional Materials	52	7.5. Matériaux de construction	52

PREFACE

PRÉFACE

Modern Syria has a land area of 185 180 km² and a population (1992) of 13 million, growing at a rate of 3.4 % p.a. This, and the limited water resources available for development make self-sufficiency in food a constant preoccupation.

Agriculture in this semi-arid region must rely on irrigation to succeed. Mr. Hafez Al-Assad, President of the Syrian Arab Republic, has publicly stated that every drop of water in the country must be utilized and, after the Corrective Movement he led in 1970, new impetus was given to development of irrigated farming and its water supply network.

Irrigated land area has doubled from 500 000 ha in 1970 to more than 1 150 000 ha. In addition to wells, springs and direct abstractions from rivers, there are now more than 122 large and small water supply dams with their associated delivery systems, and new regulations are being enforced to increase their yield and maximise the benefit to the nation. Living standards are rising as good quality domestic and drinking water is made available.

Efforts are continuing to expand the water supply sector to keep pace with the increasing number of people to be fed and clothed.

It is a pleasure for us to think this brochure will help those attending the field trip to Syria in November 1993, as well as general readers, to understand our achievements in water engineering and land reclamation over the past two decades. We wish to express our appreciation of the Secretary General's efforts in organizing this tour and his care in preparing this brochure.

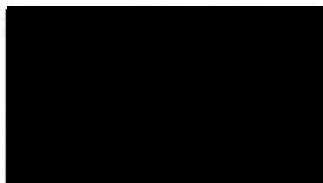
La Syrie actuelle a une superficie de 185 180 km²; en 1992, elle avait une population de 13 millions d'habitants qui s'accroît au rythme de 3,4 % par an. Les ressources en eau étant limitées, l'auto-suffisance dans le domaine agricole constitue une préoccupation majeure.

L'agriculture, dans cette région semi-aride, ne peut reposer que sur l'irrigation. Le Président de la République Arabe de Syrie, M. Hafez Al-Assad, a demandé que chaque goutte d'eau soit utilisée et, après le Mouvement Correctif qu'il a conduit en 1970, un nouvel élan a été donné à l'extension du domaine irrigable.

La surface irriguée a plus que doublé, passant de 500 000 ha en 1970 à 1 150 000 ha en 1992. En plus des puits, sources et prélèvements directs dans les rivières, il y a 122 barrages en service, petits ou grands, pour l'alimentation en eau, avec les ouvrages de distribution nécessaires; et la réglementation a été renforcée en vue d'en accroître le rendement pour le plus grand bénéfice du pays. Le niveau de vie augmente au fur et à mesure que s'accroît la disponibilité en eau potable et en eau pour les besoins domestiques.

Les efforts se poursuivent sans relâche pour que l'alimentation en eau aille de pair avec la croissance de la population.

Nous espérons que cette brochure aidera les participants à la tournée d'étude en Syrie, en novembre 1993, et tous les autres lecteurs, à mieux découvrir nos réalisations dans le domaine de l'eau et de l'aménagement du territoire au cours de ces vingt dernières années. Que le Secrétaire Général de la CIGB soit vivement remercié pour les efforts consentis à l'organisation de cette tournée et le soin apporté à la préparation de cette brochure.



A. R. MADANI

Minister of Irrigation/Ministre de l'Irrigation,
Chairman, Syrian Committee on Large Dams,
Président du Comité Syrien des Grands Barrages

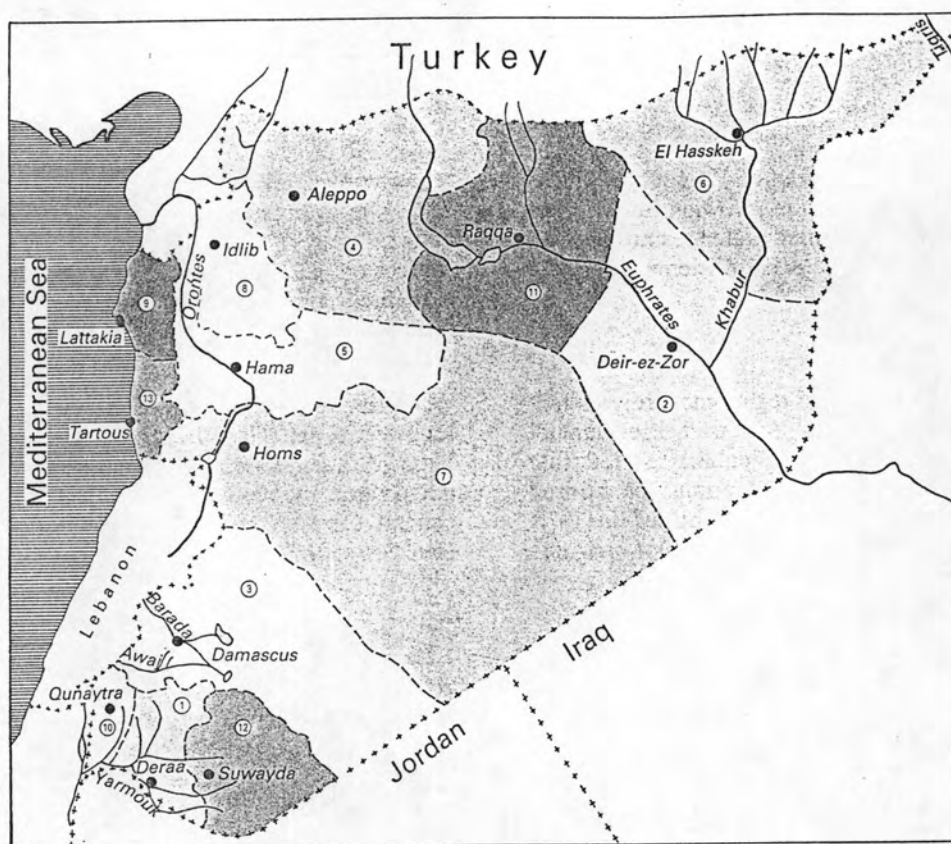


Fig. 1

Administrative divisions of Syria

Divisions administratives de Syrie

+++	International boundary.	+++	Frontière internationale.
---	Regional boundary.	---	Frontière régionale.
●	City.	●	Ville.
	River.		Rivière.
	Lake.		Lac.

Gouvernorats et municipalité	Chefs-lieux	Superficie	Population (estim. 1988)
GOVERNORATS			
1 - Dar'a (Dera)	Dera	3 730	479 000
2 - Dayr az-Zawr (Deir ez Zor)	Deir ez Zor	33 060	502 000
3 - Dimashq (Damas)	Damas	18 032	1 168 000
4 - Halab (Alep)	Alep	18 500	2 344 000
5 - Hamah (Hama)	Hama	8 883	919 000
6 - Al-Hasakah (El-Haseke)	El-Haseke	23 334	837 000
7 - Hims (Homs)	Homs	42 223	1 045 000
8 - Idlib	Idlib	6 097	748 000
9 - Al-Ladhiqiyah (Lattaquié)	Lattaquié	2 297	690 000
10 - Al-Qunaytirah (Quneitra)	Quneitra (Kounaitra)	1 861*	35 000
11 - Ar-Raqqa (Raqqah)	Raqqah	19 616	436 000
12 - As-Sumayda' (Es Suweidiya)	Es Suweidiya	5 550	248 000
13 - Tartus (Tartous)	Tartous	1 892	561 000
MUNICIPALITÉ			
Dimashq (Damas)	-	105	1 326 000
TOTAL		185 180	11 338 000

(*) Comprend le territoire du Golan internationalement reconnu comme faisant partie de la Syrie (situé entre la ligne d'armistice Israël-Syrie de 1949 à l'ouest et la zone de désengagement des forces des Nations Unies de 1974 à l'est), qui est occupé par Israël depuis 1967. L'annexion n'a pas reçu la reconnaissance de la communauté internationale.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

The Syrian Arab Republic lies at the crossroads between three continents - Asia, Europe and Africa.

It is bordered to the North and North-West by Turkey, to the East and South-East by Iraq, to the South-West by Jordan, and to the West (looking from South to North) mainly by Lebanon and the Mediterranean sea. Map 1 and accompanying Table show how it is divided up into 13 Governorates or Mohafazats.

The country covers an area of 185 180 km², twice the size of Portugal and half as big again as Greece, but this includes 110 000 km² of desert.

The 1992 population was around 13 million. Syria has been inhabited since ancient times and is currently experiencing a rapid population growth of 3.4 per cent annually (*), as illustrated from the following table:

1963	population 3.5 million
1970	population 6.3 million
1988	population 11.3 million
1993	population 13 million
2000	population 20 million

Half the population is under 15 years of age, the over-45's represent only 13 per cent. Nearly two-thirds are town-dwellers, with one Syrian in five living in Damascus or Aleppo. The 1992 population density was 70 per km², or 173/km² if desert areas are excluded. The largest cities are Damascus (2 824 000), Aleppo (2 677 000), Homs* (1 209 000), Hama (1 046 000) and Latakia (783 000).

The exodus from the towns is benefiting the newly irrigated areas of Ghab and Jazirah; emigration to the Gulf oilfields is now slight.

Syria used to suffer from a dramatic water shortage which has been considerably attenuated by a remarkable dam-building effort since 1970. Syria remains a mainly agricultural economy.

La République Arabe Syrienne est située à l'intersection de trois continents : l'Asie, l'Europe et l'Afrique.

Elle est bordée : dans son angle nord-ouest et au nord par la Turquie, à l'est et au sud-est par l'Irak, au sud-ouest par la Jordanie, à l'ouest (du sud au nord) notamment par le Liban et la Méditerranée. La carte n° 1 et le Tableau joint montrent le découpage administratif en 13 gouvernorats (mohafazats).

La superficie est de 185 180 km², soit deux fois celle du Portugal et une fois et demi celle de la Grèce, mais elle comporte 110 000 km² de désert.

La population était environ de 13 millions en 1992. Anciennement peuplée, la Syrie connaît actuellement une rapide croissance démographique : 3,4 % (*), comme l'atteste le tableau suivant :

1963	3,5 millions d'habitants
1970	6,3 millions d'habitants
1988	11,3 millions d'habitants
1993	13 millions d'habitants
2000	20 millions d'habitants

La moitié de la population a moins de 15 ans et les plus de 45 ans ne représentent que 13 %. Les deux tiers des Syriens vivent en ville : deux sur cinq habitent Damas ou Alep. La densité en 1992 était de 70 habitants/km², c'est-à-dire 173 habitants/km² hors du désert. Les villes principales sont Damas (2 824 000), Alep (2 677 000), Homs (1 209 000) (**), Hama (1 046 000) et Lattaquié (783 000).

L'exode vers la campagne profite aux nouvelles terres irriguées (Ghab, Djeziré); l'émigration vers le golfe pétrolier est maintenant très réduite.

La Syrie souffrait d'un manque dramatique d'eau que l'effort exceptionnel de construction de barrages depuis 1970 a considérablement atténué. La Syrie reste un pays essentiellement agricole.

(*)	Syria	Worldwide
Birth rate	42.00 ‰	26.00 ‰
Death rate	8.25 ‰	10.00 ‰
Growth rate	34.00 ‰	16.00 ‰

(**) Ancient Emesus.

(*)	Syrie	Monde
Taux de natalité	42,00 ‰	26,00 ‰
Taux de mortalité	8,25 ‰	10,00 ‰
Taux d'accroissement	34,00 ‰	16,00 ‰

(**) L'ancienne Émèse.

2. HISTORICAL BACKGROUND

2. RAPPEL HISTORIQUE

The geographical region known as Syria (the Land of the Hamites) covers an area of 300 000 km².

La région naturelle qui porte le nom de Syrie (Pays de Cham) s'étend sur 300 000 km² environ.

2.1. Ancient Syria

Its history begins in the second millenium before Christ. After the battle of Kadesh (1299 B.C.), it was ruled by the Hittites and Egyptians, then from 732 B.C., it was incorporated into the Assyrian and New Babylonian empires. It was conquered by Alexander in 332 B.C. and became a Roman province in 64 B.C. Rome and Parthia fought for it, as did Byzantium and the Sasanids (between 540 and 622 A.D.); Byzantium won it in 622 but kept it only a few years.

2.1. La Syrie antique

Son histoire commence au II^e millénaire. A partir de la bataille de Qadesh (- 1299), elle passe sous la domination partagée des Hittites et des Égyptiens, puis à partir de (- 732) sous celle des empires assyrien et néobabylonien; elle est conquise par Alexandre (- 332) puis devient province romaine en (- 64). Enjeu entre les mondes romain et parthe, puis entre les empires byzantin et sassanide (entre 540 et 622), elle redevient byzantine en 622, mais pour quelques années seulement.

2.2. Syria under Arab Rule

i) *The Omayyads (661-750 a.d.)*

Having overcome the Byzantine forces at Yarmuk, the Arabs took the country in 636 A.D., along with Iran and Egypt, and the Omayyads (661-750) made Syria and Damascus the centre of the Muslim empire. Syria trained innumerable functionaries in the administration of a highly centralised state. From this starting point, the founder of the Omayyad dynasty, Muawiyah, was to expand it until, 100 years later, it reached Poitiers in France (732 A.D.) and stretched from the Atlantic coast of Spain to the mouth of the Indus.

2.2. La Syrie arabe

i) *Les Omayyades (661-750)*

Les Arabes, vainqueurs des Byzantins sur le Yarmouk, conquièrent le pays en 636, ainsi que l'Iran et l'Égypte : les Omayyades (661-750) font de la Syrie et de Damas le centre de l'empire musulman. La Syrie possédait alors de nombreux fonctionnaires rompus aux choses de l'administration d'un état fortement centralisé. En s'appuyant sur ce pays, Moawiyya, fondateur de la dynastie, va permettre à l'empire Omayyade d'arriver, en 100 ans, jusqu'à Poitiers (732) et de couvrir un territoire s'étendant des côtes atlantiques espagnoles jusqu'à l'embouchure de l'Indus.

The continuing war with Byzantium and internal struggles was to weaken the last caliphs. The Moslem Abbasids were to rout the Qaysite army on the Great Zab in 750. From here onwards, Syria was to remain under the more or less oppressive yoke of foreign domination until its independence in 1918.

Mais la poursuite de la guerre contre Byzance, et surtout des luttes intestines, allaient affaiblir les derniers califes. Les Abbassides, musulmans, allaient mettre en déroute l'armée Qaysite sur le Zab en 750. A partir de ce moment-là, la Syrie ne cessa d'être soumise à la tutelle plus ou moins pesante de peuples étrangers jusqu'à son indépendance en 1918.

ii) *The Abbasids (750-1258)*

The Abbasids ruled from 750 to 1258 A.D. with Baghdad as their capital. It was an important period for the progress of science and civilisation in the region and beyond.

ii) *Les Abbassides (750-1258)*

Les Abbassides régnèrent de 750 à 1258, avec Bagdad comme capitale. Ce fut une période importante pour le développement de la science et de la civilisation dans la région et bien au-delà.

The Turks forged kingdoms in Northern Syria between 878 and 969 but were soon absorbed by the Byzantine Emperor although the Fatimids retained their foothold. The Seljuk Turks in the service of the Abbasids reconquered Syria except for the coastal plain in 1070 A.D.

Durant cette période, des Turcs fondèrent des royaumes dans le nord de la Syrie (878-969), bientôt recontrôlés par l'empereur de Byzance; néanmoins, les Fatimides réussirent à s'implanter. Mais d'autres Turcs, les Seldjoukides, au service des Abbassides reconquirent la Syrie, à l'exception de la zone côtière (1070).

It was the Seljuks and Fatimids whom the European Crusaders were to meet when they founded the Latin Kingdom of the East (1099*-1187**-1291***).

iii) Mamluks and Ayyubids (1250-1515)

The Mamluks and the Ayyubids (descendants of Saladin) took Egypt in 1250 and pushed their possessions to the Tigris. But the two Sultans of Syria quarrelled with their Egyptian uncle and allied themselves with the French; the combined Syrian and Frankish army was defeated in 1291 by Sultan al-Adil, with his 10 000 horsemen from Central Asia. Syria reverted to an Egyptian province for the next 25 years.

2.3. Syria under Ottoman Domination

In 1515, Syria was once more invaded, by the Ottoman Turkish army which had occupied the Anatolian plain since 1250 and destroyed the Byzantine Empire. The Mamluks were beaten and the Turks founded an empire embracing most of the Arab countries for four hundred years, although Lebanon managed to escape.

Turkish domination lasted from 1516 to 1918 apart from a new Egyptian episode in Syrian history from 1831 to 1840 (Mehemet Ali and his son Ibrahim Pasha) ending when Britain, Austria, Prussia and Russia decided to oppose Egyptian expansionism, with the support of France. Lebanon lost its independence in 1840 but was freed again in 1860.

2.4. Arab Revolt and French Mandate

Arab nationalist feeling was growing in Damascus, Beirut and Palestine around 1910, culminating in the Arab Revolt against the Turks in 1916-1918 with the aid of the British (Lawrence of Arabia), and in the Damascus Arab National Congress in 1919-1920. But the Sykes-Picot accord (1916) established the boundaries of French and British influence in the Middle East. In 1920, Faysal I, elected King of the Land of the Hamites (Syria, Lebanon and Palestine) was forced from power and the League of Nations awarded mandates to the British for Palestine, and the French for Syria and Lebanon (1920-1943); Britain set up a new dynasty in Iraq.

Other significant events were the frequent revolts in Syria, the ceding by the French of the Sanjak of Alexandretta (Iskenderun in the North-West corner of the country) to Turkey in 1939 and the arrival of British and Free French troops to expel the French Vichy forces.

* Jerusalem taken.
** Lost again.
*** Sidon (now Saïda) lost.

C'est aux Seldjoukides et aux Fatimides qu'alla s'opposer les Croisés, venus d'Europe, qui fondèrent sur la côte le Royaume Latin d'Orient (1099*-1187-1291***).

iii) Les Mamelouks et les Ayyubides (1250-1515)

Les Mamelouks et les Ayyubides (descendants de Saladin) s'emparent de l'Égypte en 1250 et étendent leurs possessions jusqu'au Tigre. Mais les deux sultans de Syrie, du nord et du sud, allaient se brouiller avec l'oncle égyptien et s'allier aux Français; l'armée syrienne fut vaincue en 1291 par le sultan Al-Adil avec 10 000 cavaliers recrutés en Asie Centrale. La Syrie repassait sous contrôle égyptien pour 25 ans.

2.3. La Syrie sous domination ottomane

En 1515, la Syrie fut envahie par une nouvelle armée, celle des Turcs ottomans, installés dès 1250 sur le plateau d'Anatolie, et qui venaient de détruire l'empire byzantin. Les Mamelouks furent battus et les Turcs fondèrent pour quatre siècles un empire qui incluait la plupart des pays arabes mais duquel le Liban parvint à s'échapper.

La domination turque dura de 1516 à 1918, mis à part un nouvel épisode égyptien dans l'histoire syrienne, entre 1831 et 1840 (Méhémet Ali et son fils Ibrahim Pacha), qui prit fin quand l'Angleterre, l'Autriche, la Prusse et la Russie intervinrent pour s'opposer à l'Égypte, soutenue par la France. Le Liban perdit son indépendance en 1840, mais la retrouva en 1860.

2.4. La révolte arabe et le mandat français

Un sentiment national arabe naît à Damas, à Beyrouth et à Jérusalem dans les années 1910 et s'incarne dans la « révolte arabe » contre les Turcs de 1916-1918 aux côtés des Britanniques (Colonel Lawrence), dans les Congrès nationaux arabes de Damas (1919-1920). Mais les accords Sykes-Picot (1916) ont délimité les zones d'influence de la France et de la Grande-Bretagne au Moyen-Orient : en 1920, Faysal I^{er}, élu roi du Pays de Cham (Syrie, Liban et Palestine), est chassé; la SDN (Société des Nations) confie un mandat aux Britanniques en Palestine, et aux Français en Syrie et au Liban (1920-1943), tandis que la Grande-Bretagne soutient une nouvelle dynastie en Irak.

A signaler aussi de nombreuses révoltes en Syrie, la cession, par la France, du sandjak d'Alexandrette (Iskenderun, angle nord-ouest de la Syrie) à la Turquie en 1939 et l'entrée des troupes anglaises et de la France Libre pour chasser les troupes françaises fidèles au gouvernement de Vichy.

* Prise de Jérusalem.
** Chute de Jérusalem.
*** Chute de Saïda, dernière citadelle côtière des Croisés.

2.5. Independence

General Cartroux declared the country independent in 1941 in the name of the Free French Republic. The French Syrian mandate expired in 1943-1944 and the last French and British troops were to leave in 1946.

Syria took part in the first Arab/Israeli war in 1948. Governments were unstable with repeated coups. Then in 1958, Egypt and Syria united to form the United Arab Republic, dissolved in 1961.

Two years later, the Baas Arab Socialist party came to power in the Revolution of 8 March 1963 and reinvigorated the nation, given new impetus by the Corrective Movement of 16-November 1970 led by Hafez Al-Assad (1970), President of the country since that date.

REFERENCES

- *Encyclopédie Universalis*.
- *Quid* 1992.
- *Guide Hachette Visa*.
- *Ministry of Irrigation, Directorate of Dams, Damascus*.

2.5. L'indépendance

Le Général Catroux, au nom de la France Libre, proclame en 1941 l'indépendance du pays. Le mandat français sur la Syrie prend fin en 1943-44. Les dernières troupes françaises et britanniques durent quitter le pays en 1946.

La Syrie participe à la première guerre israélo-arabe (1948). Les gouvernements sont instables et les putschs nombreux. Puis en 1958, l'Égypte et la Syrie s'unissent pour former la République Arabe Unie, qui est dissoute en 1961.

Deux ans plus tard, en 1963, le Parti Socialiste Arabe Baas prend le pouvoir (Révolution du 8 mars 1963) et redonne un nouvel essor au pays, amplifié après le « Mouvement Correctif » du 16-novembre 1970 qui fut conduit par le Président Hafez Al-Assad, Président de la République Arabe Syrienne depuis cette date.

RÉFÉRENCES

- *Encyclopédie Universalis*.
- *Quid* 1992.
- *Guide Hachette Visa*.
- *Ministère de l'Irrigation, Direction des Barrages - Damas*.

3. PHYSICAL GEOGRAPHY

3. GÉOGRAPHIE PHYSIQUE

It is impossible to discuss the physical geography of Syria and the extent of basalt cover without first describing the Syrian Rift, which is an extension of the Great Rift Valley.

This is a large downthrust 7000 km long stretching from Mozambique to the Anatolian plateau in Turkey and running through the East African lakes, Red Sea, Gulf of Aqaba and the Jordan Valley.

3.1. Great Rift Valley (Map 2)

The Great Rift Valley can be clearly seen in Kenya. It is 50 km wide, with lakes strung along it, and steep walls reaching up 600 m. It has given rise to volcanic activity, as evidenced by the thirty or so active or semi-active volcanoes along its length. Exploration began with the first mapping of the area in 1880 but the significance of the string of lakes in Tanzania, Kenya and Ethiopia was not understood until 1891 by a Viennese geologist who, on the basis of explorers' claims, postulated that the line joining Lake Nyassa in Tanzania to Jordan was a single fracture line. However, it was a young Scottish geologist, John Walter Gregory and his field surveys who was able to demonstrate, in 1893 - just one hundred years ago - that it was a massive downthrust between parallel faults, which he baptised the Great Rift Valley. Rift is the usual word for designating such features which are common around the world, although much smaller.

The Great Rift Valley culminates at an altitude of 1 800 m asl in Lake Naiwasha (Kenya) and dips 130 m below sea level in the Danakil depression at the edge of the Red Sea.

3.2. Syrian Rift (Maps 3, 4)

The Syrian rift comprises the Red Sea trench (*), Gulf of Aqaba, Wadi Arab valley, Dead Sea trench, Jordan Valley, Bekaa, Ghab and Amuk plains, and the Qarah Shuk valley. It is more recent than the Great Rift, and narrower, more winding, shallower (Map 3), and less persistent even though it runs very straight for 600 km in the South, and for the 200 km from Lake Tiberias to the Red Sea, it lies below sea level (the surface of the Dead Sea lies 400 m bsl, its bed at 800 m bsl).

From the Red Sea to Lake Tiberias, its Eastern boundary is a lifting of the Transjordanian plain rising

On ne peut pas présenter la géographie physique de la Syrie et traiter de l'étendue de la couverture de basalte, sans parler d'abord du fossé syrien, prolongement du Grand Rift africain.

L'ensemble est un grand fossé d'effondrement, long de 7 000 km, qui s'étend du Mozambique au plateau d'Anatolie en Turquie, en passant par les lacs de l'Est africain, la Mer Rouge, le golfe d'Aqaba et la vallée du Jourdain.

3.1. Le Rift africain (Carte 2)

Le Rift africain (The Great Rift Valley) apparaît clairement au Kenya : large de 50 km, parsemé de nombreux lacs, limité par des parois de 600 m de hauteur, cet effondrement a engendré une activité éruptive dont témoigne la trentaine de volcans en activité ou semi-activité qui le jalonne. L'exploration de la région ne commença qu'en 1880 par la cartographie, mais la signification de cet alignement de lacs en Tanzanie, au Kenya et en Éthiopie ne fut comprise qu'en 1891 par un géologue viennois (Autriche) qui, sur la base des récits d'explorateurs, émit l'hypothèse que la ligne qui joignait le lac Nyassa (Tanzanie) au Jourdain n'était qu'une seule et même ligne de fracture. Toutefois, c'est le jeune géologue écossais, John Walter Gregory, qui par ses relevés sur place put montrer en 1893 - il y a cent ans - qu'il s'agissait d'un effondrement en masse entre deux plans de fractures parallèles, auquel il donna le nom de Great Rift Valley, le mot « Rift » étant déjà utilisé pour désigner ce phénomène bien connu en d'autres points de la Terre, mais nulle part à une telle ampleur.

Le Rift africain est à une altitude de 1 800 m, au lac Naiwasha (Kenya); il plonge à - 130 m dans la dépression de Danakil, au bord de la Mer Rouge.

3.2. Le fossé syrien (Cartes 3 et 4)

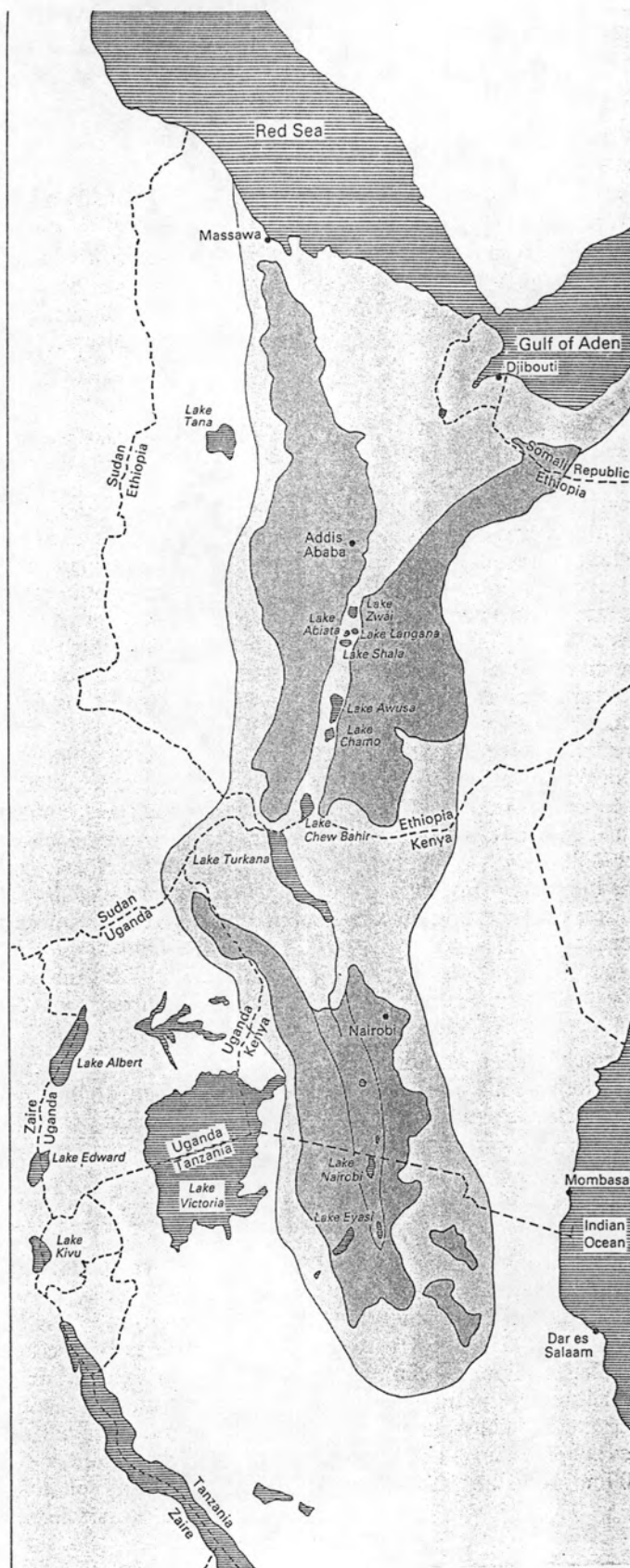
Le Rift syrien comprend le fossé de la Mer Rouge (*), le golfe d'Aqaba, la vallée de l'Ouadi Araba, le fossé de la Mer Morte, la vallée du Jourdain, les plaines de la Bekaa, du Ghab et de l'Amouk, et la vallée du Kara Sou. Il est plus récent que le Rift africain, plus étroit, plus sinueux, moins profond (carte 3), moins continu, bien qu'il soit très rectiligne au sud, sur 600 km et qu'au nord, sur 200 km, du lac de Tibériade à la Mer Morte, il soit au-dessous du niveau de la mer (- 400 m à la surface de la Mer Morte; - 800 m au fond de cette mer).

De la Mer Rouge jusqu'au lac de Tibériade, il est limité à l'est par un relèvement du plateau de Trans-

(*) The Red Sea dates from the end of the Pliocene (Late Tertiary).

(*) La Mer Rouge date de la fin du Pliocène (fin du Tertiaire).

Fig. 2
The African Rift
Le Rift africain



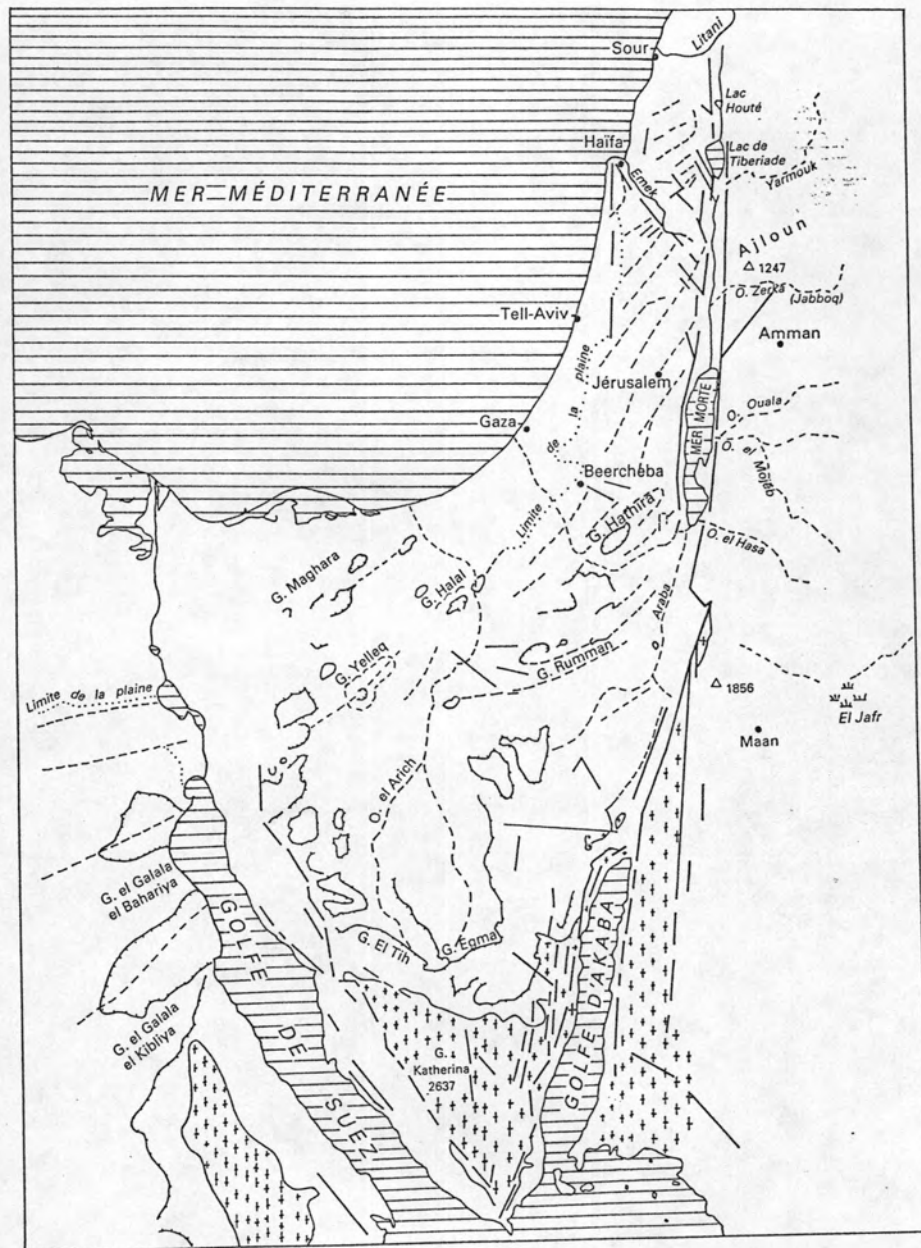


Fig. 3

The Syrian Rift (southern part). Structural sketch
Le fossé syrien (partie sud). Croquis structurel

—	Fault.	—	Faill.
- - -	Fold axis.	- - -	Axe anticlinal.
	Mound.		Mont.
	Escarpment.		Escarpement.
	Valley.		Combe.

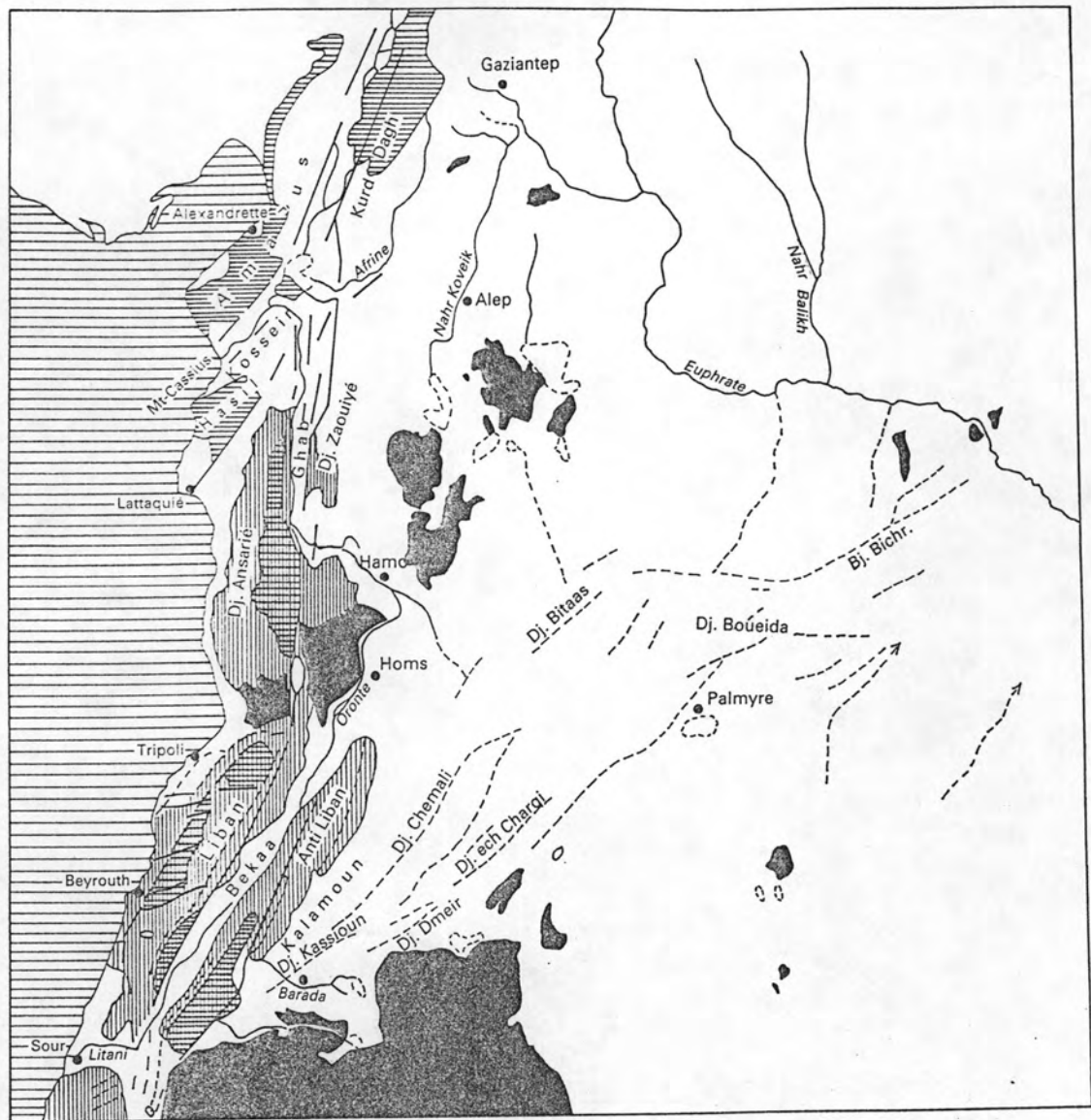
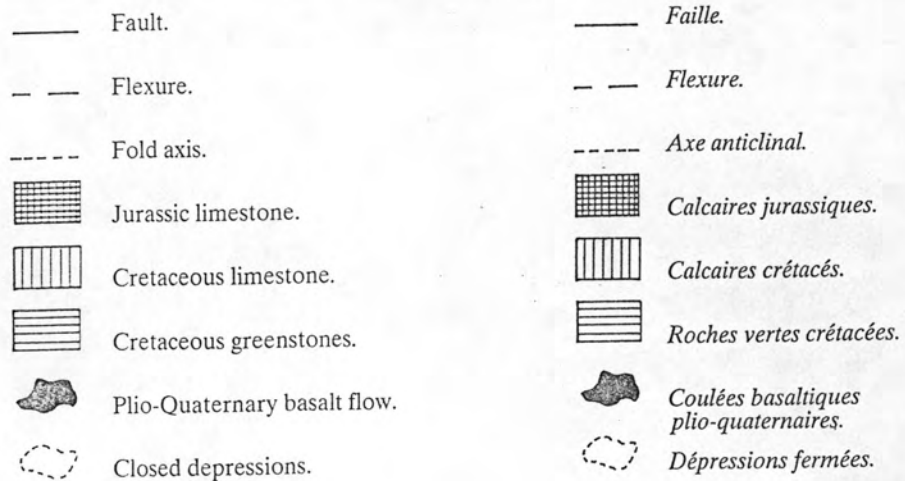


Fig. 4

The Syrian Rift (northern part), structural sketch
Le fossé syrien (partie nord), croquis structural



1 500 m above the Dead Sea; its Western boundary is formed by the Palestinian plains, Judaea, Samaria and Galilee, slightly folded but lying several hundred metres lower than the upturned edge of the Transjordanian plateau.

North of Lake Tiberias, after Mount Gharbi (1 503 m asl) which marks the end of the Jordan depression, there is a complete change: Bekaa is a less typical trench than the Jordan trench but it is bordered to the West by the high mountains of Lebanon rising to 3 088 m in the North (Kornet es Saouda) and to the East by the Harramoon range (*) (2 814 m) and Anti-Lebanon (2 629 m at Talaat Moussa) which are completely different from the upraised edge of the Transjordanian plateau.

Bekaa plain is drained by two rivers running either side of the Balabakk sill – the Litani flowing Southward and emerging into the sea at the Southern end of the Lebanon chain near the port of Tyre, and the Orontes which flows North towards Syria.

The Homs-Tripoli gap – a basalt saddle at 600 m altitude, and which is the site of the Kraak des Chevaliers – interrupts the Bekaa plain and the Lebanon range, which extends into Syria as the Coastal Chain (**); the Syrian trench re-appears farther North in the Ghab Depression, but its Eastern edge, Mount Zawiyah, is only an uplifted remnant of the Syrian platform, not rising higher than 1 000 m. The Coastal Chain reaches 1 729 m in the North where a steep slope rises 1 300 m above the Ghab, itself 400 m asl.

To the North, the Syrian trench continues along the Amuk and Qarah Shuk valley but the folds here already belong to the Taurus and Anti-Taurus, an extension of the Cyprus range.

Lebanon, Anti-Lebanon and Coastal Range emerged in the Middle Eocene, in the early Tertiary.

In Syria, the folds diverge from Mount Harramoon towards the North-East: Mount Kassiun above Damascus, and Mounts Dmeir and ash-Sharqi extending to Palmyra. From the Anti-Lebanon diverge Mounts Oustani and Chemali, Bilaas, Bouedia and Bichri.

Volcanic flows of basalt are strung along the edge of the Rift. In Syria, they are confined to the Eastern edge.

(i) Firstly, there is the vast volcanic region South of Damascus with its scattered cones, then the vast Hawran plain centred on Jabal Arab (***), an elliptical dome culminating at 1 799 m at Tal Guine; the lava flows are 1 100 m to 1 200 m thick, which is unusual. The Yarmuk has cut deeply into the basalt and under-

jordanie, qui domine la Mer Morte de 1 500 m, et à l'ouest par les plateaux palestiniens, Judée, Samarie et Galilée, légèrement bombés mais situés à une altitude inférieure de plusieurs centaines de mètres au bord relevé du plateau de Transjordanie.

Au nord du lac de Tibériade, après le mont Gharbi (1 503 m), qui interrompt la dépression du Jourdain, tout change: la Bekaa est un fossé moins typique que celui du Jourdain mais elle est bordée à l'ouest par un puissant massif montagneux, le Liban, qui culmine au nord à 3 088 m (Kornet es-Saouda), et à l'est par les massifs de l'Hermon (*) (2 814 m) et de l'Anti-Liban (2 629 m au Talaat Moussa), qui n'ont plus rien à voir avec le bord soulevé du plateau de Transjordanie.

La plaine de la Bekaa est drainée par deux fleuves qui divergent de part et d'autre du seuil de Baalbekk: le Litani qui coule vers le sud et s'échappe vers la mer à l'extrémité sud de la chaîne du Liban, en face du port de Sour; l'Oronte, qui coule vers le nord, vers la Syrie.

La trouée Homs-Tripoli – ensellement basaltique à 600 m d'altitude – où se trouve le Krak des Chevaliers – interrompt la plaine de la Bekaa et la chaîne du Liban; celle-ci se prolonge en Syrie par la Chaîne Côtière (**); le fossé syrien réapparaît plus au nord dans le Ghab, mais sa bordure orientale, les monts Zawiyé, n'est plus qu'un fragment relevé de la plateforme syrienne qui ne dépasse pas 1 000 m en altitude. La Chaîne Côtière peut atteindre 1 729 m au nord où elle domine par un abrupt de 1 300 m le Ghâb, situé à 400 m d'altitude.

Au nord, le fossé syrien se poursuit dans l'Amouk et la vallée du Kara Sou, mais les plis font déjà partie du domaine Taurique (Taurus et Anti-Taurus) et prolongent ceux de Chypre.

Liban, Anti-Liban, Chaîne Côtière, furent émergés pendant l'Éocène moyen, c'est-à-dire au début du Tertiaire.

En Syrie, des plis divergent de l'Hermon vers le nord-est: le mont Kassioun au-dessus de Damas, les monts Dmeir et Ech Charqi prolongés jusqu'à Palmyre. De l'Anti-Liban divergent les monts Oustani et Chemali, Bilaas, Bouéida et Bichri.

Des coulées volcaniques (basaltes) jalonnent le bord du Rift. En Syrie, elles sont limitées à la bordure orientale.

(i) Il y a d'abord la vaste région volcanique du sud de Damas, parsemée de cônes, puis la vaste plaine du Hauran dont le cœur est le « Djebel Arab » (***). Celui-ci est un dôme elliptique qui culmine à 1 799 m (Tell Guiné) et les laves y ont une épaisseur inaccoutumée de 1 100 m à 1 200 m. La vallée du Yarmouk

(*) The Yarmuk river leaves the Syrian plateau at the Southern end of the Harramoon chain and enters Jordan just below Lake Tiberias.

(**) Formerly Jabal Ansaryah.

(***) Formerly Jabal Druze.

(*) Le Yarmouk s'échappe du plateau syrien à l'extrémité sud de la chaîne de l'Hermon et rejoint le Jourdain à l'aval immédiat du lac de Tibériade.

(**) Anciennement Djebel Ansaryé.

(***) Anciennement Djebel Druze.

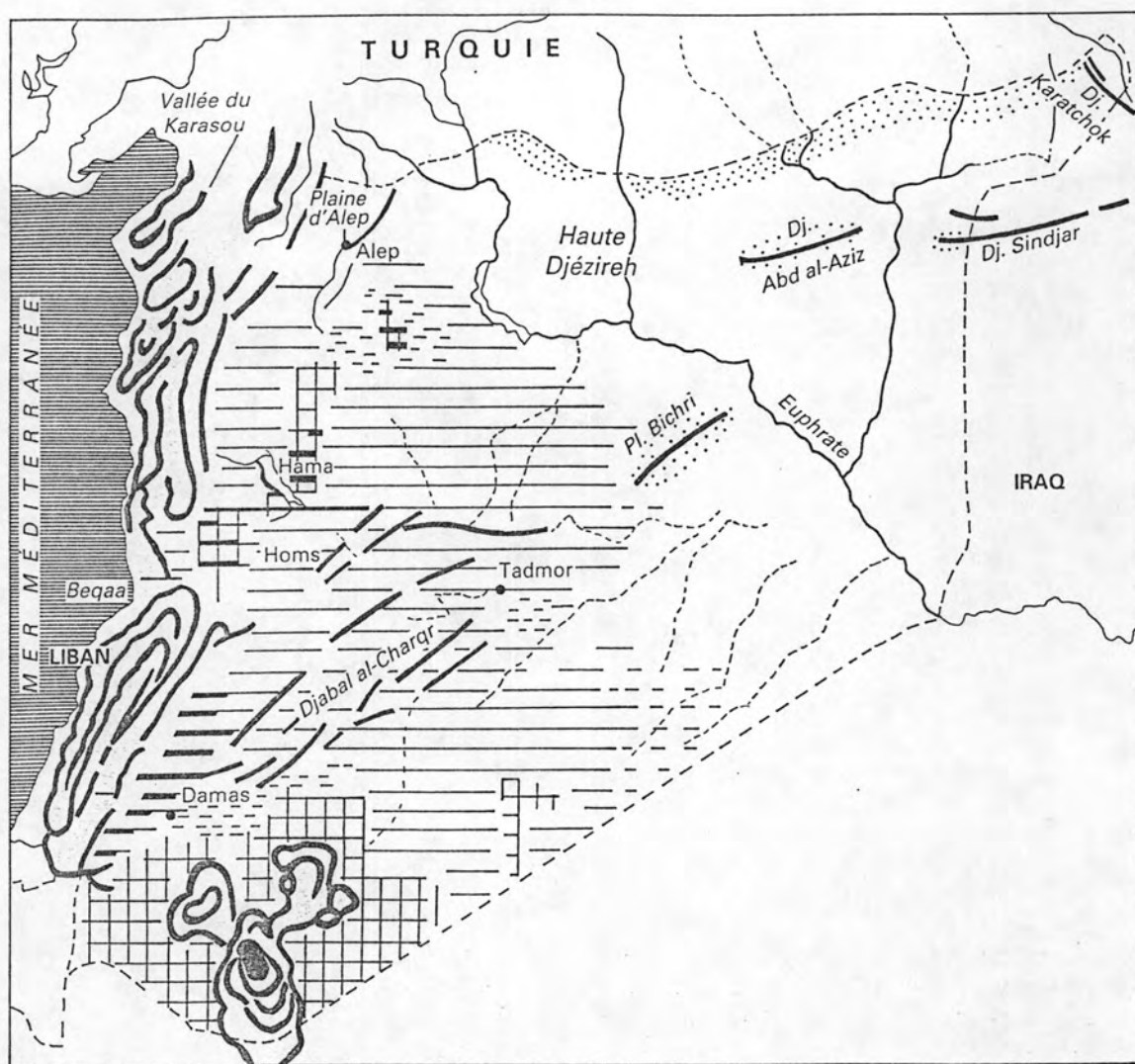


Fig. 5
Geological map of Syria
Carte géologique de la Syrie

VOLCANIC ZONES

Volcanic range



Lava plateau



FOLDED ZONE

Basement block (metamorphic schists) overlain with Primary sediments



Dome in overlying limestone



Cretaceous greenstones intrusion



ZONES VOLCANIQUES

Massif volcanique

Plateau de lave

ZONE PLISSÉE

Bloc du socle (schistes métamorphiques) couvert de sédiment primaires

Bombement dans la couverture calcaire

Intrusion de roches vertes d'âge crétacé

PLATEAUS

Limestone plateau
Upturned, folded and faulted edge



Continental deposit



Coastal plain and rift



Folded overlying Limestone



Outwash fan



Wetlands



Fault



PLATEAUX

Plateau calcaire
Rebord soulevé, plissé et faillé

Dépôts continentaux

Plaine côtière et fossé d'effondrement

Plis de couverture dans les terrains calcaires

Cônes de déjection

Zone marécageuse

Faïlle

lying limestone, forming gorges 200-300 m deep. The basalt here is only about fifty metres thick.

(ii) There are other basalt flows visible in Syria, sometimes small and isolated, at other places, very extensive although without the cones being visible, as in the Homs-Tripoli gap, South of Aleppo and at Jazirah bordering the Khabur river.

The period of greatest activity was the Pliocene (Late Tertiary) but it persisted into the Quaternary and perhaps into prehistoric times. The Syrian-Transjordanian basalt flows are the largest in the Middle East. In Syria, they represent one-quarter of the area of the country.

3.3. Natural Regions (Map 5)

Three large natural regions can be identified in Syria.

3.3.1. Coastal Zone

The Western coastal zone in the Northern half of the country is 173 km long, comprising a narrow coastal plain and the Coastal Range rising to 1 755 m asl at Mount al-Akraa. It has a Mediterranean climate with mild wet winters and hot dry summers. This is where population density is greatest.

3.3.2. Mountains

The mountain region comprises the Coastal Chain, which are an extension of the Lebanon chain, and the whole Eastern flank of Harramoon (2 814 m) and Anti-Lebanon (2 629 m), together with Mount Arab (1 799 m). The mountains spreading out from Harramoon and Anti-Lebanon up to and beyond Palmyra must also be mentioned.

3.3.3. Syrian Plateau

The great Syrian plateau, an extension of the Arabia platform, covers nearly the whole country. The crystalline basement is overlain in the West by Cretaceous limestones (Late Secondary) but in the Euphrates valley and at Jazirah, Miocene/Pliocene (Late Tertiary) limestones lie at the surface. These limestones are largely overlain in the Hawran plain South of Damascus and in the North-West and North-East by vast basalt deposits (3.2 above).

The plateau dips from 700 m asl at its Western edge along the Anti-Lebanon and Zawiya mountains, to 200-300 m asl in the depression in which the Euphrates flows. The centre of the plateau with little rainfall forms the Syrian desert.

Looking from South to North, one finds the Deraa plain, Damascus plain - a miraculous oasis watered by

entaille profondément la couverture de basalte et le soubassement calcaire (gorges de 200 à 300 m de profondeur); l'épaisseur de basalte n'y est plus que d'une cinquantaine de mètres.

(ii) D'autres coulées de basaltes sont visibles en Syrie, tantôt isolées et modestes, tantôt fort étendues sans que des cônes soient visibles, comme celles de la trouée Homs-Tripoli, celles du sud d'Alep et celles du Djéziré qui bordent la rivière Khabour.

La période de plus grande activité fut le Pliocène (fin du Tertiaire), mais elle s'est poursuivie au Quaternaire et peut-être jusqu'à la préhistoire. Ces épanchements basaltiques de Syrie-Transjordanie sont les plus étendus du Moyen-Orient. En Syrie, ils représentent un quart de la superficie du pays.

3.3. Les régions naturelles (Carte 5)

On peut distinguer trois grandes régions naturelles :

3.3.1. La zone côtière

Située à l'ouest, dans la moitié nord du pays, elle est longue de 173 km et comprend une plaine côtière étroite et la Chaîne Côtière, qui culmine à 1 755 m au mont Al Akraa. Le climat est méditerranéen : les hivers sont doux et pluvieux, les étés chauds et secs. C'est là que se trouve la plus grande densité de population.

3.3.2. Les montagnes

La zone montagneuse est constituée par la Chaîne Côtière qui prolonge la chaîne du Liban et tout le versant oriental du massif de l'Hermon (2 814 m) et de l'Anti-Lebanon (2 629 m), ainsi que le djebel Arab (1 799 m). Il faut mentionner également toutes les chaînes qui divergent de l'Hermon et de l'Anti-Lebanon et s'étendent jusqu'à Palmyre et au-delà.

3.3.3. Le plateau syrien

Le grand plateau syrien, prolongement de la plateforme d'Arabie, occupe la presque totalité du pays. Le socle cristallin est recouvert à l'ouest par les calcaires du Crétacé (fin du Secondaire); en revanche, dans la vallée de l'Euphrate et le Djéziré, ce sont les calcaires du Néogène (fin du Tertiaire) qui forment la couche supérieure. Une grande partie de ce calcaire est recouverte au sud de Damas (plaine du Hauran), dans le nord-ouest et le nord-est, par de vastes dépôts basaltiques (§ 3.2).

Le plateau s'incline de l'altitude 700 m à sa bordure ouest contre l'Anti-Lebanon et les monts Zawiya, à 200-300 m dans la dépression où coule l'Euphrate. Tout le centre du plateau, faiblement arrosé, forme le désert syrien.

On distingue du sud au nord les plaines du Hauran (entre Deraa et Damas), de Damas, miraculeuse oasis

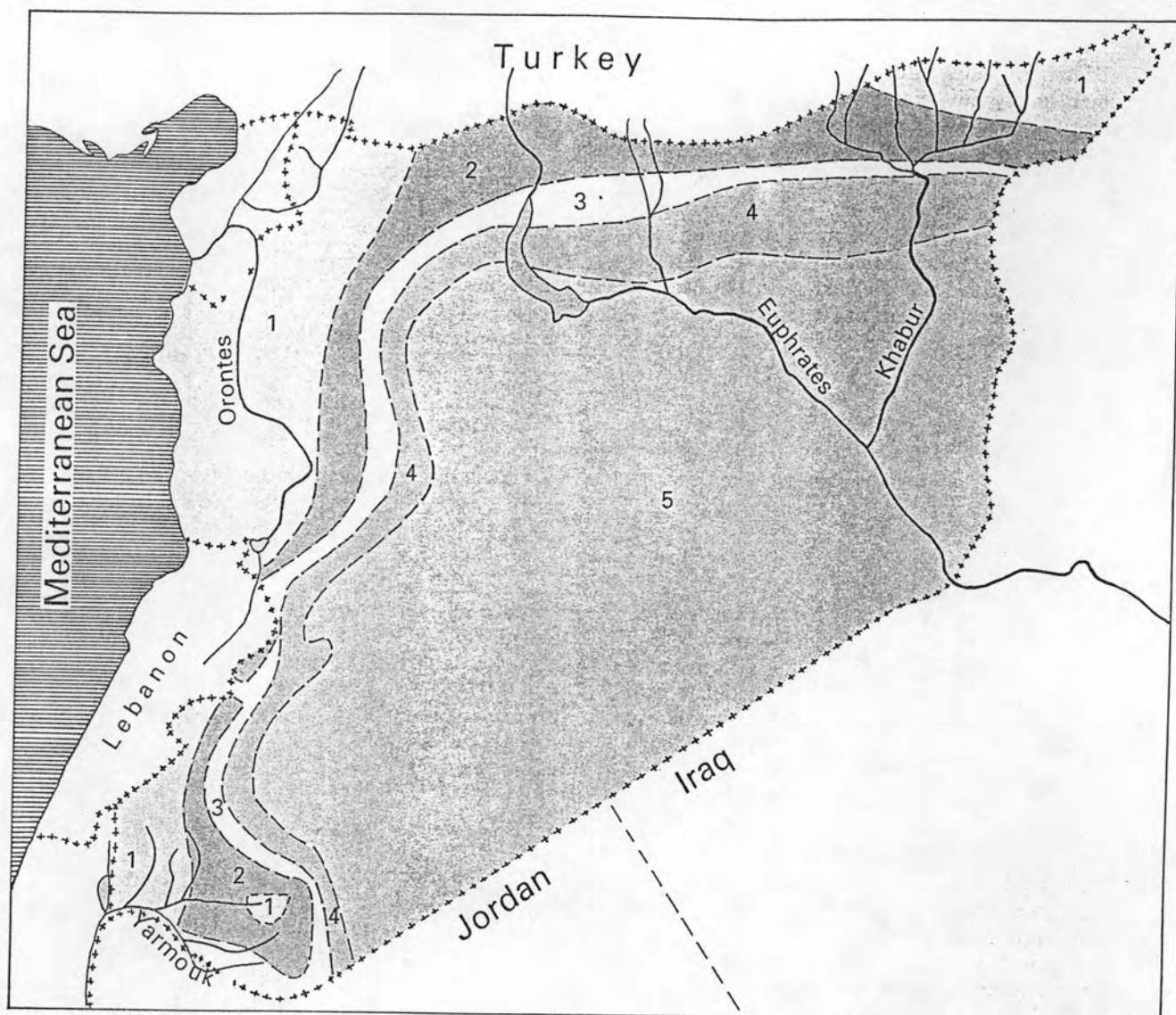


Fig. 6

Agricultural settlement zones (based on the precipitation)
Zones agricoles (basées sur la pluviométrie)

- | | |
|------------------------------|--------------------------------|
| 1) First zone. | 1) Première zone. |
| 2) Second zone. | 2) Deuxième zone. |
| 3) Third zone. | 3) Troisième zone. |
| 4) Fourth zone. | 4) Quatrième zone. |
| 5) Fifth zone. | 5) Cinquième zone. |
| +++++ International Boundary | +++++ Frontière internationale |
| ----- Zone boundary | ----- Limites des zones |
| ~~~~~ River | ~~~~~ Rivière |

a perennial river, the Barada (*), the large Ghab plain and slightly farther East, separated by the Zawayah limestone mountains, the plains of Homs, Hama and Aleppo, then the Jazirah plain in the North-East.

The Cretaceous limestones are highly karstic and the growth of the basalt flows, allied to the presence of gypsum, raises serious problems for dam builders (see Chapter 7).

3.4. Rainfall

There are five agricultural settlement zones in Syria on the basis of rainfall (Map 6).

First zone: more than 350 mm rainfall per year (coastal zone).

Second zone: more than 250-350 mm, never less than 250 mm in two-thirds of the years of record.

Third zone: 250 mm for at least half of the years on record.

Fourth zone: 200-250 mm, more than 200 mm for at least half the years on record.

Fifth zone: less than 200 mm rainfall for more than half the years on record (desert and steppe areas).

The Arab Tower station in the coastal zone holds the record for greatest annual rainfall 1 073 mm, greatest monthly rainfall 350 mm (in February), greatest daily rainfall 70 mm (on 13 February).

Map 6 traces the boundaries of this fertile crescent which describes a circular curve around the Northern edge of the Syrian desert. It is a steppe area covering 60 000 km² (about one-third of the country's total land area) whose fertility is dependent on unreliable precipitation.

3.5. Rivers

The major rivers in Syria are :

- Euphrates flowing from Turkey and afterwards entering Iraq (see Chapter 6); it has two large tributaries entering from the left bank, the Balikh (116 km) and Khabur (442 km) with numerous ramifications in the catchment farther upstream;

- Orontes (571 km) rising in Lebanon, North of the Balabakk sill, at an altitude of 920 m asl, from a large (40 m³/s) spring. It is still not known why the highest flow occurs in summer. It flows North in the Bekaa plain, arrives in Syria where it comes up against the basalt bodies at Homs-Tripoli and then, farther East, at Hama where it crosses Antakya (Antioch) and reaches the Mediterranean near Samandaz in the Iskenderun (Alexandrette) sanjak.

(*) It is perennial due to the Harramoon limestone mountains, like the Jordan. The Damascus oasis is covered with orchards and windbreaks of pine and poplar. It is a favourite picnic site and playground for Damascenes.

arrosée par une rivière pérenne (le Barada) (*), la grande plaine du Ghâb et un peu plus à l'est, séparées par le massif calcaire du Zawiyé, les plaines d'Homs, d'Hama et d'Alep, puis du Djeziré dans le nord-est.

Les calcaires du Crétacé, très largement karstifiés, et le développement des coulées de basalte posent, avec le gypse, des problèmes de construction pour les barrages (voir chapitre 7).

3.4. La pluviométrie

La Syrie est divisée en cinq zones agricoles, en fonction de la pluviométrie (carte 6) :

Première zone : la lame d'eau tombée est supérieure à 350 mm/an (région côtière).

Deuxième zone : les pluies excèdent 250-350 mm; elles ne sont pas inférieures à 250 mm dans les deux-tiers des années observées.

Troisième zone : les pluies ne sont plus que de 250 mm pour au moins la moitié des années observées.

Quatrième zone : les pluies sont de 200-250 mm et supérieures à 200 mm pour au moins la moitié des années observées.

Cinquième zone : les pluies sont inférieures à 200 mm pendant plus de la moitié des années observées (région du désert et des steppes).

La station de la Tour Arab, dans la région côtière, a enregistré la plus grande quantité de chute annuelle (1 073 mm), la plus grande quantité de chute mensuelle (350 mm en février) et la plus grande chute quotidienne (70 mm, un 13 février).

La carte n° 6 montre le tracé de ce Croissant Fertile qui décrit un arc de cercle en contournant le désert syrien par le nord. Il s'agit d'un domaine steppique de 60 000 km² (environ le tiers de la superficie du pays) dont la fécondité est soumise aux aléas des précipitations.

3.5. L'hydrographie

Les grands fleuves de Syrie sont les suivants :

- L'Euphrate qui vient de Turquie puis passe en Irak (voir chapitre 6); il reçoit, en rive gauche, deux grands affluents, le Balikh (116 km) et le Khabour (442 km) aux nombreuses ramifications dans son bassin supérieur.

- L'Oronte (571 km) : il naît au Liban, au nord du seuil de Baalbekk, à 920 m d'altitude, d'une puissante source vaclusienne (40 m³/s) dont les hautes eaux, de façon encore inexpiquée, ont lieu en été; il coule vers le nord dans la plaine de la Bekaa, arrive en Syrie où il butte contre le massif basaltique de Homs-Tripoli puis, à l'est, contre celui d'Hama d'où il regagne la dépression du Ghâb; il traverse Antakya (Antioche) et se jette dans la Méditerranée, près de Samandaz, dans le sandjak d'Iskenderun (Alexandrette).

(*) Il s'agit d'une rivière pérenne due au massif calcaire de l'Hermon, comme le Jourdain. L'oasis de Damas est couverte de vergers, de haies de peupliers et de pins: c'est aussi le grand lieu de pique-nique et de récréation des Damascains.

– Yarmuk (42 km) in the South-West corner of the country cutting deeply (200-300 m) into the basalt and limestone basement. It forms the border between Syria and Jordan and merges with the Jordan river just downstream of Lake Tiberias. It has three Southward-flowing tributary branches from Hawran plain, each about 60 km long. These branches are the sites for 27 dams, generally less than 30 m high. These are no dams in the Yarmuk gorge. The three branches join the Yarmuk through short gorges.

– The other Syrian rivers like the Barada and Awaj from the flanks of Mount Harramoon into Damascus, and the Koveik which crosses Aleppo, end in inland lakes.

REFERENCES

- *Africa's Rift Valley*; Collin Willock, *Life-Time Books*, 1974.
- *La Méditerranée et le Moyen Orient*, Vol. 2; Pierre Birot & Jean Dresch, *Presses Universitaires de France*, 1955. The author's permission to use maps 3 and 4 is gratefully acknowledged.
- *Grand Dictionnaire, Encyclopédie Larousse*, Édition 1985, Vol. X.
- *Ministry of Irrigation, Directorate of Dams, Damascus*.

– Le Yarmouk (42 km) : situé dans l'angle sud-ouest du pays et profondément creusé (200 à 300 m) dans le basalte et le substratum calcaire; il forme frontière entre la Syrie et la Jordanie et se jette dans le Jourdain, à l'aval immédiat du lac de Tibériade; il comporte trois branches affluentes, d'environ 60 km de longueur chacune, coulant du nord vers le sud et qui drainent la plaine du Hauran; ce sont sur ces branches que sont construits les vingt-sept barrages de cette zone, en général de hauteur inférieure à 30 m; il n'y a pas de barrage dans la gorge du Yarmouk; le raccordement avec le Yarmouk des trois branches qui coulent sur le plateau se fait par des gorges de courte longueur.

– Les autres rivières, tels le Barada et l'Awaj qui descendent des flancs de l'Hermon et arrosent Damas, le Koveik qui passe à Alep, se terminent dans les lacs intérieurs.

RÉFÉRENCES

- *Africa's Rift Valley*; Collin Willock, *Life-Time Books*, 1974
- *La Méditerranée et le Moyen Orient*, Tome second, Pierre Birot et Jean Dresch, *Presses Universitaires de France*, 1955. Les cartes n° 3 et 4 sont empruntées à ce livre avec l'aimable autorisation de l'éditeur.
- *Grand Dictionnaire, Encyclopédie Larousse*, Édition 1985, Vol. X.
- *Ministère de l'Irrigation, Direction des Barrages, Damas*.

4. ECONOMY

4. ÉCONOMIE

4.1. Agriculture

Syria is essentially an agricultural country. It may have been here that man settled for the first time because he could live by working the land.

The coastal zone grows all the usual Mediterranean produce, mainly lemons and olives.

The previously waterlogged Ghab has been drained and the Orontes furnishes water for irrigation from four large dams. It is a spectacular achievement, a magnificent garden growing fruit, vegetables, vines, sugar beet, cotton, wheat and olives.

The great cereals region extends from Homs to Aleppo, Syria's largest farming area, in a monotonous, treeless landscape. Wheat, sugar beet and cotton reign supreme. Farther South, the rich soil of Hauran and Golan owe their legendary fertility to the red earth produced by decomposition of the basalt (Hauran plain was Rome's breadbasket in the Roman period).

In the North-West corner between the middle Euphrates and the upper course of the Tigris, is Jazirah (the island). It was one of the most fertile provinces in the Middle East up to the second millennium B.C. but then war, nomads and extensive livestock grazing up to the Second World War turned it into a near-desert. The dams on the Euphrates and Upper Khabur are now irrigating this immense expanse of alluvium and red volcanic soil, turning it into the granary of Syria and the leading cotton supplier. It is a story of reconquest.

In terms of irrigation, there are seven catchments in Syria:

A - Yarmuk	6 724 km ²
B - Barada and Awaj	8 630 km ²
C - Orontes	32 779 km ²
D - Coastal Zone	5 043 km ²
E - Euphrates	40 083 km ²
F - Tigris-Khabur	21 129 km ²
G - Steppe	70 786 km ²
Total	185 174 km ²
Arable area	60 910 km ² or 6 091 000 ha
Irrigated area (1992)	10 972 km ² or 1 097 221 ha
1995 target	13 000 km ² or 1 300 000 ha

Table A lists irrigated areas in each zone.

4.1. Agriculture

La Syrie est un pays essentiellement agricole. Ce fut peut-être le point de la terre où l'homme se sédentarisait pour la première fois parce qu'il pouvait y vivre des travaux des champs.

La zone côtière produit toutes les productions méditerranéennes : citrons, olives, etc.

Le Ghab, jadis marécageux, a été asséché et drainé; et l'Oronte, grâce à quatre grands barrages, fournit l'eau d'irrigation. C'est une réalisation spectaculaire, un magnifique verger où l'on trouve fruits, légumes, vigne, betterave sucrière, coton, blé et olives.

D'Homs à Alep s'étend la grande zone céréalière, la plus grande zone agricole de Syrie, dans un décor monotone sans arbre; c'est le domaine du blé, de la betterave à sucre et du coton. Plus au sud, les riches terres à blé du Haurân et du Golân doivent la légendaire fécondité de leurs terres rouges à la décomposition du basalte (la plaine du Hauran était le grenier à blé de Rome pendant l'occupation romaine).

Dans l'angle N-O, entre le Moyen Euphrate et le cour supérieur du Tigre, s'étend le Djeziré (l'île). Ce fut jusqu'au II^e millénaire avant notre ère une des provinces les plus fertiles du Proche-Orient. Guerres, mouvements des nomades et élevage extensif jusqu'à la 2^e guerre mondiale firent du Djeziré un quasi-désert. Les barrages sur l'Euphrate et le Haut-Khabour permettent maintenant d'irriguer cet immense terroir d'alluvions et de sols rouges volcaniques, et d'en faire un grenier à céréales et le principal pourvoyeur de coton. Il s'agit en fait d'une reconquête.

Du point de vue de l'irrigation, la Syrie est divisée en 7 bassins :

A - Yarmouk	6 724 km ²
B - Barada et Awaj	8 630 km ²
C - Oronte	32 779 km ²
D - Zone côtière	5 043 km ²
E - Euphrate	40 083 km ²
F - Tigris-Khabour	21 129 km ²
G - Steppe	70 786 km ²
Total	185 174 km ²

Surface cultivable	60 910 km ² soit 6 091 000 ha
Surface irriguée (1992)	10 972 km ² soit 1 097 221 ha
Objectif 1995	13 000 km ² soit 1 300 000 ha

Le Tableau A donne le détail, par zones, des surfaces irriguées.

Table A / Tableau A

Zone	Superficie Area (ha)	Surface irriguée (1992) 1992 Irrigated Area (ha)
A. Al Yarmouk	672 400	33 222
B. Barada-Awaj	863 000	73 750
C. Oronte	3 277 900	234 900
D. Zone côtière	504 300	60 178
E. Euphrate	4 008 300	341 861
F. Tigre-Khabour	2 112 900	346 300
G. Steppe	7 078 600	7 010
Total	18 517 400	1 097 221

The agricultural explosion over the last 20-25 years is explained not only by the availability of water for irrigation, but as well, by greater mechanisation and, most importantly, the 1963 land reform, several times amended since. It put an end to large landholdings, set up cooperatives, nationalised the major distribution circuits, undertook major development works and humanised village life.

Cereals and sheep represent one-quarter of farm income, the remainder coming from fruit and vegetable growing, sugar beet and cotton. There is also forestry management for timber, and fish farming has been encouraged to different extents in all reservoirs.

4.2. Industry

Industrial development began at the end of the War (1946) or rather 1970 in the form of state enterprise in textiles, food, building (cement works) and more recently, metallurgy at Hama and Latakia; traditional trades have not been entirely forgotten.

The discovery of oil in North-East Jazirah and phosphates around Palmyra gave a healthy boost to the economy. Syria also derives income from the passage of two pipelines from Iraq to the Mediterranean.

The construction of hydro-electric powerstations on the Orontes and Euphrates has supplied the necessary energy.

A measure of the progress made is the fact that in 1946, the country had no industrial experience and no skilled labour pool.

L'envolée de l'agriculture depuis 20-25 ans s'explique non seulement par la mise à disposition d'une plus grande quantité d'eau pour l'irrigation mais aussi par le développement de la mécanisation et surtout par la réforme agraire de 1963, amendée plusieurs fois; celle-ci a mis fin à la grande propriété, créé des coopératives, nationalisé les grands circuits de distribution, entamé de grands travaux et humanisé les conditions de vie au village.

Les céréales et les ovins représentent un quart du revenu agricole; les autres quarts sont représentés par les fruits et légumes, la betterave sucrière et le coton. A signaler aussi le bois en grumes et la pisciculture systématiquement développée, mais à des degrés divers, dans toutes les retenues de barrages.

4.2. Industrie

Son développement date de la fin de la Guerre (1946) et plutôt de 1970 sous forme d'une industrie d'état : textiles, produits alimentaires, bâtiment (cimenterie), et plus récemment métallurgie (Hama, Lattaquié); l'artisanat traditionnel n'a pas totalement disparu.

La découverte de pétrole dans le nord-est du Djéziré, et accessoirement de phosphates dans la région de Palmyre, a été un coup de fouet salutaire. La Syrie percevait d'ailleurs des revenus pour le passage des deux oléoducs qui relient l'Irak à la Méditerranée.

La construction de centrales hydrauliques sur l'Oronte et l'Euphrate a fourni l'énergie nécessaire.

Pour mesurer le chemin parcouru, il faut se souvenir que ce pays, en 1946, n'avait aucune expérience industrielle et que la main-d'œuvre qualifiée faisait défaut.

4.3. Electricity

Production Generation	1989 (TWh)	1992 (TWh)
• Totale/Total	10.5	18
• Hydraulique/Hydro	1.9	2

Principales usines hydroélectriques Major Hydro-Electric Powerstations

Rivière River	Usine Powerstation	Productibilité annuelle Annual Generation (TWh)	Année de mise en service Year Commissioned
Euphrate	Tabqa	2,5 *	1974
Euphrate	Tishreen	1,6 *	1996
Euphrate	Ba'ath	0,379 *	1987
Oronte	Rastan	0,057	1962
Oronte	Medarh'eh	0,018	1972
(*) La productibilité des usines de l'Euphrate mentionnée ici est basée sur les apports naturels de l'Euphrate avant la construction des barrages en Turquie : les apports actuels sont moitié moindres. (*) Average annual generation figures are based on unregulated Euphrates streamflow before construction of the dams in Turkey. The river discharge has been halved.			

REFERENCES

- Guide Hachette Visa.
- Ministry of Irrigation, Directorate of Dams, Damascus.

RÉFÉRENCES

- Guide Hachette Visa.
- Ministère de l'Irrigation, Direction des Barrages, Damas.

5. DAMS IN SYRIA (as of end 1992)

5. LES BARRAGES EN SYRIE (à fin 1992)

Dam construction commenced in 1960 but was not significant until after 1966. By 1970, there were 48 dams in operation, chiefly in the Orontes (19), Yarmuk (9), Steppe (10) and Barada (5) catchments. They were all less than 15 m high except for Rastan (67 m) and Mehardeh (41 m) on the Orontes.

Dams in operation or under construction in Syria in 1993 share some significant features :

i) The **dam construction rate** has been very rapid since 1963. Starting with two dams (on the Orontes) in that year, there were 122 in all by the end of 1992, an increase of 120 in 29 years or an average rate of four per year. Eighteen more were under construction as of 1st January 1993.

ii) Most are **small dams**, 94 less than 25 m high or impounding less than 10 hm³ of water (*).

There are 28 dams exceeding one of these limits; 22 have a reservoir capacity of more than 10 hm³ (Table D) and 20 are more than 25 m high; 14 exceed both limits and are more or less evenly distributed over the country, with four in the coastal area, four on the Khabur, three on the Yarmuk, two on the Orontes and one on the Euphrates.

The criteria for inclusion in the ICOLD World Register of Dams (**) are met by 76 Syrian dams.

The situation is the opposite for the 18 dams under construction. Seven are more than 40 m high as against only five of the dams in service, and two will be the highest dams in Syria: Althawra in the Coastal Region (76.5 m) and 17-April dam on the Orontes (68 m); five will be between 9 m and 13 m high.

iii) **Individual storage capacity is large** : while only 48 of the 54 Syrian dams more than 15 m high impound more than 1 hm³, nearly half the remainder, including some less than 10m high, have a larger capacity. The most characteristic example is Quattina on the Orontes, which impounds 200 hm³ of water, although only 7 m high.

In all, two-thirds (77) of Syrian dams have capacities in excess of 1 hm³.

iv) All Syrian dams are **earth** or rockfill embankments except for one concrete dam.

v) All Syrian dams except a few are built for **irrigation**, some also furnishing **domestic water** and the Orontes and Euphrates dams also generating **electricity**. One of the exceptions provides hydro power and a few others store water for domestic and livestock use.

La construction des barrages a démarré en 1960, mais plutôt après 1966 : en 1970, il y avait 48 barrages en service, essentiellement dans les bassins de l'Oronte (19) et du Yarmouk (9), de la Steppe (10) et du Barada (5), mais ils avaient tous moins de 15 m de hauteur, à l'exception des deux barrages de l'Oronte : Rastan (67 m) et Mehardeh (41 m).

On peut relever quelques traits significatifs des barrages en service ou en construction en 1993 :

i) La **cadence de construction** a été très élevée depuis 1963 : de 2 barrages (sur l'Oronte) à fin 1963, on est passé à 122 à fin 1992, soit 120 en 29 ans, c'est-à-dire une moyenne de quatre par an; 18 sont en construction au 1^{er} janvier 1993.

ii) La plupart sont de **petits barrages** : 94 ont moins de 25 m de hauteur ou moins de 10 hm³ de capacité (*).

Il y a donc 28 barrages qui sont supérieurs, soit à cette hauteur, soit à cette capacité; 22 ont plus de 10 hm³ de capacité (Tableau D) et 20 ont plus de 25 m de hauteur; 14 remplissent les deux conditions et sont à peu près également répartis sur le territoire : 4 dans la région côtière, 4 sur le Khabour, 3 sur le Yarmouk, 2 sur l'Oronte et 1 sur l'Euphrate.

Les conditions d'inscription au Registre Mondial des Barrages (**) sont remplies pour 76 barrages.

Mais sur les 18 barrages en construction, la situation est inverse : 7 ont plus de 40 m (alors qu'il y a 5 barrages seulement de plus de 40 m en service) et 2 d'entre eux seront les plus hauts barrages de Syrie : Althawra (76,5 m - région côtière) et 17-avril (68 m - Oronte); cinq ont entre 9 et 13 m.

iii) Leur **capacité de stockage** est **importante** : si sur les 54 barrages de plus de 15 m de hauteur, 48 seulement ont plus de 1 hm³ de capacité, près de la moitié des autres, y compris les moins de 10 m de hauteur, ont plus de 1 hm³. L'exemple le plus caractéristique est Quattina (Oronte) qui a une capacité de 200 hm³ pour une hauteur de 7 m.

Au total, environ les 2/3 (77) ont plus de 1 hm³ de capacité.

iv) Ils sont **tous en terre** ou en terre-enrochement; un seul est en béton.

v) Ils ont tous l'**irrigation** pour objectif, avec parfois la fourniture d'**eau potable**, et pour ceux de l'Oronte et de l'Euphrate, la production d'**électricité**. Quelques-uns ne sont pas utilisés pour l'irrigation : un pour l'électricité, quelques autres pour la fourniture d'eau pour les populations ou le bétail.

(*) 1 hm³ = 1 000 000 m³.

(**) Dams higher than 15 m; or between 10 m and 15 m with a reservoir capacity of more than 1 hm³.

(*) 1 hm³ = 1 000 000 m³.

(**) Hauteur supérieure à 15 m; ou hauteur entre 10 et 15 m, avec une capacité supérieure à 1 hm³.

5.1. Geographical Distribution as of End 1992

5.1. Répartition géographique (à fin 1992)

Table B / Tableau B

Irrigated Area Bassin d'irrigation	Number of Dams Nombre de barrages		Reservoir Capacity (hm ³) Volume des retenues (hm ³)	
	In service En service	Under Const. En construction (*)	In service En service	Under Const. En construction (*)
A. Yarmouk	27	—	133	—
B. Barada-Awaj	8	—	10	—
C. Oronte	32	8	591	450
D. Zone côtière	14	3	271	253
E. Euphrate	3	1	14 192	1 883
F. Tigre-Khabour	11	1	404	665
G. Steppe	27	5	53	6,54
Total	122	18	15 654	3 257,54
(*) As of 1st January 1993/au 1 ^{er} janvier 1993.				

5.2. Geographical Distribution by Dam Height and Reservoir Capacity

5.2. Répartition géographique par hauteur de barrage et volume de retenue

Table C / Tableau C

	h > 15 m		15 m > h > 10 m		h < 10 m		Total
	V > 1 hm ³	V < 1 hm ³	V > 1 hm ³	V < 1 hm ³	V > 1 hm ³	V < 1 hm ³	
A. Yarmouk	11	1	3	3	3	6	27
B. Barada-Awaj	3	1	1	1	1	1	8
C. Oronte	12	1	4	9	2	4	32
D. Zone côtière	10	3	—	1	—	—	14
E. Euphrate	1	—	2	—	—	—	3
F. Tigre-Khabour	9	—	1	—	—	1	11
G. Steppe	2	—	11	7	1	6	27
Total	48	6	22	21	7	18	122

5.3. Breakdown by Reservoir Capacity (V)

5.3. Répartition par volume de retenue

hm ³	En service/In service			En Construction/Under Construction	
V ≥ 228	1 barrage/ dam	Tabqa (Euphrate)	1 100 hm ³	Tishreen (Euphrate) Alkhabour (Khabour)	1 883 hm ³ 665 hm ³
228 > V ≥ 200	4 barrages/ dams	Rastan (Oronte) 16-Novembre (Côte) Quattina (*) (Oronte) 7-Avril (Khabour)	228 hm ³ 215 hm ³ 200 hm ³ 200 hm ³	17-Avril (Oronte)	200 hm ³
110 > V ≥ 50	4 barrages/ dams	Ba'ath (Euphrate) 8-Mars (Khabour) Mehardeh (Oronte) Assafan (Khabour)	90 hm ³ 90 hm ³ 67 hm ³ 50 hm ³	Alabrach (Côte) Alhawra (Côte) Zeeteh (Oronte) Tel Houch (Côte)	103 hm ³ 100 hm ³ 80 hm ³ 50 hm ³
50 > V ≥ 10	13 barrages/ dams				
10 > V ≥ 1	55 barrages/ dams				
1 > V	45 barrages/ dams				
(*) Height/hauteur 7 m					

One hundred of Syria's 122 reservoirs hold less than 10 hm³. The 22 dams with the larger reservoirs are ranked in descending order in Table D and the relevant sites are shown on Fig. 7.

Sur 122 retenues, 100 ont un volume inférieur à 10 hm³. La liste des 22 barrages classés par ordre décroissant de volume de retenue, jusqu'à 10 hm³, fait l'objet du Tableau D. On les retrouve sur la carte 7.

5.4. Breakdown by Dam Height

5.4. Répartition par hauteurs

m	En service/In service			En Construction/Under Construction	
h ≥ 60	2 barrages/ dams	Rastan (Oronte) Tabqa (Euphrate)	67 m 60 m	Alhawra (Côte) 17-Avril (Oronte)	76,50 m 68 m
60 > h ≥ 30	12 barrages/ dams	16-Novembre (Côte) Mehardeh (Oronte) Saladin (Côte) Assafan (Khabour) Aljarrahi (Khabour)	52 m 41 m 41 m 35 m 30 m	Aphamia B (Oronte) Aphamia C (Oronte) Alabrach (Côte) Aphamia A (Oronte) Tishreen (Euphrate) Zeeteh (Oronte) Zezoun (Oronte)	54 m 50 m 50 m 46 m 40 m 35 m 32 m
30 > h ≥ 15	40 barrages/ dams				
15 > h > 10	43 barrages/ dams	(22 > 1 hm ³)			
h < 10	25 barrages/ dams	(7 > 1 hm ³)			

There are 108 dams less than 30m in height.

Il y a 108 barrages d'une hauteur inférieure à 30 m.

5.5. Dam types

All Syrian dams are earth (TE) or rockfill (ER) structures except for Alheffeh concrete dam (h = 33.5 m) in the Coastal Zone.

5.5. Types des barrages

Tous les barrages sont en terre (TE) ou en enrochement (ER), sauf le barrage d'Alheffeh (h = 33,5 m) dans la zone côtière, qui est en béton.

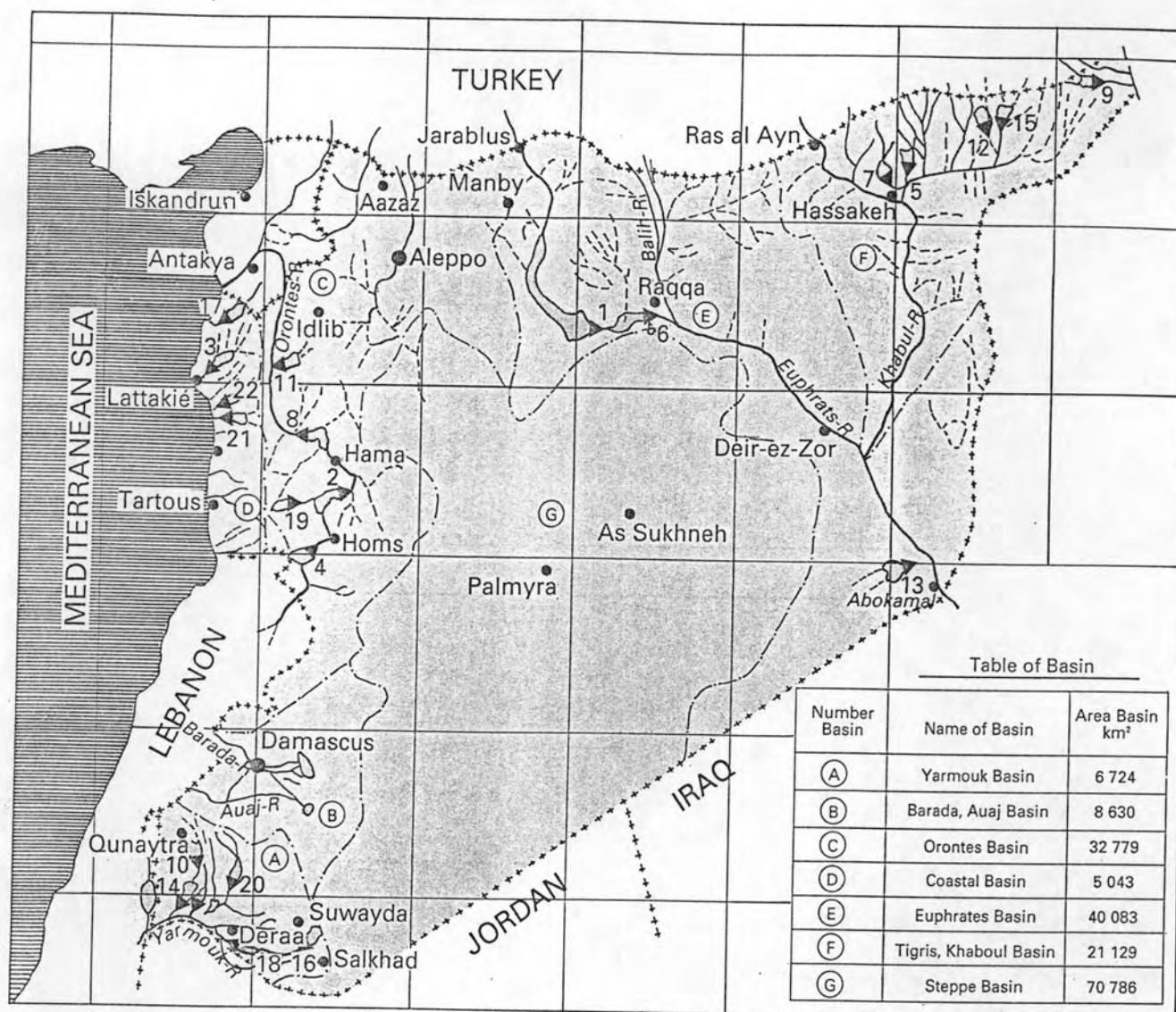


Fig. 7

Important reservoirs (see Table D)

Principales retenues (voir Tableau D)

- ++++ International boundary.
 ► Dam with capacity > 1 hm³.
 ~ River.
 - - - Basin boundary.
 • City.
 1 Dam No.
 A Basin No.

- ++++ Frontière internationale.
 ► Barrage avec retenue > 1 hm³.
 ~ Rivière.
 - - - Limite de bassin versant.
 • Ville.
 1 N° du barrage.
 A N° du bassin.

Table D / Tableau D

N°	Name of Dam	Name of Basin	Length m	Height m	Area of lake ha	Capacity hm³	Purposes of Dam	Year of Completion
1	Tabqa	Euphrates	4 500	60	64 000	14 100	Irrigation 640 000 ha Electricity	1978
2	Rastan	Orontes	382	67	2 100	228	Irrigation - Electricity	1960
3	16-November	Coastal	854	52	1 100	215	Irrigation 14 430 ha	1985
4	Qattina	Orontes	1 120	7	6 000	200	Irrigation 6 000 ha	1969*
5	7-April	Tigris Khabur	6 370	26	3 100	200	Irrigation 48 000 ha	1990
6	Baath	Euphrates	2 650	14	2 715	93-24	Electricity	1989
7	8-Mars	Tigris	2 860	30	1 020	90	Storage	1990
8	Mehardeh	Orontes	228	41	450	67	Irrigation - Electricity	1960
9	Assafan	Tigris Khabur	512	35	407.5	50	Irrigation 2 000 ha	1983
10	Koudana	Yarmuk	2 990	29	318	30	Irrigation 4 000 ha	1992
11	Qastoun	Orontes	1 850	20	35	27	Irrigation 4 400 ha	1992
12	Bab al Hadid	Tigris Khabur	610	22	3 200	23	Irrigation 2 250 ha	1972
13	Almuayzlieh	Steppe	955	18	40	21	Irrigation - Cattle Watering	1992
14	Sahor Aljoulan	Yarmuk	3 259	29	260	20	Irrigation 18 000 ha	1992
15	Aljarrahi	Tigris Khabur	675	30	205	19.5	Irrigation 1 900 ha	1980
16	Jabal al arab	Yarmuk	700	20	260	19.5	Drinking water	1978
17	Balloran	Coastal	330	34	112.5	15.5	Irrigation 1 200 ha	1978
18	Deraa al Sharki	Yarmuk	208	35	136.5	15	Irrigation 1 200 ha	1970
19	Taldou	Orontes	1 169	23	165	15	Irrigation 2 200 ha	1975
20	Shikhi Miskin	Yarmuk	1 640	17	322	15	Irrigation 1 100 ha	1982
21	Alhwaiz	Coastal	302	35	95	12	Irrigation 400 ha	1986
22	Saladin	Coastal	600	41	90	10	Irrigation 1 110 ha	1986

(*) In 1976, the height of the dam has been increased by 2 m.

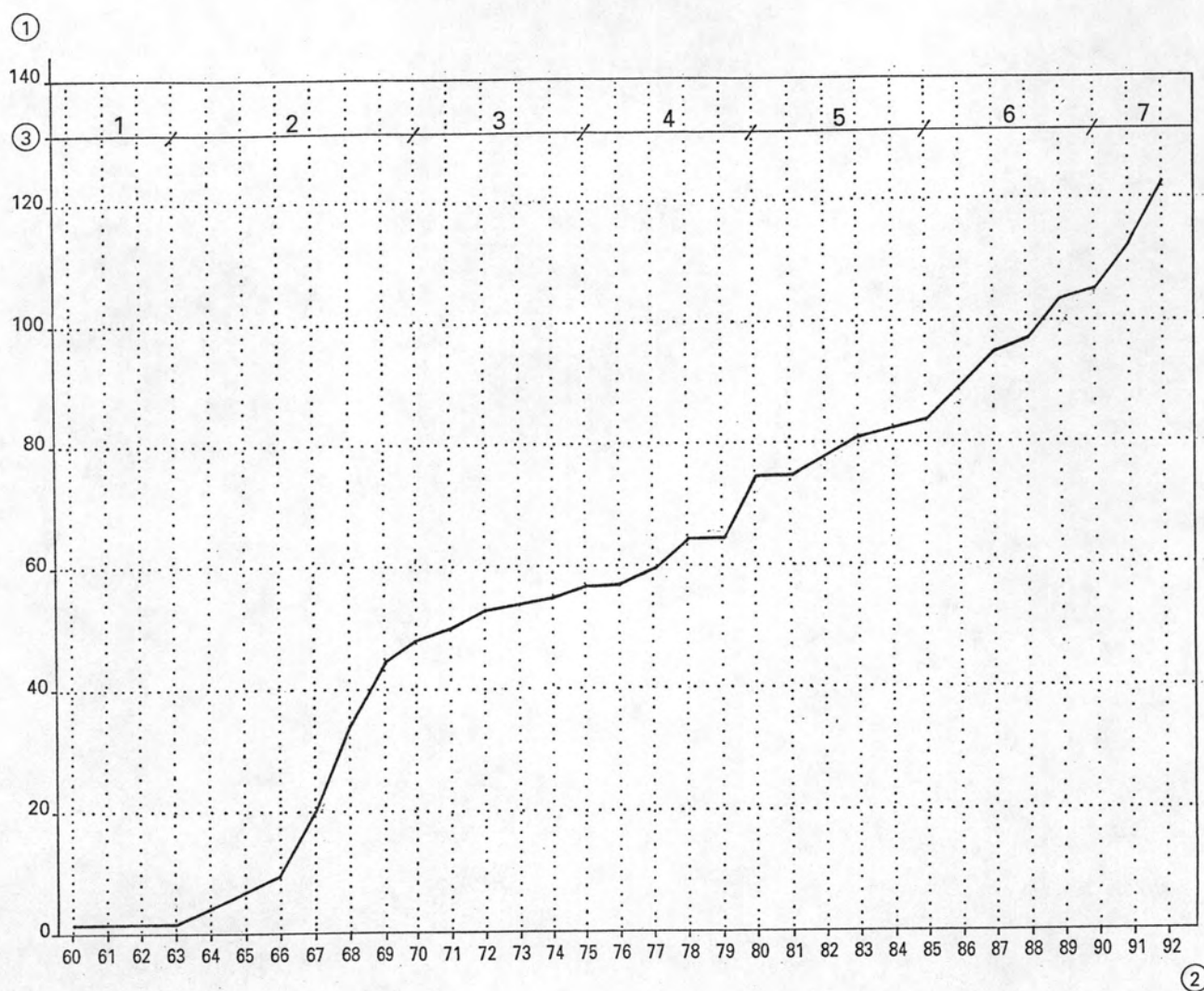


Fig. 8
Rate of construction
Cadence de construction

1) Cumulative number of dams
in service.

2) Years.

3) Development plan.

1) Nombre cumulé de barrages
en service.

2) Années.

3) Plan d'équipement.

5.6. Dam Purposes

Nearly all Syrian dams are built for agricultural irrigation. The few exceptions are as follows :

Tabqa (Euphrates)	: Irrigation (640 000 ha) Electricity (2 500 GWh/year)
Ba'ath (Euphrates)	: Electricity (375 GWh/year (Tabqa re-regulating dam)
Rastan (Orontes)	: Irrigation (72 000 ha) with Mehardeh Electricity (57 GWh/year)
Mehardeh (Orontes)	: Irrigation Electricity (18 GWh/year)
Jabal al Arab (Yarmuk)	: Domestic water supply
Alheffeh (Coastal Zone)	: Water supply
16-November (Coastal Zone)	: Irrigation (14 430 ha) Domestic water supply (30 hm ³ /year or 1 m ³ /s)

Fish farming has become a lively industry in all the reservoirs, especially Lake Al Assad (with its lakeside hatcheries, boat-and-net fishing in the reservoir, and fattening pens. Annual carp production is 700 t) and 16 November reservoir (45 tonnes of fish raised annually in 6 m² pens).

5.7. Construction Rate and Development Prospects

The dam construction rate since 1962 has been substantially four dams per year. Nineteen dams were commissioned under the 7th Plan (1990-1994) in 1990, 1991 and 1992 and eleven or twelve more are scheduled for 1993/94, increasing the rate to six per year. This same rate of six per year was achieved under the 2nd Plan (1963-1970) (*).

Construction of dams on the Euphrates downstream of Ba'ath dam is subject to trilateral agreement on water sharing between Turkey, Syria and Iraq.

REFERENCES

– Ministry of Irrigation, Directorate of Dams, Damascus.

(*) This five-year plan was extended to seven years because of the events in 1967.

5.6. Buts des barrages

L'irrigation constitue l'objectif de presque tous les barrages. Les quelques exceptions sont les suivantes :

Tabqa sur l'Euphrate	: Irrigation (640 000 ha) Électricité (2 500 GWh/an)
Ba'ath (Euphrate)	: Électricité 375 GWh/an (bassin de compensation de Taqba)
Rastan (Oronte)	: Irrigation (72 000 ha) avec Mehardeh Électricité (57 GWh/an)
Mehardeh (Oronte)	: Irrigation Électricité 18 GWh/an
Jabal al Arab (Yarmouk)	: Alimentation en eau potable
Alheffeh (zone côtière)	: Alimentation en eau
16-Novembre (zone côtière)	: Irrigation (14 430 ha) Alimentation en eau potable (30 hm ³ /an, soit 1 m ³ /s)

La pisciculture est très développée dans presque toutes les retenues, mais plus spécialement au lac Al-Assad (alevinage à partir de stations piscicoles construites au bord du lac, pêche au filet à partir de bateaux, élevage en cages : la production annuelle de carpes est de 700 t), ainsi qu'au barrage du 16-Novembre (élevage en cages : 45 t par cages de 6 m²).

5.7. Cadence de construction et perspectives de développement

Depuis 1962, la cadence de construction a été en moyenne de quatre par an. Au titre du 7^e Plan (1990-1994) 19 barrages ont déjà été mis en service en 1990, 1991 et 1992, et environ 11 à 12 sont prévus pour 93-94, c'est-à-dire que la cadence sera de 6 par an; elle a été de 6 également au cours du 2^e Plan (1963-1970) (*).

La construction de barrages sur l'Euphrate, à l'aval du barrage de Ba'ath, est liée à un accord général entre les trois pays, Turquie, Syrie et Irak, sur l'utilisation des eaux du fleuve.

RÉFÉRENCES

– Ministère de l'Irrigation, Direction des Barrages, Damas.

(*) A cause des événements de 1967, ce plan quinquennal s'est étendu sur 7 années.

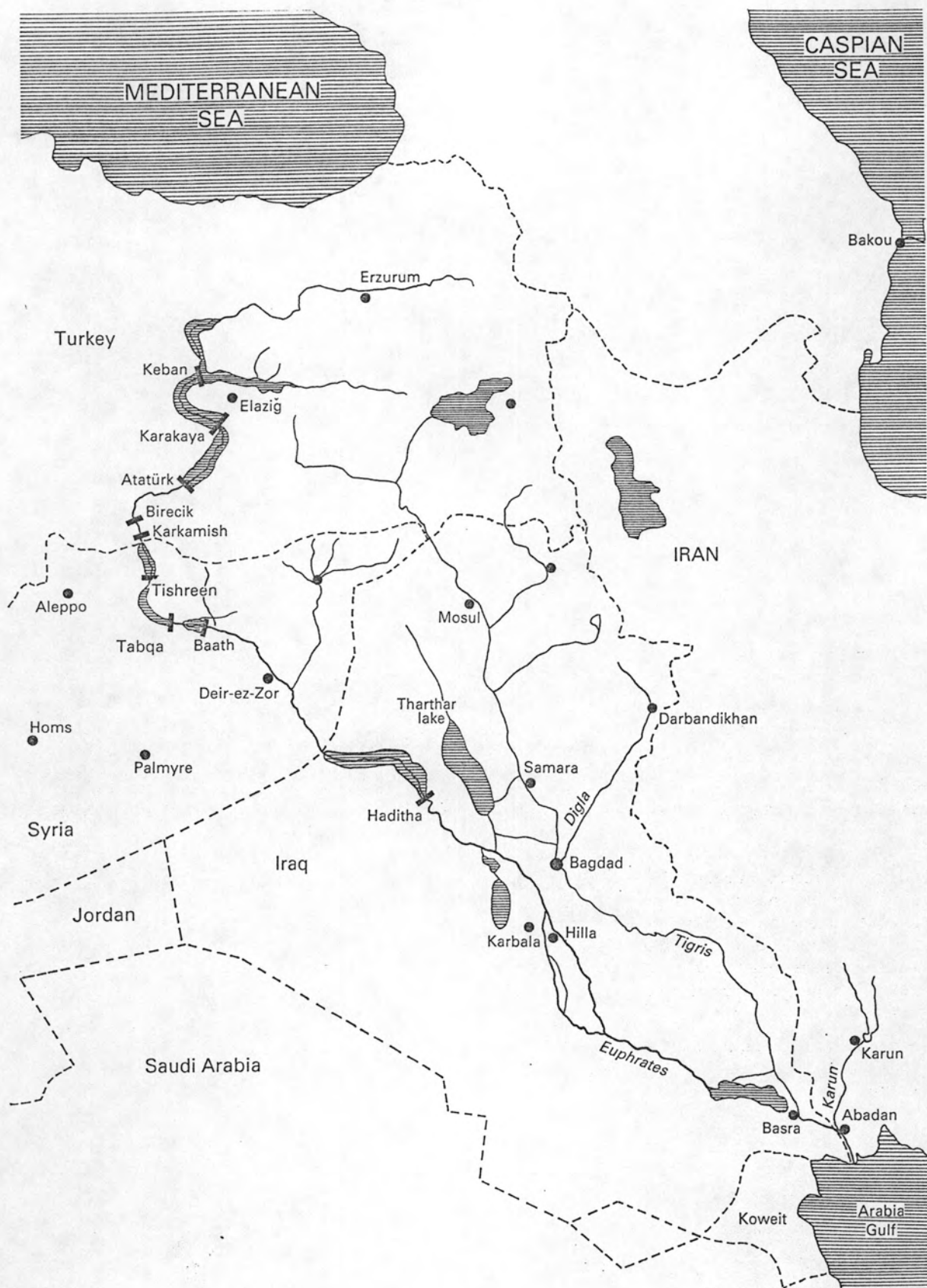


Fig. 9
Euphrates : General map
L'Euphrate : Carte générale

6. EUPHRATES RIVER

6. L'EUPHRATE

6.1. Physical

Length : 2 880 km

- 1 000 km in Turkey
 - 680 km in Syria
 - 1 200 km in Iraq
- 2 880 km

Catchment Area : 399 000 km²

- 121 000 km² in Turkey
 - 73 000 km² in Syria
 - 205 000 km² in Iraq
- 399 000 km²

6.1.1. Euphrates in Turkey

The Euphrates (Firat in Turkish, Furat in Arabic) rises on the Anatolian plateau at the Western end of Turkey at an altitude of 3000-3500 m asl. It initially forms two branches running Westwards, the Eastern and Western Euphrates or, in Turkish, the Karasu (470 km) and Marasu (650 km), merging at the town of Eläzig. The river then turns sharply Southwards through the Anti-Taurus foothills and enters Syria only 150 km from the Mediterranean coastline. The landscape along its course varies widely from deep, narrow gorges to plains which become wider towards the South. The river slope is steep (0.75 ‰ average) with high streamflow. This 500 km stretch in Turkey offers prime sites for hydro-electric development.

The Euphrates has many tributaries joining it in Turkey, the largest two being the Khata on the right bank and the Karadsu on the left, both offering more potential hydro power sites.

6.1.2. Euphrates in Syria

The Euphrates crosses Syria from the towns of Jarables (325 m asl) to Karkamis (166 m asl), dropping 160 m at a quite steep slope of 0.23 ‰ (*).

The river first flows South then quickly turns East and South-East under the attraction of the Mesopotamian depression. The valley widens to 4-6 km, even stretching to 12 km in places before construction of Tabqa dam.

(*) This is comparable to the slopes of the Angara, Iénissei, Brazilian stretch of the Parana and the lower Columbia. It is twice that of the Tennessee and Dniepr but two-thirds that of the Austrian stretch of the Danube.

6.1. Le fleuve

Longueur : 2 880 km

- 1 000 km en Turquie
 - 680 km en Syrie
 - 1 200 km en Irak
- 2 880 km

Bassin versant : 399 000 km²

- 121 000 km² en Turquie
 - 73 000 km² en Syrie
 - 205 000 km² en Irak
- 399 000 km²

6.1.1. L'Euphrate en Turquie

L'Euphrate (Firat en turc, Furat en arabe) prend sa source en Turquie, sur le plateau d'Anatolie, à l'extrémité ouest de la Turquie, à une altitude de 3 000-3 500 m. Il comprend d'abord deux branches coulant d'est en ouest : l'Euphrate de l'est et l'Euphrate de l'ouest, en turc le Karasu (470 km) et le Marasu (650 km), qui se rejoignent près de la ville d'Eläzig. Le fleuve ainsi formé fait un coude brusque vers le sud, traverse les contreforts de l'Anti-Taurus et pénètre en Syrie, à 150 km seulement de la côte méditerranéenne. La vallée change souvent d'aspect : des gorges étroites et profondes succèdent à des plaines de plus en plus étendues en allant vers le sud; la pente est forte (0,75 ‰ en moyenne) et le débit important. Ce tronçon turc de 500 km de longueur constitue ainsi un gisement exceptionnel d'hydroélectricité.

En Turquie, l'Euphrate reçoit de nombreux affluents, les deux principaux étant le Khata, rive droite, et le Karadsu, rive gauche, riches eux aussi en hydroélectricité.

6.1.2. L'Euphrate en Syrie

Le parcours syrien de l'Euphrate s'effectue entre les villes de Jarables (altitude 325 m) et Karkamis (altitude 166 m) : la dénivellation est de 160 m et la pente assez forte (0,23 ‰) (*).

Le fleuve coule d'abord vers le sud, puis très rapidement vers l'est et le sud-est, attiré par la dépression mésopotamienne. La vallée s'élargit jusqu'à 4-6 km; elle atteignait même 12 km par endroits avant la construction du barrage de Tabqa.

(*) C'est une pente comparable à la pente moyenne de l'Angara, de l'Iénissei, du Parana dans sa partie brésilienne, de la Columbia dans son cours inférieur; c'est le double de celle de la Tennessee, du Dniepr, mais les 2/3 de celle du Danube dans son cours autrichien.

The Syrian Euphrates collects the waters of two large tributaries draining the whole of the Jazirah plateau, the Balikh (116 km) and Khabur (442 km).

Evaporation increases from 2 m to 3.50 m between the Turkish and Iraqi borders.

6.1.3. Euphrates in Iraq

Over the first 200 km of its Iraqi course down to Hit, the Euphrates valley remains what it was in Turkey and Syria, with long gorges sometimes narrowing to defiles, but also frequently widening out into alluvial valleys with wide-curving meanders.

Beyond Hit, down to Kamadi, the river enters the plain formed by the recent silting of the Persian Gulf by the Euphrates and Tigris. The Gulf reached up to Baghdad 5000 years ago.

The Euphrates is without tributaries in Iraq and the river slope is flat (6 cm/km or 60 m over 1000 km), breaking up into innumerable branches and swamps (*) called "hawrs". There is an amazing number of irrigation canals with old stretches of river bed converted to canals and canals turned to river channel. Man has completely remodelled the river course.

The Tigris, also rising in Turkey, runs more or less parallel to the Euphrates at the East, the two together bordering the Mesopotamian plain. Then exhausted, with no flow or slope, they join upstream of Basrah to form the Shatt al Arab, 180 km long, which is then joined by the Karun, a powerful Iranian river which flowed directly into the Gulf in the 17th Century.

6.1.4. Hydrology and Climate

The water of the Euphrates comes chiefly from Turkey where mean precipitation is 650 mm/year on the upper reaches. Runoff at the Turkish/Syrian border is 31.4 km³/year or 1000 m³/s, with a specific yield of 8 l/s/km², the same order of magnitude as that of the Parana, Niger and Danube (Table E). Thereafter the catchment in Syria (73 000 km², 250 mm/year rainfall) and Iraq (205 000 km², 100 mm/year rainfall) makes only an insignificant contribution to streamflow. This resembles the Nile which receives no inflow downstream of Khartoum.

The source is rainfall and snowmelt, most of the yield occurring in March, April and May.

Before construction of the Turkish dams, mean turbidity in the Euphrates was 3 kg/m³, representing 100 million tonnes annually, with 70 % transported in April and May. Since Keban dam was built, the solid load has practically disappeared.

(*) The largest swamp is Hawr al Hammar, 130 km long, just before Basrah.

En Syrie, l'Euphrate reçoit en rive gauche deux grands affluents qui drainent tout le plateau du Djéziré : le Balik (116 km) et le Khabour (442 km).

L'évaporation augmente de 2 m à 3,50 m de la frontière turque à la frontière irakienne.

6.1.3. L'Euphrate en Irak

Jusqu'à Hit, soit sur environ 200 km de son cours irakien, la vallée de l'Euphrate ressemble à ce qu'elle était en Turquie et en Syrie : longues gorges, parfois resserrées en défilés, mais souvent élargies et remblayées; le fleuve y décrit de larges méandres.

Au-delà de Hit, entre Hit et Kamadi, l'Euphrate entre dans la plaine formée par le remblaiement du Golfe par le Tigre et l'Euphrate; il y a 5 000 ans, le Golfe s'étendait jusqu'à Bagdad.

En Irak, l'Euphrate ne reçoit plus aucun affluent; la pente est très faible (6 cm/km, soit 60 m pour 1 000 km) et le fleuve se déverse dans des bras multiples, des lacs, marécages (*) appelés « hors ». Le nombre de canaux d'irrigation est impressionnant : d'anciens cours sont transformés en canaux; des canaux deviennent de nouveaux cours : l'homme a renouvelé tout le tracé.

Le Tigre, qui vient également de Turquie, coule en Irak plus ou moins parallèlement à l'Euphrate et à l'est de celui-ci, tous deux encadrant la plaine de Mésopotamie. Les deux rivières, épuisées, sans eau et sans pente, confluent pour former en amont de Basra, le Chatt-el-Arab, de 180 km de longueur, dans lequel vient se jeter le Karoun, puissante rivière d'Iran et qui, au XVII^e siècle, se jetait directement dans le Golfe.

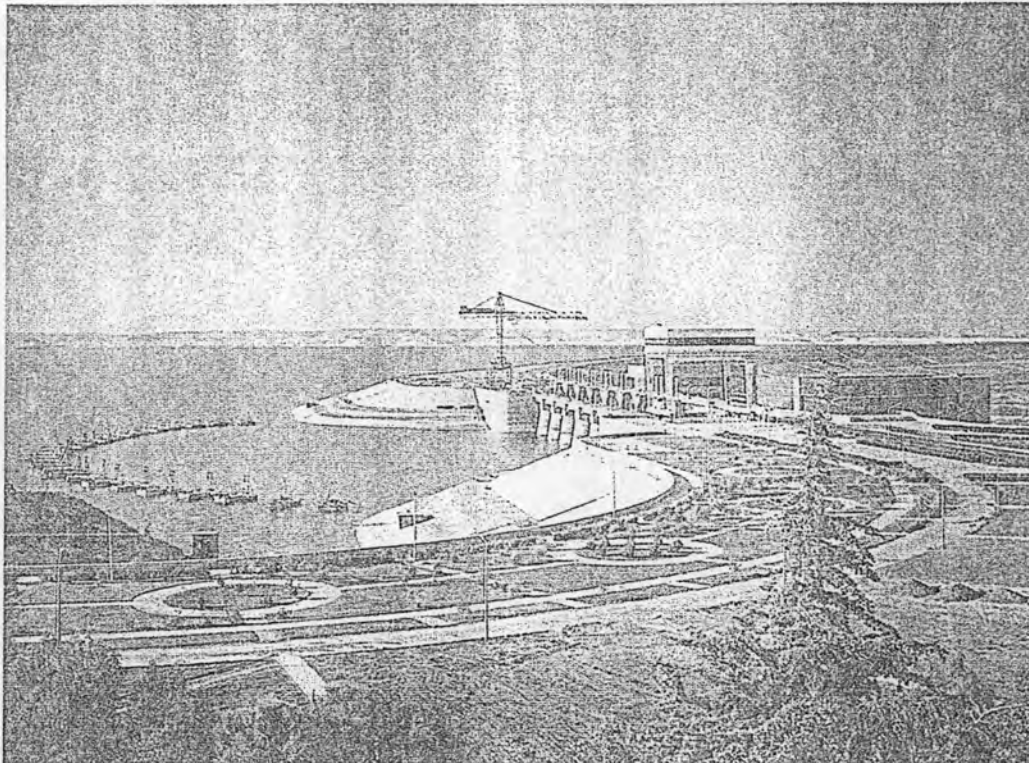
6.1.4. Hydrologie de l'Euphrate - Climatologie

Les apports de l'Euphrate sont essentiellement collectés en Turquie, où les précipitations moyennes s'élèvent à 650 mm/an sur le haut bassin : les apports à la frontière turco-syrienne sont de 31,4 km³/an, soit 1 000 m³/s et un débit spécifique de 8 l/s/km², du même ordre de grandeur que le débit spécifique du Parana, du Niger et du Danube (Tableau A). Ensuite, le bassin versant en Syrie (73 000 km², 250 mm/an) et en Irak (205 000 km², 100 mm/an) ne contribue plus de façon significative à l'accroissement du débit. On retrouve ici le cas du Nil qui, à l'aval de Khartoum, ne reçoit plus d'apports.

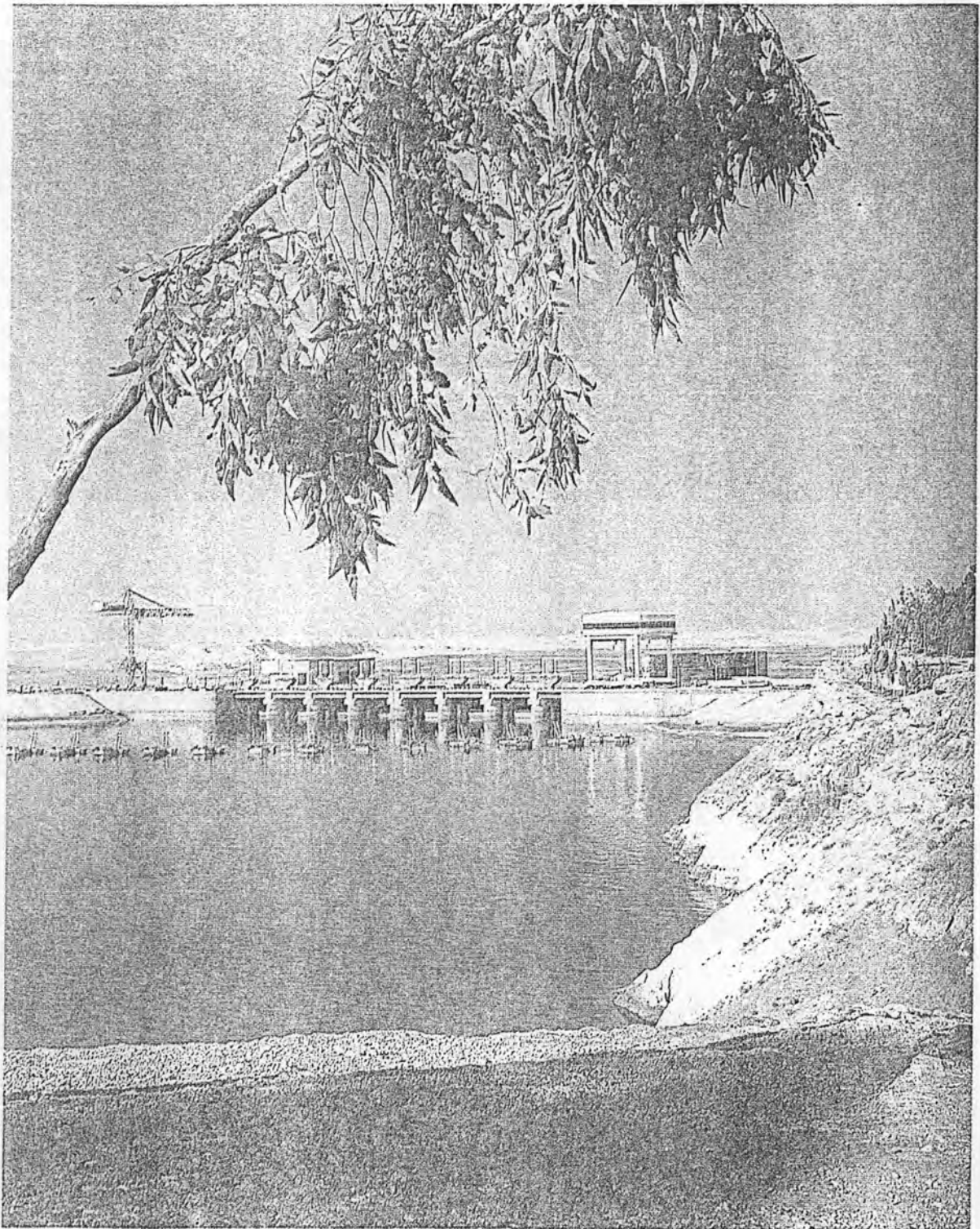
Le régime est pluvio-nival : l'essentiel des apports se fait en mars-avril-mai.

Avant la construction des barrages en Turquie, la turbidité moyenne de l'Euphrate était de 3 kg/m³, soit 100 millions de tonnes par an; 70 % étaient transportés en avril-mai. Depuis la construction du barrage de Keban, le transport est pratiquement nul.

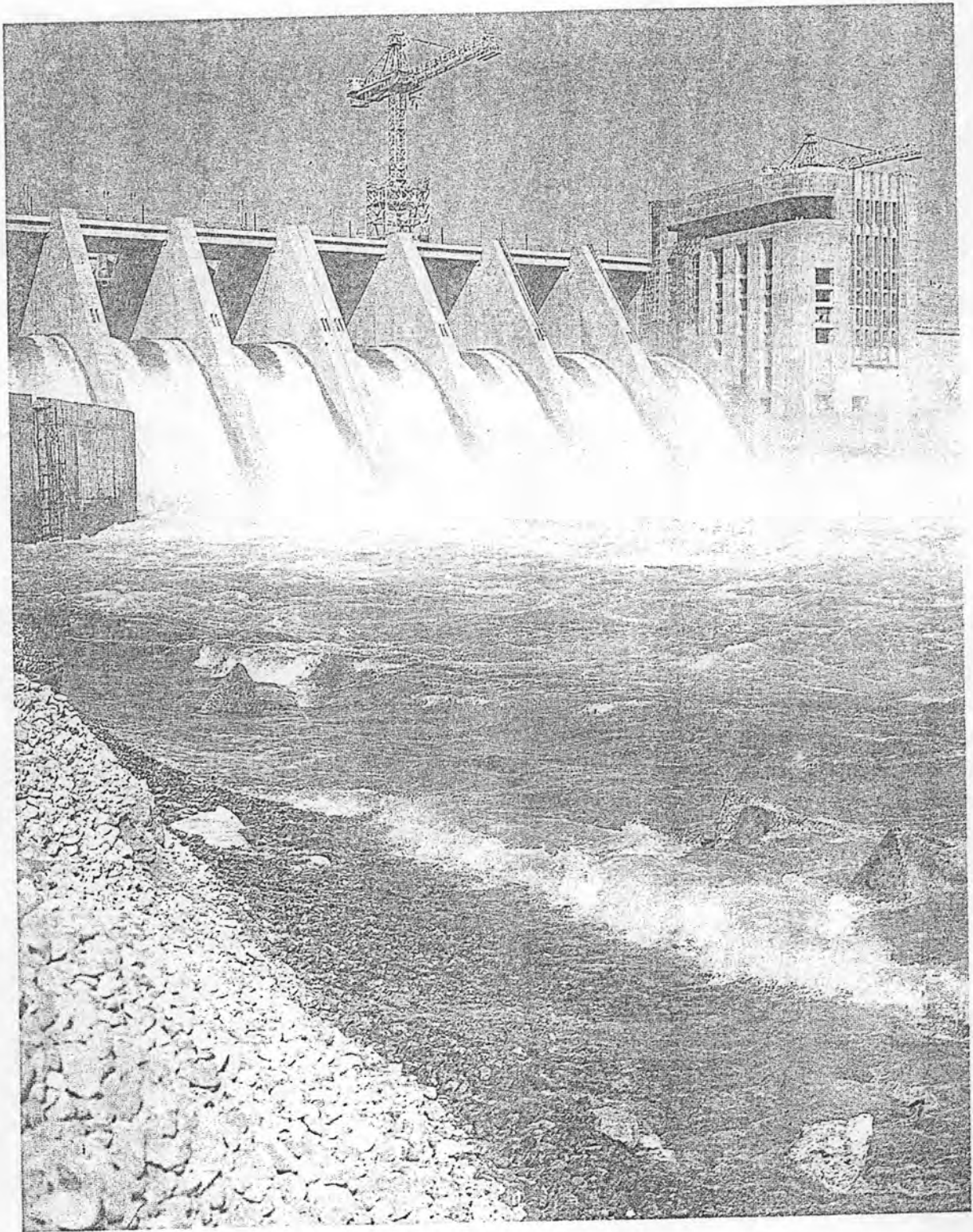
(*) Le plus important est le lac Hammar (130 km de longueur) à l'amont immédiat de Basra.



General view of Tabqa dam and
powerstation/*Vue générale du
barrage de Tabqa et de l'usine
hydroélectrique*



Tabqa dam/Barrage de Tabqa
Spillway/Évacuateur de crue - Upstream view/Vue d'amont



Tabqa dam/Barrage de Tabqa
Spillway/Évacuateur de crue - Downstream view/Vue d'aval



In the past, the Euphrates valley had been inhabited by numerous ancient civilizations as can be seen from archaeological sites, castles and different monuments of antiquity. One of the most famous castles is Ja'abar Castle which juts out from a prominent hill on the left bank of the Euphrates valley, 6 km upstream from the Euphrates dam. Its history dates from the Roman era and besides its beautiful defensive works, it comprises the residence of Queen 'Alla, cemetery of the ruling family and the huge guard tower which still stands.

Due to the historical and geographical importance of this castle which lies on an island in Lake Al-Assad and for the purpose of developing tourist and cultural activities, the slopes have been protected against wave erosion; in the same way, an oriental and Moslem museum will be established there.

La vallée de l'Euphrate a connu de nombreuses civilisations anciennes, comme l'attestent les sites archéologiques, châteaux et différents monuments de l'antiquité. L'un des plus fameux châteaux est celui de Ja'abar qui couronne un promontoire sur la rive gauche de la vallée de l'Euphrate, 6 km à l'amont du barrage de l'Euphrate. Son histoire remonte à la période romaine et, outre de magnifiques ouvrages défensifs, il comporte la résidence de la Reine 'Alla, le cimetière de la famille régnante et la grande tour de garde toujours debout.

Du fait de l'importance historique et géographique de ce château bâti sur une île du Lac Al-Assad, et en vue du développement des activités touristiques et culturelles, les fondations du château ont été protégées de l'attaque des vagues; de même, un musée oriental et musulman y sera installé prochainement.

The region has experienced alternating **periods of wet and dry climate** in the past, as can be seen in Syria in the deep right bank tributary valleys which have become wadis carrying intermittent floods. Apart from the Balikh and Khabur which still feed the Euphrates, the many water courses on the left bank now disappear in depressions and their valleys are perched high above the Euphrates, behind sills 25 m high.

6.1.5. Euphrates and Other Great Rivers

The Euphrates is a major river, although not one of the world's great rivers. It ranks only 16th for length (2 880 km) and much lower for catchment area (399 000 km²), streamflow at the mouth (1000 m³/s) and specific yield (2.25 l/s/km²).

Table E compares the Euphrates with the Nile and other rivers of similar length.

La région a connu dans le passé une alternance de **phases climatiques humides et sèches**, comme en témoignent en Syrie les vallées encaissées d'affluents rive droite, aujourd'hui ouadi, aux crues épisodiques. Rive gauche, en dehors du Balikh et du Khabour qui parviennent encore à l'Euphrate, de nombreux cours se perdent maintenant dans des cuvettes et leurs vallées restent suspendues au-dessus de l'Euphrate dont les séparent des seuils de 25 m de hauteur.

6.1.5. L'Euphrate et les autres grands fleuves

L'Euphrate est une rivière importante, sans figurer toutefois parmi les plus grands fleuves du monde : il n'arrive qu'au 16^e rang pour sa longueur (2 880 km) et beaucoup plus loin pour son bassin versant (399 000 km²), son débit à l'embouchure (1 000 m³/s) et son débit spécifique (2,25 l/s/km²).

Dans le Tableau E, on compare l'Euphrate au Nil et à d'autres fleuves de longueur voisine.

Table E / Tableau E

River Nom du fleuve	Length Longueur (km)	Catchment Bassin versant (km ²)	Specific Yield Débit spécifique (l/s/km ²)	Flow at Mouth Débit à l'embouchure (m ³ /s)	Hydro Potential Potentiel équippable (TWh)
Euphrate	2 880	399 000	2,5	1 000	35
Nil	6 300	3 000 000	0,9	2 800	15 (?)
Zambèze	2 660	1 330 000	2,8	3 500	130
Niger	4 184	1 100 000	6,3	7 000	
Columbia	2 000	680 000	11,0	7 500	92
Parana	3 300	2 343 000	7,0	16 000	174
Dniepr	2 300	490 000	3,4	1 670	9
Danube	2 850	817 000	7,8	6 400	40

The Euphrates represents, roughly speaking, one-third of the Nile for length and streamflow. The Zambeze is comparable to it in terms of length and specific yield but its catchment area is three-and-a-half times larger. The Dniepr resembles it most in length, catchment area and specific yield.

The uniqueness of the Euphrates has nothing to do with its length, catchment or specific yield, it lies in the fact of inflow being concentrated in the upper reaches in Turkey and its steep slope (0.75 % in Turkey below Eläzig and 0.23 % in Syria), making it an important source of hydro power - 35 TWh with 25 TWh in Turkey, or four times the potential of the Dniepr and about the same as the Danube. In fact, however, the Zambeze resembles the Euphrates the most, it has the same length, specific yield and specific hydro potential (kWh/km²) but the Zambeze catchment is 3 1/2 times

L'Euphrate représente grosso modo, en longueur et en débit, le tiers du Nil. Pour la longueur et le débit spécifique, le Zambèze lui est très comparable, mais le bassin versant de celui-ci est trois fois et demi plus étendu. Le Dniepr offre une plus grande similitude en longueur, bassin versant et débit spécifique.

Mais l'originalité de l'Euphrate ne tient pas à sa longueur, son bassin versant et son débit spécifique; elle réside dans la concentration des apports dans le bassin supérieur, en Turquie, et à la forte pente de la rivière (0,75 % en Turquie, à l'aval d'Eläzig, 0,23 % en Syrie), ce qui fait de l'Euphrate un important gisement d'hydroélectricité : 35 TWh, dont 25 en Turquie, soit 4 fois le potentiel du Dniepr, presque celui du Danube. C'est finalement au Zambèze que l'Euphrate peut être le mieux comparé : même longueur, même débit spécifique, même potentiel spécifique (kWh/km²); mais le

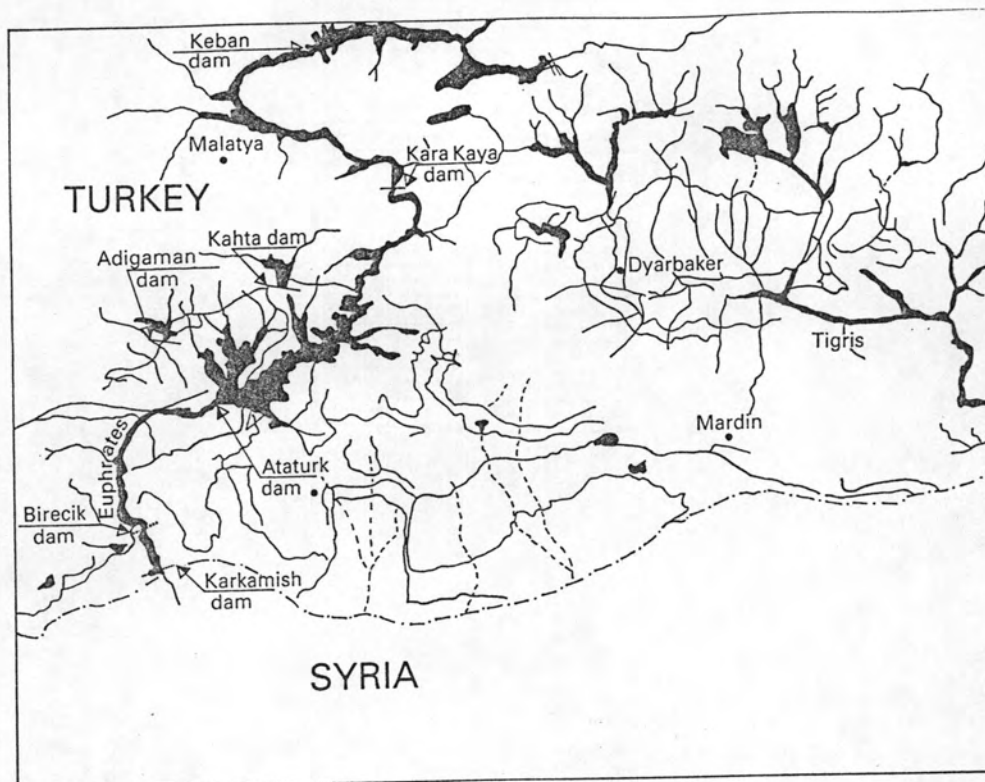


Fig. 10

Euphrates in Turkey
L'Euphrate en Turquie

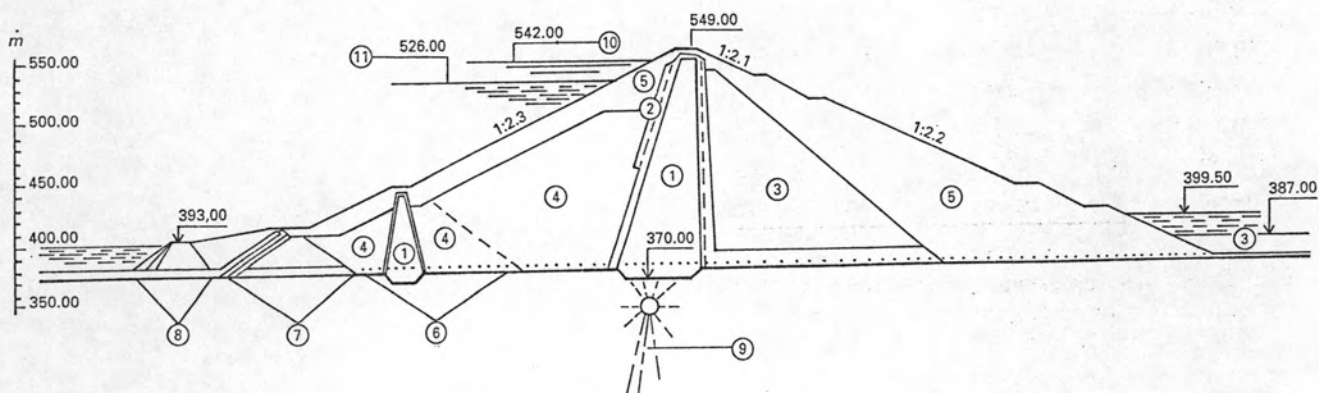


Fig. 11

Ataturk dam - Cross section
Barrage Ataturk - Coupe transversale

- ① Core.
- ② Transition zones.
- ③ Random fill.
- ④ River alluvium.
- ⑤ Rockfill (basalt).
- ⑥ Cofferdam

- ① Noyau d'étanchéité.
- ② Zones de transition.
- ③ Remblai tout-venant.
- ④ Alluvions fluviales.
- ⑤ Enrochement (basalte).
- ⑥ Batardeau.

- ⑦ Upstream pre-cofferdam.
- ⑧ Closure dyke.
- ⑨ Grout curtain.
- ⑩ Maximum water level.
- ⑪ Normal water level.

- ⑦ Pré-batardeau amont.
- ⑧ Digue de fermeture.
- ⑨ Écran d'injection.
- ⑩ Niveau maximal de retenue.
- ⑪ Niveau normal de retenue.

larger and flow at the mouth and hydro potential are both 3 1/2 times larger also.

6.2. Hydro-Electric Schemes on the Euphrates (Table F, Maps 10, 12, 14)

There are six large dams operating on the Euphrates, three in Turkey, two in Syria and one in Iraq. Another one is being built in Syria.

6.2.1. Hydro Power in Turkey

Very large dams have been built in Turkey on the Firat (Euphrates) (see map 10 and Table F) for the dual purpose of irrigation and hydro-electricity generation.

Three of the five schemes planned for the lower Turkish reach of the river are now on stream, Keban (1974), Karakaya (1987) and Atatürk (1991). Their aggregate reservoir capacity is 89 km³ (three times the annual streamflow) and they together harness a head of 459 m over a 471 km stretch, representing a potential of 21.7 TWh per year. The head to be developed in two subsequent schemes is approximately 60 m on a 110 km stretch, with a combined reservoir capacity of 1.3 km³ and a potential of 3.2 TWh.

The largest of these schemes in terms of reservoir length, area and capacity is Atatürk. It is half as big again as Keban. Construction commenced in the early eighties and was completed in July 1993. Filling of the reservoir started in January 1990 and the first generating set went on stream in July 1992 as soon as the minimum operating level at el. 513m had been reached. Reservoir capacity is 29 km³ up to this level and 48.7 km³ up to Normal Water Level at el. 526 m (Fig. 11).

Irrigated area will increase from 300 000 ha around Keban to 1 400 000 ha (500 000 ha gravity and 900 000 pumped) with the downstream schemes. The volume of water needed will be 15.7 km³, equivalent to half the runoff currently available at the Turkish/Syrian border.

Atatürk alone will irrigate 900 000 ha. It is the key-stone to Turkey's ambitious South-East Anatolian project (GAP project) to develop every aspect of these economically deprived regions. A pair of parallel tunnels, 26 km long and 7.62 m in diameter, from the reservoir to the town of Sanliurfa (formerly Urfa or Edessa) were completed in late 1992 ready for the 1993 irrigation season, to divert 328 m³/s to the Harran, Mardin, Gazi, Gellan and Billan plains.

6.2.2. Hydro Power in Syria

In 1993, only the upstream third of the Syrian stretch of the Euphrates has been harnessed, by three schemes (See map 12 and Table F), the most important being Tabqa (al-Thawra) with a reregulating dam

Zambèze ayant un bassin versant 3,5 fois plus grand, son débit à l'embouchure et son potentiel hydroélectrique sont également 3,5 fois plus élevés.

6.2. Les aménagements hydroélectriques sur l'Euphrate (Tableau F, cartes 10, 12, 14)

Sur le cours de l'Euphrate six grands barrages sont actuellement en service : trois en Turquie, deux en Syrie et un en Irak. Un autre est en cours de construction en Syrie.

6.2.1. En Turquie

De très grands barrages ont été construits en Turquie sur le cours du Firat (Euphrate) (voir carte 10 et Tableau F), avec le double objectif de développer l'irrigation et de produire de l'électricité.

Trois aménagements sur les cinq projetés, sur le cours inférieur turc, sont actuellement en service, à savoir, d'amont en aval : Keban (1974), Karakaya (1987) et Atatürk (1991). A eux trois, ils ont une capacité de retenue de 89 km³ (3 fois les apports annuels), et équipent une chute de 459 m sur 471 km de rivière, ce qui représente un potentiel de 21,7 TWh/an. La chute restant à équiper, en deux aménagements, est d'environ 60 m pour 110 km de rivière (volume des retenues 1,3 km³ - potentiel 3,2 TWh).

L'aménagement le plus important, celui d'Atatürk, crée la plus grande retenue en longueur, surface et volume : c'est une fois et demie Keban. Les travaux, commencés au début des années 1980, se sont achevés en juillet 1993; le remplissage de la retenue a commencé en janvier 1990, et le premier groupe a été mis en service en juillet 1992 dès que le niveau minimal d'exploitation de 513 m a été atteint (volume 29 km³; il est de 48,7 km³ à la cote de retenue normale 526 m) (Fig. 11).

L'irrigation va passer de 300 000 ha, situés autour de Keban, à 1 400 000 ha (500 000 ha par gravité + 900 000 ha par pompage) grâce aux aménagements d'aval : le volume d'eau nécessaire sera alors de 15,7 km³, soit la moitié des apports actuellement disponibles à la frontière turco-syrienne.

A lui seul Atatürk va irriguer 900 000 ha : c'est la pièce maîtresse de l'ambitieux projet GAP (Projet de l'Anatolie du sud-est) entrepris par la Turquie pour développer dans tous les domaines ces régions qui sont en retard sur le plan économique. A cet effet, deux galeries parallèles de 26 km de longueur et de 7,62 m de diamètre, creusées entre le réservoir et la ville de Sanliurfa (ancienne Urfa ou Edesse), terminées fin 1992 pour mise en service à la saison d'irrigation 1993, vont dériver 328 m³/s vers les plaines de Harran, Mardin, Gazi, Gellan et Billan.

6.2.2. En Syrie

En 1993, seul le tiers amont du cours syrien de l'Euphrate est équipé par trois aménagements (voir carte 12 et Tableau F), dont le principal est Tabqa (Al-Thaura), auquel est associé le bassin de compensation

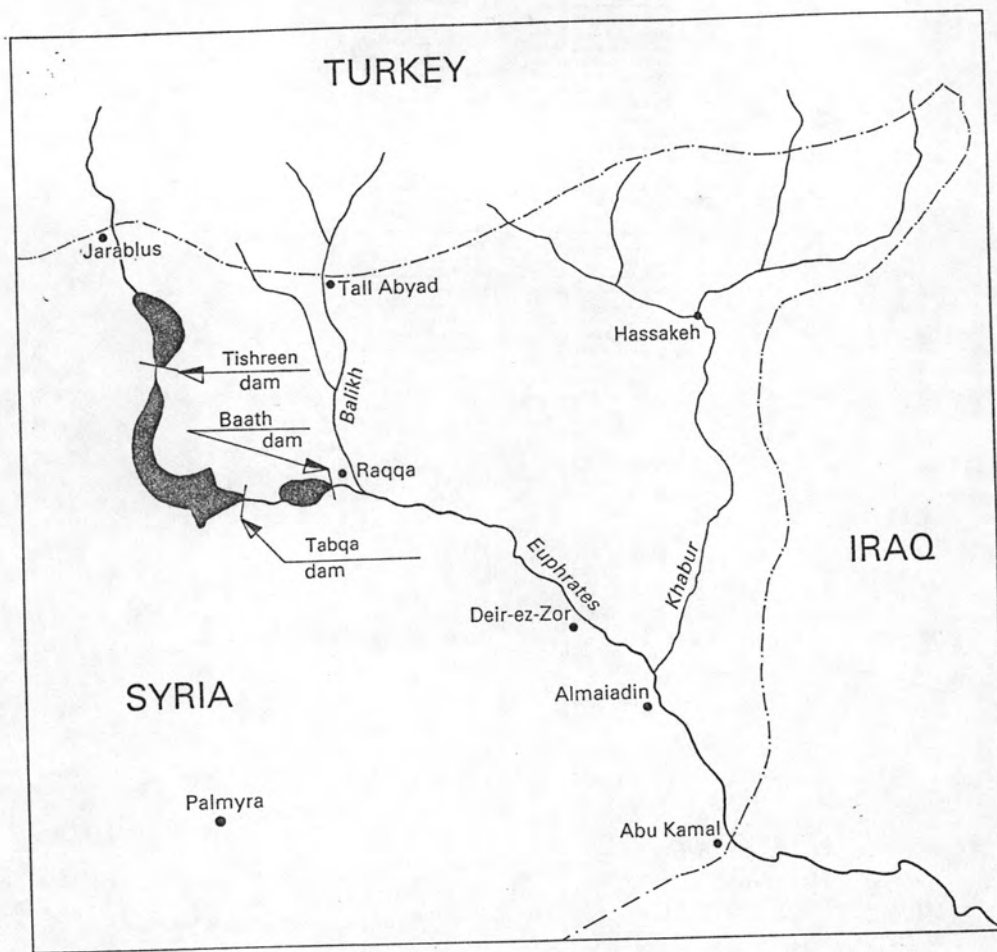


Fig. 12

Euphrates in Syria
L'Euphrate en Syrie

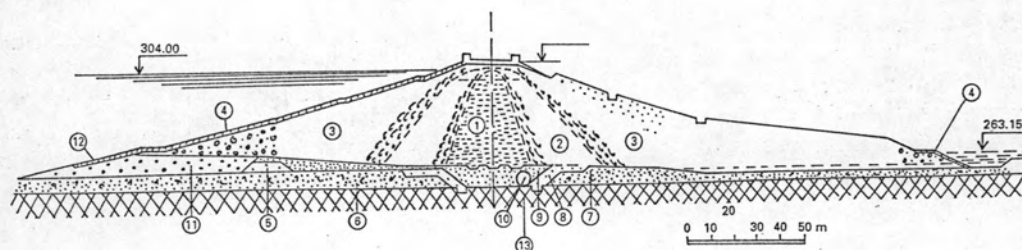


Fig. 13

Tabqa dam - Typical cross section
Barrage de Tabqa - Coupe transversale type

① Sandy loam core.

② Intermediate zone.

③ Gravel and sand shoulders.

④ Reinforced concrete slabs
0.2 m

⑤ Upstream cofferdam

⑥ Pit sand gravel soils.

⑦ Alg. 4.

① Noyau en terre glaise
sableuse.

② Zone intermédiaire.

③ Recharges en sable et gravier.

④ Dalles en béton armé
($e = 0,2$ m).

⑤ Batardeau amont.

⑥ Terres graveleuses.

⑦ Alg. 4

⑧ Transition layer.

⑨ Loam.

⑩ Inspection gallery.

⑪ Pit chalk.

⑫ Facing with stones.

⑬ Grout curtain.

⑧ Couche de transition.

⑨ Terre glaise.

⑩ Galerie de visite.

⑪ Matériaux calcaires.

⑫ Revêtement en pierres.

⑬ Écran d'injection.

at al-Ba'ath to enable the Tabqa powerstation to generate peak-time electricity. The Tishreen scheme between Tabqa and the Turkish border is being built at present. All three dams are earth designs, unlike Keban and Atatürk rockfill dams.

Tabqa Dam (*) (Fig. 13)

Tabqa is the largest dam in Syria in terms of dam fill (41 hm^3), reservoir (Lake Assad) capacity (14.1 km^3) and area (640 km^2). Dam crest length at 4500m is four times longer than Keban, 2 1/2 times longer than Atatürk and 1 1/2 times longer than Aswan.

The chalk foundation was grouted only where it appeared jointed. A few pockets of clay were removed.

The very abundant alluvium at the dam site with a wide spectrum of particle sizes led to the choice of an earth dam with central clay core, built with hydraulic fill with blocks of chalk in the upstream and downstream shoulders.

Fill was placed in 40 cm layers with the work interrupted during 4-6 months for settlement when it had risen six or seven metres.

Fill volume is 41 hm^3 and concrete volume is 1.5 hm^3 . Fill materials was taken from the river bed. The shortage of fines in the 0.5-0.63 mm range led to higher cement proportions.

The purpose of the dam is :

- irrigation to 640 000 ha arid land,
- generation of 2.5 TWh electricity per year (calculated on the natural flow in the Euphrates),
- flood protection to riparian land,
- fish farming development,
- recreational development around Lake Assad ($80 \times 8 \text{ km}$).

The spillway is designed for $14\,600 \text{ m}^3/\text{s}$, representing the 10 000-year flood.

The hydro plant consists of eight $285 \text{ m}^3/\text{s}$ 107.5 MW Kaplan turbines generating when reservoir level lies between el. 285 m and 304 m (Full Supply Level).

Irrigation (**) from the reservoir currently involves 310 000 ha. The gravity system to 160 000 ha starts from the end of the left wing of the dam through the $140 \text{ m}^3/\text{s}$ Salhabieh Canal, and pump plant supplies

d'Al-Ba'ath pour permettre le fonctionnement en pointe de l'usine de Tabqa. L'aménagement de Tishreen, entre Tabqa et la frontière turco-syrienne, est en cours de construction. Ces trois barrages sont en terre et non pas en enrochement comme Keban et Atatürk.

Barrage de Tabqa (*) (Fig. 13)

C'est le plus important ouvrage de Syrie quant au volume du barrage (41 hm^3), au volume ($14,1 \text{ km}^3$) et à la surface (640 km^2) de la retenue (Lac Assad). La longueur en crête de l'ouvrage (4 500 m) est très grande : 4 fois Keban, 2,5 fois Atatürk, 1,5 fois Assouan.

Les fondations sont en craie et les injections n'ont été exécutées que là où la roche est apparue fissurée; quelques lentilles d'argile ont été enlevées.

La présence de matériaux alluvionnaires dans la zone du barrage, en grande quantité et avec un large spectre de granulométrie, ont conduit à prévoir un barrage en terre à noyau central en argile. La mise en place s'est faite par remblayage hydraulique. Des blocs de craie ont été également utilisés pour les recharges amont et aval.

La mise en place s'est faite par couches de 40 cm, avec arrêt des travaux pendant 4 à 6 mois lorsque la couche atteignait 6 à 7 m, pour permettre le tassement.

Le volume du remblai est de 41 hm^3 et celui du béton de $1,5 \text{ hm}^3$. Les matériaux ont été pris dans le lit de la rivière; le manque de fines dans la tranche 0,5-0,63 mm a conduit à une augmentation du dosage en ciment.

Les buts de l'aménagement sont les suivants :

- irrigation de 640 000 ha de terres arides,
- production de 2,5 TWh/an (avec le débit naturel de l'Euphrate),
- protection des terrains riverains contre les crues,
- développement de la pisciculture,
- création d'une zone touristique au bord du Lac Assad ($80 \times 8 \text{ km}$).

Évacuateur de crue : $14\,600 \text{ m}^3/\text{s}$ (probabilité = déca-millénaire).

Équipement hydroélectrique : 8 turbines Kaplan fonctionnant entre les niveaux de retenue 285 m et 304 m (retenue normale); $285 \text{ m}^3/\text{s}$ et 107,5 MW chacune.

L'irrigation (**) à partir du lac concerne actuellement 310 000 ha; elle se fait soit par gravité (160 000 ha) par un canal de $140 \text{ m}^3/\text{s}$ (Canal de Salhabieh) dont la prise se trouve dans l'aile rive gauche du

(*) Also now called Euphrates Dam.

(**) Maize, rice, cotton, alfalfa, sugar beet, fruit trees, poplars and other tree species (cypress, pine, eucalyptus, acacia, etc.).

(*) Aussi dénommé maintenant Barrage de l'Euphrate.

(*) Après surélévation de 10 m par une digue en terre avec masque amont en béton - 1977.

Table F/Tableau F

DEVELOPMENT PROJECTS ON THE EUPHRATES/AMÉNAGEMENTS DE L'EUPHRATE

Name/Nom	Dam/Barrage				Reservoir/Retenue				Powerstation Usine		✓ A
	Type	Height Hauteur m	Crest Length Long. en crête	Volume hm³	Capacity/Volume (km³)		Area Surface km²	Length Long. km	MW	TWh	
					Total	Live Utile					
Turkey/Turquie											
Keban (1974)	ER + PG	211	1 126	15,6	30,7		635	125	1 420	6,40	48,3
Karakaya (1987)	VA	173	462	2,0	9,58	5,58	298	166	1 800	7,20	32,1
Atatürk (1991)	ER	172	1 800	84,5	48,70	20,00	817	180	2 400	8,10	59,6
Birecik (?)	ER + PG	59		9,0	1,2		56		670	2,50	2,1
Karkamis (?)	TE + PG	40		1,5	0,16		28		180	0,65	.6
					90,34		1104			24,85	81,8
Syria/Syrie											
Tabqa (Al-Thaura) (1978) RN 304	TE	60	4 500	41,0	14,1	11,9	640	80	800	2,5	22,0
					(Réservoir Al-Asad)						
(Al-Ba'ath) (1989) RN 257	TE	14	3 650	2,5	0,90		27	26	75	0,375	3,3
(Tishreen) (1995) RN 325	TE	25	1 000	7,0	1,8		166	72	552	1,6	10,8
					16,80		733			4,5	22,9
Iraq/Irak											
Haditha (1983)	ER	57	8 933		8,2	1,8	418	120	500	0,8	19,6
Habaniya					3,26	0,67	425	30			7,7
Abu Dibis					16,7		1 800	70			9,3
Tharthar					85,0	35,0	2 710	80			31,4
					113,6		4353				26,1

Sally

150 000 ha spread along the reservoir upstream of the dam. The latter is a mix of small pumps for private irrigation of 75 000 ha and large government pump stations supplying 75 000 ha. Al-Barbiri pump station for example currently supplies 18 451 ha but its installed capacity of 90 m³/s will in the future enable it to supply 140 000 ha.

The 3.5 m³/s domestic water supply to Aleppo is maintained, with a new intake at el. 285 m and a treatment station.

Ba'ath Dam

Ba'ath dam is 27 km downstream of Tabqa.

It is another earth structure but a homogeneous design without earth core. The fill material available contained too few fines so that the dam body is relatively pervious.

The purpose of the dam is :

- reregulation of peak-hour turbine discharge from Tabqa dam,
- generation of 375 GWh/year electricity from three 25 MW horizontal shaft Kaplan turbines.

The turbines operate between reservoir level el. 255m and 257 m. Dam crest is at el. 259 m.

Ba'ath dam has two features worth mention.

1. River floods are discharged through eight 14.5 × 11.5m gates, with additional capacity provided by a 900m long overspill section of the dam crest, which is 1m lower than the rest of the dam against the left bank.

2. The water table at the dam site displayed a positive pressure of 8 bars, which meant drilling 135 wells in 146mm diameter and installing pumps in them, running continuously to control uplift pressures.

Tishreen Dam

Tishreen dam is just upstream of Lake Assad, 27 km from the Turkish border.

It, too, is an earth structure but is built of specially-processed chalk material.

The hydro-electric plant houses six 92 MW vertical shaft Kaplan turbines, each generating 1.6 TWh annually.

Tishreen dam was built solely for hydro power.

barrage, soit par pompage (150 000 ha) pour les terres situées à l'amont du barrage, le long de la retenue. Ce pompage peut concerner soit l'irrigation privée par de nombreuses petites pompes (75 000 ha), soit l'irrigation publique à partir de grandes stations de pompage (75 000 ha). Par exemple, la station Al-Barbiri irrigue actuellement 18 451 ha, mais sa puissance installée (90 m³/s) permettra d'irriguer dans l'avenir 140 000 ha.

L'alimentation en eau potable d'Alep (3,5 m³/s) continue à être assurée par une nouvelle prise d'eau à la cote 285 et une usine de traitement.

Barrage de Ba'ath

Il est situé à 27 km à l'aval du barrage de Tabqa.

C'est également un barrage en terre, mais en terre homogène sans noyau. Les matériaux disponibles ne contenaient pas assez de fines, si bien que le corps du barrage est relativement perméable.

Les buts sont les suivants :

- régulariser les lâchures de l'usine de pointe de Tabqa,
- produire 375 GWh/an (3 turbines Kaplan à axe horizontal de 25 MW).

Le niveau d'exploitation est compris entre les cotes 255 m et 257 m; crête du barrage à 259.

Deux particularités méritent d'être signalées :

1. Les crues sont évacuées par 8 pertuis de 14,5 × 11,5 m, mais également par déversement sur une partie de la crête du barrage qui est abaissée de 1 m sur 900 m de longueur en rive gauche.

2. A l'emplacement du barrage, la nappe phréatique était sous pression (8 bars), ce qui a entraîné le perçement de 135 puits de 146 mm de diamètre, équipés de pompes en service continu pour écarter le danger des sous-pressions.

Barrage de Tishreen

Il est situé à l'amont immédiat du Lac Assad, à 27 km de la frontière turco-syrienne.

C'est également un barrage en terre, mais pour lequel on a utilisé des matériaux crayeux après leur avoir fait subir un traitement spécial.

Équipement hydroélectrique : 6 turbines Kaplan à axe vertical de 92 MW chacune, assurant une production annuelle de 1,6 TWh.

Il vise uniquement à la production d'électricité.

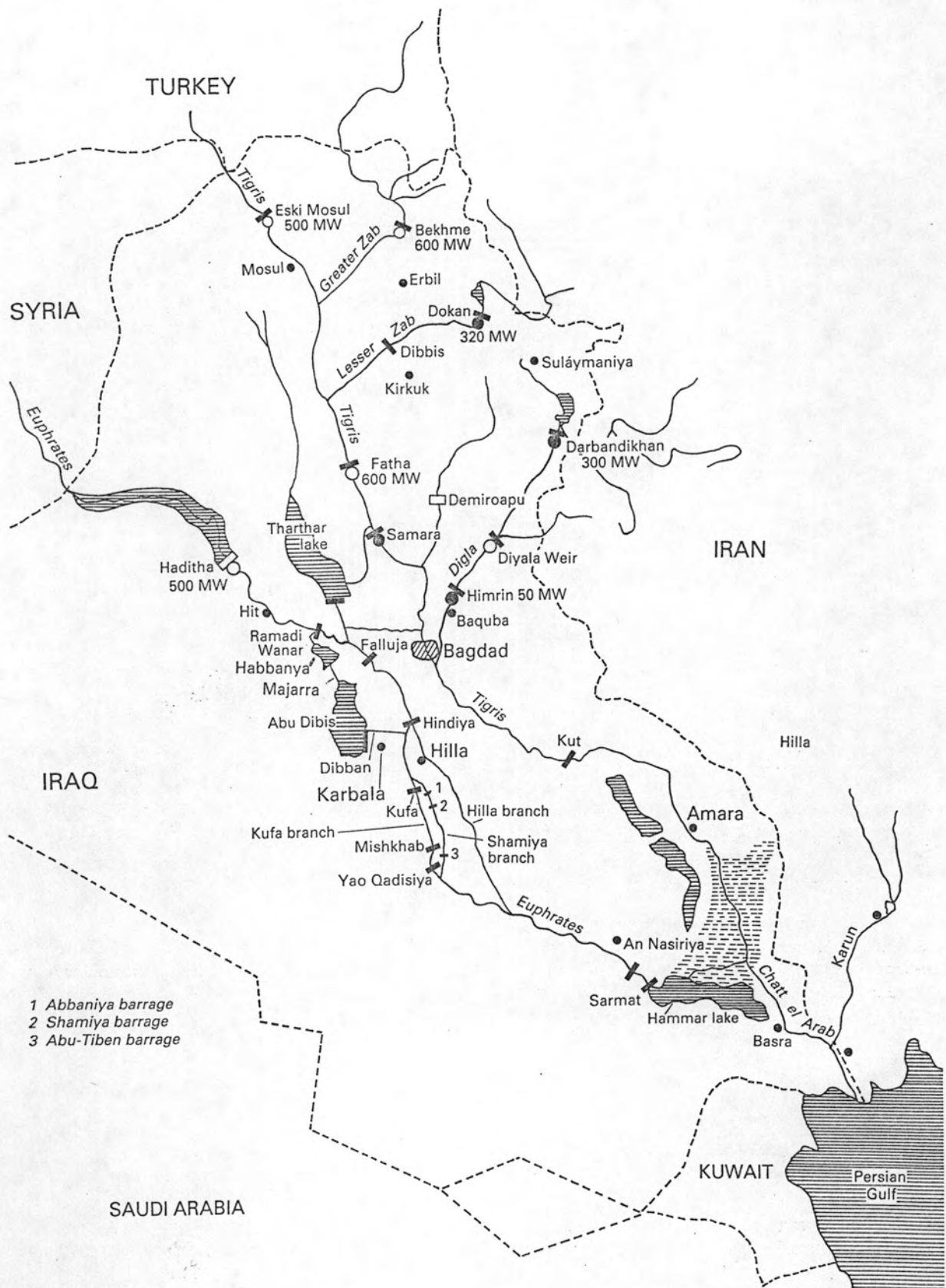


Fig. 14
Euphrates in Iraq
L'Euphrate en Irak

6.2.3. Hydro Power in Iraq (Map 14)

The first dam on the Euphrates in Iraq is Hadithan 120 km from the Syrian border, built in 1983 to regulate streamflow entering Iraq and generate electricity (500 MW). It is the last large storage dam on the river, those farther downstream being diversion dams.

The first of these is Ramadi (1956) diverting part of the Euphrates floodwaters into the Habbaniya and Abu Dibis depressions through Warrar canal (see Table F). These two depression are interconnected by Majarra canal (1300 m³/s) and can return water to the river upstream of Fallujah through Dibban canal (400 m³/s).

Farther downstream, there are many multipurpose dams for irrigation, navigation, and electricity (10 m head) between 10 m and 20 m high: Falluja (1985), Hindiya (18 m, 1914 and 1989), Kufa (21 m, 1990), Mishkhab (1952), Yao Qadisiya (1934) and Sarmat and Akaika dam (1957) diverting water into Lake Hammar. On the Eastern (Shamiya) branch of the Euphrates, there are Abbaniya (14 m), Shamiya (14 m) and Abu Tiben (14 m) barrages.

But the keystone of Iraq's inventory is the scheme to develop the vast Tharthar depression between the Tigris and Euphrates North-West of Baghdad. Its total capacity is 83 km³, twice that of Ataturk and as much as the live capacity at Aswan. It is filled by diverting water from the Tigris at Samara dam (1956) to protect Baghdad against flooding. The excess above 5000 m³/s is diverted through a 64 km, 1100 m³/s canal. Water is sent to the Euphrates from Tharthar through the 37 km, 1100 m³/s Tharthar-Euphrates canal opened in 1977, while another 66 km canal branches off it to return water to the Tigris upstream of Baghdad.

6.2.3. En Irak (Carte 14)

A environ 120 km de la frontière, on trouve d'abord le barrage d'Haditha (1983) dont le but est d'assurer la régularisation des apports entrant en Irak et de produire de l'électricité (500 MW) : c'est le dernier grand barrage sur l'Euphrate. Les barrages à l'aval ne seront que des barrages de dérivation.

Vient ensuite le barrage de Ramadi (1956) qui, par le canal de Warrar, assure la dérivation, en cas de crue, d'une partie des eaux de l'Euphrate dans les dépressions d'Habbaniya et d'Abu Dibis (voir Tableau F); ces dépressions sont reliées entre elles par le canal de Majarra (1 300 m³/s) et peuvent restituer leurs eaux à l'Euphrate, en amont de Falluja, par le canal de Dibban (400 m³/s).

Plus à l'aval, de nombreux barrages à buts multiples (irrigation, navigation, électricité - chute de 10 m), de 10 à 20 m de hauteur, ont été construits : Falluja (1985), Hindiya, 18 m (1914 et 1989), Kufa, 21 m (1990), Mishkhab (1952), Yao Qadisiya (1934) et les barrages de Sarmat et Akaika (1957) qui assurent la dérivation des eaux dans le lac Hammar. A signaler aussi, sur la branche est de l'Euphrate (Shamiya branch), les barrages d'Abbaniya (14 m), Shamiya (14 m) et Abu Tiben (14 m).

Mais la pièce maîtresse de l'équipement de l'Irak est constituée par l'aménagement de la dépression du Tharthar, vaste dépression située entre Tigre et Euphrate au nord-ouest de Bagdad : sa capacité totale est de 83 km³, soit deux fois celle d'Atatürk, autant que le volume utile d'Assouan. Elle est remplie par une dérivation des eaux du Tigre au barrage de Samara (1956) pour protéger Bagdad contre les inondations : l'excès d'eau au-dessus de 5 000 m³/s est dérivé par un canal de 64 km (1 100 m³/s). L'eau du Tharthar est renvoyée à l'Euphrate par le canal Tharthar-Euphrate (37 km-1 100 m³/s) mis en service en 1977; un autre canal (66 km) est branché sur le précédent pour réalimenter le Tigre à l'amont de Bagdad.

Lac Tharthar / Tharthar Lake

Réserve totale (Total storage)	85 km ³	Niveau max. (Max. Water level)	65 (*)
Réserve de crue (Flood Storage)	6 km ³	Retenue normale (Normal Water Level)	62,50
Réserve morte (Dead Storage)	44 km ³	Niveau minimal d'exploitation (Min. Water Level)	45
Réserve utile (Active storage)	35 km ³		

The Tharthar project has a twofold purpose :
 - to protect Baghdad against flooding, and
 - support base flow in the Tigris (600 m³/s inflow just upstream of Baghdad) and Euphrates (500 m³/s North of Falluja).

L'objectif du projet du Tharthar est double :
 - protéger Bagdad contre les crues;
 - relever les étiages du Tigre (apports de 600 m³/s à l'amont immédiat de Bagdad) et de l'Euphrate (apports de 500 m³/s au nord de Falluja).

6.3. International Agreements

There is no tripartite treaty between Turkey, Syria and Iraq on the overall use of water but various agreements have been signed.

The 1980 Protocol provides for

- agreement to cooperate on pollution control, and
- formation of a Joint Technical Committee to study the sharing of Tigris and Euphrates water.

A 1987 Protocol (Damascus, 17 July 1987) between Turkey and Syria provides for :

- a temporary agreement on time to be taken to fill Ataturk reservoir, and
- an undertaking by Turkey to provide at least 500 m³/s at the Syrian border, the shortfall in any month being made up in the following months.

A temporary agreement between Syria and Iraq for 1990 involved Syria undertaking to allow 58 % of water from Turkey to flow into Iraq.

REFERENCES

- *Turkish Committee on Large Dams and Electrowatt (Zurich), for information on Turkey*
- *SOGREAH (Grenoble) and author's notes, for information on Iraq*
- *Ministry of Irrigation, Directorate of Dams, Damascus*

6.3. Les accords internationaux

Il n'y a pas d'accord tripartite Turquie-Syrie-Irak sur l'utilisation globale des eaux, mais différents protocoles ont été signés :

- Protocole de 1980 :

- accord pour coopérer à la maîtrise de la pollution;
- création d'un Comité Technique Mixte pour l'étude de la répartition des eaux de l'Euphrate et du Tigre.

- Protocole de 1987 (17 juillet 1987, à Damas) entre Turquie et Syrie :

- accord temporaire pour la durée de remplissage de la retenue d'Atatürk;
- la Turquie s'engage à laisser passer au moins 500 m³/s à la frontière turco-syrienne; le déficit éventuel sur ce débit mensuel moyen devra être compensé durant les mois suivants.

- Accord temporaire entre la Syrie et l'Irak pour l'année 1990. La Syrie s'est engagée à laisser passer en Irak 58 % du volume d'eau reçu de Turquie.

RÉFÉRENCES

- *Comité Turc des Grands Barrages et Electrowatt (Zurich), pour la Turquie.*
- *Sogreah (Grenoble) et notes de l'auteur, pour l'Irak.*
- *Ministère de l'Irrigation, Direction des Barrages - Damas, pour la Syrie.*

(*) After 10 m heightening in 1977 by means of earth dam with concrete upstream facing.

(*) Après surélévation de 10 m par une digue en terre avec masque amont en béton - 1977.

7. GEOLOGICAL PROBLEMS IN DAM CONSTRUCTION

7. PROBLÈMES GÉOLOGIQUES LIÉS A LA CONSTRUCTION DES BARRAGES

The geological problems for dam construction in Syria concern the karst, basalt and gypsum, reservoir silting and the availability of construction materials.

7.1. Karst

Limestone formations cover much of Syria, especially along the coast, in Northern Syria, around Damascus and in the steppe. They have frequently suffered from severe solution action, making a grout curtain under the dam a necessity, provided an impervious stratum can be found at reasonable depth. Otherwise, a clay blanket must be spread over the whole reservoir floor.

A 0.2 mm sheet of polyethylene was substituted for the clay blanket at Rajo reservoir next to Aleppo but results were not satisfactory. An asphaltic concrete lining available naturally at a nearby quarry is now being considered.

At another project where karstification extended very deep and the reservoir floor was very rough, the cost of a clay blanket was found to be prohibitive and the reservoir had to be abandoned, even though the dam had been built (Messyaf dam near Hama).

The karst problem is arduous and costly but it must be solved since it is worst precisely in the coastal area where there is an abundance of water, while the neighbouring area is cruelly deprived.

7.2. Basalt

Basalt formations cover nearly a quarter of Syria, especially in the South (Suwayda, Dara, Golan), North-East of Jazirah and West of Homs.

Many dams have been successfully built on Pliocene basalt foundations but where the rock is severely jointed Quaternary or more recent basalt, the problem is the same as with the karst, requiring a grout curtain under the dam or a blanket over the reservoir floor.

It has been impossible to build any dam at all on the volcanic tuff because of the prohibitive cost of seepage control. Although basalt covers only a quarter of the country, more than half the dams built to date sit on basalt, but they are low dams with small reservoirs.

Les problèmes rencontrés concernent le karst, le basalte et le gypse, l'alluvionnement des retenues et les matériaux de construction.

7.1. Karst

Les formations calcaires couvrent une grande étendue en Syrie, particulièrement le long de la côte, au nord de la Syrie, autour de Damas et dans la steppe. Ces formations étant souvent très karstifiées, un voile d'injection dans la fondation du barrage est nécessaire, si l'on peut rencontrer à une faible profondeur le substratum imperméable. Dans le cas contraire, on étend sur toute la surface de la cuvette un tapis argileux pour en assurer l'étanchéité.

Au lieu de tapis argileux, on a posé une feuille de polyéthylène de 0,2 mm d'épaisseur dans la cuvette du barrage de Rajo, tout près d'Alep, mais les résultats n'ont pas été satisfaisants. On pense maintenant utiliser à Rajo un revêtement en béton bitumineux qui existe naturellement dans une carrière voisine.

Dans un autre cas, où l'épaisseur du karst était très grande et la surface de la cuvette très tourmentée, l'établissement d'un tapis argileux s'est révélé trop onéreux et la cuvette a été abandonnée, bien que le barrage soit construit (barrage de Messyaf, près de Hama).

Ce problème de karst est difficile et coûteux, mais il doit être résolu car il se pose justement dans la zone côtière là où il y a un excès d'eau, alors qu'on en manque cruellement dans la zone voisine.

7.2. Basalte

Les formations basaltiques couvrent à peu près un quart de la superficie totale de la Syrie et elles sont répandues surtout dans le sud (Suida, Daraa, le Golan) et également dans le nord-est du Djeziré et à l'ouest de Homs.

On a construit avec succès de nombreux barrages sur des fondations en basalte du Pliocène. Pour les barrages établis sur du basalte quaternaire ou plus récent, et qui est très fissuré, on s'est retrouvé confronté aux mêmes problèmes que pour le karst : voile d'étanchéité dans la fondation du barrage ou revêtement étanche de la cuvette.

On n'a pu construire aucun barrage sur du tuf volcanique, car le coût du traitement était trop élevé. Bien que le basalte ne couvre qu'un quart de la superficie du pays, plus de la moitié des barrages construits jusqu'ici l'ont été sur du basalte, mais il s'agit de petits barrages quant à la hauteur et au volume de la retenue.

7.3. Gypsum

Gypsum is found in the Euphrates and Khabur valleys and at places in the steppe. It raises serious problems for both dams and canals because soil containing more than 5 per cent gypsum must be removed and replaced with more suitable material.

Fill material must not contain more than 2 per cent gypsum, and there are serious problems in finding and hauling suitable material in some cases.

Grand Khabur dam (height 26 m) now under construction is a typical example of a dam built on gypsum.

The Grand Salhabieh canal in the Euphrates valley just downstream of Tabqa dam is a good example of a canal built on gypsiferous formations.

7.4. Reservoir Silting

The problem of reservoir silting concerns mainly dams built in the steppe where solid load is very high, up to 20 kg/m³ as against not more than 5 kg/m³ elsewhere. This has halved the lifespans of steppe dams to 20-25 years instead of 50.

Bardeh rockfill dam, built by the Romans, had been completely filled with alluvium, and in the fifties, a breach was cut in the dam and a canal cut through the reservoir area, and nearly half the sediment was successfully flushed out. The breach was then closed, providing a precious new 800 000 m³ storage capacity in the steppe.

A similar approach has been used at other dams in the steppe, by opening the bottom outlets on arrival of river floods.

In other cases, the deposits have been removed by dredging, to restore storage capacity and fertilize neighbouring farmland.

7.5. Constructional Materials

Earth dam construction involves excavating extensive borrow areas to find the necessary clay, which destroys large areas of arable land. In some cases, there is no clay, especially in the steppe, and the use of silt for the core has led to serious problems. Consideration is now being given to asphaltic concrete core walls or upstream watertight facings from PVC sheet.

Where basalt is abundant, all the stone lying at the surface is collected to build rockfill dams, and this has the advantage of leaving the land suitable for cultivation.

7.3. Gypse

On rencontre du gypse dans les vallées de l'Euphrate et du Khabour, et parfois dans la steppe. Il pose de graves problèmes à la fois pour les barrages et les canaux, car il faut dégager le sol lorsqu'il contient plus de 5 % de gypse et le remplacer par un autre matériau.

Les matériaux de remblai ne doivent pas contenir plus de 2 % de gypse, ce qui pose parfois de graves problèmes pour trouver et transporter de tels matériaux.

Le barrage de Grand Khabour, en cours de construction (h = 26 m), est l'exemple type de barrage construit sur du gypse.

Le Grand Canal de Salhabieh, dans la vallée de l'Euphrate à l'aval immédiat du barrage du Tabqa, est un bon exemple de canal établi dans des formations gypseuses.

7.4. Alluvionnement des retenues

Ce problème se pose surtout pour les barrages construits dans la steppe, pour lesquels le transport solide est très important (parfois 20 kg/m³ alors qu'il ne dépasse pas ailleurs 5 kg/m³). Un tel transport a réduit de moitié la durée de vie des barrages de la steppe (20-25 années au lieu de 50).

Au barrage romain en enrochement de Bardeh, dont la cuvette était totalement remplie par les alluvions, on a effectué au début des années 50 une ouverture dans le corps du barrage et créé un canal dans la retenue, ce qui a permis une chasse de près de la moitié des dépôts. L'ouverture a été ensuite fermée et on dispose d'une nouvelle capacité de stockage de 800 000 m³, très précieuse dans la steppe.

Cette méthode a été appliquée à d'autres barrages de la steppe où l'on a ouvert la vidange de fond lors de l'arrivée des crues.

Dans d'autres cas, on a enlevé complètement les dépôts par des moyens mécaniques pour récupérer la capacité de retenue et fertiliser les terrains avoisinants.

7.5. Matériaux de construction

La construction de barrages en terre nécessite l'exploitation de zones d'emprunt très étendues pour trouver l'argile nécessaire, ce qui entraîne la destruction de grandes surfaces cultivables. Parfois, il n'y a pas d'argile, notamment dans la steppe où l'utilisation de silt pour le noyau a conduit à de sérieux problèmes. On songe donc maintenant à utiliser des noyaux en béton bitumineux ou à prévoir une étanchéité amont en PVC.

Dans les zones basaltiques, on collecte toutes les pierres de surface pour construire des barrages en enrochement, ce qui a l'avantage de rendre cultivables les terrains où l'on a déblayé les pierres.

The fines needed for filters and transition zones are practically unobtainable in Syria and must be produced by crushing. The cost impact is not without its influence on the choice of dam type.

REFERENCES

– Ministry of Irrigation, Directorate of Dams, Damascus.

Les fines nécessaires à l'établissement des filtres et des zones de transition n'existent pratiquement pas en Syrie et doivent être produites par broyage; les conséquences économiques qui en résultent ne sont pas sans incidence sur le choix du type de barrage.

RÉFÉRENCES

– Ministère de l'Irrigation, Direction des Barrages - Damas.

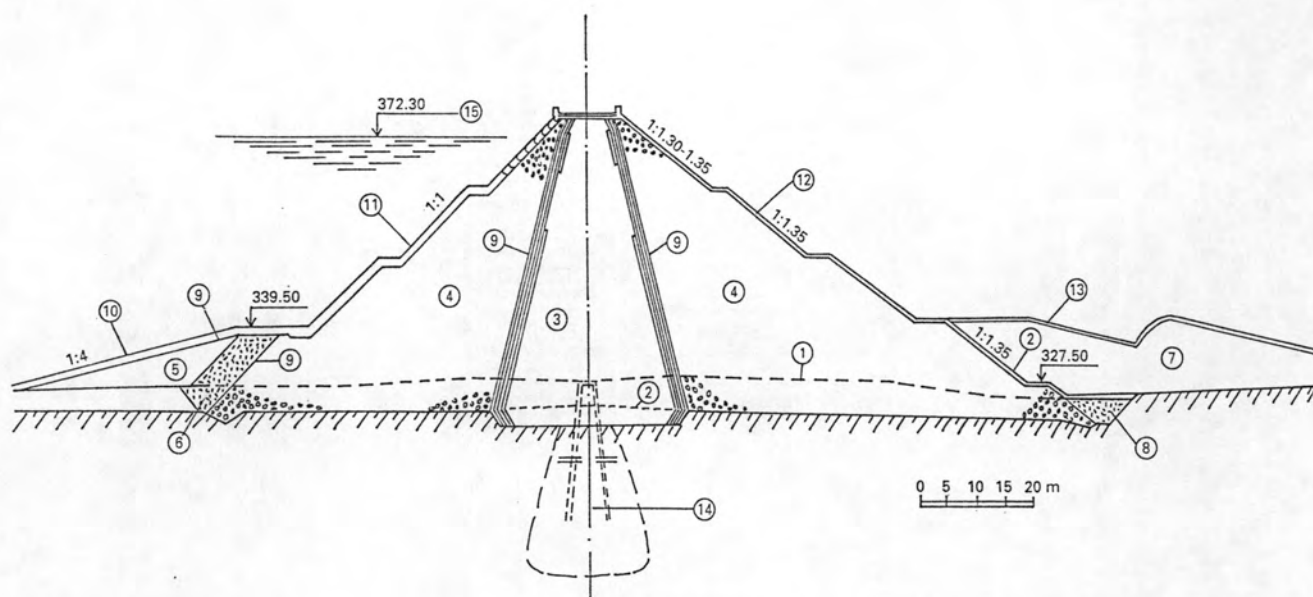


Fig. 15

Rastan rockfill dam - Typical cross section

Barrage en enrochement de Rastan - Coupe transversale type

- | | | | |
|--------------------------------------|---|--------------------------|--------------------------------------|
| ① Original ground level. | ① Terrain naturel. | ⑧ Rockfill tailings. | ⑧ Refus de matériaux rocheux. |
| ② Rock level. | ② Niveau du rocher. | ⑨ Filters. | ⑨ Filtres. |
| ③ Impervious earth core. | ③ Noyau en terre. | ⑩ Dumped riprap. | ⑩ Riprap déversé. |
| ④ Dumped rockfill shoulders. | ④ Recharges en enrochement déversé. | ⑪ Selected riprap. | ⑪ Riprap sélectionné. |
| ⑤ Material from spillway excavation. | ⑤ Matériaux provenant des fouilles de l'évacuateur de crue. | ⑫ Selected stone facing. | ⑫ Parement en pierres sélectionnées. |
| ⑥ Quarry tailings and field stones. | ⑥ Refus de matériaux de carrière et de pierres in situ | ⑬ Humus. | ⑬ Revêtement de terre végétale. |
| ⑦ Random fill. | ⑦ Remblai tout-venant. | ⑭ Grout curtain. | ⑭ Écran d'injection. |
| | | ⑮ Maximum water level. | ⑮ Niveau des plus hautes eaux. |

DAM/BARRAGE

Type/Type	Rockfill/Enrochement
Height/Hauteur	67 m
Crest length/Long. en crête	382 m
Year of completion/Année d'achèvement	1960

RESERVOIR/RETENUE

Total storage/Volume total	250 hm ³
Live storage/Volume utile	228 hm ³
Reservoir area/Surface de la retenue	2 100 ha (21 km ²)
Catchment area/Bassin versant	540 km ²

POWER STATION/USINE

Date of commissioning/Date de mise en service 2 May 1962
 Yearly generation/Productibilité annuelle 57 GWh

1992	1989	1980	1970	1963	
17.7	7.2	33.5	31.2	25.2	GWh

2 Francis turbines 7.5 MW each

PURPOSES/BUTS

Irrigation 72 000 ha

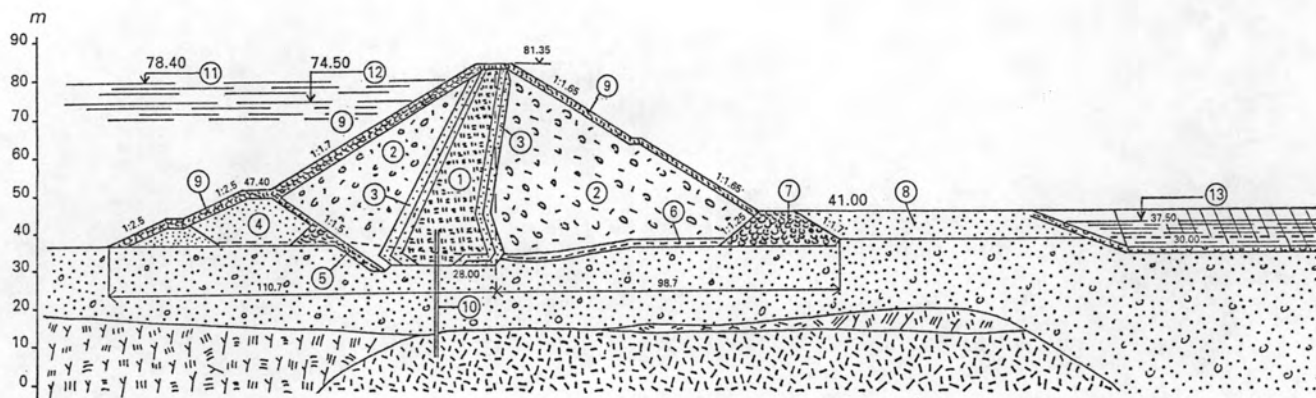


Fig. 16

16-November dam - Typical cross section
Barrage du 16-Novembre - Coupe transversale type

- | | | | |
|--|--------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------|
| ① Clay core. | ① Noyau d'argile. | ⑧ Random fill. | ⑧ Remblai tout-venant. |
| ② Rockfill shoulders. | ② Recharges en enrochement. | ⑨ Stone protection. | ⑨ Protection en pierres. |
| ③ Transition layers. | ③ Couches de transition. | ⑩ Impervious wall. | ⑩ Paroi étanche. |
| ④ Gravel-pebble soil with sand filler. | ④ Remblai de cailloux-gravier-sable. | ⑪ Maximum water level. | ⑪ Niveau des plus hautes eaux. |
| ⑤ Double-layer inverted filter. | ⑤ Filtre inversé bicouche. | ⑫ Normal water level. | ⑫ Niveau normal de retenue. |
| ⑥ Crushed stone. | ⑥ Matériaux rocheux concassés. | ⑬ Maximum tailwater level. | ⑬ Niveau maximal de l'eau à l'aval. |
| ⑦ Riprap. | ⑦ Massif de riprap. | | |

DAM/BARRAGE

Type/Type	Earthfill/Remblai
Height/Hauteur	52 m
Dam volume/Vol. du barrage	2.8 hm ³
Crest length/Longueur en crête	854 m
Year of completion/Année d'achèvement	1985

RESERVOIR/RETENUE

Total storage/Volume total	215 hm ³
Reservoir area/Surface de la retenue	11 km ²

PURPOSES/BUTS

Irrigation	14 430 ha
Drinking water/Eau potable	1 m ³ /s (30 hm ³ /y) Latakia/Lattaquié
	0.3 m ³ /s (10 hm ³ /y) 30 villages

Imprimerie de Montligeon
61400 La Chapelle Montligeon
Dépôt légal : septembre 1993
N° 16530
ISSN 0249-7565
Couverture : Olivier Magna