

ーク時にフル出力で短時間の発電を行うことが好ましいと思われる。

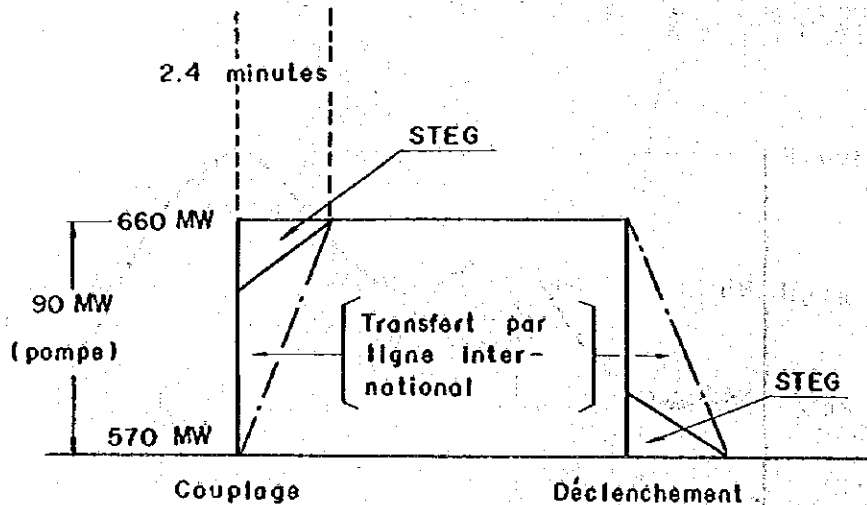
4.5 揚水時の Base Thermal の出力分担

(Fig 4 - 13)

図は 1987 年 12 月の例だが深夜ならびに揚水時は Sousse, X, Y, Ghannouch, Goulette II の計 753 MW が各々の設備出力の比で出力分担するのが一般的に経済的であり運転上も好ましい。揚水機の並列, 解列時は上記の Base Thermal は出来得る限りの出力増 (または減) 操作をしなければならぬ。

この時いくらかの電力が Algeria より流入 (出) することはまぬがれず, その量はおよそつぎの通りである。

揚水機が系列に並列 (または解列) する時の負荷パターンをソビアサイドに考え, ステップ状にいきなりゼロからフルになるとすれば下図実線の様になる。(1987 年 12 月の例)



一方供給力側を考えると STEG の Base 火力の増出力は仕様上は 7 %/min 迄可能であるが, 運用上の余裕および操作遅れなど考慮して 5 %/min とすれば, この時の全 Base 火力設備容量は 753 MW だから (内訳 X 150 MW, Y 150 MW, Sousse 150 MW × 2, Ghannouch 58 MW, Goulette II 95 MW) 570 MW から 660 MW まで増出力する時間 T は,

$$T = \frac{660 - 570}{573 \times 0.05} = 2.39 \div 2.4 \text{ 分となり, 上図 1 点鎖線の様になる。}$$

また, この時系統周波数低下により全系統より $K \cdot \Delta f$ の電力供給があり系統定数 K が STEG 側, Algeria 側両者共同値とすれば系統容量比で分担するから総合して $90 \text{ MW} \times \frac{3}{4} = 6.75 \text{ MW}$ (瞬時) が Algeria から流入することとなる。

(前図斜線部分)

この時の電力量は $90 \times \frac{3}{4} \times \frac{2.4}{60} \times \frac{1}{2} = 1.35 \text{ MWh}$ となる。

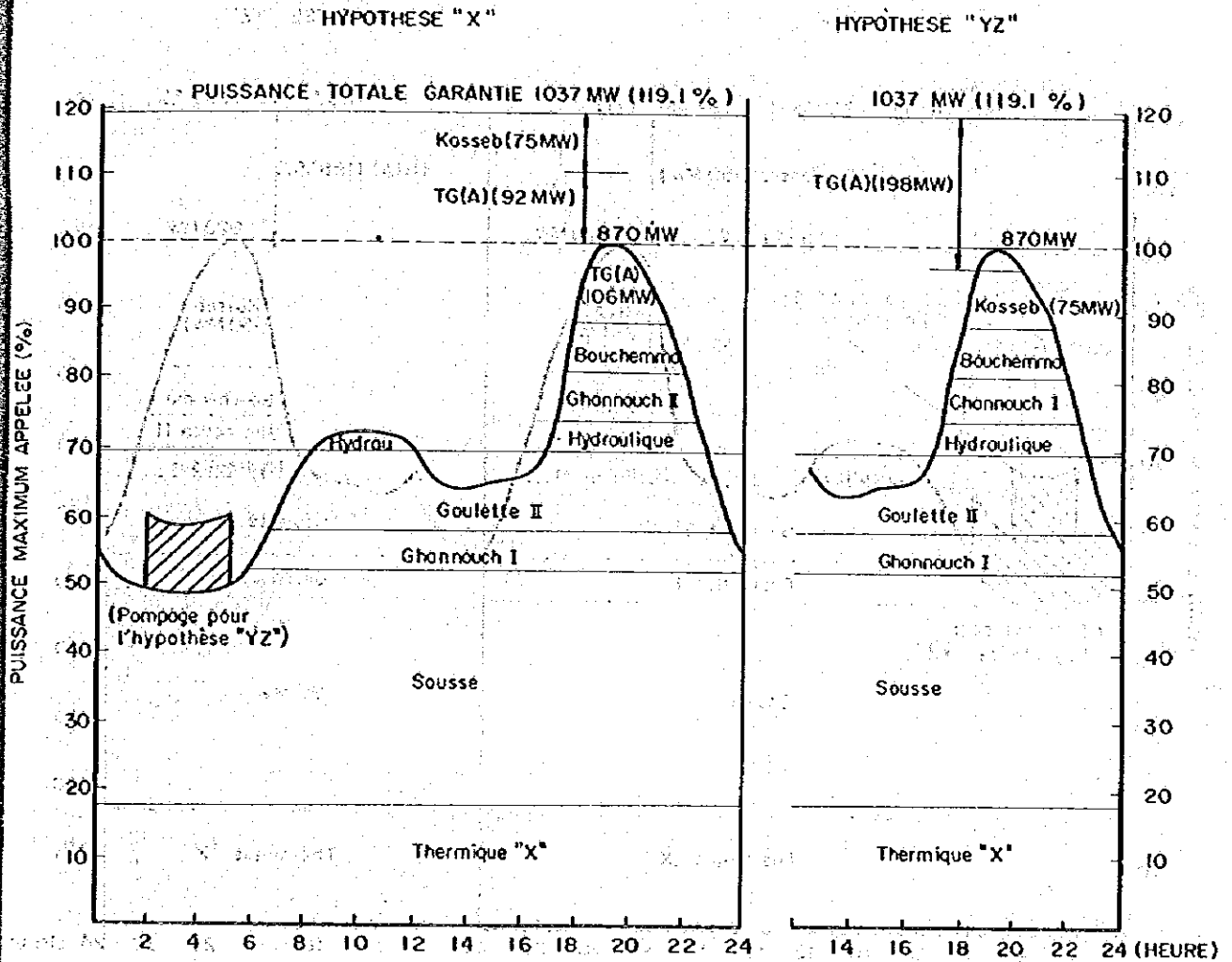
68 MWはAlgeriaの系統容量の3.6%に相当する。 $(\frac{68}{570 \times 3} = 3.6\%)$

ここで注意を要することは上述の check はすべてシビアサイドで行っている。現実には揚水機の並列時負荷パターンは step 状ではなく 90 MW/1 分以上の gradient で増加するのでかなり楽になる。また、解列時は系統周波数が上昇するが、この時は系統に接続されている発電機のガバナ効果期待出来るとすれば (Algeria 側でも) 周波数低下時に比して需要家に対する悪影響は少ない。

Tableau 4-3 ORDRE D'EXPLOITATION DES CENTRALES ET LA PUISSANCE EN RESERVE

Description	1985	1986		1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994
	870	Jan.-Juillet	Août-Déc.	1.060	1.160	1.280	1.390	1.520	1.640	1.790	1.940
		920	970								
HYPOTHESE "X"											
Puissance maximum appelée	870			1.060	1.160	1.280	1.390	1.520	1.640	1.790	1.940
Ordre d'Exploitation											
1° Nucléaire (ou thermique)	-	-	-	-	-	-	300	300	300	600	600
2° Thermique vapeur	603	603	753	753	753	903	855	855	855	855	855
3° Hydraulique	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
4° Turbines à gaz (TG "A")	227	277	177	267	304	260	195	216	216	154	-
5° Centrale de Kasseb	-	-	-	-	63	77	-	109	229	141	350
6° Turbines à gaz additionnelles (TG "B")	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	95
Total	870	920	970	1.060	1.160	1.280	1.390	1.520	1.640	1.790	1.940
Puissance en réserve											
Turbines à gaz	92	27	127	37	-	-	65	100	200	200	305
Centrale de Kasseb	75	150	150	150	187	273	350	341	121	209	-
Total	167	177	277	187	187	273	415	341	321	409	305
Puissance totale garantie	1.037	1.097	1.247	1.247	1.347	1.553	1.805	1.861	1.961	2.199	2.245
HYPOTHESE "Y2"											
Ordre d'Exploitation											
1° Nucléaire (ou thermique)	-	-	-	-	-	-	300	300	300	600	600
2° Thermique vapeur	603	603	753	753	753	903	855	855	855	855	855
3° Hydraulique	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
4° Channouch II et Bouchemma	121	106	106	106	106	62	62	62	62	-	-
5° Centrale de Kasseb	75	150	71	150	250	275	133	263	350	295	-
6° Autres turbines à gaz	31	21	-	11	11	-	-	-	33	-	95
Total	870	920	970	1.060	1.160	1.280	1.390	1.520	1.640	1.790	1.940
Puissance en réserve											
Centrale de Kasseb	-	-	79	-	-	75	217	87	-	55	-
Turbines à gaz	167	177	198	187	187	198	198	254	321	354	305
Total	167	177	277	187	187	273	415	341	321	409	305
Puissance totale garantie	1.037	1.097	1.247	1.247	1.347	1.553	1.805	1.861	1.961	2.199	2.245

Graphique 4-1 (a) SCHEMA D'EXPLOITATION (DECEMBRE 1985)

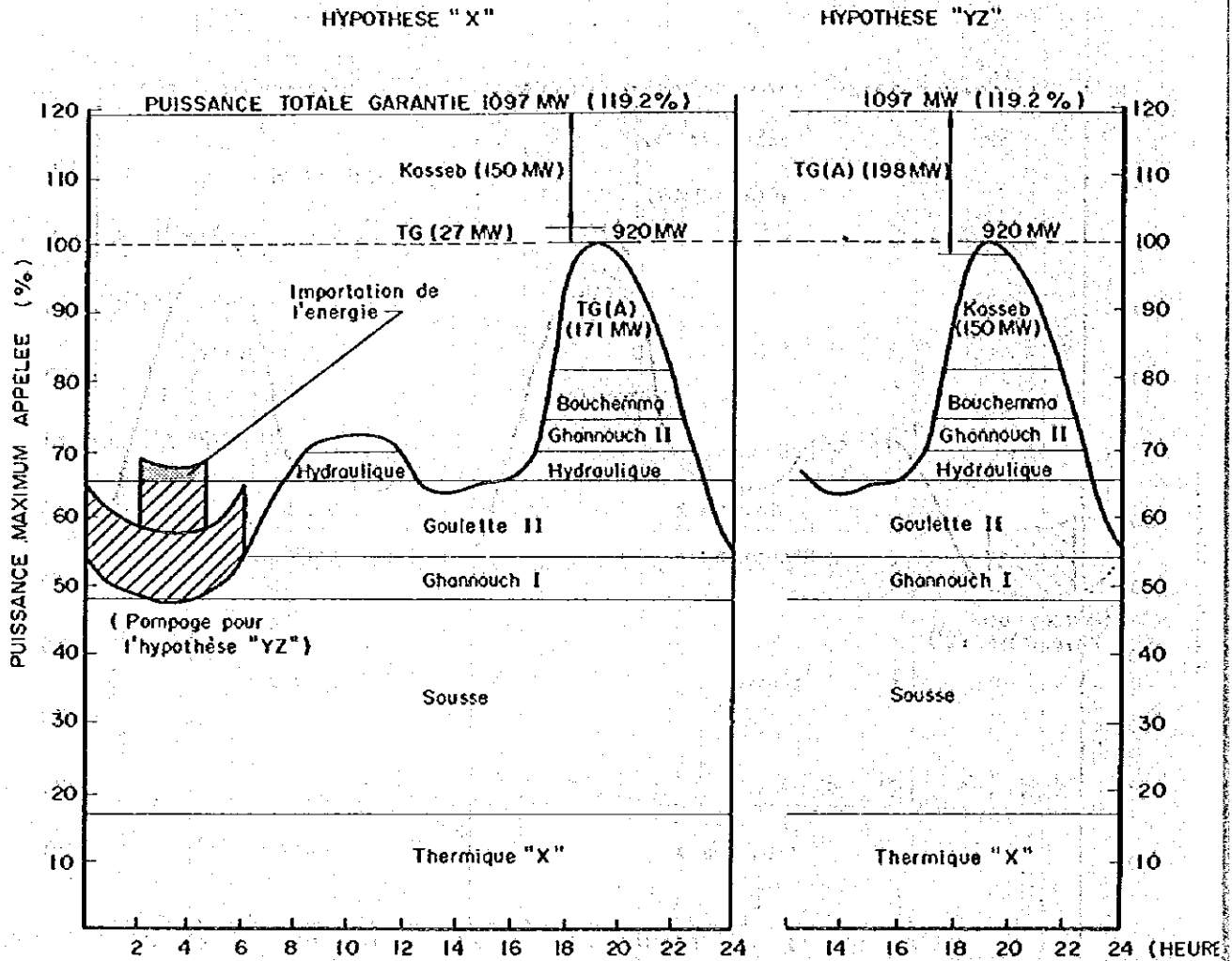


Noté :

- Durée de temps de pompage : 3,2 heures
- Energie pour le pompage : 288 MWh
- Production en régime de turbinage : 188 MWh

TG(A) : Tunis Sud (66 MW), Sfax (44 MW), Menzel Bourguiba (44 MW), Korba (22 MW) et Metlooui (22 MW) totalisant 198 MW.

Graphique 4-2 SCHEMA D'EXPLOITATION (JUILLET 1986)

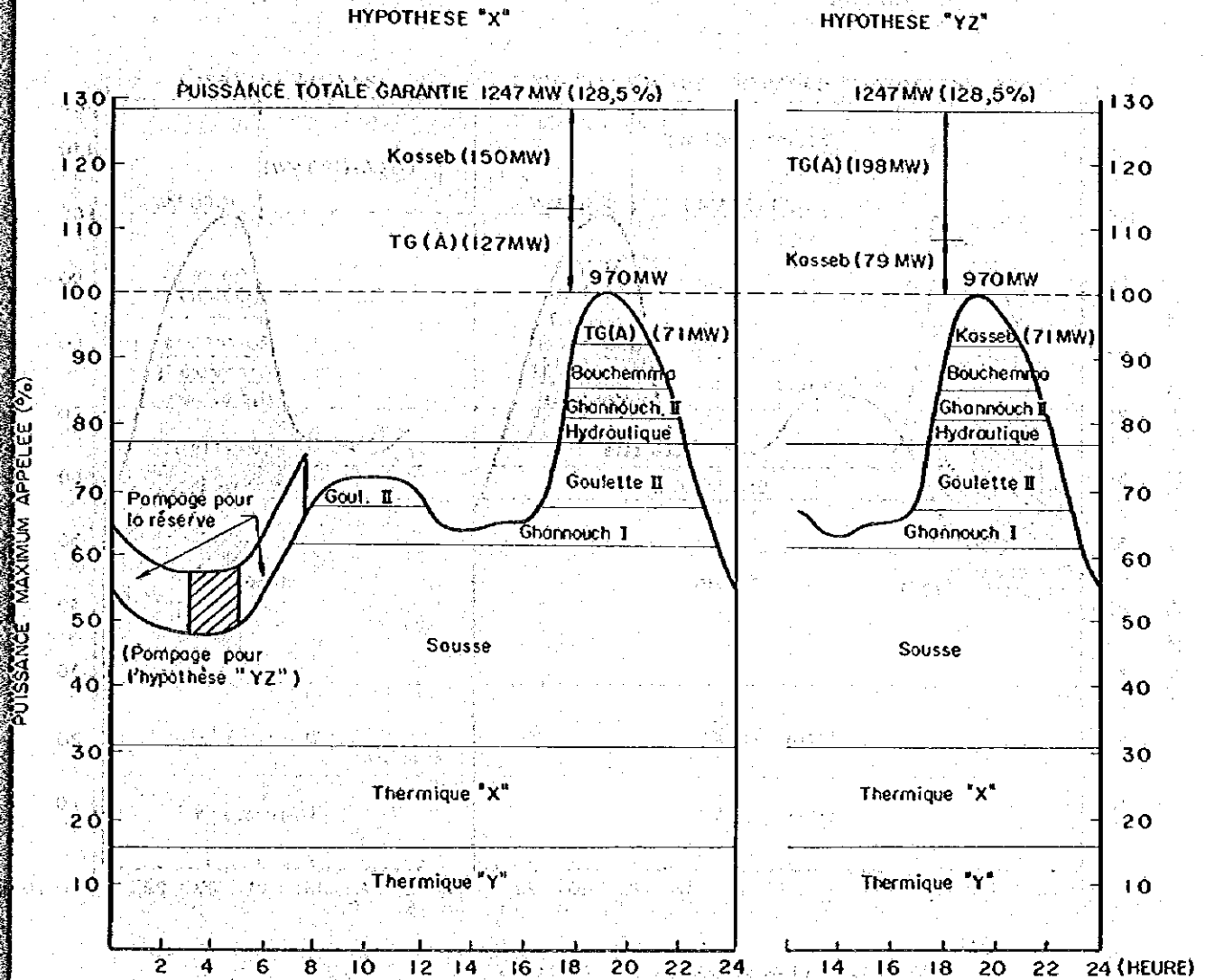


Note :

- Durée de temps de pompage 8.6 heures
- Energie pour le pompage 770 MWh
- Production en régime de turbinage 500 MWh

L'importation de l'énergie (de 23 à 30 MW x 2.6 heures) est nécessaire.

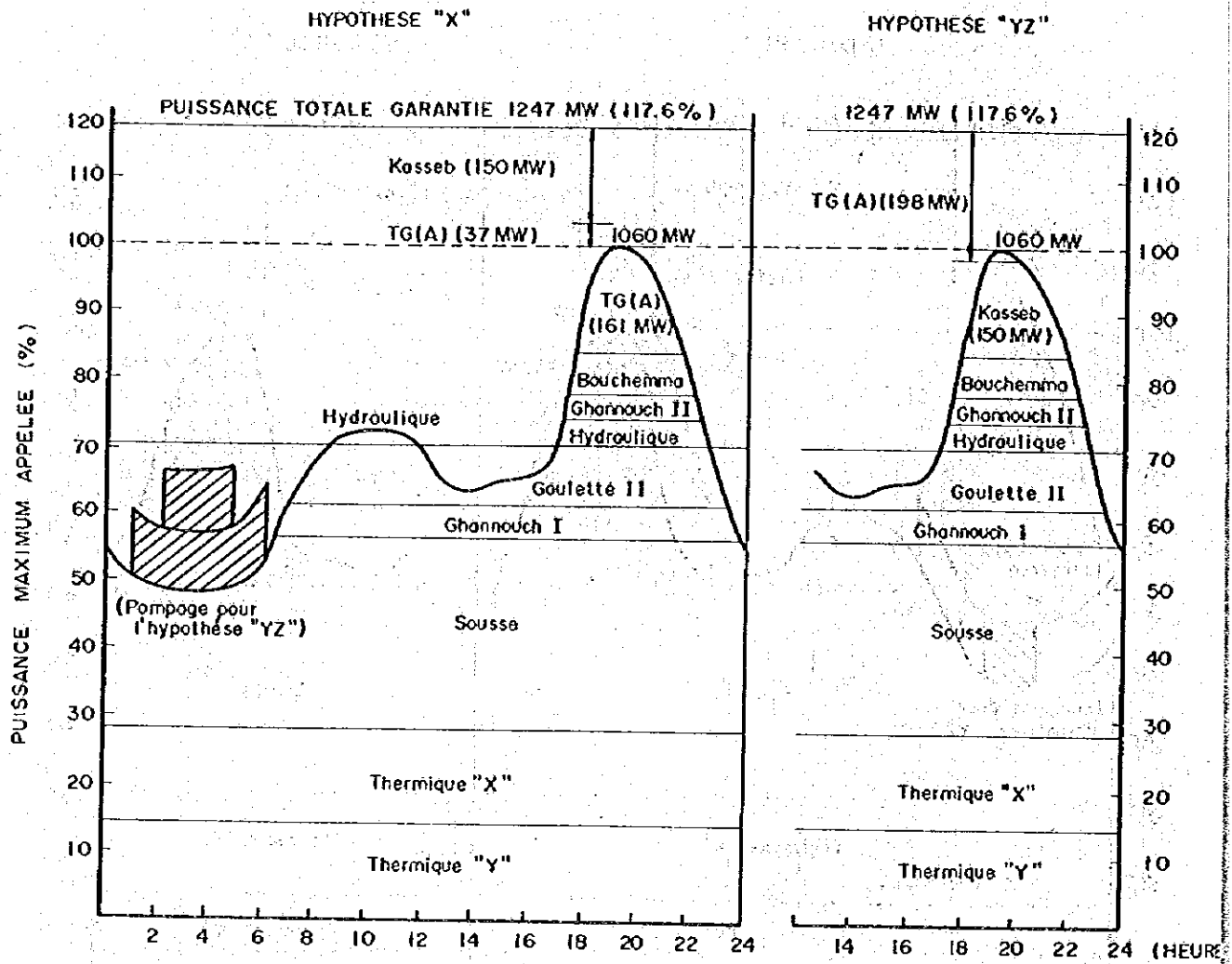
Graphique 4-3 SCHEMA D'EXPLOITATION (DECEMBRE 1986)



Note :

- Durée de temps de pompage 2 heures
- Energie pour le pompage 180 MWh
- Production en régime de turbinage 117 MWh
- Pompage pour la réserve 90 MW x 5,7 heures = 513 MWh

Graphique 4-4 SCHEMA D'EXPLOITATION (DECEMBRE 1987)



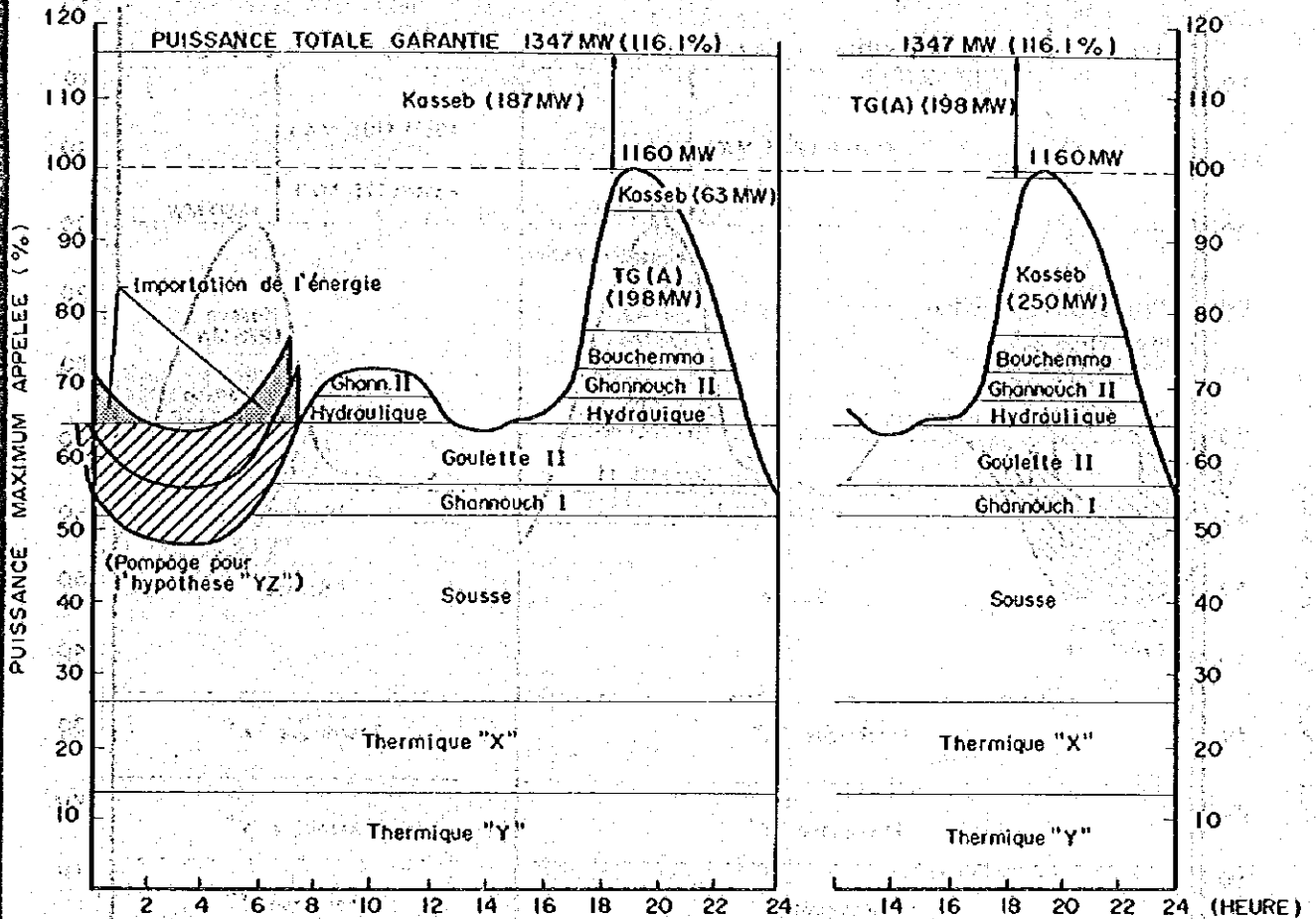
Note :

- Durée de temps de pompage 7.7 heures
- Energie pour le pompage 693 MWh
- Production en régime de turbinage 450 MWh

Graphique 4-5 SCHEMA D'EXPLOITATION (DECEMBRE 1988)

HYPOTHESE "X"

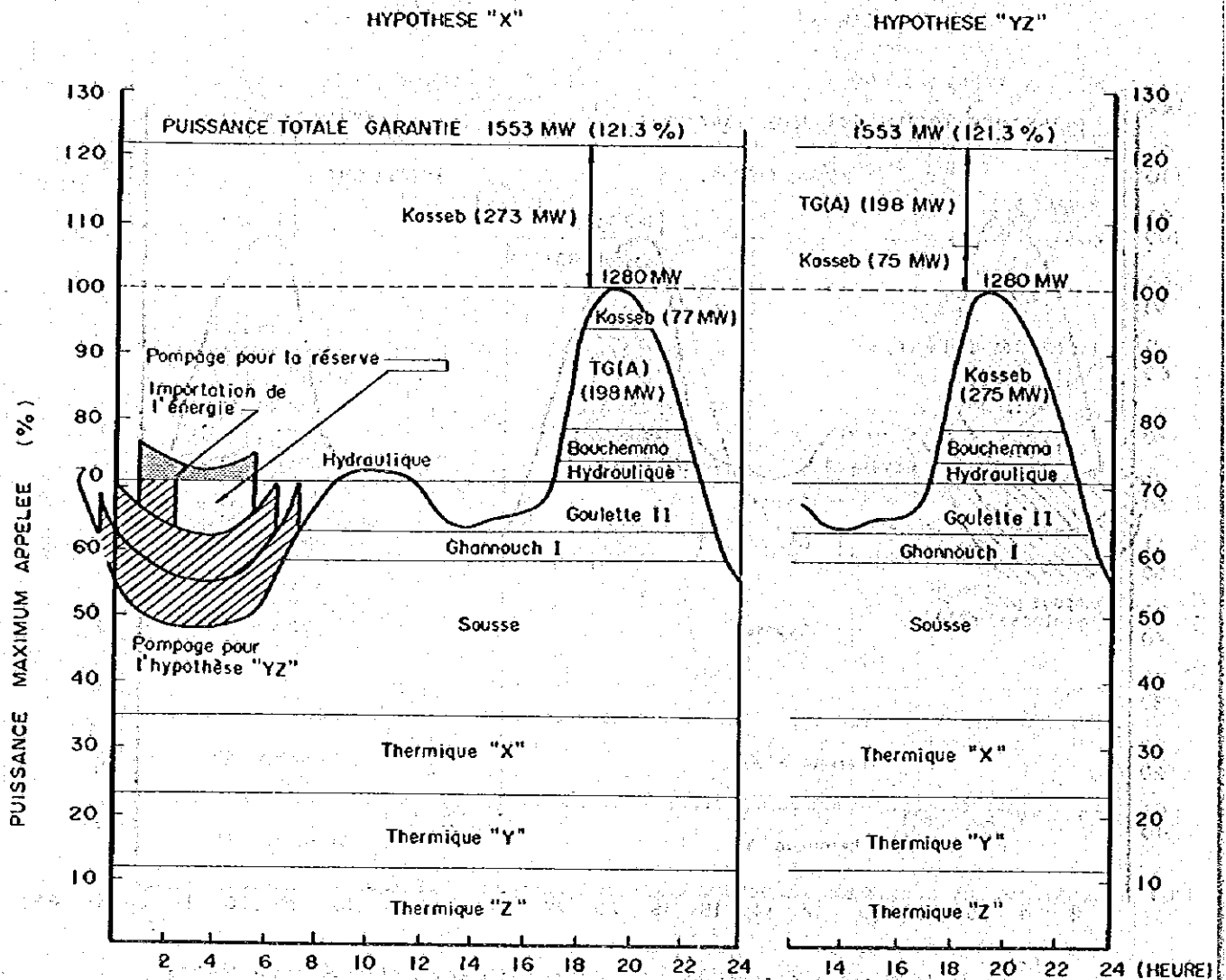
HYPOTHESE "YZ"



- Note :
- Durée de temps de pompage 14.2 heures pour 2 pompes de 90 MW chacune
 - Energie pour le pompage 1280 MWh
 - Production en régime de turbinage 830 MWh

L'importation de l'énergie (de 44 à 138 MW) est nécessaire.

Graphique 4-6 SCHEMA D'EXPLOITATION (DECEMBRE 1989)

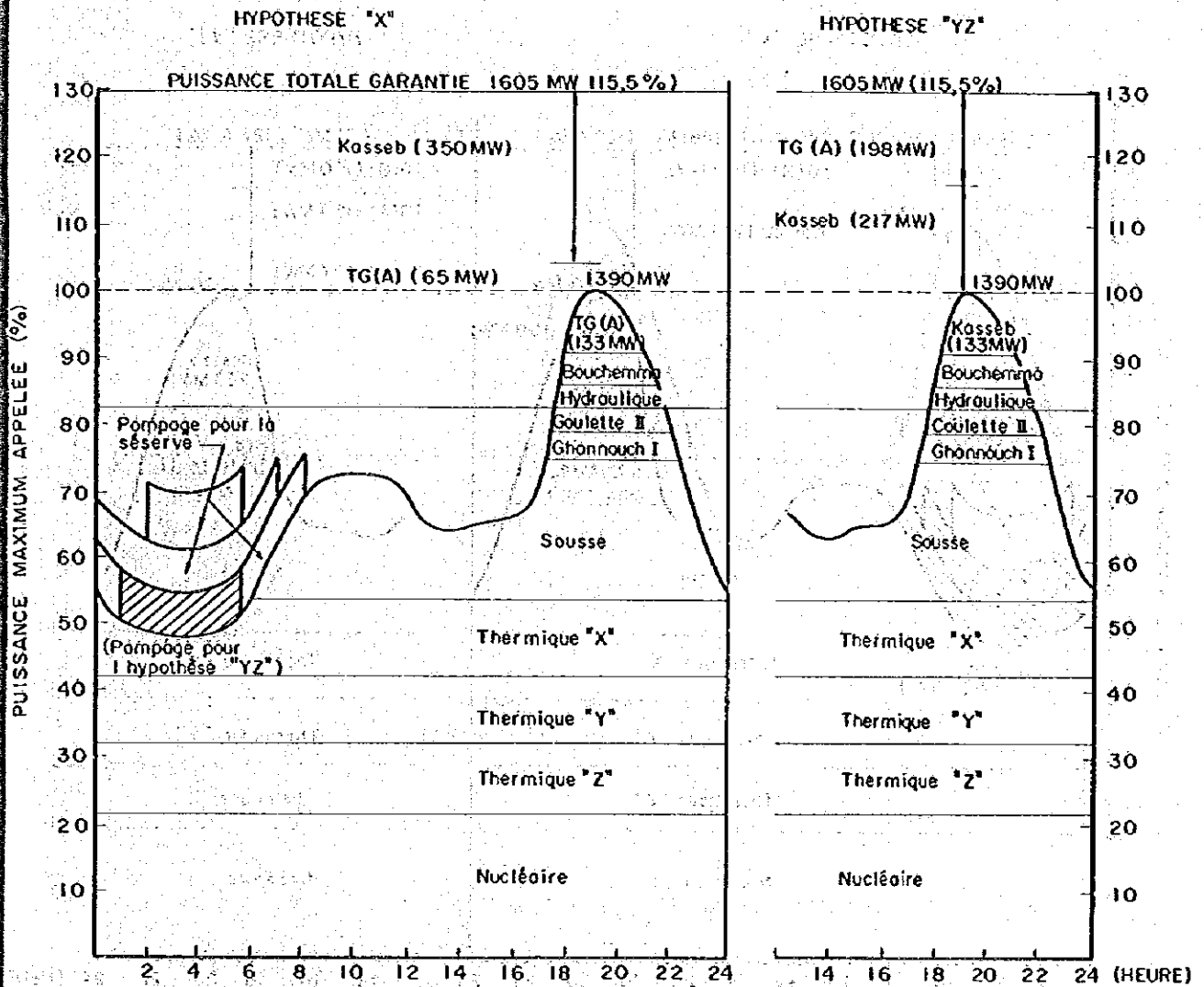


Note :

- Durée de temps de pompage : 14 heures pour 2 pompes de 90MW, chacune
1.2 heures pour une pompe de 120 MW
- Energie pour le pompage : 1400 MWh
- Production en régime de turbinage : 910 MWh
- Pompage pour la réserve : 120 MW x 3,1 heures = 372 MWh

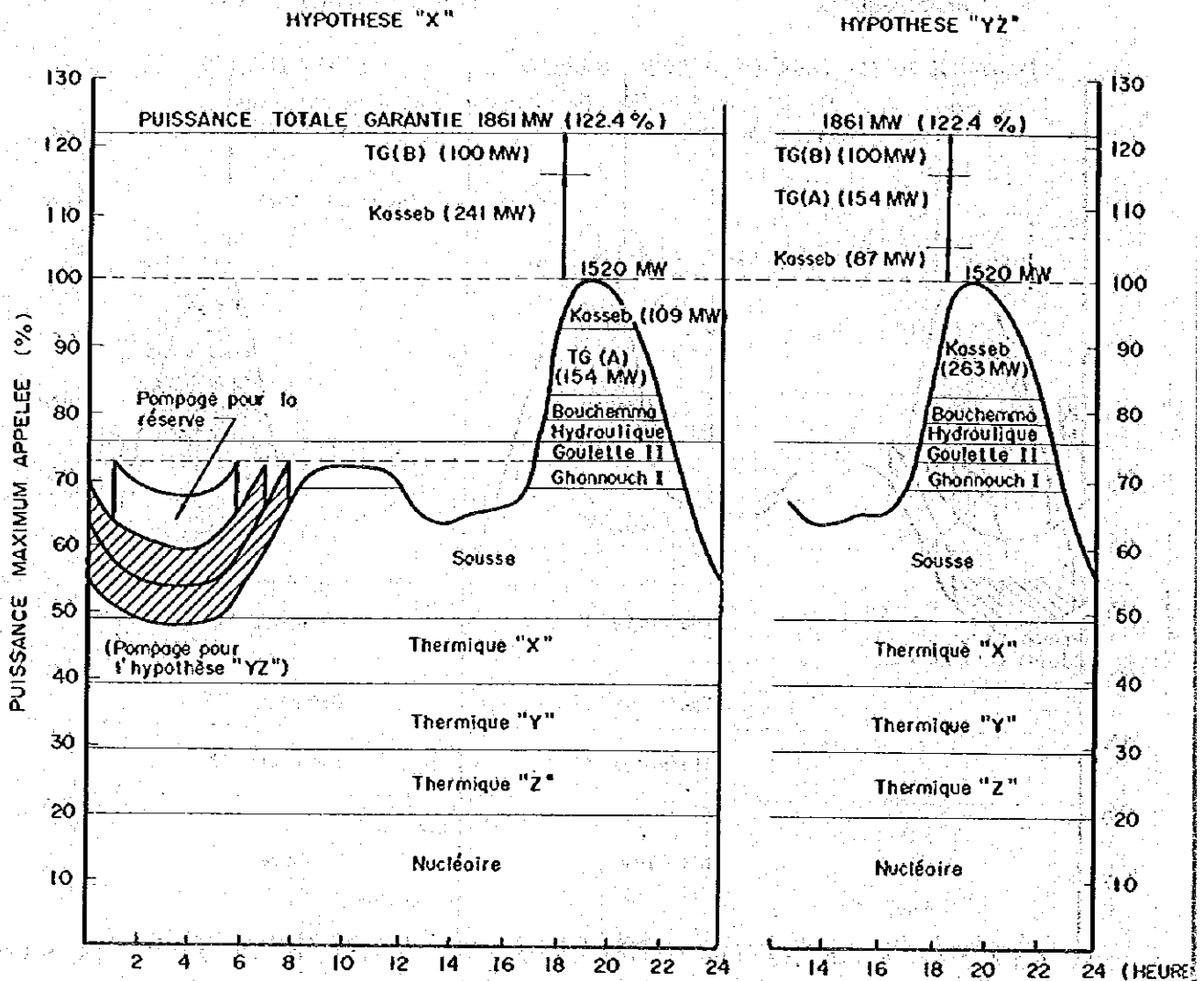
L'importation de l'énergie (de 24 à 72 MW x 4,3 heures) est nécessaire.

Graphique 4-7 SCHEMA D'EXPLOITATION (DECEMBRE 1990)



Note :

- Durée de temps de pompage 4,6 heures
- Energie pour le pompage 415 MWh
- Production en régime de turbinage 270 MWh
- Pompage pour la réserve (90 MW x 10,5 H) + (120 MW x 3,5 H) = 1360 MWh

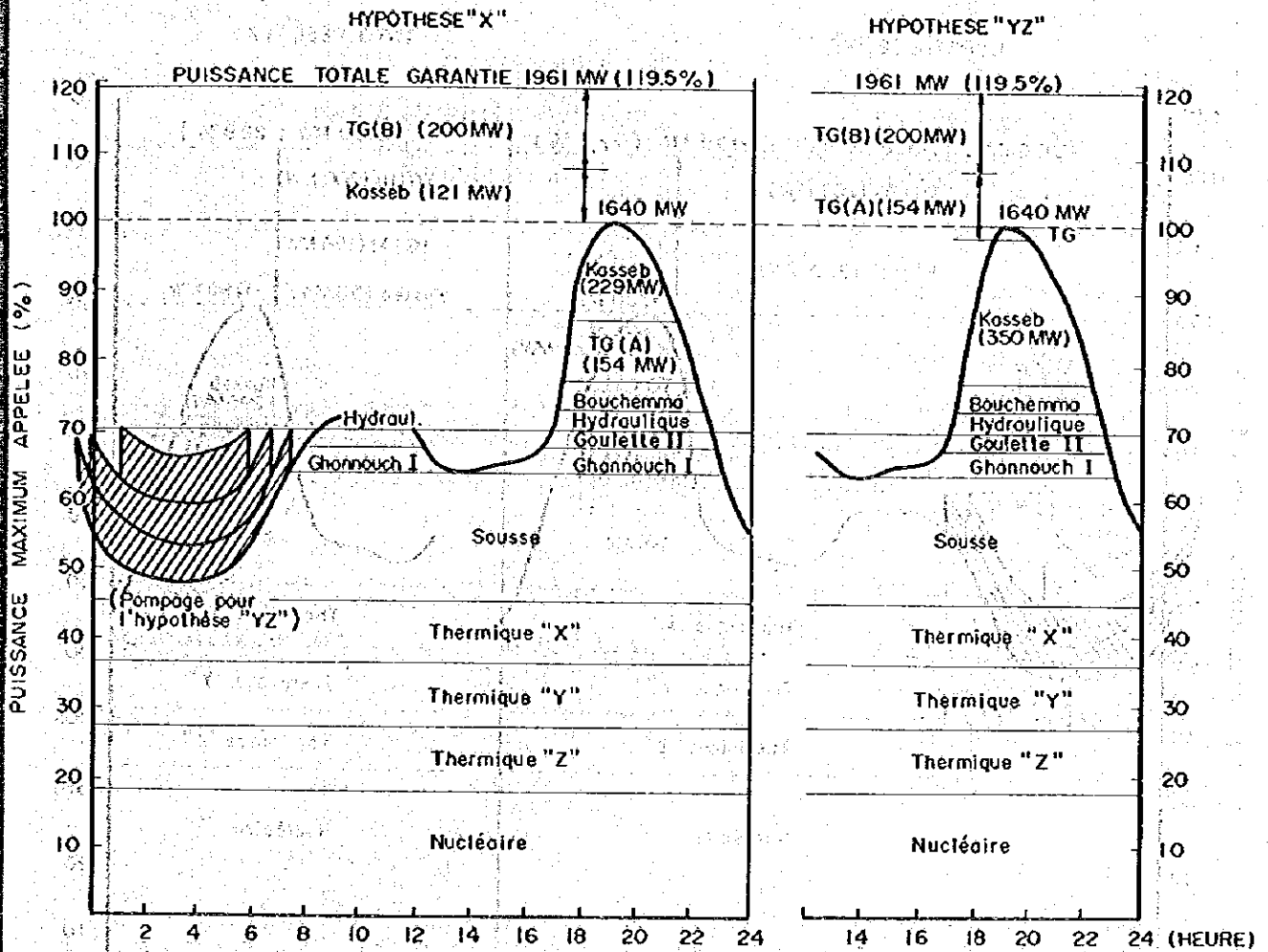


Note :

- Durée de temps de pompage 13.7 heures
- Energie pour le pompage 1233 MWh
- Production en régime de turbinage 800 MWh
- Pompage pour la réserve 120 MW x 4.5 heures = 540 MWh

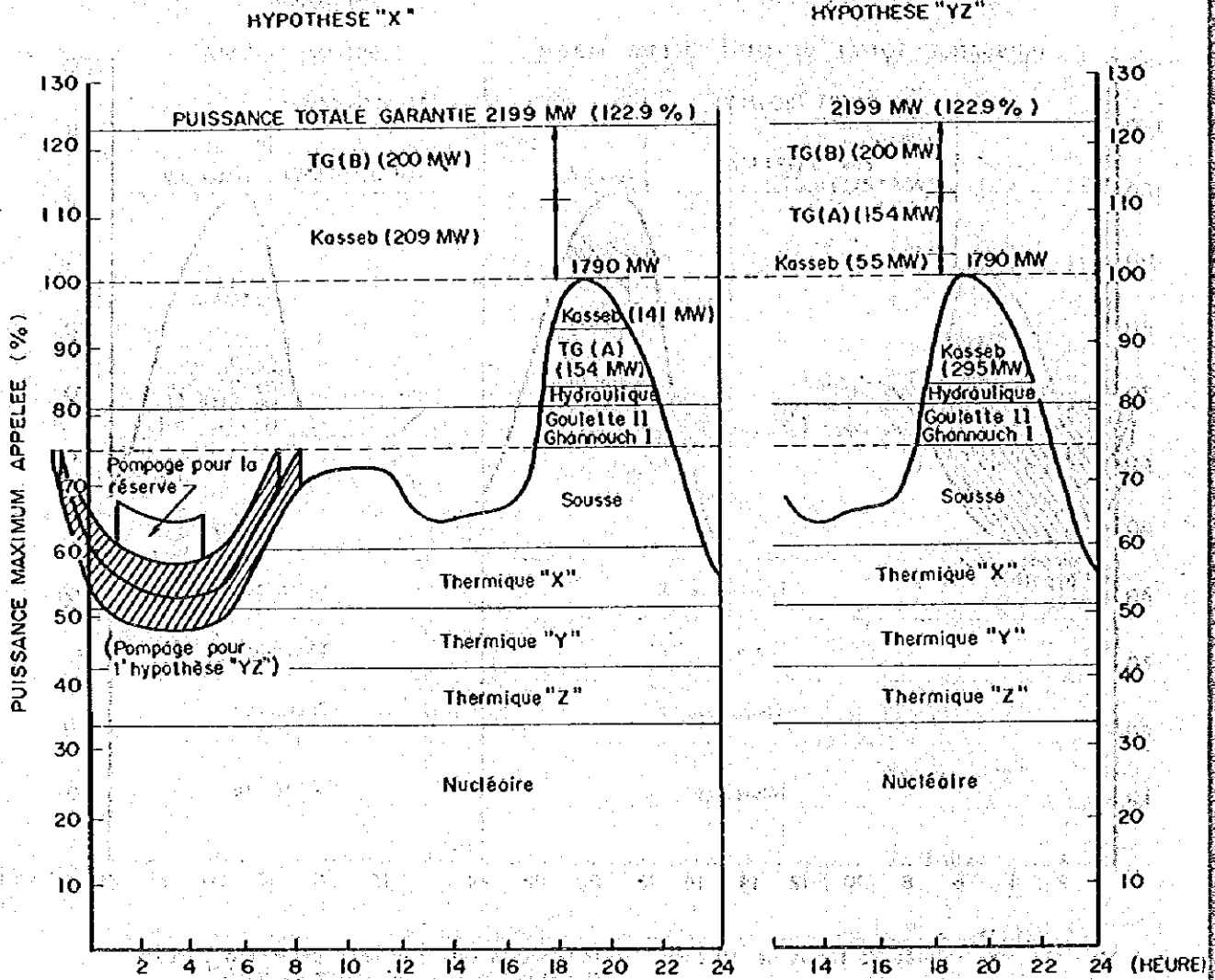
TG(B).... Turbines à gaz installées après la mise en service de la centrale de Kasseb

Graphique 4.9 SCHEMA D'EXPLOITATION (DECEMBRE 1992)



Note :

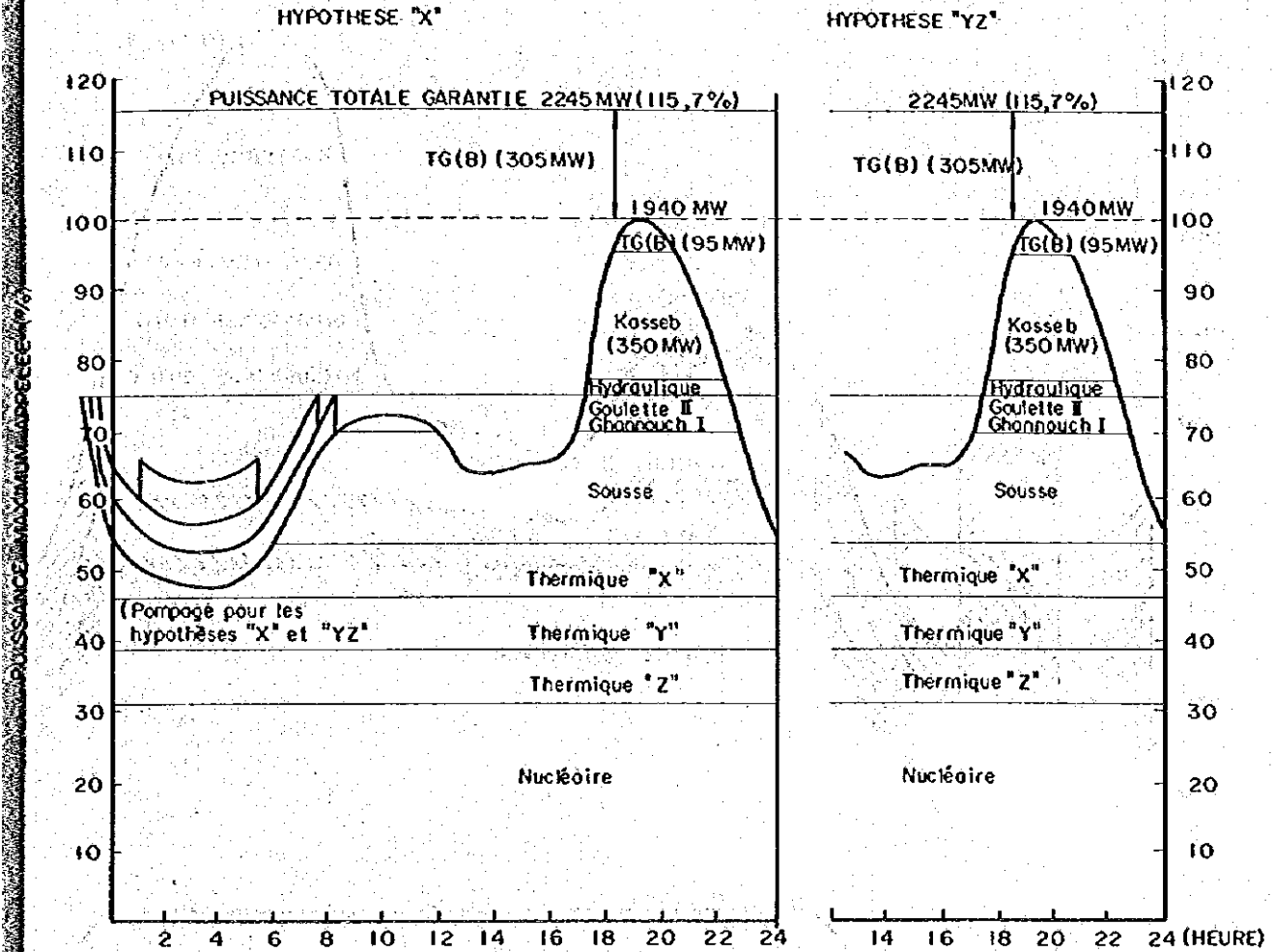
- Durée de temps de pompage 14.5 heures pour 2 pompes de 90 MW chacune et 4.8 heures pour une pompe de 120 MW
- Energie pour le pompage 1882 MWh
- Production en régime de turbinage 1230 MWh



Note :

- Durée de temps de pompage 15.2 heures pour 2 pompes de 90 MW chacune
- Energie pour le pompage 1370 MWh
- Production en régime de turbinage 890 MWh
- Pompage pour la réserve 120 MW x 4.3 heures = 516 MWh

Graphique 4-11 SCHEMA D'EXPLOITATION (DECEMBRE 1994)

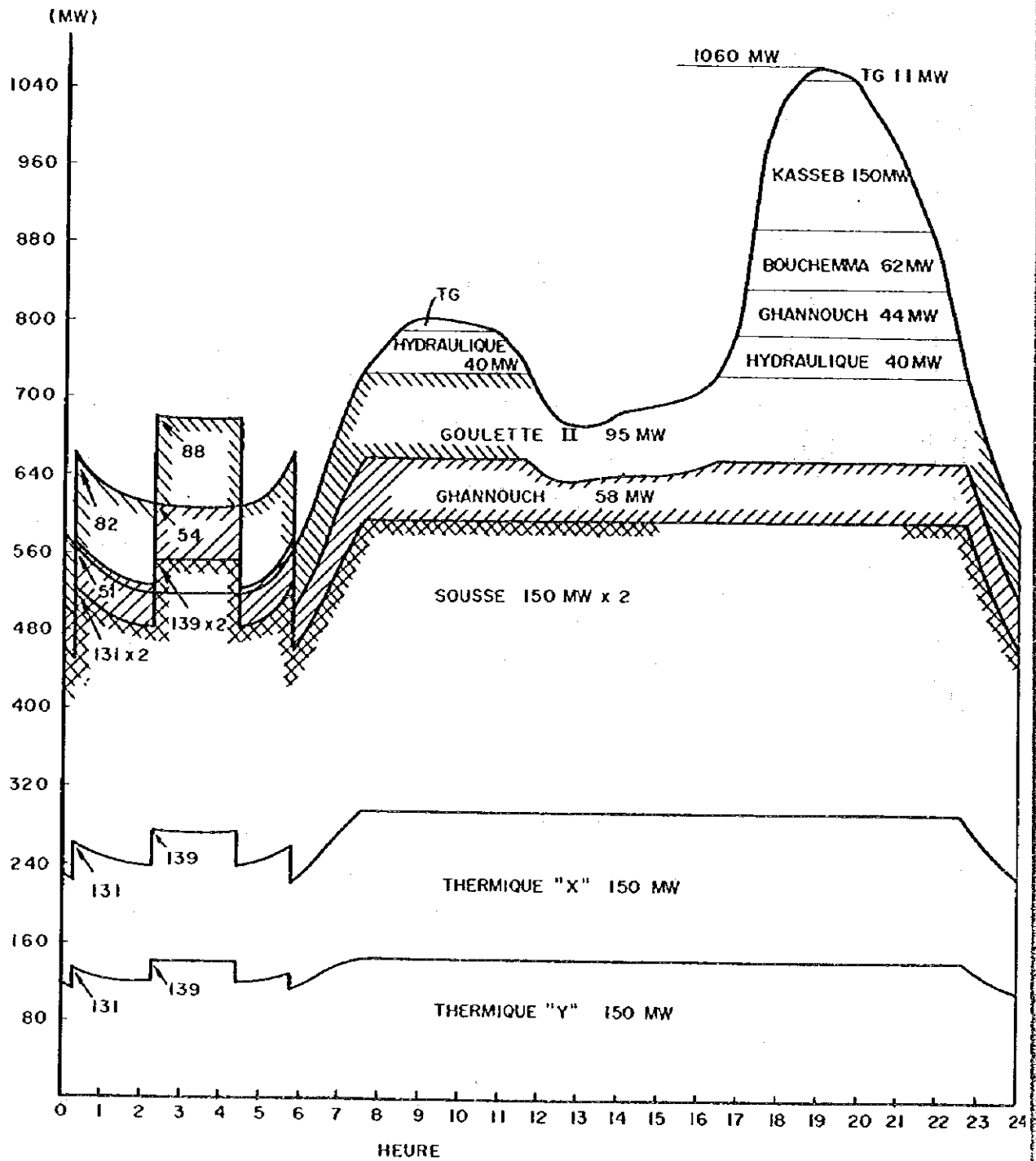


Note :

- Durée de temps de pompage 15 heures pour 2 pompes de 90 MW chacune et 4,5 heures pour une pompe de 120 MW
- Energie pour le pompage 1890 MWh
- Production en régime de turbinage 1230 MWh

Graphique 4-12

SCHEMA D'EXPLOITATION PRATIQUE (FIN 1987)



第5章 地 質

第 5 章 地 質

5.1 総 論

本揚水発電計画地点についての地質調査は1972年に開始され、現在までに地質踏査、写真地質判読、ボーリングおよびテストピット等による地質調査工事等が実施されている。これら地下地質調査工事の方、主なものとしてはコアボーリングが13孔、総長が7484 m（各ボーリング孔について透水テストが実施されている）、テストピットが51ピット、総長約170 mである。これらの結果については報告書および地質資料としてすぐにまとめられている。

日本調査団は1978年1月28日から約2週間計画地域付近に滞在し、現地踏査を実施したが、その間連日冷たい雨と強風に見舞われ、計画地域を充分踏査することができなかった。そのため計画地域の地形および地質状態を理解するために大いに航空写真を活用した。

本文は、上述した様に、既存地質資料の検討、現地踏査および写真地質判読などの諸結果に基づいて本地点の地質状態、土木地質的な問題点および今後の地質調査について説明するものである。

5.2 一般地質概況（参照 図-5.1）

本計画地域はTunisiaの西方約90 kmのBejaの町の更に西北西約15 kmにあり、Tunisia最大の河川Medjerdaの支流Kasseb川の上流部に位置している。本計画の上池ダムは1969年Kasseb川に築造されたKassebアーチダムの西北西約3 kmの標高400 m以上の高地にまた発電所は下池となるKasseb貯水池の左岸沿いにNEN-SWS方向に延びるDJEBEL EL FAHAMA（頂上標高540 m）の山体中に夫々計画されている。

当計画地域の基盤は上部白亜系（Upper Cretaceous）のシャンパーニュ階（campanien）から古第三系（Palaeogene）の漸新世（Oligocène）までの地層によって構成され、それら地層は石灰岩（limestone）、泥灰岩（marl）、泥灰質石灰岩（marly limestone）を主とし、ところにより海緑石質砂岩（Glauconitic sandstone）等からなっている。これらの岩石は一般的に互層をなして分布している。

当地域内に於ける地形的、地質的には山体部では石灰岩を主体とする地層が分布し、全般に露頭が多いのに対して、他方平坦部には泥灰岩を主体とする地層が優勢に分布し、露頭はほとんどないことが特徴的である。

当計画地域を含めたより広い地域についての地質構造は、大きくはNE-SWの構造的方向性を示しつつ、局部的には褶曲作用、断層作用により、複雑な地質構造を呈している。当計画地域内のみについてみると地層は、多数の断層で切られてはいるが、局部的に小褶曲構造を示しつつも、一般走向傾斜は $NO^{\circ} \sim 40^{\circ} E$ 、 $15^{\circ} \sim 70^{\circ} NW$ を示しており、層序学的には比較的単純な

地質構造を呈しているといえよう。

5.3 岩石の種類

本計画地域には前述した通り色々な岩石が互層をなして分布している。これらの岩石の岩質は次の通りである。

石灰岩

灰色ないし暗灰色、主として中粒ところによって細粒、ち密で非常に堅硬、一般に層理面は明瞭、こまかくは20～30cm間隔に、大きくは2～3m間隔に2～3cmの層厚をもつ泥灰質石灰岩を挟在している。

泥灰質石灰岩

暗灰色ないし黒色、主として細粒、ち密、堅硬。硬度は石灰岩よりわずかに劣る。層理面は明瞭、ひんばんに層厚20～30cmの堅硬な石灰岩を挟在しており、ところによっては層厚2～3cmのやや軟弱な泥灰岩を挟在している。層理面に沿ってやや剝離しやすい。

泥灰岩

灰黒色ないし黒色、主に大変細粒、概ね軟質、炭酸カルシウム(CaCO₃)の含有量によって硬さがわずかに変化する炭酸カルシウムの含有量が多い程硬さは増加する。風化に対するレジスタンスは非常に小さい。

ところによって厚さ2～3cmのより石灰質なやや硬質の層、泥灰質石灰岩および海緑石質な部分を挟在し層理面は観察しうる。

海緑石質砂岩

暗緑灰色、中粒、ち密、堅硬。ところにより大変細粒で泥灰質な部分がある。一般に非石灰質、泥灰質な部分でわずかに石灰質、層理面は概ね明瞭。

これらの岩石を本文の説明および添付図では、その分布状態と土木地質的な観点から現地踏査および写真地質判読の結果に基づいて次のように四つの地層に大別した。

(1) 石灰岩層：(LS)

石灰岩が圧倒的に優勢な地層で本地域では露頭が最も多く、山体部の中核を形成していることが多い。本層はところによって泥灰質石灰岩挟在しており、その厚さが10m以上に達することもある。したがって本層が塊状の石灰岩のみから構成されているのではないことに留意しておく必要がある。

(2) 泥灰岩質：(ML)

泥灰岩が圧倒的に優勢な地層、部分的に厚さ1m以下の石灰分の多い層、泥灰質石灰岩、石灰岩および海緑石質砂岩を挟在している。

当計画地域内では本層は上池ダム地点から下部貯水池に流下する小河川(無名)の河床付近に局部的に露出する以外には露頭がほとんどなく、大部分は平坦面を形成して、その表面は表土と

か沖積層からなる表層堆積物に被われている。当地では主にテストピット、ボーリングによってその存在が確認されている。

又、本層は他の3つの地層に比較して最も軟弱、脆弱な地層であり、土木施行上も色々な問題を提起するものである。

(3) 泥灰質石灰岩-石灰岩互層：(MLS/LS)

本層は主として泥灰質石灰岩と石灰岩の互層よりなるが、ところにより、泥灰岩を挟在している。全体としては石灰岩に比べて泥灰質石灰岩がわずかに優勢な互層である。泥灰質石灰岩の層厚は最大約10m、石灰岩それは最大約5m、地表部に於ては、石灰岩層に付随して分布し、山体の一部を形成しているが、石灰岩層部分が露頭となっているのに対して泥灰質石灰岩層の部分はところによって、薄い表土に被われている部分もある。航空写真では石灰岩層が明色の泥灰質石灰岩層は暗色のオビ状に夫々認められる部分である。

(4) 海緑石質砂岩層：(GS)

主に海緑石質砂岩からなり、ところにより薄い泥灰岩ないしは、泥灰質石灰岩を挟在する。本地域付近には、その分布は少なく、上部貯水池の南方約1kmの小山に分布しているにすぎない。

なお、今後本文中では上記の四つの大別された地層を意味する場合には、夫々、LS層、ML層、MLS/ML互層およびGS層と記載するものとする。

5.4 各計画地点の地質

5.4.1 上地ダム地点 (図-5.2及び5.3)

(1) 地形

ダム地点はNEN-SWS方向にのびる山体；即ち標高540mの頂上をもつDJEBEL[⊗] EL FAHAMAの北側で、南西方向に流下してKasseb貯水池に注ぐ小川に計画されている。

(⊗ アラビア語で山の意味)

ダム地点では左側(DJEBEL: EL FAHAMA側)は約30°の斜面、右岸側は5°~15°の斜面となっており、ダム地点における小川の河床部は標高390m~395m 予定される満水位標高430mでの谷巾は約300mの長さがある。その小川の河川勾配はダム地点付近から上流側で1/35、下流側では約1/6を示す。

小川は部分的に小さく曲流している。

(2) 基礎岩盤

ダム地点の基礎は、左岸側は上流から下流に向かって、ML層、MLS/LS互層およびLS層が右岸側にはML層が分布する。

現在、ダム軸が考えられている付近（添付図、図-5.3のProfile D-D参照）では、主に泥灰岩が卓越して分布している。

左岸側に於けるこれらの地層の走向はダム軸方向とほぼ平行し、下流側に $40^{\circ} \sim 60^{\circ}$ 傾斜している。右岸側では基盤の露頭がなく、地質の走向傾斜は確認できないが、周囲の状態から判断すると左岸側とはほぼ同様の走向傾斜と推定される。

ダム地点で実施されたこれまでのボーリング調査結果によると泥灰岩は表面部は風化により厚さが $2 \text{ m} \sim 10 \text{ m}$ は軟弱化しており、それより深い部分でも部分的な破碎作用による軟弱部があり、全体としてやや薄片状にはがれやすいか、または、砕けやすい。

(3) 表層堆積物

左岸側LS層とMLS/LS互層が分布している部分では表層堆積物はほとんどないがML層の部分には $0.1 \text{ m} \sim 1 \text{ m}$ の厚さの表層堆積物がある。

ダム地点右岸では、石灰質物によって固結された石灰岩角礫の大小のブロックを含む崩壊堆積物が比較的広く分布しており、その厚さはボーリングSB-4では約 15 m を示している。

Profile D-Dでは表土、粘土、一部で砂礫を含む表層堆積物は厚さ $2 \sim 6 \text{ m}$ の厚さを示している。

(4) 断層

ダム地点では左・右岸に於ける地層分布の不連続性によって、ダム軸方向にはほぼ直交する断層の存在が予想される。これまでの地質調査ではまだその正確な位地と性状についての情報をつかんではいない。

(5) 地下水位

ダム地点周辺では数ヶ所湧水が存在しているが、これらは1978年の雨季（1月～2月）で、湧水量は1ヶ所で $1 \sim 2 \text{ l/min}$ から最大 $30 \sim 40 \text{ l/min}$ （ダム地点左岸側崩壊堆積物中からの湧水）を示している。

ボーリング調査結果によるとダム地点の地下水位は左岸では深さ約 2.3 m （ボーリングSB-1）を示し、右岸側では深さ約 $2 \sim 3 \text{ m}$ である。

なお、ダム地点を流れる小川は我々の現地踏査中は雨季の最中でもあり、比較的多い表流水（ $1 \sim 2 \text{ m}^3/\text{min}$ ）がみられた。

(6) 透水性

ダム地点およびその周辺で実施されたボーリングについてはその掘削作業中、全てのボーリング孔について、注入式により透水テストが実施された。これら、透水テストの注入圧 P （ kg ）と注入率 Q （ l/min/m ）の関係を注意深く検討すると、泥灰岩が圧力水に接した時の挙動を推察することができる。ダム地点の基盤を構成するML層の透水性は $10^{-5} \text{ cm/sec} \sim 10^{-3} \text{ cm/sec}$ の値を示している。なお、泥灰岩の表面付近での透水テストが比較的少ないのは、泥灰岩の風化により孔壁がパッカーを固定するのに十分な強度を有していないため、テストができなかったこと

をものがたっている。

また、ダム地点右岸部に分布する崩壊堆積物は全体に透水性が大きいと思われる。

ボーリング孔内に於ける透水係数は下記の公式（アメリカ合衆国開拓局による）^{*}を使用して計算した。

$$K = \frac{Q}{2\pi LH} \log_e \frac{L}{r} \dots\dots\dots ①$$

$$L = \geq 10r \dots\dots\dots ②$$

ここに：

K = 透水係数

Q = 注水量

L = テスト区間長

H = 注水時の水頭

r = ボーリングの半径

\log_e = 自然対数

5.4.2 取水口地点

(1) 地 形

取水口地点は後述する2案の水路ルート of のいずれの場合でも上池ダム地点の左岸側、DJEBEL EL FAHAMAの北東山麓部の10°~15°の傾斜をもつ緩斜面に考えられている。この緩斜面は高方では約30°~35°のDJEBEL EL FAHAMAの急な東西斜面に移行する。

(2) 基礎岩盤

取水口地点の基盤はML層であり、発電所側へ進むにつれMLS/LS互層となる。これまでも調査結果では正確な両層の境界位置は確認していない。

これまでのテストピットのボーリングSB-7による調査結果から判断してML層の表面は厚さ5~6mにわたって風化のため軟弱化ないしは脆弱化していると考えられる。

(3) 表層堆積物

表土とその下位の主に粘土が厚さ2mから約7mで分布、粘土は上部で石灰岩礫を含み、下部では可塑性粘土から風化による粘土質泥灰岩または泥灰質石灰岩に漸移している。

(4) 地下水位

当地点の地下水位に関する資料はボーリングSB-7のデータ以外にはなく、また我々の現地踏査でもテストピットは全て埋戻されており、確認はできなかった。S.T.E.Gの調査工事担当者のテストピット掘削当時の記憶によると、テストピットのあるものには地下水面がみられたとのことであり、少なくとも雨季には深さ6mより高方に地下水位が上昇する可能性がある。

* EARTH MANUAL (2ND EDITION 1974) P.576, U.S. BUREAU OF RECLAMATION

5.4.3 導水路、発電所および放水路地点

本計画は基本的には地下発電所を設け、それを結ぶ水路ルートは Fig. 5-2 および Fig. 5-4 に示す下流案 (Profile A-A) と上流案 (Profile B-B) の2案が比較検討されている。

(1) 地 形

下流案および上流案のいずれの地下発電所も上池ダム地点の左岸側で、細長く SWS 方向に延びる山頂標高 540 m の DJEBEL EL FAHAMA の山体の中核部に考えられている。下流案では放水路トンネルが上記 DJEBEL EL FAHAMA の西側山裾部沿に Kasseb アーチダムの左岸上流約 750 m 付近まで延び、その先端に設けられ放水口は Kasseb 貯水池に約 45° の傾斜で接する斜面に設けられる。

一方、上流案は地下発電所からの放水路トンネルは DJEBEL EL FAHAMA の西側の緩斜面の下を通過して下流案の放水口から Kasseb 貯水池沿い約 800 m 上流の放水口地点に至る。この放水口地点付近の傾斜は $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ の緩斜面をなす。

(2) 基礎岩盤

下流案および上流案とも地下発地点は大部分が LS 層に一部分が MLS/LS 互層中に位置するように、また下流案の放水路トンネルは ML 層中を通らないようなルートが夫々選定されている。

上流案の放水路トンネルおよび放水口地点にはボーリング SU-4,5,6,7 の調査結果によると、あまり堅硬ではない ML 層が全体に分布している。

(3) 表層堆積物

DJEBEL EL FAHAMA の山体の表面には表層堆積物はほとんどない。上流案の放水路トンネルおよび放水口地点には 3.5 ~ 約 1.0 m の厚さの表層堆積物が分布している。

(4) 断 層

現地踏査および写真地質判読の結果によると、DJEBEL EL FAHAMA の山体には多数の断層が認められ、また推定される。これらの断層のうち 4 ~ 5 条のは、field で確認したが、破砕帯の中はいずれも 1 m 以下であった。上流案の放水路トンネルの大部分を分布すると思われる ML 層は表面堆積物に被われており、断層の存在に対する情報は無い。

(5) 地下水位

DJEBEL EL FAHAMA の地下水位に関する資料はない。同山体西側山裾のボーリング SU-7 では地表下 6.5 m に孔内水位があり (ただし掘削作業中の孔内の水位) その地下付近は石灰岩を挟在する MLS/LS 互層であること。また同山体の東側斜面の中腹で同じく MLS/LS 互層中に溶解空隙の一種と思われる。オープンクラック (巾 2.0 ~ 3.0 cm) が観察されたこと等を考え合わせると、この EL FAHAMA 山体の地下水位は比較的低くかつ複雑な分布状態を呈することが予想される。

なお上流案の放水路トンネル部に分布する ML 層中には被圧地下水層が存在すること (ボーリ

ングSU-4, 5)がわかっている。

5.4.4 上部貯水池地点

(1) 地 形

上部貯水池は標高400 m～450 mの高地に形成された小盆状地に位置しており、貯水池は5°～15°の緩斜面に接している。地域内には小川がNEからSWの方向にかけて流下し、ダム地点の頂でも述べたように、この小川は雨季には表流水があり、ダム地点付近から下流側では河床部で多少侵食がみられるが、貯水池地域内ではこの小川による侵食による下刻は非常に少ない。貯水池の大きさは満水位を標高430 mとした場合、N-S方向約850 m、E-W方向は600～650 mで、流域面積は約1.15 km²である。

なお貯水池の北東部と南部に夫々EL 452～453 mとEL 433 mの鞍部があり、その鞍部に於ける標高430 m面での最短距離は、前者が約300 m、後者が約400 mである。

(2) 基礎岩盤

上部貯水池に接する周縁斜面部にはダム地点左岸部の一部を除いてほとんど基盤の露頭はない。テストピットおよびボーリングSB-7の調査結果から判断して、貯水池地域およびその周縁部は主としてML層が分布している可能性が強い。

(3) 表層堆積物

貯水池地域の大部分は農耕地となっており、表土および小礫まじりの可塑性粘土が厚さ0.5～3.5 mの分布を示している。テストピットの結果を総括すると表層堆積物の下部では下位の風化による粘土質泥灰岩に漸移していることが多い。

(4) 断 層

上池ダム地点でそのダム軸方向とはほぼ直交する推定断層が貯水池方向へも延びていると思われる。その他写真地質判読によると、1条か2条貯水池内にまで連続する断層があるかもしれない。

(5) 地下水位

上部貯水池およびその周縁部では雨季の地下水位に関する資料が比較的多いが、乾季の資料は少ない。例えばテストピットのいくつかでは地下水位を確認しており、また貯水池地域周縁部(多くは満水面EL 430 mより高方)にいくつかの湧水カ所があること、また雨季には本地域内の地表のあらゆる小沢にわずかながらも表流水が認められること等から判断して、雨季には本地域の地下水面は地下浅部(深さ2～3 m以浅)にまで上昇してくると思われる。

(6) 透 水 性

貯水池地域ではボーリングSB-7における透水テスト以外、透水性に関する資料はない。

5.5 土木地質的考察

5.5.1 上池ダム軸

ダム地点右岸側に分布する厚い崩壊堆積物はダム基礎として不適であり、ダム軸としてはそれを避けてその上流側ボーリングSB-1付近からSB-2、SB-8およびSB-3を結ぶ線上付近が最適であろう。

この場合、ダム長を少しでも減少させるためには、右岸取付部の地質条件さえよければ、ダム軸を多少アーチ状に曲げることも考えられる。

5.5.2 ダム基礎処理

これまでの透水試験の結果と当上部貯水池地域が自流量の少ないかつ貯水容量の小さい純揚水貯水池であると云う特殊性等を考えると、ダム基礎について十分な止水処理が必要である。

基礎処理方法の選択は、当然ダムの設計と密接な関係があり、今後更に必要なデータの集収をはかると同時により慎重な検討が必要である。

例えばダムタイプをロックフィルとした場合のダム基礎を考えてみると、不透水性コア部での推定掘削線は現地表から深さ2 m～8 m程度、グラウト処理を考える場合、ダム中央部でダム基礎面から深さ2.5～3.0 m程度のカーテングラウトが必要となろう。

5.5.3 ダム基礎の安定性

上池ダム基礎には全体に泥灰岩が分布し、その泥灰岩自体の吸水膨張による岩質劣化の性質ならびにボーリングコアの岩質状態を考え合わせると、基盤自体の安定性についても今後留意しておく必要性を指摘する。

5.5.4 取水口地点

取水口地点では厚さ2～7 mの可塑性粘土を主体とする表層堆積物と、その下位には全体に風化した軟弱な泥灰岩が分布するので、取水口近傍の切取斜面の安定性の確保が必要である。また、上部貯水池は利用水深が大きくかつ1日当たりの水位変動も激しいので、切取斜面の侵食防止には特に注意が必要である。

5.5.5 地下発電所地点

前述した通り、当計画では地下発電所が考えられているが、その位置の選定に対して土木地質的観点からは土木設計上、もし、許されるならば、EL FAHAMA 山体の中核部をなすLS層中に地下発電所を設けるのが望ましい。そのLS層の両側にはMIS/LS互層が分布しており、そ

れら互層部分でも地下発空洞の掘削は可能であろうが、地質的条件はLS層より劣る。いずれにしてもML層中に地下発電所を設けることに対しては、土木地質的にはとても推奨できない。

5.5.6 放水路トンネルおよび放水口

下流案の放水路トンネルはできるだけその長さを短縮するため、ML層に接しないようにしつつEL FAHAMA 山体の西山裾部を通ることになるが、ところによっては断層によるズレに注意せねばならない。また下流案の放水口地点は地層が斜面に対してほぼ平行の走向傾斜を示しているので、掘削工事に当たっては“層理面沿いの剝離上り”に注意する必要がある。

上流案の放水路トンネルはML層中を通過するが、ボーリング調査結果によると、ところによっては被圧地下水層があり(図-5.4)、また岩質も軟弱なことから掘削工事の坑壁の“ゆるみ”については最大限の防止対策が必要である。場合によってはパイロットトンネル掘削工法が必要となるかも知れない。

上流案の放水口地点は厚さ3~4mの可塑性粘土を主体とする表層堆積物とその下位の風化による粘土質泥灰岩が分布している。

放水口の掘削に際しては、これら軟弱層および吸水膨張の性質を示す泥灰岩の存在と、既存の貯水池水面より低い部分での作業等を考えると、切取斜面の安定性の確保は最も重要な課題である。この問題に対する土木設計上の配慮に関しては、既存の諸報告書に示されている諸意見に対して異論はない。

5.5.7 上部貯水池の耐水性

上部貯水池地域の雨季の表流水の分布状態その他から見て貯水池の基盤の耐水性が全くないとは思えないが、当貯水池は前述した通り、貯水池への自流量がほとんどないこと、貯水容量が小さい純揚水貯水池であることから、貯水池地域からの漏水は最大限防止されなければならない。

特に、地形上の2つの鞍部およびダム左岸取付部から取水口地点にかけての部分の基盤の透水性については充分注意する必要がある。

なお、貯水池地域は全体に可塑性粘土を主体とする表層堆積物とか、その下位には風化した粘土質泥灰岩が分布している。これらは貯水池から基盤岩への浸透流に対するブラケットの役目をはたすことが期待できるので、建設工事によってこれらができるだけ、乱されないようにする配慮も必要である。

5.5.8 貯水池をとりまく斜面の安定性

上部貯水池の日変化の大きい水位変動により、貯水池周囲の水位変動に接する斜面は、地質状態から判断してガリ侵食(gully erosion)が発生するだろう。その部分に対しては保護対策を考えておく必要があるだろう。

5.5.9 工事用材料

ロックフィル材料のうち、フィルター材をのぞけばその他の材料は、上池周辺地域から得られるであろう。

ロック材料としては当地に分布する石灰岩、泥灰質、石灰岩が適当である。

コア材としては風化した泥灰岩、一部の崖錐堆積物等が使用できるであろう。

コンクリート骨材に適当な天然材料は当計画地域およびその近傍にはない。

フィルター材については人工的な砕石を考えざるをえない。砕石の場合の原料としては当地域に分布する石灰岩が適当である。

5.5.10 今後必要な調査

Kasseb 計画の実施設計に当っては、事前に下記の追加調査の実施が必要である。

- (1) 計画地域全体の詳細地質平面図の作成
- (2) テストピット、ボーリングによるダム基礎地盤の詳細調査
- (3) 取水口附近より導水路方向に沿って、マール地層とマール・石灰岩の互層境界線に到るまで調査横坑を掘進し、地層の状態を確認する。
- (4) ボーリングによる地下発電所位置の地質構造の確認
- (5) 決定された放水口に従って、ボーリングによる放水口附近の地質状態の調査
- (6) ボーリングによる上池基礎地盤の地質調査と地下水の分布および経時変化の調査
- (7) 上池の東南部（貯水池^{rim}辺より200～800 mの範囲）および南部（貯水池^{rim}辺から1,000～1,500 mの範囲）で不透水性コア材料の調査を目的としてテストピットを掘削し、地質柱状図の作成と試料の室内試験を行なう事。

Tableau 5-1 LISTE DES TROUS DE FORAGE

Hole No.	Location	Co-ordination X Y	Top Elevation (m)	Length of Hole (m)	Direction of Hole	Thickness of Overburden (m)	Et. of Bed-rock Surface (m)	Length of Casing Pipe (m)	Core Recovery (%)	Diameter of Hole (mm)	Rock Type of Bed Rock	Commenced	Remarks
												Completed	
SB-1	Dam, left bank.	X 87,028.91 Y 78,642.17	420.77	35.0	Vertical					NX(0m~350m)		24 - Jan - 1975	
SB-2	Dam, river bed.	X 87,108.06 Y 78,642.00	393.00	35.0	do.					NX(0m~350m)		27 - Feb - "	
SB-3	Dam, right bank.	X 87,268.78 Y 78,643.46	422.82	35.0	do.					NX(0m~350m)		6 - Feb - "	
SB-4	Dam, right bank.	X 87,184.80 Y 78,759.93	419.61	35.0	do.					NX(0m~350m)		1 - Mar - "	
SB-5	Dam, river bed.	X 87,103.80 Y 78,736.94	393.99	35.0	do.					NX(0m~350m)		12 - Apr - "	
SB-7	Dam, left bank.	X 87,015.88 Y 78,543.96	407.54	30.0	do.					NX(0m~300m)		8 - May - "	
SB-8	Intake (left bank)	X 87,184.70 Y 78,642.94	404.94	35.0	do.					NX(0m~350m)		2 - Mar - "	
			Sub-total	240.0								4 - Apr - "	
												16 - Mar - "	
												6 - Apr - "	
SU-1	Lower reservoir side(outlet)	X 86,022.03 Y 79,644.05	298.57	70.0	Vertical					NX(0m~4865m) BX(4865~700m)		23 - Nov - 1974	
SU-2	Lower reservoir side(outlet)	X 85,985.16 Y 79,429.74	339.79	38.5	do.					NX(0m~385m)		13 - Feb - 1975	
SU-4	Lower reservoir side(outlet)	X 86,242.47 Y 79,516.81	310.22	100.0	do.					Ø 107.95 (0m~1.6m) Ø 147.00 (6m~8.5m) Ø 110.0 (8.5m~28m) NX(28m~100m)		25 - Jan - "	
SU-5	Lower reservoir side(water way)	X 86,319.87 Y 79,400.52	330.00	100.0	do.					NX(0m~100.0m)		11 - Mar - "	
SU-6	Lower reservoir side(water way)	X 86,413.12 Y 79,260.43	350.14	125.0	do.					NX(0m~122.2m) BX(122.2m~125m)		15 - Mar - 1975	
SU-7	Lower reservoir side(powerhouse)	X 86,502.77 Y 79,125.87	380.24	75.0	do.					NX(0m~75.0m)		16 - Jun - "	
			Total	748.5								6 - Jun - "	
												19 - Aug - "	
												1 - Jul - "	
												14 - Aug - "	

Tableau 5-2 LISTE DES PUIITS DE SONDAGE (1-2)

Pit No.	Top Elevation(m)	Depth (m)	Location	Geological Log				Depth	Remarks	Abbreviations	
				0m	2	3	4				
P 2	421.47	5.20	Upper dam site, right bank	Small gravel in MLY. soil	Small gravel in gry. 1.0 yel. or wht. MLY. soil	Boulders (#0.5m) with 3.0 clay and flat LS. frags.	5.2m		Ts.	Topsoil	
P 3	433.11	4.30	do.	LS. gravel in clay 0.5	Blk. or brn. MLY. soil with gravel (#5-20m)	Small LS. gravel in brn. clay	4.3m		LS.	Limestone	
P 4	426.25	5.60	do.	Compacted clay with LS. fragments			5.6m		ML.	Mari	
P 5	420.10	6.00	do.	Compacted fine-grained clay			6.0m		MLS.	Mariy limestone	
P 6	412.50	5.50	do.	Black compacted clay with small gravel	Compacted clay 2.5 with LS. frags.	LS. boulders (#0.5-1m) 3.8 with brn. clay mortar	5.5m		SLS.	Sandy limestone	
P 7			do.	Forming soil with small LS. gravel	Weathered, disturbed and schistosed ML.		5.5m		MLY.	marly	
P 8	426.25	5.60	do.	Forming soil 0.5 ML.	Pate blue ML. with cemented calc-part 2.2		5.6m		frgs.	fragments	
A 1/2	468.95	3.65	South-east of upper reservoir	Ts. and slope wash 1.0	Yel. fine grained sand and brn. clay with soft LS. gravel	ML. 3.2	3.65m		Yel.,yel	yellow	
A 3/2	449.81	3.50	do.	Ts and brn. organic plastic clay	Yel.-brn. ML. with some joints		3.5m		Brn.,brn.	brown	
A 5/2	431.50	2.00	do.	Ts and brn. organic plastic clay 1.2	Gry. ML. with speckles		2.0m		Gry.,gry	grey	
A 1/4	459.93	4.30	do.	Ts and gry organic plastic clay 1.2	Yel. speckled, plastic clay with calc-part	Stratified 3.5 gry. ML.	4.3m		Blk.,blk	black	
A 3/4	444.94	4.00	do.	Ts. and brn. organic, plastic clay	Gry. speckled ML.		4.0m		Wht.,wht.	white	
B 1	426.74	3.80	Upper dam site and reservoir, right bank	Ts. and yel. sandy clay with gravel and breccia	Co. deposits, clayey in lower part 2.35		3.8m		Co.	colluvial	
B 2	426.71	2.25	do.	Ts. and yel. clay with calc-part, and weathered yel ML.			2.25m		No data		
B 3	432.57	2.00	do.	Ts. and organic plastic clay with gravel 1.4	Yel. calcite veins along joints		2.0m		Water table at 4.2m		
B 4	454.16	2.00	do.	Ts. and yel.-brn. organic, plastic clay 1.4	Brn. ML. weathered but not clayey		2.0m		Ts.=0.2m	Water table at 3.3m	
C 1	459.68	2.00	North-east of upper reservoir	Ts. and organic plastic clay 1.0	Gry. ML. with calcite veins		2.0m		Ts.=0.2m	Water table at 3.2m	
C 2	437.48	2.30	do.	Ts. and organic, plastic clay 1.4	Brn. ML. not clayey		2.3m		Ts.=0.2m	Wet at bottom	
C 3	442.11	1.70	do.	Ts. and compact ML. 1.0	Calc-ML. with many calcite veins		1.7m		Ts.=0.2m		
C 4	444.81	2.70	do.	Ts. and organic plastic clay 1.2	Yel.-brn. MLY. clay	Brn. ML. with calcite veins along joints	2.7m		Ts.=0.2m		
C 5	450.60	1.40	do.	Ts. and plastic clay 0.8	Yel.-brn. ML.		1.4m		Ts.=0.2m		
D 1	442.42	2.00	South of upper reservoir, saddle part	Ts. and organic clay, wet 1.0	Weathered gry. ML.		2.0m		Ts.=0.2m	Wet at bottom	
D 2	436.74	1.60	do.	Ts. and organic plastic clay 1.2	ML. yel.-brn. speckled and with calcite veins		1.6m		Ts.=0.2m		
D 3	431.57	2.00	do.	Ts. and organic clay 0.8	Yel.-gry. clayey	with calc-nodules, LS. gravel and boulders	2.0m		Ts.=0.2m		
D 4	436.36	3.20	do.	Ts. and organic, wet, plastic clay 1.8	Weathered, blk. ML.	with calcite veins	3.2m		Ts.=0.2m		

Tableau 5-2 LISTE DES PUIITS DE SONDAGE. (2-2)

Pit No.	Top Elevation (m)	Depth (m)	Location	Geological Log				Depth	Remarks	Abbreviations
				0m	2	3	4			
D 5	436.38	2.50	South of upper reservoir, saddle part	Ts. and wet MLY. clay	Clayey ML. 1.5 wet	with calc-nodules 2.5m		Ts.=0.2m	Ts. Topsoil LS Limestone ML Marl MLS. Marly limestone SLS. Sandy limestone MLY. marly frgs. fragments Yel.,yel. yellow Brn.,brn. brown Gry.,gry. grey Blk.,blk. black Wht.,wht. white Co. colluvial	
D 6	433.72	1.45	do.	Ts. and Wet ML. Clay 0.65	with calcite veins along joints 1.45m			Ts.=0.2m		
H 1		5.00	Upper reservoir, intake site	Ts. and blk. clay with rubble 1.2	Light brn. clay with calc-part 1.2	MLS. rubble 2.6	Hard gry. MLS. rubble 3.4	5.0m	Ts.=0.3m	
H 2		5.00	do.	Ts. and blk. clay with LS. rubble 1.2	*Slide* clay with Hellix 1.2	Yel.-brn. clay 3.3	Weathered MLS. 4.1	5.0m	Ts.=0.3m	
H 3		5.70	do.	Ts. and *Slide* clay			Weathered 4.2 clay	5.7m	Ts.=0.3m	
H 4		5.90	do.	Ts. and blk. clay with rubble 1.5	Compacted *slide* clay		MLY. weathered	5.8m	Ts.=0.3m	
H 5		6.30	do.	Ts. and organic clay with LS. rubble		Weathered *slide* clay with brn. LS gravel. 3.0		6.3m	Ts.=0.3m	
H 6		6.80	do.	Ts. and blk. clay with LS. rubble	*Slide* clay 2.4 with potholes	*Slide* clay 3.4		6.8m	Ts.=0.3m	
H 7		4.80	do.	Ts. and slightly or moderately weathered LS.		Alternation of hard layer and soft layer		4.8m	Ts.=0.1m	
H 8		4.00	do.	Ts. and gry. clay with Hellix, *slide* clay		Weathered MLS. clayey 2.2 with hard SLS beds		4.0m	Ts.=0.1m	
H 9		3.80	do.	Ts. and blk. clay with rubble		Weather MLS. 2.6 with slip plane		3.8m	Ts.=0.1m	
H 10		2.00	do.	Ts. and light brn. *slide* clay				2.0m	Ts.=0.2m	
H 11		2.80	do.	Ts. and clay with rubble 0.9	Light brn. clay with lots of with shell frgs. (Hellix)			2.8m	Ts.=0.4m	
H 12		3.50	do.	Ts. and clay with rubble 1.1	Clay with calc-nodules 2.0	Gry-brn. clay 2.7	Weathered MLS. 3.5m		Ts.=0.4m	
H 13		2.80	do.	Ts. and *slide* clayey ML. 1.1	Yel-gry *slide* clay			2.8m	Ts.=0.3m	
H 14		3.00	do.	Ts. and *slide* clay with rubble 1.3	Plastic weathered substratum			3.0m	Ts.=0.3m	
H 15		4.00	do.	Ts. and *slide* Clayey ML. 1.4	Yel.-gry. clay 2.1	Weathered substratum 3.2	Gry. slightly weathered	4.0m	Ts.=0.4m	
K 1		0.70	Upper dam site, right bank	Ts. and weathered substratum 0.7m					Ts.=0.2m	
K 2	420.20	2.70	do.	Ts. and organic clay with rubble 1.7	Gry-brn. substratum		weathered	2.7m	Ts.=0.3m	
K 3	420.18	1.50	do.	Ts. and organic clay with rubble 1.4	Weathered substratum, clayey			1.5m	Ts.=0.3m	
K 4	428.63	0.60	do.	Ts. and blk. rubble 0.6m	Clay				Ts.=0.3m	
K 5	429.08	1.90	do.	Ts. and blk. clay with rubble 1.2		Gry-brn. MLS 1.9m			Ts.=0.3m	
K 6	429.81	2.30	do.	Ts. and clay with rubble rich in lower part 1.9	Clay		Weathered substratum 2.3m		Ts.=0.3m	
L 1		4.90	Lower reservoir outlet site	Ts. and *slide*, weathered compact substratum generally		Weathered MLS. with glauconitic sandstone		4.9m	Ts.=0.3m	
L 2		5.00	do.	Ts. and MLY. soil 1.1 (MLS.)	Weathered substratum	Slightly weathered substratum 2.6		5.0m		
L 3		2.00	do.	Ts. and MLY. soil 0.9	Yel.-brn. clay			2.0m		

5.6 地 震

地震の設計震度は、後述する既往の記録および可能最大 (Probable Maximum) 震度の推計値より構造物の重要度、経済性を考慮して 0.1 を採用する。

Institut National de la Météorologie, Division de la GéophysiqueよりSTEGの建設部長宛に出状された、1975年12月のTUNISIA国地震記録の手紙によれば、Béjaを中心とした、半径 30 Km以内の地域について下記のように述べられている。

今世紀の始めから、現在までに記録された、地震の回数は比較的大きく、合計 61 回の地震が所々の市町村で感じられた。また、幾つかの市町村、例えば、Thibar, La Merja 等ではM.S.K基準で震度 8 ~ 9 に達する地震があった。Béja 市自身も合せて、今世紀 6 回の地震が感ぜられ、その震度は、M.S.K基準で 3 ~ 5 であった。

結論として、統計資料を考慮すると、可能な最大震度としてM.S.K基準 8 ~ 9 に達すると想定する。

第6章 水 文

第 6 章 水 文

6.1 概 要

既設 Kasseb ダム建設のため、1963 年 U.S.S.R に よつて作成された報告書 " Barrage Sur Ioued Kasseb - Etudes de l'efficacité économique de la construction de la centrale hydroélectrique " には計画地点の属する地域の数ヶ所の気象観測所および B-11 測水所の観察データに基づいて作成された詳細な水文解析を行なっている。

流量の観測データは 1948 年から 1961 年までの 13 ヶ年に亘るものである。併しながら、1961 年以降については、Kasseb 川の十分なる流量資料は存在しない。

今回の我々の Kasseb 揚水発電計画、フィジビリティースタディにおいては、水文関係の基礎資料は主として上記の U.S.S.R の報告書のそれを用いてある。

参考までに上記諸気象観測所および流量測水所の設置位置を示すと、図-6.1 の通りとなる。

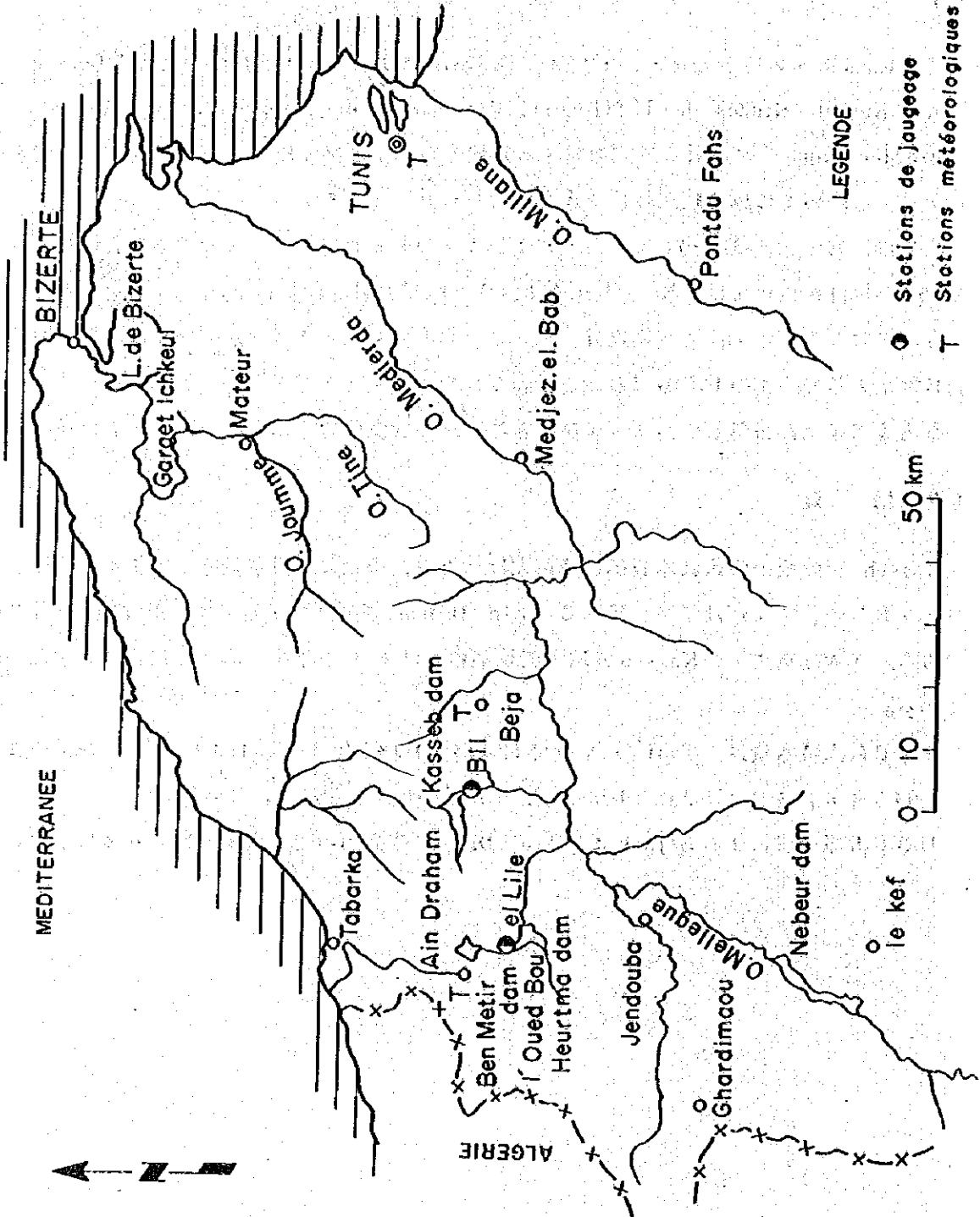
6.2 雨 量

Kasseb 川流域の降水は本質的に降雨だけであり、雨期は 9 月に始まり翌年 4 月に終る。U.S.S.R 報告書によれば年平均降水量は Ain - Draham 観測所で 1534 mm, Beja 観測所で 626 mm である。ダム地点までの Kasseb 流域 (流域面積 101 km²) の年平均降水量は約 800 mm と推定されている。

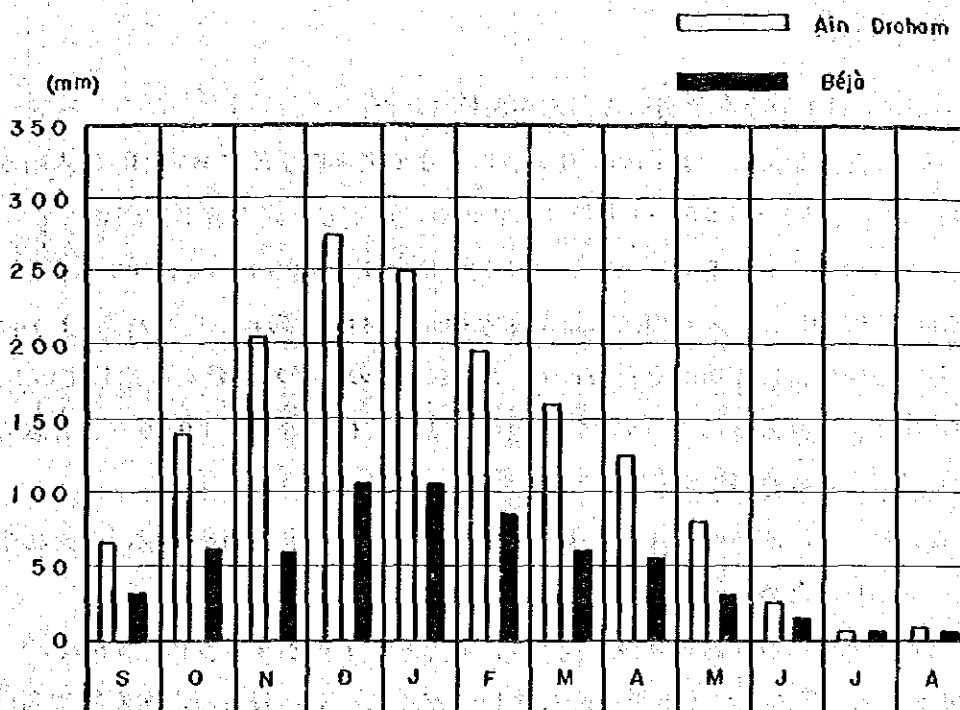
また日最大降水量は、Tunis 測水所で 128 mm (1935 年 9 月 14 日), Beja 観測所で 124 mm (1915 年 6 月 4 日), Ain - Draham 観測所で 170 mm と記録されている。

U.S.S.R 報告書による Béja および Ain - Draham 観測所の月別雨量を図-6.2 に示す。

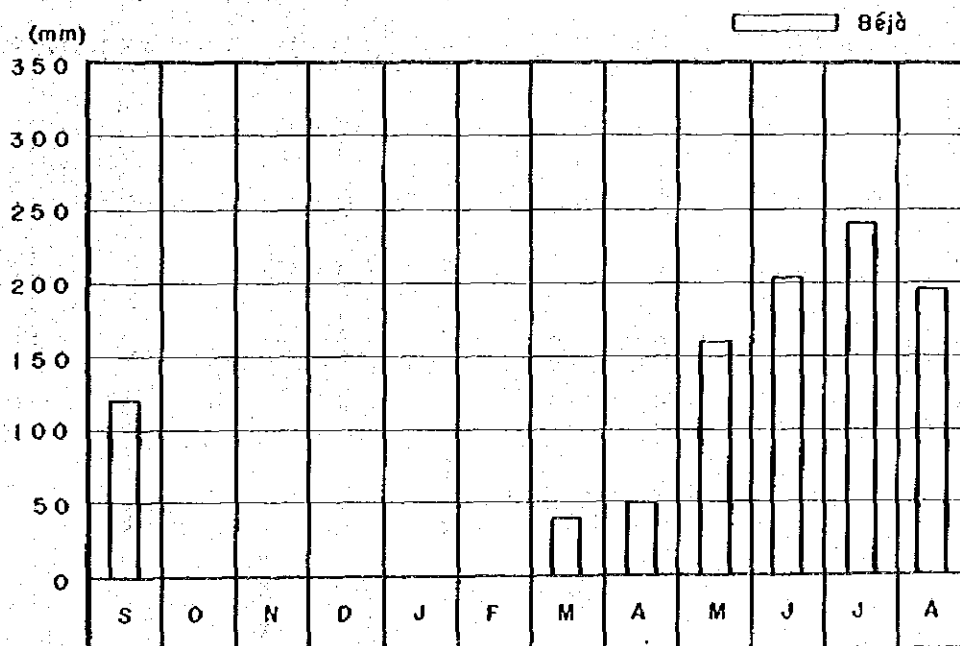
Graphique 6-1 STATIONS METEOROLOGIQUES ET STATIONS DE JAUGEAGE



Graphique 6-2 PRECIPITATIONS MENSUELLES



Graphique 6-3 EVAPORATIONS MENSUELLES



Source : Barrage-voûte sur l'oued Kasseb - Plans U.R.S.S. Moscou-1964 Design N°112197

6.3 流入量

6.3.1 下池の流入量

既設Kassebダムは1969年2月より湛水が開始された。

ダム築造前の記録としては、Tunisia農業省によってダム直下流にB-11 測水所が設置され、1948/49, 1950/51~1960/61年の12ヶ年に亘って日流入量が観測されている。

なお、U.S.S.Rのフィジビリテー報告書では1943/44~1947/48, 1949/50の6ヶ年についてKasseb川のB-11地点の流入量記録とBen Metir近傍に設置されたel Lile川測水所の流入記録との間の密接な相関を利用して、Kasseb川の月平均流量を推定している。

一方、ダム築造後の流入量については、農業省によって作成された1969年2月以降1977年8月までの月平均流量の資料がある。

以上の諸資料のうち、前述のダム築造後の流量資料は雨量より流出率を検討した結果、バラツキの多い数値を示したため、本報告の検討資料より削除する事にした。

その結果、Kasseb川の流入量資料としては、表-6-1に示すように、1943/9月~1961/8月の18ヶ年間の流入資料(年平均流入量1.66 m³/秒)を本報告の水文解析に利用する事とする。

Tableau 6-1 DEBITS D'APPORT MENSUELS A LA STATION B-11 DE L'OUED KASSEB

Mois	Année	1943-44	1944-45	1945-46	1946-47	1947-48	1948-49	1949-50	1950-51	1951-52	1952-53	1953-54	1954-55	1955-56	1956-57	1957-58	1958-59	1959-60	1960-61
Septembre	1	-	-	-	-	-	0,05	-	0,022	0,069	0,098	0,062	0,29	0,043	0,066	0,043	0,083	0,072	0,083
	2	-	-	-	-	-	0,23	-	0,051	0,070	0,089	0,055	0,38	0,075	0,069	0,041	0,085	0,091	0,085
	3	-	-	-	-	-	0,12	-	0,050	0,072	0,075	0,051	2,79	0,17	0,065	0,041	0,056	0,11	0,056
Octobre	Moyenne	0,034	0,18	0,10	0,012	0,017	0,14	0,015	0,058	0,041	0,070	0,087	0,056	1,15	0,096	0,067	0,042	0,075	0,091
	1	-	-	-	-	-	0,10	-	0,19	0,069	0,38	0,048	5,40	0,12	0,25	0,043	0,35	0,12	0,12
	2	-	-	-	-	-	0,10	-	2,95	0,059	0,12	0,064	1,32	0,074	0,19	0,048	0,26	0,12	0,12
Novembre	Moyenne	0,20	0,40	0,038	0,058	0,12	0,14	0,048	0,056	0,063	0,063	0,056	3,58	0,099	0,098	0,131	1,77	0,52	0,10
	1	-	-	-	-	-	2,46	-	0,58	12,1	5,11	0,045	1,28	0,26	0,63	3,20	2,52	0,83	0,83
	2	-	-	-	-	-	7,50	-	0,81	1,78	2,06	1,94	1,61	0,45	2,76	2,63	0,65	0,079	0,079
Décembre	Moyenne	0,41	0,78	0,090	0,54	0,18	3,66	4,41	0,59	5,06	3,29	0,86	1,74	0,35	2,50	3,36	1,24	0,082	0,082
	1	-	-	-	-	-	1,15	-	0,35	12,3	0,94	0,24	0,79	13,4	2,68	2,23	6,07	0,086	0,086
	2	-	-	-	-	-	4,56	-	2,15	3,19	0,46	11,1	0,43	1,25	8,50	1,63	3,42	1,12	1,12
Janvier	Moyenne	0,51	4,22	3,08	20,2	2,30	3,30	1,86	2,26	7,07	5,93	2,57	8,66	2,13	9,91	2,63	3,55	2,44	2,44
	1	-	-	-	-	-	4,10	-	1,61	7,07	5,85	4,57	3,47	5,48	7,12	2,18	4,32	1,25	1,25
	2	-	-	-	-	-	4,05	-	5,11	3,25	3,52	2,50	9,06	7,96	5,17	8,09	0,99	1,24	1,24
Février	Moyenne	1,71	8,20	2,53	4,47	2,22	5,93	5,60	4,00	8,82	6,23	2,91	2,52	12,6	2,55	1,52	2,53	7,38	7,38
	1	-	-	-	-	-	2,64	-	3,25	8,64	3,22	2,91	2,52	12,6	2,55	1,52	2,53	7,38	7,38
	2	-	-	-	-	-	11,4	-	3,72	7,71	6,30	2,63	2,24	2,24	14,4	6,87	11,1	2,62	2,62
Mars	Moyenne	9,42	2,89	1,82	2,70	1,74	6,01	6,60	6,60	2,01	4,31	5,00	24,8	8,10	7,39	5,36	4,80	3,86	3,86
	1	-	-	-	-	-	2,72	-	2,40	3,87	2,88	1,97	10,95	1,99	1,34	0,87	0,92	3,14	3,14
	2	-	-	-	-	-	1,46	-	1,67	2,71	1,73	1,38	13,8	13,0	0,82	0,72	0,68	0,92	0,92
Avril	Moyenne	3,52	3,05	4,27	0,26	1,04	3,54	2,62	3,69	4,80	2,24	2,88	2,88	1,13	0,98	0,73	2,80	0,44	0,57
	1	-	-	-	-	-	7,04	-	2,94	1,56	1,86	3,05	1,09	1,13	0,98	0,73	2,80	0,44	0,57
	2	-	-	-	-	-	3,90	-	0,94	5,44	2,27	3,46	0,81	0,38	7,44	1,00	0,33	0,62	0,62
Mai	Moyenne	0,22	0,059	0,24	0,058	0,57	2,53	5,19	0,54	0,96	1,04	1,69	0,50	3,86	0,34	0,77	1,86	0,53	0,30
	1	-	-	-	-	-	4,43	-	1,44	1,46	2,63	1,03	2,28	1,98	0,35	3,40	5,72	0,68	0,45
	2	-	-	-	-	-	3,10	-	0,38	0,66	0,55	2,62	0,95	0,79	1,32	0,61	2,27	0,50	0,23
Juin	Moyenne	0,033	0,020	0,012	0,007	0,010	0,094	0,10	0,045	0,095	0,12	0,063	0,065	0,084	0,14	0,060	0,13	0,16	0,054
	1	-	-	-	-	-	0,60	-	0,26	0,53	0,82	0,35	0,46	1,87	0,50	3,43	1,14	0,22	0,22
	2	-	-	-	-	-	1,61	-	0,22	0,36	1,49	0,67	0,34	0,64	0,46	0,46	0,53	0,21	0,21
Juillet	Moyenne	0,033	0,007	0,012	0,028	0,010	0,11	0,024	0,400	0,048	0,17	0,063	0,062	0,051	0,085	0,046	0,10	0,095	0,038
	1	-	-	-	-	-	1,61	-	0,29	1,23	0,48	0,66	0,66	0,53	1,28	0,54	3,76	0,72	0,22
	2	-	-	-	-	-	0,25	-	0,16	0,42	0,73	0,13	0,24	0,47	0,70	0,25	0,57	2,91	0,17
Août	Moyenne	0,033	0,007	0,012	0,028	0,010	0,11	0,024	0,400	0,048	0,17	0,063	0,062	0,051	0,085	0,046	0,10	0,095	0,038
	1	-	-	-	-	-	0,11	-	0,045	0,12	0,063	0,063	0,065	0,084	0,14	0,060	0,13	0,16	0,054
	2	-	-	-	-	-	0,11	-	0,045	0,12	0,063	0,063	0,065	0,084	0,14	0,060	0,13	0,16	0,054
Moyenne annuelle		1,41	1,68	1,06	2,47	0,82	1,94	2,08	0,99	1,85	1,99	2,45	1,20	2,50	1,52	1,94	1,98	1,38	0,668

Source : Barrage-volée sur l'oued Kasseb
U.R.S.S. Moscou - 1963

6.3.2 上池の流入量

上池の流入量は、流域面積が1.3 km²と極めて小さい事と比較的不透水性の土壌におよわれている事を考慮すると、降雨はほぼ全量が流入するものと考えられる。

したがって、此の流域の年間降雨量は800 mmと推定されているので、年間流出量は 1.04×10^6 m³ (0.033 m³/秒)となる。

6.4 洪水量

6.4.1 下池の洪水量

下池の既往洪水量については、B-11地点における1948-1961年までの年最大流量の観測値があり、これを表示すると表-6.2の通りである。

Tableau 6-2 DEBITS MAXIMA DE L'OUED KASSEB

Année	Débit maxima (m ³ /sec)	Date
1948	65	11 novembre
1949	90	13 janvier
1951	109	29 janvier
1952	55	6 décembre
1953	167	15 mars
1954	90	14 décembre
1955	78	25 décembre
1956	100	2 décembre
1957	115	30 décembre
1958	66	1 mars
1959	175	avril
1960	35	7 mai
1961	54	27 janvier
Moyenne	92	

前表の13ヶ年の既往年最大流量は175 m³/秒である。

併しながら、上記の観測期間は極めて短いものであって、これを以って確率の低い最大流量を推定するには不十分である。このためTunis気象観測所の豪雨記録を用いて、間接的手法を以って確率 $P=0.7Y$ $P=1.Y$ 、および $P=5.Y$ の場合のKasseb川の最大流量の解析が行なわれる。

これらの確率最大流量はTunisiaのBureau de Cadastre des Ressources Hydrauliquesで採用された公式を用いて推定されたものであって、その数値は次の通りである。

確 率	最大流量
0.1 %	1,050 m ³ /秒
1 ,	700 ,
5 ,	500 ,

既設Kassebダムは上記の最大流量を考慮して設計され、築造される。

6.4.2 上池の洪水量

上池の洪水量をクリーガーの方式を用いて下池の洪水量と同一係数を基として求めると次の通りとなる。

Creager's Equation

$$Q = 46 \cdot C \cdot A (0.891A^{-0.018})$$

Q ; 洪水量 ft³/秒

A ; 流域面積 m²

上池 1.24 km² = 0.479 m²

下池 101 , = 3899 ,

C ; 係数 (Coefficient depending upon the characteristic of the drainage basin)

確 率	最大流量
0.1 %	34 m ³ /秒
1 ,	23 ,
5 ,	16 ,
(既往最大) [*]	5.7 ,

6.5 蒸 発 量

地表面からの蒸発量は、Kasseb流域の雨量観測網で測定された。1946～1950年の5ヶ年間の年平均降水量と経年平均流出量とによって、年平均蒸発量は740 mmと推定される。

一方、水面蒸発量については、U.S.S.Rの報告書は独自の公式を用いて、Tunis-Aouina観測のデータを基として1,790 mmと算定している。

したがって、計画地域における追加蒸発量は1,790 - 740 = 1,000 mmと推定される。

蒸発による月別損失量は表-6.3に、また近傍地点の蒸発量を図-6.3に示す通りである。

* ; 既往最大とは下池の13ヶ間における最大流量175 m³/秒を示す。

Tableau 6-3 EVAPORATIONS MENSUELLES

Mois	Evaporation (mm)
Septembre	120
Octobre	0
Novembre	0
Décembre	0
Janvier	0
Février	0
Mars	40
Avril	50
Mai	160
Juin	200
Juillet	240
Août	190
Annuelle	1.000

したがって既往 Kasseb 貯水池の蒸発による損失量は、約 2.9×10^6 m³ となり、この数値が同貯水池の計画決定の際に考慮されている。

第7章 開発計画の検討

第7章 開発計画の検討

7.1 基礎的条件

開発計画の検討は、次の条件の下に行なう。

- (1) 本計画は Bou Sattar 山と El Fahama 山にはさまれた峡谷部にダムを築造して出来る貯水池を上池とし、また既設 Kasseb 貯水池を下池として利用する純揚水発電所とし、上池貯水池への流入量は極めて微少なので電力量計算には無視する。
- (2) 上池の最高水位は標高 430 m とする。これは鞍部の (標高 433 m) 地質調査がまだ行なわれていないため、此の部分に Dike を築造して水位を更に高めることの経済的妥当性が現地点では確認出来ないからである。
- (3) 上池の有効容量は、日先頭負荷継続時間約 4 時間に対応し得る容量とする。
- (4) 下池からの放流は、SONED の上水道給水計画では年間を通して $1.25 \text{ m}^3/\text{秒}$ および $1.40 \text{ m}^3/\text{秒}$ (1978 年夏以降) を constant に放流する計画となっているので、これに基づいて下池の利用水深を決定する。
- (5) 既設 Kasseb ダム (下池) の満水位は標高 2886 m である。此の標高は U.S.S.R Kasseb フィジビリティー報告書では満水位 2910 m となっているが、その後 N.G.T の調査により 2886 m が正しい数値であると確認されたものである。
- (6) 下池の利用水深は既存計画で採用されていた 20 m (下池ダムの洪水吐 crest と下池取水口の中段敷との標高差) を適用した場合と、(4) 項の下池給水計画に基づいて水位変動を検討し、その結果得られる経年最大変動水深に余裕を見込んだ値 (1.5 m) を採用した場合との 2 通りとする。

※ 既設 Kasseb ダムの満水位

- (1) 満水位および貯水容量に関する数字はあいまいであり、次に示す如くである。

項 目	U.S.S.R	農 業 省	SONED	TECSULT
満水位 (m)	29100	29200	28220	28853
貯水容量 (10^6 m^3)	8200	8170	8257	水位-貯水容量曲線より読取り

- (2) STEG より提供された図面 " Kasseb ダムの縮尺 1/2000 水準測量基準点網 (BARRAGE KASSEB Auscultation Echelle 1/2000 Reseau des Reperes, Reference A.M 1-1-140) によればダムの左右岸の Abut 付近には N.G.T の RN3, RN1 の基準点がありダムの道路橋上の測定標高は 294.13 m になっている。
- (3) 調査団は (2) 項と Barrage Kasseb Auscultation より地形図縮尺 1/5000 および 1/500 に対応する Kasseb 下池満水位を標高 288.6 m を提案した。

その理由は次による。

	U.S.S.R	N.G.T
dam crest 標高	296.5	294.13
満水位	291.0	Z
$Z = 294.13 - (296.5 - 291.0) = 288.63 \approx 288.6$		

7.2 下池利用水深の検討

7.2.1 前 提

下池の貯水池運用は次の条件によって算出する。

- (1) 表-6.1^{*}に示された1943/Sep~1961/Augの18ヶ年間の月別流量を基として貯水池水位変動を検討する。
- (2) 水道用放流量は年間を通してConstantに1.25 m³/秒を放流した場合と1.40 m³/秒を放流する場合との2通りについて検討する。
- (3) 満水位は標高288.6 mとするが、これはU.S.S.R Kassebフィジビリテ報告書に示された満水位291.0 mに対するものとする。
- (4) 既設Kasseb貯水池の既往7月末貯水位の年平均水位を1943/sepの水位と仮定して(1)の貯水池水位変動を算定する。

7.2.2 結 論

上記の諸条件に基いて算出された18ヶ年の貯水池運用水位および流入量は図-7.1および図-7.2に示す通りである。

また上記の経年最低水位は次の通りである。

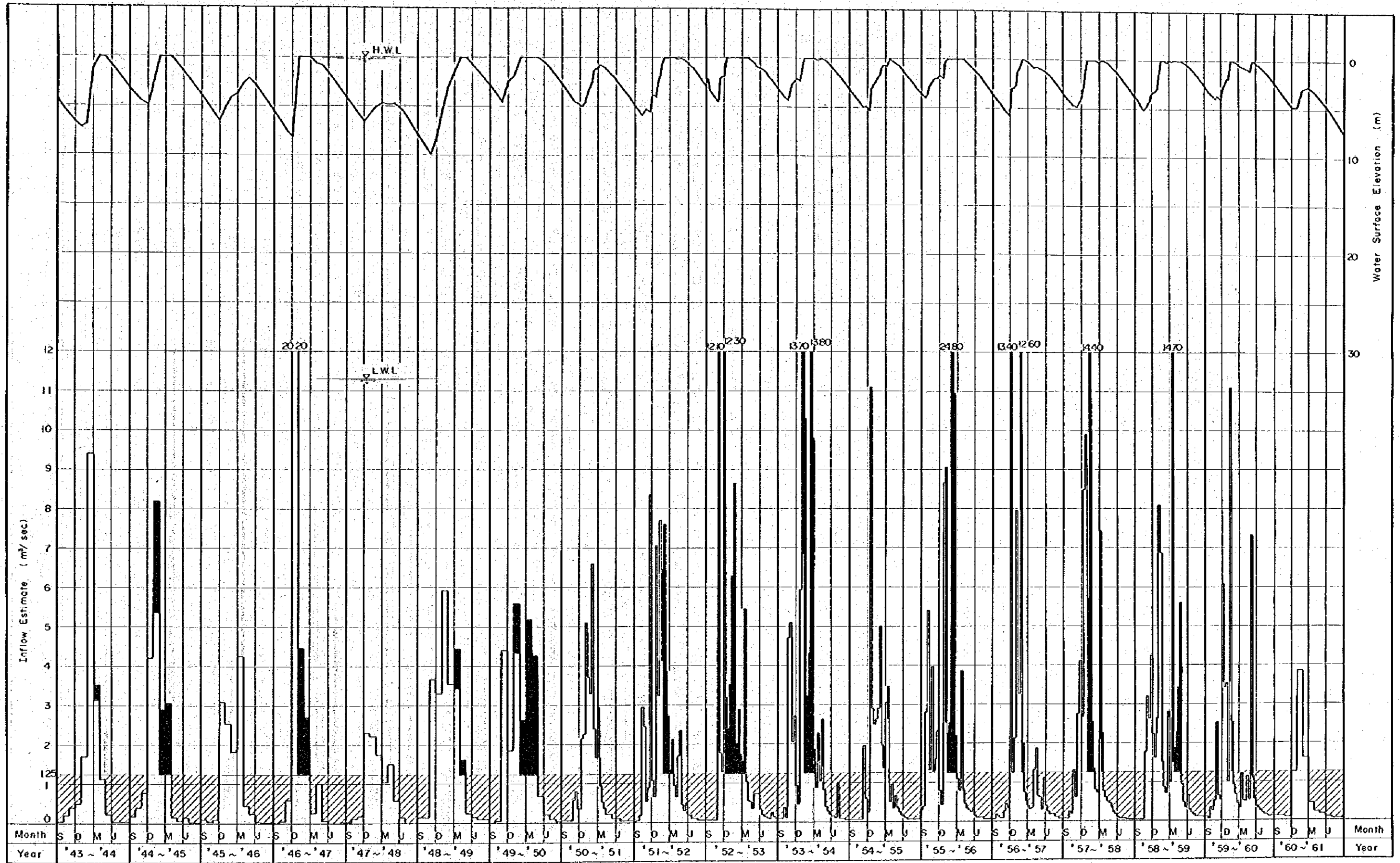
貯水池運用最低水深		
ケース	放流量 (m ³ /秒)	満水位よりの最大低下水深 (m)
1	1.25	1.0.0
2	1.40	1.2.7

7.2.3 利用水深の決定

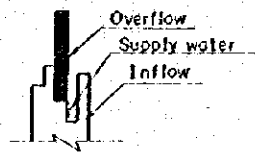
放流量 1.40 m³/秒時の最大低下水深1.27 mに余裕水深2.3 mを加えて貯水池利用水深を1.50 mとする。

* U.S.S.R Kasseb フィジビリテ報告書 Table - 7

Figure 7-1 WATER LEVEL OF THE LOWER RESERVOIR
 - Discharge : 1.25 m³/sec -



LEGEND;



7.3 堆砂の検討

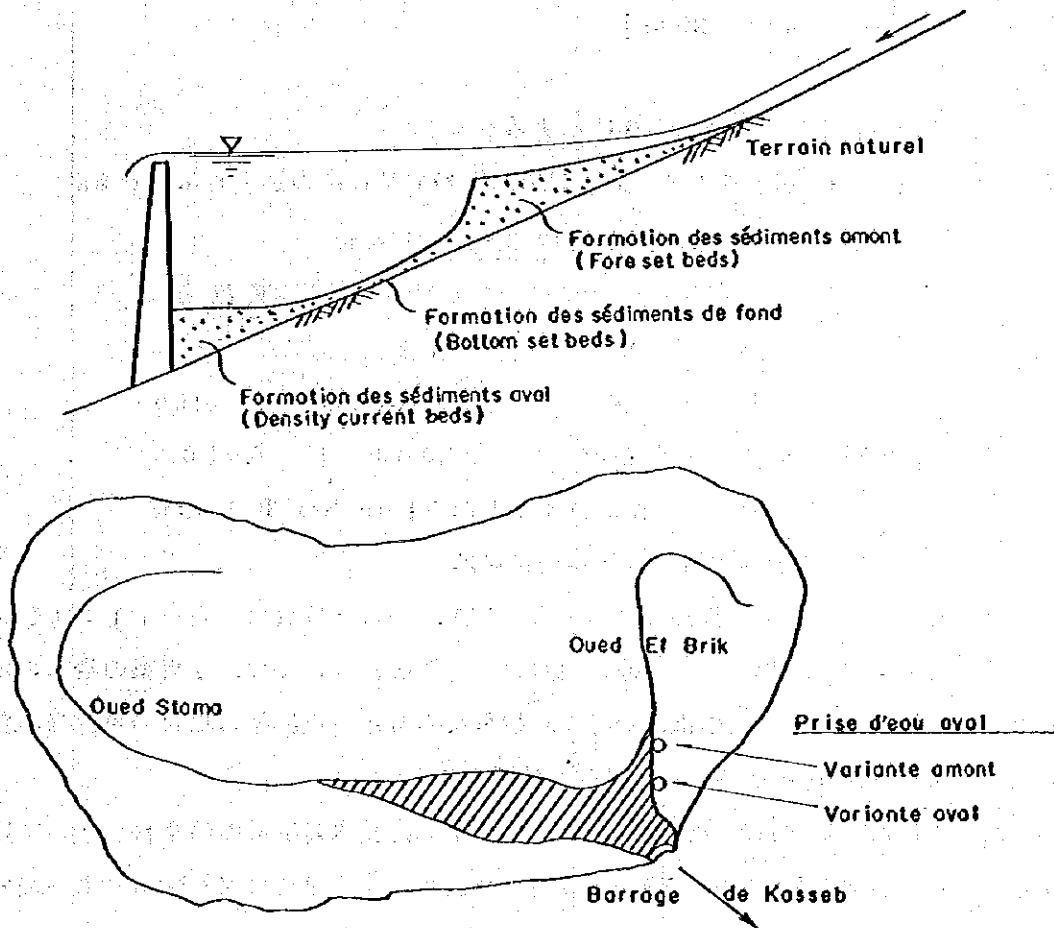
7.3.1 概要

既存Kasseb貯水池の堆砂が放水口にまで影響し、発電および揚水に支障を与えることが予想される。残念ながら既存貯水池内の堆砂の実測値が無く、この影響を定量的に具体的に検討することは出来ない。今回は次の様に定性的に考察する。

貯水池内での堆砂は衆知の様一般的に一河川の掃流力は池終端部から漸減し、ダム付近では最終的にゼロに近くなる理由から一池の終端部から開始される。例えば図-7.3の様な形状に想定できる。

Kasseb発電所放水口への影響は、EL Brik川筋に形成されるFore Set BedsとStam川筋を含む全流域からのDam-Site Current Bedsとの双方よりの複合影響であると考えられる。しかしながら、Dam-Site Current Bedsを推定することは困難であるのでEL Brik川筋のFore Set Bedsのみを考察の対象とすると次の様に考えられる。

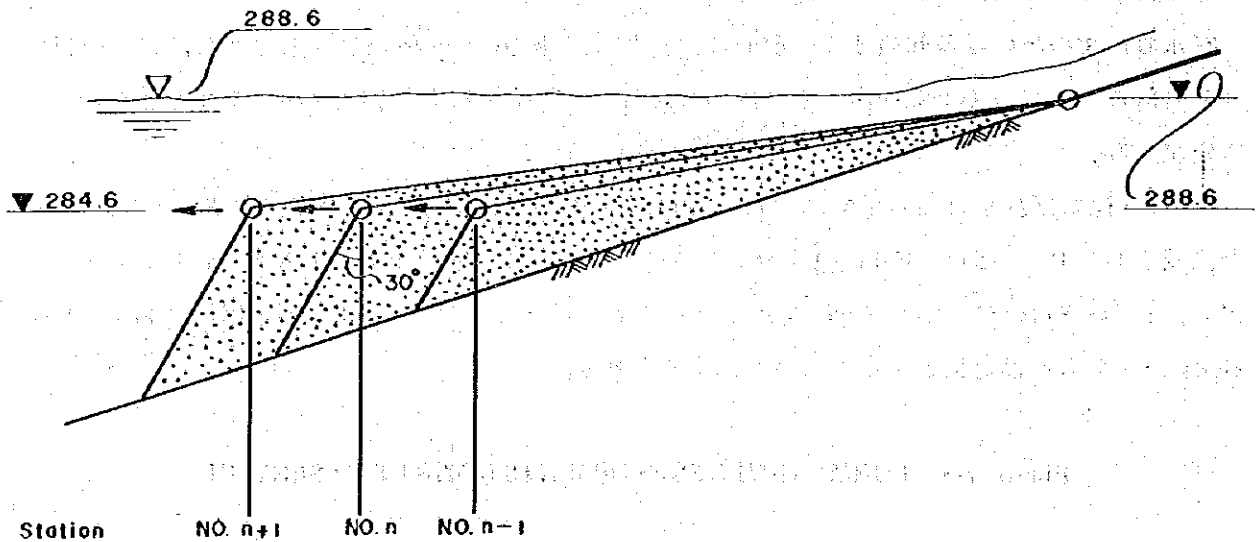
Figure 7-3 FORMATION DES SEDIMENTS DANS LE RESERVOIR



7.3.2 EL Brik 川筋の堆砂

Fore Set Beds の発達を次図の様に単純化して想定し、堆砂量を算出する。

Figure 7-4 PROGRESSION DE LA FORMATION DES SÉDIMENTS AMONT



また、関係図は図-7.5 および図-7.6 に示す通りである。

Kasseb 下池の放水口に影響を与えないと思われる堆砂量は次の通り算出される。

放水口位置の無害堆砂量

測 点	No	上 流 案	下 流 案
堆 砂 量	m ³	1,240,000	8,000,000
単位堆砂量	m ³ /㎥/年	1,080	6,960

無害堆砂量：放水口より上部の Fore Set Beds の量

単位堆砂量：50年間に対応

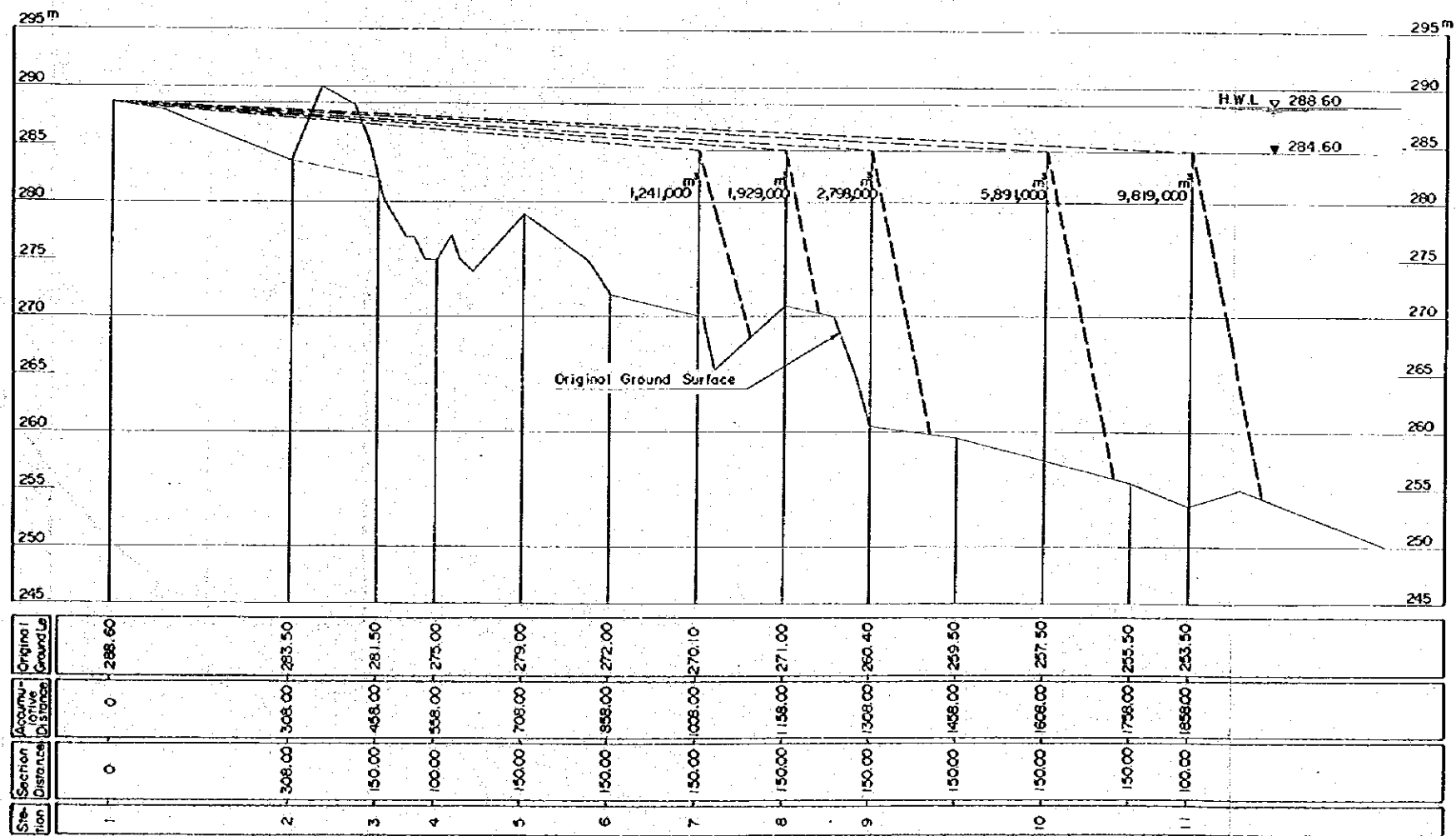
これ等の堆砂量が許容できるか否かについて入手した唯一の堆砂資料 表-7.1 および図-7.7 より検討するとEL Brik 川による堆砂の放水口への影響については、下流案の場合の単位堆砂量 6,960 m³/㎥/年 は十分安心の出来る計画堆砂量であるが、上流案の場合の単位堆砂量 1,080 m³/㎥/年は、計画堆砂量として少なすぎると判断される。

しかし、貯水池内の堆砂は流域表土の土質、河川形状、洪水頻度等の諸条件によって定める極めて複雑な自然現象であるから、既存Kasseb 貯水池内の堆砂を早急に実測することが絶対に必要である。

PLAN



PROFILE



REPUBLIC OF TUNISIA
 SOCIETE TUNISIENNE DE L'ELECTRICITE ET DU GAZ (STEG)
 KASSEB PUMPED STORAGE PROJECT
STUDY OF SEDIMENTATION (1-2)
 — Lower Kasseb Reservoir —
 Figure - 7.5 August 1978

GRAPHIQUE 7-6 ETUDE SUR L'ENVASEMENT
 -RESERVOIR DE KASSEB -

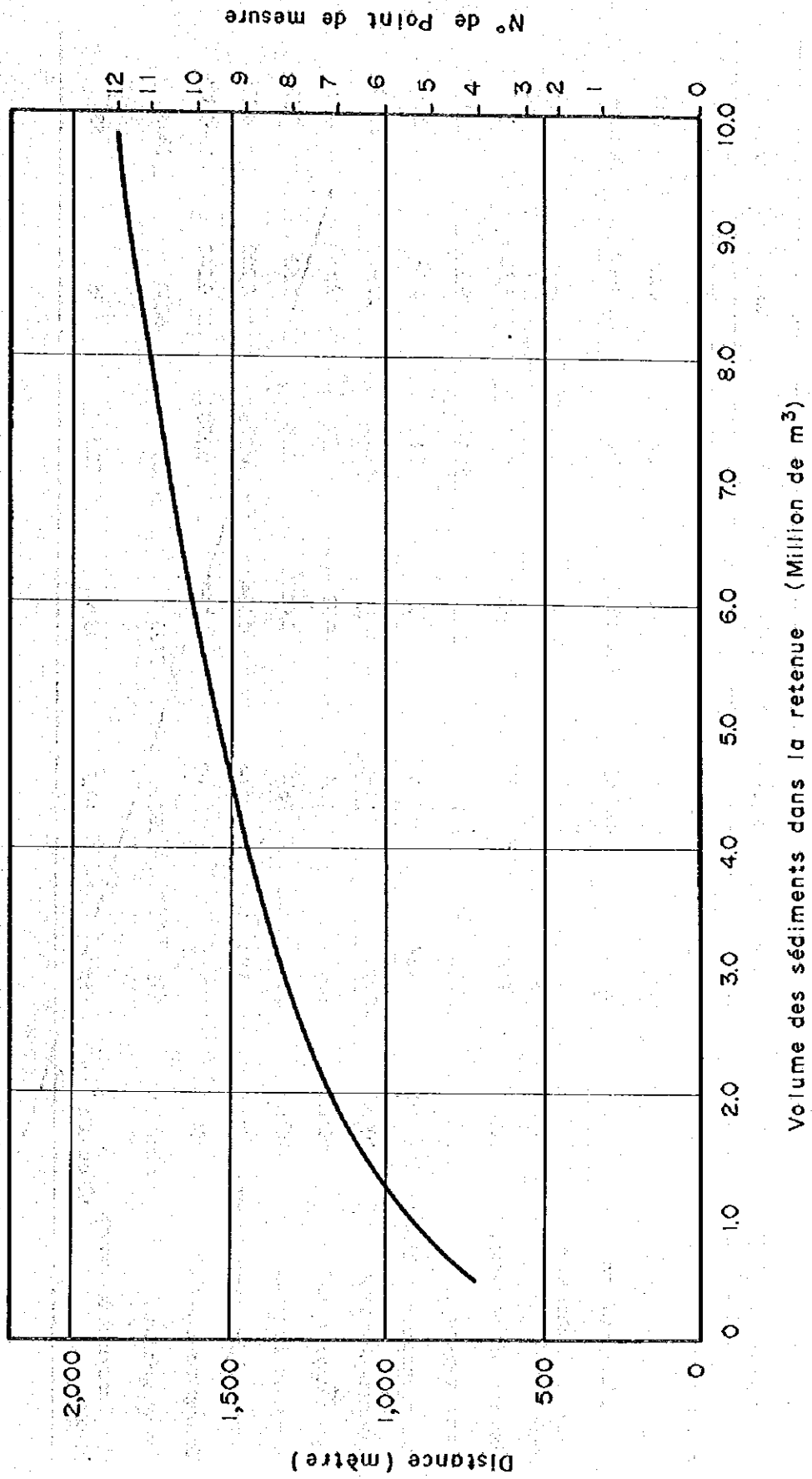
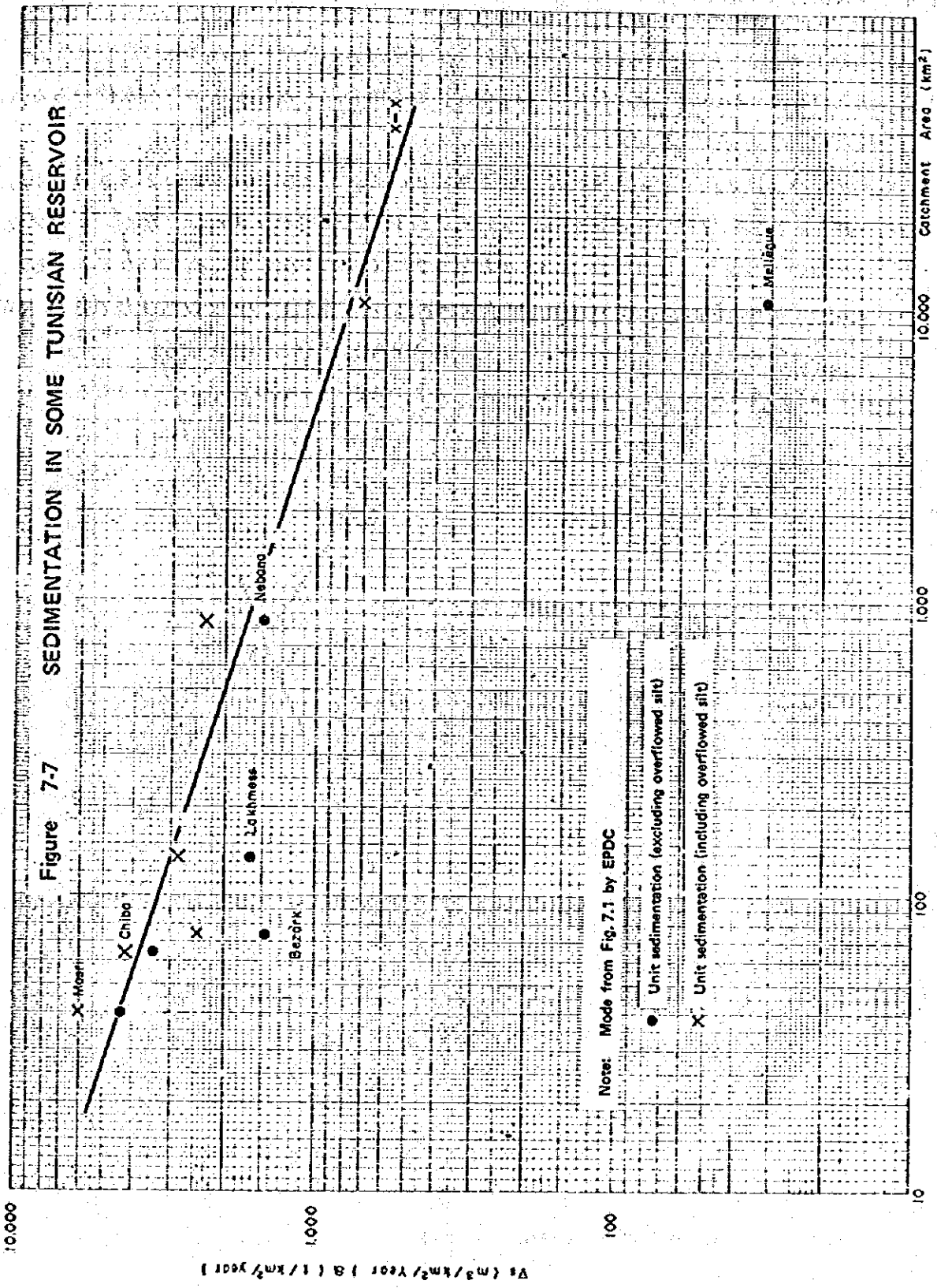


Tableau 7-1 TABLEAU RECAPITULATIF DES MESURES
D'ENVASEMENT SUR LES SIX BARRAGES

NOM DU BARRAGE	Mellègue	Nebaann	Bezirk	Chiba	Masri	Lakhmess
Surface du bassin versant	10300 km ²	855	73-84	64	40	131
Volume total de la retenue	268 10 ⁶ m ³	86,4	6,46	7,86	6,82	8,00
Date de la mise en service	Avril 54	Avril 65	Déc. 1960	1963	Fév. 1968	Avril 66
Période de fonctionnement jusqu'en Août 1975	21,33 ans	10	14,75	12	7,5	9,33
Volume de sédiments déposés	47,6 10 ⁶ m ³	12,9	1,68	2,65	1,32	2,01
Taux d'envasement	17,8 %	14,9	26,0	33,7	19,3	25,1
Rythme annuel de comblement	0,83 %	1,5	1,76	2,81	2,58	2,69
Apports liquides totaux	4010 10 ⁶ m ³	414,4	63,65	44,65	21,47	65,99
Apport moyen annuel	188 10 ⁶ m ³	41,4	4,32	3,72	2,86	4,15
Apports solides totaux	126,7 10 ⁶ m ³	16,4	2,42	2,70	1,52	2,92
Apports solides moyens annuels	5,94 10 ⁶ m ³	1,64	0,164	0,225	0,202	0,313
Tonnage moyen annuel	7,13 10 ⁶ t	1,97	0,197	0,270	0,242	0,375
Erosion spécifique	695 t/km ² /an	2300	2430	4220	6050	2865
Charge moyenne des apports liquides	38 g/lt ou kg/m ³	47,5	45,6	72,5	85	53

Source: Mesure de l'envasement dans les retenues de six barrages en Tunisie — Campagne de 1975



7.4 最大出力時の基準水位

最大出力350 MW の場合の上池の取水水位および下池の放水水位は下記のように計画する。

上池：満水位標高4300 m，低水位標高4120 m。この場合，有効貯水量の重心水位である基準取水水位の標高を4240 mとする。

下池：満水位標高は2886 mであり，低水位標高は2736 mおよび2686 mの2通りの案が考えられる。此の水位差において水道給水のための下池の運用がなされる。水車，ポンプ設計のための下池基準水位は標高2886 mと標高2736 mの中間水位標高2810 mとする。

また，後述の250 MW，300 MW検討案の場合の基準水位については，上池は350 MW案の考え方に準じて変更し，下池は上記350 MW案の場合と同様とする。

上池，下池の湛水面積と貯水容量曲線は，図-7.8および図-7.9に示す通りである。

Figure 7-8 SURFACE AREA AND STORAGE CAPACITY (UPPER RESERVOIR)

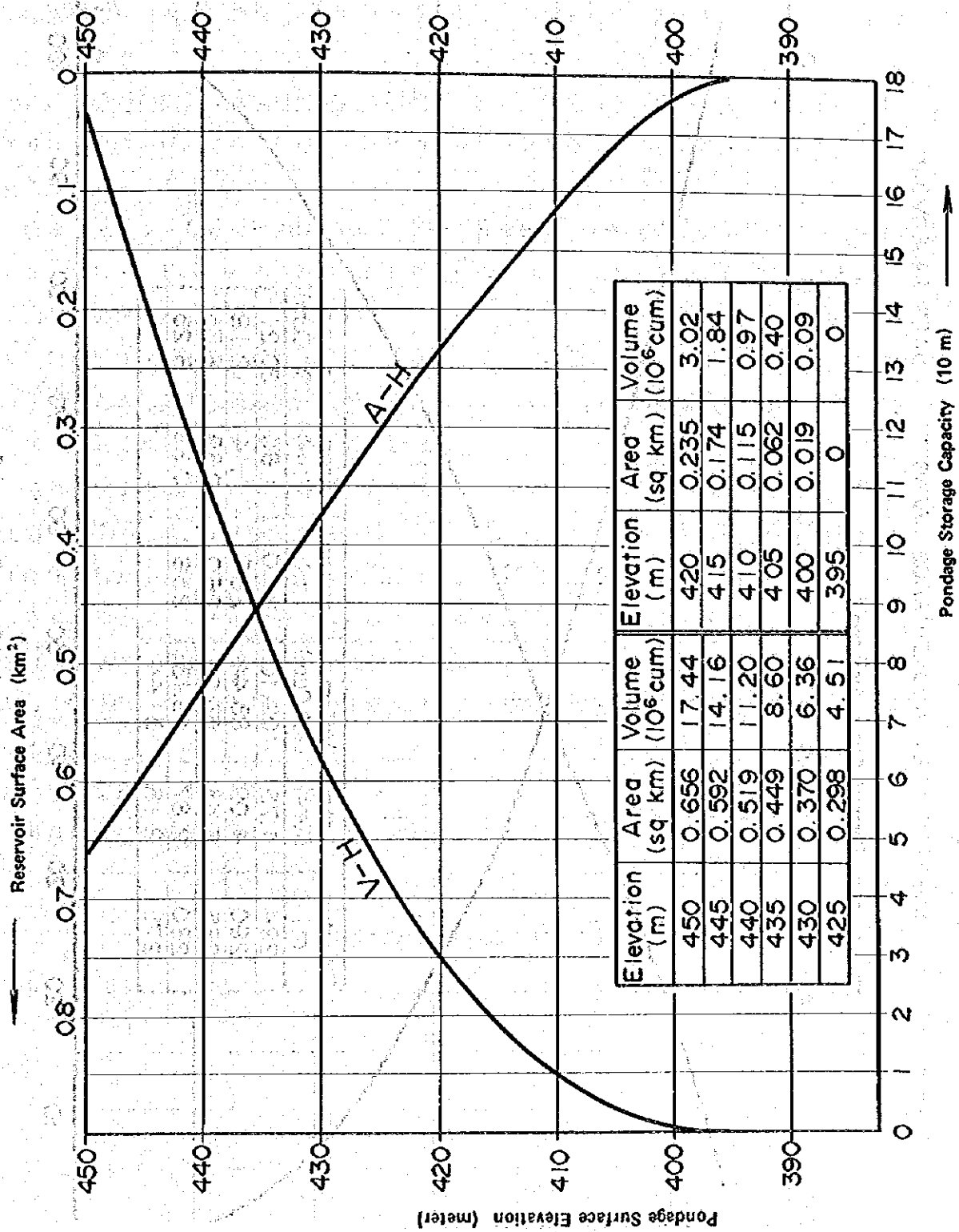
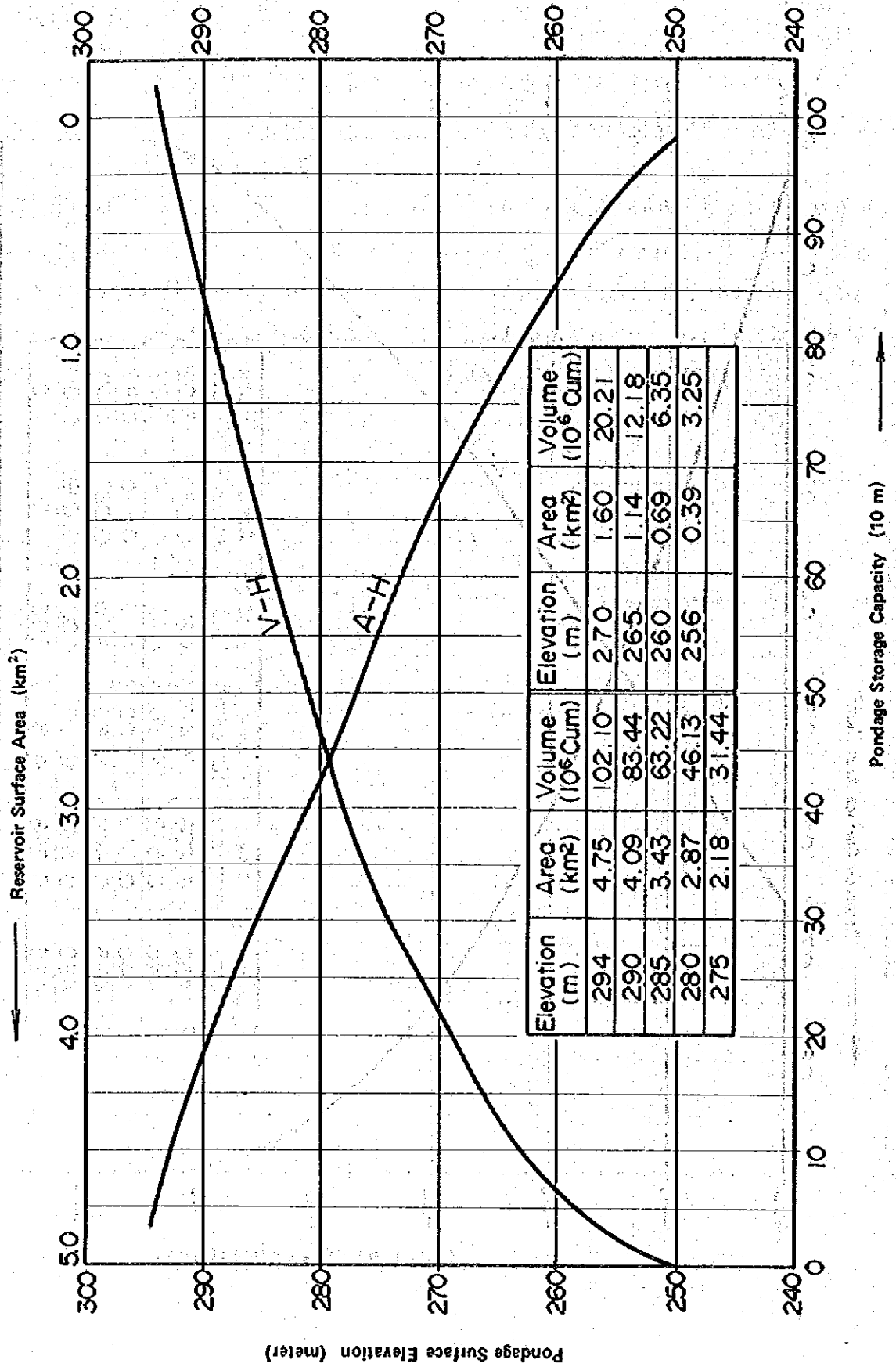


Figure 7-9 SURFACE AREA AND STORAGE CAPACITY (LOWER RESERVOIR)



7.5 比較案の検討

本揚水発電所計画は、既設Kasseb貯水池を下池として利用する関係上、上池は地理的に限定された地点となる。

故に、本計画の検討は放水口位置、下池利用水深および発電規模について、下記条件の下に比較案6件をとりあげ、それぞれについてkW当り建設単価を基として経済性を比較することによって行なうこととする。

- (1) 放水口位置；既存計画位置はKassebダム左岸上流約1.5kmであるが堆砂によって生ずる障害を考慮して、Kassebダム左岸上流約0.8kmの位置を比較案とする。前者を上流案、後者を下流案と称する。
- (2) 下池利用水深；下流案については利用水深15m案の他に参考として20m案についても検討する。ただし、上流案の利用水深20m案については、放水口の構造物の敷高が貯水池の原河床より低くなるので比較案より削除した。
- (3) 発電規模；上記(1)(2)の条件の下に発電規模を350MWとした場合の3通りの案を検討する。出力350MWは、7.1.(2)項の基礎的条件の上池最高水位430mとして、ピーク継続時間を約4時間とした場合に得られる最大出力である。

なお、此の他、堆砂の影響がない放水口下流案の利用水深15mの場合についてのみ、出力300MWと250MWの2通りの案を検討する。この300MW案と250MW案のピーク継続時間は350MWの場合と同様、約4時間とするために、満水位標高は発電規模に見合っ

てある。

上記の検討案は表-7.2に示す通りである。

なお単機容量の策定については4.2.3に記してある。

Tableau 7-2 COMPARAISON DES CARACTERISTIQUES GENERALES ET DES COUTS DIRECTS DES TRAVAUX DES CINQ VARIANTES

Description	Unité	Variante "amont"			Variante "aval"		
		15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00
Marnage de la retenue inférieure	m	15,00	15,00	15,00	15,00	15,00	20,00
Puissance totale installée	MW	350	300 (B)	350 (A)	300 (B)	250 (C)	350 (D)
Puissance unitaire x nombre de groupe	MW	75 x 2	75 x 4	75 x 2	75 x 4	50 x 2	75 x 2
	MW	100 x 2	75 x 2	100 x 2	75 x 2	75 x 2	100 x 2
Réservoir supérieur							
Retenue normale	cote	430	428,5	430	428,5	426,5	430
Volume brut	10 ⁶ m ³	6,36	5,68	6,36	5,68	5,0	6,36
Volume utile	10 ⁶ m ³	5,04	4,36	5,04	4,36	3,68	5,04
Marnage disponible	m	18	16,5	18	16,5	14,5	18
Barrage supérieur							
Type : Enrochements							
Hauteur x longueur en crête	m	50 x 400	48,5 x 390	50 x 400	48,5 x 390	46,5 x 360	50 x 400
Volume du barrage	10 ³ m ³	960	960	960	960	960	960
Réservoir inférieur							
Retenue normale	cote	288,60	288,6	288,6	288,6	288,6	288,6
Volume utile	10 ⁶ m ³	49,4	49,4	49,4	49,4	49,4	59,7
Galerie							
- Galerie d'aménée							
Longueur	m	954,5	727,5	727,5	727,5	727,5	727,5
Diamètre	m	6,7~3,9	6,7	6,7~3,9	6,7	6,7	6,7~3,9
- Galerie de fuite							
Longueur	m	490	1.861	1.861	1.861	1.861	1.861
Diamètre	m	7,5~4,5	6,7~4,2	6,7~4,2	6,7~4,2	6,7~4,2	6,7~4,2
Production de la puissance							
Niveau d'eau pondéré de la retenue amont	cote	424,0	423,0	424,0	423,0	421,7	424,0
Niveau d'eau pondéré de la retenue aval	cote	281,0	281,0	281,0	281,0	281,0	281,0
Chute utile	m	137,4	133,5	134,5	133,5	132,2	134,5
Débit turbiné équipé	m ³ /sec	304,0	268,0	310,0	268,0	226,0	310,0
Coût direct des travaux de génie civil	1000 Dinars	39.153	44.269	48.620	44.269	39.385	49.924
Coût unitaire par kW installée	DT/KW	112,0	147,6	138,9	147,6	157,5	142,6

Note: Les coûts d'aménagement de la variante "amont" comprend les coûts de dragage du réservoir inférieur.

7.6 開発計画の決定

開発計画の決定は経済性の面とその計画が将来に亘り安定した機能を果す信頼度が満足すべきものであるかどうかについても考慮されなければならない。

比較案の検討結果は“上流案利用水深15m 350 MW”の建設コスト232 TD/KW が最つとも低廉である。

此の案は敷高263 mは貯水池の原河床と略、同一地盤高であり堆砂による影響が大きいと予想され、計画として必ずしも良案とは云えない。

次善の建設コスト265 TD/KWは“下流案利用水深15m 350 MW案”である。

此の案は堆砂の心配は少ないが、放水路延長の増分と放水口施工に工事費が嵩さみ、前者に比べて $11,416.9 \times 10^3$ Dinarsの工事費増となる。

以上のように“上流案利用水深15m 350 MW案”と“下流案15m 350 MW案”は一長一短であり、最終的に何れの案を採用するかは今後のチュニジア側の堆砂についての実測調査、検討に俟つこととなる。

したがって、本報告では上記両案についての予備設計を記載する。

参考までに“下流案利用水深20m 350 MW案”のKW当り工事費は270 DT/KWとなり、同じ下流案利用水深15mに比較して $1,634 \times 10^3$ Dinarsの工事費増となる。

第 8 章 予備設計と施工計画

