



MICROFICHE N°

08750

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للمعلومات الزراعية
تونس

F

1

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION GENERALE E.T.H.
DIRECTION DE LA PLANIFICATION DES EAUX ET DES
ETUDES HYDRAULIQUES

ETUDE D'AVANT PROJET SOMMAIRE (A.P.S.)
DE BARRAGE SUR L'OUED MELLEGUE
RAPPORT DE PHASE I



Mars 1995



SIAA rue de l'Artisanat - ZI Ariana
 Aéroport BP22 - 1080 TUNIS Cedex



ISI Bureau d'Ingénieurs Conseil - 75 bd
 MacDonald - 75019 PARIS

TABLE DES MATIERES

RÉSUMÉ ET CONCLUSION	
1 CADRE DE L'INTERVENTION	1
2 METHODOLOGIE	3
2.1 SITES SUR L'OUED MELLEQUE	3
2.2 METHODE DE COMPARAISON - BARRAGE EN BCR	3
2.3 CRITERES PRE EN CONSTE	5
3 DONNEES GENERALES SUR LE BASSIN VERSANT DE L'OUED MELLEQUE	7
3.1 TOPOGRAPHIE	7
3.2 HYDROLOGIE	8
3.2.1 Barrage de Nébeur	9
3.2.2 Apports annuels	13
3.2.3 Crue de projet	14
3.2.4 Transports solides, envasement	15
3.2.5 Salinité	16
3.3 GÉOLOGIE	17
3.3.1 Cadre régional	17
3.3.2 Sismotectonique	18
3.4 INTERACTION DU FUTUR AMÉNAGEMENT ET DU BARRAGE DE NÉBEUR	20
4 ETUDE COMPARATIVE DES SITES	22
4.1 METHODE D'ÉVALUATION DES SITES	22
4.2 DRIEL EL SAADINE	24
4.2.1 Présentation générale	24
4.2.2 Notice géologique	25
4.2.3 Note de synthèse	26
4.3 HENCHER BAK FAOU	27
4.3.1 Présentation générale	27
4.3.2 Notice géologique	27
4.3.3 Note de synthèse	28
4.4 GAT DU CAROUBER	29
4.4.1 Présentation générale	29
4.4.2 Notice géologique	30
4.4.3 Note de synthèse	32
4.5 PONT SUR LA GPI7	35
4.5.1 Présentation générale	33
4.5.2 Notice géologique	34
4.5.3 Note de synthèse	36
4.6 COMPARAISON DES SITES - FICHES SYNTHÉTIQUES	38
5 CONCLUSION ET PROPOSITION DE CHOIX	39
5.1 PROPOSITION DE CHOIX	39
5.2 CONTENU DES ETUDES D'AVANT-PROJET SOMMAIRE	41
5.3 AUTRES DIRECTIONS DE RECHERCHE	42

RESUME ET CONCLUSION

La Direction Générale E.T.H. du Ministère de l'Agriculture a confié au groupement SIAA - ISL l'étude, au niveau Avant-Projet Sommaire, de la création d'un réservoir sur l'Oued Mellegue en prévision du remplacement progressif du réservoir de Nébeur.

Le présent rapport fait la synthèse des études de recherche de site menées en phase préliminaire à cet Avant-Projet Sommaire.

Six sites ont été identifiés sur carte et visités. Deux sites, Hammam Mellegue et Djebel Arar, ont été éliminés après les visites de terrain. Le site de Hammam Mellegue présente une géologie réductrice et une topographie défavorable, le site de Djebel Arar est éliminé du fait de sa trop grande proximité du pied du barrage de Nébeur qui limite de façon inacceptable la capacité disponible.

Les quatre sites restant ont fait l'objet d'une analyse préliminaire et d'une comparaison sur la base de la topographie, de la géologie, de l'hydrologie et d'une première estimation du coût des ouvrages.

A ce stade, le site de Henchir Bou Farou nous paraît également devoir être écarté, du fait de conditions géologiques difficiles et d'une capacité très limitée.

Trois sites restent après cette première sélection, soit de l'amont vers l'aval :

- le site de **Djebel Es Saadine**, à l'amont de la confluence avec les oueds Khol et Melah, dans la partie amont de la zone d'étude,
- le site du **Gué du Caroubier** à l'extrémité amont de la retenue du Nébeur,
- le site du **Pont de la GP17** au débouché de la vallée du Mellegue sur la plaine de la Medjerda.

Le site de Djebel Es Saadine apparaît faisable mais sa retenue est de capacité très limitée et d'un volume très inférieur à ce qui est recherché pour remplacer le réservoir de Nébeur. Corrélativement sa durée de vie serait limitée à une vingtaine d'années.

Seuls les deux sites du Gué du Caroubier à l'amont du barrage de Nébeur et du Pont sur la GP17 à l'aval répondent ou s'approchent des capacités recherchées.

Au terme de cette analyse de comparaison, il apparaît que le site du Gué du Caroubier est le plus intéressant :

- il permet de créer un réservoir d'une capacité totale de près de 400 hm³ avec un barrage de 50 mètres au dessus du terrain. Cette capacité pourrait être décomposée en une tranche morte de 100 hm³, une capacité utile de 100 %.

130 hm³ et une tranche de laminage de 130 à 200 hm³, le dimensionnement de ces différentes capacités devant être affiné à l'Avant-Projet Sommaire,

- il s'agit d'un site complexe mais la faisabilité d'un barrage d'une cinquantaine de mètres de hauteur est jugée acquise. Des reconnaissances géologiques et géotechniques complémentaires sont toutefois nécessaires pour confirmer cette faisabilité et préciser les données naturelles du projet.
- la possibilité de concevoir un barrage poids rigide sur ce site permet une intégration aisée d'un évacuateur de crue de forte capacité destiné à protéger le barrage pour la crue de projet de période de retour mille ans. La technique du BCR permettra la réalisation d'un ouvrage à la fois sûr et économique.
- pour une cote de retenue normale à 295 NGT et une cote des Plus Hautes Eaux de 304 NGT, le cu¹ au m³ stocké sur ce site apparaît très intéressant : de l'ordre de 0,760 DDM³ pour une capacité utile de 130 hm³, hors tranche morte de 100 hm³ et tranche de laminage de 160 hm³.
- compte tenu de la très grande superficie de la retenue à la cote 304 NGT (1 800 ha), l'optimisation de la cote des Plus Hautes Eaux pourra permettre le cas échéant une majoration significative de la capacité totale de la retenue : à 5 m de surélévation de la cote des Plus Hautes Eaux correspondraient plus de 100 hm³ de capacité supplémentaire.
- la salinité de la retenue devrait être plus faible que celle du Nébeur. La reconnaissance des affleurements de trias en fond de cuvette en rive droite permettra d'optimiser la cote de retenue normale et de définir d'éventuelles mesures de protection.
- l'occupation des sols de la cuvette est limitée à des superficies modérées de culture céréalière et il y a peu d'habitations. Le pont en cours de construction devra être modifié.

Le site du Pont de la (GP) 1 reste une alternative possible au Gué du Caroubier. Toutefois,

- la capacité totale de la retenue est limitée à 140 hm³, ce qui est nettement inférieur au site du Gué du Caroubier,
- la durée de vie de l'aménagement ne dépassera pas 45 ans dans l'hypothèse plutôt optimiste d'une protection par le barrage de Nébeur pendant 10 ans et une efficacité de 50% des mesures de dévasement,
- le coût des aménagements sur les deux sites sont comparables et voisins de 100 hm³, montrant clairement que le site du Gué du Caroubier est préférable au plan économique, la capacité de la retenue étant beaucoup plus grande,

- la salinité de la retenue sera relativement élevée du fait de la pollution par la retenue de Nébeur, elle est estimée à 2,25 g/l, à comparer avec la salinité de 1,75 g/l au Gué du Caroubier,
- l'occupation de la rive (cultures, nombreuses fermes, voies de communication et notamment pont de la GP17) tend à accroître fortement l'impact d'un ouvrage sur ce site.

En conclusion, au terme de cette comparaison des sites et particulièrement des sites du Gué du Caroubier et du Pont de la GP17, nous recommandons de poursuivre les études d'Avant-Projet Sommaire sur le site du Gué du Caroubier qui est clairement le plus intéressant.

1 CADRE DE L'INTERVENTION

Le bassin versant de l'Oued Mellègue a été équipé en 1954 d'un grand barrage, le Nébeur, créant un réservoir de 210 hm³ de capacité hors tranche de laminage. L'ouvrage est constitué par un barrage à voûtes multiples dans la vallée principale et deux voûtes simples fermant deux cols sur les rives. Il est équipé d'une usine hydroélectrique de 2 x 8,5 MW, gérée par la STEG.

L'envasement de la retenue a fait perdre au réservoir les deux tiers de sa capacité initiale en quarante ans. Sa capacité actuelle est réduite à 70 hm³.

La Direction Générale E.T.H. du Ministère de l'Agriculture a confié au groupement SIAA - ISL l'étude, au niveau Avant-Projet Sommaire, de la création d'un réservoir sur l'Oued Mellègue en prévision du remplacement progressif du réservoir de Nébeur.

Ce rapport s'inscrit en phase préliminaire à l'Avant-Projet Sommaire. Il répond à la demande d'une recherche exhaustive de sites possibles sur l'Oued Mellègue, tant à l'amont qu'à l'aval de l'ouvrage existant.

Il est en effet apparu que d'autres sites que la zone du Gué du Caroubier (emplacement initialement pressenti) pourraient convenir.

Les objectifs de cette phase préliminaire sont les suivants :

- inventaire de l'ensemble des sites favorables à l'implantation d'un barrage, sur la base de la topographie et de la géologie de surface,
- étude de la faisabilité d'un réservoir sur chacun de ces sites,
- comparaison économique préliminaire des solutions envisageables,
- proposition de choix d'un site pour les études d'Avant-Projet Sommaire.

Afin de mener à bien l'ensemble de ces objectifs, il a été procédé à :

- la recherche de sites en fonction de la topographie et de la géologie de surface telles que fournies par les cartes 1/50 000 des zones concernées. Six sites ont été retenus à ce stade de l'étude,
- la visite de l'ensemble des sites par une équipe rassemblant des compétences de barragiste, d'hydraulicien et de géologue,
- étude hydrologique préliminaire de chacun des sites,
- comparaison technico-économique des sites favorables.

Les visites ont été effectuées par M. LINO d'ISL, chef de projet, M. D. ABBAS de SIAA, adjoint au chef de projet, et M. HELLALI de SIAA, géologue du projet.

1 CADRE DE L'INTERVENTION

Le bassin versant de l'Oued Mellègue a été équipé en 1954 d'un grand barrage, le Nébeur, créant un réservoir de 210 hm³ de capacité hors tranche de laminage. L'ouvrage est constitué par un barrage à voûtes multiples dans la vallée principale et deux voûtes simples fermant deux cols sur les rives. Il est équipé d'une usine hydroélectrique de 2 x 8,5 MW, gérée par la STEG.

L'envasement de la retenue a fait perdre au réservoir les deux tiers de sa capacité initiale en quarante ans. Sa capacité actuelle est réduite à 70 hm³.

La Direction Générale E.T.H. du Ministère de l'Agriculture a confié au groupement SIAA - ISL l'étude, au niveau Avant-Projet Sommaire, de la création d'un réservoir sur l'Oued Mellègue en prévision du remplacement progressif du réservoir de Nébeur.

Ce rapport s'inscrit en phase préliminaire à l'Avant-Projet Sommaire. Il répond à la demande d'une recherche exhaustive de sites possibles sur l'Oued Mellègue, tant à l'amont qu'à l'aval de l'ouvrage existant.

Il est en effet apparu que d'autres sites que la zone du Gué du Caroubier (emplacement initialement pressenti) pourraient convenir.

Les objectifs de cette phase préliminaire sont les suivants :

- inventaire de l'ensemble des sites favorables à l'implantation d'un barrage, sur la base de la topographie et de la géologie de surface,
- étude de la faisabilité d'un réservoir sur chacun de ces sites,
- comparaison économique préliminaire des solutions envisageables,
- proposition de choix d'un site pour les études d'Avant-Projet Sommaire.

Afin de mener à bien l'ensemble de ces objectifs, il a été procédé à :

- la recherche de sites en fonction de la topographie et de la géologie de surface telles que fournies par les cartes 1/50 000 des zones concernées. Six sites ont été retenus à ce stade de l'étude,
- la visite de l'ensemble des sites par une équipe rassemblant des compétences de barragiste, d'hydraulicien et de géologue,
- étude hydrologique préliminaire de chacun des sites,
- comparaison technico-économique des sites favorables.

Les visites ont été effectuées par M. LINO d'ISL, chef de projet, M. D. ABBAS de SIAA, adjoint au chef de projet, et M. HELLALI de SIAA, géologue du projet.

Seul un des sites n'a pu être visité par cette équipe. Ce dernier site ("Djebel Es Saadine") a été vu par MM D. ABBAS, I. DEROO et N. SASSI (géologue) de SIAA.

Le présent rapport expose l'ensemble des résultats de cette étude.

Il présente une synthèse des données topographiques, hydrologiques et géologiques d'ensemble du bassin du Mellègue. Ensuite, chacun des sites favorables fait l'objet d'une fiche rassemblant les données hydrologiques, une notice géologique et les caractéristiques d'ensemble de l'ouvrage qui pourrait y être construit.

Un projet type pouvant, en première analyse, convenir sur l'ensemble des sites a été retenu pour la comparaison des sites entre eux : le barrage poids déversant en BCR (béton compacté au rouleau). Ce type de barrage est en effet bien adapté aux conditions topographiques, géologiques et hydrologiques de l'oued Mellègue.

Enfin, une proposition de choix pour la suite des études d'Avant-projet sommaire est présentée en conclusion de cette étude.

2. METHODOLOGIE

2.1 Sites sur l'oued Mellègue

Six sites ont été identifiés sur cartes et visites lors de cette première phase d'étude.

Depuis l'amont vers l'aval, ces sites sont :

- site n°1 : Dyebel Es Ssadiue
- site n°2 : Honchir Bessarou
- site n°3 : Hammam Mellègue
- site n°4 : Gué du Caroubier
- site n°5 : Dyebel Arar
- site n°6 : Pora de la GP17

Deux sites ont été éliminés à ce stade. Il s'agit du site n° 5 (Dyebel Arar), pénalisé par la proximité du barrage de Nèbeur (hauteur maximale envisageable : 15 m), et du site n° 3 (Hammam Mellègue), qui présente une géologie très défavorable (faible crétacé / trias).

2.2 Méthode de comparaison : barrage en BCR

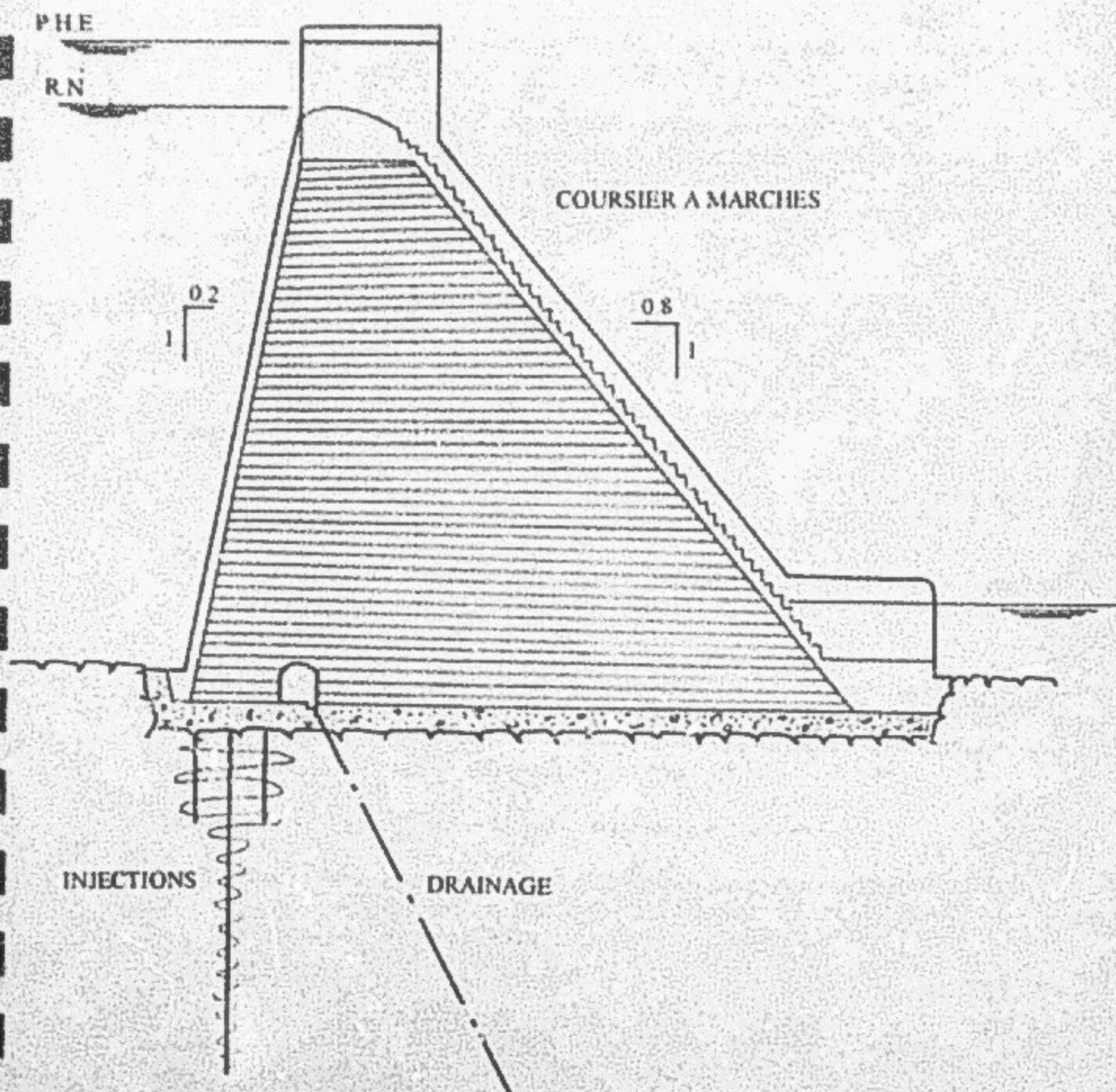
Les différents sites de barrages étudiés sur l'oued Mellègue, entre la frontière algérienne et la confluence avec la Medjerda, présentent des caractéristiques comparables.

Afin de comparer entre eux les quatre sites retenus après les visites de terrain, nous avons retenu un barrage type pouvant s'adapter aux différents sites étudiés : le barrage poids en Béton Compacté au Rouleau (BCR). Il est à noter que ceci ne préjuge pas du choix final qui sera effectué lors de l'Avant-Projet Sommaire.

Le BCR est un matériau récent, actuellement très utilisé pour la construction de barrages poids. Il est composé de granulats, d'eau et de liants hydrauliques, mis en place comme un remblai et compacté au rouleau. Les dosages en liants hydrauliques sont généralement plus faibles que pour le béton conventionnel et permettent de limiter les sujétions liées à l'exothermie du béton. On dispose ainsi d'un matériau économique, facile à mettre en oeuvre (remblai) et dont les caractéristiques mécaniques sont proches de celle d'un béton conventionnel. Un autre avantage des barrages en BCR est la rapidité de construction qui permet également des économies significatives.

La mise en oeuvre d'un barrage poids en BCR nous paraît bien adaptée aux conditions géologiques et hydrologiques des sites sur l'oued Mellègue.

COUPE TYPE BARRAGE EN BCR



Du point de vue géologique, ces sites présentent les caractéristiques communes suivantes :

- ils sont définis par le franchissement de l'oued au travers d'une barre rocheuse calcaire ou calcaire marneux, plus ou moins puissante, qui définit un étiage relatif de la vallée,
- la fondation peut être considérée comme rocheuse, de qualité géotechnique plutôt médiocre (calcaire marneux fortement diaclasé s'ennoyant dans des formations marneuses),
- la couche d'alluvions semble réduite (inexistante au site le plus amont de Djebel Es Saadine), ce qui permet de fonder l'ouvrage au rocher sans profondeur de fouille excessive,
- les alluvions du Mellegue peuvent fournir les matériaux granulaires nécessaires à la confection du BCR.

Du point de vue hydrologique, l'oued Mellegue est caractérisé par la possibilité d'occurrence de crues très violentes : le barrage de Nébeut a connu deux fois depuis sa construction en 1954 des débits compris entre 4 400 et 5000 m³/s. Les formules d'estimation régionales des débits de pointe conduisent à des valeurs (estimations très approximatives) de la crue décennallénale dépassant les 20 000 m³/s.

Ces conditions hydrologiques pénalisent très fortement les barrages en terre pour lesquels l'évacuateur de crue, dimensionné pour la crue décennallénale, est alors un ouvrage de très grande dimension, difficile à intégrer dans le site.

Un barrage rigide en béton ou en BCR est beaucoup mieux adapté à ces conditions hydrologiques :

- ce type d'ouvrage peut supporter le déversement et il est classique de retenir la crue de période de retour 1 000 ans pour la crue de projet,
- l'implantation de l'évacuateur de crue sur le barrage est beaucoup plus aisée : on peut en particulier rendre le barrage déversant et concevoir des pertuis vannés de forte capacité.

Un nombre important de barrages poids en BCR déversant ont été construits dans les dix dernières années : le coursier de l'évacuateur est implanté sur le parement aval du barrage et équipé de marches correspondant à 2 ou 3 levées de BCR (0,60 à 0,90 m) assurant une dissipation efficace de l'énergie jusqu'à des débits spécifiques de 10 à 15 m³/s/m.

Les hypothèses suivantes ont été retenues pour la comparaison des sites :

- *retenue normale maximale* : elle est définie par les limites topographiques du site, compte tenu d'une revanche d'un mètre sur le niveau des Plus Hautes Eaux correspondant à la crue millénale,

- *profil du barrage* : on propose de retenir un profil poids avec un fruit amont de 0,2H/1V et un fruit aval de 0,8H/1V et une largeur en crête de 6 m. Ce profil convient bien aux formations de qualité moyenne et aux fortes conditions sismiques des sites.
- *fondation* : on a admis une profondeur de fouille de 10 m. La fondation est traitée par un voile d'injection sur une profondeur prise égale à la hauteur du barrage.
- *évacuateur de crue* : l'évacuateur de crue est dimensionné pour la crue de période de retour 1000 ans. Il est constitué d'un déversoir libre, sur le barrage, fonctionnant sous une charge maximale de 3,5 m (ce qui correspond à la limite d'utilisation du coursier à marches). La largeur de ce déversoir libre est égale à la largeur du lit majeur de la rivière au droit du verrou. Cet évacuateur, insuffisant pour évacuer la crue de projet, est complété par un déversoir vanné implanté en rive.

2.3 Critères pris en compte

De nombreux éléments entrent en considération lors du choix du site. Ces éléments peuvent être regroupés sous quatre thèmes :

- éléments relatifs à la faisabilité technique du projet
- intérêt du site en relation avec le barrage existant de Nébeur
- évaluation économique
- impact du projet sur l'environnement naturel et socio-économique

Etude de la faisabilité technique :

Géologie

structure et qualité des appuis du barrage
épaisseur du lit d'alluvions
étanchéité de la cuvette
matériaux disponibles

Sismicité

niveau de l'aléa sismique

Topographie

capacité utile de la retenue
loi hauteur - surface
loi hauteur - volume
rendement topographique
largeur de la vallée (détermine les caisses d'évacuation)

Hydrologie :

- crue de projet
- apports annuels
- sécurité de l'eau de la retenue
- envasement de la retenue

Interaction avec le barrage de Nébeur :

- incidence sur la poursuite de l'envasement du Nébeur,
- incidence sur la sécurité du Nébeur vis à vis des crues.

Économique :

- coût de l'aménagement,
- durée de vie de l'aménagement,
- coût du mètre cube d'eau stockée.

Impact du projet :

- occupation de la cuvette
- impacts écologiques et socio-économiques

Les aspects hydroélectricité ne sont pas pris en compte dans la comparaison. En effet, ils n'interviennent pas dans le choix du site, la production hydroélectrique étant considérée comme un sous-produit de la mobilisation de la ressource en eau.

La géologie régionale est présentée au chapitre 3.3.1. Pour chacun des sites, une notice géologique, résultat de la visite des sites et de l'analyse des cartes géologiques, est fournie.

La sismicité est étudiée à partir des données sur les séismes historiques et les résultats de campagnes de reconnaissances récentes. Elle fait l'objet du chapitre 3.3.2.

La topographie a été prise en compte à l'aide des cartes topographiques au 1/50 000. Sur le site du Gué du Caroubier, un plan topographique au 1/5 000 a été établi en 1994 par l'Administration en 1994. Les données topographiques (plan de la cuvette, coupe dans l'axe d'implantation, courbes hauteur - surface et hauteur - volume) sont présentées au sein du cahier de plans.

L'hydrologie fait l'objet de l'ensemble du chapitre 3.2. Les différents aspects sont traités sur la base de l'ensemble des données disponibles et d'études antérieures. Une carte du bassin versant rappelant les principaux résultats est présentée dans le cahier de plans.

L'évaluation économique des ouvrages a été réalisée au moyen d'EVA, logiciel d'évaluation expérientielle des barrages développé par ISL. Les résultats sont présentés sous formes de courbes (hauteur - coût de l'aménagement, hauteur - coût du m³ d'eau stockée) et sous forme de textes décrivant les principales caractéristiques des aménagements.

L'étude des impacts ne fait pas à proprement parler partie de cette étude. Aussi, nous nous limiterons à mentionner les conséquences les plus notables de la mise en eau de la retenue sur l'occupation de la cuvette et sur les voies de communication.

3. DONNEES GENERALES SUR LE BASSIN VERSANT DE L'OUED MELLEGUE

3.1 Topographie

Documents de référence

- Cartes au 1/50 000 du bassin de l'Oued Mellègue
- Photographies aériennes de 1989 du bassin.

Depuis la frontière algérienne vers la confluence avec la Medjerda, l'oued Mellègue traverse d'abord une plaine délimitée vers le nord-est par le Djebel Es Saadine. Dans cette première partie du cours d'eau, il n'y a pas de site de barrage possible.

La rivière s'écoule alors vers le nord-est en creusant sa vallée dans le massif montagneux des djebels Ouzargia en rive gauche et Dyr el Kef en rive droite, en empruntant le sillon correspondant à l'accident tectonique du Mellègue.

Jusqu'au barrage de Néheur, la vallée de l'oued est alors sinueuse et présente des méandres marqués. La pente générale de la rivière varie de 2 à 5 ‰. La vallée est large, sauf au niveau d'affleurements marno-calcaires qui imposent les rétrécissements correspondant aux sites potentiels. Des terrasses alluviales bordent le lit de l'oued.

A l'aval du barrage de Néheur, la vallée conserve un faciès sinueux, de pente relativement régulière. Au delà du Djebel Arar, la vallée s'élargit progressivement vers l'aval jusqu'à la dernière ligne de crête avant la plaine de la Medjerda.

Les sites potentiels repérés sur les cartes au 1/50 000 sont (depuis l'amont vers l'aval)

- site n°1 : Djebel Es Saadine
- site n°2 : Henchir Bou Farou
- site n°3 : Hammam Mellègue
- site n°4 : Gué du Caroubier
- site n°5 : Djebel Arar
- site n°6 : Pont de la GP17

Deux sites ont été éliminés à la suite de ces visites. Il s'agit du site n° 5 (Djebel Arar), pénalisé par la proximité du barrage de Néheur (hauteur maximale envisageable : 15 m) et du site n° 3 (Hammam Mellègue), qui présente une géologie très défavorable (faille crétacé / trias à proximité immédiate du site)

Deux sites seulement permettent la réalisation d'un barrage susceptible de créer un réservoir supérieur à 100 hm³. Il s'agit des sites n°4 (Jeu du Caroubier) et n°6 (Pont sur la GP17)

Les deux autres sites (Djebel Es Saadine et Henchir Bou Farou) permettent de créer des retenues de capacité moyenne. Ces sites ne permettent pas seuls de créer la capacité recherchée mais ils peuvent garder un intérêt associés à d'autres barrages sur le bassin amont du Mellègue.

3.2 Hydrologie

Documents de référence :

- [1] Annales hydrologiques, couvrant la période 1974 - 1989
- [2] Monographie de la Medjerda (Ministère de l'Agriculture, 1974)
- [3] Tableaux synthétiques de gestion du réservoir du barrage de Nébeur, de 1954 à 1994
- [4] Estimation Sommaire des apports d'eau à l'entrée du réservoir de Sidi Salem compte tenu des lâchures du Mellègue (Direction Générale EGTH, Février 1989, A. ABID)
- [5] Estimation de la sécurité du barrage sur l'Oued Mellègue vis à vis des crues (Direction EGTH, COB, Novembre 1976)
- [6] Formules Régionales d'Estimation des Débits Maxima de Projet en Tunisie (Direction Générale des Ressources en Eau, 1994, HL FRIGUI)
- [7] Barrage de Sidi Salem problèmes d'instabilité des rives en relation avec la présence de gypse dans la cuvette (M. Mouelhi et al., 14^{ème} congrès des grands barrages, 1982)
- [8] Les origines de l'apport en sels au droit de la retenue de Sidi Salem (Direction Générale EGTH, rapport d'expertise, mars 1988)
- [9] Recherches hydrogéologiques relatives à la charge en sel du tronçon moyen de Oued Mellègue (Expertise pour le projet de la GTZ "Protection et Exploitation du Barrage de Sidi Salem, janvier 1987)
- [10] Envasement des retenues des barrages tunisiens (Direction Générale EGTH, juillet 1992,)
- [11] Contrôle de l'alluvionnement des retenues. Quelques exemples types (CEGB, 14^{ème} congrès des grands barrages, 1982)

Les données hydrologiques disponibles consistent principalement en

- station K13, sur l'Oued Mellègue : 54 années d'observations (1923 / 1925, 1935 / 1970 et 1974 / 1989),
- station K22, sur l'Oued Mellègue : 6 années d'observations (1945 / 1952, interruption en 1947 / 48),
- station sur l'Oued R'hael : 12 années d'observations (1977 / 1989),
- station sur l'Oued Sarrath : 12 années d'observations (1977 / 1989)
- tableaux de gestion du barrage de Nébeur (1954 / 1994)

Un plan du bassin versant de l'Oued Mellègue est présenté (106-1). L'ensemble des données relatives à l'hydrologie de ce bassin appliquée à l'étude des sites possibles est représentée :

- réseau hydrographique,
- découpage en bassins versants,
- localisation des sites
- stations pluviométriques et hydrologiques,
- données hydrologiques

Les quatre sites retenus contrôlent des superficies de bassin versant comprises entre 8 700 km² pour le site amont à 10 600 km² pour le site le plus aval

On étudie dans un premier temps les caractéristiques hydrologiques (apports, crues, l'envasement et salinité) du barrage de Nébeur, pour lequel les données d'exploitation sur quarante années fournissent une excellente documentation de base. Ces résultats sont ensuite étendus, en utilisant les différentes études générales disponibles, aux quatre sites étudiés.

3.2.1 Barrage de Nébeur

Le barrage de Nébeur présente les caractéristiques suivantes

- | | |
|--|---|
| • Bassin versant | 10 300 km ² , |
| • Cote de retenue normale | 260 NGT |
| • Capacité initiale de la cuvette | 210 hm ³ (hors tranche de laminage), |
| • Capacité actuelle de la cuvette | 70 hm ³ , |
| • Apports moyens annuels (1954 - 1994) | 175 hm ³ |

Caractéristiques géométriques	visite multiple
	longueur 250 m
	hauteur 65 m
	deux vannes annexes
• Evacuation des crues	évacuateur vanné 3 * 1750 m ³ /s
	vidanges de fond 2 * 300 m ³ /s
	dévasement 2 * 13 m ³ /s
• Tranche d'amortissement des crues	184 hm ³ (de 255,2 NGT à 269 NGT)

Plusieurs études ont été publiées à cet propos. Elles concernent l'évaluation de la sécurité de l'évacuateur de crue, le suivi de l'envasement du réservoir et la salinité des eaux de la retenue.

Ces études sont du plus grand intérêt dans le cadre d'un projet d'un second ouvrage sur le Mellegue. Une synthèse des résultats obtenus est donnée ci-après.

Apports annuels

Les tableaux de gestion du barrage de Nébeur permettent d'évaluer les apports annuels et les apports mensuels maximaux.

Ces tableaux couvrent la période 1954 / 1994. Les résultats sont les suivants

	Apports annuels (hm ³)	Apports mensuels (hm ³)
Moyenne	175	
Ecart-type	135	
Coefficient de variation	0,77	
Maximum observé	798	454
Minimum observé	37	0

Il est à noter que le coefficient de variation des apports mensuels (0,9 à 2,5 selon les mois) caractérise la forte irrégularité du régime de l'oued Mellegue.

Un ajustement statistique des apports annuels à la loi lognormale (loi qui donne le meilleur ajustement dans ce cas) donne les valeurs suivantes au barrage de Nébeur :

	année décennale sèche	année quinquennale sèche	année normale	année quinquennale humide	année décennale humide
apports (hm ³)	65	86	145	240	320

Un graphe en annexe 1 présente l'ajustement à la loi lognormale. Il apparaît que les fortes apports enregistrées en 1969 et 1988, correspondant à deux années de crues exceptionnelles, sont mal ajustés par cette loi.

Crues

L'étude de Coyne et Beiliet de Novembre 1976 [5] indique les valeurs suivantes

	Période de retour	
	10 ans	10 000 ans
Débit de pointe au Nébeur m^3/s	2 100	12 000
Volume (hm^3)		1 400

Cette étude est principalement basée sur des comparaisons avec les crues observées pour les bassins de la Medjerda et du Zéroud.

Envasement

Il a été possible de déterminer la vitesse d'envasement du réservoir de Nébeur en additionnant le volume de la tranche morte du barrage et les quantités dévasées.

Une campagne récente (1992) a permis de mesurer de manière fiable l'envasement de la retenue [10]. D'autre part, les dévasements sont consignés depuis le début de l'exploitation de l'ouvrage. L'estimation des quantités annuelles dévasées est présentée dans [10] et [11].

Le rapport de la Direction EGTI indique les valeurs suivantes :

- vitesse d'envasement : 3,29 hm^3/an
- taux d'envasement : 320 $m^3/km^2/an$ (vitesse d'envasement rapportée à la superficie du bassin versant).

Le dévasement est évalué à 3,71 hm^3/an ([10]), ou à 3,7MT/an ([11]), ce qui, compte-tenu d'une densité proche de 1 des boues soulevées, conduit à peu près au même résultat.

Les apports solides au barrage de Nébeur sont alors évalués en sommant vitesse d'envasement et dévasement. Le résultat est rapporté au km^2 de bassin versant : sans dévasement, les apports solides au niveau du barrage de Nébeur sont estimés à 670-680 $m^3/km^2/an$. Le taux d'envasement est estimé à 50% environ.

Salinité

La salinité des eaux du réservoir du barrage de Nébeur résulte de la somme de deux phénomènes :

- l'apport en sels en queue de retenue,
- l'érosion des berges, en partie constituées de trias

L'article présenté au Congrès International des Grands Barrage de 1982 [7] résume les valeurs mesurées sur le site et conclue sur la contribution des deux phénomènes :

Salinité moyenne de la retenue	2,10 g/l
Salinité des apports	1,35 g/l
Sursalure due à l'évaporation	0,15 g/l
Sursalure due à la dissolution des rives	0,60 g/l

La sursalure due à la dissolution des rives de trias semble, dans le cas du Nébeur, pouvoir être correctement estimée au moyen de la formule :

$$T = 0,65 (3,75-s)L \quad \text{d'après [7]}$$

où T représente la quantité de sel dissoute (en milliers de tonnes par mois),
s représente la moyenne du résidu sec en g/l de l'eau de la retenue ,
L représente la longueur en km du trias baigné par la retenue.

Cette formule sera utilisée par la suite pour une estimation préliminaire de la salinité des eaux des différentes retenues étudiées.

La sursalure due à l'évaporation est également estimée, la méthode de calcul utilisée est présentée en annexe 5.

3.2.2 Apports annuels

Les apports annuels sont essentiellement influencés par les paramètres suivants :

- la superficie du bassin versant,
- les caractéristiques climatologiques,
- la topographie du bassin versant (orientation, pentes),
- lithologie du bassin versant (perméabilité des formations)

Les apports annuels sont connus aux deux stations K13, sur la période 1923-1989, à la sortie du Djebel Es Saadine (9 000 km²) et Nébeur (10 300 km²), sur la période 1955-1994. Une corrélation satisfaisante est obtenue entre les deux stations au moyen de la relation :

$$A_{K13} = \left(\frac{S_{K13}}{S_{Nébeur}} \right)^{0.57} A_{Nébeur} \quad (\text{voir annexe 3})$$

Compte tenu de la position géographique de ces deux points de mesure le long du lit de l'oued, il est justifié d'utiliser cette formule pour déterminer les apports annuels moyens aux sites étudiés. Elle donne les estimations suivantes :

	Bassin versant km ²	Apports annuels hm ³	Lame d'eau écoulée mm/km ² /an
Es Saadine	8 700	159	18,2
station K13	9 000	162	18,0
Henchir Bou Farou	9 300	165	17,7
Oué du Caroubier	10 100	173	17,1
Nébeur	10 300	175	17,0
Pont GP17	10 600	178	16,8

Les données relatives aux oueds R'Mel et Sarrath ne sont pas utilisées ici. Elles portent d'une part sur une période beaucoup plus courte (1977 - 1988) et les bassins versants de ces affluents donnent une image parcellaire du régime de l'oued Mellègue.

Les éléments relatifs à ces deux oueds sont néanmoins présentés en annexe 4.

L'extension de ces résultats aux apports des années de référence (normale, quinquennale sèche, décennale sèche...) est valable et immédiat. Il n'est pas présenté ici, afin d'éviter de surcharger le document.

3.2.3 Crue de projet

L'évaluation de la crue de projet est particulièrement délicate. Les débits de pointe prévisibles des crues exceptionnelles sont en effet très importants et très variables selon la méthode d'extrapolation des données.

Ce rapport, qui a pour objet de comparer les sites entre eux, ne prétend pas définir cette crue de projet. Cependant, toutes les données dont nous disposons actuellement ont été utilisées pour approcher ce débit.

Cette première approche de la crue de projet a été conduite en quatre étapes :

- utilisation des formules régionales d'estimation (Kallel, Frigui) [6],
- analyse statistique des données de la station K13,
- affinement des résultats en incluant les stations de R'Mel, Sarrath et K22 (méthode des années-stations),

- extension des débits obtenus aux sites étudiés.

Le site du Pont de la GP17 est situé à l'aval du barrage de Nebeur. Il bénéficie donc du laminage des crues dans la retenue du barrage. Pour ce site, deux hypothèses de calcul ont été établies :

- hypothèse 1 : le site bénéficie du laminage au barrage de Nebeur dans les conditions actuelles,
- hypothèse 2 : suite à l'envasement complet de la retenue du Nebeur, le laminage est inexistant.

Les étapes de cette démarche sont détaillées en annexe 4. Elles conduisent au tableau suivant :

débits de pointe m ³ /s site	période de retour (années)				
	10	100	1 000	5 000	10 000
Es Saahne	1 680	4 200	8 400	13 000	15 000
K13	1 700	4 200	8 500	13 000	15 500
Henchir Bou Farouj	1 730	4 300	8 700	13 000	16 000
Gue du Caroubier	1 800	4 500	9 000	14 000	16 500
Nebour	1 820	4 500	9 100	14 000	17 000
GP17 (hyp 1)	1400	3 200	5 900	13 000	16 500
GP17 (hyp 2)	1 850	4 600	9 200	14 000	17 000

Les ouvrages seront comparés pour une crue de projet de période de retour millénaire, ce qui est compatible avec le choix du barrage poids en BCR. Le laminage des crues par la retenue est pris en compte sur le site du Gue du Caroubier où il a un impact significatif du fait de la grande superficie de la retenue. Sur les sites amont, le laminage est négligeable car les capacités des crêtes sont trop limitées. Sur le site du Pont de la GP17, le laminage est également négligeable du fait de la nécessité de limiter la cote des Plus Hautes Eaux à 210 NGT pour ne pas noyer l'usine du Nebour.

3.2.4 Transports solides, envasement

L'envasement des retenues est un problème aigu affectant les réservoirs des barrages tunisiens. Il conditionne la durée de vie de ces réservoirs.

Afin d'estimer l'évolution de l'envasement des retenues projetées, il est possible d'utiliser le taux d'envasement observé au barrage de Nebour. Les données collectées sont fiables ([10]).

L'extrapolation aux sites étudiés suppose théoriquement la prise en compte des paramètres suivants :

- augmentation du taux d'envasement avec la lame ruisselée annuelle,
- diminution du taux d'envasement avec la superficie du bassin versant,
- effets de site (lithologie, couverture végétale, pentes, ...)

L'ensemble de la zone étudiée présentant des caractéristiques similaires (taille des bassins versants, lithologie, apports), la marge d'erreur induite par l'extrapolation des données au Nébeur est certainement acceptable.

Les apports solides dans la retenue de Nébeur sont évalués à $671 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{an}$. D'autre part, le dévasement est efficace à plus de 50%. On suppose, pour les calculs des taux d'envasements, que le dévasement est efficace à 50% sur l'ensemble des sites.

Finalement, l'envasement pris en compte est égal à $E = 0,5 \cdot 671 \cdot S$.

Le cas du barrage sur la GP17 est traité séparément : en effet, situé à l'aval du Nébeur, il profite de la protection de ce dernier : les apports solides y sont diminués de la quantité non dévasée (50%), pendant la durée de vie du Nébeur. On fait ici l'hypothèse que cette diminution est valable pendant une dizaine d'années.

La durée de vie des barrages est obtenue en calculant le nombre d'années nécessaires au comblement complet de la retenue, sous la même hypothèse d'un dévasement efficace à 50%.

La capacité de la retenue est calculée à partir de la cote de retenue normale maximale (telle que définie au §2.2).

	Bassin versant	Cote de RN	Capacité sous RN	Envasement annuel	Durée de vie du barrage
	km ²	NGT	hm ³	hm ³ /an	ans
Es Saadine	8 700	332	55	2,9	20
Henchir Bou Farou	9 300	335	45	3,1	15
Gué du Caroubier	10 100	295	230	3,4	70
Nébeur	10 300	260	70(*)	3,5	20
GP17	10 600	206	140	1,9 / 3,7(**)	45

(*) capacité actuelle (**) avant et après envasement complet du Nébeur

Deux sites seulement ont des durées de vie raisonnablement longues le Gué du Caroubier et le site aval de la GP17.

3.2.3 Salinité

La salinité des réservoirs est un élément important lors du choix du site d'implantation du futur ouvrage. La salinité des eaux de l'Oued Mellègue varie en effet assez fortement selon les sites.

D'autre part, les conditions locales de retenues jouent sur l'augmentation de la salinité par évaporation et par attaque des rives triasiques.

Le tableau suivant présente les valeurs de salinité telles qu'elles ont été estimées pour chacun des sites à partir de la méthode définie au §3.2 (cf. annexe n°5).

	salinité de l'oued g/l	salinité prévisible de la retenue g/l
Es Saadine	1,4	1,65
Henchir Bou Farou	1,5	2,5
Gué du Caroubier	1,35	1,75
Nébeur	1,35	2,1 (*)
GP17	2,1	2,25

(*) salinité actuelle.

3.3 Géologie

3.3.1 Cadre régional

Au point de vue structural, la vallée du Mellègue dans la zone d'étude s'inscrit dans les massifs de Ouargha qui appartiennent à la zone septentrionale de l'Atlas tunisien, à la limite de la zone du flysch. Ils sont caractérisés par la présence de très nombreux accidents tectoniques, alignés Nord-Est Sud-Ouest dans la partie sud-orientale, et marqués par des lames de trias extrusif, qui soulignent la direction des plissements.

Au Nord, coupant ces formations plus anciennes, apparaît la bordure méridionale de la plaine d'effondrement de la Medjerda, avec ses gradins successifs, constitués par d'importantes formations détritiques et séparés par des accidents Est-Ouest, jalonnés également par des lames triasiques. Ce fossé représente probablement une phase tectonique très récente.

Le tableau ci-dessous reprend les différentes couches stratigraphiques présentes dans la zone d'étude et permet de situer les sites dans le contexte géologique régional.

Sène	Description	Site
Emachérien C7	Marnes avec bancs repères marno-calcaires	
Turonien C6-b	Calcaires marneux gris à patine blanche (50 à 100 m d'épaisseur)	
Turonien C6-a	Marnes à intercalations calcaires et schisteuses (500 m d'épaisseur)	Djebel El Saadine Bou Farou
Cénomanién C5-4	Calcaires massifs - marnes et calcaires en plaquettes	Cité du Carcaïvier
Albien C3-1	Marnes, schistes et calcaires	
Aptien C1-11	Calcaires siliceux, quartzites et marnes	Barrage de Nébeur
Trias	Brèches gypseuse ou siliceuses, grès métamorphiques phylliteux. Argiles bariolées et galets d'ophites.	

3.3.2 Sismotectonique

Documents de référence :

- [11] Carte sismotectonique de la Tunisie, 1989
- [12] Carte géologique de la Tunisie, 1985
- [13] Analyse de la sismicité et mise en évidence d'accidents actifs dans le Nord de la Tunisie (M. Gueddiche et al, B S G F , 1992)
- [14] Sismicité de la Tunisie (Hfaiedh, Chadi, Allouche, INM)

Une carte de synthèse sismotectonique (plan n° 106-Avant-Projet Sommaire-003) a été établie à partir de la carte sismotectonique de la Tunisie et des éléments recueillis dans les documents de référence ci-dessus.

La vallée du Mellègue apparaît située dans une zone d'intensité M.S.K. maximale connue ou supposée de IV à V, au sud de la zone de Jendouba d'intensité M.S.K. maximale connue ou supposée de VI à VIII. Cette dernière zone est marquée en extension possible vers le sud en liaison avec l'accident de Mellègue.

L'examen des épicentres historiques montre que ceux-ci se localisent dans des zones à risque et notamment dans le Nord du pays, où on distingue deux foyers importants autour du fossé d'effondrement de la Medjerda (Jendouba-Bou Salem) d'une part et la basse vallée de la Medjerda (l'Ariana, Ras Djebel) d'autre part. Ont été notamment signalées une

séisme de magnitude 4,6 en 1957 (quelques victimes) et une période de sismicité importante en 1976-77, avec plusieurs événements de magnitude comprise entre 4 et 5,2.

L'accident de Mellègue, prolongement de la faille orientée NE-SW (Ras Angela, Tebesrouk, Le Kef) constitue une zone d'activité sismique non négligeable, caractérisée par divers éléments :

- nombreux affaissements de rochers tristiques,
- sismicité historique moyenne à importante :
 - plusieurs séismes de degré inférieur à 6 sur l'échelle de Mercalli ont été enregistrés le long de l'oued,
 - des séismes plus importants et plus nombreux ont été enregistrés aux environs de Ghardimaou et Jendouba. Ils ont pu intéresser la basse vallée du Mellègue. Un séisme de magnitude supérieure à 5 a été enregistré près de l'oued Tessa.
- les mesures de microtectonique réalisées en 1986 ont confirmé qu'*"il existe une sismicité active le long de l'accident de Mellègue"* [13]. Les épicentres localisés lors de cette campagne sont représentés sur la carte synthétique.
- la faille dont l'accident de Mellègue fait partie est notablement active et ce notamment dans la région de Jendouba.

Enfin, il est à noter que la sismicité de la région est probablement sous-évaluée, ce pour deux raisons :

- la faible densité de population rend moins complètes les données sur la sismicité historique,
- la région n'est pas spécifiquement instrumentée, les séismes de faible intensité ne sont pas répertoriés.

En conclusion, on peut considérer de façon préliminaire que la vallée du Mellègue est moyennement à fortement sismique, du fait de la présence d'un accident majeur potentiellement actif, à proximité immédiate des sites, même si aucun séisme majeur n'y a été enregistré.

Cette constatation ne met pas en cause la faisabilité des sites mais doit orienter le choix du type de barrage en fonction de ce critère.

Il conviendra en outre, lors des phases d'études ultérieures, d'apprécier l'aléa sismique attaché au site retenu par une étude spécifique.

3.4 Interaction du futur aménagement et du barrage de Nébeur

Le barrage de Nébeur est caractérisé par une évolution difficile, et ce à trois points de vue :

- la capacité d'évacuation des crues, d'après les plus récentes études, est notablement insuffisante,
- le taux actuel d'envasement conduit à pronostiquer l'envasement complet de la retenue aux alentours de 2010,
- la stabilité de l'ouvrage (notamment à propos de l'état des tirants précontraints) suscite quelques inquiétudes.

Les deux premiers points ont été confirmés par la synthèse des données hydrologiques sur l'Oued Mellègue, présentée ci-dessus.

La crue millénaire, telle qu'évaluée dans cette étude, conduit à la submersion de l'ouvrage.

La construction d'un nouveau barrage sur l'Oued Mellègue doit obligatoirement prendre en compte l'existence de la retenue du Nébeur et son évolution prévisible et il convient de discuter des avantages et inconvénients respectifs d'une localisation à l'amont ou à l'aval du barrage actuel.

La construction d'un barrage à l'amont du barrage actuel présente deux avantages évidents :

- le nouveau barrage assurera une protection du barrage du Nébeur contre les crues exceptionnelles en assurant un laminage des hydrogrammes de crues. Les simulations réalisées montrent qu'il est envisageable de dimensionner la retenue du Gué du Caroubier et ses ouvrages d'évacuation des crues de façon à ramener la pointe de la crue millénaire à un débit de 6 000 à 7 000 m³/s, compatible avec les ouvrages d'évacuation du Nébeur.
- le nouveau barrage protégera également la retenue du Nébeur contre l'envasement et permettra d'augmenter sa durée de vie. Toutefois, compte tenu des délais de construction, le gain sur la durée de vie par limitation de l'envasement sera faible.

Un barrage construit à l'aval du site actuel bénéficiera quant à lui de la protection du barrage de Nébeur :

- le taux d'envasement de la nouvelle retenue est diminué de moitié tant que le Nébeur est en service,
- le laminage des crues (millénales et de moindre période de retour) par le Nébeur est efficace, en raison d'une tranche d'amortissement importante.

Toutefois, ces avantages doivent être relativisés :

- la protection contre l'envasement par la retenue de Nébeur ne sera effective que pendant la durée de vie résiduelle de cet ouvrage, soit une dizaine d'années dans l'hypothèse d'une mise en service du nouvel aménagement en 2005. La durée de vie de l'ouvrage aval est alors seulement rallongée de 5 ans.
- la capacité de laminage de la retenue de Nébeur sera limitée après envasement complet de la retenue, les alluvions occupant une partie de la tranche de laminage actuellement disponible,
- le devenir du barrage de Nébeur après envasement complet pose problème. On note en particulier que la diminution de la tranche de laminage par envasement viendra aggraver le sous-dimensionnement de l'évacuateur de crue.

Ainsi, les avantages du site aval ne pourront, en définitive, être comptabilisés que si des mesures sont prises pour allonger la durée de vie du barrage de Nébeur.

En définitive, il semble qu'une implantation à l'amont du barrage du Nébeur soit plus intéressante qu'une implantation aval car elle permet d'assurer la sécurité à long terme et la pérennité du Nébeur, en particulier si la mise en service du nouvel aménagement intervient dans un délai d'une dizaine d'années.

4. ETUDE COMPARATIVE DES SITES

4.1 Méthode d'évaluation des sites

Chacun des sites fait ici l'objet d'une présentation, composée des éléments suivants :

- une fiche de présentation, qui reprend les éléments de la fiche de visite, éventuellement modifiée au terme de cette étude,
- une notice géologique, établie par M. Hellali, géologue du groupement. Cette fiche donne des indications sur la géologie locale du site, sur les conditions d'appui, sur la cuvette et sur la disponibilité des matériaux,
- des cartes et schémas relatifs à chacun des sites (plans n° 106-Avant-Projet Sommaire-004 à 106-Avant-Projet Sommaire-011) : plan topographique de la cuvette, profil en travers de la vallée au niveau de l'axe d'implantation du barrage,
- les fichiers de résultats d'EVA, logiciel d'évaluation expéditive des barrages. Pour chacun des sites, sont présentés : un fichier texte, les courbes hauteur-surface et hauteur-volume de la retenue, et les courbes économiques de l'aménagement. La teneur de ces fichiers est détaillée ci-après.
- une fiche de synthèse qui rassemble l'ensemble des éléments et établit un diagnostic sur la qualité de chacun des sites.

L'évaluation économique des sites est effectuée au moyen du logiciel EVA, selon les dispositions techniques exposées au chapitre 2.

A partir de données topographiques, hydrologiques, techniques et économiques, ce logiciel permet de définir les principales caractéristiques technico-économiques du projet. Ces résultats sont fournis sous la forme :

- d'un fichier de texte, présentant les caractéristiques des projets,
- des courbes hauteur-surface et hauteur-capacité de la retenue,
- des courbes économiques de l'aménagement (prix de l'aménagement et prix au mètre cube d'eau stockée selon la cote de retenue normale choisie).

Il s'agit de noter qu'il s'agit d'une méthode expéditive d'évaluation, valable pour la comparaison des sites entre eux mais dont les résultats chiffrés sont des estimations très préliminaires et seront revus dans la phase d'Avant-Projet Sommaire.

Les données à la base de l'évaluation économique sont les suivantes :

- données topographiques :
 - courbe hauteur - largeur de la vallée au droit de l'axe,
 - courbe hauteur - surface de la retenue.
- données hydrologiques :
 - débit de pointe de la crue millénaire laminée par la retenue
- définition de l'ouvrage

Elle a été exposée au chapitre 2 et est rappelée ci-après :

- barrage en BCR déversant,
- largeur en crête : 6 m,
- parement amont : 0,8H/1V,
- parement aval : 0,2H/1V,
- profondeur de fouille : 10 m en vallée,
- profondeur d'inspection : égale à la hauteur du barrage.

L'évacuation des crues est assurée par un déversoir à seuil libre à marches établi sur le parement aval du barrage, complété par un évacuateur vanné.

Le débit évacué par le déversoir à marche est limité par le débit spécifique acceptable sur ce type d'évacuateur : $15 \text{ m}^3/\text{s/m}$. La différence entre le débit de pointe de la crue millénaire et ce débit détermine la capacité de l'évacuateur vanné. Cet évacuateur vanné a été sommairement évalué en admettant les caractéristiques suivantes :

- hauteur des vannes : 15 m,
- longueur du coursier : 50 à 100 m selon les sites,
- vocation du coursier et dimensionnement de la cuiller à partir des abaques de l'US Bureau of Reclamation, couramment admises.

- données économiques

Les prix d'ordre utilisés ont été déterminés à partir de données tunisiennes, à l'exception du prix du béton pour BCR. Ce prix a été évalué à la moitié du prix d'un béton traditionnel.

- béton pour BCR	80 DT / m^3
- ferraillures	5 DT / m^3
- injections et drainages	variable de 70 à 130 DT / m^3
- masque amont	150 DT / m^2 (béton armé à 50 kg/ m^2)
- parement aval	50 DT / m^2 (béton peu armé)
- déversoir à marches	150 DT / m^2 (béton armé à 50 kg/ m^2)

- béton du bassin	320 DT/m ³ (béton armé à 50 kg/m ²)
- béton de l'évacuateur	320 DT/m ³ (béton armé à 50 kg/m ²)
- vannes de l'évacuateur	7000 DT/m ³
- aléas géologiques	20 % à 25 % du total suivant les sites

Les résultats fournis par le logiciel sont présentés en annexe pour chacun des sites.

Après vérification de la compatibilité des données, EVA établit l'ensemble des caractéristiques majeures du projet :

- dimensionnement de l'évacuateur à marches,
- détermination des caractéristiques de la retenue : courbes hauteur-surface et hauteur-capacité,
- détermination des quantités mises en jeu pour la construction de l'ouvrage,
- évaluation économique à partir des prix d'ordre.

Les incertitudes les plus significatives proviennent des données utilisées pour cette évaluation :

- topographie des cuvettes et des sites prise en compte à partir des cartes topographiques au 1/50 000, sauf pour le Gué du Caroubier où une carte au 1/5 000 a été établie par l'Administration,
- prise en compte expéditive d'un projet type de barrage qui serait à adapter en fonction des particularités de chaque site,
- absence de reconnaissances géologiques et géotechniques par sondage à ce stade de l'étude.

4.2 Djebel Es Saadine

4.2.1 Présentation générale

Ce site est le plus amont qui ait été visité. Dans cette zone, la pente moyenne de la rivière est légèrement inférieure à 4‰. La vallée est assez large, sauf au niveau de barres calcaires qui imposent les rétrécissements correspondant aux sites potentiels. Le bedrock affleure en de nombreux endroits au niveau du lit de l'oued.

En amont du djebel Es Saadine, la vallée s'élargit à l'amont vers la plaine en direction de la frontière Algérienne.

Le seul site intéressant sur ce tronçon est situé au niveau du djebel El Tarabia, environ 1,800 km en amont du pont de la route El Kef - Sakiet. En amont de ce site, les appuis en rive gauche sont constitués de trias et ont donc été écartés.

Le site correspond à une barre (direction Est-Ouest) de calcaire et calcaire marneux à pendage amont, d'angle 45° environ.

L'appui en rive gauche se présente sous la forme d'une falaise très relevée, alors que la rive droite est caractérisée par des pentes beaucoup plus douces. La hauteur du barrage serait limitée à environ 25 m.

En rive droite, on note la présence d'un thalweg important qui descend au niveau de la terrasse alluviale. En rive gauche, par contre, la topographie est très régulière.

Les appuis sont constitués d'alternances de bancs de calcaire dur et tendre, présentant un aspect de surface très fracturé, avec notamment des failles de direction parallèle à l'oued.

La cuvette formée par un barrage à ce niveau est de capacité moyenne. Elle est actuellement occupée par des cultures. Aucune zone d'habitation n'y a été repérée. On note la présence de formations triasiques, en queue de retenue uniquement.

4.2.2 Notice géologique

Description générale

Le site est déterminé par une dépression qui détache un panneau isolé en rive gauche, probablement par l'effet d'une faille NE-SW qui affecte les bancs cénomaniens à turoniens à pendage amont avec un léger rebroussement vers le Nord.

Ces bancs constituent le flanc NW du synclinal topographiquement perché de Gassa orienté NE-SW. Le fond du synclinal est haché par un réseau serré de failles NW-SE et NE-SW et tronqué vers le NW par le relief des noyaux triasiques des Djebel Dehabib et vers le SE par les lames du Djebel Oum Hadhoub - Zag Et Tir.

Ceci incite à penser que les matériaux triasiques s'étendent plus largement vers la cuvette sous les alluvions et éboulis de la rive gauche de la cuvette.

En rive gauche, on note sur la carte géologique au 1/50 000 la présence d'une ancienne terrasse du Mellègue (50 à 60 m) à poudingues et à surface basculée.

Appuis

La rive gauche est constituée de l'alternance de calcaire beige massif et de calcaires marneux noirs schistifiés, à pendage amont (40° environ). Cette rive se présente sous la forme d'une falaise assez relevée, fortement diaclasée. Les joints y sont fréquemment ouverts.

La rive droite est de structure géologique analogue : alternance de calcaire beige et de calcaire marneux. Les pentes sont plus douces, la fissuration apparente est moins marquée.

La rive droite est marquée par un col large, qui descend pratiquement au niveau de la terrasse alluviale de l'oued.

L'étanchéité devrait pouvoir être assurée, compte tenu du caractère massif des rives, sous réserve toutefois de l'existence possible de failles, parallèles à l'oued.

Cuvette

Elle est principalement constituée de terrains alluvionnaires à dominante sables et galets. Ces alluvions recouvrent des formations calcaires et marno-calcaires, à pendage amont.

L'étanchéité de la cuvette semble assurée, par la nature des couches du substratum et de leur structure.

On note que les eaux de la retenue baignent partiellement des berges triasiques, peu pentues. On ne peut exclure une extension plus importante du trias que ce qui apparaît sur la carte géologique, sous les alluvions, pouvant avoir une influence sur l'étanchéité de la cuvette.

Matériaux

La cuvette fournira des matériaux sableux et des galets (terrasses anciennes). De l'argile est également disponible sous forme de produit d'altération des marnes.

4.2.3 Note de synthèse

Ce site ne présente pas de difficulté géologique importante, hormis la pente raide de l'appui en rive gauche. En rive droite, la topographie imposera la mise en oeuvre de quantités de matériaux importantes, ce que reflète le médiocre rendement topographique.

D'autre part, la cuvette est peu occupée, seules quelques cultures seraient noyées.

La principale limitation de ce site est la faible hauteur du barrage qui y pourrait y être construit. Les conséquences en sont principalement la modeste capacité de la retenue et une durée de vie limitée par un envasement rapide.

Un barrage de 27 m de hauteur permet de créer une capacité de 55 hm³ pour une retenue normale à la cote 362 NGT. La durée de vie de la retenue est estimée à 20 ans seulement. La salinité de la retenue est estimée à 1,65 g/l.

Le coût de l'aménagement est estimé à 52 millions de dinars, correspondant à un coût au m³ stocké de 1 DT/m³.

4.3 - Henchir Bou Farou

4.3.1 Présentation générale

Ce site se situe à environ 4 km à l'aval du pont de la route El Kef - Sakiet. La largeur de la vallée est d'environ 400 m à cet endroit.

La hauteur du barrage serait limitée par la rive gauche à une trentaine de mètres. L'étanchéité de cette cuvette est assurée par les marnes présentes sur les deux rives et sans doute au fond du lit. A l'amont du site (1 km), l'oued coule sur les marnes qui forment un soul.

La rive gauche est constituée d'un banc marno calcaire à pendage vertical de même caractéristique géologique que celle observée sur les sites du Gué du Caroubier et de Nébeur.

Par contre, on note en rive droite, à l'amont du site, la présence d'un pointement de trias et d'une faille d'où un problème éventuel d'étanchéité de la retenue.

4.3.2 Notice géologique

Description générale

Le site se situe dans le défilé à travers le flanc Sud du synclinal Bou Farou - Kalaât El Miala. Ce flanc est redressé contre le noyau triasique d'El Dehabib le plus vaste de la région et qui englobe des lambeaux de terrain crétacés flottant à son sommet. Il est constitué par des bancs de calcaires massifs durs et des marnes et marno-calcaires en plaquettes du cénomanien ou coniacien, à pendage régulier vers l'aval.

Au niveau du site, un lambeau délimité au moins par une faille en rive droite, une au niveau de l'oued et probablement une en rive gauche marque une avancée vers le Nord. Ces failles sont orientées vers le N-NW et s'amortissent dans les séries marneuses et marno-calcaires épaississantes.

Des lambeaux de dépôts quaternaires caillouteux et conglomératiques sont visibles notamment en rive droite et marquent parfois un hasardement.

La surface du replat topographique, au niveau du Henchir Bou Farou est couverte par des dépôts sablo-conglomératiques de 2 à 3 m d'épaisseur qui ont été interprétés comme dépôts de hautes terrasses d'oued (25 à 30 m) sur la carte géologique au 1/50 000 du Kef. Ces dépôts sont très développés à l'intérieur de la boucle Sidi Messaoud / Sidi Bou Jerboua au pied aval de la rive droite, et remontent jusqu'au contact de la barre calcaire turonienne.

Appuis

L'appui rive droite est constitué par la retombée des bancs de calcaire dur turonien inférieur, subdivisé en deux crêtes séparées par un passage de marno-calcaires en plaquettes, et suivis vers l'amont par les marnes et marno-calcaires du cénomanien. Les pendages sont de 60° en moyenne vers le N-NW.

Le cenomanien marneux avec intercalations de marno-calcaires en plaquettes, plus érodables, amorce vers l'amont le tracé concave du lit de l'oued qui s'élargit plus nettement sur les matériaux triasiques.

En rive gauche, les pendages sont toujours dirigés vers l'aval mais sont plus doux: 40° N-NW avec un décalage de l'arête turonienne (cote 358) de plus de 200 m vers l'aval dû à l'existence de 2 failles NNW-SSE, l'une au niveau du talweg et l'autre environ 300 m à l'ouest de la rive.

Cuvette

Plus ou moins filiforme, elle couvre des sols alluvionnaires et des marnes à petites intercalations marno-calcaires. Elles débordent largement sur des affleurements de matériaux triasiques du Debabib.

L'étanchéité au contact et au travers des matériaux triasiques est aléatoire.

Matériaux

Les alluvions des terrasses sont sablo-graveleuses apparemment riches en galets.

Les produits d'altération des marnes sont peu épais et le plus généralement découpés aux alentours immédiats du site. Les matériaux argileux sont rares et seront à rechercher dans des pièges plus éloignés du site.

4.3.3 Note de synthèse

Le site d'Henchir Bou Farou permettrait de réaliser un barrage moyen, haut de 30 m. A l'image du site de Djebel Es Saadine, il souffre des difficultés dues à cette taille limitée: retenue de trop faible capacité et envasement très rapide.

Ces difficultés sont d'ailleurs accrues par des difficultés géologiques dans le cas du site d'Henchir Bou Farou et ce à deux niveaux:

- une faille repérée lors de la visite risque de compromettre l'étanchéité de la cuvette,
- la retenue baigne des berges triasiques, ce qui contribue à augmenter la teneur en sel (salinité estimée 2,5 g/l).

Un barrage de 30 m de hauteur permet de créer une capacité de 47 hm³ pour une retenue normale à la cote 335 NGT. La durée de vie de la retenue est estimée à 15 ans seulement.

Le coût de l'aménagement est estimé à 51 millions de dinars, correspondant à un coût au m³ stocké de 1,1 DT/m³.

Ce site présente des caractéristiques comparables à celui de Djebel Es Saadine par la taille modeste de sa retenue et sa localisation. Il apparaît clairement moins intéressant que ce dernier site : aléas géologiques plus importants, salinité de la retenue plus élevée et coût au m³ stocké plus important.

Il est donc proposé d'écarter le site de Henchir Bou Farou au profit du site de Djebel Es Saadine, dans l'hypothèse de l'aménagement de la vallée du Mellègue par plusieurs barrages moyens dans la partie amont du bassin versant.

4.4 Gué du Caroubier

4.4.1 Présentation générale

Ce site est déterminé par une barre de calcrite et calcaire marneux cénomaniens très relevée à pendage amont formant un verrou bien marqué. Il est situé en queue de retenue du barrage de Nébeur, à environ 1,5 km à l'aval du Gué du Caroubier.

Les appuis sont constitués d'alternances de bancs de calcaire dur et tendre avec une direction de fracturation amont-aval.

La barre rocheuse est affectée par des failles de direction parallèle à l'oued déterminant sa topographie marquée par plusieurs cols. En particulier, il est vraisemblable que le franchissement de l'oued corresponde à une de ces failles.

La rive gauche est traversée par un col et un important thalweg qui descend presque au niveau du lit majeur. Ce thalweg entaille des formations marno-calcaires finement litées à pendage subvertical situées à l'aval immédiat de la barre calcaire qui forme le verrou.

On retrouve la continuité de ces bancs en rive droite. Celle-ci est en effet constituée de deux barres parallèles de calcaire espacées d'environ 30 m avec un remplissage marneux tendre très creusé.

La rive droite présente également un col qui correspond à une faille amont-aval. On trouve ainsi une série de failles amont-aval plus ou moins marquées dont une proche du sommet de la rive droite et repérée par un remplissage de calcrite d'une largeur d'environ 1,5 m. Une autre faille moins importante se situe au pied de la rive droite.

Les bancs calcaires de la rive droite s'ennoient dans les alluvions du lit de la rivière constituées en surface de sables fins silteux et argileux.

Au niveau de la rive gauche, les alluvions forment une terrasse de 3 m surmontant le lit de l'oued.

L'intérêt du site réside dans la présence du verrou constitué par la barre calcaire et d'une belle cuvette très peu occupée par les activités humaines.

4.4.2 Notice géologique

Géologie du site

Le site du Gué du Caroubier correspond au franchissement par l'oued du flanc Nord de l'anticlinal du Mellègue.

Cet anticlinal est constitué par la superposition de formations de calcaires marneux, marnes, marno-schistes et calcaires siliceux d'âge crétacé.

Il s'agit d'un anticlinal dissymétrique, d'axe NE - SW plongeant vers le SW, souligné par une faille Nord Est - Sud Ouest sur le flanc Nord.

La fermeture Nord Est est relativement régulière, avec un épaississement apparent des niveaux.

L'arrêt à l'extrémité Sud Ouest s'effectue sur un accident tectonique, après un passage en épingle à cheveux vers un synclinal au Nord Ouest.

Le flanc Sud de l'anticlinal est assez régulier, avec une continuité des couches décalées par un réseau de cassures d'importance secondaire, oscillant peu autour d'une direction Nord Ouest - Sud Est.

Le flanc Nord est plus redressé, et presque vertical vers l'extrémité Sud Ouest.

Divers éléments attestent de l'activité tectonique (ancienne à récente)

- pointements de trias à l'aval immédiat du site,
- présence de formations du quaternaire basculées.

L'aval du site constitue une zone de faiblesse, avec le croisement de deux directions tectoniques.

A l'endroit du site d'implantation du barrage, des failles parallèles à l'oued découpent la barre cenomanienne. La plus importante se situe dans le lit, au pied de la rive droite, divers indices (stries, remplissage) l'attestent. Cependant, il n'y a pas de décalage important des bancs de part et d'autre de l'oued.

Arête

L'arête rocheuse du site constituant le verrou est formée par des bancs calcaires durs continuellement, plus ou moins massifs, séparés par des intercalations marneuses à pendage très rocheux vers l'amont.

Ces bancs de calcaires peuvent être séparés en bancs de calcaires siliceux supérieurs et bancs de calcaires inférieurs en plaquettes.

Cette arête présente des discontinuités transversales soulignées par des cols topographiques, marquant les affaissements parfois accentués de la barre rocheuse, très net au niveau 300.

La surface du rocher est parcourue de nombreuses diaclases orthogonales (subverticales et perpendiculaires au pendage) qui découpent, en surface, des blocs indépendants. Ces joints posent un problème d'étalement, qui est éventuellement limité par les intercalations marneuses. Une incertitude subsiste sur l'ouverture de ces familles de fractures en profondeur, qu'il faudra lever par les reconnaissances.

À l'amont immédiat du verrou, la barre concavarienne s'ennoie sous les marnes gris-bleutées turoniennes, qui devraient constituer une assise de fondation de caractéristiques géotechniques convenables.

En aval, le substratum rocheux est recouvert par les alluvions de l'oued, on ne dispose d'aucun indice permettant d'évaluer cette profondeur. Ce point ayant une incidence importante sur le projet devra faire l'objet de reconnaissances, dès la phase d'Avant-Projet Sommaire.

Cuvette

La cuvette s'étend essentiellement sur les marnes à quelques intercalations calcaires ou marne-calcaires du Turvien et de l'Emmésien.

L'étalement de ces formations est borné d'autant plus que les pendages sont en majorité dirigés vers l'amont et dessinent un synclinal transverse, et que les failles ont généralement tendance à s'orienter à leur passage.

Le contact entre les marnes grises (turoniennes) et l'arête rocheuse constituant le site reste à élucider.

La mare traquée de Chaubert En Nemra semble effleurer les berges en queue de retenue, au niveau de la courbe 300. Ce point reste à préciser par des relevés topographiques et géologiques plus précis.

Matériaux

Les alluvions récentes des terrasses de l'oued fourniront des sables et galets en quantité importante.

D'autre part, des carrières de calcaire sont actuellement exploitées pour la réalisation de la route Le Kef - Touiref, à une dizaine de kilomètres du site.

Les matériaux argileux étanches peuvent être recherchés au niveau des produits d'altération des marnes.

4.4.3 Note de synthèse

Le site du Gué du Caroubier correspond à un resserrement de la vallée plus marqué qu'aux autres sites. Il présente une topographie et un faciès de rocher comparable à ceux de l'axe du barrage de Nebou, bien que les formations géologiques concernées ne soient pas les mêmes.

Cette analogie permet de supposer que, malgré la fracturation importante observée, les conditions géologiques et géotechniques requises pour la construction d'un barrage sont réunies.

Les aléas du site, au stade actuel, sont les suivants :

- incertitude sur la qualité et l'étanchéité des appuis, affectée par une fracturation importante, on note en particulier que les appuis sont très minces en partie haute, ce qui limitera la hauteur maximale de la retenue à une quarantaine de mètres environ.
- incertitude sur la position du substratum en vallée,

La retenue qu'il serait possible d'y créer est importante : sous la cote 304 NGT, on stocke 390 hm³ environ qui permettent de considérer une capacité exploitable de 230 hm³ pour une cote de retenue normale 295 NGT et une tranche d'amortissement des crues de 160 hm³.

De façon très préliminaire, car il s'agit d'un site complexe, le coût du barrage et de ses ouvrages annexes est estimé à 100 millions de Dinars, correspondant à un coût du m³ stocké sous la retenue normale de 0,430 DT/m³. Le prix du barrage rapporté à sa capacité résiduelle au bout de 30 ans est égal à 0,760 DT/m³.

Le site du Gué du Caroubier apparaît comme un site tout à fait remarquable : il permet de créer une capacité de près de 400 hm³ avec un barrage d'une cinquantaine de mètres de hauteur seulement.

La durée de vie de l'aménagement est estimée à 70 ans environ.

Un barrage au Gué du Caroubier présente également l'avantage majeur d'assurer une protection efficace du barrage du Nébeur contre les crues. Il permet de limiter les débits de projets à considérer au Nébeur à des débits compatibles à la capacité d'évacuation de cet ouvrage, qui est de 6 000 m³/s.

Il permet également, si il est mis en service suffisamment vite, d'augmenter la durée de vie du réservoir de Nébeur.

La retenue présente le principal inconvénient de baigner des berges triasiques en rive droite de la retenue. Une estimation préliminaire de la salinité donne 1,75 g/l, inférieur à celle actuellement observée dans la retenue du Nébeur.

La salinité en queue de retenue du Nébeur sera déterminée par les lâchures du nouveau barrage. La salinité de la retenue sera portée à environ 2,4 g/l, en faible augmentation par rapport à la salinité actuelle de 2,1 g/l.

Il conviendra d'affiner cette estimation, en particulier par une reconnaissance spécifique des affleurements de trias baignés par la retenue dont la longueur a été estimée très grossièrement à partir de la carte géologique au 1/50 000.

Enfin, il est à noter qu'une route est en cours de construction, avec notamment un pont franchissant l'oued Mellègue. Ce pont sera noyé par la retenue. Outre l'impact direct causé par la perte de cet ouvrage, la retenue aura un impact indirect sur les voies de communication dans la région.

Deux solutions peuvent être imaginées pour ce problème :

- surélévation de la route et du pont au-dessus de la cote des plus hautes eaux de la retenue,
- déviation de la route de façon à franchir l'oued sur ou à l'aval du barrage.

4.5 Pont sur la GP17

4.5.1 Présentation générale

Ce site est déterminé par la dernière ligne de crête traversée par l'oued avant de déboucher sur la plaine de la Medjerda. Il est situé une centaine de mètres à l'aval du pont métallique de franchissement du Mellègue par la GP17.

La vallée est large d'environ 400 m et les deux appuis sont en pente douce.

La rivière coule à l'altitude 167 environ permettant d'envisager une hauteur d'eau d'une quarantaine de mètres sans noyer le pied du barrage de Nébeur.

Les appuis sont constitués par des alternances décimétriques à métriques de grès sableux moyennement cimenté et de conglomérats crétacé (âge pontien à quaternaire)

En rive droite, le pendage des bancs est aval. En rive gauche, la situation est moins nette : pendage amont dans la partie amont de l'appui et pendage aval dans sa partie aval. On peut penser que ces blocs ne sont pas en place. Toute la partie située à l'aval de l'oued rive gauche est affectée par des failles, des plissements : ouverture des diaclases de poussée au rive.

L'intérêt du site réside dans la présence d'une belle cavette à l'amont correspondant à l'élargissement de la vallée du Mellègue, permettant d'envisager une retenue de capacité intéressante.

4.5.2 Notice géologique

Le site est situé à la confluence de l'oued Mellègue et de l'oued Meiah.

Il correspond aux premières collines du complexe compréhensif mio-pliocène à dépôts continentaux ou subcontinentaux de la bordure Sud du fossé subsident plio-quaternaire de la Medjerda.

C'est une formation épaisse constituée par une alternance de bancs d'argiles bleutées à lamelles gypseuses, de grès plus ou moins durs et parfois à consistance sableuse et de bancs conglomératifs souvent grossiers et imparfaitement cimentés.

L'influence de l'effondrement du sillon de la Medjerda s'est traduit par des cassures sensiblement Est-Ouest avec basculement des formations mio-plio-quaternaire vers le Nord. Il est possible qu'une telle faille se soit développée à l'endroit de l'axe du barrage, sans qu'elle ne soit manifeste (pas de décalage apparent des bancs).

Les couches parfois assez redressées dessinent des plissements irréguliers et capricieux avec tendance au renversement mais la direction générale reste en moyenne dirigée vers le Nord.

Vers le Sud, le renversement se fait au contact des dernières collines crétacées, injectées de matériaux triasiques, qui se détachent de la fermeture vers le Nord-Est de l'anticlinal du Mellègue.

Appuis

• Rive gauche

La rive gauche est constituée de l'alternance de grès, marnes et conglomérats qui forment des bancs très fragmentés et plissotés avec pendage

- vers l'ouest à subhorizontaux vers le haut,

- vers l'est au milieu,
- vers l'aval de part et d'autre

Vers le bas, on note la présence d'argiles marneuses à argile jaune verdâtre sous les conglomérats.

Fissures cassantes subparallèles à l'oued traversent les bancs de grès au sommet de la colline d'appui, et déterminent un compartimentage en blocs souligné par le balancement des directions et pendages.

* Rive droite

La rive droite est plus étroite. Elle montre la même succession avec pendages plus réguliers vers l'aval.

Vers l'amont, la série devient plus tendre et très probablement essentiellement marneuse, d'où une possibilité de fermeture étanche, sous réserve de vérification de l'épaisseur de la couche et de la fréquence des intercalations marneuses.

Cuvette

La cuvette est constituée d'une plaine alluviale plus ou moins marécageuse, sillonnée par les nombreux méandres de l'oued Méléah juste à l'amont du site.

Ces alluvions sont constituées de limons plus ou moins argileux, lits sableux, cailloux et galets.

Vers l'amont, le complexe mio-pliocène d'alternance d'argiles, sables, grès et conglomérats est limité par l'apparition des formations calcaires plus ou moins siliceux et marno-calcaires du crétacé (aptien à cénomanien).

L'étanchéité de la cuvette dépendra de la perméabilité des bancs conglomératiques et sablo-gréseux du complexe mio-pliocène à pendage aval qui est largement représenté, surtout en rive gauche.

Les pointements triasiques ne seront que très peu touchés par les eaux retenues.

Alluvions

Les alluvions tapissant le chapelet des plaines de la vallée sont constituées de limons sableux ou argileux et lits à galets et cailloux.

Il sera également possible de disposer du produit d'altération argileuse des marnes et argiles intercalées dans le complexe gréseux parfois déposé en contrebas.

4.5.3 Note de synthèse

Le Pont sur la GP17 est, topographiquement, le seul site envisageable à l'aval du barrage de Nébeur.

La géologie du site est favorable à l'implantation d'un barrage de hauteur modérée et l'étanchéité de la cuvette ne devrait pas poser de problèmes majeurs.

Le site sur la GP17 ne présente toutefois pas un rendement topographique très intéressant et la capacité de la cuvette est limitée à 140 hm³. Le prix au mètre cube d'eau stockée reste élevé. D'autre part, la capacité de la retenue resterait inférieure à ce qui est requis pour remplacer le réservoir du Nébeur. Ces limitations proviennent principalement du choix de la cote de retenue normale imposée par le barrage de Nébeur. Il reste que ce site est le second, en terme de rendement topographique et de capacité de la retenue, sur l'ensemble de l'oued Mellègue, après le site du Gué du Caroubier.

Ce site présente la particularité d'être à l'aval du barrage existant. Il y gagne, tant que le Nébeur est en activité, une protection contre les crues et l'envasement. Cette protection joue un rôle important et permet de limiter le coût des ouvrages d'évacuation.

Le tableau suivant résume les coûts au mètre cube d'eau stockée selon les deux hypothèses suivantes :

- hypothèse 1 : le site est protégé par le barrage à l'amont
- hypothèse 2 : le Nébeur ne fournit aucune protection
- hypothèse 3 : le Nébeur fournira une protection en termes d'envasement pendant une dizaine d'années

	Cote RN	Capacité initiale	Capacité à 30 ans	Prix du m ³ initial	Prix du m ³ à 30 ans
hypothèse	NGT	hm ³	hm ³	millimes	millimes
1	206	140	83	680	1 150
2	206	140	29	680	3 300
3	206	140	47	680	2 000

L'hypothèse 3 est retenue pour la comparaison avec les autres sites.

Le site de la GP17 dispose d'un avantage par rapport au Gué du Caroubier : situées juste à l'amont de la plaine, les ressources en eau pourront être utilisées à moindre coût et de manière optimale.

Cependant, l'occupation de la cuvette par les activités humaines est importante : cultures, notamment céréales et oliviers, fermes, routes (GP17 Jendouba - El Kef et route secondaire en rive gauche vers Touret) et pont de la GP17; elle tend à accroître fortement l'impact d'un ouvrage sur ce site. D'autre part la retenue est située dans le gouvernorat du

Kel alors que les terres irriguées sont majoritairement dans celui de Jendouba, ce qui peut contribuer à pénaliser le projet.

En définitive, le site sur la GP17 n'est intéressant que si des mesures sont prises pour prolonger l'activité du barrage de Nébeur. Il constituerait alors, sans préjuger de l'évaluation des impacts des deux sites, une alternative possible au site du Gué du Caroubier.

Telle que décrite ci dessus, la retenue du site du Pont sur la GP17 est limitée afin de ne pas noyer le pied du barrage de Nébeur (et notamment l'usine hydroélectrique). Dans le cas où il est considéré comme acceptable de noyer l'usine (cessation de l'activité du barrage de Nébeur), la cote de crête peut être portée, sur le site du Pont de la GP17, à 230 NGT. Le barrage atteindrait ainsi une hauteur de 60 m au dessus du TN, ce qui paraît être la maximum envisageable compte-tenu de la faiblesse des appuis. La retenue correspondante atteint alors 420 millions de mètres cubes, capacité comparable au site du Gué du Caroubier.

L'estimation économique d'un tel ouvrage est réalisée en adoptant des hypothèses analogues à celles prises pour le site du Gué du Caroubier : tranche morte de 100 Mm³, tranche d'amortissement de 160 Mm³. Il est supposé que le barrage de Nébeur à l'amont ne protège pas de l'envasement (cessation d'activité), mais lamine les crues. Au site du Pont de la GP17, la crue de période de retour 1000 ans est évacuée par le déversoir à marches, sans qu'il ne soit besoin de prévoir un évacuateur complémentaire. Avec ces hypothèses, l'estimation préliminaire du coût de l'ouvrage est de 195 millions de Dinars, ce qui correspond à un coût du mètre cube d'eau stockée sous la retenue normale de 0,780 DT/m³. Le prix du barrage rapporté à sa capacité résiduelle au bout de trente ans est égal à 1,290 DT/m³.

4.6 Comparaison des sites - fiches synthétiques

TOPOGRAPHIE					
	hauteur	Retenue Normale	superficie retenue	capacité sous RN	rendement topograph
	m	NGT	ha	hm ³	
Es Saadine	27	362	545	54	160
Bou Farou	30	335	500	47	130
Gué du Caroubier	50	295	1 320	230	420
Pont GP17	40	206	875	140	180

HYDROLOGIE					
crue	100 ans	1 000 ans	10 000 ans	durée de vie	salinité
	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	années	g/l
Es Saadine	4 200	8 400	15 000	20	1,65
Bou Farou	4 300	8 700	16 000	15	2,5
Gué du Caroubier	4 500	9 000	16 500	70	1,75
Pont GP17	3 200	5 900	16 500	45	2,25

ECONOMIE				
	Capacité retenue	Coût aménagement	Coût du m ³ d'eau stockée	
	hm ³	millions de DT	actuel	30 ans
			millimes de DT	
Es Saadine	54	52	970	-
Bou Farou	47	51	1100	-
Gué du Caroubier	230	100	410	750
Pont GP17	140	94	680	2000

5. CONCLUSION ET PROPOSITION DE CHOIX

5.1 Proposition de choix

Six sites ont été identifiés sur carte et visités. Deux sites, Hamman Mellegue et Djebel Arar, ont été éliminés après les visites de terrain. Le site de Hamman Mellegue présente une géologie réfractaire et une topographie défavorable, le site de Djebel Arar est éliminé du fait de sa trop grande proximité du pied du barrage de Nabeur qui limite de façon inacceptable la capacité disponible.

Les quatre sites restant ont fait l'objet d'une analyse préliminaire et d'une comparaison sur la base de la topographie, de la géologie, de l'hydrologie et d'une première estimation du coût des ouvrages.

A ce stade, le site de Henchar Bou Farou nous paraît également devoir être écarté, du fait de conditions géologiques difficiles et d'une capacité très limitée.

Trois sites restent après cette première sélection, soit de l'amont vers l'aval :

- le site de **Djebel Es Saadine**, à l'amont de la confluence avec les oueds Kobol et Melah, dans la partie amont de la zone d'étude,
- le site du **Gué du Caroubier** à l'extrémité amont de la retenue du Nabeur,
- le site du **Pont de la GP17** au débouché de la vallée du Mellegue sur la plaine de la Medjerda.

Le site de Djebel Es Saadine apparaît faisable mais sa retenue est de capacité très limitée et d'un volume très inférieur à ce qui est recherché pour remplacer le réservoir de Nabeur. Corrélativement sa durée de vie serait limitée à une quinzaine d'années.

Seuls les deux sites du Gué du Caroubier à l'amont du barrage de Nabeur et du Pont sur la GP17 à l'aval répondent ou s'approchent des capacités recherchées.

Au terme de cette analyse de comparaison, il apparaît que le site du Gué du Caroubier est le plus intéressant :

- il permet de créer un réservoir d'une **capacité totale de près de 400 hm³** avec un barrage de 50 de mètres au dessus du terrain. Cette capacité pourrait être décomposée en une tranche morte de 100 hm³, une capacité utile de 100 à 150 hm³ et une tranche de laminage de 150 à 200 hm³, le dimensionnement de ces différentes capacités devant être affinés à l'Avant-Projet Sommaire,
- il s'agit d'un site complexe mais la faisabilité d'un barrage d'une cinquantaine de mètres de hauteur est jugée acquise. Des reconnaissances géologiques et

géotechniques complémentaires sont toutefois nécessaires pour confirmer cette faisabilité et préciser les données naturelles du projet

- la possibilité de concevoir un barrage poids rigide sur ce site permet une intégration aisée d'un évacuateur de crue de forte capacité destiné à protéger le barrage pour la crue de projet de période de retour mille ans. La technique du BCR permettra la réalisation d'un ouvrage à la fois sûr et économique.
- pour une cote de retenue normale à 295 NGT et une cote des Plus Hautes Eaux de 304 NGT, le coût au m³ stocké sur ce site apparaît très intéressant : de l'ordre de 0,760 DT/m³ pour une capacité utile de 130 hm³, hors tranche morte de 100 hm³ et tranche de laminage de 160 hm³.
- compte tenu de la très grande superficie de la retenue à la cote 304 NGT (1 800 ha), l'optimisation de la cote des Plus Hautes Eaux pourra permettre le cas échéant une majoration significative de la capacité totale de la retenue : 5 m de surélévation de la cote des Plus Hautes Eaux correspondent plus de 100 hm³ de capacité supplémentaire.
- la salinité de la retenue devrait être plus faible que celle du Nébeur. La reconnaissance des affleurements de trias en fond de cuvette en rive droite permettra d'optimiser la cote de retenue normale et de définir d'éventuelles mesures de protection.
- l'occupation des sols de la cuvette est limitée à des superficies modérées de culture céréalière et il n'y a peu d'habitation. Le pont en cours de construction devra être modifié en cas de construction de cet ouvrage.
- en terme d'aménagement hydroélectrique, le site bénéficie des meilleures conditions hydrauliques : à apports comparables sur chacun des sites, il est celui qui bénéficie de la plus grande hauteur de chute.

Le site du Pont de la GP17 reste une alternative possible au Gué du Caroubier. Toutefois,

- la capacité totale de la retenue est limitée à 140 hm³, ce qui est nettement inférieur au site du Gué du Caroubier,
- la durée de vie de l'aménagement ne dépassera pas 45 ans dans l'hypothèse plutôt optimiste d'une protection par le barrage de Nébeur pendant 10 ans et une efficacité de 50% des mesures de dévasement,
- le coût des aménagements sur les deux sites sont comparables et voisins de 100 hm³, montrant clairement que le site du Gué du Caroubier est préférable au plan économique, la capacité de la retenue étant beaucoup plus grande.

- la salinité de la retenue sera élevée du fait de la pollution par la retenue de Nébeur, elle est estimée à 2,25 g/l, à comparer avec la salinité de 1,75 g/l au Gué du Caroubier,
- l'occupation de la cuvette (cultures, nombreuses fermes, voies de communication et notamment pont de la GP17) tend à accroître fortement l'impact d'un ouvrage sur ce site,
- en acceptant de noyer l'usine hydroélectrique du barrage de Nébeur, il est possible de créer une retenue de 420 millions de mètres cubes. Cette situation correspond à la cessation d'activité du barrage de Nébeur. En répartissant cette capacité en une tranche morte de 100 Mm³, une tranche d'amortissement de 160 Mm³ et une capacité utile de 160 Mm³, le coût du m³ d'eau stockée est supérieur à 1,2 DT (ce qui correspond à un coût de l'aménagement de 193 millions de DT). Ce prix au m³ ne tient pas compte des impacts cités ci-dessus.

En conclusion, au terme de cette comparaison des sites et particulièrement des sites du Gué du Caroubier et du Pont de la GP17, nous recommandons de poursuivre les études d'Avant-Projet Sommaire sur le site du Gué de Caroubier qui est clairement le plus intéressant.

5.2 Contenu des études d'Avant-Projet Sommaire

Les études d'Avant-Projet Sommaire sur le site du Gué du Caroubier comprendront les éléments suivants :

- définition, suivi et interprétation des reconnaissances géologiques et géotechniques permettant de confirmer la faisabilité du barrage et de préciser le projet,
- reconnaissance géologique et topographique des affleurements de trias en queue de retenue,
- dimensionnement de la retenue en fonction des différents objectifs recherchés : tranche morte, capacité utile et tranche de laminage des crues et des contraintes naturelles du site (topographie, géologie et hydrologie). Ce dimensionnement sera étudié par simulation de fonctionnement de la retenue en fonction d'objectifs de régularisation à définir avec l'Administration. Les données disponibles relatives à la création de retenues en Algérie seront prises en compte à ce niveau.
- optimisation du choix de l'axe d'implantation et du type de barrage. Le barrage poids en BCR nous paraît être la solution du site, sous réserve de confirmation des qualités géotechniques des appuis. Par contre, l'implantation du barrage demande à être optimisée : une implantation courbe semble intéressante, elle permet d'éviter l'extrémité des appuis qui est très mince et d'augmenter la longueur de déversement.

- étude de (ou des) ouvrages d'évacuation des crues : différentes combinaisons d'un déversoir libre et d'un ouvrage vanné seront étudiées. Compte tenu de l'importance des débits de pointe et des apports de crues, l'optimisation économique du projet est largement dépendante de la conception d'évacuateur de crue.

5.3 Autres directions de recherche

La synthèse des données disponibles sur la vallée du Mellegue nous conduit à proposer trois directions pour les études à réaliser en vue de la création du nouveau réservoir pour remplacer à l'horizon 2015 celui du Nébeur.

- étude hydrologique détaillée des crues de l'oued Mellegue : l'économie et la sécurité de l'aménagement dépendra de façon essentielle d'une bonne appréciation de la crue de projet à considérer.
- réflexion sur le devenir du barrage du Nébeur
 - peut-on augmenter sa durée de vie (dragage des sédiments, aménagement du bassin amont...)?
 - mesures à prendre pour garantir sa sécurité à long terme, vis à vis de la stabilité du barrage et de l'évacuation des crues
- étude des possibilités d'aménagement du bassin amont du Mellegue : trois affluents présenteront en effet une topographie favorable à l'implantation d'un barrage (Kohol, Melah et RMel). A capacité équivalente, ces sites pourraient avoir une durée de vie beaucoup plus longue que les sites implantés sur la vallée principale pénalisés par la superficie du bassin versant contrôlée.

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

ANNEXES	1
TABLE DES MATIERES	1
ANNEXE 1 APPORTS AU BARRAGE DE NESEUR	1
1.1 DONNEES	1
1.2 AUTOMATISME	2
ANNEXE 2 DONNEES HYDROLOGIQUES DES STATIONS DU BASSIN VERSANT	1
2.1 DONNEES ANNUELLES A LA STATION K13	1
2.2 AUTRES DONNEES	3
2.2.1 Station K27	3
2.2.2 Station du Grand R. mel	4
2.2.3 Station du Grand Sarrasin	4
ANNEXE 3 CORRELATION DES APPORTS ANNUELS NESEUR / K13	1
ANNEXE 4 ETUDE DES CRUES	1
4.1 JOURNAUX D'ESTIMATION REGULARISEE	1
4.2 ANALYSE DE LA STATION K13	2
4.3 ABUTISSEMENT DES JOURS-STATUTS	4
4.4 ESTIMATION DES JOURS-STATUTS	5
4.5 LAMINAGE DES CRUES AU BARRAGE DE NESEUR	6
ANNEXE 5 SALINITE DES RETENUES	1
ANNEXE 6 LAMINAGE DES CRUES AU GUE DU CAROUBIER	1
ANNEXE 7 PRINCIPES DE RESULTATS EVA	1

ANNEXES

TABLE DES MATIERES

ANNEXES	1
TABLE DES MATIERES	1
ANNEXE 1 APPORTS AU BARRAGE DE NESEUR	1
1.1 DONNEES	1
1.2 AUTOMATISME	2
ANNEXE 2 DONNEES HYDROLOGIQUES DES STATIONS DU BASSIN VERSANT	1
2.1 DONNEES ANNUELLES A LA STATION K13	1
2.2 AUTRES DONNEES	3
2.2.1 Station K27	3
2.2.2 Station du Grand R. mel	4
2.2.3 Station du Grand Sarrasin	4
ANNEXE 3 CORRELATION DES APPORTS ANNUELS NESEUR / K13	1
ANNEXE 4 ETUDE DES CRUES	1
4.1 JOURNAUX D'ESTIMATION REGULARISEE	1
4.2 ANALYSE DE LA STATION K13	2
4.3 ABUTISSEMENT DES JOURS-STATUTS	4
4.4 ESTIMATION DES JOURS-STATUTS	5
4.5 LAMINAGE DES CRUES AU BARRAGE DE NESEUR	6
ANNEXE 5 SALINITE DES RETENUES	1
ANNEXE 6 LAMINAGE DES CRUES AU GUE DU CAROUBIER	1
ANNEXE 7 PRINCIPES DE RESULTATS EVA	1

ANNEXE 1 APPORTS AU BARRAGE DE NEBEUR

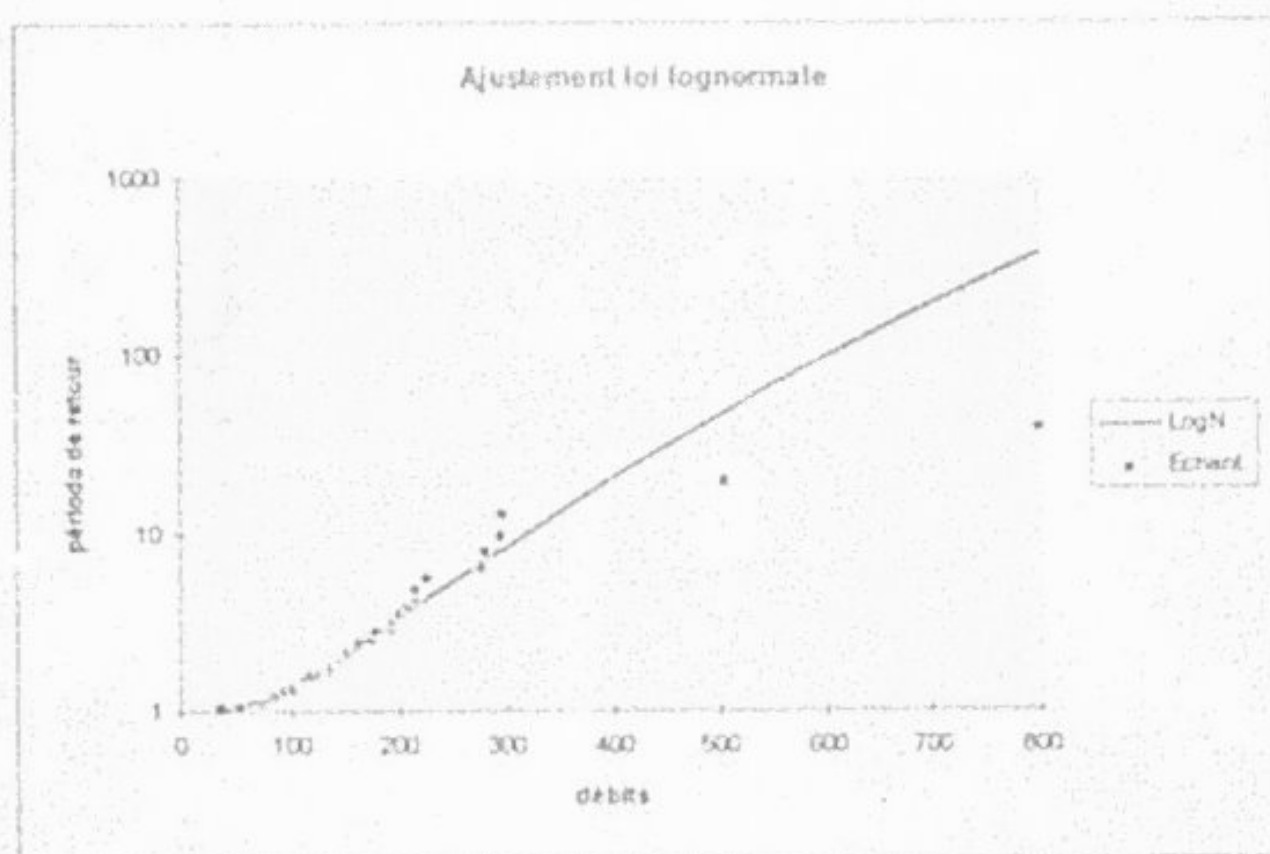
1. Données

année	apports annuels hm3	apport mensuel maximal hm3
1955 / 56	80.65	20.81
1956 / 57	213.98	57.61
1957 / 58	158.04	46.92
1958 / 59	293.16	154.20
1959 / 60	213.50	77.63
1960 / 61	37.29	9.78
1961 / 62	95.27	41.31
1962 / 63	63.40	18.74
1963 / 64	279.28	96.79
1964 / 65	117.23	61.86
1965 / 66	85.18	27.89
1966 / 67	113.12	34.08
1967 / 68	190.65	55.60
1968 / 69	53.65	16.43
1969 / 70	798.23	454.12
1970 / 71	88.48	28.17
1971 / 72	208.36	62.92
1972 / 73	504.22	236.20
1973 / 74	76.04	34.23
1974 / 75	176.54	64.36
1975 / 76	193.00	48.67
1976 / 77	198.51	68.93
1977 / 78	132.67	47.55
1978 / 79	150.64	84.94
1979 / 80	152.08	78.71
1980 / 81	146.15	58.23
1981 / 82	224.86	85.23
1982 / 83	111.37	50.72
1983 / 84	95.47	29.38
1984 / 85	136.80	45.56
1985 / 86	103.22	27.06
1986 / 87	128.10	31.03
1987 / 88	144.21	53.27
1988 / 89	162.71	50.70
1989 / 90	275.03	98.43
1990 / 91	295.14	77.69
1991 / 92	171.99	22.56
1992 / 93	113.25	14.46
1993 / 94	36.82	9.95

Source : Tableaux d'exploitation du barrage de Nébeur

2. Ajustement

	apports annuels hm3	apport mensuel maximal hm3
moyenne	175	66
médiane	145	51
écart-type	134	76
coef. de variation	0.77	1.15



ANNEXE 2 DONNEES HYDROLOGIQUES DES STATIONS DU BASSIN VERSANT

2.1 Données annuelles à la station K13

	Max. annuel instantané	Valeurs annuelles		
	m ³ /s	débit moyen m ³ /s	apports hm ³	lame écoulée mm
1923 / 24	80	1 13		
1924 / 25	118			
1925 / 26	253			
1934 / 35	186	5 08	160	18
1935 / 36	425			
1936 / 37	520	5 56	175	19
1937 / 38	100			
1938 / 39	54	11 2	355	39
1939 / 40	98			
1940 / 41	283			
1941 / 42	1060			
1942 / 43	825			
1943 / 44	127			
1944 / 45	431	2 54	80	9
1945 / 46	863			
1946 / 47	412	2 87	91	10
1947 / 48	2000	10 3	328	36
1948 / 49	923	8 59	271	30
1949 / 50	338	2 68	85	9
1950 / 51	569	4 23	133	15
1951 / 52	1000	9 61	304	34
1952 / 53	493	6 4	201	22
1953 / 54	244	4 07	128	14
1954 / 55	548	2 6	82	6
1955 / 56	1060	4 96	157	17
1956 / 57	446	3 16	100	11
1957 / 58	3340	7 14	225	25
1958 / 59	1070	4 72	149	17
1959 / 60	336	4 27	135	15
1960 / 61	297	1 61	51	6
1961 / 62	300	3 45	108	12
1962 / 63	418	3 99	126	14
1963 / 64	913	7 35	232	25

	Max ann	Valeurs annuelles		
	instant	débit moy	apports	largeur
	m3/s	m3/s	hm3	mm
1964 / 65	1230	3.82	120	13
1965 / 66	392	2.92	92	10
1966 / 67	627	3.55	112	12
1967 / 68	960	5.76	182	20
1968 / 69	130	1.75	55	6
1969 / 70	4480	25.1	792	58
1974 / 75	1350	5.45	171	19
1975 / 76	774	4.73	150	17
1976 / 77	519	5.33	168	19
1977 / 78	472	4.08	129	14
1978 / 79	1350	5.25	166	18
1979 / 80	487	3.15	100	11
1980 / 81	301	3.53	111	12
1981 / 82	544	4.42	139	15
1982 / 83	1120	4.6	145	16
1983 / 84	419	2.6	82	9
1984 / 85	569	4.64	146	16
1985 / 86	730	3.21	101	11
1986 / 87	1130	6.48	204	23
1987 / 88	881	5.12	162	18
1988 / 89	4770	8.08	255	28

nombre	54	44	44	43
moyenne	805	5.25	166	19
médiane	520	4.51	142	16
écartype	931	3.79	120	13
Cv	1.16	0.72	0.72	0.71

Sources : Annales hydrologiques et Monographies de la Medjerda

2.2 Autres données

L'ensemble des données présentées ici proviennent des annuaires hydrologiques et de la Monographie de la Medjerda

2.2.1 Station K22 sur l'Oued Mellègue

La station contrôle un bassin versant de 10 300 km²

Date	Qp m ³ /s	Apports hm ³
1945	567	
1946	302	
1947		
1948	1140	304
1949	352	104
1950	408	150
1951	1210	328
1952		
nombre	6	4
moyenne	663	222
médiane	488	227
ec-type	407	111
Cv	0.61	0.50

2.2.2 Station sur l'Oued R'mel

La station contrôle un bassin versant de 402 km².

Année	Apports	Crue Max	Date
1977	4.3	19.8	11
1978	4.4		
1979	11.7		
1980	4.9	53	9
1981	3.5	54.5	9
1982	5.6	29	10
1983	2.7	9.4	3
1984	5.7	70	12
1985	3.6	72	16-jui
1986	4.2	71	28-sep
1987	5.3	89	21-mai
1988	7.2	182	11-oct
Moyenne	5.4	39	
Médiane	4.7	41	
Ec-type	2.8	23	
Cv	0.52	0.60	

2.2.3 Station sur l'Oued Sarrath

La station contrôle un bassin versant de 1520 km².

Année	Apports	Crue max	Date
1977	27	468	5
1978	21	266	4
1979	13	46.3	11
1980	9	26	31-déc
1981	19	197	4
1982	13	78	11
1983	9	73	11
1984			
1985	9	116	17-jui
1986	15	263	26-aoû
1987	24	340	20-mai
1988	78	945	14-nov
Moyenne	16	165	
Médiane	13	78	
Ec-type	7	159	
Cv	0.42	0.97	

ANNEXE 3 CORRELATION DES APPORTS ANNUELS NEBEUR / K13

Afin de déterminer les apports annuels aux différents sites, une formule d'extrapolation des apports mesurés au barrage de Nébeur est recherchée. Pour cela, des données étant disponibles à la station du K13, une relation est recherchée entre ces deux points de mesure.

Deux types d'ajustement sont recherchés : une corrélation linéaire entre les apports des deux stations (1), ou une corrélation logarithmique (2).

1. $A_{K13} = \lambda A_{Nébeur}$, où l'on pose, classiquement, $\lambda = \left(\frac{S_{K13}}{S_{Nébeur}} \right)^{\alpha}$

2. $\log(A_{K13}) = \log(k) + \beta \log(A_{Nébeur})$, qui s'écrit encore : $A_{K13} = k A_{Nébeur}^{\beta}$

Pour les deux formules, les paramètres d'ajustement (λ , k , β) sont alors optimisés. La qualité de la modélisation est exprimée par le coefficient de corrélation.

Les relations obtenues sont :

	relation	coefficient de corrélation
1	$A_{K13} = \left(\frac{S_{K13}}{S_{Nébeur}} \right)^{0.12} A_{Nébeur}$	0,92
2	$A_{K13} = 3,48 A_{Nébeur}^{0.75}$	0,83

La relation n° 1 est retenue pour l'étude. En l'extrapolant (ce qui est parfaitement justifié, compte-tenu de la répartition des sites sur le cours de l'oued Mellegue), les apports sur chacun des sites seront exprimés par :

$$A = \left(\frac{S}{S_{Nébeur}} \right)^{0.12} A_{Nébeur}$$

ANNEXE 4 - ETUDE DES CRUES

4.1 Formules d'estimation régionales

Les formules régionales correspondent à un ajustement des données observées sur l'ensemble d'un territoire homogène du point de vue hydrologique. En ce sens, elles sont une adaptation de la formule de L'etat.

La formule de Kalai, établie en 1977 sur la base d'un recensement de toutes les crues nationales à l'échelle

$$q = 2.05^{0.11} \frac{T^{0.41}}{S}$$

- où
 T est la période de retour, en années
 S est la superficie du bassin versant, en km²
 q le débit spécifique, en m³/s/km²

La formule de Figueira, établie en 1983, est basée sur la notion de formule de réduction (réduction du débit spécifique par rapport au débit spécifique maximal apparu sur le bassin versant, en fonction de la superficie de ce bassin versant).

Elle s'écrit, dans le cas de la zone Méditerranéenne

$$q = k_p(T) \frac{535}{(S+1)^{0.05}}$$

Les notations sont les mêmes que pour la formule précédente, k_p est un coefficient donné par l'annexe.

Les valeurs données par ces deux formules pour le bassin versant du Nebeur sont les suivantes (débit de pointe en m³/s).

Kalai		période de retour							
Site	SV	2	5	10	50	100	500	1000	
D'Adda	8 700	882	932	1 319	2 551	3 389	6 557	8 712	
K13	9 000	893	1 059	1 341	2 595	3 447	6 669	8 861	
Bou Ferra	9 700	735	1 025	1 363	2 637	3 904	6 779	9 067	
Amoudou	10 100	734	1 069	1 421	2 749	3 652	7 065	9 387	
Nebeur	10 800	741	1 082	1 435	2 776	3 663	7 134	9 479	
Chéïb	10 000	752	1 095	1 436	2 816	3 741	7 238	9 616	

Erigui		periode de retour						
site	HV	2	5	10	50	100	500	1 000
1	8 700	570	1 026	1 444	2 965	3 801	6 956	8 970
K13	9 000	579	1 043	1 468	3 012	3 862	7 068	9 115
2	9 300	588	1 059	1 490	3 059	3 922	7 177	9 256
4	10 100	612	1 101	1 549	3 180	4 077	7 461	9 622
Nébeur	10 300	617	1 111	1 564	3 210	4 115	7 530	9 711
6	10 600	626	1 126	1 585	3 253	4 171	7 633	9 843

Les auteurs indiquent que les valeurs données pour la période de retour 1 000 ans sont à considérer avec prudence.

On note que ces formules semblent minorer les débits de pointe depuis la mise en service du barrage, le débit centennal a été dépassé 5 fois.

4.2 Analyse de la station K13

54 années de données sont disponibles. Elles couvrent la période 1923 - 1989, à l'exception de quelques années. Le tableau rassemblant l'ensemble de ces données est présenté en annexe 2.

Des ajustements ont été menés aux lois normales, lognormales et de Gumbel. Celle qui convient le mieux est la loi lognormale (comparaison aux données par la méthode des moindres carrés). Les graphes sont donnés page suivante.

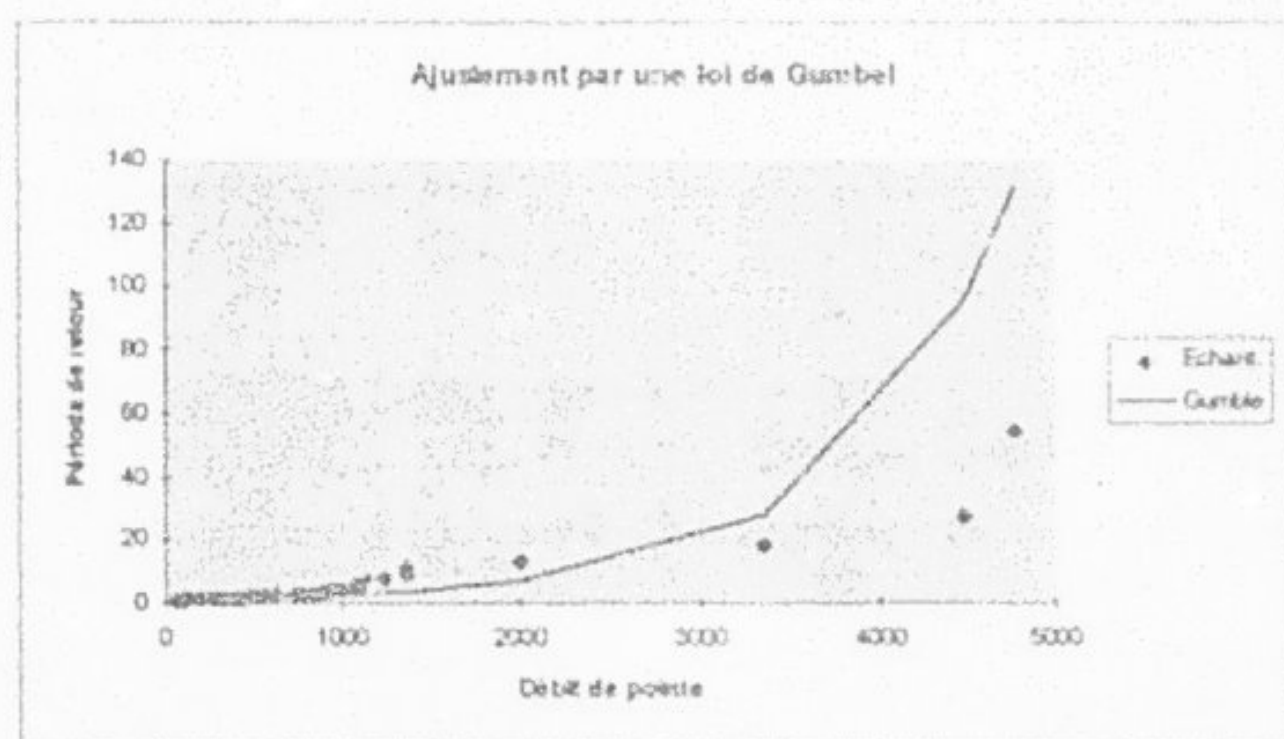
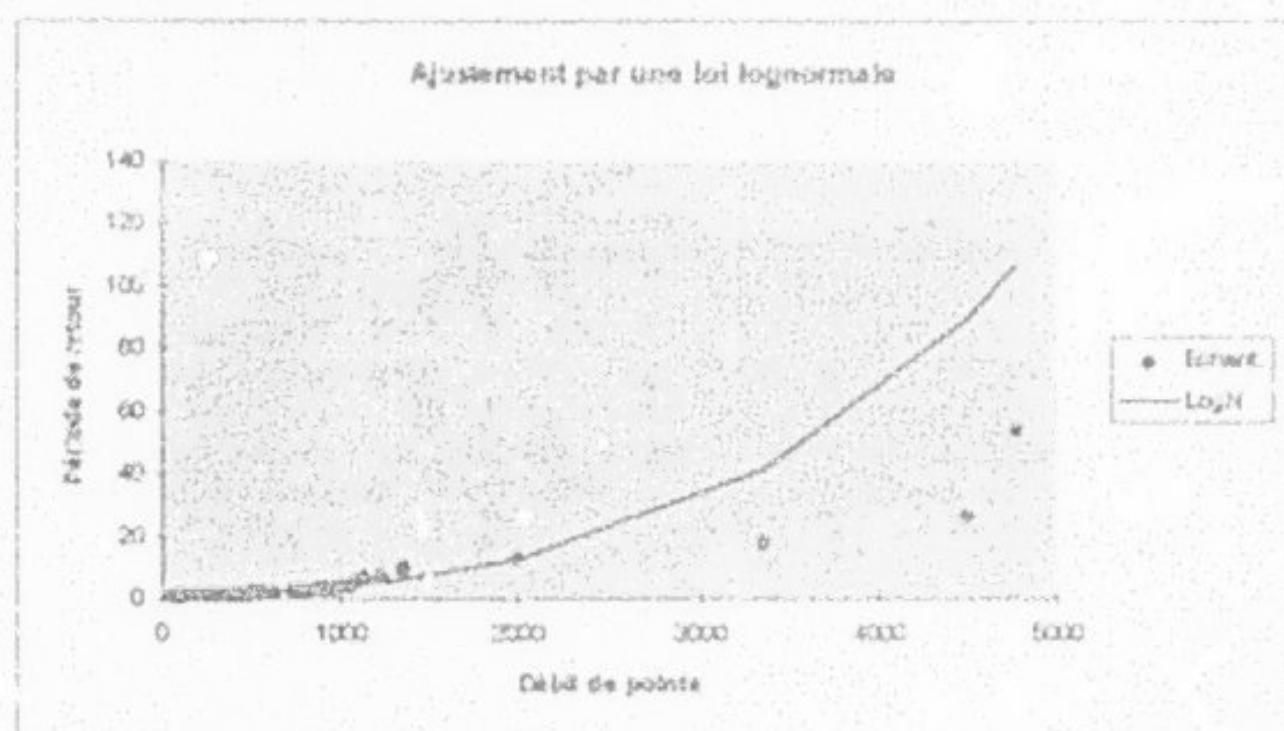
L'ajustement lognormal traduit, par rapport à l'ajustement classique à la loi de Gumbel, une progressivité plus forte des débits de pointe en fonction de la période de retour. Il apparaît d'ailleurs que les événements de 1969 et 1988 sont mal estimés : la période de retour des débits de pointe est évaluée à 100 ans environ par l'ajustement. Une sous-estimation des crues de projet n'est donc pas à exclure.

Les résultats en terme de prédiction des débits de pointe, avec ajustement aux lois lognormale et de Gumbel, sont les suivants :

n = 54	Station K13 - Période de retour								
	2	5	10	50	100	500	1 000	5 000	10 000
Lognormale	525	1 155	1 745	3 605	4 655	7 820	9 540	14 550	17 200
Gumbel	640	1 680	2 365	3 880	4 520	6 000	6 640	8 115	8 750

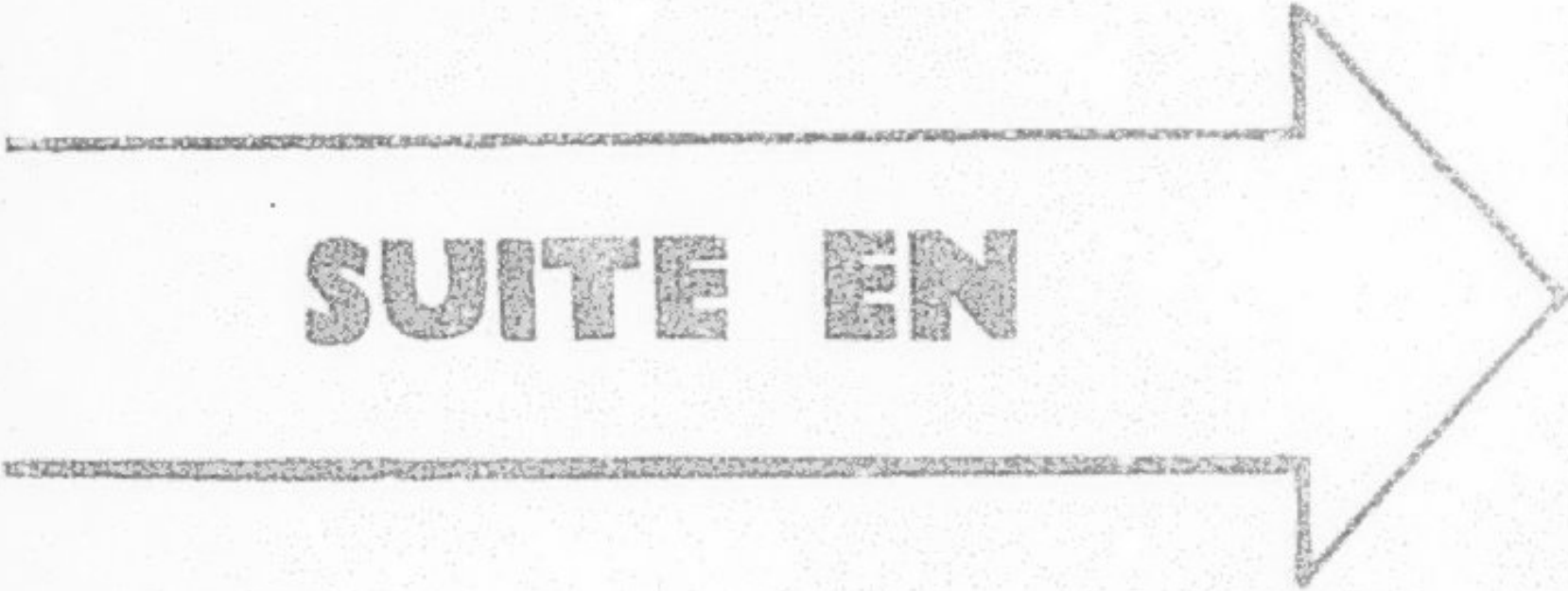
L'évaluation de l'ajustement par la méthode des moindres carrés donne de meilleurs résultats pour la loi lognormale.

Ajustement statistique des débits à la station K13



La méthode des moindres carrés indique les écarts suivants à l'ajustement :

- loi lognormale : 8,7
- loi de Gumbel : 13,4



SUITE EN

F

2



MICROFICHE N°

08750

République Tunisienne

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

CENTRE NATIONAL DE

DOCUMENTATION AGRICOLE

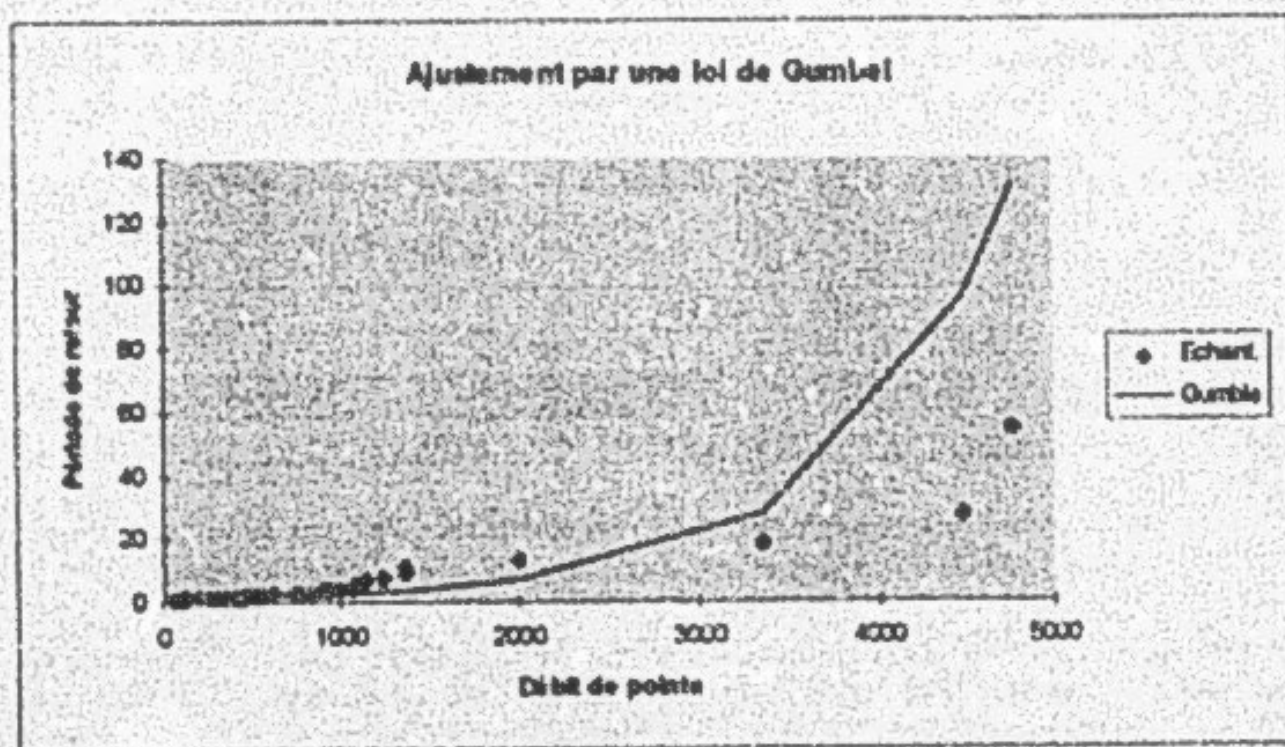
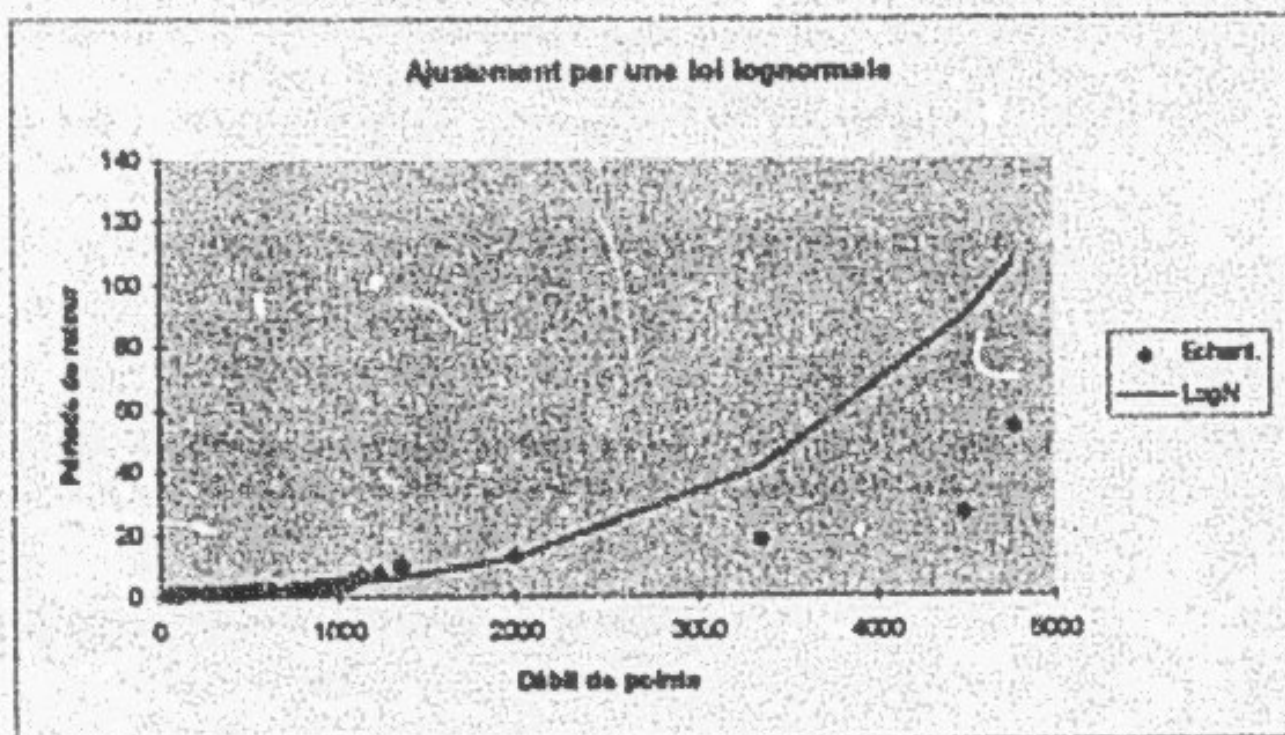
TUNIS

الجمهورية التونسية
وزارة الزراعة

المركز القومي
للتوثيق الفلاحي
تونس

F 2

Ajustement statistique des débits à la station K13



La méthode des moindres carrés indique les écarts suivants à l'ajustement :

- loi lognormale : 3,7
- loi de Gumbel : 13,4

4.3 Méthode des années-stations

Les résultats ci-dessus peuvent être affinés en y adjoignant les autres données relatives au bassin versant : station K22 (avant le remplissage de la retenue de Nébeur), stations sur l'oued R'Mel (affluent rive droite, la station contrôle un bassin de 402 km²) et sur l'oued Sarrath (affluent rive droite, à l'amont de tous les sites, la station contrôle un bassin de 1520 km²).

Ces données figurent en annexe 2. Elles couvrent les périodes suivantes :

- R'Mel : 1997 - 1998
- Sarrath : 1977 - 1988
- K22 : 1945 - 1951

La méthode des années-stations consiste à rendre les débits adimensionnels : pour chacune des stations, on définit les débits de pointes annuels adimensionnels :

$$\bar{Q}_p = \frac{Q_p}{Med}$$

où Q_p est le débit de pointe annuel considéré,

Med est la médiane des débits de pointe sur la période d'observation,

$\bar{Q}_p$ est le débit de pointe adimensionnel

En compilant les débits de pointes adimensionnels (désormais comparables entre eux), le nombre de données est augmenté. Nous obtenons ici 81 données.

L'ajustement à la loi lognormale est encore le plus satisfaisant, les résultats sont les suivants :

n = 81	période de retour								
	2	5	10	50	100	500	1 000	5 000	10 000
Lognormale	500	1 030	1 620	3 290	4 220	7 000	8 510	12 900	15 200
Gumbel	600	1 490	2 090	3 390	3 940	5 220	5 760	7 000	7 600

Une estimation moins forte des débits de pointe est obtenue. Cette diminution doit être considérée avec prudence, ce qu'illustrent les données relatives à la crue de 1988.

La crue de 1988 a été enregistrée par les trois stations R'Mel, Sarrath et K13. Elle est beaucoup moins violente sur les deux affluents, et ne s'est pas produite à la même date qu'à la station K13 : l'événement pluvieux à l'origine de la crue mesurée au K13 s'est probablement produit en amont des deux affluents.

Dans l'éventualité où cette crue reflète le mécanisme de déclenchement des crues les plus violentes, les stations sur les affluents ne sont que peu concernées. La méthode des années-stations perd alors sa validité dans la prédiction de crues exceptionnelles.

Les estimations présentées ici sont uniquement basées sur l'analyse statistique des débits. Il est clairement établi que ces méthodes sont insuffisantes pour prédire le débit de pointe de la crue de projet. Une estimation plus fiable des débits de pointe des crues de grandes périodes de retour doit faire appel aux méthodes pluviométriques (gradex, PMF).

4.4 Extension aux sites étudiés

L'extension aux sites étudiés des débits mesurés à la station K13 est réalisée en utilisant une formule de réduction du type : $\frac{Q}{Q_{ref}} = \left(\frac{S}{S_{ref}} \right)^\alpha$, couramment utilisée.

Cette formule provient initialement de la formule de Levrat, qui s'écrit : $Q = kS^\alpha (\log T)^\alpha$. La seule différence provient du coefficient α , qui n'est pas, a priori, pris égal à 0,5. D'autre part, cette formule revient à identifier S et $S+I$ dans les formules de réduction exposées par H.L. Frigui, ce qui est légitime compte-tenu des superficies considérées.

Le coefficient α est déterminé en comparant les débits aux différentes stations de mesures, et en validant ce résultat par les formules de Levrat et Frigui.

Pour chaque station, la comparaison entre les crues observées et les crues observées à la station K13 permet de déterminer le coefficient α (par régression linéaire). Les indices de qualité du modèle (nombre de couples de valeurs et coefficient de régression) sont donnés.

	α	n	r
Sarrath	0,90	12	0,85
R'Mel	1	10	0,72
K 22	0 (peu fiable)	6	0,86
Levrat	0,5		
Frigui	0,47		

Les résultats, très dispersés, sont en partie expliqués par le régime des crues de l'oued, tel que le décrit la Monographie de la Medjerda : les crues sont soudaines et se déclenchent à la suite d'un événement pluvieux qui ne concerne généralement qu'une partie du bassin versant. La propagation de l'onde de crue est alors rapide (de l'ordre de 10 km/h).

Ceci indique que les tentatives de corrélation entre les débits de pointe mesurés en diverses stations échouent, puisque les crues considérées ne sont que rarement le produit du même événement pluvieux.

Cette conclusion est notamment corroborée par les dates d'occurrence des débits instantanés maxima, lorsqu'elles sont données : il y a rarement coïncidence entre les différentes stations.

Faute de données plus complètes et plus fiables, il sera pris $\alpha=0,5$.

Il est à noter que, compte-tenu des faibles différences entre les superficies des bassins versants aux différents sites, cette incertitude sur le coefficient α n'est pas pénalisante : l'erreur engendrée par une mauvaise appréciation de α n'est que de l'ordre de 2%.

4.5 Laminage des crues au barrage de Nèbeur

La détermination de la réduction du volume de pointe amenée par la retenue du barrage de Nèbeur requiert la connaissance de plusieurs paramètres :

- hydrogramme unitaire des crues rares et exceptionnelles,
- durée des événements de crue,
- données sur l'évacuation des crues au barrage de Nèbeur.

Nous ne disposons d'informations précises que sur ce dernier point.

L'hydrogramme unitaire a été choisi avec les données de la littérature (hydrogramme adimensionnel de l'USCS, couramment admis). Cet hydrogramme est ensuite transformé par l'introduction de t_p , temps de montée de la crue et Q_p , débit de pointe de la crue millénaire.

La durée des événements de crue est développée dans la Monographie de la Medjerda. Les temps de montée de crue sont souvent très courts (de 2 à 8 h, avec une médiane à 6 h). Quelques crues font exception, c'est notamment le cas de la crue exceptionnelle de 1969 (temps de montée : 30 h). Ces exceptions sont particulières (à deux ou plusieurs pics, elles correspondent à la superposition de plusieurs phénomènes).

Aucune corrélation satisfaisante n'est obtenue entre les débits de pointe et les durées des événements associés : à titre d'exemple, le second débit de pointe (3340 m³/s) est le fruit d'une montée très rapide (6h).

Le temps de descente est, en moyenne, quatre fois plus long que le temps de montée.

La plupart des événements observés sont à un seul pic, et de temps de montée inférieur à 10 h.

Le débit de pointe choisi, au barrage de Nèbeur, est 9 100 m³/s, ce qui correspond à la crue millénaire.

Le choix de l'hydrogramme unitaire respecte l'ensemble de ces considérations. Le temps de montée est choisi égal à 8 h pour les crues fréquentes, et 16 h pour les crues rares et exceptionnelles (de fréquence 1/500 ou plus rare).

Faute de données plus complètes et plus fiables, il sera pris $\alpha=0,5$.

Il est à noter que, compte-tenu des faibles différences entre les superficies des bassins versants aux différents sites, cette incertitude sur le coefficient α n'est pas pénalisante : l'erreur engendrée par une mauvaise appréciation de α n'est que de l'ordre de 2%.

4.5 Laminage des crues au barrage de Nèbeur

La détermination de la réduction du volume de pointe amenée par la retenue du barrage de Nèbeur requiert la connaissance de plusieurs paramètres :

- hydrogramme unitaire des crues rares et exceptionnelles,
- durée des événements de crue,
- données sur l'évacuation des crues au barrage de Nèbeur.

Nous ne disposons d'informations précises que sur ce dernier point.

L'hydrogramme unitaire a été choisi avec les données de la littérature (hydrogramme adimensionnel de l'USCS, couramment admis). Cet hydrogramme est ensuite transformé par l'introduction de t_p , temps de montée de la crue et Q_p , débit de pointe de la crue millénaire.

La durée des événements de crue est développée dans la Monographie de la Medjerda. Les temps de montée de crue sont souvent très courts (de 2 à 8 h, avec une médiane à 6 h). Quelques crues font exception, c'est notamment le cas de la crue exceptionnelle de 1969 (temps de montée : 30 h). Ces exceptions sont particulières (à deux ou plusieurs pics, elles correspondent à la superposition de plusieurs phénomènes).

Aucune corrélation satisfaisante n'est obtenue entre les débits de pointe et les durées des événements associés : à titre d'exemple, le second débit de pointe (3340 m³/s) est le fruit d'une montée très rapide (6h).

Le temps de descente est, en moyenne, quatre fois plus long que le temps de montée.

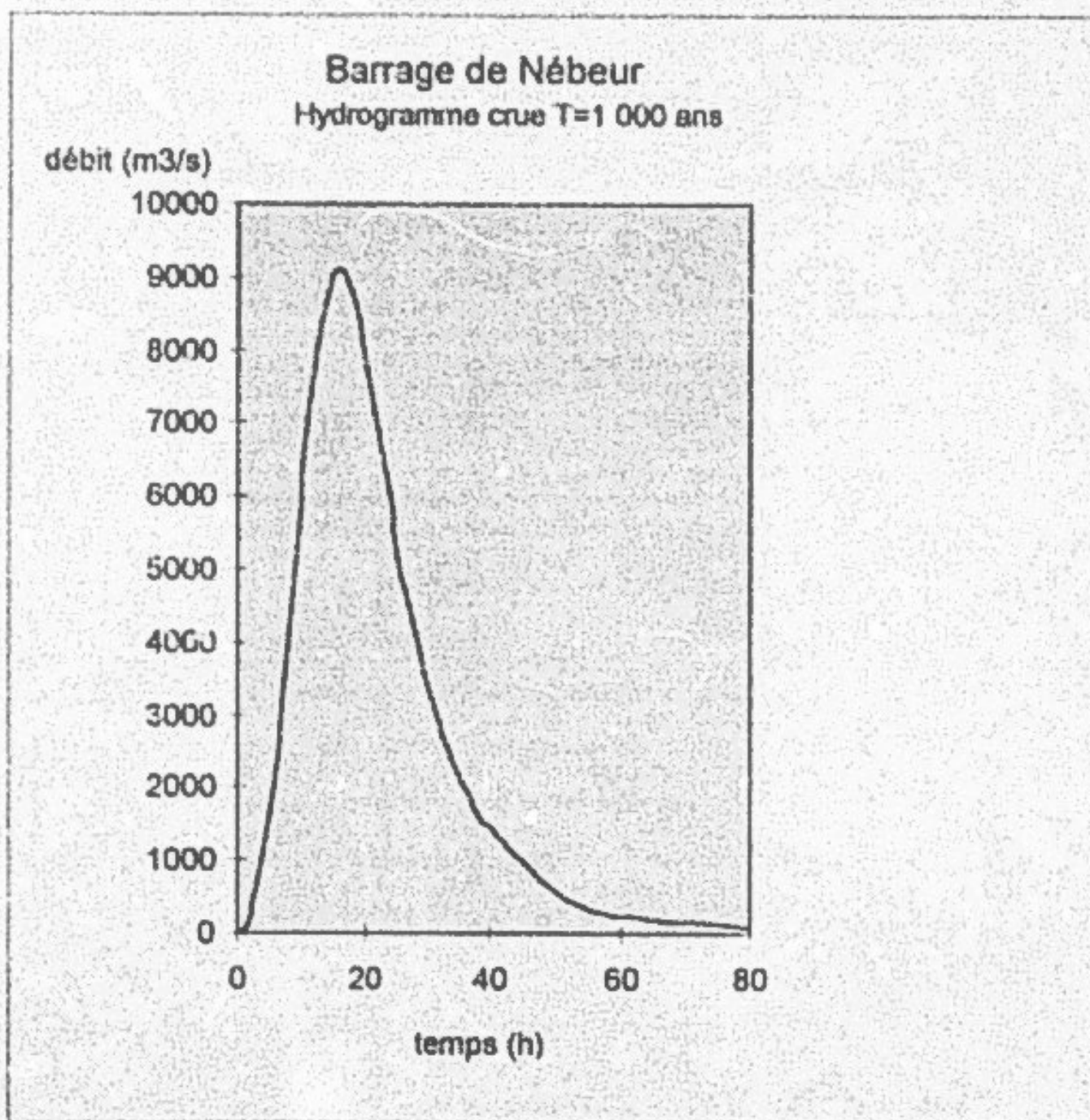
La plupart des événements observés sont à un seul pic, et de temps de montée inférieur à 10 h.

Le débit de pointe choisi, au barrage de Nèbeur, est 9 100 m³/s, ce qui correspond à la crue millénaire.

Le choix de l'hydrogramme unitaire respecte l'ensemble de ces considérations. Le temps de montée est choisi égal à 8 h pour les crues fréquentes, et 16 h pour les crues rares et exceptionnelles (de fréquence 1/500 ou plus rare).

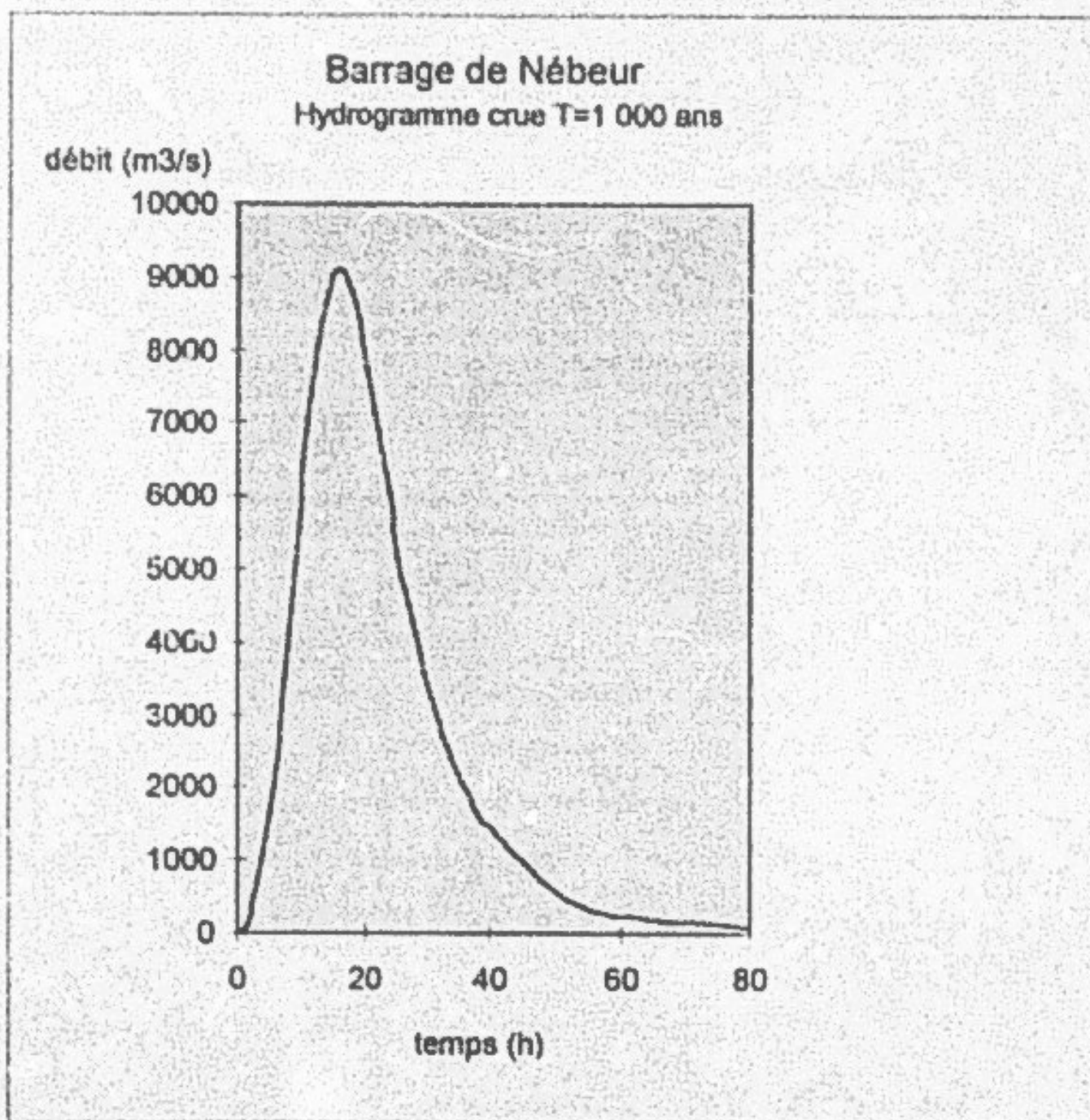
Les résultats indiquent un déversement ($NE > 269$ NGT), pour les crues de période de retour supérieure à 1000 ans.

Le calcul du laminage donne les résultats présentés sur les graphes ci-après.

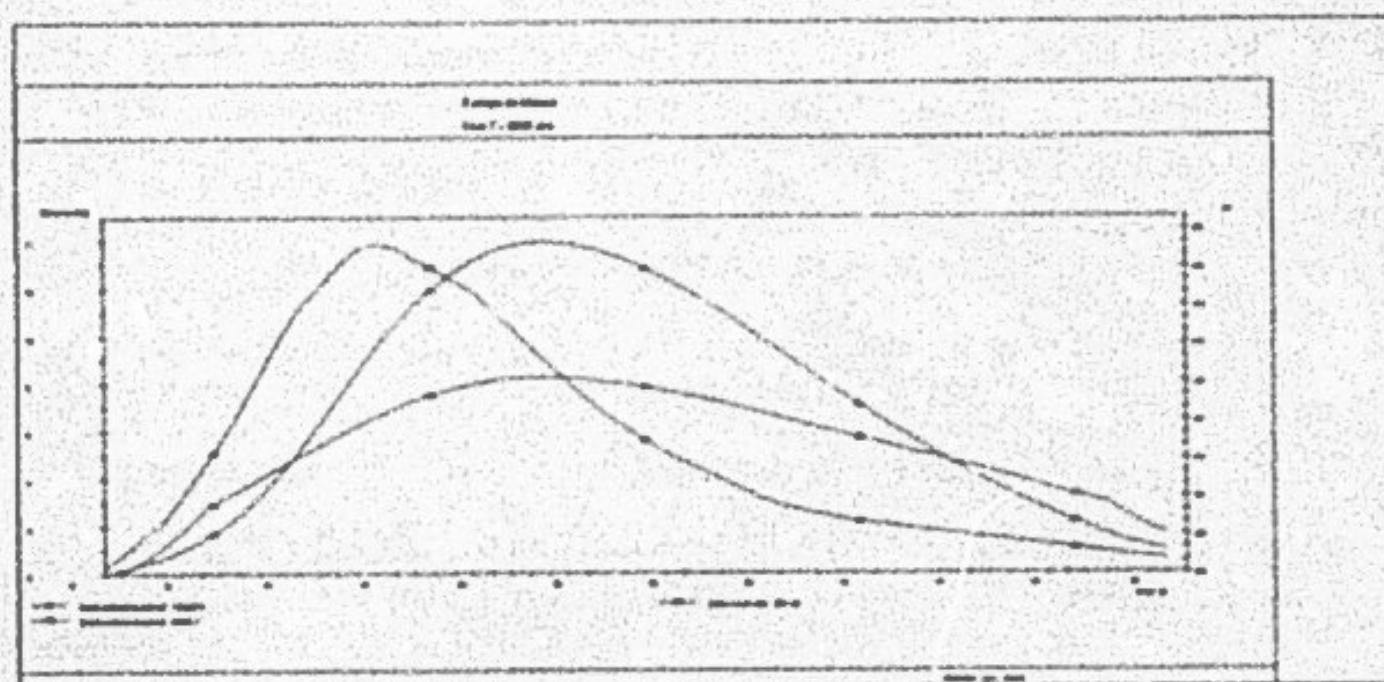
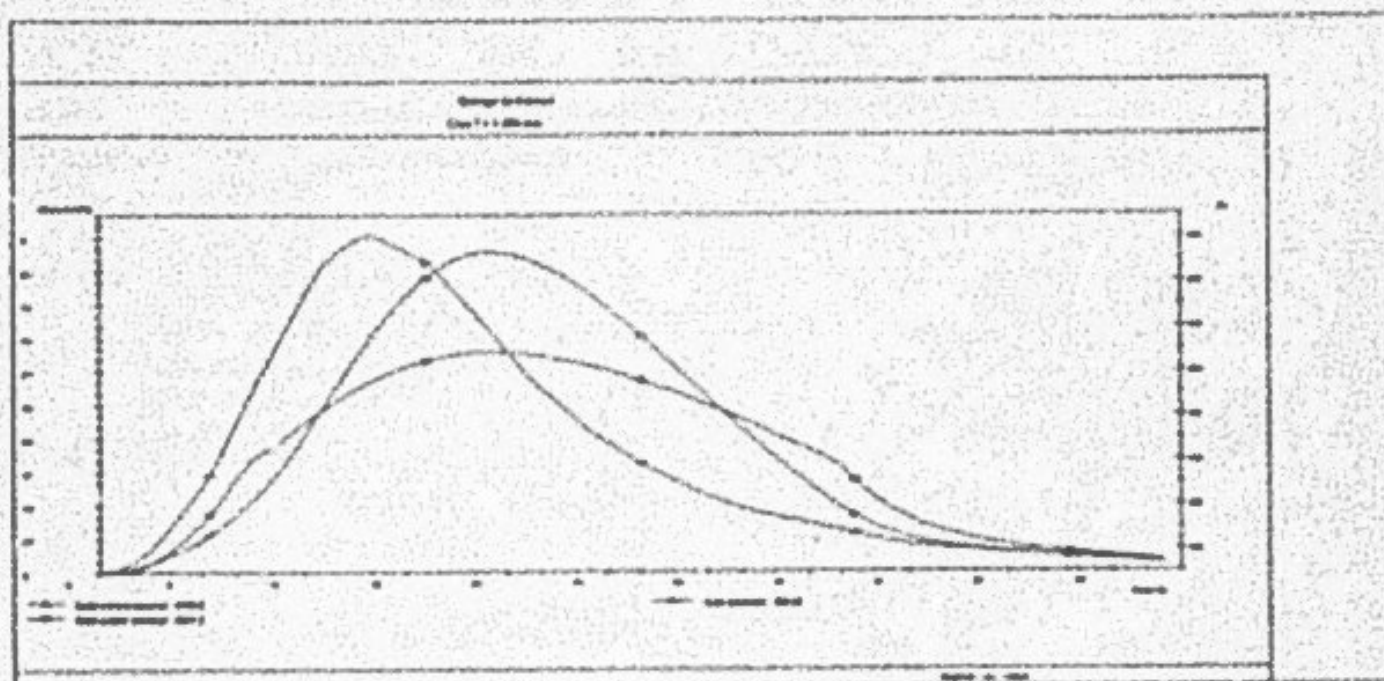


Les résultats indiquent un déversement ($NE > 269$ NGT), pour les crues de période de retour supérieure à 1000 ans.

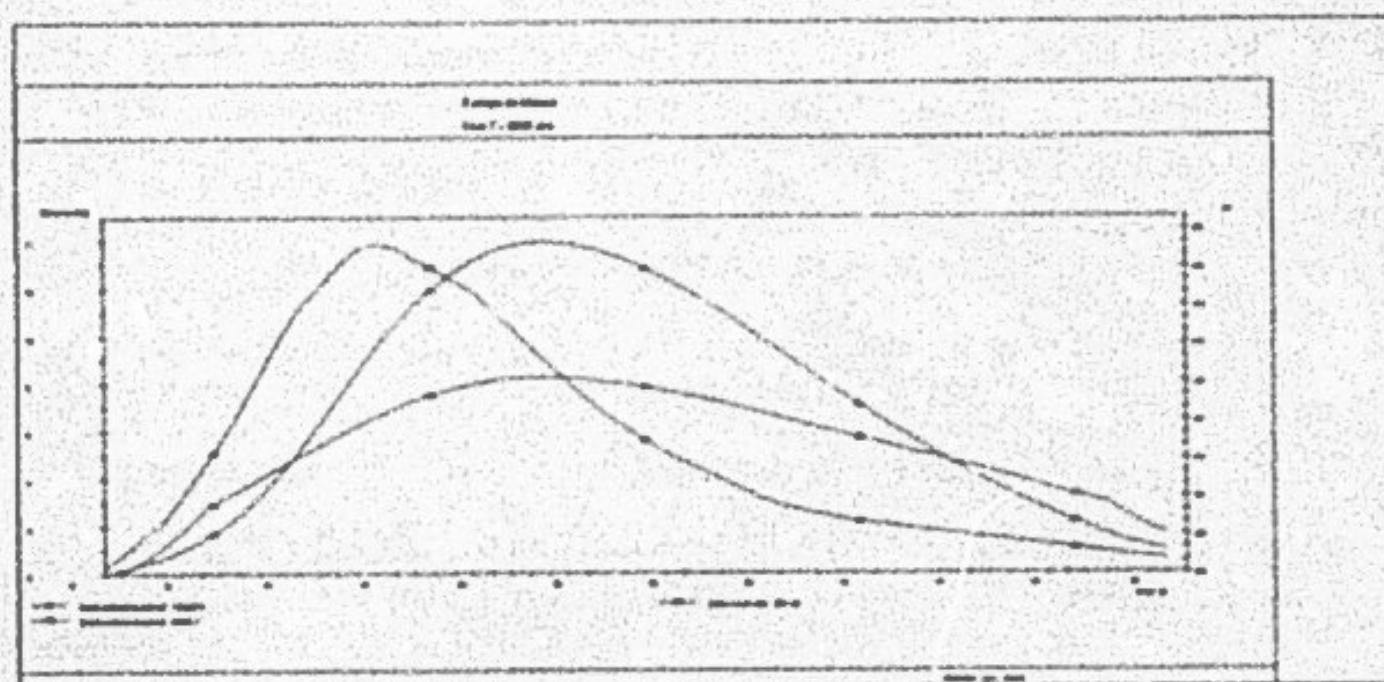
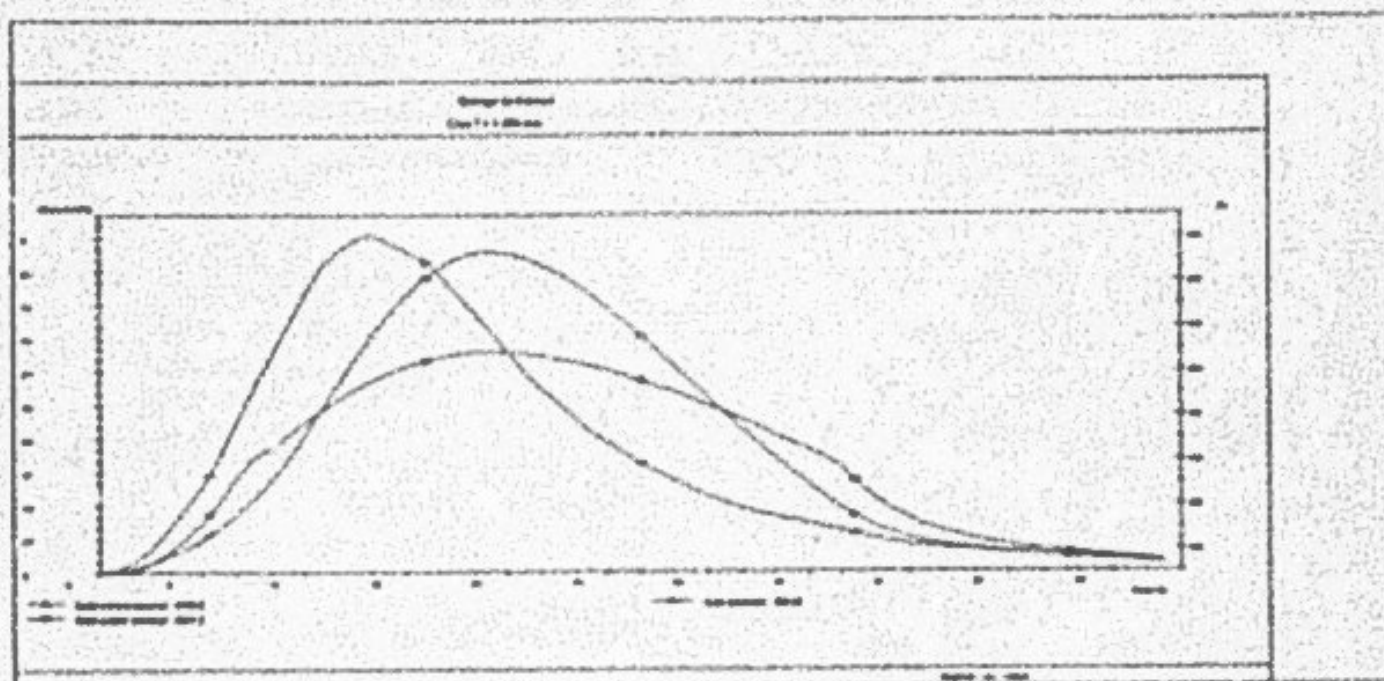
Le calcul du laminage donne les résultats présentés sur les graphes ci-après.



Laminage des crues - barrage de Nebeur



Laminage des crues - barrage de Nebeur



ANNEXE 5 SALINITE DES RETENUES

L'analyse présentée dans ce chapitre, et qui a pour but d'approcher les taux de salinité des retenues projetées, est principalement basée sur l'article "Barrage de Sidi Salem - Problèmes d'instabilité des rives en relation avec la présence de gypse dans la cuvette" (cf références).

Cet article expose notamment un modèle de l'évolution de la salinité de la retenue de Nébeur, qui est repris ici. Il y est précisé que les valeurs obtenues ne peuvent représenter qu'un "ordre de grandeur grossier".

La méthode est développée en trois points :

- 1 Evaluation de la salinité moyenne des eaux de l'oued,
- 2 Evaluation de la sursalure induite par évaporation dans la retenue,
- 3 Evaluation de la sursalure induite par dissolution des berges triasiques.

1. Evaluation de la salinité moyenne de l'oued

Des mesures de salinité d'étiage des eaux de l'oued Mellègue sont disponibles [2], [9]

Au passage de la frontière algérienne, l'oued Mellègue présente une salinité d'étiage élevée, estimée de 5 à 7 g/l selon [2], de 7 à 9 g/l selon des données de [9]

L'ensemble des affluents contribue peu à modifier la salinité de l'oued Mellègue. On note un adoucissement progressif depuis la frontière algérienne.

Les salinités aux différents sites sont extrapolées à partir des données de la bibliographie.

Le cours moyen (depuis la frontière jusqu'à la station K13) du Mellègue est bien documenté à ce propos. Il indique qu'à l'amont de la station, les principales sources d'apport en sel sont :

- l'Oued Mellègue à son passage à la frontière,
- les Oueds Zerfa, Aziba, Sidi Bessaoud et Melah.

Les charges en sel proviennent principalement de la dissolution du trias salifère. Dans ce tronçon, en débit d'étiage, la charge en sel moyenne varie de 3 à 5 g/l. Elle est inférieure à 3 g/l au niveau du site du djebel Es Saadine (avant la confluence avec l'oued Melah).

Depuis la station K13 jusqu'à la queue du barrage de Nébeur, il n'y a pas affluence d'oueds susceptibles de modifier la teneur en sel du Mellègue. Tout au plus, un léger adoucissement est observé (charge en sel à l'étiage de l'ordre de 2 à 3 g/l).

La salinité moyenne (en queue de retenue) au Nébeur est évaluée, en moyenne, à 1,35 g/l. Les apports de crues contribuent ainsi à réduire la salinité d'étiage (de 3 g/l à 1,35 g/l).

Deux hypothèses sont alors émises :

1. Sur l'ensemble des sites, les apports de crues représentent la même proportion des apports annuels.
2. La salinité de ces apports varie proportionnellement aux salinités d'étiage.

Sous ces deux hypothèses, il est alors possible de corréler la teneur en sel à l'étiage et la salinité en queue de retenue : il y a proportionnalité.

L'évaporation de l'eau de la retenue et l'attaque des rives triasiques par le battillage tendent à augmenter la charge en sel, qui atteint 2,10 g/l en moyenne dans la retenue du Nébeur. Les lâchages du Mellègue présentent la même salinité.

Au delà du Nébeur, seul un affluent (oued Melah) alimente le Mellègue en amont du site n° 6. Il est probable que cet oued soit caractérisé par une charge en sel élevée, sans que celle-ci ne soit connue. Sans autres renseignements sur les charges en sel à l'aval du Nébeur, il sera supposé cette charge constante.

Les projections sur la qualité de l'eau dans les retenues sont résumées comme suit :

1. Des hypothèses sur le mode de gestion des ouvrages doivent être faites.

Pour le Gué du Caroubier (avec une cote de retenue normale à 300 NGT), de capacité analogue à celle de Nébeur, on suppose un remplissage moyen équivalent à celui de Nébeur. Le niveau moyen de la retenue est alors à la cote 290 NGT, ce qui correspond environ à 180 hm³ au début d'exploitation.

Pour les autres sites, le remplissage est plus facile (retenues de moindre capacités). La capacité moyenne est évaluée comme suit :

Djebel El Saadine :	30 hm ³
Henchir Bou Farou :	25 hm ³
Pont sur la GP17 :	80 hm ³

2. Les surfaces sont interpolées à partir des données topographiques.

3. L'évaporation annuelle est supposée proportionnelle à la surface de la retenue, et extrapolée à partir des données du barrage de Nébeur. [3]

L'évaporation est calculée par $E = 0,75 \cdot e \cdot S$,

où e est l'évaporation au bac (moyenne mensuelle), telle que mesurée au Nébeur, ($e = 127$ mm/mois).

S est la surface de la retenue.

4. La différence de volume imputable à l'évaporation est alors rapportée aux apports annuels. Le rapport obtenu donne la sursalinité.

La sursalure engendrée par l'évaporation est donnée par : $s \cdot A = (s + \Delta s) \cdot (A - E)$,

avec : s : salinité moyenne des apports à l'entrée de la retenue,

A : apports mensuels moyens,

E : évaporation mensuelle moyenne,

Δs : augmentation de salinité par évaporation.

	salinité de l'oued	Volume de la retenue	Surface de la retenue	Apports annuels	augmentation par évaporation
	g/l	h m ³	ha	h m ³	g/l
Dj Saadine	1,4	30	400	159	0,04
Bou Farou	1,5	25	350	165	0,04
Gué Caroubier	1,35	180	1 100	173	0,1
GP17	2,1	80	600	178	0,08

Les berges triasiques baignées par la retenue contribuent à l'augmentation de la teneur en sel dans la retenue, ce principalement par l'action du batillage.

La formule retenue pour l'évaluation de la sursalure est celle qui a été déterminée dans le cas du barrage de Nébeur : $T = 0,65 (3,75 - s)L$.

T est la quantité de sel dissous mensuelle

s est le résidu sec en g/l de l'eau

L est la longueur en km des berges triasiques.

La longueur des berges triasiques baignées est choisie égale à la demi-somme des longueurs correspondant aux cotes extrêmes estimées de marnage moyen.

Ces cotes ont été déterminées en adoptant les hypothèses sur la gestion de la retenue formulées ci-dessus, et en extrapolant les hauteurs de marnage du barrage de Nébeur. Les résultats sont les suivants :

Henchir Bou Farou : 320 à 335 NGT

Djebel Saadine : 350 à 365 NGT

Gué du Caroubier : 285 à 300 NGT

Pont sur la GP17 : 190 à 205 NGT

Les berges baignées par la retenue du gué du Caroubier sont nettement plus raides que celles de la retenue du barrage de Nébeur. Le coefficient 0,65 de la formule précédente est remplacé par 1 (possibilité d'éboulements, érosion facilitée)

La longueur des berges triasiques baignées par la retenue a été relevée sur les cartes au 1/50 000. Compte-tenu de l'échelle, les erreurs engendrées peuvent être importantes.

Un coefficient correctif de 1,5 sur la longueur des berges a été pris pour pallier aux imprécisions de la carte et de la mesure. Il devrait permettre de majorer la sursature engendrée.

La quantité de sel dissoute est alors rapportée aux apports moyens pour déterminer la sursature engendrée.

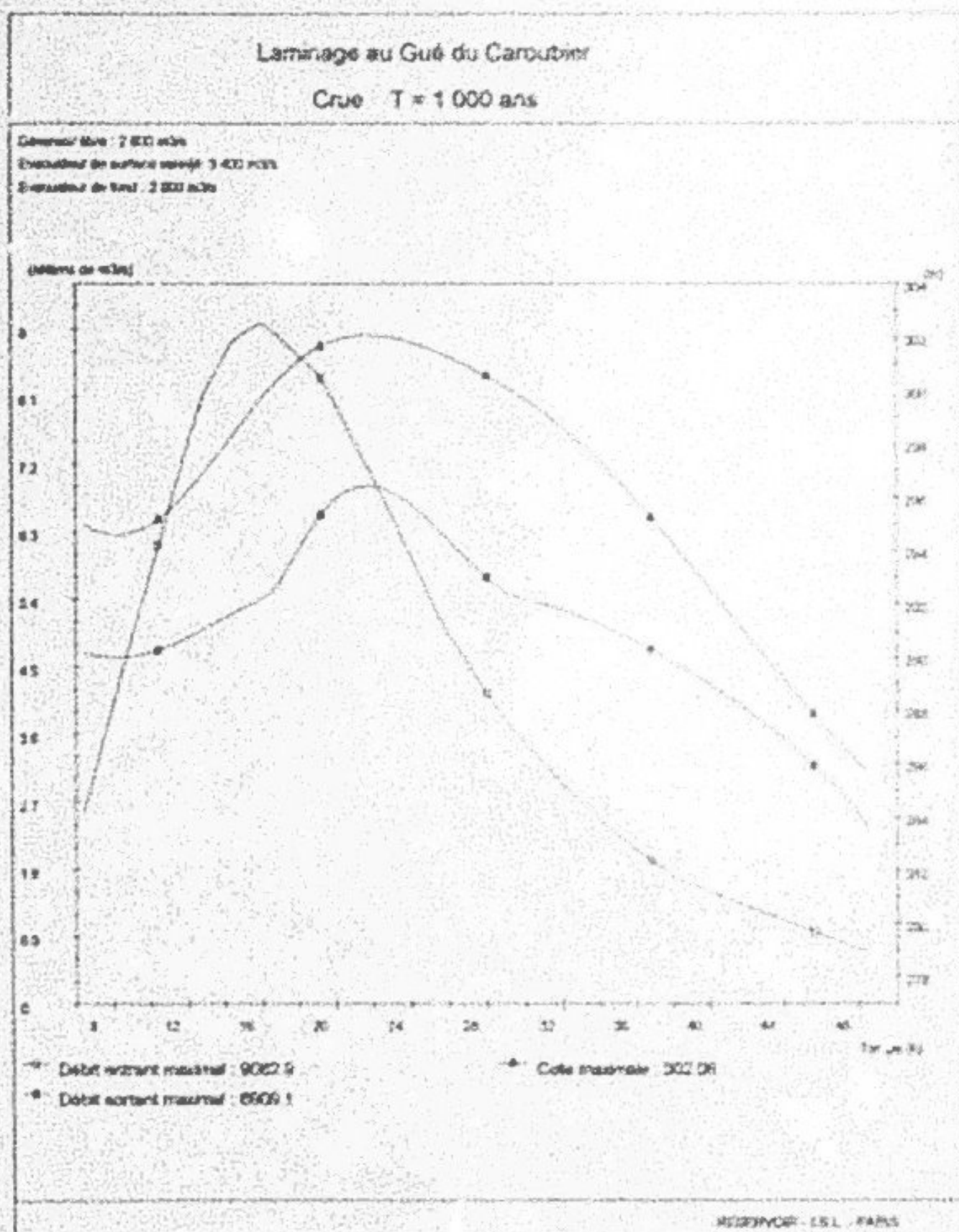
	salinité de la retenue	demi-somme des longueurs des berges baignées	quantité de sel dissoute par mois	apports annuels	augmentation de la salinité
	g/l	km	10 ³ t/mois	hm ³	g/l
Saadine	1,44	2	3	159	0,2
Bou F	1,54	10	14,5	165	1
Gué C	1,45	5	11,5	173	0,8
GP17	2,18	1	1	178	0,07

Pour le site du gué du Caroubier, en admettant une cote de retenue normale à 295 NGT, la demi-longueur des berges triasiques baignées est ramenée à 2 km. L'augmentation de salinité n'est plus alors que de 0,3 g/l.

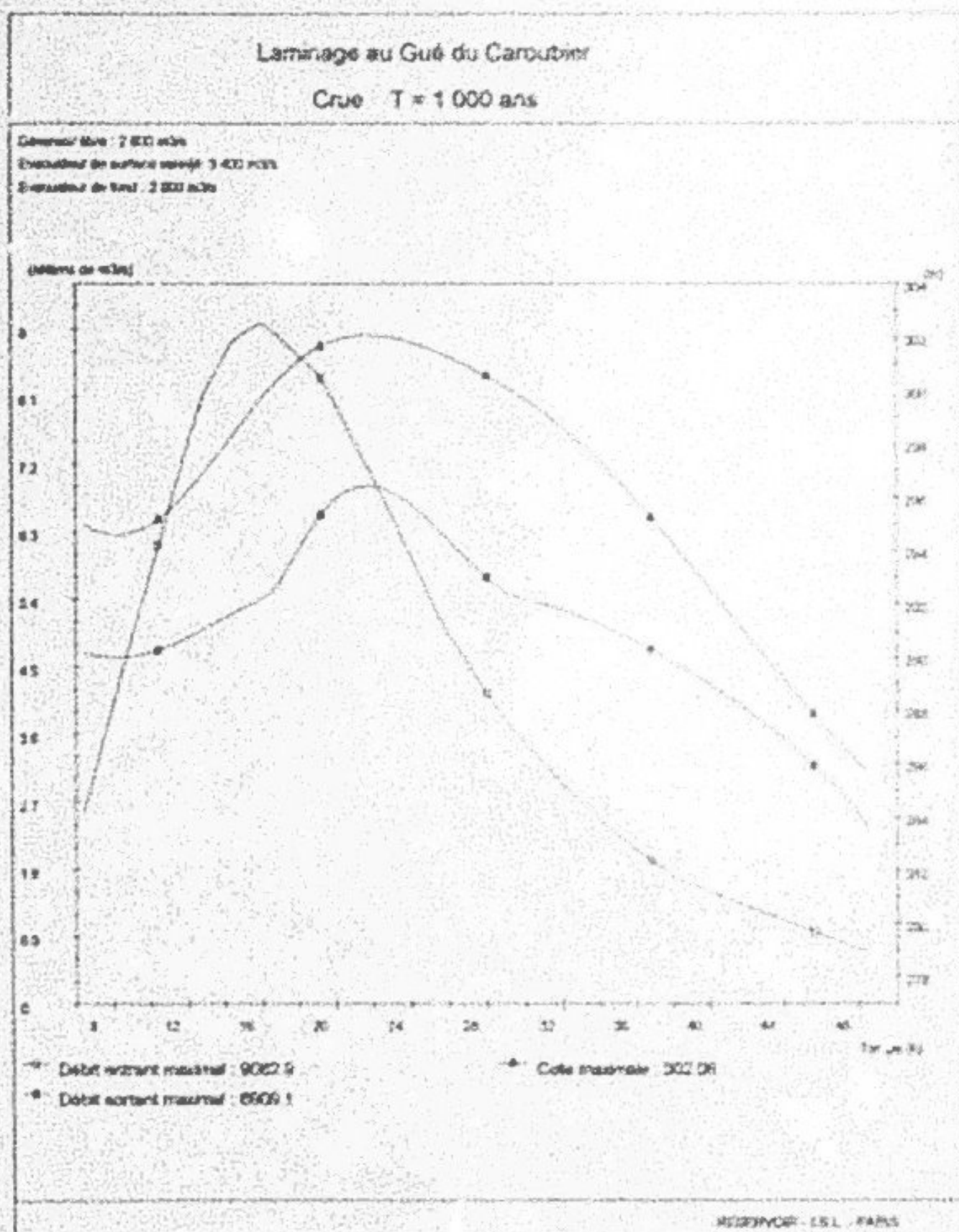
L'augmentation de la salinité à l'amont du barrage de Nébeur, induite par la construction d'un barrage aura des répercussions sur la qualité des eaux dans la retenue du Nébeur. Le tableau suivant expose les salinités prévisibles :

Site	Salinité dans la nouvelle retenue	Salinité dans la retenue de Nébeur	Salinité de l'oued à l'aval des 2 retenues
	g/l	g/l	g/l
Saadine	1,64	2,3	2,3
Bou Farou	2,54	3	3
Gué Caroubier	2,25 (1) 1,75 (2)	2,8 2,4	2,8 2,4
GP17	2,25	2,1	2,25

ANNEXE 6 LAMINAGE DES CRUES AU GUE DU CAROUBIER



ANNEXE 6 LAMINAGE DES CRUES AU GUE DU CAROUBIER



ANNEXE 7 FICHIERS DE RESULTATS EVA

WJESSEL ES SAADINE

TYPE DE BARRAGE : Barrage BCR deversant

PARAMETRES GEOMETRIQUES

Largeur de crête	:	6.00 m
Débit de pointe de la crue de projet	:	8 400.00 m ³ /s
Fruit amont	:	0.20 h/lv
Fruit aval	:	0.80 h/lv
Hauteur de marnage	:	3.84 m
Profondeur de fouille en vallée	:	10.00 m
Profondeur d'injection	:	25.00 m
Revanche au dessus du PHE	:	1.00 m
Largeur de la vallée	:	275.00 m

COTES CARACTERISTIQUES

Cote de retenue maximale	:	362.00 m
Cote des plus basses eaux	:	340.00 m
Cote de fond de vallée	:	340.00 m
Cote de crête maximale	:	366.84 m (*)
Cote de fond de fouille	:	330.00 m (*)

CARACTERISTIQUES DU DEVERSOIR A MARCHES ET DU BASSIN DE DISSIPATION

Débit spécifique	:	15.05 m ³ /s (*)
Largeur du déversoir	:	274.09 m (*)
Débit évacué par le déversoir à marches	:	4 125 m ³ /s (*)
Cote de la largeur du déversoir	:	351.86 m (*)
Longueur du bassin de dissipation	:	12.55 m (*)
Hauteur du bassin de dissipation	:	2.51 m (*)
Volume du bassin de dissipation	:	8 630 m ³ (*)

PRIX UNITAIRES ET POURCENTAGES

Béton de barrage	:	80.00 DT/m ³
Fouilles	:	5.00 DT/m ³
Injections et drainage	:	75.00 DT/m ²
Masque	:	140.00 DT/m ²
Parapet aval (non dev)	:	80.00 DT/m ²
Déversoir à marche	:	170.00 DT/m ²
Béton du bassin	:	230.00 DT/m ³
Aleas et divers	:	20.00 %
Evacuateur vanné et vidange	:	26.00 %

Base des prix : MARS 1995

Les paramètres signalés par (*) ont été calculés par le programme

COTES DE RN SELECTIONNEES

zrn = 362.00 m

Jebel Es Saadine

*** CARACTERISTIQUES DU BARRAGE A LA COTE DE RN 362.00 M ***

Cote de RN	:	362.00 m
Cote de crete	:	366.84 m
Superficie de la retenue	:	545 ha
Capacite de la retenue sous la RN	:	53 700 000 m3
Hauteur sur TN	:	26.84 m
Hauteur sur fond de fouille	:	36.84 m
Largeur a la RN	:	529.11 m
Largeur en crete	:	860.32 m
Longueur de la base	:	842.08 m
Epaisseur a la cote moyenne	:	19.42 m
Epaisseur a la base	:	32.84 m
Surface barree en crete	:	9 870 m2
Surface d'injection et drainage	:	21 100 m2
Surface d'emprise	:	15 000 m2
Surface du parement amont	:	12 600 m2
Surface du parement aval	:	2 960 m2
Surface du deversoir	:	7 390 m2
Volume du barrage	:	343 000 m3
Volume de fouille	:	322 000 m3
Rendement topographique	:	156.69

EVALUATION DU PRIX DU BARRAGE

RUBRIQUE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX	% du TOTAL
Beton de barrage	: 343 000 m3	80.00 DT/m3	27 400 000 DT	52.4 %
Fouilles	: 322 000 m3	5.00 DT/m3	1 610 000 DT	3.1 %
Injections et drainage	: 21 100 m2	75.00 DT/m2	1 580 000 DT	3.0 %
Masque	: 12 600 m2	140.00 DT/m2	1 770 000 DT	3.4 %
Parement aval (non dev)	: 2 960 m2	80.00 DT/m2	237 000 DT	0.5 %
Deversoir a marche	: 7 390 m2	170.00 DT/m2	1 260 000 DT	2.4 %
Beton du bassin	: 8 630 m3	270.00 DT/m3	1 990 000 DT	3.8 %

RUBRIQUE	TOTAL PARTIEL	POURCENTAGE	PRIX	% du TOTAL
Aleas et divers	: 35 900 000 DT	20.0 %	7 170 000 DT	13.1 %
Evacuateur vanné, vidange	: 35 900 000 DT	26.0 %	9 320 000 DT	17.2 %

Prix total du barrage : 52 300 000 DT

Cout du M3 (eaux stockees) : 0.97 DT/m3

Jebel Es Saadine

*** CARACTERISTIQUES DU BARRAGE A LA COTE DE RN 362.00 M ***

Cote de RN	:	362.00 m
Cote de crete	:	366.84 m
Superficie de la retenue	:	545 ha
Capacite de la retenue sous la RN	:	53 700 000 m3
Hauteur sur TN	:	26.84 m
Hauteur sur fond de fouille	:	36.84 m
Largeur a la RN	:	529.11 m
Largeur en crete	:	860.32 m
Longueur de la base	:	842.08 m
Epaisseur a la cote moyenne	:	19.42 m
Epaisseur a la base	:	32.84 m
Surface barree en crete	:	9 870 m2
Surface d'injection et drainage	:	21 100 m2
Surface d'emprise	:	15 000 m2
Surface du parement amont	:	12 600 m2
Surface du parement aval	:	2 960 m2
Surface du deversoir	:	7 390 m2
Volume du barrage	:	343 000 m3
Volume de fouille	:	322 000 m3
Rendement topographique	:	156.69

EVALUATION DU PRIX DU BARRAGE

RUBRIQUE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX	% du TOTAL
Beton de barrage	: 343 000 m3	80.00 DT/m3	27 400 000 DT	52.4 %
Fouilles	: 322 000 m3	5.00 DT/m3	1 610 000 DT	3.1 %
Injections et drainage	: 21 100 m2	75.00 DT/m2	1 580 000 DT	3.0 %
Masque	: 12 600 m2	140.00 DT/m2	1 770 000 DT	3.4 %
Parement aval (non dev)	: 2 960 m2	80.00 DT/m2	237 000 DT	0.5 %
Deversoir a marche	: 7 390 m2	170.00 DT/m2	1 260 000 DT	2.4 %
Beton du bassin	: 8 630 m3	270.00 DT/m3	1 990 000 DT	3.8 %

RUBRIQUE	TOTAL PARTIEL	POURCENTAGE	PRIX	% du TOTAL
Aleas et divers	: 35 900 000 DT	20.0 %	7 170 000 DT	13.1 %
Evacuateur vanné, vidange	: 35 900 000 DT	26.0 %	9 320 000 DT	17.3 %

Prix total du barrage : 52 300 000 DT

Cout du M3 (eaux stockees) : 0.97 DT/m3

HENCHIR BOU FAROU

TYPE DE BARRAGE : Barrage BCR deversant

PARAMETRES GEOMETRIQUES

Largeur de crete	:	6.00 m
Debit de pointe de la crue de projet	:	8 700 m ³ /s
Fruit amont	:	0.20 h/lv
Fruit aval	:	0.80 h/lv
Hauteur de marnage	:	3.84 m
Profondeur de fouille en vallee	:	10.00 m
Profondeur d'injection	:	30.00 m
Revanche au dessus du PHE	:	1.00 m
Largeur de la vallee	:	220.00 m

COTES CARACTERISTIQUES

Cote de retenue maximale	:	335.00 m
Cote des plus basses eaux	:	310.00 m
Cote de fond de vallee	:	310.00 m
Cote de crete maximale	:	339.84 m (*)
Cote de fond de fouille	:	300.00 m (*)

CARACTERISTIQUES DU DEVERSOIR A MARCHES ET DU BASSIN DE DISSIPATION

Debit specifique	:	15.05 m ³ /s (*)
Largeur du deversoir	:	219.27 m (*)
Debit evacue par le deversoir a marches	:	3 300 m ³ /s (*)
Cote de la largeur du deversoir	:	316.94 m (*)
Longueur du bassin de dissipation	:	12.55 m (*)
Hauteur du bassin de dissipation	:	2.51 m (*)
Volume du bassin de dissipation	:	6 910 m ³ (*)

PRIX UNITAIRES ET POURCENTAGES

Beton de barrage	:	80.00 DT/m ³
Fouilles	:	5.00 DT/m ³
Injections et drainage	:	75.00 DT/m ²
Masque	:	140.00 DT/m ²
Parcment aval (non dev)	:	80.00 DT/m ²
Deversoir a marche	:	170.00 DT/m ²
Beton du bassin	:	230.00 DT/m ³
Aleas et divers	:	20.00 %
Material hydromecanique	:	22.50 %

Base des prix : MARS 1995

Les parametres signales par (*) ont ete calcules par le programme

COTES DE RN SELECTIONNERS

zrn = 335.00 m

Sanctuarium Sui Farou

*** CARACTERISTIQUES DU BARRAGE A LA COTE DE RN 335.00 M ***

Cote de RN	:	335.00 m
Cote de crête	:	339.84 m
Superficie de la retenue	:	499 ha
Capacité de la retenue sous la RN	:	46 600 000 m3
Hauteur sur TN	:	29.84 m
Hauteur sur fond de fouille	:	39.84 m
Largeur à la RN	:	541.50 m
Largeur en crête	:	645.90 m
Longueur de la base	:	649.42 m
Epaisseur à la cote moyenne	:	20.92 m
Epaisseur à la base	:	35.84 m
Surface barrée en crête	:	10 700 m2
Surface d'injection et drainage	:	19 500 m2
Surface d'emprise	:	14 600 m2
Surface du parement amont	:	13 700 m2
Surface du parement aval	:	4 840 m2
Surface du déversoir	:	6 340 m2
Volume du barrage	:	353 000 m3
Volume de fouille	:	275 000 m3
Rendement topographique	:	132.30

EVALUATION DU PRIX DU BARRAGE

RUBRIQUE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX	% du TOTAL
Béton de barrage	: 153 000 m3	80.00 DT/m3	28 200 000 DT	55.0 %
Pouilles	: 275 000 m3	5.00 DT/m3	1 380 000 DT	2.7 %
Injections et drainage	: 19 500 m2	75.00 DT/m2	1 460 000 DT	2.8 %
Maquis	: 13 700 m2	140.00 DT/m2	1 920 000 DT	3.7 %
Parement aval (non dev)	: 4 840 m2	80.00 DT/m2	387 000 DT	0.8 %
Deversoir à marche	: 6 340 m2	170.00 DT/m2	1 080 000 DT	2.1 %
Béton du bassin	: 6 910 m3	230.00 DT/m3	1 590 000 DT	3.1 %

RUBRIQUE	TOTAL PARTIEL	POURCENTAGE	PRIX	% du TOTAL
Aléas et divers	: 36 000 000 DT	20.0 %	7 200 000 DT	14.0 %
Matériel hydromécanique	: 36 000 000 DT	22.5 %	8 110 000 DT	15.6 %
Prix total du barrage	:		51 300 000 DT	
Coût de M3 (saux stockées)	:	1.10 DT/m3		

GUE DU CAROUBIER, RN 295

TYPE DE BARRAGE : Barrage BCR deversant

PARAMETRES GEOMETRIQUES

Largeur de crete	:	6.00 m
Debit de pointe de la crue de projet	:	7000.00 m ³ /s
Fruit amont	:	0.20 h/lv
Fruit aval	:	0.80 h/lv
Hauteur de marnage	:	3.84 m
Profondeur de fouille en vallee	:	10.00 m
Profondeur d'injection	:	50.00 m
Revanche au dessus du PHZ	:	1.00 m
Largeur de la vallee	:	200.00 m

COTES CARACTERISTIQUES

Cote de retenue maximale	:	300.00 m
Cote des plus basses eaux	:	262.00 m
Cote de fond de vallee	:	255.00 m
Cote de crete maximale	:	304.84 m (*)
Cote de fond de fouille	:	245.00 m (*)

CARACTERISTIQUES DU DEVERSOIR A MARCHES ET DU BASSIN DE DISSIPATION

Debit specifique	:	15.05 m ³ /s (*)
Largeur du deversoir	:	199.34 m (*)
Debit evacue par le deversoir a marches	:	3000 m ³ /s (*)
Cote de la largeur du deversoir	:	267.48 m (*)
Longueur du bassin de dissipation	:	12.55 m (*)
Hauteur du bassin de dissipation	:	2.51 m (*)
Volume du bassin de dissipation	:	6 280 m ³ (*)

PRIX UNITAIRES ET POURCENTAGES

Beton de barrage	:	80.00 DT/m ³
Fouilles	:	5.00 DT/m ³
Injections et drainage	:	130.00 DT/m ²
Masque	:	140.00 DT/m ²
Parement aval (non dev)	:	80.00 DT/m ²
Deversoir a marche	:	170.00 DT/m ²
Beton du bassin	:	230.00 DT/m ³
Aleas et divers	:	30.00 %
Evacuateur varné, vidange	:	17.00 %

Base des prix : MARS 1995

Les parametres signales par (*) ont ete calcules par le programme

COTES DE RN SELECTIONNEES

zrn = 295.00 m

Gué du Caroubier

*** CARACTERISTIQUES DU BARRAGE A LA COTE DE RN 295.00 M ***

Cote de RN	:	295.00 m
Cote de crete	:	304.84 m
Superficie de la retenue	:	1 320 ha
Capacite de la retenue sous la RN	:	2.321E+08 m3
Capacite résiduelle a 30 ans	:	1.347E+08 m3
Hauteur sur TN	:	44.84 m
Hauteur sur fond de fouille	:	54.84 m
Largeur a la RN	:	575.49 m
Largeur en crete	:	766.66 m
Longueur de la base	:	770.43 m
Epaisseur a la cote moyenne	:	30.92 m
Epaisseur a la base	:	55.84 m
Surface barree en crete	:	18 800 m2
Surface d'injection et drainage	:	38 500 m2
Surface d'emprise	:	23 400 m2
Surface du parement amont	:	24 000 m2
Surface du parement aval	:	10 100 m2
Surface du deversoir	:	9 250 m2
Volume du barrage	:	699 000 m3
Volume de fouille	:	387 000 m3
Rendement topographique hors tranche de laminage	:	425.45

EVALUATION DU PRIX DU BARRAGE

RUBRIQUE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX	% du TOTAL
Beton de barrage	: 699 000 m3	80.00 DT/m3	55 900 000 DT	55.4 %
Fouilles	: 387 000 m3	5.00 DT/m3	1 930 000 DT	1.9 %
Injections et drainage	: 38 500 m2	130.00 DT/m2	5 010 000 DT	5.0 %
Masque	: 24 000 m2	140.00 DT/m2	3 360 000 DT	3.3 %
Parement aval (non dev)	: 10 100 m2	80.00 DT/m2	807 000 DT	0.8 %
Deversoir a marche	: 9 250 m2	170.00 DT/m2	1 570 000 DT	1.6 %
Beton du bassin	: 6 280 m3	230.00 DT/m3	1 440 000 DT	1.4 %

RUBRIQUE	TOTAL PARTIEL	POURCENTAGE	PRIX	% du TOTAL
Aleat et divers	: 70 100 000 DT	30.0 %	21 000 000 DT	20.8 %
Evacuateur vanné, vidange	: 70 100 000 DT	14.0 %	9 810 000 DT	9.7 %

Prix total du barrage : 100 900 000 DT

Coût du M3 (eaux stockées) : 0.43 DT/m3
Coût du M3 a 30 ans : 0.75 DT/m3

PONT SUR LA GP17

TYPE DE BARRAGE : Barrage BCR deversant

PARAMETRES GEOMETRIQUES

Largeur de crete	: 6.00 m
Debit de pointe de la crue de projet	: 6000.00 m ³ /s
Fruit amont	: 0.20 h/lv
Fruit aval	: 0.80 h/lv
Hauteur de marnage	: 3.84 m
Profondeur de fouille en vallee	: 10.00 m
Profondeur d'injection	: 35.00 m
Revanche au dessus du PRE	: 1.00 m
Largeur de la vallee	: 425.00 m

COTES CARACTERISTIQUES

Cote de retenue maximale	: 206.00 m
Cote des plus basses eaux	: 170.00 m
Cote de fond de vallee	: 170.00 m
Cote de crete maximale	: 210.34 m (*)
Cote de fond de fouille	: 160.00 m (*)

CARACTERISTIQUES DU DEVERSOIR A MARCHES ET DU BASSIN DE DISSIPATION

Debit specifique	: 15.05 m ³ /s (*)
Largeur du deversoir	: 398.68 m (*)
Debit evacue par le deversoir a marches	: 6000 m ³ /s (*)
Cote de la largeur du deversoir	: 179.95 m (*)
Longueur du bassin de dissipation	: 12.55 m (*)
Hauteur du bassin de dissipation	: 2.51 m (*)
Volume du bassin de dissipation	: 12 600 m ³ (*)

PRIX UNITAIRES ET POURCENTAGES

Beton de Barrage	: 80.00 DT/m ³
Fouilles	: 5.00 DT/m ³
Injections et drainage	: 75.00 DT/m ²
Masque	: 140.00 DT/m ²
Parement aval (non dev)	: 80.00 DT/m ²
Deversoir a marche	: 170.00 DT/m ²
Beton du bassin	: 230.00 DT/m ³
Aleas et divers	: 20.00 %
Evacuateur vanné, vidange	: 2.50 %

Base des prix : MARS 1995

Les parametres signales par (*) ont ete calcules par le programme

COTES DE RM SELECTIONNEES

RM = 206.00 m

ont sur la GP17

**** CARACTERISTIQUES DU BARRAGE A LA COTE DE RN 206.00 M *****

Cote de RN	:	206.00 m
Cote de crete	:	210.84 m
Superficie de la retenue	:	875 ha
Capacite de la retenue sous la RN	:	1.398E+08 m3
Hauteur sur TN	:	40.84 m
Hauteur sur fond de fouille	:	50.84 m
Largeur a la RN	:	736.34 m
Largeur en crete	:	813.15 m
Longueur de la base	:	820.79 m
Epaisseur a la cote moyenne	:	26.42 m
Epaisseur a la base	:	46.84 m
Surface barree en crete	:	21 500 m2
Surface d'injection et drainage	:	28 700 m2
Surface d'prise	:	26 400 m2
Surface du parement amont	:	27 500 m2
Surface du parement aval	:	6 240 m2
Surface du deversoir	:	16 100 m2
Volume du barrage	:	779 000 m3
Volume de fouille	:	427 000 m3
Rendement topographique	:	178.21

EVALUATION DU PRIX DU BARRAGE

SUBRIQUE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX	% du TOTAL
Beton de barrage	: 779 000 m3	80.00 DT/m3	62 300 000 DT	66.4 %
Fouilles	: 427 000 m3	5.00 DT/m3	2 130 000 DT	2.3 %
Injections et drainage	: 28 700 m2	75.00 DT/m2	2 150 000 DT	2.3 %
Masque	: 27 500 m2	140.00 DT/m2	3 860 000 DT	4.1 %
Parement aval (non dev)	: 6 240 m2	80.00 DT/m2	499 000 DT	0.5 %
Deversoir a marche	: 16 100 m2	170.00 DT/m2	2 740 000 DT	2.9 %
Beton du bassin	: 12 600 m3	230.00 DT/m3	2 890 000 DT	3.1 %
SUBRIQUE	TOTAL PARTIEL	POURCENTAGE	PRIX	% du TOTAL
Aleas et divers	: 76 600 000 DT	20.0 %	15 300 000 DT	16.3
Evacuateur vane, vidange	: 76 600 000 DT	2.5 %	1 910 000 DT	2.0
Prix total du barrage	: 93 800 000 DT			
Coût du M3 (eaux stockees)	: 0.68 DT/m3			

ont sur la GP17

**** CARACTERISTIQUES DU BARRAGE A LA COTE DE RN 206.00 M *****

Cote de RN	:	206.00 m
Cote de crete	:	210.84 m
Superficie de la retenue	:	875 ha
Capacite de la retenue sous la RN	:	1.398E+08 m3
Hauteur sur TN	:	40.84 m
Hauteur sur fond de fouille	:	50.84 m
Largeur a la RN	:	736.34 m
Largeur en crete	:	813.15 m
Longueur de la base	:	820.79 m
Epaisseur a la cote moyenne	:	26.42 m
Epaisseur a la base	:	46.84 m
Surface barree en crete	:	21 500 m2
Surface d'injection et drainage	:	28 700 m2
Surface d'exprise	:	26 400 m2
Surface du parement amont	:	27 500 m2
Surface du parement aval	:	6 240 m2
Surface du deversoir	:	16 100 m2
Volume du barrage	:	779 000 m3
Volume de fouille	:	427 000 m3
Rendement topographique	:	178.21

EVALUATION DU PRIX DU BARRAGE

SUBRIQUE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX	% du TOTAL
Beton de barrage	: 779 000 m3	80.00 DT/m3	62 300 000 DT	66.4 %
Fouilles	: 427 000 m3	5.00 DT/m3	2 130 000 DT	2.3 %
Injections et drainage	: 28 700 m2	75.00 DT/m2	2 150 000 DT	2.3 %
Masque	: 27 500 m2	140.00 DT/m2	3 860 000 DT	4.1 %
Parement aval (non dev)	: 6 240 m2	80.00 DT/m2	499 000 DT	0.5 %
Deversoir a marche	: 16 100 m2	170.00 DT/m2	2 740 000 DT	2.9 %
Beton du bassin	: 12 600 m3	230.00 DT/m3	2 890 000 DT	3.1 %
SUBRIQUE	TOTAL PARTIEL	POURCENTAGE	PRIX	% du TOTAL
Aleas et divers	: 76 600 000 DT	20.0 %	15 300 000 DT	16.3
Evacuateur vane, vidange	: 76 600 000 DT	2.5 %	1 910 000 DT	2.0
Prix total du barrage	: 93 800 000 DT			
Coût du M3 (eaux stockees)	: 0.68 DT/m3			

Pont sur la GP17

*** CARACTERISTIQUES DU BARRAGE A LA COTE DE RN 218.00 M ***

Cote de RN	:	218.00 m
Cote de crete	:	229.84 m
Superficie de la retenue	:	1 190 ha
Capacite totale de la retenue	:	264 hm3
Capacite utile de la retenue	:	157 hm3
Tranche de laminage	:	144 hm3
Hauteur sur TN	:	59.84 m
Hauteur sur fond de fouille	:	69.84 m
Largeur en crete	:	921.49 m
Largeur a la RN	:	1120.43 m
Largeur du voile	:	1130.86 m
Epaisseur a la cote moyenne	:	35.92 m
Epaisseur a la base	:	65.84 m
Surface barree en crete	:	39 800 m2
Surface d'injection et drainag	:	62 200 m2
Surface d'emprise	:	46 500 m2
Surface du parement amont	:	40 600 m2
Surface du parement aval	:	21 500 m2
Surface du deversoir	:	25 800 m2
Volume du barrage	:	1 640 000 m3
Volume de fouille	:	689 000 m3
Rendement topographique	:	161.34

EVALUATION DU PRIX DU BARRAGE

RUBRIQUE	QUANTITE	PRIX UNITAIRE	PRIX	% du TOTAL
Beton de barrage	: 1 640 000 m3	80.00 DT/m3	1.310E+08 DT	69.5
Fouilles	: 689 000 m3	5.00 DT/m3	3 450 000 DT	1.8
Injections et drainage	: 62 200 m2	75.00 DT/m2	4 660 000 DT	2.5
Masque	: 40 600 m2	140.00 DT/m2	5 680 000 DT	3.0
Parement aval (non dev)	: 21 500 m2	80.00 DT/m2	1 720 000 DT	0.9
Deversoir a marche	: 25 800 m2	170.00 DT/m2	4 380 000 DT	2.3
Beton du bassin	: 12 600 m3	230.00 DT/m3	2 890 000 DT	1.5

RUBRIQUE	TOTAL PARTIEL	POURCENTAGE	PRIX	% du TOTAL
Aleas et divers	: 1.538E+08 DT	20.0 %	30 800 000 DT	16.3
Material hydromecanique	: 1.538E+08 DT	2.5 %	3 850 000 DT	2.0

Prix total du barrage : 1.884E+08 DT

Cout du M3 sous RN, capacite totale : 0.71 DT/m3

Cout du M3 sous RN, residuelle a 30 ans : 1.20 DT/m3

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
DIRECTION GENERALE E.T.H.

ETUDE D'AVANT PROJET SOMMAIRE DE BARRAGES SUR L'OUED MELLEGUE
RAPPORT DE PHASE 1 - CHOIX DE SITE
CAHIER DE PLANS



Mars 1995

SIAA

SIAA Société d'Ingénierie ABBAS et associés

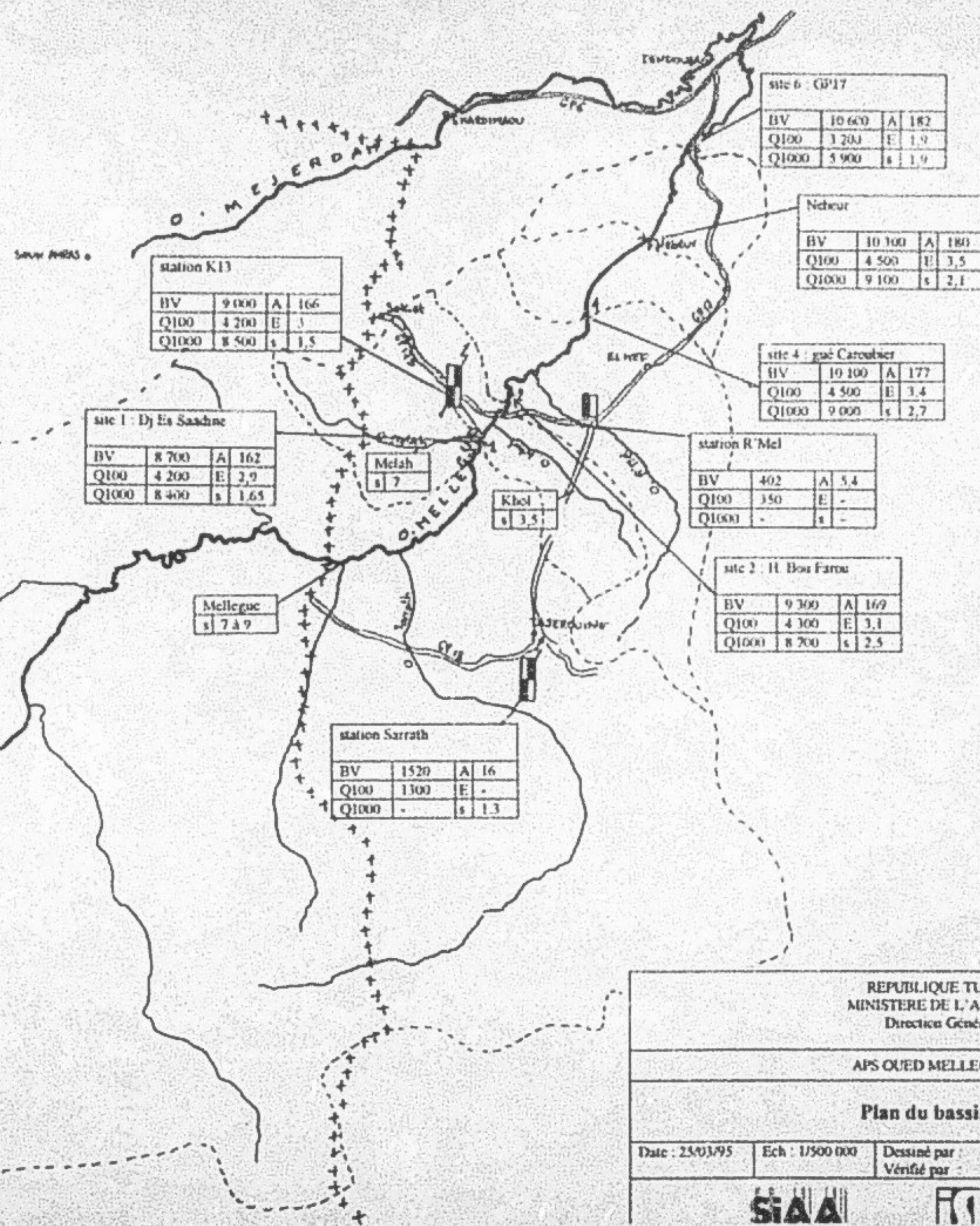
ISL

ISL - Bureau d'Ingénieurs Conseils

**A.P.S. DE BARRAGE SUR L'OUED MELLEQUE
PHASE I - CHOIX DE SITE****LISTE DES PLANS**

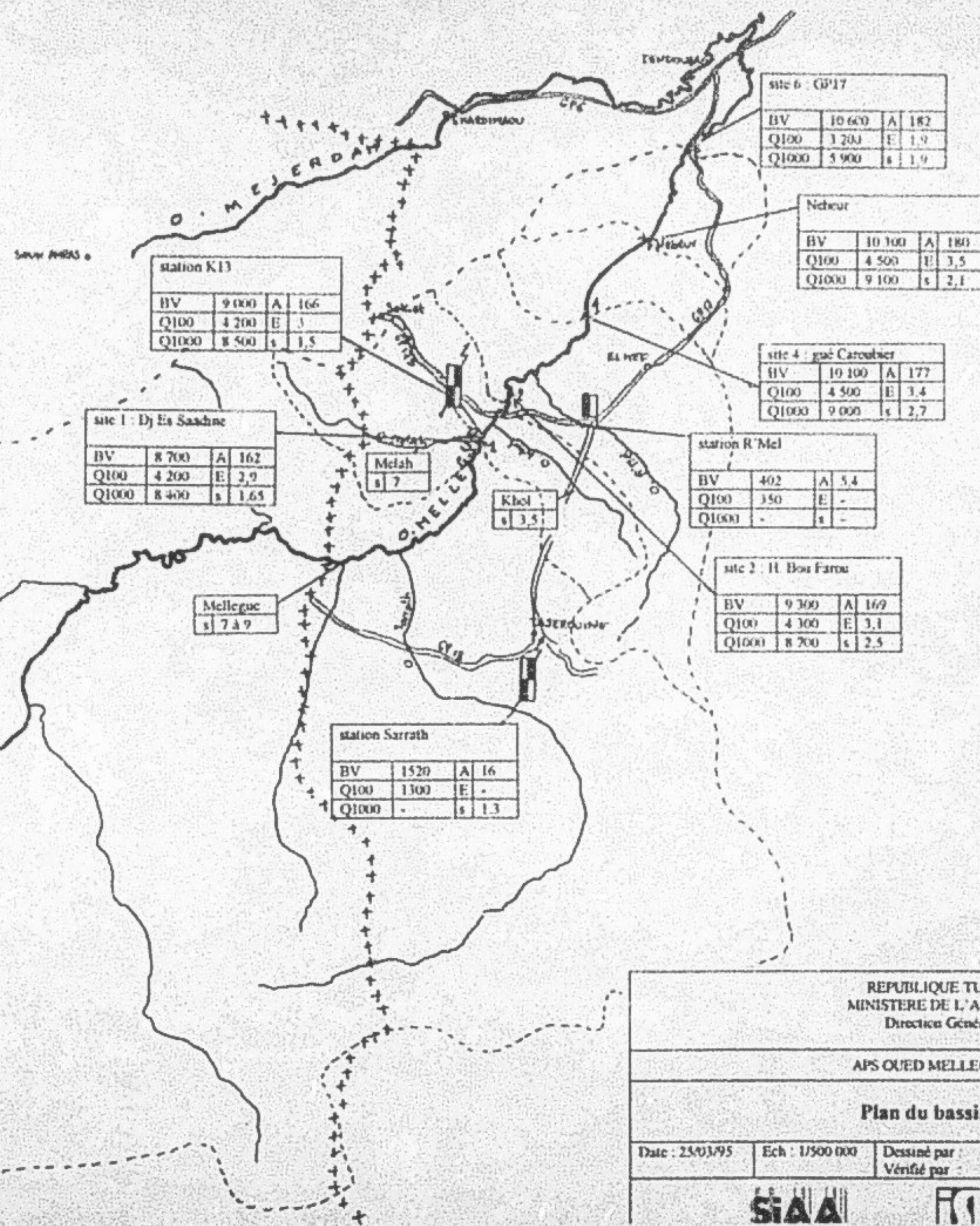
Plan N°	Titre
106 - APS - 001	Plan du bassin versant
106 - APS - 002	Plans géologiques du bassin versant
106 - APS - 003	Plan sismotectonique du bassin versant
106 - APS - 004	Site n°1 : Djebel Es Saadine - Vue en plan de la cuvette
106 - APS - 005	Site n°1 : Djebel Es Saadine - Topographie et données économiques
106 - APS - 006	Site n°2 : Henchir Bou Farou - Vue en plan de la cuvette
106 - APS - 007	Site n°2 : Henchir Bou Farou - Topographie et données économiques
106 - APS - 008	Site n°4 : Gué du Caroubier - Vue en plan de la cuvette
106 - APS - 009	Site n°4 : Gué du Caroubier - Topographie et données économiques
106 - APS - 010	Site n°6 : Pont sur la GP17 - Vue en plan de la cuvette
106 - APS - 011	Site n°5 : Pont sur la GP17 - Topographie et données économiques

LÉGENDE		
Symbole	Signification	Unité
BV	Superficie du bassin versant	km ²
Q100	Débit de pointe, crue centennale	m ³ /s
Q1000	Débit de pointe, crue millénaire	m ³ /s
A	Apports annuels	hm ³
E	Vitesse d'envasement	hm ³ /an
s	Salinité	g/l



REPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE Direction Générale ETH			
APS OUED MELLEGHUE - Phase I			
Plan du bassin versant			
Date : 25/03/95	Ech : 1/500 000	Dessiné par : Vérifié par :	Rév n° : 00
SIAA		RTI	Plan n° INC ABC M1

LÉGENDE		
Symbole	Signification	Unité
BV	Superficie du bassin versant	km ²
Q100	Débit de pointe, crue centennale	m ³ /s
Q1000	Débit de pointe, crue millénaire	m ³ /s
A	Apports annuels	hm ³
E	Vitesse d'envasement	hm ³ /an
s	Salinité	g/l



REPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE Direction Générale ETH			
APS OUED MELLEQUE - Phase I			
Plan du bassin versant			
Date : 25/03/95	Ech : 1/500 000	Dessiné par : Vérifié par :	Rév n° : 00
SIAA		Plan n° 100 ABC M1	



route en 1924 (complète en 1925)

site n° 1
Djebel Es Saadine

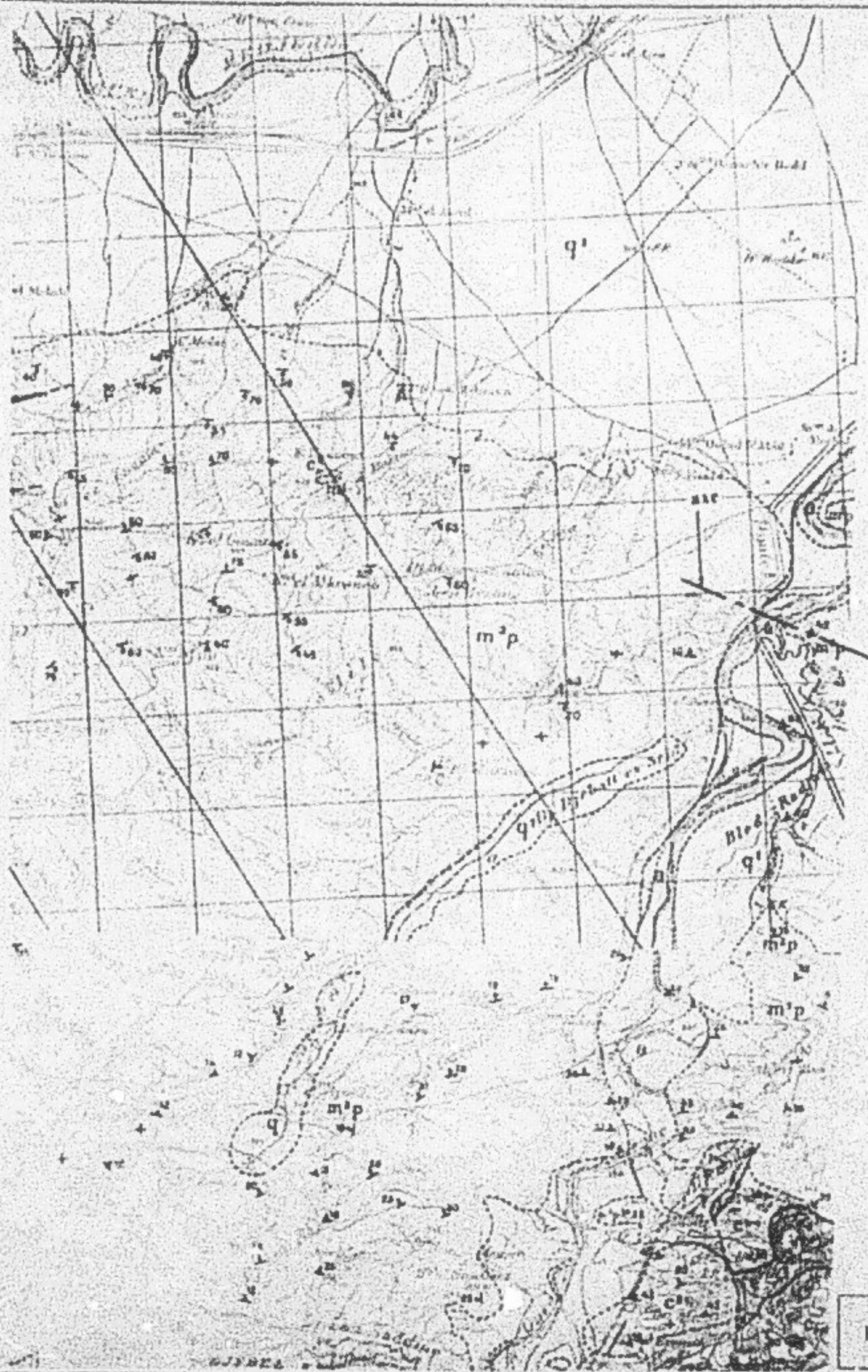




site n° 4
Gué du Caroubier



site n° 4
Gué du Caroubier



site n° 6
Pont sur la GP17

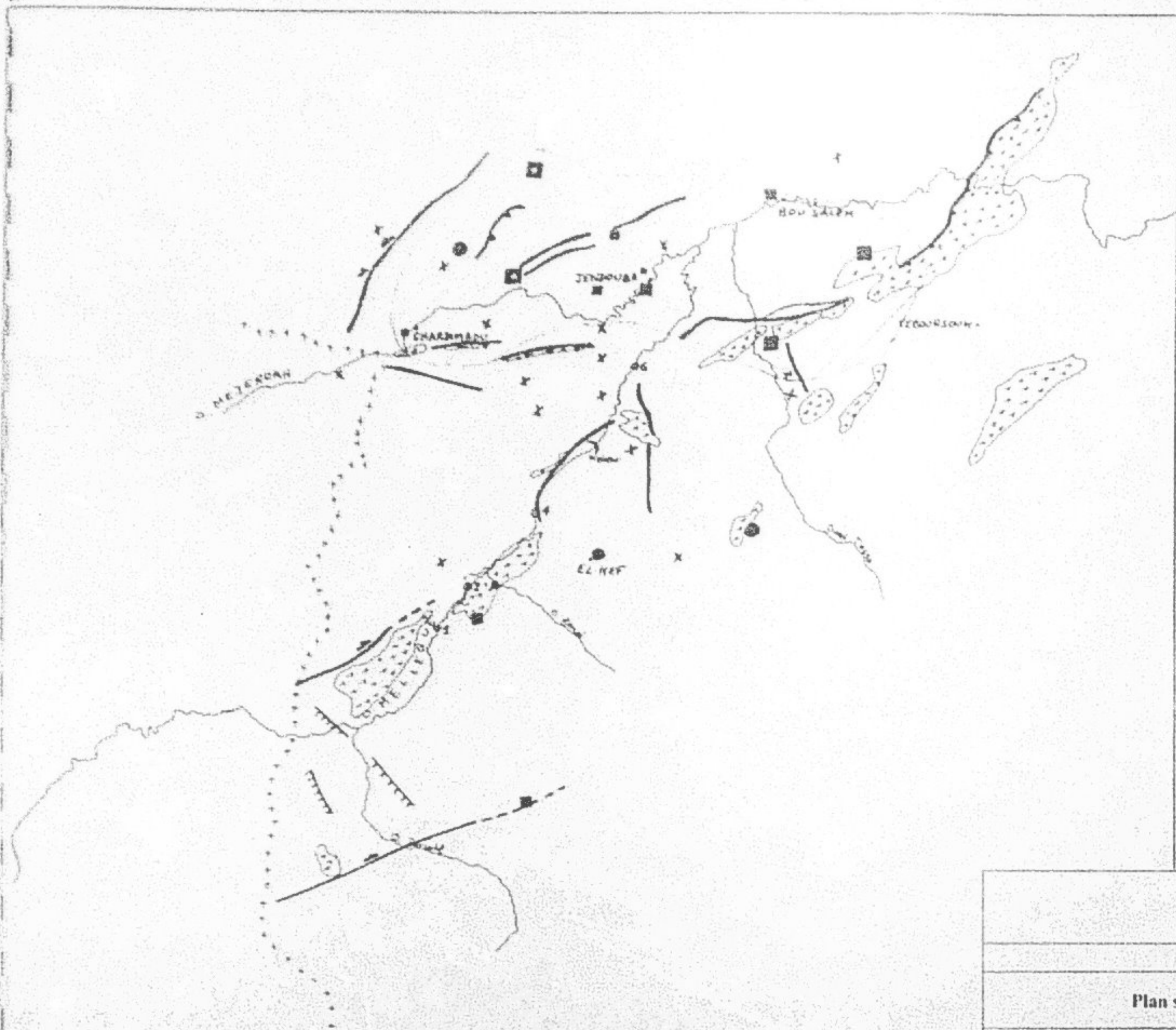
- C³⁴**
Lombardien
Calcaires massifs
Marnes
Calcaires en plaquettes
- C³¹**
Albien
Marnes schistes et calcaires
- C²⁴**
Aptien
Calcaires pulvérulents
quartzites et marnes
- C¹⁴**
Trias extrusif (Keuper 7)
Dolomies grasseuses ou poreuses
Gres phylliteux métamorphiques
Argiles bariolées
Blocs d'ophite lui
- C¹**
Cretacé normaux
- C¹**
Niveau repère
- C¹**
Failles importantes obstruées
et contacts anormaux
- C¹**
Failles et fractures
secondaires disséminées
- C¹**
Failles supposées
- a**
Alluvions récentes
des vallées
Limon, sables et galets
- q**
Quaternaire ancien
Alluvions et dépôts
Calcaires lacustres
- m^{3p}**
Pliocène Pontien
Série compréhensive
Marnes, grès et conglomérats
- m¹**
Burdigalien
Marnes et grès
Lumachelles
- m₀**
Oligocène
Grès et marnes
- C₁₄**
Londinien Lutétien
Calcaires à Humulites
Calcaires phosphatés
Marnes-calcaires gypseuses
- C₁₃**
Marnes quaternaires
- C₁₂**
Massifien
Marnes-calcaires et marnes
- C₁₁**
Campanien supérieur
Calcaires blancs massifs
- C₁₀**
Campanien inférieur
Marnes calcaires
- C₉**
Lombardien
Marnes grès
Bancs repère marnes calcaires
- C₈**
Turonien supérieur
Calcaires massifs
- C₇**
Turonien inférieur
Marnes
intercalations schistes
- T**
Gisement fossilifère
La base du gisement indique
l'emplacement du gisement
- P**
Pondage
(niveau en degrés)
- +**
Couches horizontales
- +**
Couches verticales
- 1**
Traces
et numéros d'ordre des coupes

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
Direction Générale ETH

APS OUED MELLEQUE - Phase I

Plans géologique du bassin versant

Date: 25/03/95	Ech: 1/50000	Dessiné par: Vérifié par:	Rev n°: 100
SIAA			Plan n°: 106 - APS - 000



LEGENDE :

- Tiers
- Intense MSH VI à VIII
- Epicentre MSH ≥ VI
- Epicentre III ≤ MSH ≤ VI
- Zone d'épicentres MSH ≤ III
- Zones d'épicentres (MSH - Richter) de degrés variables
- Faille
- Faille décrochant
- Faille inverse
- Faille normale

X Enregistrements d'épicentres 1986
(campagne microtectonique)

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTRE DE L'AGRICULTURE
Direction Générale ETH

APS OUD MELLEQUE - Phase I

Plan sismotectonique du bassin versant

Date 25/03/95	Ech : 1/500 000	Dessiné par Vérifié par	Rév n° (0)
			Plan n° 106 - APS - 003

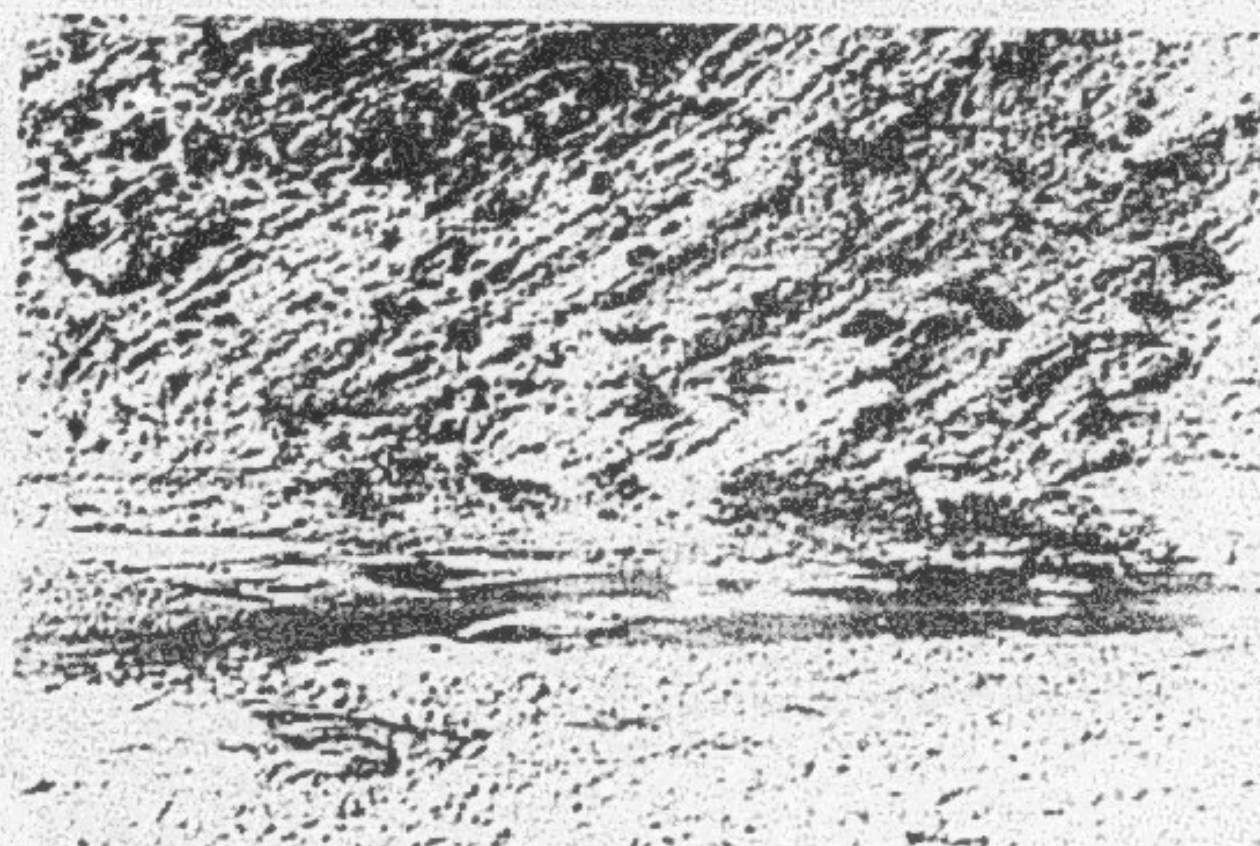
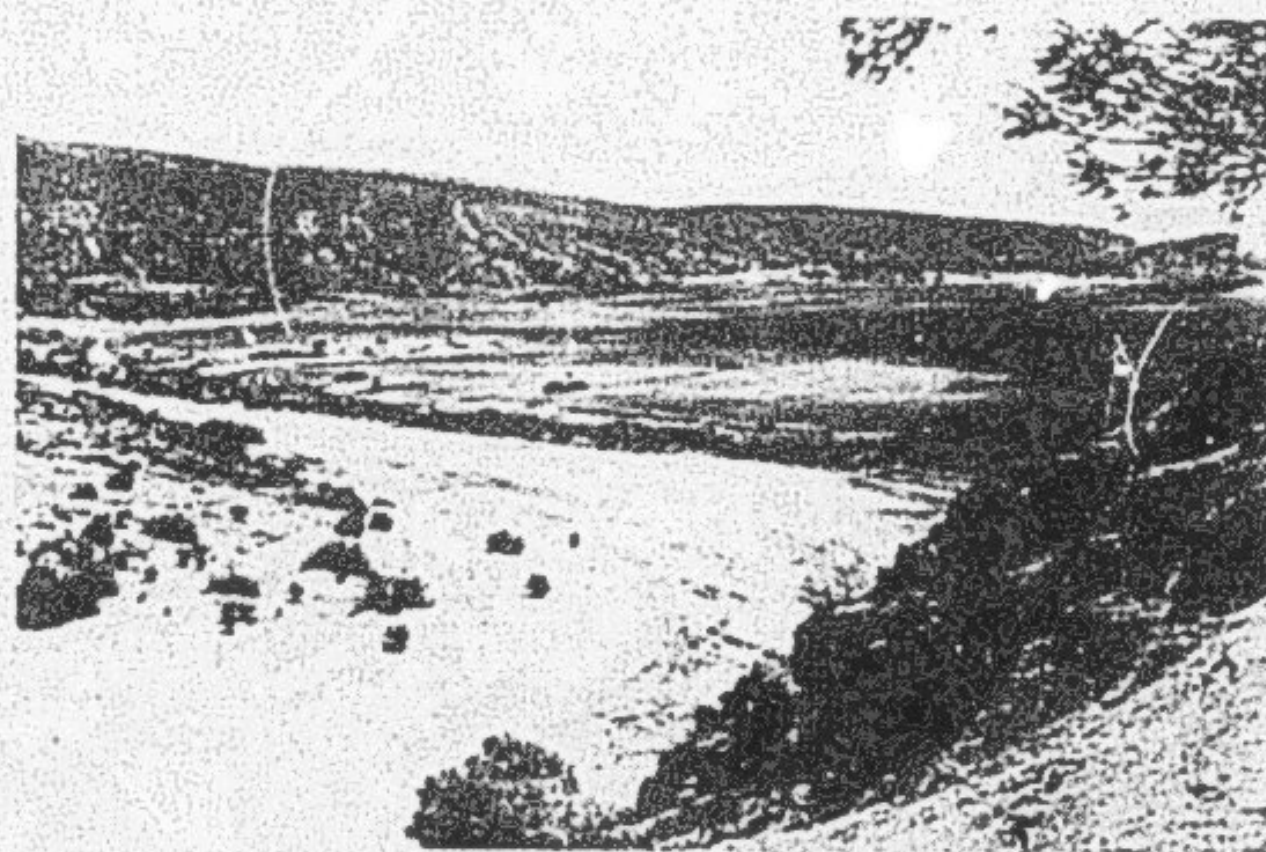
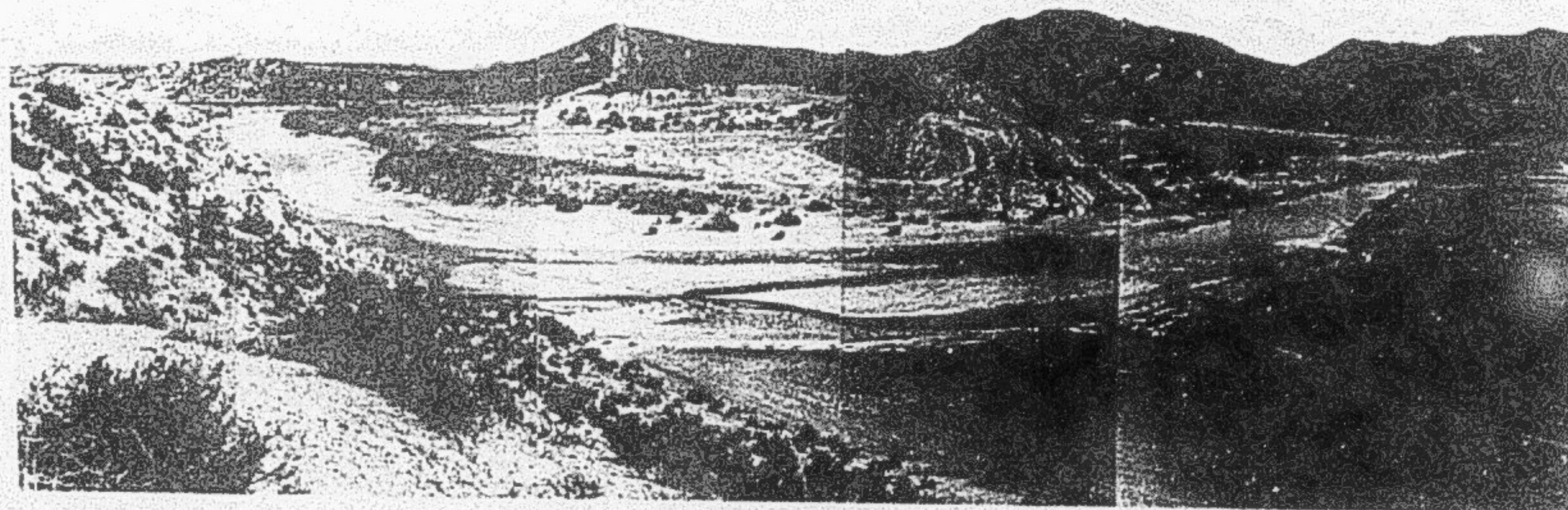
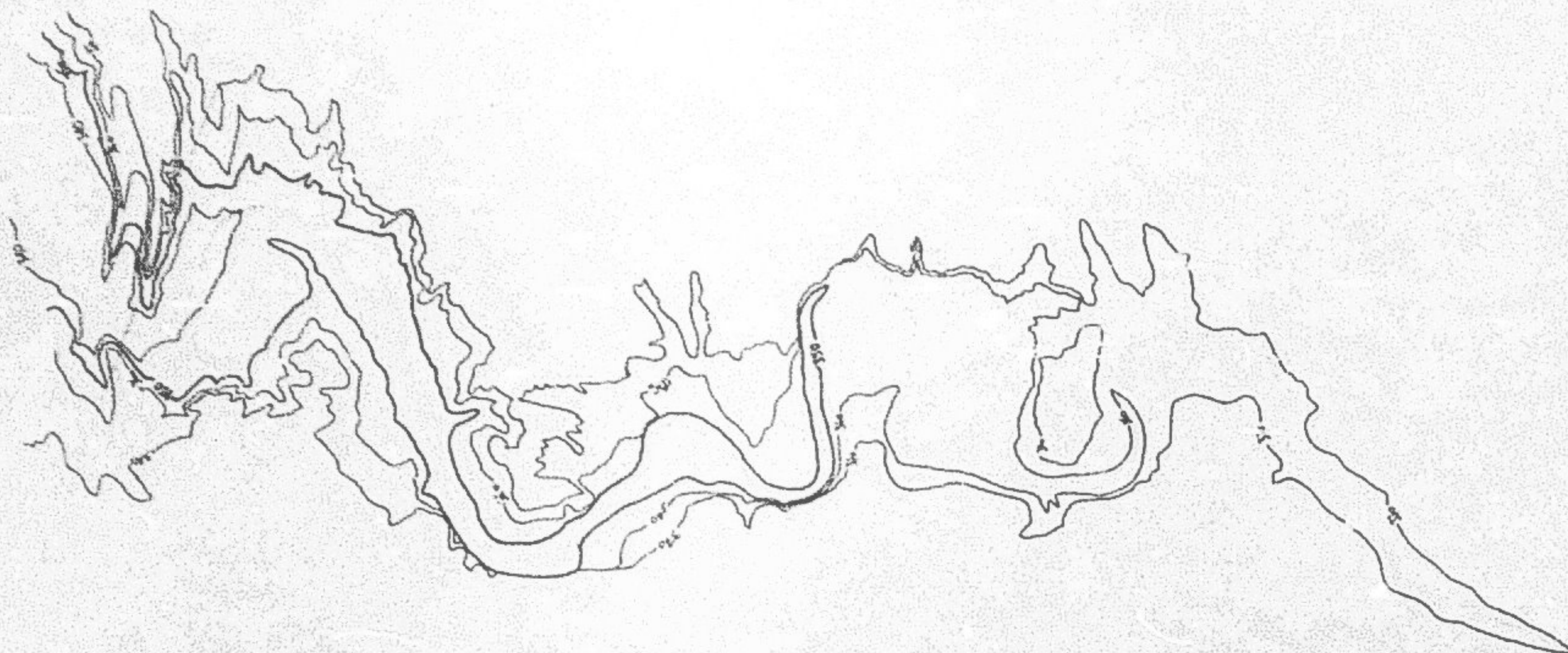


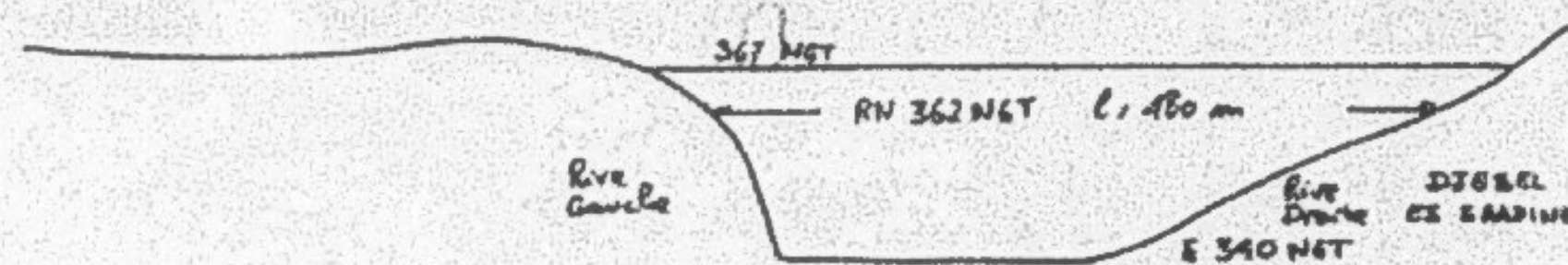
Photo 1	Vue générale
Photo 2	Photo 3
Cuvette	Appui rive gauche

Site n° 1 : DIBULLES SANDINE
PLANCHE PHOTOGRAPHIQUES

APS Oued Mellégue
Cuvette n° 101 - 2006

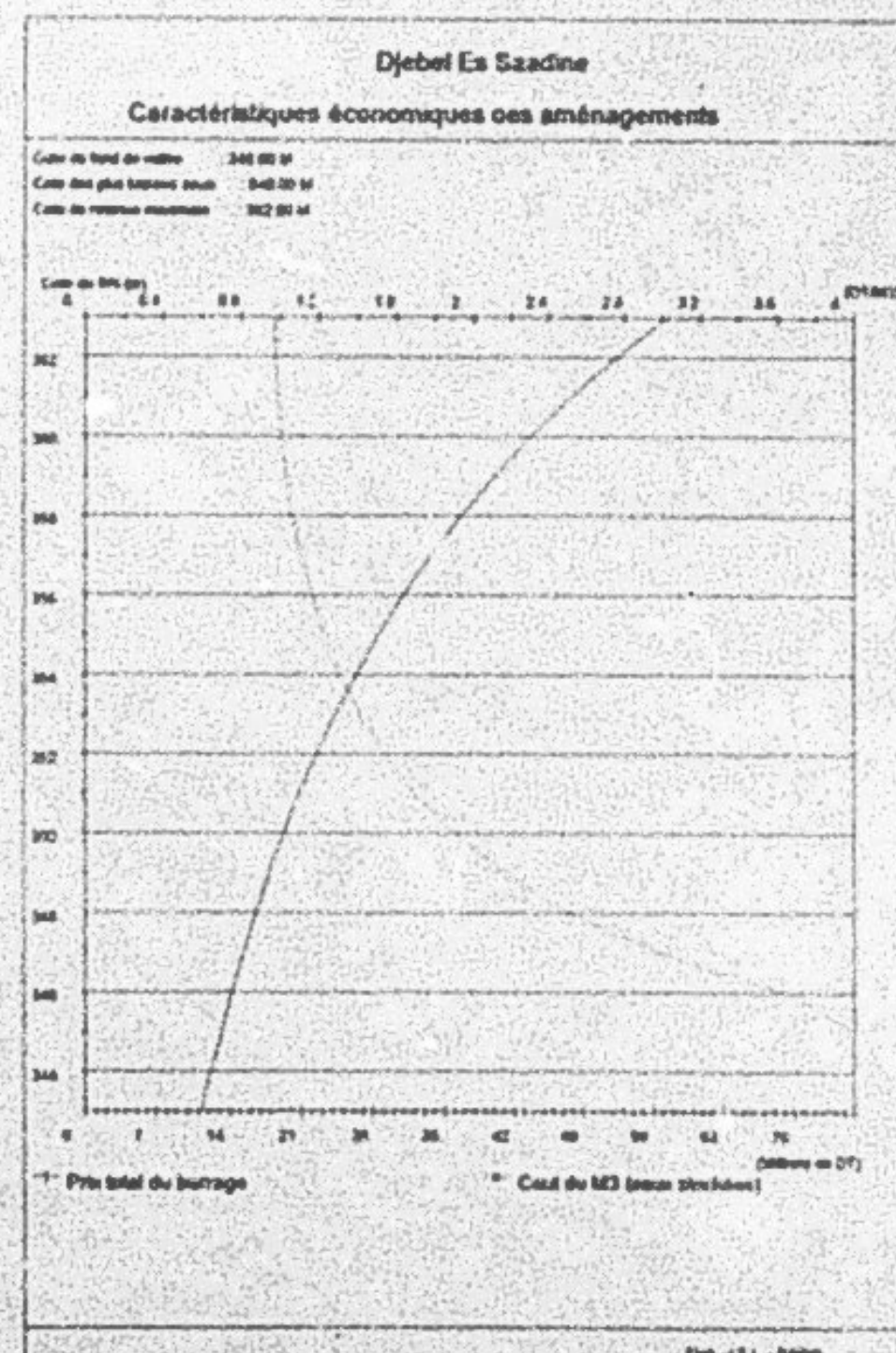
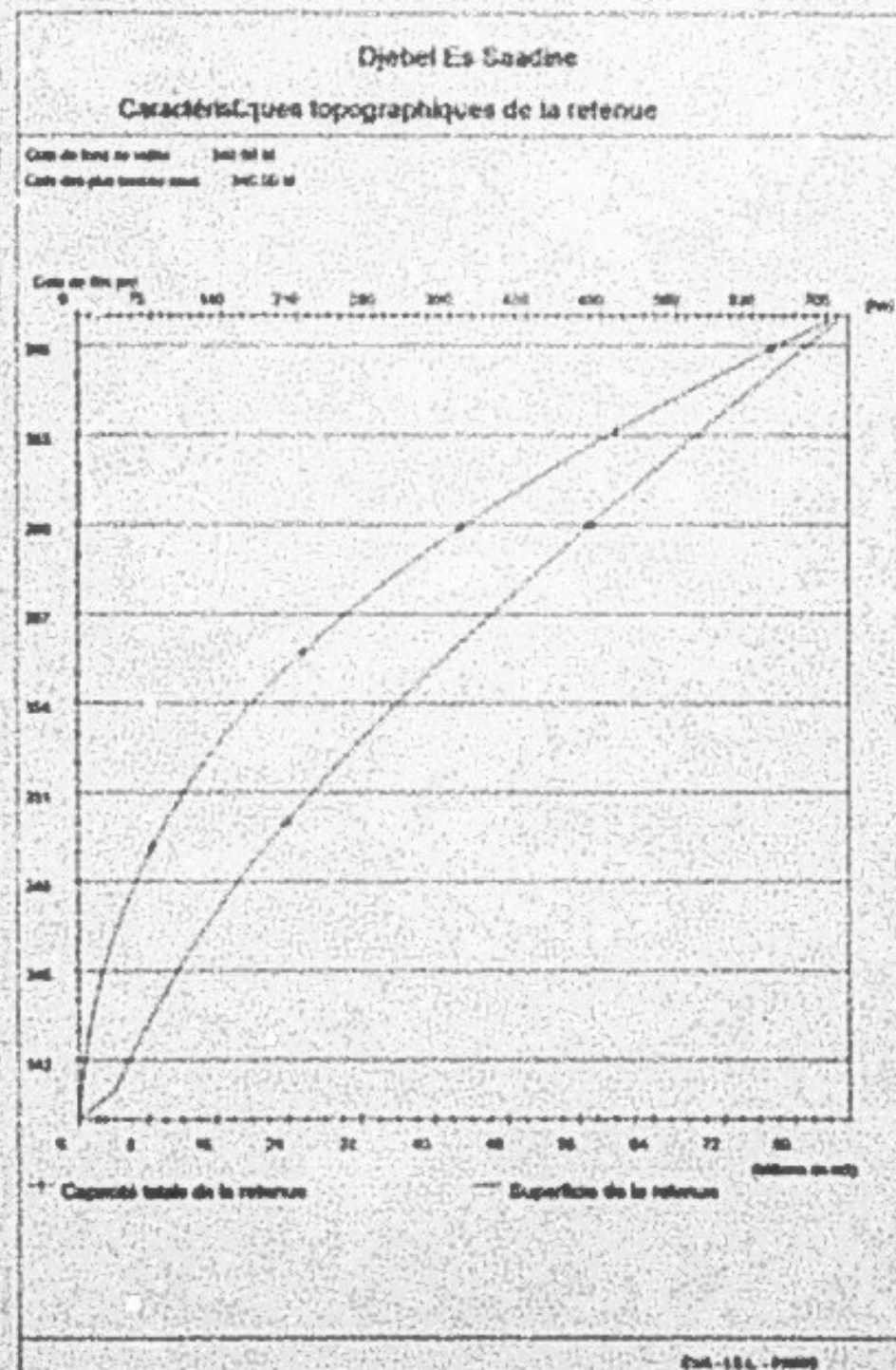


REPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTERE DE L'AGRICULTURE Direction Générale ETH			
APS OUED MELLEGUE - Phase 1			
Site n° 1 : Djebel Es Saadine Vue en plan de la cuvette			
Date : 25/03/95	Ech : 1/25 000	Dessiné par : Vérifié par :	Rév n° : 00
SIAA 			Plan n° 106 - APS - 004



PROFIL DE LA VALLEE

ECHELLE : 1/1000 1/5000



Cote de retenue normale	362 NGT
Superficie de la retenue	545 ha
Capacité sous la RN	54 hm³
Volume du barrage	340 000 m³
Rendement topographique	160
Prix total du barrage	52 M DT
Coût du m³ d'eau stocké	1 000 mil/m³

REPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE Direction Générale ETH			
APS OUED MELLEGUE - Phase I			
Site n° 1 : Djebel Es Saadine			
Date : 25/01/95	Ech. :	Destiné par : Vérifié par :	Rév n° : 00
SIAA		IS	
Plan n° 106 - APS - 005			

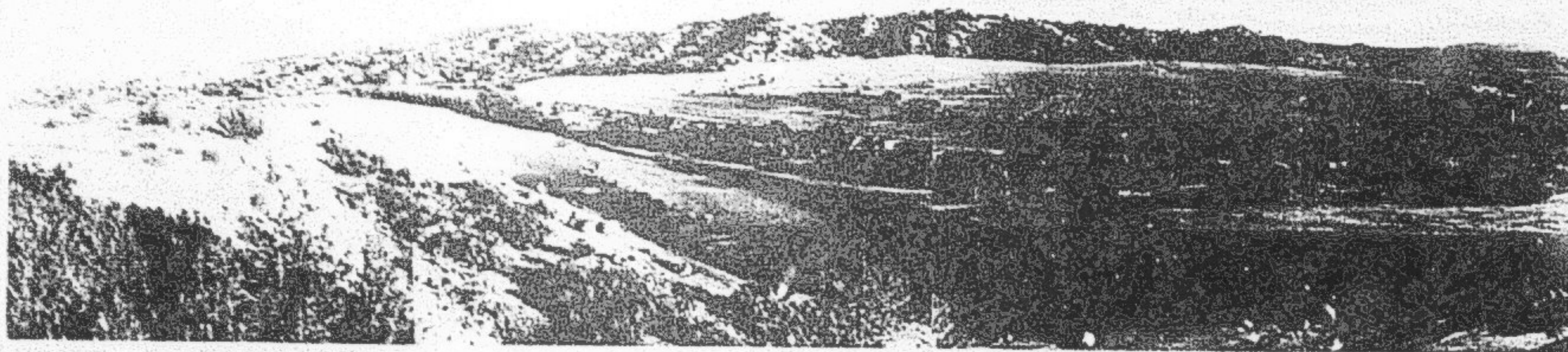


Photo 1 Vue generale

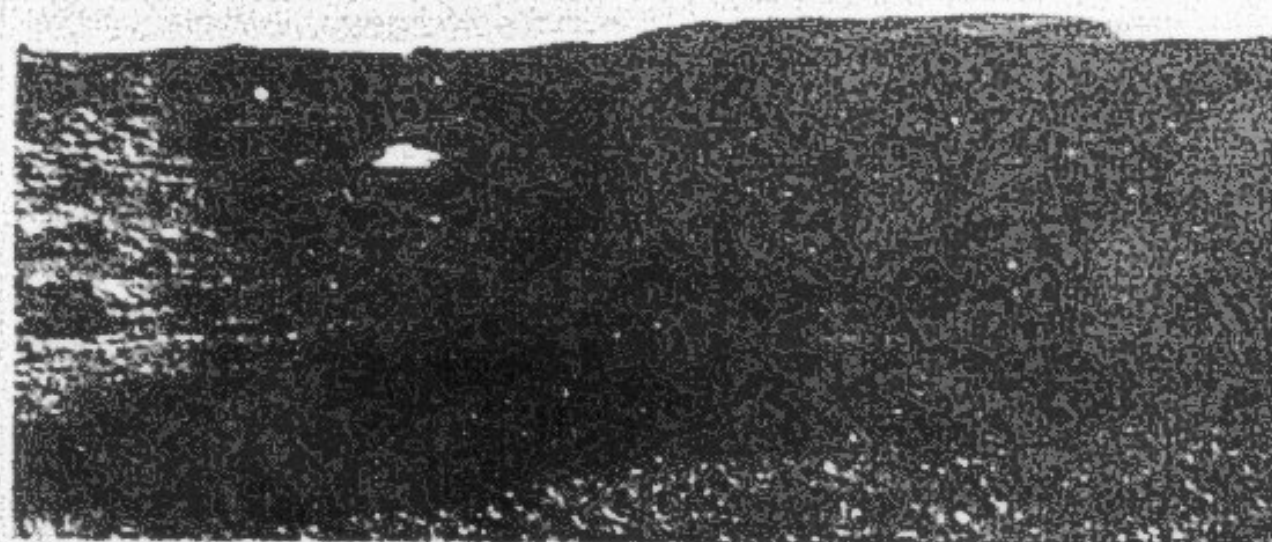


Photo 2
Vue de la cuvette

Site n° 2 HENCHIR BOU FAROU

PLANCHE PHOTOGRAPHIES

APS Chant Althouar

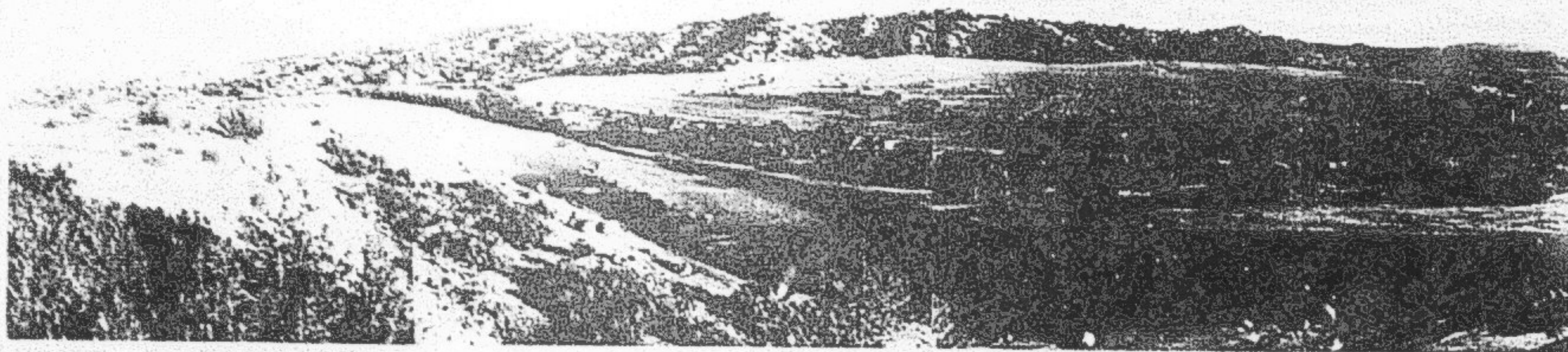


Photo 1 Vue generale

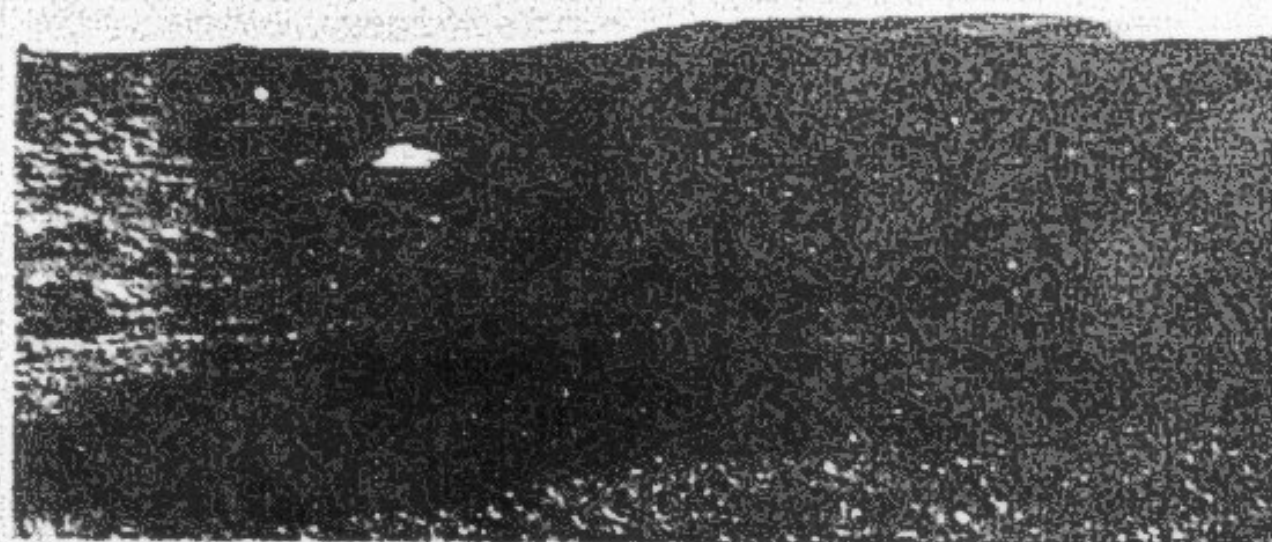
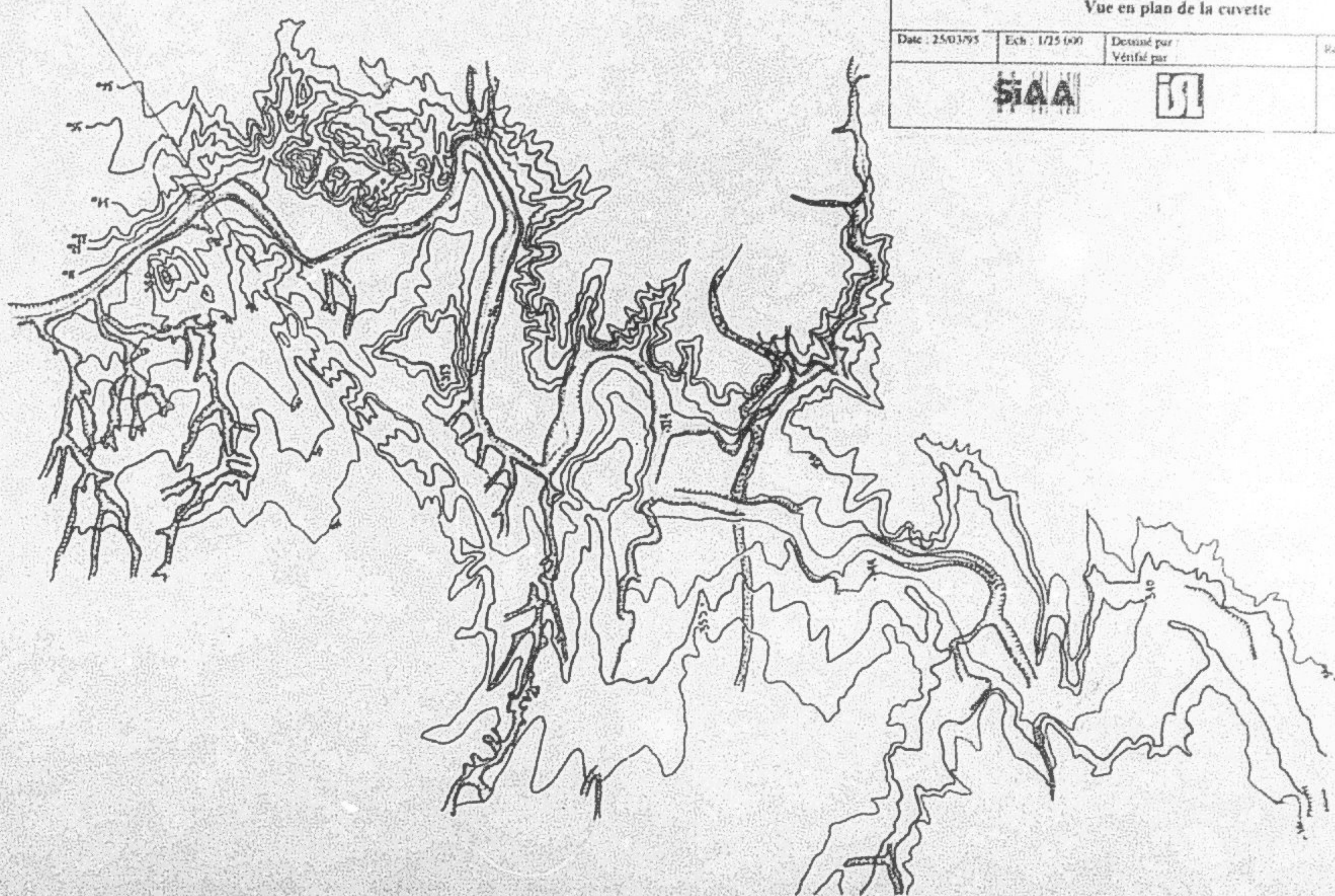


Photo 2
Vue de la cuvette

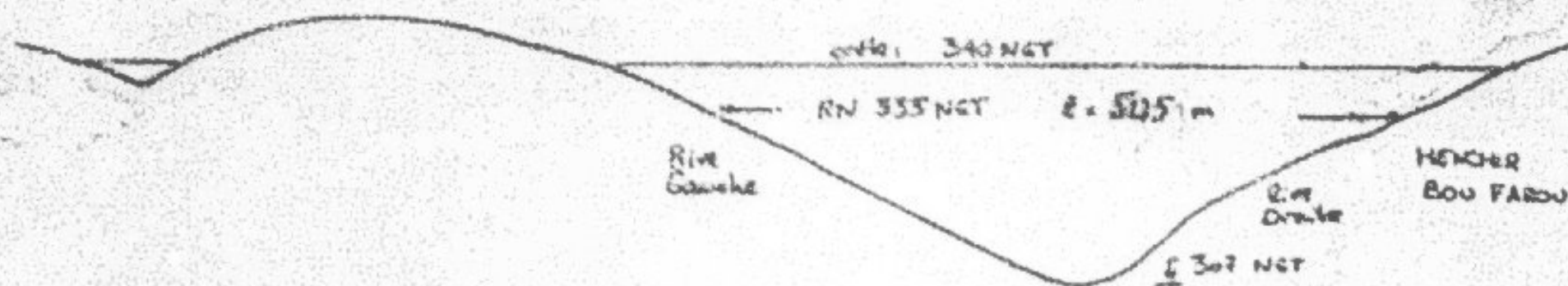
Site n° 2 HENCHIR BOU FAROU

PLANCHE PHOTOGRAPHIES

APS Chant Althouar



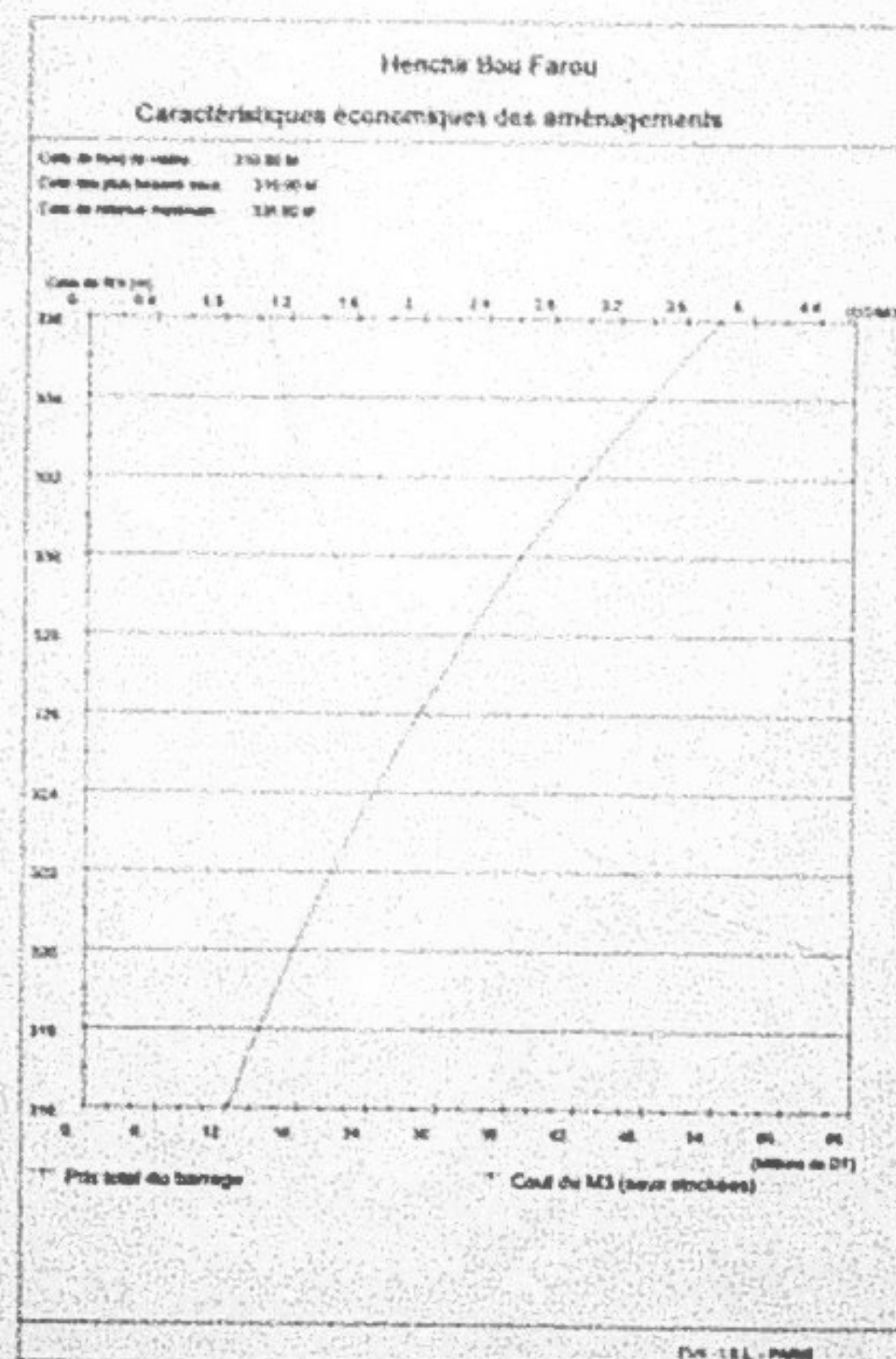
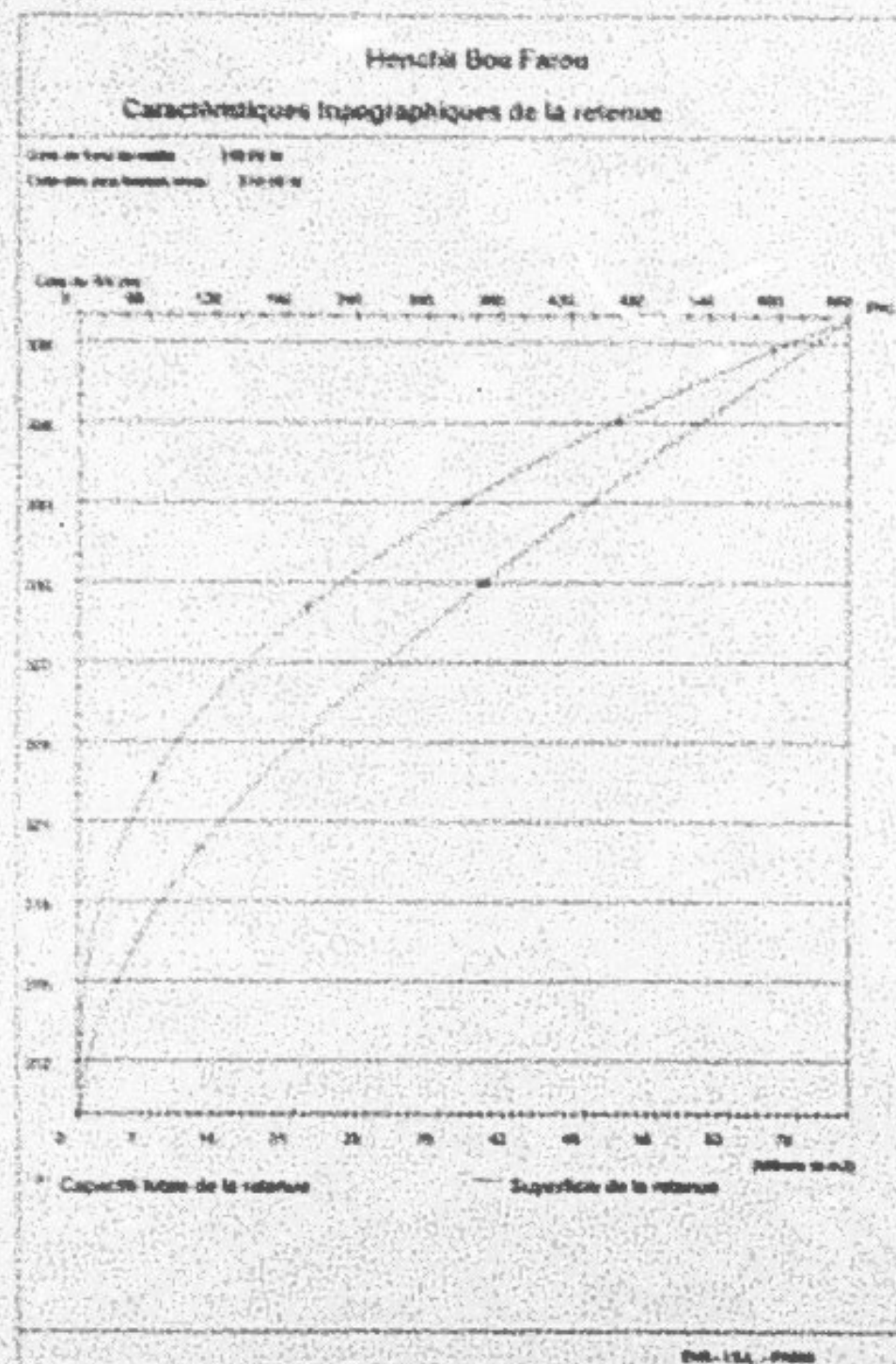
REPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE Direction Générale ETU			
APS OUED MELLEQUE - Phase 1			
Site n° 2 : Henchir Bou Farou Vue en plan de la cuvette			
Date : 25/03/95	Ech : 1/25 000	Destiné par / Vérifié par :	Rev n° : 00
SiAA			Plan n° 106 - APS - 000



PROFIL DE LA VALLEE

ECHELLE :

1/1000
1/5000



Cote de retenue normale	335 NGT
Superficie de la retenue	500 ha
Capacité sous la RN	47 hm ³
Volume du barrage	350 000 m ³
Rendement topographique	130
Prix total du barrage	51 M DT
Coût du m ³ d'eau stocké	1 100 ml/m ³

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTRE DE L'AGRICULTURE
Direction Générale ETH

APS OUED MELLEGUE - Phase I

Site n° 2 : Henchir Bou Farou

Date : 25/03/95

Ech :

Dessiné par :

Vérifié par :

Rév n° : 00

SIAA

IS

Plan n°
106 - APS - 007

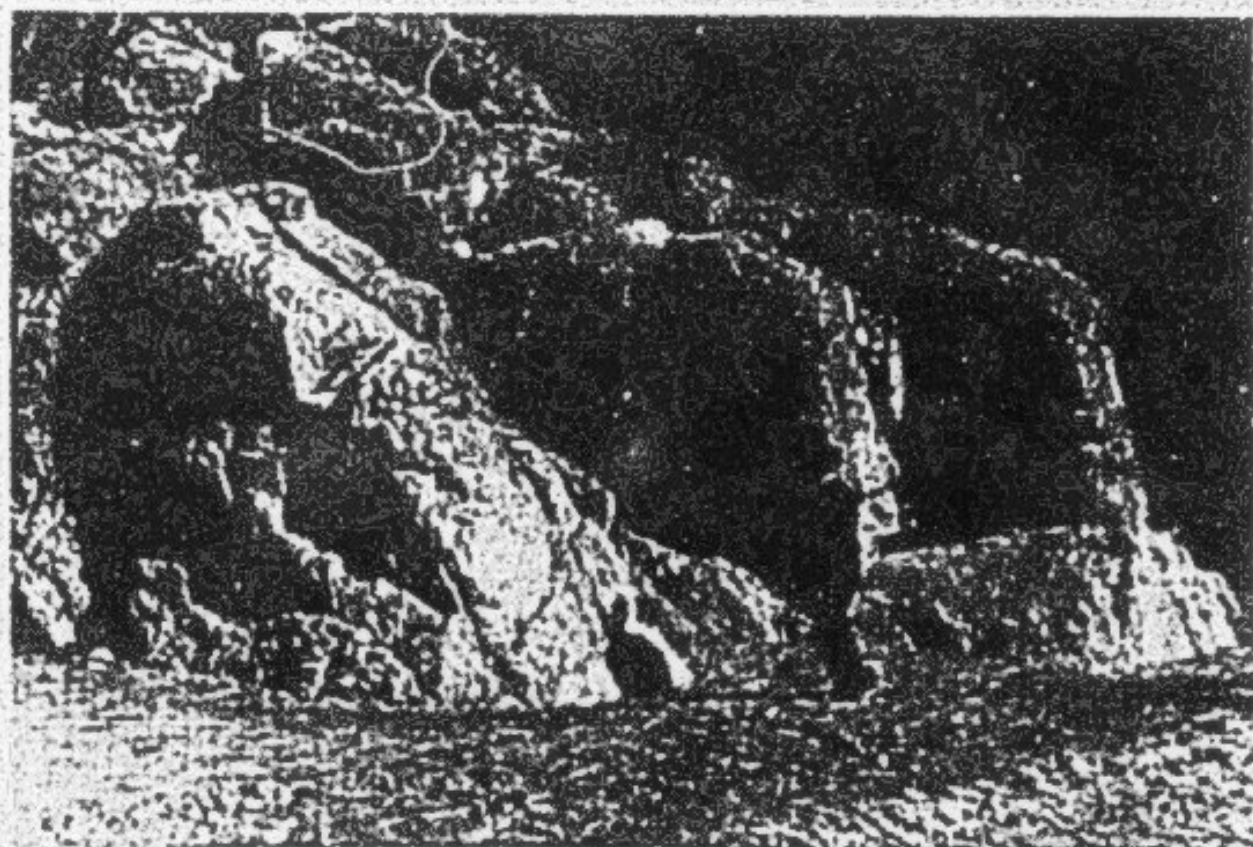
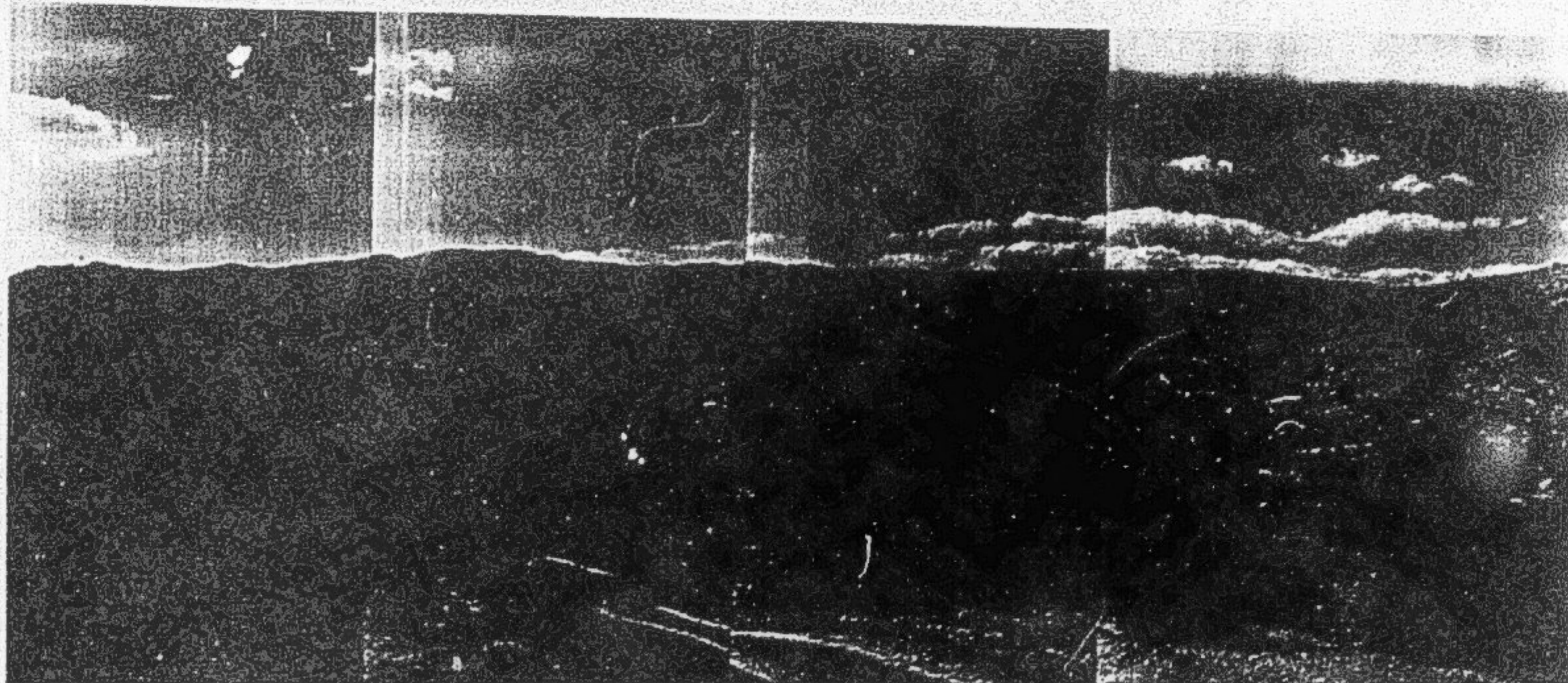
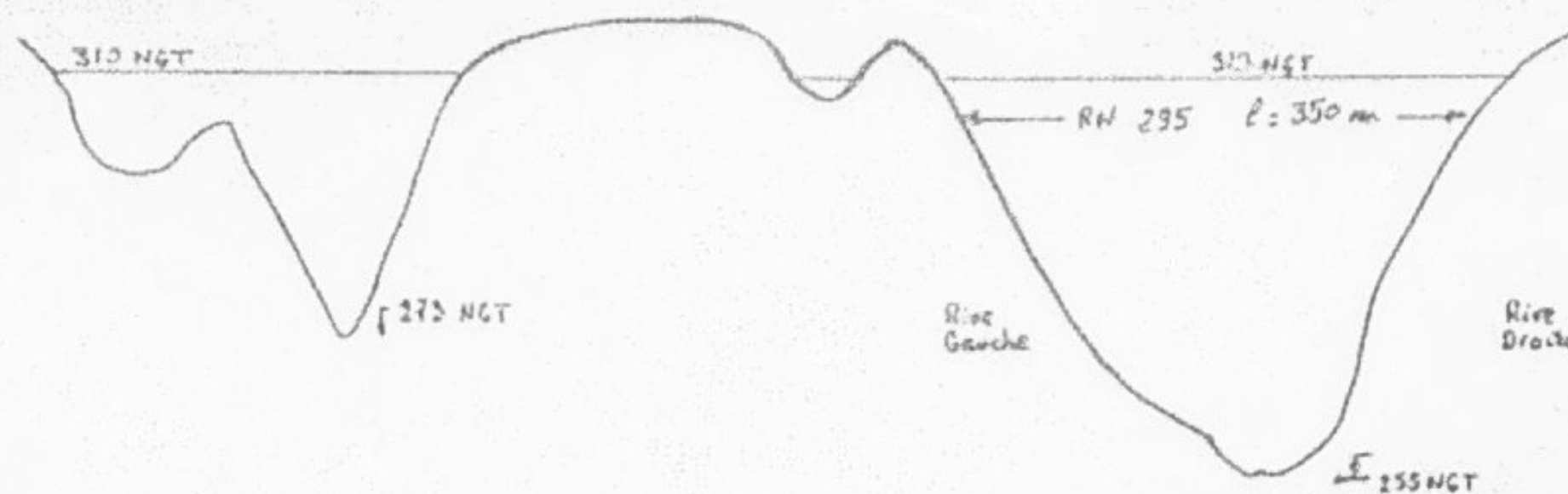


Photo 1	Vue générale
Photo 2	Photo 3
Appui rive droite	Cuvette

Site n° 4 : GUE DU CAROUBIER

PLANCHE PHOTOGRAPHIQUES

APS Oued Mellagat

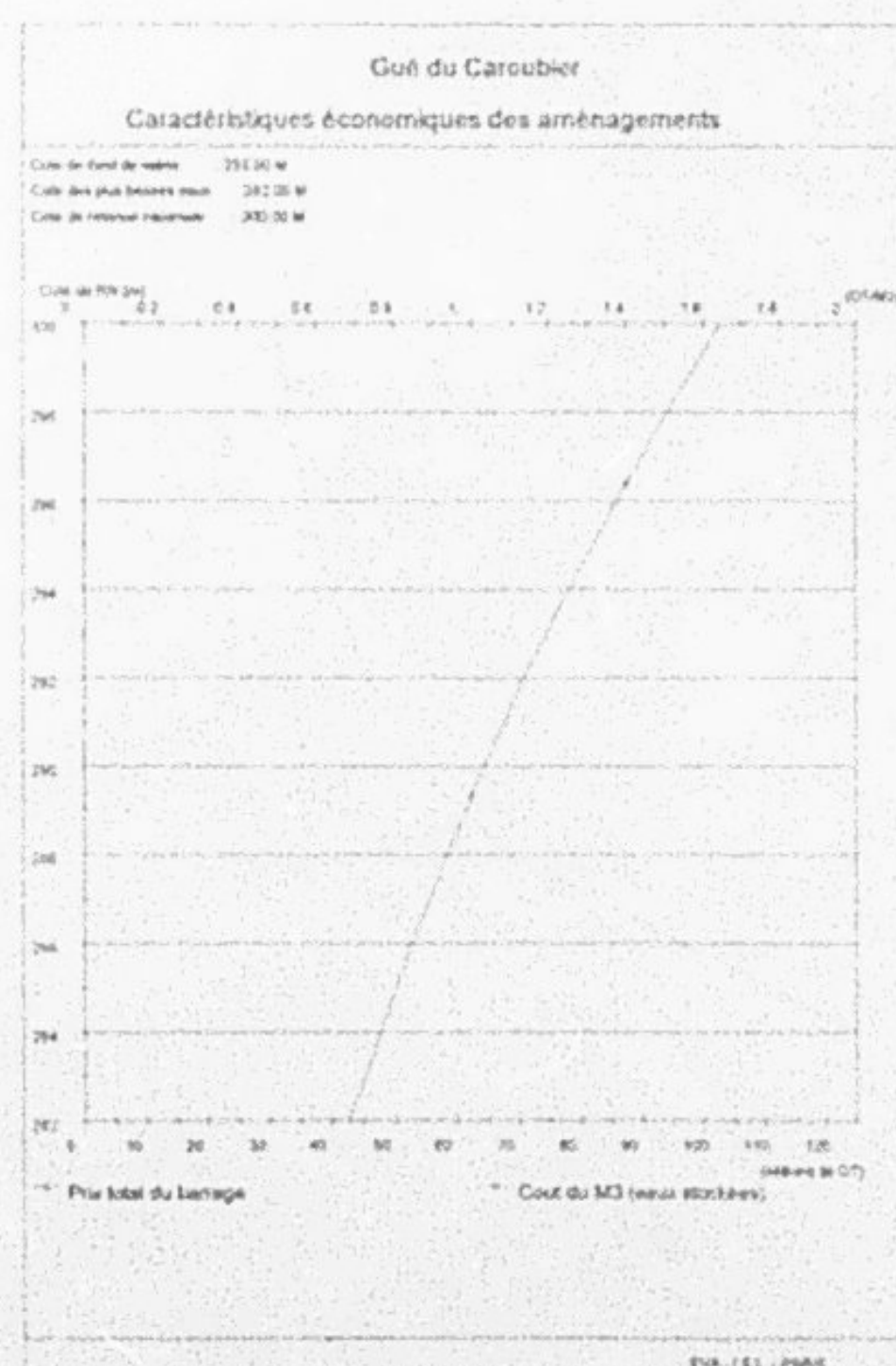
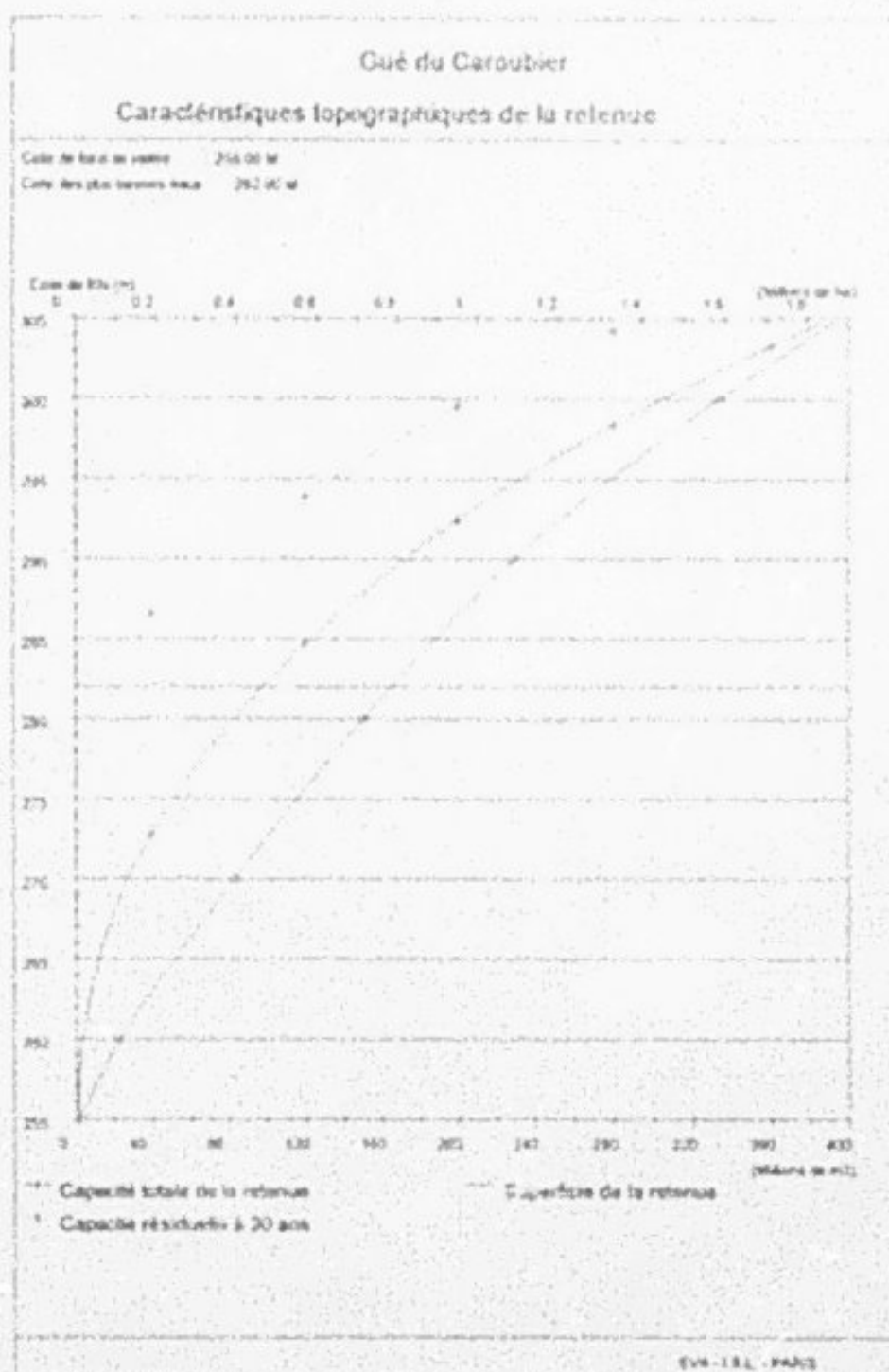


PROFIL DE LA VALLEE

ECHELLE

1/5000
1/1500

250 NGT



Cote de retenue normale	295 NGT
Superficie de la retenue	1320 ha
Capacité sous la RN	230 hm³
Volume du barrage	700 000 m³
Rendement topographique	420
Prix total du barrage	100 M DT
Cout du m³ d'eau stocké	430 mil/m³

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
Direction Générale ETH

APS OUED MELLEGUE - Phase 1

Site n° 4 : Gué du Caroubier

Date : 25/03/95	Ech :	Dessiné par :	Rev n° : 00
		Vérifié par :	
SIAA		ISL	
			Plan n° 106 - APS - 009

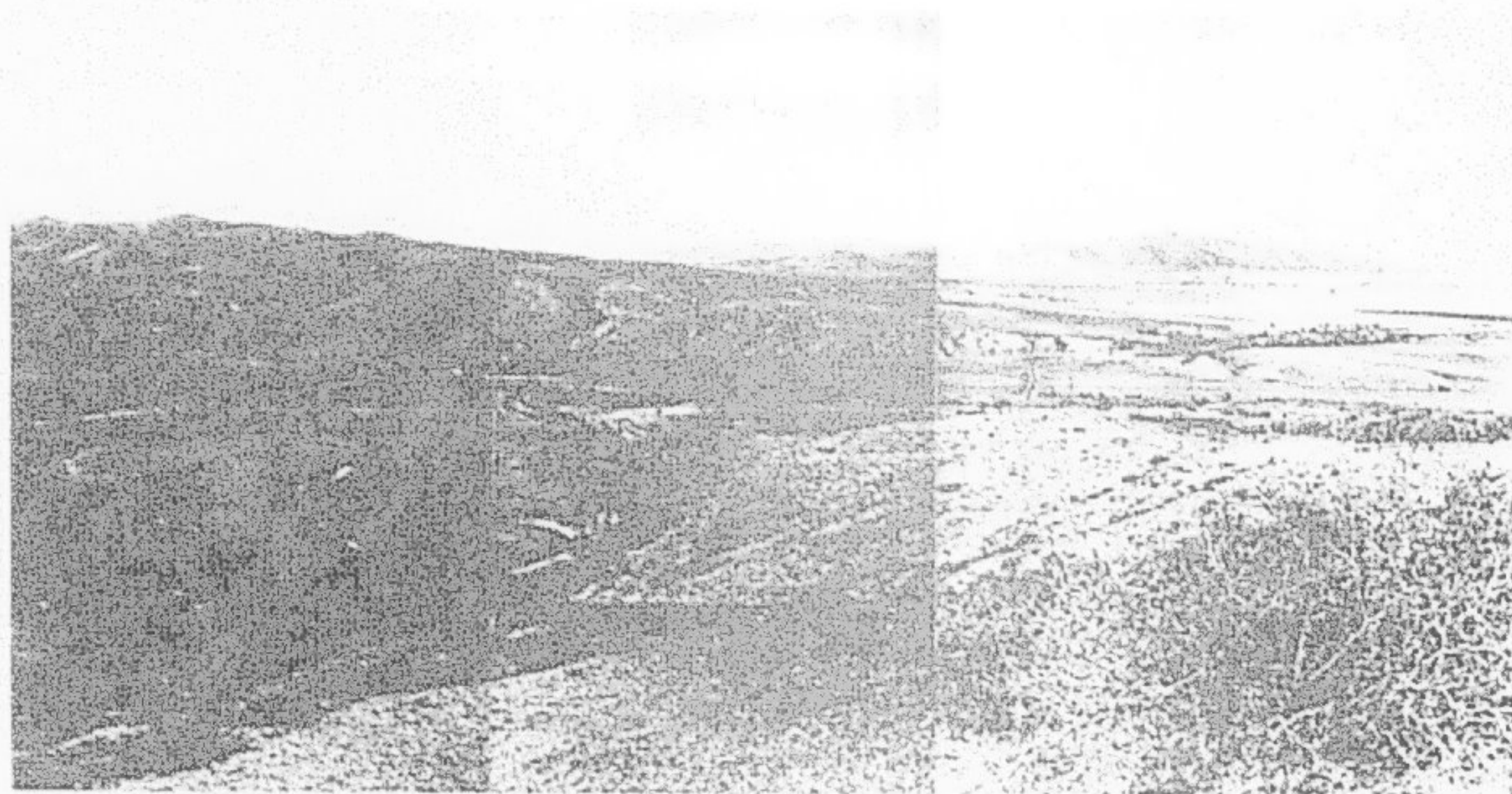
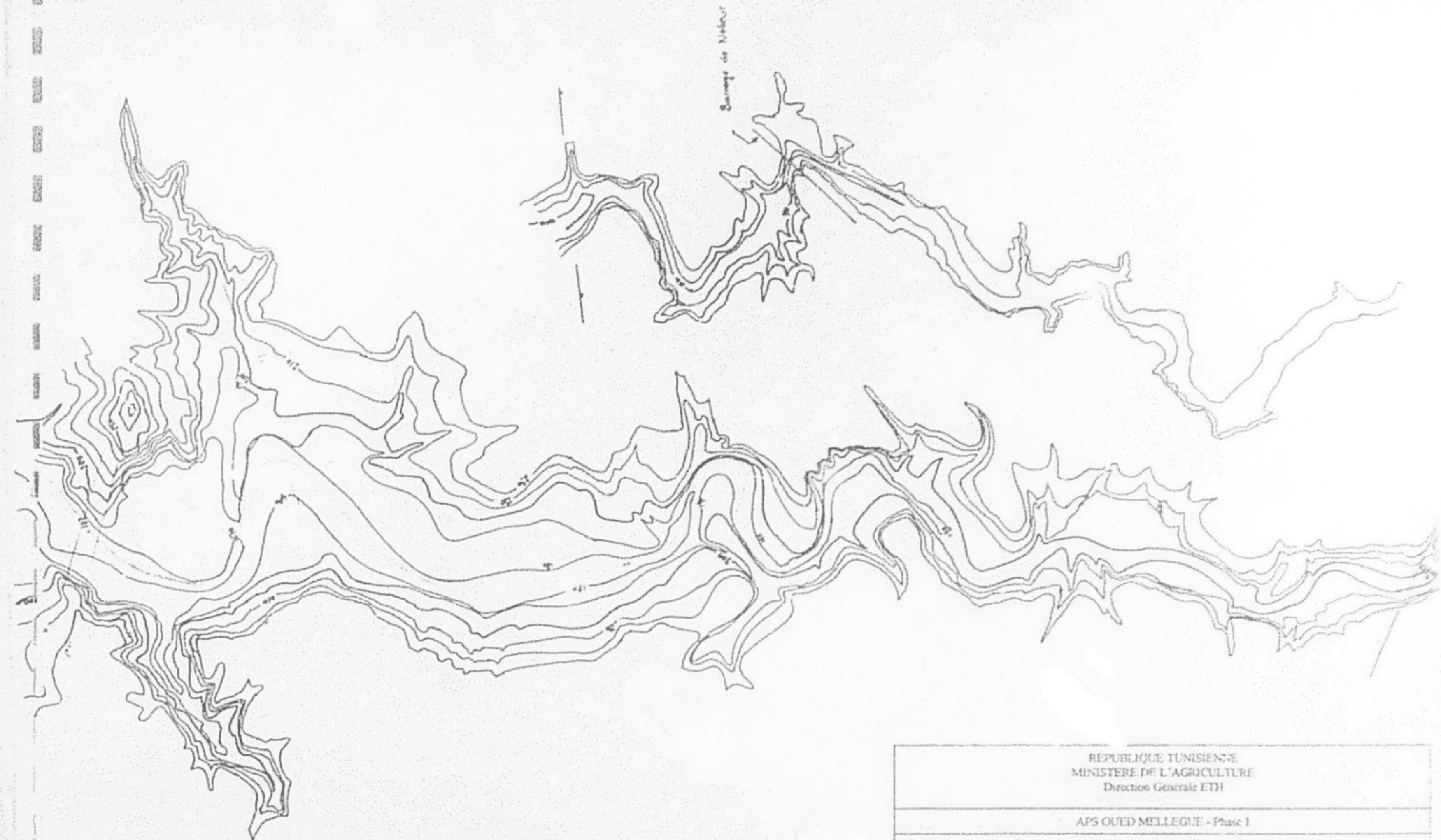


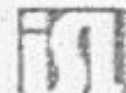
Photo 1	Vue generale	Photo 2
		Appui rive droite
	Photo 3	
	Vue de la cuvette	

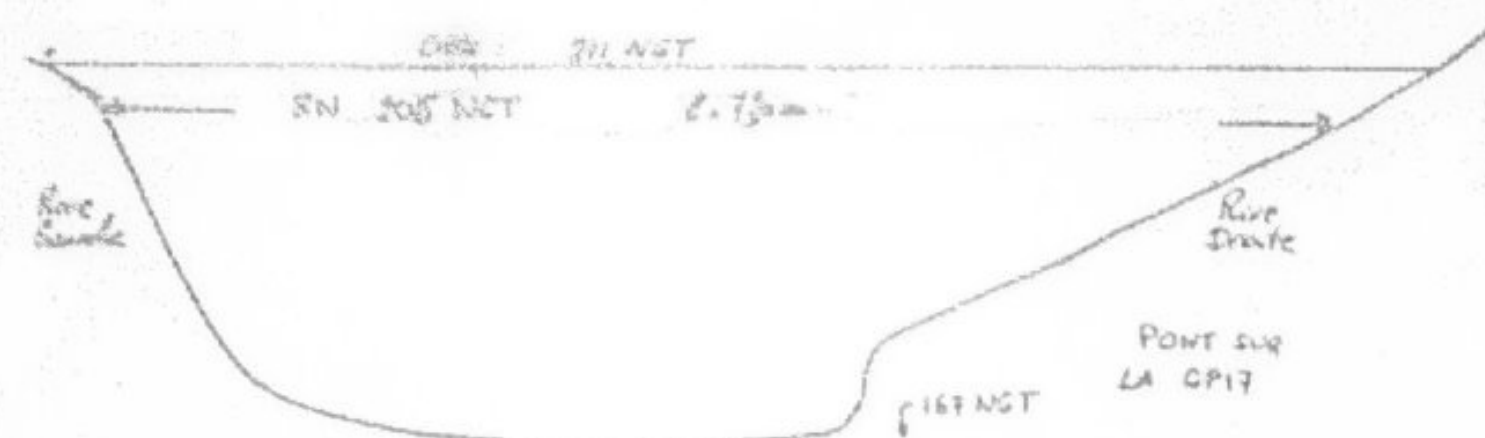
Site n° 0 PONT SUR LA GP17

PLANCHE PHOTOGRAPHIES

APS Oued Mellegue
Grouement ISI - SIAA



REPUBLIQUE TUNISIENNE MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE Direction Générale ETH			
APS OUED MELLEQUE - Phase 1			
Site n° 6 : Pont sur la GP17 Vue en plan de la cuvette			
Date : 25/03/93	Ech : 1/25 000	Dessiné par Vérifié par	Rév n° : 00
 		Plan n° 106 - APS - 0010	



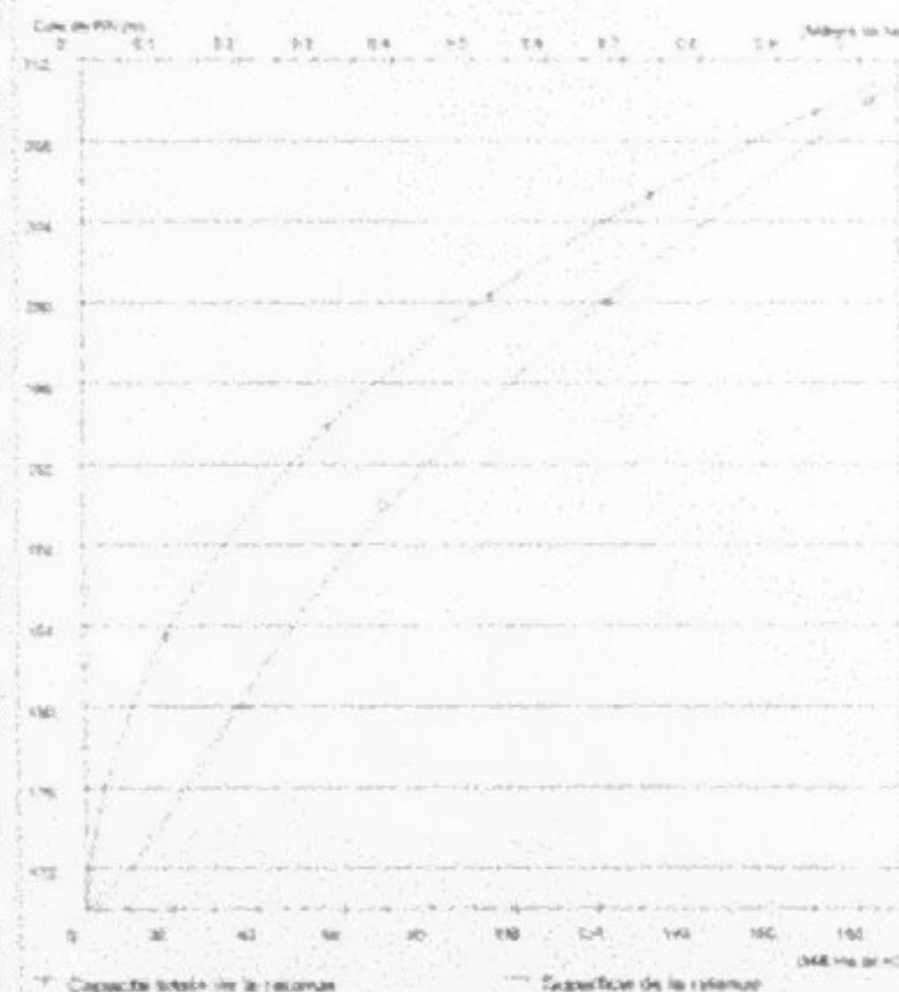
PROFIL DE LA VALLEE

ECHELLE: 1/1000

Pont sur la GP17

Caractéristiques topographiques de la retenue

Cote de fond de vallée: 175 NGT
Cote des plus hautes eaux: 175 NGT

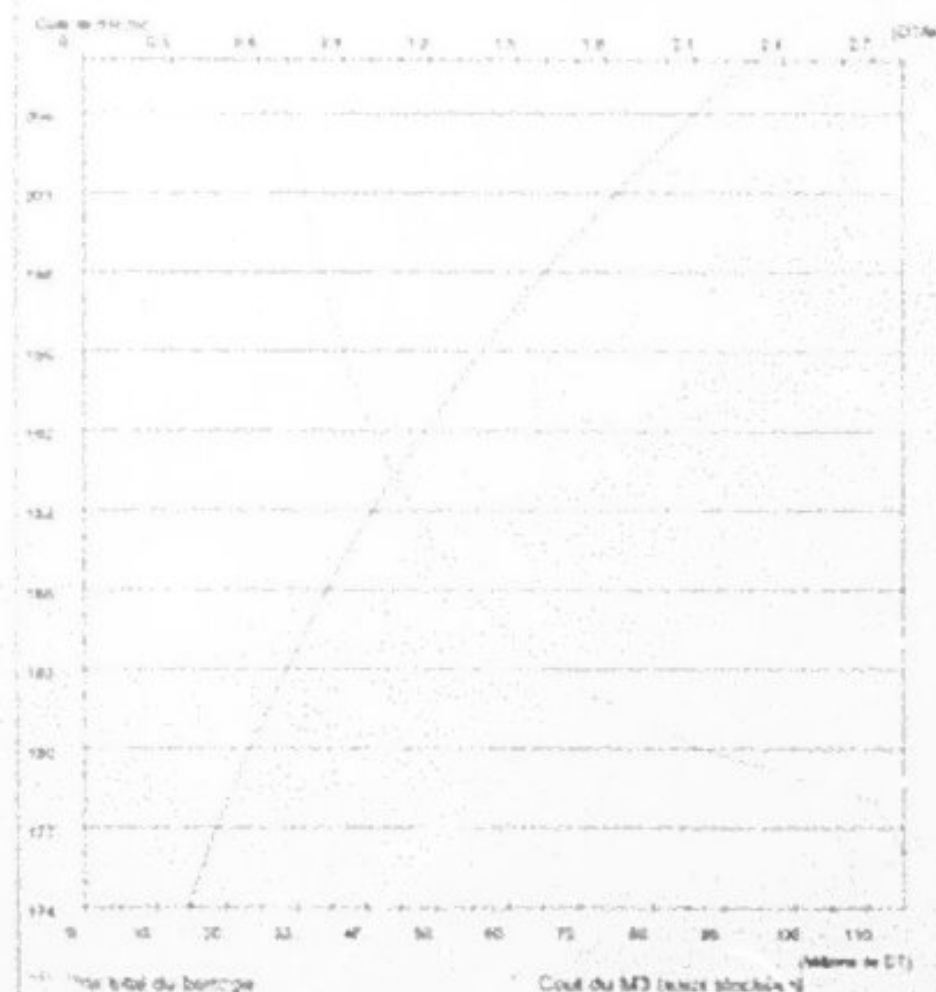


EVN - I.S.E. - PARE

Pont sur la GP17

Caractéristiques économiques des aménagements

Cote de fond de vallée: 175 NGT
Cote des plus hautes eaux: 175 NGT
Cote de retenue normale: 206 NGT



EVN - I.S.E. - PARE

Cote de retenue normale	206 NGT
Superficie de la retenue	175 ha
Capacité sous la RN	140 hm³
Volume du barrage	730 000 m³
Rendement topographique	180
Prix total du barrage	94 M DT
Coût du m³ d'eau stocké	680 mil/m³

REPUBLIQUE TUNISIENNE
MINISTERE DE L'AGRICULTURE
Direction Générale ETH

APS OUED MELLEQUE - Phase I

Site n° 6 : Pont sur la GP17

Date : 25/03/95	Ech :	Dessiné par :	Rév n° : 00
		Vérifié par :	
SIAA			Plan n° 106 - APS - 011

FIN

99 . . .

VUES