

OFFICE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
ET TECHNIQUE OUTRE-MER

Service Hydrologique

EXPLOITATION DU MODELE DE SIMULATION

EAUTUN1A

H. DOSSEUR

Janvier 1977

EXPLOITATION DU MODELE DE SIMULATION EAUTUN1A

Janvier 1977

A la demande de la Banque Internationale pour la Reconstruction et le Développement (B.I.R.D.), et après accord du Ministère de l'Agriculture de Tunisie, nous avons procédé à une nouvelle exploitation du modèle de simulation EAUTUN1A.

Ce travail a consisté à effectuer 34 essais à l'aide du modèle établi par l'ORSTOM en 1973, pour le compte de la Direction de l'Hydraulique et des Aménagements ruraux, dans le cadre de l'étude de l'utilisation des eaux du nord de la Tunisie.

Selon les desiderata de la BIRD, le modèle existant n'a subi aucune modification de structure pour cette exploitation. De même, les données de base utilisées au cours des passages précédents (données hydrologiques et caractéristiques fixes des aménagements) ont été intégralement conservées.

Il s'agissait en fait de réactualiser les programmes de demandes pour l'eau d'irrigation et l'eau potable et d'examiner plus particulièrement la situation résultante en quelques points déterminés du système. Ainsi, l'analyse des résultats a été orientée sur les pénuries éventuelles constatées sur les périmètres de BOU HEURTMA et à l'aval d'EL AROUSSIA, et également sur les possibilités de satisfaire la demande en eau potable pour TUNIS et le CAP BON, en utilisant l'eau salée soutirée à EL AROUSSIA, mélangée aux eaux douces dans des retenues de BEN METIR et du KASSEB.

Les passages à l'ordinateur ont été effectués pour 10 programmes de demandes différents établis pour la perspective des horizons 1985 et 2000 et conduisant à 10 séries réparties de la façon suivante :

- Horizon 1985 : 4 séries (programmes 1 à 4) de 4 essais chacune :
essais 1 à 16
- Horizon 2000 : 4 séries (programmes 5 à 8) de 4 essais chacune :
essais 17 à 32
- 2 séries spéciales (programmes 9 et 10) de 1 essai chacune :
essais 33 et 34.

Dans cette note, après avoir rappelé les caractéristiques principales du modèle utilisé ainsi que le schéma général de la simulation, nous analyserons sommairement les essais effectués et les résultats synthétiques obtenus.

1 - Rappel sur le modèle de simulation EAUTUN1A -

Le modèle EAUTUN1A est une des versions particulières du modèle EAUTUN 1, plus spécialement destinée à l'étude des problèmes posés par les besoins en eau potable.

Cette version A présente par rapport à l'originale quelques modifications importantes de structure qui correspondent à la prise en compte d'un schéma plus détaillé et plus réaliste pour tout ce qui concerne la satisfaction des besoins en eau potable.

Les modèles EAUTUN1 et EAUTUN1A ont été largement décrits dans deux notes ORSTOM intitulées : "Utilisation des eaux du nord de la Tunisie"

- note B : modèle de simulation EAUTUN1, janvier 1973 ;
- note E : besoins en eau potable - modèle de simulation EAUTUN1A, nov. 1973

Ces descriptions ont été également reprises dans leurs grands traits dans la note de synthèse d'avril 1973 intitulée : "Etude hydrologique pour l'aménagement des eaux du nord de la Tunisie".

Nous nous contenterons donc ici de ne rappeler que les caractéristiques essentielles du modèle EAUTUN1A en cherchant à dégager les points qui importent à la compréhension des résultats acquis lors de son utilisation.

1.1. Emprise géographique du modèle :

Il s'agit d'une version simplifiée et limitée dans laquelle on ne prend en considération que les seules ressources hydrologiques du bassin de la Medjerda à l'amont d'EL AROUSSIA (voir figure 1).

Par contre, l'utilisation des eaux concerne non seulement le bassin de la Medjerda mais également une part des besoins agricoles pour des périmètres irrigués situés à l'aval d'EL AROUSSIA (demande globale DAR supposée entièrement concentrée à EL AROUSSIA) ainsi qu'une part des besoins en eau potable pour TUNIS et le CAP BON (augmentée des "besoins en route").

Les aménagements hydrauliques pris en compte sont constitués de l'ensemble des ouvrages existants ou prévus sur le bassin de la Medjerda à l'amont d'EL AROUSSIA, auxquels on a ajouté l'infrastructure déjà en place ou projetée pour assurer la satisfaction des besoins en eau potable de la région de TUNIS et du CAP BON, c'est-à-dire :

- la retenue de SAÏDA à proximité de TUNIS,
- les conduites d'adduction d'eau douce de BEN METIR et du KASSEB vers TUNIS et d'EL AROUSSIA vers TUNIS.

1.2. Schéma topologique :

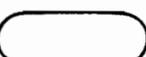
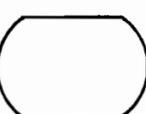
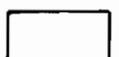
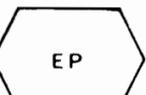
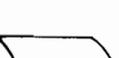
Ce schéma est la représentation synoptique du système d'eau donnant sous une forme conventionnelle la disposition et les liaisons associées des différents éléments constitutifs suivants :

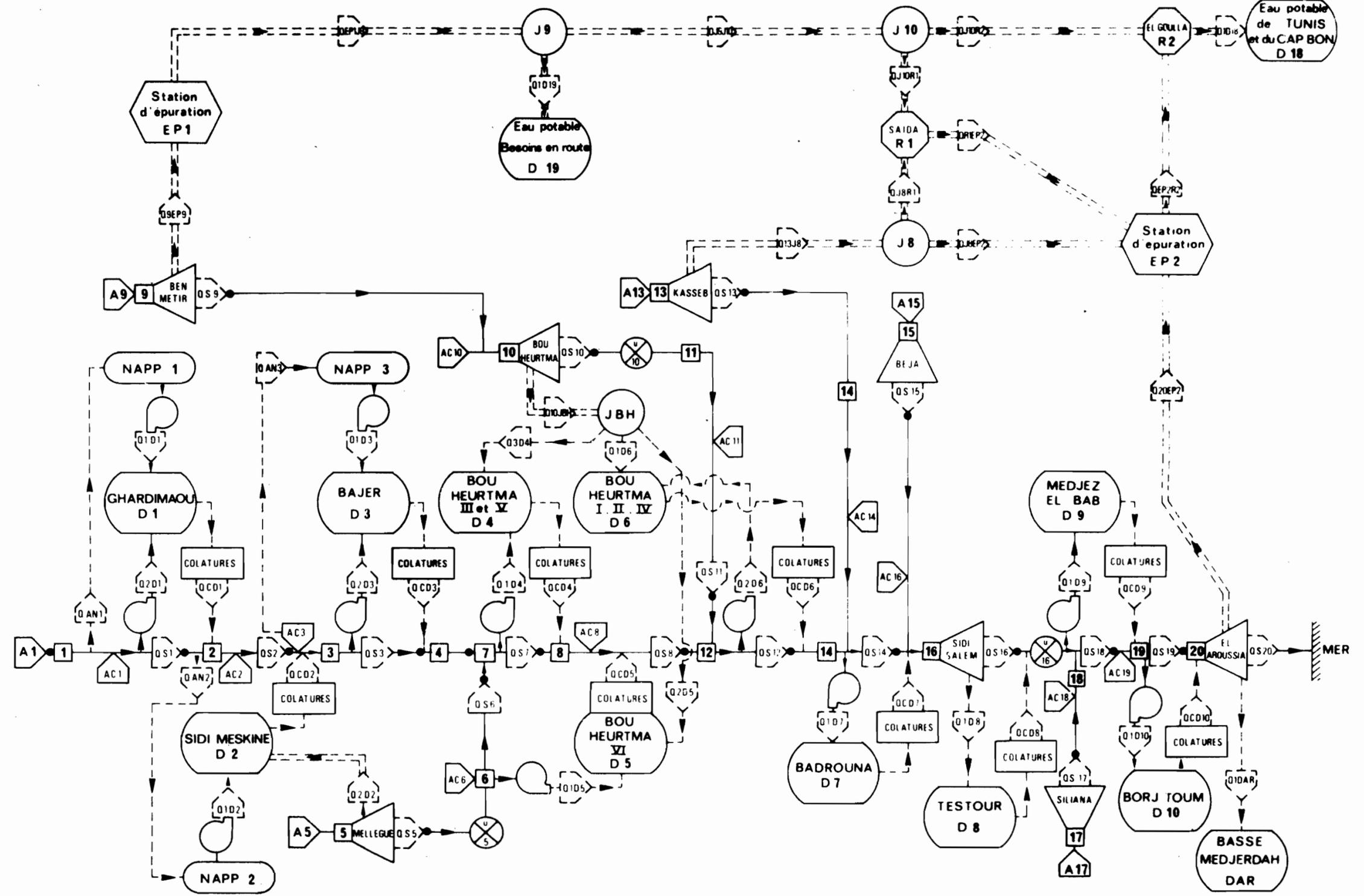
- l'ensemble du réseau hydrographique naturel figurant les ressources disponibles (eaux de surface et eaux souterraines) ;
- les différents points de prélèvements et zones d'utilisation caractérisant les besoins (demandes pour l'irrigation et l'eau potable) ;
- les opérateurs hydrauliques envisagés dans le projet tunisien et permettant d'assurer la liaison entre ressources et besoins (réservoirs artificiels, stations de pompage, conduites et canalisations ...).

Le schéma topologique du modèle EAUTUN1A est représenté sur la figure 2. Il situe le problème dans l'espace et résulte du découpage géographique en 20 unités hydrauliques (numérotées de 1 à 10), de façon que pour chacune d'entre elles on puisse effectuer un bilan complet des entrées et

Fig.2 - UTILISATION DES EAUX DU NORD DE LA TUNISIE

Schéma topologique Modèle EAUTUN 1A

-  Apport naturel en tête de bassin dans l'unité n
-  Simple transfert d'eau (par exemple avec QSn: débit de sortie de l'unité n)
-  Numéro de l'unité hydraulique
-  Nappe souterraine
-  Zone d'utilisation
-  Colatures
-  Jonction (ou éventuellement dispatching)
-  Station d'épuration pour la production d'eau potable
-  Dispositif de pompage
-  Apport naturel du bassin versant intermédiaire relatif à l'unité n
-  Transfert vers une zone d'utilisation (sortie définitive du système des unités hydrauliques)
-  Délimitation des unités hydrauliques
-  Barrage - Réservoir
-  Système de fourniture d'eau par des moyens artificiels
-  Réservoir sans alimentation naturelle (non incorporé à une unité hydraulique)
-  Usine hydroélectrique à l'aval immédiat de l'unité n



sorties. Associé à un plan d'opérations (choix des priorités, stratégie de la fourniture, consignes d'exploitation ...), il constitue l'ossature du modèle.

Il convient donc de noter que toute modification même partielle de ce schéma nécessite de revoir la logique du modèle et conduit donc à programmer une nouvelle version.

1.3. Fonctionnement simulé :

Le modèle fonctionne au pas de temps mensuel et en année hydrologique (débutant le 1er septembre).

L'inventaire des ressources disponibles est introduit sous forme de chroniques d'apports en eau et de salinité sur les 20 unités hydrauliques. Pour la présente exploitation, les séries utilisées sont constituées de 20 années de données homogénéisées à partir des observations disponibles sur la période 1950-51 à 1969-70. Les pertes par évaporation sur les retenues sont prises en compte à l'aide d'un vecteur unique d'évaporations mensuelles moyennes.

Chaque essai se fait sur un état "figé" correspondant à un instant donné de la prospective ou horizon. Les présents passages ont été réalisés pour les horizons 1985 et 2000, auxquels correspondent des programmes de demandes fixes.

Chaque demande est introduite sous forme d'un vecteur de valeurs mensuelles correspondant à la modulation des besoins annuels. Dans le modèle EAUTUN1A, les demandes agricoles relatives à un périmètre d'irrigation sont réparties sur une ou deux sources de prélèvements imposées. Cette contrainte interdit tout calcul dynamique de la satisfaction de telles demandes et a la conséquence suivante :

Une demande D_i , relative au périmètre i et devant être alimentée par 2 sources imposées 1 et 2, n'est pas prise en compte globalement. Elle est en réalité introduite sous la forme de 2 sous-demandes $Q1D_i$ et $Q2D_i$ totalement indépendantes : un déficit constaté pour l'une d'elles ne sera donc pas compensé par appel à l'autre source.

Les demandes (à l'exception des demandes en eau potable) peuvent éventuellement faire l'objet de restrictions dont nous ne parlerons pas ici car les passages dont nous rendons compte dans cette note ont tous été effectués sans consignes de restrictions.

Le contrôle de la satisfaction ou de la non satisfaction d'une demande fait appel à deux concepts importants :

- la défaillance : qui signifie que, au cours du mois, la satisfaction de la demande n'a pas été réalisée. Elle est exprimée en nombre de coups (0 à 12 par an) :
- le déficit : qui précise de combien le contrat (demande à satisfaire) n'a pas été réalisé. Il est exprimé en m^3 d'eau.

Pour le pas de temps considéré, on a admis que la durée de propagation des débits de l'amont vers l'aval est négligeable.

Au cours du mois, l'ensemble des opérations qui s'effectuent sur la chaîne des unités hydrauliques constitue la boucle de calcul interne du programme ; l'ordre des opérations, supposées effectuées dans le même temps, est donné par le schéma topologique, en procédant de l'amont vers l'aval. En réalité, on règle d'abord les problèmes de quantités en suivant cet ordre et on effectue ensuite les calculs de salure selon la même séquence. En effet, la stratégie de fourniture adoptée (appel aux réservoirs amont pour la satisfaction de certaines demandes aval) peut conduire en cours de séquence à une modification des débits transférés à partir de l'amont et initialement calculés.

Pour le modèle EAUTUN1A, à l'exception du problème de l'eau potable, la salure n'intervient pas comme critère limitatif à la satisfaction d'une demande ; on se contente de calculer la salinité en chaque point du système d'eau et d'afficher le résultat.

Ce calcul des salinités est effectué en tenant compte ou non de l'effet de sursalure dans la retenue de SIDI SALEM selon l'option choisie.

1.4. Procédures de calcul :

Sans insister sur les algorithmes de la programmation, nous rappellerons simplement quelques principes généraux des procédés de calcul utilisés dans le modèle EAUTUN1A.

1.4.1. initialisation - l'initialisation du modèle est obtenu de la façon suivante :

En partant d'un état premier correspondant aux retenues pleines, aux nappes souterraines à leur capacité maximale de remplissage et aux salinités dans ces réservoirs égales à 1 g/l, on fait fonctionner le modèle sur 10 ans sans prendre en considération les résultats de ces premières années de calcul.

L'état initial est l'état obtenu au bout de ces 10 années d'exploitation. La série de 10 années utilisées est constituée des 10 dernières années de données disponibles et est ajouté à l'échantillon historique de 20 ans.

1.4.2. Bilan en eau d'une unité hydraulique - d'une façon générale, ce bilan comporte les opérations suivantes :

- le calcul des apports à cette unité pendant 2 mois ; ces apports pouvant provenir :
 - du bassin versant partiel ou non (apports naturels),
 - du reliquat de la ou des unités situées immédiatement en amont,
 - des colatures provenant des périmètres d'irrigation (voir paragraphe 1.4.6),
 - des transferts.
- le calcul des sorties obligatoires :
 - transferts imposés,
 - réalimentation des nappes (pour les unités 1, 2 et 3).
- pour les unités comportant un réservoir, le calcul du nouvel état du réservoir, compte tenu des pertes par évaporation et celui des déversements éventuels.
- la satisfaction des demandes provenant des zones d'utilisation qui dépendent de cette unité.

1.4.3. Consignes d'exploitation des retenues - elles sont très simples

- il y a arrêt de la fourniture quand la cote de la retenue devient inférieure ou égale à une cote minimale HMIN ;
- il y a déversements quand la cote de la retenue dépasse une hauteur maximale HMAX.

HMIN et HMAX sont des paramètres dont les valeurs peuvent varier d'un essai à l'autre.

1.4.4. Stratégie de la fourniture en eau agricole - nous avons vu que les demandes pour l'irrigation sont définitivement fixées en chaque point de prélèvement.

Dans certains cas, lorsqu'une demande ne peut être satisfaite localement, on fait appel aux réservoirs situés à l'amont en procédant à des lâchures. Ainsi, pour les périmètres situés à l'aval de SIDI SALEM (TESTOUR, MEDJEZ EL BAB, BORJTOUM, BASSE MEDJERDA), après avoir essayé de satisfaire la demande avec les disponibilités au point de prélèvement, on fait éventuellement appel aux retenues situées à l'amont en opérant dans l'ordre suivant :

1. appel à la retenue de SIDI SALEM
2. appel à la retenue du MELLEGUE
3. appel à la retenue du BOU HEURTMA.

De même, pour la demande D7 (BADROUNA), on fait appel dans le même ordre aux retenues du MELLEGUE puis du BOU HEURTMA.

Par contre, pour les autres demandes agricoles, à l'exception de la demande Q1D5 (vers le périmètre de BOU HEURTMA VI), on se limite aux seules disponibilités au point de prélèvement.

Pour la demande Q1D5, après avoir utilisé l'eau disponible dans l'oued MELLEGUE, on fait éventuellement appel à la retenue du MELLEGUE située directement à l'amont.

Nous noterons qu'une telle stratégie renforce considérablement l'interdépendance de l'amont et de l'aval en favorisant plutôt celui-ci.

1.4.5. Stratégie de la fourniture en eau potable - dans le modèle EAUTUN1A, la demande en eau potable est composée d'une demande Q1D18 pour TUNIS et le CAP BON et d'une demande Q1D19 pour les "besoins en route" à partir de la retenue de BEN METIR.

La satisfaction de la demande Q1D18 est envisagée globalement et de façon dynamique en faisant appel à trois sources de prélèvements :

- BEN METIR
- KASSEB
- EL AROUSSIA.

BEN METIR et KASSEB constituant les réserves en eaux douces de la partie nord du bassin, tandis qu'EL AROUSSIA (avec la réserve amont de SIDI SALEM et éventuellement les réservoirs du MELLEGUE et du BOU HEURTMA) représente une réserve beaucoup plus importante mais de moins bonne qualité puisque très fortement salée.

La demande doit être satisfaite par mélange de ces eaux en prenant en considération deux contraintes imposées :

- une contrainte de transport avec la prise en compte des capacités maximales de transport des conduites et canalisations ;
- une contrainte de salure, la concentration en sel de l'eau distribuée ne devant en aucun cas excéder 1 g/l.

En plus, pour valoriser l'eau salée stockée à SIDI SALEM, la consigne d'exploitation consiste à prélever le maximum d'eau à EL AROUSSIA pour le mélanger à l'eau douce provenant du nord.

Si la réserve disponible à EL AROUSSIA est insuffisante, on fait appel aux retenues amont (laches) en procédant dans le même ordre que pour les demandes agricoles :

1. appel à SIDI SALEM
2. appel au MELLEGUE
3. appel au BOU HEURTMA.

Ajoutons que le modèle prend en considération le réservoir tampon de SAÏDA situé à proximité de TUNIS. Ce réservoir est en principe utilisé pour stocker de l'eau douce en provenance de BEN METIR ou du KASSEB pendant les mois où les conduites vers TUNIS ne débitent pas à leur capacité maximale. Cette eau douce est ensuite déstockée et sert d'appoint lorsqu'il y a pénurie sur les retenues du nord.

- 1.4.6. Fonctionnement des périmètres irrigués - lorsqu'un périmètre reçoit une certaine fourniture, une partie de cette eau et une partie de la quantité de sel correspondante sont en principe restituées au système ; ce sont les colatures.

Dans le modèle EAUTUNIA, cette restitution est effectuée au cours du mois considéré et dans l'unité hydraulique qui suit immédiatement celle dont dépend le périmètre irrigué.

Ces quantités d'eau et de sel restituées à l'aval représentent une certaine proportion de la fourniture donnée par 2 coefficients de colature :

- un coefficient de restitution du débit appliqué au volume d'eau K_Q
- un coefficient de restitution du sel appliqué au volume de sel K_S

Les essais ont été réalisés soit sans prise en compte de ces colatures (c'est-à-dire avec $K_Q = K_S = 0$), soit avec prise en compte en utilisant des valeurs de K_Q et de K_S déjà adoptées dans les passages précédents ($K_Q = 0,075$, $K_S = 0,50$).

- 1.4.7. Sursalure dans SIDI SALEM - le processus de sursalure est dû à la présence de terrains salifères dans la cuvette de retenue elle-même.

Pour simuler ce phénomène, nous avons admis deux causes principales de sursalure :

- la sursalure due au batillage,
- la sursalure due à la "respiration des rives".

La sursalure due au batillage correspond à la désagrégation des berges par action directe des vagues. La quantité de sel dissous selon ce mécanisme dépend de nombreux facteurs dont la longueur des berges salifères soumises au batillage. Elle est donc étroitement dépendante de la cote de remplissage de la retenue.

La sursalure due à la respiration des rives correspond à l'infiltration de l'eau dans les berges salées avec chargement en sel et restitution de ce sel à la baisse du niveau de la retenue. Il dépend également de la côte de la retenue mais surtout de l'importance du marnage au cours du mois.

2 - Données utilisées dans l'exploitation du modèle -

La liste complète de ces données a été fournie à la BIRD sous forme de listings en tête des dossiers de résultats. Elles comprennent :

- les données fixes identiques pour tous les passages,
- les données variables propres à chaque série,
- les données variables propres à chaque essai.

2.1. Données fixes :

Ce sont :

- les données hydrologiques : apports et salinités mensuelles sur chaque unité hydraulique
évaporations moyennes mensuelles sur chaque retenue.
- les caractéristiques fixes des réservoirs : éléments des courbes capacité/hauteur pour chaque retenue.
- les données fixes relatives au processus de sursalure dans la retenue de SIDI SALEM et aux différentes contraintes structurales de l'aménagement (capacité maximale des conduites).
Ces données fixes sont totalement identiques à celles utilisées au cours des passages précédents.

2.2. Données variables propres à chaque série :

Ce sont les programmes de demandes fournies par la BIRD et que nous reproduisons en annexe.

Les programmes 1 à 4 correspondent à 4 hypothèses pour l'horizon 1985 et les programmes 5 à 10 à 6 hypothèses pour l'horizon 2000.

Ces différentes hypothèses représentent des variantes envisagées concernant l'extension des zones irrigables sur les périmètres du BOU HEURTM. (18 000 à 25 000 ha) et concernant également la perspective des demandes pour l'aval d'EL AROUSSIA et pour l'eau potable. Les caractéristiques de ces programmes sont résumées dans le tableau ci-après.

(les demandes sont les valeurs annuelles).

Caractéristiques des programmes de demandes

Numéro de programme	Horizon	Superficie BOU HEURTMA (ha)	Demande BOU HEURTMA ($10^3 m^3$)	Demande aval EL AROUSSIA ($10^3 m^3$)	Demande eau potable ($10^3 m^3$)	Demande totale ($10^3 m^3$)
1	1985	20 000	120 000	294 243	130 000	633 802
2	1985	25 000	135 000	294 243	130 000	663 802
3	1985	20 000	120 000	294 243	140 000	643 797
4	1985	25 000	135 000	294 243	140 000	673 797
5	2000	25 000	135 000	361 215	325 000	951 497
6	2000	25 000	135 000	361 215	430 000	1056 497
7	2000	25 000	135 000	286 000	195 000	728 395
8	2000	25 000	135 000	390 000	195 000	832 397
9	2000	18 000	108 000	351 000*	195 000	701 214
10	2000	18 000	108 000	190 000	85 000	445 215

(*) Cette demande correspond en fait à $286\ 000\ 10^3 m^3$ pour l'irrigation + $65\ 000\ 10^3 m^3$ pour l'eau potable devant être mélangée aux eaux douces de DJOUMINE.

2.3. Données variables propres à chaque essai :

Ce sont essentiellement les caractéristiques variables des réservoirs (cotes minimale et maximale d'exploitation et volumes correspondants).

Pour tenir compte de l'envasement de la retenue pour l'horizon 2000 sans avoir à modifier les courbes capacité/hauteur, nous avons utilisé un procédé moins rigoureux qui consiste à modifier simplement les valeurs de la cote minimale et du volume correspondant de façon à réduire la capacité utile ($V\ MAX - V\ MIN$) d'une quantité égale aux apports solides estimés.

Nous sommes donc amenés à distinguer l'horizon 1985 de l'horizon 2000, ce qui conduit aux tableaux suivants :

Caractéristiques des réservoirs pour l'Horizon 1985						
retenue	HMIN (m)	VMIN ($10^3 m^3$)	HMAX (m)	VMAX ($10^3 m^3$)	HØ (m)	réserves utiles ($10^3 m^3$)
MELLEGUE	242,0	53 000	265,0	268 000	210	215 000
BEN METIR	408,4	7 400	435,0	57 000	395	49 600
BOU HEURTMA	195,2	3 300	221,0	117 000	187	113 700
KASSEB	258,4	3 300	292,0	81 700	245	78 400
SIDI SALEM	80,5	11 000	105,0	370 000	65	359 000
"	-	-	110,0	555 000	65	544 000
EL AROUSSIA	37,2	5 050	37,7	5 200	35	150
SAÏDA	65,0	500	85,0	11 400	55	10 900

Caractéristiques des réservoirs pour l'Horizon 2000						
retenue	HMIN (m)	VMIN (10 ³ m ³)	HMAX (m)	VMAX (10 ³ m ³)	HØ (m)	réserves utiles (10 ³ m ³)
MELLEQUE	253,0	128 000	265,0	268 000	210	140 000
BEN METIR	418,6	20 000	435,0	57 000	395	37 000
BOU HEURTMA	202,7	18 150	221,0	117 000	187	98 850
KASSEB	268,4	13 200	292,0	81 700	245	68 500
SIDI SALEM	93,7	110 000	105,0	370 000	65	260 000
"	-	-	110,0	555 000	65	445 000
EL AROUSSIA	37,2	5 050	37,7	52 000	35	150
SAÏDA	55,0	0	55,0	0	55	0

Notons que les retenues de la SILIANA et du BEJA prévues dans la structure du modèle n'ont pas été prises en compte dans les présents passages.

En outre, dans les essais 33 et 34, pour tenir compte des problèmes actuellement rencontrés dans la gestion de la retenue du MELLEQUE, nous avons pris pour cote maximale de cette retenue 263 m (au lieu de 265 m) ce qui correspond à un volume maximal de $240 \cdot 10^6$ m³ et une réserve utile à l'horizon 2000 de $112 \cdot 10^6$ m³.

Les passages demandés étant effectués, sans consignes de restriction, les seuls autres paramètres ayant varié d'un essai à l'autre sont les coefficients de colatures.

Pour les essais effectués avec colatures, nous avons pris les valeurs suivantes :

coefficient de restitution des débits : 0,075
 coefficient de restitution du sel : 0,50

2.4. Réalisation des essais :

Les séries 1 à 8 ont comporté chacune 4 essais identiques en ne faisant varier que 2 paramètres :

- la cote maximale à SIDI SALEM (105 et 110)
- la valeur des coefficients de colatures (avec et sans)

Pour chacune de ces séries, nous avons donc réalisé les 4 essais suivants :

- 1er essai : HMAX SIDI-SALEM = 105 m sans prise en compte des colatures
- 2ème essai : " " 110 m " " " " "
- 3ème essai : " " 105 m avec " " " " "
- 4ème essai : " " 110 m " " " " "

Les séries 9 et 10 n'ont comporté qu'un seul essai chacune :

- Série 9 : 1 essai avec HMAX SIDI-SALEM = 110 m et avec colatures
- Série 10 : 1 essai sans SIDI-SALEM (HMAX = HMIN = HØ = 65 m) et avec colatures.

Tous les essais ont été effectués en tenant compte de l'effet de sursalure dans la retenue de SIDI SALEM.

3 - Résultats -

3.1. Présentation des résultats :

Pour chaque série, nous avons constitué un dossier des résultats obtenus en sortie du programme EAUTUN1A. Chacun de ces dossiers contient les informations suivantes :

- 3.1.1. tableaux chronologiques des déficits, défaillances et salinités des fournitures concernant chaque demande (1 à 19) et état des réservoirs en fin de mois, déversements et coefficient de restriction appliqué chaque mois à la demande. (Ce coefficient RESTRI a été pris égal à 1 pour l'ensemble des séries qui ont donc été effectuées sans prise en compte de restrictions).

Pour chaque demande, on peut avoir 1 ou 2 sources de prélèvements imposées. Lorsqu'on a 2 sources de prélèvements, on les distingue en les numérotant 1 et 2 (voir schéma topologique).

La signification des symboles utilisés est la suivante :

FAn défaillance relative au prélèvement n (valeur 0 ou 1)
DFn déficit relatif au prélèvement n (en milliers de m³)
SM salinité de la fourniture mensuelle
ST salinité moyenne de la fourniture cumulée du début de l'année au mois considéré
TA total annuel.

Cette impression donne 1 tableau par an, soit 80 tableaux par série.

- 3.1.2. tableaux chronologiques des besoins en eau potable avec état des réservoirs concernés et détails des fournitures en eau potable à partir de chacun d'entre eux, déficits, défaillances et salinités.

La signification des symboles utilisés est la suivante :

M mois
HFIN hauteur de la retenue en fin de mois
VFIN volume de la retenue en fin de mois
SFIN salinité de la retenue en fin de mois
FO1 fourniture en eau potable à partir de BEN METIR
FO2 " " " " " " du KASSEB
FO3 " " " " " " d'EL AROUSSIA
FO4 " " " " " " de SIDI SALEM
FO5 " " " " " " de SAÏDA
FM fourniture totale mensuelle
SM salinité de la fourniture totale mensuelle
ST salinité de la fourniture cumulée du début de l'année au mois considéré
DEFI déficit mensuel (en milliers de m³)
DEFA défaillance (valeur 0 ou 1).

Cette impression donne un tableau par an, soit 80 tableaux par série.

3.1.3. tableaux récapitulatifs donnant pour chaque essai :

* déficits globaux pour les demandes suivantes :

- demande D4 (total Q1D5+Q3D4) : BOU HEURTMA 3-5
- demande D5 (total Q1D5+Q2D5) : BOU HEURTMA 6
- demande D6 (total Q1D6+Q2D6) : BOU HEURTMA 1-2-4
- demande D8 (Q1D8) : TESTOUR
- demande DAR (QDAR) : irrigations aval EL AROUSSIA
- demande D18 (Q1D18) : eau potable TUNIS + CAP BON.

Ces déficits ont été classés sur les 20 années de simulation permettant l'obtention de la moyenne, de la médiane et des valeurs extrêmes mensuelles et annuelles.

* défaillances pour ces mêmes demandes (valeur 1 ou 0) :
avec totalisation mensuelle et annuelle.

* salinités de la retenue d'EL AROUSSIA avec impression des valeurs moyennes, médianes et extrêmes mensuelles :

Cette impression donne 13 tableaux par essai, soit 52 tableaux par série.

Ces documents qui donnent le détail complet des résultats sont fort volumineux et n'ont été fournis à la BIRD qu'en un seul exemplaire.

3.2. Analyse des résultats :

L'information recueillie étant considérable, nous avons procédé à une pré-analyse statistique en nous limitant à quelques points particuliers du système.

Cette analyse porte sur l'étude des déficits et défaillances constatés pour les différents programmes de demandes et l'incidence de la variation des paramètres variables ((cote à SIDI SALEM, colatures) sur l'efficacité de l'aménagement.

A la demande de la BIRD, nous nous sommes limités aux périmètres d'irrigation suivants :

- périmètres du BOU HEURTMA III-IV : demande D4 (répartie en 2 demandes imposées Q1D4 et Q3D4)
- périmètres du BOU HEURTMA VI : demande D5 (répartie en 2 demandes imposées Q1D5 et Q2D5)
- périmètres du BOU HEURTMA I-II-IV : demande D6 (répartie en 2 demandes imposées Q1D6 et Q2D6)
- périmètres du TESTOUR : demande D8 (Q1D8)
- périmètres situés à l'aval d'EL AROUSSIA : demande DAR (QDAR).

Nous avons également examiné le problème de la satisfaction de la demande en eau potable pour TUNIS et le CAP BON : demande D18 (Q1D18), ainsi que celui de la salinité dans la retenue d'EL AROUSSIA.

3.2.1. déficits et défaillances :

Nous avons rassemblé en annexe les principaux résultats concernant les déficits et défaillances relatifs à chacun des 34 essais en distinguant les horizons 1985 et 2000. Il s'agit des résultats synthétiques de 20 ans de simulation pour chacune des demandes globales D4, D5, D6, D8, DAR et D18.

3.2.1.1. Demandes relatives au BOU HEURTMA (D4, D5, D6) :

* Horizon 1985 : pour les demandes D4 et D5, le nombre de défaillances est très faible pour tous les essais puisqu'il n'excède pas 4 mois en 20 ans et ne varie guère d'un essai à l'autre.

Par contre, pour la demande D6, on atteint des valeurs considérables (jusqu'à 60 mois en 20 ans). En fait, cette demande D6 correspond à 2 sous-demandes imposées dont l'une, Q1D6, est pratiquement toujours satisfaite (prélèvements effectués directement dans la retenue du BOU HEURTMA), tandis que l'autre, Q2D6, beaucoup plus importante, est l'objet de nombreuses insatisfactions (prélèvements effectués par pompage dans la Medjerda en aval de la confluence de l'oued Bou Heurtma).

Ces forts déficits de la demande D6 résultent pour une grande part du mode de fourniture adopté dans le modèle (voir paragraphe 1.4.4). En effet, pour satisfaire Q1D6, on ne fait appel qu'aux seuls réservoirs disponibles au fil de l'eau et ces ressources sont d'autant plus faibles qu'une part de l'eau de la Medjerda est déjà soutirée par pompage en amont (en particulier par le prélèvement Q1D4 vers le périmètre BOU HEURTMA III et V).

La rigidité du modèle dans sa forme actuelle ne permet guère de pallier cet inconvénient si ce n'est en modifiant la répartition de la demande D6 de façon que Q2D6 n'excède pas $40\ 000\ 10^3\ m^3$.

Une solution plus satisfaisante consisterait à transformer la structure du modèle en prévoyant la possibilité de faire des lachures au BOU HEURTMA pour compenser les éventuelles pénuries sur Q2D6.

Compte-tenu de ces remarques, nous obtenons les résultats globaux suivants pour l'ensemble du BOU HEURTMA (la demande totale étant celle correspondant à une demande d'eau potable de $130\ 000\ 10^3\ m^3$ (programmes 1 et 2) :

Déficits constatés sur l'ensemble du BOU HEURTMA
(Horizon 1985)

Superficie (ha)	cote maximale SIDI SALEM (m)	Colatures	Déficit annuel moyen (10^3 m^3)	Déficit annuel * maximal (10^3 m^3)
20 000 (demande $120\ 000\ 10^3 \text{ m}^3$)	105	sans	5 297	25 150
		avec	4 522	29 860
	110	sans	5 337	29 440
		avec	4 211	23 640
250 000 (demande $135\ 000\ 10^3 \text{ m}^3$)	105	sans	6 758	25 410
		avec	5 734	30 150
	110	sans	6 862	31 040
		avec	5 709	29 740
(*) c'est-à-dire observé 1 fois en 20 ans				

Le déficit annuel moyen représente donc 4 à 5 % de la demande, tandis que les valeurs annuelles maximales observées peuvent atteindre 20 à 25 % de cette demande, selon que l'on prend ou non en compte les colatures.

L'analyse des défaillances pour les demandes D4, D5 et D6 est fournie par les tableaux 1, 3 et 5 qui donnent :

- le nombre de défaillances observées en 20 ans en nombre de mois (tableau 1) et en % (tableau 3),
- le nombre d'années pour lesquelles on observe au moins 1 défaillance mensuelle en 20 ans de simulation (tableau 5).

* Horizon 2000 : examinons tout d'abord les essais 17 à 32 correspondant aux séries 5 à 8 (programmes de demandes 5 à 8). Pour cet horizon, la superficie irriguée du BOU HEURTMA est de 25 000 ha et correspond à une demande totale de $135\ 000\ 10^3 \text{ m}^3$. On constate une très nette augmentation des défaillances pour l'ensemble des demandes D4, D5 et D6 (voir tableaux 8, 10 et 12) bien que ces demandes soient identiques à celles des programmes 2 et 4 de l'horizon 1985. Ceci est dû à l'augmentation considérable de la demande pour l'aval (EL AROUSSIA) qui nécessite des soutirages importants sur les retenues amont (MELLEGUE et BOU HEURTMA).

Pour D6, le déficit devient considérable et atteint des valeurs maximales annuelles de l'ordre de 33 % de la demande, la moyenne représentant de 7 à 15 % selon l'importance de la demande totale, la prise en compte ou non des colatures et la cote maximale à SIDI SALEM.

Il est significatif de constater dans le tableau 6 donné en annexe que, pour l'horizon 2000, on observe au moins 1 défaillance 18 années sur 20 à la demande D6.

Si nous examinons globalement l'ensemble des périmètres du BOU HEURTMA, nous obtenons les résultats suivants classés dans l'ordre d'une demande totale croissante :

Superficie (ha)	cote maximale SIDI SALEM (m)	Colatures	Déficit annuel moyen (10 ³ m ³)	Déficit annuel * maximal (10 ³ m ³)
728 395 (programme 7)	105	sans	12 002	46 870
		avec	8 602	40 260
	110	sans	8 810	41 160
		avec	7 275	40 260
832 397 (programme 8)	105	sans	16 970	38 850
		avec	14 192	55 700
	110	sans	21 425	56 700
		avec	10 448	55 700
951 497 (programme 5)	105	sans	15 877	56 700
		avec	12 803	55 700
	110	sans	12 111	56 700
		avec	9 825	55 700
1 056 497 (programme 6)	105	sans	15 877	56 700
		avec	12 742	55 600
	110	sans	12 111	56 700
		avec	9 506	55 500

(*) c'est-à-dire observé 1 fois en 20 ans

En année moyenne, ces déficits représentent 5 à 9 % de la demande si l'on tient compte des colatures de 7 à 16 % de celle-ci sans colatures.

Les valeurs maximales observées (1 fois en 20 ans) représentent de 30 à 40 % de la demande annuelle.

Il faut cependant remarquer que, pour les essais des séries 5 et 6, la demande totale à l'ensemble du bassin est considérable puisque pour la série 6, elle dépasse même le module interannuel des apports en eau.

Les essais 33 et 34 sont totalement différents des précédents. Ils correspondent à une mise en culture du BOU HEURTMA de 18 000 ha, c'est-à-dire à une demande globale pour ces périmètres de $108\ 000\ 10^3\ m^3$.

- l'essai 33 figure l'horizon 2000 avec SIDI SALEM à la cote maximale 110 m,
- l'essai 34 figure ce même horizon sans SIDI SALEM
et avec suppression des périmètres du TESTOUR, de MEDJEZ EL BAB et du BORJ TOUM.

Quand on passe des conditions de l'essai 33 à celles de l'essai 34, on constate que le déficit moyen interannuel à la demande globale au BOU HEURTMA est multiplié par 5.

Déficits moyens annuels pour le BOU HEURTMA					
Essai	Demande D4	Demande D5	Demande D6	Total D4 + D5 + D6	
	$10^3\ m^3$	$10^3\ m^3$	$10^3\ m^3$	$10^3\ m^3$	% de la demande
33	270	270	3 710	4 250	4
34	3 504	2 746	16 194	22 443	21

Déficits maximaux annuels pour le BOU HEURTMA					
Essai	Demande D4	Demande D5	Demande D6	Total D4 + D5 + D6	
	$10^3\ m^3$	$10^3\ m^3$	$10^3\ m^3$	$10^3\ m^3$	% de la demande
33	4 460	4 460	20 200	29 120	27
34	9 520	8 820	37 600	55 940	52

3.2.1.2. Demande pour le périmètre de TESTOUR (D8)

* Horizon 1985 : on ne constate aucune défaillance pour les 16 essais réalisés à cet horizon.

* Horizon 2000 : pour le TESTOUR, le nombre de défaillances reste toujours très faible avec un maximum observé de 4 défaillances mensuelles en 20 ans.

Le déficit correspondant peut cependant représenter jusqu'à 34 % de la demande annuelle (maximum du déficit observé 1 fois en 20 ans).

3.2.1.3. Demande pour les périmètres situés à l'aval d'EL AROUSSIA (DAR)

* Horizon 1985 : on ne constate qu'une ou deux défaillances en 20 ans quand la cote maximale de SIDI SALEM est de 105 m. Pour une cote maximale à SIDI SALEM de 110 m, on ne constate plus de défaillances.

* Horizon 2000 : les programmes 5 et 6 qui diffèrent peu donnent des résultats analogues.

Nous avons déjà signalé que ces programmes de demandes sont considérables ; ils conduisent à un nombre de défaillances très élevé, comme on peut le constater sur le tableau 17 donné en annexe. Seul, le programme 7 conduit à moins de 5 défaillances en 20 ans, ce qui nous semble acceptable.

L'influence de la cote maximale à SIDI SALEM apparaît très nettement à la vue du tableau 17 ; le nombre de défaillances est en gros divisé par 2 quand on passe de la cote 105 à la cote 110 m.

L'incidence de la prise en compte des colatures est beaucoup moins nette.

Les résultats du tableau 6 donné en annexe confirme que pour les programmes 5,6 et 8, la cote maximale de 105 m à SIDI SALEM est insuffisante.

Pour résumer ces observations, nous avons rassemblé dans le tableau suivant les valeurs moyennes, médianes et maximales des séries de résultats correspondant aux différents programmes de demandes.

Déficits constatés pour les périmètres d'irrigation situés
à l'aval d'EL AROUSSIA en 20 ans de simulation
(Horizon 2000)

Programmes de demandes	Cote maximale SIDI SALEM (m)	Colatures	Déficit observé (10^3 m^3) annuel		
			médian	moyen	maximum
5	105	sans	9 860	33 790	266 000
		avec	0	23 740	261 000
	110	sans	0	17 055	266 000
		avec	0	13 260	260 000
6	105	sans	4 990	32 040	266 000
		avec	0	22 990	260 000
	110	sans	0	16 600	266 000
		avec	0	13 100	260 000
7	105	sans	0	9 230	163 000
		avec	0	6 950	139 000
	110	sans	0	4 720	94 500
		avec	0	1 390	27 800
8	105	sans	21 450	45 090	291 000
		avec	11 600	35 290	284 000
	110	sans	0	22 130	291 000
		avec	0	18 300	284 000

3.2.1.4. Demande pour l'eau potable de TUNIS et du CAP BON (D18)

* Horizon 1985 : les tableaux 1, 5 et 17 donnés en annexe résument les résultats acquis par les essais 1 à 16 concernant la demande D18.

Ils font apparaître les points suivants :

- le nombre des défaillances observées est considérable et pour une demande donnée varie sensiblement en fonction des paramètres choisis pour l'essai (cote à SIDI SALEM, colatures).
- le déficit annuel moyen est pratiquement doublé quand on prend en compte les colatures.
- ce déficit annuel moyen augmente de façon moins sensible quand la cote maximale à SIDI SALEM croît de 105 à 110 m.

Déficit annuel moyen à la demande D18 en 10^3 m^3 (Horizon 1985)				
Programmes de demandes	HMAX SIDI SALEM : 105 m		H MAX SIDI SALEM : 110 m	
	sans colatures	avec colatures	sans colatures	avec colatures
1	3 878	7 549	5 298	12 715
2	3 390	7 647	4 334	12 552
3	7 581	15 324	13 020	21 939
4	7 428	15 251	11 635	21 737

- les valeurs annuelles maximales des déficits observés représentent environ 30 % de la demande avec ou sans colatures.

Déficit annuel maximal à la demande D18 en 10^3 m^3 (Horizon 1985)				
Programmes de demandes	HMAX SIDI SALEM : 105 m		H MAX SIDI SALEM : 110 m	
	sans colatures	avec colatures	sans colatures	avec colatures
1	31 500	38 900	30 600	37 200
2	25 300	42 300	32 400	38 300
3	48 500	47 600	38 900	47 200
4	44 300	51 100	43 100	48 200

* Horizon 2000 : Pour les programmes de demandes 5 à 8, la défaillance est quasi totale sur les 20 années simulées. Les déficits correspondants sont considérables, la moyenne annuelle pouvant représenter près de 40 à 50 % de la demande pour les programmes 7 et 8 et de 70 à 80 % pour les programmes 5 et 6. Ceci fait nettement apparaître la nécessité de rechercher d'autres sources d'eau douce pour combler ces pénuries.

Déficit annuel moyen à la demande D18 en 10^3 m^3 (Horizon 2000)					
Pro-gramme	Demande D18 eau potable 10^3 m^3	HMAX SIDI SALEM : 105 m		HMAX SIDI SALEM : 110 m	
		sans colatures	avec colatures	sans colatures	avec colatures
5	296 881	201 350	211 350	202 500	213 250
6	392 795	307 050	309 450	316 850	319 150
7	182 999	65 160	67 255	75 120	78 200
8	167 000	74 835	73 140	82 570	82 630

Le déficit annuel maximal observé en 20 ans atteint 65 à 70 % de la demande pour les programmes 7 et 8 et de 85 à 90 % pour les programmes 5 et 6 comme on peut le constater dans le tableau suivant :

Déficit annuel maximal à la demande D18 en 10^3 m^3 (Horizon 2000)					
Pro-gramme	Demande D18 eau potable 10^3 m^3	HMAX SIDI SALEM : 105 m		HMAX SIDI SALEM : 110 m	
		sans colatures	avec colatures	sans colatures	avec colatures
5	296 881	249 270	249 190	243 469	249 293
6	392 795	351 960	351 847	351 961	351 967
7	182 999	113 000	117 000	113 000	112 000
8	167 000	119 000	121 000	119 000	121 000

Ces résultats appellent les remarques suivantes :

- 1 - l'appel à SIDI SALEM pour aider à satisfaire la demande en eau potable est en réalité limité.
On sait en effet que la quantité d'eau salée que l'on peut soutirer de cette retenue à des fins d'eau potable est fortement conditionnée par les possibilités d'apports complémentaires en eau douce, (la salinité dans la retenue étant toujours très nettement supérieure à 1 g/l). Or, pour les passages effectués ici, on constate que la seule source d'eau douce du système étant constituée des retenues de BEN METIR et du KASSEB, les apports en provenance de ces retenues sont souvent limités par la capacité maximale de transport des conduites vers TUNIS. On observe en effet des défaillances à la demande D18 alors que les réserves utiles de SIDI SALEM d'une part et des retenues du nord de l'autre sont encore importantes.

Donc, avec les seuls aménagements constituant l'infrastructure du modèle EAUTUN1A, on ne peut guère espérer soutirer plus de 45 à 50 millions de m³ d'eau à SIDI SALEM (en année moyenne) à des fins d'eau potable.

- 2 - Dans les conditions d'exploitation prévues par le modèle, le réservoir tampon de SAÏDA n'a plus aucune utilité pour l'horizon 2000. Ce mode d'exploitation simulé conduit même à des résultats stupides. En effet, cette retenue n'est en principe alimentée en eau douce que lorsque les conduites de BEN METIR et du KASSEB ne sont pas utilisées à leur capacité maximale. Cette eau stockée pendant les mois d'abondance ne cesse ensuite de se charger en sel par reconcentration due aux pertes par évaporation ; elle devient donc rapidement inutilisable comme réserve d'eau douce et le processus s'amplifie jusqu'à vidange complète dans le cas d'une forte demande rendant insignifiants ou nuls les excédents de BEN METIR ou du KASSEB. Ceci nous a conduit à ne pas tenir compte de SAÏDA pour l'horizon 2000. Il faudrait en fait envisager un autre mode de gestion de ce réservoir en obligeant par exemple l'eau provenant des retenues du nord à toujours transiter par SAÏDA avant distribution.

3.2.2. Salinité à EL AROUSSIA : les résultats de synthèse concernant la salinité dans la retenue d'EL AROUSSIA sont rassemblés dans les tableaux 19 à 24 de l'annexe de cette note.

Rappelons que tous les essais (1 à 34) ont été réalisés en tenant compte de l'effet de sursalure dans la retenue de SIDI SALEM (avec $k = 0,65$).

Pour tous ces essais, nous retrouvons des résultats analogues à ceux obtenus au cours des passages précédents :

- la concentration moyenne en sel est peu modulée au cours de l'année, l'écart entre les valeurs des mois extrêmes n'excédant pas 0,6 g/l. Par contre, cette modulation est beaucoup plus marquée pour les valeurs maximales avec un écart des valeurs extrêmes de l'ordre de 1,5 g/l.
- pour l'ensemble des essais, les valeurs moyennes varient peu d'un essai à l'autre pour un même mois. Les valeurs moyennes ne diffèrent pratiquement pas des valeurs médianes.
- les valeurs maximales sont atteintes en août ou septembre et peuvent dépasser 4 g/l quand on tient compte des colatures.
- l'incidence de la prise en compte des colatures apparaît plus déterminant que celle de l'augmentation de la cote maximale à SIDI SALEM. Ces 2 paramètres agissent dans le sens d'une élévation des concentrations en sel. En moyenne, on peut admettre une augmentation de la salinité de l'ordre de 0,2 à 0,3 g/l consécutive à la prise en considération des colatures. Par contre, le passage de la cote maximale à SIDI SALEM de 105 à 110 m n'entraîne qu'une augmentation moyenne de la salinité généralement inférieure à 0,1 g/l.

3.2.3. Incidence de l'élévation de la cote maximale de SIDI SALEM :

Nous avons déjà examiné en partie ce problème dans les paragraphes précédents.

En résumé, nous dirons que le passage de la cote 105 à la cote 110 m a, selon l'horizon auquel on se place, des effets sensiblement différents.

- * Horizon 1985 : l'effet va dans le sens d'une amélioration des fournitures à l'aval d'EL AROUSSIA, mais ceci se fait aux dépens des périmètres amont du BOU HEURTMA (pénuries légèrement accrues) et surtout de la demande en eau potable pour TUNIS et le CAP BON. L'incidence néfaste sur le BOU HEURTMA n'apparaît plus quand la demande en eau potable augmente (essais 9 à 16).

La cause essentielle de ces effets est la légère augmentation de la salinité à EL AROUSSIA (consécutive à l'accroissement de l'effet de sursalure à SIDI SALEM), ce qui nécessite un appel plus important aux retenues du nord, d'où une diminution des déversements à BEN METIR donc des apports dans la retenue du BOU HEURTMA. Ce soutirage accru des réserves d'eau douce est d'ailleurs rapidement limité par la capacité de transport des conduites de BEN METIR et du KASSEB vers TUNIS.

- * Horizon 2000 : l'élévation de la cote maximale de SIDI SALEM entraîne une diminution très appréciable des déficits et défaillances sur l'ensemble des demandes agricoles.

Ainsi, pour la demande DAR (irrigations à l'aval d'EL AROUSSIA) la diminution des déficits totaux est de l'ordre de 50 % et pour les périmètres du BOU HEURTMA elle est d'environ 25 %.

Ceci est dû à l'augmentation de la réserve utile de la retenue dont l'effet n'apparaissait pas à l'horizon 1985 pour lequel la demande agricole était déjà satisfaite dans la quasi totalité des cas avec la cote 105 m. On peut donc admettre que tant que la demande totale n'excède pas 800 millions de m³, la cote 105 m paraît suffisante ; au delà de cette demande, il est nécessaire d'exploiter SIDI SALEM à la cote 110 m.

Pour l'eau potable, l'effet résultant est inverse. En effet, à la cote 110 le processus de sursalure dans la retenue de SIDI SALEM devient beaucoup plus important et contribue à abaisser la qualité de l'eau stockée donc à augmenter les déficits. Cette augmentation des déficits reste cependant limitée en moyenne à 2 ou 3 %.

3.2.4. Incidence de la prise en compte des colatures :

- * Horizon 1985 : Ici encore, il s'agit surtout d'un effet indirect qui touche l'ensemble du système par suite de la modification de la qualité de l'eau stockée à SIDI SALEM.

Ainsi la prise en compte des colatures conduit à pratiquement doubler déficits et défaillances à la demande D18 en eau potable.

En contre-partie, on constate un effet favorable pour l'eau agricole car les quantités d'eau non utilisées pour l'eau potable (salinité trop forte) sont alors disponibles pour l'irrigation à l'aval d'EL AROUSSIA.

Ceci a en outre pour conséquence une baisse de la contribution des retenues amont pour la basse vallée. On constate donc une réduction sensible des déficits sur l'ensemble des périmètres du BOU HEURTMA de l'ordre de 15 à 20 % quand on introduit les colatures.

- * Horizon 2000 : On constate également une baisse de la qualité de l'eau disponible à EL AROUSSIA (salinité accrue en moyenne d'environ 0,1 g/l.)

L'augmentation résultante des déficits à la demande D18 (eau potable) est de l'ordre de 9 à 10 %. Le processus est donc analogue à ce qui se passe à l'horizon 1985 : on augmente la disponibilité de SIDI SALEM en eau agricole (aux dépens de l'eau potable) ce qui réduit les déficits à la demande DAR (aval EL AROUSSIA) de 25 à 30 % et les déficits aux demandes du BOU HEURTMA (D4 + D5 + D6) d'environ 20 %.

L'incidence de la prise en compte des colatures est donc très importante. Elle nécessiterait une étude particulière plus approfondie pour préciser surtout le taux de restitution du sel à prendre en compte dans un tel modèle.

4 - CONCLUSION -

L'analyse précédente nous conduit à émettre quelques remarques d'ordre général sur le modèle utilisé et à proposer quelques suggestions qui permettraient de rendre encore plus efficace l'application de la technique de simulation au problème de l'aménagement des eaux du nord de la Tunisie.

4.1. Le modèle EAUTUN1A n'est plus tout à fait adapté aux nouveaux problèmes qui se posent actuellement aux projecteurs.

Il apparaît indispensable de redéfinir ce que nous appellerons "la structure des consignes" du modèle, c'est-à-dire le plan opérationnel de la fourniture en eau que l'on souhaite adopter dans l'exploitation future des aménagements.

4.2. D'une façon plus précise, il convient de revoir les liaisons entre besoins à l'aval et ressources stockées à l'amont.

On pourrait, par exemple, différencier la consigne d'exploitation des retenues amont selon qu'il s'agit d'une demande pour les périmètres amont ou d'une demande pour la basse vallée.

De même, comme nous l'avons déjà signalé pour la demande D6, on pourrait rendre plus dynamique la méthode de satisfaction d'une demande à partir de 2 sources de prélèvements en conservant la répartition en 2 sous-demandes mais en les rendant variables (avec par exemple un coefficient de répartition à optimiser) l'une pouvant être prioritaire par rapport à l'autre. Ceci serait probablement plus réaliste et conduirait à une gestion plus efficace.

4.3. L'utilisation des consignes de restriction prévues dans le modèle nous semble indispensable pour améliorer l'efficacité de l'aménagement.

4.4. Le mode de gestion du réservoir de SAÏDA tel qu'il est prévu dans le modèle ne convient plus dès que la demande en eau potable devient importante (Horizon 2000).

Il est donc indispensable de repenser ce problème par une modification de la topologie, en obligeant par exemple le transfert constant des eaux douces du nord par la retenue de SAÏDA et en évitant ainsi la reconcentration en sel par simple évaporation des eaux stockées.

4.5. D'une façon plus générale, il apparaît que la structure des aménagements du modèle EAUTUN1A n'est pas suffisante pour résoudre les problèmes de besoins en eau de l'horizon 2000.

En particulier, les besoins croissants en eau potable nécessitent de faire appel à d'autres sources d'eau douce.

Ceci revient à étendre l'emprise géographique du modèle à d'autres bassins du nord (DJOUMINE, MADENE, ...).

4.6. Enfin, nous estimons qu'il serait intéressant d'entreprendre la mise à jour des données hydrologiques en utilisant les données récentes recueillies depuis l'établissement du jeu opérationnel actuellement constitué à partir des observations de la période 1950-51 à 1969-70.

A N N E X E S

Tableau 1 - Horizon 1985	Nombre total de défaillances observées en 20 années de simulation
Tableau 2 - Horizon 2000	" " " " " " "
Tableau 3 - Horizon 1985	Défaillances mensuelles observées en 20 ans exprimées en %
Tableau 4 - Horizon 2000	" " " " " "
Tableau 5 - Horizon 1985	Nombre d'années pour lesquelles on observe au moins 1 défaillance mensuelle en 20 années de simulation
Tableau 6 - Horizon 2000	" " " " " "
Tableau 7 - Horizon 1985	Résultats concernant la demande D4 (BOU HEURTMA III-V)
Tableau 8 - Horizon 2000	" " " " " "
Tableau 9 - Horizon 1985	" " " " D5 (BOU HEURTMA VI)
Tableau 10 - Horizon 2000	" " " " " "
Tableau 11 - Horizon 1985	" " " " D6 (BOU HEURTMA I-II-IV)
Tableau 12 - Horizon 2000	" " " " " "
Tableau 13 - Horizon 1985	" " " " D8 (TESTOUR)
Tableau 14 - Horizon 2000	" " " " " "
Tableau 15 - Horizon 1985	" " " " DAR (aval EL AROUSSIA)
Tableau 16 - Horizon 2000	" " " " " "
Tableau 17 - Horizon 1985	" " " " D18 (eau potable TUNIS)
Tableau 18 - Horizon 2000	" " " " " "
Tableau 19 - Horizon 1985	Valeurs moyennes de la salinité à EL AROUSSIA
Tableau 20 - Horizon 2000	" " " " "
Tableau 21 - Horizon 1985	Valeurs médianes de la salinité à EL AROUSSIA
Tableau 22 - Horizon 2000	" " " " "
Tableau 23 - Horizon 1985	Valeurs maximales de la salinité à EL AROUSSIA
Tableau 24 - Horizon 2000	" " " " "

Programmes de demandes 1 à 10.

* * *

HORIZON 1985

PROGRAMME 1

DEMANDES EN MILLIERS DE M3

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNEE
Q101	3000.	1000.	500.	0.	0.	0.	0.	500.	2000.	3000.	3000.	3000.	16000.
Q201	0.	0.	0.	90.	50.	1260.	1300.	1300.	0.	0.	0.	0.	4000.
Q102	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q202	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q103	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q203	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q104	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q304	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q105	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q205	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q106	3000.	900.	600.	900.	0.	1200.	2100.	1800.	2100.	5700.	6000.	5700.	30000.
Q206	5100.	3000.	2400.	1200.	1200.	2700.	4800.	6000.	6300.	9000.	9300.	9000.	60000.
Q107	1536.	544.	1184.	128.	1440.	544.	960.	1536.	1536.	1536.	1536.	1536.	14016.
Q108	1080.	770.	0.	0.	0.	0.	1340.	1880.	1630.	2010.	2540.	2190.	13540.
Q109	2920.	2090.	0.	0.	0.	0.	3610.	5100.	4420.	5440.	7140.	5920.	36640.
Q1010	501.	247.	167.	51.	117.	345.	406.	394.	555.	595.	943.	1042.	5363.
Q0AR	29763.	16770.	10320.	4000.	6330.	15728.	17042.	23302.	33528.	40168.	49585.	47707.	294243.
Q1018	11381.	10193.	9698.	9005.	8016.	8115.	8115.	8708.	9599.	11182.	12370.	12370.	118752.
Q1019	1077.	965.	919.	853.	759.	769.	769.	825.	909.	1059.	1172.	1172.	11248.
TOTAL	61458.	38579.	27588.	16527.	19112.	32161.	43142.	55545.	66777.	82990.	96986.	92937.	633802.

HORIZON 1985

PROGRAMME 2

DEMANDES EN MILLIERS DE M3

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNEE
Q1D1	3000.	1000.	500.	0.	0.	0.	0.	500.	2000.	3000.	3000.	3000.	16000.
Q2D1	0.	0.	0.	90.	50.	1260.	1300.	1300.	0.	0.	0.	0.	4000.
Q1D2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q2D2	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q1D3	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q2D3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q1D4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q3D4	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q1D5	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q2D5	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q1D6	3000.	900.	600.	900.	0.	1200.	2100.	1800.	2100.	5700.	6000.	5700.	30000.
Q2D6	5100.	3000.	2400.	1200.	1200.	2700.	4800.	6000.	6300.	9000.	9300.	9000.	60000.
Q1D7	1536.	544.	1184.	128.	1440.	544.	960.	1536.	1536.	1536.	1536.	1536.	14016.
Q1D8	1080.	770.	0.	0.	0.	0.	1340.	1880.	1630.	2010.	2640.	2190.	13540.
Q1D9	2920.	2090.	0.	0.	0.	0.	3610.	5100.	4420.	5440.	7140.	5920.	36640.
Q1D10	501.	247.	167.	51.	117.	345.	406.	394.	555.	595.	943.	1042.	5363.
QDAR	29763.	16770.	10320.	4000.	6330.	15728.	17042.	23302.	33528.	40168.	49585.	47707.	294243.
Q1D18	11381.	10193.	9698.	9005.	8016.	8115.	8115.	8708.	9599.	11182.	12370.	12370.	118752.
Q1D19	1077.	965.	919.	853.	759.	769.	769.	825.	909.	1059.	1172.	1172.	11248.
TOTAL	63558.	40679.	29388.	16827.	20312.	33661.	45842.	59745.	70977.	86290.	100286.	96237.	663802.

HORIZON 1985

PROGRAMME 3

DEMANDES EN MILLIERS DE M3

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNEE
Q101	3000.	1000.	500.	0.	0.	0.	0.	500.	2000.	3000.	3000.	3000.	16000.
Q201	0.	0.	0.	90.	50.	1260.	1300.	1300.	0.	0.	0.	0.	4000.
Q102	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q202	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q103	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q203	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q104	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q304	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q105	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q205	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q106	3000.	900.	600.	900.	0.	1200.	2100.	1800.	2100.	5700.	6000.	5700.	30000.
Q206	5100.	3000.	2400.	1200.	1200.	2700.	4800.	6000.	6300.	9000.	9300.	9000.	60000.
Q107	1536.	544.	1184.	128.	1440.	544.	960.	1536.	1536.	1536.	1536.	1536.	14016.
Q108	1080.	770.	0.	0.	0.	0.	1340.	1880.	1630.	2010.	2640.	2190.	13540.
Q109	2920.	2090.	0.	0.	0.	0.	3610.	5100.	4420.	5440.	7140.	5920.	36640.
Q1010	501.	247.	167.	51.	117.	345.	406.	394.	555.	595.	943.	1042.	5363.
QDAK	29763.	16770.	10320.	4000.	6330.	15728.	17042.	23302.	33528.	40168.	49585.	47707.	294243.
Q1018	12256.	10977.	10444.	9698.	8632.	8739.	8739.	9378.	10337.	12042.	13321.	13321.	127884.
Q1019	1160.	1039.	989.	918.	817.	828.	828.	869.	979.	1140.	1262.	1262.	12111.
TOTAL	62416.	39437.	28404.	17285.	19786.	32844.	43825.	56279.	67585.	83931.	98027.	93978.	643797.

HORIZON 1985

PROGRAMME 4

DEMANDES EN MILLIERS DE M3

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNEE
Q101	3000.	1000.	500.	0.	0.	0.	0.	500.	2000.	3000.	3000.	3000.	16000.0.
Q201	0.	0.	0.	90.	50.	1260.	1300.	1300.	0.	0.	0.	0.	4000.
Q102	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q202	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q103	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q203	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q104	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q304	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q105	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q205	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q106	3000.	900.	600.	900.	0.	1200.	2100.	1800.	2100.	5700.	6000.	5700.	30000.
Q206	5100.	3000.	2400.	1200.	1200.	2700.	4800.	6000.	6300.	9000.	9300.	9000.	60000.
Q107	1536.	544.	1184.	128.	1440.	544.	960.	1536.	1536.	1536.	1536.	1536.	14016.
Q108	1080.	770.	0.	0.	0.	0.	1340.	1880.	1630.	2010.	2640.	2190.	13540.
Q109	2920.	2090.	0.	0.	0.	0.	3610.	5100.	4420.	5440.	7140.	5920.	36640.
Q1010	501.	247.	167.	51.	117.	345.	406.	394.	555.	595.	943.	1042.	5363.
Q0AR	29763.	16770.	10320.	4000.	6330.	15728.	17042.	23302.	33528.	40168.	49585.	47707.	294243.
Q1018	12256.	10977.	10444.	9698.	8632.	8739.	8739.	9378.	10337.	12042.	13321.	13321.	127884.
Q1019	1160.	1039.	989.	918.	817.	828.	828.	889.	979.	1140.	1262.	1262.	12111.
TOTAL	64516.	41537.	30204.	17585.	20986.	34344.	46525.	60479.	71785.	87231.	101327.	97278.	673797.

HORIZON 2000

PROGRAMME 5

DEMANDES EN MILLIERS DE M3

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNEE
Q101	3000.	1000.	500.	0.	0.	0.	0.	500.	2000.	3000.	3000.	3000.	16000.
Q201	0.	0.	0.	90.	50.	1260.	1300.	1300.	0.	0.	0.	0.	4000.
Q102	300.	300.	300.	88.	110.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	3198.
Q202	540.	674.	514.	0.	0.	74.	1200.	1956.	1264.	1260.	1260.	1260.	10002.
Q103	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q203	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q104	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q304	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q105	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q205	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q106	3000.	900.	600.	900.	0.	1200.	2100.	1800.	2100.	5700.	6000.	5700.	30000.
Q206	5100.	3000.	2400.	1200.	1200.	2700.	4800.	6000.	6300.	9000.	9300.	9000.	60000.
Q107	1536.	544.	1184.	128.	1440.	544.	960.	1536.	1536.	1536.	1536.	1536.	14016.
Q108	1080.	770.	0.	0.	0.	0.	1340.	1880.	1630.	2010.	2640.	2190.	13540.
Q109	2920.	2090.	0.	0.	0.	0.	3610.	5100.	4420.	5440.	7140.	5920.	36640.
Q1010	1669.	829.	558.	169.	390.	1150.	1353.	1312.	1851.	1982.	3149.	3473.	17885.
QDAR	30378.	20088.	13561.	8710.	11033.	17614.	18826.	26420.	38880.	56218.	69527.	49960.	361215.
Q1018	28451.	25482.	24246.	22513.	20040.	20288.	20288.	21769.	23998.	27956.	30925.	30925.	296801.
Q1019	2694.	2413.	2297.	2132.	1898.	1922.	1922.	2063.	2272.	2647.	2930.	2930.	28120.
TOTAL	84868.	62290.	49760.	36530.	38561.	50052.	63399.	80336.	94951.	123649.	144307.	122794.	951497.

HORIZON 2000

PROGRAMME 6

DEMANDES EN MILLIERS DE M3

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNEE
Q101	3000.	1000.	500.	0.	0.	0.	0.	500.	2000.	3000.	3000.	3000.	16000.
Q201	0.	0.	0.	90.	50.	1260.	1300.	1300.	0.	0.	0.	0.	4000.
Q102	300.	300.	300.	88.	110.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	3198.
Q202	540.	674.	514.	0.	0.	74.	1200.	1956.	1264.	1260.	1260.	1260.	10002.
Q103	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q203	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q104	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q304	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q105	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q205	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q106	3000.	900.	600.	900.	0.	1200.	2100.	1800.	2100.	5700.	6000.	5700.	30000.
Q206	5100.	3000.	2400.	1200.	1200.	2700.	4800.	6000.	6300.	9000.	9300.	9000.	60000.
Q107	1536.	544.	1184.	128.	1440.	544.	960.	1536.	1536.	1536.	1536.	1536.	14016.
Q108	1080.	770.	0.	0.	0.	0.	1340.	1880.	1630.	2010.	2640.	2190.	13540.
Q109	2920.	2090.	0.	0.	0.	0.	3610.	5100.	4420.	5440.	7140.	5920.	36640.
Q1010	1669.	829.	558.	169.	390.	1150.	1353.	1312.	1851.	1982.	3149.	3473.	17885.
QDAR	30378.	20088.	13561.	8710.	11033.	17614.	18826.	26420.	38880.	56218.	69527.	49960.	361215.
Q1018	37643.	33715.	32079.	29787.	26514.	26842.	26842.	28803.	31751.	36987.	40916.	40916.	392795.
Q1019	3564.	3192.	3039.	2821.	2511.	2544.	2544.	2729.	3006.	3502.	3877.	3877.	37206.
TOTAL	94930.	71302.	58335.	44493.	45648.	57228.	70575.	88036.	103438.	133535.	155245.	133732.	1056497.

HORIZON 2000

PROGRAMME 7

DEMANDES EN MILLIERS DE M3

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNEE
Q101	3000.	1000.	500.	0.	0.	0.	0.	500.	2000.	3000.	3000.	3000.	16000.
Q201	0.	0.	0.	90.	50.	1260.	1300.	1300.	0.	0.	0.	0.	4000.
Q102	300.	300.	300.	88.	110.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	3198.
Q202	540.	674.	514.	0.	0.	74.	1200.	1956.	1264.	1260.	1260.	1260.	10002.
Q103	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q203	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q104	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q304	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q105	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q205	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q106	3000.	900.	600.	900.	0.	1200.	2100.	1800.	2100.	5700.	6000.	5700.	30000.
Q206	5100.	3000.	2400.	1200.	1200.	2700.	4800.	6000.	6300.	9000.	9300.	9000.	60000.
Q107	1536.	544.	1184.	128.	1440.	544.	960.	1536.	1536.	1536.	1536.	1536.	14016.
Q108	1080.	770.	0.	0.	0.	0.	1340.	1880.	1630.	2010.	2640.	2190.	13540.
Q109	2920.	2090.	0.	0.	0.	0.	3610.	5100.	4420.	5440.	7140.	5920.	36640.
Q1010	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
QDAR	24052.	15905.	10737.	6896.	8736.	13946.	14906.	20919.	30784.	44512.	55050.	39557.	286000.
Q1018	17537.	15707.	14945.	13877.	12353.	12506.	12506.	13419.	14793.	17232.	19062.	19062.	182999.
Q1019	1150.	1030.	980.	910.	810.	820.	820.	880.	970.	1130.	1250.	1250.	12000.
TOTAL	64415.	46120.	35760.	24689.	27099.	36350.	49242.	63990.	74497.	97720.	113138.	95375.	728395.

HORIZON 2000

PROGRAMME 8

DEMANDES EN MILLIERS DE M3

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNEE
Q101	3000.	1000.	500.	0.	0.	0.	0.	500.	2000.	3000.	3000.	3000.	16000.
Q201	0.	0.	0.	90.	50.	1260.	1300.	1300.	0.	0.	0.	0.	4000.
Q102	300.	300.	300.	88.	110.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	3198.
Q202	540.	674.	514.	0.	0.	74.	1200.	1956.	1264.	1260.	1260.	1260.	10002.
Q103	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q203	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q104	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q304	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q105	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q205	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q106	3000.	900.	600.	900.	0.	1200.	2100.	1800.	2100.	5700.	6000.	5700.	30000.
Q206	5100.	3000.	2400.	1200.	1200.	2700.	4800.	6000.	6300.	9000.	9300.	9000.	60000.
Q107	1536.	544.	1184.	128.	1440.	544.	960.	1536.	1536.	1536.	1536.	1536.	14016.
Q108	1080.	770.	0.	0.	0.	0.	1340.	1880.	1630.	2010.	2640.	2190.	13540.
Q109	2920.	2090.	0.	0.	0.	0.	3610.	5100.	4420.	5440.	7140.	5920.	36640.
Q1D10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
QDAR	32799.	21689.	14642.	9404.	11912.	19018.	20326.	28525.	41978.	60698.	75068.	53941.	390000.
Q1D18	16004.	14334.	13639.	12664.	11273.	11412.	11412.	12246.	13499.	15725.	17396.	17396.	167000.
Q1D19	2682.	2402.	2287.	2123.	1890.	1915.	1915.	2054.	2262.	2635.	2918.	2918.	28001.
TOTAL	73161.	51903.	39666.	27197.	30275.	41423.	54663.	71597.	85689.	113904.	133158.	109761.	832397.

HORIZON 2000

PROGRAMME 9

DEMANDES EN MILLIERS DE M3

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNEE
Q1D1	3000.	1000.	500.	0.	0.	0.	0.	500.	2000.	3000.	3000.	3000.	16000.
Q2D1	0.	0.	0.	90.	50.	1260.	1300.	1300.	0.	0.	0.	0.	4000.
Q1D2	300.	300.	300.	88.	110.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	3198.
Q2D2	540.	674.	514.	0.	0.	74.	1200.	1956.	1264.	1260.	1260.	1260.	10002.
Q1D3	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q2D3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q1D4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q3D4	945.	945.	810.	135.	540.	675.	1215.	1890.	1890.	1485.	1485.	1485.	13500.
Q1D5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q2D5	945.	945.	810.	135.	540.	675.	1215.	1890.	1890.	1485.	1485.	1485.	13500.
Q1D6	2700.	810.	540.	810.	0.	1080.	1890.	1620.	1890.	5130.	5400.	5130.	27000.
Q2D6	4590.	2700.	2160.	1080.	1080.	2430.	4320.	5400.	5670.	8100.	8370.	8100.	54000.
Q1D7	1536.	544.	1184.	128.	1440.	544.	960.	1536.	1536.	1536.	1536.	1536.	14016.
Q1D8	1076.	767.	0.	0.	0.	0.	1335.	1873.	1624.	2003.	2631.	2182.	13491.
Q1D9	2910.	2083.	0.	0.	0.	0.	3597.	5082.	4404.	5420.	7114.	5899.	36509.
Q1D10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
QDAR	29518.	19520.	13177.	8463.	10721.	17116.	18294.	25673.	37780.	54628.	67561.	48547.	350998.
Q1D18	11381.	10193.	9698.	9005.	8016.	8115.	8115.	8708.	9599.	11182.	12370.	12370.	118752.
Q1D19	1077.	965.	919.	853.	759.	769.	769.	825.	909.	1059.	1172.	1172.	11248.
TOTAL	61568.	42496.	31512.	20937.	23856.	33788.	45860.	60653.	72856.	98238.	115334.	94116.	701214.

HORIZON 2000

PROGRAMME 10

DEMANDES EN MILLIERS DE M3

	SEP	OCT	NOV	DEC	JAN	FEV	MAR	AVR	MAI	JUN	JUL	AOU	ANNEE
Q1D1	3000.	1000.	500.	0.	0.	0.	0.	500.	2000.	3000.	3000.	3000.	16000.
Q2D1	0.	0.	0.	90.	50.	1260.	1300.	1300.	0.	0.	0.	0.	4000.
Q1D2	300.	300.	300.	88.	110.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	300.	3198.
Q2D2	540.	674.	514.	0.	0.	74.	1200.	1956.	1264.	1260.	1260.	1260.	10002.
Q1D3	1050.	1050.	900.	150.	600.	750.	1350.	2100.	2100.	1650.	1650.	1650.	15000.
Q2D3	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q1D4	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q3D4	945.	945.	810.	135.	540.	675.	1215.	1890.	1890.	1485.	1485.	1485.	13500.
Q1D5	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q2D5	945.	945.	810.	135.	540.	675.	1215.	1890.	1890.	1485.	1485.	1485.	13500.
Q1D6	2700.	810.	540.	810.	0.	1080.	1890.	1620.	1890.	5130.	5400.	5130.	27000.
Q2D6	4590.	2700.	2160.	1080.	1080.	2430.	4320.	5400.	5670.	8100.	8370.	8100.	54000.
Q1D7	1536.	544.	1184.	128.	1440.	544.	960.	1536.	1536.	1536.	1536.	1536.	14016.
Q1D8	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q1D9	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
Q1D10	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.
QDAR	15979.	10566.	7133.	4581.	5804.	9265.	9903.	13897.	20451.	29571.	36572.	26279.	190001.
Q1D18	7441.	6665.	6341.	5888.	5241.	5306.	5306.	5694.	6276.	7311.	8088.	8088.	77645.
Q1D19	704.	631.	601.	558.	496.	503.	503.	539.	594.	692.	766.	766.	7353.
TOTAL	39730.	26830.	21793.	13643.	15901.	22862.	29462.	38622.	45861.	61520.	69912.	59079.	445215.