

P0007/05B

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
BIBLIOTHEQUE — المكتبة
Ecole Nationale Polytechnique

المدرسة الوطنية المتعددة التقنيات
Ecole Nationale Polytechnique

Département d'Hydraulique

Mémoire de fin d'études
en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état
en hydraulique

Intitulé

SIG et modélisation du réseau d'AEP
de la ville
de Sidi Bel Abbés

Proposé par :

Dr. B. BOUKERMA

Dirigé par :

Dr. J. TAHAR

Réalisé par :

Mr. M. A. KHELIL

Promotion 2005

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Ecole Nationale Polytechnique



Département d'Hydraulique

Mémoire de fin d'études
en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état
en hydraulique

Intitulé

SIG et modélisation du réseau d'AEP
de la ville
de Sidi Bel Abbés

Proposé par :

Dr. B. BOUKERMA

Dirigé par :

Dr. J. TAHAR

Réalisé par :

Mr. M. A. KHELIL

REMERCIEMENTS



Je tiens à remercier en premier lieu le Dr J Tahar, mon encadreur, pour m'avoir accueilli au sein de l'équipe de son bureau d'études et pour avoir fourni toutes les commodités nécessaires à la poursuite de ce travail, ainsi que pour ses conseils et critiques constructives.

Je remercie encore le Dr B Boukerma, pour tous les efforts consentis lors de son travail d'encadrement, me permettant ainsi de mener à terme ce projet de fin d'étude.

Je remercie également toute l'équipe du bureau d'études JTC, plus particulièrement M^f Sidhoum pour m'avoir fourni une aide précieuse.

Je tiens à remercier aussi, M^f Bechehima et M^{me} Beghchi de la DHW de Sidi Bel Abbès et M^f Mahamoudi, directeur de l'EPDEMIJA.

Je tiens à remercier l'ensemble des enseignants qui ont contribué à ma formation et plus particulièrement M^{elle} Benmamar, notre chef de département, pour la qualité de sa gestion .

Que M^f le président et les membres du jury trouvent ici l'expression de mes remerciements pour l'honneur qu'il me font en acceptant de faire partie du jury.

Un grand merci à mes parents, et à ma sœur aînée Naziha, ainsi qu'à mes oncles et tantes, Abdou et Fatma, Ali et Fatima, Noubia ainsi qu'à mes cousins et cousines pour leur soutien moral.

SOMMAIRE



	page
Introduction	1
1 PRESENTATION DES SYSTEMES D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES	4
1.1 Définitions	4
1.2 Composantes d'un SIG	5
1.2.1 Le matériel	6
1.2.2 Les logiciels	6
1.2.3 Les données	7
1.2.4 Les utilisateurs	7
1.2.5 Les méthodes	7
1.3 PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DES SIG	7
1.3.1 Mode Raster	8
1.3.2 Mode vecteur	10
1.3.3 Différences entre les modes raster et vecteur	12
1.4 GROUPES DE FONCTIONNALITES	12
1.4.1 Saisie des données	13
1.4.2 Gestion	13
1.4.3 Exploitation	14
1.4.4 Edition	15
1.5 CONCEPTS ET TECHNOLOGIES LIEES AUX SIG	17
1.5.1 CAO (Conception assistée par ordinateur)	17
1.5.2 Traitement d'images et GPS	17
1.5.3 SGBD (Système de gestion de base de données)	17
1.5.4 Système de projection	18
1.6 INTERET DES SIG	18
2 PRESENTATION DU SYSTEME D'AEP DE LA VILLE DE SIDI BEL ABBES	19
Aire des études	19
2.1 DONNEES GENERALES	19
2.2 EVALUATION DES BESOINS EN EAU DE LA VILLE	20
2.2.1 Estimation de la population	20
2.2.2 Dotations	21
2.2.3 Evolution de la demande en eau potable de 2005 à 2020	21
2.3 RESSOURCES MOBILISEES	22
2.3.1 Evaluation des volumes d'eau mobilisés	23
2.4 SYSTEME D'ADDUCTION	24
2.4.1 Conduites d'adduction	26
2.5 RESERVOIRS DE STOCKAGE DE LA VILLE	26
2.6 RESEAU DE DISTRIBUTION	27
3 ELABORATION DU SIG	30
3.1 PRESENTATION DU LOGICIEL UTILISE	30
3.2 ANALYSE DES BESOINS	30
3.3 COLLECTE DES DONNEES	31
3.4 DOCUMENTS DE BASE	31
3.5 ORGANISATION DU SIG	32
3.6 STRUCTURATION DES COUCHES	33

3.6.1	Le réseau	33
3.6.2	Les adductions	37
3.7	EXPLOITATION DU SIG	39
3.7.1	La sélection	39
3.7.2	L'analyse thématique	40
3.7.3	Edition de plans	40
3.8	LIMITES DU TRAVAIL	40
3.8.1	Ouvrages de production	41
3.8.2	Conduites d'adduction	41
3.8.3	Le réseau de distribution	41
	Conclusion relative au SIG	42
4	MODELISATION	43
4.1	BUT DE LA MODELISATION	43
4.2	DESCRIPTION DE LA MODELISATION	43
4.2.1	Nœuds de demande	43
4.2.1	Les réservoirs	44
4.2.3	Les conduites	44
4.3	METHODOLOGIE DE LA SIMULATION	45
4.4	LIMITES DE LA MODELISATION	45
4.5	SIMULATION 1 (FONCTIONNEMENT ACTUEL)	46
4.6	SIMULATION 2 (APRES SECTORISATION)	50
4.7	SIMULATION 3 (MODIFICATION DE DIAMETRES)	53
	CONCLUSIONS	55
	Bibliographie	57

INTRODUCTION



* En Algérie, l'approvisionnement en eau potable est assuré dans des conditions difficiles sur l'ensemble du territoire.

Tous les acteurs s'accordent pour considérer que l'exploitation des systèmes d'approvisionnement en eau n'est pas effectuée d'une manière efficace.

Par ailleurs, les rendements des installations sont connus pour être faibles : ils sont estimés à environ 50%.

* L'Etat a entrepris un vaste programme de réhabilitation des systèmes d'alimentation en eau potable des principales villes d'Algérie.

L'objectif de ce programme est à terme une mise à niveau des infrastructures d'AEP tant au niveau de la production que de la distribution. Ce programme comprend :

- des études de réhabilitation des réseaux qui visent à rendre disponible une connaissance parfaite des infrastructures
- des travaux dont la finalité est d'assurer une utilisation optimale des ressources mobilisées et maximiser les rendements en menant les actions requises de réhabilitation et de renouvellement; compte tenu de la rareté de la ressource, un accent particulier est mis sur la réduction du volume des pertes.

* Le secteur de l'eau potable a ainsi lancé des opérations particulièrement intéressantes regroupées sous l'intitulé « réhabilitation des systèmes d'alimentation ».

Ces opérations concernent les grandes villes qui comprennent à la fois les études et les travaux à même d'améliorer de façon significative les rendements des réseaux, l'objectif visé étant de porter le rendement du réseau à 80%.

Le Contexte de notre travail

Les opérations de réhabilitation des systèmes d'AEP d'Alger et Oran sont pratiquement en voie d'achèvement.

Une nouvelle opération est en cours de démarrage qui concerne trois villes de l'Ouest.

Après concertation avec notre encadreur, nous avons retenu le système d'AEP de la ville de Sidi Bel Abbès comme zone d'études pour notre travail.

Ce choix a été motivé par différents facteurs dont pour l'essentiel

- les facilités d'accès à l'information et aux documents.
- le fait que le projet n'a encore rien produit, ce qui assure que notre travail est entièrement nouveau

Les Objectifs de notre travail

Notre travail a pour objectif :

- compléter notre cycle de formation universitaire par l'acquisition des connaissances de base et des techniques utilisées dans les études de réhabilitation des systèmes d'AEP
- mettre en œuvre ces connaissances et techniques sur un cas concret : celui de la ville de Sidi Bel Abbès

Nous nous proposons ainsi pour le système d'AEP de Sidi Bel Abbès :

- d'élaborer un premier Système d'Information Géographique de la cartographie des infrastructures hydrauliques et tout particulièrement des réseaux : ce travail sera fait en utilisant le logiciel Mapinfo
- d'élaborer une modélisation du réseau d'AEP de cette ville : ce travail sera fait en utilisant le logiciel Epanet

La Consistance du travail

- Etablissement des fonds de plans de la zone à modéliser.
- Cartographie – recueil des données relatives aux infrastructures .
- Préparation des plans du système d'AEP existant.
- Mise en place d'un système d'information géographique (SIG) du réseau.

- Evaluation de la demande par zone.
- Calcul des débits aux nœuds.
- Modélisation du réseau de distribution.
- Simulation selon le programme de distribution actuelle.
- Simulation après sectorisation proposée.
- Simulation après changement de diamètres.

Partie 1

**PRESENTATION DES SYSTEMES
D'INFORMATIONS GEOGRAPHIQUES**

L'homme s'est toujours préoccupé de la connaissance du sol, qu'il s'agisse de délimiter les droits d'usage des sols, ou de localiser et gérer les ressources naturelles. C'est pour cela que la carte est un outil ancien dont l'évolution correspond à celle des civilisations et ce n'est que vers la moitié du 20^{ième} siècle que l'homme s'est rendu compte de la corrélation entre les différentes cartes thématiques. Le seul moyen de fusionner les informations était alors de tracer des calques, puis les superposer pour en tirer des cartes synthétiques.

Ce n'est qu'avec l'essor qu'a connu l'informatique ces deux dernières décennies que sont apparus les premiers Systèmes d'Information Géographiques largement diffusés dans les activités territoriales, les services techniques de l'Etat, les gestionnaires de réseaux et le secteur privé.(Trache, 2000)

1 PRESENTATION DES SIG

1.1 DEFINITIONS

Au cours du temps, les SIG ont fait l'objet de plusieurs définitions ; nous pouvons retenir deux d'entre elles qui sont présentées ci-dessous :

« Le système d'information géographique est un système de gestion de base de données pour la saisie, le stockage, l'extraction, l'interrogation, l'analyse et l'affichage de données localisées », (Pornon, 1992)

« Un système d'information géographique est un ensemble de données repérées dans l'espace, structuré de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision » (Didier, 1990)

Ces deux définitions, bien qu'elles soient très voisines, font apparaître chacune un aspect important du système d'information géographique.

La première définition montre le SIG comme un outil de gestion pour le technicien qui, au quotidien, assure le fonctionnement d'un service, tandis que la seconde définition montre le SIG comme un outil d'aide à la décision pour les responsables.

On peut donc retenir qu'un Système d'Information Géographique est un outil d'aide à la décision destiné à gérer des données géoréférencées. Il vise à modéliser, par des méthodes informatiques, le monde réel, et à utiliser la dimension spatiale des données pour effectuer des analyses. Le tableau suivant résume la définition d'un SIG :

Tableau 1.1 : Décomposition du SIG

S	SYSTEME	Ensemble d'objet reliés et interagissant dans un but commun
I	INFORMATION	Elément de connaissance qui peut être stocké, traité ou communiqué
S.I	SYSTEME D'INFORMATION	Procédé, chaîne d'opération pour recueillir, stocker, analyser, manipuler et visualiser des données
G	GEOGRAPHIE	Science qui a pour objet la description et l'explication de l'aspect naturel et humain de la surface de la terre
SIG	SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE	Ensemble logiciel permettant de gérer toute donnée localisée. Un tel système doit permettre de gérer simultanément les deux types de données, Graphiques et Alphanumériques

1.2 COMPOSANTES D'UN SIG

Le SIG n'est pas constitué seulement d'un logiciel et de bases de données numériques.

C'est un ensemble regroupant des moyens humains, matériels et logiciels, doté d'une organisation et d'un fonctionnement spécifiques dans le but de restituer des informations utiles et pertinentes à partir de données saisies et traitées au préalable.(Cances, 1992)

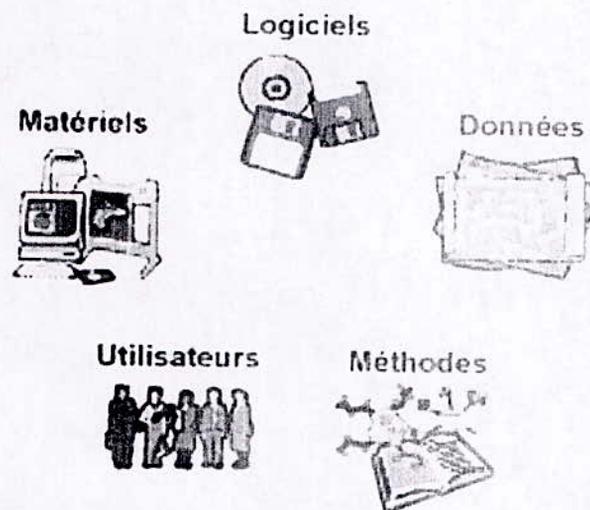


Figure 1.1 : Composantes d'un SIG

1.2.1 Le Matériel

Les SIG sont utilisables aujourd'hui sur une très large gamme de micro-ordinateurs connectés en réseau ou de façon autonome et ce grâce à la démocratisation de l'outil informatique.

1.2.2 Les logiciels

Un logiciel SIG doit gérer les données attributaires et les données graphiques et gérer le lien entre elles, ses principaux composants sont :

- Outil pour la saisie et la manipulation des données graphiques.
- Système de gestion de base de données.
- Outil géographique de requêtes, d'analyse et de visualisation.
- Interface graphique utilisateurs : c'est elle qui permet à l'utilisateur de communiquer avec le système et son degré de sophistication détermine le type d'utilisateur pouvant manipuler le SIG.

1.2.3 Les données

La donnée est la composante la plus importante d'un SIG, car de l'exploitation de la base de données que les analyses et requêtes peuvent être effectuées.

1.2.4 Les utilisateurs

Les utilisateurs ont un rôle non négligeable puisque ce sont les premiers acteurs agissant sur le système.

Les SIG s'adressent à un grand nombre d'utilisateurs, depuis ceux qui élaborent et maintiennent le système, jusqu'aux personnes qui exploitent la donnée géographique quotidiennement dans leur travail.

1.2.5 Méthodes

La mise en place d'un système d'information géographique requiert certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

1.3 PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT DES SIG

Le SIG permet de modéliser le monde réel sous la forme de couches homogènes du point de vue thématique, et pouvant être reliées les unes aux autres par la géographie.

Ce concept, à la fois simple et puissant, a prouvé son efficacité pour résoudre de nombreux problèmes concrets en confrontant les informations contenues dans chacune des couches.

Prenons pour exemple la séparation des données nécessaires à une carte topographique en couches d'informations superposables comme le montre la figure suivante (Riout, 2000):

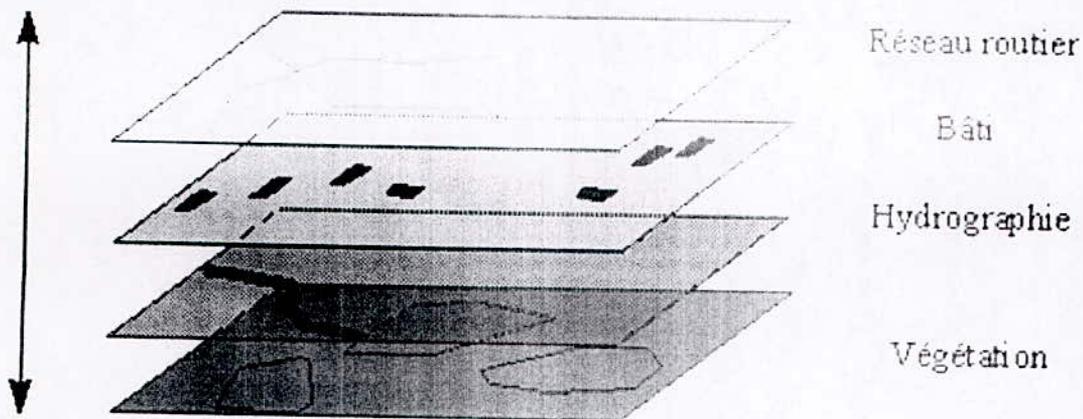


Figure 1.2 : Superposition des couches d'information

En fonction des besoins et du type d'information à analyser, on distingue deux grands modes de représentation de l'information géographique : les données sont fournies sous forme vectorielle ou raster (IAAT, 2003).

1.3.1 Mode Raster

Le monde réel est représenté par une division régulière de l'espace en cellules (pixels) selon un maillage défini. A chaque cellule correspond une valeur.

La haute résolution de la photographie ci-dessus ne permet pas de visualiser les pixels, cependant, un zoom pourrait faire apparaître ces derniers.

Le schéma suivant illustre bien la subdivision d'une image en pixels :

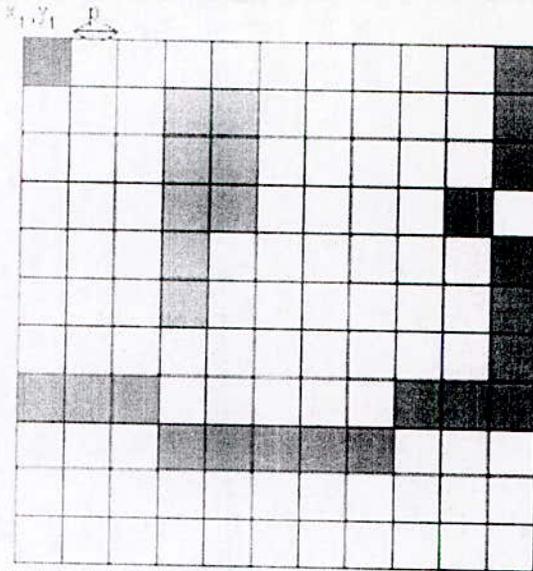


Figure 1.3 : Représentation d'une image raster sous forme de pixel

Les données sous le mode Raster ont pour sources :

1.3.1.1 Photographie aérienne

La photo est la base de nombreuses données géographiques. Il est possible d'avoir de nombreuses informations de la surface de la terre à partir d'appareil photo ou de caméra aéroportée (avion, ballon...) puis corrigées avec des vérifications sur le terrain (Dumolard, 2002).

Elle peut être :

- Scannée
- Numérique (directement intégrable sur disque dur)

La précision de cette photo dépend de la taille du plus petit détail (notion de pixels).



Figure 1.4 : Photographie aérienne

1.3.1.2 *Images satellitaires*

Elles sont issues de capteurs embarqués dans des satellites d'observation placés sur des orbites allant de 500 à 36000 Km d'altitude.

Le pixel faisant 10 m de côté, ce type d'images ne donne pas beaucoup de détails, mais sont d'une aide considérable pour la réalisation de cartes à petites échelles.

1.3.1.3 *Cartes et plans scannés*

Il s'agit d'informations déjà existantes sur papier puis scannées pour pouvoir être intégrées dans un disque dur, cette opération n'améliore pas la qualité du document, mais ne fait que transformer le document papier en document numérique.

1.3.2 Le mode vecteur

Dans le mode vecteur, les informations sont regroupées sous forme de coordonnées x,y . Les objets de type ponctuel sont dans ce cas représentés par un simple point. Les objets linéaires (routes, fleuves...) sont eux représentés par une succession de coordonnées x, y . Les objets polygonaux (territoire géographique, parcelle...) sont, quant à eux, représentés par une succession de coordonnées délimitant une surface fermée. Ce mode est généralement utilisé pour l'utilisation de données discrètes. (Riout, 2000)

1.3.2.1 le point

Etant l'objet géométrique le plus simple, il peut représenter à grande échelle un arbre ou une borne d'incendie, comme il peut représenter une ville à des échelles plus petites de type carte routière au 1/100 000^{ème}.

1.3.2.2 la ligne

Elle représente généralement des réseaux routiers, hydrographiques ou d'AEP.

1.3.2.3 la surface

Elle est représentée par un polygone ; et peut représenter une entité géographique comme une forêt, un lac ou une zone urbaine.



Figure 1.5 : Représentation d'un image vecteur

1.3.3 Différences entre les modes raster et vecteur

Les différences sont notables entre ces deux modes de représentation de l'information géographique. Pour autant, il n'y a pas lieu de préférer l'un à l'autre. Chacun est adapté à des types particuliers d'objets géographiques. A titre d'exemple, la représentation d'un réseau routier ou du parcellaire se fera plutôt de manière vectorielle, tandis que le relief sera mieux analysé s'il se trouve sous une forme raster, puisque c'est un phénomène continu dans l'espace (il n'existe pas de lieu où il n'y a pas de relief).

1.4 GROUPES DE FONCTIONNALITES

Afin de réaliser les différentes tâches que l'on attend de lui, le SIG possède différentes fonctionnalités.

De la définition de H. Pornon : «Un système d'information géographique est un ensemble de données repérées dans l'espace, structurées de façon à pouvoir en extraire commodément des synthèses utiles à la décision », découlent les groupes de fonctionnalité suivants :

- La saisie ;
- La gestion ;
- L'exploitation ;
- L'édition .

Il existe d'autres classifications des fonctionnalités d'un SIG, comme la règle des 5A (Amor, 2000):

- Acquérir ;
- Archiver ;
- Accéder ;
- Analyser ;
- Afficher.

1.4.1 Saisie des données

L'acquisition des données n'est pas une fonctionnalité de base des SIG, il existe certains SIG dépourvus de cette fonctionnalité et qui exploitent une base de données externe déjà existante. Avant d'entamer l'acquisition, il faudrait d'abord :

- Définir les objectifs du SIG ;
- Classer les objectifs par priorité ;
- Classer les données nécessaires en fonction des priorités établies ;
- Inventorier les sources.

Une telle procédure permet d'éviter la recherche et l'intégration de données sans intérêt pour le projet et la surcharge de la base de données avec des informations inutiles dont la saisie pourrait coûter cher et qui ne seront ni exploitées, ni tenues à jour.

L'acquisition est la fonctionnalité la plus ardue et qui pose les problèmes techniques les plus délicats. Il faut donc définir une base de données qui ne soit pas trop détaillée ou trop précise au point où la saisie et la mise à jour seraient trop onéreuses, sans pour autant qu'elle soit trop sommaire au point où les objectifs ne seraient pas atteints.

Le problème des données est dû au compromis entre les exigences techniques de précision et de fiabilité, et les contraintes financières et de temps. (Ravallet, 2001)

1.4.2 Gestion

Cette fonctionnalité regroupe l'archivage et l'accès énoncés dans la règle des 5 A.

Les données stockées, il faut être capable de les retrouver facilement. C'est une des fonctions les moins visibles pour l'utilisateur :

1.4.2.1 le stockage

Le stockage efficace est celui qui permet l'organisation et l'accès rapide à l'information.

1.4.2.2 la mise à jour

La mise à jour des données peut s'effectuer en temps réel ou en acceptant une périodicité (tous les mois, tous les semestres ou tous les ans). Cela dépendra du besoin réel d'exploitation des données.

Le principal problème que pose la tenue à jour d'une base de données est celui de la connaissance de tous les changements.

1.4.2.3 L'extraction des données

L'interrogation est la forme la plus simple d'exploitation d'un SIG, elle consiste à poser une question simple au SIG: quel est le diamètre de cette conduite?

Tandis que l'extraction permet à l'utilisateur de constituer un fichier pour un usage spécifique (extraction de la couche vannes).

1.4.3 Exploitation

Une fois que le système d'information géographique a été structuré, que les données ont été saisies puis vérifiées, les analyses peuvent être effectuées.

Elles sont multiples et peuvent être effectuées indifféremment sur la composante géométrique ou sémantique des données. Evidemment, c'est la combinaison des deux qui permet de réaliser des analyses spatiales car la raison d'être d'un SIG n'est pas la constitution de carte ou de plan ni la gestion de données mais d'être un outil au service de l'analyse de données géographiques et le SIG trouve toute sa justification en cette dernière.

Les types d'analyses spatiales pouvant être effectués par le SIG sont (Cances, 1992) :

1.4.3.1 La mesure dans l'espace

Elle permet de calculer des distances, des surfaces et des angles.

1.4.3.2 L'agrégation

C'est la fusion de polygones voisins ayant la même propriété.

1.4.3.3 Analyse de proximité

Elle consiste à créer des zones tampons, soit la création de polygones se trouvant à une distance définie par rapport à un objet géographique.

1.4.3.4 Analyse de contiguïté

Il s'agit de donner à une entité géographique une valeur dépendant des valeurs des entités voisines, cette analyse est généralement utile pour la réalisation d'un modèle numérique de terrain. Ce type d'analyse ne peut se faire que pour la donnée raster.

1.4.3.5 *Analyse de connectivité*

C'est la délimitation d'une zone en recherchant à partir d'un point les points adjacents vérifiant une propriété donnée (cette analyse est effectuée pour les données raster).

1.4.3.6 *Recherche du chemin optimal*

Ce type d'analyse s'avère efficace pour les réseaux, la recherche du chemin optimal entre deux points peut se faire du point de vue distance, temps ou coût.

1.4.3.7 *Croisement de données*

C'est la combinaison de deux ou plusieurs couches d'information grâce à laquelle peuvent être effectuées les opérations d'intersection, d'union, de soustraction et d'addition.

1.4.3.8 *Analyse statistique*

Un SIG doit pouvoir effectuer quelques calculs statistiques simples (moyenne, écart-type, minimum, maximum...). Toutes ces opérations sont exécutées grâce à un langage spécifique d'interrogation de la base de données, il est aussi possible de faire appel à d'autres SGBD externes au SIG pour réaliser des requêtes et des statistiques pour mieux exploiter les données attributaires.

1.4.4 *Edition*

Les analyses faites, le SIG doit permettre de restituer les informations déduites des opérations d'extraction, d'interrogation et d'analyse, pour cela il doit jouir des mêmes fonctionnalités d'un logiciel de production cartographique.

Les informations restituées peuvent être sous forme de

- Tableaux de données ;
- Figures ou graphes ;
- Cartes de synthèses.

On distingue deux types de sorties :

- Numérique : écrans, projections ;
- Papiers : imprimantes et traceurs.

L'écran est le premier périphérique de visualisation de l'information géographique. Il permet à l'utilisateur d'effectuer des changements d'échelle, de se déplacer sur la carte... La carte est alors interactive. C'est aussi l'écran qui va permettre de préparer une sortie papier des résultats.

L'imprimante permet de produire un document durable, de nos jours il existe un éventail d'imprimantes en fonction de la précision et de la dimension du document à produire permettant à l'utilisateur de choisir librement les périphériques correspondant à ses besoins.

Cette liste de fonctionnalités des SIG ne se veut pas exhaustive, au contraire : nous voulons ici montrer l'étendue des possibilités offertes par ces différents outils d'analyse, mais une opération tout aussi importante que les fonctionnalités citées auparavant est essentielle avant toute mise en œuvre d'un SIG, qui est l'analyse des besoins et les attentes des utilisateurs potentiels ainsi que l'évaluation des besoins en matériels et logiciels. (Cances, 1992)

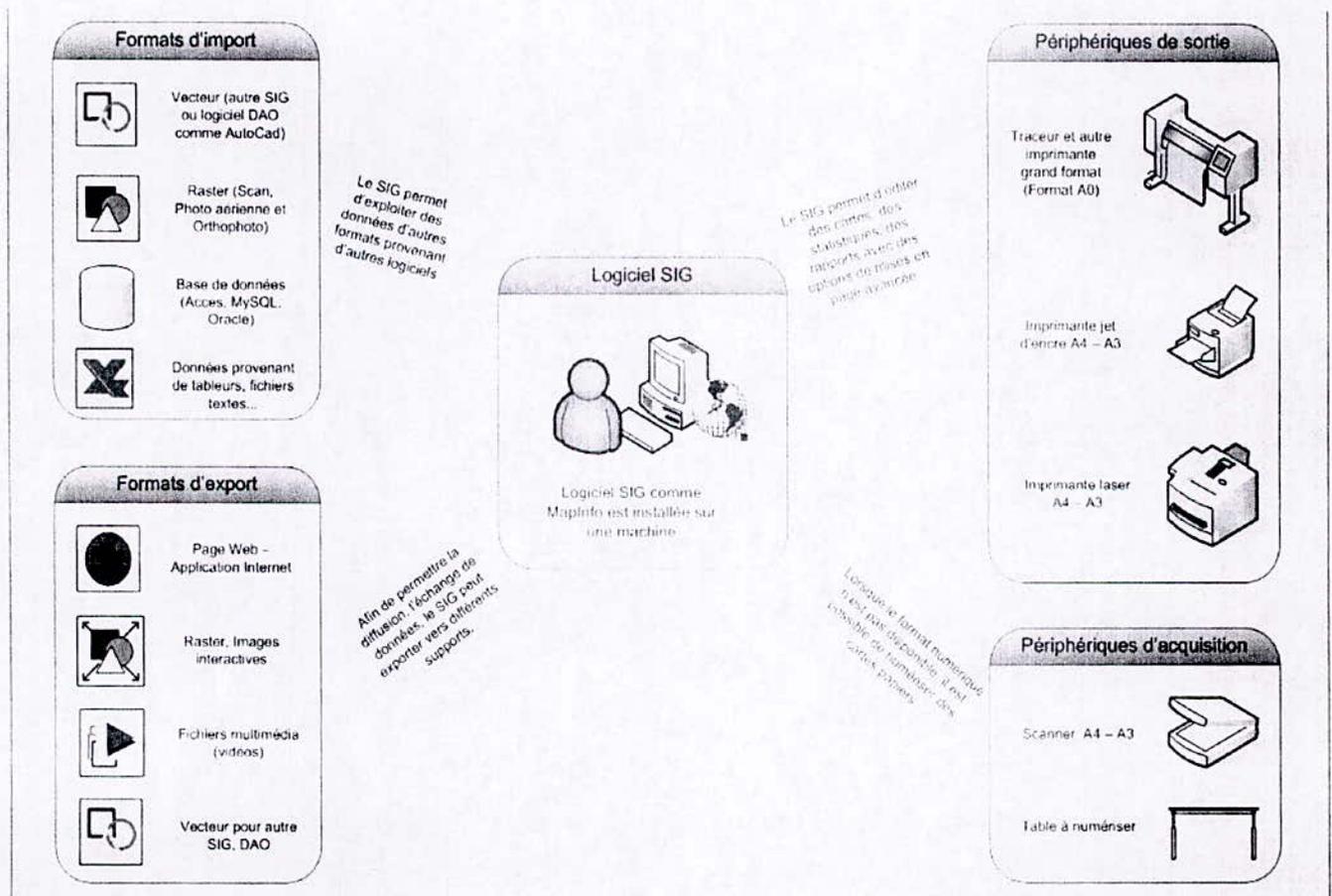


Figure 1.6 : Illustration des fonctionnalités d'un SIG

1.5 CONCEPTS ET TECHNOLOGIES LIEES AUX SIG

Si les systèmes d'informations géographiques semblent proches d'autres technologies telles que le CAO, le DAO et la gestion des bases de données, ils demeurent les seuls outils adaptés à l'analyse des données géographiques.

1.5.1 CAO (Conception assistée par ordinateur)

Un système de CAO a pour vocation d'aider à la conception et à la modélisation de bâtiments et d'infrastructures. Un système de CAO procède par assemblage d'éléments dont les caractéristiques sont fixes pour réaliser une infrastructure globale. Ces systèmes requièrent quelques règles (spécifiant comment assembler ces composants) et des capacités d'analyse très limitées. Si certains logiciels de CAO sont proposés pour la mise en œuvre de solutions SIG, leurs capacités demeurent très réduites et inadaptées pour l'analyse et la gestion d'importantes bases de données géographiques (Cances, 1992).

1.5.2 Traitement d'image et GPS

Le traitement et l'interprétation d'image sont à la fois l'art et la science permettant de mesurer notre planète grâce aux satellites, à la photographie aérienne et à l'utilisation des GPS. Ces différentes sources d'images et de mesures permettent la collecte d'informations qui seront traitées, visualisées, analysées et interprétées.

Ils ne peuvent être comparés aux SIG car ne traitant que les images, ils ne permettent pas d'analyser et de gérer les nombreuses autres grandes familles de données, mais sont d'une aide non négligeable pour la collecte des données (Dumolard, 2002).

1.5.3 SGBD (Système de gestion de base de données)

Les systèmes de gestion de base de données sont conçus pour le stockage et la gestion de tous types d'informations et sont utilisés pour stocker et retrouver des informations. Les SIG ont besoin des capacités des SGBD pour organiser et localiser leurs données, mais le rôle des SGBS dans un SIG se limite à cela, car ils ne permettent pas de visualiser et d'analyser des informations géographiques (Barbier, 2001).

1.5.4 Système de projection

Pour localiser un objet à la surface de la terre, le système le plus précis consiste à localiser les objets par rapport à des axes de référence, d'où la notion de coordonnées, ces derniers peuvent être (IAAT, 2003).

Les systèmes de projections UTM(Universel Transverse Mercator) sont les plus utilisés. En Algérie le système utilisé est le système UTM.

1.6 INTERET DES SIG

De nombreuses organisations qui ont intégré l'usage d'un SIG ont constaté qu'un des principaux bénéfices obtenus, concerne la gestion de leurs propres ressources. Les SIG permettant de lier entre elles toutes sortes d'informations par le biais de la géographie, ils offrent :

- Un accès à l'information plus facile
- Réalisation rapide de cartes thématiques
- Croisement de données de différentes sources
- Un meilleur partage de l'information et une meilleure communication entre les différents services

Les SIG ont l'avantage d'être une technologie facilement maîtrisable mais présentent quelques difficultés de saisie de quelques données géographiques qui prend beaucoup de temps.

2. PRESENTATION DU SYSTEME D'EAU DE LA VILLE DE SIDI BEL ABBES

Aire des études

Les limites d'études sont constituées

Pour les ouvrages de production d'eau potable, les limites d'études sont définies par les limites des zones d'approvisionnement en eau potable, ainsi que les limites des zones de captage des eaux souterraines.

Pour le réseau de distribution, les limites d'études sont définies par les limites de l'agglomération de Sidi Bel Abbès qui couvre la ville de Sidi Bel Abbès proprement dite, les extensions de la ZIIN Nord.

Partie 2

2.1 DONNEES GENERALES

PRESENTATION DU SYSTEME D'ALIMENTATION EN EAU POTABLE DE LA VILLE DE SIDI BEL ABBES

La région est caractérisée par un climat semi aride, avec des précipitations de 300 à 400mm par an, chaud en été et froid en hiver (température moyenne de 15°C).

La topographie de la ville présente un terrain peu



Figure 2.1 : Situation géographique de la ville de SBA

2.2 EVALUATION DES BESOINS EN EAU DE LA VILLE

2.2.1 Estimation de la population

Selon l'Agence Nationale de l'Aménagement du territoire, le nombre d'habitant de la ville de Sidi Bel Abbès était de 216420 habitants en 2000, et les taux d'accroissement sont de 4,21% entre 2000 et 2005 et de 1,97% entre 2005 et 2015.

Pour le nombre d'habitants de la ville à l'horizon futur 2020, on supposera que le taux d'accroissement entre 2015 et 2020 correspond au taux calculé pour la période 2000-2015, soit un taux d'accroissement égal à 2,53% pour la période 2015-2020.

La formule utilisée pour l'évaluation des populations futures est :

$$N = N_0 \times (1 + t)^n \quad (2.1) \quad \text{où :}$$

N : population à l'année future

N_0 : population à l'année de référence

t : taux d'accroissement

n : nombre d'années

D'où le tableau 2.1 :

Tableau 2.1 : Evolution de la population

Année	2000	2005	2010	2015	2020
Nb d'habitants	216 000	293 000	323 000	356 000	403 000

2.2.2 Dotations

La population de la ville de Sidi Bel Abbès, dépassant les 200.000 habitants, devrait bénéficier d'une dotation en eau de 200 à 300 l/hab/j. (Dupont, 1969)

Mais ne nous référerons malheureusement pas à ces normes, cela serait utopique.

Nous attribuerons alors 150 l/hab/j.

Le développement urbain, l'expansion industrielle, l'amélioration du niveau de vie, le développement des appareils domestiques contribuent à l'accroissement de la consommation des eaux de distribution publique. Le calcul se fera alors en appliquant à la dotation attribuée en 2005 un taux de croissance annuelle égal à 1%.

Tableau 2.2 : Evolution de la dotation

année	2005	2010	2015	2020
Dotation (litre/hab/jour)	150	157,5	166	174,5

2.2.3 Evolution de la demande en eau potable de 2005 à 2020

Un volume important des ressources mobilisées est perdu dans le réseau à cause du mauvais état du réseau.

Une campagne de mesures menée sur le réseau en 1999 a estimé les fuites dans le réseau à 38% ce qui est énorme. Le gestionnaire du réseau s'engage à réduire ces fuites de 2% tout les cinq ans (DHW, 2000).

Tableau2.3 : Evolution des pertes (programme EPDEMIA)

Année	2000	2005	2010	2015	2020
Taux de pertes	0,38	0,36	0,34	0,32	0,30

Les besoins de la ville peuvent alors être estimés et sont reportés sur le tableau suivant :

Tableau2.4 : Estimation de la demande

Année	2005	2010	2015	2020
Dotation (l/j/hab)	150	157,5	166	174,5
Nombre d'habitants	293 000	323 000	356 000	403 000
Pertes	0,36	0,34	0,32	0,30
Besoins journaliers (m3/jour)	59 000	68 000	78 000	91 000
Besoins annuels (Mm3/an)	22	25	28,5	33,5

2.3 RESSOURCES MOBILISEES

La population de la ville de Sidi Bel Abbès fut longtemps alimentée en eau potable exclusivement à partir des eaux souterraines de l'aquifère de Sidi Ali Benyoub (source Aïn Skhouna et source Aïn Mekhareg) se situant à une trentaine de kilomètres au Sud du chef lieu de la wilaya.

La conjonction du bond urbain et démographique, et la sécheresse qu'a connue la région a aggravé la situation A.E.P.

Pour alléger ce manque d'eau et faire face à cette situation, une adduction a été réalisée à partir de la nappe Melghir-Ténira située à 25Km au Sud de la ville de Sidi Bel Abbès, c'est

ainsi que les deux forages destinés initialement à l'irrigation du périmètre de Ténira ont été affectés à l'alimentation en eau potable de la ville.

Cette dernière alternative n'a réduit le déficit en eau que pendant quelques années, pour remédier à cette situation critique, les pouvoirs publics, bénéficiant d'un prêt de la BAD (Banque Africaine de Développement), ont entrepris des travaux de réalisation d'une conduite d'adduction (et des ouvrages annexes) à partir du barrage de Sidi Abdelli vers la ville de Sidi Bel Abbès, lesquels ont été achevés en fin de l'année 2003 ce qui améliora considérablement la situation de l'alimentation en eau de la ville.

Mais durant les années de réalisation de l'adduction de Sidi Abdelli, les eaux du barrage de l'Oued Sarno ont été exploitées provisoirement, ce dernier est actuellement complètement envasé.

2.3.1 Evaluation des volumes d'eau mobilisés

Les chiffres des volumes d'eau produits au niveau des sources ne sont pas fiables, faute de compteurs. Les débits donnés sont déterminés à l'aide de sols déversoirs existants, donc pas très précis.

Par contre le comptage au niveau des forages est précis grâce aux compteurs volumétriques installés.

Le comportement de l'aquifère n'est pas du tout pris en considération, le relevé des niveaux dynamiques et statique n'est pas assuré de manière continue et une mesure ponctuelle ne peut mener à une estimation fiable, ce qui rend l'estimation des réserves souterraines impossible.

Les données concernant les ressources mobilisées nous ont été communiquées par l'EPDEMI et sont reportées sur le tableau suivant :

Tableau 2.5 : volumes mobilisés

Désignation	Volume mobilisé par années (Mm ³)				
	2000	2005	2010	2015	2020
Ténira F3	1,58	-	-	-	-
Ténira F21	1,71	-	-	-	-
Aïn Skhouna	1,89	1,89	1,89	-	-
Aïn Mekhareg	1,71	1,71	1,71	-	-
Barrage Sarno	2,02	-	-	-	-
Barrage S Abdelli	-	18,4	19,9	24,31	25,23
F3bis	-	0,52	0,52	0,52	0,52
F21bis	-	0,42	0,42	0,42	0,42
Total	8,89	22,94	24,44	25,25	26,17

2.4 SYSTEME D'ADDUCTION

La ville de Sidi Bel Abbès est alimentée actuellement à partir des trois principales ressources suivantes :

- Le barrage de Sidi Abdelli ;
- Les sources de Aïn Skhouna et Aïn Mekhareg ;
- Les forages de Ténira.

Ces adductions desservent plusieurs agglomérations avant d'alimenter la ville de Sidi Bel Abbès.

Sur les tableaux suivants seront reportés les débits distribués en route de chaque conduite d'adduction (Source EPDEMIA):

Tableau 2.6 : Débit distribué en route de l'adduction de Sidi Abdelli

Désignation	Débit(l/s)
Ben Badis	16
Sidi Lahcène	35
Zahala	16
Sidi Daho	10
Aïn Kada	8
Sehala	8
Sidi Ali Boussidi	27
Sidi Yacoub	16,5
Sidi Lahcen	35

Tableau 2.7 : Débit distribué en route de l'adduction de Tenira

Désignation	Débit (l/s)
Touita	1,16
Ouled Ziane	0,6
Chiar	11,6

Tableau 2.8 : Débit distribué en route de l'adduction de Aïn Sekhouna

Désignation	Débit (l/s)
Mellinet	5
Tabia	5,2
Boukhanffis	11
Sidi Lahsen	18,5

2.4.1 Caractéristiques des conduites d'adduction

Les caractéristiques du système d'adduction qui nous ont été communiquées par l'EPDEMIÀ sont résumées dans le tableau suivant.

Tableau2.9 : caractéristiques des conduites d'adduction

Désignation	Diamètres (mm)	Longueur (Km)	Matériau	mise en service
Barrage Sidi Abdelli	1000/800/500	40	fonte	2003
Source Aïn Skhouna	600/500	42	Acier	1927
Source Aïn Mekhareg	600/500	35	Acier	1927
Forages de Ténira	400/500	24	Acier	1975

2.5 RESERVOIRS DE STOCKAGE DE LA VILLE

La ville de Sidi Bel Abbès dispose de six réservoirs de stockage, dont un ancien de 5000m³, un de 3x3000m³, deux châteaux d'eau de 500m³ chacun, un 2x4000m³ associé à l'adduction de 1975, et un récent de 2x1000m³ associé à l'adduction de Sidi Abdelli.

Le volume d'eau stocké dépend essentiellement de la demande, un stockage minimal de 12 heures est recommandé pour assurer une sécurité en cas de pannes de pompe ou rupture d'une conduite d'adduction.

Tableau 2.10 :Caractéristiques des réservoirs(Source EPDEMIÀ)

Volume (m ³)	Côte trop-plein	Côte radier	Côte terrain naturel
2 x 4000	526	520	522
2 x 1000	523,5	518,5	520
500	524,2	519,2	524,2
3 x 3000	502,1	498,5	501
500	518	515	500
5000	502	496	498

2.6 LE RESEAU DE DISTRIBUTION

Le réseau de distribution de la ville de Sidi Bel Abbès totalise un linéaire estimé à près de 242Km pour 293000 habitants, soit 0,82ml/habitant dont les diamètres varient de 60 à 600mm.

Sur les documents que nous avons à notre disposition, n'étaient relevées que les conduites maîtresses.

Le réseau de distribution de la ville remonte à 1961, cette partie du réseau(centre-ville actuellement) est en fonte.

Avec l'extension de la ville, le réseau de distribution est passé de sa configuration demi ramifié à une configuration maillée.

Le réseau est organisé en plusieurs secteurs urbanisés, dont la superficie et la demande de chacun sont données dans le tableau suivant :

Tableau 2.11 :Secteurs du réseau

N°	Désignation	Surface (ha)	Consommation (l/s)
A1	Centre-ville	55	28
A2	L'Emir Abdelkader	29	24
A3	Sidi Amer, Perrin-la-Gare	75	41
A4	Vallée des jardins et Sakiet El Hamra	121	62
A5	Medina Mounaouara, Haï El Badr , Ben Boulaïd,	170	74
A6	Sidi Yacine	68	20
A7	Zhun Est	124	35
A8	Ben Badis, Houari Boumedienne et Beni Ameer	135	47
A9	Sidi Djilali, Larbi Ben M'hidi et Adda Boudjellal	155	64
A10	Adim Fatima	90	31
A11	Le Rocher	15	20
A12	Boumelik	13	27
A13	Zhun Nord	236	90
A14	Zhun Nord Est	74	35

Depuis la réalisation de l'adduction de Sidi Bel Abbès, la distribution est assurée quotidiennement de 16h00 jusqu'à 00h00 par un volume distribué de 30000m³ et pour tous les secteurs de la ville. Cette restriction entraîne des conditions d'approvisionnement inégales. L'absence d'étages et de zones de distribution se traduit par des conditions de débit et de pression non acceptables en certains points du réseau.

OBSERVATIONS

Le manque d'eau dans la ville de Sidi Bel Abbès est du à la sécheresse en partie, mais aussi à une série d'avaries sur tout le système de production et de distribution.

Systeme d'adductions

Un volume d'eau important est perdu avant d'arriver aux réservoirs de Sidi Bel Abbès, à cause du mauvais état des conduites d'adduction :

- La protection cathodique des conduites d'adduction de Ténira et de Aïn Sekhoua n'est plus opérationnel, d'où une corrosion importante ;
- L'adduction de Aïn Mekhareg, réalisée en 1927, présente fuites importantes ;
- Les équipements anti-bélier des forages de Ténira sont hors d'usage.

Ouvrages de stockage

Les réservoirs 5000m³ et 2x4000m³ (les plus anciens de la ville) ne disposent pas de compteurs, ce qui rend difficile l'évaluation des débits injectés dans le réseau de distribution et la détermination des taux de fuites en cours de route.

Qualité de l'eau

L'EPDEMIA procède à des analyses périodiques de la qualité des eaux : ces analyses garantissent la qualité physicochimique et bactériologique des eaux distribuées.

Réseau de distribution de la ville

Une partie importante du réseau (centre-ville et l'Emir Abdelkader) est vétuste (elle remonte à 1961).

Pour l'ensemble du réseau, L'usage répandu des conduites en acier, l'hétérogénéité et la vétusté du réseau font que les fuites dans le réseau sont importantes.

Les accessoires du réseau sont eux aussi dans un mauvais état, les bouches à clef sont hors d'atteinte, elles ont été obstruées lors de revêtement des chaussées.

Les vannes sont entartrées et souvent « grippées » car elle ne sont pas manipulées régulièrement et la plupart des compteurs des abonnés ne fonctionnent pas.

Pour améliorer cette situation, il faudrait songer à :

- Installer des compteurs au niveau de chaque sortie de puits, et aussi au début de chaque conduite d'adduction ainsi qu'aux ramifications pour l'alimentation des centres secondaires ;
- Au niveau des réservoirs, doivent être placés des compteurs et des enregistreurs de niveaux. A défaut les niveaux des réservoirs devraient être notés heure par heure ;
- Les débits et pressions au niveau des nœuds principaux devraient être également enregistrées ou à défaut notées régulièrement ;
- Le réseau doit être entretenu, l'EPDEMIAM doit se doter de matériel pour la détection de fuites afin de pouvoir détecter les conduites en mauvais état et réduire les déperditions ;
- Installer des compteurs volumétriques au niveau des branchements d'abonnées pour mieux cerner et facturer les volumes consommés ;
- Prise régulière d'échantillons représentatifs de la qualité des eaux aux fins d'analyse.

Partie 3

**ELABORATION DU SIG
DU SYSTEME D'AEP
DE LA VILLE DE SIDI BEL ABBES**

3 ELABORATION DU SIG

Avant d'entreprendre la mise en place d'un SIG, il est primordial d'évaluer au mieux les besoins des futurs utilisateurs du système et c'est à partir de cette analyse que dépendra la structuration de la base de données.

Dans notre cas, il s'agit d'élaborer un système d'informations pour améliorer la gestion du réseau d'alimentation en eau potable de la ville de Sidi Bel Abbès.

3.1 PRESENTATION DU LOGICIEL UTILISE

Le logiciel SIG utilisé est Map Info 6.5, qui est un des logiciels SIG les plus répandus.

Le logiciel Map Info organise les données sous forme de table comme suit (Mihoubi,2003) :

- Une table carte pour les données graphiques ;
- Une table base de donnée pour les données alphanumérique.

Ces entités spatiales et descriptives sont stockées dans Map Info sous forme de fichiers :

- *.tab : ce fichier décrit la nature de la table.
- *.dat : ce fichier contient les données descriptives.
- *.map : ce fichier décrit les données graphiques
- *.id : ce fichier assure le lien entre la donnée graphique et la donnée descriptive

3.2 ANALYSE DES BESOINS

Un gestionnaire de réseau doit avoir accès à l'information rapidement, et pouvoir facilement effectuer des changements et des mises à jour, l'intérêt même du SIG.

Le SIG doit englober la totalité du système AEP de la ville, soit :

- Les ressources mobilisées.
- Les adductions.
- Les ouvrages de stockage.
- Le réseau de distribution.

Le SIG sera organisé comme suit :

- Adduction : qui décrira les caractéristiques des points d'eau et les caractéristiques des conduites d'adduction.
- Réseau : qui décrira les caractéristiques des réservoirs, des conduites de distribution et des organes sur tronçon.

3.3 COLLECTE DES DONNEES

C'est l'étape la plus longue et la plus difficile pour mener à bien un projet SIG, et aussi la plus importante car les données sont au SIG ce qu'est le carburant à une voiture.

Les données sont collectées auprès des services de la DHW et de l'exploitant. Elles sont complétées par des informations obtenues par entretien avec des agents d'exploitation et des retraités de l'EPDEMIAS.

Certaines difficultés ont été rencontrées lors de la collecte de données :

- données non disponibles sous forme directement exploitable : à titre d'exemple ;
 - . les fonds de plans n'existent pas sous forme numérisée pour la ZHUN Nord.
 - . les données relatives aux nœuds ne sont disponibles que par exploitation des différents plans de réseau
- données incomplètes ou inexistantes (réseau secondaire) : c'est le cas pour les données essentielles (diamètre, nature) aux conduites secondaires et pour certaines données relatives à toutes les conduites (date de pose, protection, ...)

Néanmoins, les données essentielles pour la construction du SIG et la modélisation du réseau ont pu être collectées.

3.4 DOCUMENTS DE BASE

Plusieurs documents (plans et rapports d'études) ont été utilisés et confrontés pour aboutir au SIG :

- Fonds de plan :
 - . fonds de plans numérisés de la ville sous Autocad,

- . Plan papier de la ZHUN Nord à l'échelle 1/2500^{ème},
- Systeme de production :
 - . Aménagements et systèmes d'adduction, vue en plan à l'échelle 1/50000^{ème}
 - . Tracé des adductions à l'échelle 1/25000^{ème}
 - . Adduction Sidi Abdelli à l'échelle 1/50000^{ème}
- Plan du réseau d'AEP de la ville à l'échelle 1/5000^{ème}.

La différence d'échelle ne pose pas de problème, puisque le SIG comme Autocad ignore les échelles : toutes les cartes sont introduites à l'échelle 1, et chaque carte est calée dans le même référentiel. La projection utilisée dans notre SIG est la projection UTM Zone 30 (Algérie).

3.5 ORGANISATION DU SIG

Pour le réseau de distribution, les données graphiques ont été organisées en cinq couches :

- Réseau AEP ;
- Nœuds du réseau ;
- Organes sur tronçons ;
- Réservoirs ;
- Le bâti.

En ce qui concerne les adduction, les données ont été organisées en :

- Conduites d'adduction ;
- Bâche d'eau ;
- Réservoirs de branchement ;
- Station (pompage et traitement) ;
- Sources ;
- Forages.

3.6 STRUCTURATION DES COUCHES

3.6.1 Le réseau

3.6.1.1 Les conduites

La digitalisation du réseau s'est faite à partir de l'image raster du plan du réseau à l'échelle 1/5000^{ème}, alors que la saisie des données alphanumérique s'est faite à partir d'un listing décrivant les caractéristiques des conduites.

Les champs de la table « conduites » sont :

- La fonction de la conduite ;
- Le numéro de la conduite ;
- Les numéros des nœuds d'extrémité de la conduite ;
- La longueur de la conduite ;
- Le diamètre usuel de la conduite ;
- Diamètre extérieur de la conduite ;
- Diamètre intérieur de la conduite ;
- Année de mise en service de la conduite ;
- Matériau de la conduite ;
- Entreprise qui a posé la conduite ;
- Nature du sol ;
- Le trafic ;
- La présence de nappe ;
- Observations .

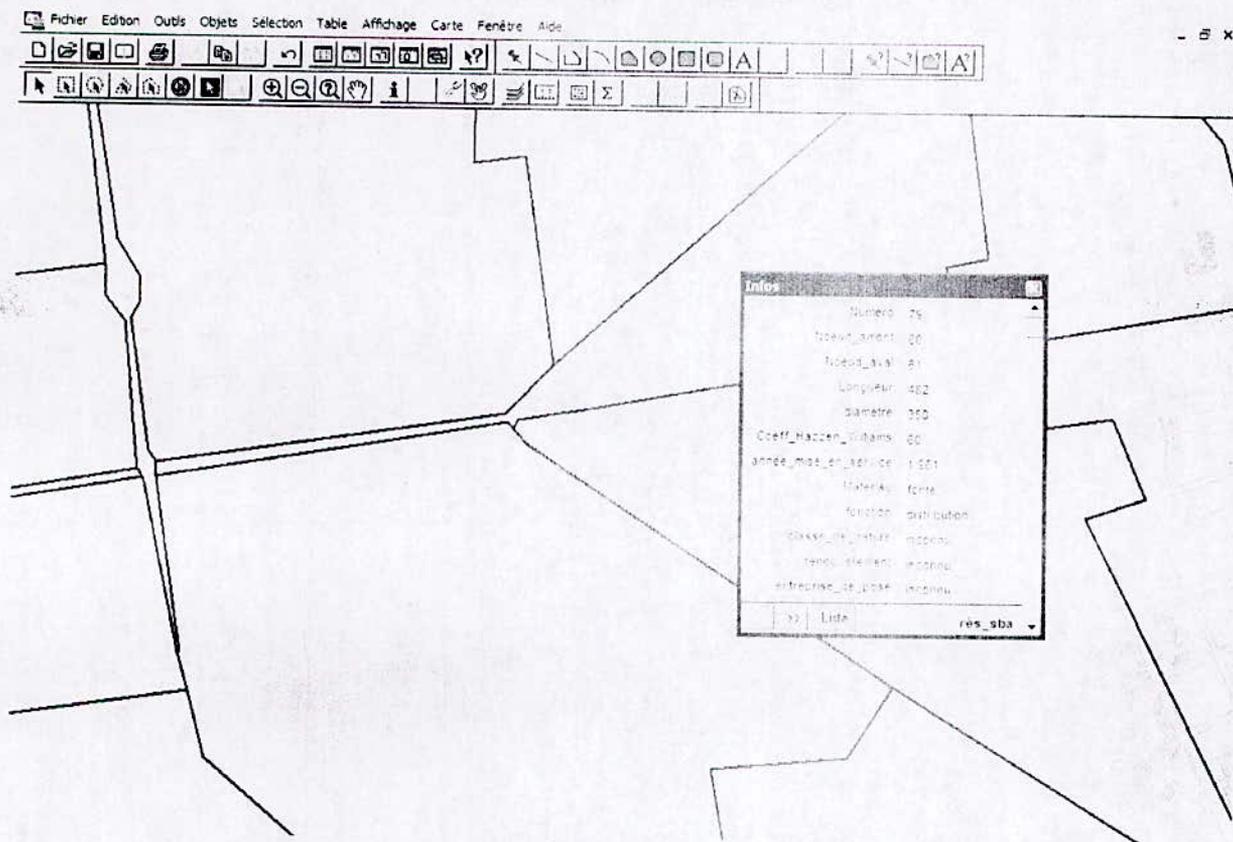


figure 3.1 : Représentation d'une partie du réseau

3.6.1.2 Les nœuds

Les nœuds représentés sont les points où se rejoignent trois conduites ou plus où bien deux conduites et une sortie. La saisie des nœuds constitue l'opération de base de la construction du SIG. De cette saisie découle en effet la configuration physique du réseau.

Les données composant la table des nœuds sont :

- L'Altitude du nœud ;
- Les coordonnées planimétriques du nœud.

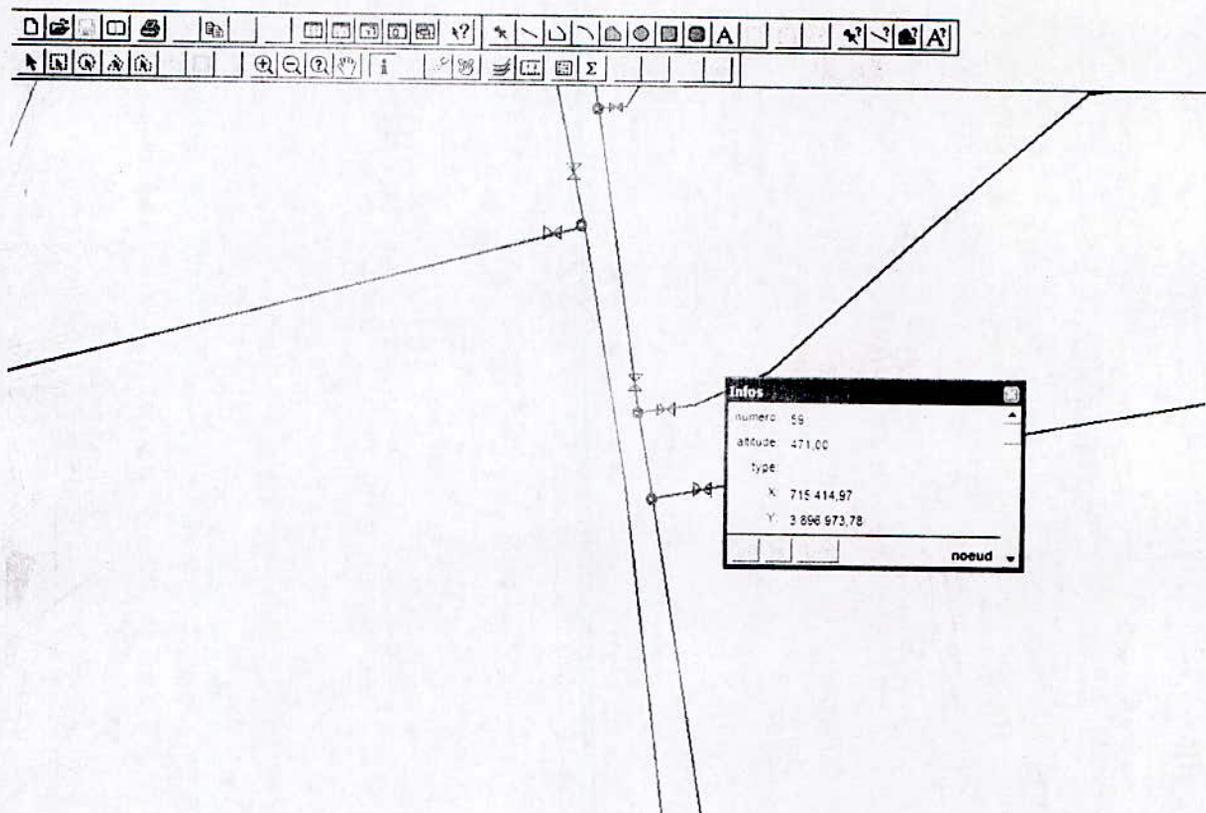


figure 3.2 : partie du réseau avec nœud.

3.6.1.3 Les organes sur tronçon

Cette table est sensée décrire tout les organes sur tronçon (réducteur de pression, régulateur de pression, ventouse, plaque d'extrémité, décharge, bouche d'incendie...), malheureusement ces derniers ne sont portés sur aucune des cartes collectées : seules les vannes sont mentionnées.

La table est structurée comme suit :

- Famille ;
- Diamètre ;
- Date de pose ;
- Statut ;
- Numéro ;
- Fabricant ;
- Entreprise de pose ;
- Les coordonnées.

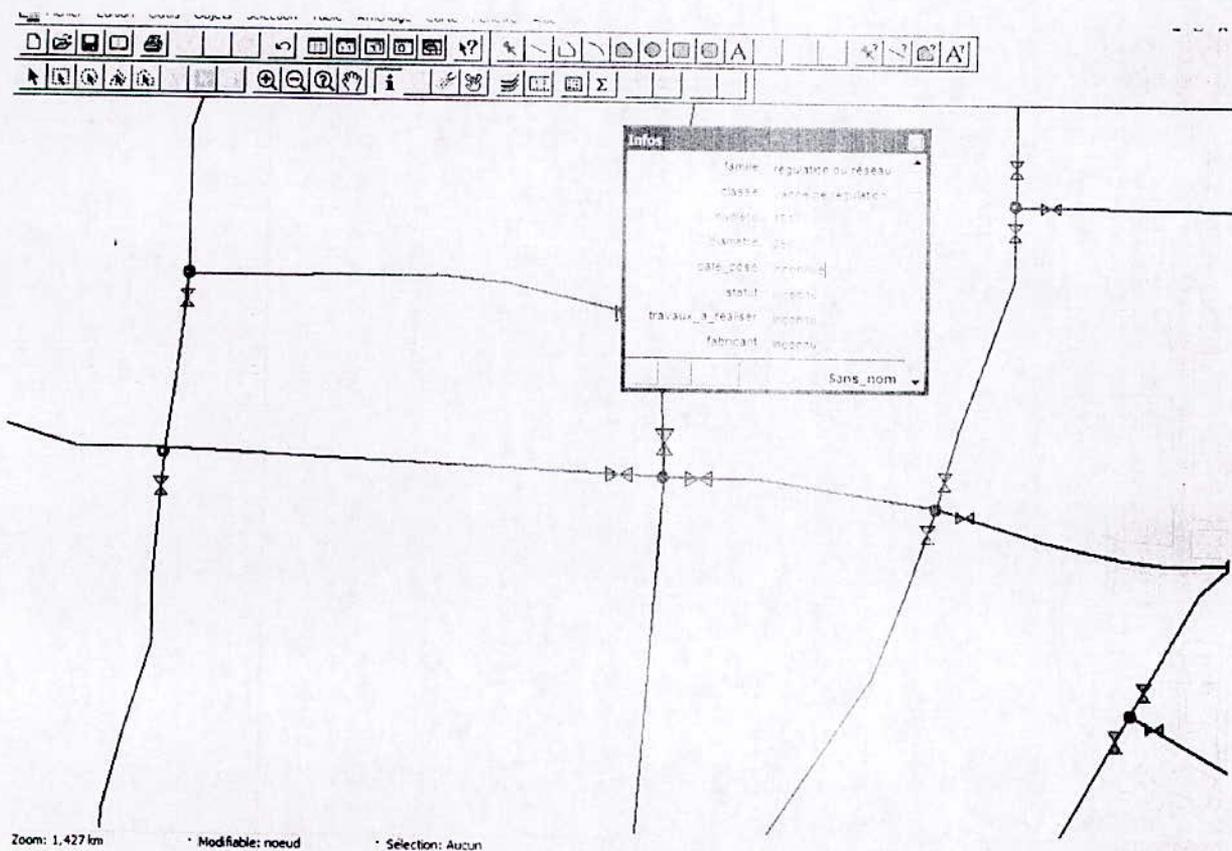


figure 3.3 : Partie du réseau avec vannes.

3.6.1.4 Les réservoirs

Les caractéristiques des réservoirs ont été communiquées par l'EPDEMIA puis saisies manuellement et la digitalisation s'est faite à partir du plan de la carte du réseau à l'échelle 1/5000^{ème}.

La table réservoirs est organisée comme suit :

- Volume de stockage.
- Côte du terrain naturel.
- Côte du radier.
- Côte du trop-plein.
- Les coordonnées des réservoirs.

3.6.2 Les adductions

L'intérêt de cette partie est de nous renseigner sur les débits qui transitent dans les conduites pour l'alimentation de la ville et les débits exploités au niveau des points d'eau, mais aussi les caractéristiques des conduites d'adductions et les ouvrages annexes.

La partie adduction est organisée en plusieurs couches :

3.6.2.1 Conduites

Dans cette table sont décrits les caractéristiques suivantes :

- Diamètre,
- Nature de la conduite,
- Type de l'adduction,
- Débit qui y transite.

3.6.2.2 Réservoirs de branchement

Cette table représente les réservoirs qui desservent les centres secondaires de la wilaya de Sidi Bel Abbès, et les données qu'elle décrit sont :

- Désignation de l'agglomération desservie.
- Le volume du réservoir,
- La côte du terrain naturel,
- Le débit d'entrée au réservoir,
- La côte du radier.

3.6.2.3 Forages

Cette table décrit les caractéristiques des forages, soit :

- Les niveaux statique et dynamique.
- Le débit exploité.
- L'année de réalisation de l'ouvrage.

3.6.2.4 Sources

En ce qui concerne les sources, les données introduites sont :

- Désignation de la source.
- La côte du terrain naturel.
- Le débit exploité.

3.6.2.5 La couche complément

Cette couche ne contient que certaines données graphiques telles que l'emplacement des agglomérations .

Ainsi, le SIG décrira tout le système AEP de la ville, les points d'eau servant pour l'alimentation de la ville, les conduites d'adduction pour acheminer l'eau jusqu'aux réservoirs, et le réseau pour la distribution de l'eau aux abonnés.

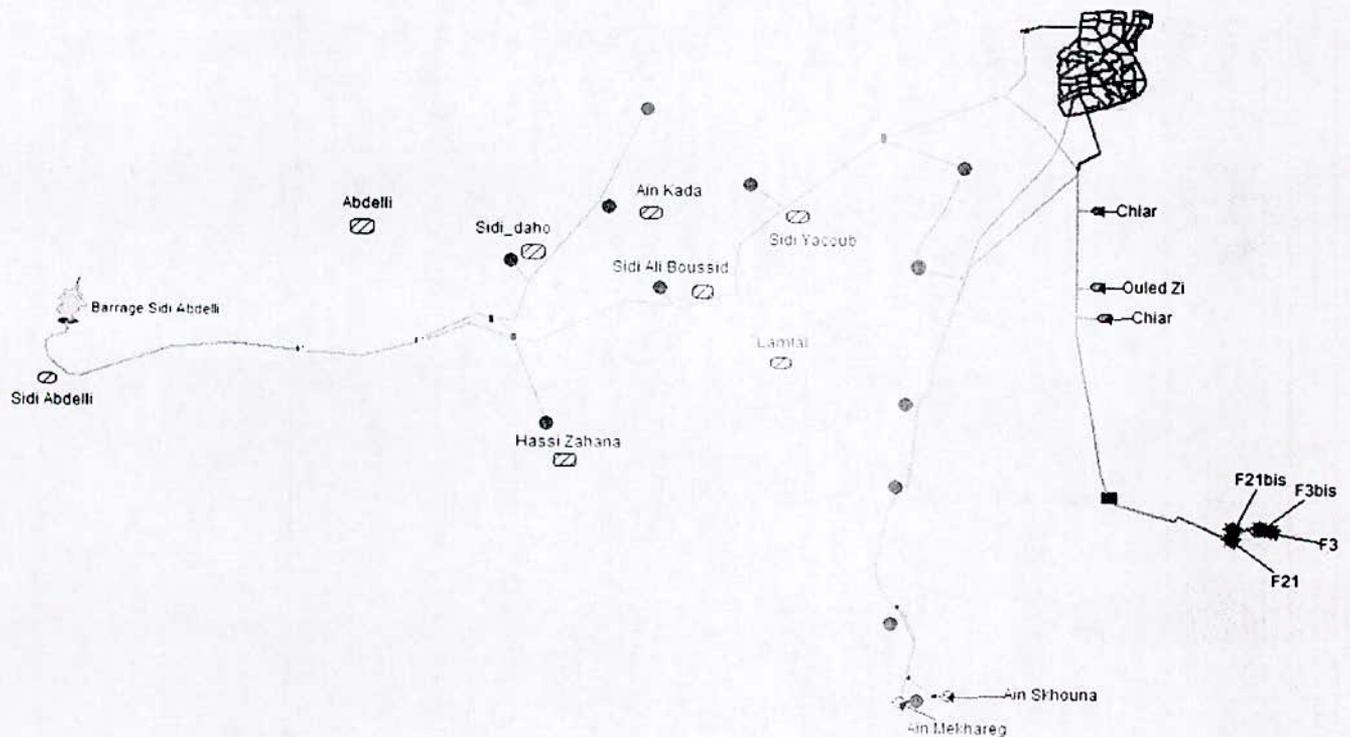


figure 3.4 :les adduction de Sidi Bel Abbès

3.7 EXPLOITATION DU SIG

L'intérêt premier du SIG n'est pas de constituer une base de données, mais d'exploiter cette dernière en effectuant des statistiques et des analyses permettant d'obtenir des informations pertinentes.

Il existe différentes manières d'exploiter le SIG :

3.7.1 La sélection

La sélection est un des outils intéressant dans l'exploitation du S.IG et, car il engendre un gain de temps considérable et permet d'avoir l'accès direct à l'information et aussi une visualisation graphique.

3.7.1.1 Exemple

Le gestionnaire du réseau peut grâce à une sélection visualiser les conduites en fonte dont la pose est antérieure à 1971.

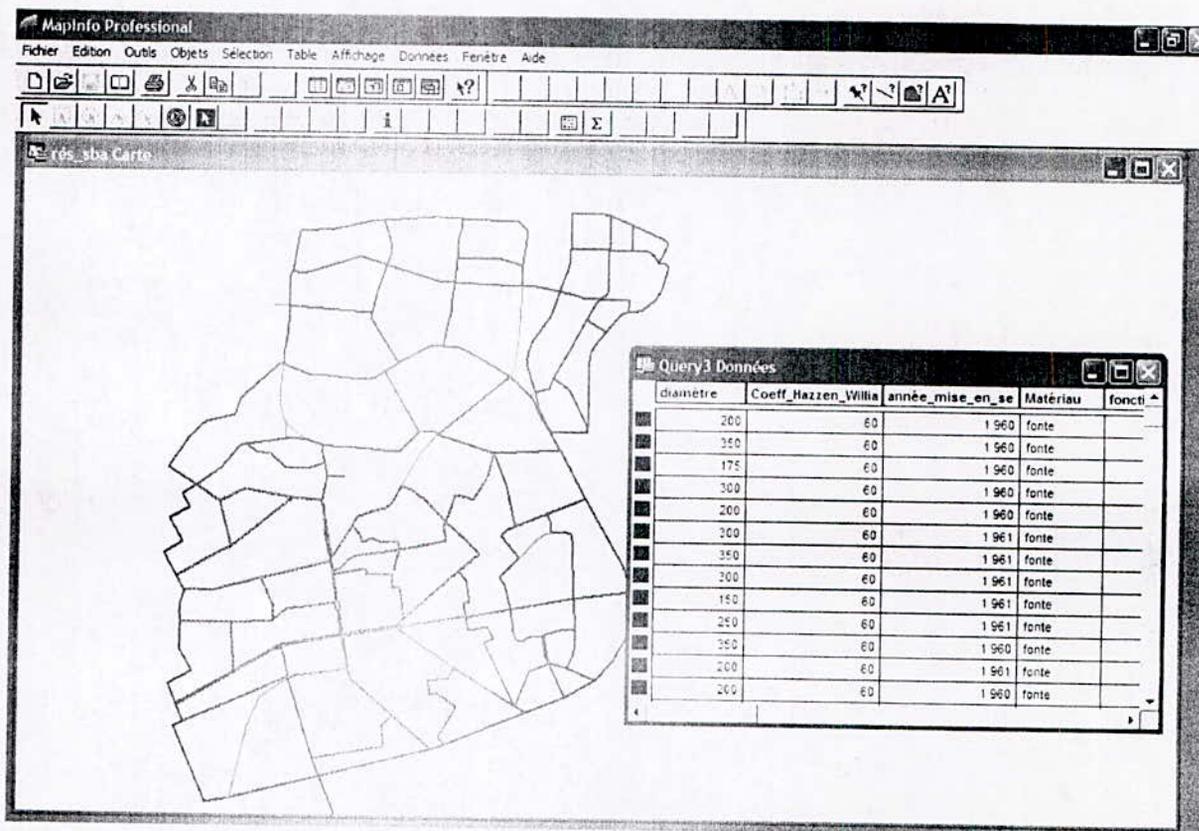


Figure 3.5 : Sélection de conduites

3.7.2 L'Analyse thématique

Cette fonction de Map Info permet de représenter la carte différemment, On peut, par exemple, représenter les conduites par couleurs selon leurs diamètres.

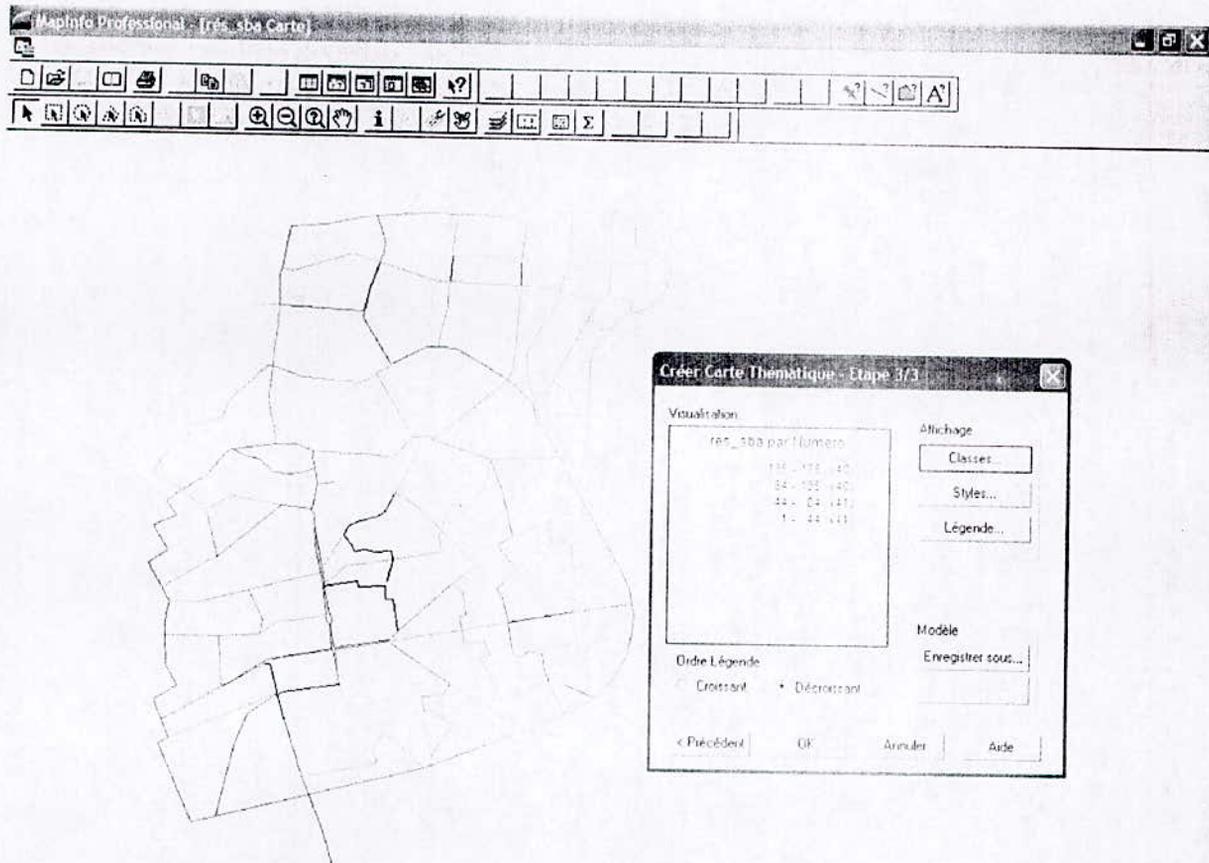


Figure 3.6 : réseau par diamètre

3.7.3 Edition de plans

L'intérêt du SIG est l'interactivité de la carte et la facilité de mise à jour sans altérer la qualité de la carte, mais une fois le SIG terminé ; il est possible d'effectuer des sorties de cartes sur papiers, celles-ci peuvent être utiles pour se repérer lors des sorties sur terrain.

3.8 LIMITES DU TRAVAIL

Tout projet SIG nécessite un travail de terrain pour vérifier les données collectées et compléter la base de données.

Particulièrement pour un réseau d'AEP où le manque de données est marquant.

Ce travail consiste à faire des vérifications ayant pour objectif de s'assurer que les plans sont conformes aux réseaux et qu'ils sont complets. Pour cela, on procède aux travaux suivants :

- contrôle in situ de toutes les données accessibles sur le terrain par visite et simple constatation superficielle,
- mise à jour, corrections et compléments visant à élaborer les plans les plus fiables
- sondages ciblés pour préciser des points importants : diamètres, état de conduites, état d'organes essentiels,...

3.8.1 Ouvrages de production

- Confrontation des plans à la réalité du terrain ;
- Levés topographiques pour préciser emplacements et altitudes des ouvrages.

3.8.2 Conduites d'adduction

Le travail de terrain concernant les conduites d'adduction consiste à

- Vérifier le tracé des conduites ;
- Vérifier l'emplacement et l'état des équipements tels que les vannes, ventouses...

3.8.3 Le réseau de distribution

Le travail de terrain à faire pour le réseau de distribution est le plus difficile et celui qui demandera le plus de temps, car ce dernier est dense et les données manquantes y sont considérables.

Le travail de vérification consiste à repérer de la façon la plus précise les différents éléments du réseau et à s'assurer de l'état de fonctionnement des différents équipements (vannes, ventouses,):

- tracé des canalisations et position des équipements, repérage des organes enterrés à l'aide d'appareils spécifiques ; fouilles pour préciser des points essentiels,
- fonctionnement des différents ouvrages du réseau (manoeuvrabilité des vannes, bouches à clé, bouches d'incendie, vidanges, ventouses...)

Ce travail nécessite un travail de toute une équipe et plusieurs mois de terrain.

CONCLUSION RELATIVE AU SIG

L'élaboration, dans les délais de notre travail, d'un Système d'information Géographique pour le système d'AEP de la ville de Sidi Bel Abbès s'est révélé être une tâche relativement lourde et ardue et ce, en raison notamment des difficultés d'accès à des données fiables et complètes.

Malgré les difficultés rencontrées lors de la collecte des données, nous avons pu construire un SIG qui résume fidèlement la situation d'AEP de la ville telle qu'elle ressort des données disponibles.

Grâce à ce SIG, les plans et données existants, qui étaient des documents sur papier difficiles d'accès et d'exploitation, deviennent interactifs et capables de restituer et traiter les données et informations à tout moment.

Le SIG que nous avons construit nous servira de source de données pour une modélisation du réseau destinée à l'analyse du fonctionnement du réseau.

Partie 4

**MODELISATION
DU RESEAU D'AEP
DE LA VILLE DE SIDI BEL ABBES**

4 MODELISATION

La présente partie consiste à faire une évaluation du fonctionnement du réseau d'AEP de la ville de Sidi Bel Abbès, et ce, à l'aide d'une modélisation sur ordinateur.

4.1 BUT DE LA MODELISATION

Analyse du fonctionnement du réseau de distribution grâce à une simulation sur ordinateur qui nous permettra de détecter les points noirs de la distribution (pression insuffisante au niveau des noeuds).

Après cette analyse, des solutions seront suggérées pour l'amélioration de la distribution actuelle.

4.2 DESCRIPTION DE LA MODELISATION

La modélisation sera faite à l'aide du logiciel EPANET 2.0 qui est un logiciel de simulation du comportement de l'écoulement de l'eau dans un réseau d'AEP du point de vue hydraulique, mais aussi qualitatif.

Ce logiciel, élaboré par l'organisme national américain de l'environnement, est d'un usage courant aux Etats-Unis. Il a été introduit en Europe par un grand groupe mondial de distribution d'eau et progressivement d'autres utilisateurs l'adoptent.

Le logiciel considère le réseau de distribution comme un ensemble de noeuds reliés entre eux par des arcs.

Les noeuds peuvent être des noeuds de demande ou des réservoirs et les arcs représentent des conduites, vannes de contrôle ou bien des pompes.

4.2.1 Noeuds de demande

Ce sont les points de jonction entre les arcs les données d'entrées obligatoires pour effectuer la simulation sont :

- L'altitude du noeud ;
- Le débit d'entrée ou de sortie ;
- Le numéro du noeud .

Les résultats calculés après la simulation sont :

- La hauteur piézométrique au nœud,
- La pression au nœud.

4.2.2 Les réservoirs

Ce sont des nœuds avec une capacité de stockage et avec une hauteur d'eau initiale, les données de base pour pouvoir effectuer une simulation sont :

- La côte altimétrique du radier,
- Le niveau initial, minimal et maximal du réservoir,
- Le diamètre du réservoir.

Les résultats donnés après la simulation sont :

- La charge (altitude du niveau d'eau),
- La pression (niveau de l'eau dans le réservoir).

4.2.3 Les conduites

Les conduites sont des arcs qui transportent de l'eau du nœud qui a la pression la plus élevée au deuxième nœud.

Les données nécessaires pour effectuer la simulation sont :

- Longueurs,
- Diamètres,
- Rugosités,
- L'état de la conduite (fermée, ouverte ou clapet anti-retour).

Les valeurs calculées après la simulation sont :

- Le débit,
- La vitesse,
- La perte de charge.

Pour le calcul des pertes de charge, EPANET propose trois formules :

- Hazen-Williams,
- Darcy-Weisbach,
- Chezy-Manning.

4.3 METHODOLOGIE DE LA SIMULATION

Le logiciel EPANET simule l'écoulement de l'eau dans le réseau et ce, même après que les réservoirs se soient vidés.

Selon les informations qui nous ont été communiquées par l'EPDEMI, le volume distribué par jour est de 30000m^3 et la distribution se fait de 16h00 à 0h00. Le volume total des réservoirs de stockage est de 25000m^3 , pour se rapprocher le plus de la réalité on fixera la durée de la simulation à 7 heures.

4.4 LIMITES DE LA MODELISATION

Nous avons affaire à un réseau vétuste et très complexe, la modélisation n'est pas aussi évidente que pour un réseau à projeter.

En effet pour un réseau neuf, les rugosités à utiliser pour les conduites sont connues, elles sont indiqués par les fournisseurs.

Pour les réseaux usagés les rugosités peuvent être tout à fait différentes d'un point à l'autre et/ou d'une zone à l'autre et ce, en raison des altérations que connaissent dans le temps les qualités de surface des revêtements intérieurs des conduites.

Le choix des rugosités à introduire dans le modèle résulte normalement d'une campagne de mesure de débits et de pression qui vise à cerner au mieux les rugosités des différents tronçons.

Nous n'avons pas envisagé une telle campagne, qui nécessite des matériels onéreux et non disponibles, nous avons cependant pris une rugosité moyenne égale à 2mm car le réseau de la ville est ancien. Aussi nous nous sommes limités aux seuls paramètres maîtrisés que sont les longueurs et les diamètres des conduites, les côtes des ouvrages de stockage et les côtes des nœuds.

Les diamètres nominaux du réseau sont bien connus, mais les diamètres réels intervenant en réalité sont différents à cause de l'entartrage de la conduite.

Durant les premières heures de remplissage du réseau l'écoulement est diphasique (eau-air) alors que le logiciel considère le réseau comme étant plein.

Lors de la modélisation on a supposé que les tronçons de mailles n'assurent que le transport à débit constant entre deux nœuds successifs et que la distribution de l'eau dans les quartiers est concentrée aux nœuds.

Les adductions ne sont pas prises en compte dans notre modèle, donc les variations des niveaux dans les réservoirs ne sont pas conformes à la réalité.

Autre limite importante, la modélisation devrait être complétée sur le terrain par une campagne de mesures de mesures de débits et de pressions. C'est la condition sine qua non qui permet le calage du modèle.

4.5 SIMULATION 1 (FONCTIONNEMENT ACTUEL)

Nous avons procédé à une première simulation (simulation initiale) qui nous a permis d'analyser le comportement du réseau dans ses conditions actuelles de fonctionnement.

Résultats de la simulation 1

Situation de 0h00 à 6h00

On constate que sur l'ensemble du réseau, hormis la ZHUN Nord Est, le niveau des pressions est satisfaisant. Seul les nœuds en rouge dans la figure 4.1 sont à une pression inférieure à 10m.

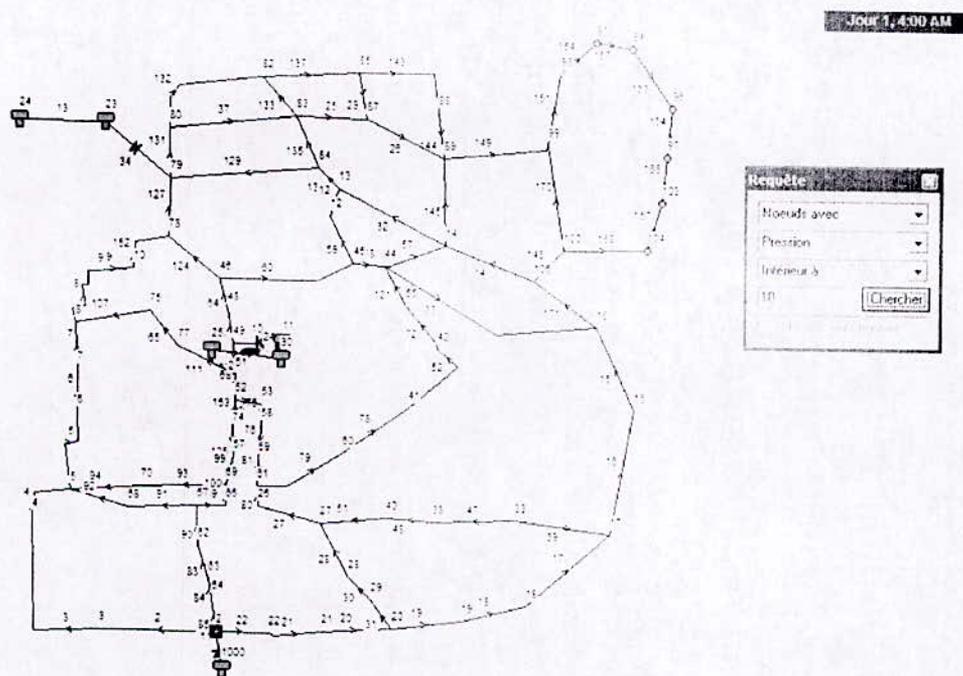


Figure 4.1 : simulation 1 - Pressions dans le réseau à 4h00

Situation de 6h00 à 7h00

On constate sur la figure 4.2 que la pression devient inférieure à 10m sur tous les nœuds du réseau.

Ces résultats montrent clairement que le programme de distribution actuel ne donne des résultats satisfaisants que pendant les premières heures.

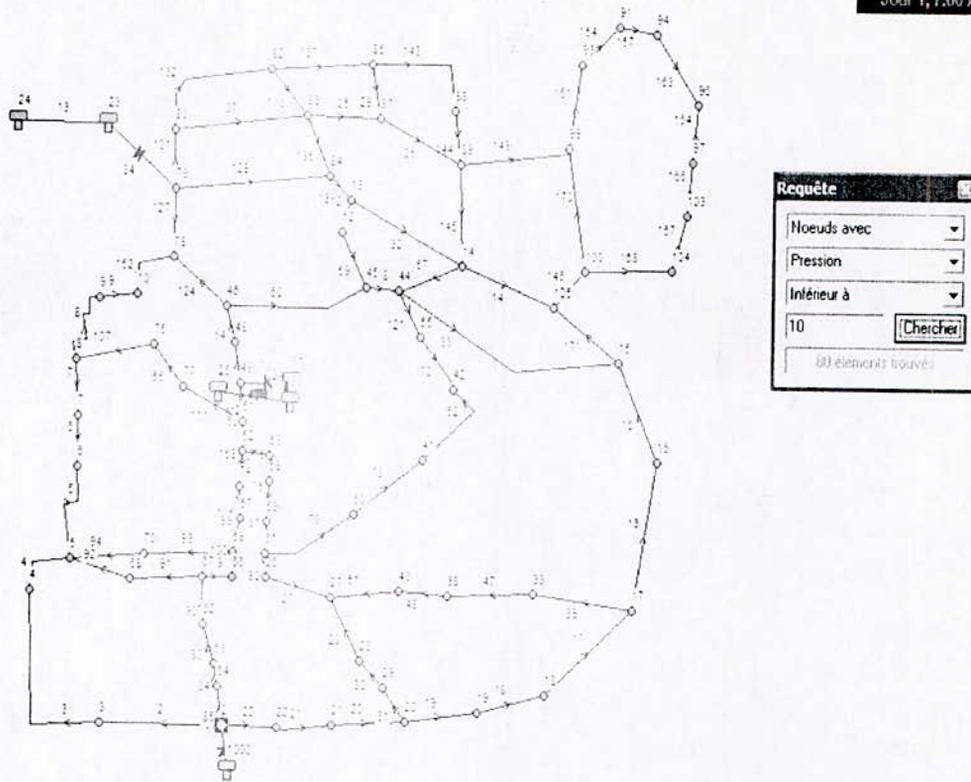


Figure 4.2 : simulation 1 - Pressions dans le réseau à 4h00

Les graphes suivants montrent l'évolution des niveaux dans les réservoirs :

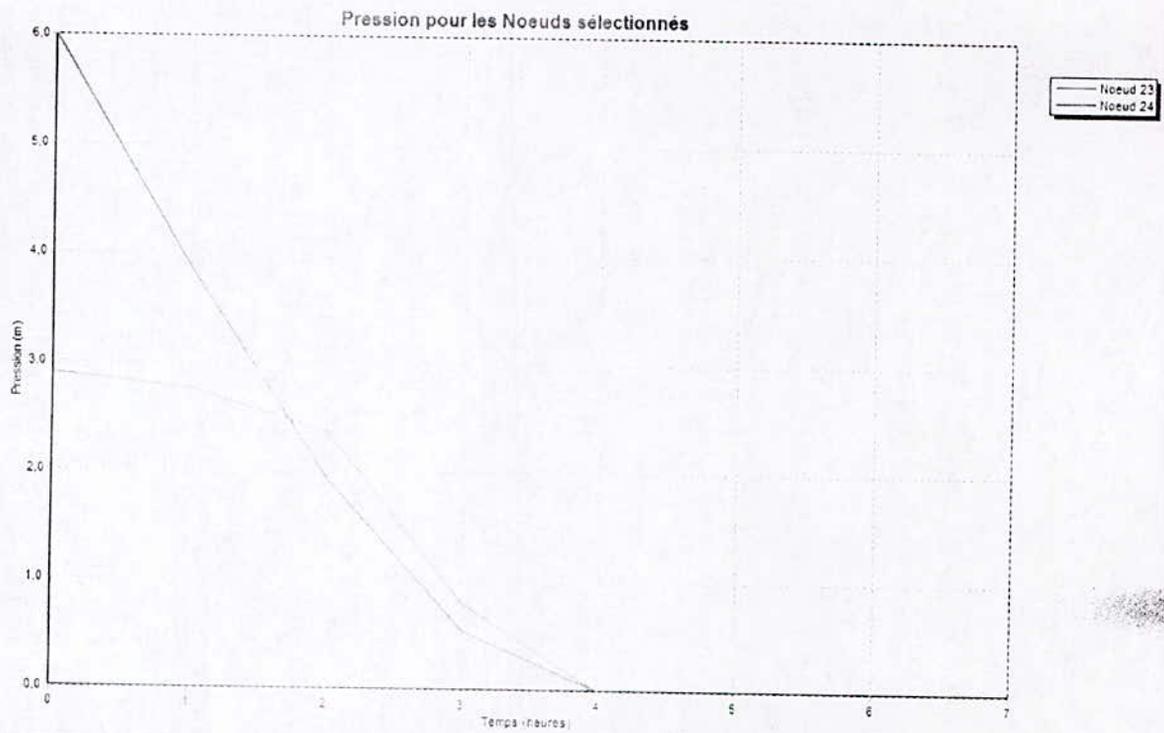


Figure 4.3 : simulation 1 - niveau d'eau réservoirs $2 \times 1000m^3$ (noeud 24) et château d'eau Sidi EL Djillali (noeud23)

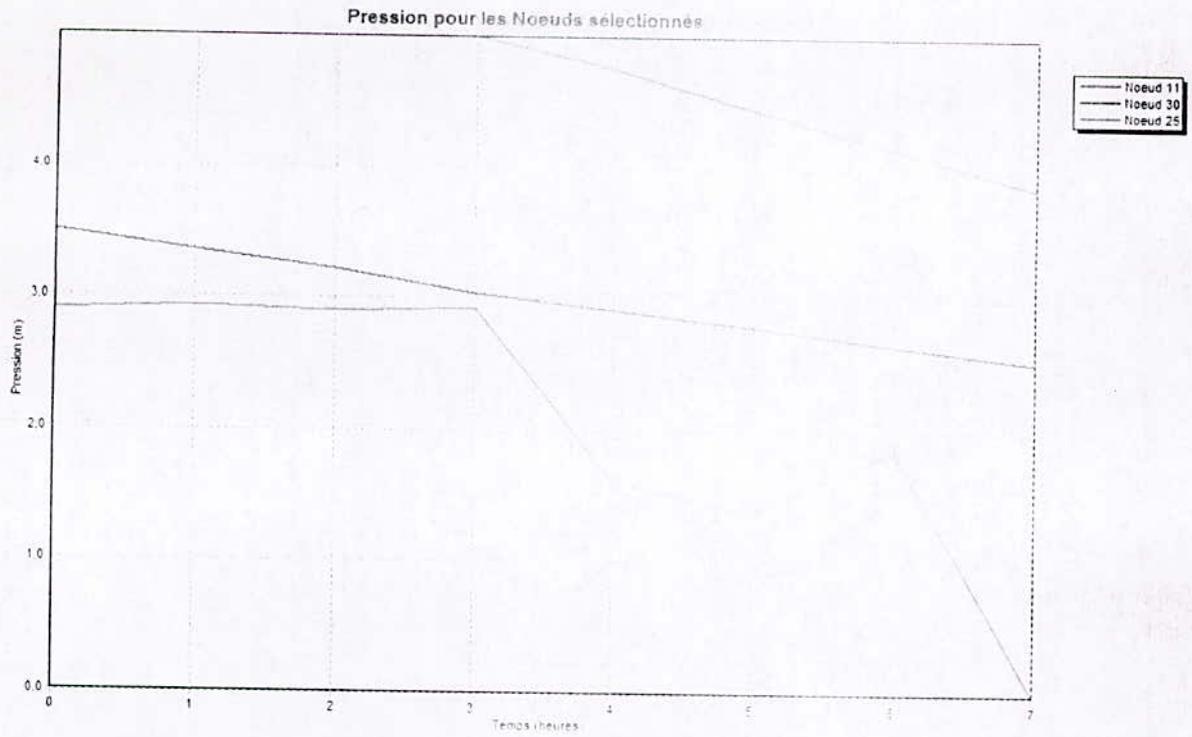


Figure 4.4 : simulation 1 - Evolution du niveau d'eau dans les réservoirs 5000m³(noeud 25), le réservoir 3x3000m³(noeud 30) et le château d'eau Gambetta (noeud11)

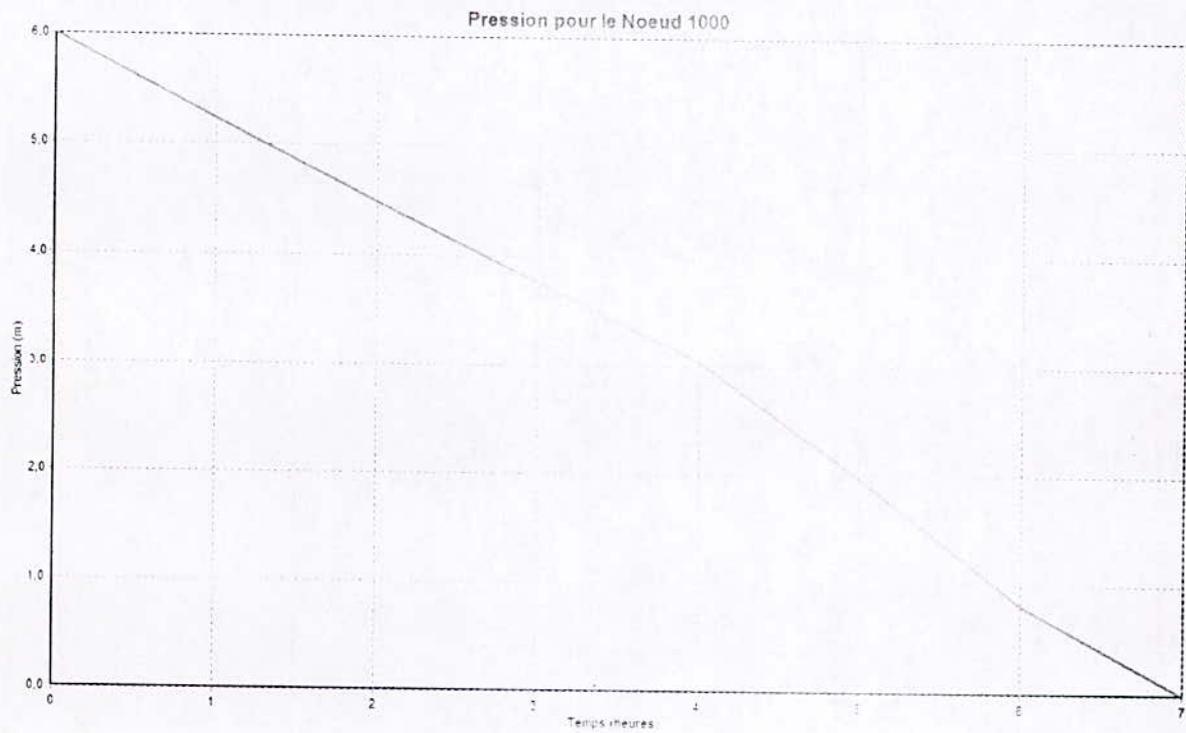


Figure 4.5: simulation 1 - Evolution du niveau d'eau dans le réservoir 2 x 4000m³(noeud 1000)

Le château d'eau Sidi El Djillali se vide vers 3h00 et le réseau se trouve alimenté uniquement par le château d'eau Gambetta et le réservoir 2x4000m³ jusqu'à la fin de la simulation. Cette situation fera baisser les pressions dans le réseau.

Au vu des résultats, il nous a paru intéressant de procéder à une sectorisation préliminaire du réseau visant à réduire les zones d'influence de chaque réservoir.

4.6 SIMULATION 2 (APRES SECTORISATION)

La sectorisation proposée consiste à découper le réseau en trois secteurs :

- Secteur S1, alimenté par le château d'eau Sidi El Djillali ,
- Secteur S2, alimenté par le château d'eau Gambetta ,
- Secteur S3, alimenté par le réservoir 2x4000m³.

Cette sectorisation s'est faite en changeant l'état de quelques conduites de l'état « ouverte » à « fermée ».

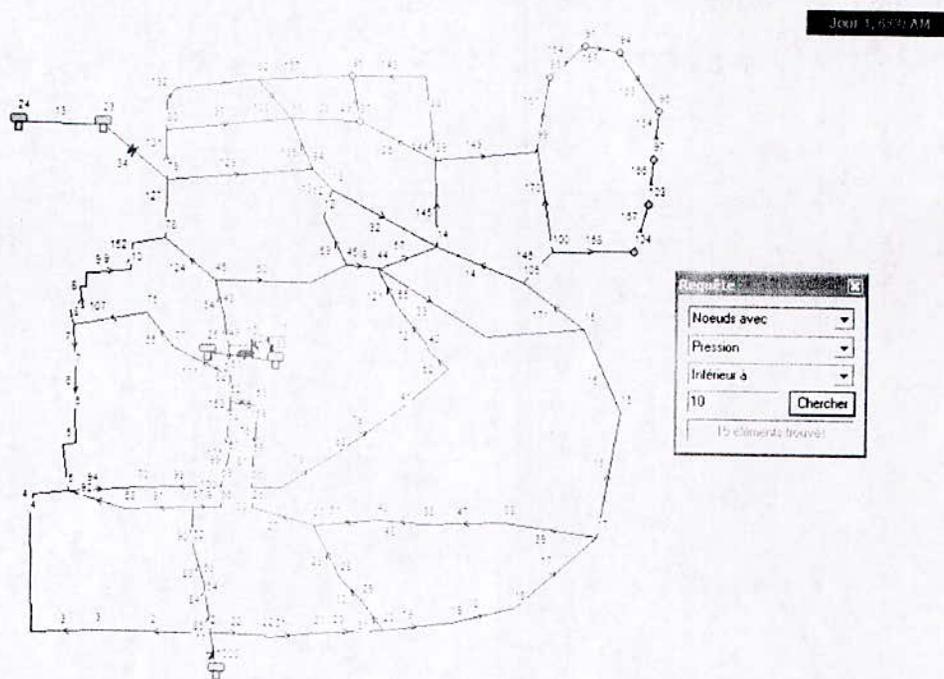


Figure 4.6 :simulation 2 - pression dans le réseau à 6h00

La figure 4.6 donne les pressions aux nœuds après sectorisation, on constate que la situation s'est nettement améliorée mais le problème de la ZHUN Nord Est persiste encore.

Les graphes suivants donnent l'évolution nouvelle du niveau d'eau dans les réservoirs :

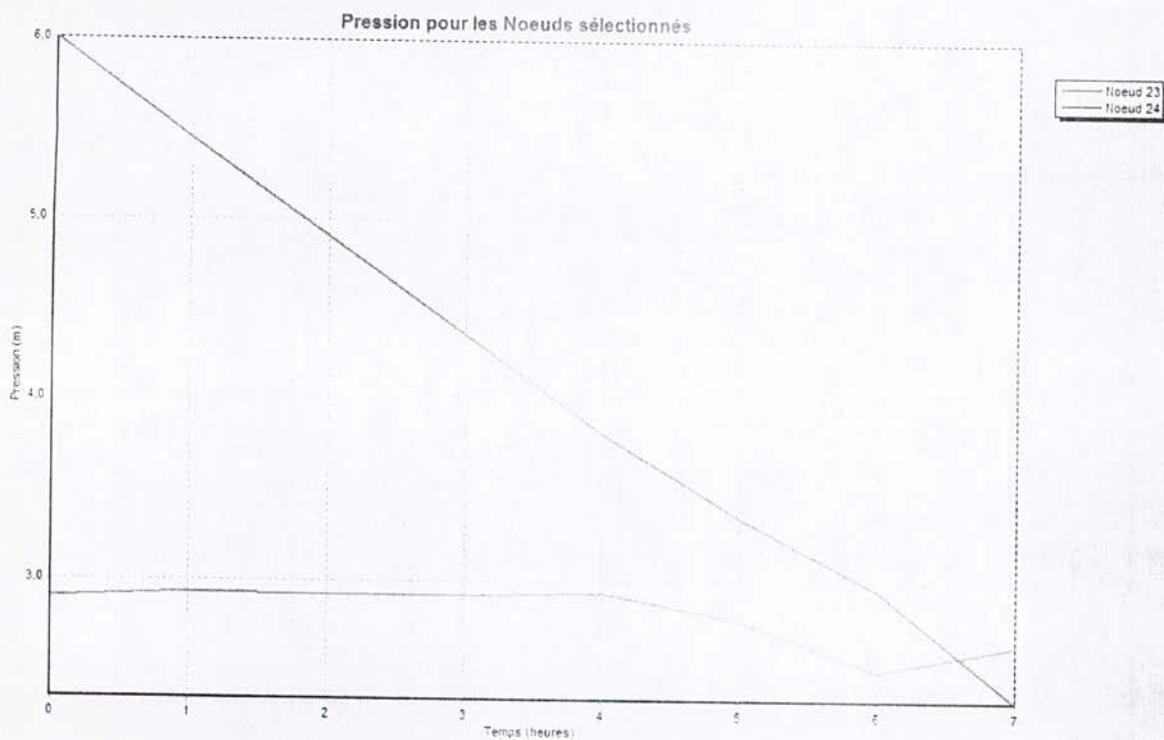


Figure 4.8: simulation 2 - niveau d'eau réservoirs $2 \times 1000 \text{ m}^3$ (noeud 24) et château d'eau Sidi EL Djillali (noeud 23)

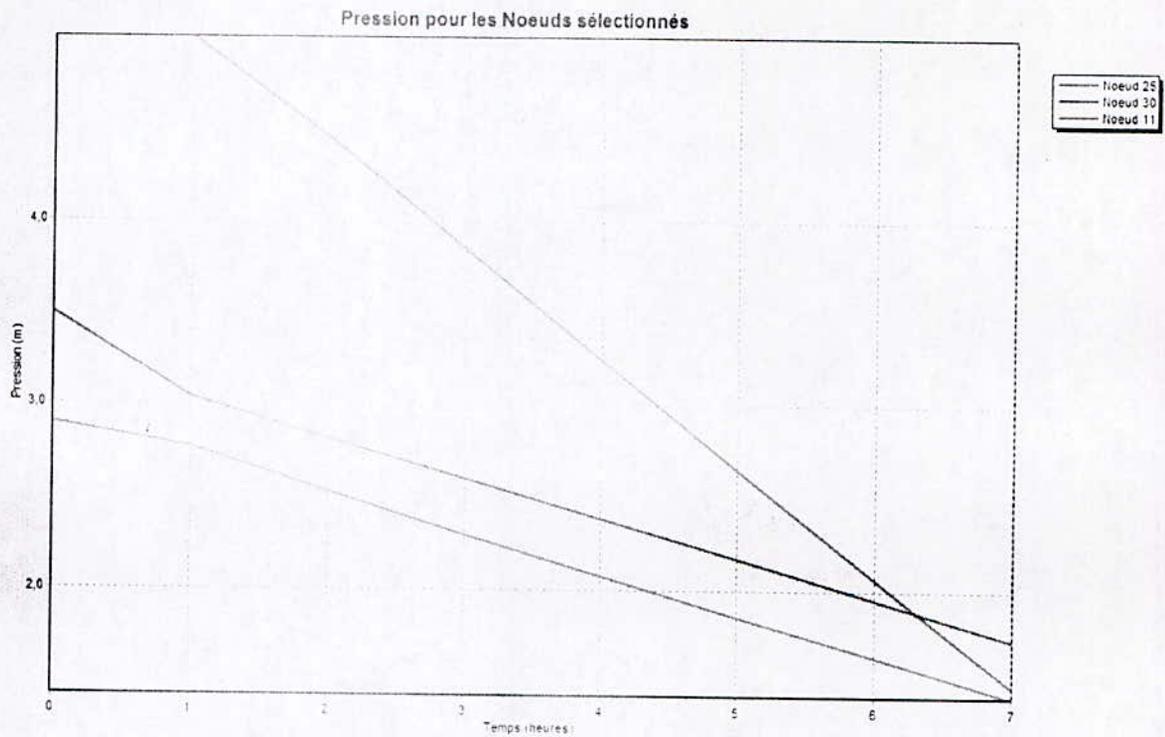


Figure 4.7 : simulation 2 - Evolution du niveau d'eau dans les réservoirs 5000m^3 (noeud 25), le réservoir $3 \times 3000\text{m}^3$ (noeud 30) et le château d'eau Gambetta (noeud 11)

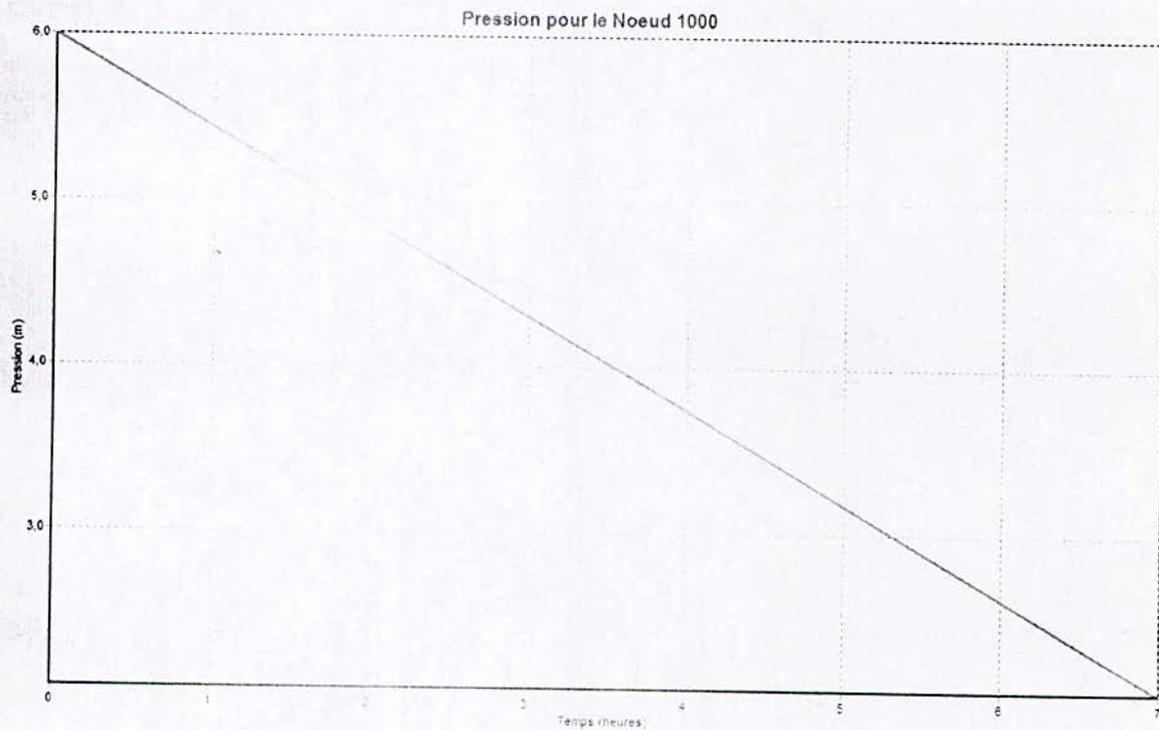


Figure 4.8 : simulation 2 - Niveau d'eau dans le réservoirs $2 \times 4000\text{m}^3$

Dans la ZHUN Nord Est, où les pressions restent insuffisantes, les diamètres varient de 80 à 125mm. il s'agit manifestement là de diamètres qui paraissent relativement faibles au regard de l'importance de la zone. Il nous parut opportun de réaliser une nouvelle simulation après avoir procédé à une modification sensible de ces diamètres.

Les diamètres des conduites de la ZHUN Nord Est vont de 80 à 125mm. Il s'agit manifestement là de diamètres qui paraissent relativement faibles au regard de l'importance de la zone. Il nous parut opportun de réaliser une nouvelle simulation après avoir procédé à une modification sensible de ces diamètres.

4.7 SIMULATION 3 (APRES MODIFICATION DE DIAMETRES)

Nous proposons de faire une troisième simulation dans le but unique de confirmer ce que nous venons d'avancer.

Nous avons ainsi effectué une nouvelle simulation qui consiste simplement à modifier les diamètres de certains tronçons :

Tableau 4.1 : changement de diamètres

Numéro tronçon	Diamètre actuel(mm)	Diamètre simulation 3 (mm)
151	125	200
154	125	200
157	80	150
163	100	200
164	100	200
166	80	150
167	125	200
168	125	200

On remarque qu'après cette dernière simulation, la situation s'est nettement améliorée, la carte suivante donne la répartition des pressions à 3h00 :

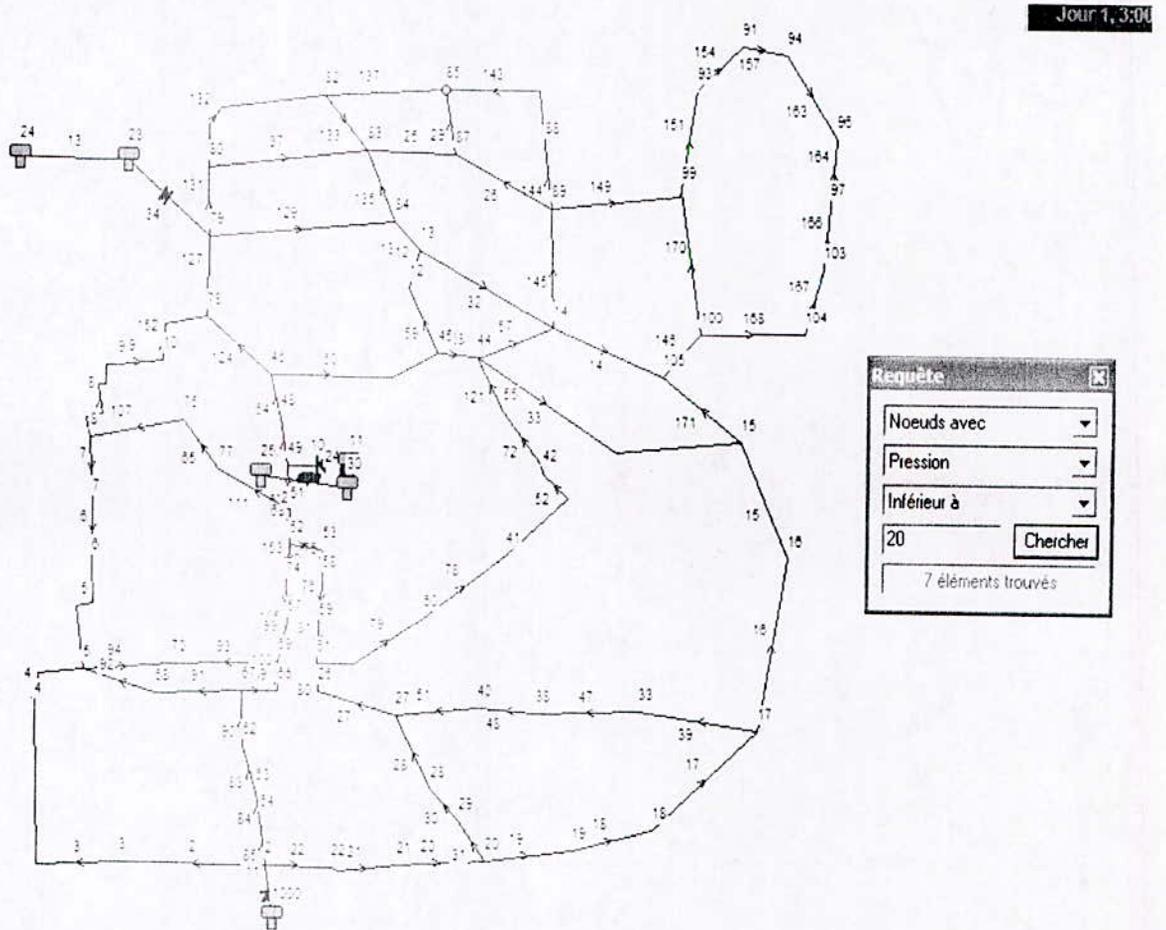


Figure4.9(simulation 3) : Pression dans le réseau à 3h00

CONCLUSIONS

Les résultats de notre travail sont conformes aux objectifs fixés :

- * Nous nous sommes familiarisés avec les techniques utilisées dans les études de réhabilitation des systèmes d'AEP
- * Nous avons également mis en œuvre ces connaissances et techniques sur le cas concret de la ville de Sidi Bel Abbès
- Nous avons élaboré, sous Mapinfo, un premier Système d'Information Géographique du système d'AEP de Sidi Bel Abbès.
- Nous avons élaboré à l'aide du logiciel Epanet, une modélisation du réseau d'AEP de cette ville.

La modélisation nous a permis de procéder à une première simulation du fonctionnement du réseau dans les conditions actuelles de distribution : les résultats de cette simulation conduisent à s'orienter vers les solutions classiques de sectorisation.

Nous avons ainsi procédé à une seconde simulation, après découpage du réseau en trois secteurs distincts alimentés chacun par un réservoir : les résultats de cette simulation montrent que la situation s'améliore de façon qui n'est pas tout à fait satisfaisante. La sectorisation permet en effet de maintenir une pression suffisante dans presque tout le réseau sauf dans la ZHUN Nord, nous avons alors effectué une troisième simulation qui nous a confirmé que ce problème était dû à un sous-dimensionnement de certain tronçons.

Nous n'avons pas en réalisant ce travail la prétention d'obtenir des résultats directement utilisables. Les limites du modèle et en particulier les incertitudes sur les rugosités sont à cet égard dissuasives.

Notre seul but dans ce travail était de compléter nos connaissances et de maîtriser à un niveau satisfaisant l'utilisation des outils SIG et modélisation.

Nous espérons y être parvenus.

Bibliographie

AMOR, L : "SIG et analyse multicritère ", Edition Hermes, 2000.

BARBIER, P : Les SIG, ENSG, 2001.

CANCES, M : Concepts et fonctionnalités des SIG, GDTA, 1992.

DHW Sidi Bel Abbès : Schéma directeur du réseau de distribution de Sidi Bel Abbès (2000)

DIDIER, M : "Utilité et valeur de l'information géographique ", Economica, 1990.

DUMOLARD, P : L'outil informatique en géographie, Université Joseph Fourier, 2002.

DUPONT, A : Hydraulique urbaine, tome II, Eyrolles, 1969.

MIHOUBI, M.K : Initiation à l'utilisation de Mapinfo, ENSH, 2003.

PORNON, H : "Les SIG mise en œuvre et application", Edition Hermes, 1992.

RAVALET, S : Vademecum du chef de projet S.I.G, ENSG, 2001.

RIOULT, A : Principes des S.I.G, Service d'aménagement du territoire, 2000.

TRACHE, M : "Les SIG au service du développement local ".Journées techniques de sensibilisation et d'information sur les SIG au service du développement local - Arzew, 26 et 27 avril 2000.

ملخص:

تهدف هذه الدراسة إلى إستعمال نظام المعلومات الجغرافية لتحسين تسيير شبكة توزيع المياه الصالحة للشرب لمدينة سدي بلعباس ، ثم ، تحليل الوضعية الحالية لشبكة توزيع المياه بإستعمال الكمبيوتر و هذا بإستخدام الدليل المنهجي الإعلامي (EPANET / إبيانت) . تمكننا هذه النتائج بعد الحصول عليها لتحديد الإشكاليات في توزيع المياه ثم إقتراح حلول لتحسين هذه الوضعية كلمات مفتاحية : سدي بلعباس ، شبكة توزيع المياه ، نظام المعلومات الجغرافية ، الدليل المنهجي الإعلامي

Résumé

Cette étude a pour but l'utilisation des SIG pour la gestion du réseau d'AEP de la ville de Sidi Bel Abbès, et la modélisation de ce dernier passe par une simulation à l'aide du logiciel EPANET 2.0.

Les résultats obtenus par cette modélisation permettront de détecter les éventuels points noirs du réseau et ainsi proposer des solutions.

Mots clés : Sidi Bel Abbès, AEP, SIG, Modélisation.

Abstract

The purpose of this work is to improve the management of the water supply network of Sidi Bel Abbès using the GIS.

Beside, a modelisation of this network will be done on EPANET 2.0 software, and the results will help us to detect some problems on this network and give a correct solutions.

Key words : Sidi Bel Abbès, water supply network, GIS, Modelisation.