Chapitre I: Etude bibliographique sur les systèmes d'AEP

I.1 INTRODUCTION :

L'eau est un bien naturel et économique. Elle constitue un patrimoine qui doit être géré avec l'objectif de protéger l'intérêt de toute la collectivité. La conquête de l'eau au centre des préoccupations de l'homme. Ce dernier a consenti des efforts pour inventer, puis améliorer des moyens pour amener l'eau aux consommateurs. Ces moyens constituent l'objet des systèmes d'alimentation en eau potable (AEP).

I.2 Généralité sur le système d'AEP :

Un système d'alimentation en eau potable (AEP) est composé d'un ensemble d'infrastructures et d'installations nécessaires à satisfaire tous les besoins en eau potable d'une zone urbaine et industrielle.

Le système d'AEP comporte différents composants à savoir le captage (1,3), le traitement (5), le transport (2, 6, 8), le stockage (7) et la distribution de l'eau potable (9) chez les différents consommateurs (10) **(Igor, 2004)**.

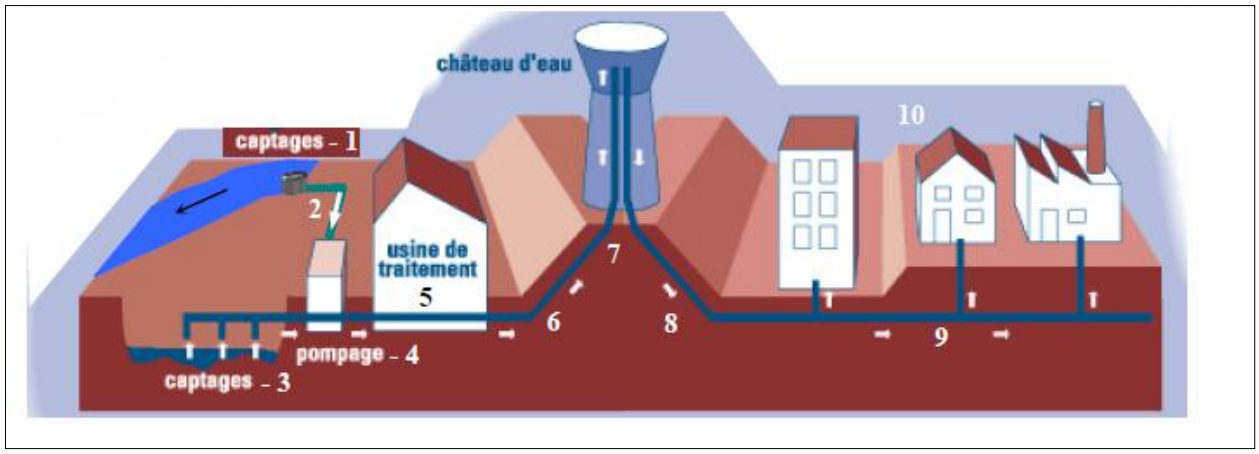


Figure I.1 Schéma général d'alimentation en eau potable

I.2.1 Captage des eaux :

Le captage des eaux a pour but de procurer un volume d'eau potable suffisant pour satisfaire les besoins de la collectivité à desservir **(Souha, 2000).**

On distingue les deux ressources en eau suivants :

- Les eaux de surface
- les eaux souterraines

I.2.1.1 Les eaux de surface :

- **Qualité des eaux :**

En générale, la qualité de l'eau de surface est médiocre par rapport à celle des eaux souterraines. En effet, elles sont soumises à la possibilité d'une dégradation naturelle causée par :

- le transport solide
- les minéraux dissous et la matière organique naturelle

En rivière, la qualité est en général meilleure à l'amont qu'à l'aval. À l'amont, l'eau peut être plus turbide ce qui est facile à contrôler en raison de l'origine minérale de cette turbidité. Par contre, surtout en région montagneuse, elle est plus pure et froide. En aval, le contact avec des zones habitées et exploitées favorise les risques de pollution.

En lac ou réservoir, la turbidité est faible car la décantation y est favorisée. Par contre la possibilité de stratification thermique, chimique et biologique rend la qualité variable sur un cycle annuel.

En résumé, les eaux de surface sont plus exposées à la dégradation naturelle et à la pollution liée Aux activités humaines. Pour cette raison, il sera généralement nécessaire de prévoir un traitement avant la consommation **(Jean, 2004).**

- **Captage des eaux de surface :**

Les eaux de surface sont les eaux des rivières et de fleuves (des eaux courantes), soient des eaux dormantes (lacs naturels ou artificiels), la prise d'eau ne doit pas être installé qu'après avoir pris connaissance du maximum d'informations relatives aux régimes d'écoulements des eaux, et aux débits (débits des crues et les débits d'étiage) par l'emplacement des ouvrages spécifiques (**Tarfaya, 2012)**.

A Captages des eaux courantes :

La prise d'eau peut s'effectuer par :

- **Captage sur le fond :**

Le principe est de creuser une tranchée perpendiculaire à l'écoulement ensuite on place une crépine d'aspiration entourée par des graviers et reliée à la berge par une tuyauterie (Figure 2, a) (**Bonnin, 1982)**.

- **Captage sur la berge :**

C'est un puisard projeté à proximité de la berge relié à la rivière, et protégé par une grille qui empêche le passage des graviers. On mettant une pompe dans le puisard (Figure2, b).

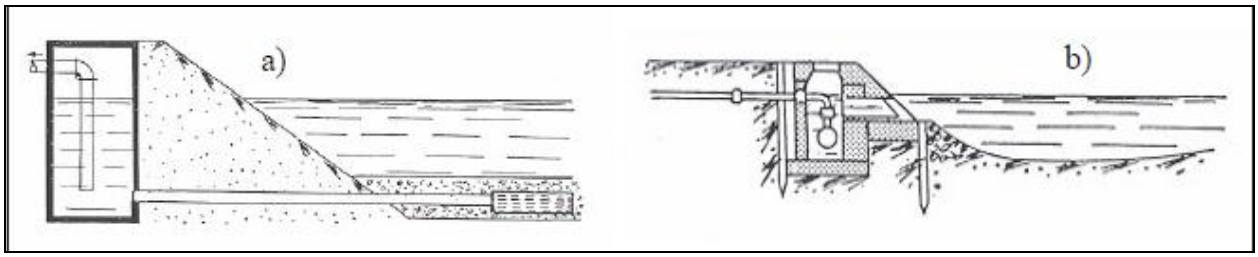


Figure I.2 prise d'eau

- **Captage au milieu de la rivière :**

C'est l'exécution en pleine eau d'un ouvrage analogue à une pile de pont, ainsi la protection des corps flottants de la prise est assurée par des grilles (Figure 3).

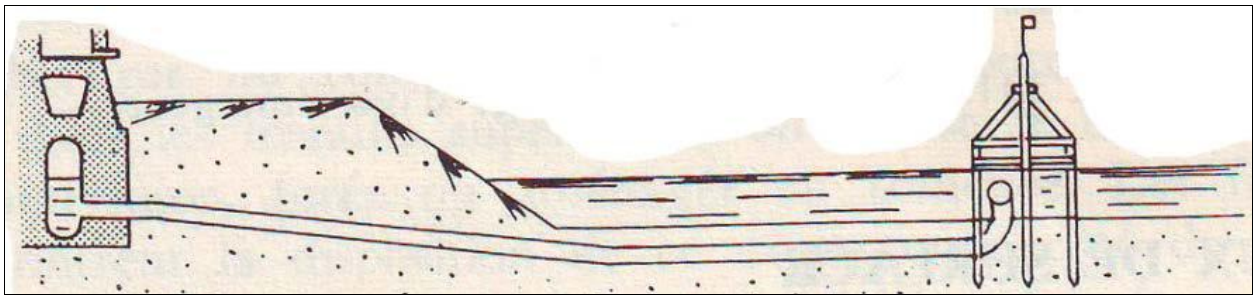


Figure I.3 Prise au milieu d'une rivière

B) Captages des eaux dormantes :

Le dispositif de captage des eaux doit être installé à une profondeur convenable pour éviter les dépôts de limon à craindre et éviter aussi les eaux les plus proches à la surface ou la température varie beaucoup sur quelques mètres, suivant les saisons, et pouvant rendre l'eau impropre à la consommation **(Bonnin, 1982)**.

I.2.1.2 les eaux souterraines :

Les eaux souterraines sont considérées comme étant de meilleure qualité du fait d'une protection naturelle par les terrains situés au dessus de la nappe.

I.3 Adduction des eaux :

On définie par adduction d'eau le transporte des eaux brutes ou traitées, des champs captant ou des stations de traitement vers les zones des utilisations (réservoir de distribution ou bâche d'accumulation), qui peuvent se trouver parfois très éloignées du champ captant **(Hugues, 2000)**.

Généralement on distingue deux types de d'adduction :

I.3.1 Adduction gravitaire :

L'écoulement peut être à surface libre ou en charge. Dans une adduction gravitaire, le point de captage se situe à une cote supérieure à celle du réservoir de desserte de l'agglomération.

L'adduction gravitaire s'effectue, soit par aqueduc à surface libre, soit par conduite forcée

- **Aqueducs à surface libre :**

Elle fait appel à l'écoulement libre de l'eau, c'est-à-dire soumit à pression atmosphérique grâce à la pente, ordinairement uniforme sur tout le parcours pour pouvoir transiter le débit voulu, son choix est déterminé par :

- Une topographie permettant un écoulement gravitaire avec excavation et remblayage minimum.
- Une hauteur de chute hydraulique suffisamment faible pour permettre de garder l'écoulement en régime fluvial à faible pente
- Ces installations doivent être étanches pour éviter la contamination et les fuites.
- Ces installations doivent être posées sur le sol.

- **Adduction par conduite forcée :**

Elle fait appel à un écoulement sous pression, on l'utilise généralement lorsque la topographie ne permet pas de faire des canaux libres et que les hauteurs de chutes sont élevées. Les conduites utilisées sont fabrique généralement en en béton précontrainte, en acier, en fonte et en PEHD, PVC,

I.3.2 Adduction par refoulement :

Dans une adduction par refoulement, le captage se situe à un niveau inférieur à celui du réservoir d'accumulation. Les eaux de captage sont relevées par une station de pompage dans une conduite de refoulement.

Le choix entre ces diverses solutions est essentiellement économique, il s'agit de déterminer la configuration la plus rentable en regardant les éléments suivants:

- Topographie
- Charge hydraulique disponible
- Méthodes de construction
- Coût initial et d'exploitation et la qualité de base de l'eau.

❖ **Les avantages et inconvénients des deux modes d'adduction gravitaire :**

En conclusion de cette étude sur le mode d'adduction par conduite forcée, nous établirons en parallèle avec le mode d'adduction par aqueduc en faisant ressortir, tout d'abord, les avantages que présente la conduite sur l'aqueduc à surface libre, il s'agit, bien entendu, d'une conduite de diamètre relativement important **(DUPONT, 1981).**

- l'étanchéité de la conduite, produite, fabriqué en usine, sera très satisfaisante alors que l'aqueduc.
- permet d'avoir la vitesse très grande que dans le cas des aqueducs.
- l'eau isolé du milieu extérieur, moins de perte et moins de risque de contamination.
- pas de contrainte on ce qui concernent la pente de conduite.

Les inconvénients d'une conduite forcée peuvent se résumer comme suivante :

- les dépenses d'investissement risquent d'être bien moindres qu'en ayant recours à la solution aqueduc.
- les manœuvres de réglage de débit par robinets placés en extrémité de conduite poseront des problèmes de surpression et de dépression admissibles pour éviter d'entraîner des ruptures de tuyaux étudiés le phénomène du coup de bélier.

Par ailleurs, dans le but d'économie du projet, il sera tenté de combiner au meilleur profil en long le tracé en plan le plus court. On y gagnera en investissement mais, aussi en exploitation de la

station, car les pertes de charges, la hauteur d'élévation et, par conséquent l'énergie consommée, croissent avec la longueur.

D'un point de vue économique, la conduite de refoulement et la station de pompage sont liées, en effet plus le diamètre de la conduite est petit pour un même débit à relever, plus la perte de charge sera grande, plus le moteur d'entrainement devra être puissant, donc plus l'énergie dépensée sera importante.

I.4 Les réservoirs :

Du point de vue hydraulique, un réservoir est un récipient capable de contenir une resserve d'eau. IL est placé généralement entre l'adduction et la distribution d'AEP.

Les réservoirs doivent maintenir l'eau à l'abri des risques de contaminations, et autant que possible des fortes variations de température.

Il sert aussi à deux choses :

- Constituer une réserve d'eau disponible même si le pompage est arrêté.
- Séparer le pompage de la distribution.

A partir du réservoir, l'eau s'écoule dans les tuyaux par son propre poids, donc plus le réservoir sera plus haut, plus l'eau pourra aller loin et vite.

C'est pour que certains réservoirs sont au sol (Figure I.4, b) mais que d'autre doivent être surélèves (château d'eau) pour que l'eau ait une pression suffisante pour alimenter tout le village.

Les châteaux d'eau (Figure I.4, a) sont soit en métal (lorsqu'une petite capacité est nécessaire) soit en béton armé (pour les plus grosses capacités).

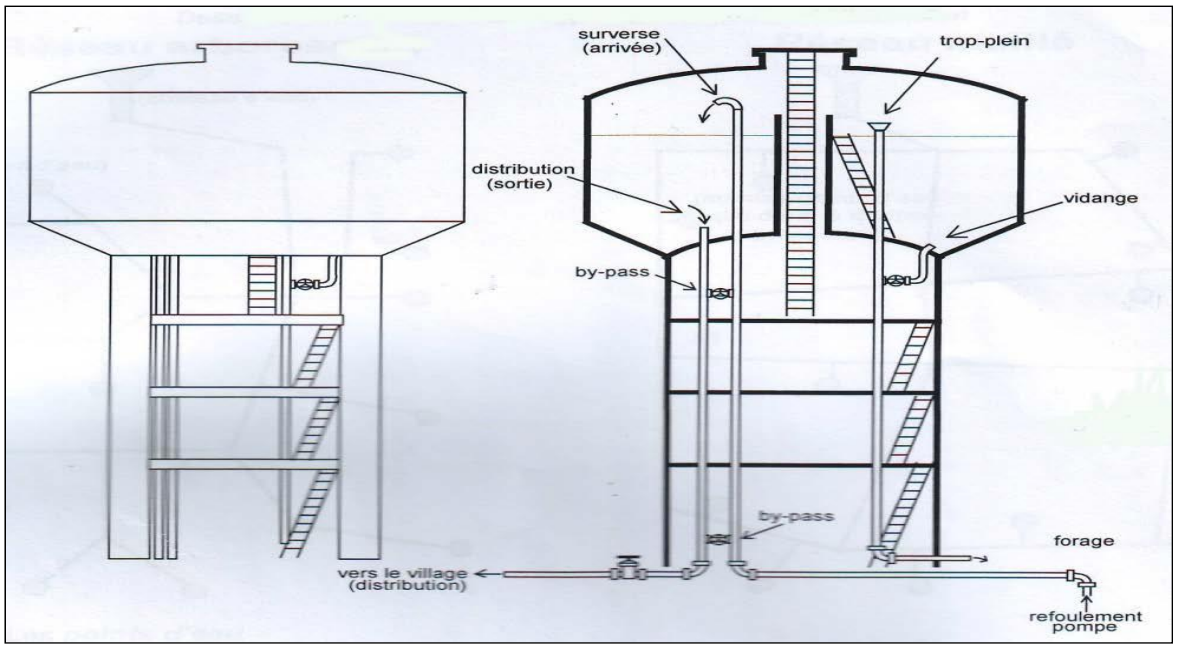


Figure I.4, a Château d'eau

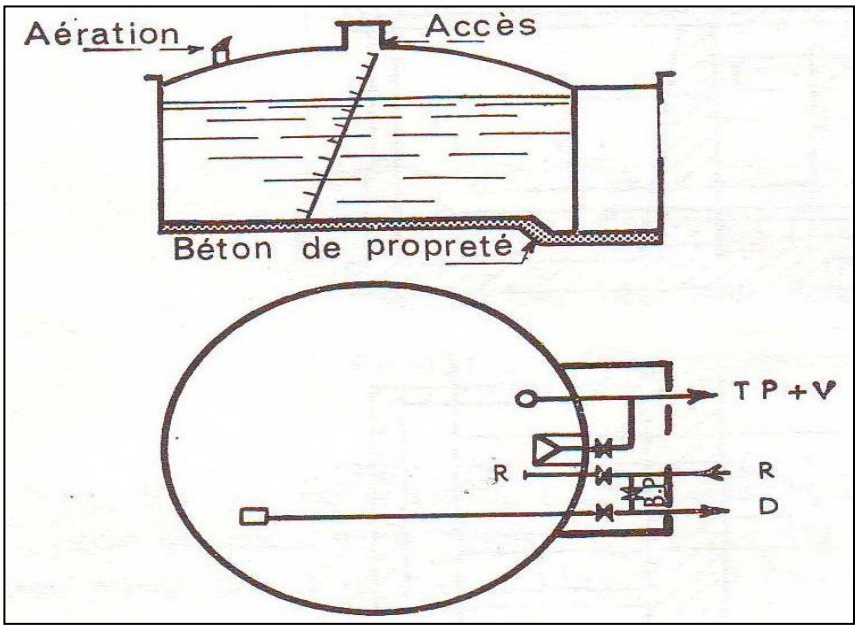


Figure I. 4, b Réservoir d'eau

I.5 Distributions des eaux :

La distribution consiste à fournir à chaque instant aux utilisateurs, à une pression convenable, le débit dont ils ont besoins, elle s'effectue par un réseau de conduits sous pression, dimensionnées pour permettre le passage en chaque point du débit maximale prévisible.

Selon les liaisons entre les différents tronçons de distribution, on distingue généralement deux types de réseaux :

- **Réseau ramifié :**

La caractéristique d'un réseau ramifié est que l'eau circule dans toute la canalisation, dans un seul sens (des conduits principaux, vers des secondaires, vers des conduits tertiaires ...), de ce fait, chaque point du réseau n'est alimenté en eau que d'un seul coté (Figure 5, a) (**Jacques, 2005)**

- **Réseau maillé :**

Le réseau maillé dérivé du réseau ramifié par connexion des extrémités des conduits (généralement jusqu'au niveau des conduites tertiaires), permettant une alimentation de retour. Ainsi chaque point du réseau peut être alimenté en eau de deux ou plusieurs cotés (Figure 5, b) (**Jacques, 2005).**

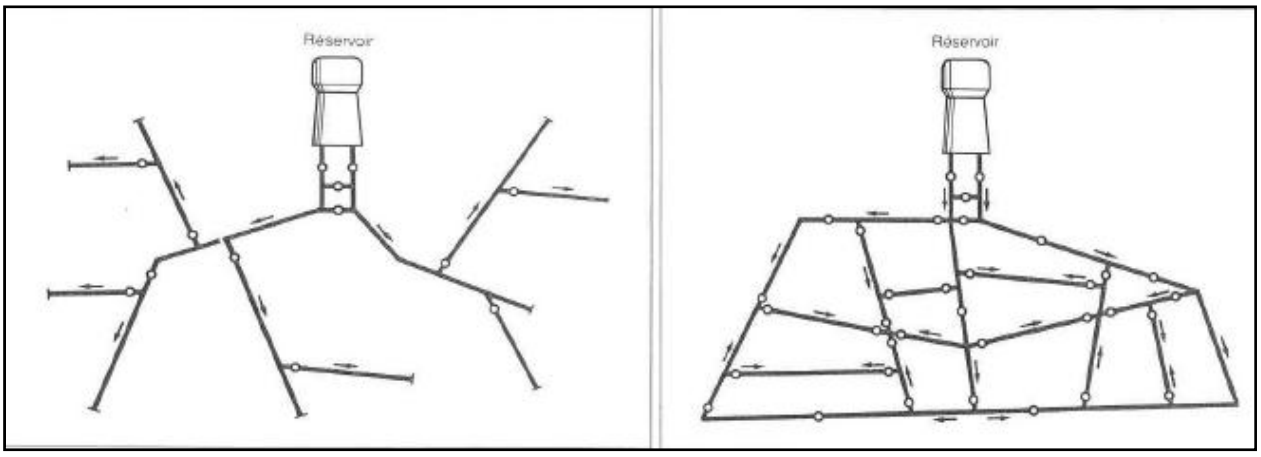


Figure I.5, a Réseau ramifié **Figure I.5, b** Réseau maillé

I.5.1 Conditions de dimensionnement du réseau d'AEP :

Le dimensionnement du réseau de distribution se fait avec le débit de Pointe.

I.5.1.1Vitesse de l'eau :

La vitesse de l'eau dans les conduits doit être dans la fourchette de 0.5 à1.5 m/s**.**

- Les vitesses inférieures à 0.5m/s favorise le dépôt solide dans les canalisations qu'il sera parfois difficile de les évacuer;
- les vitesses élevées risquent de favoriser les fuités **(Souha, 2000)**.

I.5.1.2 Pression :

Le réseau doit satisfaire les conditions de pression suivantes:

une charge minimale de 3 m **(Mémoire de fin d'étude Doumi, 2013).**

- doit être prévue sur les orifices de puisage les plus élevés.
- en vue de la bonne tenue de la canalisation et des joints, il faut éviter des pressions supérieures à 60 m (et même 40 m) qui risquent d'apporter des désordres (fuites) et certains bruits désagréables dans les installations intérieures d'abonnés.

I.5.1.3 Condition spécial d'incendie :

Les canalisations alimentant les appareils d'incendie devront pouvoir fournir un débit minimal de 17 l/s. Les appareils hydrauliques utilisés par les pompiers sont, soit des bouches d'incendie (de 0.100 m de diamètre), soit des poteaux d'incendie. Ces appareils doivent être espacés de 200 à 300 m et repartis suivant l'importance des risques à defender.

I.5.2 Equipements du réseau de distribution :

Le long d'une canalisation, divers organes accessoires sont installés pour :

- Assurer un bon écoulement.
- Régulariser les pressions et mesurer les débits.
- Protéger la canalisation.
- Permettre le soutirage des débits.

a) Robinets :

Ces appareils seront posés en vue de permettre l'isolement des divers tronçons de canalisation

b) Robinets vannes :

ce sont des appareils de sectionnement pour une manœuvre lente et pour les gros diamètres.

c) Vannes papillons :

ce sont des vannes utilisées surtout au niveau des réservoirs d'eau, ce sont des vannes utilisées pour les pressions faibles.

d) Les décharges :

Elles servent à vidanger les conduites, elles sont placées aux points bas et sont constituées d'une canalisation piquée sur la génératrice inférieure aboutissant à un regard maçonné, un robinet est installé sur le parcours de la décharge le plus près possible de la conduite.

e) Clapet anti-retour :

Il est destiné à assurer un écoulement dans un seul sens, il est constitué soit par un battant unique soit en jeu par des battants multiples disposés sur une même plaque inclinée, le tout trouvant place dans un corps en fonte. Il est utilisé à la station de pompage ou il doit être obligatoirement à la sortie de la pompe.

g) Les ventouses :

Le rôle d'une ventouse est d'évacuer l'air contenu dans les conduites, ce cas se présente lorsque la conduite est vide. Quand la conduite est en service, il est nécessaire également pour pouvoir évacuer l'air amené par l'eau.

h) Les bouches et les poteaux d'incendie :

Elles sont placées sur les canalisations principales pouvant assurer un débit de 17 l/s et une pression de 1 bar, on les trouve toutes les (250-400) m selon l'importance de la ville.

I.6 Méthode de calcul des réseaux :

I.6.1 Méthode de HARDY-CROSS :

Cette méthode de calcul par approximations successives a été proposée en 1936 par HARDY-CROSS. C'est la méthode la plus utilisées dans le calcul des réseaux maillés, elle est basée sur deux Principes:

- principe d'équilibre des nœuds (loi des nœuds)

$$\sum Q_{entent} = \sum Q_{sorants} \quad \text{(I.1)}$$

- Principe d'équilibre des pertes de charge en chaque maille

$$\sum \Delta H = 0 \quad \text{(I.2)}$$

-Détermination du débit correctif :

$$Q_1 = Q_0 + \Delta Q_0 \quad \text{(I.3)}$$

Le débit est relié à la perte de charge par une relation de type:

$$\Delta H = RQ^2 \quad \text{(I.4)}$$

Donc $$\Delta H = R(Q_0 + \Delta Q_0)^2 \quad \text{(I.5)}$$

Le calcul du débit correctif nous amène à déterminer d'abord les pertes de charges totales (singulière et linéaire) dans chaque tronçon du réseau de la manière suivante.

$$\Delta H = \Delta H_L + \Delta H_S \quad \text{(I.6)}$$

Les pertes de charges singulières sont estimées à 10% des pertes de charges linéaires.

$$\Delta H = \Delta H_L + 0.10\Delta H_L = 1.10\Delta H_L \quad \text{(I.7)}$$

Avec $$\Delta H_L = \frac{\lambda V^2 L}{2gD} \quad \text{(I.8)}$$

λ : Coefficient de frottement évalué par La formule de COLEBROOK

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2\log\left(\frac{\varepsilon}{3.7D} + \frac{2.51}{\Re\sqrt{\lambda}}\right) \quad \text{(I.9)}$$

Tel que : $$\sum R(Q_0^2 + 2Q_0\Delta Q_0) = 0 \quad \text{(I.10)}$$

$$\sum RQ_0^2 = -\sum 2Q_0\Delta Q_0 \quad \text{(I.11)}$$

On trouve $$\Delta Q_0 = -\frac{\sum RQ_0^2}{2\sum RQ_0} \quad \text{(I.12)}$$

Toute branche commune de deux mailles recevra bien entendu les deux corrections correspondantes, et chaque maille est calculée séparément, les corrections apportées sont :

-correction propre à la maille considérée avec le même signe de ΔQ_0

- correction propre aux mailles adjacentes avec le signe contraire de ΔQ_o .

Pour pouvoir déterminer le débit Q_{i+1}, Il suffit de faire, la somme algébrique de ces corrections pour chaque tronçon et de l'ajouter au débit Q_i.

$$Q_{i+1} = Q_i + \Delta Q_o \qquad (I.13)$$

Nous reprenons alors le calcul avec les nouvelles valeurs des débits obtenues pour le calcul, par itération successive, la méthode converge rapidement vers la solution. Le nombre d'itération nécessaire varie pratiquement entre **2** et **5** suivant la complexité du problème, la précision désirée est celle de l'approche initiale.

I.6.2 Calcul d'un réseau maillé par la méthode de Hardy Cross :

Dans un réseau maillé, le sens de circulation de l'eau dans une canalisation ne peut être Déterminé avec exactitude du premier coup. La répartition des débits dans les canalisations ne peut être évaluée que d'après des hypothèses, en tenant compte du fait que, pour assurer Une circulation normale, il doit y avoir égalité des pressions au point de rencontre de deux Courants.

Le calcul d'un réseau maillé est conduit par approximations successives. (Figure I.6)

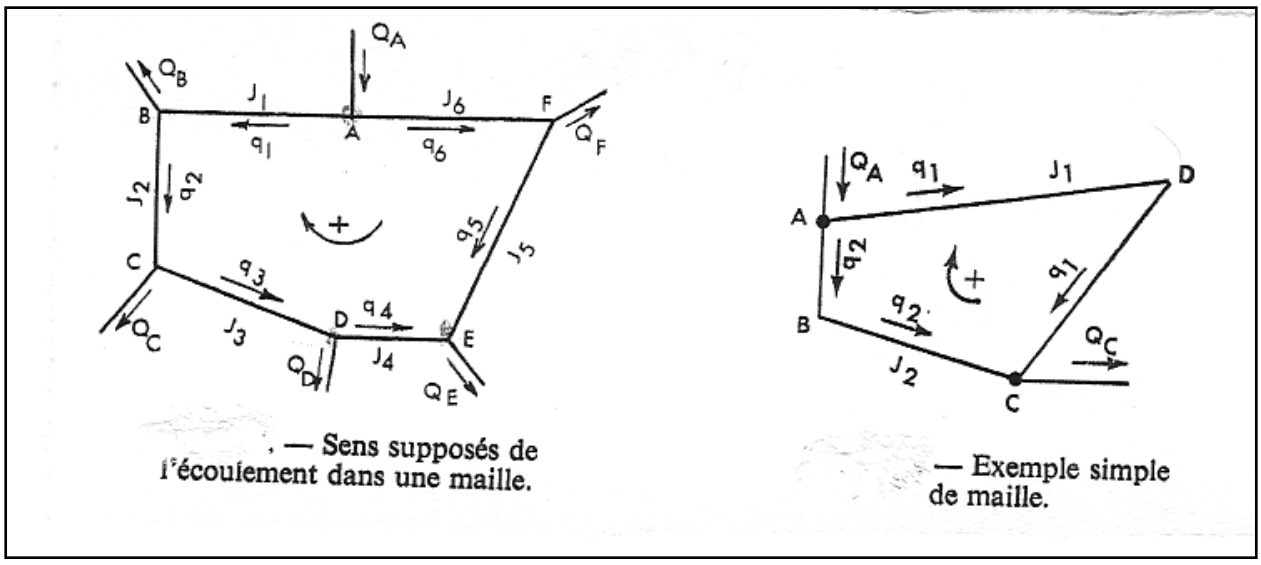


Figure I.6 Calcul de réseau maillé

I.6.3 Calcul d'un réseau ramifié :

Pour un réseau de distribution, on connait les débits de pointe de la consommation (par estimation des besoins). On doit choisir le tracé du réseau et la localisation des nœuds de calcul. On en déduit alors les longueurs des tronçons et les cotes des nœuds au sol.

Le calcul des réseaux ramifiés se fait en partant de l'extrémité aval du réseau et en remontant de proche en proche jusqu'au réservoir, les étapes de calcul sont les suivantes :

- ✓ Calcul les Q_r et Q_E et en suite Q_c

$$Q_c = 0.55Q_r + Q_E \qquad \text{(I.14)}$$

- ✓ Choix du diamètre D qui permet l'écoulement de débit de calcul avec une vitesse varie entre (0.5-1.5 m/s)
- ✓ Calculer la perte de charge avec Q_c
- ✓ Calcul de la charge hydraulique en chaque nœud et déduction de la pression au sol.

I.7 Généralité sur le système d'information géographique (SIG) :

I.7.1 Présentation de SIG :

Historiquement, les SIG sont apparus en aval de l'informatisation de la production cartographique, qui a commencé à la fin des années **60**. Cette informatisation a donné lieu à l'avènement d'une nouvelle technologie, appelée géomatique, définie comme l'ensemble des techniques de traitement informatique des données géographiques et dont le but principal était l'automatisation de la cartographie.

Progressivement, les données cartographiques nécessaires à la géomatique ont dû, pour être pleinement exploitables, s'organiser en bases de données. C'est l'exploitation combinée de plusieurs bases de données qui a conduit à la notion de système informatique capable d'en assurer la synthèse, la gestion, l'archivage, etc. **(Dromard, 1998).**

I.7.1.2 Définition :

- **Les systems d'information géographique ou SIG** sont des outils informatiques permettant d'acquérir, d'organiser, de gérer, de traiter, de représenter et de restituer des données géographiques.
- **Les SIG** ne se limitent pas aux logiciels de gestion de données géographiques dits aussi logiciels de SIG. ILs concernent aussi:

- Les équipements informatiques
- Les données géographiques

I.7.1.3 Les composants d'un SIG :

Un Système d'Information Géographique est constitué de 5 composants majeurs :

- **Matériel :**

Les SIG fonctionnent aujourd'hui sur une très large gamme d'ordinateurs, des serveurs de données aux ordinateurs de bureau connectés en réseau ou utilisés de façon autonome.

- **Logiciels :**

Les logiciels de SIG offrent les outils et les fonctions pour stocker, analyser et Afficher toutes les informations.

➢ **Principaux composants logiciels d'un SIG :**

- Outils pour saisir et manipuler les informations géographiques
- Système de gestion de bases de données
- Outils géographiques de requête, analyse et visualisation
- Interface graphique utilisateur pour une utilisation facile.

- **Données :**

Les données sont certainement les composants les plus importants des SIG. Les données géographiques et les données associées peuvent, soit être constituées en interne, soit acquises auprès de producteurs de données.

- **Les utilisateurs :**

Un SIG est avant tout un outil, c'est son utilisation (et donc, son ou ses utilisateurs) qui permet d'en exploiter la quintessence. Les SIG s'adressent à une très grande communauté d'utilisateurs, depuis ceux qui créent et maintiennent les systèmes, jusqu'aux personnes utilisant dans leur travail quotidien la dimension géographique.

- **Les méthodes :**

La mise en œuvre et l'exploitation d'un SIG ne peut s'envisager sans le respect de certaines règles et procédures propres à chaque organisation.

I.7.2 Fonctionnalité d'un SIG :

La conception et la mise en œuvre d'un système d'information impliquent la structuration d'un monde de réalité. C'est pour ça, nous devons disposer d'un ou de plusieurs langages composés chacun d'un vocabulaire, d'un répertoire des concepts fondamentaux, d'un ensemble de procédures pour communiquer et d'une syntaxe définissant les règles d'assemblage des concepts fondamentaux. Un SIG se caractérise par cinq fonctionnalités **(Chergui, 2010) :**

I.7.2.1 Acquisition des données :

I.7.2.1.1 Source de données :

L'information provient de sources multiples telles :

a) Les documents cartographiques (première source d'information) :

- La carte topographique
- La carte thématique

b) Levé de terrain :

Lorsqu'un plan est levé en coordonnées et saisi dans le SIG, l'insertion de nouveau levé du même terrain au sein du SIG ne pose pas de problème particulier, puisque les points d'appuis du nouveau levé peuvent être connus avec ceux du plan existant, et donc introduits dans les calculs des compensations. La plupart des systèmes de CAO et SIG offre ce type d'outil.

c) Les photographies aériennes :

La photogrammétrie aérienne est utilisée d'une façon systématique pour reconstruire les cartes à grandes et à moyens échelles, mais à condition qu'elle soit complétée sur le terrain :

- Rassemblement de la topométrie
- Débordement du terrain au milieu urbain

d) Les images satellitaires :

Les images satellitaires peuvent être utilisées à différents stades lors de l'établissement ou de la modélisation d'un système d'information cadastrale surtout quant il s'agit des parcelles des dimensions supérieures à un hectare. Elles sont reconstituées à partir de l'enregistrement par balayage du rayonnement électromagnétique réfléchi par la terre.

I.7.2.1.2 Implémentation informatique :

L'acquisition des données géographiques consiste en la numérisation de données brutes en données susceptibles d'être exploitées par un ordinateur et ainsi elle est indispensable à leur intégration dans l'outil informatique (SIG ou autre), elle s'opère de diverses façons, selon la nature de l'information collectée :

a) Digitalisation et Scannérisation :

Les SIG modernes sont capables d'automatiser complètement ces tâches pour des projets précis en utilisant la technologie de la digitalisation. D'autres projets moins précis peuvent se contenter d'une phase de scannérisation :

- **Digitalisation :**

  Avant d'utiliser des données existantes sur un support papier dans un SIG, il est nécessaire de les convertir dans un format numérique, cette étape s'appelle digitalisation. Le dispositif le plus utilisé dans ce cas est une table à digitaliser. La Digitalisation est une opération fastidieuse et nécessite un temps important.

- **Scannérisation (Balayage électronique) :**

  La scannérisation s'opère par mode maillé, le matériel nécessaire étant un scanner. Ce dernier enregistre l'intensité de la réflexion d'un faisceau lumineuse venant balayer ligne par ligne le document source. Chaque niveau d'intensité enregistré concerne une zone du document balayé, désignée par numéro d'ordre (de colonne) dans la ligne.

b) Importation de fichier :

C'est une opération qui permet de récupérer des données déjà existantes numériquement pour les introduire dans le système.

1 Pour les données géométriques :

- Problème de format de données : compatibilité. (DXF, E000, BNA, ASCII, …).
- Utilisation de logiciels de transfert : IE, DataTransform, logiciels intermédiaires.
- Vérifier la qualité des données après transformation. Disparition de certaines données, changement de précision etc.

2 Pour les données descriptives :

Généralement issues de SGBD usuels. Sinon utiliser le format texte (ASCII) commun à tous les systèmes traitant d'informations descriptives.

c) Saisie directe (clavier) :

Elle dépend des possibilités offertes par le système. Pour les données de description cette fonction est toujours disponible. Certains systèmes n'offrent pas cette possibilité pour les données géométriques.

I.7.2.2 Manipulation des données :

Les sources d'informations peuvent être d'origine très diverses. Il est donc nécessaire de les harmoniser afin de pouvoir les exploiter conjointement. C'est le cas des échelles, du niveau de détail, des conventions de représentation, …. Les SIG intègrent de nombreux outils permettant de manipuler toutes les données pour les rendre cohérentes et ne garder que celles qui sont essentielles au projet. Ces manipulations peuvent, suivant les cas être temporaires afin de se coordonner au moment de l'affichage ou bien être permanente pour assurer alors une cohérence définitive des différentes sources de données.

I.7.2.3 Stockage et gestion des données :

Un SIG répond aux mêmes besoins d'archivage et de gestion des données qu'un SGBD. Il doit en particulier assurer :

- De ne pas présenter de répétition des données.
- Pouvoir accéder à des bases de données constituées par ailleurs et indépendantes de sa base.
- l'indépendance, la cohérence, l'intégrité et la sécurité des données.

Il doit de plus :

- Permettre une mise à jour rapide et aisée des données spatiales aussi bien que descriptives.
- Permettre des requêtes faisant intervenir des localisations géographiques des entités.

I.7.2.4 Analyse et traitement des données :

Plusieurs analyses et traitements peuvent être effectués sur les données géographiques dont les plus utilisés sont :

a) Statistiques :

Ces traitements sont destinés aux applications de la cartographie thématique et la génération de cartes.

b) Requêtes attributaires ou alphanumériques :

En utilisant le langage SQL, il est possible de formuler des interrogations ou des requêtes sur les ensembles des données de la BD en s'appuyant sur les opérateurs de l'algèbre relationnelle tels que l'union, la projection, la jonction et autres.

c) Analyse spatiale :

Le SQL ne permet de traiter que les requêtes attributaires ou alphanumériques et ne peut formuler des requêtes spatiales. C'est pour cette raison qu'on a fait appel à l'analyse spatiale en utilisant plusieurs méthodes telles la recherche opérationnelle, la géométrie algorithmique, la théorie des graphes et la topologie et autres.

I.7.2.5 Restitution des données :

La restitution des donnés est l'opération de représenter des résultats de l'extraction ou de l'analyse, sous une forme qui soit compréhensible par l'utilisateur ou par un autre système informatique.

Les produits qu'un SIG est capable de fournir sont :

- ✓ Des cartes;
- ✓ Des tableaux;
- ✓ Des graphiques, figures, histogrammes;
- ✓ Des images, en particulier des visualisations en trois dimensions.

D'autre part, on demandera souvent à un S.I.G. de répondre aux exigences suivantes :

- Capacité à manipuler des bases de données géographiques complexes, comprenant des informations nombreuses et hétérogènes,
- Possibilité de répondre à toutes les requêtes de l'utilisateur, combinant la localisation et les propriétés d'un grand nombre d'objets spatialement référencés,
- Capacité à mémoriser les résultats de requêtes ou d'analyses pour en tirer les enseignements nécessaires à des développements ultérieurs,
- Souplesse suffisante pour s'adapter à un grand nombre d'utilisateurs et d'utilisations spécifiques.

I.7.3 Structuration :

Deux modes de représentation des données graphiques basées sur deux visions de l'espace semblent possibles.

I.7.3.1 Mode vecteur :

Le mode vecteur répond au souci de représenter un objet de manière aussi exacte que possible. Dans le mode vecteur, les objets ponctuels, linéaires ou surfaciques sont des entités géométriques autonomes localisées dans l'espace par des coordonnées géographiques.

Les avantages du mode vecteur :

- ✓ Une meilleure adaptation à la description des entités ponctuelles et linéaires
- ✓ Une facilité d'extraction de détails
- ✓ La transformation simple des coordonnées

Les inconvénients du mode vecteur :

- ✓ Les croisements de couches d'informations sont délicats est nécessite une topologie parfaite : des erreurs (comme un polygone mal fermé), peuvent poser problème;
- ✓ Technologie coûteuse (les logiciels de vectorisation automatique).

I.7.3.2 Mode raster :

Chaque pixel est référencé en ligne et en colonne. Il renseigne par une valeur correspondant à une grandeur numérique ou alphanumérique (dans le cas où on lui attribue un code correspondant à un attribut descriptif).

La résolution est la taille occupée par un pixel sur le terrain, elle correspond à la taille du plus petit objet que l'on peut identifier.

-Les avantages du mode raster :

- ✓ Une meilleure adaptation à la représentation des détails surfaciques;
- ✓ Acquisition des données à partir d'un scanner à balayage;
- ✓ Une meilleure adaptation à certains type de traitements numériques : filtres, classifications;
- ✓ Technologie relativement en bon marché et en plein développement.

-Les inconvénients du mode raster :

- ✓ Mal adapté à la représentation des détails linéaires;
- ✓ Grand volume de données;
- ✓ Tailles des mailles dépendantes du phénomène étudié;

- ✓ Nécessité de parcourir toute la surface pour extraire un détail;
- ✓ Impossible de réaliser certaines opérations topologiques, la recherche du plus court chemin dans un réseau par exemple.

I.7.3.3 Les conversions Vecteur –Raster :

La conversion de vecteur à raster est très facile est faite appel à des algorithmes simples. Il en résulte une modification des contours des polygones qui peut conduire à une perte d'information.

La conversion de raster à vecteur est beaucoup plus délicate, complexe et coûteuse en temps de calcul. Il existe des algorithmes de lissage des contours crénelés obtenus après vectorisation.

Le passage du mode raster au mode vecteur s'appelle vectorisation ; tandis que l'opération inverse s'appelle rastérisation.

I.7.4 Couches d'informations :

Dans la plupart des SIG, l'information géographique relative à la même étendue spatiale sera séparée en différents thèmes (ou couches d'informations) indépendants. L'intégration de données au travers des différentes couches d'informations permet d'effectuer une analyse spatiale rigoureuse. Les résultats pourront par la suite être simplement superposés pour visualisation. Cette analyse par croisement d'information nécessite souvent le recours à des informations alphanumérique. La séparation en couche permet d'améliorer la gestion de la base de données et l'efficacité des requêtes.

-Les couches et les thèmes :

D'une manière générale, on met sur une même couche un seul thème géographique, comme par exemple : entité AEP, entité Assainissement, entité GAZ. Alors on ne mettrait jamais par exemple les routes et la végétation sur une même couche. La contrainte vient de ce que les attributs qui caractérisent d'une part les routes ne sont pas les mêmes que ceux caractérisent la végétation et que, en générale on associe une couche à une table d'attribut **(Assimi, 2012)**.

I.7.5 Manipulation et analyse spatiale :

La principale spécificité d'un SIG, par rapport aux logiciels de CAO/DAO, est la vaste gamme de possibilités de manipulation et d'analyse des données spatiales offerte par le SIG. Les possibilités de manipulation des données spatiales, et d'analyse de ces données par les SIG, sont très nombreuses. Recensons les possibilités essentielles :

I.7.5.1 Manipulation d'arcs :

- **La densification :**

ajoute des points intermédiaires aux arcs sans changer leur forme,

- **La généralisation :**

simplifie la forme des arcs en supprimant des points intermédiaires

- **Le lissage :**

permet d'adoucir la sinuosité des arcs (lignes brisées),

Enfin la forme d'un arc d'une couverture donnée (ex : limites communales) peut être modifiée de manière à **s'ajuster** sur un arc d'une autre couverture (ex : réseau hydrographique).

I.7.5.2 Reclassification, extraction, agrégation et élimination :

- **La reclassification :**

est l'affectation d'un nouvel attribut descriptif à un polygone, qui peut être déterminé à partir d'autres attributs de ce polygone,

- **L'extraction :**

est la création d'une couverture nouvelle à partir d'une couverture initiale répondant à un critère donné,

- **L'agrégation :**

est la fusion des polygones ou lignes ayant une propriété commune (la même valeur pour un attribut par exemple**).**

I.7.5.3 Croisement des couches :

Il s'agit de la combinaison de deux ou plusieurs couches d'information :

- **En mode raster :**

le mode raster se prête particulièrement aux croisements, toutes les données étant ramenées à la même maille ; il permet notamment les combinaisons booléennes (ou, et, non ou exclusif) et les opérations numériques : opérations de base, valeurs maximale, minimale, moyenne, médiane, autres fonctions mathématiques.

- **En mode vecteur :**

à partir de l'intersection de deux couvertures, une troisième est créée, dont chaque polygone est porteur de l'information des deux couvertures de départ. Le croisement ne peut être réalisé que si la topologie a été abordée.

I.7.6 Domaines d'AEP :

a) Du fait de leurs larges possibilités, les SIG sont utilisés dans de multiples domaines. En environnement, ils permettent de gérer la faune et la flore des milieux naturels, de suivre les flux de polluants ou d'effectuer des simulations.

b) Dans le domaine de l'aménagement, ils trouvent des applications en urbanisme, dans les transports ou l'étude des zones à risque.

c) Ils sont utilisés en agriculture, pour la gestion, l'évaluation des rendements ou l'agriculture de précision.

d) Les SIG sont encore appliqués à la santé, la recherche, en géologie, ou dans l'industrie minière et la détection des ressources.

Enfin, ils sont de plus en plus utilisés en économie et dans le commerce : c'est ce que l'on nomme le géomarketing **(Maxime, 2000).**

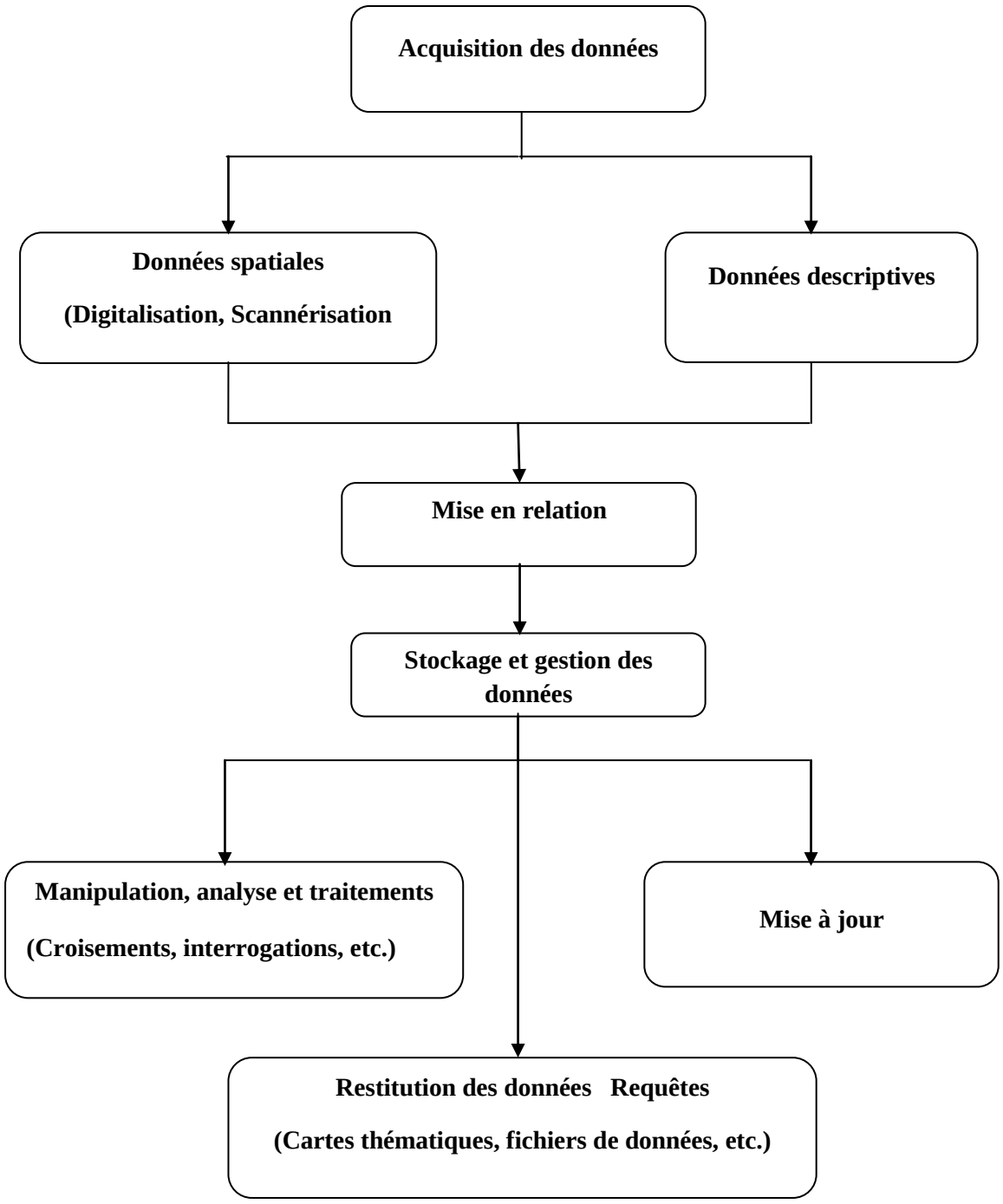


Figure I.7 Organigramme des systèmes d'informations géographiques

I.8 Conclusion :

Nous avons défini au cours de ce chapitre un ensemble de notions permettant de comprendre le système d'alimentation en eau potable et fonctionnement du réseau, comme les conduites de distribution d'eau. Nous avons donné également une généralité sur les systèmes géographiques qui peuvent être un outil impressionnant d'aide à la décision dans le domaine d'AEP.