

REPUBIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA  
USDB



Faculté des sciences  
Département d'Informatique

Mémoire pour l'obtention  
Du diplôme Master en informatique  
Option : Ingénierie de Logiciel

Sujet :

## Conception et réalisation d'un système décisionnel pour la gestion des projets et barrages en exploitation

Réalisé par :

Melle. BOUYERBOU Hafidha  
Melle. SEGHIER Yamina

Promoteur : M. Bala

Encadreurs : M. Kadi

Mme. Djeldji

Organisme d'accueil :

A.N.B.T.

Soutenu le : 4/07 2010

Devant le jury composé de:

Nom Président du jury :

Nom Rapporteur :

Nom Examineur :

Année universitaire

2009/2010

MA-004-14-1

# *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail*

*Aux deux êtres qui me sont les plus chers au monde, qui m'ont toujours soutenu, encouragé et aidé dans ma vie et mes études :*

*Mon père Mr. Bouyerbou Mohamed,*

*Ma mère Mme. Saâda Louisa*

*A mon unique frère, à qui je souhaite beaucoup de réussite dans sa vie : Fethi*

*A mes deux petites sœurs jumelles adorées : Narimane & Sihem*

*A la personne qui a toujours été à mes côtés, mon fiancé:*

*Boukerdous Mehdi et sa famille*

*A ma meilleure amie: Rafai Imène et sa famille*

*A mon binôme*

*Seghier Yamina et sa famille*

*Hafidha*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail*

*Aux prunelles de mes yeux, A ces êtres respectueux, qui puissent  
exister sur terre, a ceux qui ont su m'élevé, m'éduqué a ceux qui m'ont  
apporté leur grand amour, leur patience et qui m'ont nourrit de leur  
sagesse et bons conseils.*

*A ceux qui ont forgé ma personnalité et qui ont beaucoup contribué à  
devenir ce que je suis, a ceux qui ont été à mes cotés dans mes joies et  
mes peines "a toi ma mère, a toi mon père",*

*A mes très chères sœurs Khadidja, Fatiha, Hadjira, Meriem, Khaira,  
Zohra.*

*A mes très chères frères Fouad, Soufiane, Ali, Ahmed, Redoine,  
Mahdjoub et Mouhamed.*

*A mes chères copines de chambre Elroumayssa, Asma, Hamida et  
F.Zohra, Aicha.*

*A mes amies Nawel, Soumia, Fatiha, Faiza,....*

*A toutes mes collègues de classe MASTER,*

*A mes professeurs du primaire a l'université,*

*A mon binôme Hafidha et sa famille*

*Et à tous ceux qui me connaissent*

*Amina*

# Remerciement

*Tout d'abord, nous remercions le bon Dieu qui nous a donné la force et le courage pour mener ce travail à bout*

*Nous exprimons notre plus grande reconnaissance et nos vifs remerciements à notre promoteur et enseignant Mr. Mahfoud Bala, pour le temps et l'attention qui a consacré au bon déroulement de ce travail ainsi que pour ses conseils et remarques constructives*

*Nous remercions notre encadreur Mr. Kadi, et Mme. Djeldji pour le temps qu'elle nous a attribué*

*Nous remercions tous les employés de l'ANBT, surtout Mohamed, Toufik et Siham de la DRHF, Afaf de la DPID, et Bilel*

*Nous remercions tous les enseignants et employés de l'USDB, surtout le chef de département Mr. Massied*

*Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude aux membres de jury pour l'honneur qu'ils nous font en acceptant de juger notre travail*

## **Résumé :**

Un data warehouse (DW) est un système d'information complexe essentiellement utilisé dans le processus de prise de décision au moyen des applications On Line Analytical Processing (OLAP). Plusieurs méthodes et approches ont été présentées pour conceptualiser les différents parts d'un DW. Dans ce document, nous allons appliquer l'une des plus récentes et complète, d'entre elles, qui est basée sur le Unified Modeling Language (UML) dans un domaine assez important pour l'économie du pays : l'eau et plus précisément les Barrages. Nous avons essayé d'accomplir la conception de différentes phases, y compris l'Extracting-Transforming-Loading processus (ETL), et l'intégration de ces derniers en une seule cohérente Framework. Enfin, nous l'avons implémenté avec des outils open source de Business Intelligence (BI).

## **Mots clé :**

Data warehouse, business intelligence, décisionnel, UML, UP, ETL, barrage.

## **Abstract :**

A data warehouse (DW) is a complex information system primarily used in the decision making process by mean of On Line Analytical Processing (OLAP) applications. Various methods and approaches have been presented for designing different parts of DWs. In this paper, we will apply one of the most recent and complete, that it is based on the Unified Modeling Language (UML), in an enough important domain for the economy of countries: Water, much specifically Dams. We have tried to accomplish the different design phase, with the Extracting-Transforming-Loading process (ETL), and the integration of different design phases in a single and coherent framework. Finally, we have implemented it with open source Business Intelligence tools.

## **Key words:**

Data warehouse, Business Intelligence, decisional, UML, UP, ETL, Dam.

## **ملخص:**

مخزن المعلومات عبارة عن نظام معلوماتي معقد يستعمل بشكل خاص في سياق اتخاذ القرارات عن طريق التطبيقات التحليلية OLAP. تم تقديم عدة طرق و مناهج لتنظيم مختلف مراحل مخزن المعلومات. في هذا العمل سوف نقوم بتطبيق إحدى أحدث و أنجع هذه المناهج و التي تعتمد على UML, في مجال جد هام لاقتصاد البلاد ألا وهو الماء و تحديدا مجال السدود, لقد حاولنا استكمال تصور مختلف مراحل مخزن المعلومات, و حتى الاستخراج-التحويل-التحميل ETL, و إدماج هذا الأخير في مجسم واحد متلاحم. أخيرا جسدنا هذه الدراسة عن طريق أدوات الذكاء الاقتصادي المفتوحة المنبع.

## **مفاتيح**

مخزن المعلومات, الذكاء الاقتصادي, النظام التقريري, السدود, UML, UP, ETL.

## Sommaire

<b>Introduction générale</b>	<b>1</b>
1 Contexte général.....	1
2 Problématique.....	2
3 Objectifs.....	4
4 Organisation du mémoire.....	5
<b>I Etude Préalable</b>	
<b>1 Etude du domaine des barrages</b>	<b>7</b>
1.1 Présentation des barrages.....	7
1.2 Types de barrages.....	9
1.3 Organes et ouvrages annexes.....	18
1.4 Cycle de vie d'un barrage.....	20
1.5 Conclusion.....	21
<b>2 Systèmes Décisionnels : Etat de l'art</b>	<b>22</b>
2.1 Business Intelligence.....	22
2.2 Système décisionnel.....	25
2.3 Data warehouse.....	28
2.4 Composants d'un Data Warehouse.....	30
2.5 Processus de fonctionnement d'un système Data Warehouse.....	35
2.6 Les modèles de données.....	39
2.7 Technologie OLAP.....	48
2.8 Conclusion.....	52
<b>3 Etude de l'existant</b>	<b>53</b>
3.1 Présentation de l'organisme d'accueil.....	53
3.2 Organisation de l'ANBT.....	55
3.3 Système d'information de l'ANBT.....	60

3.4	Etude des processus de gestion de l'ANBT.....	64
3.5	Conclusion.....	67
<b>4</b>	<b>Démarches et choix de conception</b>	<b>68</b>
4.1	Introduction.....	68
4.2	La démarche de Ralph Kimball.....	68
4.3	La démarche de Mark A.R. Kortink et Daniel L. Moody.....	71
4.4	La démarche de Sergio Luján Mora.....	76
4.5	Analyse et conclusion.....	97
<b>II Conception du Data Warehouse de l'ANBT</b>		
<b>5</b>	<b>Définition des besoins</b>	<b>99</b>
5.1	Méthodes utilisées pour le recueil d'informations .....	99
5.2	Extraction des indicateurs et axes d'analyses.....	102
5.3	Diagrammes de cas d'utilisation.....	105
5.4	Conclusion.....	109
<b>6</b>	<b>Analyse</b>	<b>110</b>
6.1	Définition des règles d'entreprise .....	110
6.2	Identification des sources opérationnelles de données .....	113
6.3	Schémas conceptuels des sources de données.....	117
6.4	Conclusion.....	120
<b>7</b>	<b>Conception</b>	<b>121</b>
7.1	Introduction .....	121
7.2	Description.....	122
7.3	Schémas conceptuels du Data Warehouse.....	124
7.4	Conclusion.....	138

<b>8 Implémentation</b>	<b>139</b>
8.1 Schéma Logique du Data Warehouse .....	139
8.2 Modélisation du processus ETL du Data warehouse .....	147
8.3 Conception physique du Data warehouse .....	158
<b>III Mise en œuvre</b>	
<b>9 Environnement et outils de développement</b>	<b>163</b>
9.1 Architecture de développement.....	163
9.2 Environnement logiciel.....	164
9.3 Implémentation.....	167
9.4 Conclusion.....	174
<b>10 Démonstration du système</b>	<b>175</b>
10.1 Authentification.....	175
10.2 Interface administrateur.....	176
10.3 Interface Tableau de bord.....	179
10.4 Conclusion.....	181
<b>Conclusion générale</b>	<b>182</b>

**Glossaire**

**Bibliographie**

## Liste des Figures

Figure 1.1	Vue transversale 3D d'un Barrage.....	7
Figure 1.2	Critères de choix du barrage.....	9
Figure 1.3	Les barrages en béton.....	10
Figure 1.4	Barrage-poids.....	11
Figure 1.5	Barrage-voûte.....	12
Figure 1.6	Barrage à contrefort.....	13
Figure 1.7	Barrage K'sob (M'Sila).....	13
Figure 1.8	Les Barrages en remblai.....	15
Figure 1.9	Barrage zoné.....	17
Figure 1.10	Barrage à masque.....	18
Figure 1.11	Evacuation de crue (Barrage Oued Cherf, GUELMA).....	18
Figure 2.1	Etapas du processus d'intelligence économique.....	23
Figure 2.2	Structure du Système décisionnel.....	27
Figure 2.3	Architecture du système décisionnel.....	30
Figure 2.4	Data Mart... ..	32
Figure 2.5	Fonctionnement d'un système de Data Warehouse.....	36
Figure 2.6	Système d'information décisionnel.....	40
Figure 2.7	Schéma de faits.....	43
Figure 2.8	Exemple d'hierarchie.....	44
Figure 2.9	Modèle en étoile.....	45
Figure 2.10	Modèle en flocon.....	46
Figure 2.11	Modèle en constellation.....	47
Figure 2.12	Cube OLAP.....	48
Figure 3.1	Organigramme de l'ANBT.....	56
Figure 3.2	Organigramme de la Direction des Etudes Technique.....	57
Figure 3.3	Organigramme de la Direction des Réalisations.....	58
Figure 3.4	Organigramme de la D.C.M.I.....	59
Figure 4.1	Schéma du cycle de vie multidimensionnel.....	69
Figure 4.2	Schéma en Grappe .....	73

Figure 4.3	Schéma en Terrasse.....	74
Figure 4.4	Cycle de vie du projet.....	82
Figure 4.5	Schéma Conceptuel du Data Warehouse (niveau 1).....	85
Figure 4.6	Schéma Conceptuel du Data Warehouse (niveau 2).....	86
Figure 4.7	Schéma Physique du Data Warehouse.....	87
Figure 4.8	Différents schémas pour conceptualiser un data warehouse....	91
Figure 4.9	Etapes de la méthode DWEP.....	96
Figure 7.1	Icônes des stéréotypes d'un package.....	122
Figure 7.2	Icônes des stéréotypes des classes.....	122
Figure 7.3	Différence entre le modèle MD classique et le modèle MD du niveau 2 de l'approche UML.....	123
Figure 7.4	Définition du modèle conceptuel de l'ANBT_DW.....	125
Figure 7.5	Définition du schéma en étoile Evaluation Projets.....	127
Figure 7.6	Définition du schéma en étoile Avancement Projets.....	128
Figure 7.7	Définition du schéma en étoile Suivi Projet.....	129
Figure 7.8	Définition du schéma en étoile Evaluation Barrage.....	130
Figure 7.9	Définition du schéma en étoile Situation Climatique.....	131
Figure 7.10	Définition du schéma en étoile Pluviométrie (niveau 2).....	132
Figure 7.11	Définition du schéma en étoile de la Situation Hydraulique....	133
Figure 7.12	Définition du schéma en étoile de l'Utilisation de l'eau.....	134
Figure 7.13	Définition du schéma en étoile Défluent .....	135
Figure 7.14	Définition du schéma en étoile des Pertes.....	136
Figure 7.15	Définition du schéma en étoile Situation Physique.....	137
Figure 8.1	Eléments des diagrammes et leurs icônes appropriées.....	140
Figure 8.2	Processus ETL de la Dimension Etat Projet.....	148
Figure 8.3	Processus ETL de la table de dimension Opération.....	149
Figure 8.4	Processus ETL des deux dimensions Age Barrage et Temps... 150	
Figure 8.5	Processus ETL de la Dimension Phase.....	151
Figure 8.6	Processus ETL de la dimension Zone.....	152
Figure 8.7	Processus ETL de la Table de Fait Evaluation des Projets.....	153
Figure 8.8	Processus ETL de la Table de Fait Avancement Projet.....	154

Figure 8.9	Processus ETL de la Table de Fait Situation Climatique.....	155
Figure 8.10	Processus ETL de la Table de Fait Situation Hydraulique.....	155
Figure 8.11	Processus ETL des Tables de Faits Utilisation de l'eau, le Défluent et les Pertes.....	156
Figure 8.12	Processus ETL de la Table de Fait Situation Physique.....	157
Figure 9.1	Architecture client/serveur trois tiers.....	163
Figure 9.2	Architecture de MySQL Server .....	164
Figure 9.3	Partenaires de MySQL Data warehousing/BI.....	165
Figure 9.4	Architecture du futur système décisionnel de l'ANBT.....	166
Figure 9.5	Ouverture du projet ANBT_DW créé.....	167
Figure 9.6	L'interface de JasperETL.....	168
Figure 9.7	Création d'une connexion avec la base de données.....	168
Figure 9.8	Récupération du schéma de la base de données.....	169
Figure 9.9	Création et design d'un job.....	169
Figure 9.10	Exemple d'un job (Table de Faits évaluation des barrages).....	170
Figure 9.11	Configuration d'un mappage (TF évaluation des barrages).....	170
Figure 9.12	Interface de JasperAnalysis.....	171
Figure 9.13	connexion avec l'entrepôt de donnée ANBT_DW.....	171
Figure 9.14	Exemple d'un schéma OLAP.....	172
Figure 9.15	Interface de création des rapports d'iReport.....	172
Figure 9.16	Construction des requêtes.....	173
Figure 9.17	Requête SQL d'un rapport.....	173
Figure 9.18	Design d'un rapport.....	174
Figure 10.1	Interface d'authentification.....	175
Figure 10.2	Interface Administrateur.....	176
Figure 10.3	Ajouter un décideur.....	177
Figure 10.4	Confirmation de l'ajout de l'utilisateur.....	178
Figure 10.5	Suppression d'Utilisateur.....	178
Figure 10.6	Activité Gestion des Projets .....	179
Figure 10.7	Activité Avancement des projets.....	180
Figure 10.8	Activité Gestion des Barrages.....	180
Figure 10.9	Activité Contrôle Technique.....	181

## Liste des Diagrammes

Diagramme 5.1	Use case de Evaluation des projets.....	105
Diagramme 5.2	Use case de la situation d'avancement des projets .....	105
Diagramme 5.3	Use case du suivi des projets.....	106
Diagramme 5.4	Use case de l'évaluation des barrages.....	106
Diagramme 5.5	Use case de la situation climatique .....	106
Diagramme 5.6	Use case pluviométrie.....	107
Diagramme 5.7	Use case de la situation hydraulique.....	107
Diagramme 5.8	Use case de l'utilisation de l'eau.....	107
Diagramme 5.9	Use case défluent.....	108
Diagramme 5.10	Use case des pertes.....	108
Diagramme 5.11	Use case de situation physique.....	108
Diagramme 6.1	Schéma conceptuel de la base de données « Gestion des projets ».....	118
Diagramme 6.2	Schéma conceptuel de la base de données « Gestion des barrages ».....	119
Diagramme 7.1	Définition du schéma en étoile Evaluation Projets....	127
Diagramme 7.2	Définition du schéma en étoile Avancement Projets...	128
Diagramme 7.3	Définition du schéma en étoile Suivi Projet.....	129
Diagramme 7.4	Définition du schéma en étoile Evaluation Barrage....	130
Diagramme 7.5	Définition du schéma en étoile Situation Climatique....	131
Diagramme 7.6	Définition du schéma en étoile Pluviométrie.....	132
Diagramme 7.7	Définition du schéma en étoile Situation Hydraulique...	133
Diagramme 7.8	Définition du schéma en étoile de l'Utilisation de l'eau	134
Diagramme 7.9	Définition du schéma en étoile Défluent.....	135
Diagramme 7.10	Définition du schéma en étoile des Pertes.....	136
Diagramme 7.11	Définition du schéma en étoile Situation Physique....	137
Diagramme 8.1	Schéma Logique Evaluation Projet.....	141
Diagramme 8.2	Schéma Logique Avancement Projet.....	141
Diagramme 8.3	Schéma Logique Suivi Projet.....	142
Diagramme 8.4	Schéma Logique Evaluation Barrages.....	142

Diagramme 8.5	Schéma Logique Situation Climatique.....	143
Diagramme 8.6	Schéma Logique Pluviométrie.....	143
Diagramme 8.7	Schéma Logique Situation Hydraulique.....	144
Diagramme 8.8	Schéma Logique Utilisation de l'eau.....	144
Diagramme 8.9	Schéma Logique Défluent.....	145
Diagramme 8.10	Schéma Logique Pertes.....	145
Diagramme 8.11	Schéma Logique Situation Physique.....	146

### Liste des Tableaux

Tableau 1.1	Critères de choix du barrage.....	10
Tableau 1.2	Avantages et inconvénients des Barrages-poids.....	12
Tableau 1.3	Avantages et inconvénients des Barrages-voûtes.....	13
Tableau 1.4	Avantages et inconvénients des Barrages à contreforts.....	14
Tableau 1.5	Avantages et inconvénients des Barrages en remblai.....	15
Tableau 2.1	Comparaison entre les technologies OLAP.....	50
Tableau 3.1	Récapitulation des applications de l'A.N.B.T.....	63
Tableau 4.1	Les différents diagrammes et profils utilisés dans le DWEP...	78
Tableau 4.2	Stéréotypes principaux du profile UML.....	92
Tableau 4.3	Stéréotypes ETL du profile UML.....	94
Tableau 5.1	Tableau récapitulatif des indicateurs.....	103
Tableau 5.2	Tableau récapitulatif des dimensions.....	104
Tableau 6.1	Liste des tables et attributs de la BDD « gestion de projet»...	114
Tableau 6.2	Liste des tables et attributs de la BDD« gestion des barrages»	116

## Lexique

### **DM** : Data Mart

Tandis qu'un DW combine les bases de données à travers une entreprise entière, un DM est usuellement plus petit et se concentre sur un sujet ou département particulier. Les DM sont appelés aussi les structure de requêtes de haute performance par quelques auteurs. Voir aussi DW.

### **DSS** : Decision Support System

Un système interactif informatisé qui regroupe est présente les données à partir d'une large gamme de sources, typiquement pour des buts d'entreprise. Les applications DSS aident les utilisateurs à prendre des décisions basées sur les données qui sont regroupées d'une large gamme de sources.

### **DW** : Data Warehouse

Une collection de données conceptualisée pour supporter les décisions de gestion d'une entreprise. Un DW contient une large variété de données qui présentent une image cohérente des conditions d'entreprise en un seul point dans le temps. Voir aussi DM.

### **EER** : Extended Entity-Relationship

L'EER inclut toutes les sémantiques mais il utilise des concepts de modélisation sémantique additionnels. Par exemple, les modèles EER peuvent représenter les sous-classes, les superclasses, les spécialisations, les généralisations, et la catégorisation. Voir aussi ER.

### **ER** : Entity-Relationship

Le modèle ER a été à l'origine proposé par Peter Chen en 1976, c'était une façon d'unifier le réseau et les vues de bases de données relationnelles. Le modèle ER est un modèle de données conceptuel qui représente le monde réel comme étant des entités (avec attributs) et relations. Voir aussi EER.

**ETL : Extraction, Transformation, Loading**

Processus qui extrait les données d'une source de données (la plus part de temps une base de données) et la charge en une cible de données. Ces activités peuvent être définies comme suit :

- Extraire: le processus de lecture de données à partir d'une source de données.
- Transformer: le processus de conversion de la donnée extraite de sa forme précédente à la forme qu'a besoin pour être placée dans la cible de données. La transformation se fait par l'utilisation des rôles, par combinaison de la donnée avec une autre, etc.
- Charger: le processus d'écriture de la donnée dans la cible de données.

**HOLAP : Hybrid OLAP**

Un type d'OLAP. Les produits HOLAP combinent entre MOLAP et ROLAP. Avec les produits HOLAP, une base de données relationnelle stocke plus de données. Une base de données MD séparés stocke la plus dense donnée, qui est typiquement une petite proportion de la donnée. Voir aussi MOLAP, OLAP, ROLAP.

**HTTP : HyperText Transfer Protocol**

Le sous protocole utilisé par le WWW. HTTP définit comment les messages sont formés et transmis, et quelles actions doivent faire les serveurs web et les browsers.

**MD : Multidimensional**

Appliquer à n'importe quel système qui est conceptualisé pour analyse de larges groupes organisés dans un espace dimensionnel. Voir aussi MOLAP.

**MOLAP : Multidimensional OLAP**

Un type d'OLAP. MOLAP fournit les analyses de données par mettre les données dans une structure de cube. Plus réussis, les produits MOLAP utilise

une approche de multi-cube dans lesquels des séries de cubes petits, denses, précalculés forme un hyper-cube. Voir aussi HOLAP, OLAP, ROLAP.

**OCL : Object Constraint Language**

Un langage d'expression qui peut être utilisé pour définir les expressions dans les modèles OO, en particulier les modèles UML. Ces expressions enrichissent le modèle respectif avec des annotations précises et ambiguës.

**OLAP : OnLine Analytical Processing**

Une catégorie des outils logiciels qui fournissent des analyses de données stockées, dans une base de données. Les outils OLAP permet aux utilisateurs d'analyser les données grâce à des fonctions spéciales qui manipulent les données. Les vendeurs offrent une variété de produits OLAP qui sont groupés en trois catégories: ROLAP, MOLAP, et HOLAP. Voir aussi HOLAP, MOLAP, ROLAP.

**OLTP : OnLine Transaction Processing**

L'ensemble des activités et systèmes associés aux données rentrant à une base de données. Selon Ralph Kimball, "Le point de processus de transaction est de procéder à un très large nombre de transactions minuscules et atomiques sans perdre aucune d'entre elles".

**OMG : Object Management Group**

Un consortium international qui bute à produire des frameworks communs pour le développement des applications utilisant des techniques de programmation OO. OMG est responsable de différentes spécifications, telles que CORBA, MOF, UML, etc.

**OO : Object Oriented**

Un terme qui est généralement utilisé pour décrire un système qui s'accorde essentiellement avec différents types d'objets, et où les actions qu'on peut faire dépendent de quel type d'objets on est en train de manipuler. OO peut

signifier différentes choses dépendant de la façon qu'on l'utilise: Object Oriented Language, Object Oriented Programming, Object Oriented Database.

**ROLAP : Relational OLAP**

Un type d'OLAP. Les produits ROLAP adaptent les bases de données relationnelles traditionnelles pour supporter OLAP. ROLAP est basé sur le schéma en étoile de Kimball. Voir aussi HOLAP, MOLAP, OLAP.

**SEP : Software Engineering Process**

SEP, connu aussi comme Software Development Process, définit un processus dans lequel les besoins d'utilisateurs sont transformés en logiciels.

**SQL : Structured Query Language**

Un langage standard de requêtes pour interrogation des bases de données. Il existe différents dialectes de SQL parce que chaque vendeur définit des extensions.

**UML : Unified Modeling Language**

Selon la Spécification UML, "le Unified Modeling Language (UML) est un langage graphique pour la visualisation, spécification, construction, et documentations des artefacts d'un système logiciel intensif".

**UP : Unified Process**

Unified Software Development Process, aussi connu comme UP, est un SEP industriel standard des auteurs d'UML. Tandis qu'UML définit un langage de modélisation visuel, UP spécifie comment développer un logiciel en utilisant UML.

Partie 1:

# Etude préalable

## ■ ■ ■ Dans cette partie :

Chapitre 1:

**Etude du domaine des barrages**..... 7

Chapitre 2:

**Etat de l'art**..... 22

Chapitre 3:

**Etude de l'existant**..... 53

Chapitre 4:

**Démarches et choix de conception**..... 68

## Chapitre 1:

# Etude du domaine des barrages

### ■ ■ ■ Dans ce chapitre :

1 Présentation des barrages..... 7

2 Types de barrages..... 9

3 Organes et ouvrages annexes..... 18

4 Cycle de vie d'un barrage..... 20

5 Conclusion..... 21

## **Introduction :**

Avant d'entamer notre travail, qui tourne autour d'un ouvrage hydraulique : le barrage, nous avons jugé nécessaire d'ajouter ce chapitre dans le but de se familiariser avec les termes hydrauliques, et mieux comprendre le domaine, pour pouvoir représenter fidèlement le domaine en question.

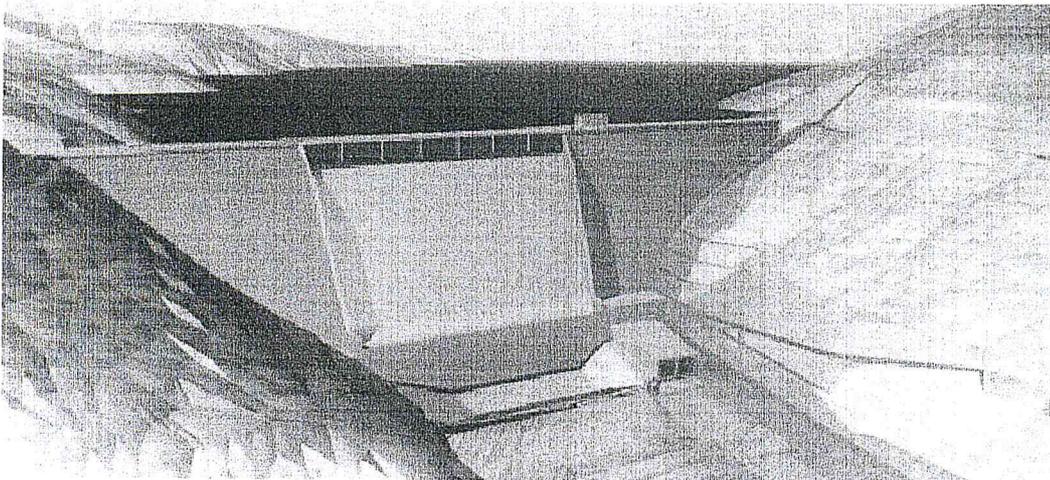
## **1. Présentation des Barrages :**

### **1.1. Définition d'un barrage :**

Les barrages sont des ouvrages d'art construits en travers d'un cours d'eau (Oued en général) et destinés à en retenir l'eau, pour diverses utilisations.

Les barrages sont des ouvrages de génie civil remarquables à plusieurs titres :

- Par leurs dimensions ;
- Par l'ampleur des conséquences que pourrait avoir leurs ruptures ;
- Par l'impact qu'ils ont sur les paysages. [1]



**Figure 1.1:** Vue transversale 3D d'un barrage. [2]

### 1.2. Objectifs d'un barrage :

Le but essentiel d'un barrage est de « stocker de l'eau », mais certains ouvrages peuvent combiner plusieurs usages. Parmi ces fonctions on trouve :

- *Irrigation* des cultures, en particulier dans les régions arides ou semi-arides ;
- *Alimentation en eau* des hommes et des animaux, ainsi que des entreprises et de l'industrie ;
- *Régularisation* du débit des rivières ou des fleuves (maintien d'un niveau minimum des eaux en période de sécheresse) ;
- *Régularisation* des rivières navigables et alimentation des canaux (eau de consommation des écluses) ;
- *Nivellement des crues* ;
- *Production d'énergie électrique* ;
- *Alimentation* des industries en eau de refroidissement (centrales thermiques par exemple) ;
- *Décantation et stockage* de déchets miniers ;
- *Pisciculture* ou *élevage* d'autres espèces animales ou végétales aquatiques ;
- *Création de paysages*, de zones de repos ou de centres sportifs ;
- *Préventions* relatives des catastrophes naturelles (crues, inondation...) ;
- *Lutte contre les incendies* ;
- *La plaisance* ; [1]

### 1.3. Fonctions d'un barrage :

En réalité, beaucoup d'ouvrages répondent à plusieurs usages, mais un barrage est destiné à :

- ✓ Alimentation en eau potable.
- ✓ Irrigation de périmètre.
- ✓ Usine hydroélectrique.

## 2. Types de barrages :

Chaque barrage est cas particulier par ses dimensions, la nature du terrain sur lequel il s'appuie, l'importance des débits dans la rivière etc. Toutefois, par sa conception générale et les matériaux qui le constituent.

### 2.1. Critères de choix du barrage :

La forme de la vallée, la nature du sol, les matériaux à disposition sur le site déterminent le type de barrage.

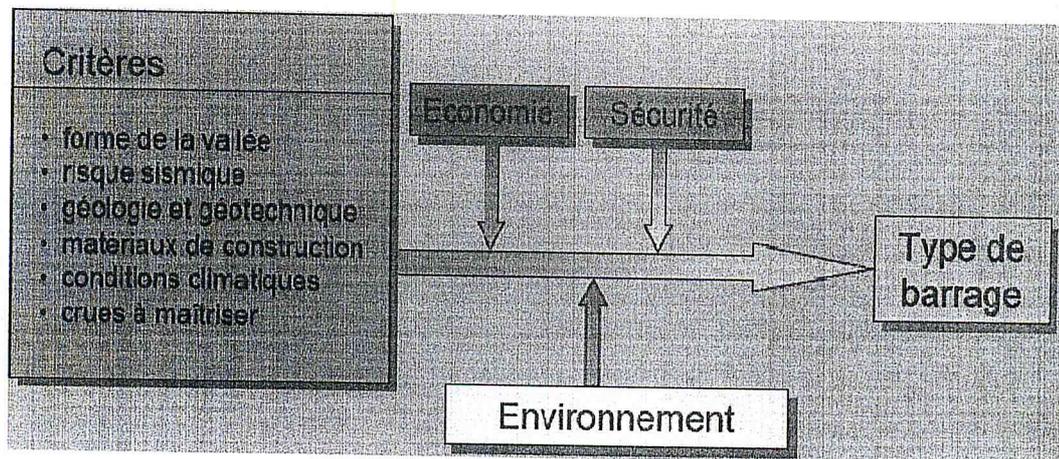


Figure 1.2: Critères de choix du barrage [3]

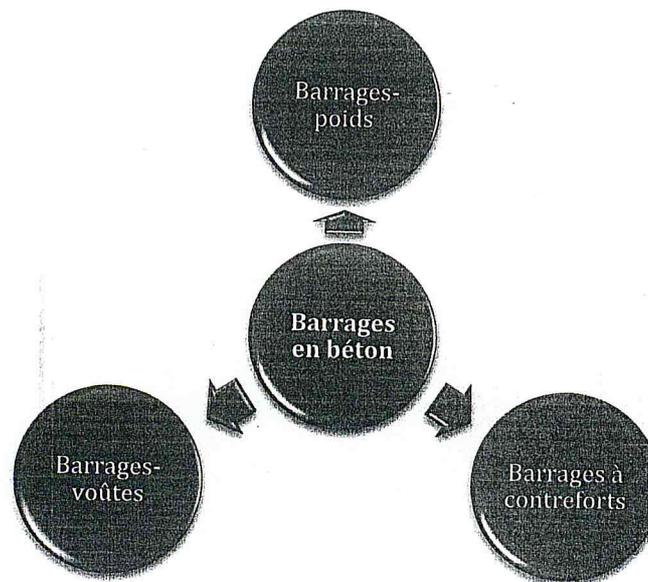
<b>Poids propre</b>	Le poids des matériaux de construction eux-mêmes induit des contraintes dans le barrage.
<b>Pression de l'eau</b>	La pression de l'eau croît proportionnellement avec la profondeur.
<b>Sous-pressions</b>	Les infiltrations d'eau, minimales mais inévitables, à travers le corps du barrage et ses fondations, créent des forces de sous-pression.
<b>Température</b>	Les variations de température dans le matériau, dues au dégagement de chaleur lors de la prise du béton, ou aux températures extérieures, créent des contraintes dans l'ouvrage (notamment dans les barrages-voûtes).

<b>Crues</b>	Le dépassement du niveau d'exploitation normale dans la retenue apporte une sollicitation supplémentaire.
<b>Gel</b>	La couche de glace, qui peut apparaître durant l'hiver à la surface du lac, crée, dans certaines conditions, une force sur le barrage
<b>Sédiments</b>	Des sollicitations supplémentaires du barrage peuvent résulter de l'accumulation de sable et de gravier dans la retenue.
<b>Séismes</b>	Les secousses créées par des tremblements de terre imposent au barrage des forces alternées rapides.

**Tableau 1.1:** Critères de choix du barrage [3]

Il peut généralement être classé dans l'un des types suivants :

## 2.2. Barrages en béton ou en maçonnerie :



**Figure 1.3:** Les barrages en béton

### 2.2.1. Barrages-poids :

Un barrage poids est un barrage dont la forme est généralement simple, à une section triangulaire ou trapézoïdale dans la plupart des cas ; sa propre masse suffit à résister à la pression exercée par l'eau. Ce sont des barrages souvent relativement épais. [4]

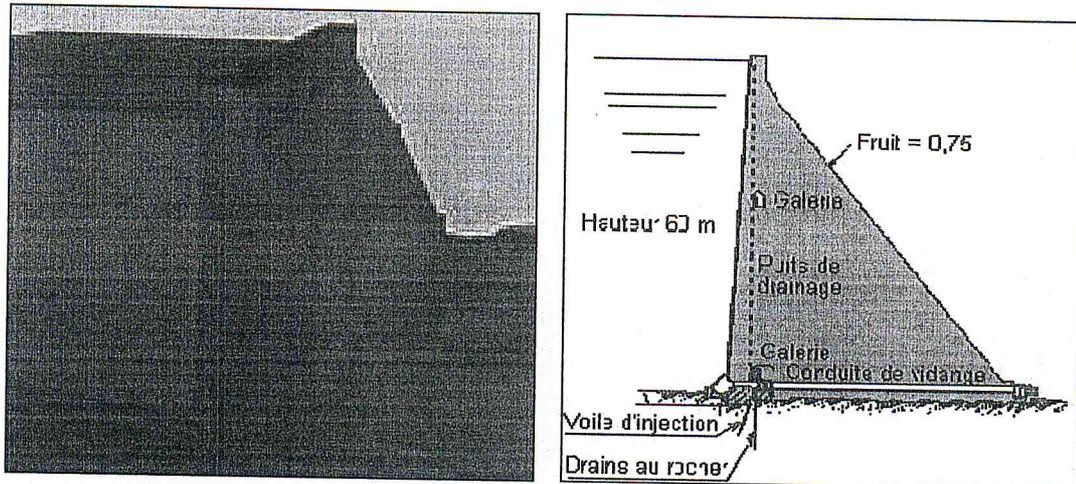


Figure 1.4: barrage-poids [5]

- **Avantages et inconvénients :**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Faibles contraintes dans le béton.</li> <li>- Faibles contraintes transmises par la fondation au rocher.</li> <li>- Les variations de températures ne produisent que de faibles variations de contraintes.</li> <li>- L'évacuateur de crue peut facilement combiner avec le barrage (diriger les crues directement par dessous).</li> <li>- Le gradient des sous-pressions à travers la fondation est faible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les sous-pressions sont importantes dans la fondation.</li> <li>- Moyen risque de tassement.</li> <li>- Le volume du béton est important.</li> <li>- Le volume d'excavation de la fouille est important.</li> <li>- Fragilité au séisme (si les joints entre les blocs ne sont pas faits par injections).</li> </ul>

	- L'échauffement du béton par la prise du ciment est assez problématique.
--	---

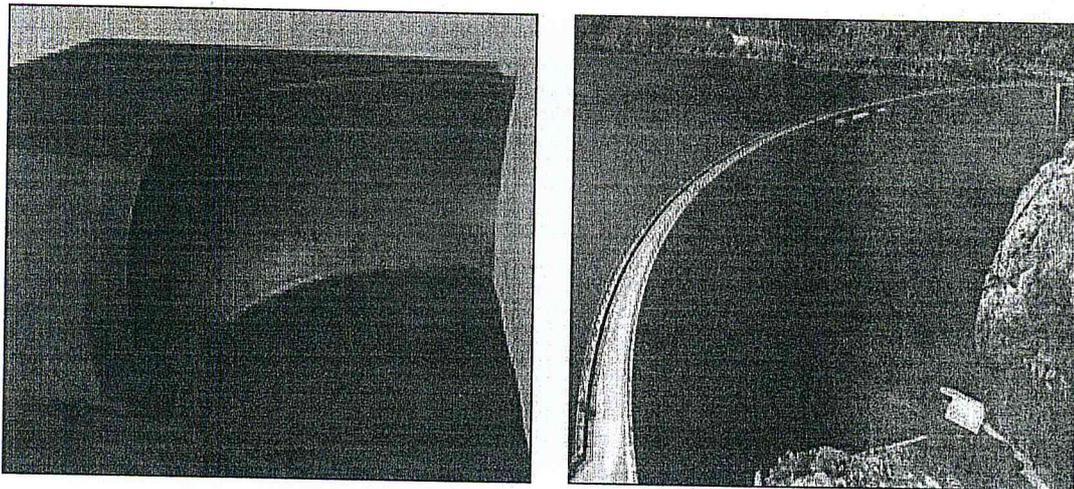
**Tableau 1.2:** Avantages et inconvénients des Barrages-poids [4]

### 2.2.2. Barrages-voûtes :

C'est le type de barrage le plus « intelligent » de part sa forme. Le béton ne travaille qu'en compression. Ses progrès sont allés de pair avec l'amélioration de la qualité des ciments, la maîtrise de la fabrication et de la mise en place des bétons.

Comme son nom l'indique il résiste à la pression de l'eau par l'effet voûte, c'est à dire en s'arcbutant sur les flancs de la vallée. Son mode de résistance est donc très différent de celui d'un barrage-poids et met en jeu, non plus l'équilibre statique de tranches verticales parallèles, mais l'équilibre élastique de l'ensemble de l'ouvrage. Par contre, il sollicite fortement ses appuis et exige donc un rocher de bonne qualité pour rester dans le domaine élastique.

La technique de barrage-voûte nécessite une vallée plutôt étroite et un bon rocher de fondation.



**Figure 1.5:** barrage-voûte [5]

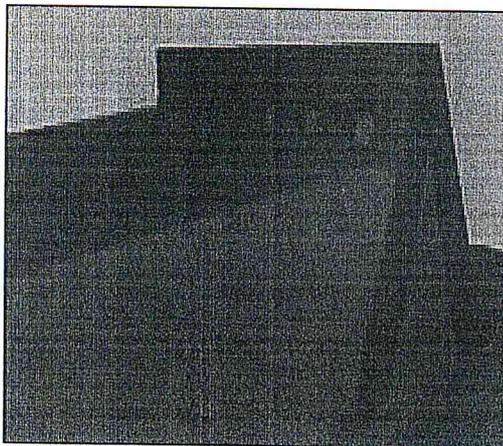
- **Avantages et inconvénients :**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Le volume du béton est faible.</li> <li>- La fouille est assez petite.</li> <li>- La résistance au séisme est haute.</li> <li>- Les sous-pressions au niveau de la fondation sont faibles (la surface de la fondation est petite).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les contraintes sont importantes dans le béton et dans le rocher.</li> <li>- Les forces sont transmises obliquement dans les appuis.</li> <li>- Moyen risque de tassements.</li> <li>- L'échauffement du béton par la prise du ciment est à considérer.</li> <li>- L'intégration de l'évacuateur de crues (grands débits) dans le barrage est difficile.</li> <li>- Le gradient des sous-pressions au niveau de la fondation est très grand.</li> <li>- Les sous-pressions dans les fissures du rocher peuvent provoquer des glissements d'appuis.</li> </ul>

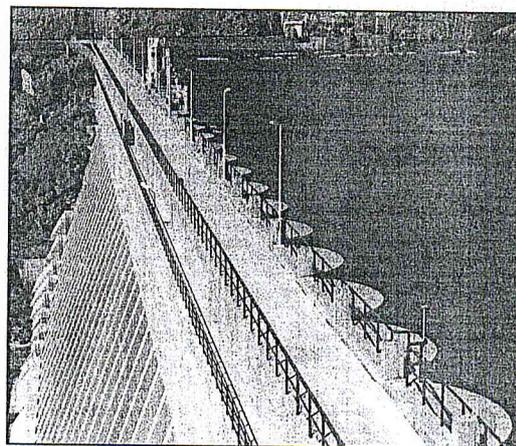
**Tableau 1.3:** Avantages et inconvénients des Barrages-voûtes [4]

### 2.2.3. Barrages à contreforts :

Lorsque les appuis sont trop distants, ou lorsque le matériau local est tellement compact qu'une extraction s'avère presque impossible, la technique du barrage à contreforts permet de réaliser un barrage à grande économie de matériaux.



**Figure 1.6:** Barrage à contrefort [5]



**Figure 1.7:** Barrage Ksob (M'Sila)

Le mur plat en béton s'appuie sur des contreforts en béton armé encastrés dans la fondation, en laissant des évidements, qui reportent la poussée de l'eau sur les fondations inférieures et sur les rives.

Les barrages à contreforts sont bien adaptés aux vallées larges avec une fondation rocheuse de bonne qualité.

- **Avantages et inconvénients :**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Les contraintes transmises par la fondation au rocher sont moyennes.</li> <li>- Les sous-pressions au niveau de la fondation sont faibles.</li> <li>- Le volume du béton est faible.</li> <li>- L'échauffement du béton est faible.</li> <li>- Les risques de tassements sont moyens.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Très susceptible au séisme.</li> <li>- La résistance à l'accélération latérale est presque non-existante.</li> <li>- La fouille est importante.</li> <li>- Le gradient des sous-pressions au niveau de la fondation est localement très élevé.</li> <li>- Les contraintes dues au gradient de température peuvent devenir importantes à la tête du contrefort.</li> </ul>

**Tableau 1.4:** Avantages et inconvénients des Barrages à contreforts [4]

### 2.3. Barrages en remblais :

On appelle barrages en remblais tous les barrages constitués d'un matériau meuble, qu'il soit très fin (argile) ou très grossier (enrochements).

- **Avantages et inconvénients :**

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Le corps du barrage est très flexible et adaptable aux conditions du terrain.</b></li> <li>- <b>Peu susceptible aux tassements et aux séismes.</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Mise en place de grands volumes de matériaux.</li> <li>- Le remblai du noyau en</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Petite à moyenne fouille. La digue n'est pas forcément fondée sur un rocher sain.</li> <li>- La compression du sol est faible.</li> <li>- Le gradient des sous-pressions au niveau de la fondation ou du noyau est faible.</li> </ul>	<p>argile est influencé par les conditions atmosphériques (climat pluie).</p>
--	---

**Tableau 1.5:** Avantages et inconvénients des Barrages en remblai [6]

Cette famille regroupe plusieurs catégories, très différentes. Les différences proviennent des types de matériaux utilisés, et de la méthode employée pour assurer l'étanchéité.



**Figure 1.8:** Les Barrages en remblai

### 2.3.1. Barrages en terre homogène :

Les barrages en terre homogène sont des digues en remblai constituées d'un seul matériau meuble suffisamment imperméable pour assurer à la fois l'étanchéité et la résistance. La terre est généralement mise en place par compactage. C'est la technique la plus ancienne de barrages en remblai.

La structure des barrages est souvent complétée par des dispositifs de drainage tels que :

- Une butée aval drainante ;
- Un tapis drainant sous le tiers ou la moitié aval ;
- Une cheminée drainante communiquant avec l'aval par un tapis ou des bretelles.

Des protections peuvent être disposées sur les faces extérieures : enrochements sur le parement amont pour éviter l'érosion due aux vagues, terre végétale engazonnée ou enrochements sur le parement aval pour stabiliser la terre vis-à-vis du ruissellement de la pluie. [7]

Ce type de barrages est bien adapté aux sites ayant une fondation déformable. De conception rustique, ils ont une grande emprise au sol, n'engendrent que peu de contraintes, s'accompagnent en fondation de faibles gradients d'écoulement et peuvent accepter des tassements de la fondation. Par contre, ils ne supportent pas bien les variations rapides du plan d'eau et ne supportent pas ou très peu la submersion par dessus la crête.

### 2.3.2. Barrages zonés :

Les barrages zonés, sont des barrages en remblai constitués de plusieurs types des matériaux disposés de façon à assurer séparément les fonctions de stabilité du barrage et d'étanchéité.

Le découpage du corps du barrage en matériaux différents est appelé *zonage*.

Il permet de faire de grandes économies dans les volumes mis en œuvre et d'utiliser au mieux les matériaux disponibles sur le site.

Il existe beaucoup de types de zonages dans la mesure où chaque ouvrage est conçu en fonction des matériaux trouvés sur le site ou immédiatement à proximité. Les plus classiques comportent :

- *Un noyau d'étanchéité* constitué de terres argileuses, d'argile, de terres caillouteuses ou tout autre matériau terreux comportant une forte proportion de matériaux fins lui conférant une faible perméabilité;

- Une recharge amont en matériau drainant assurant la stabilité amont même après une vidange rapide ;
- Une recharge aval stabilisatrice en matériau peu déformable ;
- Une protection amont en enrochements, dalles ou autres dispositifs ;
- Un drain interposé entre le noyau et la recharge aval, si celle-ci n'est pas suffisamment perméable, pour évacuer sans pression les écoulements parvenus sur la face aval du noyau ;
- Des matériaux de transition (*filters*) entre ces différents massifs lorsque leurs granulométries respectives le justifient de manière à éviter toute érosion interne par entraînement de particules d'un matériau vers le matériau adjacent.

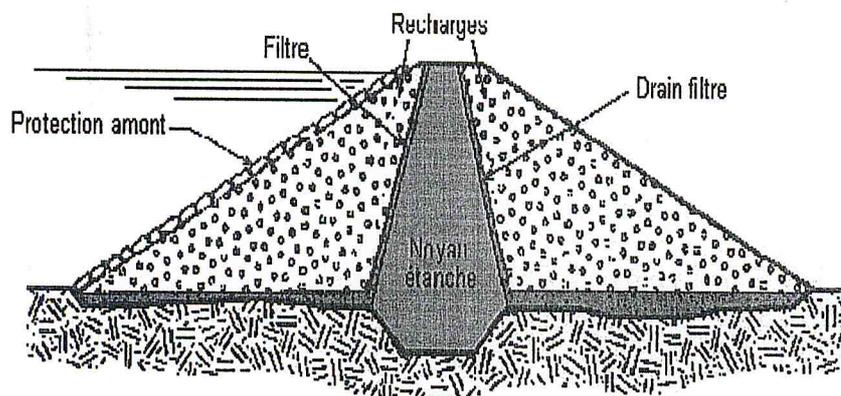


Figure 1.9: barrage zoné [7]

### 2.3.3. Barrages à masques :

Les barrages à masque sont constitués d'un remblai plus ou moins perméable assurant la stabilité d'ensemble. Un écran imperméable, appelé « *masque* », est mis en place sur le parement amont de façon à rendre le barrage étanche et lui permettre de retenir l'eau du réservoir.

Le « *masque* » qui constitue l'organe d'étanchéité amont est classiquement réalisé en béton. Son épaisseur est limitée, ce qui lui permet de s'adapter aux déformations faibles mais inévitables du massif support. La présence du masque en parement amont présente le double avantage de permettre des réparations en cas de dégradation du masque, mais aussi d'autoriser des vidanges de retenue très rapides.

- Une recharge amont en matériau drainant assurant la stabilité amont même après une vidange rapide ;
- Une recharge aval stabilisatrice en matériau peu déformable ;
- Une protection amont en enrochements, dalles ou autres dispositifs ;
- Un drain interposé entre le noyau et la recharge aval, si celle-ci n'est pas suffisamment perméable, pour évacuer sans pression les écoulements parvenus sur la face aval du noyau ;
- Des matériaux de transition (*filtres*) entre ces différents massifs lorsque leurs granulométries respectives le justifient de manière à éviter toute érosion interne par entraînement de particules d'un matériau vers le matériau adjacent.

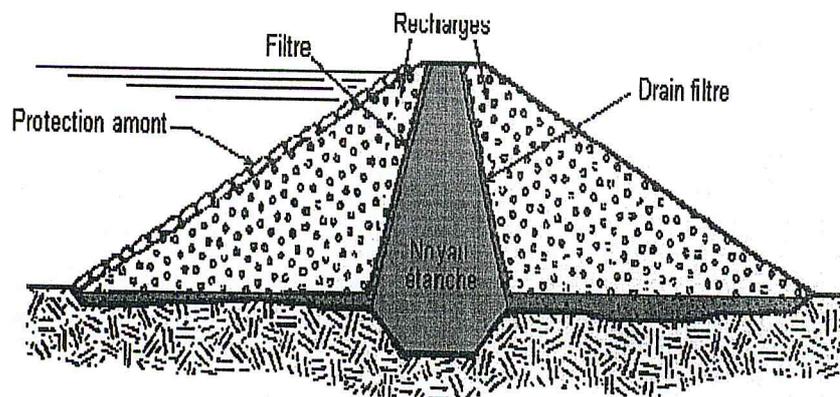


Figure 1.9: barrage zoné [7]

### 2.3.3. Barrages à masques :

Les barrages à masque sont constitués d'un remblai plus ou moins perméable assurant la stabilité d'ensemble. Un écran imperméable, appelé « *masque* », est mis en place sur le parement amont de façon à rendre le barrage étanche et lui permettre de retenir l'eau du réservoir.

Le « *masque* » qui constitue l'organe d'étanchéité amont est classiquement réalisé en béton. Son épaisseur est limitée, ce qui lui permet de s'adapter aux déformations faibles mais inévitables du massif support. La présence du masque en parement amont présente le double avantage de permettre des réparations en cas de dégradation du masque, mais aussi d'autoriser des vidanges de retenue très rapides.

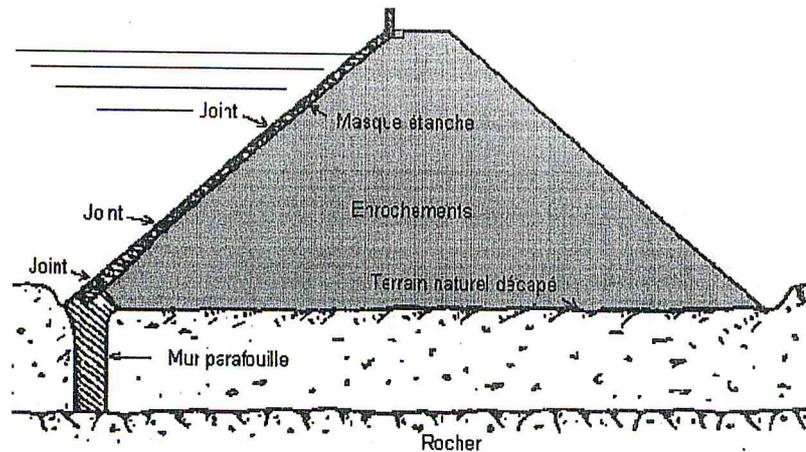


Figure 1.10: Barrage à masque [7]

### 3. Organes et ouvrages annexes :

#### 3.1. Evacuateur de crue :

C'est un organe hydraulique permettant l'évacuation de trop-plein dans le lac de retenue en cas de crue. [8]

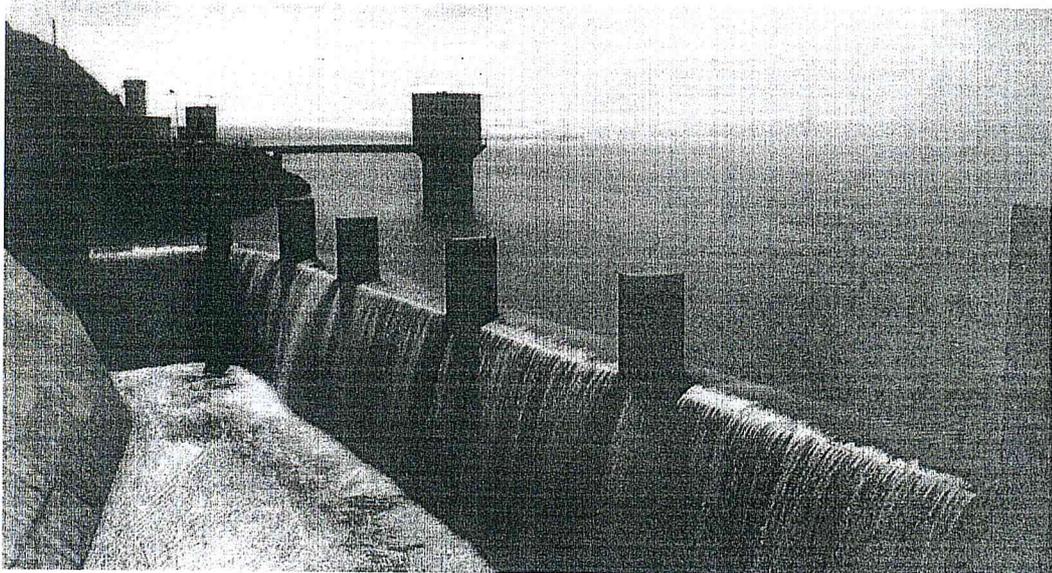


Figure 1.11: Evacuation de crue (Barrage Oued Cherf, GUELMA)

Pour les digues, l'évacuateur de crues en béton est séparé du barrage et placé latéralement. Le corps peu résistant d'un barrage en terre ou en enrochements serait rapidement emporté par une crue.

Pour les barrages en béton, les crues sont évacuées par un déversoir<sup>1</sup> situé sur le couronnement de l'ouvrage, ou encore par des ouvertures dans le corps du barrage, munies de vannes.

### 3.2. Vidange de fond :

C'est un organe hydraulique situé en partie inférieure du barrage, permettant de vider totalement la retenue.

C'est un élément très important d'un barrage qui doit assurer :

- La vidange complète d'un bassin (purges, révisions) ;
- La montée contrôlée du plan d'eau lors du premier remplissage (comportement du barrage et des rives inondées) ;
- Le contrôle du plan d'eau en cas d'événement particuliers (instabilité des rives) ;
- L'abaissement du plan d'eau en périodes de danger (dangers naturels ou conflits) ;
- L'alimentation du cours d'eau aval dans certains cas.

### 3.3. Prise d'eau :

La prise d'eau constitue l'entrée de la galerie d'amenée de l'eau du réservoir jusqu'à la centrale. [8]

---

<sup>1</sup> Voir Glossaire

#### 4. Cycle de vie d'un barrage :

Le cycle de vie d'un barrage passe par les phases suivantes [1]:

##### 4.1. Etude :

- Etude préliminaire : comprend la documentation, la visite du terrain... pour juger, dans un premier temps, s'il y a possibilité d'entamer le projet, si oui on passe à l'étude de faisabilité;
- Etude de faisabilité : consiste à déterminer si le barrage est faisable dans ce site et répond aux besoins attendus ainsi que le type de barrages qui convient le mieux dans ce site, si tout semble convenable on passe à l'étude d'avant projet détaillée ; l'E.F comprend :
  - Définition des variantes et programmes de reconnaissance géologique ;
  - L'étude hydrologique : qui est très importante pour déterminer l'apport de l'oued, sa capacité... ;
  - L'étude de régularisation ;
  - L'étude géologique et géotechnique et de sismicité: déterminer la nature du sol... ;
  - Etude comparative des variantes ;
  - L'étude technico-économique des variantes...
- Etude d'avant projet détaillée : comprend les procédures de l'étude précédente avec plus de détails, elle détermine de façon décisive le type de barrage, le budget nécessaire... et préparation du Dossier d'Appel d'Offre (D.A.O), en plus :
  - L'étude sur le modèle réduit hydraulique.
  - L'étude des risques encourus en aval.
  - L'étude d'impact sur l'environnement et la qualité de l'eau.
  - L'étude de traitement des bassins versants, pour prévenir l'érosion pour augmenter la durée de vie des barrages.
  - L'étude de rentabilité, par rapport aux prévisions d'origine.

#### **4.2. Construction :**

Une fois les études terminées, et les contraintes de réalisations définies, on commence la construction de l'ouvrage. Cette étape est celle qui pose le plus de problèmes, tel que l'accès, l'alimentation du chantier, la mise en place de grandes quantités de matériaux, des installations fixes, des équipements, la main d'œuvre et la durée de réalisation, qui peut aller jusqu'à plusieurs années et cela en fonction des méthodes de construction.

#### **4.3. Exploitation :**

Une fois le barrage achevé, il passe à l'exploitation: contrôle, entretien, maintenance... et la gestion de la ressource.

#### **5. Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons formé une vision globale sur le domaine des barrages.

Quelque soit le but d'un barrage, on ne peut ignorer son importance à résoudre des grands problèmes d'irrigation, d'alimentation en eau potable ou de construction des usines hydroélectriques, et à influencer positivement dans l'économie du pays.

**Chapitre 2:**

**Systemes Décisionnels :  
Etat de l'art**

**■ ■ ■ Dans ce chapitre :**

<b>1 Business Intelligence.....</b>	<b>22</b>
<b>2 Systeme décisionnel.....</b>	<b>25</b>
<b>3 Data warehouse.....</b>	<b>28</b>
<b>4 Composants d'un Data Warehouse.....</b>	<b>30</b>
<b>5 Processus de fonctionnement d'un système Data Warehouse... </b>	<b>35</b>
<b>6 Les modèles de données.....</b>	<b>39</b>
<b>7 Technologie OLAP.....</b>	<b>48</b>
<b>8 Conclusion.....</b>	<b>52</b>

## 1. Business Intelligence:

### 1.1. Définition [9]:

La « Business Intelligence », est un concept qui fait l'objet de multiples définitions. En effet, pour Bernard BESSON et Jean-Claude POSSIN, il s'agit de « *la capacité d'obtenir des réponses à des questions en découvrant des intelligences entre deux ou plusieurs informations préalablement mémorisées. L'entreprise mettra au service de cette capacité tous les moyens dont elle dispose pour saisir des opportunités ou détecter des menaces* ».

Le groupe de travail présidé par Henri MARTRE, en 1994, retient de la Business Intelligence la définition suivante: « *la Business Intelligence peut être définie comme l'ensemble des actions de recherche, de traitement et de diffusion de l'information utile aux acteurs économiques...* ».

Carlo REVELLI propose une définition qui tient compte de ces concepts: « *processus de collecte, traitement et diffusion de l'information qui a pour objet la réduction de la part d'incertitude dans la prise de toute décision stratégique. Si on ajoute la volonté de mener des actions d'influence à cette finalité, il convient de parler alors de la Business Intelligence* ».

La Business intelligence, est la clé de voûte de l'entreprise intégrée par les technologies. Il serait d'ailleurs imprudent de la réduire à une simple liste d'outils technologiques. Elle conceptualise un changement radical de l'usage des technologies de l'information en entreprise. Avec le déploiement de la Business Intelligence, il s'agit de passer d'une utilisation exclusivement productiviste de la technologie, à une exploitation rationnelle et coopérative de l'information « stratégique ».

### 1.2. Domaines d'application :

L'analyse décisionnelle consiste, pour une organisation, à bien comprendre son activité afin de mieux orienter ses choix stratégiques (financiers, commerciaux, ...etc.). L'objectif est d'être capable de prendre des décisions éclairées, avec l'appui de technologies informatiques qui sondent et restituent l'information dans le contexte opérationnel des utilisateurs.

Concrètement, la « Business Intelligence » se décline au travers plusieurs usages, tels que le pilotage des performances, l'analyse, le reporting, l'intégration de données, ...etc. [10]

### 1.3. Etapes du processus:

La Business Intelligence a pour objectif de permettre aux décideurs et managers de l'entreprise de disposer d'une information de valeur, à laquelle ils puissent se fier dans le cadre de leurs prises de décision. Pour cela, il s'agit de produire de l'information pertinente et à forte valeur ajoutée. Cette exigence doit se retrouver à travers les différentes phases du processus suivant:

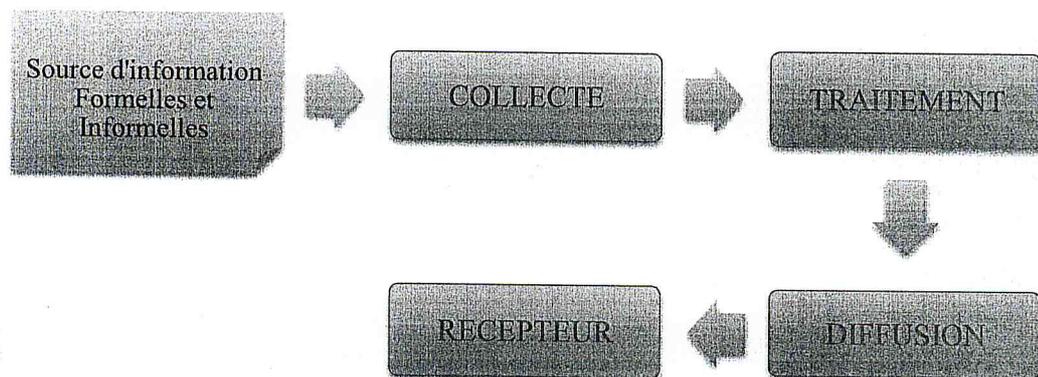


Figure 2.1 : Etapes du processus d'intelligence économique. [11]

La Business Intelligence est une interface entre l'entreprise et son environnement. Les stratégies de différenciation entre concurrents, de plus en plus complexes et précises, obligent les entreprises à considérer l'information comme une valeur et une « ressource » à part entière. L'information est intégrée à l'outil de travail. Elle est à ce titre une source collective de profit et une des garanties de la pérennité de l'entreprise. [11]

#### 1.4. Outils d'intelligence économique :

La plate-forme Business Intelligence consiste à collecter et extraire la donnée pour la transformer en information qui va permettre d'optimiser la prise de décision. On distingue trois catégories d'applications [11] :

- 1) *Les outils de recherche* : comprennent en outre : les moteurs de recherche, les métas moteurs et les agents intelligents.
- 2) *Les outils de traitement* : regroupent les applications pour traiter les données collectées, conférer du sens aux données collectées, faciliter leur lecture, les trier et les classer en catégories pertinentes.
- 3) *Les outils d'agrégation* : permettent le calcul des données collectées (SUM, COUNT, MAX, MIN,...).
- 4) *Les outils de diffusion et de partage* : permettent de communiquer les bonnes informations, aux bons interlocuteurs et de capitaliser les connaissances.

#### 1.5. Conclusion :

Business Intelligence interprète les données complexes de l'entreprise et aide les dirigeants de prendre les meilleures décisions.

Son objectif est de définir les méthodes et outils permettant à une entreprise de mettre en place son projet décisionnel. Ces outils facilitent l'accès aux données globales de l'entreprise.

La mise en place d'un système décisionnel capable de répondre aux besoins de l'entreprise est donc indispensable.

## 2. Système décisionnel :

### 2.1. Introduction au décisionnel :

Avec la généralisation de l'informatique, dans tous les secteurs d'activités, les entreprises produisent et manipulent de très importants volumes de données.

Celles-ci sont stockées dans le système opérationnel de l'entreprise, au sein de bases de données, fichiers, ...etc.

L'exploitation de ces données dans un but d'analyse et de support à la prise de décision s'avère difficile; elle est réalisée le plus souvent de manière imparfaite par les décideurs, avec des moyens classiques (Requêtes SQL).

Face à cette inadéquation, il est fondamental de mettre en place une *nouvelle informatique décisionnelle*, pour obtenir une meilleure compréhension de la valeur des informations disponibles, en définissant les indicateurs pertinents pour faciliter la prise de décision. [11]

### 2.2. Les systèmes transactionnels :

Egalement appelés « *systèmes opérationnels* », se sont les outils utilisés quotidiennement, ils assurent le bon fonctionnement de l'ensemble de l'entreprise.

De la gestion des achats à celle des ventes, ils sont aujourd'hui indispensables au fonctionnement de toute l'entreprise. On trouve dans cette catégorie les progiciels couvrant les grands métiers de l'entreprise : comptabilité, gestion commerciale, gestion des achats, gestion des stocks, paie, gestion des ressources humaines...etc.

Les trois principales caractéristiques d'un système transactionnel sont :

- La capacité à gérer de grands volumes de données ;
- Des temps de réponse très élevés ;
- Et des requêtes relativement simples du point de vue informatique.

### 2.3. Les systèmes décisionnels [11] :

A l'intérieur de l'entreprise, lorsqu'est venu le temps de l'analyse et de la réflexion, on doit se pencher sur les transactions enregistrées dans les systèmes opérationnels. Cette phase est un préalable à toute prise de décision.

Le principe, même de la prise de décision, est de s'appuyer sur des informations précises pour en déduire des composants et passer à l'action.

Un « système décisionnel » est un ensemble de données organisées de façon spécifique, facilement accessibles et appropriées à la prise de décision. La finalité d'un système décisionnel est le pilotage de l'entreprise.

Les trois principales caractéristiques d'un système décisionnel sont :

- La capacité de traiter de gros volumes de données ;
- Temps de réponse réduit ;
- Des requêtes beaucoup plus complexes du point de vue informatique, car elles contiennent de nombreuses opérations de jointure et de regroupement.

### 2.4. Le système d'information décisionnel (SID) :

Un système d'information décisionnel est architecturalement la partie qui se superpose au niveau opérationnel en y ajoutant, d'une part, une couche de données intégrées et organisées en vue d'une prise de décision (Système d'entrepôt) et d'autre part, une couche d'outils spécialisés permettant de fournir une présentation intelligente de ces données (Système de pilotage). Il rassemble donc les deux niveaux décisionnel et stratégique. [12]

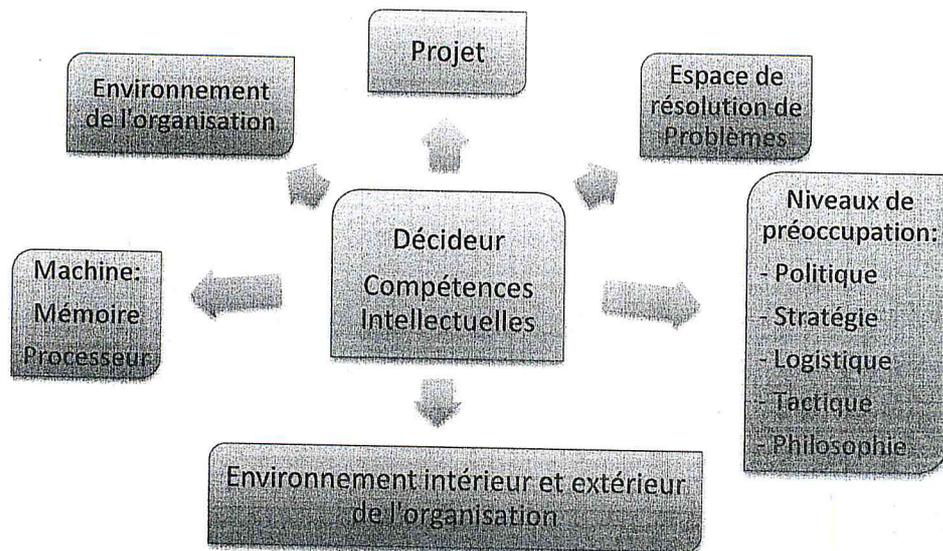


Figure 2.2: Structure du Système décisionnel. [11]

### 2.5. Conclusion:

Le développement des premiers systèmes d'informations s'est concentré sur l'automatisation des processus opérationnels, les besoins d'analyse sont arrivés bien plus tard.

Les systèmes d'informations décisionnels sont nés d'un besoin des entreprises confrontées à une concurrence de plus en plus forte, des clients de plus en plus exigeants, des données de plus en plus surabondantes, non organisées dans une perspective décisionnelle et éparpillées dans de multiples systèmes hétérogènes.

Pour répondre à ces besoins non satisfaits par les systèmes de gestion de bases de données, le nouveau rôle de l'informatique est de définir et d'intégrer une architecture qui serve de fondation aux applications décisionnelles: *Les data warehouses*.

### 3. Data warehouse :

#### 3.1. Introduction:

L'informatique est devenue vitale pour l'entreprise. Toutes les données qui proviennent du système de production de l'entreprise, des sources externes, vont devoir être organisées, coordonnées, intégrées et enfin stockées pour donner à l'utilisateur une vue intégrée et orientée métier dans un entrepôt de données ou bien un « Data warehouse ».

#### 3.2. Définitions:

Dans les débuts des années 90, Bill Inmon [13] définit le terme Data Warehouse: « *Un Data Warehouse est une collection de données orientées sujet, intégrées, non volatiles, historisées, organisées pour le support d'un processus d'aide à la décision* ». Cette définition contient quatre éléments clés qui méritent une explication détaillée:

- 1) *Orientation sujet* signifie que le développement d'un data warehouse va être fait afin de satisfaire les exigences analytiques des managers qui vont utiliser le data warehouse. Le sujet des analyses dépend et diffère en fonction des activités d'entreprise [14] ; On assemblera à cet effet les informations par thèmes contrairement aux modélisations traditionnelles qui regroupent les informations par fonctions. L'intérêt de cette organisation est de passer la vision verticale de l'entreprise à une vision transversale, beaucoup plus riche.
- 2) *L'intégration* s'associe au problème que les données provenant de différents systèmes opérationnels et extérieurs doivent être rejointes. Dans ce processus, certains problèmes doivent être résolus : différence de format, codification, synonymes (domaines avec différents noms mais même donnée), homonymes (domaines avec le même nom mais différents sens), multiplicité des occurrences d'une donnée, présence des valeurs NULL, sélection des valeurs par défaut, ...etc. Les données doivent être intégrées de façon à avoir une seule vision globale dans le Data Warehouse. [14]

- 3) *Données non volatiles* : Les données du Data Warehouse sont utilisées en mode consultation, elles ne peuvent être ni modifiées ni supprimées. En théorie, une requête lancée à différentes dates sur les mêmes données doit retourner les mêmes résultats. [14]
- 4) *Données historisées* : Dans le système de production, les données sont mises à jour, à chaque nouvelle transaction, l'ancienne valeur est perdue. Par contre, dans le data warehouse, la donnée ne doit jamais être mise à jour, elle représente une valeur insérée à un certain moment ; la variation de temps indique la possibilité de compter différentes valeurs d'une même donnée en fonction de son changement dans le temps. [14]

D'autre part, Ralph Kimball [15] définit un Data Warehouse comme étant « *une copie de donnée transactionnelle spécifiquement structurée pour requête et analyses* ». Il improvise une définition plus précise au moyen de sollicité :

- 1) Le data warehouse fournit l'accès pour des données commerciales ou organisationnelles.
- 2) Une donnée dans le Data Warehouse est consistante.
- 3) Une donnée dans le Data Warehouse peut être séparée et combinée au moyen de chaque mesure possible dans une entreprise (le *slice et dice*).
- 4) Le Data Warehouse n'est pas juste des données, mais aussi un ensemble d'outils et requêtes, analyse, et information.
- 5) Le Data Warehouse est la place où nous publions les données utilisées.
- 6) La qualité des données dans Data Warehouse est un pilote d'ingénierie d'entreprise. [14]

Ce pendant, dans [16] les auteurs déclarent que « *le concept du Data Warehouse est souvent mal compris. Pour minimiser la confusion, nous avons choisi de définir un data warehouse comme étant une base de données analytique en lecture seule qui est utilisée comme la fondation d'un système de support de décision* ».

Enfin, d'autres auteurs mettent au point leur intérêt aux utilisateurs finaux du Data Warehouse. Par exemple, dans [17], un Data Warehouse est définie comme une « collection de technologies visant à permettre aux travailleurs de la connaissance (exécutif, manager, et analyste) de prendre les décisions d'une meilleure façon et plus rapidement ».

#### 4. Composants de bases du data warehouse:

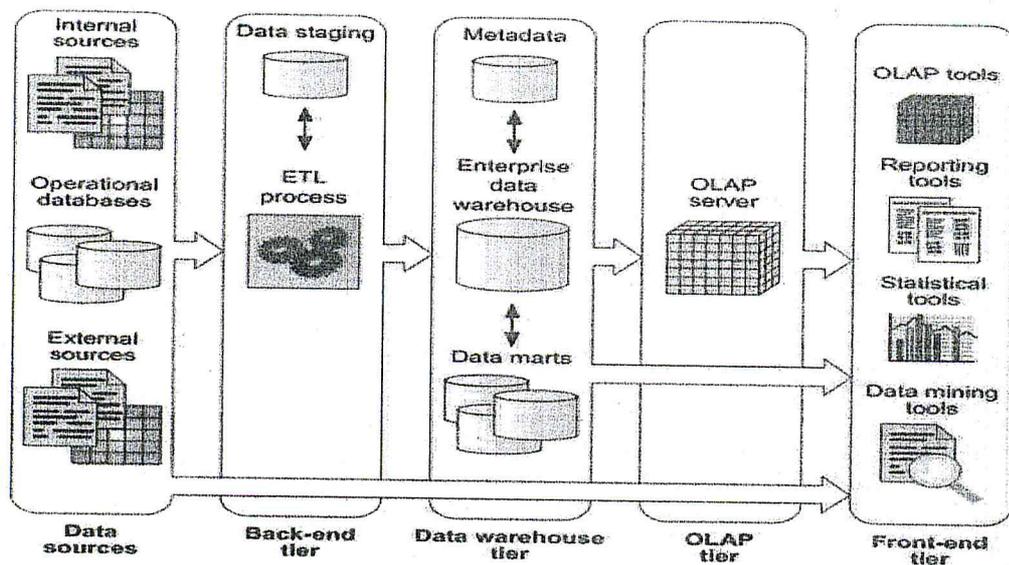


Figure 2.3: Architecture du Système décisionnel. [18]

##### 4.1. Système source:

Système opérationnel, dont la fonction consiste à capturer les transactions liées à l'activité. Il s'agit souvent de ce que l'on appelle « les applications de gestion ». Les requêtes auprès des systèmes sources font partie d'un flux normal des transactions et sont fortement limitées dans leurs sollicitations du système opérationnel.

Kimball part du principe que les systèmes sources maintiennent peut de données historiées et que la génération d'état est un fardeau pour ces systèmes. Il est très important de préciser que ceux-ci ne sont pas interrogés de manière extensive et inattendue, ce qui est souvent le cas des entrepôts de données. Généralement peu d'efforts ont été consentis pour homogénéiser les dimensions de base, telles que: le

produit, le client, le lieu ou, le calendrier, par rapport aux autres systèmes opérationnels de l'entreprise. [19]

#### **4.2. Zone de préparation des données:**

Ensemble des processus qui nettoient, transforment, combinent, archivent, et suppriment les doublons, c'est-à-dire préparent les données sources en vue de leurs intégrations puis de leurs exploitations au sein du data warehouse.

Il serait pratique que cette zone soit centralisée sur un seul environnement, mais elle est le plus souvent répartie sur plusieurs machines.

La zone de préparation des données est le théâtre d'activités simple de tri et de traitement séquentiel et n'a pas nécessairement besoin d'être basée sur les technologies relationnelles. [19]

#### **4.3. Entrepôt de données:**

Toutes les données qu'elles proviennent du système de production de l'entreprises, des sources externes, vont devoir être organisées, coordonnées, intégrées et enfin stockées pour donner à l'utilisateur une vue intégrée et orientée métier dans un « *entrepôt de données* » ou bien « *Data Warehouse* ».

L'entrepôt de données est alimenté par la zone de préparation des données.

En outre, l'entrepôt de données fréquemment mis à jour en tenant compte de la charge au fur et à mesure que les données sont corrigées, que les instantanés (vue matérialisé) s'accumulent et que les statuts et les libellées évoluent.

#### **4.4. Data Mart (Magasin de données):**

Sous ensemble logique d'un entrepôt de données. Il représente un projet réalisable. Au-delà de cette définition relativement simple, on considère le data mart comme la réduction de l'entrepôt de données à un seul processus où on a un groupe de processus, ciblant un groupe métier spécifié.

Un data mart donné sera généralement sponsorisé par un département ou une unité en particulier et, le plus souvent, il sera organisé autour d'un processus précis.

Chaque data mart doit être représenté par un modèle dimensionnel et, au sein d'un entrepôt de données, tous ces data marts doivent être construits à partir de dimensions et faits conformes.

Les data marts sont basées sur des données détaillées et peuvent contenir des résumés (Données consolidées) destinés à optimiser les performances, que nous appellerons « agrégats ». [19]

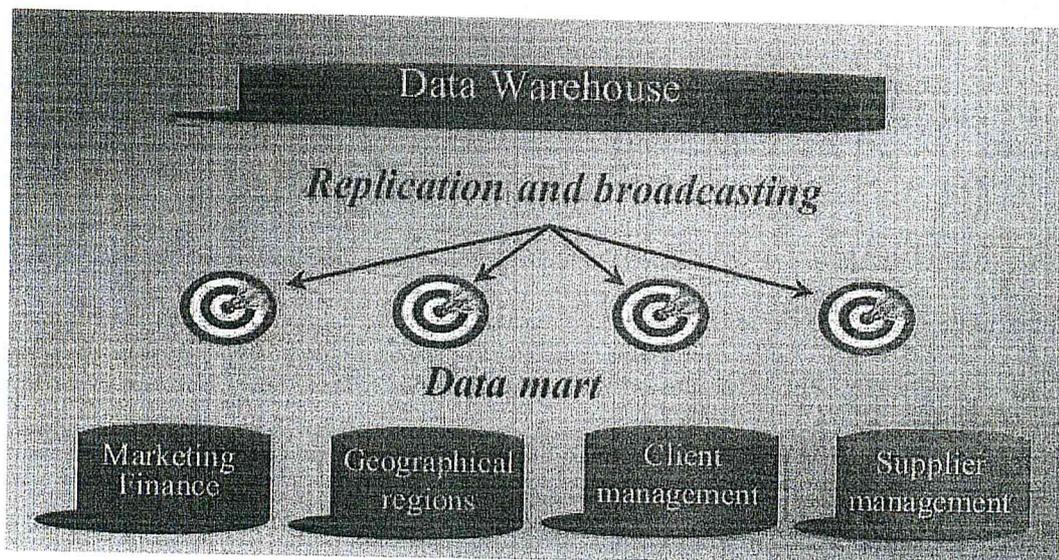


Figure 2.4: Data Marts. [20]

#### 4.5. Operational Data Store (ODS):

Un stockage de données partagées entre applications. Pivot de l'alimentation du système d'information décisionnel en le préservant de toutes les évolutions du système de production (ou système opérationnel). Il centralise la collecte des informations issus des applications de gestion, les transforme et les valorise avant de les injecter dans l'entrepôt de données. L'ODS gère aussi les rejets ainsi qu'un journal d'opération pour que l'administrateur puisse prendre en compte et corrige les anomalies rencontrées. [12]

L'ODS s'appuie généralement sur une solution progiciel de type ETL (Extraction, Transformation and Loading) et sur une base de données relationnelle permettant de structurer les tables de références et de travail nécessaire à son fonctionnement. [12]

#### **4.6. OLAP (Online Analytic Processing):**

Activité globale de requêtage et de présentation de données textuelles et numériques contenue dans l'entrepôt de données; style d'interrogation et de représentation spécifiquement dimensionnel, qui se concrétise par un certain nombre de vendeurs OLAP. La technologie OLAP est non relationnelle et presque toujours basée sur un cube de données multidimensionnel explicite.

Les bases de données OLAP sont également connues sous le terme de *bases de données multidimensionnelles*. Toutefois, au sein de l'éventail complet des applications de Data warehouse, on pourrait plutôt les apparenter à de petits data marts indépendants.

#### **4.7. Applications utilisateur:**

Ensembles d'outils qui interrogent, analysent et présentent des informations répondant à un besoin spécifique. [19]

L'ensemble d'outils minimal se compose d'un:

- Outil d'accès aux données ;
- Tableur ;
- Logiciel graphique ;
- Service d'interface utilisateur, qui suscite les requêtes et simplifie la présentation de l'écran aux yeux de l'utilisateur.

#### **4.8. Outils d'accès aux données:**

Dans un entrepôt de données relationnel, un client maintient une session auprès du serveur de présentation, envoyant un flux de requêtes SQL distinctes au serveur.

Au final, l'outil d'accès entre dans le cadre de la session SQL et sert à présenter un écran affichant des données, il peut être aussi simple qu'un outil de requêtes ad hoc ou aussi complexe qu'une application de data mining ou de modélisation élaboré.[19]

#### **4.9. Outils de requête :**

Type spécifique d'outils d'accès aux données qui invitent l'utilisateur à formuler ses propres requêtes en manipulant directement des tables relationnelles et leurs jointures.

Les outils de requête ad hoc, tout puissant qu'ils soient, ne peuvent être exploités efficacement et maîtrisés que par environ 10 % des utilisateurs finaux d'un entrepôt de données. Les 90 % doivent être servis par des applications pré configurées, qui ressemblent à des modèles finalisés ne demandant pas à l'utilisateur de construire directement des requêtes relationnelles.

Les outils ad hoc les plus orientés ROLAP portent à 20 % d'utilisateurs potentiels.[19]

#### **4.10. Métadonnées:**

Métadonnées signifie correctement « des données sur des données ». Une métadonnée est une donnée qui a pour but de décrire une autre donnée.

Les métadonnées peuvent être des informations complémentaires, nécessaires à la compréhension d'une autre information ou dans le but de permettre une utilisation pertinente.

L'un des grands principes de l'entrepôt de données est de conserver la trace des données produites, après agrégation, consolidation et application des règles de gestion.

Cette fonction est assurée par les métadonnées. Dans ces métadonnées seront stockées des informations telles que le nom de la base de production dont la donnée est extraite, la date et l'heure de la dernière extraction, la fréquence de mise à jour de cette information, ...etc. [12]

## 5. Processus de fonctionnement d'un système Data Warehouse [19]:

La présentation des données est un processus essentiel qui comprend, entre autre, les sous processus suivants:

### 5.1. Extraction:

Il s'agit de la première étape de récupération des informations dans l'environnement de l'entrepôt de données. L'extraction comprend la lecture et la compréhension de la source de données, ainsi que la copie des parties nécessaires à une exploitation ultérieure dans la zone de préparation.

### 5.2. Transformation:

Une fois les données extraites dans la zone de préparation des données, on rencontre plusieurs étapes de transformation:

- Nettoyage des données, à savoir correction des fautes d'orthographe, résolution des conflits de domaine (nom de ville incompatible avec le code postal, par exemple), résolution des cas d'informations manquantes et de conversion en format standard.
- Purge de certains champs du système source qui sont inutiles à l'entrepôt de données.
- Combinaison de sources de données par mise en correspondance exacte avec des valeurs clés ou par mise en correspondance approximative d'attributs hors clé y compris la recherche d'équivalents textuels des codes des systèmes sources.
- Création des clés de substitution pour chaque enregistrement dimensionnel afin d'éviter de dépendre des clés définies dans le système source. Dans ce cas, c'est le processus de génération des clés qui assure l'intégrité référentielle entre les tables dimensionnelles et les tables des faits.
- Construction d'agrégats pour optimiser les performances des requêtes les plus courantes.

### 5.3. Alimentation et indexation:

A la fin du processus de transformation, les données prennent la forme d'image d'enregistrements prêts à être chargées. En règle générale, le processus de chargement des données dans l'entrepôt s'effectue par répllication des tables des faits et des tables dimensionnelles, qui seront ensuite présentées aux services de chargement en masse de chaque data mart destinataire. Le data mart de destination doit alors indexer les données afin d'optimiser les performances de requêtes.

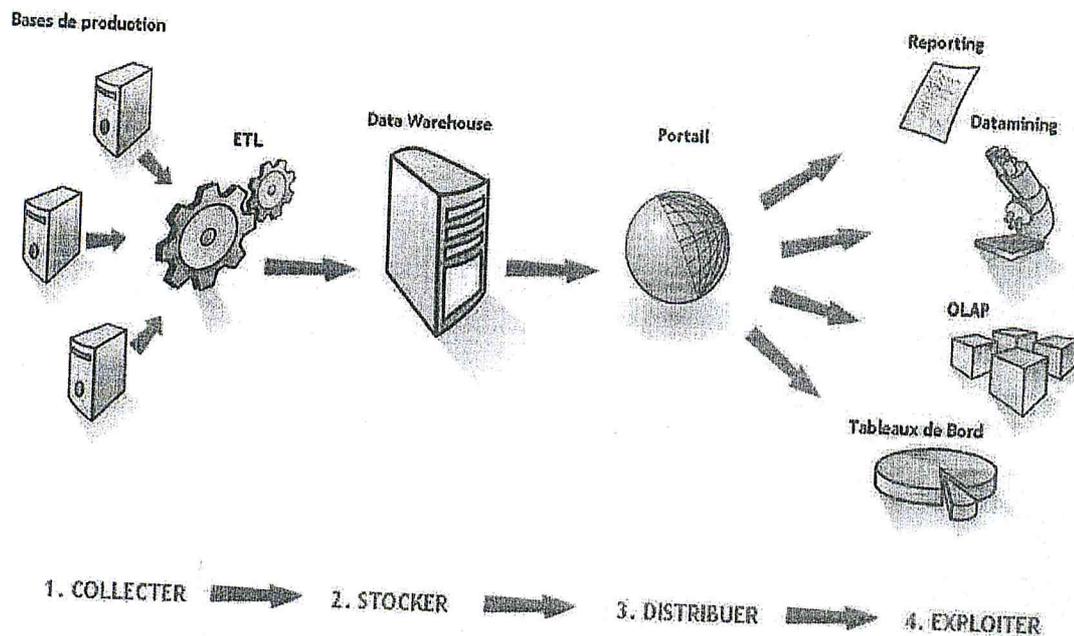


Figure 2.5: Fonctionnement d'un système de Data Warehouse. [9]

### 5.4. Contrôle qualité:

Lorsque chaque data mart a été chargé, indexé et complété des agrégats appropriés, la dernière étape avant la diffusion des données est celle de l'assurance qualité. Toutes les données doivent avoir été chargées, et l'ensemble des totaux et autres calculs doivent être cohérents par rapport aux données déjà enregistrées. L'état des exceptions est le plus souvent construit à l'aide du générateur d'états de l'utilisateur final du data mart.

### **5.5. Diffusion:**

Une fois que chaque data mart a été chargé et que sa qualité approuvée, les utilisateurs doivent être informés de la disponibilité des données. La diffusion fait en outre état des éventuels changements subis par les dimensions sous jacentes et des nouvelles hypothèses qui ont été introduites dans les faits mesurés ou calculés.

### **5.6. Mise à jour:**

Les data marts actuelles peuvent être mise à jour, même fréquemment. Il est évident que les données erronées doivent être corrigées. Les changements d'intitulés, d'hierarchie, de statut et même d'actionnariat de l'entreprise déclenchent souvent des modifications des données initiales stockées dans les data marts qui composent l'entrepôt de données.

### **5.7. Requête:**

L'interrogation des données englobe toutes les activités qui consistent à demander une information à un data mart, y compris les requêtes ad hoc effectuées par les utilisateurs finaux, la génération d'états et les applications complexe d'aide à la décision. Il est évident que les requêtes font tout l'intérêt de l'utilisation d'un entrepôt de données.

### **5.8. Réinjection des données:**

Il existe deux emplacements importants à partir desquels les données remontent, à l'inverse des flux traditionnels. Tout d'abord, il est possible de recharger une description dimensionnelle nettoyée depuis la zone de préparation, à destination du système opérationnel. Par ailleurs, on peut recharger les résultats d'une requête complexe, d'un modèle ou d'une analyse de data mining en direction du data mart. La méthode semble naturelle pour conserver la valeur d'une requête complexe, qui restitue de nombreuses lignes et colonnes que l'utilisateur souhaite sauvegarder.

**5.9. Surveillance:**

Il est parfois essentiel de connaître la provenance des données et les calculs qui ont été effectués. Ces enregistrements sont directement liés aux données d'origine, de manière que l'utilisateur puisse interroger à tout moment les enregistrements de surveillances.

**5.10. Sécurisation:**

L'équipe du data warehouse doit désormais inclure un nouveau membre doté de compétences approfondies: l'architecte de la sécurité de l'entrepôt de données. La sécurité doit être gérée de manière centralisée, depuis une console unique. Les utilisateurs doivent être autorisés à accéder à tous les data marts composant l'entrepôt de données par une identification unique.

**5.11. Sauvegarde et restauration:**

Dans la mesure où les données de l'entrepôt représentent un flux provenant des systèmes opérationnels se dirigeant vers les data marts et terminant leurs route sur l'écran de l'utilisateur, une question se pose: *où prendre les historiques indispensables à l'archivage et à la récupération en cas de désastre ?* en outre, il peut être encore plus compliqué de sauvegarder et de restaurer tous les métadonnées qui huilent les rouages de l'entrepôt de données.

## 6. Les modèles de données:

### 6.1. Définition d'un modèle :

*« Un modèle est la représentation d'un objet, d'un système ou d'une idée sous une forme quelconque autre que celle de l'entité représentée elle-même. Sa fonction est de nous aider à expliquer, à comprendre, ou à améliorer un système. Le modèle d'un objet peut être une réplique exacte de cet objet, ou une abstraction des propriétés saillantes de l'objet. »<sup>1</sup> [21]*

### 6.2. Définition d'un modèle décisionnel:

Un modèle de données s'applique généralement à une application ou à un ensemble d'applications dont le périmètre et la définition sont arrêtés en amont du projet. Ceci est valable pour toute application informatique. Mais ce principe s'applique d'une manière particulière dans les projets décisionnels.

Par rapport aux sources de données qui l'alimentent, le data warehouse est soutenu par un modèle fédérateur ou intégrateur. Mais ce modèle n'est pas directement représentatif de point de vue informationnels – éventuellement multiples et changeants – des utilisateurs du SID. [21]

L'analyste doit résister à deux sortes d'influences nuisibles qui pèsent, à divers degrés, sur tous les projets :

- Les structures opérationnelles dans lesquelles le SID puise ses données ;
- Les modalités de fonctionnement des outils de gestion et de présentation.

Consommateur de données et producteur d'informations, un SID est nécessairement un dispositif à double face puisque :

- Il combine des données d'origines diverses, généralement opérationnelles ;
- Il met des données à disposition selon des objectifs informationnels [21].

---

<sup>1</sup> R.E. Shannon, « Systems Simulation, the art and science », Prentice Hall 1975.

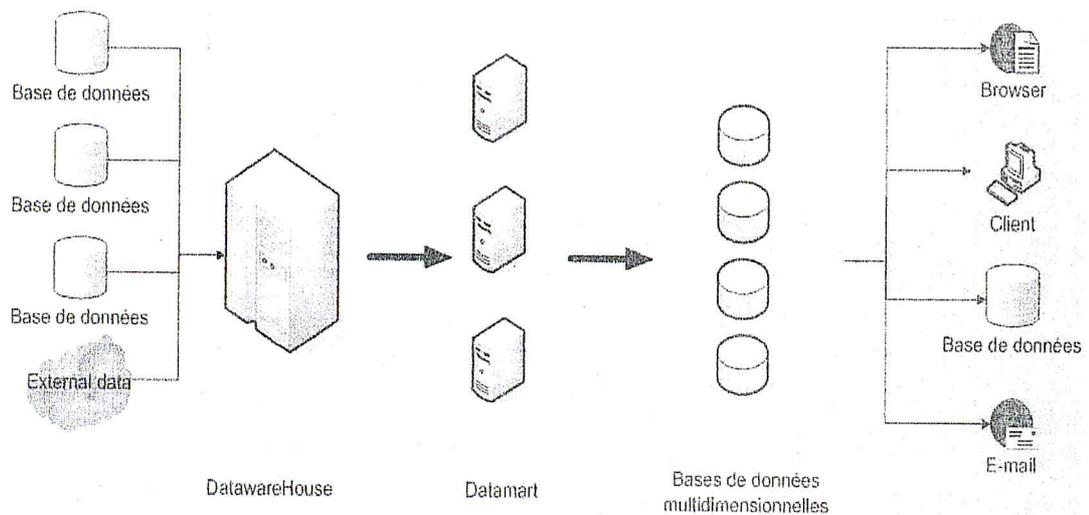


Figure 2.6 : Système d'information décisionnel. [9]

### 6.3. Normes d'intégration :

La collecte des vues est une affaire de conduite de projet, dont nous n'ignorons pas la difficulté pratique. La qualité de cette collecte auprès des utilisateurs est cependant un facteur critique de succès, et on ne peut pas en faire l'économie sans prendre un gros risque.

De point de vue de la modélisation proprement dite, l'intégration des vues n'est pas une simple opération de juxtaposition. Elle passe par une normalisation.

Les normes d'intégration, dans un domaine décisionnel, reposent sur les principes fondamentaux suivants [21]:

- 1) Compte tenu de la nature consultative et non transactionnelle des applications, la structure des vues externes se déduit directement des requêtes des utilisateurs, et non des connexions opérationnelles possibles entre les entités ;
- 2) A l'intérieur d'un domaine, il existe un ou plusieurs sous-ensembles de vues liées entre elles par certains critères de cohérence sémantique et structurelle. C'est sur l'identification et la validation formelle de ces sous-ensembles, appelés contextes, que repose toute la démarche de construction du MCD ;

C'est sur l'identification et la validation formelle de ces sous-ensembles, appelés contextes, que repose toute la démarche de construction du MCD ;

- 3) Une requête décisionnelle a pour objet d'établir un rapprochement non programmé entre des entités conceptuelles plus ou moins nombreuses. De ce fait, les résultats attendus sont systématiquement déterminés par des associations. La structure des vues reflète celle des associations possibles. Chaque vue a pour élément central une association autour de laquelle gravitent deux ou plusieurs entités, et correspond à une représentation des informations sous forme de tableau à deux ou plusieurs dimensions ;
- 4) La liste exhaustive des requêtes possibles n'est jamais figée. Celle des vues qui en découlent ne l'est donc pas non plus. La normalisation du MCD doit permettre d'anticiper et d'intégrer automatiquement dans chaque contexte le plus grand nombre possible de « vues probables » d'après la structure des « vues connues » ;
- 5) Entre deux entités intervenant dans une même vue, il doit exister un et un seul chemin de navigation sémantique, et ce chemin doit être le plus court possible. [21]

#### **6.4. Modélisation dimensionnelle :**

La modélisation dimensionnelle est une discipline de modélisation des données qui se positionne comme solution de rechange à la modélisation entité/relation.

Un modèle dimensionnel contient les mêmes informations qu'un modèle entité/relation, mais présente les données dans un format asymétrique dont les objectifs sont:

- La bonne compréhension de l'utilisateur,
- La performance des requêtes,
- et L'adaptation au changement.

Il y a trop d'entrepôts de données qui se sont effondrés à cause de conception relationnelles trop complexes. Les techniques de modélisation dimensionnelles ont été appliquées avec succès dans certaines situations au cours des quinze dernières années. [19]

### **6.5. Composants d'un modèle dimensionnel :**

Les principaux composants d'un modèle dimensionnel sont les tables des faits et les tables dimensionnelles, dont il s'agit:

#### **6.5.1. Table de fait:**

La table de fait est la table principale de tout modèle dimensionnel, destinée à héberger des données permettant de mesurer l'activité (les mesures).

Une table de fait est une table qui contient les données à analyser. Elle est distinguée grâce à sa grande taille et à son emplacement au centre du schéma.

La table des faits contient les clés des différentes dimensions qui sont reliées à elle ainsi que les mesures de l'activité. Ces dernières sont généralement numériques additives et valorisées de façon continue.

La clé primaire de la table de fait est la concaténation des clés primaires de toutes les tables dimensions reliées à elle. [19]

#### **6.5.2. Les faits (mesures):**

Un fait représente un sujet d'analyse. Il est constitué de mesures relatives au sujet traité. Ces mesures sont numériques et généralement valorisées de façon continue.

La table de faits contient des champs qui ne sont pas des clés étrangères, ce sont les faits. Ils doivent être valorisés de façon continue et être additifs (chiffre d'affaire, quantité vendue, etc.).

Un fait, une mesure, ou encore un indicateur, est une information déterminée par la combinaison de deux ou plusieurs entités, susceptible de constituer le résultat ou un élément de résultat d'une requête. [21]

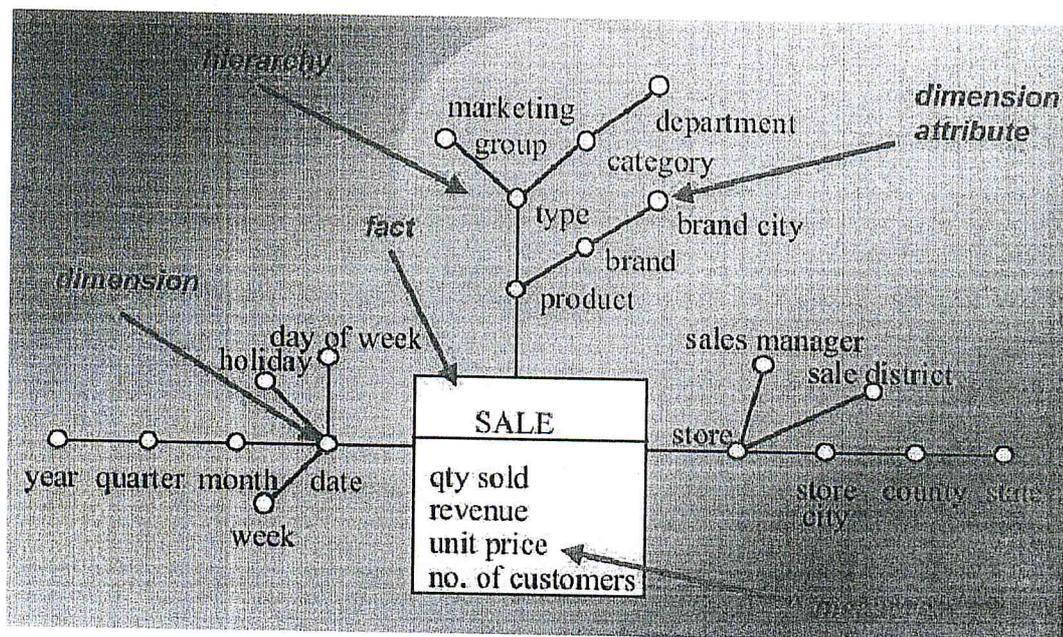


Figure 2.7: Schéma de faits [20]

### 6.5.3. Table de dimension:

Ce sont des tables qui entourent la table de fait dans le schéma en étoile. Petites par rapport à la table de faits, une table de dimension contient une clé et des attributs généralement textuels ou numériques discrets plus ou moins statique décrivant une dimension de l'activité.

Chaque dimension est définie par sa clé primaire, qui assure l'intégrité référentielle avec la ou les tables des faits à laquelle elle est liée.

Une dimension est un ensemble des valeurs décomposables. Les valeurs d'une dimension sont généralement organisées en hiérarchie.

- *Une hiérarchie:* est une décomposition d'une dimension en niveaux, afin de permettre à l'utilisateur d'examiner ses indicateurs à différents niveaux de détail, allant du niveau global au niveau le plus fin. On aura alors une vision pyramidale des données. La base de la pyramide représentant le niveau le plus détaillé, le plus haut est le niveau global.

❖ *Remarque:*

- Une dimension peut avoir plusieurs hiérarchies.
- L'attribut d'une dimension peut appartenir à plusieurs hiérarchie ou à aucune.

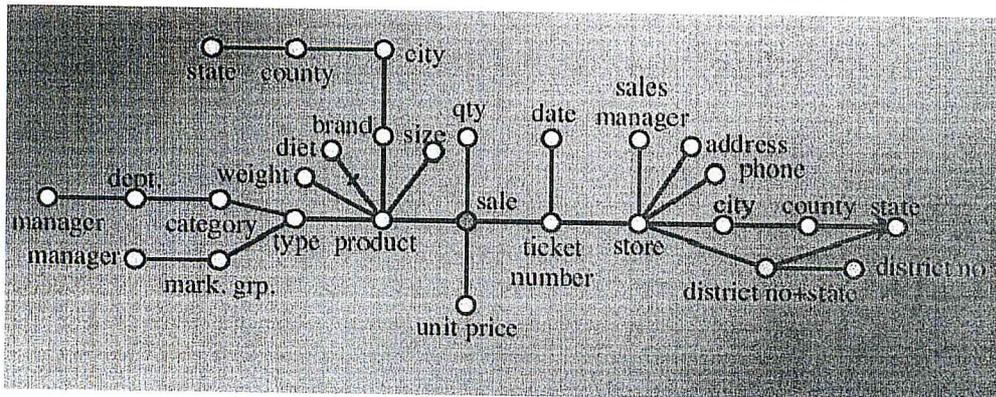


Figure 2.8: Exemple d'hiérarchie [20]

*Exemple d'hiérarchie:* dans la dimension temps, on peut avoir la hiérarchie suivante: année, mois, semaine, jour, heure.

## 6.6. Modèle en étoile :

Un schéma en étoile ne comporte, en plus de la table de faits, qu'une table par dimension. Cette simplification est obtenue au prix d'une forte dénormalisation.

Le modèle en étoile est générateur d'une forte redondance, et c'est là, son principal défaut. Mais ce défaut est sans grande conséquence ici car :

- La redondance des données ne compromet pas la cohérence d'une base de données destinée à la consultation et ne subissant pas de mises à jour transactionnelles ;
- L'espace occupé par les tables dimensionnelles étant insignifiant par rapport au volume de la table de faits, la redondance dimensionnelle n'a qu'un effet négligeable sur l'encombrement total de la base de données.

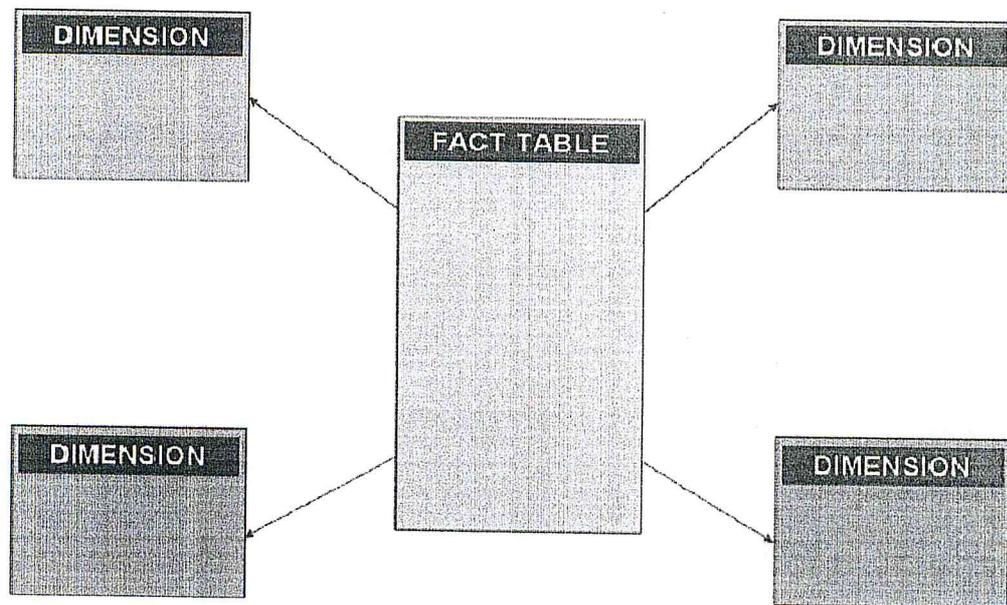


Figure 2.9: Modèle en étoile [18]

L'avantage technique procuré en contrepartie est évident. Toutes les tables dimensionnelles ont une liaison directe avec la table de faits. Le nombre de tables pouvant être impliquées dans une requête, en plus de la table de faits, est inférieur ou égal au nombre de dimensions du contexte, quelle que soit la complexité des dimensions. [21]

#### 6.7. Modèle en flocon :

Un réseau de tables jointes selon une figure particulière dite *schéma en flocon*. Dans ce mode de représentation, l'association conceptuelle qui contient les faits devient une table, dite *table de faits*, et chacune des entités dimensionnelles devient une table distincte.

La table de faits, outre les indicateurs significatifs qu'elle comporte par définition, possède dans sa structure un ensemble de *clés étrangères* dont chacune assure la liaison avec la table du niveau le plus fin de chaque dimension.

Lors de l'exécution d'une requête, les critères de sélection fournis par l'application portent sur les tables dimensionnelles et les résultats, par le jeu des jointures, sont extraits de la table de faits.

La structure en flocon présente l'avantage de ne laisser place à aucune redondance dans les données dimensionnelles.

Mais cet avantage de principe ne compense pas quelques inconvénients majeurs dans un environnement ouvert aux consultations complexes :

- Les requêtes invoquant des conditions sur des propriétés situées à un niveau élevé dans une hiérarchie (i.e. logiquement éloignées de la table de faits) sont sensiblement pénalisées, puisqu'elles impliquent une navigation plus longue. Or la complexité et le temps de traitement d'une requête, toutes choses égales par ailleurs, augmentent en raison directe du nombre de tables impliquées dans la jointure ;
- Le nombre de clés techniques à générer, pour jalonner correctement les chemins hiérarchiques, est important, ce qui complique la tâche des programmes de chargement de la base de diffusion ;
- Dans certains cas, la représentation d'un niveau hiérarchique par une table spécifique ne fait qu'alourdir le schéma sans aucun avantage technique. [21]

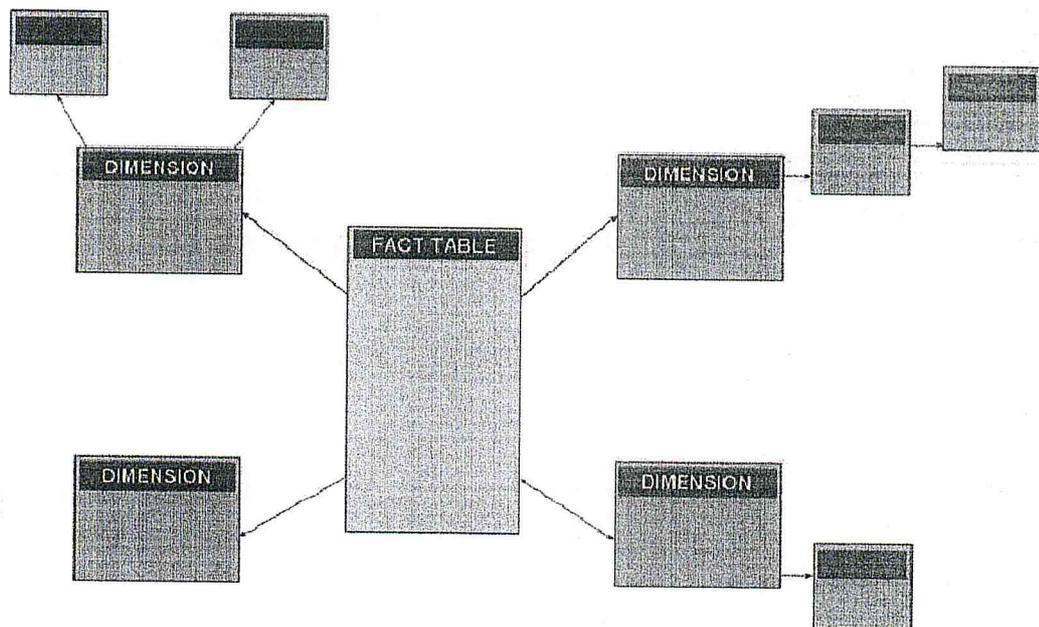


Figure 2.10 : Modèle en flocon. [18]

### 6.8. Modèle en constellation :

Une autre technique de modélisation, issue du modèle en étoile, est la modélisation en constellation. Il s'agit du fusionner plusieurs modèles en étoile qui utilisent des dimensions communes.

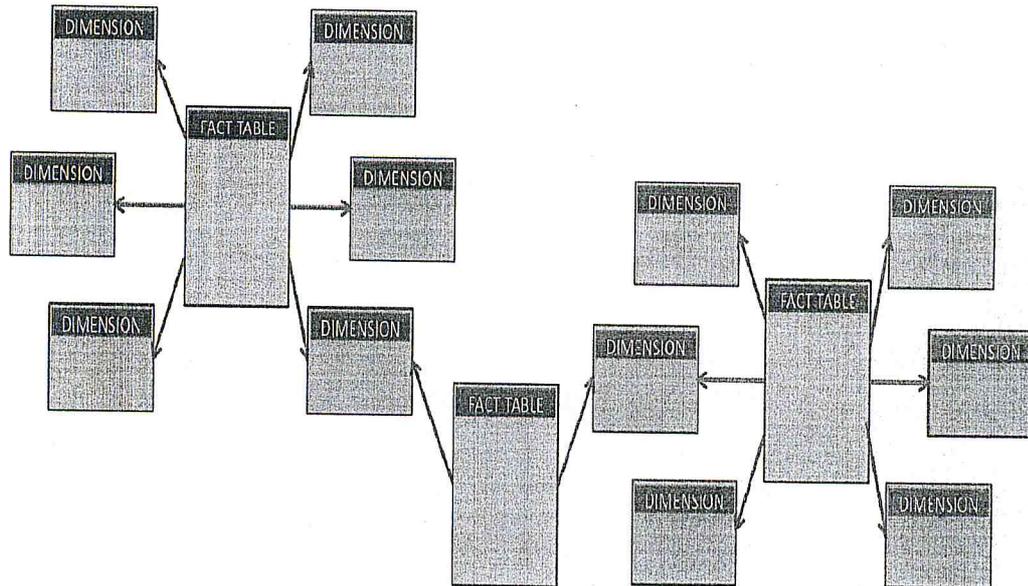


Figure 2.11: Modèle en constellation. [18]

Un modèle en constellation dont chaque élément est un schéma contextuel en étoile, comprend donc plusieurs faits et des dimensions communes ou non.

Un tel modèle, n'est pas un graphe connecté. Chaque contexte semble indépendant des autres. En outre, un même fait ou une même entité peut apparaître dans plusieurs contextes.

## 7. Technologie OLAP (Online Analytical Processing):

### 7.1. Concept de cube:

OLAP propose une approche multidimensionnelle ce qui nous amène à la notion de cube. Un cube représente un ensemble de mesures organisées selon un ensemble de dimensions. Chaque case du cube représente une valeur. Les dimensions sont indiquées sur les arêtes du cube. Un plan de cube correspond à toutes les valeurs pour seule position d'une des trois dimensions.

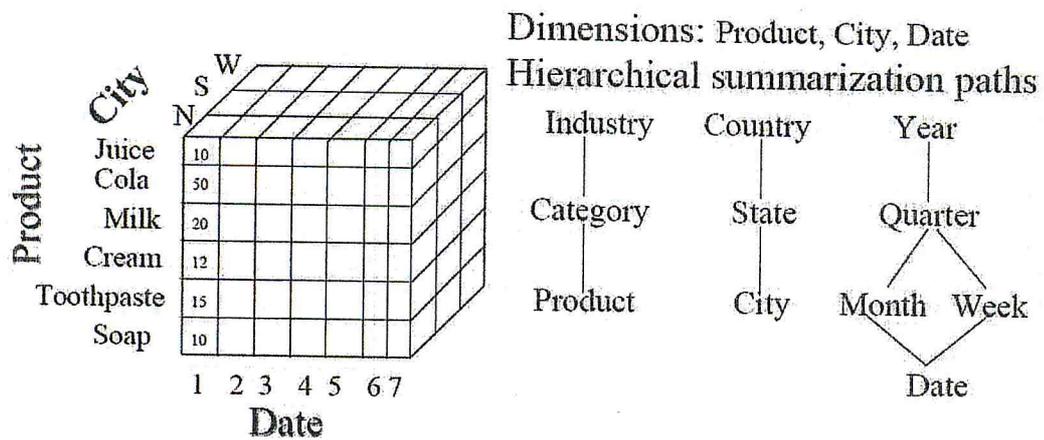


Figure 2.12: Cube OLAP [20]

La technologie matricielle présente trois avantages majeurs :

- Les données sont représentées sous une forme qui reflète directement le modèle conceptuel et rend la manipulation libre et plus intuitive.
- L'accès aux données dans l'hyper-cube est beaucoup plus directe, le temps de réponse est donc plus court.
- L'administration d'un schéma matriciel est plus simple.

### 7.2. Les technologies OLAP :

Kimball pense que les data marts de type OLAP peuvent être des composants à part entière du bus décisionnel s'ils sont conçus autour de faits conformes et de dimensions conformes. [19]

- 1) **MOLAP (Multidimensionnel OLAP):** connu aussi sous le nom OLAP tout court, c'est un ensemble d'interfaces utilisateurs, d'applications et de technologies de bases de données propriétaires dont l'aspect dimensionnel est prépondérant.
- 2) **ROLAP (Relational OLAP):** ensemble d'interfaces utilisateurs et d'applications qui donnent une vision dimensionnelles des bases de données relationnelles.
- 3) **HOLAP (Hybrid OLAP):** est un hybride entre ROLAP et MOLAP. Les parties tables de faits et tables de dimensions sont stockées dans une base relationnelle standard tandis que le reste des données (les calculs) sont stockées dans une base multidimensionnelle.

Ce sont les trois principales technologies, mais d'autres technologies OLAP existent également :

- **WOLAP (Web-based OLAP).**
- **DOLAP (Desktop OLAP).**
- **RTOLAP (Real-Time OLAP).**
- **SOLAP (Spatial OLAP).**

	ROLAP	MOLAP	HOLAP
Stockage des données de base	BD relationnelle	BD multidimensionnelle	BD relationnelle
Stockage des agrégations	BD relationnelle	BD multidimensionnelle	BD multidimensionnelle
Structure de la Base de Données	Modèle particulier (étoile, flocon, etc.)	Structure propriétaire au logiciel utilisé	Croisement des architectures ROLAP et MOLAP
Fonctionnement	Le serveur extrait les données par des requêtes SQL et les interprète selon une vue multidimensionnelle avant de les présenter au module client.	Le serveur MOLAP extrait les données de l'hypercube et les présente directement au module client.	Accède aux deux BD et les présente au module client selon leur méthode respective
Performance des requêtes	Le moins performant	Le plus performant	Performance moyenne

Tableau 2.1: Comparaison entre les technologies OLAP [23]

### 7.3. Navigation dans le cube :

La navigation permet à l'analyste de visualiser les informations contenues dans le cube et passer d'un niveau d'agrégat à un autre afin de connaître le détail des données qui ont initialement servi à le construire. [22]

Les outils OLAP utilisent des opérateurs particuliers pour la navigation dans les hyper-cubes :

- **Roll-up** : Passage de mesures détaillées aux mesures résumées en remontant dans la hiérarchie de la dimension.
- **Drill-down** : Descendre dans la hiérarchie de la dimension.

- **Rotate** : Rotation des axes du cube pour fournir une vue alternative des données.
- **Slicing** : Extraction d'une tranche d'informations : Sélection d'une dimension pour passer à un sous-cube.
- **Dice** : Extraction d'un bloc de données : Sélection de deux ou plusieurs dimensions.
- **Drill-across** : Exécution de requêtes impliquant plus d'un cube ayant une dimension commune.
- **Drill-through** : Passage d'une mesure à l'autre ou d'un membre d'une dimension à un autre.

#### 7.4. Les 12 règles OLAP :

Douze règles de base<sup>2</sup> permettant de qualifier une base décisionnelle : [23]

- 1) **Multidimensionnalité** : le système doit permettre une vue multidimensionnelle des données.
- 2) **Transparence** : Le système doit être transparent à l'utilisateur qui doit accéder à la base via des outils standards (tableurs,...)
- 3) **Accessibilité** : Le système doit donner accès aux données nécessaires aux analyses demandées. Les outils OLAP doivent avoir leur propre schéma logique de stockage des données physiques hétérogènes, doivent accéder aux données et réaliser n'importe quelle conversion afin de présenter à l'utilisateur une vue simple et cohérente. Ils doivent aussi reconnaître de quel type de systèmes proviennent les données.
- 4) **Accès stable** : Le modèle, les dimensions et les niveaux d'agrégation changent sans remettre en cause son fonctionnement
- 5) **Client/serveur** : Respecter l'architecture Client/ Serveur

---

<sup>2</sup>E. F. Codd, fin 1993

- 6) *Dimensionnalité générique* : Toutes les dimensions doivent être accessibles pour chacune des données
- 7) *Gestion des matrices creuses* : quand on construit le cube multidimensionnel, le produit cartésien des divers axes réserve les espaces nécessaires au stockage des informations même si celles-ci n'existent pas, générant ainsi ce qu'on appelle « la matrice creuse ». le système OLAP doit gérer ce problème.
- 8) *Multi-utilisation* : accès simultané de plusieurs utilisateurs.
- 9) *Croisement des données* : Toutes les tranches du cube doivent rester visualisable
- 10) *Manipulation des données* : Une navigation simple et intuitive
- 11) *Souplesse d'affichage*
- 12) *Nombre illimité de dimensions et de niveaux d'agrégation.*

#### **7.5. Conclusion :**

Le traitement analytique en ligne OLAP (*On Line Analytical Processing*) est une technologie centrée sur l'analyse des données transactionnelles à partir de différentes sources. Elle donne aux entreprises la possibilité d'extraire des informations supplémentaires de leurs systèmes transactionnels.

#### **8. Conclusion :**

Nous avons exposé dans ce chapitre les concepts de base du business intelligence, du décisionnel et du data warehouse et les pièces d'échiquier qui le compose dans le but de fournir dictionnaire global au domaine du projet avec un enrichissement de ses principales notions.

## Chapitre 3:

# Etude de l'existant

### ■ ■ ■ Dans ce chapitre :

1 Présentation de l'organisme d'accueil ..... 53

2 Organisation de l'ANBT ..... 55

3 Système d'information de l'ANBT ..... 60

4 Etude des processus de gestion de l'ANBT ..... 64

5 Conclusion ..... 67

## **1. Présentation de l'Agence Nationale des Barrages et Transferts :**

### **1.1 Nature juridique :**

L'Agence Nationale des Barrages par abréviation « ANB » crée par décret n° 85 – 163 du 11 Juin 1985 avec statut d' Entreprise Publique à caractère Administratif ( E.P.A ) , comptabilise à son actif une expérience de vingt années, notamment dans le suivi et la mise en œuvre des plans et programmes arrêtés en matière de réalisations des ouvrages de mobilisation et de transfert des ressources en eaux superficielles (Barrages, Réservoirs, Grands Ouvrages de Stockage et les Infrastructures de Transfert).

En vertu de l'article n°2 du décret suscité, le statut de l'Agence Nationale des Barrages par abréviation « ANB » établissement à caractère administratif, est réaménagé dans sa nature juridique en Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial (EPIC) dénommé « Agence Nationale des Barrages et Transferts » par abréviation « ANBT » par de décret exécutif N°05-101 du 23 Mars 2005.

### **1.2 Missions et attributions :**

#### **1.2.1 En terme d'étude :**

- Concevoir, élaborer, suivre et contrôler les études générales et spécifiques des barrages et des ouvrages de transfert dont la réalisation est confiée à l'ANBT.
- Assurer la maîtrise d'œuvre en matière de travaux de reconnaissance géologiques, hydrologiques et géotechniques nécessaires à la réalisation des études de Faisabilité de barrages ou ouvrages de transfert.
- Elaborer ou faire élaborer les études aboutissant à l'avant projet détaillé des projets retenus.
- Assurer les différentes phases de contrôle technique des études confiées aux bureaux d'études.
- Créer et gérer une banque de données hydrologiques.

- Elaborer ou faire élaborer les études d'impact sur l'environnement et de rentabilité, de risque encouru dans le cas de rupture de barrage, de confortements des ouvrages.

#### **1.2.2 En terme de réalisation :**

- Lancer les appels d'offres, superviser l'analyse des offres, rédiger les contrats de réalisation des projets.
- Assurer la supervision et le contrôle continu des activités des projets de réalisation.
- Apporter toute l'assistance requise aux aménagements de barrages et transferts en matière de gestion de contrats.
- Assurer le suivi de l'exécution, des contrats depuis leur lancement jusqu'à leur clôture.
- Assurer et superviser les opérations de réception des barrages et des transferts.

#### **1.2.3 En terme de gestion et d'exploitation :**

- Assurer l'auscultation permanente des ouvrages par un suivi des différents mouvements et du comportement des ouvrages et de leurs fondations en termes de fissuration, fuites, pression interstitielles, tassements et résistance aux séismes.
- Elaborer les plans de sécurité en collaboration avec les autorités locales et les structures concernées.
- Collecter, traiter et conserver l'ensemble des données hydrométéorologiques.
- Suivre les programmes de soutirage périodiques et procéder à la répartition des ressources avec les organismes concernés.
- Lancer, suivre et contrôler les travaux de réhabilitation des équipements et les travaux de confortement des ouvrages en exploitation.

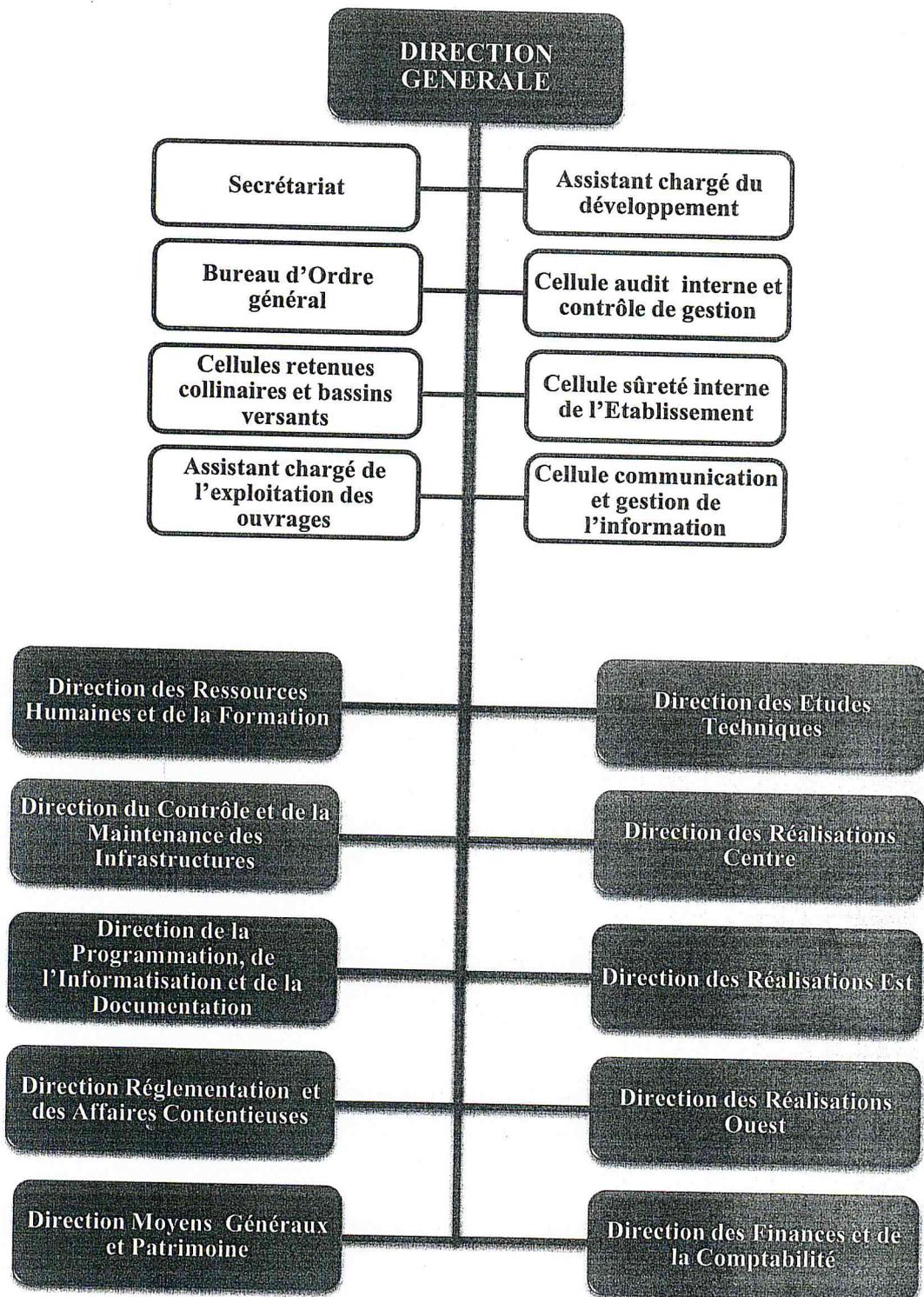
## **2. Organisation de l'Agence Nationale des Barrages et Transferts :**

L'A.N.B.T. est une agence gouvernementale sous tutelle du Ministère des Ressources en Eau, elle agit comme maître d'ouvrage délégué pour le compte du M.R.E. pour ce qui concerne les études, la conception, la réalisation et l'exploitation des barrages et transferts, y compris la gestion de la ressource.

L'A.N.B.T. est organisée en différentes directions, chaque direction est divisée en départements, et chaque département est hiérarchisé en services. Les directions sont réparties comme suit :

- Les études en vue de la réalisation d'un nouveau barrage sont lancées par la Direction des Etudes Techniques.
- Les travaux sont lancés sous forme de projets par trois directions : Direction des Réalisations Est, Direction des Réalisations Centre, et la Direction des Réalisations Ouest.
- Quand le projet est réalisé, il passe en exploitation auprès de la Direction du Contrôle et de la Maintenance des Infrastructures.
- Des directions de soutien viennent en appui de ces directions, parmi elles :
  - La Direction de Finance et de la Comptabilité.
  - La Direction de la Réglementation et des Affaires Contentieuses.
  - La Direction des Moyens et Patrimoine.
  - La Direction de la Programmation, l'Informatique et la Documentation.
  - La Direction des Ressources Humaines et de Formation.
- Quatre Directions Régionales pour l'exploitation des barrages : Direction Régionale Centre, Direction Régionale Ouest, Direction Régionale Est, et la Direction Régionale Cheliff.

2.1 Organigramme de l'ANBT :



Légende : ■ Champs d'étude

Figure 3.1: Organigramme de l'ANBT

## 2.2 Direction des Etudes Techniques :

La Direction des Etudes Techniques est composée de quatre départements :

1. Département Aménagement Hydraulique
2. Département Géologique et Géotechnique
3. Département Hydrologie
4. Département Topographie et Etude d'Impact sur l'Environnement

En fonction de la programmation définie par le M.R.E., des études d'implantation de nouveaux barrages sont réalisées par la Direction des Etudes.

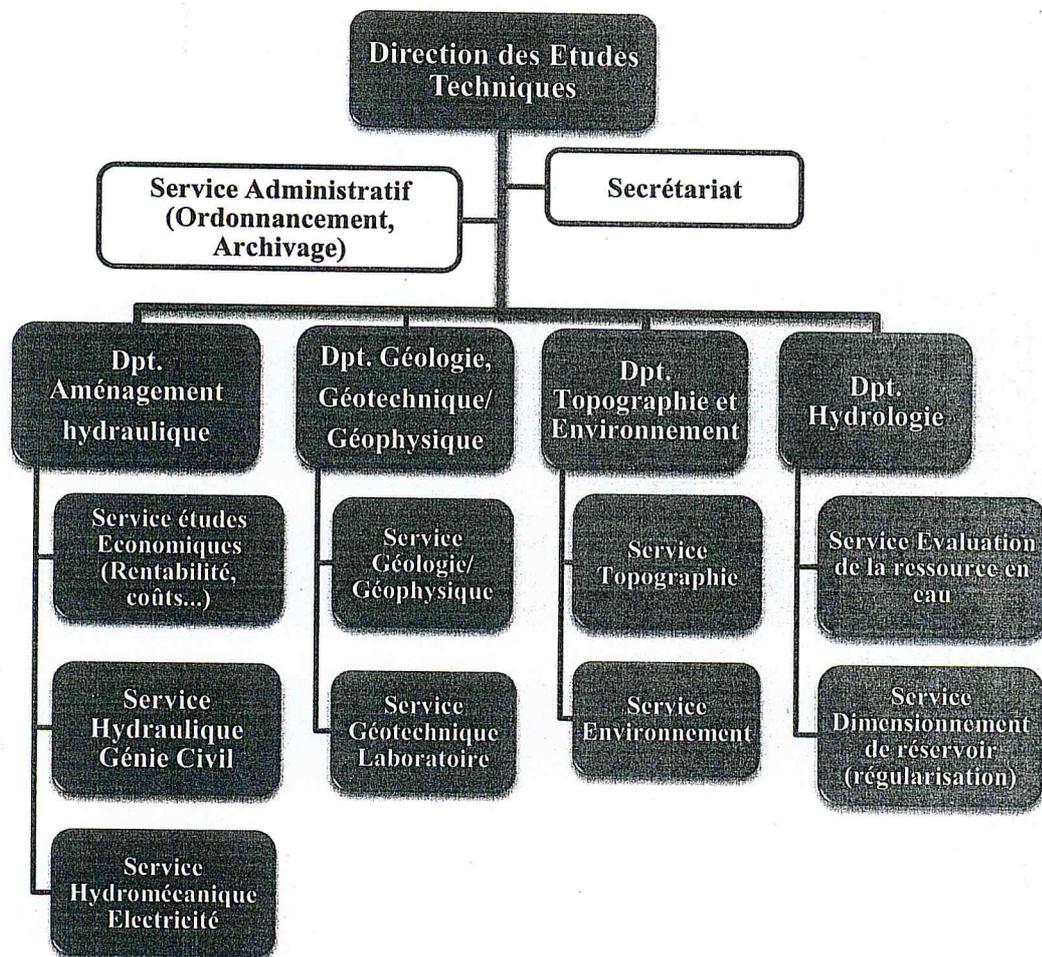


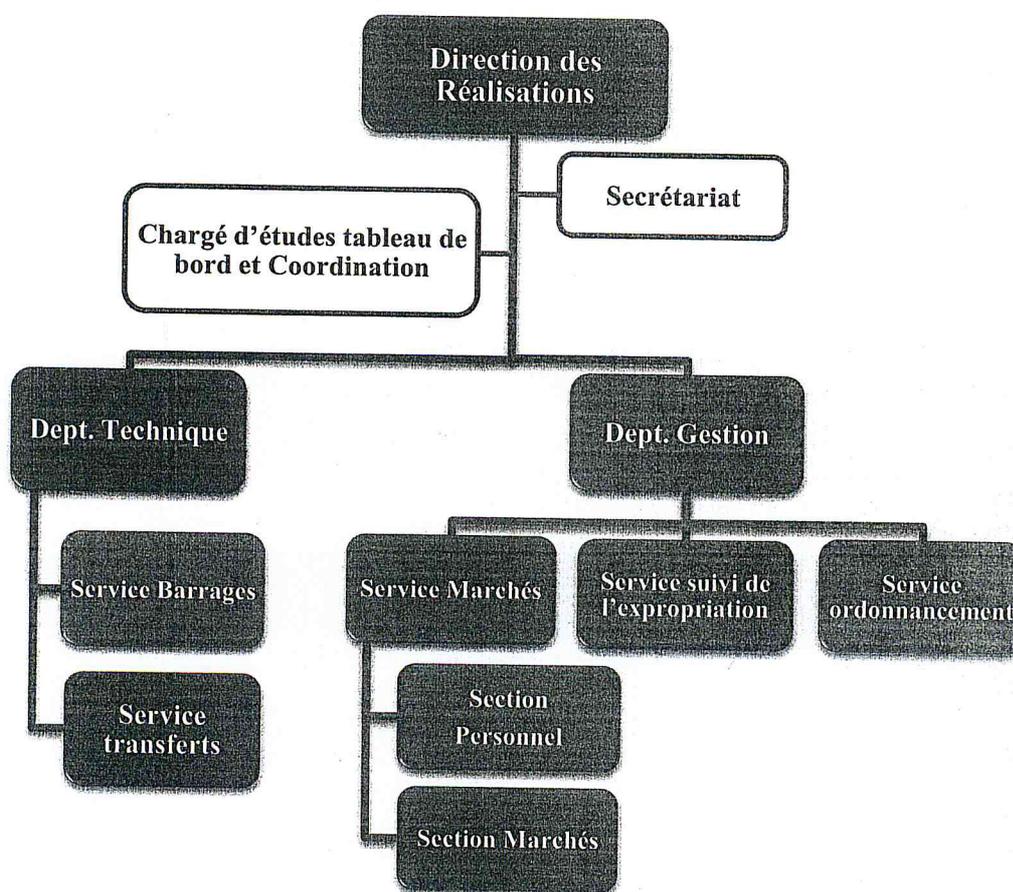
Figure 3.2: Organigramme de la Direction des Etudes Technique

### 2.3 Direction des Réalisations:

Les travaux sont lancés sous forme de projets par les Directions des Réalisations.

La Direction des Réalisations Centre (comme Est et Ouest) est composée de :

- **Département Gestion** : il s'occupe des aspects administratifs et financiers des opérations liées aux projets.
- **Département Technique** : il s'occupe de la réalisation des projets. Au siège, le département est composé d'ingénieurs chargés d'opération et sur les projets, de chef de projet, d'ingénieurs et de techniciens.



Légende :  Champs d'étude

Figure 3.3 : Organigramme de la Direction des Réalisations

#### 2.4 Direction du Contrôle et de la Maintenance des Infrastructures :

La Direction du Contrôle et de la Maintenance des Infrastructures est composée de trois départements :

- **Département Gestion de la Ressource** : Il informe les décideurs (Direction Générale, autorités de la tutelle, autres direction de l'ANBT) sur les événements chronologiques hydrologiques, ainsi que le suivi de l'application des décideurs d'affectation de la ressource.
- **Département de la Maintenance** : Il s'occupe de la maintenance des appareils hydromécaniques.
- **Département Contrôle Technique** : Il s'occupe de l'auscultation des ouvrages à l'aide des appareils installés, afin de détecter les anomalies pour en avertir les experts qui prendront les décisions et de lancer les travaux si nécessaire.

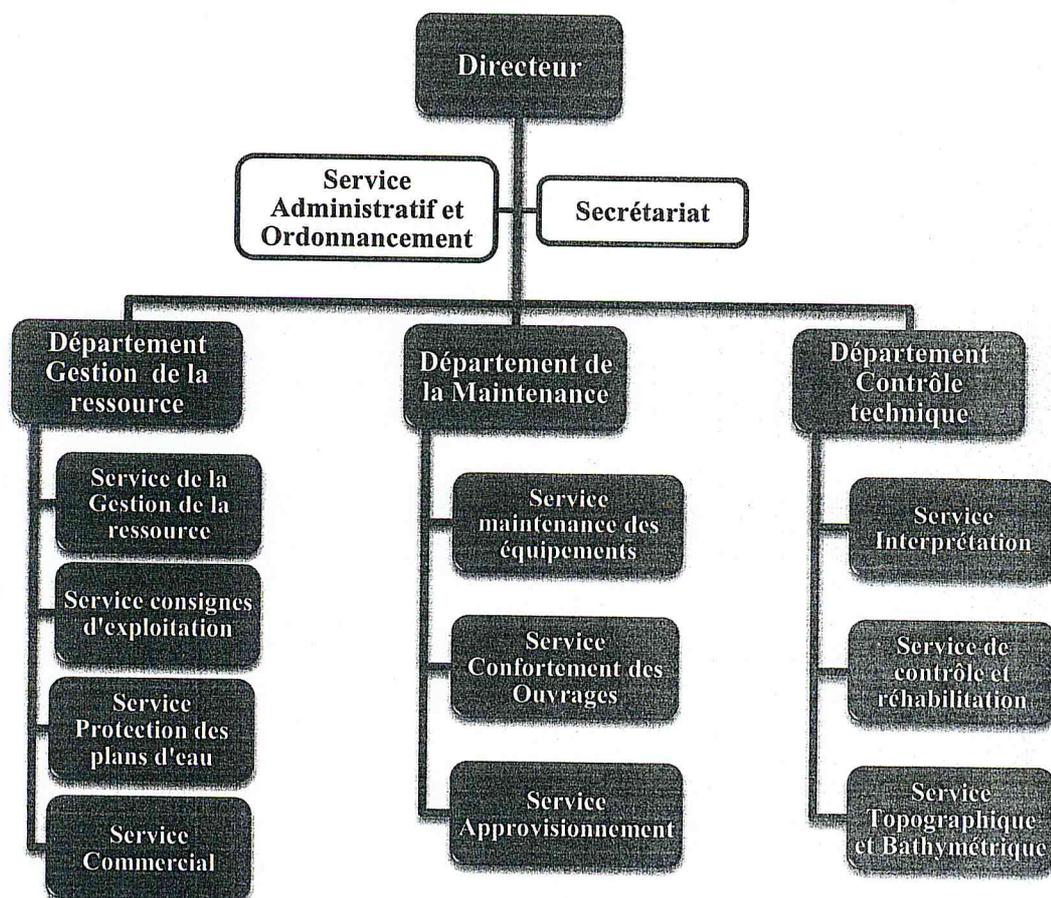


Figure 3.4 : Organigramme de la D.C.M.I.

### **3. Système d'information de l'ANBT :**

#### **3.1 Les logiciels standards:**

- **Microsoft Office:**

La suite bureautique Office est utilisée comme application standard de bureautique et est installée sur les stations de travail. Toutefois, plusieurs versions ont été installées (2003, 2007), ce qui peut provoquer des problèmes de compatibilités descendante pour transférer : un document au format 2007 sur une station de travail équipée de la version 2003.

- **Anti-virus:**

Plusieurs anti-virus sont installés sur les stations de travail (AVAST, BITDEFENDER, ...) qui ne sont pas connectées à Internet pour réaliser les mises à jour en automatique. La disparité des solutions retenues et l'absence de réseau local ne facilitent pas le travail de la personne chargée de contrôler le bon fonctionnement de la chasse aux virus et autres logiciels malveillants: il n'est pas étonnant que des virus (ou autres chevaux de Troie) soient présents sur les postes et transférés à l'aide de supports amovibles, tels que les clés USB.

- **AUTOCAD:**

Le logiciel de C.A.O. est déployé sur certaines stations de travail au niveau de la D.E.T et des Directions des Réalisations. Il est utilisé pour les relevés topographiques et les différents plans en rapport avec les projets.

- **ARCGIS:**

Le S.I.G. est déployé sur un mini-réseau (2 stations de travail) au niveau de la D.E.T. pour consulter les dossiers fournis par les bureaux d'études.

### 3.2 Les applications de gestion:

Différents progiciels, soit standard, soit à base de développements spécifiques, sont (ou vont être) déployés au niveau des Directions:

- **COSWIN:**

C'est un progiciel de G.M.A.O. développé par la société SIVECO. Ce logiciel a été acquis par le département Maintenance de la D.C.M.I., mais n'a pas encore été déployé par les intéressées.

- **PANDA:**

C'est un progiciel développé par E.D.F. utilisé pour l'auscultation des barrages, il est installé sur six (6) stations de travail du Département Control Technique de la D.C.M.I. le logiciel fonctionne avec un dongle<sup>1</sup> (le département dispose 60 clés), et les données sont renseignées dans des bases de données Microsoft-Access (une base de donnée par barrage). Les données sont transmises au format papier à partir des barrages et sont saisies au siège; elles sont analysées pour détecter des anomalies. Un système a été développé pour permettre le transfert des données entre les barrages et les organismes de contrôle.

- **SUIVI :**

C'est un logiciel de base de données, utilisé pour l'administration et le suivi des barrages, il a été acquis par la D.C.M.I. Cette application est développée en My SQL Server du côté SGBD et Windev côté interface graphique, la base de données est centralisée avec une architecture client/serveur et offre un système de sécurité par authentification (IPsec).

- **GESTION BUDG :**

C'est un logiciel du même type que « suivi des barrages ». Il est utilisé pour l'administration et le suivi projets et développé en My SQL Server du côté SGBD et

---

<sup>1</sup> Clé USB de sécurité

Windev côté interface graphique ; la base de données est centralisée avec une architecture client/serveur et offre un système de sécurité par authentification (IPsec).

- **PCCOMPTA:**

C'est un logiciel de compatibilité (standard sur le marché Algérien, édité par le D.L.G.) déployé au niveau d'une station de travail de la D.F.C, le logiciel existe en version réseau.

- **Logiciel pour le Département Finance et Budget d'Equipement de la D.F.C.:**

Un logiciel a été développé par la société ayant développé SESAME pour le compte de différentes agences gouvernementales. Il doit être installé pour être testé, puis adapté aux besoins spécifiques du Département; ensuite, il sera déployé sur réseau pour l'ensemble du Département.

- **SESAME:**

C'est un logiciel de G.R.H. qui est déployé dans le Service Administration du Personnel et le Service Recrutement et Gestion de la Carrière de la D.R.H.F. sur six (6) stations de travail indépendantes (2 pour l'ensemble du personnel et un pour chaque Direction Régionale). Aucun échange de données sur support informatique n'est réalisé: tout est ressaisi. Le logiciel existe en version réseau.

- **WGPAIE:**

C'est le logiciel de paie. Il est installé sur une station de travail, mais une version réseau du logiciel existe.

Application	Situation		
	Déployée	En cours de déploiement	En cours de développement
ARCGIS (Système d'information géographique)	✓		
Base de données de références			✓
Développement spécifique budget d'équipement			✓
Gestion de la maintenance (avec immobilisations, stocks et achats)		✓	
GESTIONBUDG		✓	
SUIVI		✓	
Gestion documentaire			✓
PANDA (contrôle technique des barrages)	✓		
PCCOMPTA (comptabilité générale)	✓		
SESAME (gestion des Ressources Humaines)	✓		
WGEPAIS (paie)	✓		
Tableaux de bord			✓

**Tableau 3.1:** Récapitulation des applications de l'A.N.B.T.

## **4. Etude des processus de gestion de l'ANBT :**

### **4.1 Processus des études :**

En fonction de la programmation définie par le M.R.E., des études d'implantation de nouveaux barrages sont réalisées par la Direction des Etudes. Certains projets structurants concernant plusieurs ouvrages d'art (le complexe Béni Haroun dans le cadre de la mise en valeur des hauts-Plateaux...)

A la suite des études, la validation des projets est réalisée en concertation avec la tutelle.

#### **4.1.1 Département Aménagement Hydraulique**

Les directions centrales du M.R.E. sur identification des besoins identifient les priorités et les opportunités en fonction des estimations. Pour cela :

- Une demande d'inscription, comportant une estimation et une ventilation de coûts, est transmise au M.R.E.
- L'étude est lancée : il faut établir le cahier des charges.
- L'avis d'appel d'offre est lancé.
- La Direction des Etudes Technique effectue l'analyse des offres pour ressortir une.
- Les missions de projet sont soumises au bureau d'étude.

#### **4.1.2 Département Géologique et Géotechnique :**

Les études sont réalisées par des bureaux d'étude (sélectionnés suivant le mode en vigueur à l'A.N.B.T.) qui sont mandatés.

Le bureau d'étude sélectionné fournit un rapport « études géologiques, géotechniques et de sismicité » (aux formats papier et numérique, sur demande) qui contient :

- Une carte géologique du site et de la cuvette.
- Un rapport détaillé sur la géologie du site, établi à partir des relevés sur le terrain, de carottages et de sondages par puits.

- Un rapport sur la géotechnique du site, réalisé à partir d'essai sur le terrain (perméabilité, résistance aux déformations,...) et d'essai de laboratoire à partir d'échantillons prélevés lors des carottages.
- Un rapport sur la géophysique du site, réalisé à partir d'essai sur le terrain.

Ce rapport permet de ressortir un modèle géologique et géotechnique qui, une fois validé, est transmis au concepteur du barrage pour le choix du modèle de barrage.

#### **4.1.3 Département Hydrologie :**

Les études sont réalisées par les bureaux d'étude (sélectionnés suivant le mode en vigueur à l'A.N.B.T.). Ils fournissent des rapports, ainsi que des dossiers S.I.G. qui permettent l'établissement de couches thématiques (plan d'occupation de sol, modèle numérique de terrain, réseau hydrographique, etc.) pour réaliser la carte de sensibilité à l'érosion et définir les zones prioritaires à traiter.

En dehors du dossier S.I.G. installé sur des stations de travail, les données au format papier ou sous Excel.

A l'issue de l'analyse de l'étude, les résultats sont communiqués à la Direction des Réalisations concernée et les documents sont archivés (D.P.I.D.).

#### **4.1.4 Département Topographie et Etude d'Impact sur l'Environnement :**

Les données sont réalisées par des bureaux d'étude (sélectionnés suivant le mode en vigueur à l'A.N.B.T.) qui sont mandatés pour intervenir sur le site.

Les conclusions établies à partir des ces documents influencent sur la faisabilité du barrage : la décision est prise au niveau M.R.E

#### **4.2 Processus des Réalisations:**

Les travaux sont lancés sous forme de projets par trois directions : la Direction des Réalisations Est, la Direction des Réalisations Centre et la Direction des Réalisations Ouest. Une procédure est mise en place pour :

- Réaliser un appel d'offre ;
- Sélectionner une entreprise ;
- Suivre la réalisation ;
- Gérer différents contrats (pour les travaux bien entendu, mais aussi pour les études d'exécution et les activités connexe-construction des logements pour les expropriés, déplacement de routes ou de lignes électriques,...).

#### **4.3 Processus d'exploitation des barrages :**

##### **4.3.1 Département de la Gestion de la Ressource :**

- Suivi des états des réserves des barrages en exploitation (journalière).
- Elaboration des bilans hydriques (apports/lâchées) (annuels).
- Collecte des informations liées aux barrages (journalière).
- Suivi de l'envasement des barrages (journalière).
- Analyse des évolutions des réserves (journalière).
- Situation des comportements des réserves dans le but de faire une planification à moyen terme.
- Suivi des travaux de dévasements et de la pollution des réserves.
- Etude de protection des bassins versants.
- Elaboration en temps réel de l'état des apports enregistrés dans les barrages en cas des crues.

#### 4.3.2 Département de Contrôle Technique des Ouvrages :

- Au niveau du barrage, un bulletin de suivi est renseigné par les personnes en charge d'affecter les mesures définies au siège. Ces mesures sont vérifiées avant d'être transmises sur un document papier à la direction régionale qui le transmet ensuite au siège. La fréquence des bulletins varie suivant le barrage (toutes les semaines ou toutes les deux semaines, voire même, en cas de problème, tous les jours).
- Au niveau du siège, les bulletins sont saisis par l'ingénieur en charge du barrage dans une application de suivi. L'ingénieur interprète ensuite les résultats pour détecter les anomalies qui sont prises en charge par des experts.
- En retour des informations transmises, différents rapports sont élaborés à destination des émetteurs de données.
- Auscultation topographique : Il s'agit de réaliser des mesures pour déceler des mouvements de terrain. Ces mesures sont réalisées par les ingénieurs du département (ou sous-traitées) et sont ensuite saisies au siège dans une application.

#### 5. Conclusion :

Nous avons pu remarquer dans cette étude, que l'ANBT s'appuie particulièrement sur des systèmes d'information opérationnels dans toutes ses activités sans faire appel à une solution de plus haute vision : un système décisionnel.

Ce genre de systèmes est devenu à nos jours essentiel, et même indispensable, à toute entreprise qui afin qu'elle puisse répondre à ses besoins en intelligence économique.

C'est dans cette terminaison que notre projet a été proposé par l'entreprise en question, et sera mis en œuvre dans le but d'offrir une solution adaptable.

**Chapitre 4:**

# **Démarches et choix de conception**

**■ ■ ■ Dans ce chapitre :**

**1 Introduction ..... 68**

**2 La démarche de Ralph Kimball ..... 68**

**3 La démarche de Mark A.R. Kortink et Daniel L. Moody... 71**

**4 La démarche de Sergio Luján Mora ..... 76**

**5 Analyse et conclusion ..... 97**

## 1. Introduction :

Le choix de la méthode de conception d'un entrepôt de données présente une grande importance pour une bonne allure dans le développement. C'est pourquoi nous avons choisi de consacrer un chapitre entier à cet effet.

Dans ce chapitre, nous allons présenter brièvement les méthodes de conception selon trois fondateurs de démarches de conception d'un data warehouse :

- Ralph Kimball ;
- Mark A.R.Kortink et Daniel L.Moody ;

Mais sans rentrer trop dans leurs détails vu qu'ils sont plutôt assez connues et relativement anciennes.

Et le troisième fondateur de la nouvelle démarche:

- Sergio Lojàn Mora.

Avec plus de détails pour donner une vue claire de cette dernière qui n'a pas été présentée auparavant.

Nous allons analyser chacune de ces méthodes, pour finalement opter, en fonction des avantages de chacune des démarches, l'une que nous jugeons la plus adaptée.

## 2. La démarche de Ralph KIMBALL : [28]

### 2.1. Introduction :

Considérée comme étant la référence dans le monde de la conception des entrepôts de données ; la méthode de conception d'une base de données multidimensionnelle suivant la démarche KIMBALL est abordée d'une manière systématique, en envisageant quatre étapes dans un ordre bien défini.

- *Première étape* : Choisir le processus d'activité à modéliser. Un processus d'activité est un processus opérationnel important pour l'organisation, étayé par une application existante à partir de laquelle des données peuvent être collectées au profit de l'entrepôt de données.

Exemples de processus d'activité : Facturation, Ventes,....

- *Deuxième étape* : Choisir le Grain du processus d'activité. Le Grain est le niveau de détail fondamental, atomique, des données figurant dans la table des faits pour ce processus. Des grains typiques sont des transactions individuelles, des récapitulatifs individuelles quotidiennes.
- *Troisième étape* : Choisir les dimensions applicables à chaque enregistrement de la table de faits. Des dimensions typiques sont le temps, le produit, le magasin, le client, etc. Le choix d'une dimension s'accompagne de la définition de tous les attributs textuels qui garniront la table de dimension.
- *Quatrième étape* : Choisir les faits (mesures) que contiendra chaque enregistrement de la table de faits. Des faits mesures typiques sont des quantités numériques additives.

Sachant qu'aucune méthode automatique ou semi-automatique n'est envisagée, mais KIMBALL se base sur une approche intuitive.

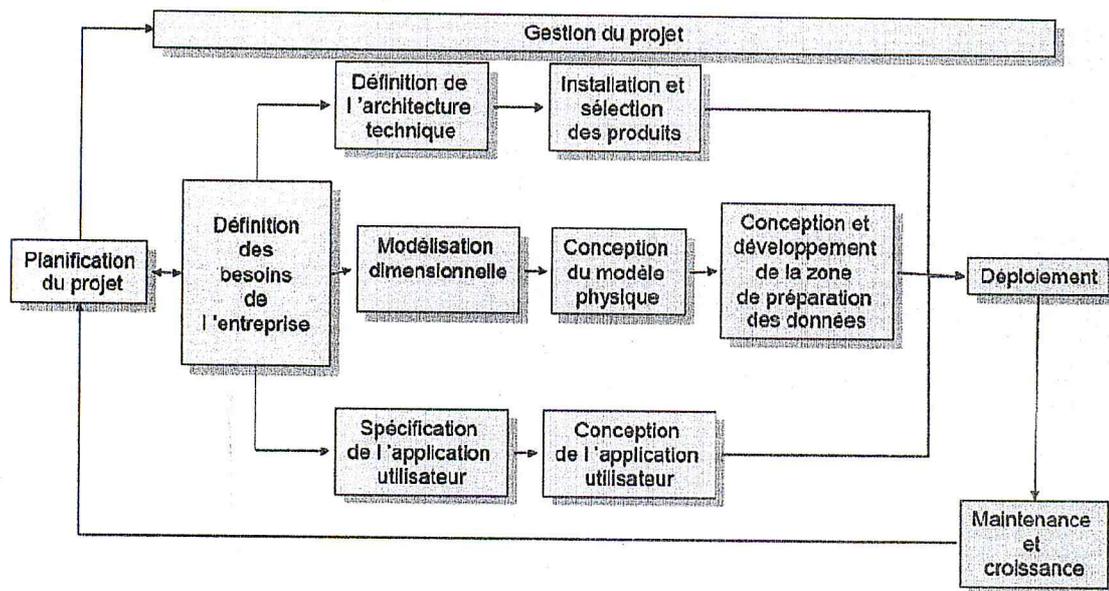


Figure 4.1: Schéma du cycle de vie multidimensionnel. [19]

La construction d'un entrepôt de donnée multidimensionnel selon KIMBALL revient à faire correspondre les besoins de la communauté utilisateurs avec la réalité des informations disponibles. Les neuf décisions majeures qui jalonnent la conception de

la base de données sont toutes subordonnées aux besoins des utilisateurs et aux réalités que représentent les données.

## 2.2. Les neuf décisions :

Ralph KIMBALL propose une démarche qui se résume à neuf décisions, dans un ordre bien défini pour la conception complète d'un entrepôt de données dimensionnel, elles portent sur les points suivants :

1. Les processus, et l'identité des tables de faits.
2. Le grain de chaque processus.
3. Les dimensions de chaque table de faits.
4. Les faits, y compris les faits pré-calculés.
5. Les attributs des dimensions, avec des descriptions complètes et la terminologie adéquate.
6. Comment suivre les dimensions à évolution lente.
7. Les agrégats, les dimensions hétérogènes, les mini-dimensions, les modes de requêtes et autres décisions sur le stockage physique.
8. L'étendue historique de la base de données.
9. L'urgence avec laquelle les données doivent être extraites et chargées dans l'entrepôt de données.

Cette méthodologie est une méthodologie descendante, qui commence par identifier les processus majeurs de l'entreprise dans la quelle les informations sont collectées. Car les concepteurs d'entrepôt de donnée d'après KIMBALL doivent commencer avec des sources des données existantes et réellement utilisées, pour éviter de perdre du temps en rêvant à des sources d'information qui n'existent pas.

Une fois les processus identifiés, une ou plusieurs tables de faits sont construites à partir de chacun des processus choisis. Avant de pouvoir concevoir en détail une table de faits, une décision doit être prise sur la signification précise d'un enregistrement de plus bas niveau dans la table de faits. Cette signification est le grain de la table de faits. Lorsque le grain de la table de faits est connu, les dimensions et leurs grains respectifs peuvent être identifiés. Il y aura des dimensions

supplémentaires qui ne seront pas strictement requises pour décider du grain de la table de faits.

Le choix des dimensions est le point clé de la conception ; une fois les dimensions choisies, il faut définir toutes les mesures de la table de faits, on peut ensuite définir complètement le contenu des enregistrements de dimension.

A ce stade, la conception de la structure logique principale est terminée, et nous pouvons porter notre attention sur les aspects les plus généraux de la structure physique. Ces aspects incluent la manière à suivre les dimensions à évolution lente, l'inclusion d'agrégats, les dimensions hétérogènes, les mini-dimensions et le mode de requêtes.

### **3. La démarche de M. Kortink et D.L. Moody:[29], [30]**

#### **3.1. Introduction:**

D'après [30], on peut arriver à un modèle dimensionnel en partant du modèle d'entreprise, s'il existe. Ils donnent une méthode de conception basée sur un modèle existant. Ils proposent de définir le modèle de l'entrepôt de données à partir du modèle d'entreprise, dont la mise en place est en général très onéreuse.

#### **3.2. Phase de la méthode :**

Le processus de cette démarche est composé de quatre phases :

- Classification des entités ;
- Identification des hiérarchies ;
- Production du Modèle multidimensionnel ;
- Evaluation et Raffinement.

##### **1) Classification des entités :**

La première étape pour créer un modèle multidimensionnel à partir du modèle l'entreprise est de classer ses entités. Elles se décomposent en trois catégories :

- **Entité de transaction** : elle décrit un événement qui se produit à un instant donné et contient les mesures, comme le montant, le poids, les volumes. Ces mesures forment la base des résultats que l'entrepôt permet d'étudier.
- **Entité Composante** : définit la finesse des détails ou composants de chaque transaction. Les composants répondent aux questions Qui, Quoi, Où, Quand, Combien, Pourquoi, d'un événement business (commercial);
- **Entités de classification** : Ce sont des entités qui sont apparentées à des entités composantes par une chaîne de relations (un à plusieurs). Ces entités représentent la hiérarchie entre les entités dans le schéma en étoile.

## 2) Identification des hiérarchies :

Une hiérarchie est un modèle d'entité-association qui est identifié par des séquences d'entités reliées par des relations (un à plusieurs), toutes alignées dans le même sens. Nous parlons alors d'un schéma normalisé.

## 3) Production du Modèle multidimensionnel :

Les auteurs [29], [30] proposent une méthodologie pour construire un modèle multidimensionnel. Les schémas cibles sont décrits en première partie, à savoir : le schéma en étoile, le flocon de neige, la constellation, plus de nouveaux schémas : la galaxie, le schéma en grappe, le schéma à plat et le schéma en terrasse.

- **Schéma de Galaxie :**

Plus généralement, un ensemble de schémas d'étoile ou constellations peuvent être combinés ensemble pour former une galaxie. La galaxie est une collection de schémas d'étoile avec des dimensions partagées, mais à la différence d'un schéma en constellation, les tables de fait dans une galaxie ne doivent pas être directement liées.

- **Schéma en Grappe :**

Ce schéma est apparu car il n'existe pas de schéma en étoile ou de schéma en flocon parfait. Le schéma en grappe est une dérivation de ces deux schémas pour en former un troisième. Kimball déclare qu'un schéma en flocon n'est pas optimal, car il est trop

complexe. Toujours pour les mêmes raisons de simplifications des tables, afin de pouvoir trouver facilement les informations dans l'entrepôt, le schéma en grappe apparaît alors comme un compromis entre le schéma en étoile et le schéma en flocon.

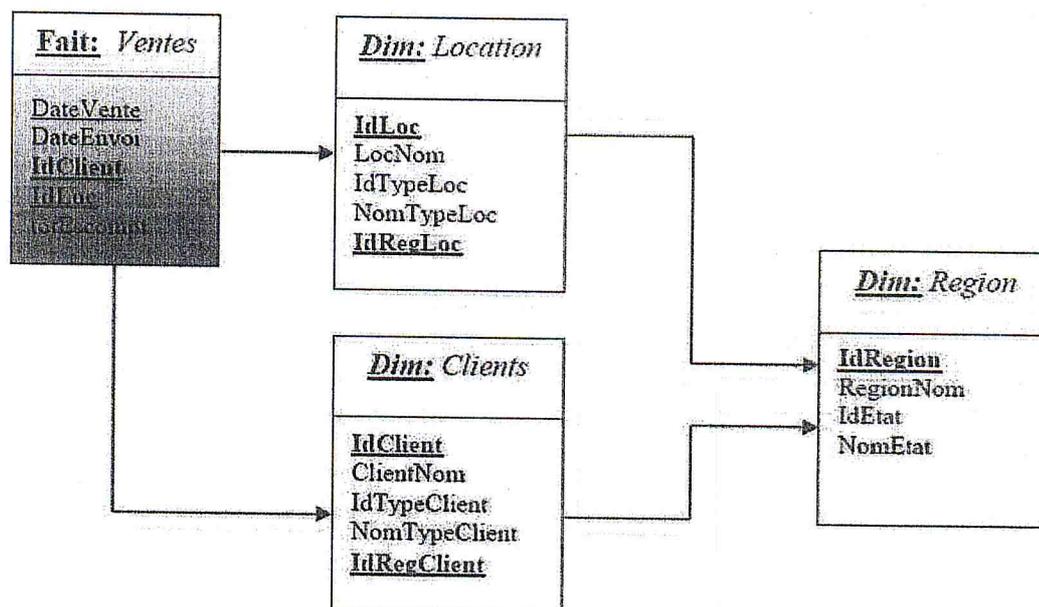


Figure 4.2: Schéma en Grappe [29]

- **Le schéma à plat :**

Ce schéma est le plus simple à réaliser sans perte de données. Il est formé par agrégation des entités dans le modèle de données vers une entité minimale. Cela minimise le nombre de tables dans la base de données, mais sans perdre aucune information du modèle original.

Le problème de ce type de schéma est qu'il peut engendrer des erreurs lorsqu'il existe une relation entre les entités de transaction. Lorsque l'on agrège les montants numériques d'une entité de transaction vers une autre, cet agrégat est alors répété.

- **Le schéma en terrasse :**

Ce schéma est créé à partir d'une agrégation d'entités en dessous d'entités maximales, ainsi l'on s'arrête lorsque l'on rencontre une entité de transaction. Il en résulte une table pour chaque entité de transaction dans le modèle de données. Ce schéma n'est

pas très apprécié car il peut poser des problèmes de compréhension aux utilisateurs non avertis, dus à la séparation entre les niveaux de transaction.

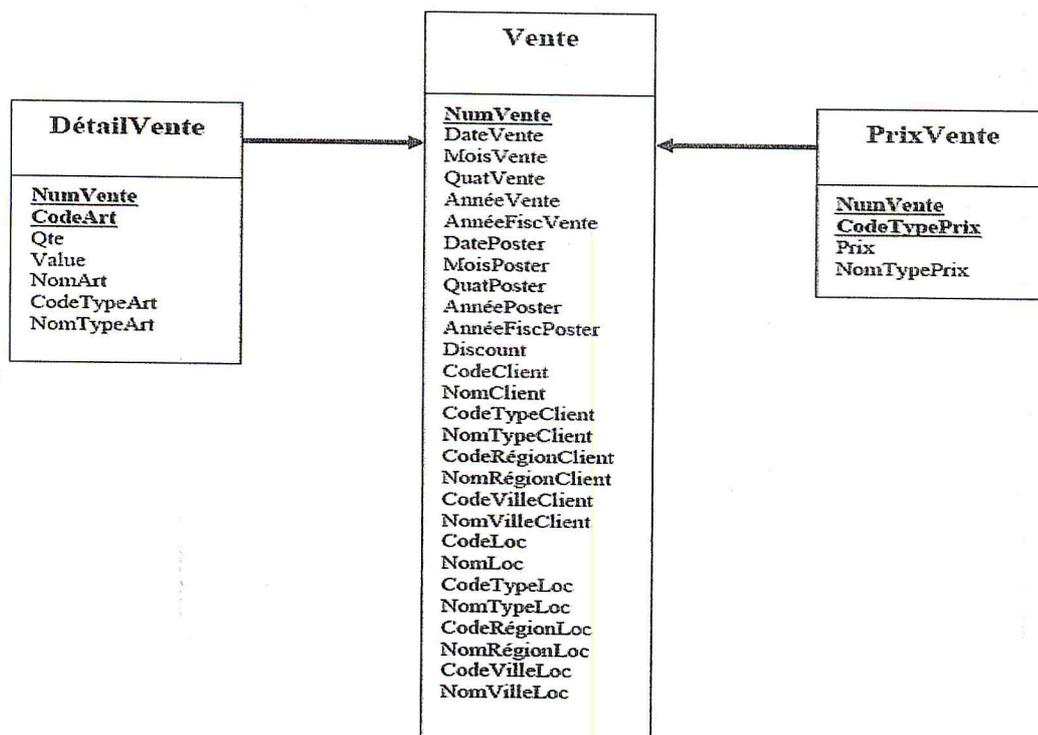


Figure 4.3: Schéma en Terrasse [29]

#### 4) Evaluation et Raffinement:

En pratique, la modélisation multidimensionnelle est un processus itératif.

- Combinaison des Tables de Fait : Tables de fait avec les mêmes clefs primaires (c'est-à-dire les mêmes dimensions) doivent être combinées. Cela réduit le nombre de schémas d'étoile et facilite la comparaison entre les faits liés ;
- Combinaison des Tables de Dimension ;
- Création de tables de dimension pour chaque entité composante aboutit souvent à un grand nombre de tables de dimension. A simplifier la structure de Data Marts, des dimensions liées doit se consolider ensemble dans une simple table de dimension.

### 3.3. Conclusion :

Quelque soit le modèle choisi, la procédure de création de la table de faits et la création de ses clés est :

- 1) Une table de faits est formée pour les entités de transaction les plus pertinentes ;
- 2) La clé de cette table est une combinaison des clés des tables de dimension ;
- 3) Si une relation hiérarchique existe entre deux entités de transaction, l'entité fille hérite de tous les attributs de son père ;
- 4) Les attributs numériques appartenant aux entités de transaction doivent être agrégés par les clés ;
- 5) Les tables des faits avec les mêmes clés primaires doivent fusionner.

Les auteurs [30] nous proposent de partir du modèle d'entreprise existant, et de le transformer, soit en schéma à plat, soit en terrasse, soit vers les autres modèles multidimensionnels. De plus, pour chaque schéma, il faut rajouter certaines spécificités propres à chacun. Par exemple :

- 1) Dans le cas d'un modèle en étoile : une table de dimension est formée pour chaque entité composante par agrégation de la hiérarchie constituée de ses entités de classification.
- 2) Pour le modèle en flocon de neige : chaque entité composante devient une table de dimension. A partir de chaque entité composante et ses entités de classification on dérive la hiérarchie d'une dimension.

## 4. La démarche de S. Loján Mora :

### 4.1. Introduction :

Développer un Data Warehouse est une tâche complexe, longue et exhibe un risque d'échec. Différents modèles et méthodes de DW ont été présentés durant les dernières années passées. Toutefois, aucune d'autre elle adresse la totalité du processus du développement d'une manière intégrée. [14]

A la lumière de cette situation, un processus d'ingénierie de DW a été développé par « Sergio Luján-Mora » et autres (Enseignants et chercheurs à l'Université d'Alicante, Espagne), pour rendre le développement du DW plus efficace. C'est une méthode OO, basée sur UML et UP, qui permet à l'utilisateur de tacler toutes les phases de la conception du DW.

Dans ce chapitre, nous allons présenter cette méthode de développement de DW.

### 4.2. Diagrammes du Data Warehouse :

L'architecture du DW est usuellement représentée sous forme de plusieurs couches de données dont chaque donnée d'une couche est dérivée à partir de la donnée de la couche précédente. Suivant cette hypothèse, on considère que le développement d'un DW peut être structuré en une structure intégrée avec cinq phases et trois niveaux qui définissent différents diagrammes pour le modèle de DW :

- **Phases:** on distingue cinq phases dans la définition d'un DW :
  - **Source :** définit la structure des sources de données opérationnelles du DW. Tel que les systèmes OLTP, les sources de données externes, etc.
  - **Intégration :** définit le passage entre les sources de données et le DW.
  - **Entrepôt de données :** qui définit la structure du DW.
  - **Customization:** définit le passage entre le DW et les structures clients.
  - **Client:** définit les structures spéciales qui sont utilisées pour accéder au DW, tel que les applications OLAP.

- **Niveaux:** chaque phase peut être analysée à trois niveaux ou perspectives :
  - *Conceptuel* : définit le **DW** d'un point de vue conceptuel.
  - *Logique* : adresse les aspects logiques de la conception du **DW**, telle que la définition des processus **ETL**.
  - *Physique* : définit les aspects physiques du **DW**, tel que le stockage des structures logiques dans différents disques, ou la configuration des serveurs de bases de données qui supportent le **DW**.
  
- **Diagrammes:** chaque phase ou niveau nécessite différents formalismes de modélisation. Pour cela, cette approche est composée de 15 diagrammes, mais le concepteur du **DW** n'a pas besoin de définir tous ces diagrammes à chaque projet du **DW**. Comme **UML** est un langage de modélisation général, on peut utiliser des mécanismes de l'extension **UML** (stéréotypes, définitions en étiquette, et contraintes) pour adapter **UML** à un domaine de spécification. On fournit l'information suivante pour chaque diagramme [14]:
  - *Nom* : le nom du diagramme.
  - *Diagramme UML* : le diagramme **UML** utilisé pour modéliser le diagramme de **DW**. Actuellement, on utilise les diagrammes de classe, de déploiement et de composant.
  - *Profil* : on montre les diagrammes où on utilise un nouveau profil, dans les autres cas, on utilise un diagramme **UML** standard ou un profil des autres auteurs.

Cette approche, c'est qu'on utilise toujours la même notation (basée sur **UML**) pour conceptualiser les différents schémas du **DW** et les transformations correspondantes d'une manière intégrée.

Le fondateur de cette approche a présenté dans des conférences internationales les différents diagrammes et les profils correspondants comme suit :

- *Profil Multidimensionnel*, pour le **DWCS** (*Data Warehouse Conceptual Schema*) et le **CCS** (*Client Conceptual Schema*), dans [26].

- **Profil de Mappage**, le mappage entre le SCS (*Source Conceptual Schema*) et le DWCS, et entre le DWCS et le CCS, dans [27].
- **Profil ETL**, pour le Processus ETL entre le SLS (*Source Logical Schema*) et le DWLS (*Data Warehouse Logical Schema*), et le Processus d'Exportation entre le DWLS et le CLS (*Client Logical Schema*).
- **Profil de Déploiement de base de données**, pour le SPS (*Source Physical Schema*), le Diagramme de Transportation, le DWPS (*Data Warehouse Physical Schema*), et le CPS (*Client Physical Schema*).

	Source (S)	Integration	Data Warehouse	Customisation	Client (C)
Conceptuel	SCS Diagramme de classe <i>UML Standard</i>	DM Diagramme de Classe <i>Profil de Mappage de données</i>	DWCS Diagramme de Classe <i>UML Standard Profil Multidimensionnel</i>	DM Diagramme de Classe <i>Profil de Mappage de données</i>	CCS Diagramme de Classe <i>UML Standard Profil Multidimensionnel</i>
Logique	SLS Diagramme de classe <i>Différents profils de modélisation de données</i>	Processus ETL Diagramme de classe <i>Profil ETL</i>	DWLS Diagramme de classe <i>Différents profils de modélisation de données</i>	Processus d'exportation Diagramme de classe <i>Profil ETL</i>	CLS Diagramme de classe <i>Différents profils de modélisation de données</i>
Physique	SPS Diagrammes de Comp. & Depl. <i>Profil de déploiement de BDD</i>	Diagramme de transportation Diagramme de déploiement <i>Profil de déploiement de BDD</i>	DWPS Diagrammes de Comp. & Depl. <i>Profil de déploiement de base de données</i>	Diagramme de transportation Diagramme de déploiement <i>Profil de déploiement de BDD</i>	CPS Diagrammes de Comp. & Depl. <i>Profil de déploiement de base de données</i>

**Légende :** CS : Schéma Conceptuel, LS : Schéma Logique, PS : Schéma Physique, Comp. & Depl. : Composant et déploiement

**Tableau 4.1:** Les différents diagrammes et profils utilisés dans le DWEP. [14]

### 4.3. Le DWEP (the Data Warehouse Engineering Process):

La méthode, appelée *Data Warehouse Engineering Process (DWEP)*, est basée sur le *Unified Software Development Process*, connu aussi sous le nom UP [24]. UP est un standard *Software Engineering Process (SEP)* des auteurs d'UML. Comme UML définit un langage de modélisation visuelle, UP spécifie comment développer un logiciel en utilisant UML.

UP est un SEP générique qui doit être instancié pour une organisation, un projet ou un domaine. DWEP est la standardisation d'UP pour le développement d'un DW.

Pour cela, il est important de fournir une brève présentation d'UP [25]:

- Le processus unifié est un processus de développement logiciel itératif, centré sur l'architecture, piloté par des cas d'utilisation et orienté vers la diminution des risques. C'est un patron de processus pouvant être adapté à une large classe de systèmes logiciels, à différents domaines d'application, à différents types et tailles d'entreprises et à différents niveaux de compétences.
- *UP est piloté par les cas d'utilisation d'UML* : Le but principal d'un système informatique est de satisfaire les besoins du client. Le processus de développement aura donc un accès sur l'utilisateur. Les cas d'utilisation permettent d'illustrer ces besoins. Ils détectent puis décrivent les besoins fonctionnels (du point de vue de l'utilisateur), et leur ensemble constitue le modèle de cas d'utilisation qui dicte les fonctionnalités complètes du système.
- *UP est centré sur l'architecture* : l'architecture du logiciel exprime les aspects statiques et dynamiques les plus significatifs du système, et elle est décrite en différentes vues du système à construire.
- *UP est itératif et incrémentale* : le développement des produits logiciels est divisé en petites tranches appelées « itérations ». Une itération est une répétition d'une séquence d'instructions ou d'une partie de programme un

nombre de fois fixé à l'avance ou tant qu'une condition définie n'est pas remplie, dans le but de reprendre un traitement sur des données différentes. Une itération prend en compte un certain nombre de cas d'utilisation et traite en priorité les risques majeurs.

- UP gère le processus de développement par deux axes.
  - *L'axe vertical* : représente les principaux enchaînements d'activités (workflows), qui regroupent les activités selon leur nature. Cette dimension rend compte l'aspect statique du processus qui s'exprime en terme de composants, de processus, d'activités, d'enchaînements, d'artefacts et de travailleurs.
  - *L'axe horizontal* : représente le temps et montre le déroulement du cycle de vie du processus; cette dimension rend compte de l'aspect dynamique du processus qui s'exprime en terme de cycles, de phases, d'itérations et de jalons.

Selon UP, le cycle de vie d'un projet est divisé en cinq phases :

- **Analyse des besoins** : L'analyse des besoins donne une vue du projet sous forme de produit fini. Cette phase porte essentiellement sur les besoins principaux (du point de vue de l'utilisateur), l'architecture générale du système, les risques majeurs, les délais et les coûts. On met en place le projet. Elle répond aux questions suivantes :
  - Que va faire le système ? par rapport aux utilisateurs principaux, quels services va-t-il rendre?
  - Quelle va être l'architecture générale (cible) de ce système ?
  - Quels vont être : les délais, les coûts, les ressources, les moyens à déployer ?
- **Elaboration** : L'élaboration reprend les éléments de la phase d'analyse des besoins et les précise pour arriver à une spécification détaillée de la solution à

mettre en œuvre. L'élaboration permet de préciser la plupart des cas d'utilisation, de concevoir l'architecture du système et surtout de déterminer l'architecture de référence. Au terme de cette phase, les chefs de projet doivent être en mesure de prévoir les activités et d'estimer les ressources nécessaires à l'achèvement du projet. Les tâches à effectuer dans la phase élaboration sont les suivantes :

- Créer une architecture de référence ;
  - Identifier les risques, ceux qui sont de nature à bouleverser le plan, le coût et le calendrier ;
  - Définir les niveaux de qualité à atteindre ;
  - Formuler les cas d'utilisation pour couvrir les besoins fonctionnels et planifier la phase de construction ;
  - Élaborer une offre abordant les questions de calendrier, de personnel et de budget.
- **Construction** : La construction est le moment où l'on construit le produit. L'architecture de référence se métamorphose en produit complet. Le produit contient tous les cas d'utilisation que les chefs de projet, en accord avec les utilisateurs ont décidé de mettre au point pour cette version.
- **Transition** : Le produit est en version bêta. Un groupe d'utilisateurs essaye le produit et détecte les anomalies et défauts. Cette phase suppose des activités comme la formation des utilisateurs clients, la mise en œuvre d'un service d'assistance et la correction des anomalies constatées.

Et cinq principaux workflows (activités):

- **Expression des besoins** : L'expression des besoins comme son nom l'indique, permet de définir les différents besoins :
  - Inventorier les **besoins** principaux et fournir une liste de leurs fonctions ;

- Recenser les **besoins fonctionnels** (du point de vue de l'utilisateur) qui conduisent à l'élaboration des modèles de cas d'utilisation ;
- Appréhender les **besoins non fonctionnels** (technique) et livrer une liste des exigences ;
- Le modèle de cas d'utilisation présente le système du point de vue de l'utilisateur et représente sous forme de cas d'utilisation et d'acteur, les besoins du client.

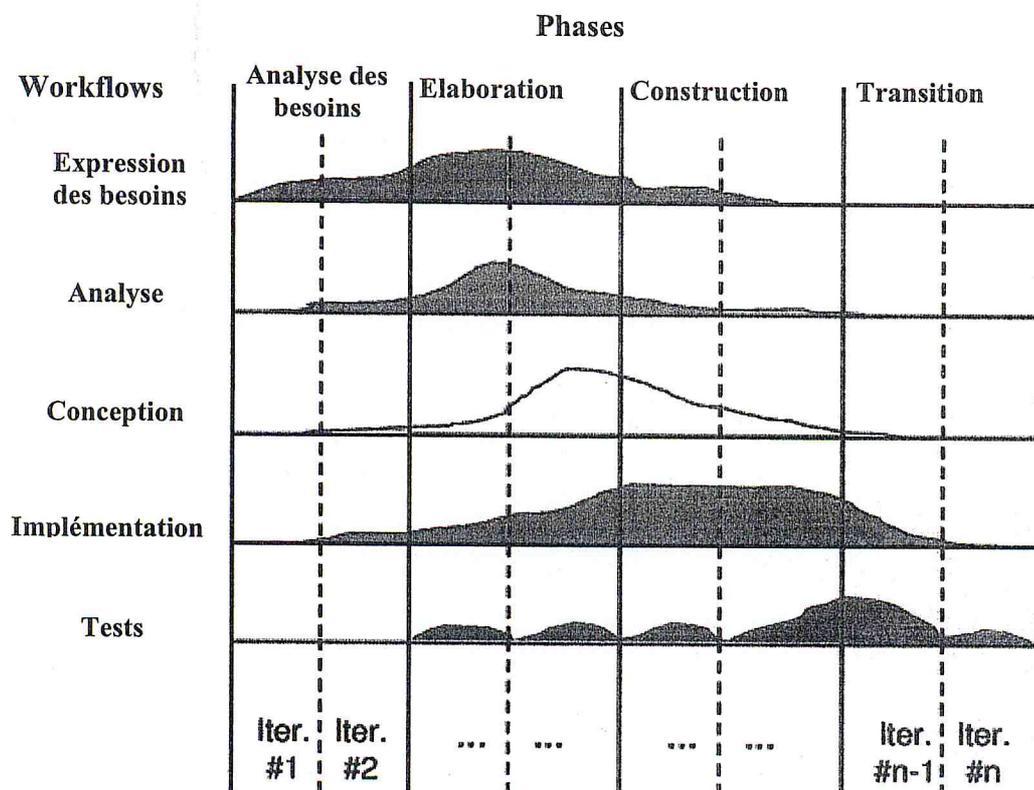


Figure 4.4: Cycle de vie du projet. [14]

- **Analyse** : L'objectif de l'analyse est d'accéder à une compréhension des besoins et des exigences du client. Il s'agit de livrer des spécifications pour permettre de choisir la conception de la solution. Un modèle d'analyse livre une spécification complète des besoins issus des cas d'utilisation et les structure sous une forme qui facilite la compréhension (scénarios), la

préparation (définition de l'architecture), la modification et la maintenance du futur système. Il s'écrit dans le langage des développeurs et peut être considéré comme une première ébauche du modèle de conception.

- **Conception :** La conception permet d'acquérir une compréhension approfondie des contraintes liées au langage de programmation, à l'utilisation des composants et au système d'exploitation. Elle détermine les principales interfaces et les transcrit à l'aide d'une notation commune. Elle constitue un point de départ à l'implémentation :
  - Elle décompose le travail d'implémentation en sous-système ;
  - Elle crée une abstraction transparente de l'implémentation.
  
- **Implémentation :** L'implémentation est le résultat de la conception pour implémenter le système sous formes de composants, c'est-à-dire, de code source, de scripts, de binaires, d'exécutables et d'autres éléments du même type. Les objectifs principaux de l'implémentation sont de planifier les intégrations des composants pour chaque itération, et de produire les classes et les sous-systèmes sous formes de codes sources.
  
- **Tests :** Les tests permettent de vérifier des résultats de l'implémentation en testant la construction. Pour mener à bien ces tests, il faut les planifier pour chaque itération, les implémenter en créant des cas de tests, effectuer ces tests et prendre en compte le résultat de chacun.

Pour chaque workflow, on utilise différents diagrammes UML pour modéliser le processus du développement.

UP répète un certain nombre de fois une série de cycle qui s'articule autour de 4 phases :

- Analyse des besoins ;
- Élaboration ;

- Construction ;
- Transition ;

Pour mener efficacement un tel cycle, les développeurs ont besoins de toutes les représentations du produit logiciel :

- Un modèle de cas d'utilisation ;
- Un modèle d'analyse : détailler les cas d'utilisation et procéder à une première répartition du comportement ;
- Un modèle de conception : finissant la structure statique du système sous forme de sous systèmes, de classes et interfaces ;
- Un modèle d'implémentation : intégrant les composants ;
- Un modèle de déploiement : définissant les nœuds physiques des ordinateurs ;
- Un modèle de test : décrivant les cas de test vérifiant les cas d'utilisation ;
- Une représentation de l'architecture.

#### 4.3.1. Expression des besoins :

Durant cette activité, ce que les utilisateurs finaux veulent faire avec le DW est capturé : l'utilisateur final devrait spécifier les mesures et agrégations les plus intéressants, les dimensions d'analyse, les requêtes utilisées pour générer les rapports périodiques, la fréquence de mise-à-jour des données, etc.

On modélise les besoins avec les cas d'utilisation. Une fois les besoins ont été définis, le projet du DW est établi et les différentes règles sont désignées.

La modélisation de cas d'utilisation est une simple façon à :

- Comprendre les fonctions existantes du système.
- Extraire les besoins et les fonctions désirés pour lesquels le nouveau système va être créé.
- Etablir une liste des personnes qui vont interagir avec le système et comment.

UML offre le diagramme de cas d'utilisation pour la modélisation visuelle des cas d'utilisation.

#### 4.3.2. Analyse :

Le but de cette activité est de raffiner et structurer les besoins en sortie de l'activité précédente. Plus encore, les systèmes opérationnels préexistants qui vont alimenter le DW sont aussi documentés : les différentes sources de données candidates sont définies, le contenu des données est révisé, etc.

On utilise les schémas de sources de données conceptuel, logique et physique : SCS, SLC, et SPS (*Source Conceptual Schema*, *Source Logical Schema*, et le *Source Physical Schema*), (tableau 6.1) pour modéliser les sources de données à différents niveaux de détail. Pour avoir des données de qualité dans le DW, les différentes sources de données doivent être bien identifiées.

#### 4.3.3. Conception :

A la fin de cette activité, la structure du DW est définie. La principale sortie de ce workflow est le modèle conceptuel du DW.

A ce niveau, les diagrammes principaux sont le *Schéma Conceptuel du Data Warehouse* (DWCS), le *Schéma Conceptuel Client* (CCS), et le *Mapping de Données* (DM) entre le DWCS et le CCS.

Pour le DWCS et le CCS, on peut les modéliser par un profil UML. Ce profil est défini par un ensemble de stéréotypes et de valeurs pour présenter les propriétés principales du MD d'une façon élégante au niveau conceptuel. L'avantage de cette modélisation est qu'elle est basée sur un langage de modélisation bien connu, ainsi les concepteurs peuvent éviter d'apprendre une nouvelle notation ou langage spécifiques pour les systèmes MD.

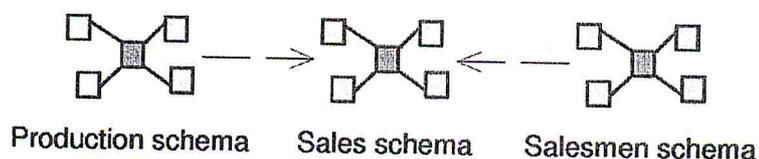


Figure 4.5: Schéma Conceptuel du Data Warehouse (niveau 1). [14]

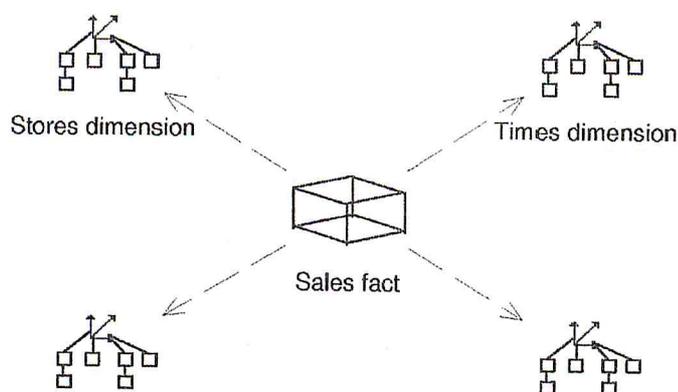


Figure 4.6: Schéma Conceptuel du Data Warehouse (niveau 2). [14]

L'approche inclut un profil de Mappage de Données qui introduit le diagramme de mappage de données. Dans ce nouveau diagramme, on traite les attributs comme étant des éléments de la modélisation de première classe du modèle. De cette façon, les attributs peuvent participer dans des associations qui déterminent le mappage entre attributs, ainsi que n'importe quelle transformation et contraintes nécessaires.

#### 4.3.4. Implémentation :

Durant cette activité, le DW est construit : les structures physiques du DW sont implémentées, le DW est alimenté de données, il est accordé pour un fonctionnement optimisé, etc. différents diagrammes peuvent être créés pour aider ce workflow.

Les diagrammes principaux sont le *Schéma Logique du Data Warehouse* (DWLS), le *Schéma Physique du Data Warehouse* (DWPS), le *Schéma Logique Client* (CLS), le *Schéma Physique Client* (CPS), le *Processus ETL*, le *Processus d'Exportation*, et le *Diagramme de Transportation*. Dans le Processus ETL, les activités de nettoyage et de contrôle de qualité sont modélisées.

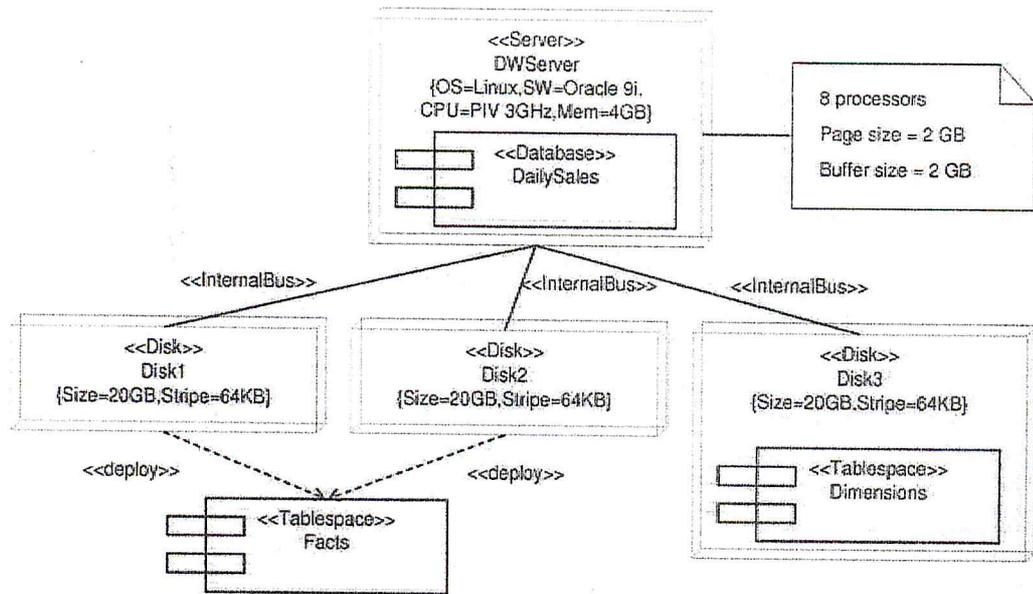


Figure 4.7: Schéma Physique du Data Warehouse. [14]

#### 4.3.5. Test :

Le but de cette activité est de vérifier que l'implémentation est impactée. Plus spécifiquement, les propositions de test sont :

- Préparer les tests requis.
- Conceptualiser et implémenter les tests en créant des cas de test.
- Performer les tests et analyser les résultats de chaque test.

#### 4.4. Spécifications de la méthode :

La méthode de modélisation OO permet à l'utilisateur de s'attaquer à toutes les phases et les étapes de conception du DW, des sources de données opérationnelles à l'implémentation finale incluant la définition du processus ETL et les besoins de l'utilisateur final.

Le paradigme OO est opté parce qu'il est sémantiquement riche par rapport à d'autres et il offre de nombreux avantages. Le design d'un DW est un effort collectif des développeurs du DW (utilisateurs techniques) et les utilisateurs finaux (utilisateurs qui sont intéressés que par le contenu business). Pour cela, une puissante

(mais aussi compréhensible pour les deux types d'utilisateurs) méthode avec le modèle correspondant est nécessaire et le paradigme OO a fait ses preuves et il est compté comme la meilleure approche pour la conception du DW. [25]

#### 4.4.1. Conception du data warehouse :

On considère que le développement d'un DW peut être structuré en un modèle intégré avec cinq schémas différents :

- *Schéma de données opérationnelles* : **ODS** (Operational Data Schema), définit la structure de sources de données opérationnelles et externes.
- *Schéma conceptuel du data warehouse* : **DWCS** (Data Warehouse Conceptual Schema), définit le schéma conceptuel (faits, dimensions, hiérarchies, etc.) du DW.
- *Schéma physique du data warehouse* : **DWSS** (Data Warehouse Storage Schema), définit le stockage du DW suivant la plateforme cible (relationnelle, MD, OO, etc.)
- *Modèle d'entreprise* : **BM** (Business Model), définit les différents moyens ou vues d'accès au DW à partir du point de vue de l'utilisateur final. Il est composé de différents sous ensemble du DWCS.

Du point de vu des fondateurs de la méthode, deux schémas sont aussi nécessaires dans le but d'obtenir une approche globale et intégrée de la conception du DW qui couvre les schémas nécessaires :

- *Processus ETL* : il définit le passage entre l'ODS et le DWCS.
- *Processus d'exportation* : il définit le passage entre le DWCS et le DWSS.

La méthode accomplit chacun de ces schémas et passages d'une manière intégrée. On utilise une notation de modélisation basée en UML. Chacun des schémas est représenté par un package stéréotypé. Pour cette raison, on fourni six stéréotypes : « ODS », « DWCS », « DWSS », « BM », « ETL » et « Exportation ».

La conception des DWs difficiles et complexes est simplifiée parce que le concepteur du DW peut faire la conception de différents niveaux de détails.

Les différents schémas (packages UML) sont reliés l'un à l'autre au moyen des dépendances UML. Une dépendance dans UML est représentée par une ligne pointillée avec une flèche en tête. Les dépendances suivantes sont permises dans cette méthode :

- « ETL »  $\longrightarrow$  {« ODS », « DWCS »}.
- « Exportation »  $\longrightarrow$  {« DWSS », « DWCS »}.
- « BM »  $\longrightarrow$  {« DWCS »}.

Le concepteur peut définir l'ODS, DWCS et le DWSS indépendamment, s'il le désire.

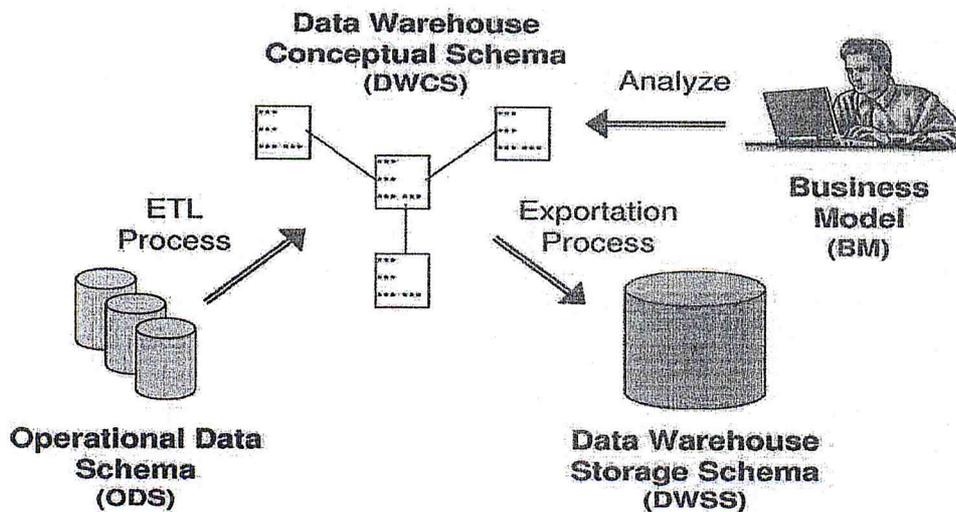


Figure 4.8 : Différents schémas pour conceptualiser un data warehouse. [14]

#### 4.4.2. ODS (Operational Data Schema) :

L'ODS reflète la structure des sources de données opérationnelles (ex. les systèmes OLTP), qui note les détails de transactions de l'entreprise. On utilise aussi l'ODS pour définir les sources de données externes (ex. données économiques) qui sont souvent incorporées par le DW pour subvenir au besoin des analyses.

Actuellement, il n'existe pas d'extension UML acceptable pour modéliser les différents types de sources de données. Pour cela, on doit utiliser différentes extensions UML pour modéliser l'ODS selon la source. Par exemple, si la source de données est une base de données relationnelle, on utilise le profil UML pour la conception de bases de données, mais si la source de données est un document XML, on utilise une extension UML pour la modélisation des documents XML au moyen des schémas XML.

D'autre part, la définition de l'ODS peut nécessiter différentes activités, tel que le « *reverse-engineering* » de plusieurs sources de données, la découverte des relations dans les sources de données, etc., parce que les modèles de données ne sont pas courants, offrent de détails insuffisants, ou plus probables, n'existent pas en intégralité. [25]

#### 4.4.3. DWCS (Data Warehouse Conceptual Schema):

La caractéristique la plus importante de la modélisation dimensionnelle est la division de données en faits (composés de mesures) et dimensions ; pour fournir des données à granularité d'un niveau convenable, les hiérarchies sont définies dans les dimensions. De plus, cette approche prend en considération les propriétés principales de la modélisation dimensionnelle, facilement et avec élégance, dans le niveau conceptuel, ce profil UML est formellement défini et utilise l'OCL (Object Constraint language) pour exprimer les règles bien-formées des nouveaux éléments définis, ainsi éviter une utilisation arbitraire du profil.

Ce profil UML inclut également l'utilisation des packages UML ; de cette façon, quand on modélise des systèmes complexes et larges de DW, on n'est pas restreint d'utiliser les diagrammes de classes plats. On a divisé le processus de conception en trois niveaux :

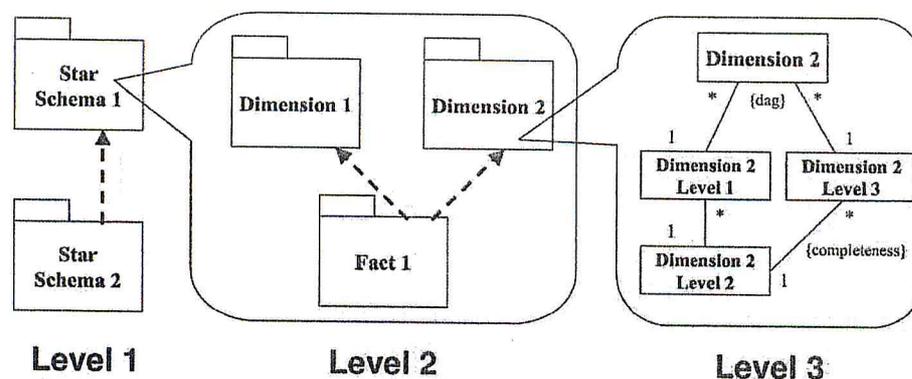


Figure 4.8 : Différents schémas pour conceptualiser un data warehouse. [14]

- **Niveau 1** : Définition du modèle. Un package qui représente un schéma en étoile d'un modèle conceptuel MD (Multidimensional Modeling). Une dépendance entre deux packages à ce niveau indique que les schémas en étoile partagent au moins une dimension.
- **Niveau 2** : Définition du schéma en étoile. Un package qui représente un fait ou une dimension d'un schéma en étoile. Une dépendance entre deux packages de dimension à ce niveau indique que les packages partagent au moins un niveau d'une hiérarchie de dimension.
- **Niveau 3** : Définition des dimension/fait. Un package du deuxième niveau est explosé en un ensemble de classes qui représentent les niveaux d'hiérarchie dans un package de dimension, ou l'ensemble du schéma en étoile dans le cas du package de fait. [25]

Le tableau suivant montre les stéréotypes principaux du profil UML pour la modélisation conceptuelle du DW :

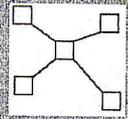
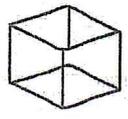
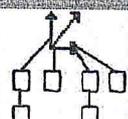
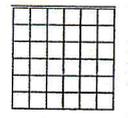
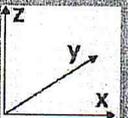
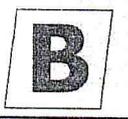
Concept MD (stéréotype)	Description	Icône
Package d'étoile	Les packages de ce stéréotype représentent les schémas en étoile du MD, constitués de faits et de dimensions. Ce stéréotype est utilisé au niveau 1.	
Package de fait	Les packages de ce stéréotype représentent les faits du MD, constitués de mesures et reliant les faits aux dimensions. Ce stéréotype est utilisé au niveau 2.	
Package de dimension	Les packages de ce stéréotype représentent les dimensions du MD, constitués de niveaux d'hierarchie. Ce stéréotype est utilisé au niveau 2.	
Fait	Les classes de ce stéréotype représentent les faits dans un modèle MD, constituées de mesures. Ce stéréotype est utilisé au niveau 3.	
Dimension	Les classes de ce stéréotype représentent les dimensions dans un modèle MD. Constituées des attributs des dimensions et des niveaux d'hierarchie. Ce stéréotype est utilisé au niveau 3.	
Base	Les classes de ce stéréotype représentent les niveaux d'hierarchie de dimensions dans un modèle MD. Ce stéréotype est utilisé au niveau 3.	

Tableau 4.2: Stéréotypes principaux du profil UML. [14]

#### 4.4.4. DWSS (Data Warehouse Storage Schema):

Selon l'implémentation du DW (relationnel, MD, OO, etc.), le DWSS est conceptualisé en appliquant différentes extensions UML (de la même façon que l'ODS) qui permettent au concepteur d'accomplir le modèle logique du DW. [25]

#### 4.4.5. BM (Business Model) :

Ce schéma est utilisé pour adapter le DW selon les besoins particulier de l'utilisateur final. De cette façon, on peut créer différents « vues » à partir du schéma de DW. C'est très utilisable parce que les développeurs du DW peuvent vouloir fournir des structures qui sont plus faciles aux utilisateurs finaux pour comprendre et écrire des contre-requêtes, ou parce qu'il y a des soucis de sécurité qui forcent la limitation d'accès au DW.

Les différents modèles du BM peuvent être implémentés comme des DM (Data Mart), qui adaptent le DW aux besoins d'un groupe spécifique d'utilisateurs. Un DM peut être réel (stocké comme tables alimentées à partir du DW) ou virtuel (défini comme vues du DW).

Enfin, les requêtes initiales des utilisateurs finaux (ex. liste des produits les plus et les moins vendus) sont aussi définies dans le BM. On utilise les classes de cubes, une notation graphique qui permet de représenter les requêtes des utilisateurs finaux facilement et visuellement. [25]

#### 4.4.6. Processus ETL :

Une extension UML qui permet aux concepteurs d'accomplir la modélisation conceptuelle des processus ETL est définie à ce niveau. C'est une spécification des opérations communes définies dans les processus ETL telle que, l'intégration des différentes sources de données, la transformation entre attributs sources et cibles, etc. Après, à partir de l'ODS, on conceptualise les processus ETL qui vont être responsables de recueil, transformation et chargement des données au DW.

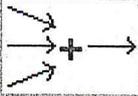
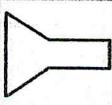
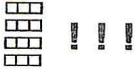
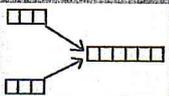
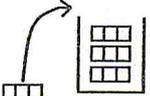
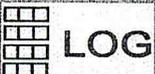
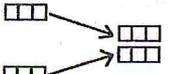
Mécanisme ETL (Stéréotype)	Description	Icône
Agrégation	Donnée agrégée (SUM, AVG, MAX/MIN, COUNT, etc.) basée sur certain critère	
Conversion	Change de type et format de donnée ou dérive de nouvelle donnée (attributs dérivés) à partir de donnée existée.	A → B
Filtre	Filtre et se débarrasse des données non désirées, et vérifie la qualité des données au moyen des contraintes	
Incorrect	Retourne les données incorrectes et abandonnées en différentes cibles pour le contrôle ultérieur ; il peut être utilisé seulement avec Filtre et Chargeur.	
Jointure	Jointe deux sources de données reliées l'une à l'autre avec quelques attributs.	
Chargeur	Charge les données à la cible d'un processus ETL (dans un fait ou dimension d'un DW).	
Log (journal de bord)	Fait le journal d'activité d'un mécanisme ETL dans le but d'auditer le processus, d'assister dans le nettoyage des données, l'accord de performance, etc.	
Fusion	Intègre deux ou plusieurs sources de données avec des attributs compatibles.	

Tableau 4.3: Stéréotypes ETL du profil UML. [14]

Les mécanismes ETL sont reliés l'un à l'autre au moyen des dépendances UML. De plus, une note UML peut être rattachée à chaque mécanisme pour expliquer son fonctionnement et pour définir les passages entre les attributs sources et cibles des mécanismes ETL. Ce passage conforme à la syntaxe suivante : **attribut\_cible = attribut\_source**. Pour éviter d'alourdir le diagramme avec de longues notes, les s correspondants peuvent être négligés. Plus loin, quand il y a d'ambiguïté (ex. deux

attributs avec le même nom dans différentes sources), le nom de la source peut être indiqué avec le nom de l'attribut (ex. `customers.name` et `suppliers.name`).

Aucune restriction n'est imposée au contenant des notes, dans l'ordre d'offrir au concepteur la plus grande flexibilité. Ce dernier peut utiliser ces notes pour définir les processus ETL au niveau de détail souhaité. Par exemple, la description peut être générale, spécifiée au moyen d'un langage naturel, ou très détaillée, spécifiée par un langage de programmation. [25]

#### 4.4.7. Processus d'exportation :

Finalement, une fois la plateforme source a été choisie (relationnelle, MD, OO, etc.), un processus d'exportation est défini pour passer des constructeurs de modélisation conceptuelle utilisés dans le DWCS au DWSS, qui correspond aux structures de stockage de la plateforme cible. Comme on l'a commenté plus haut, ce passage peut être défini manuellement ou automatiquement au moyen de spécifices algorithmes de transformation selon la plateforme source. [25]

#### 4.5. Comment appliquer la méthode ?

Fournir une notation graphique n'est pas assez pour proposer une méthode, il faut, en revanche, spécifier comment utiliser correctement la notation graphique correspondante. Pour cela, un ensemble d'étapes a été proposé pour guider la conception du DW suivant l'approche proposée. Dans ce qui suit, nous allons présenter les étapes principales de la méthode.

Dans la Figure 5.11, les étapes sont présentées au moyen d'un diagramme d'activité UML. Ce dernier est divisé en deux colonnes selon l'acteur qui mène les activités : *les utilisateurs finaux du DW* et *les administrateurs*. Les activités, où les modèles présentés sont appliqués, sont ombragées : une couleur claire pour les activités où les schémas sont créés et une couleur foncée pour les activités où les passages entre schémas sont créés.

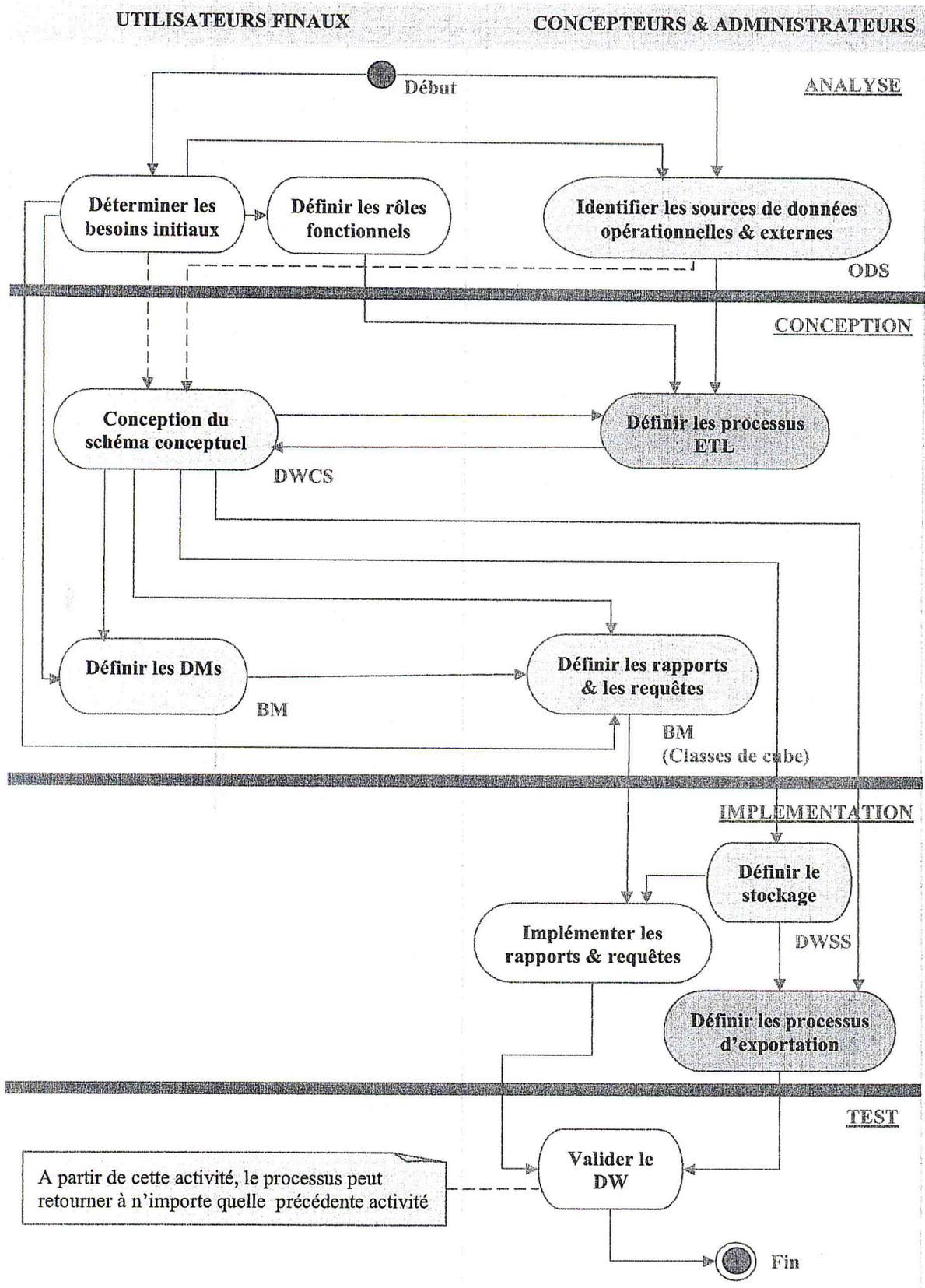


Figure 4.9 : Etapes de la méthode DWEP. [14]

Les activités sont classifiées en cinq groupes : analyse, conception, implémentation, et test.

Finalement, les transitions définissent un ordre séquentiel (parfois parallèle) des activités et ils montrent également comment utiliser l'information à partir d'autres activités. [25]

#### 4.6. Conclusion :

Nous avons présenté la démarche de S. Lojàn Mora d'une façon détaillée pour permettre une meilleure compréhension à cette approche assez récente.

La méthode est basée, comme nous l'avons spécifié plus haut, sur le langage de modélisation **UML**, nous nous sommes concentrés sur le nouveau profil sans entrer dans le détail des diagrammes **UML** largement connus. Nous avons présenté également le processus de développement utilisé **UP** que le fondateur a fait le choix de le combiner avec **UML** pour la modélisation du Data Warehouse.

### 5. Analyse et conclusion:

Après avoir présenté les trois approches de conception de **DW**, nous allons à présent les analyser pour conclure enfin sur la méthode à retenir pour la suite de notre travail. Différents modèles et méthodes de **DW** ont été proposés, toutefois, certaines d'entre elles n'adressent pas la totalité du processus du développement.

	Approche de Ralph Kimball	Approche de Kortink	Approche de S. Lojàn Mora
Spécification des besoins décisionnels	La spécification des besoins décisionnels est couverte par l'approche.	Absence des spécifications des besoins décisionnels [29]	La spécification des besoins décisionnels est couverte par l'approche.
Formalisme	Absence de formalisme explicite pour la conception d'entrepôt	Absence de formalisme explicite pour la conception	Présence d'un formalisme explicite couvrant l'intégralité

	de données. [29]	d'entrepôt de données. [29]	de de la conception d'entrepôt de données (DWEP)
Procédure de conception	L'approche est présentée à travers des exemples plutôt qu'à travers une procédure de conception explicite (la présentation n'est pas formalisée). [29]	La présentation n'est pas bien formalisée.	Présence d'une procédure de conception bien formalisée (DWEP)
Cycle de vie dimensionnel	Couvre le cycle de vie dimensionnel	L'approche ne couvre pas le cycle de vie dimensionnel	Couvre le cycle de vie dimensionnel
Méthodologie des schémas et schéma E-R	Kimball ne fournit aucune méthodologie permettant d'exploiter les schémas des systèmes existants et surtout le modèle E-R. [29]	La classification des entités existe, mais en revanche, pas d'indication sur le sort des propriétés du schéma E-R lors de passage au schéma conceptuel dimensionnel. [29]	Utilisation des schémas UML qui supportent ce qu'il existe en notation ER et plus. [14]

**Tableau 4.4:** Comparaison entre les trois approches de modélisation de DW

La troisième approche **DWEP** présentée par « Sergio Luján-Mora » paraît la plus efficace pour le développement du DW.

Nous avons opté pour cette dernière pour tous les avantages qu'elle présente, dont nous notons les suivants :

- L'utilisation d'un processus de développement, **UP**, qui est l'issu de plus de 20 ans d'expérience ;
- L'utilisation d'**UML**, un langage de modélisation visuelle largement accepté, pour la conception des différents diagrammes de **DW** et les transformations correspondantes.
- L'utilisation d'**UML** comme langage de modélisation offre de meilleurs outils de support qu'utiliser un nouveau propre langage de modélisation.
- L'utilisation d'un processus de développement qui s'adresse au back-end et front-end du **DW** d'une manière intégrée.

Partie 2:

# Conception du Data Warehouse de l'ANBT

■ ■ ■ Dans cette partie :

Chapitre 5:  
**Définition des besoins**..... 99

Chapitre 6:  
**Analyse**..... 110

Chapitre 7:  
**Conception**..... 121

Chapitre 8:  
**Implémentation**..... 139

**Chapitre 5:**

**Définition des besoins**

**■ ■ ■ Dans ce chapitre :**

**1 Méthodes utilisées pour le recueil d'informations ..... 99**

**2 Extraction des indicateurs et axes d'analyses..... 102**

**3 Diagrammes de cas d'utilisation..... 105**

**5 Conclusion..... 109**

**Introduction :**

Les utilisateurs, ainsi que leurs besoins, affectent presque toutes les décisions prises au cours de l'implémentation du Data Warehouse. Pour cela, la bonne définition des besoins est une étape primordiale, qui va nous permettre de répondre aux différentes questions concernant le but du système, ses utilisateurs, les services qu'il va rendre, etc.

**1. Méthodes utilisées pour le recueil d'informations:**

Le fait de ne pas « être du métier » nous poussera à questionner des points qui apparaissent comme évidents, ou même insignifiants aux utilisateurs interrogés ; c'est pour cette raison que nous avons fait toute une étude du domaine avant de passer à cette étape.

Afin de pouvoir identifier les besoins, nous avons utilisé plusieurs méthodes de recueil de connaissance. Notre rôle était non seulement de recueillir les informations à travers diverses techniques, mais aussi d'apporter un regard extérieur sur le projet (ce qui est le data warehouse) et son but.

Parmi les techniques que nous avons utilisées :

**1.1. Recherche documentaire:**

Nous avons consulté, à ce stade, des rapports utilisés par les départements des directions concernées par le projet (la Direction des Etudes Techniques, la Direction des Réalisation et la Direction du Contrôle et de la Maintenance des Infrastructures), notamment la Direction Générale.

Parmi les documents consultés :

- Le bilan annuel des études de l'année 2009 ;
- Le bilan annuel des travaux de l'année 2009 ;
- Le bilan annuel de l'exploitation et la maintenance des infrastructures de l'année 2009.

## 1.2. Les entretiens :

Nous avons effectué des entretiens avec un ensemble des dirigeants de l'ANBT, des responsables et analystes de chacun des directions : la Direction des Etudes Techniques, la Direction des Réalisation et la Direction du Contrôle et de la Maintenance des Infrastructures, qui nous ont permis de rassembler les informations nécessaires à la compréhension de l'entreprise, ses orientations principales, ainsi que le recensement des règles de gestions et de calcul utilisées

Parmi les questions posées au cours des entretiens :

- **Questions aux dirigeants :**

Dans ce qui suit, un extrait du questionnaire établi pour les entretiens avec les dirigeants de l'ANBT :

- *Quelles sont vos principales responsabilités ? Quels sont vos objectifs prioritaires ?*
- *Quels sont les repères sur lesquels vous revenez dans l'appréciation de vos performances de réussite ?*
- *Quels sont les critères de mesure/ évaluation de ces derniers ?*
- *Sur quels axes souhaiterez-vous avoir une vision de vos critères de réussite ?*
- *Selon quelle fréquence évaluez-vous vos critères de réussite ?*
- *Quels sont les principaux problèmes auxquels vous faites face aujourd'hui ? Quels en sont les conséquences pour votre organisation ?*
- *Comment identifiez/anticipez-vous les problèmes ? Quels sont les axes principaux de mesure d'un problème ?*
- *De quelle manière envisagez-vous une meilleure exploitation de l'information?*

- **Questions aux responsables et analystes:**

Dans ce qui suit, un extrait des questionnaires établis pour les entretiens:

- *Décrivez votre secteur et ses relations avec le reste de l'entreprise. Quels sont les objectifs de votre service?*
- *Quels sont les repères sur lesquels vous revenez dans l'appréciation de vos projets / barrages en exploitation ?*
- *Quels sont les critères de mesure/ évaluation des projets / barrages en exploitation?*
- *Selon quelle fréquence évaluez-vous ces critères ?*
- *Quels sont les principaux problèmes auxquels vous faites face aujourd'hui ? Quels en sont les conséquences pour votre organisation ?*
- *Comment identifiez-vous les problèmes ? Quels sont les axes principaux de mesure d'un problème ?*
- *Quel type d'analyses régulières utilisez-vous ? Sur quelles données ? Quels sont vos règles de calcul des mesures ?*
- *Comment obtenez-vous les données pour l'analyse ? citez les sources que vous utilisez.*
- *Quel genre d'analyses souhaitez-vous effectuer ? Comment peut-on apporter des améliorations à votre méthodes/processus actuels ? Sur quel axe ?*
- *De quelles données/informations historisées (archivées) avez-vous besoin ?*

## 2. Extraction des indicateurs et axes d'analyse:

Les deux tableaux suivants représentent les indicateurs et les dimensions que nous avons extraits, après l'étude des documents et les entretiens avec les utilisateurs de l'ANBT :

### 2.1 Indicateurs (faits):

Grains	Indicateur (Faits)	Description
Appréciation des projets	Nombre projets	Nombre total des projets
	Enveloppe financière	En DA et en Devise Le montant global alloué au projet
	Bénéfice des projets	En DA et en Devise. 4% du montant global de chaque projet.
Situation d'avancement des projets	Taux avancement physique	Il est égal à la moyenne pondérée des quantités d'excavation, remblai, et injection et biton, réalisés par rapport aux quantités estimées dans la phase d'étude.
	Taux avancement financier	Il est égal au rapport de paiement cumulé sur le montant actuel du projet.
Suivi des projets	Nombre marchés	Nombre total des marchés
	Montant actuel	En DA et en Devise. Le montant actuel du projet est égal au montant initial du projet plus le cumul des avenants.
Evaluation des Barrages	Nombre barrages	Nombre total des barrages.
Situation climatique	Température d'eau	En C°
	Température d'air	En C°
Situation	Capacité	La capacité totale du barrage en m <sup>3</sup>
	Volume	Le volume de l'eau dans le barrage en m <sup>3</sup>

<b>hydraulique</b>	Taux de remplissage	Le rapport Volume / Capacité. %
<b>Pluviométrie</b>	Volume de pluie	Donnée pluviométrique provenant de la NARH, en m <sup>3</sup>
<b>Utilisation de l'eau</b>	Volume d'eau utilisée	C'est la somme du volume de l'eau utilisée pour une certaine production, en m <sup>3</sup>
<b>Défluent</b>	Volume défluent	Est égal à la somme des lâchées à aval, de l'évaporation et les fuites en m <sup>3</sup>
	Volume d'eau lâchée à aval	Est égal à la somme des volumes d'eaux suivantes en m <sup>3</sup> : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Usine hydroélectrique ;</li> <li>- Vidange du fond ;</li> <li>- Déchargeur ;</li> <li>- Déversoir ;</li> <li>- Tour de prise.</li> </ul>
<b>Pertes</b>	Volume des pertes	Est égal à la différence entre le défluent et l'utilisation de l'eau en m <sup>3</sup>
<b>Situation physique</b>	Mesures de pression	Mesure de la pression de l'eau avec les cellules de pression.
	Lectures Manomètre et piézomètre	Mesure de la pression de l'eau dans le sol et dans le corps du barrage : forage ouvert (piézomètre) et forage fermé (manomètre).
	Mesures d'inclinomètre	Vérification de déformation du corps du barrage avec l'appareil hydraulique : l'inclinomètre.

Tableau 5.1 : Tableau récapitulatif des indicateurs

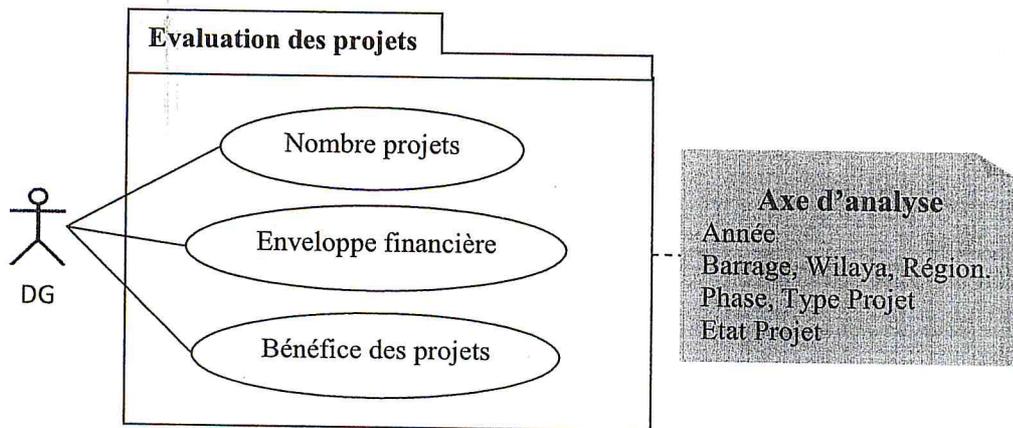
## 2.2 Axes d'analyses (dimensions):

Dimensions	Description
Temps	Jour, semaine, mois, trimestre, année.
Zone	Barrage, Wilaya, Région (Est, Ouest, Centre, Cheliff).
Type de barrage	Remblai, Terre, Béton...
Classe Barrage	A (Très grand), B (Grand), C (Moyen), et D (Petit).
Age barrage	L'âge du barrage.
Opération	Représente le projet.
Etat projet	En cours, achevé, clôturé.
Phase	Phase (Etude de Faisabilité, Etude d'APD, Construction, Exécution et surveillance des travaux, et Exploitation), Type projet (Etude, Réalisation, Exploitation)
Partenaire	Bureau d'étude, entreprise.
Type utilisation d'eau	Irrigation, eau potable, eau industrielle, production électricité.
Type lâchées	Usine hydroélectrique, vidange de fond, déchargeur, déversoir, tour de prise.
Type défluent	Lâchées a aval, évaporation, fuite.

Tableau 5.2 : Tableau récapitulatif des dimensions.

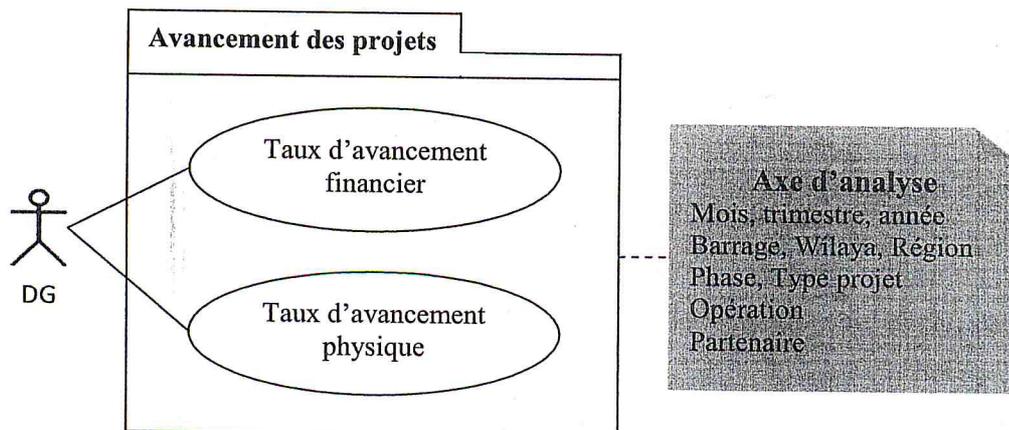
### 3. Cas d'utilisation :

#### 3.1 Activité gestion des projets :



**Diagramme 5.1 :** Use case de Evaluation des projets

L'acteur « Directeur Général » visualise les indicateurs du processus « *Evaluation des projets* » spécifiés dans l'activité du cas d'utilisation, avec un choix d'axe d'analyse spécifié dans l'étiquette à gauche.



**Diagramme 5.2 :** Use case de la situation d'avancement des projets

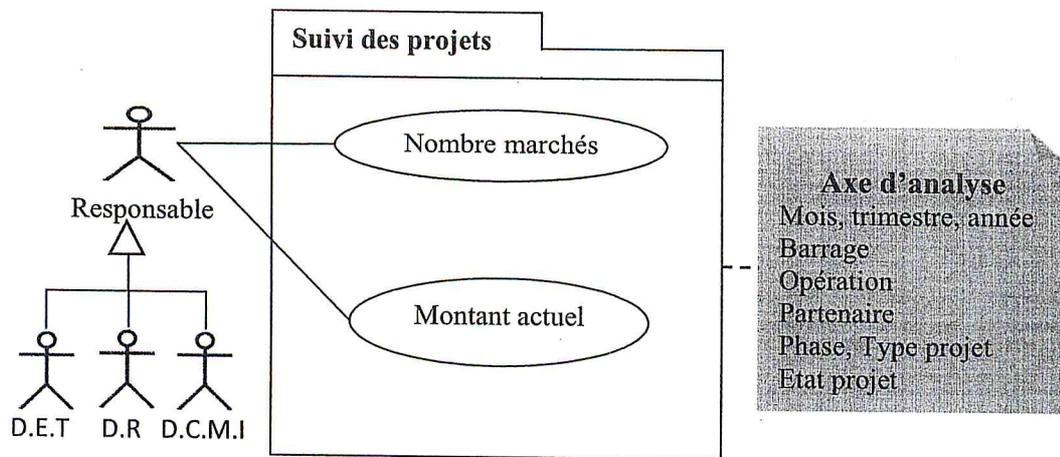


Diagramme 5.3 : Use case du suivi des projets

3.2 Activité gestion de la ressource :

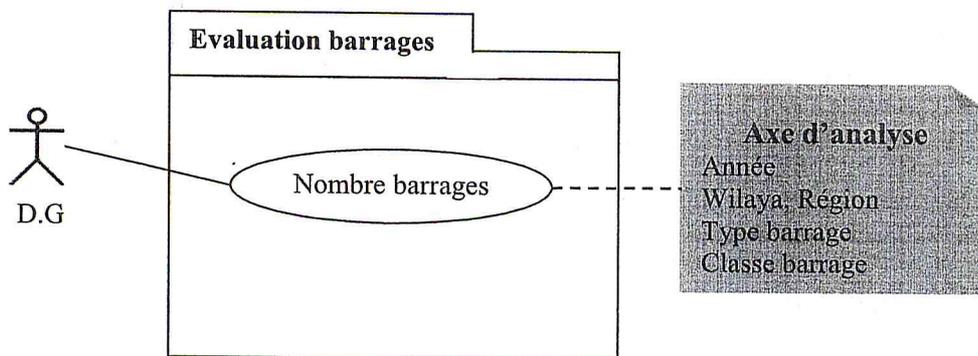


Diagramme 5.4 : Use case de l'évaluation des barrages

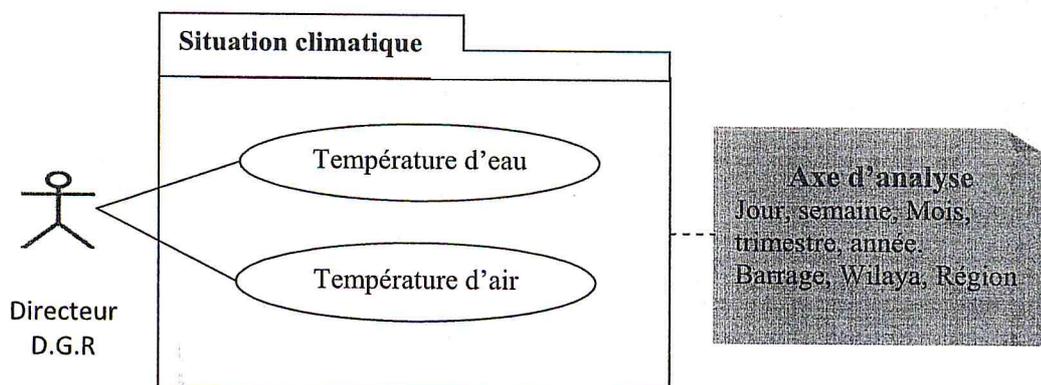


Diagramme 5.5 : Use case de la situation climatique

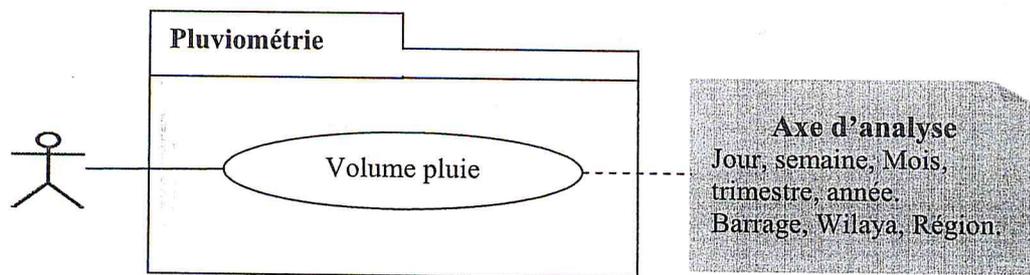


Diagramme 5.6 : Use case pluviométrie

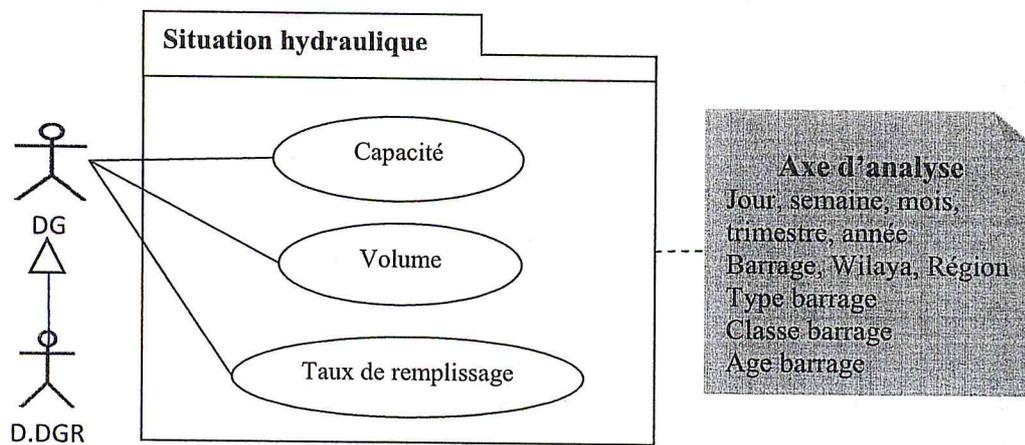


Diagramme 5.7 : Use case de la situation hydraulique

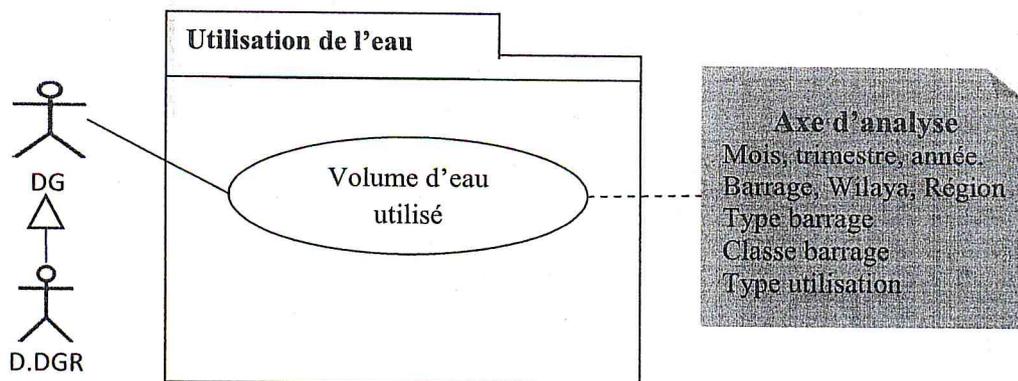


Diagramme 5.8 : Use case de l'utilisation de l'eau

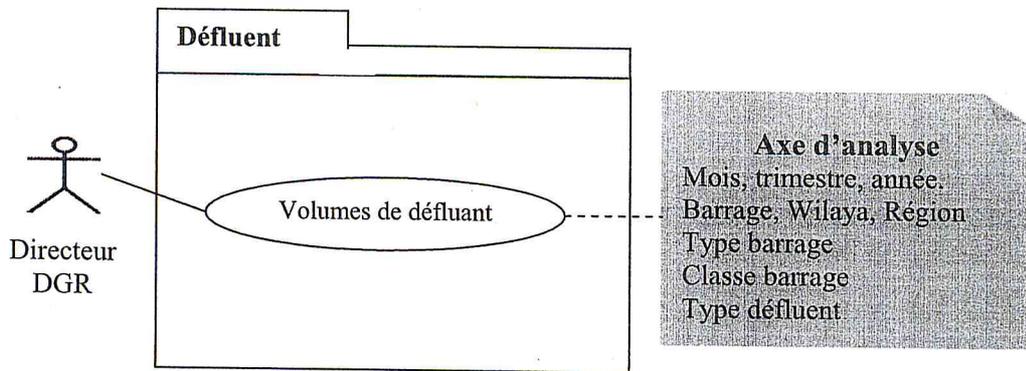


Diagramme 5.9 : Use case défluent

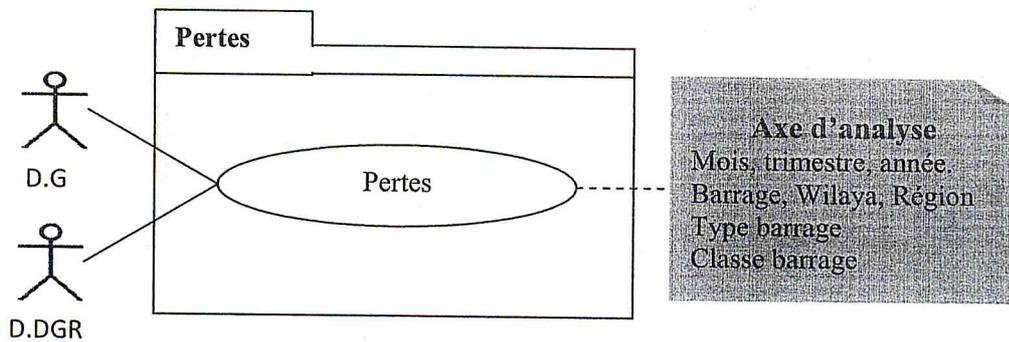


Diagramme 5.10 : Use case des pertes

3.3 Activité Contrôle Technique :

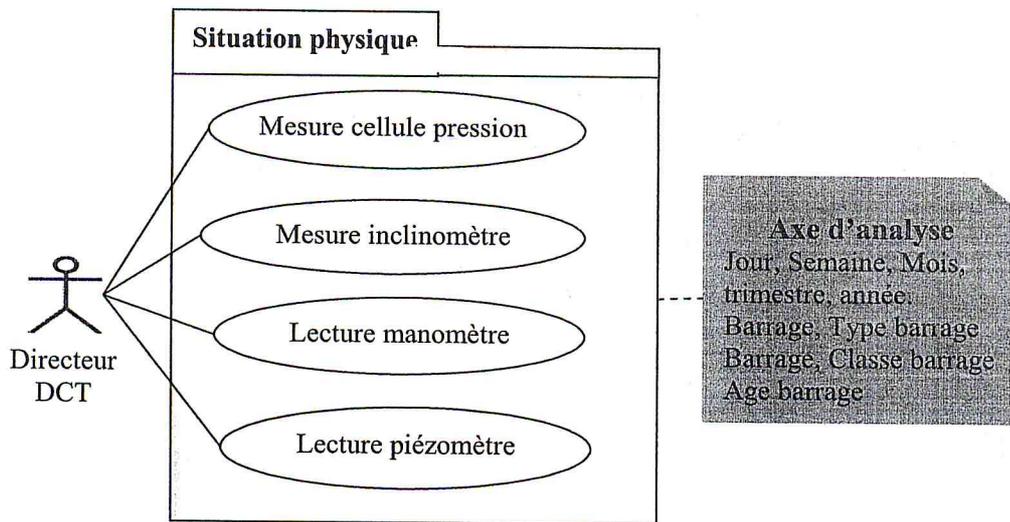


Diagramme 5.11 : Use case de situation physique

#### **4. Conclusion :**

La phase « définition des besoins » est très importante et ne doit pas être négligée par le concepteur de n'importe quel projet, et le projet du Data Warehouse ne fait pas l'exception, il faut d'abord bien cerner le problème avant de commencer à le résoudre.

Nous avons pu découvrir, à ce niveau, les besoins fonctionnels des utilisateurs et préciser le champ de vision de notre projet.

Cette phase, malgré qu'elle n'en a pas l'air, est très longue est difficile à réaliser en pratique, car elle contribue le facteur humain : ce facteur rend en effet toutes ces démarches très délicate.

**Chapitre 6:**

# Analyse

■ ■ ■ Dans ce chapitre :

1 Définition des règles d'entreprise ..... 110

2 Identification des sources opérationnelles de données ..... 113

3 Schémas conceptuels des sources de données ..... 117

5 Conclusion ..... 120

**Introduction :**

L'objectif de l'analyse est d'accéder à une compréhension des besoins et des exigences de l'utilisateur final. Il s'agit de livrer des spécifications pour permettre de choisir la conception de la solution.

Le but de cette phase est de raffiner et structurer les besoins en sortie de la phase précédente (Définition des besoins). Les systèmes opérationnels préexistants qui vont alimenter le DW sont aussi documentés : les différentes sources de données candidates sont définies, le contenu des données est révisé, etc.

**1. Définition des règles d'entreprise :**

À partir de l'information collectée dans la phase précédente, nous avons défini les règles d'entreprise qui vont être appliquées durant la construction du DW, la définition correcte des règles évite les confusions et les calculs ambigus, et assure l'interprétation standard des données.

Nous avons divisé les règles en fonction des activités et leur domaine d'utilisation :

- Règles utilisées dans la gestion des projets des barrages ;
- Règles utilisées dans l'exploitation des barrages.

**1.1. Règles utilisées pour la gestion des projets des barrages:**

- L'ensemble des opérations affectées à l'A.N.B.T. pour la réalisation est défini par une A.P. (Autorisation de Programme). Ces opérations incluent tous les types de projet (étude, construction, et exploitation).
- Après le lancement d'un appel d'offre et l'ouverture des plis sur un projet, l'A.N.B.T. conclut un contrat fixant avec le partenaire choisi le montant et le délai de réalisation des marchés. Le partenaire reçoit alors sa première tranche de paiement. Le partenaire n'a le droit de demander la suite du

paiement (par tranche) sauf si le taux d'avancement physique est supérieur au taux d'avancement financier.

- Un projet peut avoir des travaux supplémentaires, ce qui implique certains changements par l'augmentation du délai ou du montant du projet par un nouvel avenant.
- Si le solde de l'opération est constaté insuffisant pour couvrir le montant de l'avenant supplémentaire du projet inclut, l'ANBT peut demande une réévaluation sur l'opération en précisant le motif.
- *Le taux d'avancement physique* est égal à :

$$\text{Taux avancement physique} = \frac{\text{Qté (Excavation + Remblé + Biton) réalisées}}{\text{Qté (Excavation + Remblé + Biton) estimées}}$$

- *Le taux d'avancement financier* est égal à:

$$\text{Taux avancement financier} = \frac{\text{Paiement cumulé}}{\text{Montant actuel du projet}}$$

- *Le montant actuel* = Montant initial + cumul des avenants
- *Le bénéfice* = montant global du projet \* 4/100

### 1.2. Règles utilisées dans l'exploitation des barrages :

- La réserve journalière d'un barrage, est donnée par rapport à l'altitude mesurée, en se basant sur un document de bathymétrie élaboré périodiquement et après chaque opération de dévasement, ce document porte sur la correspondance entre altitude, surface et réserve.
- L'état d'un barrage est suivi périodiquement (en fonction de l'âge de barrage), ce suivi est basé sur des appareils de mesure d'auscultation tels que : cellules de pression, piézomètre, inclinomètre ...

- **Affluent (+)** : C'est le volume d'eau qui rentre au barrage, il est égal à la différence positive entre deux volumes de réserve distincts dans le temps.
- **Affluent (-)** : C'est le volume d'eau qui sort du barrage, il est égal à la différence négative entre deux volumes de réserve distincts dans le temps.
- **Défluant** : Est égal à la somme des lâchées à aval, de l'évaporation et les fuites.
- **Evaporation** : Elle est calculée d'après la note N°105/CB/72 selon la formule suivante :
$$\text{Evaporation} = \frac{0.78 * \text{eau évaporée} * \text{surface de la retenue}}{1000}$$
  - ✓ l'eau évaporée est celle mesurée sur le bac
  - ✓ 0.78 est le coefficient du bac.
- **Fuites** : Elles sont données d'après le rapport d'auscultation.
- **Lâchées à l'aval** : Est égale à la somme des volumes d'eaux suivantes :
  - ✓ Usine hydroélectrique ;
  - ✓ Vidange du fond ;
  - ✓ Déchargeur ;
  - ✓ Déversoir ;
  - ✓ Tour de prise.
- **Pertes** = le défluent - l'utilisation de l'eau
- **Utilisation de l'eau** : C'est la somme du volume de l'eau utilisée pour une certaine production (irrigation, alimentation en eau potable, industrie, production d'électricité) et toute demande d'eau ayant une utilisation valable sur commande des services intéressés.

## 2. Identification des sources opérationnelles de données:

Les besoins des utilisateurs finaux sont pris en compte dans le but de spécifier les sources de données. Différents questions doivent être posées : est ce qu'on a les données dont on a besoin ?, Où sont ces données ?, Peut-on y accéder ?, Quelle est la qualité des données actuelles ?

D'après la définition des besoins et le compte-rendu des entretiens avec les utilisateurs finaux, deux sources de données existent :

### 2.1 La base de données « Gestion des projets » :

Nom de la table	Attributs
<b>OPERATION</b>	ID_OPERATION, ID_CHAPPITRE, TYPE_OPERATION, DIRECTION, NUMERO_OPERATION, INTITULE_OPERATION, DATE_INSCRIPTION_OPERATION, AP_INITIAL, AP_ACTUEL, DATE_CONT_ACHEV_OPERATION, DATE_PREV_ACHEV_OPERATION, OPERATION_ACHEVE, OPERATION_CLOTURE
<b>CHAPPITRE</b>	ID_CHAPPITRE, INTITULE_CHAPPITRE, NUMERO_CHAPPITRE
<b>MARCHE</b>	ID_MARCHE, ID_PHASE, ID_PARTENAIRE, ID_OPERATION, ID_BARRAGE, ID_TRANSFERT, INTITULE_MARCHE, ODS, DELAI_MARCHE, DATE_CONTR_ACHEV_MARCHE, DATE_PREV_ACHEV_MARCHE, MONTANT_INITIAL_MARCHE, QUANTITE_BITON_PREVUE, QUANTITE_EXCAVATION_PREVUE, QUANTITE_REMBLAI_PREVUE, MONTANT_ACTUEL_MARCHE

<b>PHASE</b>	<u>ID_PHASE</u> , LIBELE_PHASE.
<b>PARTENAIRE</b>	<u>ID_PARTENAIRE</u> , INITULE_PARTENAIRE, PAYS_PARTENAIRE, ADRESSE_PARTENAIRE, TELEPHONE_PARTENAIRE, FAX_PARTENAIRE
<b>PAIEMENT</b>	<u>ID_PAIEMENT</u> , ID_MARCHE, DATE_PAIEMENT, MONTANT_PAIEMENT_DA, MONTANT_PAIEMENT_DEVISE, TAUX_ECHANGE, MOTIF_PAIEMENT
<b>AVANCEMENT</b>	<u>ID_AVANCEMENT</u> , ID_MARCHE, DATE_AVANCEMENT, MONTANT_ACTUEL_MARCHE, PAIEMENT_CUMULE, BETON_CUMULEE, EXCAVATION_CUMULEE, REMBLAI_CUMULEE
<b>AVENANT</b>	<u>ID_AVENANT</u> , ID_MARCHE, DATE_AVENANT, MONTANT_AVENANT_DA, MONTANT_AVENANT_DEVISE, TAUX_ECHANGE_DEVISE_DA, DELAI_AVENANT, MOTIF_AVENANT, NUMERO_AVENANT
<b>CONTR_OBSERV</b>	<u>ID_OBSERVATION</u> , ID_MARCHE, CONTRAINTE_MARCHE, OBSERVATION_MARCHE
<b>REEVALUATION</b>	<u>ID_REEVALUATION</u> , ID_OPERATION, DATE_REEVALUATION
<b>OBJET_REEVALUATION</b>	<u>ID_OBJET_REEVALUATION</u> , ID_REEVALUATION, MONTANT_REEVALUATION, OBJET_DE_LA_REEVALUATION

**Tableau 6.1** : liste des tables et attributs de la base de données « Gestion de Projet »

## 2.2 La base de données « Gestion des barrages » :

Nom de la table	Attributs
<b>BARRAGE</b>	<u>ID_BARRAGE</u> , INTITULE_BARRAGE, OUED, WILAYA, LOCALISATION, DESTINATION, SURFACE_BASSIN_VERSANT, APPORT_MOYEN, CAPACITE, VOLUME_REGULARISE_ANNUEL, ANVASEMENT_ANNUEL, TYPE_BARRAGE, HAUTEUR_DIGUE, REGION_BARRAGE, NUMERO_BARRAGE, MISE_SERVICE, COTE_RN, APPORT_ANNUEL, IRRIGATION_ANNUEL, AEP_ANNUEL, ABSCISSE, ORDONNEE, ALTITUDE, PHOTO.
<b>SITUATION</b>	<u>ID_SITUATION</u> , ID_BARRAGE, DATE_SITUATION, COTE_PLAN_EAU, FUITES_DRAINS, USINE_HYDROELECTRIQUE, VIDANGE_DE_FOND, DECHARGEUR, DEVERSOIR, TOUR_DE_PRISE, IRRIGATION, EAU_POTABLE, EAU_INDUSTRIELLE, PRODUCTION_ELECTRICITE, PLUIE, EAU_EVAPORE, TEMPERATURE_AIR, TEMPERATURE_EAU, DIRECTION_VENT.
<b>AUSCULTER</b>	<u>ID_BARRAGE</u> , <u>ID_PIEZOMETRIE</u> , DATE_LECTEUR_AUSCULTATION, LECTEUR_MANOMETRE, LECTEUR_PIEZOMETRE, OBSERVATION_AUSCULTATION.
<b>PIEZOMETRIE</b>	<u>ID_PIEZOMETRIE</u> , ID_BARRAGE, N_PIEZOMETRIE, PROFO_PIEZOMETRE, COTE_TETE, SITUATION_PIEZOMETRIE, COTE_MANOMETRE, DATE_MANOMETRE.
<b>BATHYMETRIE</b>	<u>ID_BATHYMETRIE</u> , ID_LEVER, COTE_BATHYMETRIE, VOLUME, SURFACE.
<b>LEVER</b>	<u>ID_LEVER</u> , ID_BARRAGE, CAPACITE_ACTUEL, DATE_BATHYMETRIE.

<b>EVACUATEUR_D E_CRUE</b>	<u>ID_EVACUATEUR_CRUE</u> , ID_BARRAGE, TYPE_EVACUATEUR_CRUE, LONGUEUR_EVACUATEUR_CRUE, DIAMETRE_EVACUATEUR_CRUE, DEBIT_EVACUATEUR_CRUE
<b>INCLINOMETRE</b>	<u>ID_INCLINOMETRE</u> , ID_BARRAGE, N_INCLINOMETRE, COTE_DE_TETE
<b>ANNEAU</b>	<u>ID_ANNEAU</u> , ID_INCLINOMETRE, N_ANNEAU
<b>LIRE_ INCLINOMETRE</b>	<u>ID_ANNEAU</u> , <u>ID_INCLINOMETRE</u> , DATE_MESURE_INCLINOMETRE, MESURE_INCLINOMETRE
<b>PRESSION</b>	<u>ID_PRESSION</u> , ID_BARRAGE, N_CELULE, COTE_DE_POSE, ZONE_DE_POSE, PRESSION_TOTAL, HAUTEUR_REMBLAI
<b>LIRE_PRESSION</b>	<u>ID_PRESSION</u> , <u>ID_BARRAGE</u> , DATE_LECTEUR_PRESSION, LECTURE_PRESSION, OBSERVATION_PRESSION
<b>OUVRAGE_DE_P RISE</b>	<u>ID_OUVRAGE_PRISE</u> , ID_BARRAGE, TYPE_OUVRAGE_PRISE, HAUTEUR_OUVRAGE_PRISE, NOMBRE_OUVRAGE_PRISE
<b>VIDANGE_DE_F OND</b>	<u>ID_VIDANGE_FOND</u> , ID_BARRAGE, TYPE_VIDANGE_FOND, LONGUEUR_VIDANGE_FOND, DIAMETRE_VIDANGE_FOND

**Tableau 6.2** : liste des tables et attributs de la base de données « Gestion des Barrages »

### 3. Schémas conceptuel des sources de données (Source Conceptual Schema « SCS ») :

	Source	Integration	Data Warehouse	Customization	Client
<b>Conceptual</b>	SCS	DM	DWCS	DM	CCS
<b>Logical</b>	SLS	ETL Process	DWLS	Exporting Process	CLS
<b>Physical</b>	SPS	Transportation Diagram	DWPS	Transportation Diagram	CPS

#### 3.1 Introduction :

Dans cette partie, nous adressons la conception du Schéma Conceptuel de Source de données. L'objectif de ce diagramme est d'avoir une bonne compréhension des sources de données qui vont alimenter le DW.

Le but du *SCS* est de savoir quelle donnée est valide pour le DW. Nous avons appliqué UML dans un style simple par l'utilisation des classes, attributs et leurs associations aux autres entités (diagramme de classe dans le profile UML standard).

## 3.2 Gestion des Projets :

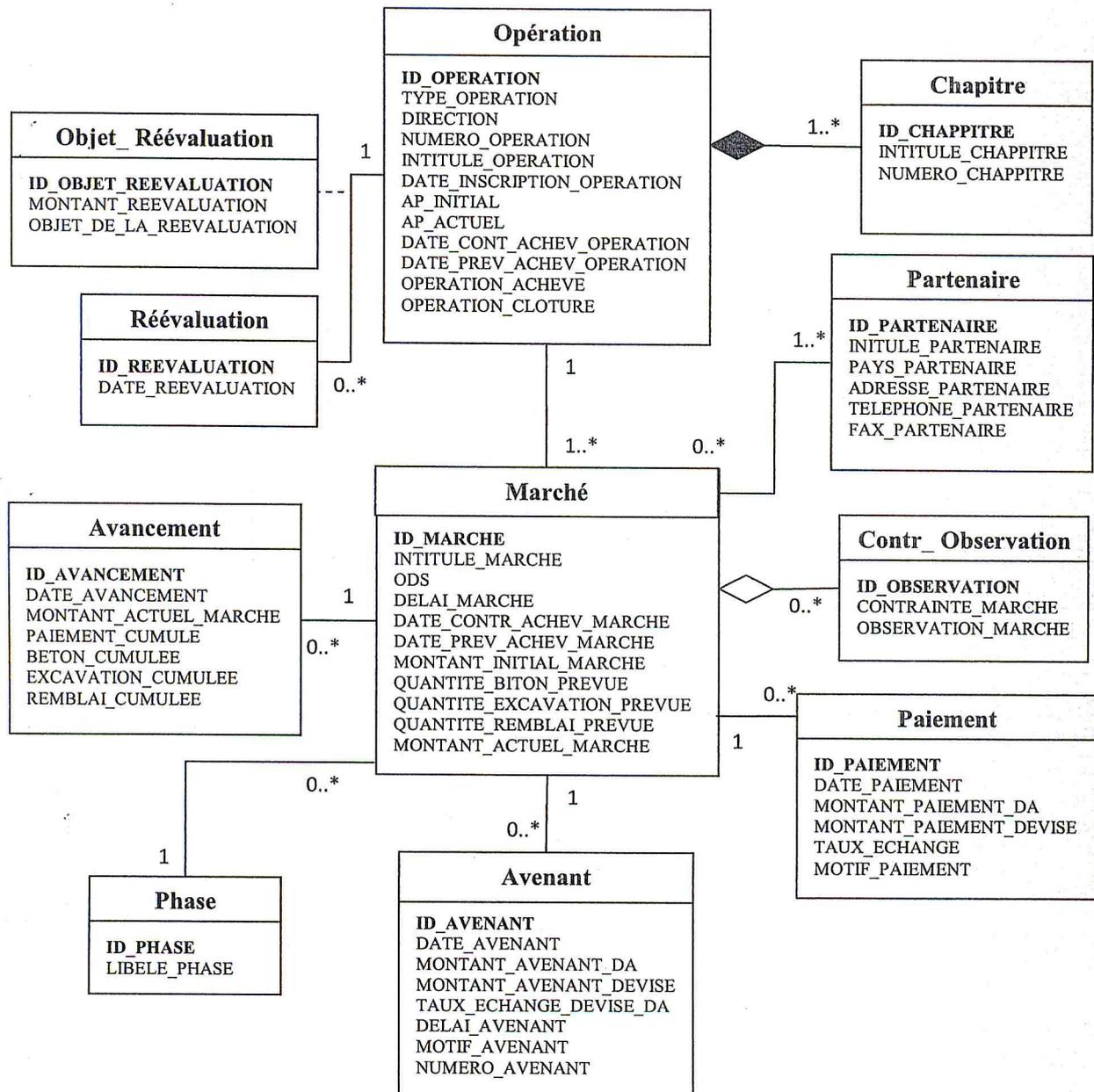


Diagramme 6.1: Schéma conceptuel de la base de données « Gestion des projets »

3.3 Gestion Barrages :

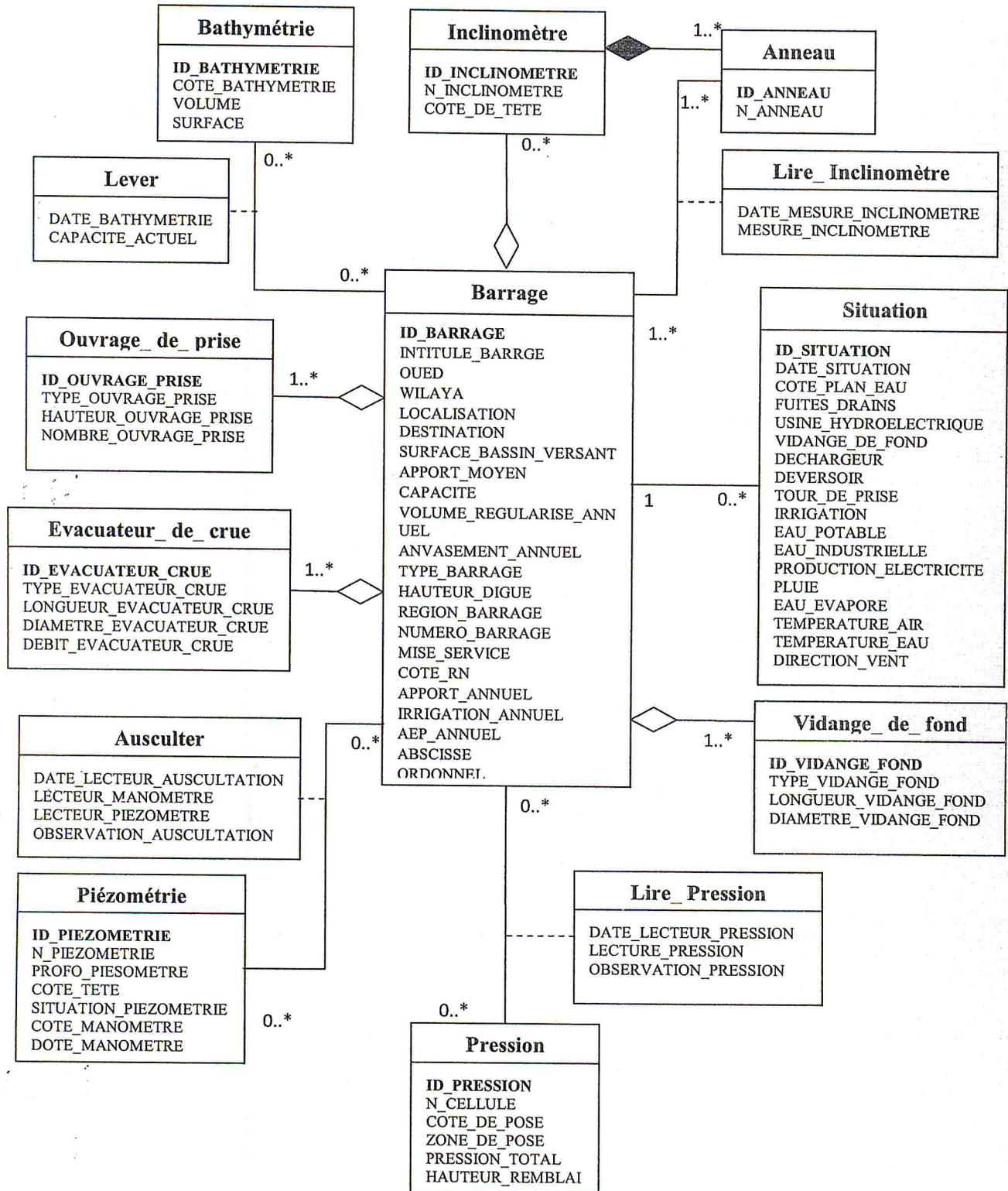


Diagramme 6.2: Schéma conceptuel de la base de données « Gestion des barrages »

#### **4. Conclusion :**

La phase « analyse des besoins » consiste à raffiner les besoins des utilisateurs finaux de façon à pouvoir entamer la conception avec des données qui existent réellement et qui sont bien définies.

Dans cette phase, nous avons pu analyser les sources de données que nous allons utiliser pour alimenter notre Data Warehouse. Nous avons réalisé cette étape par un « reverse engineering » des sources de données et cela pour définir leurs schémas conceptuels afin de pouvoir utiliser ceux qu'on en a besoins dans le schéma du Data Warehouse.

**Chapitre 7:**

# Conception

**■ ■ ■ Dans ce chapitre :**

**1 Introduction..... 121**

**2 Description..... 122**

**3 Schémas conceptuels de data warehouse..... 124**

**5 Conclusion..... 138**

## 1. Introduction :

Il est largement accepté que les systèmes de **DW** sont basés sur la modélisation **MD**. Cette modélisation structure l'information en faits et dimensions. Un fait contient les mesures d'un processus métier, cependant la dimension représente le contexte d'analyse d'un fait.

Quelques approches ont été proposées pour accomplir la conception de ces systèmes. Malheureusement, aucune d'entre elles, n'a été acceptée comme étant un standard pour la modélisation conceptuelle du **DW**. Ces approches essayent de représenter les propriétés principales des structures de données du modèle **MD** (i.e. faits et dimensions). Toutefois, aucune ne considère les propriétés principales des systèmes **MD** au niveau conceptuel.

Par contre, **UML** a été largement accepté comme étant le langage de modélisation standard orienté-objet pour modéliser différents aspects des systèmes logiciels. [14]

Dans cette partie, nous allons utiliser le profile **UML**<sup>1</sup> pour la modélisation multidimensionnelle. Ce profile exprime pour chaque mesure son contexte **MD** en termes de faits, dimensions et leurs hiérarchies. Dans cette modélisation du niveau conceptuel, quelques concepts, tels que les clés primaires et étrangères, ou les types de données ne sont pas notre première priorité, alors ils ne vont pas être spécifiés à ce stade.

---

<sup>1</sup> Approche de S. Loján Mora

## 2. Description:

Dans cette approche, les principales propriétés structurelles des modèles **MD** sont spécifiées au moyen des diagrammes de classes **UML** dans lesquels l'information est clairement séparée en faits et dimensions. L'approche propose l'utilisation des packages **UML** dans le but de regrouper les classes ensemble en un plus haut niveau créant différents degrés d'abstraction, et simplifiant ainsi le modèle final.

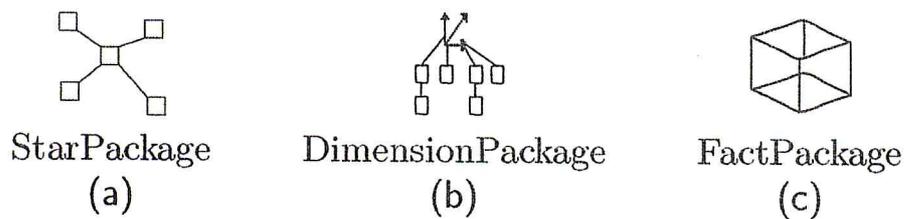


Figure 7.1: Icônes des stéréotypes d'un package. [14]

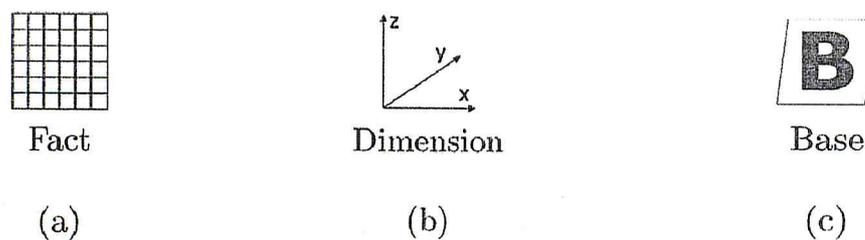


Figure 8.2: Icônes des stéréotypes des classes. [14]

Un ensemble de stéréotypes, valeurs, et contraintes, qui vont nous permettre de conceptualiser les modèles **MD**, est défini à ce niveau. Les stéréotypes (figure 8.1) sont appliqués à certains composants qui sont particulier à la modélisation **MD** (à savoir faits et dimensions), pour pouvoir les représenter dans un même modèle et dans les mêmes diagrammes qui décrivent le reste du système.

Les modèles **MD** sont divisés en trois niveaux :

- Niveau 1 : définition du modèle ;
- Niveau 2 : définition du schéma en étoile ; et
- Niveau 3 : définition des dimension/faits.

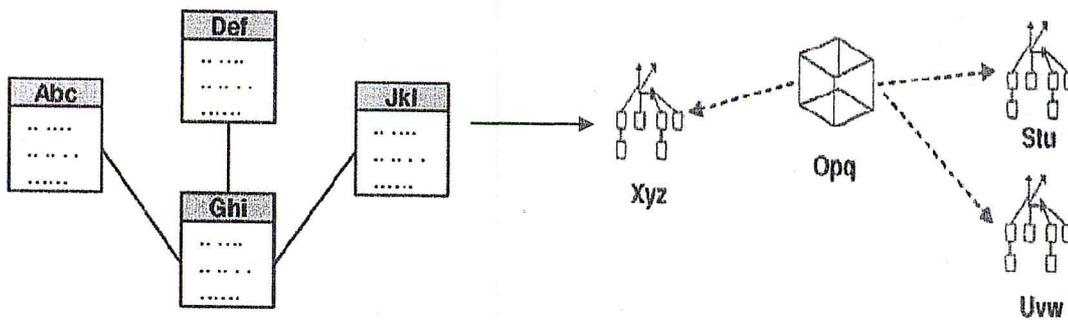


Figure 7.3: Différence entre le modèle MD classique et le modèle MD du niveau 2 de l'approche UML. [14]

La majorité des éléments pour la modélisation **MD** sont les classes *Fait* et les classes *Dimension*. Une classe *Fait* est constituée des *AttributsFait* (FA) et les *Dimensions* elles-mêmes. Les niveaux d'hierarchie d'une dimension sont représentés au moyen des classes *Base* (figure 8.2). Une classe *Base* est constituée des *OIDs*, *Descripteurs*, et les *AttributsDimension* (DA). [14]

### 3. Schéma Conceptuel du Data Warehouse:

	Source	Integration	Data Warehouse	Customization	Client
<b>Conceptual</b>	SCS	DM	DWCS	DM	CCS
<b>Logical</b>	SLS	ETL Process	DWLS	Exporting Process	CLS
<b>Physical</b>	SPS	Transportation Diagram	DWPS	Transportation Diagram	CPS

#### 3.1. Modèle Conceptuel Multidimensionnel du Data Warehouse:

Le modèle MD de notre DW : ANBT\_DW, se compose de trois activités principales :

- Activité Gestion des Projets,
- Activité Gestion de la Ressource, et
- Activité Contrôle Technique.

Qui se composent, à leur tour, de onze schémas en étoiles :

- Schéma Evaluation Projets,
- Schéma Avancement Projets,
- Schéma Suivi Projets,
- Schéma Evaluation Barrages,
- Schéma Situation climatique,
- Schéma pluviométrie,
- Schéma Situation hydraulique,
- Schéma Utilisation de l'eau,
- Schéma Défluent,
- Schéma Pertes, et
- Schéma Situation physique.

Nous allons définir, à ce niveau, le modèle conceptuel MD de l'ANBT\_DW ; il est représenté par un package contenant les schémas en étoile qui le compose. Les dépendances entre les schémas en étoile sont définies entre ceux qui partagent au moins une dimension, permettant ainsi une spécification des *dimensions communes*.

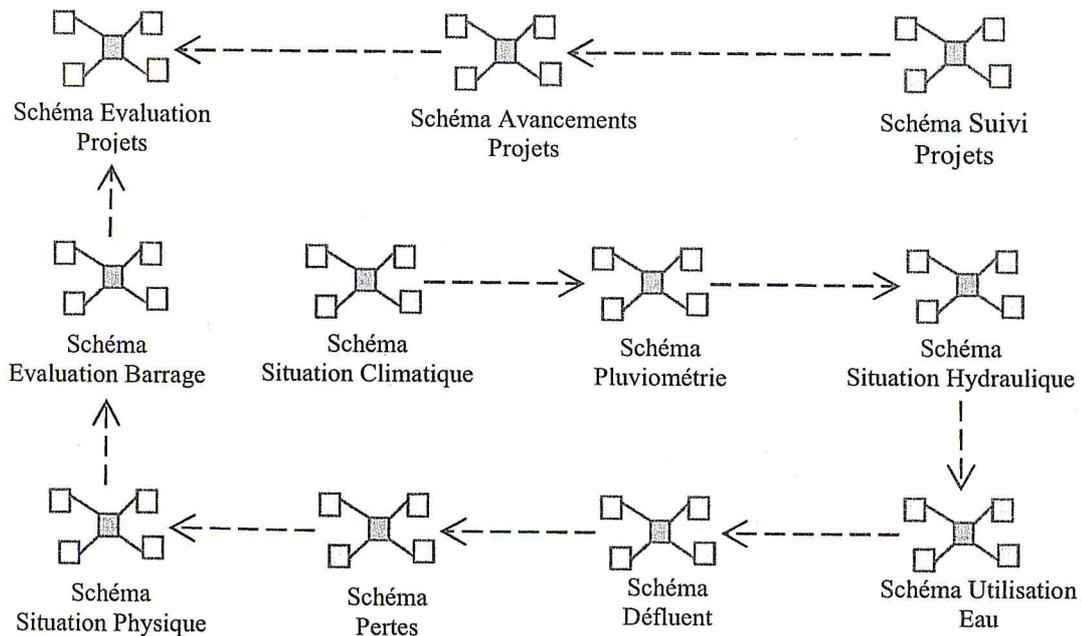


Figure 7.4 : Définition du modèle conceptuel de l'ANBT\_DW (niveau 1)

### 3.2. Modélisation multidimensionnelle du Data warehouse:

Le modèle MD de l'ANBT\_DW se compose de :

- **11 Tables de Fait :**
  - Fait Evaluation Projets,
  - Fait Avancement Projets,
  - Fait Suivi Projet,
  - Fait Evaluation Barrages,
  - Fait Situation Climatique,
  - Fait Pluviométrie,
  - Fait Situation hydraulique,
  - Fait Utilisation de l'eau,

- Fait Défluent (Eau Sortante),
  - Fait Perte, et
  - Fait Situation Physique.
- **12 Tables de Dimension :**
    - Dimension Temps,
    - Dimension Zone,
    - Dimension Type Barrage,
    - Dimension Classe Barrage,
    - Dimension Age Barrage,
    - Dimension Type Utilisation d'eau,
    - Dimension Type Lâchée,
    - Dimension Type Défluent,
    - Dimension Opération,
    - Dimension Phase,
    - Dimension Etat Projet, et
    - Dimension Partenaire.

### 3.2.1. Activité gestion projets :

Nous nous intéressons dans cette activité au processus de gestion des projets et cela en fournissant aux décideurs les informations nécessaires à la prise de décision concernant les différents projets dont l'ANBT est le maître d'ouvrage.

Pour mieux gérer l'information décisionnelle, nous avons divisé cette activité en trois grains selon les mesures prises et le contexte d'analyse souhaité par les utilisateurs concernés :

- Evaluation des projets ;
- Avancement des projets ;
- Suivi des projets.

3.2.1.1. Evaluation des projets :

Donne une vue globale des actions menées et bénéfices constatés par l'ANBT dans le cadre de réalisation des projets durant chaque année, et cela pour permettre l'appréciation des résultats au fil des moyen et long termes.

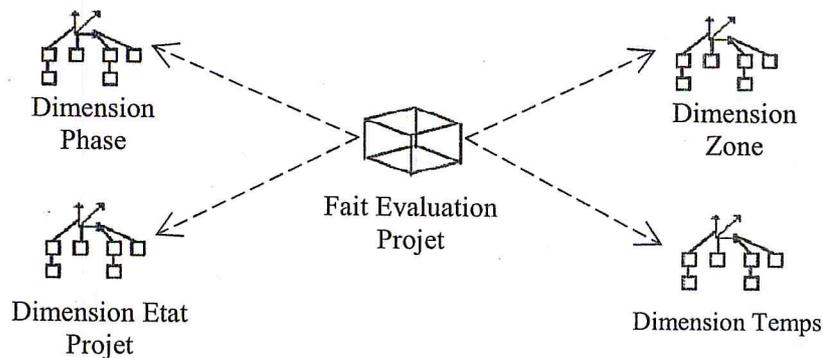


Figure 7.5 : Définition du schéma en étoile Evaluation Projets (niveau 2)

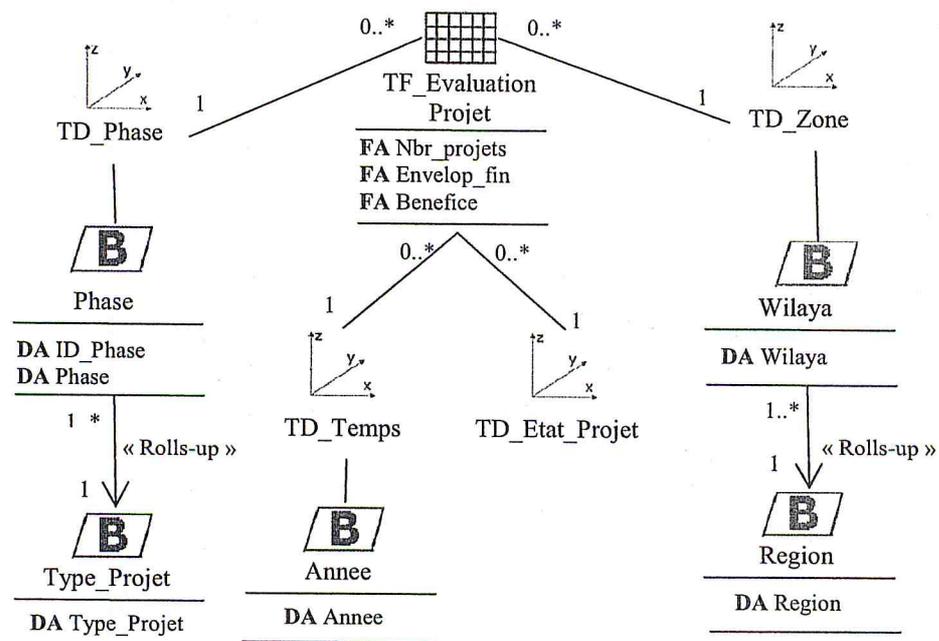


Diagramme 7.1 : Définition du schéma en étoile Evaluation Projets (niveau 3)

3.2.1.2. Avancement des projets :

Donne une vue de l'état d'avancement physique et financier des projets au cours de réalisation pendant chaque mois, trimestre et années, et cela pour permettre aux dirigeants de connaître la situation de leurs projets régulièrement et de mener les actions nécessaires en cas de problèmes.

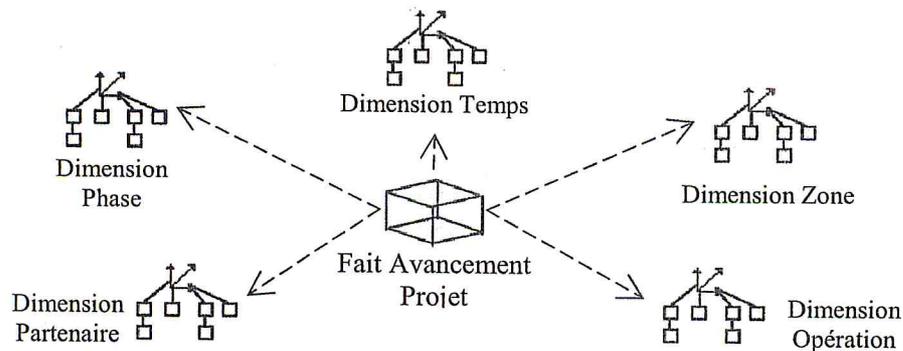


Figure 7.6 : Définition du schéma en étoile Avancement Projets (niveau 2)

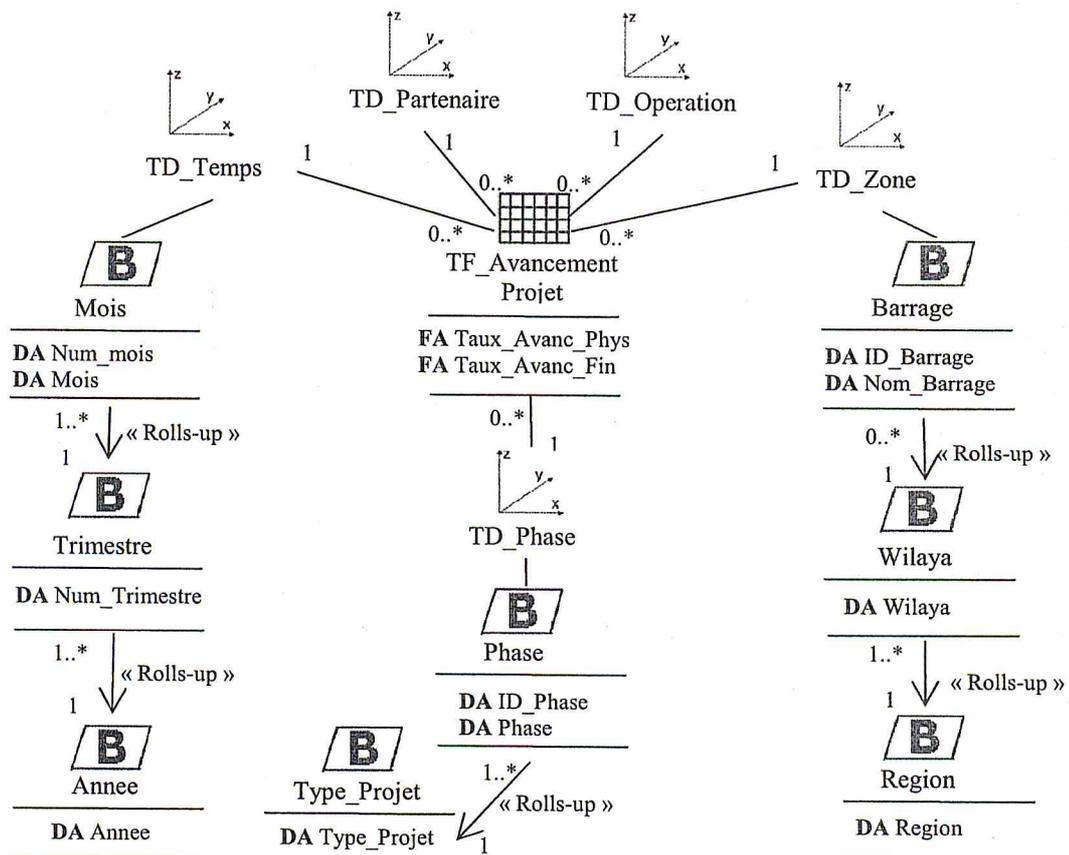


Diagramme 7.2: Définition du schéma en étoile Avancement Projets (niveau 3)

### 3.2.1.3. Suivi des Projets :

Donne une vue de nombre de marchés, des partenaires que l'entreprise a pu traité avec, des opérations conclues au cours d'une période, ainsi que l'évolution des délais et montants des projets par rapport à nombreux facteurs.

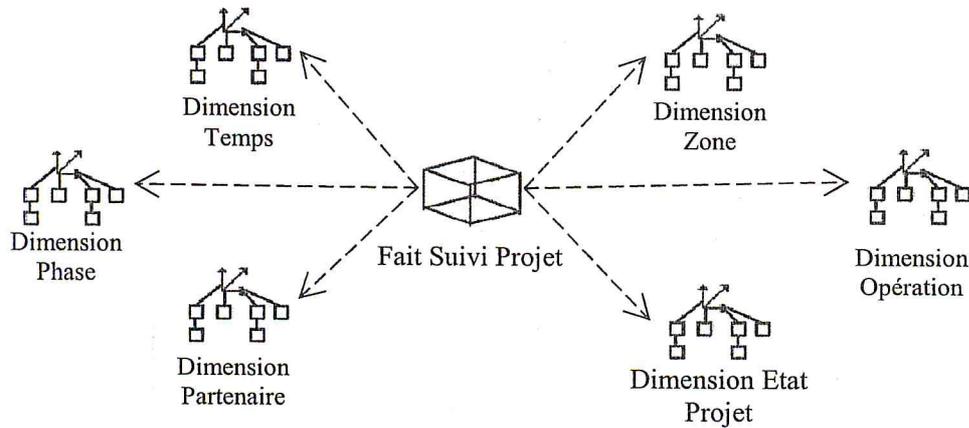


Figure 7.7 : Définition du schéma en étoile Suivi Projet (niveau 2)

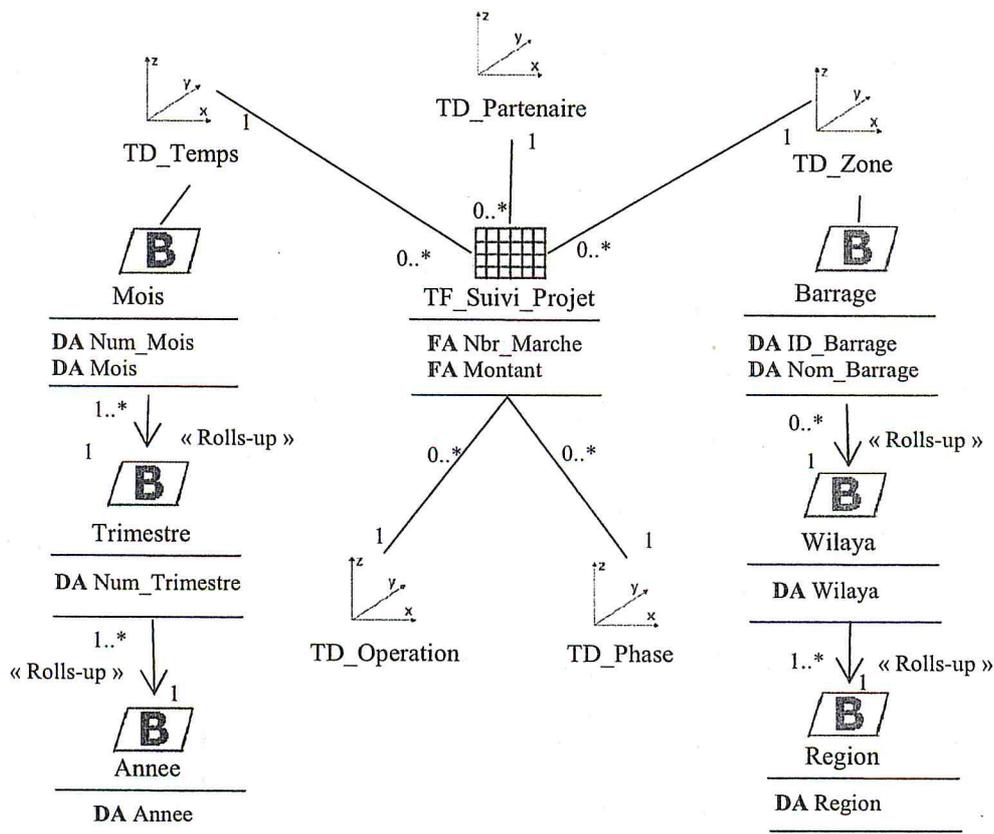


Diagramme 7.3: Définition du schéma en étoile Suivi Projet (niveau 3)

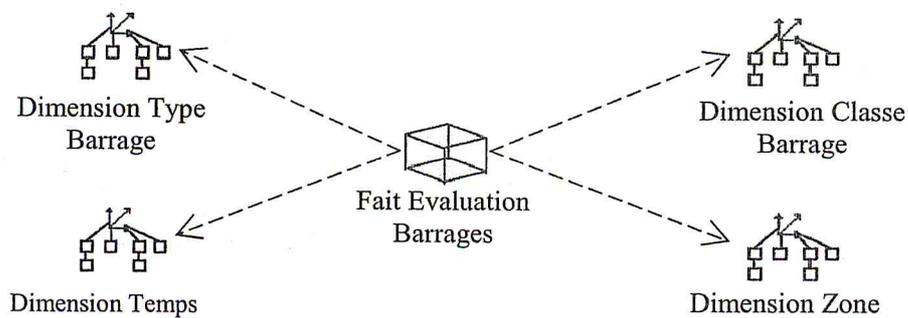
**3.2.2. Activité gestion de la ressource :**

Nous nous intéressons dans cette activité au processus de gestion de la ressource en eau, en fournissant aux dirigeants et responsables l'information nécessaire à la prise de décision concernant les différentes situations et états de la ressource des barrages.

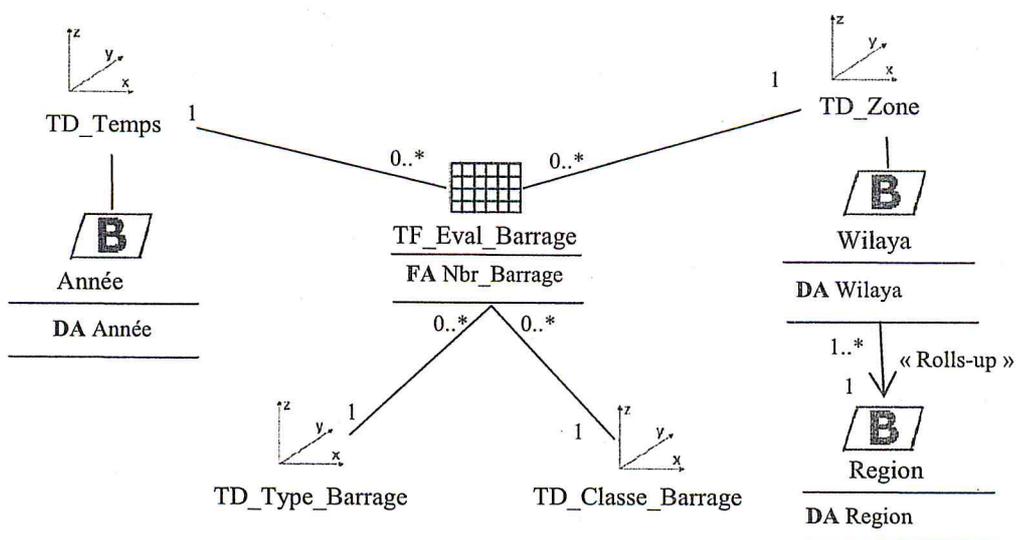
Pour mieux gérer l'information décisionnelle, nous avons divisé cette activité en quatre grains selon les mesures prises et le contexte d'analyse souhaité par les utilisateurs concernés :

**3.2.2.1. Evaluation des barrages :**

Nous nous intéressons dans ce processus à l'évaluation des barrages concernant leur nombre, pour donner une meilleure vue de leur évolution dans le temps.



**Figure 7.8 :** Définition du schéma en étoile Evaluation Barrage (niveau 2)



**Diagramme 7.4:** Définition du schéma en étoile Evaluation Barrage (niveau 3)

3.2.2.2. Situation Climatique :

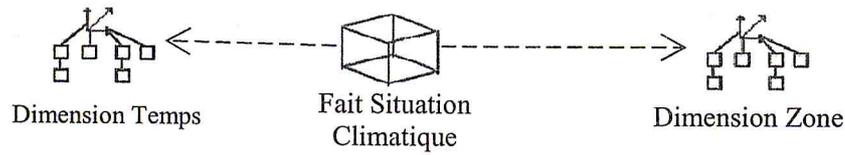


Figure 7.9 : Définition du schéma en étoile Situation Climatique (niveau 2)

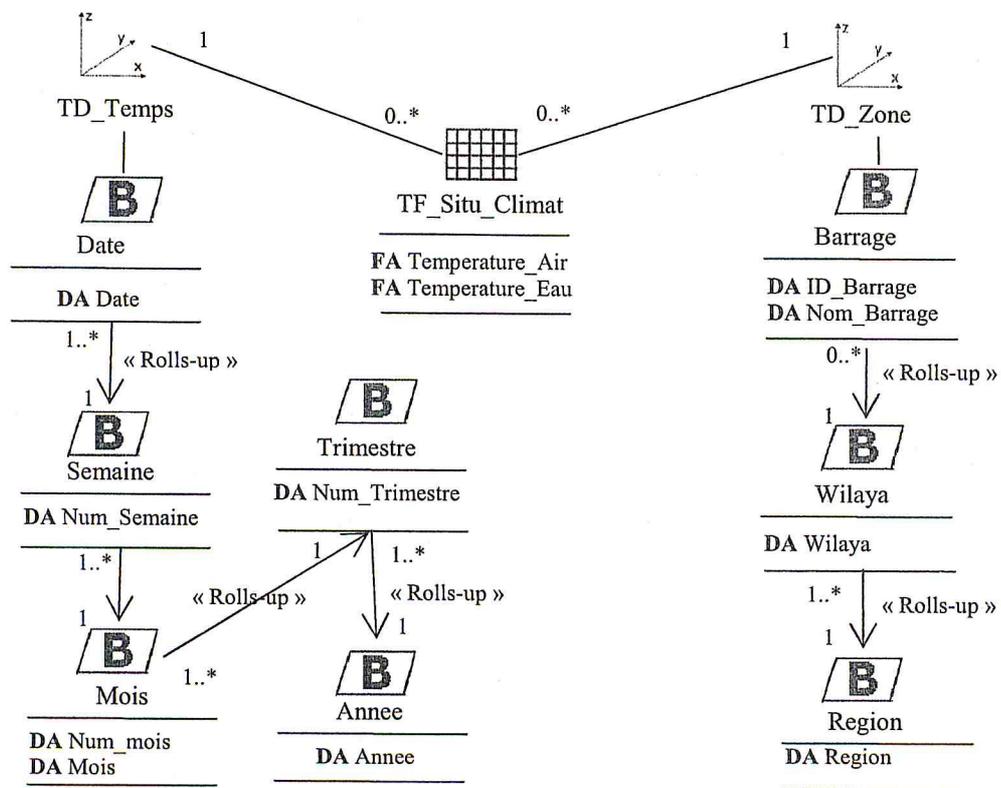


Diagramme 7.5: Définition du schéma en étoile Situation Climatique (niveau 3)

3.2.2.3. Pluviométrie :

Donne une vue des volumes de pluie à travers différentes zones et périodes, et cela pour permettre une meilleure vision de la situation pluviométrique du pays ainsi que son évolution (augmentation ou diminution) au fil des années.

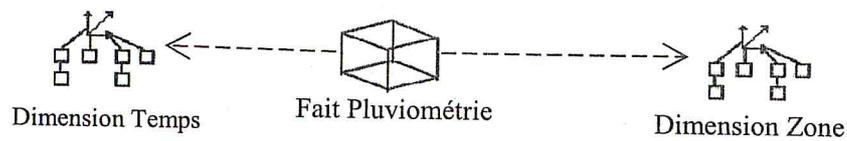


Figure 7.10 : Définition du schéma en étoile Pluviométrie (niveau 2)

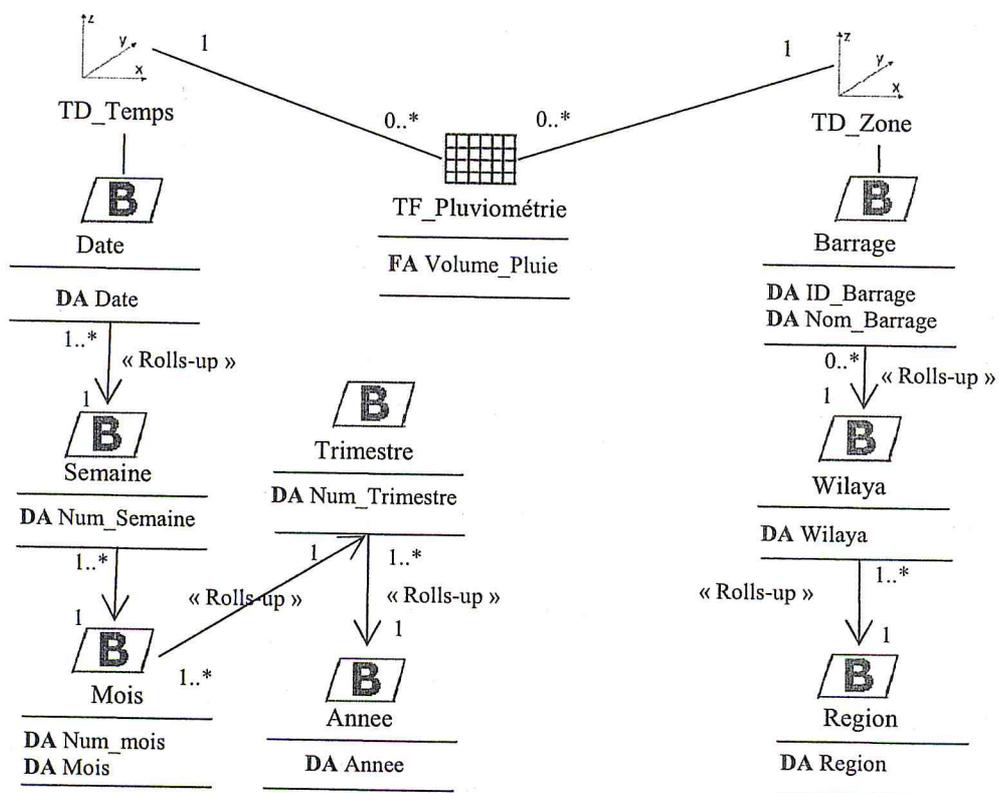


Diagramme 7.6: Définition du schéma en étoile Pluviométrie (niveau 3)

3.2.2.4. Situation hydraulique :

Donne le volume d'eau dans un barrage, sa surface, etc. selon les différentes infrastructures et régions du pays pour des raisons économiques et stratégiques (ex. connaître quelle région a le volume de la réserve le plus élevé en cas de période de sécheresse).

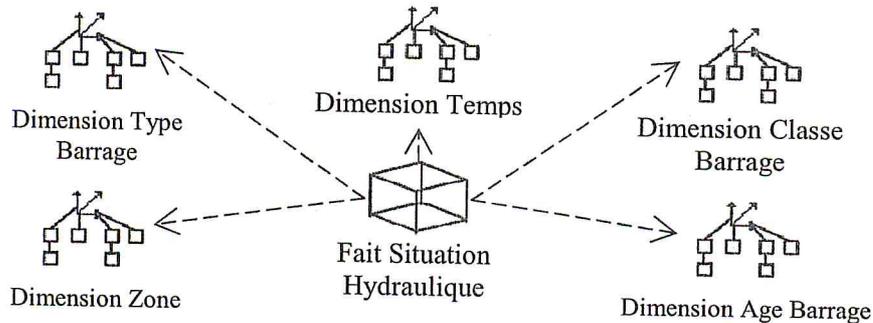


Figure 7.11 : Définition du schéma en étoile de la Situation Hydraulique (niveau 2)

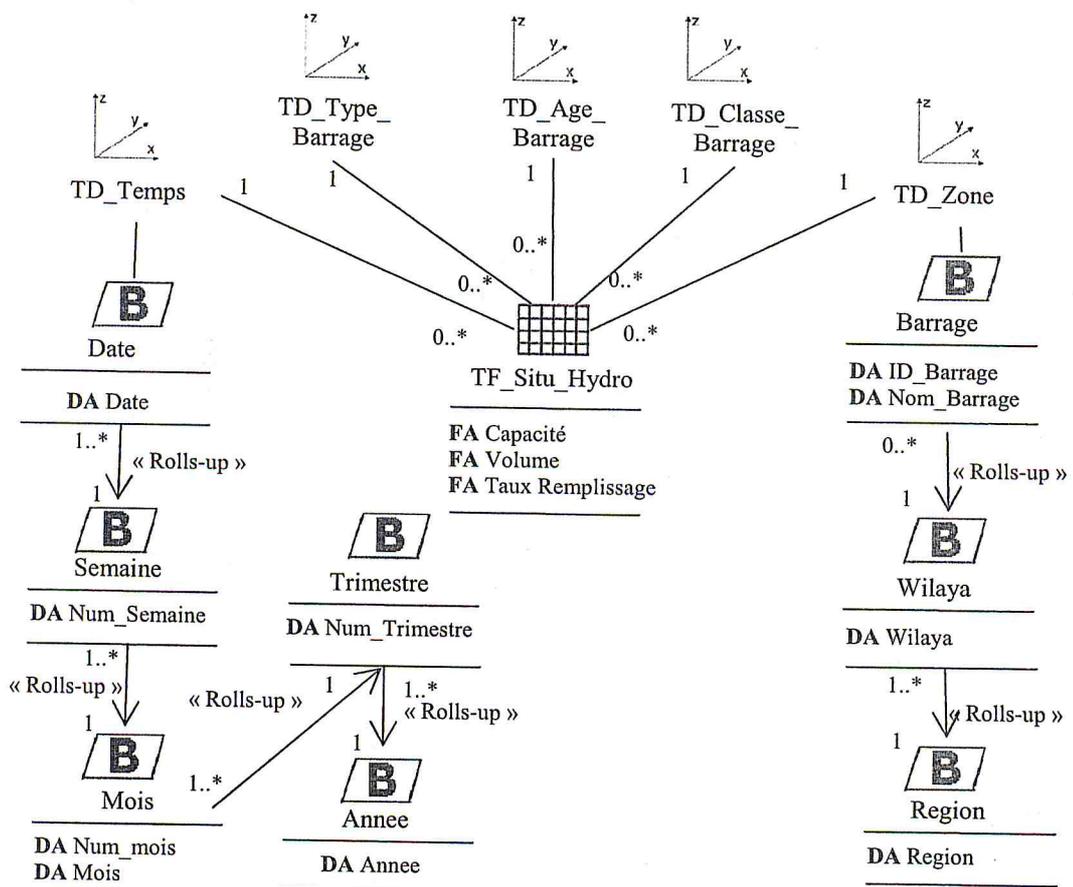


Diagramme 7.7: Définition du schéma en étoile Situation Hydraulique (niveau 3)

3.2.2.5. Utilisation de l'eau :

Donne le volume d'eau employé pour différentes utilisation, chaque mois et année et cela pour avoir une vision des besoins ressource en eau.

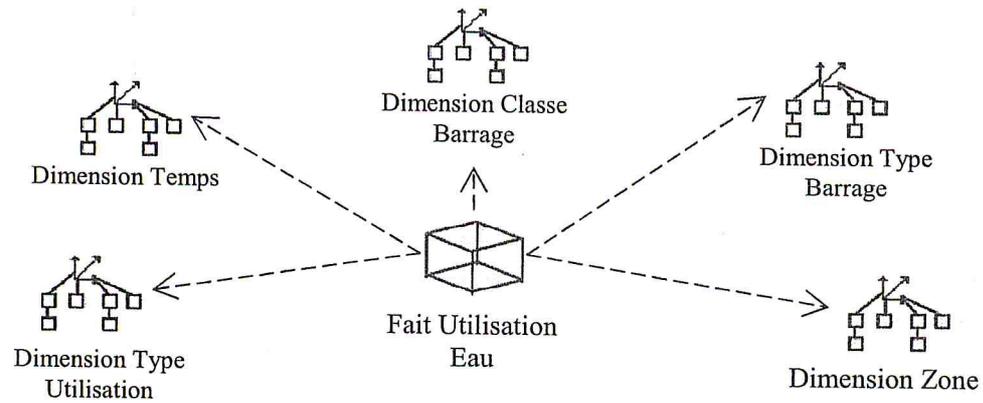


Figure 7.12 : Définition du schéma en étoile de l'Utilisation de l'eau (niveau 2)

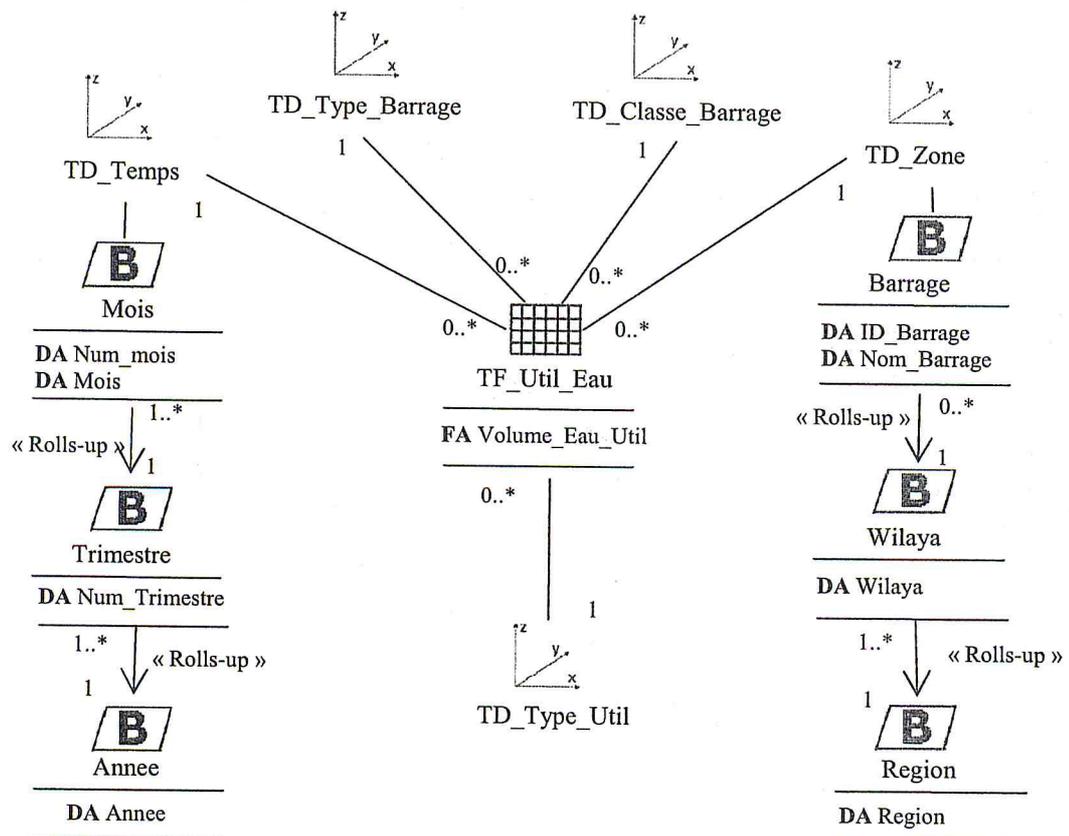


Diagramme 7.8: Définition du schéma en étoile de l'Utilisation de l'eau (niveau 3)

3.2.2.6. Défluent:

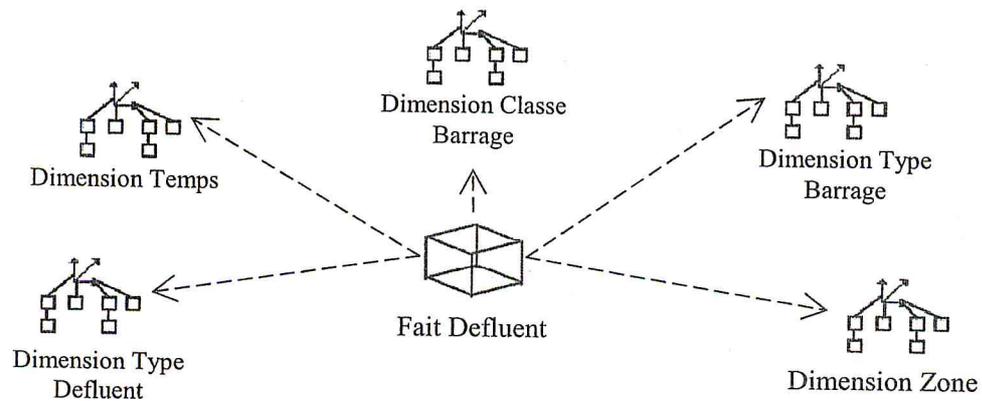


Figure 7.13 : Définition du schéma en étoile Défluent (niveau 2)

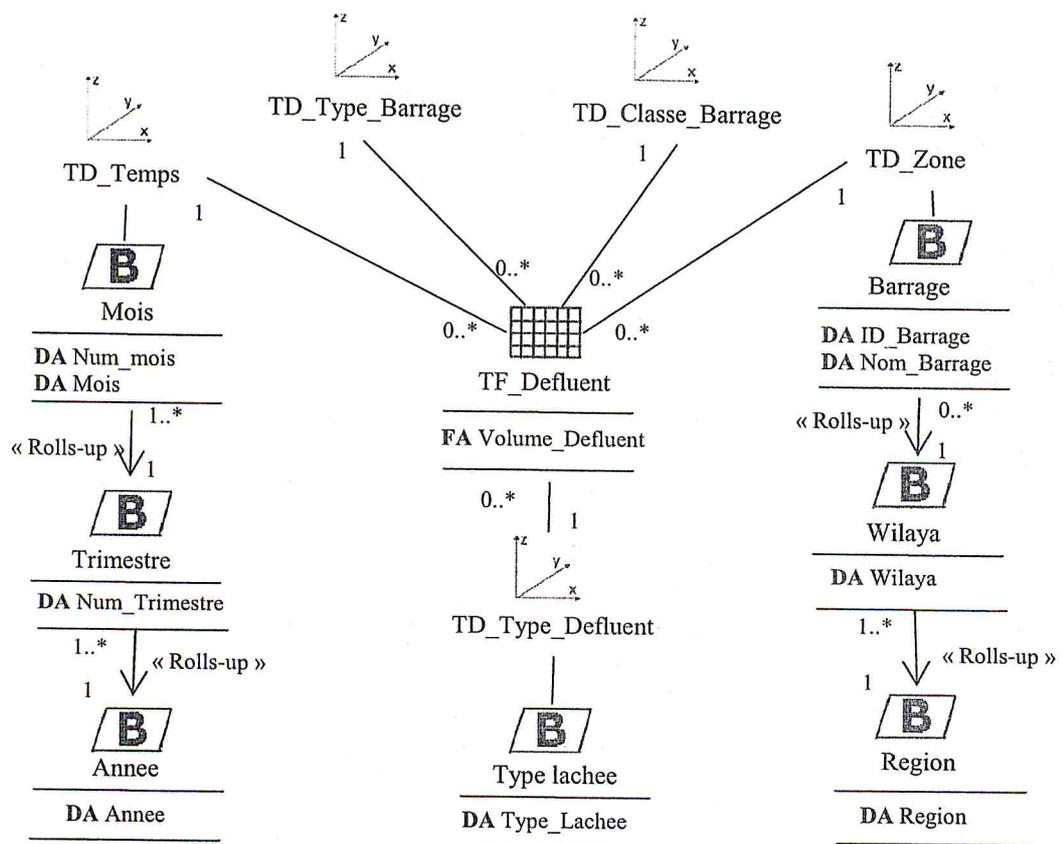


Diagramme 7.9: Définition du schéma en étoile Défluent (niveau 3)

3.2.2.7. Pertes:

Donne le volume d'eau perdu durant un mois et une année et cela pour donner une idée des moyens et causes des pertes subites et essayer de les éviter.

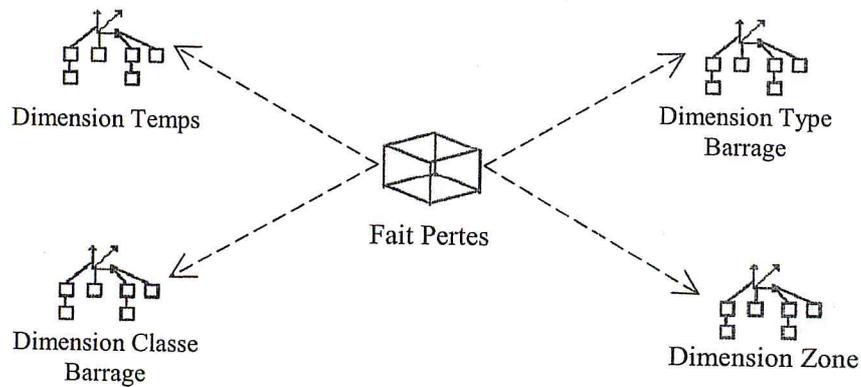


Figure 7.14 : Définition du schéma en étoile des Pertes (niveau 2)

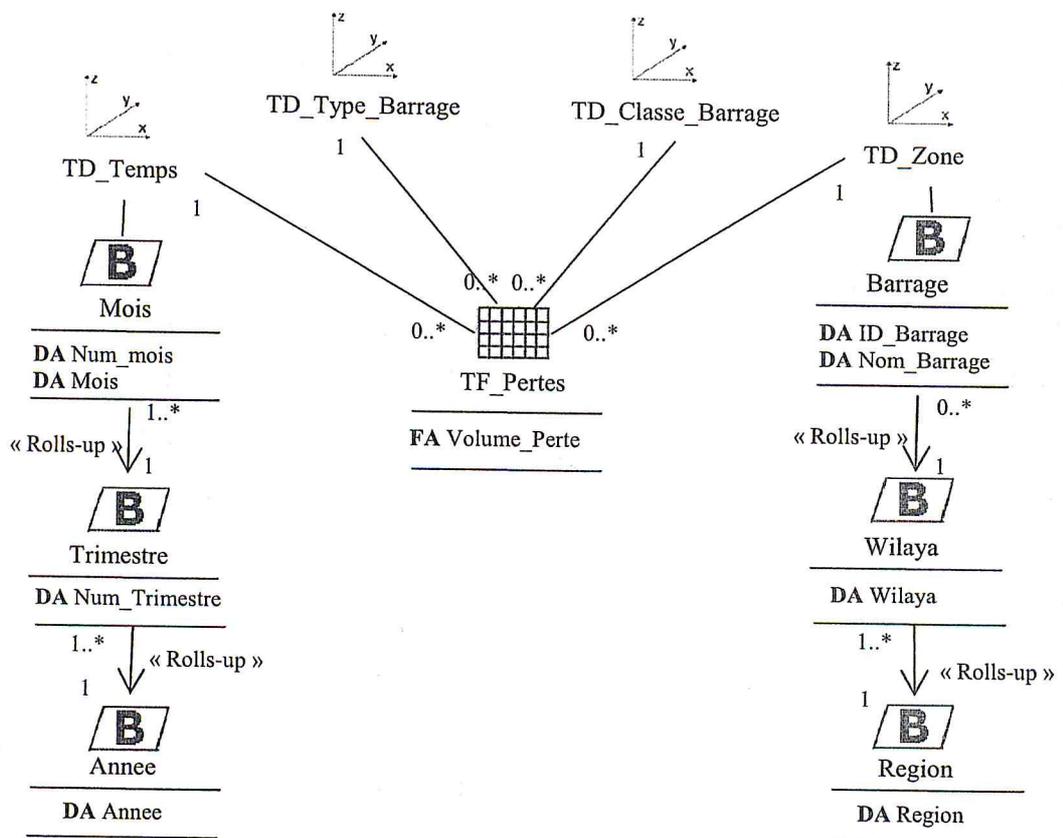


Diagramme 7.10: Définition du schéma en étoile des Pertes (niveau 2)

3.2.3. Activité Contrôle Technique :

Nous nous intéressons dans cette activité au processus du contrôle technique des barrages, en fournissant aux décideurs l'état quotidien, mensuel et annuel des ouvrages et cela pour permettre le pointage continu et une action rapide en cas de problèmes de l'ouvrage qui a nécessité un budget énorme pour être mis en place et qui constitue une unité très importante de réserve de la ressource en eau.

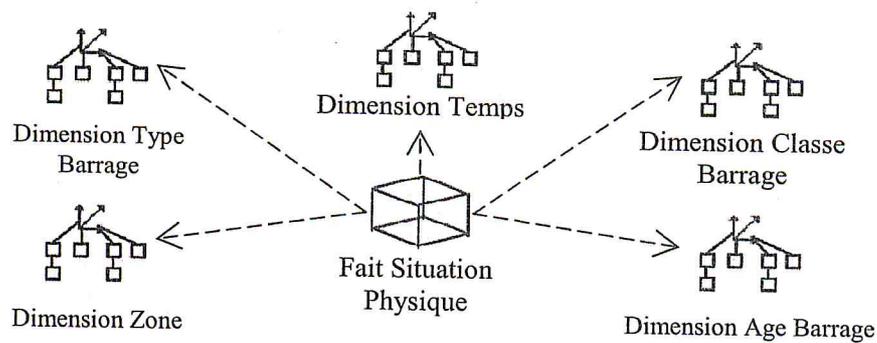


Figure 7.15 : Définition du schéma en étoile Situation Physique (niveau 2)

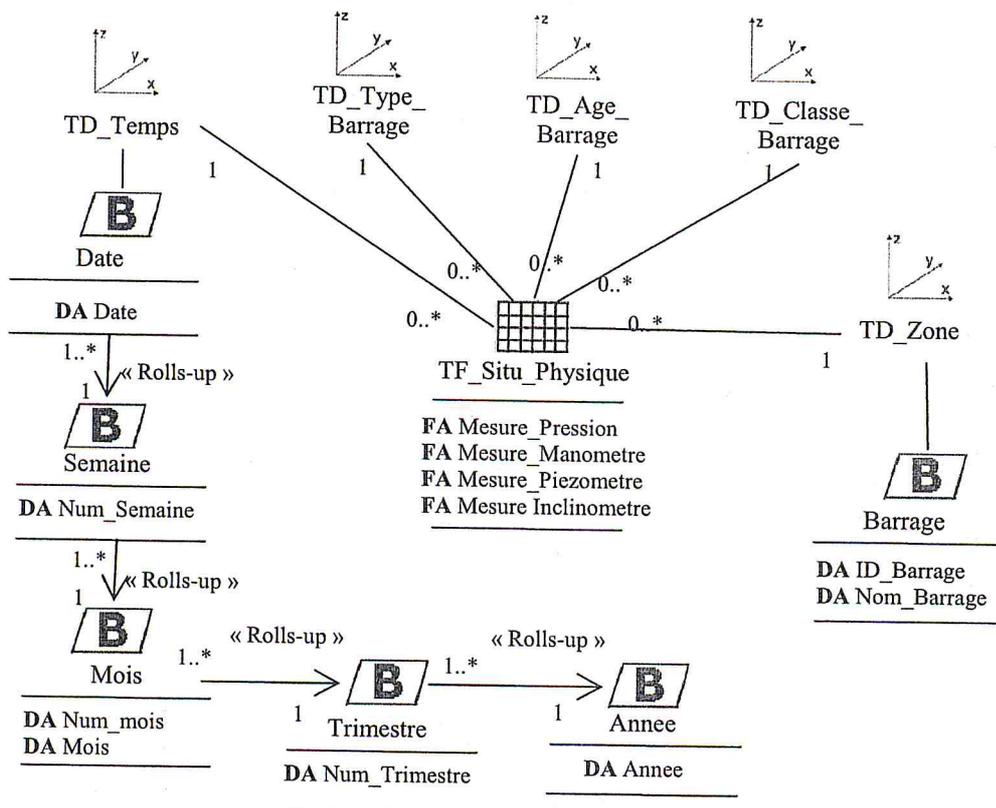


Diagramme 7.11: Définition du schéma en étoile Situation Physique (niveau 3)

#### 4. Conclusion :

Dans cette partie, nous avons accompli une modélisation conceptuelle de notre **DW** en utilisant l'extension **UML** comme profile qui nous a permis de représenter les propriétés majeures du **MD** au niveau conceptuel d'une part, et les propriétés de chaque activité d'autre part.

De plus, nous avons pu représenter, d'une façon élégante, le modèle complet, qui aurait pu être très complexe, du **DW** et cela aux différents niveaux de détails.

L'avantage de cette conception est l'utilisation d'**UML**, un langage de modélisation orienté-objet largement accepté, qui nous a offert la possibilité de représenter quelques propriétés du **MD** qui sont difficilement représentées par d'autres approches comme la relation entre les différents schémas en étoile du modèle, et l'utilisation des commentaires pour une meilleure compréhension du schéma.

**Chapitre 8:**

# **Implémentation**

**■ ■ ■ Dans ce chapitre :**

**1 Schéma Logique du Data Warehouse ..... 139**

**2 Modélisation du processus ETL du Data warehouse ..... 147**

**3 Conception physique du Data warehouse ..... 158**

## 1. Schéma Logique du Data Warehouse :

	Source	Integration	Data Warehouse	Customization	Client
<b>Conceptual</b>	SCS	DM	DWCS	DM	CCS
<b>Logical</b>	SLS	ETL Process	DWLS	Exporting Process	CLS
<b>Physical</b>	SPS	Transportation Diagram	DWPS	Transportation Diagram	CPS

### 1.1. Introduction :

Dans les précédents chapitres, nous avons accompli la modélisation conceptuelle du DW (auparavant celui des sources de données). Dans ce chapitre, nous allons passer de l'analyse conceptuelle à la conception logique de la base de données de l'ANBT\_DW. Qui sera une base de données relationnelle.

UML offre quelques avantages pour la conception logique de bases de données, qui ne sont généralement pas pris en considération par les notations traditionnelles (telle que les relations de généralisation et spécification).

Pour accomplir la modélisation logique du DW (*Data Warehouse Logical Schema*), l'approche propose l'utilisation du profile UML pour la conception de bases de données. [31]

Nous allons construire le modèle logique à partir du modèle conceptuel et cela pour maintenir une certaine cohérence entre les deux niveaux.

## 1.2. Modélisation logique des schémas en étoile :

Le passage de modèle conceptuel en modèle logique nécessite certaines transformations: les classes sont transformées en tables, les attributs en colonnes, et les associations en relations. Dans ce processus de transformation, certaines situations doivent être prises en considération.

Les principaux éléments que définit ce profile sont décrits ci-après et leurs présentations graphiques sont montrées dans *Figure 9.1* :

- **Table** : un groupement d'information dans une base de données sur le même sujet, divisé e, colonnes.
- **Colonne** : un composant d'une table qui occupe un seul attribut de la table.
- **Clé primaire** : la clé candidate qui est choisie pour identifier les rangs dans une table.
- **Clé étrangère** : une colonne ou un ensemble de colonnes dans une table qui fait référence à une clé primaire d'une autre table.

Au lieu de la représentation utilisée pour une table dans *Figure 9.1*, nous allons utiliser deux autres représentations graphiques (utilisés dans le chapitre précédent), une pour la table de faits et l'autre pour la table de dimension, et cela pour faire la différence entre les deux (*Figure 8.2*).

	<b>Table</b>
<b>PK</b>	<b>Primary Key</b>
<b>FK</b>	<b>Foreign Key</b>
<b>PFK</b>	<b>Primary/Foreign Key</b>

**Figure 8.1** : Eléments des diagrammes et leurs icônes appropriées [14]

1.2.1. Schéma en étoile Evaluation Projets :

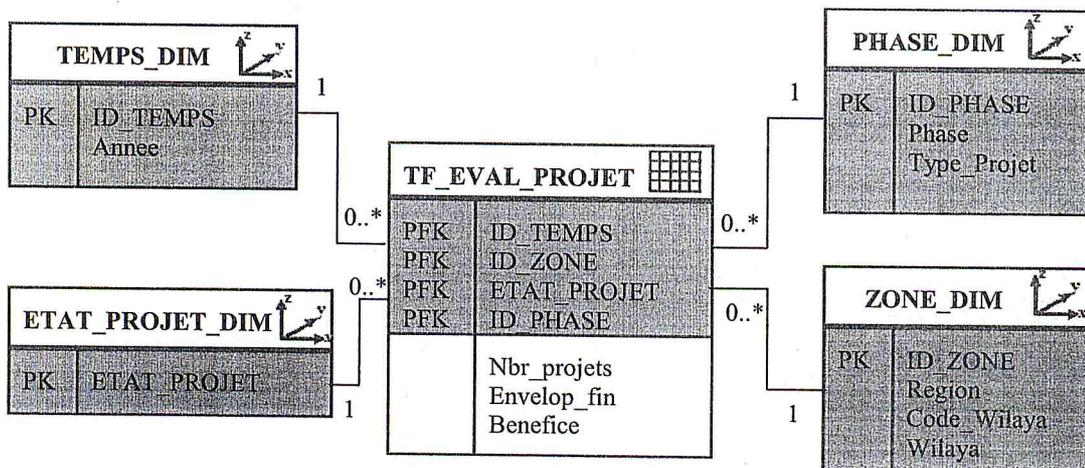


Diagramme 8.1 : Schéma Logique Evaluation Projet

1.2.2. Schéma en étoile Avancement Projets :

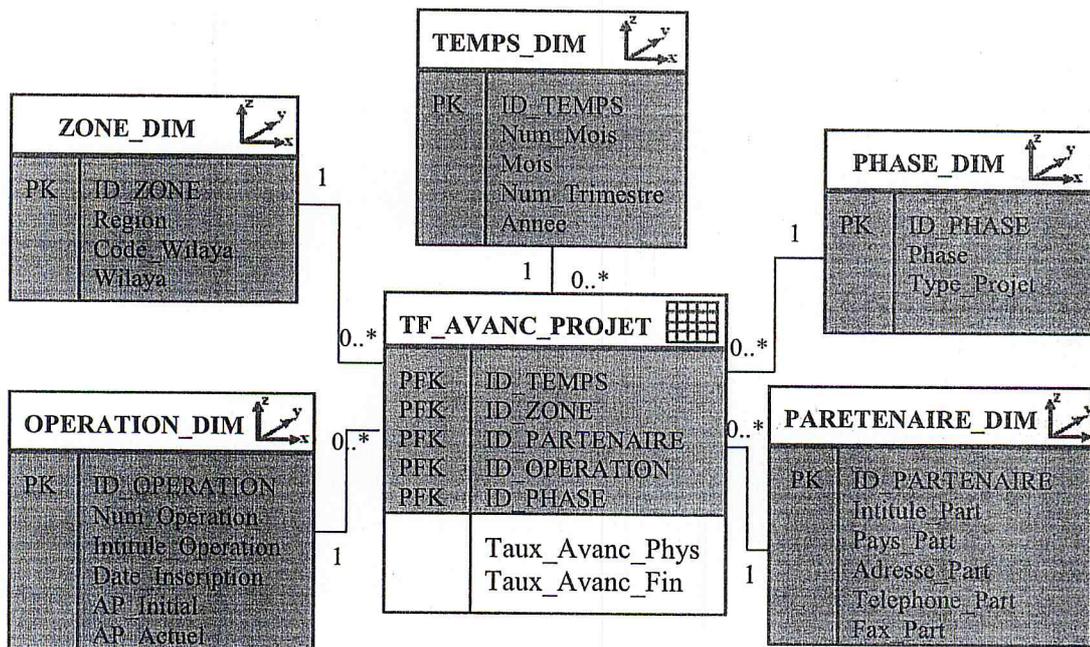


Diagramme 8.2 : Schéma Logique Avancement Projet

1.2.3. Schéma en étoile Suivi Projets :

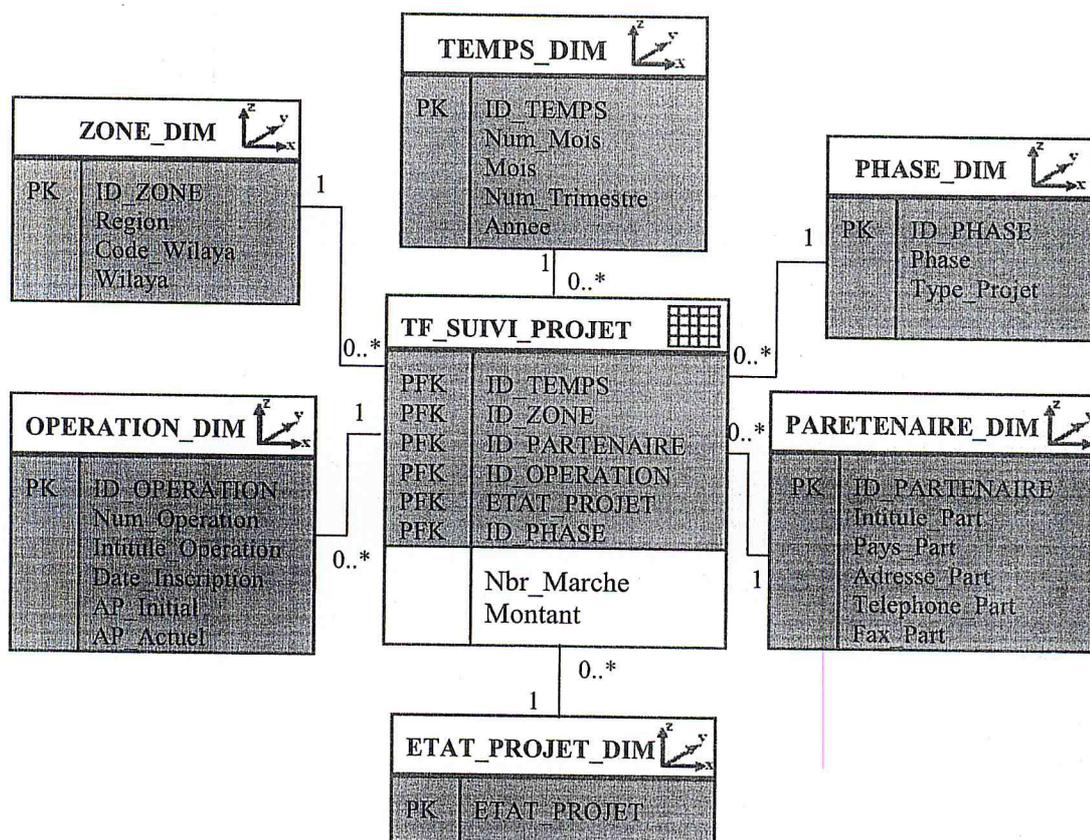


Diagramme 8.3 : Schéma Logique Suivi Projet

1.2.4. Schéma en étoile Evaluation Barrages :

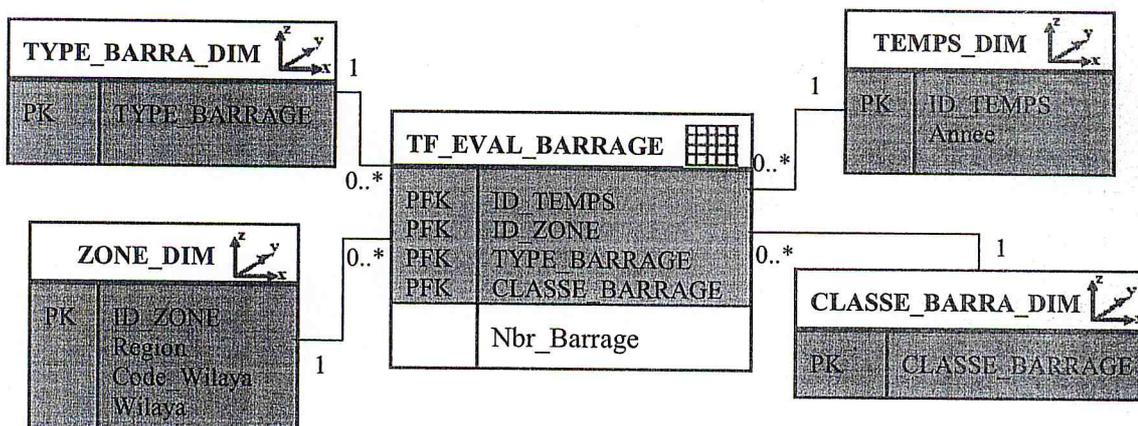


Diagramme 8.4 : Schéma Logique Evaluation Barrages

1.2.5. Schéma en étoile Situation Climatique :

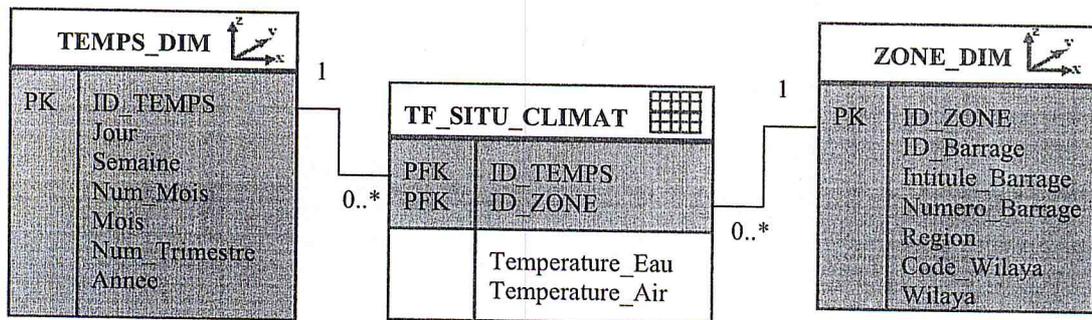


Diagramme 8.5 : Schéma Logique Situation Climatique

1.2.6. Schéma en étoile Pluviométrie :

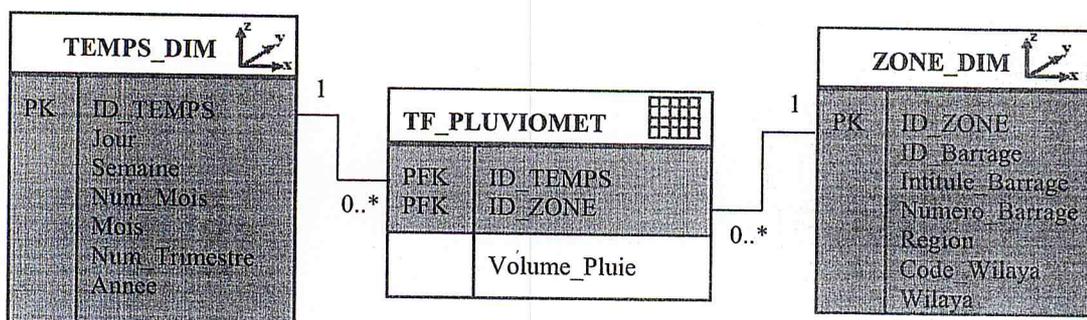


Diagramme 8.6 : Schéma Logique Pluviométrie

1.2.7. Situation Hydraulique :

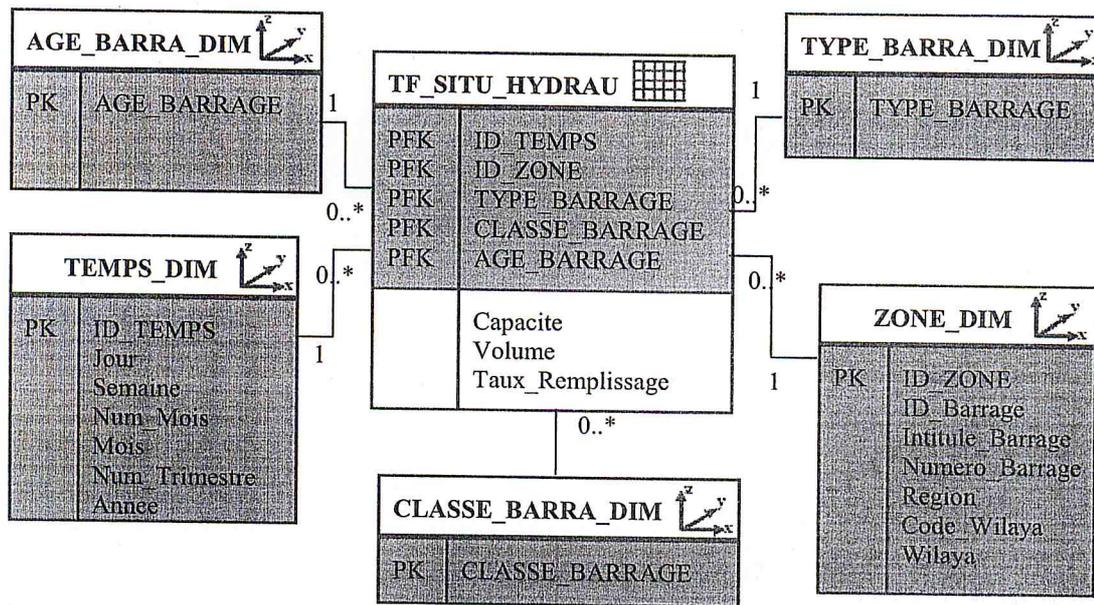


Diagramme 8.7 : Schéma Logique Situation Hydraulique

1.2.8. Schéma en étoile Utilisation de l'eau :

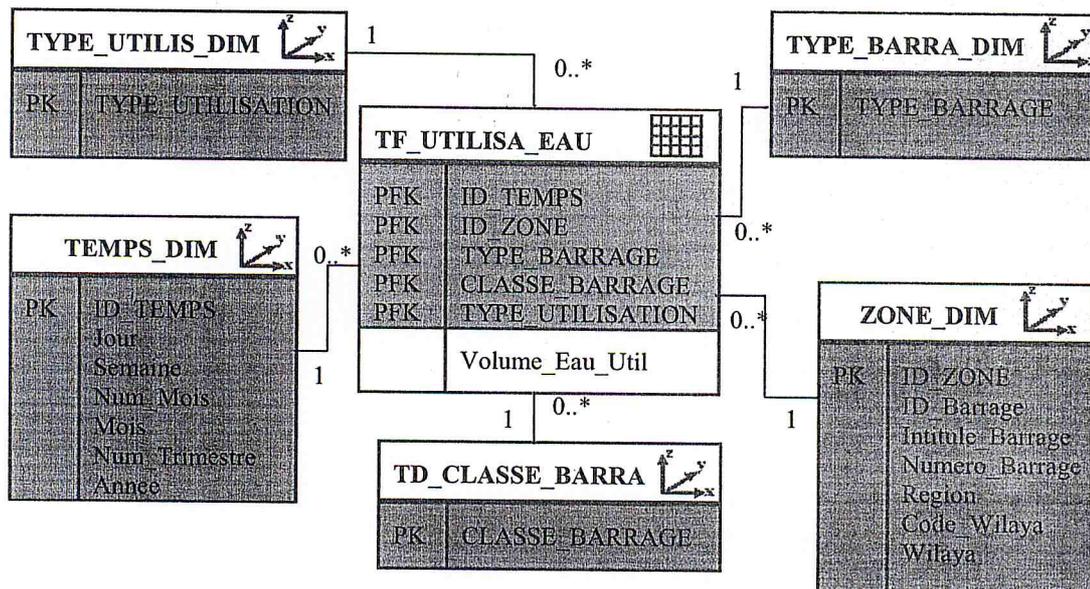


Diagramme 8.8 : Schéma Logique Utilisation de l'eau

1.2.9. Schéma en étoile Défluent :

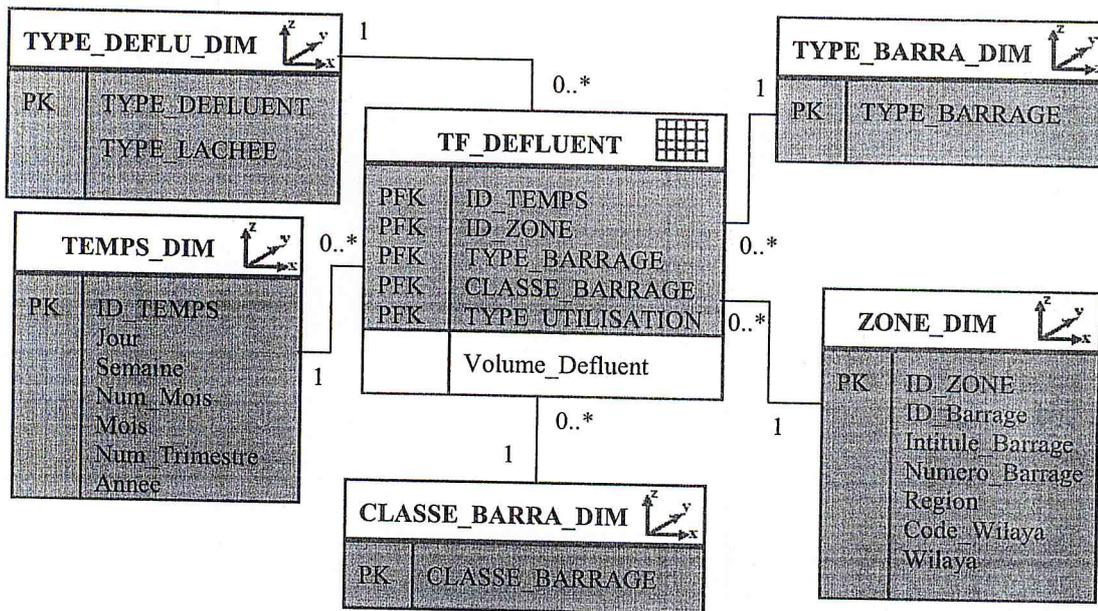


Diagramme 8.9 : Schéma Logique Défluent (Eau sortante du barrage)

1.2.10. Schéma en étoile Pertes :

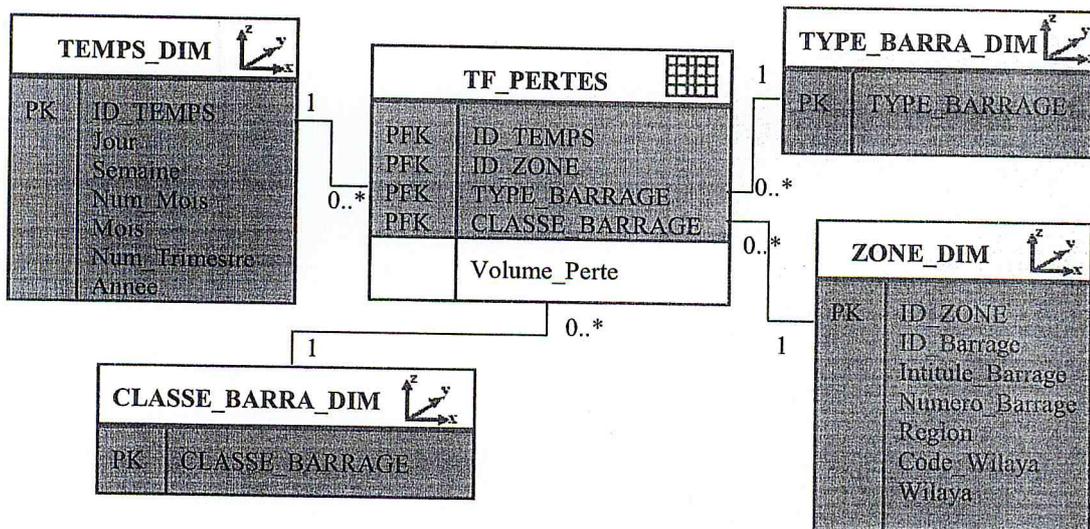


Diagramme 8.10 : Schéma Logique Pertes

1.2.11. Situation Physique :

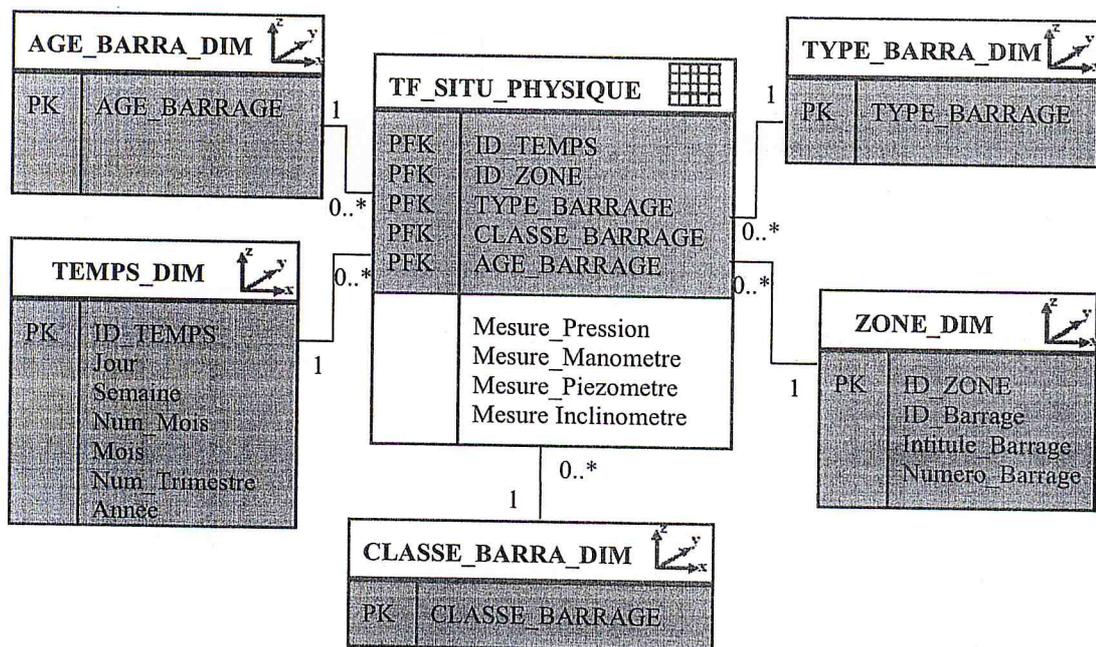


Diagramme 8.11 : Schéma Logique Situation Physique

## 2. Modélisation du processus ETL du Data warehouse :

	Source	Integration	Data Warehouse	Customization	Client
Conceptual	SCS	DM	DWCS	DM	CCS
Logical	SLS	ETL Process	DWLS	Exporting Process	CLS
Physical	SPS	Transportation Diagram	DWPS	Transportation Diagram	CPS

### 2.1. Introduction :

Les processus ETL sont responsables de l'extraction des données à partir des sources de données hétérogènes, leur transformation (conversion, nettoyage, normalisation, etc.) et leur chargement dans le DW. Ce sont un composant clé du DW, parce qu'une donnée incorrecte ou incomplète va produire des décisions fausses, et pour cela, une conception correcte de ces processus est absolument nécessaire pour produire une qualité de données.

Dans cette partie, nous allons conceptualiser le processus ETL.

### 2.2. Processus ETL :

Dans un processus ETL, la donnée extraite à partir d'un système source passe à travers une séquence de transformation avant d'être chargée dans un DW. Des transformations complexes sont généralement implémentées dans des programmes procéduraux, à l'extérieur de la base de données (dans C, Java, Pascal, etc.) ou à l'intérieur de la base de données (en utilisant n'importe quel 4GL). La conception d'un processus ETL est usuellement composée de six tâches :

1. Sélectionner les sources pour l'extraction : les sources de données à utiliser dans le processus ETL sont définies.
2. Transformer les sources : une fois les données extraites à partir des sources de données, elles peuvent être transformées ou de nouvelles données peuvent en

être dérivées. Parmi les tâches courantes de cette étape : filtrage des données, conversion de codes, calcul des valeurs dérivées, transformation entre différents formats de données, etc.

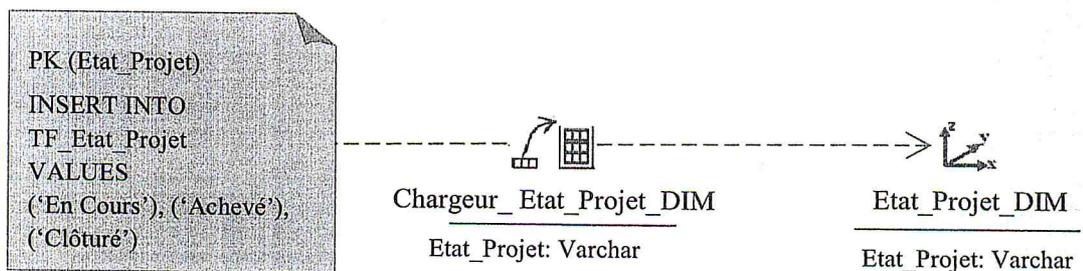
3. Joindre les sources : différentes sources peuvent être jointes pour charger ensemble la donnée en une unique cible.
4. Sélectionner la cible à charger.
5. Mappage des attributs sources aux attributs cibles.
6. Charger la donnée : la cible est peuplée avec les données transformées à partir des sources. [14]

### 2.3. Modélisation du processus ETL :

#### 2.3.1. Processus ETL pour le chargement des Dimensions :

Nous allons modéliser à ce niveau le processus ETL pour le chargement des données dans les tables de dimension du DW à partir des sources de données candidates.

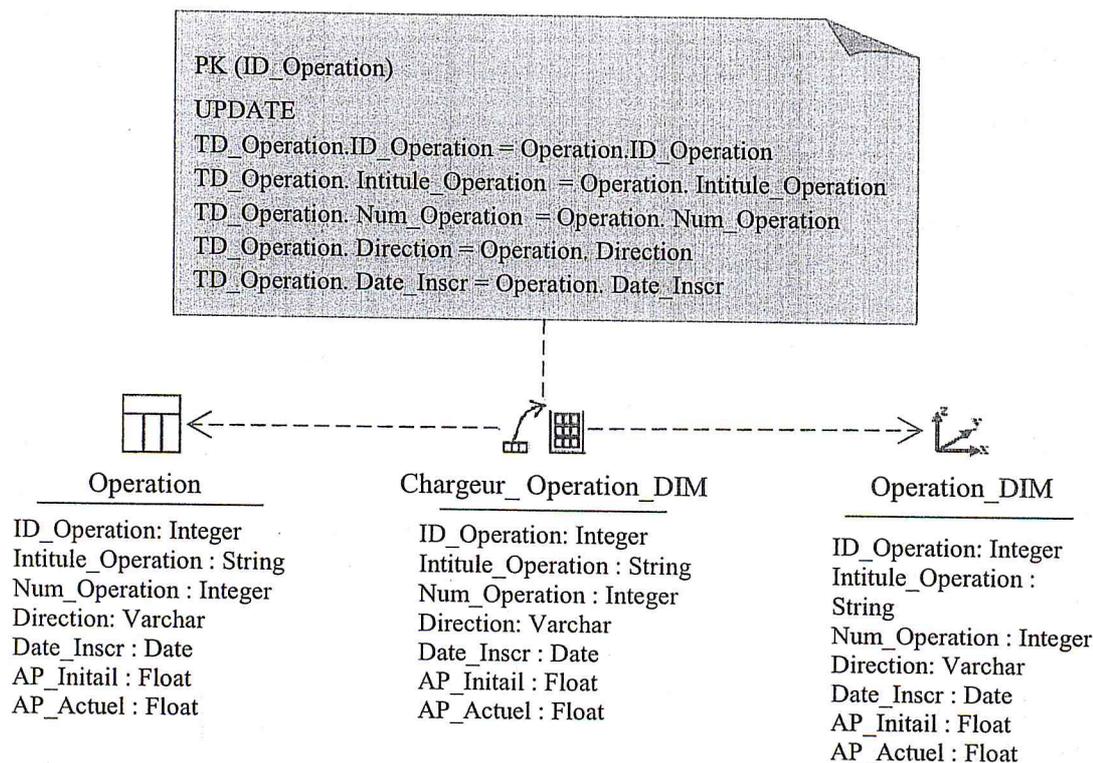
Nous illustrons dans ce qui suit, quelques modèles du processus ETL pour certaines dimensions de notre système ANBT\_DW au moyen du profile UML.



**Figure 8.2** : Processus ETL de la Dimension Etat Projet

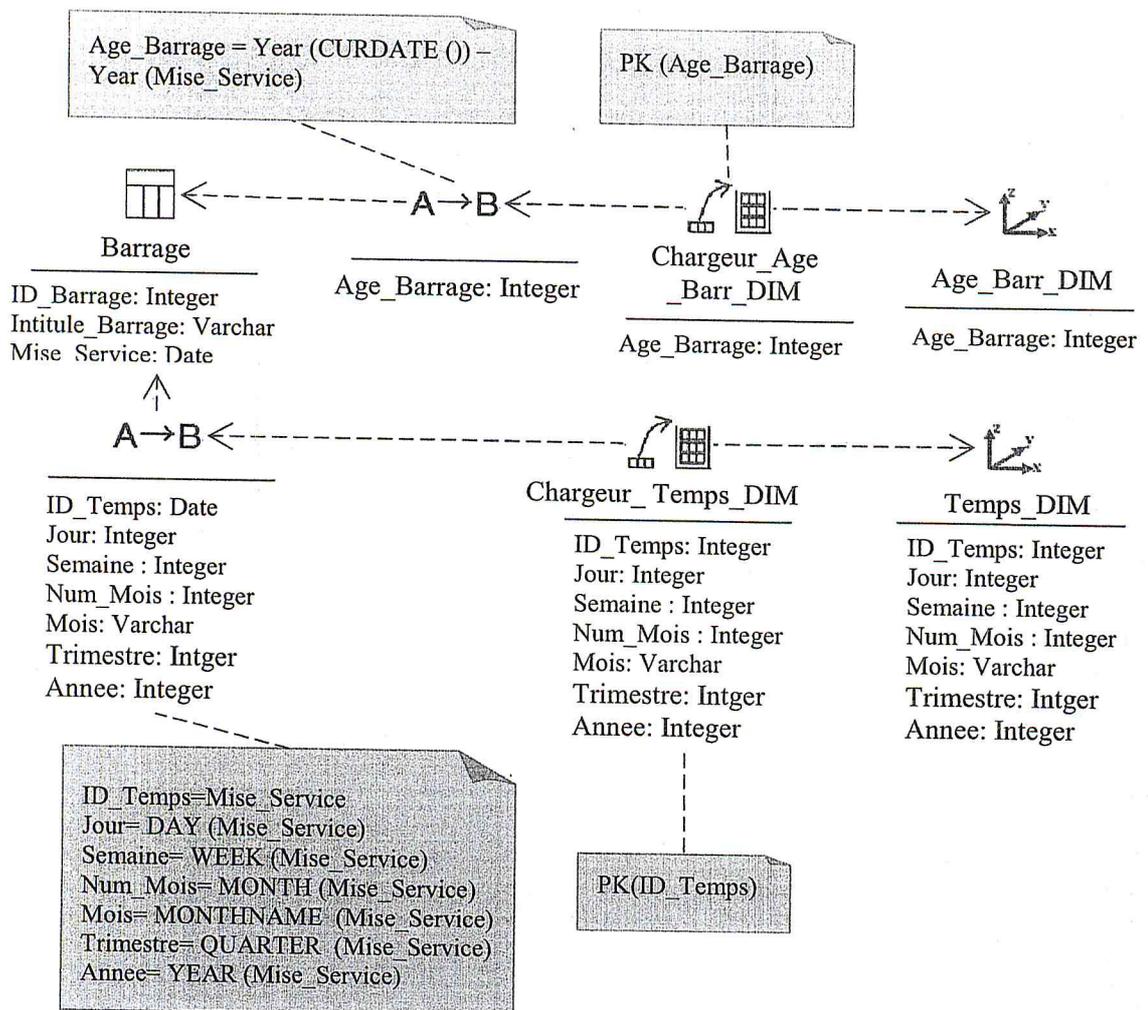
La Figure 9.2 représente le processus de chargement de la table de dimension *TD\_Etat\_Projet*, ce mécanisme est schématisé par le stéréotype *Chargeur*. L'étiquette représente les données qui vont être alimentées à la table grâce à ce dernier. Dans le cas de la dimension *TD\_Etat\_Projet*, nous avons inséré des données

directement (insertion des valeurs) et non pas des sources, vu qu'elles n'existent pas de façon explicite dans une source.



**Figure 8.3 :** Processus ETL de la table de dimension Opération

La Figure 9.3 représente le processus ETL responsable de l'alimentation de la table de dimension *Operation*. Dans ce cas, nous avons alimenté la table directement à partir d'une table de source de données sans effectuer des transformations, vu que l'information ne nécessitait pas des changements. L'étiquette montre les données que nous avons chargé grâce au *Chargeur*, elle spécifie également les détails de clé primaire et les colonnes importées de la source.



**Figure 8.4 :** Processus ETL des deux dimensions Age Barrage et Temps.

La Figure 9.4 présente le processus ETL pour l'alimentation des deux dimensions *Age\_Barrage* et *Temps*. Ce dernier est un peu plus compliqué que les deux cas de figure représentés plus haut, car nous avons utilisé d'autres mécanismes ETL, parmi eux la transformation, qui est schématisée par un stéréotype spécifique ( $A \rightarrow B$ ), nous l'avons employé une fois pour calcul de *Age\_Barrage*, et une deuxième fois pour une transformation pour la table *Temps* avec des fonctions de date.

Les étiquettes sont employées toujours pour montrer les transformations des données.

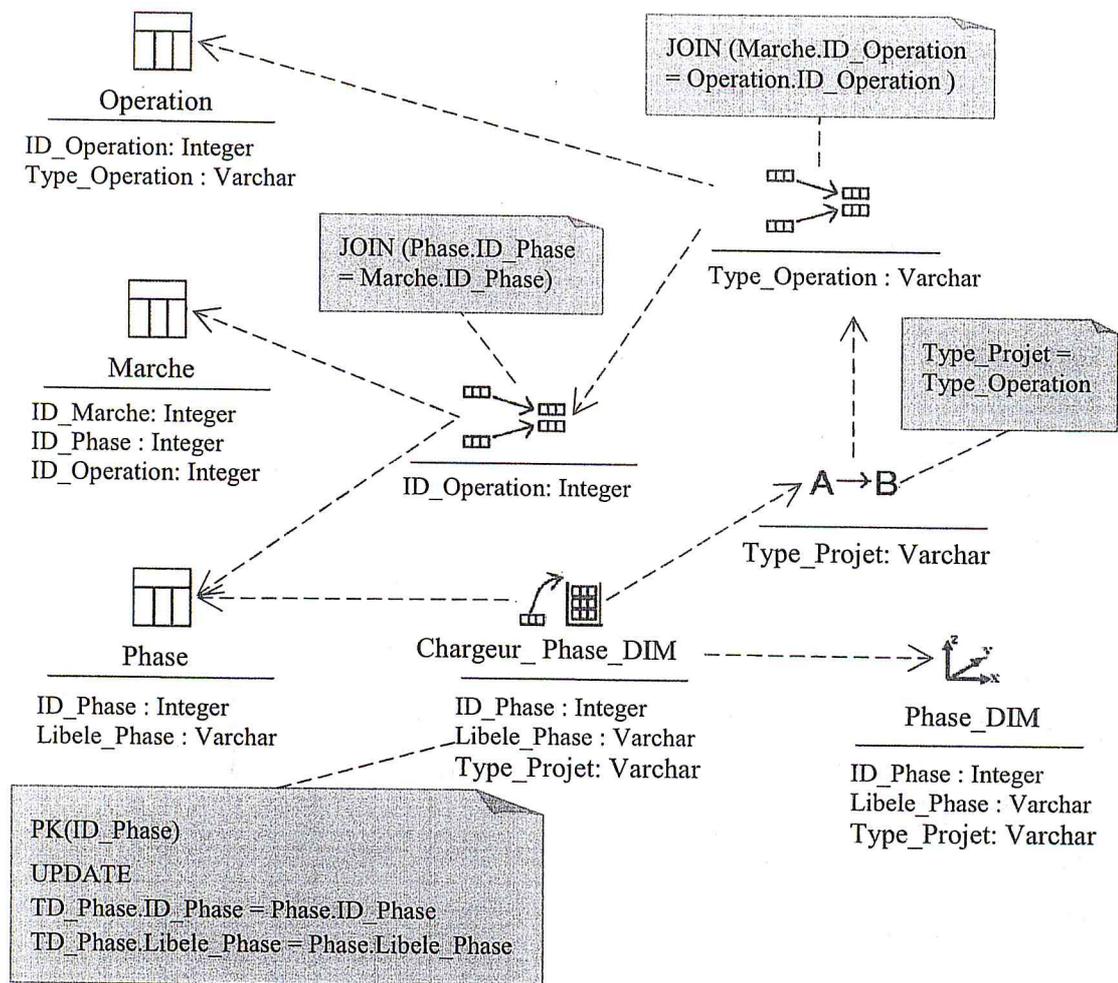
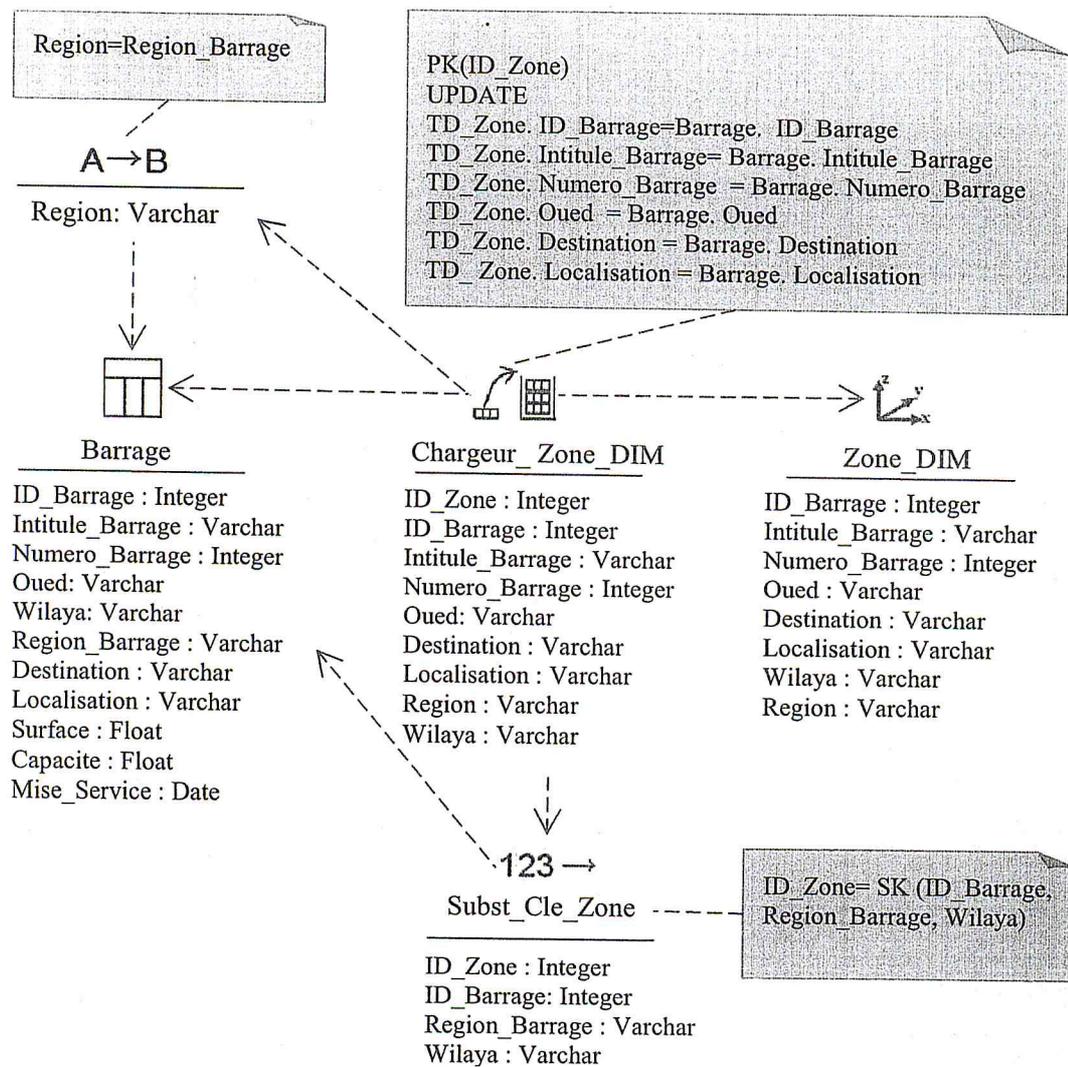


Figure 8.5 : Processus ETL de la Dimension Phase

La Figure 9.5 représente un cas où trois sources de données sont jointes par le mécanisme ETL de jointure, vu que ce dernier ne peut faire joindre que deux tables à la fois, nous avons fait une jointure de *Phase* et *Marché* puis entre la jointure de ces derniers et *Operation*, et cela pour extraire le *Type\_Projet* après avoir transformé *Type\_Operation* en *Type\_Projet*, avec le mécanisme spécifique, nous l'avons chargé dans la table de dimension *TD\_Phase* avec les autres colonnes alimentées directement de la source *Phase*.



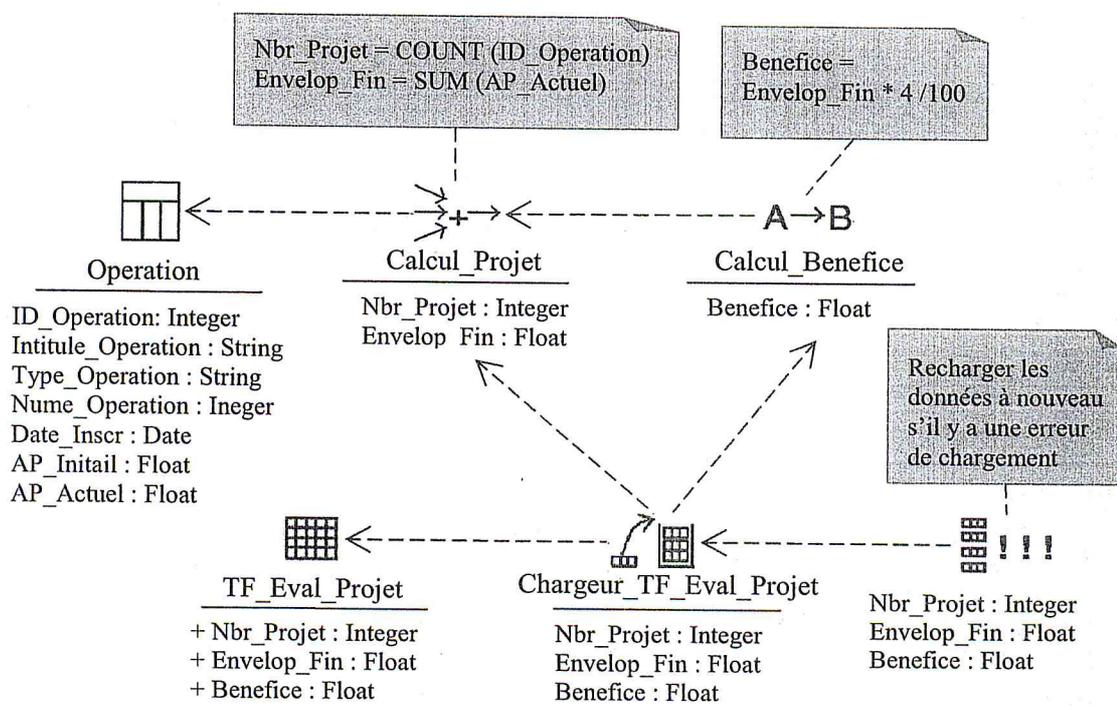
**Figure 8.6 : Processus ETL de la dimension Zone**

La Figure 9.6 présente le processus ETL pour l'alimentation de la table de dimension « Zone\_Dim » ; nous avons utilisé dans ce cas, trois mécanismes : un chargement direct depuis la table source « Barrage », un mappage pour la colonne « Region\_Barrage », et un nouveau mécanisme, qui est le générateur de clé de substitution pour la dimension « Zone\_Dim ». Enfin, le tout est chargé dans la table de dimension grâce au mécanisme ETL le chargeur.

**2.3.2. Processus ETL pour le chargement des Faits :**

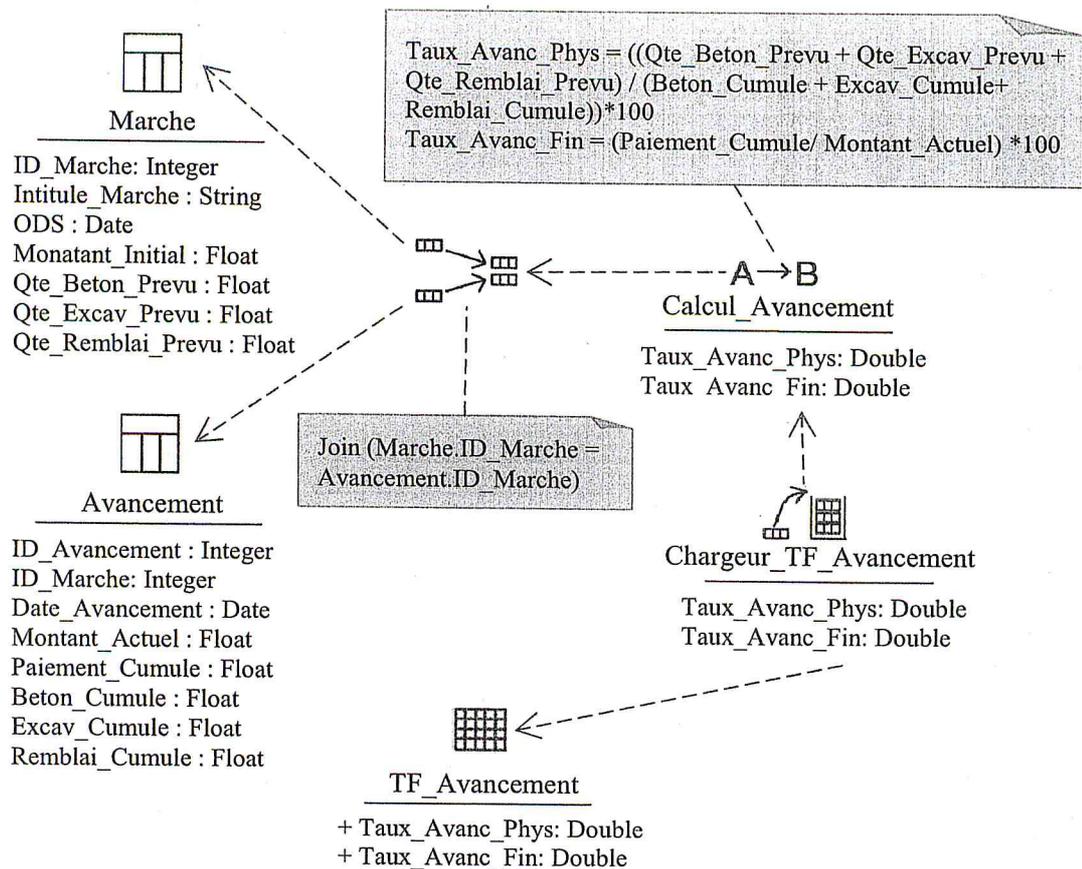
Nous allons modéliser à ce niveau le processus ETL pour le chargement des données dans les tables de Fait du DW à partir des sources de données opérationnelles.

Nous illustrons dans ce qui suit, les modèles du processus ETL de notre système DW en utilisant le profile UML pour la conception du processus ETL. Les tables de Fait présentent une charge supérieure à celle des dimensions puisque les données nécessitent des opérations d'agrégation, de transformation, etc. avant d'être chargées dans les tables de Fait.



**Figure 8.7 :** Processus ETL de la Table de Fait Evaluation des Projets

La Figure 9.7 représente les calculs et agrégations nécessaires que nous avons établi pour l'alimentation des mesures de la table de faits « Evaluation\_Projet ». Le nouveau mécanisme que nous avons employé dans cette étape est l'agrégation, pour le calcul de nombre de projets et pour la somme.



**Figure 8.8 :** Processus ETL de la Table de Fait Avancement Projet

La Figure 9.8 représente les transformations abouties pour le calcul des mesures de la table de fait « Avancement Projet ». Nous avons procédé dans ce processus de la manière suivante : une jointure des deux tables de sources de données « Marché » et « Avancement », puis un calcul des deux taux d'avancement physique et financier avec le mécanisme ETL correspondant, et enfin le chargement de ces deux mesures dans la table de fait « Avancement projet ».

Il faut noter que, pour toute table de fait, avant le calcul et le chargement des mesures, nous procédons à des jointures des dimensions reliées à la table de fait, qui doivent être chargées en premier lieu, avec les sources de données qui participent au calcul des mesures, puis le chargement des clés primaires des dimensions dans l'ordre dans la table de fait sinon ça ne marche pas correctement.

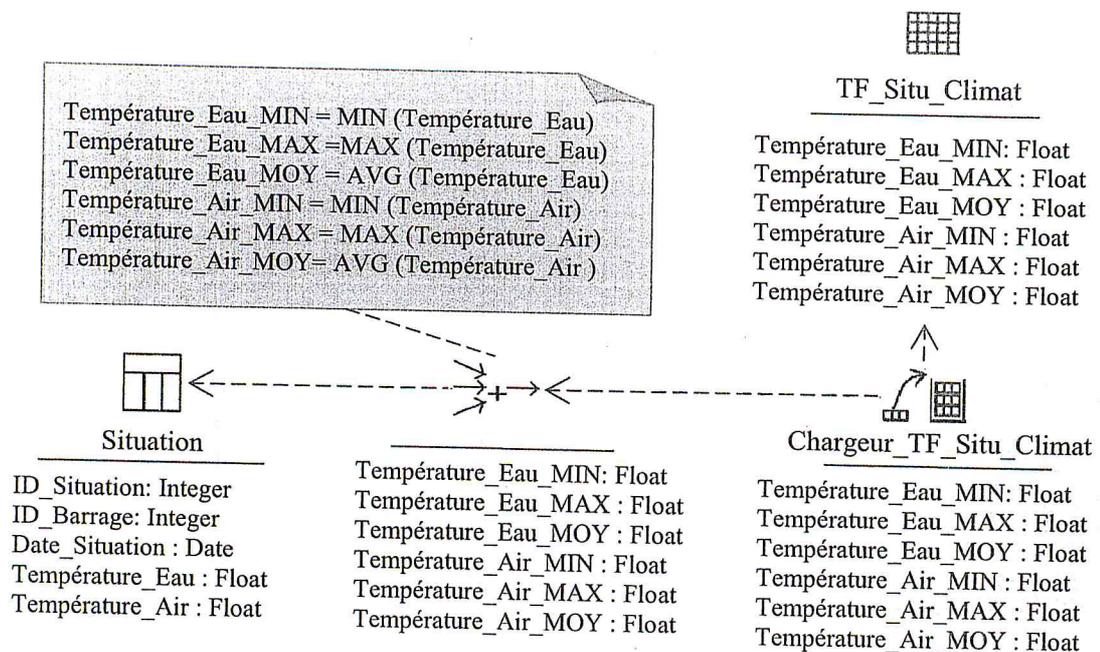


Figure 8.9 : Processus ETL de la Table de Fait Situation Climatique

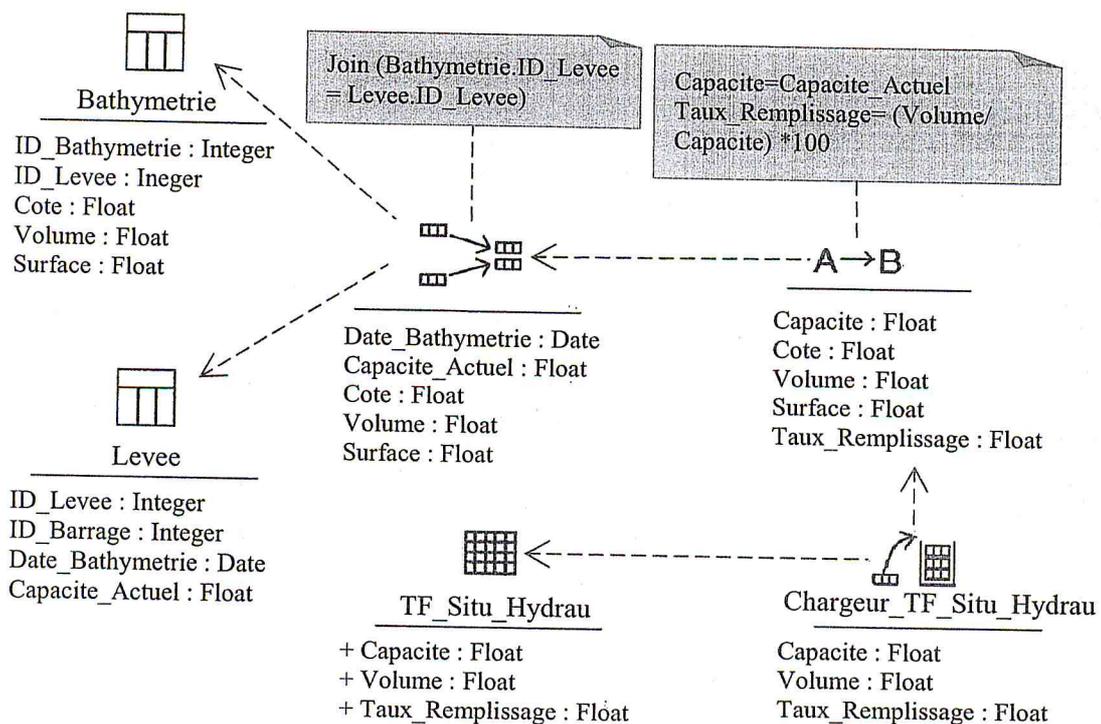


Figure 8.10 : Processus ETL de la Table de Fait Situation Hydraulique

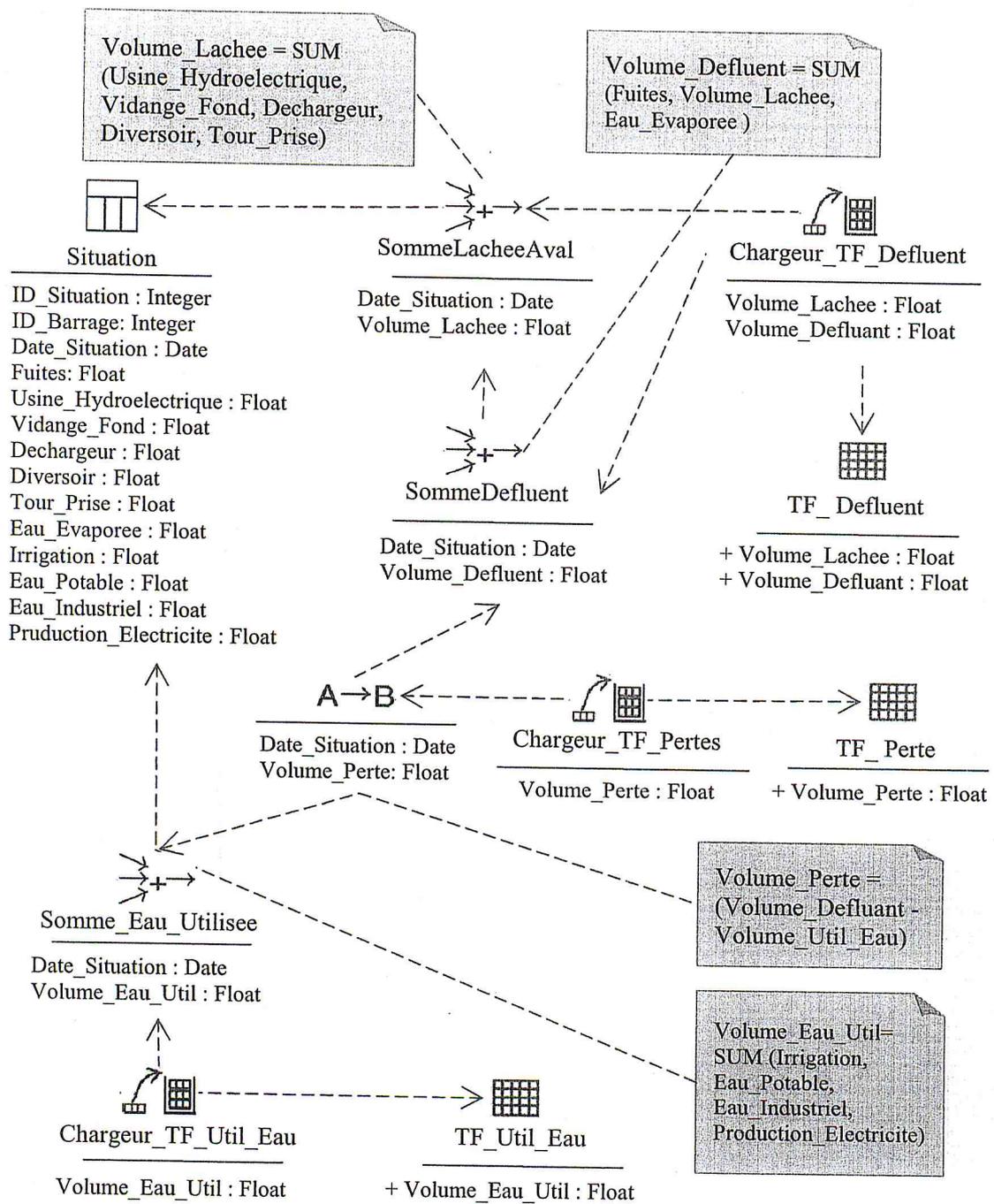


Figure 8.11 : Processus ETL des Tables de Faits Utilisation de l'eau, le Défluent et les Pertes

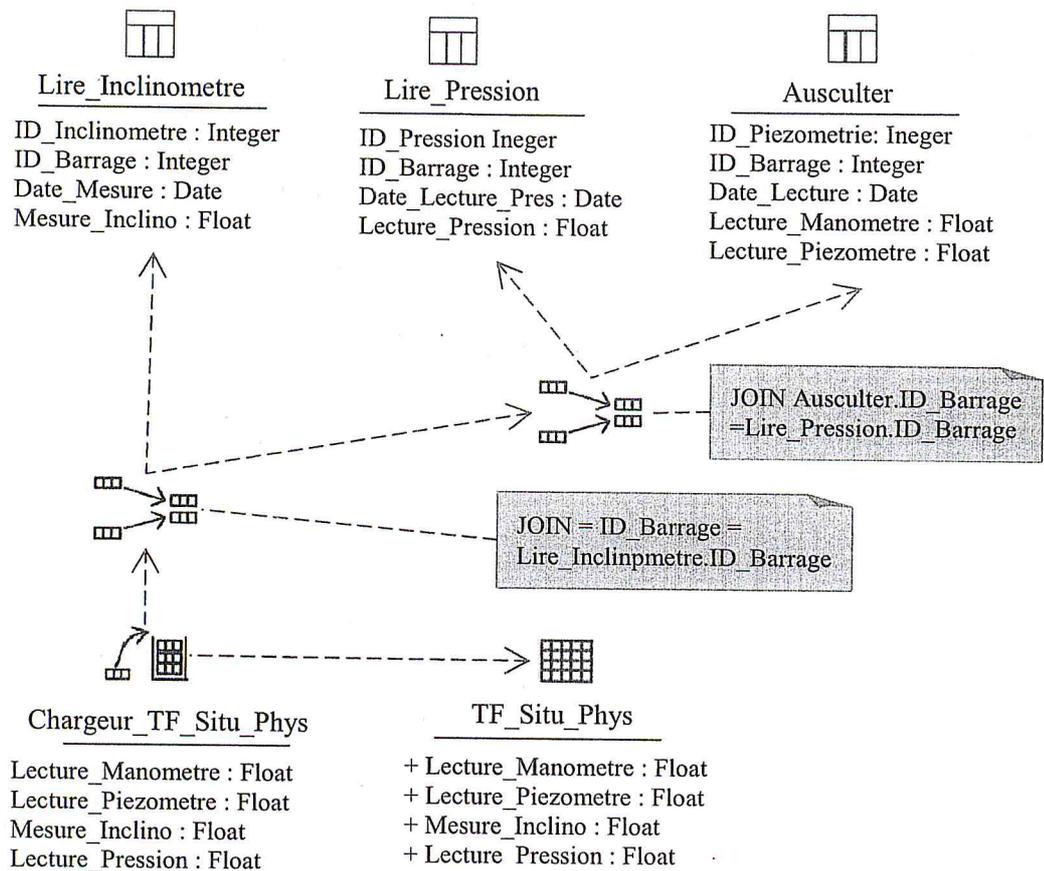


Figure 8.12 : Processus ETL de la Table de Fait Situation Physique

#### 2.4. Conclusion :

Dans cette partie, nous avons modélisé les tâches les plus courantes du processus ETL vu qu'il représente une phase importante de la conception de DW. Grâce à l'approche UML, nous avons pu spécifier les différents aspects de l'architecture du DW, de cette façon, il est plus facile de détecter les inconsistances entre les différents schémas.

De plus cette modélisation, nous a permis de toucher de près le côté implémentation, bien avant d'arriver à la mise en œuvre, et d'estimer la faisabilité du développement.

### 3. Conception physique du Data warehouse :

	Source	Integration	Data Warehouse	Customization	Client
Conceptual	SCS	DM	DWCS	DM	CCS
Logical	SLS	ETL Process	DWLS	Exporting Process	CLS
Physical	SPS	Transportation Diagram	DWPS	Transportation Diagram	CPS

#### 3.1. Introduction :

Durant les dernières années, peu d'efforts ont été consacré à la modélisation physique d'un DW, malheureusement, la majorité des efforts de recherche dans la conception et la modélisation du DW ont été concentrés sur le développement des modèles de données MD, proportionnellement la conception physique est très médiocre. Cependant, une conception physique est d'une importance considérable, et influence la performance du DW et la maintenance ultérieure. [14]

Dans cette partie, nous allons nous intéresser à la conception physique de notre DW, en utilisant les diagrammes de composant et de déploiement d'UML.

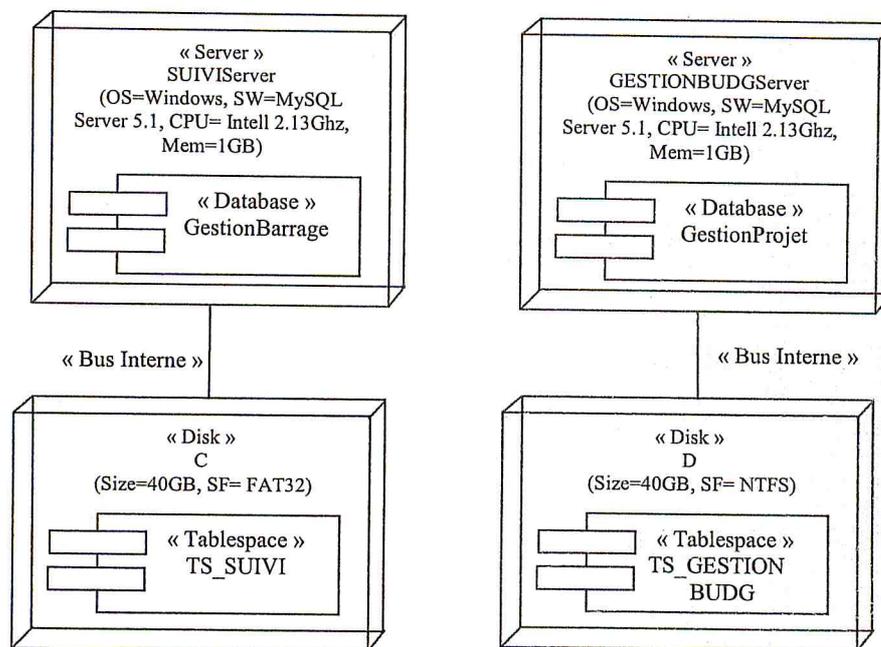
La conception physique du DW comprend cinq diagrammes:

- Schéma Physique des Sources de données
- Diagramme de Transportation et d'Intégration
- Schéma Physique du Data Warehouse
- Schéma Physique Client
- Diagramme de Transportation Client

### 3.2. Schéma physique des sources de données (SPS):

Le SPS (Source Physical Schema) décrit l'origine des données du DW d'un point de vue physique, nous utilisons, à ce niveau, le profile UML pour les bases de données (Profile classique).

Nous allons illustrer le diagramme de déploiement des sources de données pour les deux bases de données « SUIVI » (Gestion des barrages) et « GESTIONBUDG » (Gestion des projets).



**Diagramme 8.12 :** Schéma physique des sources de données : Diagramme de déploiement

### 3.3. Schéma Physique du Data Warehouse (DWPS) :

Le DWPS (Data Warehouse Physical Schema) montre les aspects physiques de l'implémentation du DW.

Ce diagramme est divisé en deux parties : diagrammes de composant et de déploiement. Dans le premier diagramme, nous montrons la configuration des structures logiques utilisées pour stocker le DW.

Dans le second diagramme, le diagramme de déploiement, nous allons spécifier les différents aspects relatifs à la configuration matérielle et logicielle. Nous représentons également la distribution physique des structures logiques précédemment définies.

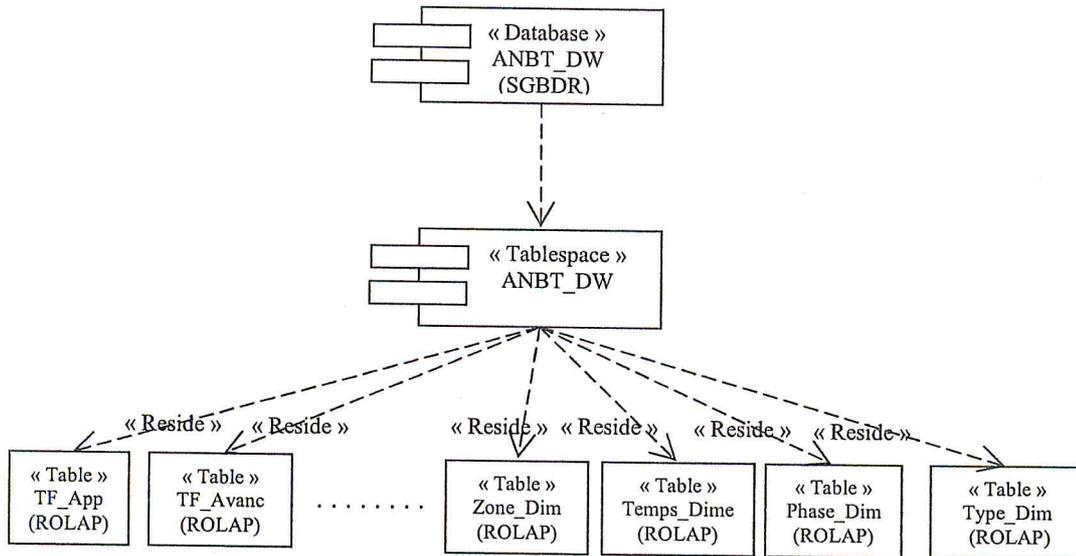


Diagramme 8.13 : Schéma physique de Data Warehouse : Diagramme de composant

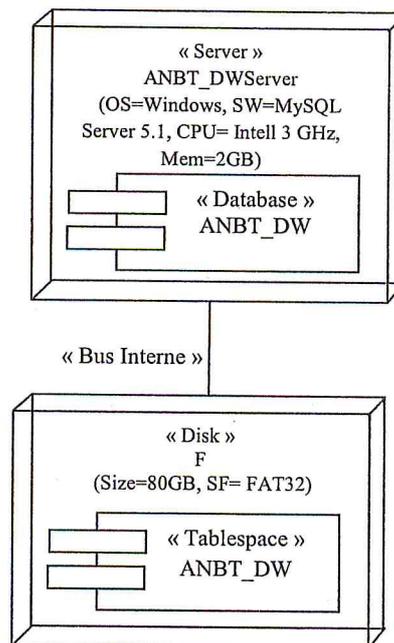


Diagramme 8.14 : Schéma physique de Data Warehouse : Diagramme de déploiement

### 3.4. Diagramme d'Intégration et de Transportation (ITD):

L'ITD (*Integration Transportation Diagram*) définit la structure physique du processus ETL utilisé dans le chargement des données dans le DW à partir des sources de données. Les sources de données sont représentées au moyen du SPS, d'un côté, et le DW est représenté au moyen du DWPS, d'un autre côté. Puisque ces deux diagrammes ont été définis précédemment, nous n'avons pas à les redéfinir de nouveau, mais ils sont importés.

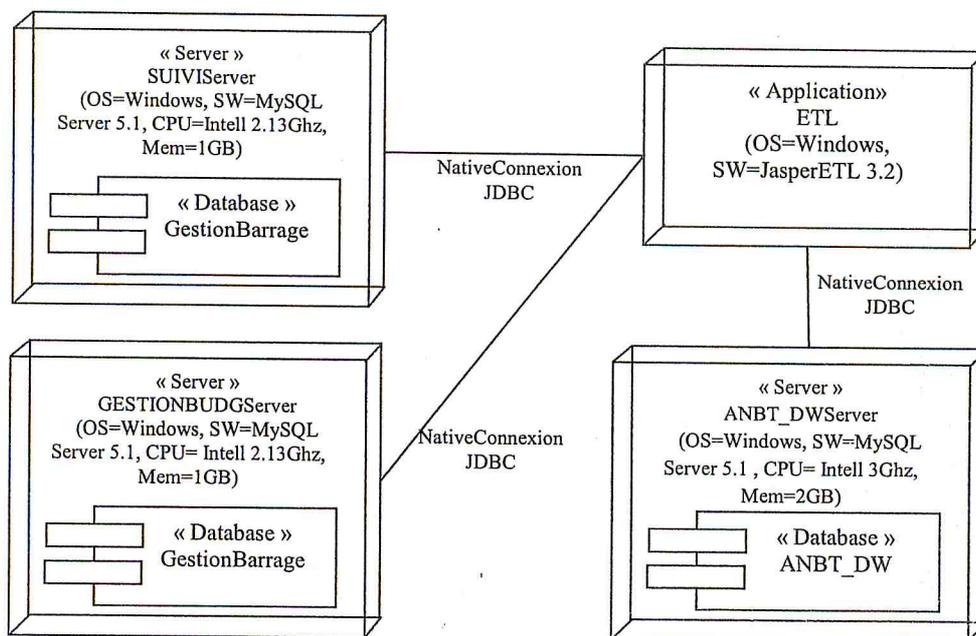
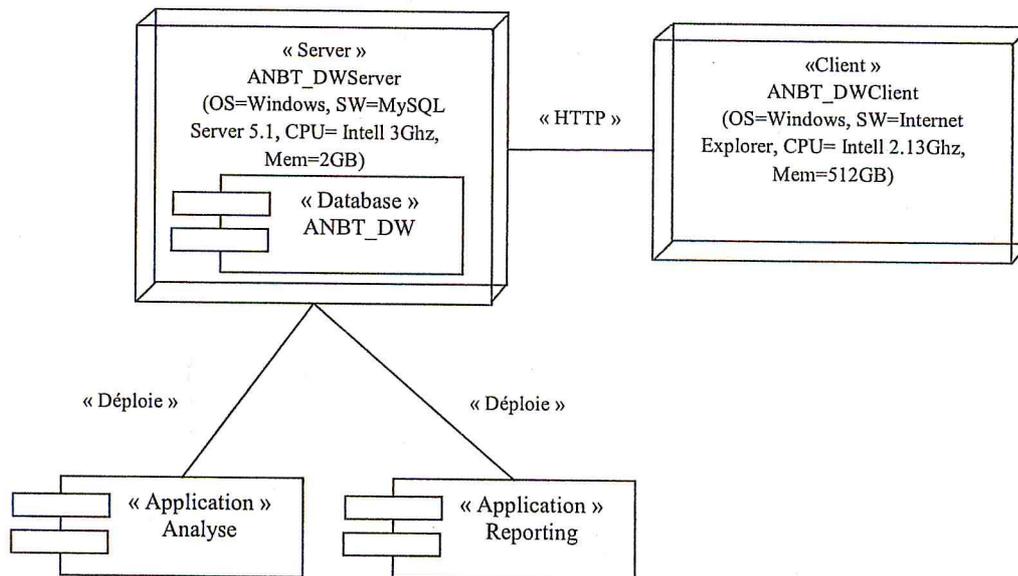


Diagramme 8.15 : Diagramme d'Intégration et de Transportation : Diagramme de déploiement

### 3.5. Diagramme de Transportation Client (CTD) :

Le CTD (Customization Transportation Diagram) définit le processus d'exportation à partir du DW aux structures spécifiques utilisées par le client. Nous avons utilisé à ce stade le diagramme de déploiement pour illustrer la façon d'accès au DW par le client.



**Diagramme 8.16 :** Diagramme de Transportation Client: Diagramme de déploiement

### 3.6. Conclusion :

Dans cette partie, nous avons modélisé le côté conception physique de notre DW, et cela en spécifiant différents schémas et diagrammes qui définissent non seulement l'architecture physique du DW, mais aussi celle des sources de données, de l'ETL, et du client, et cela au biais d'une adaptation des diagrammes de composant et de déploiement d'UML pour la modélisation de la conception physique du DW.

Partie 3:

## Mise en œuvre

■ ■ ■ Dans cette partie :

Chapitre 9:

Environnement et outils de développement ..... 163

Chapitre 10:

Démonstration du système..... 175

**Chapitre 9:**

**Environnement et outils de développement**

**■ ■ ■ Dans ce chapitre :**

**1 Architecture de développement..... 163**

**2 Environnement logiciel..... 164**

**3 Implémentation..... 167**

**4 Conclusion..... 174**

## Introduction :

La dernière phase de ce travail est la mise en œuvre du logiciel. Pour cela nous avons opté pour une architecture spécifique et utilisé différents outils de développement de notre système logiciel.

Nous allons présenter dans ce chapitre l'architecture logicielle ainsi que les outils décisionnels utilisés.

## 1. Architecture de développement :

### 1.1. Définition de l'architecture choisie :

Notre application est destinée à être utilisée comme application Client/Serveur, c-à-d, une application faisant appel à des services distants au travers d'un échange de messages (les requêtes et les réponses) plutôt que par un partage de données (mémoire ou fichiers), vu la situation où les données sont éparpillées sur différents systèmes de base de données, la solution ne peut pas être centralisée.

Dans notre cas, nous avons opté pour l'architecture trois tiers.

### 1.2. Caractéristiques de l'architecture trois tiers (*trois niveaux*):

L'architecture à trois niveaux est composée de trois éléments :

- **Le client** : demandeur de ressources, programme qui émet des requêtes (ou demandes de service). Il est toujours l'initiateur du dialogue.
- **Le serveur d'application** : c'est l'élément intermédiaire, il est chargé de fournir les ressources mais faisant appel à un autre serveur.
- **Le serveur secondaire** : généralement un serveur de base de données offrant un service au premier serveur.



Figure 9.1 : Architecture client/serveur trois tiers

## 2. Environnement logiciel :

La mise en œuvre de notre application a nécessité pas mal de produits logiciels spécifiques au développement décisionnel. Nous allons présenter dans ce qui suit l'environnement de développement ainsi que les différents outils utilisés par notre système.

### 2.1. Configuration logicielle :

#### 1) Serveur :

*Système d'exploitation* : MS Windows Server 2003 R2 SP2.

*Gestionnaire de base de données* : MySQL Server 5.1

#### 2) Client :

*Système d'exploitation* : MS Windows XP SP1 et SP2.

### 2.2. Présentation de MySQL Server :

MySQL est un serveur de bases de données relationnelles SQL développé dans un souci de performances élevées en lecture. Il est multithread et multiutilisateur. C'est un logiciel libre développé sous double licence en fonction de l'utilisation qui en est faite : dans un produit libre ou dans un produit propriétaire. [32]

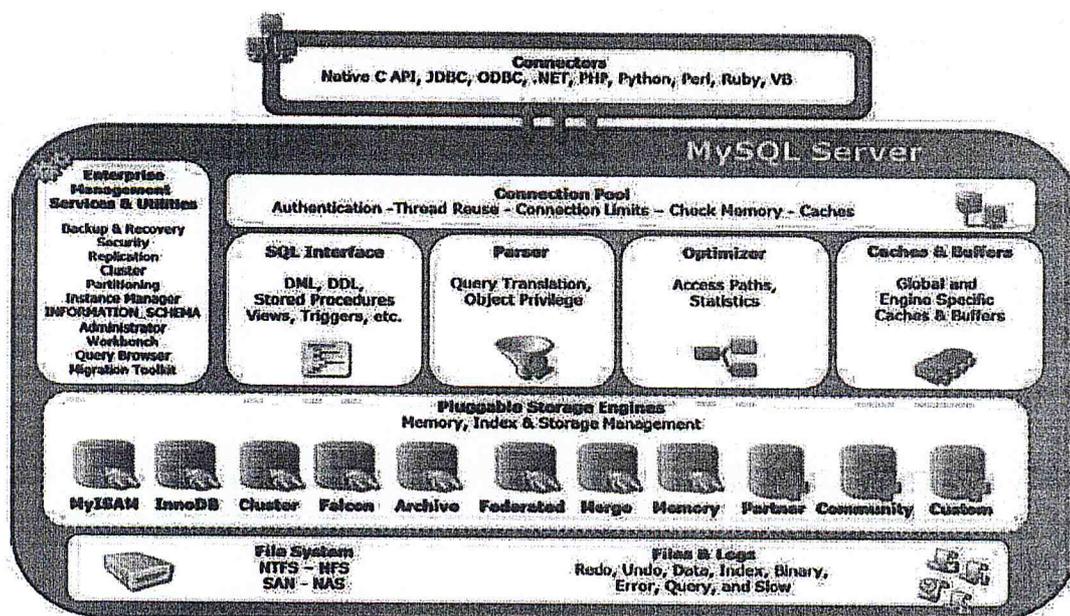


Figure 9.2 : Architecture de MySQL Server [34]

MySQL est le leader des solutions open source de bases de données utilisé aujourd'hui pour les applications online des entreprises, et pour les applications de Business Intelligence. [33]

Nous avons adopté l'une de ses dernières versions MySQL Server 5.1 (2005), vu les avantages qu'il offre pour le domaine décisionnel et sa compatibilité avec une large gamme des solutions décisionnelles (Figure 10.3).

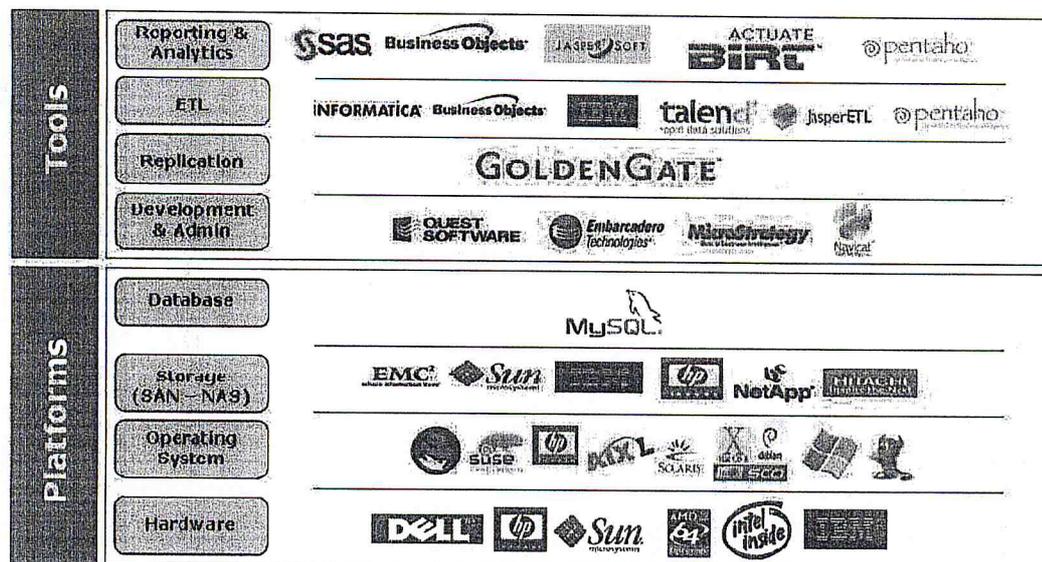


Figure 9.3 : Partenaires de MySQL Data warehousing/Business Intelligence [34]

### 2.3. Présentation de JasperETL (Talend) :

JasperETL est un outil open source puissant, intuitif et flexible pour ETL (extraction, transformation et chargement des données). Il offre la possibilité de représenter, planifier et exécuter sous forme graphique des transferts et transformations de données pour des projets décisionnels.

Avec JasperETL, les architectes de base de données et les administrateurs de stockage de données opérationnelles peuvent:

- Utiliser le modeleur business pour accéder à une vue non technique du workflow d'information.
- Afficher et modifier le processus ETL avec le Display Job Designer, un outil graphique d'édition.

- Générer du code Perl ou Java qui peut être exécuté en n'importe quelle machine.
- Définir des complexes mappages et transformations avec Transformation Mapper et autres composants de transformation. [35]

#### 2.4. Présentation de la suite JasperSoft :

Créée par Téodor Danciu en 2001, la suite de Business Intelligence est une suite complète pour l'analyse et l'intégration de données, la génération de rapports, la mise en place de serveurs de rapports.

La JasperSoft BI suite se construit de quatre modules:

- JasperETL ;
- JasperReports ;
- JasperAnalysis ;
- JasperServer. [35]

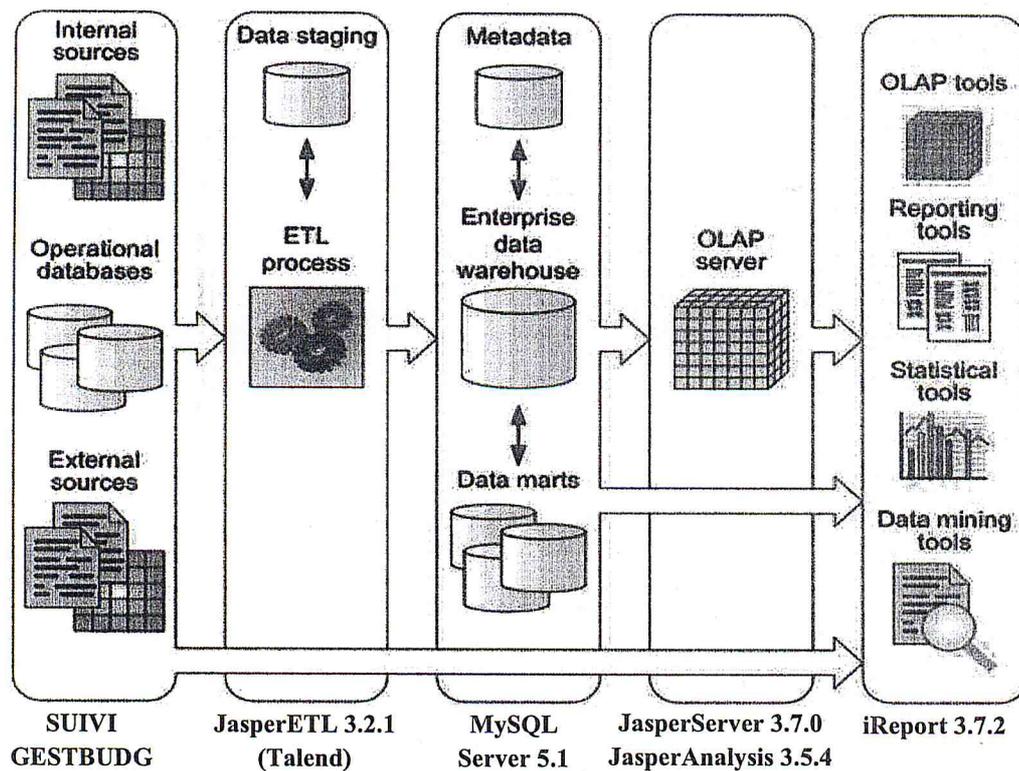


Figure 9.4 : Architecture du futur système décisionnel de l'ANBT

### 3. Implémentation :

#### 3.1. Description de l'utilisation de JasperETL :

Le principe d'utilisation de JasperETL est le suivant :

- Le choix du langage de programmation : il offre un choix de deux langages Java et Perl ;
- La création, ou l'importation d'un projet existant en local ;
- La création, configuration, et enfin exécution des jobs.

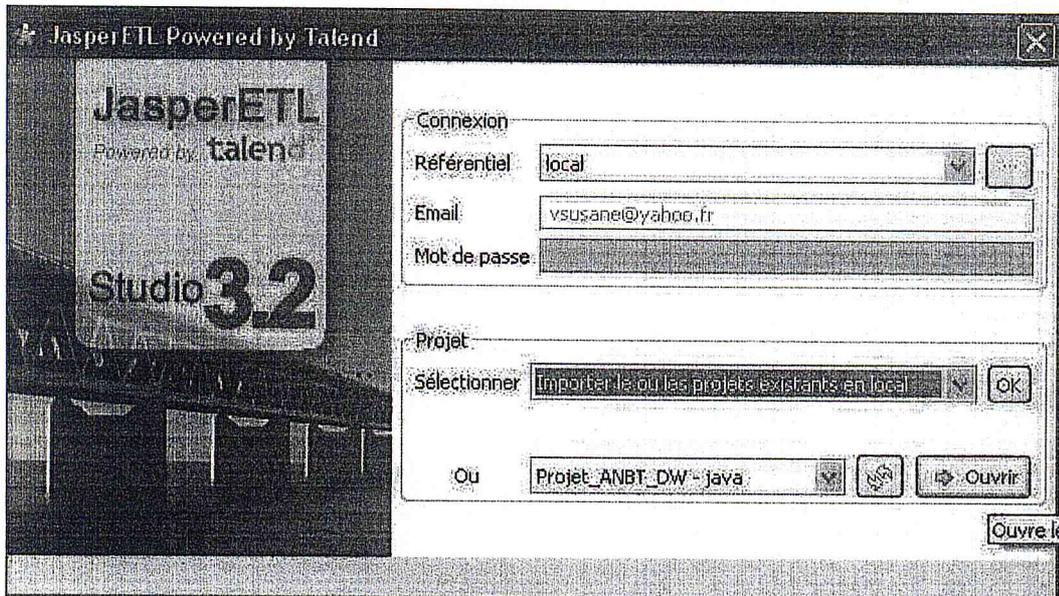


Figure 9.5 : Ouverture du projet ANBT\_DW créé

Nous avons créé un projet ETL pour l'alimentation de notre DW sous le nom de « *Projet\_ANBT\_DW* », nous avons choisi java comme langage de programmation, parce que, contrairement à perl, nous avons des connaissances sur le développement avec java. (Figure 10.5).

L'interface de JasperETL est présentée dans la figure 10.6, ce dernier offre plusieurs options pour son utilisation, on peut distinguer, à gauche, les tâches accomplies grâce à lui: création (modification) d'un job, l'utilisation des requêtes SQL, création des métadonnées, etc. quant à la palette, à droite, regroupe les composants nécessaires à accomplir un job ETL.

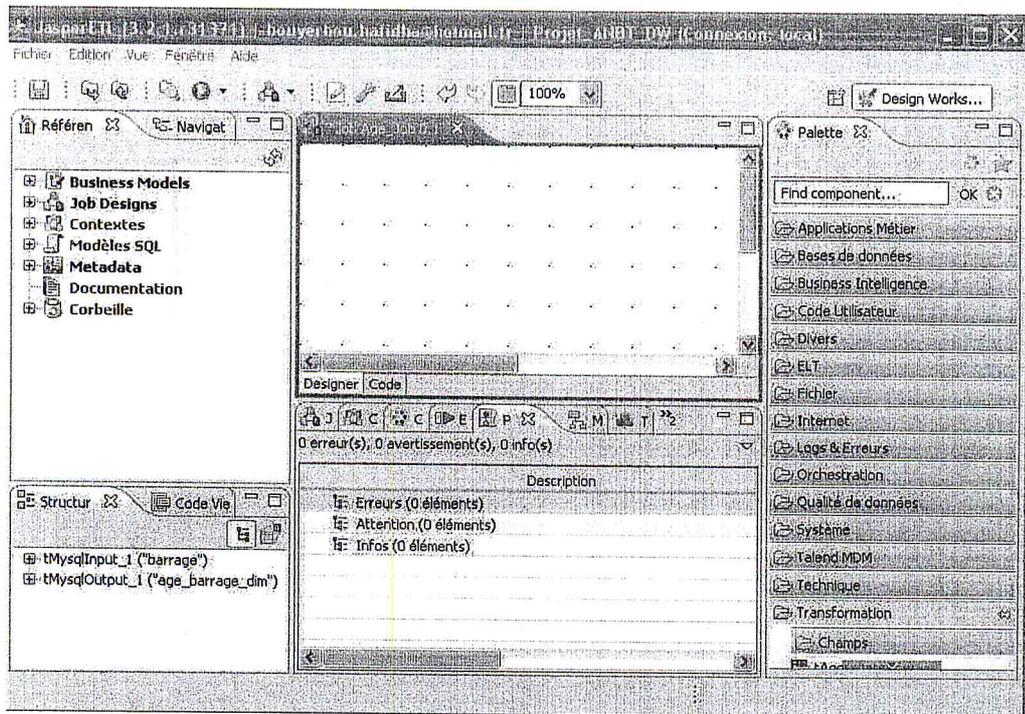


Figure 9.6 : L'interface de JasperETL

Avant de créer un job, nous avons configuré d'abord les briques de ce dernier : les sources de données comme entrée, et le data warehouse comme sortie doivent être appelés, pour cela nous avons établi une connexion avec chacune des bases de données et récupérer son schéma pour faciliter son utilisation. (Figures 10.7 et 10.8)

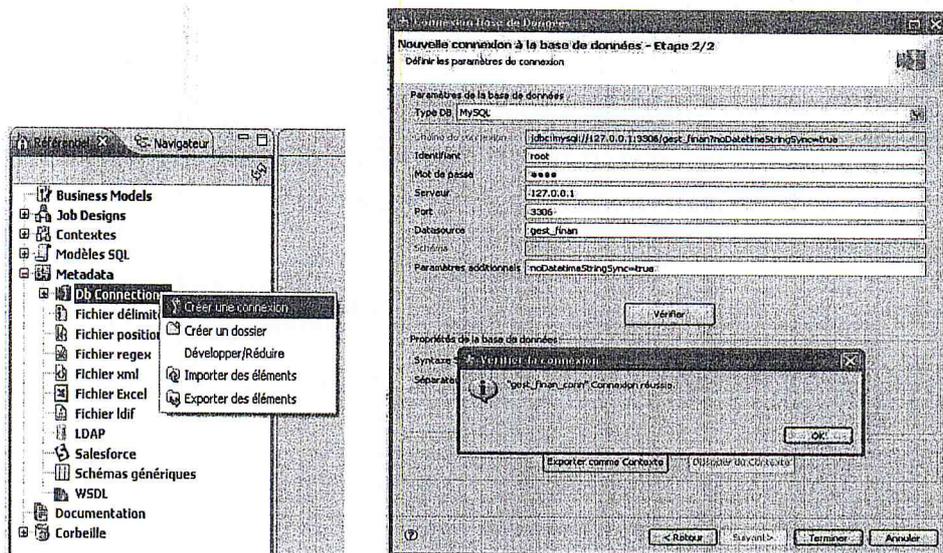


Figure 9.7 : Création d'une connexion avec la base de données

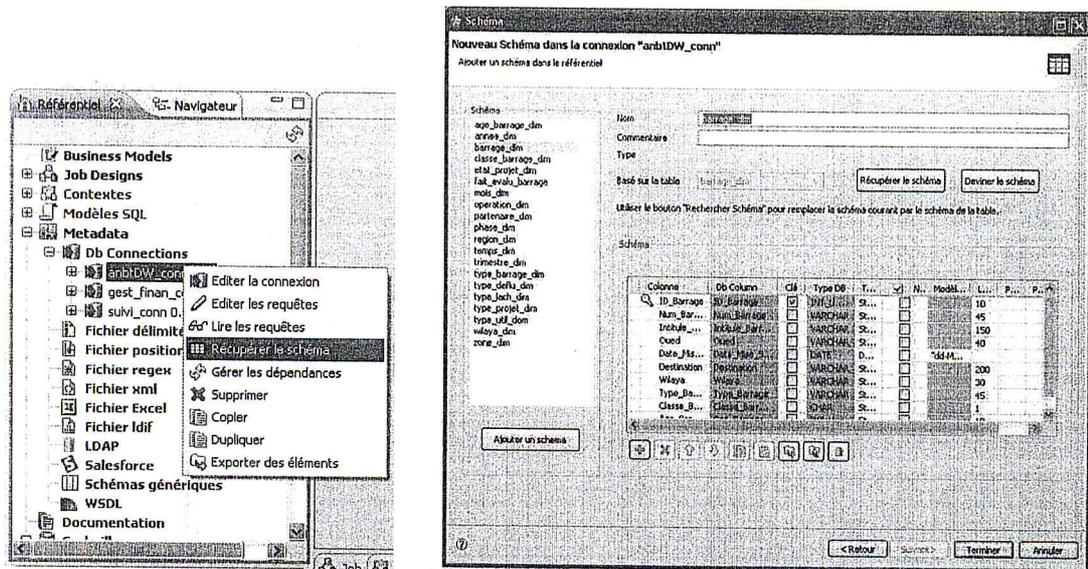


Figure 9.8 : Récupération du schéma de la base de données

Une fois toutes les entrées et sortie préparées, nous pouvons à présent créer les jobs nécessaires à l'accomplissement de notre processus ETL. La figure 10.9 montre un exemple de création et de design d'un job. Les inputs (entrée) et outputs (sortie) du processus sont directement glissés du schéma de la base de données concernée (schéma récupéré dans la phase précédente).

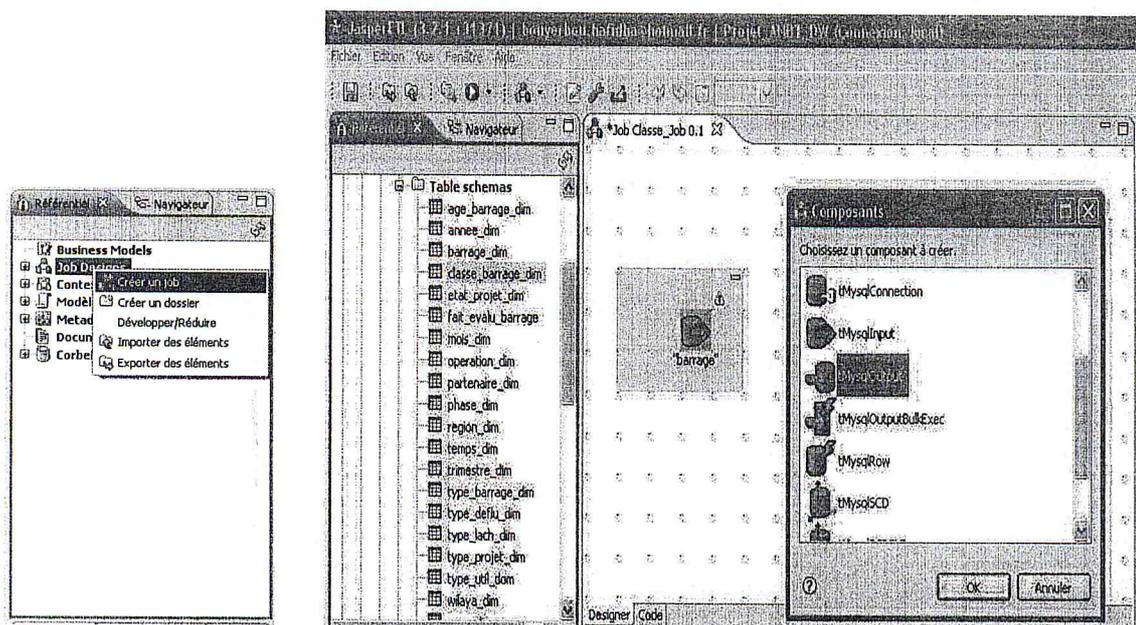


Figure 9.9 : Création et design d'un job

La figure 10.10 illustre un exemple du design d'un job.

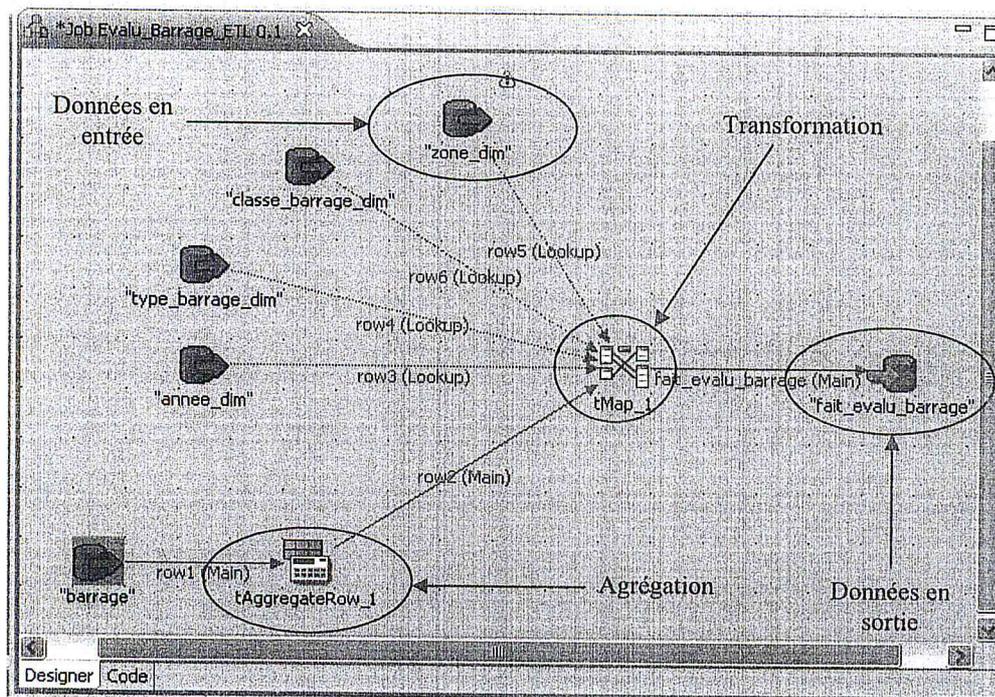


Figure 9.10 : exemple d'un job (Table de Faits évaluation des barrages)

Les jointures doivent être faites entre les différentes tables en entrée puis chargées dans la table de faits (Figure 10.11)

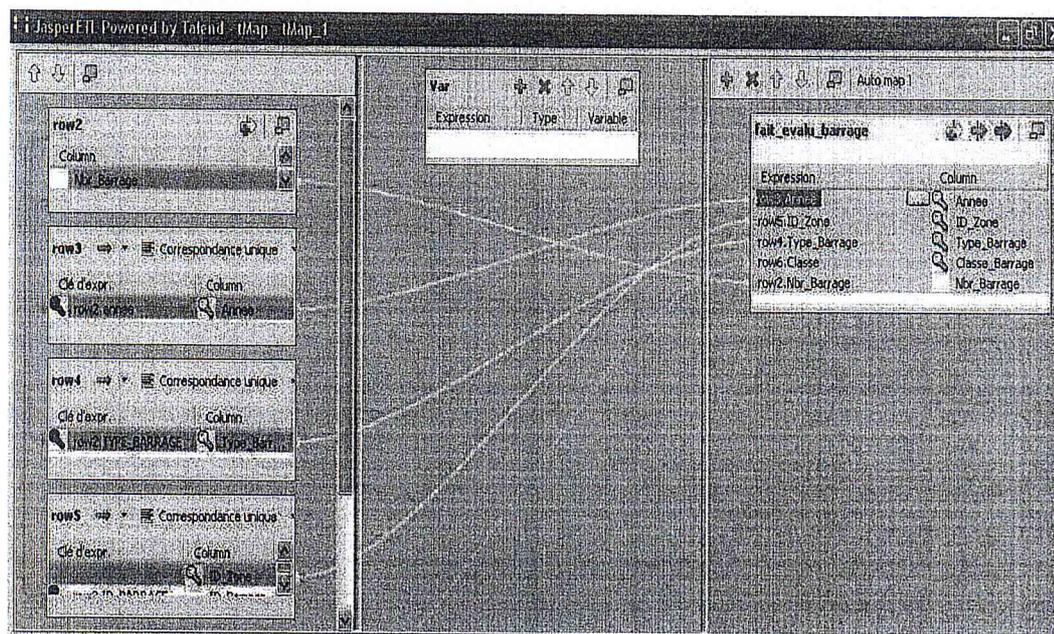


Figure 9.11 : Configuration d'un mappage (TF évaluation des barrages)

### 3.2. Description de l'utilisation de JasperAnalysis :

JasperAnalysis est un produit ROLAP qui permet d'explorer les tendances, modèles, anomalies et les correspondances entre les données, d'une façon complètement autonome. Il inclut un générateur de requêtes MDX, MySQL et Tomcat.

Le principe d'utilisation de JasperAnalysis est le suivant :

- Configuration de la connexion avec la base du data warehouse ;
- Création des schémas OLAP nécessaires.

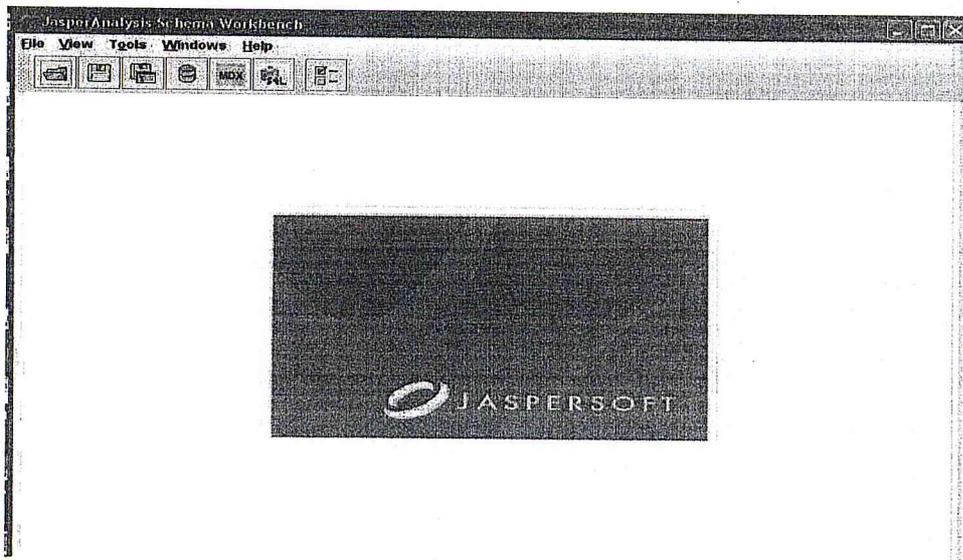


Figure 9.12 : Interface de JasperAnalysis

Avant de créer les cubes OLAP, nous devons établir la connexion avec la base du data warehouse (Figure 10.13).

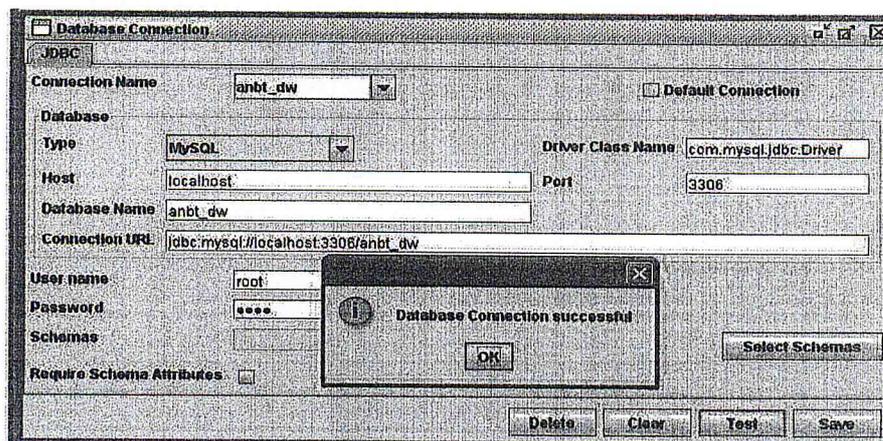


Figure 9.13 : connexion avec l'entrepôt de donnée ANBT\_DW

Une fois la connexion établie, nous pouvons créer les schémas OLAP dont nous avons besoin (Figure 10.14). Les schémas générés sont des fichiers XML qui ont une structure d'hierarchie.

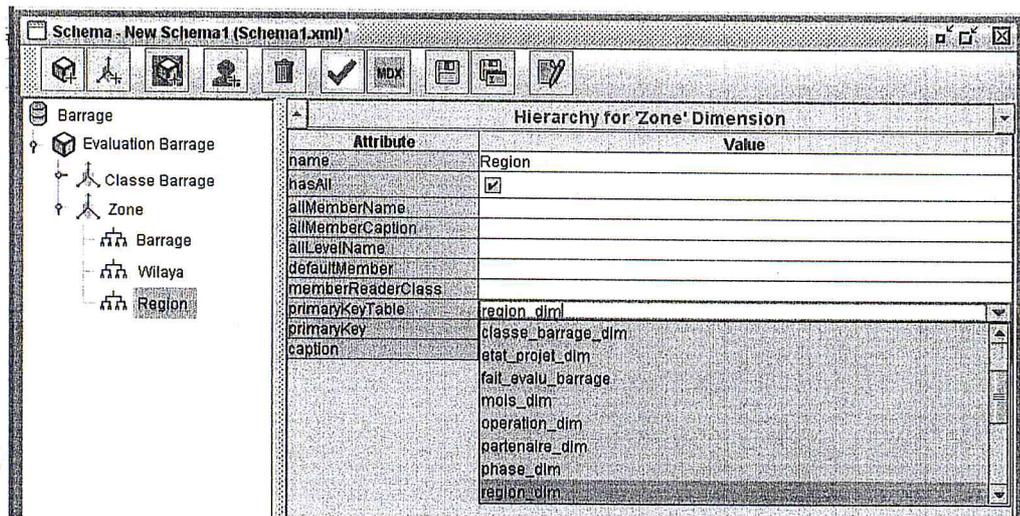


Figure 9.14 : Exemple d'un schéma OLAP

### 3.3. Description de l'utilisation d'iReport :

iReport est un designer de rapport visuel, il offre un contrôle total à travers le contenu aussi bien que la présentation des rapports.

Le principe d'utilisation d'iReport est le suivant : (Figure 10.15)

- Configuration de la connexion avec la base de données ;
- Configuration du rapport ;
- Design du rapport.

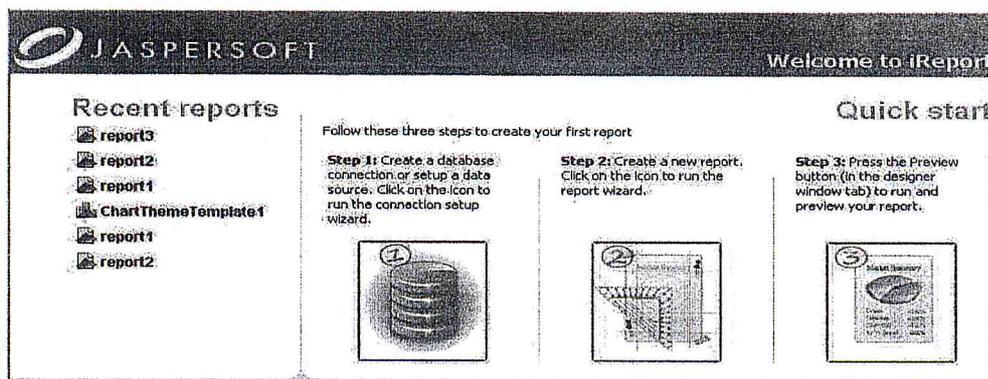


Figure 9.15 : Interface de création des rapports d'iReport

La figure 10.16 illustre le constructeur de requêtes d'iReport, comme première option, nous avons configuré à ce niveau la requête nécessaire à l'élaboration du rapport d'évaluation des barrages.

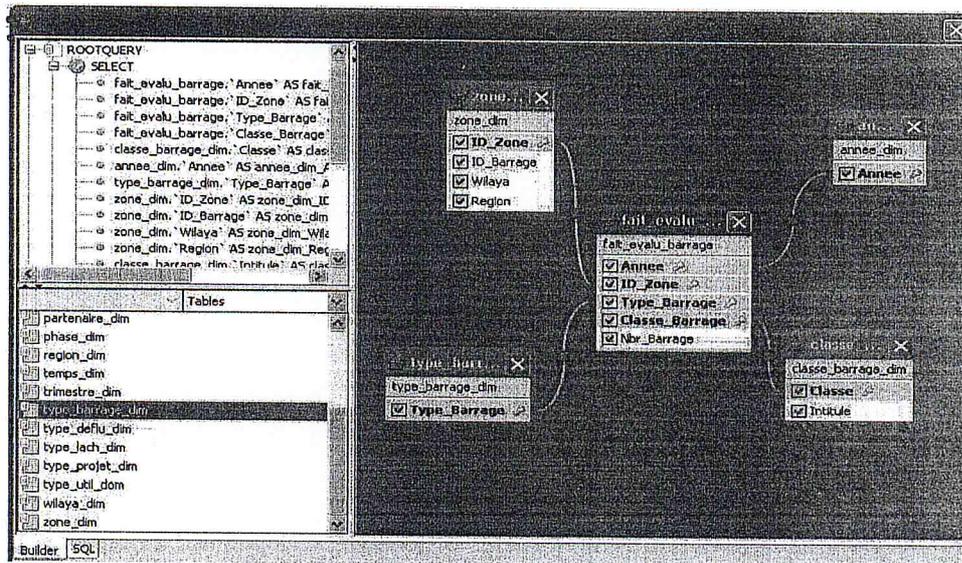


Figure 9.16 : Construction des requêtes

La deuxième option de faire est soit d'écrire la requête manuellement, soit l'importer d'un autre endroit si elle est déjà écrite, comme le montre la figure 10.17.

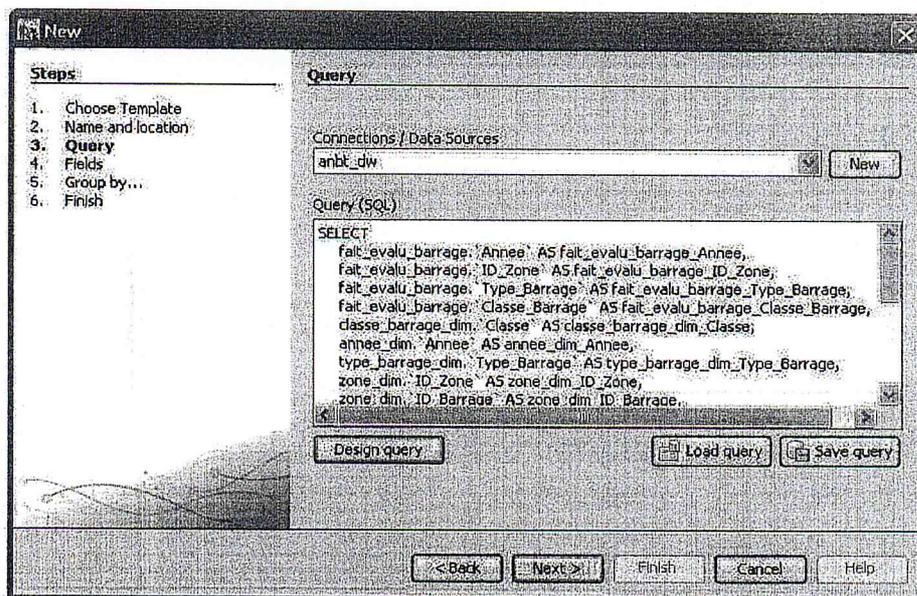


Figure 9.17 : Requête SQL du rapport

Une fois les tables et requêtes nécessaires à la construction du rapport configurées, nous passons au design visuelle de ce dernier, comme le montre la Figure 10.18, à gauche dans Fields, on trouve paramètres, les résultats des requêtes, les variables et fonctions d'agrégat, quant à gauche, on trouve la palette des composants que peut contenir le rapport.

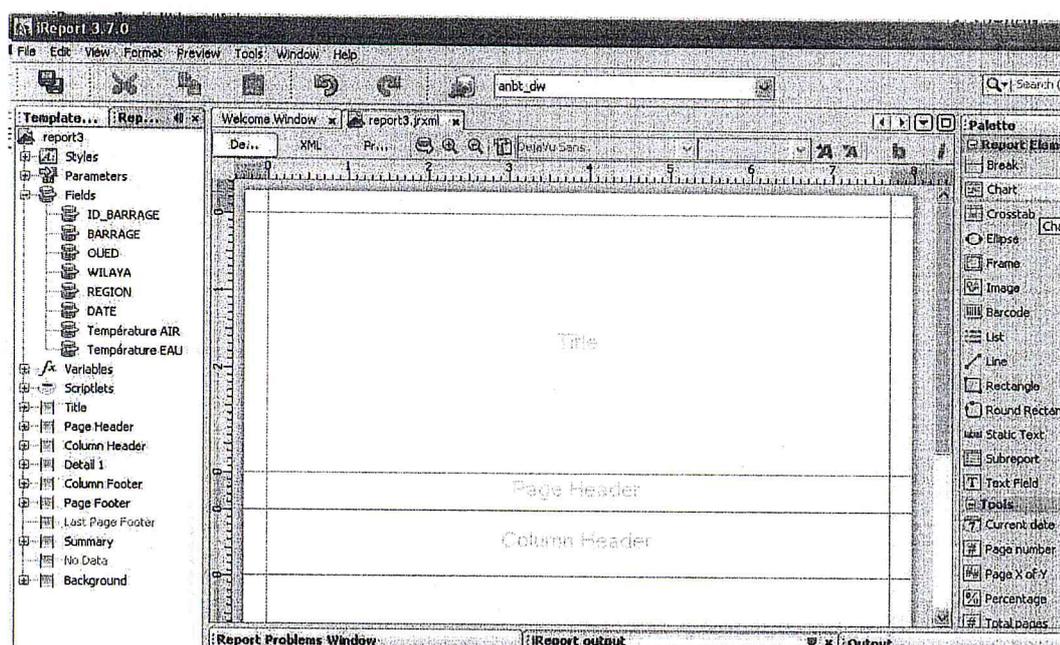


Figure 9.18 : Design du rapport

#### 4. Conclusion :

Nous avons présenté dans ce chapitre l'architecture logicielle que nous allons utiliser pour l'implémentation de notre logiciel, ainsi que les différents outils de développement utilisés.

Il y a à remarqué, que nous avons opté pour des solutions open sources vu les avantages qu'elles présentent par rapport aux autres produits de business intelligence.

**Chapitre 10:**

# **Démonstration du système**

**■ ■ ■ Dans ce chapitre :**

**1 Authentification** ..... 175

**2 Interface administrateur** ..... 176

**3 Interface Tableau de bord** ..... 179

**4 Conclusion** ..... 181

Dans ce chapitre nous allons décrire l'outil de Reporting. Nous commençons par décrire l'interface administrateur. Nous terminons par décrire l'interface du tableau de bord.

## 1. Authentification :

La figure 11.1 montre la première page qu'un utilisateur voit s'afficher lorsqu'il accède à l'application.

Après la saisie du nom utilisateur et mot de passe, dans le cas d'administrateur, cette page va faire appel à la page « administrateur.jsp » qui va donner la main à l'administrateur pour ajouter ou supprimer des utilisateurs.

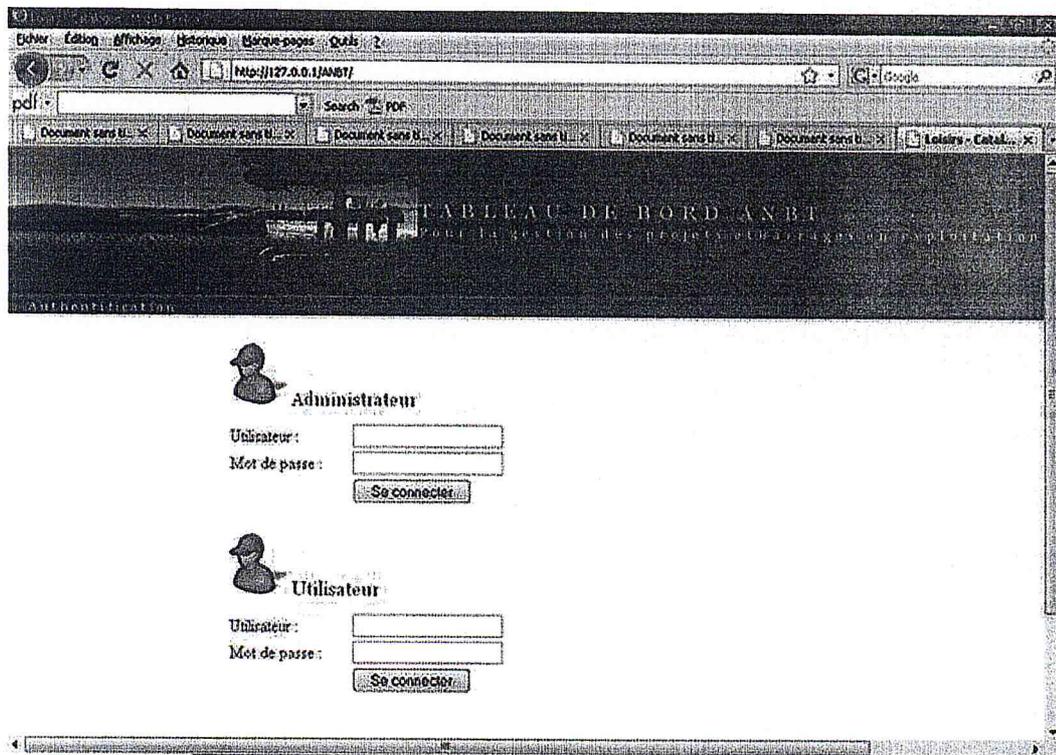


Figure 10.1: Interface d'authentification.

## 2. Interface Administrateur :

La figure 11.2, montre la page Administrateur, contenant la liste des décideurs déjà saisis et des liens pour ouvrir les pages de Mise à jour (Ajout et Suppression) des décideurs.

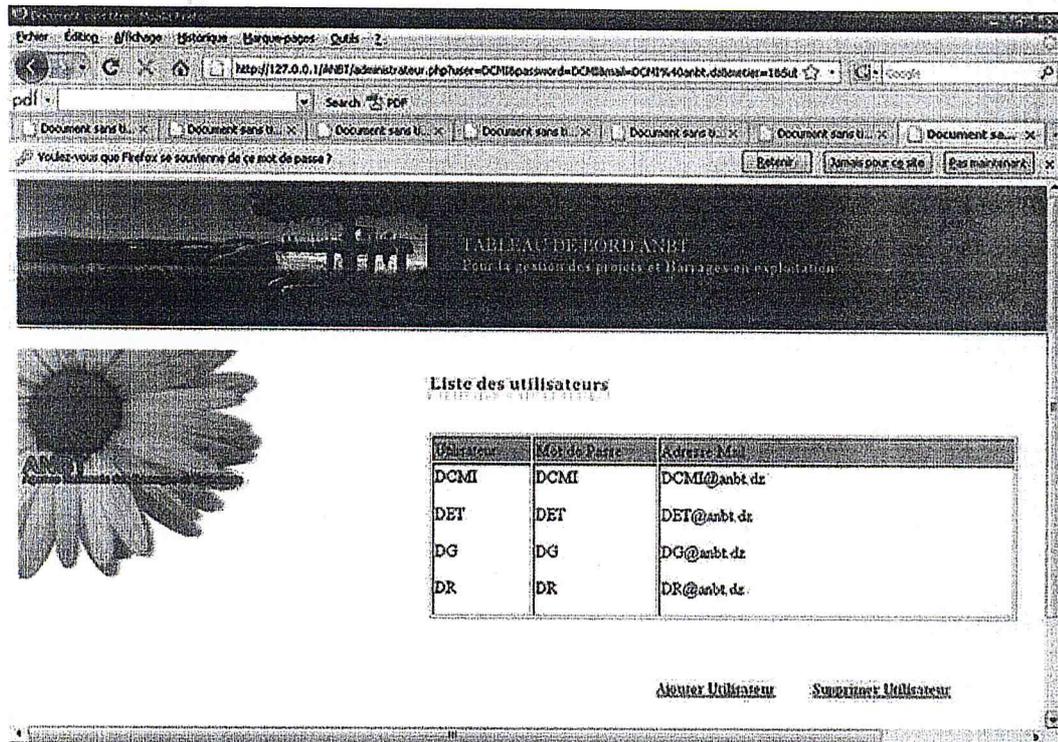


Figure 10.2: Interface Administrateur

Pour ajouter un décideur, l'administrateur saisi les informations du nouveau décideur, et poursuit par cocher les droits d'accès de ce dernier, pour enfin valider la création du décideur (AjouterD.jsp) (figure 11.3).

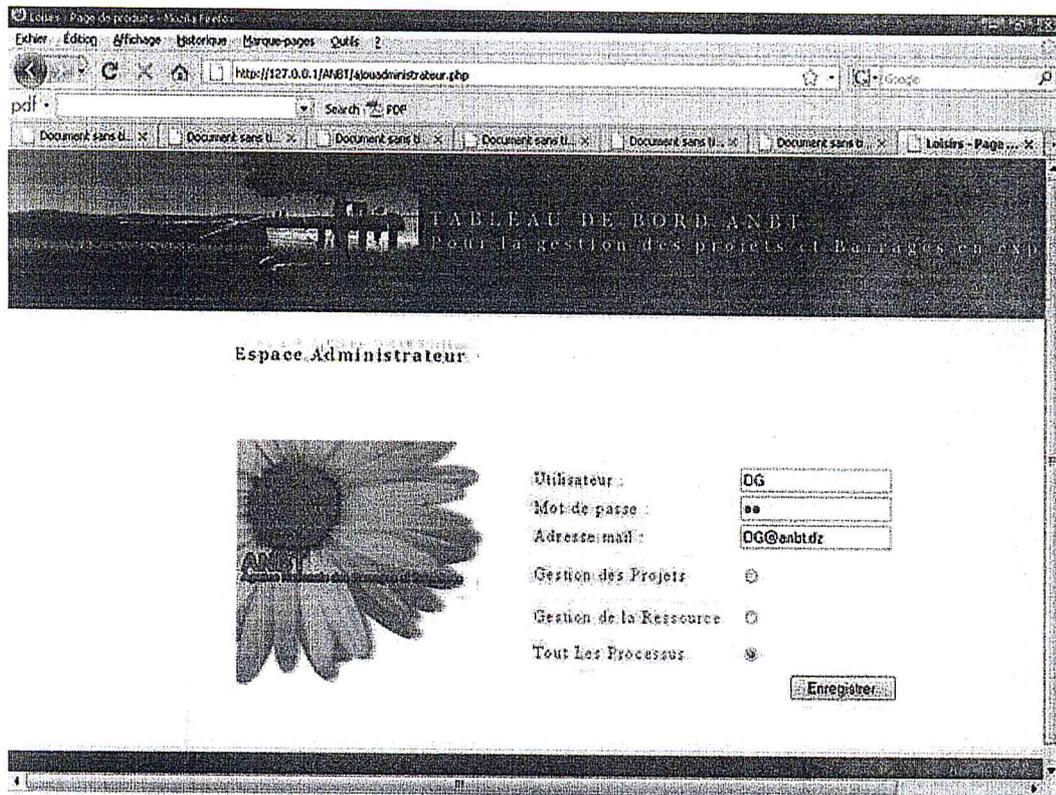


Figure 10.3 : Ajouter un décideur

Après la saisie et la validation des informations la page « `confirmeAjout.jsp` » confirme l'ajout de l'utilisateur.

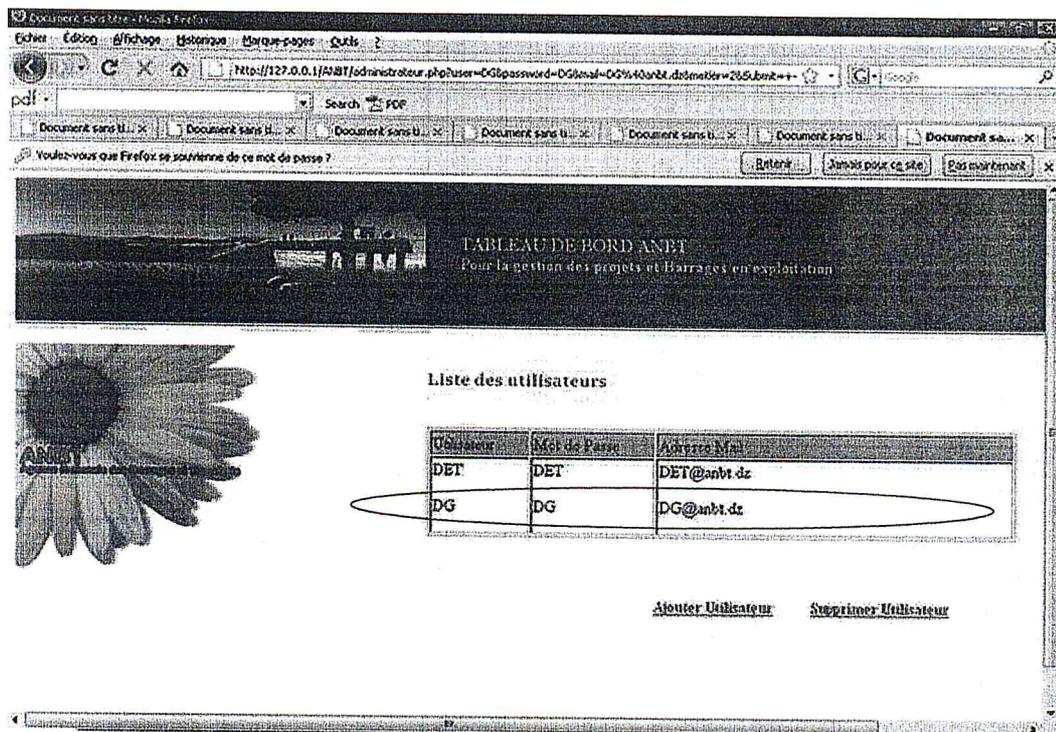


Figure 10.4 : Confirmation de l'ajout de l'utilisateur

De même, l'administrateur peut supprimer un utilisateur en faisant rentrer son nom et mot de passe, comme montre la figure 11.5.

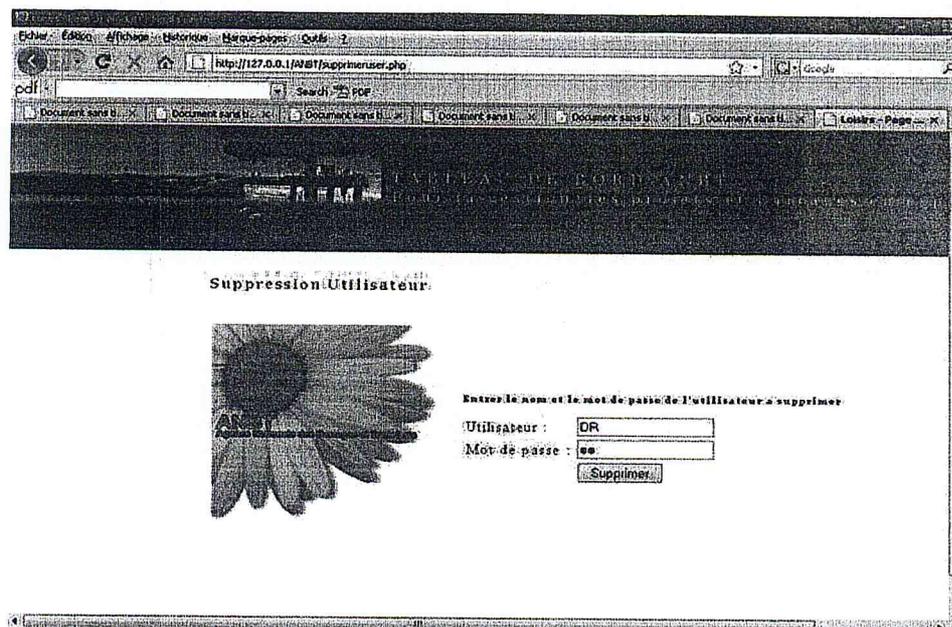


Figure 10.5: Suppression d'Utilisateur.

Dans le cas où l'utilisateur n'est pas un administrateur, la page d'accueil va s'ouvrir pour qu'il puisse utiliser son système d'aide à la décision pour la gestion des barrages ou bien la gestion des projets.

### 3. Interface tableau de bord :

La figure 12.6, montre l'interface principale pour la Gestion des Projets, qui a son tour contient des liens vers des pages des métiers suivant : Appréciation des Projets, Avancement des Projets, Montants des Projets et en fin délai des Projets.



Figure 10.6 : Activité Gestion des Projets

La figure 11.7 montre l'histogramme de l'activité Avancement physique et financier des projets en Etude à la région Centre, de l'année 2000 en phase d'Etude Avant projet détaillé.

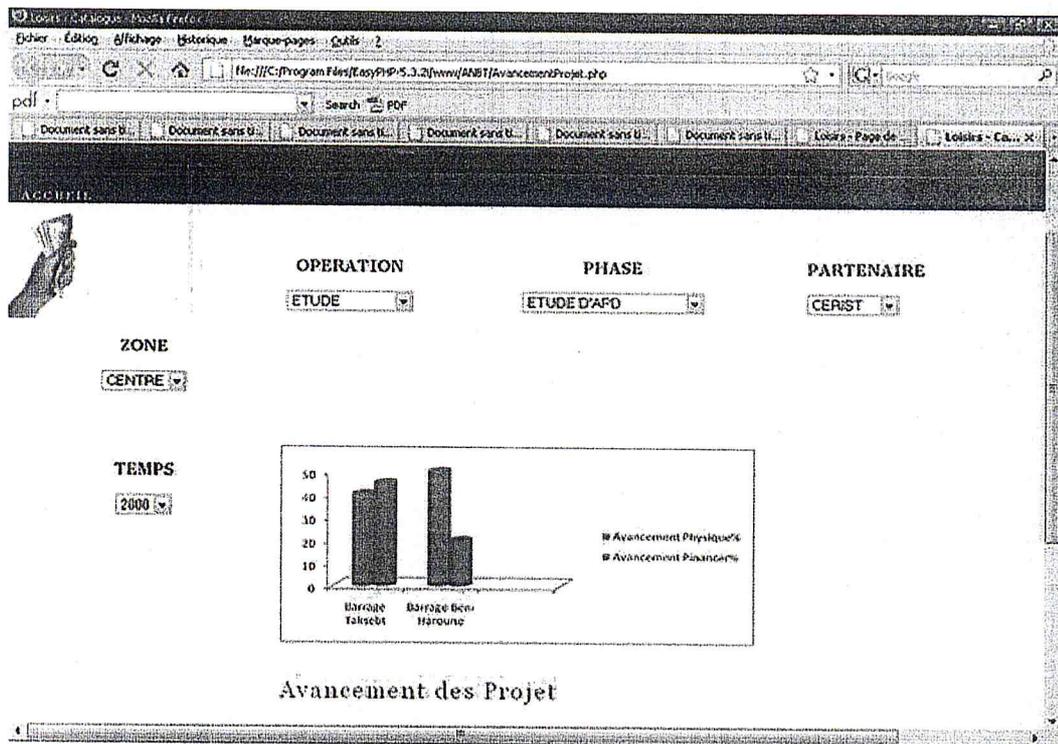


Figure 10.7 : Activité Avancement des projets

La figure 11.8, montre la page principale du métier Gestion des Barrages.

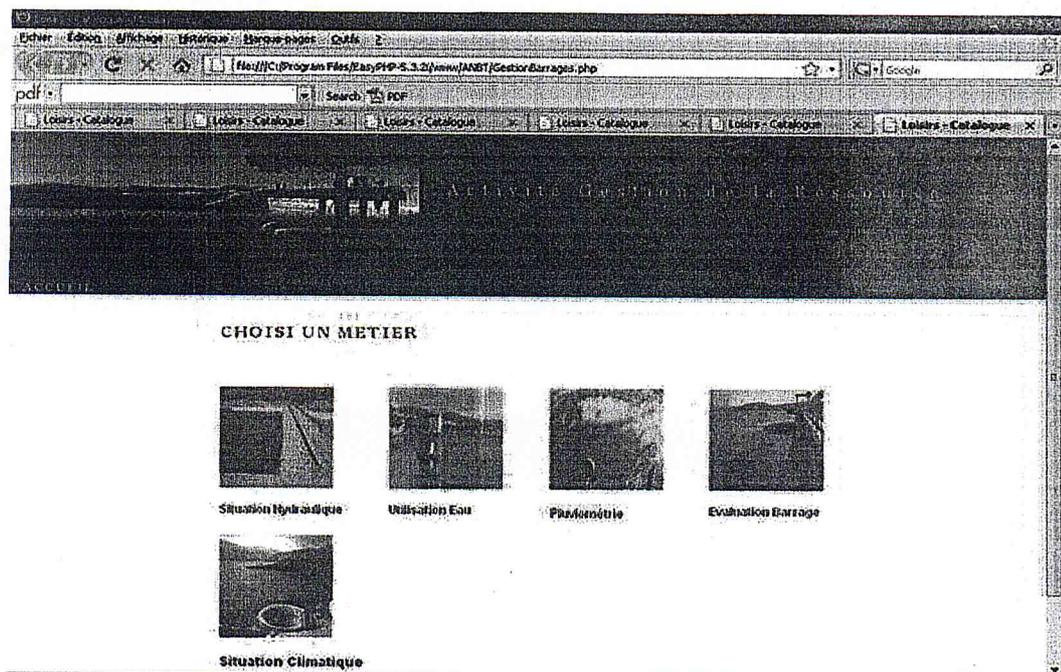


Figure 10.8 : Activité Gestion des Barrages

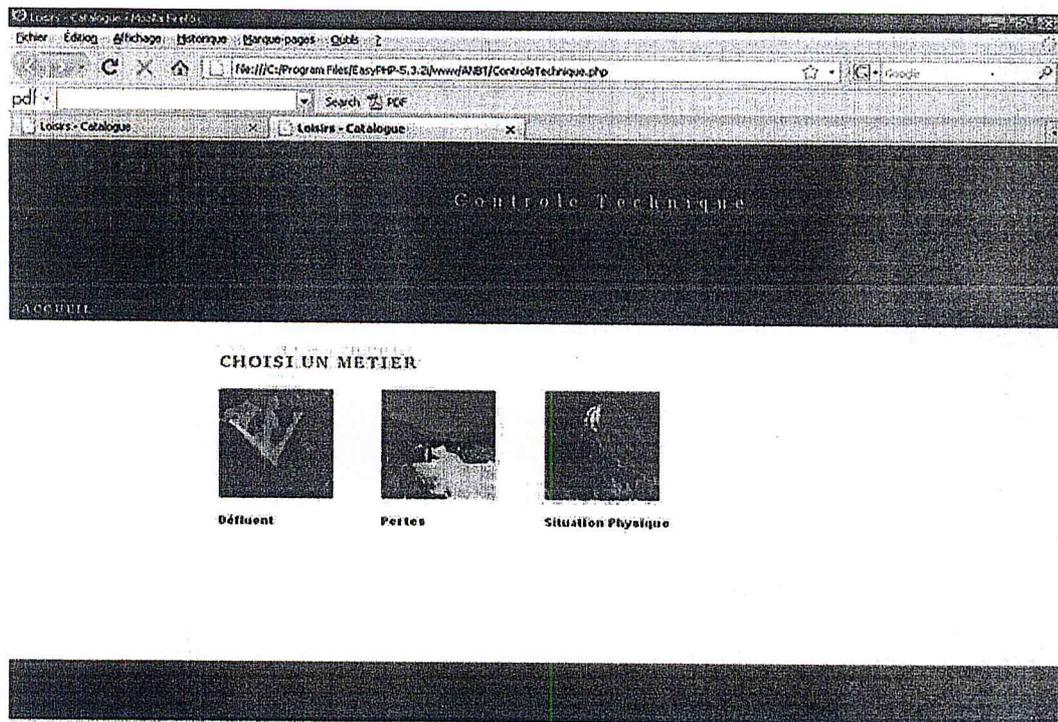


Figure 10.9 : Activité Contrôle Technique

#### 4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les interfaces principales de notre outil d'aide à la décision, pour les dirigeants de l'ANBT.

Dans ce chapitre nous allons décrire l'outil de Reporting. Nous commençons par décrire l'interface administrateur. Nous terminons par décrire l'interface du tableau de bord.

## 1. Authentification :

La figure 11.1 montre la première page qu'un utilisateur voit s'afficher lorsqu'il accède à l'application.

Après la saisie du nom utilisateur et mot de passe, dans le cas d'administrateur, cette page va faire appel à la page « administrateur.jsp » qui va donner la main à l'administrateur pour ajouter ou supprimer des utilisateurs.

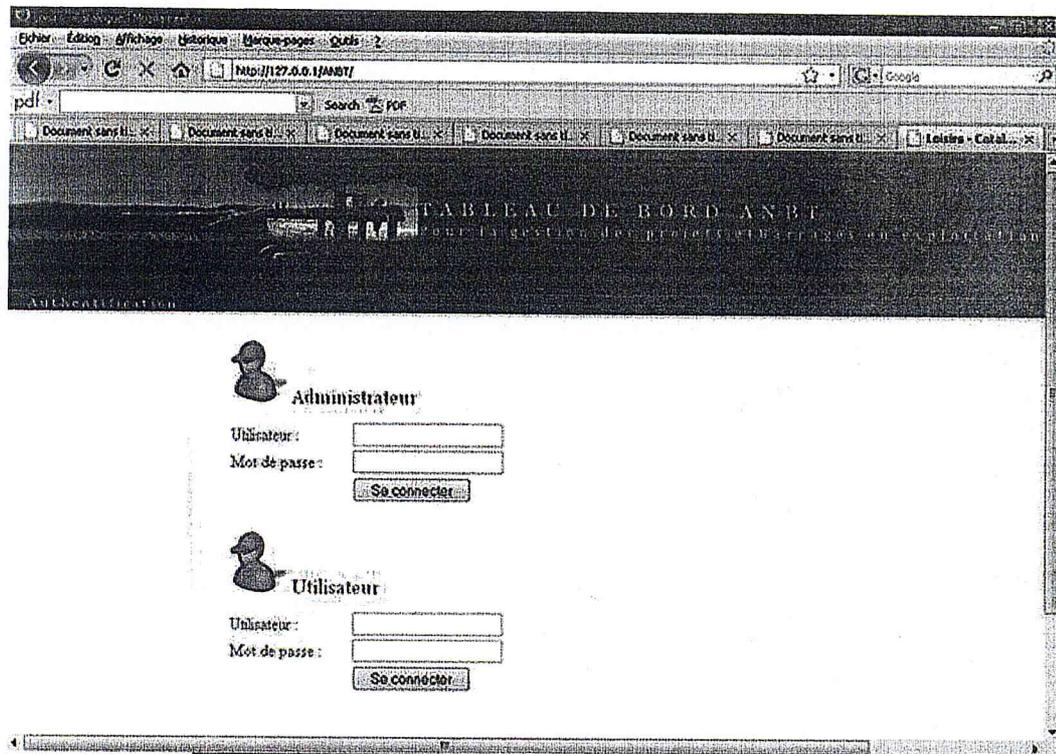


Figure 10.1: Interface d'authentification.

## 2. Interface Administrateur :

La figure 11.2, montre la page Administrateur, contenant la liste des décideurs déjà saisis et des liens pour ouvrir les pages de Mise à jour (Ajout et Suppression) des décideurs.

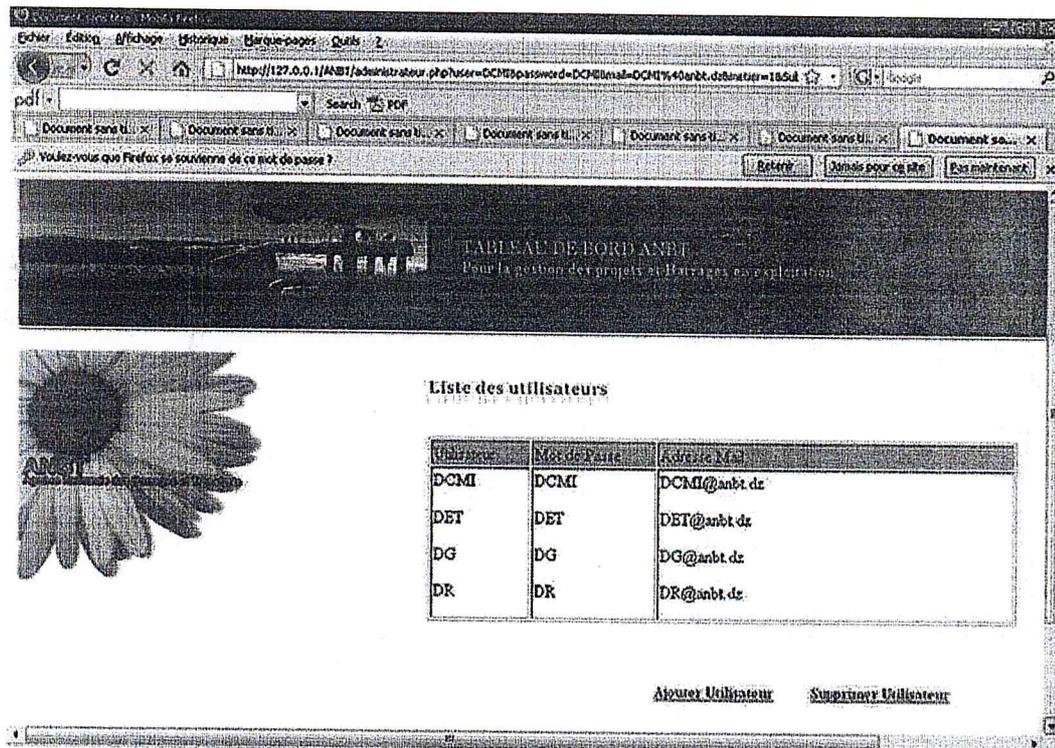


Figure 10.2: Interface Administrateur

Pour ajouter un décideur, l'administrateur saisi les informations du nouveau décideur, et poursuit par cocher les droits d'accès de ce dernier, pour enfin valider la création du décideur (AjouterD.jsp) (figure 11.3).

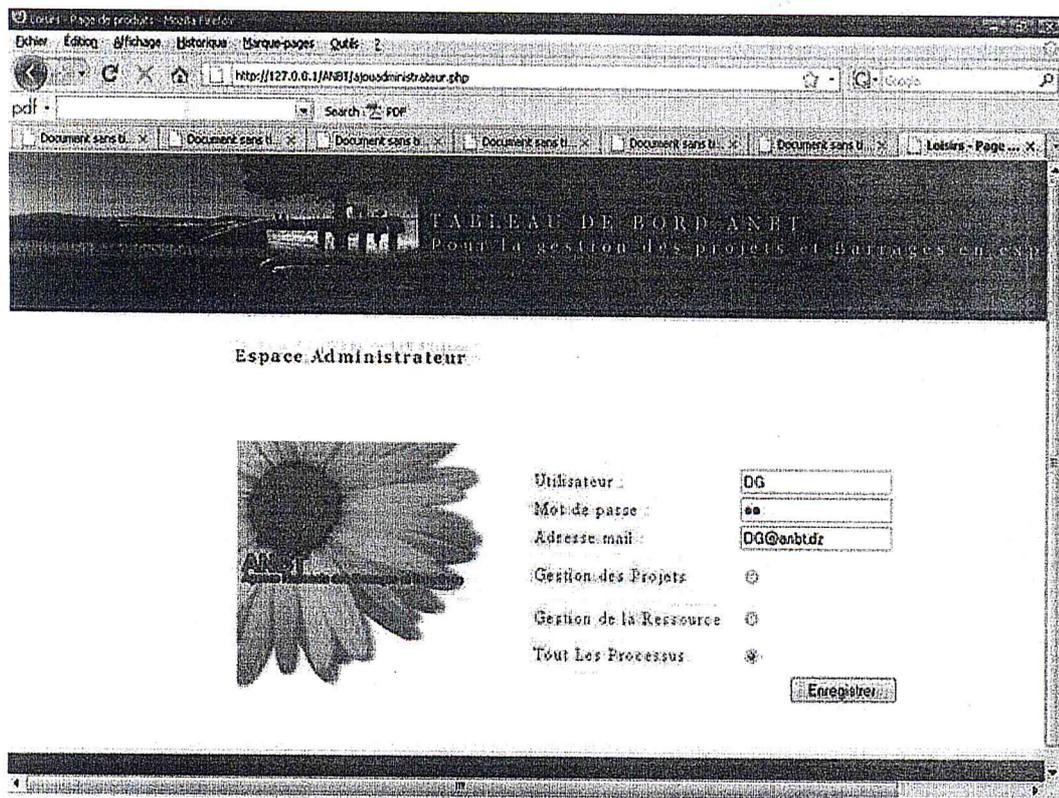


Figure 10.3 : Ajouter un décideur

Après la saisie et la validation des informations la page « `confirmeAjout.jsp` » confirme l'ajout de l'utilisateur.

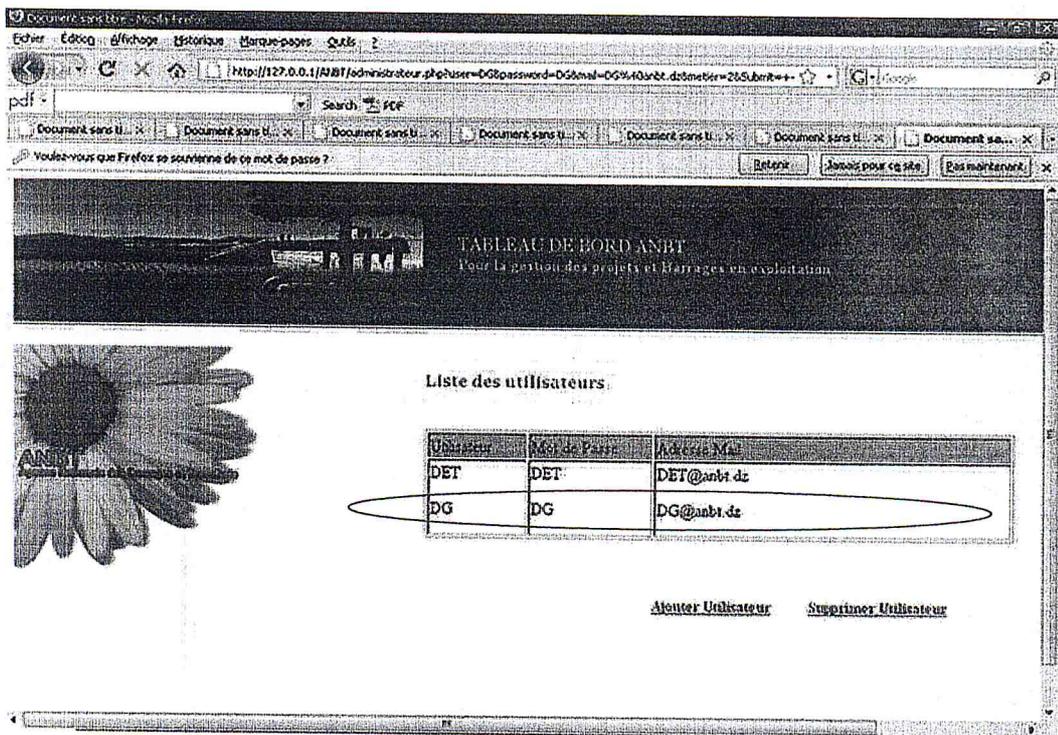


Figure 10.4 : Confirmation de l'ajout de l'utilisateur

De même, l'administrateur peut supprimer un utilisateur en faisant rentrer son nom et mot de passe, comme montre la figure 11.5.

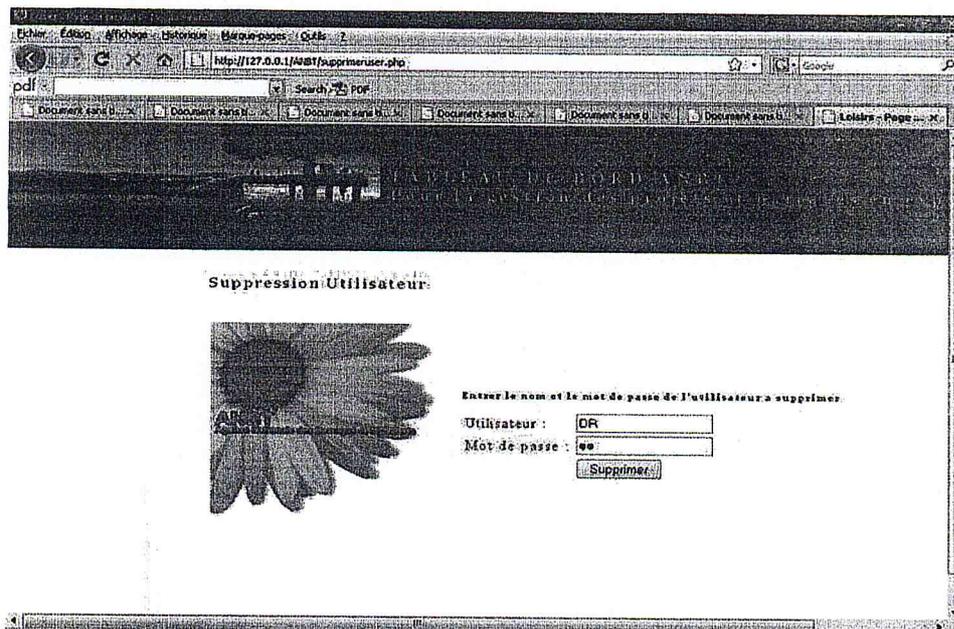


Figure 10.5: Suppression d'Utilisateur.

Dans le cas où l'utilisateur n'est pas un administrateur, la page d'accueil va s'ouvrir pour qu'il puisse utiliser son système d'aide à la décision pour la gestion des barrages ou bien la gestion des projets.

### 3. Interface tableau de bord :

La figure 12.6, montre l'interface principale pour la Gestion des Projets, qui a son tour contient des liens vers des pages des métiers suivant : Appréciation des Projets, Avancement des Projets, Montants des Projets et en fin délai des Projets.

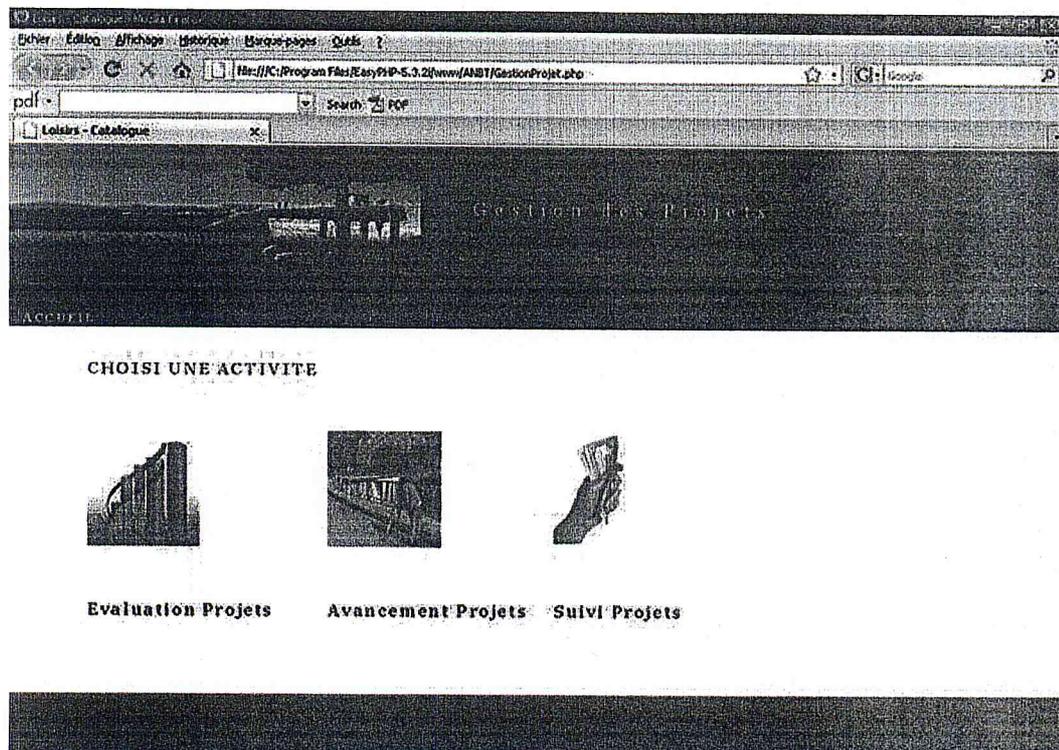


Figure 10.6 : Activité Gestion des Projets

La figure 11.7 montre l'histogramme de l'activité Avancement physique et financier des projets en Etude à la région Centre, de l'année 2000 en phase d'Etude Avant projet détaillé.

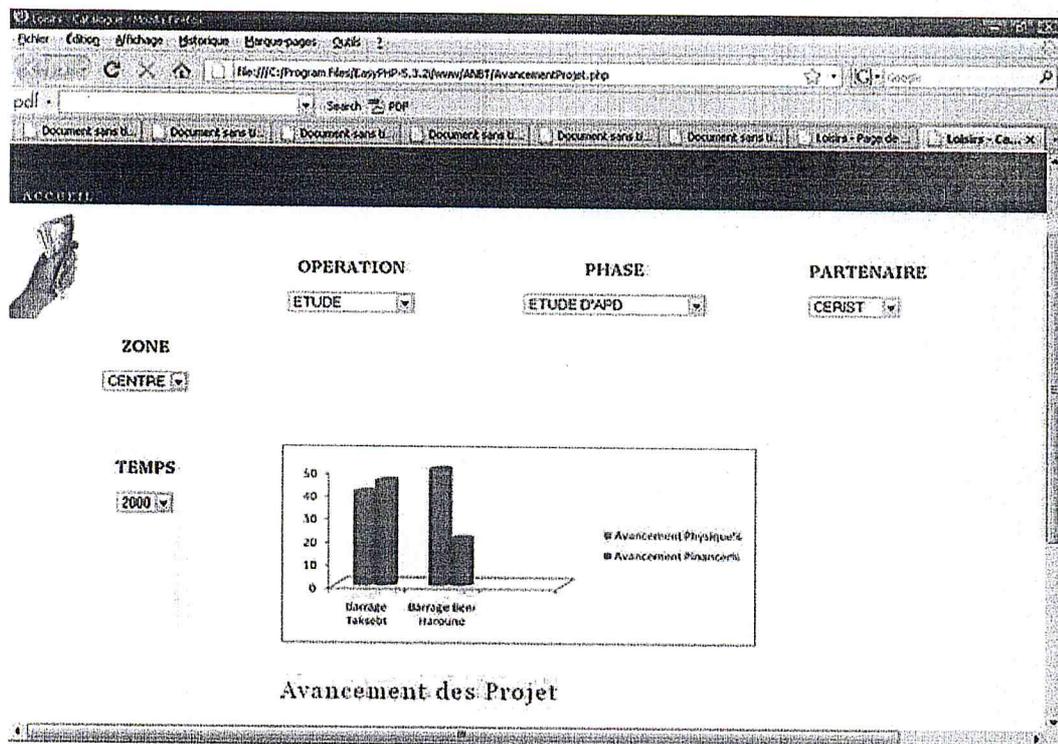


Figure 10.7 : Activité Avancement des projets

La figure 11.8, montre la page principale du métier Gestion des Barrages.

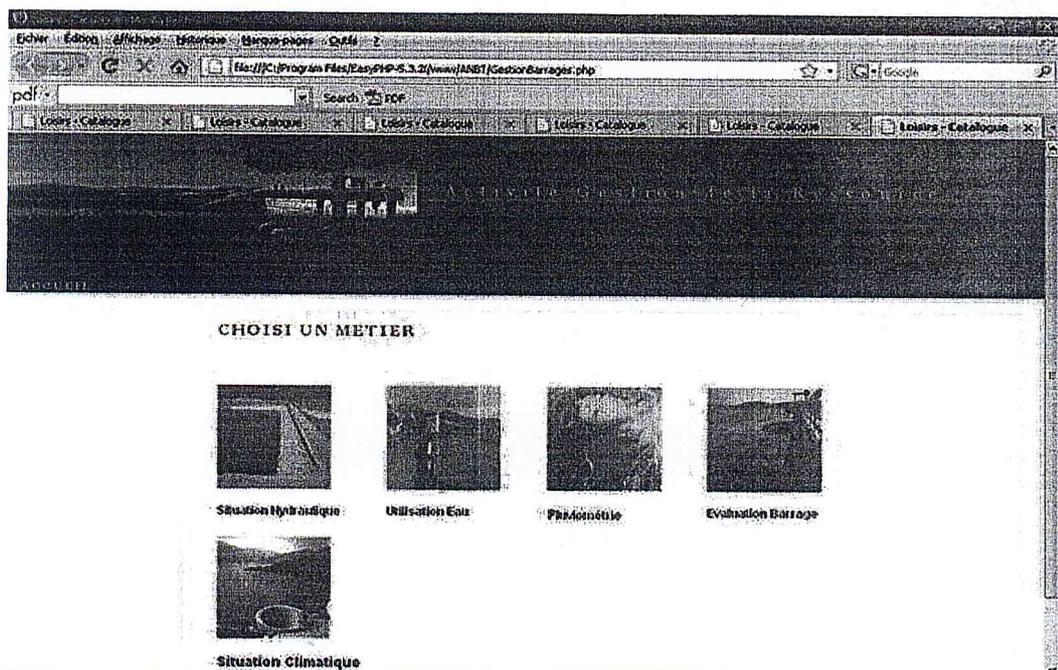


Figure 10.8 : Activité Gestion des Barrages

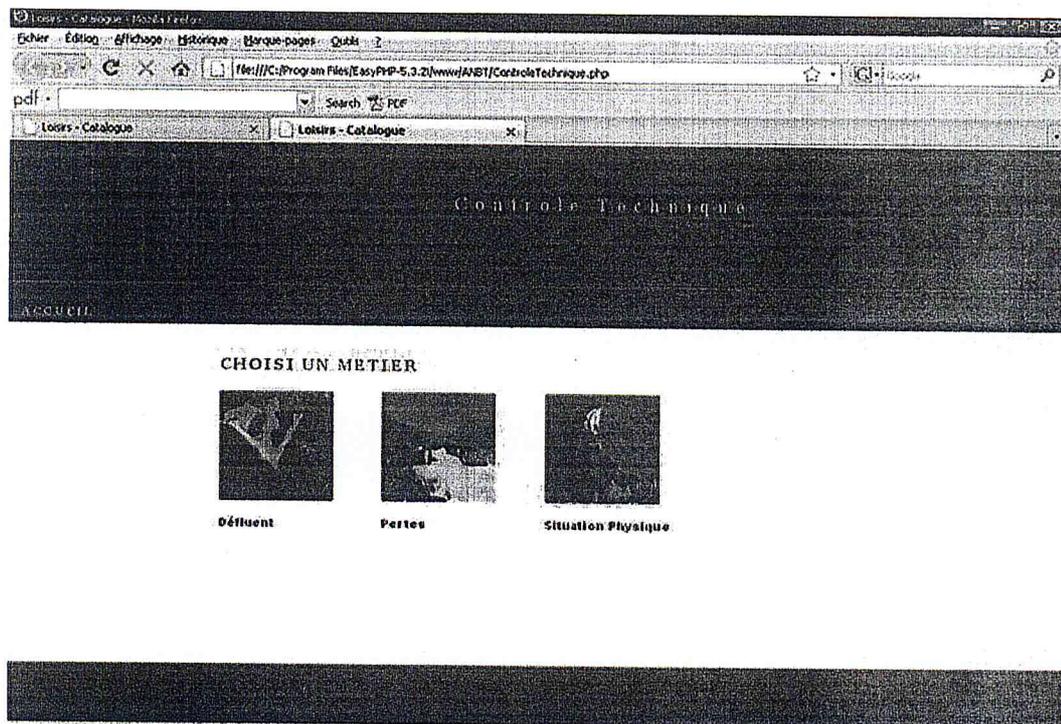


Figure 10.9 : Activité Contrôle Technique

#### 4. Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons présenté les interfaces principales de notre outil d'aide à la décision, pour les dirigeants de l'ANBT.

# Conclusion Générale

## Conclusion générale

Développer un Data Warehouse est une tâche complexe, longue, et portée d'échec, pourtant ce type de systèmes est devenu nécessaire à plusieurs entreprises, pour pouvoir prendre les bonnes décisions aux bons moments, parmi elles, l'Agence Nationale des Barrages et Transferts.

Face à cette situation, nous avons réfléchi deux fois avant d'entamer ce sujet, et encore plus avant d'arriver au choix de la méthode et des outils de développement, et nous avons consacré, pour cela, un temps considérable à la recherche, ce qui nous a permis d'utiliser une nouvelle approche pour la modélisation des data warehouses, et plus de temps à la conception qu'à la mise en œuvre afin de construire le système sur des bases solides.

Ce projet, malgré sa complexité, nous a offert l'opportunité d'approfondir nos connaissances et d'en acquérir de nouvelles, dans les domaines :

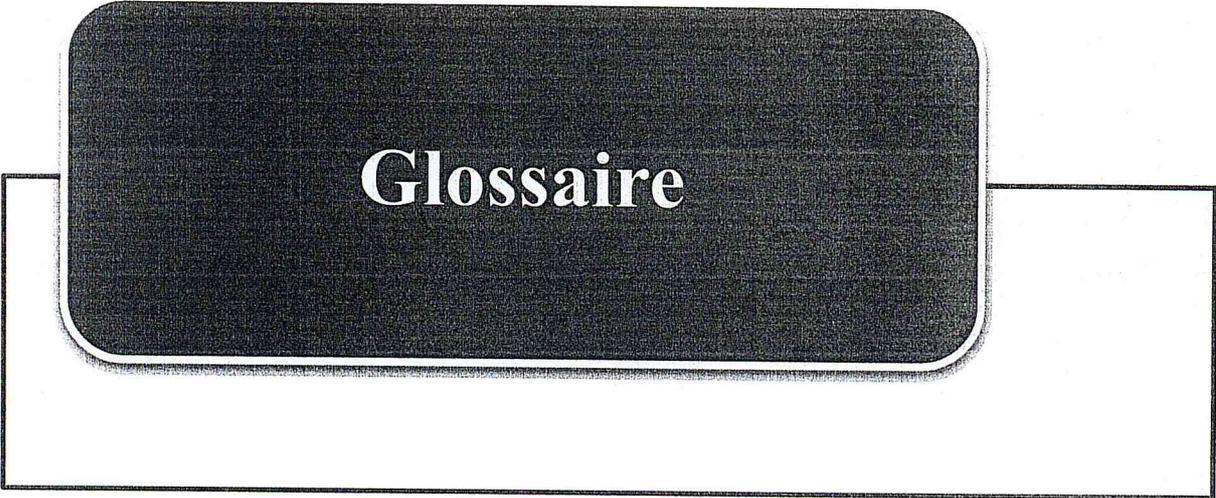
- La conception des systèmes décisionnels ;
- La conception d'un processus ETL ;
- La modélisation multidimensionnelle ;
- L'utilisation et l'intégration d'un outil ETL dans une plateforme décisionnelle ;
- La programmation en Transact-SQL ;
- Et l'implémentation d'une application Web en architecture 3-tiers.

Comme tout travail, nous avons rencontré quelques problèmes au niveau de :

- La définition des besoins, puisque les utilisateurs ont eu des difficultés pour cerner leurs besoins et les exprimer de manière claire ;
- La collecte des indicateurs et axes d'analyse, faute de culture dans le domaine des data warehouses au sein de nos entreprises, les gens ont toujours les réflexes des systèmes opérationnels ;

- L'apprentissage d'une nouvelle méthode et l'utilisation de nouveaux outils, vu le changement radical du raisonnement vers le décisionnel, nous a pris un temps que nous aurions pu le consacrer à la mise en œuvre.

Enfin, pour améliorer et compléter ce projet, nous proposons l'intégration d'un système d'information géographique dans notre système, puisque l'ANBT dispose d'un contenu géographique qui donnera, sans doute, une valeur ajoutée au système décisionnel.



# Glossaire

## Glossaire

**Appareil d'auscultation** : instrument de mesure ou dispositif permettant de connaître avec précision les paramètres de comportement du barrage et du terrain à proximité.

**Appui** : flanc de vallée sur lequel s'appuie le barrage.

**Auscultation** : ensemble des opérations de mesure d'analyse et d'interprétation des paramètres de comportement d'un ouvrage.

**Barrage** : ouvrage artificiel permettant de créer une retenue d'eau et servant à produire de l'énergie, réguler un cours d'eau, l'alimentation en eau ou l'irrigation.

**Bassin d'amortissement** : fosse naturelle ou artificielle dans laquelle se dissipe l'énergie d'un flot déversant.

**Bassin de dissipation** : bassin permettant de dissiper l'énergie d'un écoulement à grande vitesse.

**Bassin versant** : région drainée naturellement jusqu'au barrage.

**Batardeau** : ouvrage provisoire utilisé pour la dérivation des eaux.

**Clapet** : vanne d'évacuation des crues pivotant autour d'un axe généralement fixé sur un seuil ou en tête d'une vanne segment.

**Contreforts (barrage à)** : barrage constitué d'une série de murs parallèles à l'axe de la vallée et sur lesquels s'appuient des bouchures (dalles planes, voûtes...).

**Couronnement** : partie supérieure des barrages en béton ou en maçonnerie.

**Crête** : partie supérieure de tous les types de barrages.

**Culée** : appui d'extrémité d'une voûte permettant un report des efforts sur la fondation.

**Déversoir** : ouvrage au-dessus duquel s'évacuent les eaux de la retenue. Le déversoir peut être libre ou équipé d'une vanne.

**Drainage** : ensemble du dispositif permettant de capter l'eau à l'intérieur du barrage ou de sa fondation et de réduire les sous-pressions.

**Enrochement (barrage en)** : barrage en remblai constitué essentiellement de blocs rocheux compactés ou simplement déversés.

**Evacuateur de crue** : organe hydraulique permettant l'évacuation des débits de crue.

**Filtre** : bande de matériau d'un barrage en remblai permettant d'éviter l'entraînement vers l'aval des particules les plus fines du remblai.

**Fondation** : terrain en place supportant un barrage.

**Fouilles** : excavation de la partie supérieure de la fondation d'un barrage préalable à la construction de l'ouvrage.

**Fruit** : mesure de l'inclinaison sur la verticale calculée comme le rapport d'une distance horizontale par une distance verticale.

**Fuite** : écoulement de l'eau au travers d'un barrage ou de sa fondation.

**Galerie** : passage dans le corps d'un barrage permettant de réaliser des visites, des travaux d'injection ou de drainage.

**Granulométrie** : mesure de la dimension des grains constituant un matériau meuble.

**Grille** : assemblage de barreaux placés devant une prise d'eau pour empêcher l'entrée de corps solides.

**Hauteur (barrage)** : distance verticale entre la crête du barrage et le point le plus bas de la fondation (hauteur sur fondation) ou du terrain naturel (hauteur sur T.N.).

**Hydroélectricité** : énergie électrique obtenue à partir de l'énergie hydraulique des rivières et des chutes d'eau (notamment celles créées par les barrages).

**Hydrologie** : étude des caractéristiques du bassin versant d'un barrage du point de vue des pluies et des débits entrant dans la retenue.

**Injection** : introduction sous pression d'un coulis permettant de renforcer une zone de terrain ou de créer une zone étanche.

**Inspection** : visite détaillée des ouvrages réalisée périodiquement.

**Joint** : surface de contact entre deux parties de structure en béton ou en maçonnerie. Les joints de reprise séparent deux levées successives. Les joints verticaux délimitent les plots d'un barrage-voûte ou d'un barrage-poids.

**Laminage** : stockage partiel des crues dans la retenue permettant de réduire le débit maximal à évacuer.

**Levé** : 1. digue parallèle à un cours d'eau pour protéger la vallée des inondations.  
2. quantité de béton mise en place en une seule opération de bétonnage.

**Longueur en crête** : longueur développée de la crête du barrage.

**Masque** : couche imperméable placée sur la face amont d'un barrage en remblai pour le rendre étanche.

**Membrane** : couche mince imperméable en matériau synthétique permettant de réaliser un masque d'étanchéité.

**Niveau minimal d'exploitation** : niveau en dessous duquel l'utilisation de l'eau n'est plus possible.

**Noyau** : zone d'un barrage en remblai constituée de matériaux de faible perméabilité.

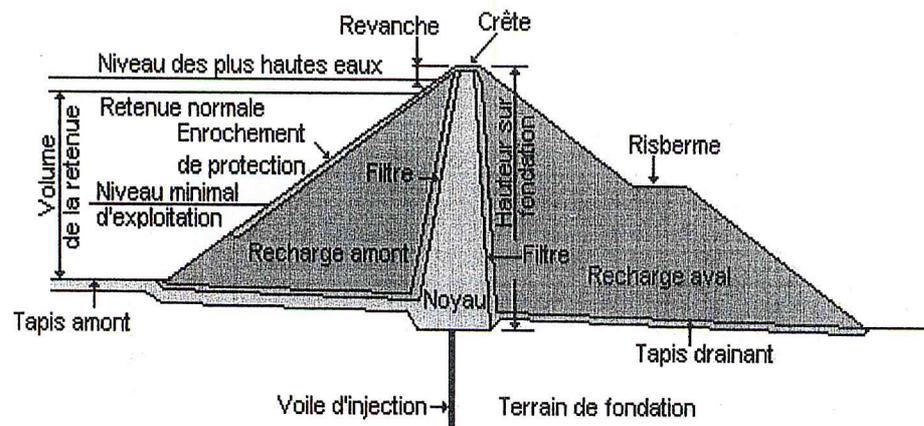


Figure : Coupe verticale d'un barrage

**Onde de submersion** : inondation créée par la rupture d'un barrage. La simulation sur ordinateur des ondes de submersion sert à préparer les plans particuliers d'intervention.

**Organe hydraulique** : dispositif permettant de relâcher à l'aval l'eau de la retenue en exploitation normale (prise d'eau), en crue (évacuateur) ou en vidange.

**Papillon (vanne)** : vanne munie d'un disque pivotant permettant le réglage du débit.

**Parement** : face extérieure amont ou aval d'un barrage.

**Pendule** : appareil d'auscultation fonctionnant selon le principe du fil à plomb permettant de mesurer avec une grande précision les déplacements horizontaux d'un barrage.

**Pertuis** : ouverture dans un ouvrage hydraulique (évacuateur de crue, vidange de fond...).

**P.H.E. (plus hautes eaux)** : niveau de la retenue atteint lors des crues exceptionnelles.

**Pied (d'un barrage)** : point de croisement du parement amont ou aval d'un barrage avec le sol.

**Piézomètre** : appareil d'auscultation permettant de mesurer la pression de l'eau dans le sol ou dans le corps du barrage.

**Plan particulier d'intervention** : ensemble de mesures prévues pour assurer la sécurité des populations à l'aval des grands barrages en cas d'incident grave.

**Plot** : tranche verticale d'un barrage-poids ou d'un barrage-voûte construite par levées successives.

**Poids (barrage)** : barrage en béton et/ou en maçonnerie dont la stabilité est assurée par son poids.

**Segment (vanne)** : vanne levante de forme circulaire dont le tablier est supporté par des bras latéraux.

**Seuil de déversoir** : crête du déversoir. Le seuil peut être libre ou équipé de vannes.

**Sous-pression** : pression exercée par l'eau à l'intérieur d'une structure poreuse ou fissurée. Elle peut s'appliquer dans une partie en béton, en remblai ou en maçonnerie ou encore dans le sol de fondation.

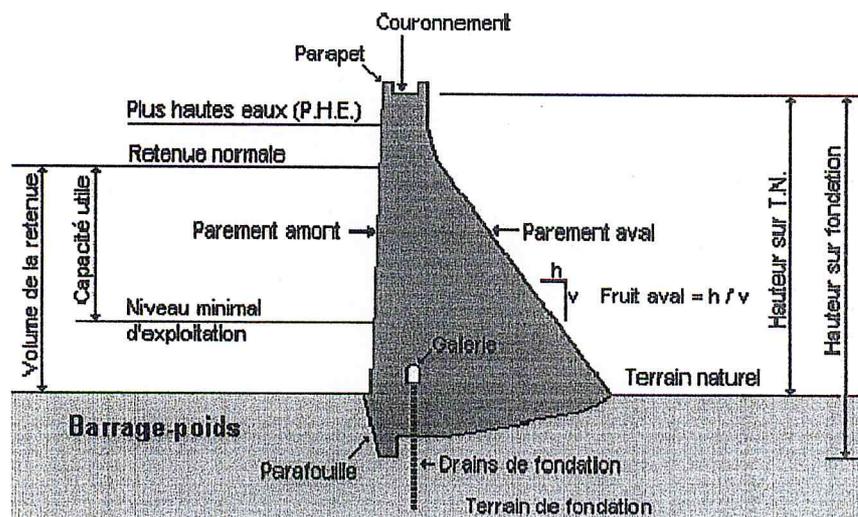


Figure : Éléments d'un barrage-poids

**Queue de retenue** : extrémité de la retenue la plus éloignée d'un barrage.

**Recharge amont-aval** : remblai placé à l'amont ou à l'aval du noyau dans un barrage zoné en remblai.

**Recharge de pied** : remblai placé au pied d'un barrage pour en accroître la stabilité.

**Remblai (barrage en)** : barrage constitué de matériaux meubles (terre ou enrochement). Ils peuvent être en terre homogène, zonés ou à masque.

**Retenue** : lac artificiel créé par un barrage et permettant de stocker un volume important d'eau.

**Retenue normale (R.N.)** : niveau maximal du plan d'eau en exploitation normale.

**Revanche** : distance verticale entre le niveau des plus hautes eaux et la crête du barrage.

**Risberme** : banquette horizontale sur le parement amont ou aval d'un barrage en remblai.

**Surveillance** : suivi du comportement des ouvrages par observation visuelle ou par auscultation et destiné à détecter tout signe d'évolution.

**Tapis (amont)** : tapis imperméable placé sur le fond du réservoir à l'amont du barrage.

**Tassement** : mouvement vertical d'un barrage généralement lié à la consolidation lente d'un barrage en remblai.

**Terre (barrage en)** : barrage en remblai principalement constitué de matériaux fins compactés.

**Topographie** : méthode de mesure des déformations d'un barrage par des moyens optiques directs (relevé d'angle ou de distance) à partir de plots de visée de référence.

**Tulipe** : déversoir de forme circulaire implanté à l'amont d'un barrage et prolongé par un puits vertical.

**Usine hydroélectrique** : ensemble des installations, turbines... destiné à la fabrication de l'électricité. L'usine peut être implantée en pied de barrage ou reliée au barrage par une conduite forcée.

**Utile (capacité)** : volume de la retenue compris entre le niveau minimal d'exploitation et le niveau de retenue normale.

**Vanne** : système de réglage du débit ou de fermeture d'une conduite, d'un orifice, d'un déversoir.

**Vidange** : action de vider totalement la retenue au moyen d'un organe hydraulique appelé vidange de fond et situé en partie inférieure du barrage.

**Visite** : examen visuel de l'ensemble des parties accessibles d'un barrage. Les visites périodiques constituent un élément important de surveillance des barrages.

**Voile d'injection** : zone du terrain de fondation injecté en vue de réduire les fuites sous un barrage.

**Volume de retenue** : volume d'eau compris entre le fond du réservoir et le niveau de la retenue normale.

**Voûte (barrage)** : barrage en béton ou en maçonnerie dont la forme en arc permet de transmettre aux appuis latéraux la poussée de l'eau.

**Wagon (vanne)** : vanne plate munie de galets roulant sur des rails fixés dans des rainures latérales.

**Waterstop** : bande de métal ou de caoutchouc permettant d'étancher les joints entre deux plots en béton.

**Zoné (barrage)** : barrage en remblai constitué de plusieurs types de matériaux assurant des fonctions d'étanchéité ou de stabilité générale.

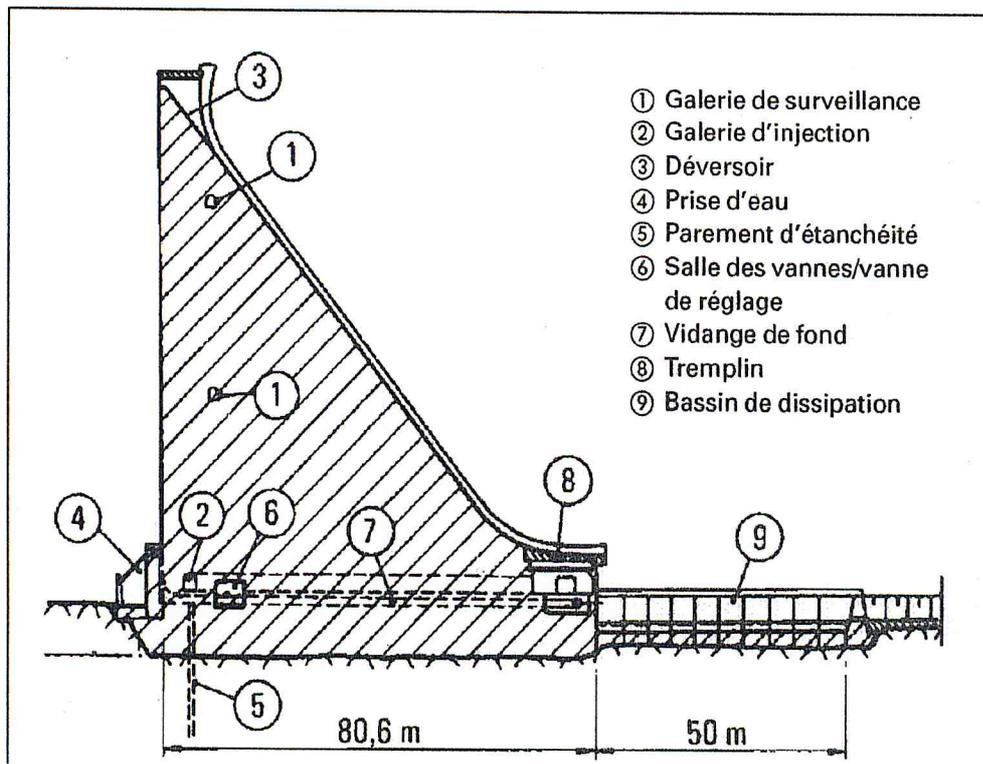
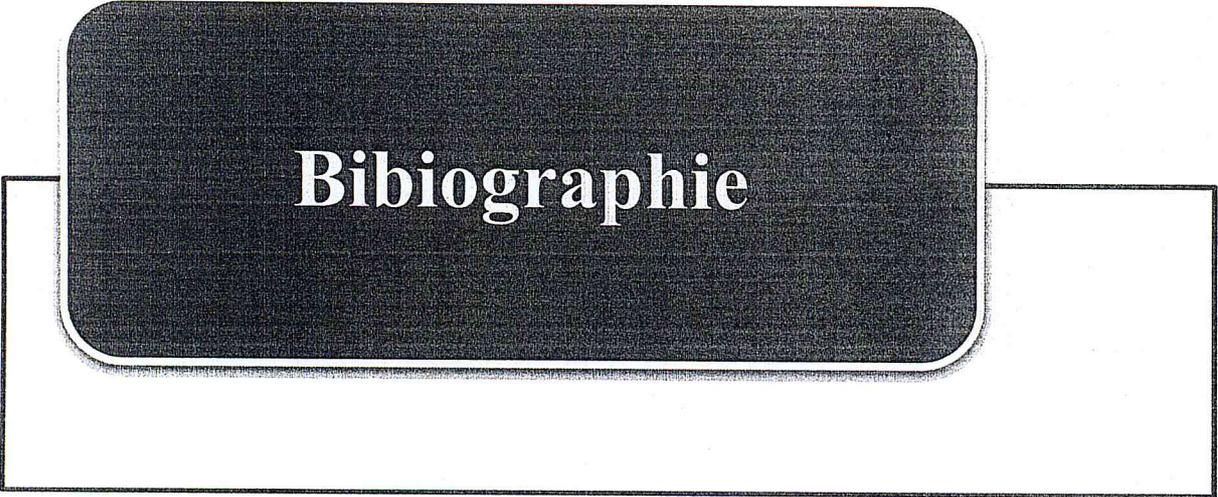


Figure : Coupe transversale d'un barrage en béton



# Bibliographie

## Bibliographie

- [1] : Bouazza Ali & Boumar halil, Conception du barrage de Tagnarist Wilaya de Khenchela, mémoire ingénieur Constructions Hydrauliques et Aménagement, 2008.
- [2] : Barrages et ouvrages, Laboratoire de Construction Hydraulique, EPA École Polytechnique Fédéral de Lausanne, 2008.
- [3] : Choix du type de barrage, Laboratoire de Construction Hydraulique, EPA École Polytechnique Fédéral de Lausanne, 2008.
- [4] : Barrages poids, Laboratoire de Construction Hydraulique, EPA École Polytechnique Fédéral de Lausanne, 2008.
- [6] : Barrages en remblai, Laboratoire de Construction Hydraulique, EPA École Polytechnique Fédéral de Lausanne, 2008.
- [11] : Michel Leroy, Le tableau de bord au service de l'entreprise, Edition d'organisation, 1998.
- [12] : Jacky Akoka & Isabelle Comyn-Warren, Ingénierie des systèmes d'information : Entrepôt de données et bases multidimensionnelles, 2002.
- [13] : W.H. Inmon. Building the Data Warehouse. QED Press, 1992
- [14] : Sergio Luján-Mora : Data Warehouse Design with UML, PhD Thesis, Department of Software and Computing Systems, University of Alicante, June 2005.
- [15] : R.Kimball. The Data Warehouse Toolkit. John Wiley & Sons, 1996.
- [16] : V. Poe, P. Klauer, and S. Brobst. Building a data Warehouse for Decision Support, Prentice-Hall, 2 edition, 1998.
- [17] : M. jarke, M. lenzerini, Y. Vassiliou, and P. Vassiliadis, Fundamentals of Data Warehouse, Spring-Verlag, 2 edition, 2003.

- [18] : Marlyse Dieungang & Khaoula Ghilan, Datawarehouse: Cubes OLAP, document pdf.
- [19] : Ralph Kimball, Laura Reeves, Margy Ross & Warren Thornthwaite, Concevoir et Déployer un Data Warehouse, Eyrolles, 2000.
- [20] : Stefano Rizzi, Matteo Golfarelli, Data Warehouse Design, Tutorial, DEIS, University of Bologna, Italy, ICDE 2001.
- [21] : Jean-Marie Gouarne, Le projet Décisionnel : Enjeux, modèles et Architecture du Data Warehouse, Eyrolles, 1999.
- [22] : Jean-François Gogrin, La construction du Data Warehouse, du Data Mart au Data Wab, Hermes, 2001.
- [23] : Mahfoud Bala, Modèles et Techniques utilisés dans le processus de développement des Datawarehouses, Cours Décisionnel, USDB, 2009.
- [24] : I. Jacobson, G. Booch, and J. Rumbaugh. The Unified Software Development Process. Object Technology Series. Addison Wesley, 1999.
- [25] : Luján-Mora, S., Trujillo, J.: A Comprehensive Method for DataWarehouse Design. In: Proc. of the 5th Intl. Workshop on Design and Management of DataWarehouses, Berlin, Germany (2003).
- [26] : Luján-Mora, S., Trujillo, J. Song, I: Extending UML for Multidimensional Modeling. In: Proc. Of the 5th Intl. Conf. on the Unified Modeling Language (UML 2.0). Volume 2460 of LNCS. Dresden, Germany, October 7-11 2002.
- [27] : S. Luján-Mora, P. Vassiliadis, and J. Trujillo. Data Mapping Diagrams for Data Warehouse Design with UML. In Proceedings of the 23rd International Conference on Conceptual Modeling (ER 04), volume 3288 of Lecture Notes in Computer Science, Shanghai, China, November 8-12 2004.
- [28] : Ralph Kimball, entrepôt des données: Guide pratique du concepteur de Data Warehouse, International Thomson Publishing, France, Paris, 1997

- [29]: Daniel L. Moody & Mark A.R. Kortink « From Enterprise Models to Dimensional Models: A Methodology for Data Warehouse and Data Mart Design » Proceedings of the International Workshop on Design and Management of Data Warehouses (DMDW'2000) Stockholm, Sweden, June 5-6, 2000.
- [30]: CODD, E.F. (1970) A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks, Communications of the ACM, 13 (6), June: 377-387.
- [31]: Pascal Rock, Franck Vallée. UML 2 en action. Edition Eyrolles, 3e édition, 2004.
- [32]: Paul Dubois, Stefan Hinz, Carsten Pedersen (2004), MySQL - Guide officiel (ISBN 2-7440-1782-5)
- [33]: Michael Kofler (2005), MySQL 5 : Guide de l'administrateur et du développeur (ISBN 2212116330)

## **Webographie:**

- [5] : Encyclopédie scientifique. [www.techno-science.net](http://www.techno-science.net), 2010.
- [7] : Rubrique consacrée aux barrages, Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi – DGEMP, France.  
[www.limousin.drire.gouv.fr/energie/barrages/types\\_barrages.htm](http://www.limousin.drire.gouv.fr/energie/barrages/types_barrages.htm)
- [8] : Rubrique consacrée aux barrages, Ministère de l'économie, de l'industrie et de l'emploi – DGEMP, France.  
[www.limousin.drire.gouv.fr/energie/barrages/glossaire.htm](http://www.limousin.drire.gouv.fr/energie/barrages/glossaire.htm)
- [9] : Portail francophone de pilotage de la performance, BI, état de l'art.  
[www.piloter.org/business-intelligence/business-intelligence-actuelle.htm](http://www.piloter.org/business-intelligence/business-intelligence-actuelle.htm),  
2010.
- [10] : Site Microsoft consacré au décisionnel.  
[www.microsoft.com/france/decisionnel](http://www.microsoft.com/france/decisionnel), 2010.
- [34] : Site de MySQL.  
[www.mysql.com](http://www.mysql.com), 2010.
- [35] : Site de JasperSoft.  
[www.jaspersoft.com/jaspersoft-business-intelligence-suite](http://www.jaspersoft.com/jaspersoft-business-intelligence-suite), 2010.