



# Mémoire de Projet de Fin d'Études

*Pour l'Obtention du Titre*

**D'Ingénieur d'État**

**Option**

**Sciences de l'information géographique**

**Sujet**

**Réalisation d'une application SIG web pour le suivi  
des retenues de barrages au Maroc**

**Soutenu par :**

**ERRAHAL Sara**

**SAFADI Hajar**

**Encadré par:**

**M. JARAROULIDI Hassane (EHTP)**

**M. JAMIL Hicham (Ministère)**

**M. EL RHERARI Aissam (Ministère)**

**Année Universitaire 2015-2016**

# Dédicaces

Je dédie cet humble travail avec grand amour, sincérité et fierté :

**A Mon Dieu Allah** qui m'a donné la volonté et le courage pour sa réalisation.

## **A mes chers parents**

Nul mot ne pourra vous exprimer mon profond amour et mon immense gratitude pour tous les sacrifices et le soutien que vous m'avez offerts.

## **A mes chers frères et mes chères sœurs**

Merci pour votre amour, votre soutien et votre encouragement.

## **A mes chères grandes mères**

Je vous souhaite une longue vie et un prompt rétablissement.

## **A mes très chères adorable tantes Fatiha et Naima**

Merci de m'avoir soutenu depuis mon tout petit âge, merci pour tes encouragements.

## **A mes oncles Driss et Rachid**

Merci pour vos aides et vos conseils

## **A toute ma famille**

## **A tous mes amis Choumicha , Hana, Hajar, Kenza et Khadija**

En souvenirs des beaux moments qu'on a passés ensemble

## **A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin**

## **Et à tous ceux qui m'aiment et qui ont cru en moi**

**Sara ERRAHAL**

# Dédicaces

En tout premier lieu, je remercie le bon ***Dieu***, tout puissant, de m'avoir donné la force de survivre aux difficultés, ainsi que le courage de les dépasser.

## ***A ma très chère mère EL ANSARI Hayat***

Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement; celle qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne serait assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte. Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études. Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.

## ***A mon cher père SAFADI Abdelouahed***

Je ne saurais exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as faits pour mon éducation et ma formation.

## ***A ma chère sœur Sokayna, à mon cher frère Mohamed Yahya***

J'espère que je serai votre sœur exemplaire comme vous m'avez toujours considérée, je vous remercie pour votre amour fraternel car vous n'avez jamais raté l'occasion pour me l'exprimer et je vous assure que c'est réciproque.

## ***A mon oncle SAFADI Ahmed et son épouse EL HAFIDI Rokaya, à mon oncle SAFADI Abdellah et son épouse Ghosne Nadia.***

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous remercie pour votre hospitalité sans égal et votre affection si sincère. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite.

## ***A tous les membres de ma famille, petits et grands***

Veuillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon affection

## ***A toutes mes amies des classes préparatoires : Khadija, Amina, Meryam, Bouchra, Fedoua, Kenza et de l'EHTP : Sara, Hana, Najat.***

Elles vont trouver ici le témoignage d'une fidélité et d'une amitié infinie.

## ***A tous mes professeurs***

Leur générosité et leur soutien m'obligent à leur témoigner mon profond respect et ma grande considération.

## ***Hajar SAFADI***

# Remerciements

Nous remercions Dieu, l'Unique, Lui qui nous gratifie de ses Bienfaits à tout moment et à tout instant.

Nous tenons en premier lieu à exprimer toute notre gratitude à Monsieur **Hicham JAMIL**, Chef du Service Etude et Développement des Systèmes d'Information au sein du Ministère délégué chargé de l'Eau et Madame **Houda SAIRI**, pour leur accueil, leur encadrement et l'intérêt qu'ils ont porté à notre travail en dépit de leurs responsabilités, pour toutes leurs remarques constructives et finalement pour leur sympathie.

Nos vifs et chaleureux remerciements vont également à Monsieur **Aissam EL RHERARI** Chef de Service Gestion de l'Eau, et Madame **Asmaa AIT BAHASSOU** qui ont eu la gentillesse d'accepter de nous encadrer et de diriger notre travail. Malgré l'intensité de leur travail et de leurs préoccupations nombreuses, ils ne refusaient pas de nous venir en aide. Nous leur remercions pour leurs précieuses informations, leur assistance, et leurs conseils.

Nous remercions également et très sincèrement notre Professeur **M.JARAR OULIDI Hassane**, Enseignant chercheur à l'Ecole Hassania des Travaux Publics (EHTP) qui a dirigé ce Projet de Fin d'Etudes (PFE), pour son encadrement. Nous lui sommes très reconnaissantes pour ses directives précieuses et conseils pertinents qui nous ont été d'un appui considérable dans notre démarche et pour sa confiance en l'occurrence.

Nous tenons, aussi, à remercier les autres membres du jury, d'avoir accepté de juger ce travail et de nous avoir fait l'honneur de leur participation.

Nous remercions le corps professoral de la filière S.I.G de l'EHTP et tout particulièrement **M. FADIL, M.JARAR OULIDI, M.ELHATIMI, M.ELBRIRCHI et M. ALAMI** pour leur aide et leur engagement à mener notre filière vers l'excellence....Merci

# Résumé

Le projet de fin d'études réalisé au sein du ministère délégué chargé de l'eau, pour l'obtention du diplôme d'ingénieur en Sciences de l'information géographique à l'École Hassania des Travaux Publics, porte sur la réalisation d'une solution SIG web pour le suivi des retenues de barrages.

Dans le cadre des efforts de modernisation qui sont menés par l'administration pour suivre l'évolution des progrès technologiques et faire face aux exigences futures et aux demandes croissantes des études et des projets, la DRPE vise à réaliser un projet relatif à l'élaboration des outils de la gestion des barrages et de l'aide à la décision. Ce projet consiste à mettre en place une base de données de gestion des retenues des barrages liés à une interface SIG. La base de données renferme deux outils de gestion des barrages à savoir :

- La chaîne de traitement des bilans journaliers
- L'élaboration et suivi des programmes de fournitures d'eau

L'application privilégie la facilité d'utilisation, le recours à des requêtes spatio-temporelles par exemple : localisation des barrages, des zones d'agglomérations. Ainsi, permet-elle d'effectuer des requêtes attributaires avancées. Elle est conçue de manière à ce qu'elle soit ouverte et paramétrable de façon à tenir compte de l'ajout d'ouvrages ou d'un nouvel usager.

L'application dont l'appellation est « HydroBarrages » sera installée au niveau central et au niveau de chaque agence de bassin avec un système de transfert de manière à avoir l'unicité de l'information et une base de données consolidée.

En vue d'aboutir aux objectifs soulignés, une étude préalable des besoins et de l'existant a été faite pour l'élaboration du cahier de charges. Simultanément, et en utilisant le processus 2 TUP, une étude technique a eu lieu pour choisir les outils les plus adéquats aux besoins fonctionnels de l'application. La conception de la solution a été élaborée par la suite en utilisant les diagrammes UML, suivie de la modélisation et l'implémentation de la base de données. La dernière partie est dédiée au développement de l'application Web.

Notre application se base sur la technologie Java EE7. Le serveur cartographique utilisé est Geoserver déployé sur le serveur d'application GlassFish, pour la partie interface elle est réalisée avec l'API AngularJs, Bootstrap et GeoExt. Enfin, les ressources sont gérées par le système de gestion de base de données PostgreSQL avec sa cartouche spatiale PostGIS.

Mots Clés : SIG, DRPE, SIG Web, Geoserver, PostgreSQL, PostGIS, J2EE, Bootstrap, AngularJs, 2 TUP, UML, API.

# Abstract

The following dissertation is submitted as a capstone project for the obtainment of the geographic information sciences engineering degree at the “Ecole Hassania des Travaux Publics”. The purpose behind our final year study project, realized within the ministry in charge of water, is to realize a web GIS solution for monitoring retaining dam.

As a part of modernization efforts that are carried by the administration to keep up with technology's evolution, and to manage the future requirements, the DRPE aims to realize a project on the development tools dam management and decision support. Our mission consists to set up a database to manage dam retained linked to a GIS interface; it contains two principal tools for management dam including:

- process chain for daily report of dam' reservoir
- The development and monitoring of water supply programs.

The following application is, principally, distinguished by its usability: the use of space-time queries via maps locating dams, cities ,... Thus, it allows advanced attribute queries: it is designed as to allow easy opening and configuration in a way that considers the addition of a new dams or a new user. The application "HydroBarrages" will be installed within the ministry and within each hydrological basin agency, with a transfer system in order to have the exclusivity of information and a consolidated database. In order to achieve the objectives outlined, a preliminary study of the needs and the existing was made for the development of specifications. Simultaneously, using the process 2 TUP, a technical study was held to select the most appropriate tools to the functional needs of our application. The design of the solution was developed using UML diagrams, followed by modeling and implementation of the database. The last part is dedicated to the development of the web application. The solution "HydroBarrages" is based on Java EE7 technology, The GIS server used is Geoserver deployed on GlassFish server; as for the interface part, we used the API AngularJs and bootstrap and library geoExt . Finally, for the persistence part, we used the PostgreSQL database management system with its spatial plugin PostGIS.

Word key: SIG, DRPE, SIG Web, Geoserver, PostgreSQL, PostGIS, J2EE, Bootstrap, AngularJs, 2 TUP, UML, API.

# Liste des abréviations

Abréviation	Signification
<b>.shp</b>	Shape file
<b>2TUP</b>	TwoTrackUnifiedProcess
<b>ABH</b>	Agence de Bassin Hydraulique
<b>AEP</b>	Apport en Eau potable
<b>API</b>	Application Programming Interface
<b>Bv</b>	Bassin versant
<b>CSS</b>	Cascading Style Sheets
<b>CSV</b>	Comma-separated values
<b>DAO</b>	Data Access Object
<b>DRPE</b>	Direction de la Recherche et Planification de l'Eau
<b>E</b>	Electricité
<b>HTML</b>	HyperText MarkupLanguage
<b>http</b>	HyperText Transfer Protocol
<b>Irrig</b>	Irrigation
<b>IDE</b>	Integreted Development Environment
<b>IHM</b>	Interface Homme Machine
<b>J2EE</b>	Java Enterprise Edition
<b>JSP</b>	JavaServer Pages
<b>MAJ</b>	Mise à jour
<b>MVC</b>	Modèle Vue Contrôleur
<b>PNI</b>	Plan National de lutte contre les Inondations
<b>Rh</b>	Réseaux hydrographiques
<b>SGBD</b>	système de gestion de bases de données
<b>SGE</b>	Service de la Gestion de l'Eau
<b>SIG</b>	Système d'Information Géographique
<b>SQL</b>	Structured Query Language
<b>UML</b>	Unified Modeling Language
<b>URL</b>	Uniform Resource Locator
<b>VB</b>	Visual basic

# Table des figures

Figure 1 : Organigramme du Ministère .....	18
Figure 2 : Le processus 2TUP .....	24
Figure 3 : Le diagramme de Gantt.....	26
Figure 4 : Architecture logique de la solution .....	46
Figure 5 : L'architecture Technique de la solution.....	48
Figure 6 : Diagramme du contexte .....	51
Figure 7: Diagramme de cas d'utilisation d'un administrateur .....	53
Figure 8 : Diagramme de séquence "Administration" .....	54
Figure 9 : Diagramme du cas d'utilisation des fonctionnalités SIG de base.....	55
Figure 10 : Diagramme de séquence "Fonctionnalités SIG de base" .....	56
Figure 11 : Diagramme de cas d'utilisation de la recherche rapide .....	57
Figure 12 : Diagramme de séquence "Recherche rapide" .....	58
Figure 13 : Diagramme de cas d'utilisation des requêtes avancées .....	60
Figure 14 : Diagramme de séquence "Requêtes attributaires et spatiales avancées sur les barrages " ..	61
Figure 15 : Diagramme de séquence "Gestion des crues de barrages".....	62
Figure 16 : Diagramme de cas d'utilisation des bilans sur la retenue des barrages .....	65
Figure 17 : Diagramme de cas d'utilisation des bilans des programmes des fournitures .....	65
Figure 18 : Diagramme de séquence "Bilans Hydrauliques" .....	66
Figure 19 : Diagramme de cas d'utilisation de la cartographie thématique.....	68
Figure 20 : Diagramme de séquence "Cartographie thématique" .....	68
Figure 21 : Diagramme de cas d'utilisation de la MAJ des entités hydrologiques .....	70
Figure 22 : Diagramme de séquence "Ajout d'un nouveau barrage .....	70
Figure 23 : Diagramme de séquence "MAJ attributaire d'un barrage" .....	71
Figure 24 : Diagramme de cas d'utilisation de la MAJ des données de mesure hydrologiques .....	73
Figure 25 : Diagramme de séquence "MAJ de la retenue des barrages" .....	74
Figure 26 : Diagramme de séquence "MAJ du programme de la fourniture" .....	75
Figure 27 : Macro développée en VB sous Excel .....	84
Figure 28 : Exemple de fichier Excel sur la situation des barrages.....	85
Figure 29 : Exemple de fichier Excel .csv résultant de la Macro .....	86
Figure 30 : Environnement de développement.....	90
Figure 31 : Page d'authentification .....	91
Figure 32 : Interface de MAJ des utilisateurs.....	92
Figure 33 : Interface de restauration des entités hydrologiques .....	94
Figure 34 : Interface d'accueil de l'application .....	94
Figure 35 : Exemple d'impression d'une carte.....	95
Figure 36 : Exemple d'impression d'une carte.....	95
Figure 37 : Légende.....	95
Figure 38 : Accès rapide.....	96
Figure 39 : Symbologie des barrages selon l'écart journalier .....	97
Figure 40 : Popup contenant les informations sur l'écart journalier du barrage « MOHAMED 5 ».....	97
Figure 41 : Guide d'utilisation .....	98
Figure 42 : Interface des requêtes avancées sur les barrages .....	99
Figure 43 : Résultat tabulaire des requêtes avancées sur les barrages.....	99
Figure 44 : Résultat spatial des requêtes avancées sur les barrages .....	100
Figure 45 : Exemple de la gestion des crues de barrages .....	100
Figure 46: Résultat spatial de la gestion des crues de barrages.....	101

Figure 47 : Exemple d'une requête spatiale sur l'intersection .....	101
Figure 48 : Résultat de la requête spatiale sur l'intersection .....	102
Figure 49 : Exemple d'une requête spatiale sur l'intersection d'une zone de tampon .....	102
Figure 50 : Résultat de la requête spatiale sur l'intersection d'une zone de tampon .....	103
Figure 51 : Interface du bilan hydraulique de la variation de la retenue des barrages .....	104
Figure 52 : Exemple du résultat tabulaire de la variation journalière de retenue de barrages .....	105
Figure 53 : Exemple du résultat graphique de la variation journalière de retenue de barrages .....	105
Figure 54 : Exemple de rapport résultant d'une requête sur de la variation journalière de retenue de barrages .....	107
Figure 55 : Interface du bilan hydraulique de la variation de la retenue de barrages gérés par une ABH .....	108
Figure 56: Exemple du résultat tabulaire de la variation journalière de retenue des barrages gérés par une ABH.....	108
Figure 57 : Exemple du résultat graphique de la variation journalière de retenue des barrages gérés par une ABH.....	109
Figure 58 : Interface du bilan hydraulique de la variation de la retenue des barrages au niveau national .....	109
Figure 59 : Exemple du résultat tabulaire de la variation journalière de retenue des barrages au niveau national .....	110
Figure 60 : Exemple du résultat graphique de la variation journalière de retenue des barrages au niveau national .....	110
Figure 61 : Interface de l'évaluation mensuelle des programmes de fournitures .....	111
Figure 62 : Exemple du résultat tabulaire de la variation mensuelle de la dotation en fourniture .....	112
Figure 63 : Exemple du résultat graphique de la variation mensuelle de la dotation en fourniture ....	112
Figure 64 : Exemple de rapport résultant d'une requête sur de la variation mensuelle de la dotation en fourniture .....	113
Figure 65 : Interface de l'évaluation annuelle des programmes de fournitures .....	114
Figure 66 : Exemple du résultat graphique de la variation annuelle de la dotation en fourniture .....	114
Figure 67 : Exemple de rapport résultant d'une requête sur de la variation annuelle de la dotation en fourniture.....	115
Figure 68 : Interface de la MAJ de la retenue de barrages .....	116
Figure 69 : MAJ manuelle de la retenue de barrages .....	116
Figure 70 : Import de fichier Excel pour la MAJ de la retenue de barrages.....	117
Figure 71 : Interface de la MAJ de la dotation en fourniture .....	117
Figure 72 : Ajout d'un nouveau barrage .....	118
Figure 73 : MAJ des coordonnées d'un barrage .....	119
Figure 74 : MAJ attributaire d'un barrage .....	119
Figure 75 : Fiche sur le serveur cartographique Geoserver.....	124
Figure 76 : Fiche sur le serveur cartographique Deegree .....	125
Figure 77 : Fiche sur le serveur cartographique MapGuide .....	126
Figure 78 : Fiche sur le serveur cartographique MapServer .....	127
Figure 79 : Fiche sur le serveur cartographique Quantum GIS Server .....	128
Figure 80 : Interface de localisation spatiale d'un endroit .....	132
Figure 81 : Interface de localisation spatiale des données hydrologiques, découpage administratif et les données hydrographiques .....	132
Figure 82 : Symbologie des barrages selon "L'écart mensuel" .....	133
Figure 83 : Symbologie des barrages selon "L'écart annuel" .....	133
Figure 84 : Symbologie des barrages selon "L'écart 1 Septembre" .....	134
Figure 85 : Exemple de résultat tabulaire de la variation mensuelle de la retenue de barrages .....	134
Figure 86 : Exemple de résultat graphique de la variation mensuelle de la retenue de barrages .....	135

Figure 87 : Exemple de résultat tabulaire de la variation annuelle de la retenue de barrages .....	135
Figure 88 : Exemple de résultat graphique de la variation annuelle de la retenue de barrages .....	136
Figure 89 : Exemple de résultat tabulaire de la variation mensuelle de la retenue de barrages d'une ABH .....	136
Figure 90 : Exemple de résultat graphique de la variation mensuelle de la retenue de barrages d'une ABH .....	137
Figure 91 : Exemple de résultat tabulaire de la variation annuelle de la retenue de barrages d'une ABH .....	138
Figure 92 : Exemple de résultat graphique de la variation annuelle de la retenue de barrages d'une ABH .....	138
Figure 93 : Exemple de résultat tabulaire de la variation mensuelle de la retenue de barrages du royaume .....	139
Figure 94 : Exemple de résultat graphique de la variation mensuelle de la retenue de barrages du royaume .....	139
Figure 95 : Exemple de résultat tabulaire de la variation annuelle de la retenue de barrages du royaume .....	140
Figure 96 : Exemple de résultat tabulaire de la variation annuelle de la retenue de barrages du royaume .....	140

# Tableaux

Tableau 1 : Comparaison entre les deux plateformes de développement JEE et .NET .....	35
Tableau 2 : Comparaison entre les deux serveurs web Tomcat et Glassfish .....	36
Tableau 3 : Comparaison entre les serveurs cartographiques Geoserver et Mapserver.....	38
Tableau 4 : Critère de l'étude comparative entre les SGBDs .....	40
Tableau 5 : Comparaison entre les SGBDs MySQL et PostgreSQL.....	40
Tableau 6 : Description du module DAO.....	46
Tableau 7 : Description du module Service .....	47
Tableau 8 : Description du module Web.....	47
Tableau 9 : Fiche descriptive de l'application .....	50
Tableau 10 : Scénario de l'administration.....	53
Tableau 11 : Scénario des fonctionnalités SIG de base .....	55
Tableau 12 : Scénario de la recherche rapide .....	57
Tableau 13 : Scénario des requêtes avancées .....	59
Tableau 14 : Scénario générations des statistiques.....	63
Tableau 15 : Scénario de la cartographie thématique.....	67
Tableau 16 : Scénario de la MAJ des entités hydrologiques.....	69
Tableau 17 : Scénario Maj des données de mesure hydrologique.....	72
Tableau 18 : Description des couches de données .....	80
Tableau 19 : Qualité de la base de données.....	87
Tableau 20 : Etude comparative entre les plateformes de développement.....	123
Tableau 21 : Dictionnaire de données de la table "Barrages" .....	129
Tableau 22 : Dictionnaire de données de la table "ABH" .....	129
Tableau 23 : Dictionnaire de données de la table "Bv" .....	129
Tableau 24 : Dictionnaire de données de la table "Rh" .....	130
Tableau 25 : Dictionnaire de données de la table "Provinces" .....	130
Tableau 26 : Dictionnaire de données de la table "Communes" .....	130
Tableau 27 : Dictionnaire de données de la table "HistoriqueRetenue" .....	130
Tableau 28 : Dictionnaire de données de la table "HistoriqueFourniture" .....	131

# Table des matières

Liste des abréviations .....	7
Table des figures .....	8
Tableaux .....	11
Table des matières .....	12
<b>Introduction générale</b> .....	15
<b>Chapitre 1</b> .....	16
Contexte général du projet .....	16
1. Présentation de l'organisme d'accueil .....	17
1.1 Présentation générale .....	17
1.2 Organigramme.....	18
2. Présentation du projet.....	19
2.1 Le cadre du projet .....	19
2.2 Les objectifs du projet.....	20
2.3 L'approche Métier.....	21
3. Conduite du projet .....	23
3.1 Processus de développement.....	23
3.2 Planning du projet.....	26
4. Conclusion :.....	26
<b>Chapitre 2</b> .....	27
<b>Etude fonctionnelle</b> .....	27
1. Analyse des besoins .....	28
2. Architecture fonctionnelle .....	28
3 Conclusion.....	32
<b>Chapitre 3</b> .....	33
<b>Etude technique</b> .....	33
1. Introduction .....	34
2. Etude comparative .....	34
2.1 Motivation du choix de l'open source.....	34
2.2 Choix de la plateforme de développement .....	35
2.3 Choix du serveur d'application et du serveur cartographique .....	36
2.4 Choix de l'API client webmapping .....	38
2.5 Etude comparative entre les différents SGBDs spatiaux .....	39
3. Technologie et outils de mise en œuvre.....	41

<b>3.1</b>	<b>Outils de conception et de planification.....</b>	41
<b>3.2</b>	<b>Frameworks et langages de développement.....</b>	41
<b>3.3</b>	<b>Environnement de développement.....</b>	43
<b>3.4</b>	<b>API et outil de reporting .....</b>	45
<b>4.</b>	<b>L'architecture de la solution.....</b>	45
<b>4.1</b>	<b>L'architecture logique de la solution .....</b>	45
<b>4.2</b>	<b>L'architecture logicielle de la solution.....</b>	47
<b>5.</b>	<b>Conclusion.....</b>	48
<b>Chapitre 4.....</b>		49
<b>Analyse et conception.....</b>		49
<b>1</b>	<b>Fiche descriptive .....</b>	50
<b>2.</b>	<b>Diagramme du contexte .....</b>	51
<b>3.</b>	<b>Diagrammes des cas d'utilisation.....</b>	52
<b>3.1</b>	<b>Diagramme du cas d'utilisation général.....</b>	52
<b>3.2</b>	<b>Description des cas d'utilisation et diagrammes de séquences.....</b>	53
<b>4</b>	<b>Diagramme de classe .....</b>	76
<b>4.1</b>	<b>Les éléments constituants le diagramme de classes .....</b>	76
<b>4.2</b>	<b>Le diagramme de classes.....</b>	76
<b>4.3</b>	<b>Liste des attributs ou Dictionnaire de données .....</b>	78
<b>5</b>	<b>Conclusion.....</b>	78
<b>Chapitre 5.....</b>		79
<b>Base de données .....</b>		79
<b>1.</b>	<b>Introduction .....</b>	80
<b>2.</b>	<b>Description et présentation des données.....</b>	80
<b>3.</b>	<b>Implémentation de la base de données .....</b>	83
<b>3.1</b>	<b>Préparation des données .....</b>	83
<b>3.2</b>	<b>Import des fichiers Excel sur la situation quotidienne des barrages vers notre base de données :.....</b>	83
<b>4.</b>	<b>Contrôle de qualité de la base de données.....</b>	86
<b>5.</b>	<b>Conclusion.....</b>	88
<b>Chapitre 6.....</b>		89
<b>Réalisation.....</b>		89
<b>1.</b>	<b>Introduction .....</b>	90
<b>2</b>	<b>Préparation de l'environnement de développement.....</b>	90
<b>3</b>	<b>Description de l'interface IHM .....</b>	91

<b>Conclusion générale .....</b>	120
<b>Annexes .....</b>	123

## **Introduction générale**

Actuellement, avec la croissance de la population, la multiplication des problèmes des sécheresses et des inondations, la gestion des ressources en eau et les demandes en informations et en études des ressources en eau deviennent de plus en plus nombreuses et exigeantes.

Le secteur hydraulique a fait un effort important en matière de planification régionale des ressources en eau à moyen et long terme. La planification des ressources en eau doit bien évidemment être en cohérence avec les options majeures de l'ensemble des secteurs connexes dont notamment l'eau potable, l'agriculture, l'assainissement et l'épuration des eaux usées industrielles et domestiques. Le développement de ces secteurs indépendants doit donc être conduit de manière concertée et coordonnée.

La politique de construction des barrages a permis, à travers plus de 148 grands barrages, à mobiliser d'importantes ressources de cette denrée rare qu'est l'eau et a contribué de manière significative au développement socio-économique du pays. Cette politique des barrages, initiée par feu SM le Roi Hassan II, a contribué à la satisfaction de l'approvisionnement des secteurs de l'eau potable, de l'industrie et de l'irrigation et a fait du Maroc un modèle dans la mobilisation et la valorisation des ressources en eau.

Partant de cela, il est utile de mettre en place de nouvelles techniques de travail qui utilisent les possibilités offertes par les progrès informatiques actuels dont notamment, la représentation spatiale des données et l'accès rapide à l'information pour faire le suivi des retenues de barrages.

C'est dans cette perspective que nous avons réalisé « HydroBarrages », une application SIG web pour l'élaboration des bilans hydrauliques des barrages.

# Chapitre 1

---

## Contexte général du projet

Dans la première section de ce chapitre, nous donnons un bref aperçu sur l'organisme d'accueil, son organisation et son domaine d'activités. La deuxième section sera consacrée à la définition du projet, ses objectifs ainsi que la démarche adoptée pour mener à bien notre Projet de Fin d'Etud

# **1. Présentation de l'organisme d'accueil**

## **1.1 Présentation générale**

A part son caractère stratégique, la politique nationale de développement du secteur de l'eau constitue une partie essentielle de la politique du développement durable du pays.

Autrefois, intégré dans la famille de l'Équipement pour des raisons politiques et d'efficacité, ce secteur qui a acquis expérience et savoir-faire est érigé depuis le 7 novembre 2002 en Secrétariat d'État chargé de l'Eau (S.E.E). C'est une première étape qui marque l'intérêt prioritaire du Gouvernement à l'accomplissement des missions dévolues à ce Département. Depuis Octobre 2013, le Département de l'Eau est érigé en Ministère Délégué auprès du Ministre de l'Énergie, des Mines, de l'Eau et de l'Environnement, chargé de l'Eau.

### Mission :

Ses missions principales

- la recherche et l'évaluation des ressources en eau.
- L'évaluation des ressources en eau superficielles et souterraines.
- La Planification et la Gestion des eaux.
- Le Contrôle et la protection de la qualité des ressources en eau.
- L'Etude des ouvrages hydrauliques.
- La réalisation, la maintenance et l'exploitation des ouvrages hydrauliques.
- Les études et la réalisation des petits ouvrages hydrauliques, notamment pour la lutte contre les effets de la sécheresse et la protection contre les inondations. La veille météorologique et l'information sur l'évolution du climat.
- La recherche-développement dans les domaines du climat et de l'eau.
- la veille météorologique et l'information sur l'évolution du climat.

## Son actif

- Approvisionnement en eau potable assuré et sécurisé pour 100% de la population en milieu urbain et 95% de la population en milieu rural;
- Développement de l'irrigation : importante infrastructure permettant l'irrigation de plus de 1.5 millions d'hectares de terres agricoles;
- Valorisation énergétique des ouvrages hydrauliques : participation en moyenne à 10% de la production énergétique nationale;
- Protection contre les inondations des villes et des plaines;
- Cadre législatif moderne : loi 10-95 sur l'eau et plus de 77 textes d'application. Cette loi est en cours de révision;
- Un important réseau de mesure climatologique, hydrologique, d'annonce de crues piézométriques et de contrôle de la qualité de l'eau, couvrant l'ensemble des bassins versants du Royaume, permet le suivi et l'évaluation quantitatifs et qualitatifs du climat et des ressources en eau superficielles et souterraines.

## 1.2 Organigramme

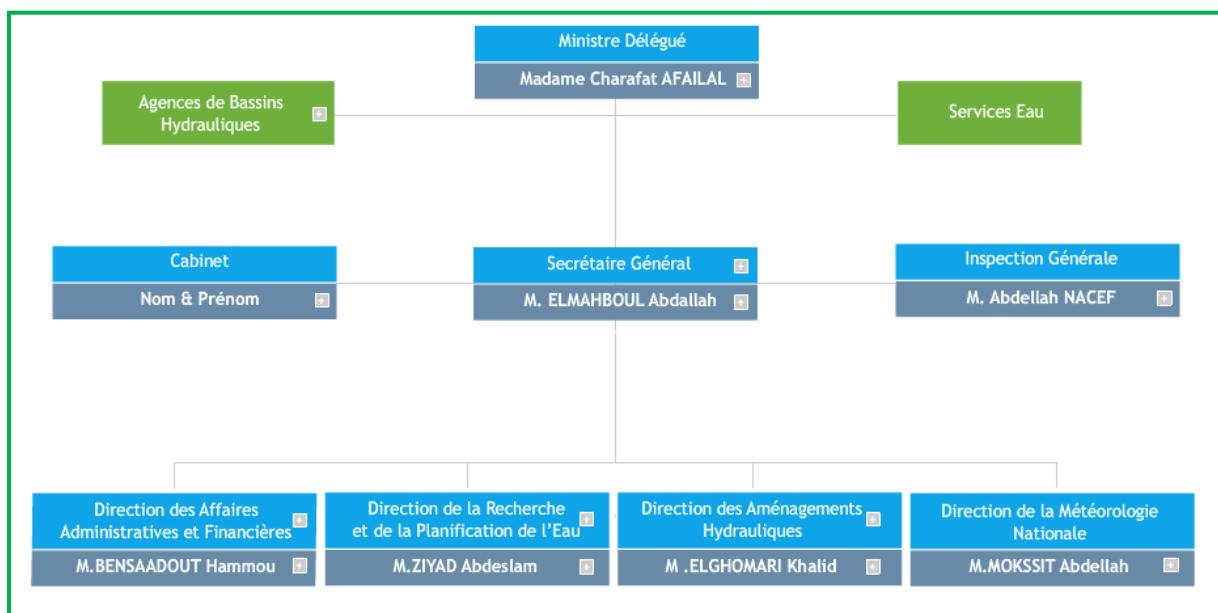


Figure 1 : Organigramme du Ministère

Nous travaillons notre PFE au sein de la Direction des Affaires Administratives et Financières, Division Organisation et Systèmes d'information, plus précisément, au sein du Service Etude et Développement de Systèmes d'Information. Notre travail va répondre aux besoins du service Gestion de l'Eau, Division Planification et Gestion de l'eau, Direction de la recherche et Planification de l'Eau.

## 2. Présentation du projet

### 2.1 Le cadre du projet

Dans le cadre de notre projet de fin d'études, nous allons travailler sur le sujet suivant : Réalisation d'une application SIG web pour le suivi des retenues des barrages au Maroc. Le ministère délégué chargé de l'eau nous a proposé d'élaborer un Système d'Information Géographique qui a pour objectif de gérer les retenues des barrages et de contrôler les dotations en fournitures pour les grands barrages du royaume.

L'application en question a pour but de présenter au service Gestion de l'Eau, un environnement de travail sécurisé, partagé et efficace. Le fruit de notre PFE doit être un outil de prise de décisions qui va aider les responsables du ministère à exploiter l'historique sur la situation des barrages pour faire des prévisions à court et à long terme. L'affectation des volumes d'eau qui vont être attribués à la PAO, l'irrigation et au turbinage est l'une des finalités de la gestion des retenues des barrages. En plus, cette gestion peut aider à faire face aux situations exceptionnelles, exemple : les crues des barrages.

« HydroBarrages » offre non seulement des fonctionnalités de mise à jour spatiales et attributaires avancées mais aussi des fonctionnalités géo décisionnelles sur la situation des retenues de barrages, des dotations en fournitures par zone temporelle.

Ce travail suppose une étude préliminaire sur le métier des ressources en eau en général et le métier d'un barragiste en particulier et vise une conception optimale de la base de données.

## 2.2 Les objectifs du projet

Comme toute application web, notre application doit vérifier le maximum des objectifs suivants :

- Garantie de la maintenance.
- Rapidité du temps de réponse.
- Fiabilité de l'utilisation.
- Sécurité d'accès.
- Evolutivité du contenu.
- Efficacité de répondre aux besoins de l'utilisateur.
- Facilité d'emploi.

Notre application doit surtout garantir :

- La gestion sécurisée des utilisateurs.
- La mise à jour des barrages
- La mise à jour des retenues des barrages.
- La mise à jour des dotations en fournitures par barrage.
- L'affichage de la situation des retenues d'un barrage par zone temporelle.
- L'affichage de la situation des retenues des barrages d'une Agence de Bassin Hydraulique par zone temporelle.
- L'affichage de la situation des retenues de barrages du royaume par zone temporelle.
- Contrôle mensuel de la dotation en une fourniture (eau potable, irrigation ...) par barrage pour une période qui s'étale entre le début de l'année hydrologique (1 Septembre) et une date précise.
- Contrôle annuel de la dotation en fourniture par barrage.
- Les recherches spatio-temporelles pour la gestion des crues des barrages.
- La génération des cartes thématiques et des rapports de synthèse.

## 2.3 L'approche Métier

Avant de se lancer dans la réalisation du projet en cours, une étape de compréhension des différentes notions du métier s'avère nécessaire. Elle permet d'avoir une idée globale sur le métier de la gestion de l'eau au Maroc.

### **Elaboration de la situation journalière des retenues des barrages**

La situation des bilans hydrauliques des grands barrages est élaborée chaque jour et diffusée à Mme la Ministre, aux directeurs centraux et services centraux concernés, à la protection civile, à la Gendarmerie Royale, à l'ONEP, au Ministère de l'Agriculture et la pêche Maritime et au grand public par le site du ministère.

#### *Le processus de la réalisation :*

Les chefs des grands barrages envoient par radio aux services centraux à Rabat et aux Agences des bassins hydrauliques auxquels ils appartiennent, chaque matin (7h) les informations suivantes :

- la côte de la retenue du barrage : on déduit par le barème bathymétrique le plus récent la surface et le volume de la retenue correspondants
- les débits vidangés, évacués, les fournitures d'eau destinées à l'AEPI, Irrigation et la production hydro-électrique : on déduit de ces données l'apport d'eau entré.
- Ces données alimentent de façon régulière le système d'information de gestion des barrages.

### **Elaboration des rapports de suivi de la situation hydrologique, des communiqués de presse et de la situation des retenues de barrages : Rapport mensuel, trimestriel, semestriel et annuel**

Les rapports, notes et communiqués préparés par le service sont caractérisés par :

- Une fréquence qui dépend de l'évolution de la situation hydrologique.
- Une collaboration étroite avec les services de l'hydrologie, de l'hydrogéologie et des ABH.

### Le processus de la réalisation :

A la fin du mois, les chefs des barrages envoient un bilan journaliers des grands barrages qui contient en plus des informations envoyées par radio les éléments suivants : l'évaporation, les fuites, les apports d'eau enregistrés. Ces bilans sont archivés au niveau de l'application de gestions des barrages

### **Le suivi et la validation des consignes de gestion des retenues de barrages**

Le SGE assure :

- Un suivi en temps réel des entrées et sorties d'eau aux barrages, surtout pendant les périodes de crues ou le temps de suivi (peut-être l'heure ou même une fraction de l'heure) ;
- Le suivi avec les ABH des programmes prévisionnels des fournitures d'eau et leur révision. Les programmes sont établis avec les partenaires (ONEE branche eau et électricité, ministère d'agriculture, ORNVA..) au début des campagnes agricoles (septembre) et ajustés au cours de l'année selon l'évolution de la situation hydrologique.

### **Le contrôle de l'envasement des retenues de barrages**

Le SGE s'occupe de la détermination de l'envasement des retenues de barrages et de la protection des barrages contre l'envasement.

### **La réalisation des études de gestion de l'eau et de la propagation des ondes d'ouverture et de rupture des barrages**

### **La protection contre les inondations**

- Elaboration de la situation nationale de la protection contre les inondations validée avec les ABH ;
- Actualisation du PNI.

### **3. Conduite du projet**

Dans un projet informatique, il est très impératif de se baser sur une démarche structurée qui décrit son déroulement.

Le choix de la conduite du projet est une phase déterminante dans son accomplissement en de bonnes conditions. Il faut donc bien définir une méthodologie du travail, ainsi qu'un processus de développement et en déduire le planning du projet à suivre.

Dans ce qui suit, nous allons présenter d'abord la démarche du travail suivie par les différentes phases de l'élaboration du projet, en fin nous allons décrire le planning prévisionnel.

#### **3.1 Processus de développement**

##### *Choix du processus*

Notre application « HydroBarrages » doit répondre à des objectifs ciblés par le ministère donc elle requiert un grand sens de rigueur et d'adaptation aux changements. En effet, il est nécessaire de définir un processus de développement qui répond le plus au déroulement du projet.

Ayant conscience de cette nécessité, nous avons choisi d'axer notre travail sur un processus itératif réduisant la complexité de la réalisation des phases en travaillant par approches successives et incrémentales. Cela permettra de présenter rapidement aux utilisateurs des éléments de validation et de gérer efficacement des risques en abordant, dès les premières itérations, les points difficiles ou importants.

Au début de notre stage, et grâce aux réunions successives avec l'équipe de la DRPE, nous étions éclairées sur les points importants durant la phase du lancement du projet. Il s'avérait aussi que le choix de la technologie et l'architecture du futur système étaient cruciaux. Suite à des recherches, nous avons trouvé que le processus 2TUP « TwoTrackUnified Process » s'articule ensuite autour de trois phases essentielles : une branche technique, une branche fonctionnelle et une phase de réalisation, il semblait donc le plus adapté pour mener à bien notre projet.

## Présentation du processus

La famille des “ UnifiedProcess ” constitue une trame commune pour intégrer les meilleures pratiques de développement. Un processus UP est itératif et incrémental, centré sur l’architecture, conduit par les exigences des utilisateurs, piloté par les risques et orienté composants.

Le processus 2TUP se situe dans cette lignée, en insistant sur la non-corrélation initiale des aspects fonctionnels et techniques. « 2 Tracks » signifie littéralement que le processus suit deux chemins. Il s’agit des chemins « fonctionnel » et « d’architecture technique », qui correspondent aux deux axes des changements imposés au système informatique.

L’axiome fondateur du 2TUP a été le constat que toute évolution imposée au système d’information peut se décomposer et se traiter parallèlement, suivant un axe fonctionnel et un axe technique. Les résultats, issus des évolutions du modèle fonctionnel et de l’architecture technique, fusionnent ensuite pour une troisième branche qui comporte la conception et la réalisation du système, ce qui donne la forme d’un processus de développement en Y.

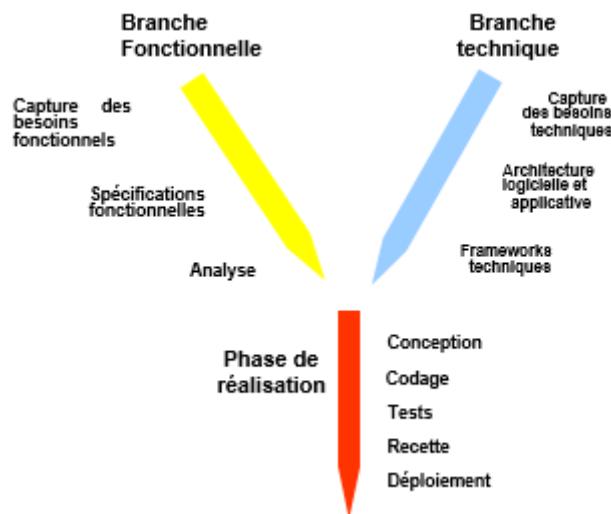


Figure 2 : Le processus 2TUP

Le processus en Y, illustré dans la figure ci-dessus, s’articule autour de trois branches :

### **Branche fonctionnelle :**

Cette branche comporte les deux phases suivantes :

Capture des besoins fonctionnels, qui permet, après une étude et une analyse du système existant, de produire le modèle des besoins focalisé sur le métier des utilisateurs. Elle qualifie, au plutôt le risque de produire un système inadapté aux utilisateurs.

Durant cette phase, nous nous consacrons dans un premier temps, à étudier la situation actuelle afin de décrire les limites du système existant, de cerner le problème et de concevoir le système projeté. Dans un deuxième temps, nous déterminons les besoins fonctionnels et opérationnels qui permettent de définir les objectifs et modules de l'application.

L'analyse fonctionnelle, qui consiste à étudier précisément la spécification fonctionnelle de manière à obtenir une idée de ce qu'offrira le système en termes de métier. Les résultats de l'analyse ne dépendent d'aucune technologie particulière.

### **Branche architecture technique :**

La branche architecture technique, quant à elle, comporte les deux phases suivantes :

- La capture des besoins techniques, qui recense toutes les contraintes sur les choix techniques du système. En effet, les outils et le matériel sélectionné ainsi que la prise en compte des contraintes d'intégration avec l'existant conditionnent généralement des pré-requis d'architecture technique.
- La conception générique, qui définit ensuite les composants nécessaires à la construction de l'architecture technique. Cette conception est complètement indépendante des aspects fonctionnels. Elle a pour objectif d'uniformiser et de réutiliser les mêmes mécanismes pour tout un système. L'architecture technique construit le squelette du système informatique et écarte la plupart des risques de niveau technique. L'importance de sa réussite est telle qu'il est conseillé de réaliser un prototype pour assurer sa validité.

### **Branche de mise en œuvre**

Cette branche comporte les phases suivantes :

- La conception préliminaire, qui représente une étape délicate, car elle intègre le modèle d'analyse fonctionnelle dans l'architecture technique de manière à tracer la cartographie des composants du système à développer. C'est une étape critique que nous validons d'une manière itérative et incrémentale avec les futurs utilisateurs de l'application.
- La conception détaillée, qui étudie ensuite comment réaliser chaque composante et qui donne une image prête à coder du futur système.

- L'étape de codage, qui produit les composantes du système et teste au fur et à mesure les unités de code réalisées. Elle consiste en le développement des différentes interfaces utilisateurs, en utilisant les différents langages de développement choisis et par la suite le déploiement de l'application afin d'exploiter les services offerts.
- L'étape de recette, qui consiste enfin à valider les fonctionnalités du système développé.

## 3.2 Planning du projet

La planification est une étape très importante qui permet d'assurer le bon déroulement du projet tout au long des phases constituant le cycle de développement.

Pour mieux appréhender les différentes phases de réalisation du projet, un planning a été établi pour toute la durée de notre stage.

La figure suivante présente le diagramme de Gantt :

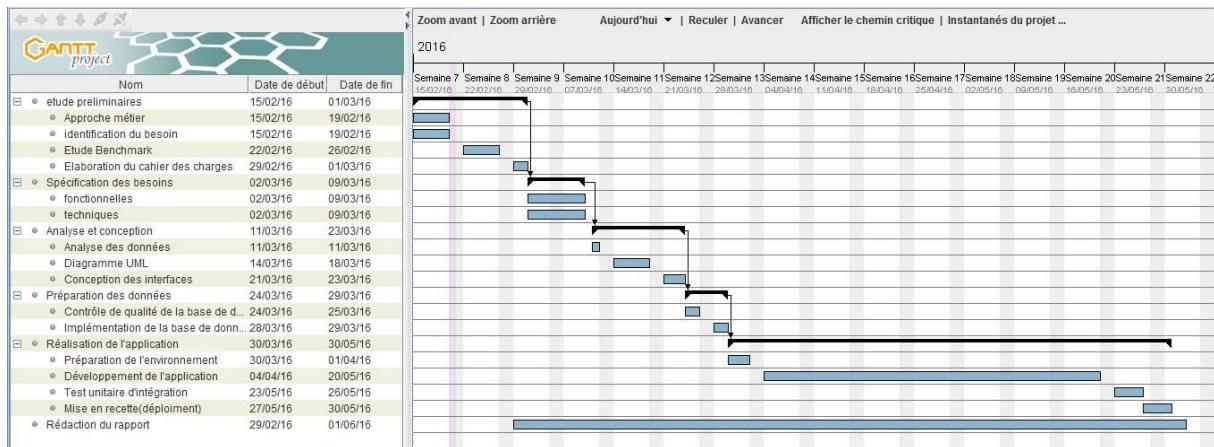


Figure 3 : Le diagramme de Gantt

## 4. Conclusion :

Après avoir donné une idée sur l'organisme d'accueil, le contexte du projet et sur le processus de développement qui permet de bien mener le déroulement de notre travail, nous allons, dans le chapitre suivant, mener une étude fonctionnelle de notre application.

# Chapitre 2

---

## Etude fonctionnelle

**La réalisation de l'application « HydroBarrages » nécessitera la mise au point d'un nombre de structures susceptibles de faciliter sa manipulation ainsi que sa compréhension par l'utilisateur final.**

**Dans un premier temps, une analyse générale du problème sera effectuée ; cette dernière nous permettra de dégager les différents besoins pour une meilleure conceptualisation du projet.**

# 1. Analyse des besoins

Après avoir étudié l'existant, on se rend compte que les besoins liés au suivi des retenues des barrages sont nombreux et diversifiés. Les paragraphes qui suivent présentent succinctement les principaux besoins exprimés lors des réunions avec le chef de Service Gestion de l'Eau (direction de la recherche et de la planification de l'eau).

- Exploitation des fichiers Excel sur l'historique de la situation des barrages pour implémenter la base de données
- Traitement des bilans journaliers des retenues des barrages et la diffusion des bulletins quotidiens, mensuels et annuels.
- Elaboration et suivi des programme des fournitures: gestion prévisionnelle.
- Gestion des crues des barrages.

# 2. Architecture fonctionnelle

Dans cette partie dite architecture fonctionnelle, qui présente le dit périmètre du projet, nous allons présenter l'ensemble des modules qui seront développés dans l'application, en nous basant sur les besoins précités. Chaque module regroupe un ensemble de fonctionnalités cohérentes et homogènes qui assurent le bon fonctionnement de l'application.

## ✓ Module Administration de l'application

Ce module-là doit être divisé en deux :

**Administration des utilisateurs** : seul l'administrateur de l'application peut ajouter, modifier ou supprimer un compte d'utilisateur. En ce qui concerne l'ajout d'un utilisateur, l'administrateur doit indiquer s'il s'agit d'un consultant, un opérateur ou bien un administrateur.

**Restauration des entités** : si l'opérateur a commis une erreur de suppression, il peut faire appel à l'administrateur pour faire la restauration de l'état précédent.

## ✓ **Module SIG de base**

Le système offre un menu englobant un ensemble de fonctionnalités utiles à savoir :

- La barre de navigation : un ensemble d'outils de zoom et de déplacement pour assurer une souplesse lors de la consultation de la carte.
- La possibilité d'identifier les entités d'une couche grâce à une fiche de renseignement sur un objet sélectionné sur la carte.
- La possibilité de visualiser un plan de situation.
- La gestion de la visibilité et ordre des couches.

## ✓ **Module Statistiques : variation de la retenue des barrages/ variation de la dotation en fournitures.**

Des besoins liés à la prise de décision : on retrouve ici les fonctions de type décisionnel. Les utilisateurs expriment un fort besoin face à ces fonctions .A titre d'exemple, l'évolution de la retenue des barrages (ou bien la retenue de l'ensemble des barrages gérée par une ABH, ou bien la variation de la retenue des barrages pour tout royaume) quotidiennement, mensuellement ou bien annuellement. Cette évaluation va nous permettre de prendre des décisions en termes de quantité d'eaux qui va être réservée à l'AEP, aux zones irriguées et à la production de l'électricité.

Ce module statistique va nous permettre également de faire le suivi mensuel et annuel des programmes des fournitures.

## ✓ **Module recherche rapide**

**Recherche par coordonnées :** Cet outil doit permettre de se situer dans la carte et de zoomer sur l'endroit qui correspond aux coordonnées entrées. La recherche peut se faire soit par coordonnées Lambert ou par coordonnées géographiques.

**Recherche par couche :** Cet outil doit permettre d'effectuer des recherches rapides par couche en indiquant l'entité à chercher. Le résultat est un zoom sur l'entité de la recherche.

## ✓ Module cartographie thématique

Par défaut, la Map affichée dans l'interface d'accueil compare le volume actuel des barrages par rapport au volume du jour précédent.

- Si le volume actuel est inférieur à celui du jour précédent, le barrage est affiché en rouge.
- Si le volume actuel est supérieur à celui du jour précédent, le barrage est affiché en vert.
- Si le volume actuel reste plus ou moins invariant par rapport à celui du jour précédent, le barrage est affiché en bleu.

Sinon l'utilisateur peut aller plus loin et faire des comparaisons plus avancées :

- Il peut appliquer à la Map une symbologie qui va lui permettre de comparer la situation actuelle des barrages à celle du même jour du mois précédent.
- Il peut appliquer à la Map une symbologie qui va lui permettre de comparer la situation actuelle des barrages à celle du même jour de l'année précédente.
- Il peut appliquer à la Map une symbologie qui va lui permettre de comparer la situation actuelle des barrages à celle du début de l'année hydrologique (1 er septembre)

L'utilisateur peut générer une carte sous format PDF d'une ou plusieurs couches sélectionnées, y compris le fond cartographique avec un habillage cartographique par défaut.

## ✓ Module Génération des rapports

En plus des cartes qui donnent un aperçu sur la partie géométrique, l'application devra générer des rapports (contenant de l'information attributaire, des statistiques ...) suite à une sélection ou une recherche ou tout autre traitement, le rapport contiendra des informations par défaut comme nom du barrage ,la date, sous bassin versant , limite d'action ABH, retenues des barrages ... .

## ✓ **Module export /import**

- La fonction d'export doit permettre à l'utilisateur d'exporter tous les résultats tabulaires en Excel
- La fonction d'import doit permettre à l'utilisateur d'importer les fichiers Excel sur la situation des barrages vers notre base de données PostgreSQL.

## ✓ **Module Requêtes avancées**

Ce module contient trois sous-modules :

**Requêtes attributaires avancées :** Cette partie permet à l'utilisateur de chercher un ou plusieurs barrages avec des critères spécifiques. L'interface de ce module contient des champs sur toutes les caractéristiques d'un barrage donné, l'utilisateur donc n'a qu'à construire sa requête en se basant sur ces champs et il obtiendra comme résultat et la table attributaire résultante et la sélection spatiale de sa requête. Le résultat tabulaire peut être exporté sous format Excel ou bien généré sous forme d'un rapport comme cela a été mentionné dans les deux modules ci-dessus.

**Gestion des crues :** L'opérateur, à une date donnée, peut connaître quels sont les barrages qui dépassent un taux de remplissage saisi, le résultat est une table qui liste ces barrages et indique le volume restant avant le débordement du barrage. Ainsi, l'opérateur ayant l'information sur le volume d'eau entrant le lendemain, peut-il intervenir pour une meilleure gestion des crues.

**Requête spatiale :** Dans ce sous module, l'utilisateur peut avoir des réponses à des questions genres :

Quelles sont les villes (autres sites d'intérêt) contenues dans une zone tampon d'un barrage choisi ?, quels sont les cours d'eau qui traversent un barrage donné ?

## ✓ **Module MAJ : Mise à jour des entités/ Mise à jour des données de mesure hydrologiques**

Ce module est exclusif aux opérants.

**Maj des barrages :** Dans cette partie, on ajoute une nouvelle entité barrage en spécifiant le nom du barrage, et ses coordonnées géographiques. Les champs du barrage peuvent être modifiés comme on peut supprimer carrément un barrage.

**Maj de la retenue du barrage :** La mise à jour de la retenue du barrage peut se faire par deux méthodes, une méthode manuelle, c'est-à-dire, l'utilisateur se charge de saisir manuellement la retenue d'un barrage pour une date donnée ou bien il modifie une retenue incorrecte déjà saisie. La deuxième méthode et d'importer le fichier Excel contenant la situation de tous les barrages du Maroc pour une date X vers notre base de données.

**Maj de des programmes de fournitures :** La mise à jour des fournitures dans notre application se fait à travers l'importation des fichiers Excel vers notre base de données.

## 3 Conclusion

Nous avons consacré tout un chapitre dans notre rapport pour l'étude fonctionnelle, car elle constitue le moteur responsable de la réussite de l'application. Nous avons enrichi notre étude fonctionnelle par des recherches dans le domaine de la gestion des ressources en eaux. Cette phase du projet a permis de définir clairement le besoin du client et le reformuler sous forme de fonctionnalités à réaliser.

# Chapitre 3

---

## Etude technique

**Ce chapitre sera consacré à la partie technique du projet, dans laquelle nous allons présenter tous les outils techniques utilisés pour la mise en œuvre de l'application et les justifications de chaque choix technique.**

# **1. Introduction**

Le choix des technologies à utiliser, constitue une phase incontournable dans la mise en œuvre d'un projet, c'est pour cette finalité que nous allons consacrer ce chapitre pour une étude technique du projet. En effet, ce sont les fonctionnalités à réaliser qui spécifient les outils appropriés. Pour ce faire, nous entamerons d'abord par la motivation du choix des outils open source pour notre solution.

Ensuite, nous exposerons les Framework et les serveurs utilisés ainsi que les bibliothèques et les API cartographiques auxquels nous avons fait recours, sans oublier de présenter le logiciel qui nous a permis de réaliser la solution, pour clore avec l'architecture technique de la solution.

## **2. Etude comparative**

### **2.1 Motivation du choix de l'open source**

La contrainte majeure qui nous a incitées à choisir l'open source est le fait que c'était difficile d'accéder aux licences existantes au sein du ministère.

Certes ce choix nous a été imposé, mais on peut le considérer comme une bonne alternative puisque il fournit plusieurs avantages :

- Une multitude de composantes logicielles open source sont disponibles gratuitement sur internet, chose qui encourage de plus en plus les entreprises à évaluer et tester rapidement les composantes dont ils ont besoin, sans être obligées à s'engager dans un processus d'achat traditionnel bien trop souvent long, contraignant et coûteux.
- Les développeurs ont accès au code source du logiciel, qui peut être librement modifié et adapté aux conditions changeantes. Ils ont le droit de réutiliser tout autre code open source ainsi que de redistribuer les modifications et les améliorations apportées au code.

Les logiciels open sources ont, comme toute technologie, des inconvénients :

- Pour les développeurs, la perte du contrôle du logiciel ou encore l'utilisation du même code pour la création de produits concurrents et propriétaires.

- Absence ou insuffisance de la documentation pour certains logiciels open source.

Pour plusieurs utilisateurs et développeurs, les avantages de l'open source l'emportent sur ses inconvénients. Mais pour le cas de notre projet nous avons veillé à choisir minutieusement les outils en se basant sur des études benchmarking.

Ce sont les raisons qui ont motivé son adoption dans ce projet. Dans ce qui suit, on donnera un aperçu sur les technologies open source existantes et qui vont être utilisées dans le cadre de ce projet.

## 2.2 Choix de la plateforme de développement

**Tableau 1 : Comparaison entre les deux plateforme de développement JEE et .NET**

	Portabilité	Sécurité	Richesse des APIs	Optimisation des ressources	Documentation
JEE	✓	✓	✓	✓	✓
.NET	✗	✓	✗	✓	✗

### Choix final : JAVA EE

- Portabilité
- Performance
- Forte documentation
- Vaste communauté d'utilisateur
- Faible coût de mise en œuvre

Pour plus de détails voir l'annexe 1.

## 2.3 Choix du serveur d'application et du serveur cartographique

### Serveur d'application



Apache tomcat7 est un serveur d'application léger, gratuit, libre, multiplateforme. Il est très souvent dans des projets en entreprise, en phase de développement comme en production.

Tomcat tire sa légèreté du fait qu'il n'est en réalité que l'assemblage d'un serveur web (gestion des requêtes/réponses HTTP) et d'un conteneur web



GlassFish est un serveur de référence, celui qui implémente à la lettre les spécifications Java EE 7. Sa version V4 repose sur une exécution modulaire et flexible.

Il permet aux entreprises de créer et de déployer des applications Web à l'aide du profil Web Java EE 7 léger et de facilement exploiter la puissance de la plate-forme Java EE 7 complète pour les applications d'entreprise. Les développeurs

Tableau 2 : Comparaison entre les deux serveur web Tomcat et Glassfish

	Tomcat	Glassfish
Gratuité	Oui	Oui
Fonctionnalité intégrée	Oui	Oui
Serveur d'application	Un conteneur de servlet	Conteneur de servlet + conteneur des EJBs
Java EE certifié	Non	Oui
Servlet,	Oui	Oui

### Choix final : Glassfish

L'intégration de GlassFish dans un environnement de développement est hyper simple puisqu'il s'installe par défaut avec l'IDE Netbeans et il est simplement intégrable avec Eclipse. Devant tous ces avantages et autres tirés de l'étude comparative entre TomCat et GlassFish et vue l'environnement de développement choisi, nous avons opté pour GlassFish comme serveur d'application dans lequel nous allons tester et déployer notre application.

## Serveur cartographique

Le serveur cartographique est le guichet automatique auquel l'utilisateur fait appel pour afficher des cartes sur son poste informatique, il peut être contrôlé par des langages de script tels que PHP, JavaScript, Python qui lui permettent de générer dynamiquement une carte en réponse à une requête préparée par une interface utilisateur.

Cette partie vise à faire une étude comparative des serveurs cartographiques open source Mapserver et Geoserver pour faire ressortir les potentialités de chacun ainsi que les éventuelles faiblesses.

Il s'agira concrètement de faire une présentation de chaque serveur en faisant ressortir leurs forces et faiblesses. Dans notre étude, on va traiter les deux serveurs cartographiques les plus connus : Geoserver et MapServer (mais cela n'empêche pas de jeter un coup d'œil sur les serveurs existants dans le marché voir annexe 2) pour choisir le serveur le plus adéquat à fin de développer notre application.



MapServer est un logiciel libre permettant de réaliser des applications web à référence spatiale et offre également la possibilité de publier des services web répondant aux normes Open Geospatial Consortium (OGC). Mapserver est une solution qui fonctionne coté serveur et a été développé dans le cadre du projet ForNet par l'université de Minnesota en collaboration avec la NASA.



GeoServer est un logiciel libre écrit en Java qui a été conçu dans le cadre du projet The Open Planning Project (TOPP). TOPP est un projet à but non lucratif basé à New York qui a été créé pour mettre en place un ensemble d'outils qui permettraient, d'une part de renforcer la démocratie et de l'autre part de contribuer à rendre la gouvernance plus transparente. GeoServer permet à l'ensemble des utilisateurs de partager et de modifier les données spatiales.

Il a été conçu pour l'interopérabilité et permet de publier les données des principales sources de données spatiales qui utilisent les normes ouvertes. GeoServer s'appuie sur GeoTools, une bibliothèque java pour les systèmes d'Information Géographiques (SIG).

Tableau 3 : Comparaison entre les serveurs cartographique Geoserver et Mapserver

	<b>Forces</b>	<b>faiblesse</b>
<b>Map server</b>	<p>Le statut de MapServer comme solution libre fait qu'il bénéficie de l'expérience de la communauté des développeurs de logiciels libre - Les performances de MapServer et sa stabilité remarquable</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'adaptabilité et la flexibilité</li> <li>- Interopérabilité</li> <li>- Nombreuses fonctionnalités</li> <li>- Evolution rapide</li> </ul>	<p>la forte nécessité en développements ;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la qualité du rendu graphique ;</li> <li>- une certaine lourdeur de l'installation.</li> </ul>
<b>Geoserver</b>	<p>Structure homogène : GeoAPI, GeoTools, respect des normes OGC</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la finesse de l'interface d'administration et de la qualité des cartes produites ;</li> <li>- la licence GPL qui fait que GeoServer bénéficie de l'expérience de la communauté des développeurs de logiciels libres.</li> </ul>	<p>la lenteur par rapport à MapServer</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- la nécessite d'installation d'un JDK 1.4 ou supérieur</li> <li>- difficulté de trouver une bonne documentation.</li> </ul>

### Choix final : Geoserver

On peut noter que GeoServer et MapServer offrent quasiment les mêmes performances et les mêmes fonctionnalités. Toutefois GeoServer offre un meilleur rendu mais nécessite l'installation du JDK avec une version supérieure à 1.4.

## 2.4 Choix de l'API client webmapping

De nombreuses API peuvent être utilisées pour la mise en place des sites cartographiques. Cette étude a pour but de présenter les API les plus connues pour que nous puissions les comparer et en choisir la meilleure. Les API cartographiques comparées ne sont pas les seules API existantes sur le marché, mais nous avons choisi d'en prendre les API qui représentent les deux familles des bibliothèques cartographiques : celle basée sur Flex (Action Script) et l'autre qui est basée sur JavaScript.



OpenLayers est une bibliothèque purement JavaScript pour afficher des cartes dans la plupart des navigateurs web, avec aucune dépendance côté serveur. OpenLayers implémente une API JavaScript pour construire des applications géographiques pour le web, similaires aux APIs de Google Maps et Virtual Earth de MSN, avec une différence d'importance. OpenLayers est un logiciel Libre, développé pour et par la communauté des logiciels Open source.



OpenScales a été initialement lancé à partir du code source FlexLayers, fait par « Scott Pezanowski ». FlexLayers était un port de Flex OpenLayers. Depuis le début, la base de code a été largement modifiée et améliorée. Néanmoins, OpenScales API n'est pas strictement équivalent à OpenLayers ni au niveau fonctionnel ni au niveau technique. Cette API assure les fonctionnalités de base à savoir : les outils de navigation, la cartographie dynamique et les Pop-up.

### Choix final : OpenLayers

L'API cartographique OpenLayers s'avère être le choix le plus adéquat, vue sa richesse en terme de documentation et sa force qui réside dans la possibilité de développer des fonctionnalités SIG avancées. En plus, nous sommes déjà familiarisées avec cette API avec laquelle nous avons travaillé des projets académiques.

## 2.5 Etude comparative entre les différents SGBDs spatiaux

Dans cette partie, nous allons nous intéresser à une étude comparative de trois systèmes de gestion de base de données qui intègrent des cartouches spatiaux. Il s'agit notamment de MySQL9, Oracle10 et PostgreSQL. (Voir annexe 3)

Les comparaisons seront effectuées par rapport aux points suivant : Model Objet, Index Spatiaux, Système de Référence Spatial(SRS), Prédicats, Opérateurs, Autres fonctions, Métadonnées.

Tableau 4 : Critère de l'étude comparative entre les SGBDs

<b>Model objet</b>	Il s'agit d'un modèle constitué essentiellement des objets suivants : Point, Linestring, Polygon, GeomCollection, MultiPoint, MultiLinestring, Multipolygon.
<b>Système de Référence Spatial</b>	Il permet la gestion des systèmes de coordonnées, le changement de systèmes et la prise en compte de coordonnées géocentriques.
<b>Prédicats</b>	Des exemples de prédictats répondants aux spécifications de l'OGC sont : Crosses, Touches, Within, Disjoint.
<b>Opérateurs</b>	Voici une liste non exhaustive des opérateurs répondant à la norme OGC. Il s'agit de Union (mot réservé SQL...), Intersection, Difference, SymmetricDifference(SymDifference), Buffer, ConvexHull.
<b>Métadonnées</b>	<p>La norme OGC pour métadata sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• spatial_ref_sys: qui stocke des Systèmes de Référence Spatiaux</li> <li>• geometry_columns: qui stocke des tables contenant des colonnes spatiales ainsi que les noms des colonnes géométriques.</li> </ul>

Tableau 5 : Comparaison entre les SGBDs MySQL et PostgreSQL

Critères	MySQL	PostgreSQL
<b>Conformité Norme OGC</b>	Bien	Très bien
<b>Fonctionnalités principales</b>	Moyen	Très bien
<b>Paquet SIG, Gestion des rasters</b>	Faible	Moyen
<b>Outilage</b>	Moyen	Très bien

## **Choix final : PostgreSQL/PostGIS.**

Si nous avions à effectuer une classification sur l'ensemble des fonctionnalités offertes par les SGBDR étudiés ci-dessus, Oracle Spatial viendrait en tête suivie de PostgreSQL/PostGIS.

Cependant, nous portons notre choix sur le second du fait qu'il n'est pas propriétaire donc libre et gratuit, et qui est quasiment aussi performant qu'Oracle Locator qui est, quant à lui, un produit propriétaire et non gratuit.

## **3. Technologie et outils de mise en œuvre**

### **3.1 Outils de conception et de planification**



GanttProject est un logiciel libre de gestion de projet écrit en Java, ce qui permet de l'utiliser sur de nombreux OS tel que Windows, Linux, MacOS. Ce projet a été lancé par un étudiant de l'université de Marne La Vallée en Janvier 2003 et est maintenant proposé sous licence libre (GNU GPL). Le chef de projet initial est Alexandre Thomas, relayé aujourd'hui par DmitryBarashev.



StarUML : est un logiciel de modélisation UML, cédé comme open source par son éditeur, à la fin de son exploitation commerciale, sous une licence modifiée de GNU GPL. StarUML gère la plupart des diagrammes spécifiés dans la norme UML 2.0.



PowerAMC est un logiciel de conception créé par la société SDP, qui permet de modéliser les traitements informatiques et leurs bases de données associées.

### **3.2 Frameworks et langages de développement**



Java est un langage de programmation informatique orienté objet créé par James Gosling et Patrick Naughton, employés de Sun Microsystems, présenté officiellement le 23 mai 1995 au SunWorld. La société Sun a été ensuite rachetée en 2009 par la société Oracle qui détient et maintient désormais Java.

La particularité ou l'objectif central de Java est que les logiciels écrits dans ce langage doivent être très facilement portables sur plusieurs systèmes d'exploitation tels que UNIX, Windows, Mac OS ou GNU/Linux.



L'HyperText Markup Language, généralement abrégé HTML, est le format de données conçu pour représenter les pages web. C'est un langage de balisage permettant d'écrire de l'hypertexte, d'où son nom. HTML permet également de structurer sémantiquement et de mettre en forme le contenu des pages, d'inclure des ressources multimédias dont des images, des formulaires de saisie, et des programmes informatiques.



AngularJS est un framework web qui a été créé par Miško Hevery au sein de Google en 2009. C'est un logiciel libre (licence MIT) dont l'essentiel des contributeurs travaillent pour Google.

Il permet de réaliser des applications web en mode Single Page Application. C'est à dire une seule page qui ne se recharge jamais.

L'idée de base est d'augmenter le langage HTML pour permettre la représentation des données métiers, qui sont traitées et gérées avec le langage Javascript.



Né de la fusion d'OpenLayers et d'Ext, GeoExt est une librairie JavaScript permettant de créer facilement des interfaces cartographiques riches.

Cette fusion de ces deux librairies a donné à GeoExt des capacités énormes au niveau fonctionnel sachant que la bibliothèque n'a pas seulement importé les classes d'OpenLayers, mais elle a repensé aux modèles initiaux des classes pour proposer d'autres objets et d'autres fonctionnalités complètement personnalisés.

D'une autre part, l'inclusion d'ExtJS a permis à GeoExt d'être à la hauteur des bibliothèques flash au niveau du rendu visuel, en plus la portabilité du JavaScript est aussi similaire à celle du flash surtout pour les systèmes mobiles qui connaissent un grand essor dans ce domaine du webmapping.

**Chart.js** propose aux développeurs Web un outil capable de créer des graphiques côté client de manière simple avec une approche orientée objet. Présenté sous forme d'une bibliothèque JavaScript, elle permet de représenter les données de six manières différentes, chacune étant animée et entièrement paramétrable. Chart.js peut ainsi afficher des graphiques en forme de courbes, de barres, de radar, de camembert, de graphe polaire et de beignets. Enfin, ce script est simple à intégrer et est compatible avec tous les navigateurs récents.

**Proj4Js** est une librairie en JavaScript pour faire des transformations entre les systèmes de coordonnées, en incluant les définitions des paramètres de transformation et celles des systèmes de coordonnées.

En effet, Proj4Js complète l'API OpenLayers, parce qu'il y a des systèmes qui n'y sont pas définis, comme le système de coordonnées projetées Marocain, Lambert zone I (EPSG : 26191) et Lambert zone II (EPSG : 26192).

### 3.3 Environnement de développement

Le choix de l'environnement du développement est une étape très importante dans tout projet de développement ; et c'est le cas pour notre projet. Au début du stage et durant la phase consacrée aux choix des technologies de mise en œuvre, nous étions amenées à choisir l'IDE convenable pour notre projet ; dans cette partie, nous allons présenter l'IDE Eclipse et Netbeans, pour terminer par le IDE choisi.

Il n'y a peut-être pas un marché d'outils de programmation où la concurrence est intense comme celle du marché des IDE java. Même s'il n'y a que quatre IDE essentiels qui sont : Eclipse, Netbeans, IntelliJ IDEA, et Oracle JDeveloper (Rational JBuilderbuild sur Eclipse), tous les vendeurs sauf Oracle suivent leurs concurrents pour ajouter des fonctionnalités différentes.

Mais la concurrence la plus intense reste celle qui est entre Eclipse, NetBeans et IntelliJ IDEA, parce que ces produits ont les communautés les plus actives des utilisateurs, et ceux qui tendent vers la personnalisation de leurs propres environnements de développement. Parmi les trois, seuls Eclipse et NetBeans sont gratuits et open source.



« Eclipse est un projet, décliné et organisé en un ensemble de sous-projets de développements logiciels, de la Fondation Eclipse visant à développer un environnement de production de logiciels libres qui soit extensible, universel et polyvalent, en s'appuyant principalement sur Java.

Son objectif est de produire et fournir des outils pour la réalisation de logiciels, englobant les activités de programmation. Son EDI, partie intégrante du projet, vise notamment à supporter tout langage de programmation à l'instar de Microsoft Visual Studio.

Figurant parmi les grandes réussites de l'Open source, Eclipse est devenu un standard du marché des logiciels de développement, intégré par de grands éditeurs logiciels et sociétés de services. Les logiciels commerciaux Lotus Notes8, IBM Lotus Symphony ou Web Sphere Studio Application Developer sont notamment basés sur Eclipse. »



« NetBeans est un environnement de développement intégré (EDI), placé en open source par Sun en juin 2000 sous licence CDDL et GPLv2 (Common Développement and Distribution License). En plus de Java, NetBeans permet également de supporter différents autres langages, comme Python, C, C++, JavaScript, XML, Ruby, PHP et HTML. Il comprend toutes les caractéristiques d'un IDE moderne (éditeur en couleur, projets multilangage, refactoring, éditeur graphique d'interfaces et de pages Web). Conçu en Java, NetBeans est disponible sous Windows, Linux, Solaris, Mac OS X ou sous une version indépendante des systèmes d'exploitation (requérant une machine virtuelle Java).

Un environnement Java Development Kit JDK est requis pour les développements en Java. NetBeans constitue par ailleurs une plate-forme qui permet le développement d'applications spécifiques (bibliothèque Swing (Java)). L'IDE NetBeans s'appuie sur cette plate-forme. »

### **Choix final : Netbeans**

Netbeans est l'IDE approprié pour notre projet, parce qu'il présente beaucoup d'avantages. D'abord, c'est un produit de Sun, ce qui lui permet de suivre les dernières évolutions de J2EE (actuellement, il est disponible en version 8.0.2 avec Java EE 7 web), il vient toujours avec la dernière version de J2EE, intégrée ;sans oublier les autres Frameworks et les serveurs qui sont aussi intégrés avec le logiciel, avec la possibilité d'y ajouter d'autres facilement, ainsi que les serveurs d'application TomCat et GlassFish qui viennent aussi avec NetBeans.

Ce qui n'est pas le cas pour l'IDE Eclipse. Et vue la grandeur de notre projet, nous avons besoin d'un outil puissant, open source et prêt à être exploité directement, sans perdre le temps pour configurer les frameworks qui lui sont compatibles, et permettant d'insérer des fragments de code intuitivement. NetBeans s'avère l'IDE convenable qui va nous permettre de développer une solution SIG web complète.

### **3.4 API et outil de reporting**

jsPDF est une bibliothèque créée par @MrRio qui nous propose de nombreuses fonctions permettant de générer des PDF. Écrite en Javascript, cette librairie ne sollicite pas le serveur : tout se passe du côté client. jsPDF semble idéal pour générer des PDF pour les rapports, les certificats, les tickets et tout ce que vous pourrez imaginer.

## **4. L'architecture de la solution**

### **4.1 L'architecture logique de la solution**

L'architecture logique est la manière dont les composantes logiques d'une solution sont organisées et intégrées.

L'architecture utilisée dans le cadre de ce projet est une architecture 3-tiers, qui est une architecture client-serveur dans laquelle la présentation, le traitement des données et l'accès aux données sont des processus séparés. Elle est modélisée et présentée comme un empilement de trois couches où chacune propose un ensemble des services rendus. Les services d'une couche sont mis à disposition de la couche supérieure.

Les différentes couches sont présentées dans le schéma ci-dessous :

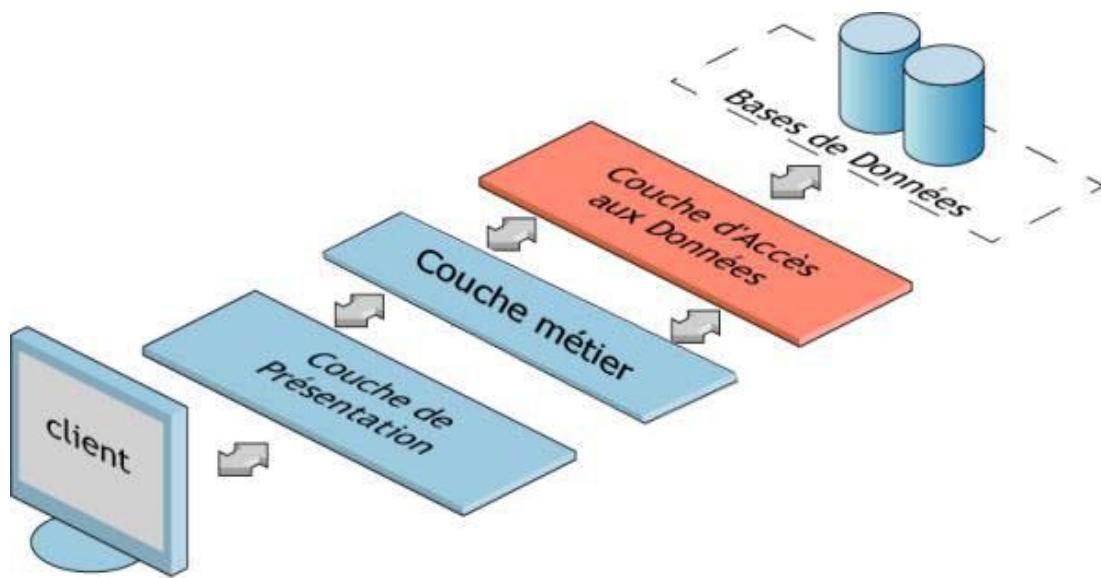


Figure 4 : Architecture logique de la solution

**La couche de présentation** : encore appelée IHM, permet l'interaction de l'application avec l'utilisateur. Cette couche gère les saisies au clavier, à la souris et la présentation des informations à l'écran. Dans la mesure du possible, elle doit être conviviale et ergonomique.

**La couche de traitement** : reçoit des requêtes du client via le protocole HTTP, et elle est chargée d'élaborer le contenu de la réponse.

Ceci dit, elle fait appel à d'autres services, le serveur de base de données, ou le serveur métier. Quand il reçoit les données, il compose une réponse qu'il envoie finalement au client.

**La couche d'accès aux données** : Il est chargé d'exécuter les requêtes SQL qu'elle reçoit du deuxième tiers. Elle fournit un service de gestion des données.

Une meilleure façon d'implanter cette architecture est de décomposer l'application en modules pour faciliter d'une part son développement et d'autre part sa maintenance.

### Module DAO « accès données »

Tableau 6 : Description du module DAO

<b>Objectif</b>	Gérer l'accès aux différentes ressources de l'application : Bases de données...
<b>Principaux objets</b>	DAO

## Module Service

Tableau 7 : Description du module Service

<b>Objectif</b>	Regrouper et Centraliser les opérations et les traitements du métier.
<b>Principaux objets</b>	Contrôleur, Service

## Module Web

Tableau 8 : Description du module Web

<b>Objectif</b>	<b>Gérer les classes Java pour l'ensemble des clients possibles de l'application. Pour l'instant, le seul client implémenté est un client dit léger</b>
<b>Principaux objets</b>	La classe d'action, classe enveloppée pour le client.

## 4.2 L'architecture logicielle de la solution

La figure ci-dessous illustre l'architecture logicielle adoptée pour notre application ; elle rassemble tous les choix techniques faits pour la mise en œuvre de l'application. Chaque outil appartient à un tiers bien déterminé.

Pour la tierce présentation, elle est composée des bibliothèques JavaScript (OpenLayers, GeoExt et Angularjs), et Bootstrap pour les composantes graphiques de l'interface.

Pour le tiers traitement, on trouve le serveur d'application GlassFish sur lequel nous avons déployé le serveur cartographique Geoserver ; les traitements dans le côté métier sont assurés par la plateforme Java EE 7 pour le web.

En ce qui concerne la partie ressource, nous avons utilisé le SGBD PostGreSQL avec la cartouche spatiale PostGIS ; celle-ci est interrogée par des requêtes SQL via le pilote JDBC, et JPA (Java Persistence API)

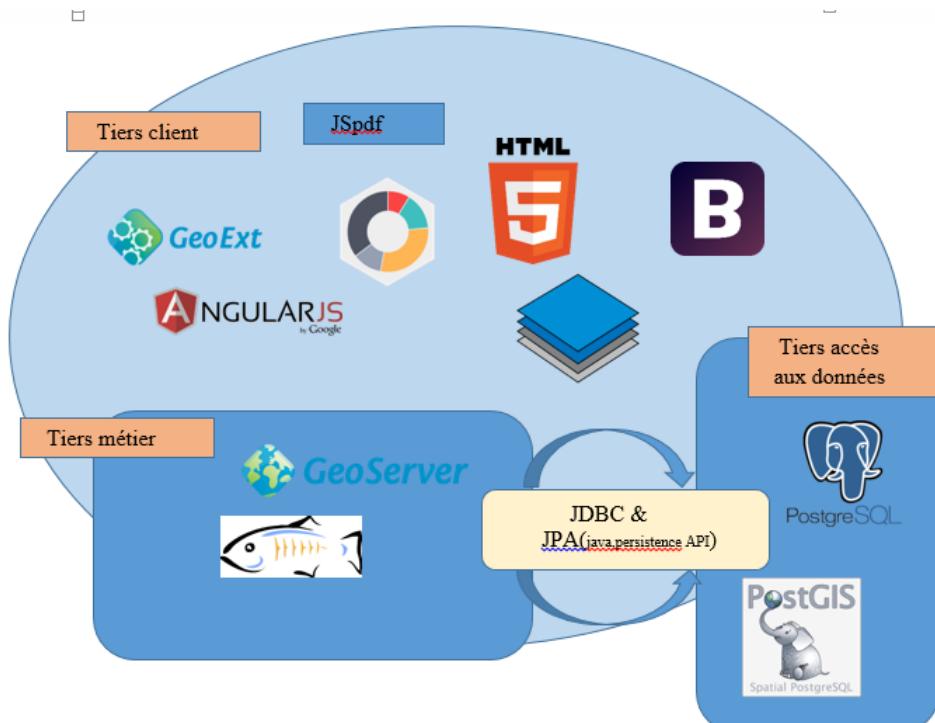


Figure 5 : L'architecture Technique de la solution

## 5. Conclusion

Les outils et technologies ici présentés sont complémentaires et assurent la réalisation de l'application. À l'issue de leur utilisation, nous avons obtenu les résultats escomptés. Ces résultats seront présentés après la conception détaillée de la solution dans le chapitre qui suit.

# Chapitre 4

---

## Analyse et conception

Ce chapitre illustre la conception de l'application « HydroBarrages » suivant les normes du langage UML, à travers les différents diagrammes : diagramme de contexte, diagrammes des cas d'utilisations, diagrammes d'activité et diagramme de classe

# 1 Fiche descriptive

Tableau 9 : Fiche descriptive de l'application

Titre	Notre application
<b>Résumé</b>	<p>Le projet consiste à développer une application SIG Web permettant au ministère délégué chargé de l'eau la gestion des ressources en eau au Maroc en général et la gestion des barrages en particulier.</p> <p>Cette application développera les modules qui suivent :</p> <p>Module administration des utilisateurs et restauration des données, module requêtes avancées (attributaires, spatio-temporelles et spatiales), SIG de base, Module MAJ (Mise à jour des entités/ Mise à jour des données de mesure hydrologique), module statistiques (variation de la retenue des barrages/ variation de la dotation en fournitures), module cartographie thématique, module génération des rapports et module Export /Import.</p>
<b>Pré conditions</b>	<p>Un utilisateur de l'application doit être inscrit. Pour ce faire, l'administrateur doit lui créer un compte. L'administrateur, quant à lui, il doit se connecter pour ajouter, supprimer ou bien mettre à jour un compte utilisateur. Pour accéder à l'application, l'administrateur doit se créer un autre compte avec un profil autre qu'administrateur.</p>

<b>Enchainement</b>	L'application est accessible avec une simple connexion intranet, à partir des ordinateurs du réseau local via votre navigateur web. Les utilisateurs peuvent donc bénéficier des fonctionnalités de l'application chacun selon son profil. Un guide d'utilisation sera disponible pour faciliter la compréhension du rôle de chacune de ces fonctionnalités.
<b>Exception</b>	Aucune Exception n'est prévue.

## 2. Diagramme du contexte

Les trois acteurs du système : l'administrateur, l'opérateur et le consultant font appel à des fonctionnalités de l'application « HydroBarrages » chacun selon son profil

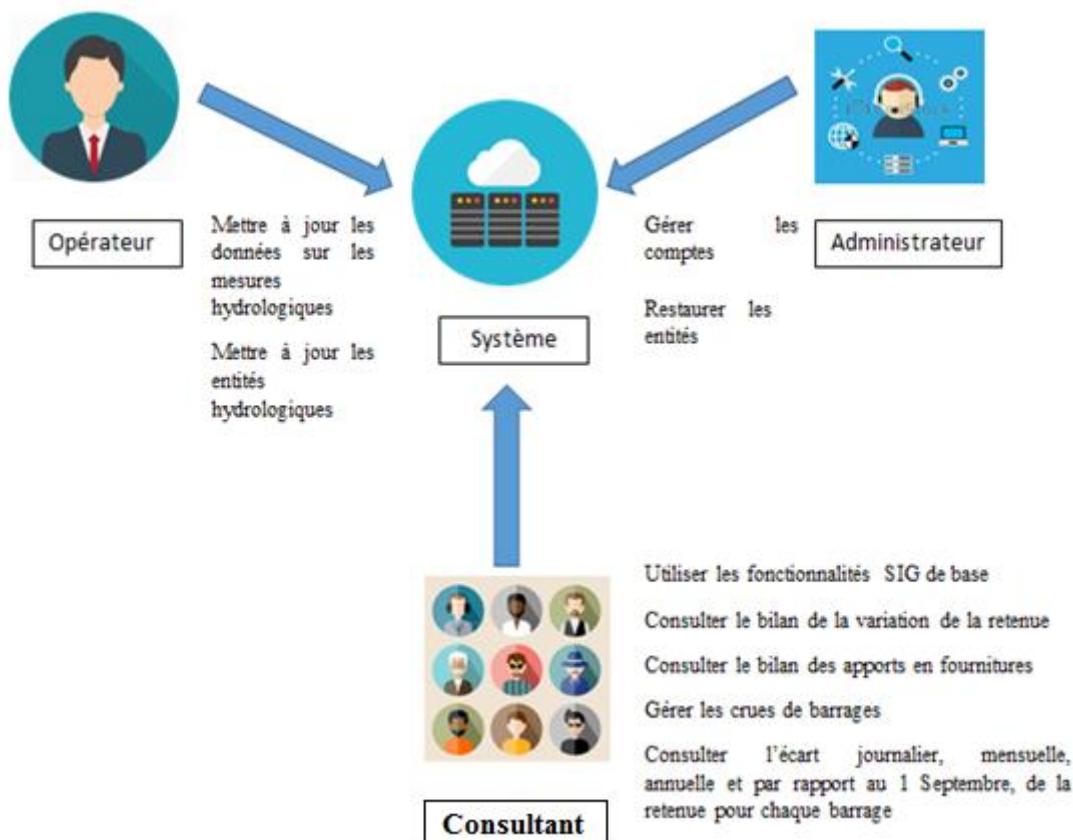


Figure 6 : Diagramme du contexte

### 3. Diagrammes des cas d'utilisation

#### 3.1 Diagramme du cas d'utilisation général

Le diagramme suivant décrit les principaux cas d'utilisation pour les profils « utilisateur » après authentification :

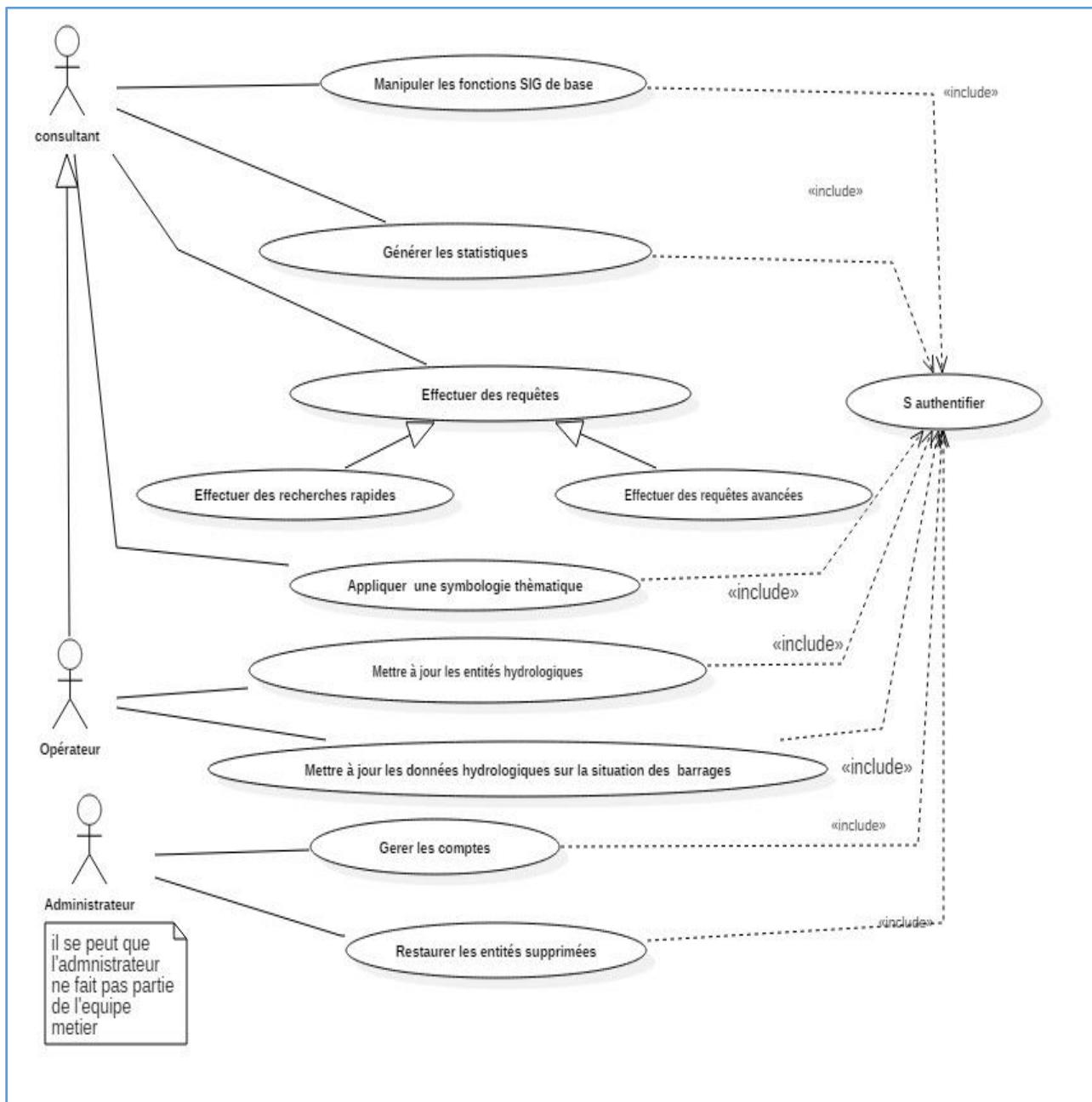


Figure 9 : Diagramme du cas d'utilisation général

## 3.2 Description des cas d'utilisation et diagrammes de séquences

### Scénario de l'administration

Tableau 10 : Scénario de l'administration

Cas d'utilisation	Administration
<b>Objectif</b>	Permettre à l'administrateur de gérer les comptes et de restaurer les entités hydrologiques
<b>Acteur</b>	Administrateur.
<b>Pré condition</b>	S'authentifier.
<b>Post condition</b>	
<b>Description</b>	<p>-L'administrateur peut ajouter un nouveau compte en cliquant sur le bouton « Ajouter ». le type du compte est un champ obligatoire.</p> <p>- L'administrateur peut supprimer un compte, comme il peut le modifier.</p> <p>-Pour la restauration des barrages supprimés, l'opérateur fait recours à l'administrateur pour restaurer ces barrages. La recherche est effectuée soit avec le nom du barrage ou bien la date de la suppression.</p>

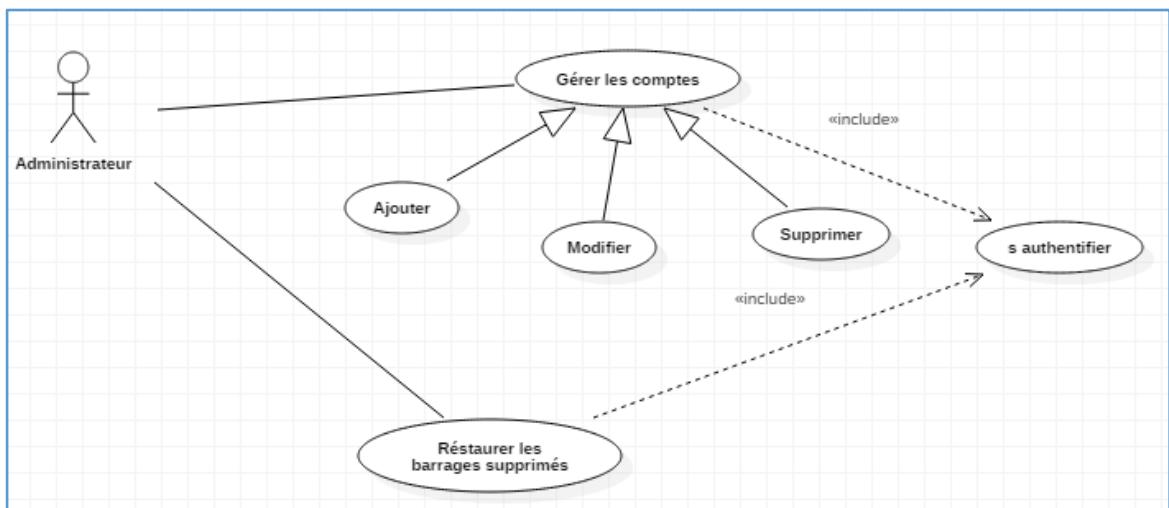


Figure 7: Diagramme de cas d'utilisation d'un administrateur

## Diagramme d'interaction « Administration »

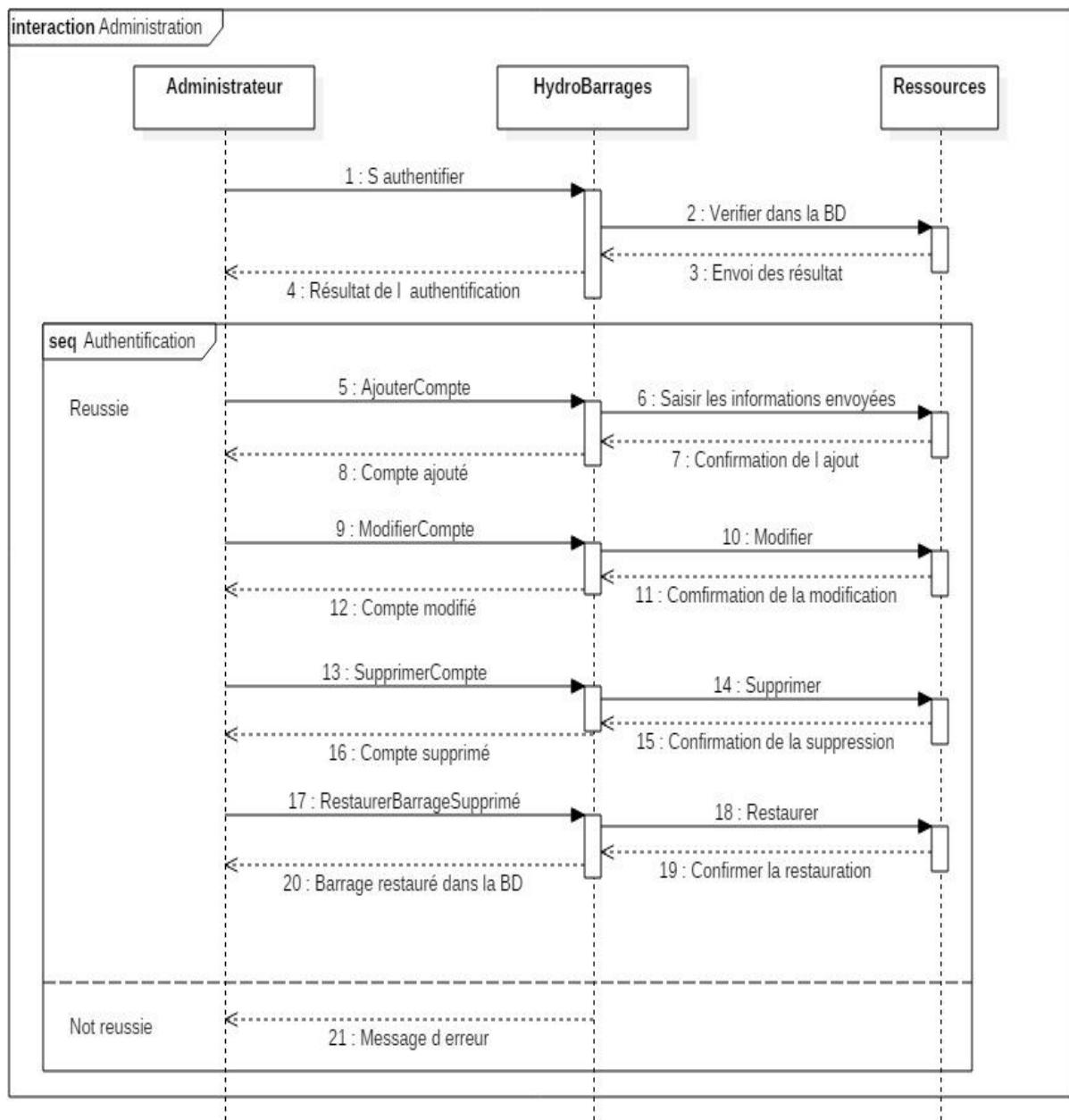


Figure 8 : Diagramme de séquence "Administration"

## Scénario des fonctionnalités SIG de base

Tableau 11 : Scénario des fonctionnalités SIG de base

Cas d'utilisation	SIG de base
Objectif	Permettre à utilisateur de bénéficier d'un ensemble de fonctionnalités SIG utiles.
Acteur	Utilisateur.
Pré condition	S'authentifier.
Post condition	
Description	<p>Plusieurs options sont présentes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-La barre de navigation : un ensemble d'outils de zoom et de déplacement pour assurer une souplesse lors de la consultation de la carte.</li> <li>-Un ensemble de fonds cartographiques.</li> <li>-La possibilité d'identifier les entités d'une couche grâce à une fiche de renseignements sur un objet sélectionné sur la carte.</li> <li>-La possibilité de visualiser un plan de situation.</li> <li>-La gestion de la visibilité et ordre des couches.</li> </ul>

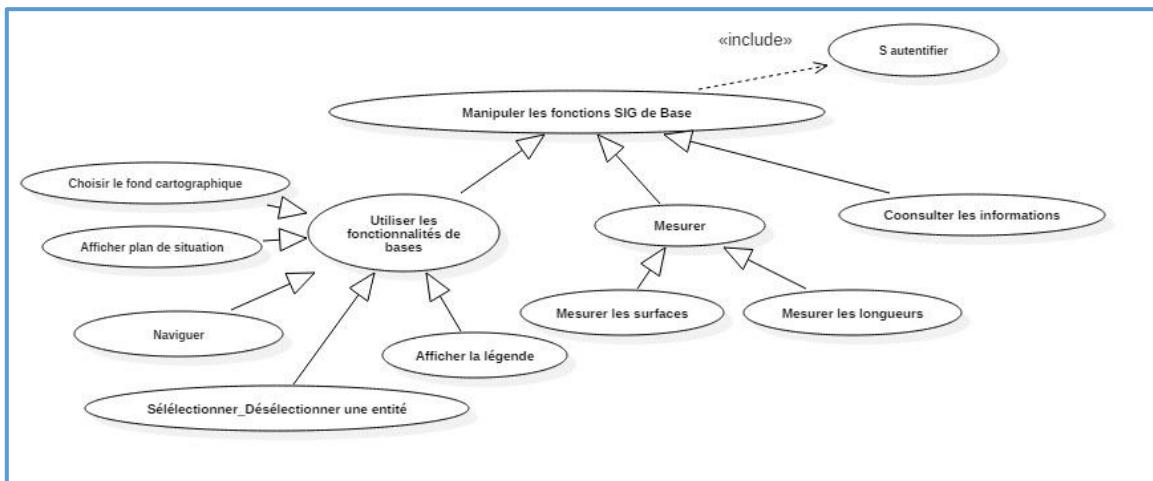


Figure 9 : Diagramme du cas d'utilisation des fonctionnalités SIG de base

Diagramme d'interaction « Fonctionnalités SIG de base »

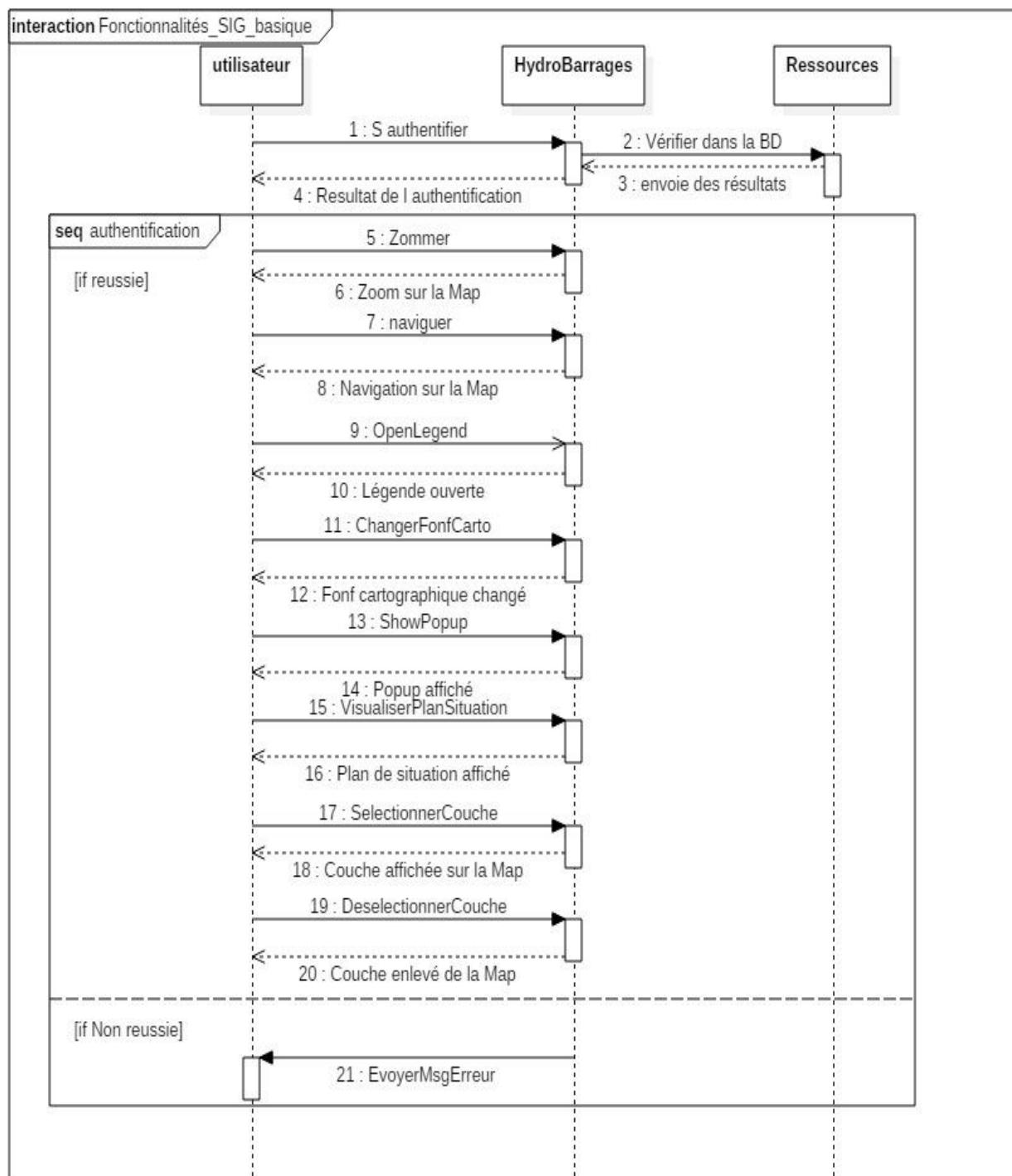


Figure 10 : Diagramme de séquence "Fonctionnalités SIG de base"

## Scénario de la recherche rapide

Tableau 12 : Scénario de la recherche rapide

Cas d'utilisation	Recherche simple par valeur ou bien par coordonnées
<b>Objectif</b>	Ce cas d'utilisation permet de chercher les entités par leurs noms ou bien de chercher un endroit par coordonnées.
<b>Acteur</b>	Utilisateur.
<b>Pré condition</b>	S'authentifier.
<b>Post condition</b>	
<b>Description</b>	<p>Dans ce cas d'utilisation, le système propose à l'utilisateur de choisir le nom de l'entité à chercher.</p> <p>Le résultat est un zoom sur l'entité recherchée.</p> <p>Dans la même interface, on peut effectuer une recherche par coordonnées.</p> <p>S'il s'agit des coordonnées géographiques, on coche WGS84 et s'il s'agit des coordonnées Lambert, on coche la zone ZONE 1 ou ZONE2.</p> <p>Un marker s'ajoute à la Map. Le résultat est un zoom sur le point.</p>

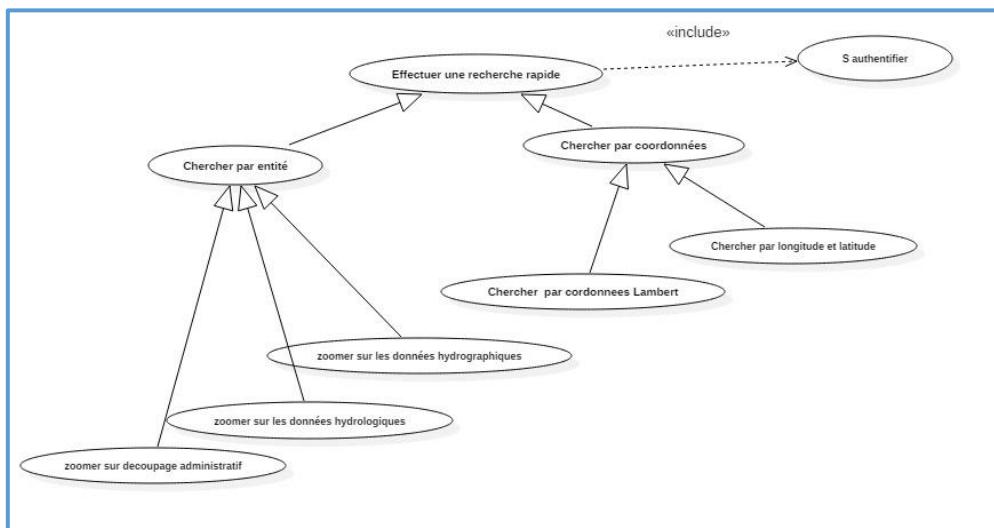


Figure 11 : Diagramme de cas d'utilisation de la recherche rapide

## Diagramme d'interaction « Recherche rapide »

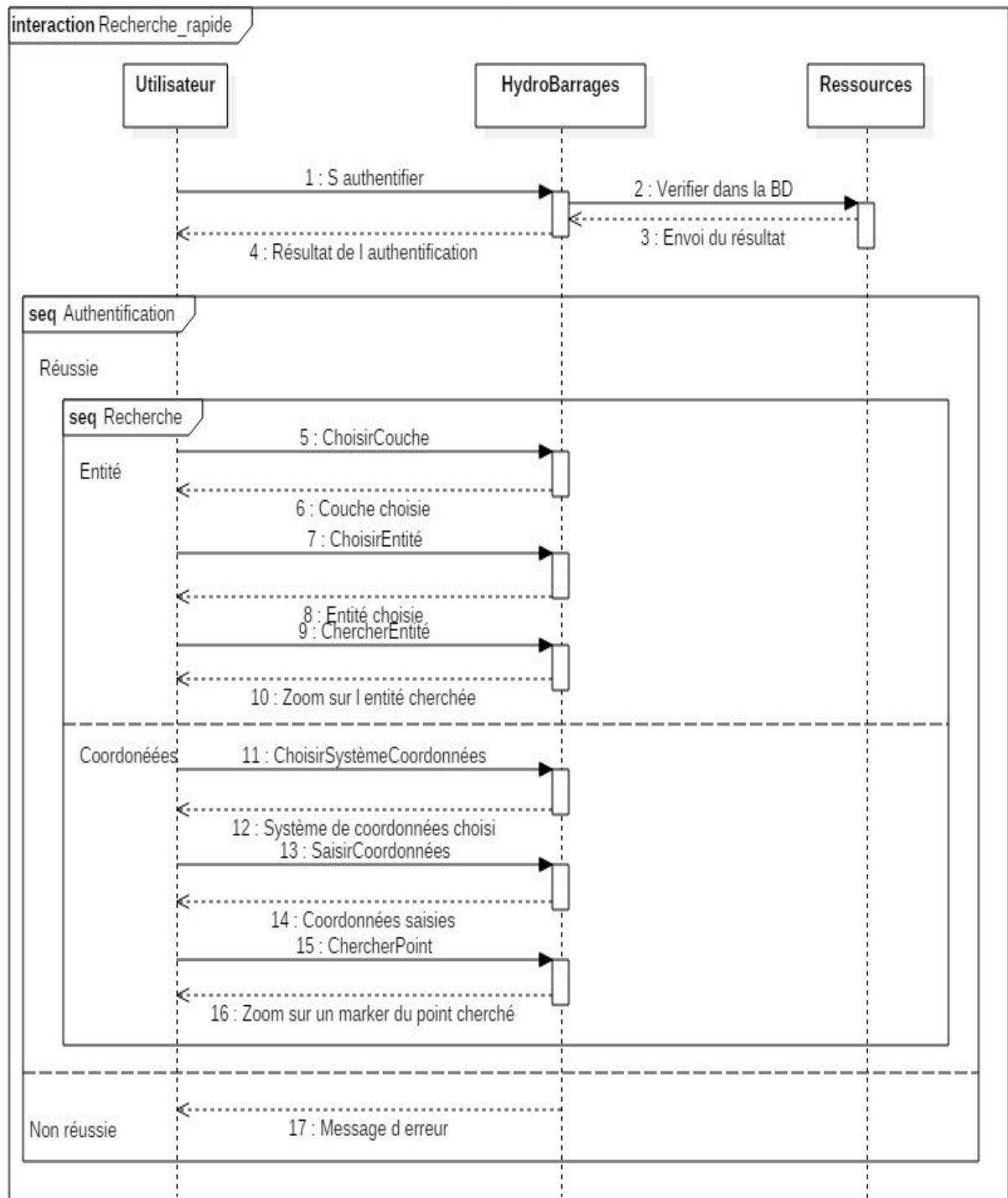


Figure 12 : Diagramme de séquence "Recherche rapide"

## Scénario des requêtes avancées

Tableau 13 : Scénario des requêtes avancées

Cas d'utilisation	Requêtes avancées
<b>Objectif</b>	Exécuter des requêtes multicritères et spatiales sur les barrages et faire des recherches pour la bonne gestion des crues.
<b>Acteur</b>	Utilisateur
<b>Pré condition</b>	S'authentifier.
<b>Post condition</b>	
<b>Description</b>	<p>L'utilisateur s'authentifie pour accéder à l'application.      « HydroBarrages » vérifie les paramètres saisis.</p> <p>L'utilisateur accède à l'application.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la recherche est spatiale :</li> </ul> <p>Choisir comme input la couche source.</p> <p>Choisir la méthode de sélection (contain ,intersect.....).</p> <p>Choisir comme 2<sup>ème</sup> input la couche « motif » tout en précisant l'entité ciblée.</p> <p>Une fois la requête est envoyée au système, ce dernier se charge de faire la recherche spatiale.</p> <p>le résultat est illustré par une sélection des parties des entités résultantes de la requête.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la recherche est attributaire :</li> </ul> <p>L'utilisateur peut choisir une combinaison des caractéristiques des barrages. Le résultat est à la fois tabulaire (un tableau qui liste tous les barrages vérifiant toutes ces caractéristiques) et spatiale (zoom sur les barrages qui vérifient la requête)</p> <p>Le résultat tabulaire peut être exporté en Excel en cliquant sur le bouton « Exporter ».</p> <p>Le résultat tabulaire peut être généré sous forme de rapport PDF en cliquant sur le bouton « Rapport »</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la recherche est spatio-temporelle : annonce des crues.</li> </ul>

	<p>L'utilisateur peut connaitre les barrages dont le taux de remplissage dépasse un seuil pour une date précise.</p> <p>Le résultat tabulaire peut être exporté en Excel en cliquant le bouton « Exporter ».</p> <p>Le résultat tabulaire peut être généré sous forme de rapport PDF en cliquant le bouton « Rapport ».</p>
--	---

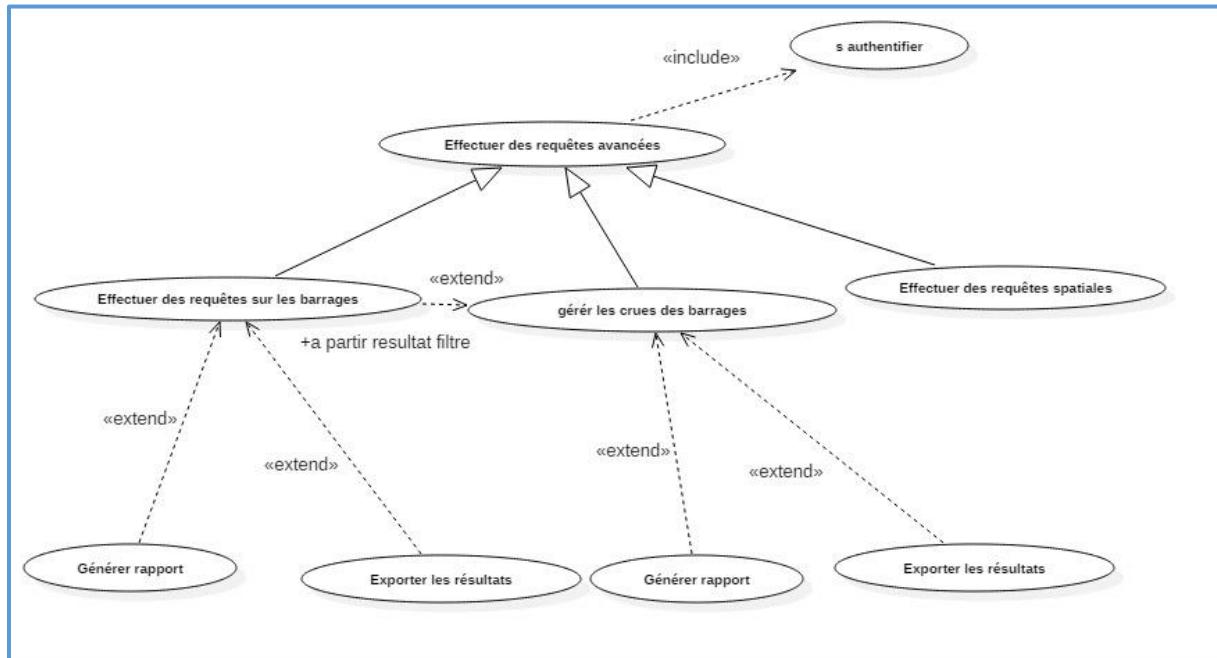


Figure 13 : Diagramme de cas d'utilisation des requêtes avancées

## Diagramme d'interaction « Requêtes attributaires et spatiales avancées sur les barrages »

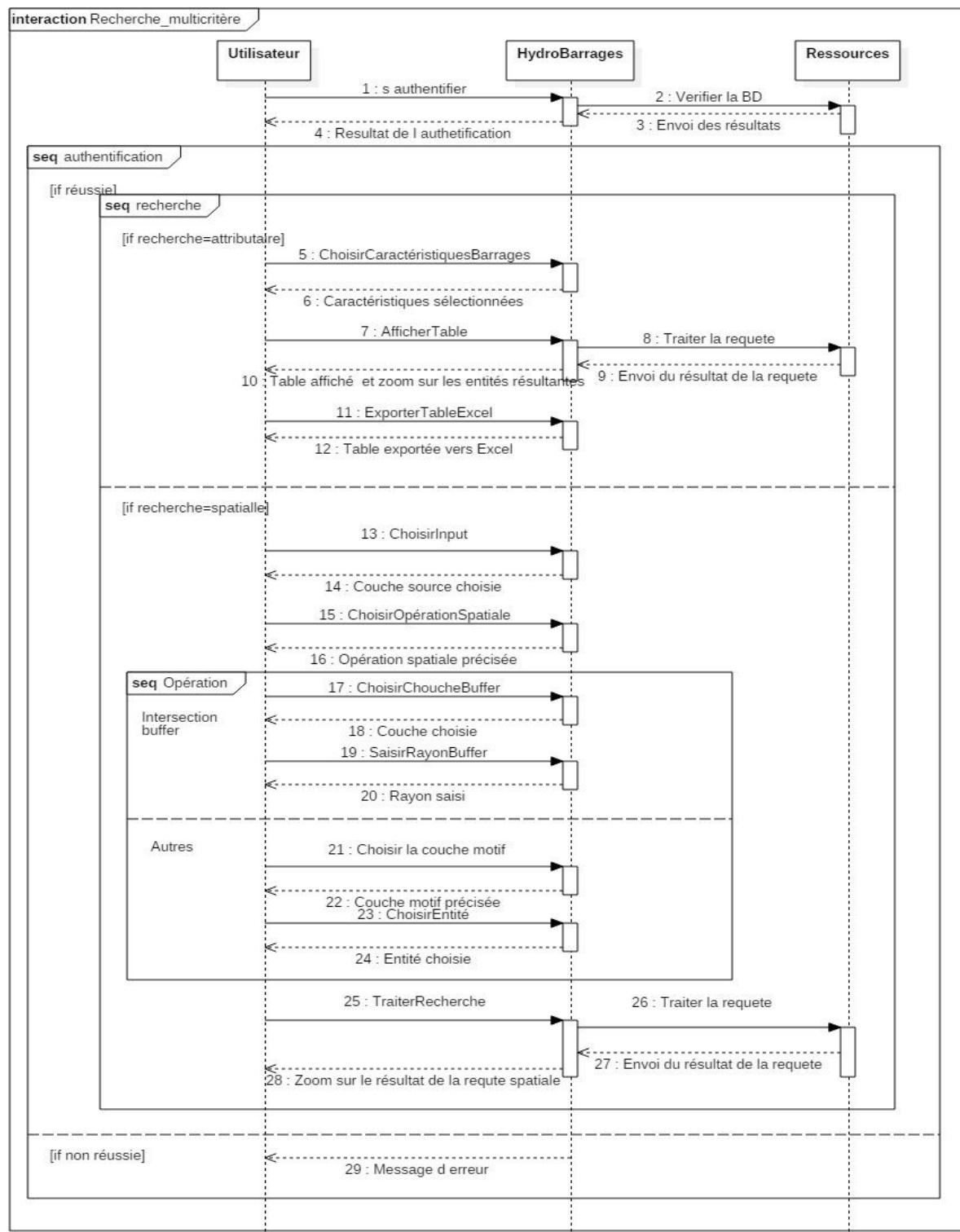


Figure 14 : Diagramme de séquence "Requêtes attributaires et spatiales avancées sur les barrages "

## Diagramme d'interaction « Gestion des crues de barrages »

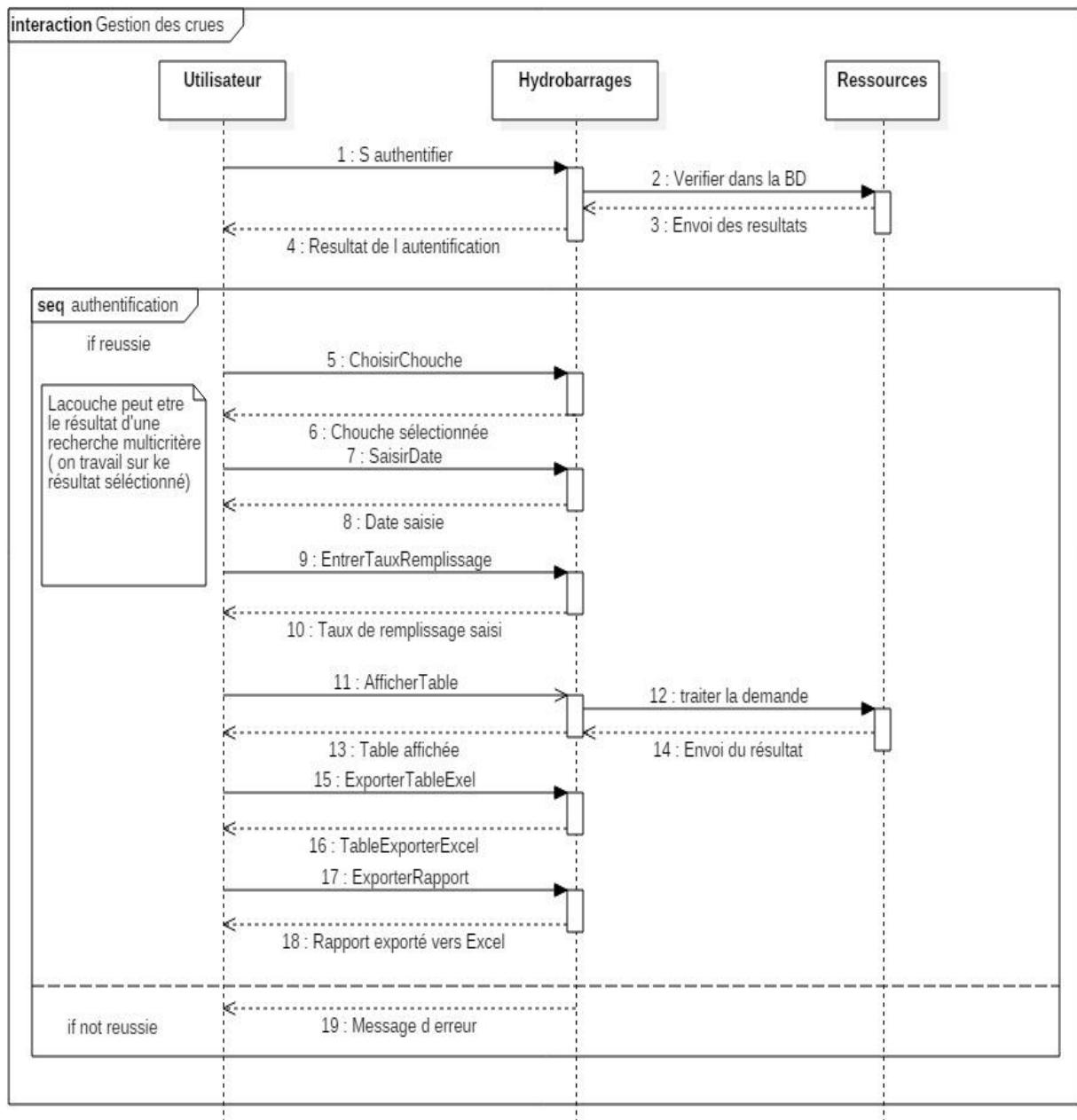


Figure 15 : Diagramme de séquence "Gestion des crues"

## Scénario générations des statistiques

Tableau 14 : Scénario générations des statistiques

<b>Cas d'utilisation</b>	<b>Générer des statistiques sur la variation de la retenue des barrages et des programmes des fournitures.</b>
<b>Objectif</b>	Dans ce cas d'utilisation, l'utilisateur peut, non seulement prendre des décisions à travers les statistiques générées sur la variation journalière, mensuelle et annuelle de la retenue des barrages par barrage , par ABH et pour tout le royaume, mais aussi il peut décider à base des statistiques sur la variation mensuelle et annuelle de la dotation de fournitures (AEP, Irrigation et Energie ...)
<b>Acteur</b>	Utilisateur
<b>Pré condition</b>	S'authentifier
<b>Post condition</b>	
<b>Description</b>	<p>L'utilisateur s'authentifie pour accéder à l'application.      « HydroBarrages » vérifie les paramètres saisis.      L'utilisateur accède à l'application.</p> <p>Pour l'évaluation de la retenue de barrages, l'utilisateur précise une période de l'évaluation en choisissant la date de début et la date de fin de cette période, ensuite il est appelé à choisir une couche, entre les deux couches « barrages » et « ABH », sur laquelle l'évaluation sera faite en précisant son attribut, ou bien de choisir « Royaume ».</p> <p>Pour une évaluation journalière, on se positionne sur l'onglet « Journalière ».</p> <p>Pour une évaluation mensuelle, on se positionne sur l'onglet « mensuelle ».</p> <p>Pour une évaluation annuelle, on se positionne sur l'onglet « annuelle ».</p> <p>On obtient le résultat tabulaire en cliquant sur le bouton « Table »</p> <p>On obtient le résultat graphique en cliquant sur le bouton « Graphe ».</p> <p>On obtient le rapport du bilan en cliquant sur le bouton « Rapport ».</p> <p>Le résultat tabulaire peut être exporté vers Excel en cliquant sur le bouton « Exporter ».</p>

	<p>Pour l'évaluation mensuelle d'une fourniture pour un barrage, l'utilisateur choisit un barrage, puis il saisit une date et en fin il précise la fourniture. Le résultat est l'évaluation de volume d'eau qui a été réservé pour cette fourniture dès le début de l'année hydrologique et jusqu'à la date passée en paramètre ; ceci est de manière mensuelle.</p> <p>On obtient le résultat tabulaire en cliquant sur le bouton « Table ».</p> <p>On obtient le résultat graphique en cliquant sur le bouton « Graphe ».</p> <p>On obtient le rapport du bilan en cliquant sur le bouton « Rapport ».</p> <p>Le résultat tabulaire peut être exporté vers Excel en cliquant sur le bouton « Exporter ».</p> <p>Pour l'évaluation annuelle de la fourniture pour un barrage, l'utilisateur doit choisir un barrage. Le résultat est l'évaluation du total du volume d'eau qui a été réservé pour les fournitures : Irrigation, volume turbiné, eau potable ... annuellement.</p> <p>On obtient le résultat tabulaire en cliquant sur le bouton « Table ».</p> <p>On obtient le résultat graphique en cliquant sur le bouton « Graphe ».</p> <p>On obtient le rapport du bilan en cliquant sur le bouton « Rapport ».</p> <p>Le résultat tabulaire peut être exporté vers Excel en cliquant sur le bouton « Exporter ».</p>
--	--

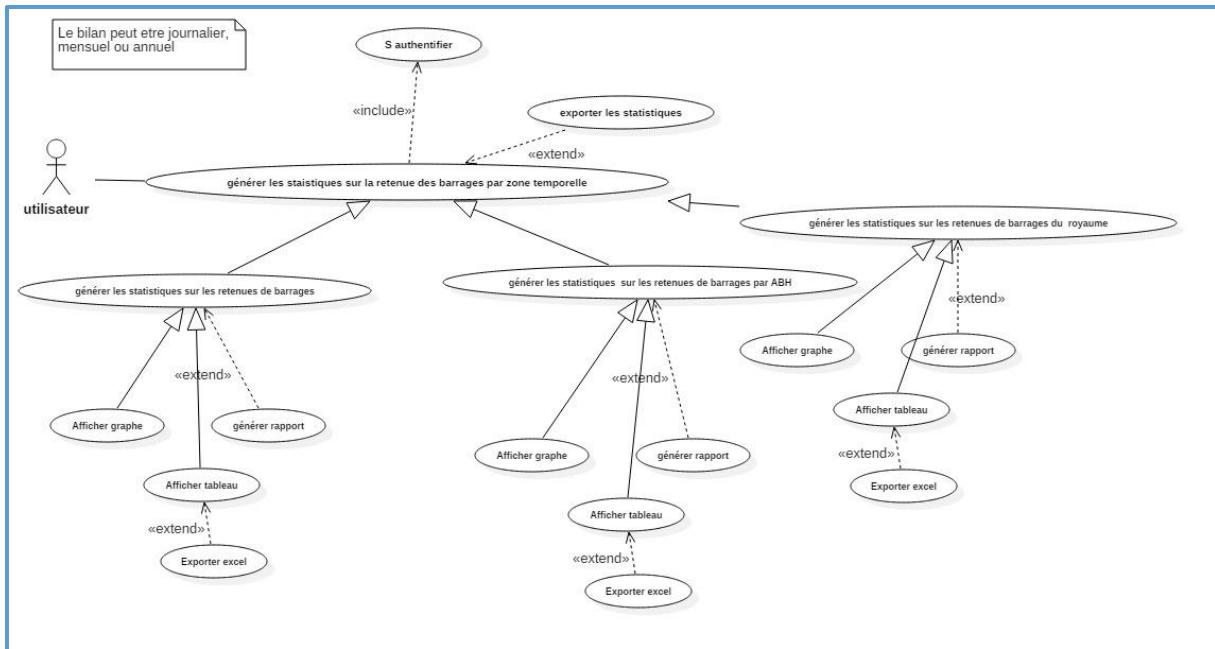


Figure 16 : Diagramme de cas d'utilisation des bilans sur la retenue des barrages

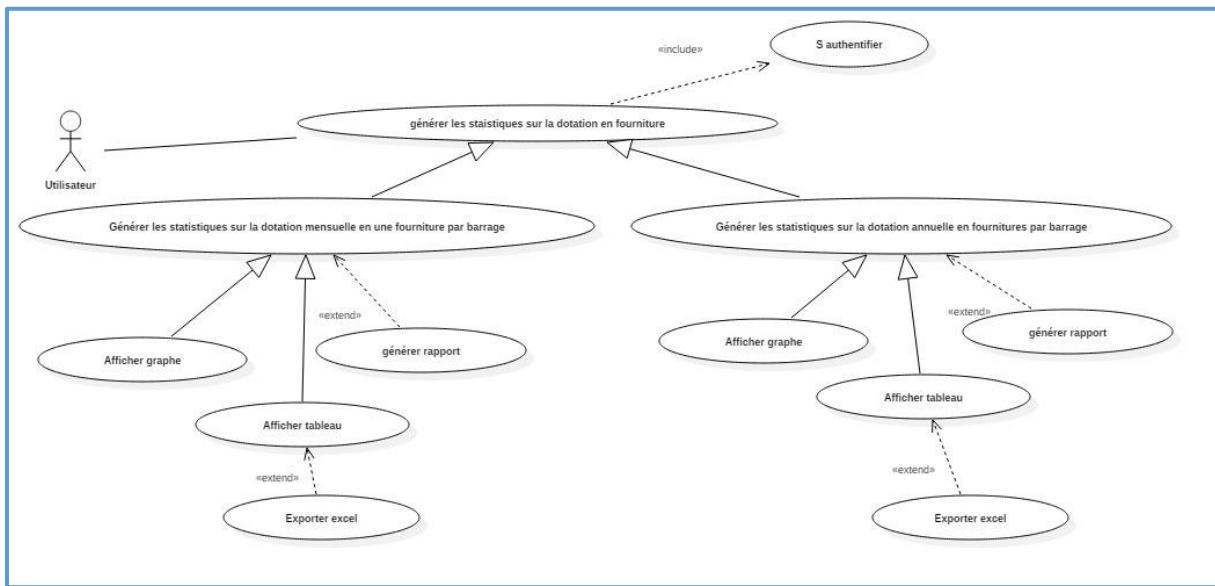


Figure 17 : Diagramme de cas d'utilisation des bilans des programmes des fournitures

## Diagramme d'interaction pour « Bilans hydrauliques »

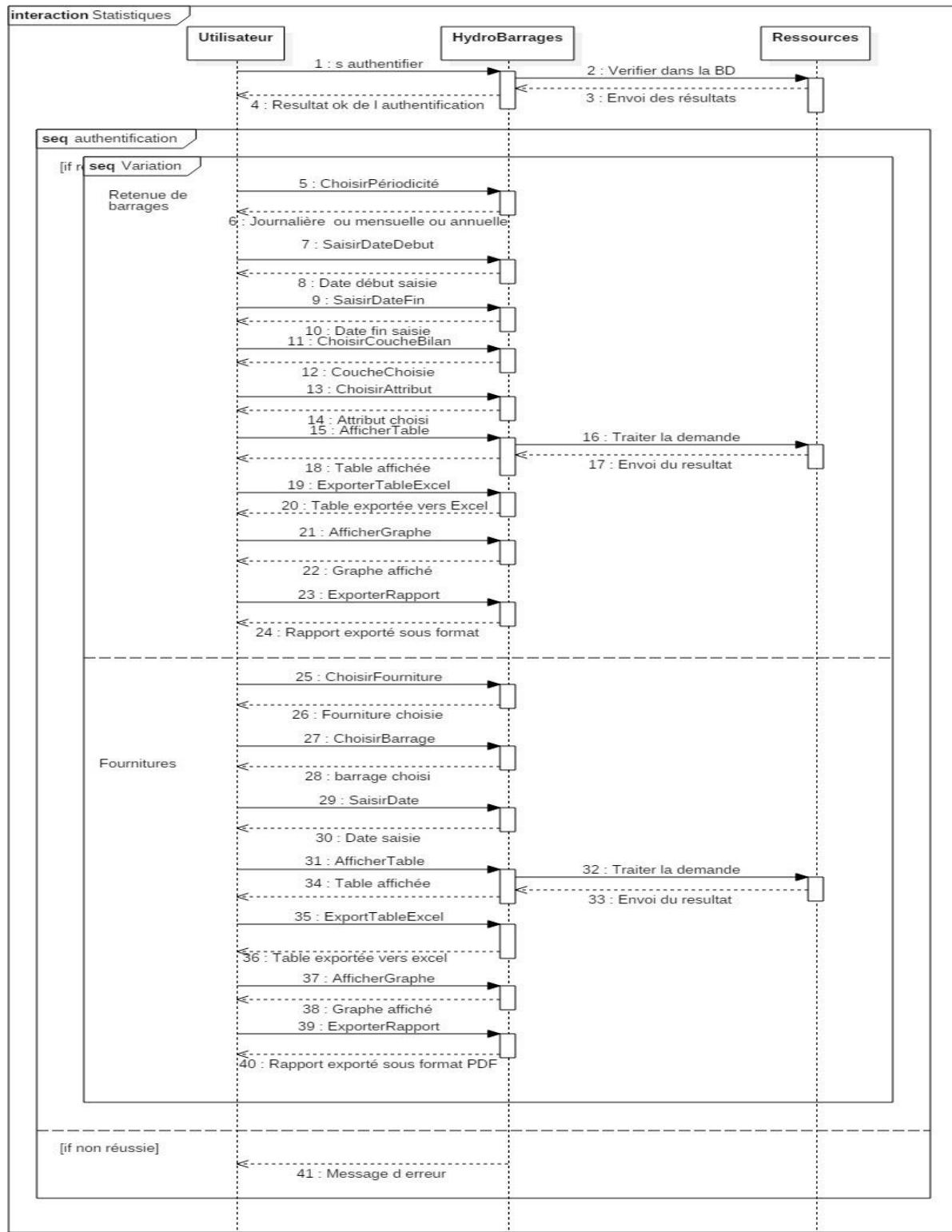


Figure 18 : Diagramme de séquence "Bilans Hydrauliques"

## Scénario de la cartographie thématique

Tableau 15 : Scénario de la cartographie thématique

Cas d'utilisation	Appliquer une symbolologie thématique à la carte
<b>Objectif</b>	Comparer le volume actuel dans un barrage avec : <ul style="list-style-type: none"> <li>• le volume actuel du jour précédent.</li> <li>• le volume actuel du même jour du mois précédent.</li> <li>• le volume actuel du même jour de l'année précédent.</li> <li>• le volume actuel du début de l'année hydrologique.</li> </ul>
<b>Acteur</b>	Utilisateur
<b>Pré condition</b>	S'authentifier
<b>Post condition</b>	
<b>Description</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisateur s'authentifie pour accéder à l'application.</li> <li>• « HydroBarrages » vérifie les paramètres saisis.</li> <li>• La map s'affiche par défaut avec une symbolologie comparant le volume actuel des barrages avec le volume du jour précédent.</li> <li>• Dans le menu de side bar, intitulé (symbolologie), l'utilisateur peut choisir la symbolologie à appliquer comme cela a été indiqué dans l'objectif. Il suffit de cliquer sur le bouton « changer » pour appliquer la thématique voulue à la Map.</li> <li>• Le bouton « Print » au-dessus permet d'imprimer une carte habillée de la vue.</li> </ul>

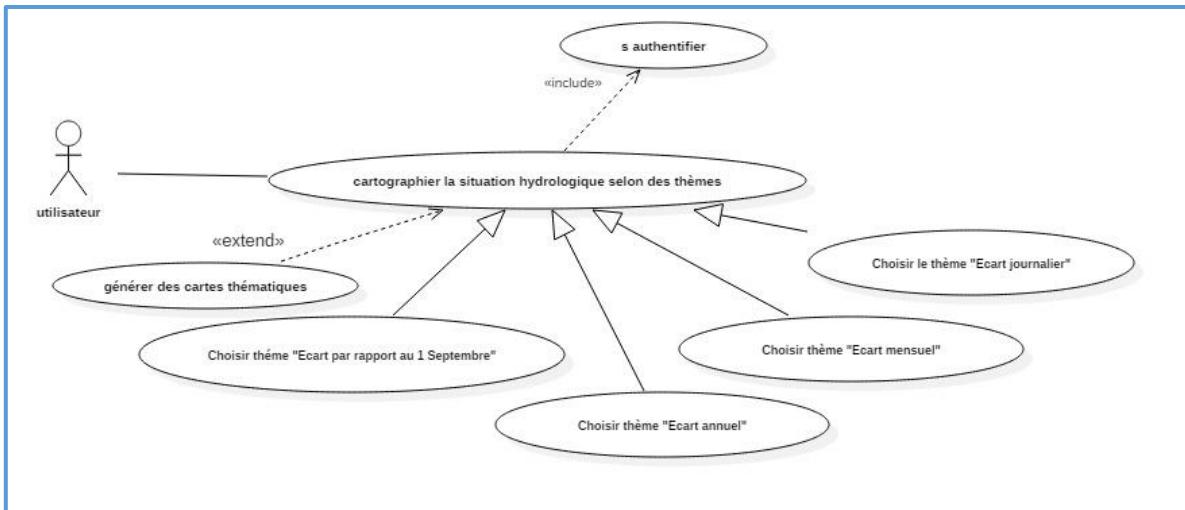


Figure 19 : Diagramme de cas d'utilisation de la cartographie thématique

### Diagramme d'interaction « Cartographie thématique »

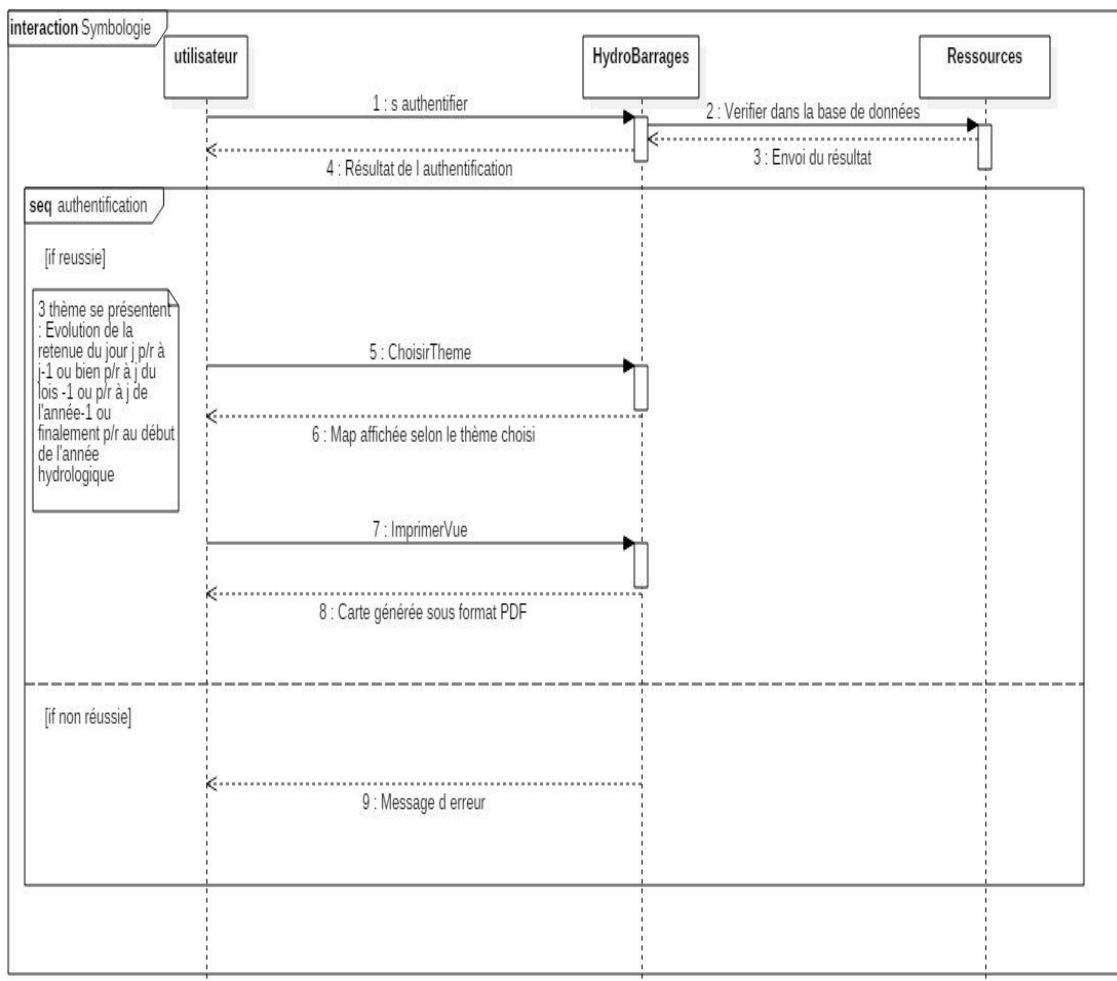


Figure 20 : Diagramme de séquence "Cartographie thématique"

## Scénario de la MAJ des entités hydrologiques

Tableau 16 : Scénario de la MAJ des entités hydrologiques

Cas d'utilisation	Mettre à jour les entités hydrologiques
<b>Objectif</b>	L'opérateur peut ajouter, modifier ou supprimer une entité hydrologique
<b>Acteur</b>	L'opérateur
<b>Pré condition</b>	S'authentifier
<b>Post condition</b>	
<b>Description</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'opérateur s'authentifie pour accéder à l'application.</li> <li>• « HydroBarrages » vérifie les paramètres saisis.</li> <li>• L'utilisateur accède à l'application.</li> <li>• L'utilisateur se place sur l'onglet « Ajout d'un nouveau barrage » pour ajouter un barrage. Un formulaire prenant en considération le nom de l'entité à ajouter et ses coordonnées s'affiche. L'opérateur saisit ses informations et valide. Dans le cas de l'erreur, l'opérateur peut revenir vers cette même interface pour mettre à jour les informations déjà insérées. Il suffit de cliquer sur « Editer », choisir le nom du barrage et ses coordonnées à changer s'affichent.</li> <li>• L'utilisateur se place sur l'onglet « MAJ attributaire ». Après avoir choisi la couche à mettre à jour, sa table attributaire s'affiche.</li> <li>• Pour chaque ligne de la table, on donne à l'opérateur la possibilité de modifier ou supprimer l'entité à travers deux boutons « Modifier » et « Supprimer » respectivement.</li> <li>• Lorsqu'on clique sur le bouton « Editer », on a la main pour modifier les champs de la ligne. Pour valider notre modification on clique sur le bouton « Save ».</li> <li>• Dans le cas de la suppression, la ligne supprimée est transmise directement à une table dédiée à la trace de la suppression.</li> </ul>

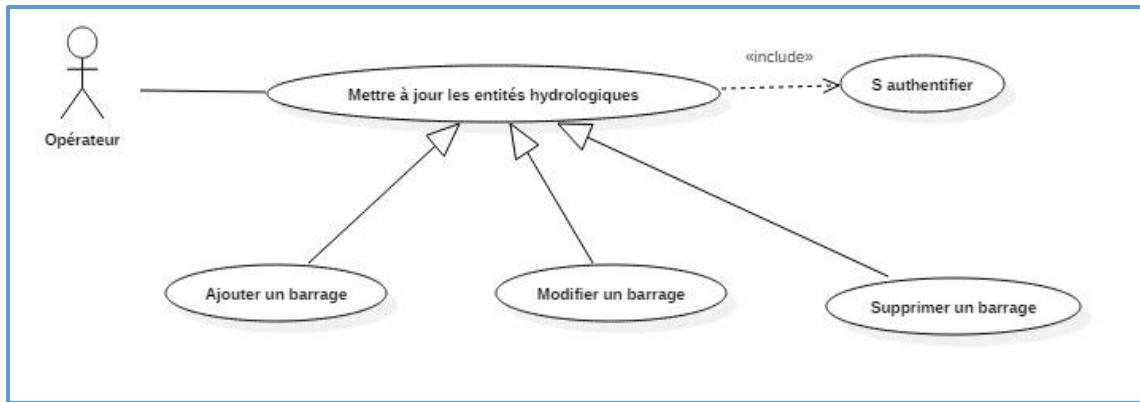


Figure 21 : Diagramme de cas d'utilisation de la MAJ des entités hydrologiques

### Diagramme d'interaction pour « Ajout d'un nouveau barrage »

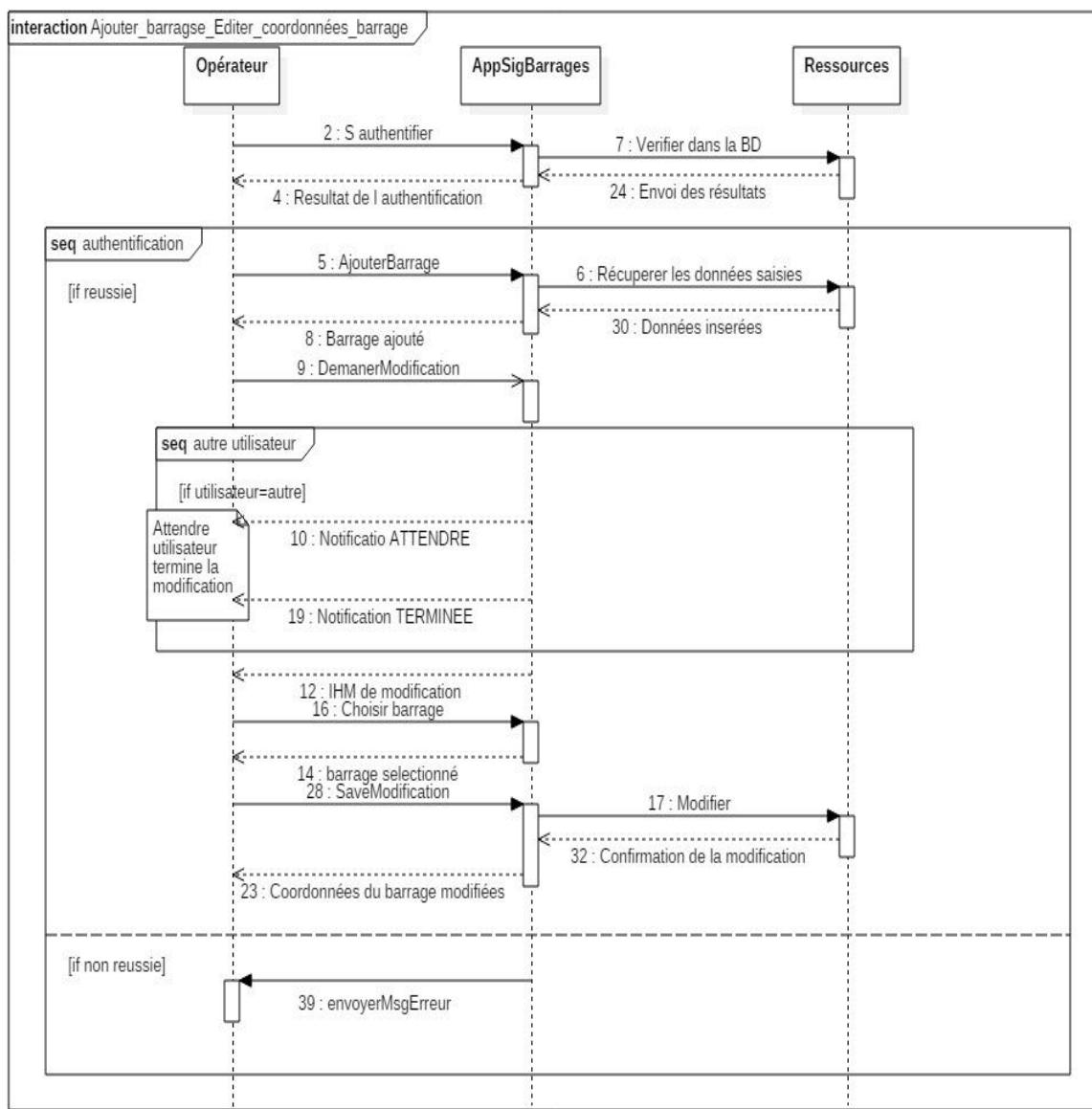


Figure 22 : Diagramme de séquence "Ajout d'un nouveau barrage"

## Diagramme d'interaction « MAJ attributaire d'un barrage »

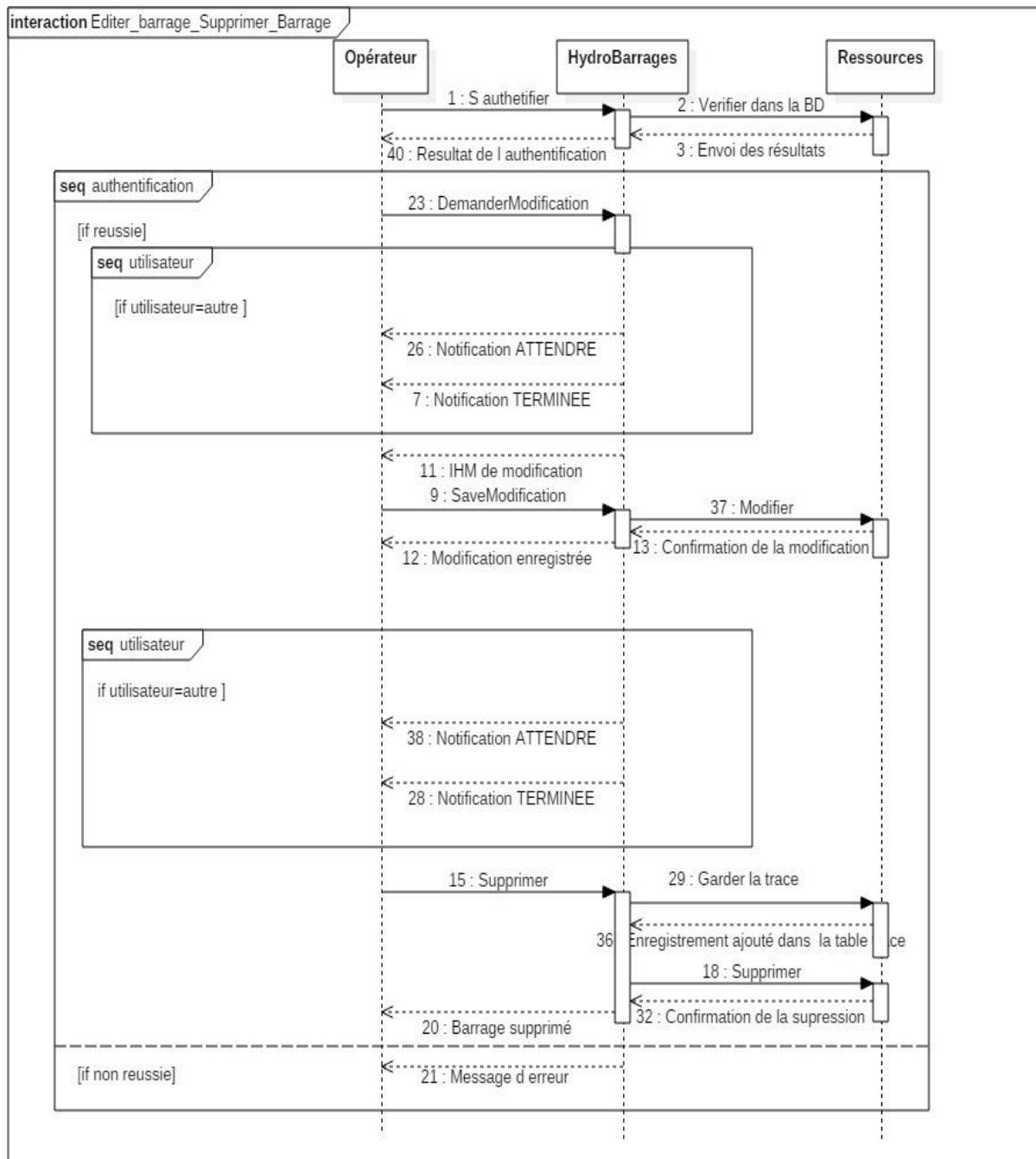


Figure 23 : Diagramme de séquence "MAJ attributaire d'un barrage"

## Scénario Maj des données de mesure hydrologique

Tableau 17 : Scénario Maj des données de mesure hydrologique

<b>Cas d'utilisation</b>	<b>Mettre à jour la retenue des barrages et les programmes de fournitures</b>
<b>Objectif</b>	Ce cas d'utilisation permet de mettre à jour la retenue des barrages et les programmes de fournitures en important le fichier Excel sur la situation des barrages. La mise à jour des retenues des barrages peut être faite à travers une méthode manuelle.
<b>Acteur</b>	Utilisateur
<b>Pré condition</b>	S'authentifier
<b>Post condition</b>	
<b>Description</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'utilisateur s'authentifie pour accéder à l'application.</li> <li>• « HydroBarrages » vérifie les paramètres saisis.</li> <li>• L'opérant accède à l'application.</li> <li>• Pour mettre à jour la retenue des barrages, l'utilisateur se place sur l'onglet mise à jour des retenues.</li> <li>• L'opérant choisit la méthode à travers une liste déroulante.</li> <li>• Si la méthode est manuelle, l'opérant : <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ choisit un barrage.</li> <li>✓ choisit une date.</li> <li>✓ saisit la retenue du barrage pour cette date.</li> <li>✓ clique sur « Ajouter ».</li> </ul> </li> </ul> <p>la méthode manuelle présente un avantage de pouvoir corriger la valeur de la retenue d'un barrage dans une date donnée en cliquant sur le bouton « éditer »</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• s'il s'agit de la méthode de l'import Excel, l'opérant parcourt son ordinateur, choisit le fichier Excel et clique sur le bouton « importer ».</li> </ul>

- Pour mettre à jour le programme des fournitures, l'utilisateur se place sur l'onglet mise à jour des retenues.
- L'opérant parcourt son ordinateur, choisit le fichier Excel et clique sur le bouton « importer ».

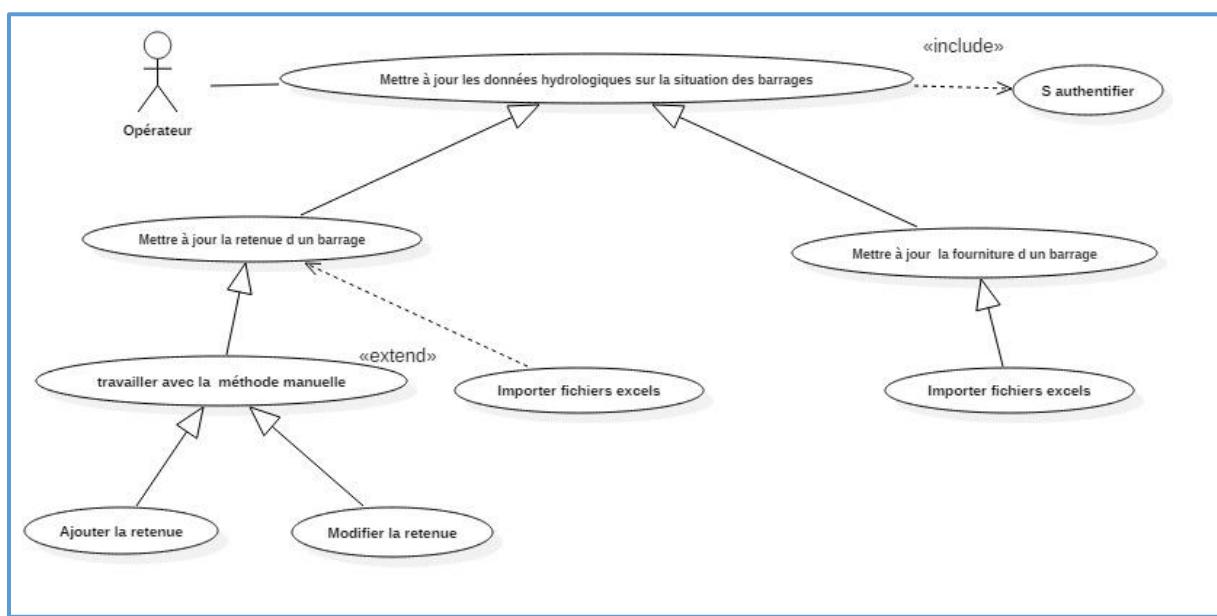


Figure 24 : Diagramme de cas d'utilisation de la MAJ des données de mesure hydrologiques

## Diagramme d'interaction « MAJ de la retenue des barrages » :

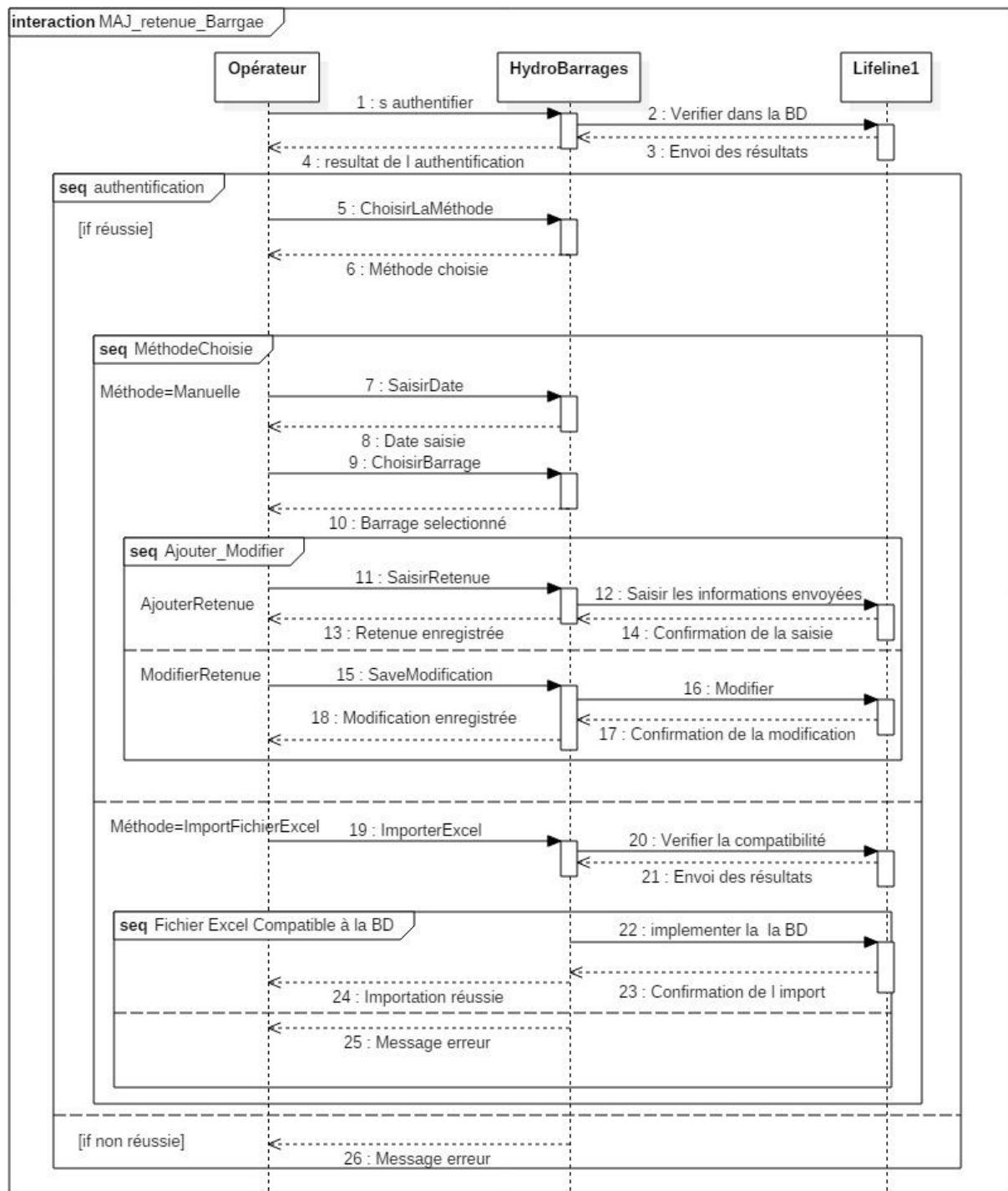


Figure 25 : Diagramme de séquence "MAJ de la retenue des barrages"

## Diagramme d'interaction « MAJ du programme de la fourniture » :

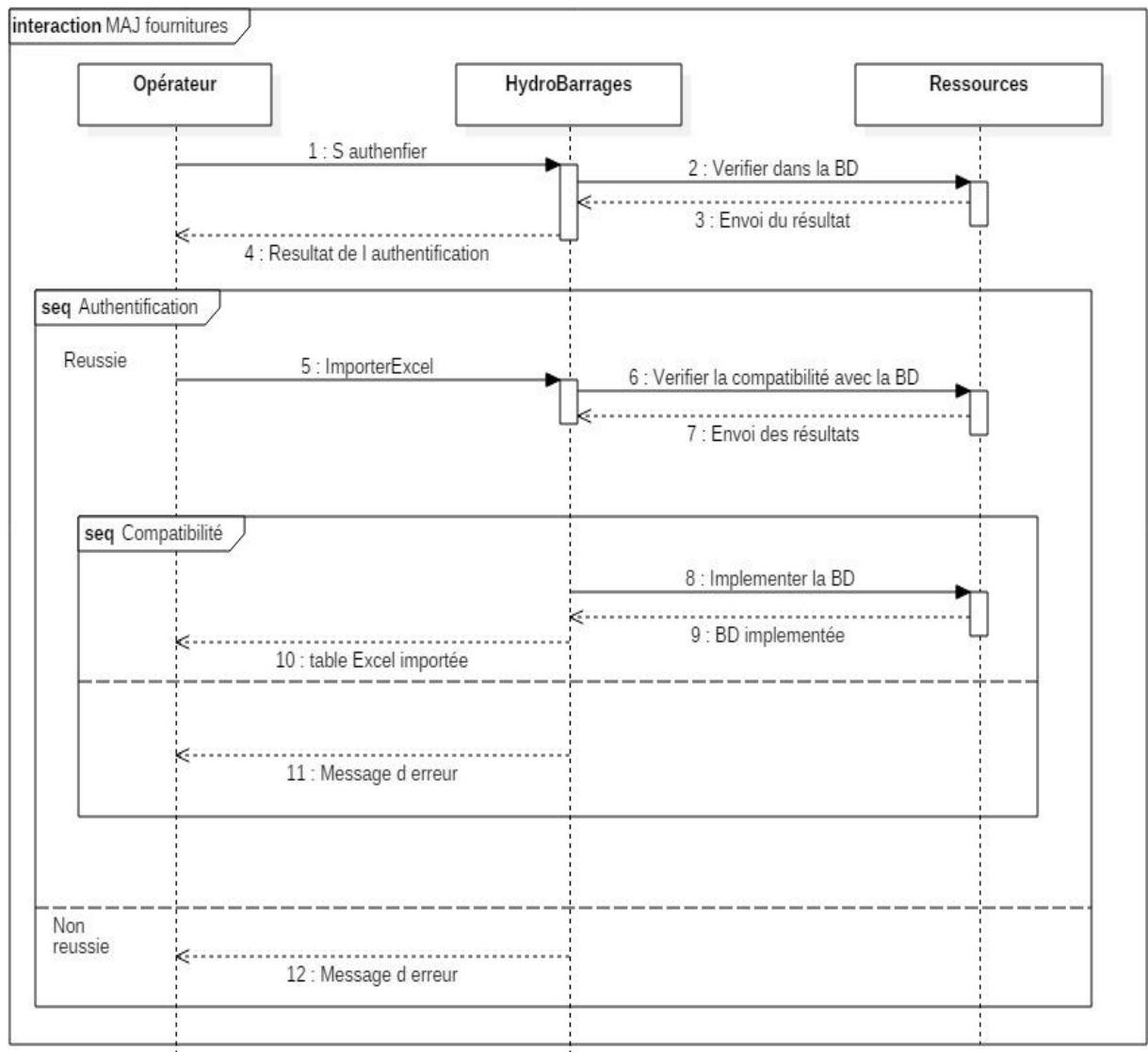


Figure 26 : Diagramme de séquence "MAJ du programme de la fourniture"

## **4    Diagramme de classe**

### **4.1    Les éléments constitutants le diagramme de classes**

Le Diagramme de classe est considéré comme le plus important de la modélisation orientée objet, il est le seul obligatoire lors d'une telle modélisation. Il reprend les concepts du modèle entité-association et propose, en plus, des artifices pour améliorer la sémantique d'un schéma conceptuel (contraintes, classe-association, stéréotype...).

De ce fait, cette notation est très complète et puissante et elle peut s'adapter parfaitement à la description statique d'une base de données.

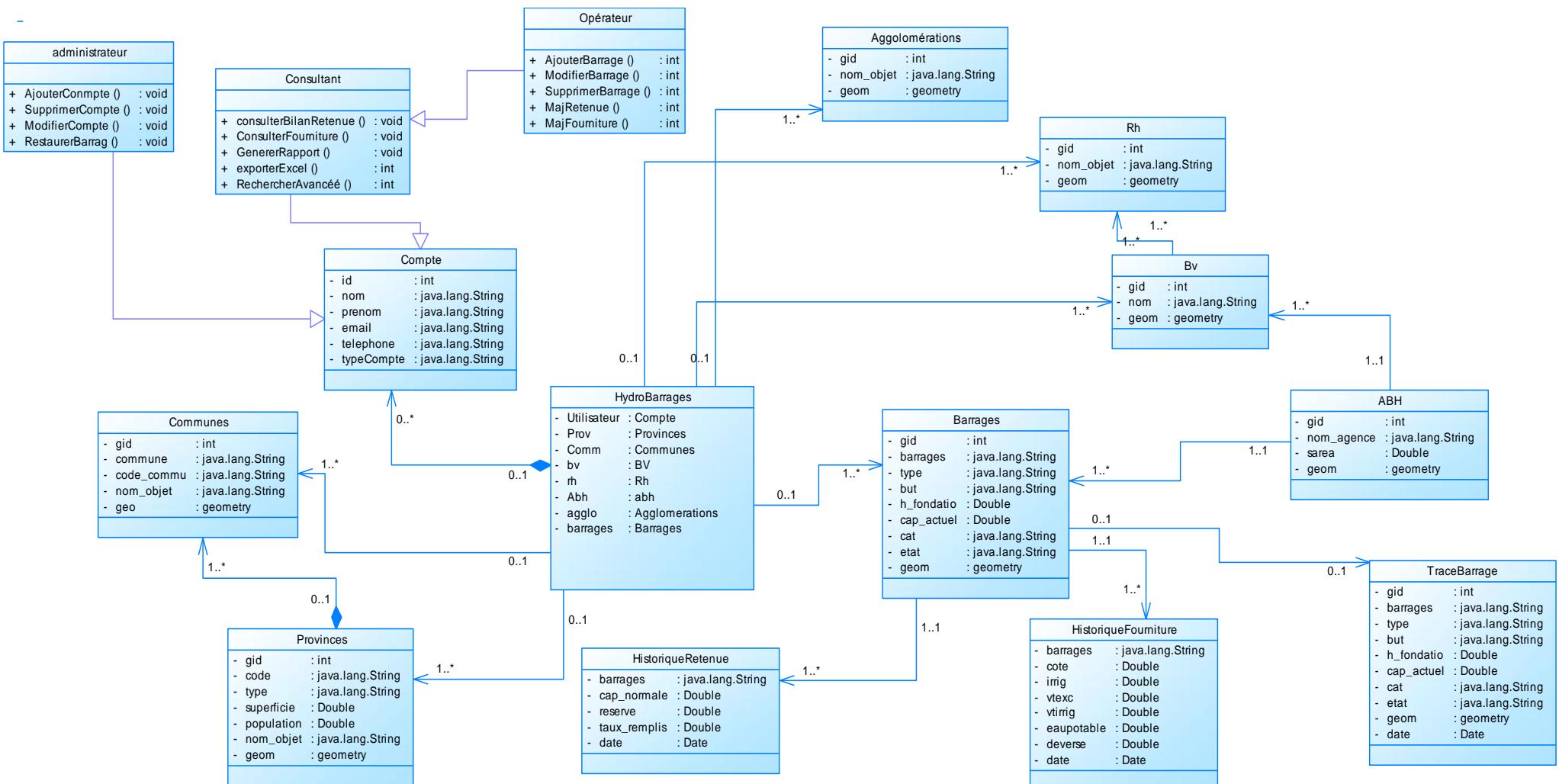
### **4.2    Le diagramme de classes**

Le diagramme de classe est le suivant :

Les classes «Provinces », « Communes », « Barrages », « Rh », « Bv », « agglomérations », « ABH » et « TraceBarrage » sont des classes « Entités » caractérisées par un champ géométrique.

Les classes « HistoriqueRetenue » et « HistoriqueFourniture » sont également des classes « Entités ».

Les classes « Compte », « Consultant », « administrateur », « Opérateur » et « HydroBarrages » sont des classes de traitement.



#### **4.3 Liste des attributs ou Dictionnaire de données**

Voir annexe 4.

### **5 Conclusion**

Ce chapitre a détaillé les différentes étapes qui ont été suivies pour concevoir une application conviviale aux besoins exprimés par le Service Gestion de l'Eau.

# Chapitre 5

---

## Base de données

Ce chapitre illustre les éléments liés à la base de données : description des données utilisées, préparation des données, implémentation de la base de données et le contrôle de sa qualité

## 1. Introduction

La préparation de la base de données et le contrôle de sa qualité demeure une étape essentielle pour le bon fonctionnement de l'application. Elle constitue l'élément responsable de la bonne qualité et de la précision des résultats.

Lors de la préparation de notre base de données, nous avons procédé comme suit :

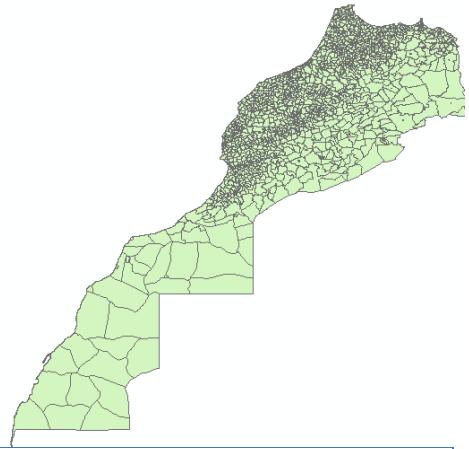
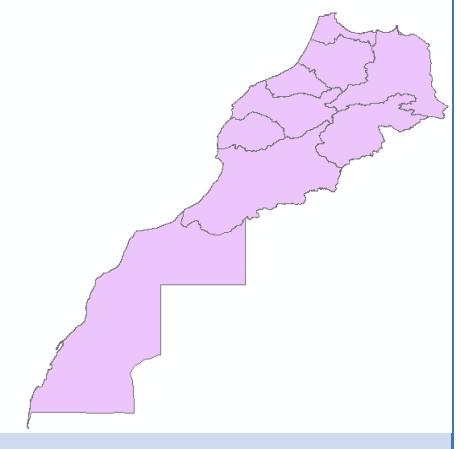
- Préparation des données en des tables cohérentes et organisées.
- Génération de la base de données à partir du diagramme de classe.
- Peuplement de la base de données.

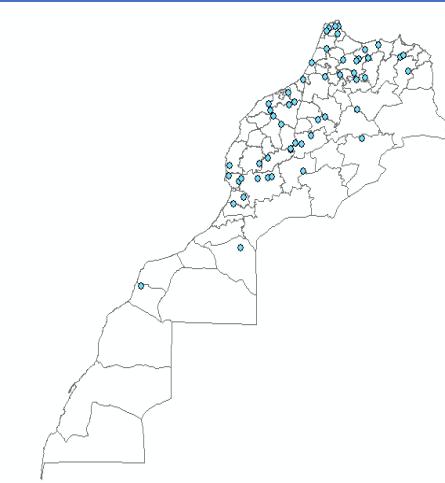
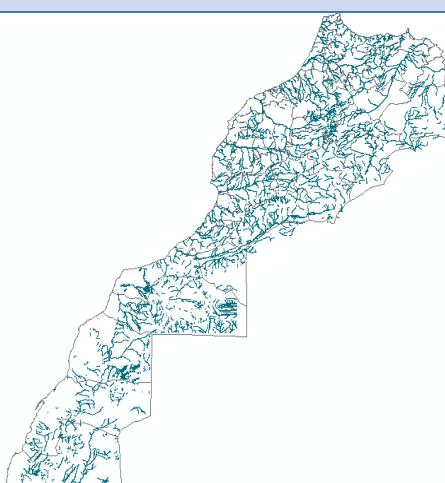
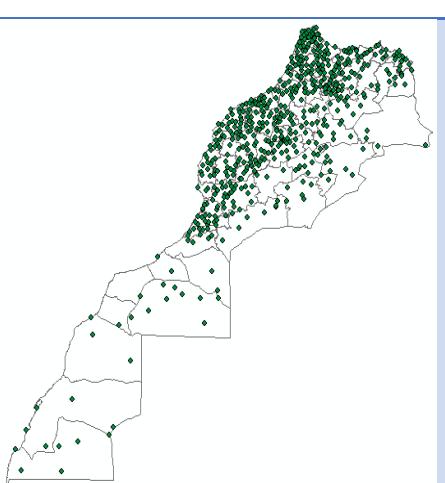
## 2. Description et présentation des données

### ○ Les couches « vecteurs »

Tableau 18 : Description des couches de données

La couche de données	Description	Illustration
Provinces	C'est une couche Vecteur de type Polygone qui représente le découpage en provinces. Chaque entité de la couche province a une partie géométrique limite de la province en question et une partie attributaire contenant le code et le nom de la province. Chaque région est composée de plusieurs provinces.	

<b>Communes</b>	C'est une couche Vecteur de type Polygone qui représente le découpage en communes. Chaque entité de la couche commune a une partie géométrique limite de la commune en question et une partie attributaire contenant le code et le nom de la commune. Chaque province se compose de plusieurs communes.	
<b>Agences de bassins hydrauliques</b>	C'est une couche Vecteur de type Polygone qui représente les Agences de Bassins Hydrauliques au Maroc. Chaque entité de la couche a une partie géométrique : périmètre de l'agence en question et une partie attributaire contenant son nom.	
<b>Bassins versants</b>	C'est une couche Vecteur de type Polygone qui représente les bassins versants du Maroc. Chaque entité de la couche a une partie géométrique : périmètre du bassin en question et une partie attributaire contenant le nom du bassin.	

<b>Barrages</b>	C'est une couche Vecteur de type Point qui représente les grands barrages du Maroc. Chaque entité de la couche a une partie géométrique : périmètre du bassin en question et une partie attributaire contenant le nom du barrage.	
<b>Réseaux hydrographiques</b>	C'est une couche Vecteur de type Polyline qui représente les réseaux hydrographiques du Maroc. Chaque entité de la couche a une partie géométrique : périmètre du bassin en question et une partie attributaire contenant le nom du réseau hydrographique.	
<b>Agglomérations</b>	C'est une couche Vecteur de type Point qui représente les agglomérations. Chaque entité de la couche a une partie géométrique : limites de l'agglomération en question et une partie attributaire contenant son nom.	

## **3. Implémentation de la base de données**

### **3.1 Préparation des données**

Après avoir conçu la base de données dans le diagramme de classe (voir le chapitre précédent), vient l'étape de génération physique des tables. L'outil PowerAMC permet de générer à partir d'un diagramme de classe, un script SQL. L'exécution du script génère la base de données avec des tables vides ayant les clés primaires et étrangères.

Pour ce faire, il faut passer par les étapes suivantes :

- La conception d'une base de données géographique à l'aide de PowerAMC.
- La génération d'un script SQL du modèle élaboré.
- La création et la population d'une base de données via le script SQL.
- La programmation des fonctions qui vont peupler la base de données vide à partir des tables chargées suite à l'importation des shapefile dans PostGIS. Dans cette étape, il faut utiliser le « PL/pgSQL ».

Avant d'importer les shapefiles, il faut passer par les étapes suivantes :

- La correction géométrique des données à l'aide d'ArcGIS.
- Configuration de PostgreSQL/PostGIS.
- L'importation des données sous PostgreSQL à l'aide de QGIS.

### **3.2 Import des fichiers Excel sur la situation quotidienne des barrages vers notre base de données :**

Le Ministère délégué chargé de l'Eau publie de façon quotidienne un fichier Excel standardisé qui contient toutes les informations sur la situation des barrages. Pour en profiter, il fallait importer ces fichiers Excel vers notre base de données. Donc, nous avons réalisé une macro qui nous a permis de copier la partie qui nous intéresse de la feuille contenant l'information sur la retenue des barrages vers un autre fichier .csv.

La macro est écrite en langage VB sous Excel :

```
Sub ExcelToDB()
    Dim Entrée As Workbook, Sortie As Workbook

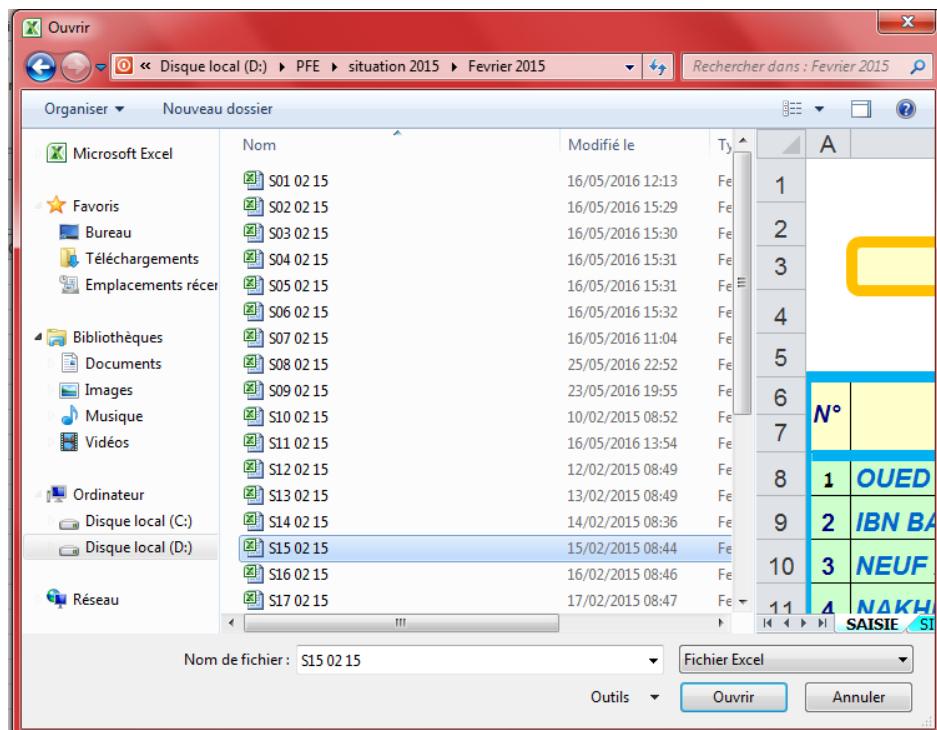
    Nomfichierentree = Application.GetOpenFilename("Fichier Excel (*.xlsx), *.xls")
    ' On vérifie que l'on a sélectionné un nom de classeur
    If Nomfichierentree <> False Then
        ' On ouvre le classeur
        Set Entrée = Workbooks.Open(Nomfichierentree)
        NomFichiersortie = Application.GetOpenFilename("Fichier Excel (*.csv), *.xlsm")
        If NomFichiersortie <> False Then
            Set Sortie = Workbooks.Open(NomFichiersortie)
            'With Sortie.Worksheets("Feuill1")
            '    .Range("D1").NumberFormat = "mm/dd/yyyy"
            'End With

            ' Ici tu mets les copies des cellules de la feuille d'entrée vers la feuille de sortie
            For j = 9 To 63
                For i = 10 To 13
                    Sortie.Worksheets(1).Cells(j - 8, i - 9) = Entrée.Worksheets(4).Cells(j, 1)
                Next i
            Next j
            For k = 1 To 55
                Sortie.Worksheets(1).Cells(k, 5).NumberFormat = "dd/mm/yy"
                Sortie.Worksheets(1).Cells(k, 5) = Entrée.Worksheets(4).Cells(5, 12)
            Next k
            'Sortie.Worksheets("Feuill1").Cells(2, 2) = Entrée.Worksheets("Feuill1").Cells(1, 1)
            'Sortie.Worksheets("Feuill1").Cells(2, 1) = Entrée.Worksheets("Feuill1").Cells(2, 1)
            ' C'est là que ton boulot commence ;)
            ' etc
            ' .
            ' .
            ' .

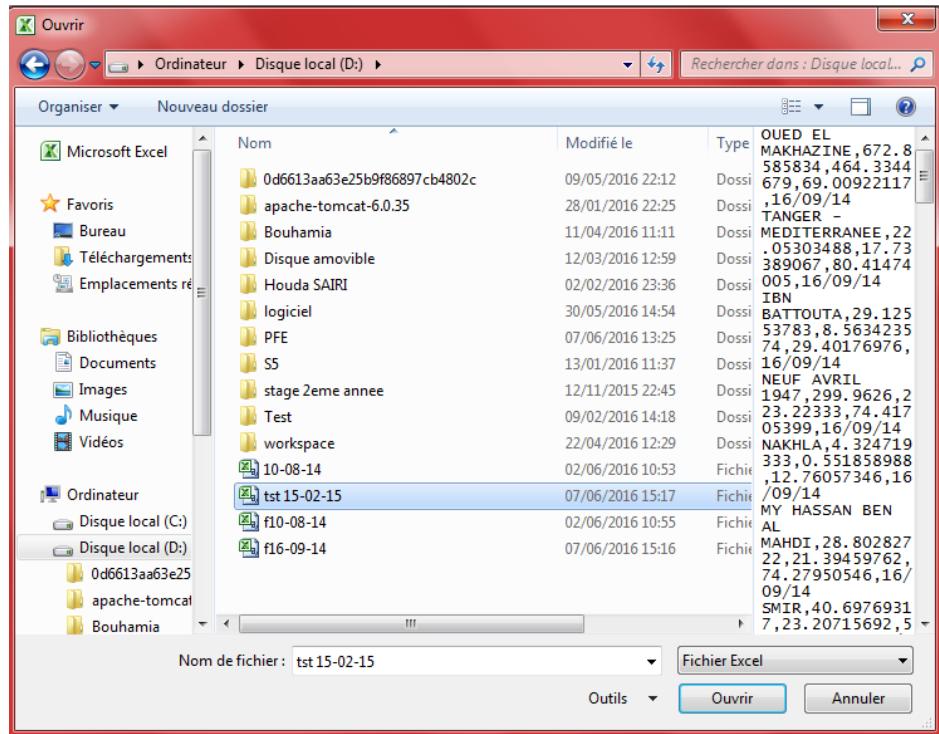
            ' On ferme le classeur
            Sortie.Close
        End If
    End If
End Sub
```

**Figure 27 : Macro développée en VB sous Excel**

On lance la macro, une première interface s'affiche, il faut donc sélectionner le fichier Excel sur la situation des barrages pour une date donnée comme suit :



Quelques secondes après, une deuxième interface semblable à la première s'affiche. Il suffit de créer un fichier .cvs et de le nommer dans un emplacement précis, puis le sélectionner :



Voici le fichier Excel input ; nous sommes intéressées par la partie encadrée par le rouge :

SITUATION DES BARRAGES									
BARRAGES	CAPACITE NORMALE (Mm3)	15/02/15		15/02/14					
		RESERVE	TAUX DE REMPLIS (%)	RESERVE	TAUX DE REMPLIS (%)				
OUED EL MAKHANE	672,9	643,3	95,6	642,6	95,5				
TANGER - MEDITERRANEE	22,1	19,8	90,0	20,0	90,6				
DAHLIA AVRIL 1947	29,1	16,0	55,1	21,0	72,7				
JAHLA	4,32	4,32	100,0	4,3	24,7				
MY HASSAN BEN AL MAHDI	28,8	20,3	70,6	29,4	98,7				
MIR	40,7	21,7	53,2	34,2	84,1				
I.B.A. AL KHATTABI	16,0	4,3	27,1	14,8	92,6				
HASSAN II	404,4	217,3	53,7	323,2	79,9				
EDOMOUA	5,05	3,88	76,8	4,3	84,8				
NHIL	12,7	2,0	15,6	2,1	16,6				
BARRAGE SUR OUED ZA	102,5	91,1	88,8	88,2	88,0				
MOHAMED V	326,7	178,5	54,6	288,9	88,4				
MECHRAA HOMMADI	9,6	8,3	86,4	7,7	79,9				
DAB LOUTA	34,5	26,8	77,9	29,7	86,3				
DRIBS 1er	1129,6	860,2	76,2	812,5	71,9				
LLAL EL FASSI	63,8	56,8	89,1	61,4	96,4				
BOUECHAHED	161,0	118,6	73,7	140,1	87,0				
SAHILA	62,0	62,0	100,0	60,3	97,3				
BOUHOUDA	55,0	55,0	100,0	55,0	100,0				
ESFALOU	307,1	227,6	74,1	250,4	81,5				
ELWANDA	3712,1	2159,1	58,2	2127,3	57,3				
SARDE SEBOU	40,1	39,6	98,7	36,6	91,3				

Figure 28 : Exemple de fichier Excel sur la situation des barrages

Le fichier .csv output est le suivant :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	OUED EL MAKHAZINE	672.8585834	643.2793947	95.60395165	15/02/15											
2	TANGER - MEDITERRANEE	22.05303488	19.84989904	90.00982928	15/02/15											
3	IBN BATTOUTA	29.12553783	16.0378786	55.06465479	15/02/15											
4	NEUF AVRIL	1947.299.9626.229	3623759	76.46365776	15/02/15											
5	NAKHLA	4.324719333	4.324719333	100.15	02/15											
6	MY HASSAN BEN AL MAHDI	28.80282722	20.34193077	70.62477102	15/02/15											
7	SMIR	40.89769317	21.65550202	53.235209	15/02/15											
8	M.B.A. AL KHATTABI	16.0392	4.349126723	27.11560878	15/02/15											
9	HASSAN II	404.361111	217.3059987	53.74057809	15/02/15											
10	JOUMOUA	5.048954167	3.876239971	76.77292848	15/02/15											
11	INJIL	12.65409369	1.976291588	15.6178043	15/02/15											
12	BARRAGE SUR OUDI ZA	102.5432583	91.05774035	88.79934364	15/02/15											
13	MOHAMED V	326.6884583	178.475944	54.63184861	15/02/15											
14	MECHRAA HOMMADI	5.976316	8.277399812	86.43615992	15/02/15											
15	BAB LOUTA	34.47051389	26.84017405	77.86415409	15/02/15											
16	IDRISS 1 er	1129.560026	860.2094645	76.15438263	15/02/15											
17	ALLAL EL FASSI	63.76105895	56.79237401	89.07062546	15/02/15											
18	SIDI ECHAHED	160.9770583	118.6104314	73.68157464	15/02/15											
19	SAHLA	62.022	62.022	100.15	02/15											
20	BOUHOUDA	55.009925	55.009925	100.15	02/15											
21	ASFALOU	307.102925	227.569865	74.10214833	15/02/15											
22	ALWAHDA	3712.089	2159.057354	58.16286609	15/02/15											
23	GARDE SEBOU	40.08836667	39.56032233	98.68279908	15/02/15											
24	EL KENSERA	220.7908411	203.5256873	92.18031251	15/02/15											

Figure 29 : Exemple de fichier Excel .csv résultant de la Macro

Ce fichier est prêt à être importé vers notre base de données à l'aide de la requête « COPY » de PostgreSQL.

## 4. Contrôle de qualité de la base de données

Pour estimer la qualité d'erreur et d'imprécision, on mesure l'écart entre l'information géographique représentée dans une base de données et la réalité terrain. Comme on ne peut pas tout vérifier, on estime la qualité d'une base de données à partir d'échantillons que l'on espère représentatifs. Les techniques d'évaluation se sont essentiellement focalisées sur la précision de la position. Une base de données n'est généralement pas homogène en qualité. Pour l'estimer, on utilise différents jeux de données.

L'évaluation de la qualité d'un jeu de données se définit par l'écart entre celui-ci et le terrain nominal. Le terrain nominal est une entité abstraite qui n'est pas accessible. On utilise donc des données de contrôle qui sont une estimation proche de ce terrain. La qualité d'un jeu de données consiste à estimer l'écart entre celui-ci et les données de contrôle. Ceci suppose de pouvoir faire correspondre les éléments du jeu de données avec leurs homologues dans les données de contrôle.

Le jeu de données de contrôle est constitué à partir d'une saisie de données la plus fidèle possible aux définitions du schéma de données et des spécifications. Cette saisie est très couteuse puisqu'il est quasi important de vérifier tous les objets saisis sur le terrain. On vérifie la précision géométrique et sémantique de l'objet saisi. Les données de contrôle sont appariées aux données échantillonnées de la base de données.

Cinq grandes composantes (généalogie, actualité, cohérence logique, précision sémantique et exhaustivité, précision géométrique) sont contrôlées à l'aide d'indicateurs de qualité. Les résultats obtenus sur les échantillons sont ensuite extrapolés à l'ensemble de la population du jeu de données. L'échantillonnage rend le contrôle qualité non exhaustif et pose tous les problèmes liés à ce type de méthode.

**La généalogie :** décrit les méthodes d'acquisition des données et les métadonnées.

**L'exhaustivité :** précise l'absence ou la présence des objets géographiques dans la base de données correspondants à ceux réels.

**L'actualité :** Il s'agit de la dernière mise à jour de la BDG et de la validité des données.

**La précision géométrique :** l'écart entre la position des objets de la base de données et la position des objets réels.

**La précision sémantique :** s'intéresse aux relations entre les objets et leurs attributs.

**Qualité spécifique :** Vérification d'orthographe dans les jeux de données.

**Cohérence logique :** représente la fiabilité des données.

Le tableau suivant représente un récapitulatif du contrôle de la qualité des données.

Tableau 19 : Qualité de la base de données

<b>La généalogie :</b>	Deux normes sont relatives aux métadonnées des informations géographiques : ISO 19115 et ISO 19139. On peut consulter les métadonnées données des couches selon la norme ISO 19 139 à l'aide d'ArcMap.
<b>L'exhaustivité :</b>	Pour la couche des provinces et des communes, les informations géométriques et attributaires sont suffisantes.  Par contre, les informations sur le réseau hydrographiques ne sont pas suffisantes : 151/2576 tronçons du réseau qui ont un nom.

<b>L'actualité :</b>	La date de mise à jour des jeux de données relatif au découpage administratif est 2015. Il s'agit du nouvel découpage administratif. Pour les autres données, elles datent de 2010.
<b>La précision géométrique :</b>	La comparaison des données sur le découpage administratif avec un échantillon local d'une grande précision montre un décalage géométrique moyen.
<b>La précision sémantique :</b>	En utilisant un autre échantillon de données sur les barrages, on exécute quelques requêtes attributaires pour la couche « barrage » par exemple ; on remarque que les noms des barrages ne sont pas exactement les mêmes.
<b>Qualité spécifique :</b>	Pour notre échantillon de la base des données, on remarque l'absence de quelques données.
<b>Cohérence logique :</b>	A l'aide du plugin « quality » de l'outil « OpenJUMP », on remarque que notre échantillon représente une qualité moyenne en ce qui concerne : <ul style="list-style-type: none"> <li>• La validité de la topologie</li> <li>• La surface minimale d'un polygone</li> <li>• Les surfaces mal jointes</li> <li>• Recouvrement entre surfaces</li> </ul>

## 5. Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'étude de la base des données depuis la description et la préparation des données, enchainant par la génération de la base de données, jusqu'à l'étude de sa qualité. Les données représentent le noyau des applications SIG, et donc la qualité des résultats dépend de la qualité des données. C'est pour cette raison-là que nous avons consacré ce chapitre à l'étude approfondie des données. Cette dernière nous a permis d'avoir une vision globale sur la précision des données, et donc la précision des résultats de l'application.

# Chapitre 6

---

## Réalisation

**Le présent chapitre illustre la démarche et les outils adoptés dans la phase de développement. Ainsi, il présente le produit final du projet : les interfaces et l'ensemble des fonctionnalités développées dans la solution « HydroBarrages ».**

# 1. Introduction

La phase de réalisation constitue la dernière étape d'un projet dans la démarche 2TUP qui a été adoptée dans le cadre de notre projet. Dans cette phase, nous présentons les IHMs des fonctionnalités réalisées et décrivons la manière d'utilisation de l'application. Mais tout d'abord, nous commençons par une description de l'environnement de développement.

## 2 Préparation de l'environnement de développement

La préparation de l'environnement de développement intégré est primordiale pour le développeur, cela afin d'augmenter la productivité. En effet, avant de se lancer dans le développement, nous avons préparé notre IDE, en l'occurrence NetBeans, en installant sa dernière version 8.0.2 qui vient avec les Frameworks et les serveurs que nous avons choisis minutieusement dans la partie de l'étude technique.

Donc, après avoir créé un nouveau projet, en précisant comme Frameworks Java EE web version 7 et comme serveur d'application GlassFish, nous avons déployé le serveur cartographique Geoserver 5.6 sur GlassFish. Par la suite, nous avons ajouté les APIs et les bibliothèques OpenLayer, Proj4JS, ExtJs, GeoExt, ainsi que angularjs avec bootstrap. La figure ci-dessous montre le logiciel Netbeans avec l'ensemble des fichiers du projet créés lors de la phase de développement, et l'appel des différentes bibliothèques et APIs citées.

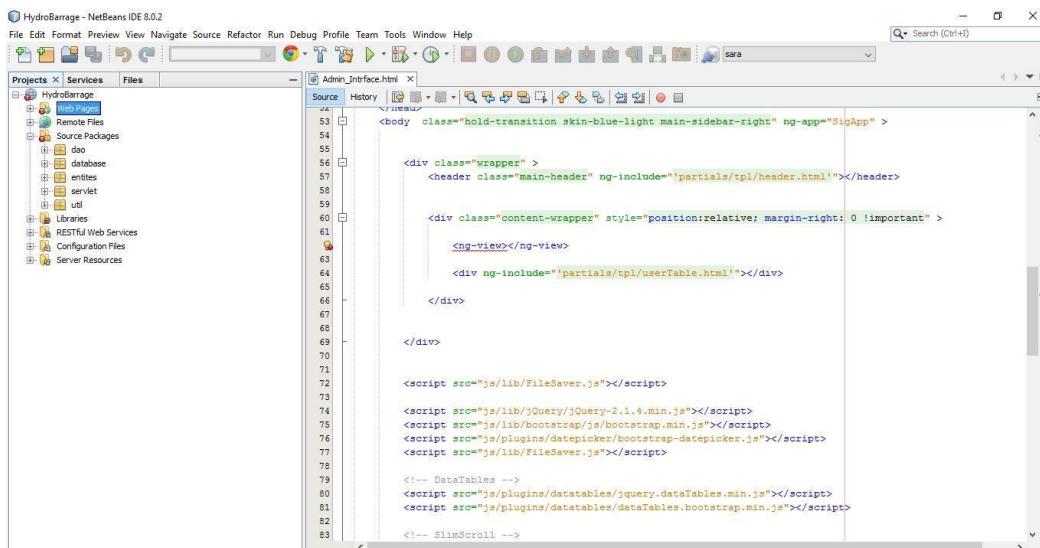


Figure 30 : Environnement de développement

### 3 Description de l'interface IHM

#### ○ La page d'authentification

L'utilisateur de l'application est directement dirigé vers la première page, celle de l'authentification. Elle offre à nos utilisateurs la possibilité de s'authentifier selon leurs profils en faisant entrer leurs emails et mots de passe. C'est un passage obligatoire et il permet d'assurer la sécurité de l'application en accordant à chaque utilisateur les ressources et les droits qui lui correspondent.

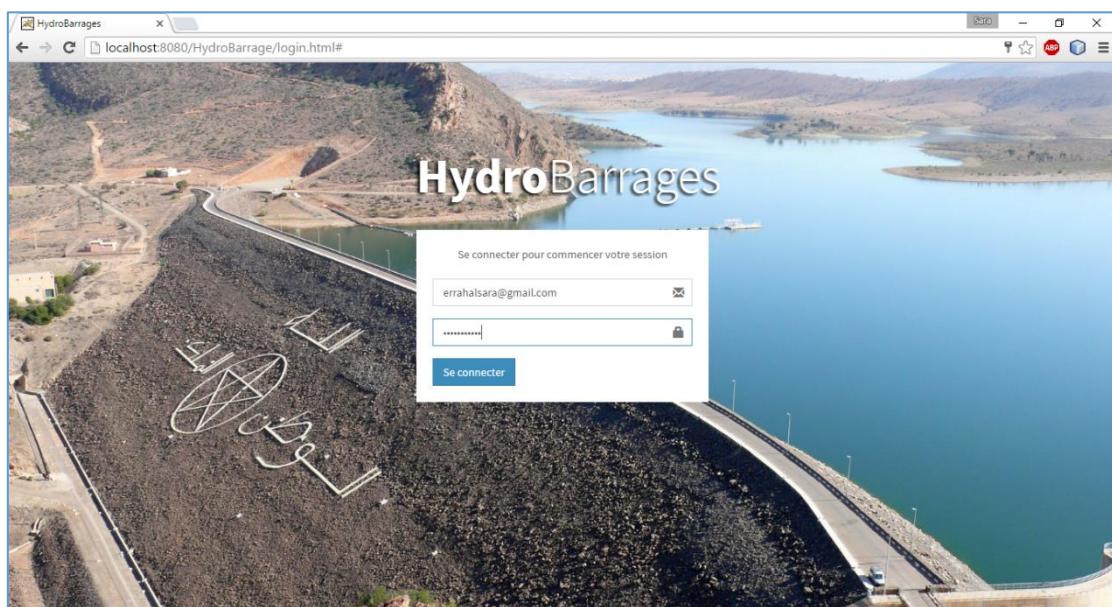


Figure 31 : Page d'authentification

#### ○ Description de l'interface d'accueil de l'administrateur

Le module d'administration est accessible pour les utilisateurs ayant le droit d'accès en profil « administrateur ». L'administrateur peut administrer l'application à travers les fonctionnalités suivantes :

➤ **Gestion des droits d'accès :**

- Gérer les profils des utilisateurs
- Gérer les utilisateurs et mots de passe

**Bouton « Ajouter » :** permet à l'administrateur d'ajouter un nouveau compte en choisissant le profil approprié.

Nom	Prenom	Email	Téléphone	Mot de passe	Compte	Action
Safadi	hajar	safadihajar@gmail.com	962258	safadiHajar	opérateur	<button>Editor</button> <button>Supprimer</button>
elahmar	hana	elahmarhana@gmail.com	881222	elahmarhana	consultant	<button>Editor</button> <button>Supprimer</button>
errahal	sara	errahalsara@gmail.com	0282585	saraErrahal	admin	<button>Editor</button> <button>Supprimer</button>
Tahiri	kenza	tahirikenza@gmail.com	01010101	tahiriKenza	admin	<button>Editor</button> <button>Supprimer</button>

Figure 32 : Interface de MAJ des utilisateurs

Nom	Prenom	Email	Téléphone	Mot de passe	Compte	Action
errahal	adil	errahaladil@gmail.com	0613259682	errahalAdil	opérateur	<button>Editer</button> <button>Supprimer</button>
Safadi	hajar	safadihajar@gmail.com	962258	safadiHajar	opérateur	<button>Editer</button> <button>Supprimer</button>
elahmar	hana	elahmarhana@gmail.com	881222	elahmarhana	consultant	<button>Editer</button> <button>Supprimer</button>
errahal	sara	errahalsara@gmail.com	0282585	saraErrahal	admin	<button>Editer</button> <button>Supprimer</button>
Tahiri	kenza	tahirikenza@gmail.com	01010101	tahiriKenza	admin	<button>Editer</button> <button>Supprimer</button>

**Bouton « Editer » :** permet à l'administrateur de modifier un compte

**Bouton « Supprimer » :** permet à l'utilisateur de supprimer un compte

Nom	Prenom	Email	Téléphone	Mot de passe	Compte	Action
Safadi	hajar	safadihajar@gmail.com	962258	*****	opérateur	<button>Sauvegarder</button> <button>Annuler</button>
elahmar	hana	elahmarhana@gmail.com	881222	elahmarhana	consultant	<button>Editer</button> <button>Supprimer</button>
errahal	sara	errahalsara@gmail.com	0282585	saraErrahal	admin	<button>Editer</button> <button>Supprimer</button>
Tahiri	kenza	tahirikenza@gmail.com	01010101	*****	admin	<button>Sauvegarder</button> <button>Annuler</button>

## ➤ Restauration des données

Dans ce sous-module, l'opérant fait appel à l'administrateur pour restaurer une donnée hydrologique qui a été déjà supprimée.

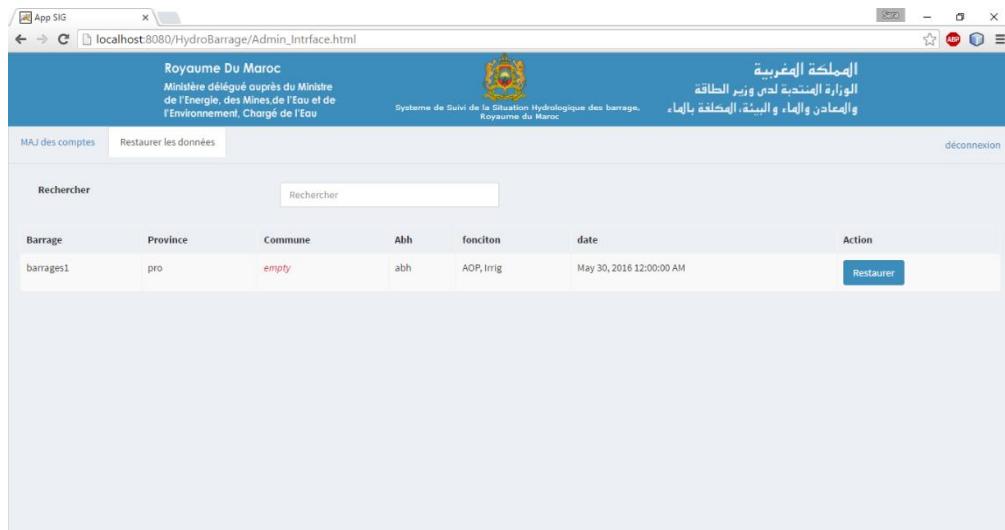


Figure 33 : Interface de restauration des entités hydrologiques

### ○ Description de l'interface d'accueil de l'application

L'interface ci-dessus représente la page d'accueil de notre application ; elle est composée des zones suivantes :

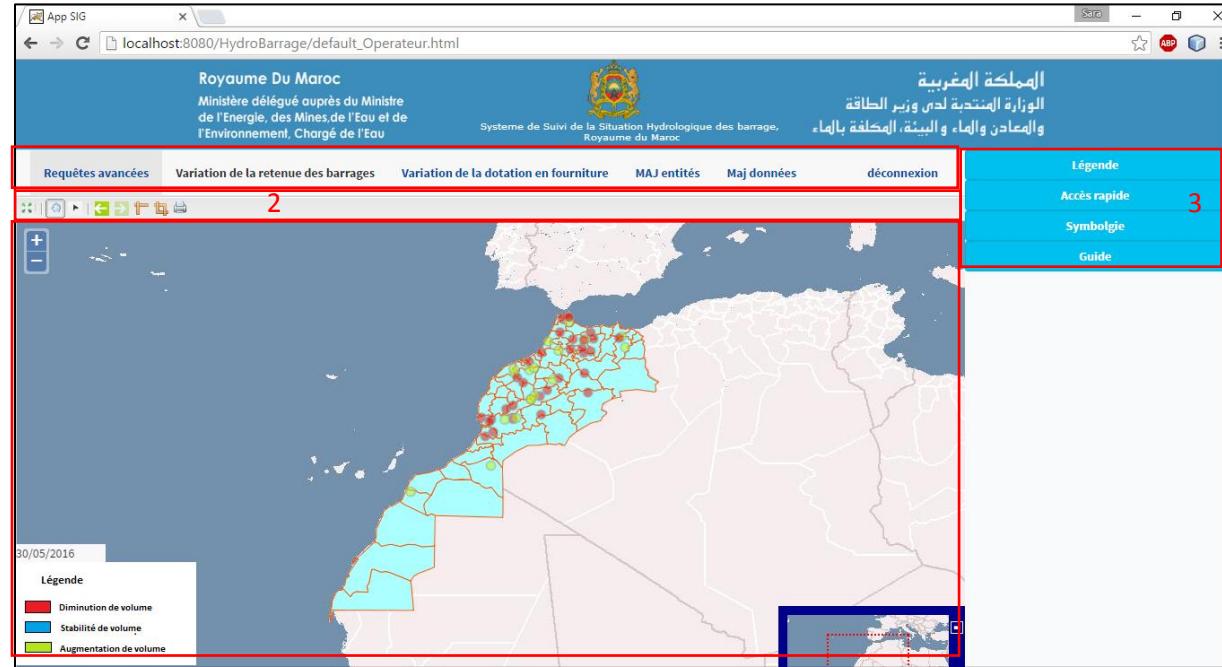


Figure 34 : Interface d'accueil de l'application

- **Zone 1** : Une zone au milieu, dédiée à l'affichage, sous forme de carte interactive, des données géographiques
- **Zone 2** : les fonctionnalités de SIG : « zoom to extend », « select », « previous », « next », « mesure lenght », « mesure area », « PRINT »



Figure 36 : Exemple d'impression d'une carte

### Zone 3 : le menu :

- Une zone offrant un menu déroulant contenant la légende.



Figure 37 : Légende

- Un menu d'accès rapide à une donnée ou un endroit au territoire marocain. Pour localiser une entité sur la carte, l'utilisateur peut tout simplement choisir la couche cible, son nom et cliquer sur « OK ». Pour localiser un endroit spécifique, il faut taper ses coordonnées(X,Y) pour zoomer sur cet endroit. Ceci est possible en coordonnées géographiques, comme il est possible d'utiliser le système marocain Lambert. Voir annexes 5 et 6

Figure 38 : Accès rapide

- Un menu « Symbologie » qui permet de générer des analyses thématiques à partir des données alphanumériques de la table de « Historique » des barrages. L’utilisateur peut appliquer une certaine symbologie à la carte selon quatre thèmes principaux :
  - Thème 1 :** (Ecart journalier) ce premier thème permet à l’utilisateur de détecter quels sont les barrages qui ont marqué une augmentation de leurs retenues et ceux dont la retenue a diminué par rapport au jour précédent.
  - Thème 2 :** (Ecart mensuel) le deuxième thème permet à l’utilisateur de détecter quels sont les barrages qui ont marqué une augmentation de leurs retenues et ceux dont la retenue a diminua par rapport au même jour du mois précédent.
  - Thème 3 :** (Ecart annuel) le troisième thème permet à l’utilisateur de détecter quels sont les barrages qui ont marqué une augmentation dans leurs retenues et ceux dont la retenue a diminué par rapport au même jour de l’année précédente.
  - Thème 4 :** (Ecart par rapport 1<sup>er</sup> septembre) le dernier thème permet à l’utilisateur de détecter quels sont les barrages qui ont marqué une augmentation dans leurs retenues et ceux dont la retenue a diminua par rapport au début de l’année hydrologique.

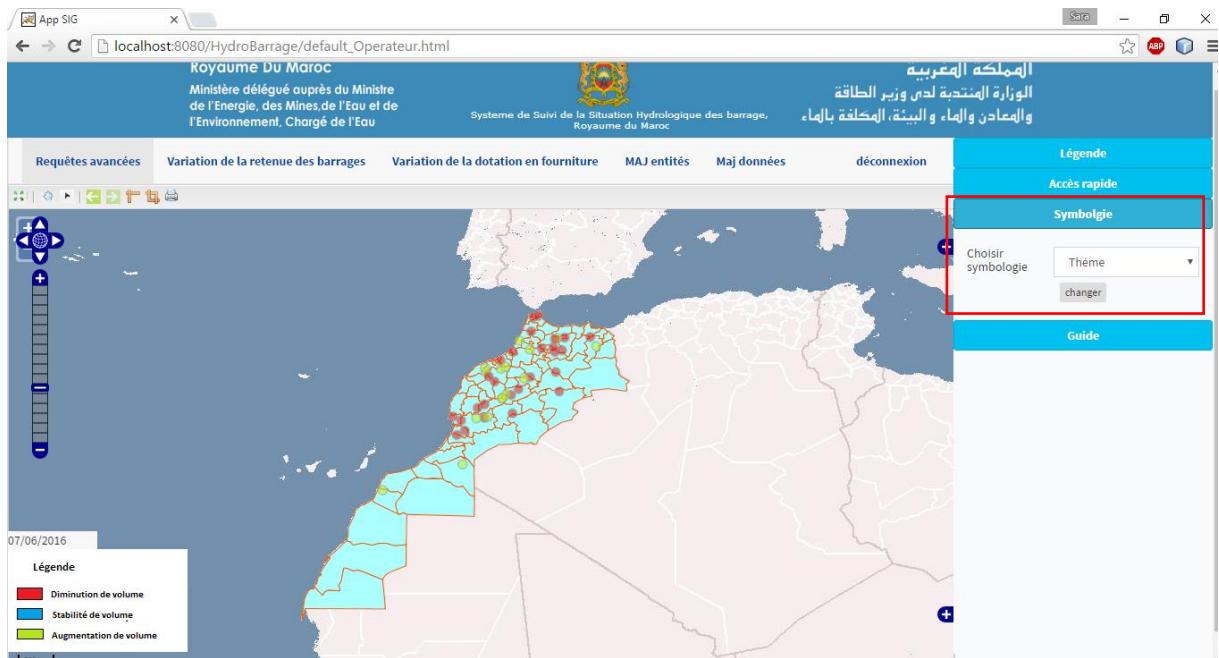


Figure 39 : Symbolologie des barrages selon l'écart journalier

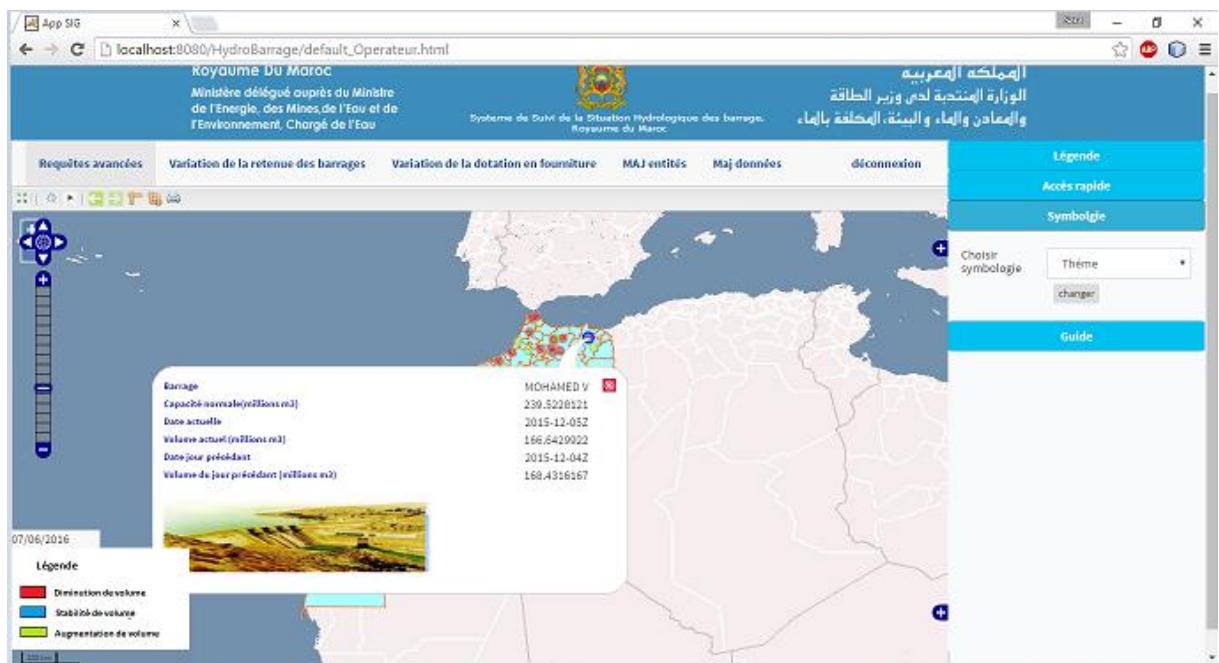


Figure 40 : Popup contenant les informations sur l'écart journalier du barrage « MOHAMED 5 »

Pour les autres thèmes, voir annexes 7, 8 et 9.

- Un guide : Il permet d'avoir une idée sur les modules de l'application et leurs modes de fonctionnement.

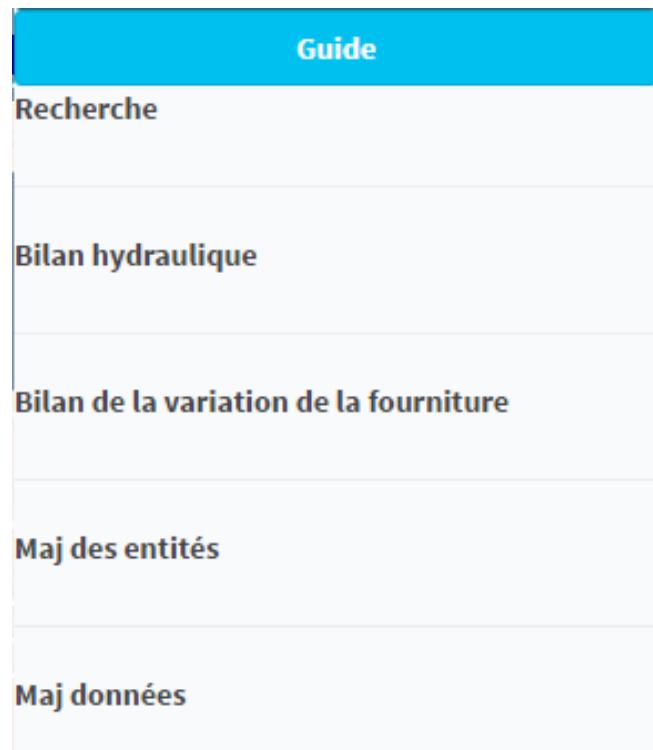


Figure 41 : Guide d'utilisation

- **Zone 4 :** Une zone présentant un menu déroulant contenant les grands modules de l'application.
- **Zone 5 :** Une zone qui permet d'afficher les coordonnées dans le système WGS 84.
  - **Description de l'interface : Requêtes avancées**

L'interface de recherche contient trois onglets :

**Requête sur les barrages :** Cette interface représente la recherche alphanumérique sur les barrages. Ce type de recherche permet d'avoir un tableau qui liste l'ensemble des entités résultantes de la requête et zoomé sur ces entités sélectionnées sur la carte.

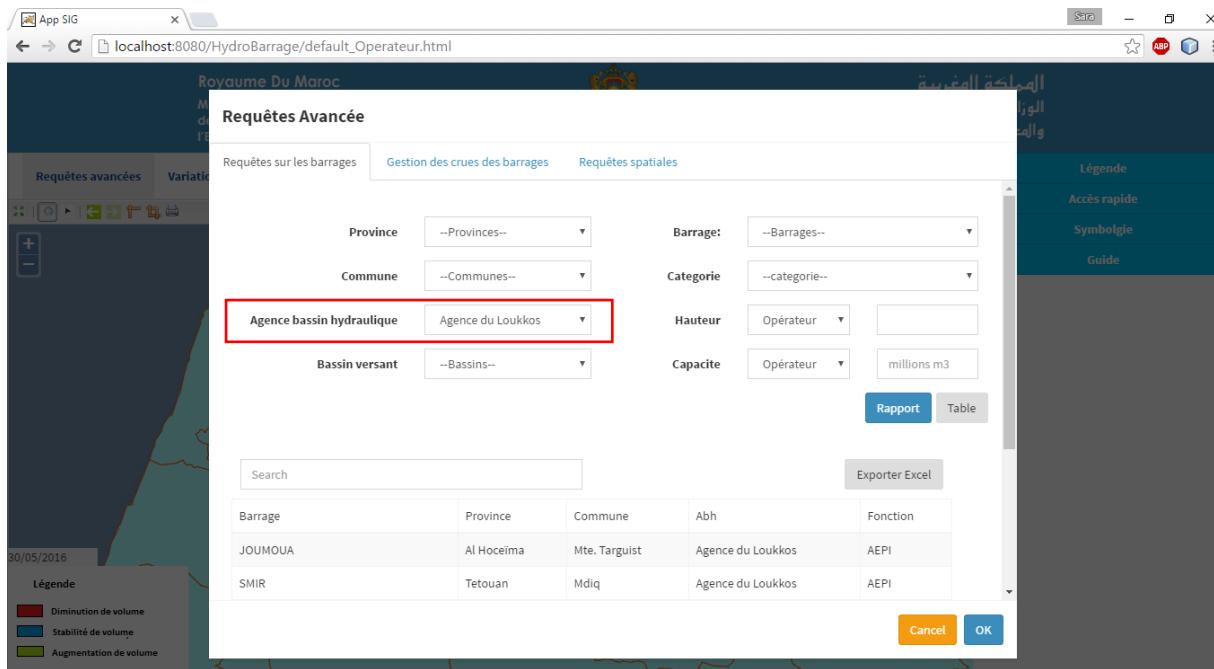


Figure 42 : Interface des requêtes avancées sur les barrages

The screenshot shows the results of the advanced dam request search in Microsoft Excel. The data is presented in a table with columns: Barrage, Province, Commune, Abh, and Fonction. The 'Exporter Excel' button from Figure 42 is highlighted with a red box.

Barrage	Province	Commune	Abh	Fonction
JOUMOUA	Al Hoceïma	Mte. Targuit	Agence du Loukkos	AEPI
SMIR	Tetouan	Mdiq	Agence du Loukkos	AEPI
NAKHLA	Tetouan	Zinat	Agence du Loukkos	AEPI
MY HASSAN BEN AL MAHDI	Tetouan	Anjra	Agence du Loukkos	AEPI
OUED EL MAKHAZINE	Larache	Arbawa	Agence du Loukkos	E, I, AEPI

Figure 43 : Résultat tabulaire des requêtes avancées sur les barrages



Figure 44 : Résultat spatial des requêtes avancées sur les barrages

**Gestion des crues de barrages :** Cette interface est dédiée à la gestion des crues. Pour une date donnée, l'utilisateur peut avoir une idée sur le taux de remplissage de tous les barrages ou bien des barrages déjà sélectionnés lors de la recherche attributaire. Une table des barrages est affichée avec une colonne qui porte une information sur le volume restant pour chacun de ces barrages avant le débordement. Sur la Map, le résultat de la requête est un zoom sur ces barrages. Partant de cela, l'utilisateur ayant une idée sur la quantité d'eau entrante à la zone de ces barrages, peut agir pour éviter une catastrophe qui peut aboutir à une diminution de l'intégrité de la structure du barrage, conduisant alors à sa rupture.

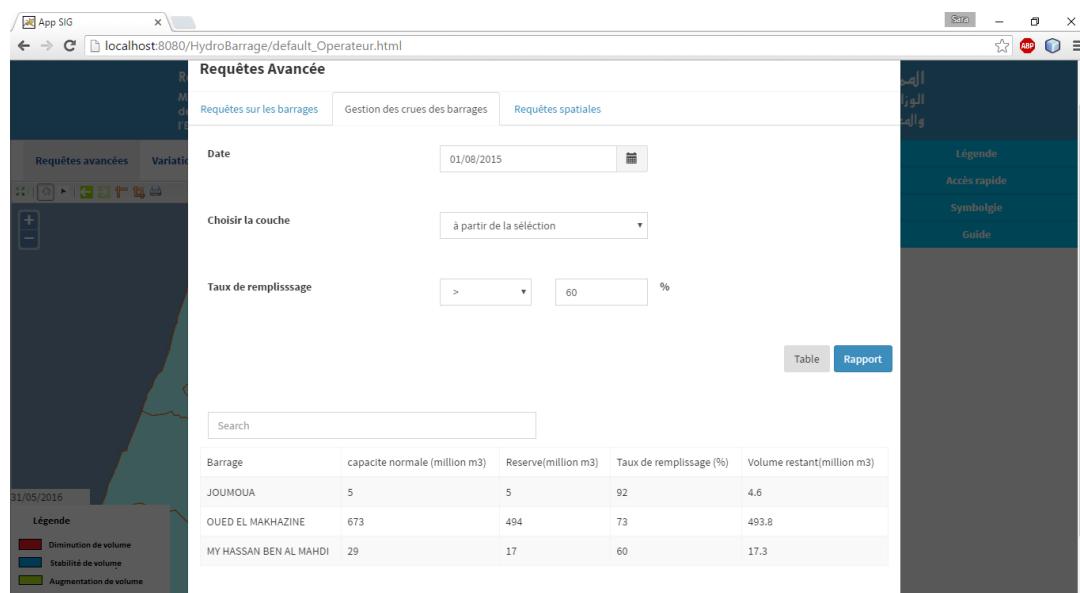


Figure 45 : Exemple de la gestion des crues de barrages

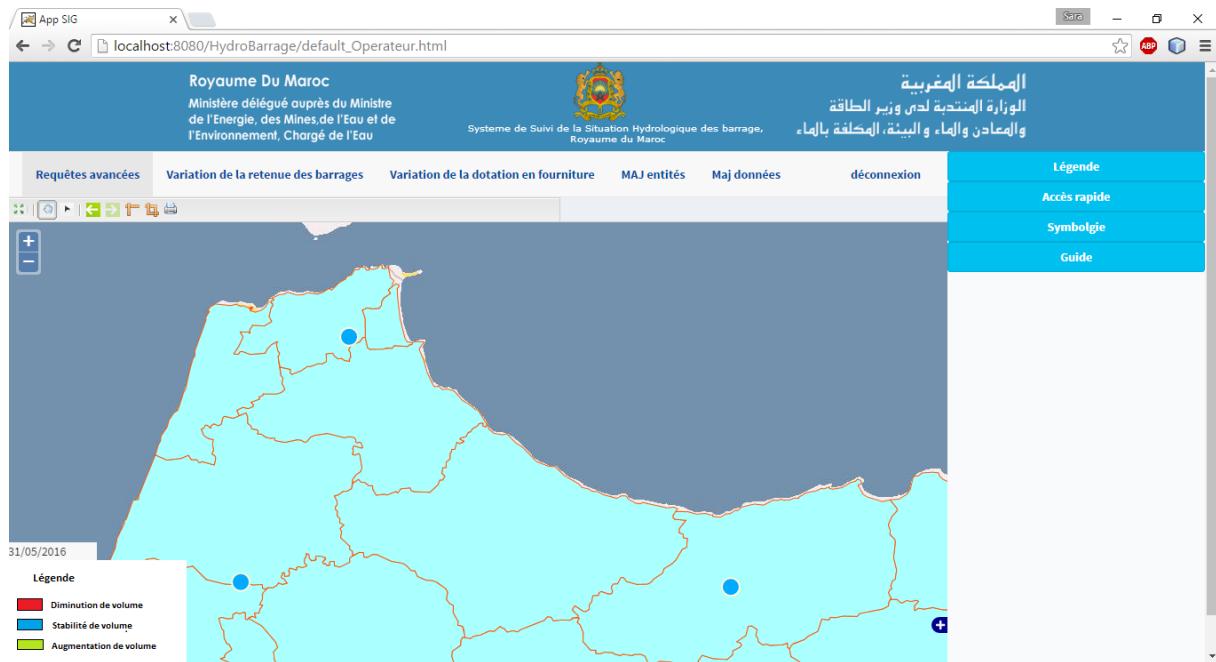


Figure 46: Résultat spatial de la gestion des crues de barrages

**Requête spatiale :** Cette interface représente la recherche spatiale qui permet d'utiliser des critères spatiaux qui répondent à des questions telles que :

Quels sont les réseaux hydrographiques qui intersectent un bassin versant ? (INTERSECTION)

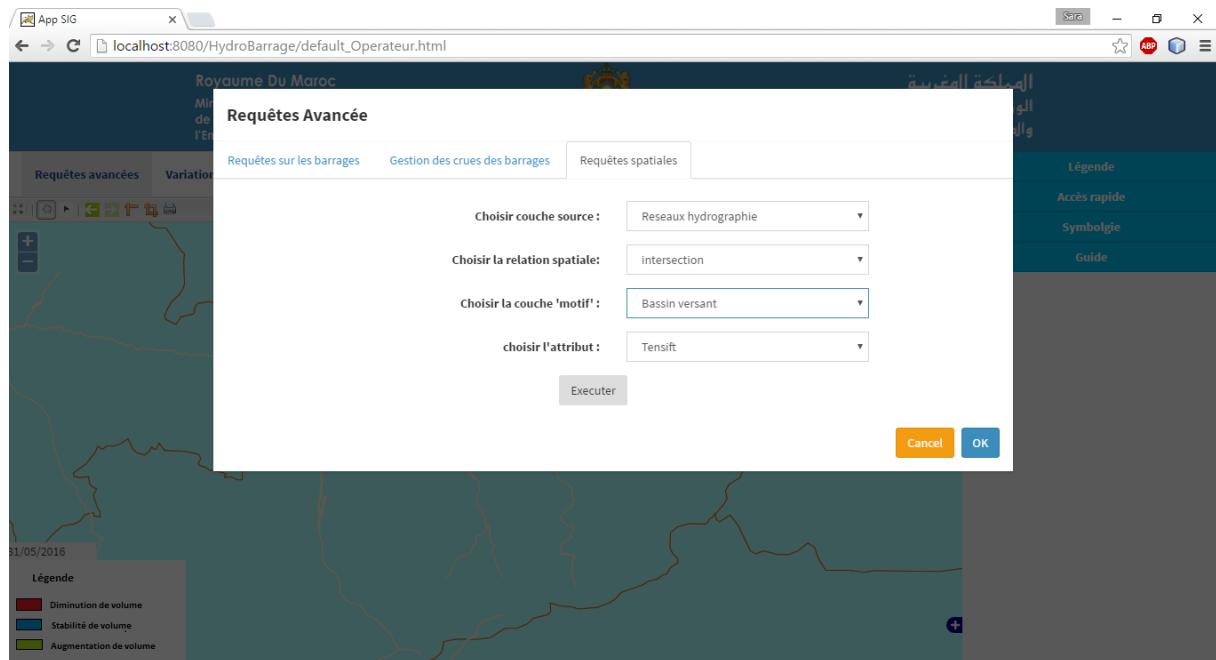


Figure 47 : Exemple d'une requête spatiale sur l'intersection

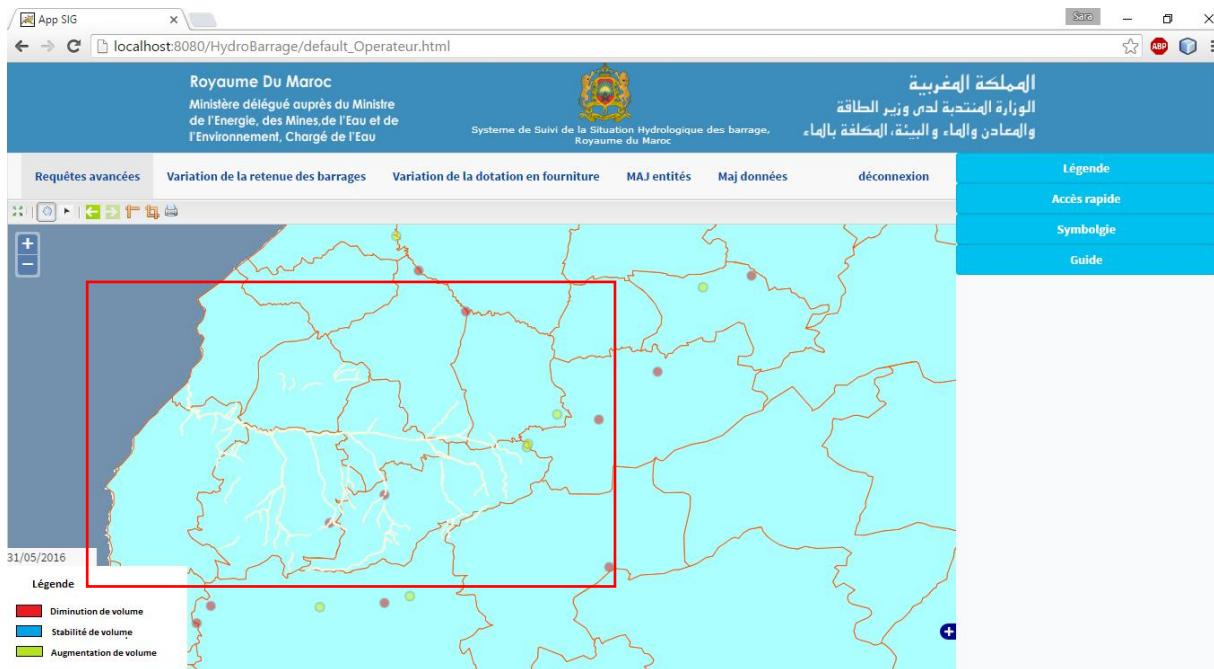


Figure 48 : Résultat de la requête spatiale sur l'intersection

Quelles sont les zones d'agglomération contenues dans une zone de tampon d'un barrage ?  
 (INTERSECTION AVEC UNE ZONE DE TAMPON)

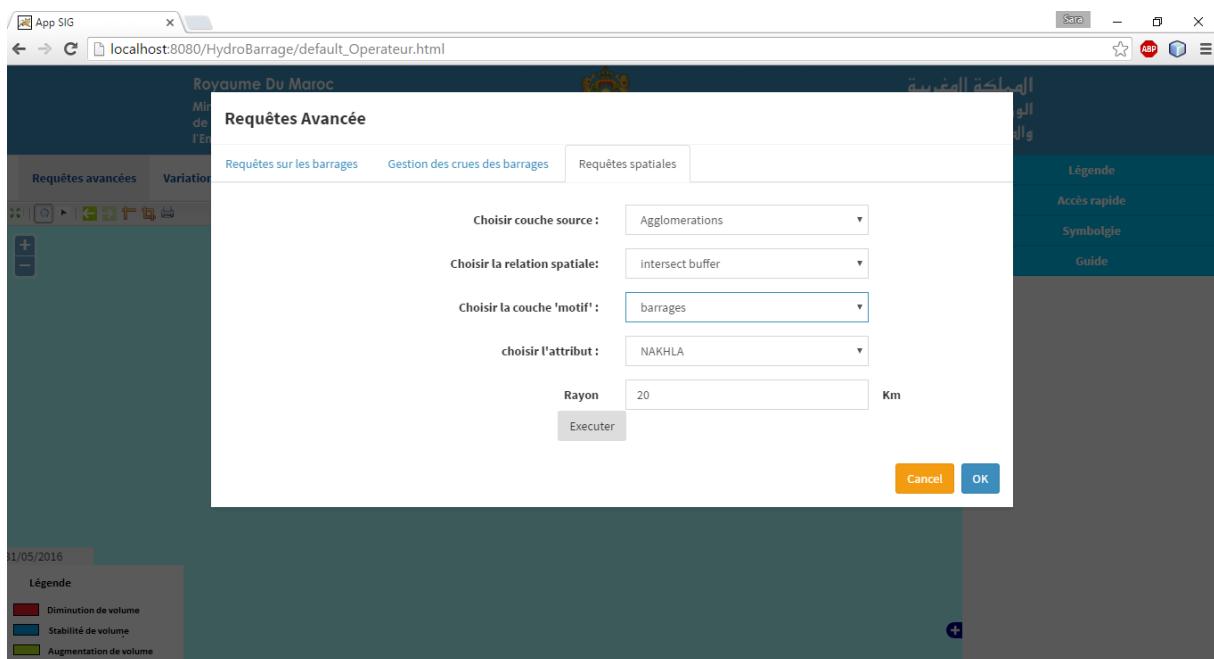


Figure 49 : Exemple d'une requête spatiale sur l'intersection d'une zone de tampon



**Figure 50 : Résultat de la requête spatiale sur l'intersection d'une zone de tampon**

Ces critères sont utilisés entre, d'une part la couche source, et de l'autre part une entité d'une couche motif.

## ○ Description de l'interface : Variation de la retenue des barrages

L'interface ci-dessous permet de faire le suivi de l'évolution temporelle de la retenue d'un barrage. Le suivi peut être journalier comme il peut être mensuel ou annuel. Les résultats peuvent être affichés sous forme de tableau ou sous forme de graphe.

### Barrage :

Variation journalière :

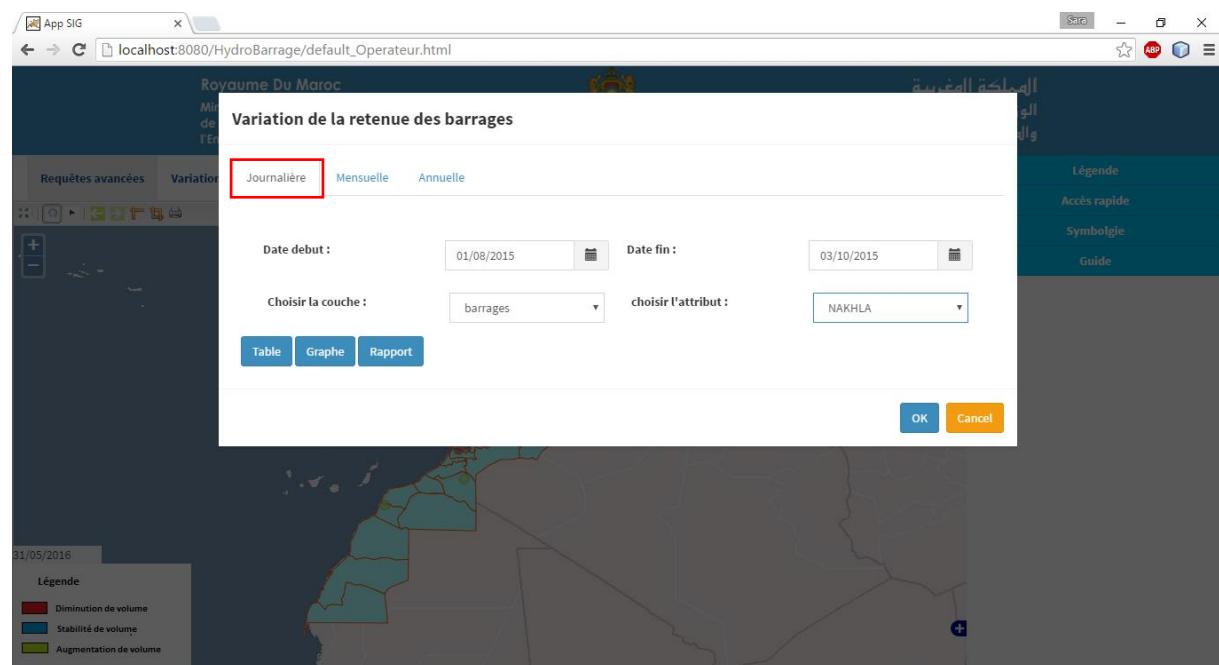


Figure 51 : Interface du bilan hydraulique de la variation de la retenue des barrages

App SIG

localhost:8080/HydroBarrage/default\_Operateur.html

Royaume Du Maroc

Mil de l'Etat

Requêtes avancées Variation

Choisir la couche : barrages      Choisir l'attribut : NAKHLA

**Table** Graphe Rapport

Search

Barrage	capacité normale(millions m <sup>3</sup> )	Reserve(million m <sup>3</sup> )	Taux de remplissage(%)	Date
NAKHLA	4	1	15	Oct 1, 2015 12:00:00 AM
NAKHLA	4	1	15	Oct 2, 2015 12:00:00 AM
NAKHLA	4	1	15	Oct 3, 2015 12:00:00 AM
NAKHLA	4	1	26	Sep 4, 2015 12:00:00 AM
NAKHLA	4	1	26	Sep 5, 2015 12:00:00 AM

1 2 3 > >>

OK Cancel

31/05/2016

Légende

- Diminution de volume
- Stabilité de volume
- Augmentation de volume

Figure 52 : Exemple du résultat tabulaire de la variation journalière de retenue de barrages

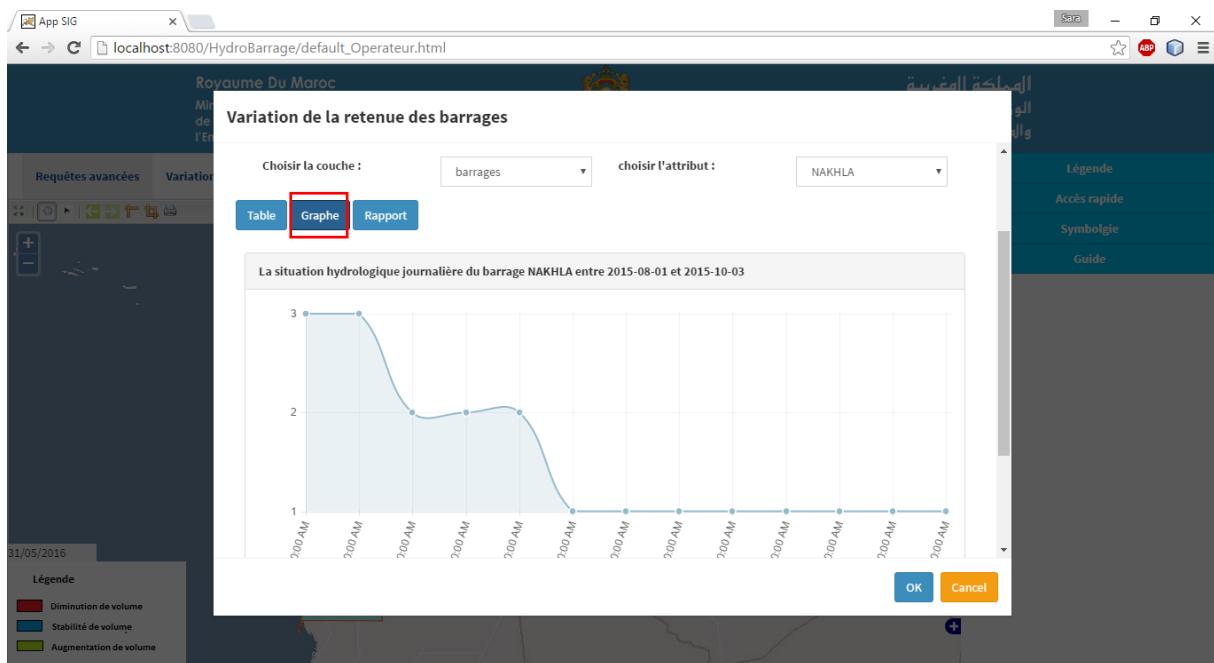


Figure 53 : Exemple du résultat graphique de la variation journalière de retenue de barrages

Royaume Du Maroc

Ministère de l'Energie

### Variation de la retenue des barrages

Journalière   Mensuelle   Annuelle

Date début : 01/08/2015   Date fin : 03/10/2015

Choisir la couche : barrages   Choisir l'attribut : NAKHLA

Table   Graphe   Rapport

Légende   Accès rapide   Symbolgie   Guide

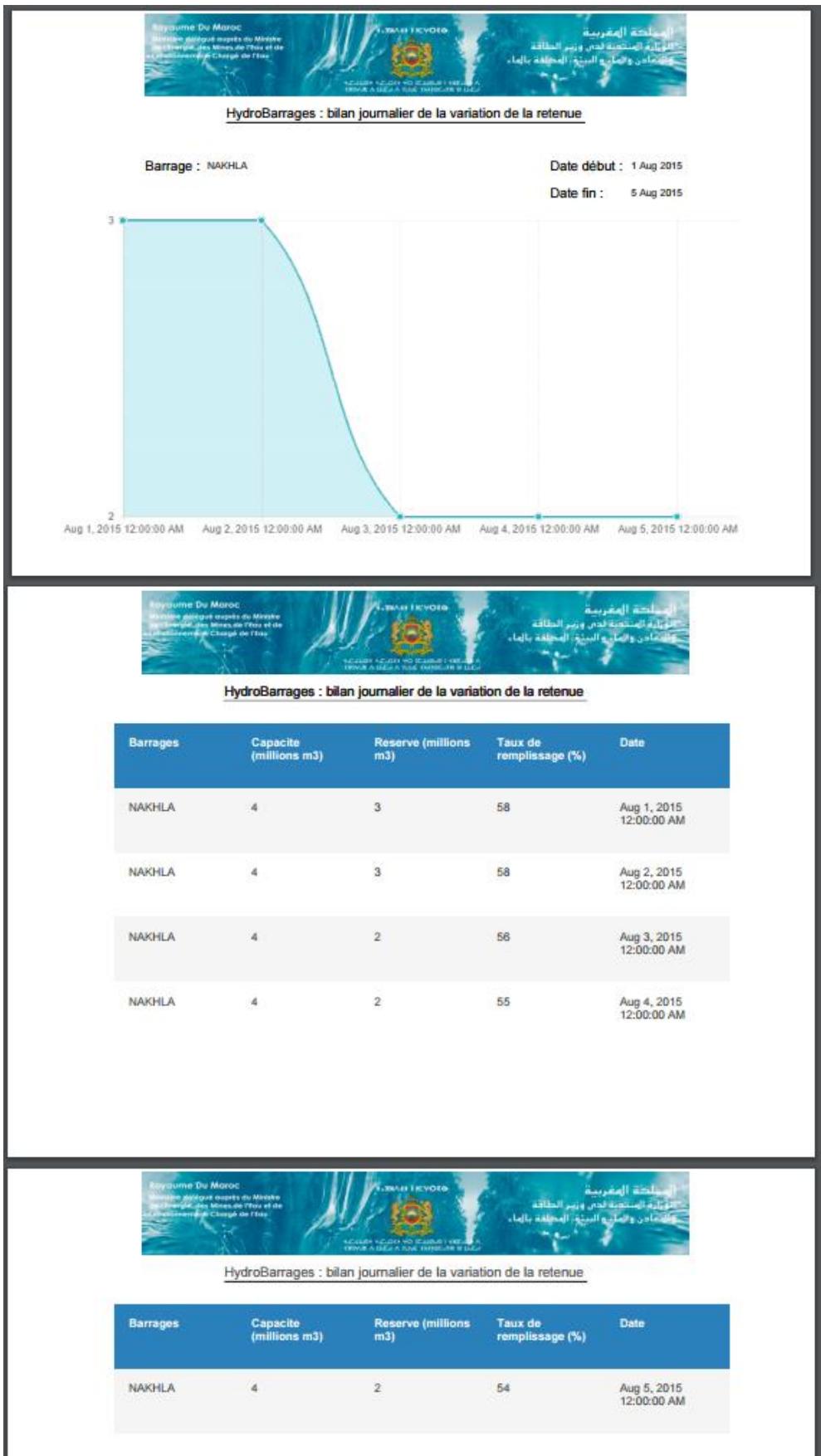


Figure 54 : Exemple de rapport résultant d'une requête sur de la variation journalière de retenue de barrages

Pour la variation mensuelle et annuelle, voir annexes 10 et 11.

**ABH :**

Variation journalière :

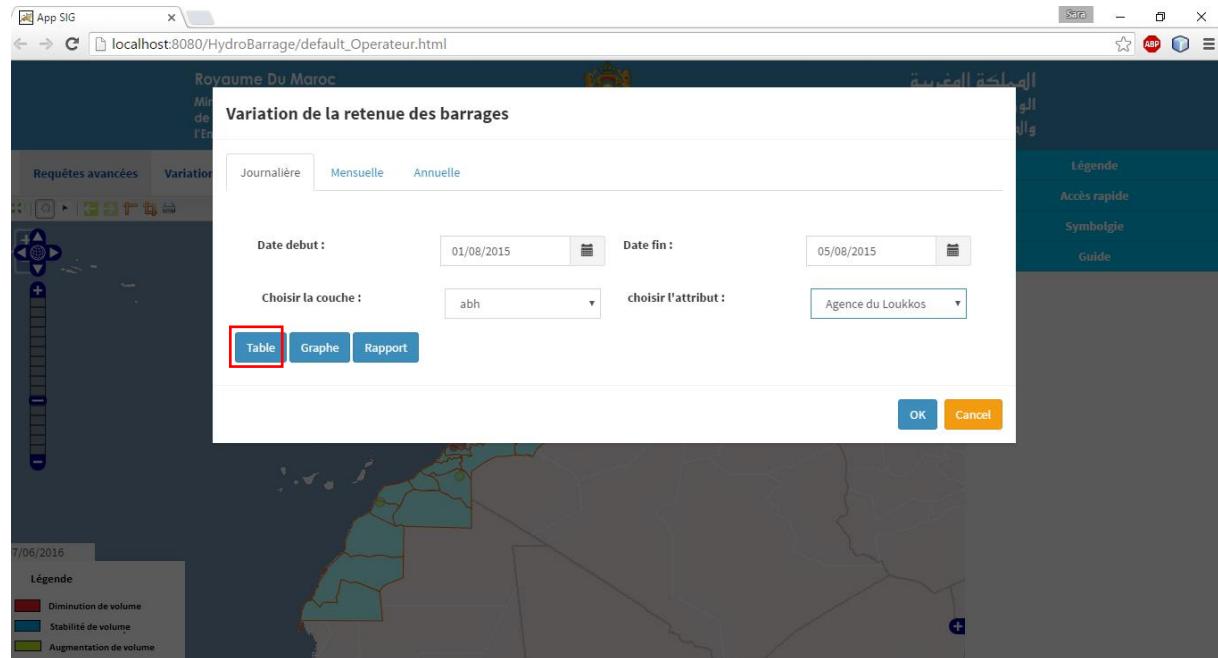


Figure 55 : Interface du bilan hydraulique de la variation de la retenue de barrages gérés par une ABH

The screenshot shows the same interface as Figure 55, but the 'Table' button has been clicked, displaying a data table. The table has columns: 'nom agence', 'Reserve(millions m3)', and 'Date'. The data rows are:

nom agence	Reserve(millions m3)	Date
Agence du Loukkos	548	Aug 1, 2015 12:00:00 AM
Agence du Loukkos	548	Aug 2, 2015 12:00:00 AM
Agence du Loukkos	545	Aug 3, 2015 12:00:00 AM
Agence du Loukkos	543	Aug 4, 2015 12:00:00 AM
Agence du Loukkos	541	Aug 5, 2015 12:00:00 AM

The rest of the interface is identical to Figure 55, including the map and legend.

Figure 56: Exemple du résultat tabulaire de la variation journalière de retenue des barrages gérés par une ABH

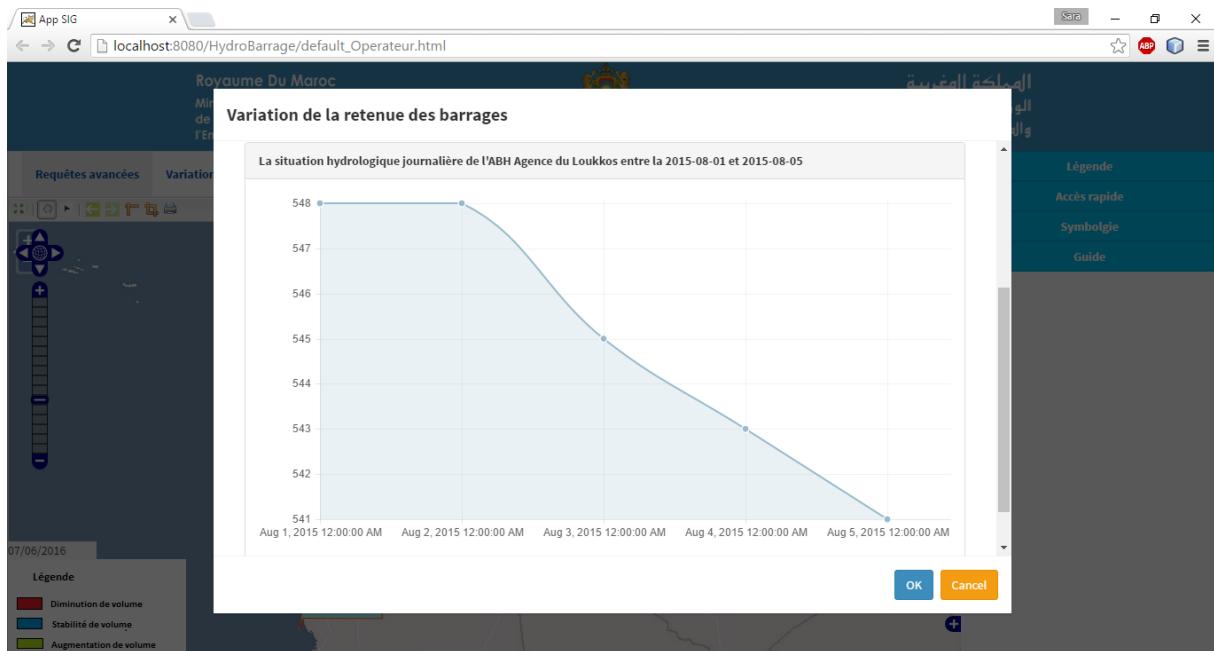


Figure 57 : Exemple du résultat graphique de la variation journalière de retenue des barrages gérés par une ABH

Pour la variation mensuelle et annuelle, voir annexes 12 et 13 : Module de la variation de la retenue des barrages des ABH

### Royaume :

Variation journalière :

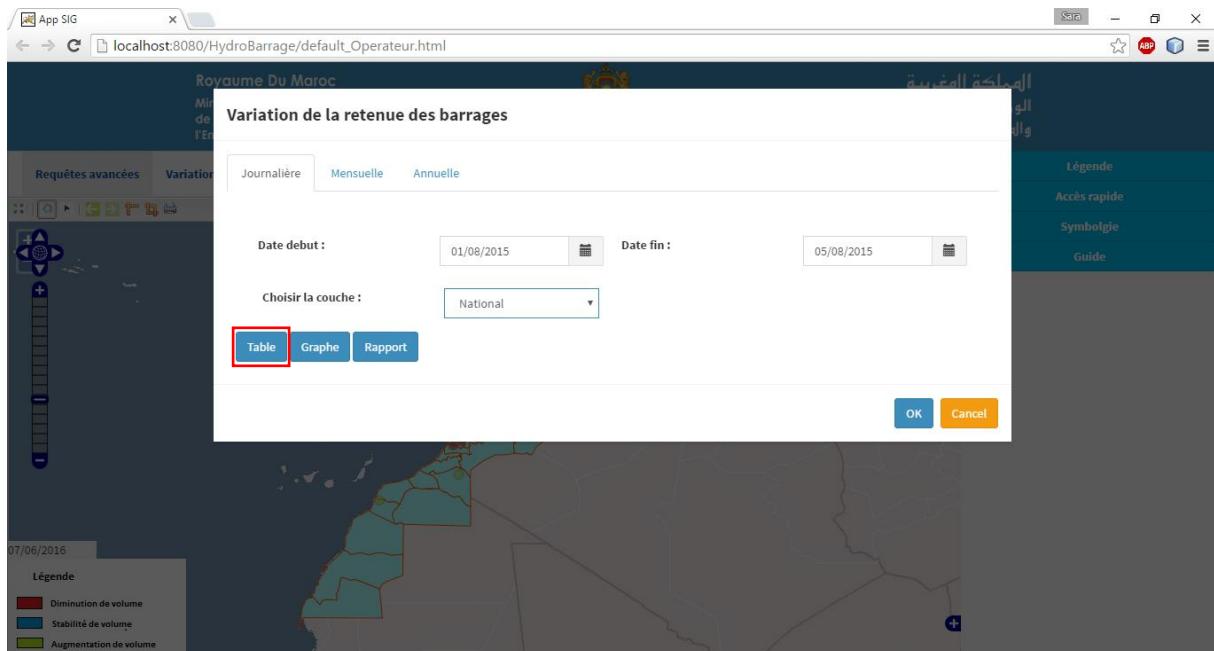


Figure 58 : Interface du bilan hydraulique de la variation de la retenue des barrages au niveau national

App SIG

localhost:8080/HydroBarrage/default\_Operateur.html

Royaume Du Maroc

Variation de la retenue des barrages

Requêtes avancées Variation

Choisir la couche : National

Table Graphe Rapport

Search

Capacité normale(millions m <sup>3</sup> )	Reserve(million m <sup>3</sup> )	Date
15665	11786	août 1, 2015
15665	11756	août 2, 2015
15665	11735	août 3, 2015
15557	11597	août 4, 2015
15557	11570	août 5, 2015

OK Cancel

Figure 59 : Exemple du résultat tabulaire de la variation journalière de retenue des barrages au niveau national

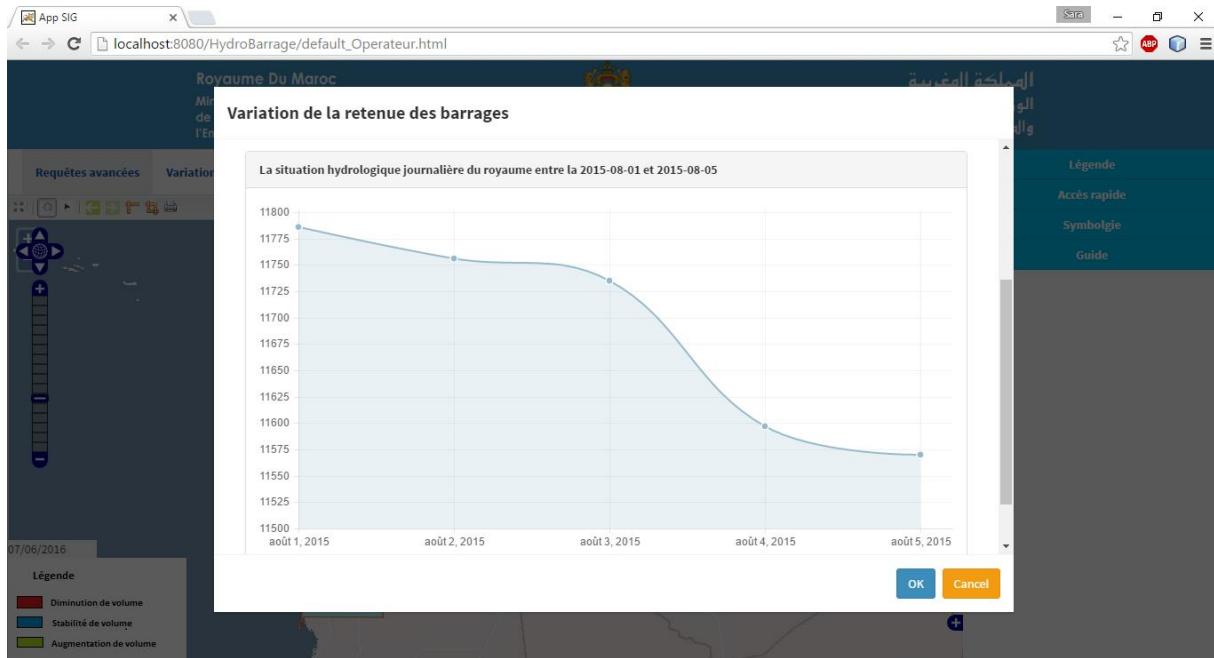


Figure 60 : Exemple du résultat graphique de la variation journalière de retenue des barrages au niveau national

Pour la variation mensuelle et annuelle, voir annexes 14 et 15.

## ○ Description de l'interface : bilan fourniture

Les prélèvements d'eau des barrages se font pour satisfaire les besoins liés à la production d'eau potable, à l'industrie, à l'irrigation et à la production d'électricité.

### Variation mensuelle de la dotation en fourniture :

Ce sous-module de notre application permet d'évaluer l'évolution des volumes d'eau prélevés par un secteur donné mensuellement pour une période qui s'étale du début de l'année hydrologique et jusqu'à une date à indiquer.

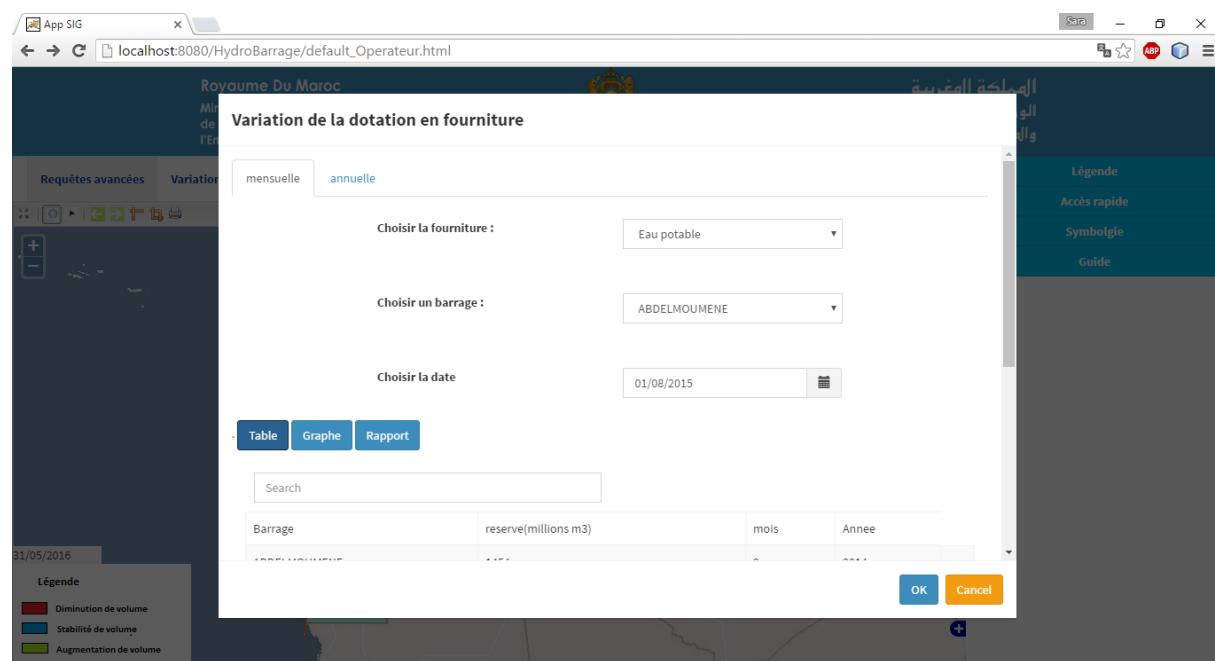


Figure 61 : Interface de l'évaluation mensuelle des programmes de fournitures

App SIG

localhost:8080/HydroBarrage/default\_Operateur.html

Royaume Du Maroc

Variation de la dotation en fourniture

Table Graphe Rapport

Search

Barrage	reserve(millions m <sup>3</sup> )	mois	Année
ABDELMOUNENE	1454	9	2014
ABDELMOUNENE	233	10	2014
ABDELMOUNENE	401	11	2014
ABDELMOUNENE	0	12	2014
ABDELMOUNENE	148	1	2015
ABDELMOUNENE	583	2	2015
ABDELMOUNENE	800	4	2015
ABDELMOUNENE	1430	6	2015
ABDELMOUNENE	1705	7	2015

OK Cancel

Légende

- Diminution de volume
- Stabilité de volume
- Augmentation de volume

1/05/2016

Accès rapide Symbolgie Guide

Figure 62 : Exemple du résultat tabulaire de la variation mensuelle de la dotation en fourniture

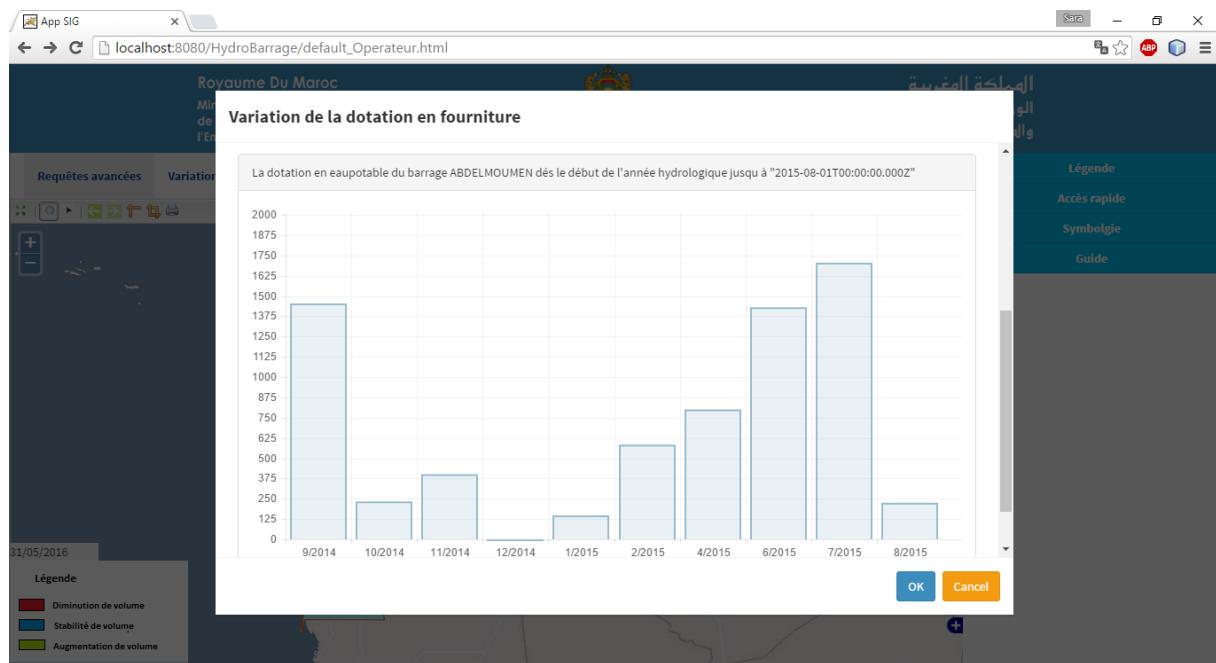


Figure 63 : Exemple du résultat graphique de la variation mensuelle de la dotation en fourniture

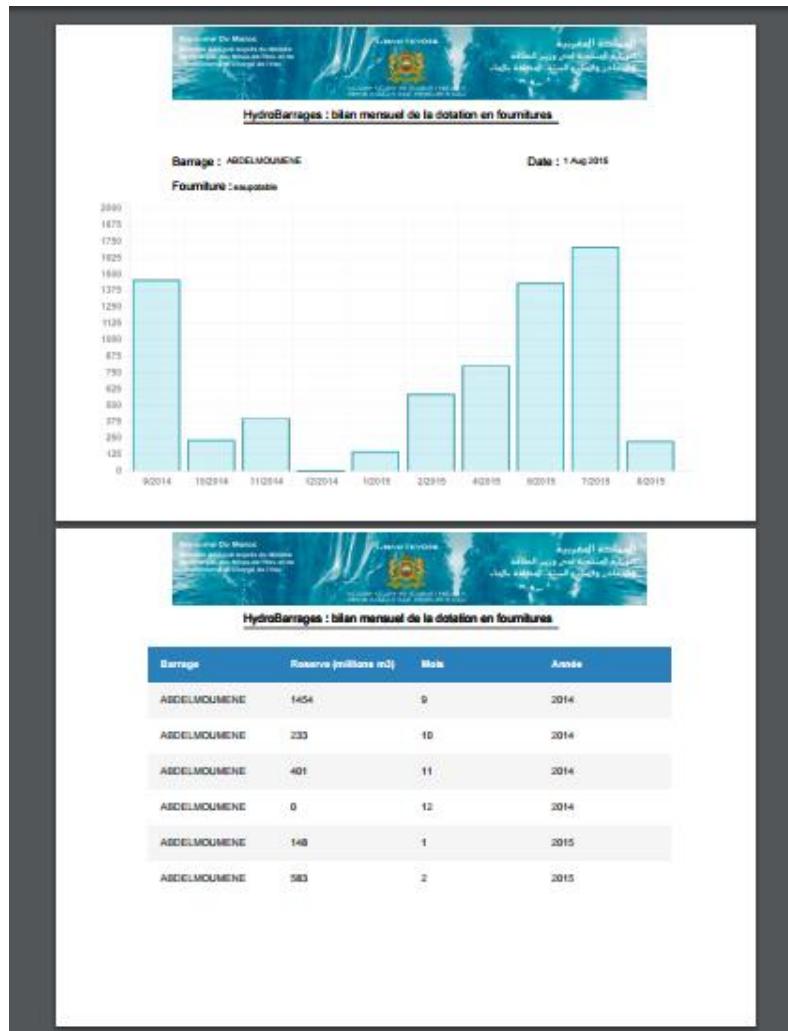


Figure 64 : Exemple de rapport résultant d'une requête sur la variation mensuelle de la dotation en fourniture

#### Variation annuelle de la dotation en fourniture :

Ce sous-module de notre application permet d'évaluer l'évolution annuelle des volumes d'eau prélevés par tous les secteurs.

localhost:8080/HydroBarrage/default\_Operateur.html

### Variation de la dotation en fourniture

Choisir un barrage : IDRISI 1 er

Année initiale : 2014

Année finale : 2015

Table Graph Rapport

Barrage	Irrigation	Volume turbiné	Volume turbiné pour l'irrigation	Eau potable	Deverse	annee
IDRISS 1 er	0	0	42864	0	0	2014
IDRISS 1 er	0	50863	36522	0	0	2015

OK Cancel

Figure 65 : Interface de l'évaluation annuelle des programmes de fournitures

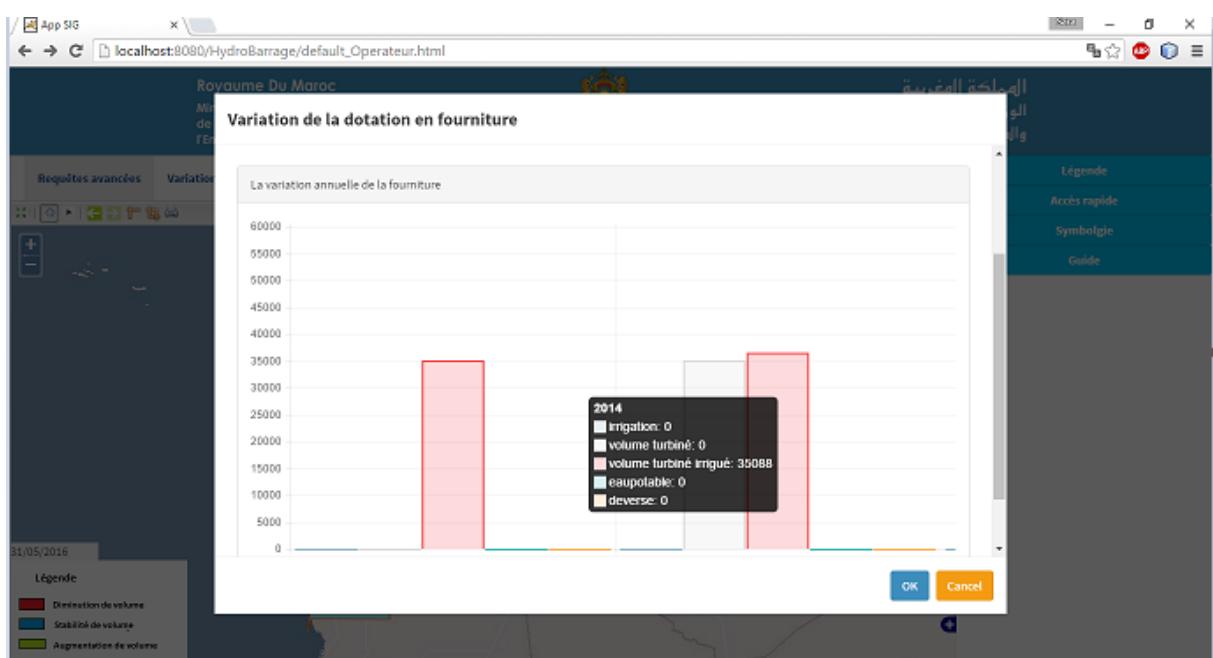


Figure 66 : Exemple du résultat graphique de la variation annuelle de la dotation en fourniture

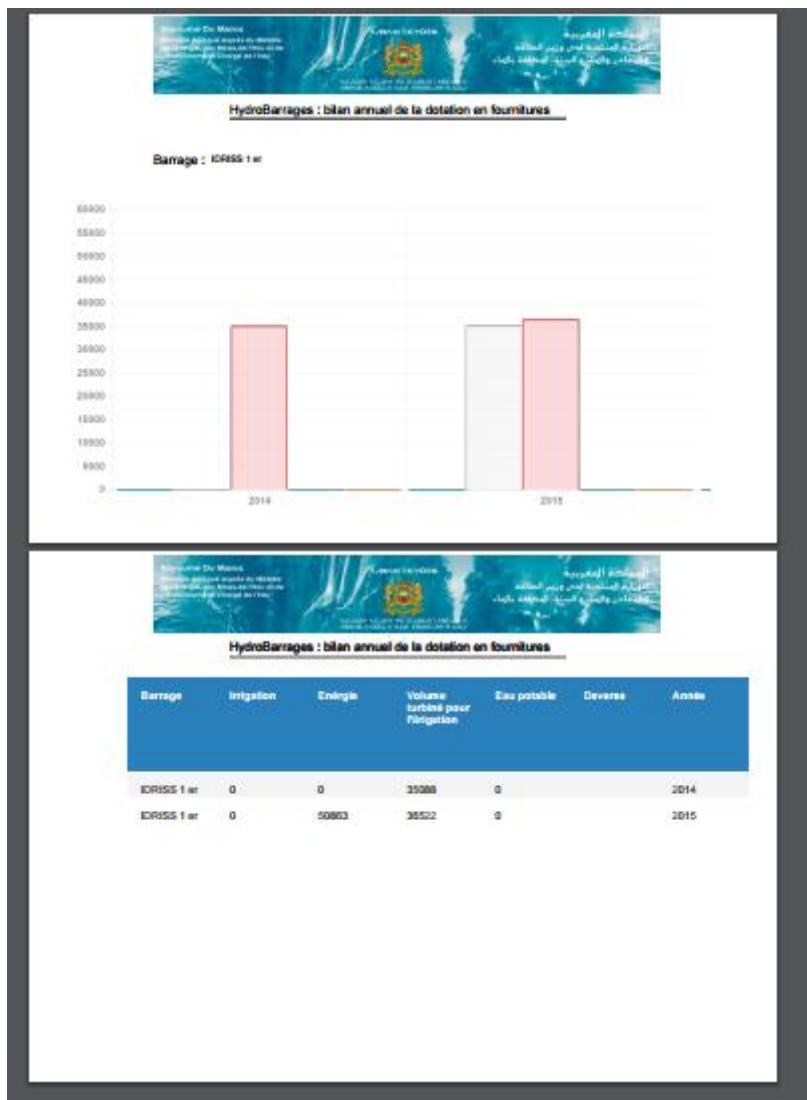


Figure 67 : Exemple de rapport résultant d'une requête sur de la variation annuelle de la dotation en fourniture

### ○ Description de l'interface Maj des données

#### Maj de la retenue

Ce module aide l'opérateur à mettre à jour la table « Historique » de sa base de données. Il a le choix entre deux façons de procéder. La première est de saisir les données sur la retenue de barrage manuellement. La deuxième se base sur l'import des fichiers Excel sur la situation des barrages établie d'une manière quotidienne au Ministère. En cas d'erreur, seule la méthode manuelle peut aider à rectifier la retenue d'un barrage pour une date donnée.

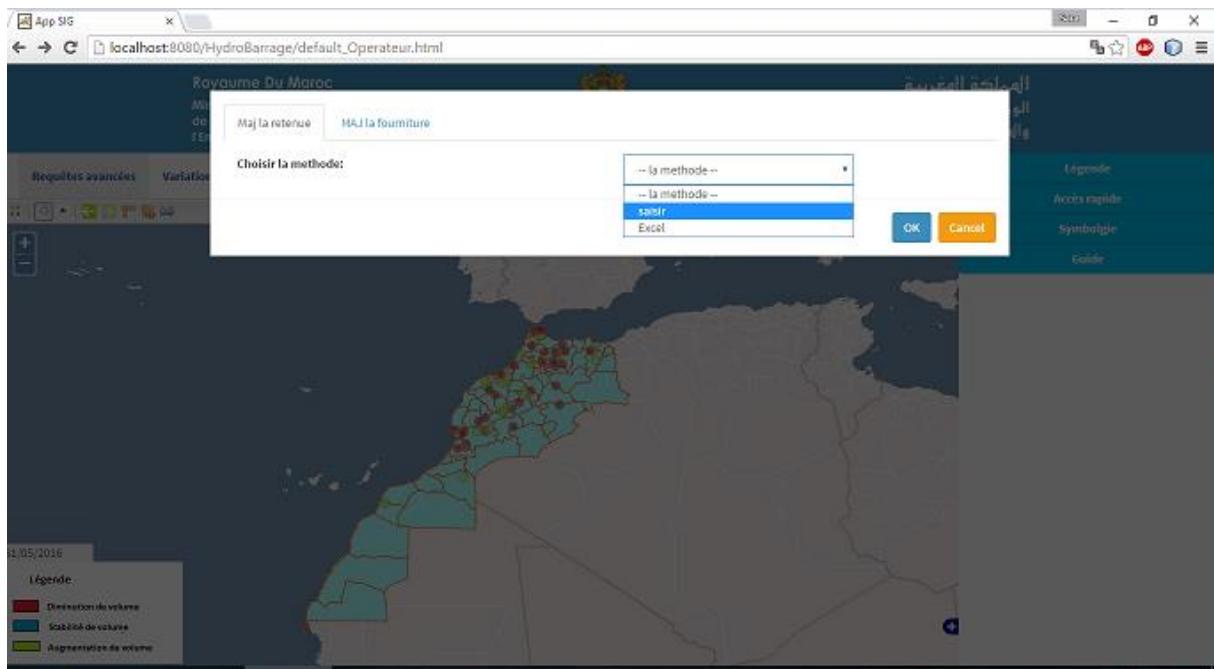


Figure 68 : Interface de la MAJ de la retenue de barrages

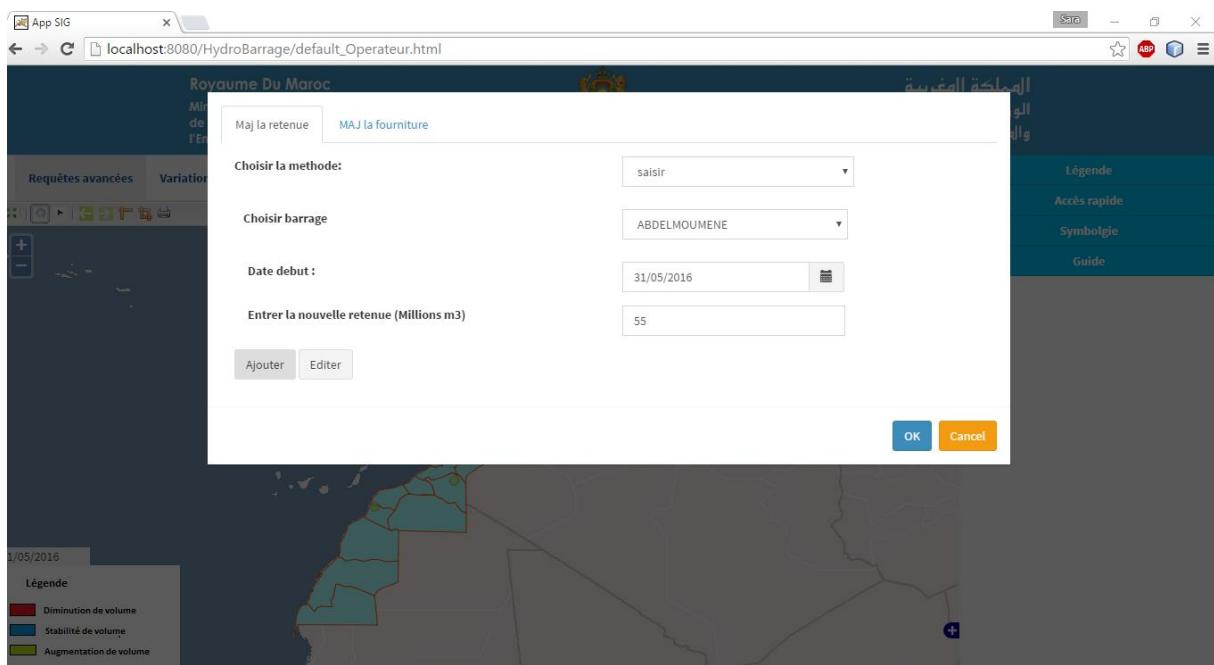
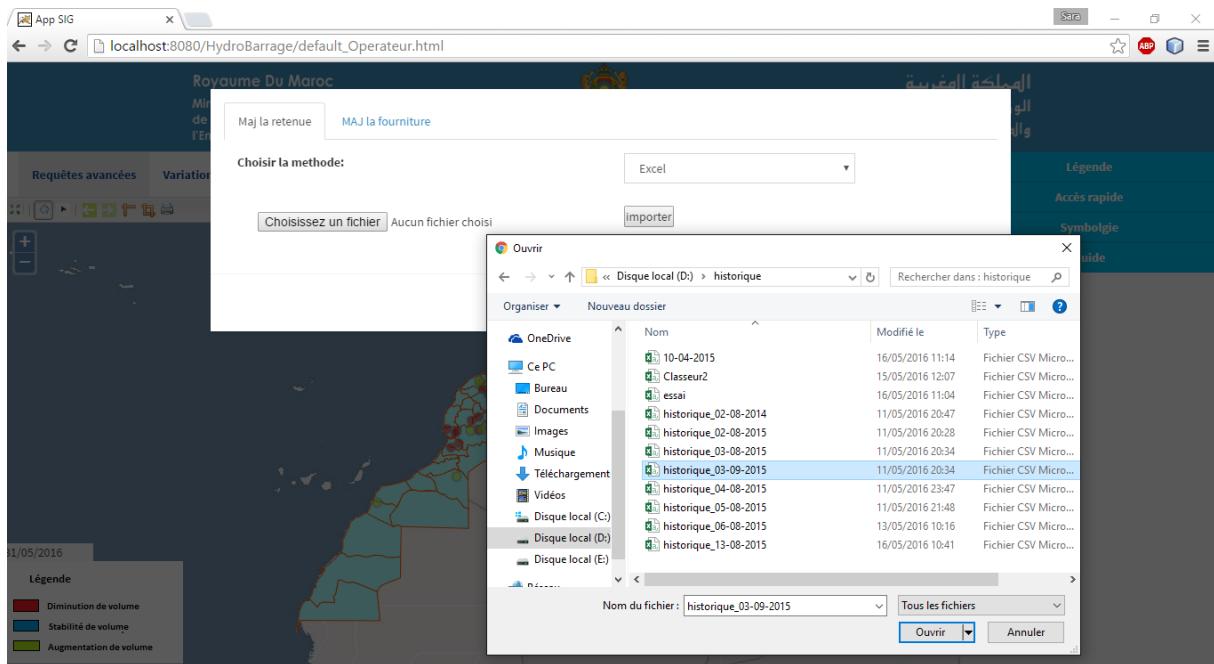


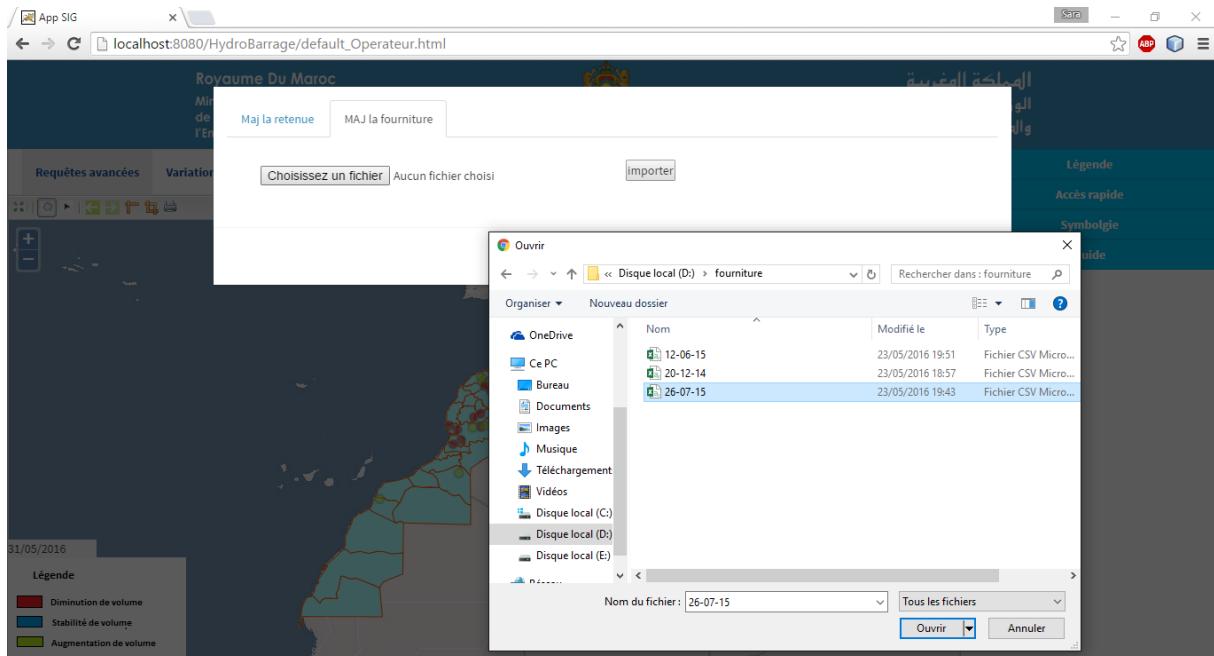
Figure 69 : MAJ manuelle de la retenue de barrages



**Figure 70 : Import de fichier Excel pour la MAJ de la retenue de barrages**

## Maj de la fourniture

Pour le cas de la MAJ de la fourniture, on se base sur l'import des fichiers Excel sur la situation quotidienne des barrages publiée chaque jour par le Ministère.



**Figure 71 : Interface de la MAJ de la dotation en fourniture**

## ○ Description de l'interface : MAJ des entités

L'opérateur a le droit de mettre à jour les données hydrologiques : barrages, réseaux hydrographiques.

Pour le cas des barrages, l'opérateur peut ajouter le barrage en ajoutant son nom et ses coordonnées WGS84 dans le premier onglet de l'interface. La modification de ces coordonnées se fait dans la même interface. Le deuxième onglet est dédié à la mise à jour des propriétés autres que les coordonnées et à la suppression définitive des barrages.

Ajout d'un nouveau barrage.

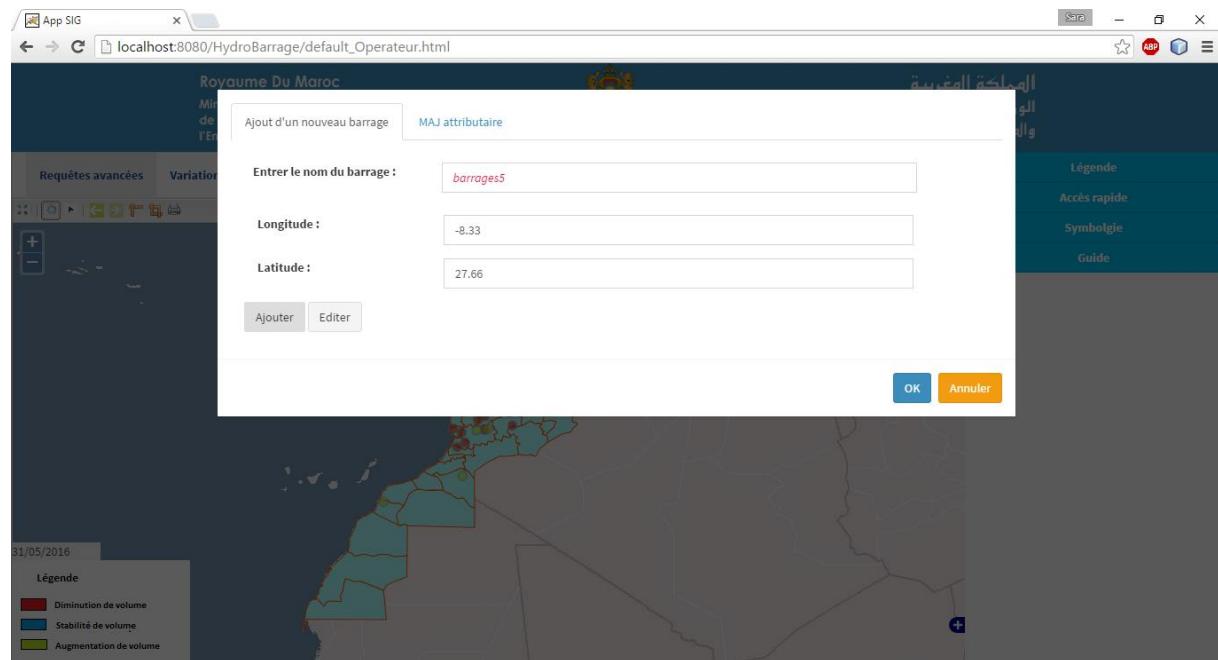


Figure 72 : Ajout d'un nouveau barrage

En cas d'erreur de saisie, on peut écraser les anciennes valeurs et les remplacer par les valeurs correctes.

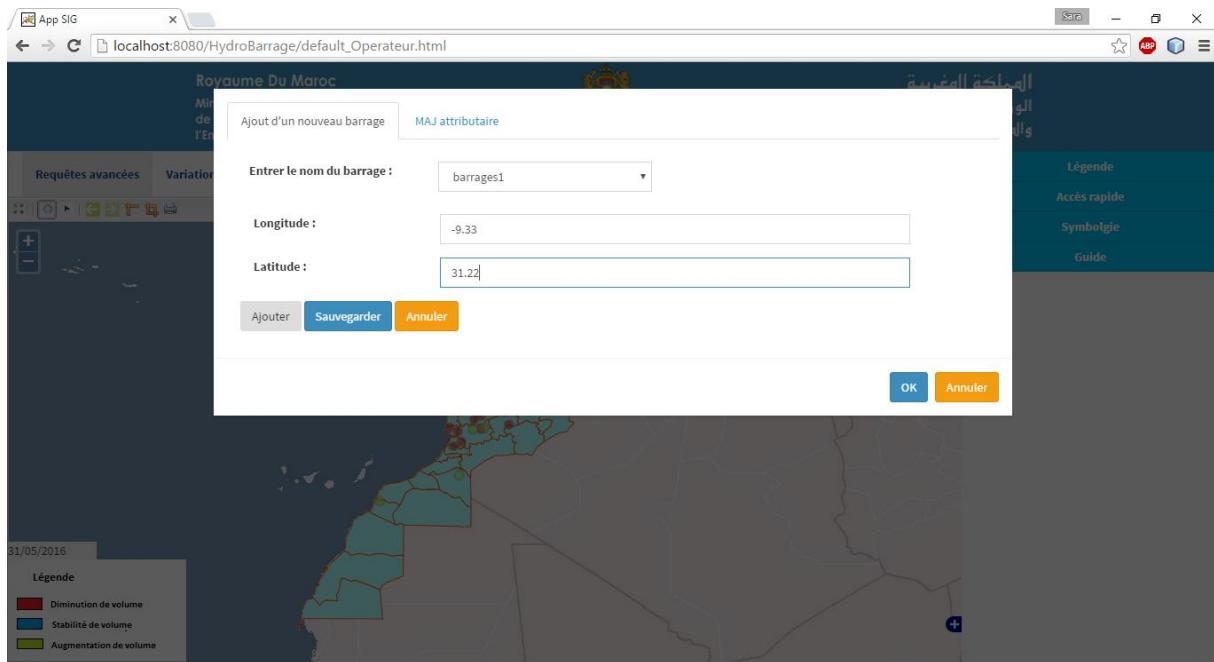


Figure 73 : MAJ des coordonnées d'un barrage

La MAJ attributaire d'un barrage :

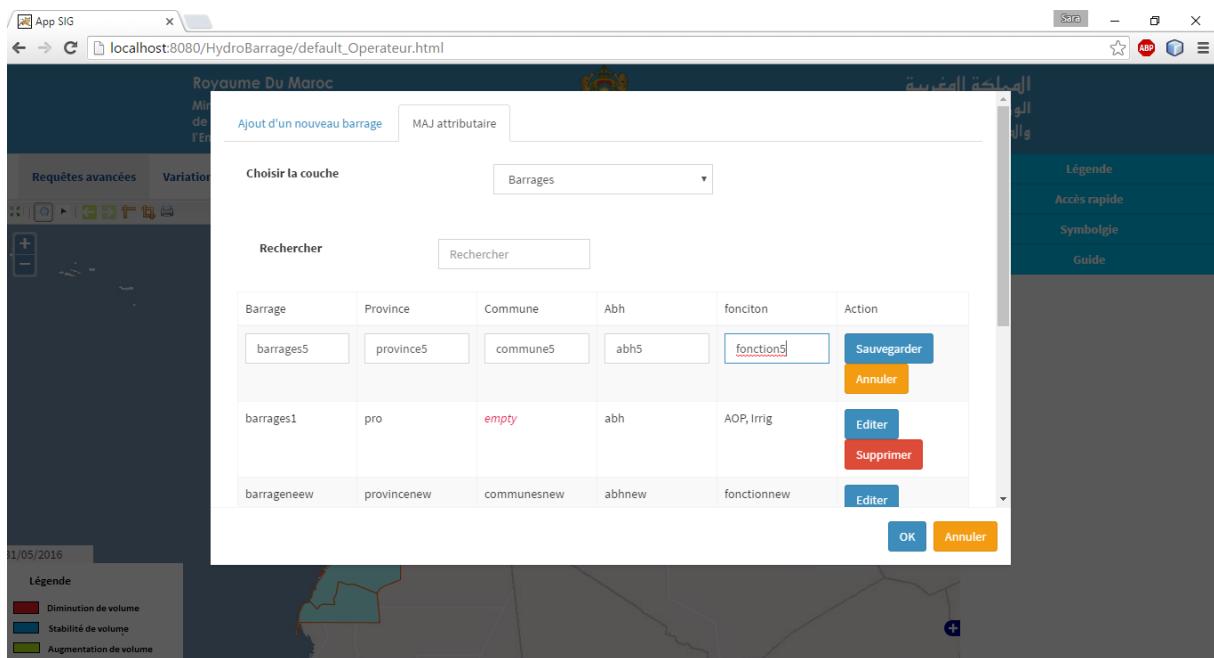


Figure 74 : MAJ attributaire d'un barrage

## Conclusion générale

Lors de ce projet, nous avons adopté la méthode 2TUP qui consiste au recensement du besoin afin d'identifier les spécifications fonctionnelles et techniques, puis la conception à l'aide du langage UML. Nous avons, par la suite, développé un prototype qui met en démonstration le suivi des retenues des barrages.

En fait, ce projet est un vrai début de carrière d'ingénieur car il répond à un besoin professionnel. D'une part, il nous a permis de mettre en pratique les connaissances acquises tout au long de notre formation à l'EHTP. De l'autre part, il a constitué un modèle important pour le ministère délégué chargé de l'eau, qui a pu, grâce à ce projet, valider l'utilité des systèmes d'information géographiques, qui sont devenus des outils incontournables pour l'aide à la décision dans des projets où la donnée spatiale est importante.

En effet, ce projet était une opportunité pour être proches du côté acteurs et décideurs. Il nous a révélé les problématiques et les difficultés que connaît le métier de la gestion de l'eau, un métier qui est assez complexe et qui nécessite l'utilisation d'un outil SIG pour une gestion meilleure et efficace. En plus, ce projet nous a permis de découvrir de près les différents aspects et contraintes liés à la réalisation d'un grand projet SIG concret au profit d'une des grandes structures au Maroc.

Ce projet a été découpé en cinq phases : La première phase consistait à déterminer les fonctionnalités principales du système et ce, après recensement des besoins, et à analyser l'existant.

Une deuxième phase avait comme but de justifier les choix des technologies, de lister les différents outils mis en œuvre pour la réalisation de ce projet et de citer l'architecture logique, logicielle et technique de la solution.

La troisième phase a été consacrée à la conception, le long de laquelle nous avons établi, à l'aide du langage de modélisation UML, un dossier de conception du système.

Une quatrième était la conception de la base des données via le diagramme de classes et la préparation d'un échantillon de ces données.

Finalement, la dernière phase a connu l'achèvement du projet par le développement du prototype SIG, dédié au suivi de la retenue des barrages, bâti sur une panoplie d'outils et technologies : le système de gestion des bases de données PostgreSQL et l'extension POSGIS comme cartouche spatiale, Le serveur SIG : Geoserver avec sa performance et ses avantages diversifiés, couplé avec les API client flexibles: AngularJS, OpenLayers,GeoExt.

Notre prototype offre plusieurs avantages, à titre d'exemple l'accès aux données avec rapidité de traitement et efficacité pour répondre aux demandes en matière d'études, d'évaluation et de suivi des retenues des barrages et l'amélioration de la productivité et le service fourni.

Au terme de ce projet de fin d'études, nous sommes arrivées à satisfaire une grande partie des objectifs fonctionnels et techniques attendus. Néanmoins, la solution proposée peut s'ouvrir sur d'autres horizons.

Comme perspectives envisageables, nous proposons :

- Optimiser la macro réalisée pour gagner davantage en termes de temps : Importer un grand nombre de fichiers Excel sur la situation des barrages d'un seul coup.
- La gestion de l'accès concurrentiel des opérateurs, c.à.d rendre notre base de données une BD partagée
- Développer le module études bathymétriques et suivi de l'envasement des retenues de barrages.

# Bibliographie

## postgis

- <http://www.postgis.fr/chrome/site/docs/workshop-foss4g/doc/geometries.html>
- <http://postgis.refractions.net/documentation/manual-1.3/ch06.html>

## Postges

- <https://www.postgresql.org/>

## GeoEXT

- <http://geoext.org/examples.html>
- <https://geoext.github.io/geoext2/examples/printpreview/print-preview.html>
- <http://blog.godo-tys.jp/category/geoext/page/3/>
- <http://2010.foss4g.org/presentations/3591.pdf>
- <https://geoext.github.io/geoext2/examples/printextent/print-extent.html>

## Angularjs

- <https://angularjs.org/>
- <http://www.w3schools.com/angular/>

## bootstrap

- <http://getbootstrap.com/>

## jspdf

- <https://github.com/MrRio/jsPDF>
- <https://github.com/simonbengtsson/jsPDF-AutoTable>

## chartjs

- <http://jtblin.github.io/angular-chart.js/>

## openlayers 2

- <http://openlayers.org/two/>
- <http://www.acuriousanimal.com/Openlayers-Cookbook/>

## html 5

- [http://www.w3schools.com/html/html5\\_intro.asp](http://www.w3schools.com/html/html5_intro.asp)

## Template

- <https://almsaeedstudio.com/AdminLTE>

## Annexes

### Annexe 1 : Etude comparative entre les plateformes de développement

Tableau 20 : Etude comparative entre les plateformes de développement

 	Avantages	Inconvénients
JEE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Approche multi-plate-forme et multi-éditeurs</li> <li>• Spécifications uniques</li> <li>• +30 éditeurs implémentent totalement ou partiellement J2EE</li> <li>• Existence <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ d'implémentations open source (JBoss, Tomcat, ...)</li> </ul> </li> <li>• Portabilité entre implémentations J2EE</li> <li>• Nombreuses références clients</li> <li>• Existence de la plate-forme J2EE depuis 4 ans</li> <li>• Modèle de programmation plus avancé (EJB)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mono-langage</li> <li>• Architecture complexe nécessitant un temps</li> <li>• Les Services Web ne sont supportés que dans la version J2EE 1.4 (non encore finalisée).</li> <li>• De nombreuses solutions propriétaires implémentent toutefois les services web</li> </ul>
.Net	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Support natif des Services Web</li> <li>• Multiplicité des langages de programmation</li> <li>• Indépendance vis-à-vis du langage de développement</li> <li>• Interopérabilité entre les langages</li> <li>• Simplicité d'utilisation (offre intégrée et packagée)</li> <li>• Efficacité en termes de productivité de développement</li> <li>• Interopérabilité bi-directionnelle .NET / COM</li> <li>• WebForms compatibles avec tous navigateurs supportant le HTML 3.2</li> <li>• Gestion des versions des composantes exécutables (assemblies)</li> <li>• Environnement Visual Studio .NET totalement intégré</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Changement technologique important pour les <ul style="list-style-type: none"> <li>◦ développeurs VB</li> <li>◦ ASPactuels</li> </ul> </li> <li>• Solution .NET récente (version 1.0 sortie début 2002)</li> <li>• Peu de références clients pour le moment</li> <li>• Limité à la plate-forme Windows, les applications développées pour la plate-forme .NET s'exécutent uniquement sur la plate-forme .NET</li> <li>• Le modèle d'architecture distribué est basé sur COM+ (code non managé).</li> <li>• Microsoft doit migrer au plus vite vers l'environnement managé .NET</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas d'équivalent dans .NET des EJB Entity permettant d'assurer la persistance d'un objet distribué dans la base de données</li> <li>• Migration d'applications Windows existantes pas forcément triviales</li> </ul>
--	--	---

## Annexe 2 : Etude comparative entre les serveurs cartographiques

 <b>GeoServer</b>	
<b>Nom :</b>	GeoServer
<b>Version actuel :</b>	V 2.2.5 (26/02/2013)
<b>Leader du projet :</b>	OpenGeo
<b>License d'utilisation :</b>	GPL 2.0
<b>Site officiel :</b>	<a href="http://www.geoserver.org">http://www.geoserver.org</a>
<b>Communauté d'utilisation :</b>	très développé
<b>Communauté de développeurs :</b>	très développé
<b>Outils à disposition de :</b>	IRC, Mailing list, Forumla communauté
<b>Langage de développement utilisé :</b>	java
<b>Plateforme de déploiement :</b>	windows, Linux, Mac OS X, Solaris
<b>Formats supportés :</b>	Raster : GeoTIFF, GTOPO30, ArcGrid, WorldImage, ImageMosaics and Image Pyramids, support aussi MrSID, ECW, JPEG2000, DTED, ERDAS imagine et NITF. Vecteur : Postgis, shp, ARCSDE, Oracle, mysql, MapInfo,
<b>API:</b>	REST API
<b>Projection/reprojection :</b>	Geotools
<b>Lecture/conversion de données :</b>	Geotools
<b>Standards supportés :</b>	WMS 1.0.1 WFS WCS
<b>Points forts :</b>	Grande richesse fonctionnelle Grande maturité, Forte communauté Effort de standardisation, Interface d'administration
<b>Points faibles :</b>	Environnement de développement Java

Figure 75 : Fiche sur le serveur cartographique Geoserver



<b>Nom :</b>	Deegree
<b>Version actuel :</b>	V 3.2 (26/02/2013)
<b>Historique du projet :</b> deegree 1 (2002 - 2004) comprend CSW, WFS et simple Caractéristiques Client, WMS OGC (implémentation de référence) et du WCS. deegree 2 (2004 -) comprend CSW, WCS, WCTS, WFS, WMS, WPS, WPVS - Codages: FE, GML, Métadonnées - Applications: iGeoDesktop, iGeoPortal, iGeoSecurity deegree 3 (2007 -) se concentre sur les principaux services web OGC et une API stable. D'autres applications comme un SIG bureautique peuvent suivre.	
<b>Leader du projet :</b>	l'Université de Bonn Allemagne
<b>License d'utilisation :</b>	LGPL
<b>Site officiel :</b>	<a href="http://www.deegree.org">http://www.deegree.org</a>
<b>Communauté d'utilisation :</b>	développé
<b>Communauté de développeurs :</b>	très développé
<b>Outils à disposition de :</b>	IRC, Mailing liste la communauté
<b>Langage de développement utilisé :</b>	java
<b>Plateforme de déploiement :</b>	Windows, Linux, Mac OS X, Solaris
<b>Formats supportées :</b>	Raster : Geotiff, Vecteur : Postgis, shp, ARCSDE, Oracle,GML
<b>API :</b>	IGéoportal (Java)
<b>Standards supportés :</b>	WMS 1.0.1 WFS WCS
<b>Points forts :</b>	Grande richesse fonctionnelle Effort de standardisation(les dernières versions), Interface d'administration.
<b>Points faibles :</b>	Environnement de développement Java Interface d'administration moins développée que Geoserver (utilisation d'un éditeur XML)

Figure 76 : Fiche sur le serveur cartographique Deegree



<b>Nom :</b>	MapGuide
<b>Version actuel :</b>	V 2.2.5 (26/02/2013)
<b>Historique du projet :</b>	1995 : Argus MapGuide 1996 : appropriation par Autodesk (MapGuide 2.0) 2006 : Mapguide devient conforme à l'OGC
<b>Leader du projet :</b>	Autodesk
<b>License d'utilisation :</b>	LGPL
<b>Site officiel :</b>	<a href="http://www.mapguide.osgeo.org">http://www.mapguide.osgeo.org</a>
<b>Communauté d'utilisation :</b>	développé
<b>Communauté de développeurs :</b>	développé
<b>Outils à disposition de la communauté :</b>	IRC, Mailing liste, forum OSGeo
<b>Langage de développement utilisé :</b>	PHP
<b>Plateforme de déploiement :</b>	windows, Linux
<b>Formats supportées :</b>	Raster : GeoTIFF, GTOPO30, ArcGrid, WorldImage, ImageMosaics and Image Pyramids ,support aussi MrSID, ECW, JPEG2000, DTED, ERDAS imagine et NITF.
<b>Vecteur :</b>	Postgis, shp, ARCSDE, Oracle, mysql, MapInfo,
<b>API :</b>	Javascript API
<b>Projection/reprojection :</b>	Geotools
<b>Lecture/conversion de données :</b>	Geotools
<b>Standards supportés :</b>	WMS WFS WCS

Figure 77 : Fiche sur le serveur cartographique MapGuide



<b>Nom :</b>	MapServer
<b>Version actuel :</b>	V 6.2.0 (14/11/2012)
<b>Historique du projet :</b>	1997 : version 1.0 FORNET 1998 : version 2.0 publique 2000 : version 3.0 ouverture du développement à la communauté 2011 : version 6.0.1 2012 : version 6.2.0
<b>Leader du projet :</b>	l'université du Minnesota (UMN) dans le cadre du projet ForNet en coopération avec la NASA et le département des ressources naturelles du Minnesota (MNDNR).
<b>License d'utilisation :</b>	Licence MIT
<b>Site officiel :</b>	<a href="http://www.mapserver.org">http://www.mapserver.org</a>
<b>Communauté d'utilisation :</b>	très développé
<b>Communauté de développeurs :</b>	très développé
<b>Outils à disposition de la communauté :</b>	IRC, Mailing list, Forum
<b>Langage de développement utilisé :</b>	C
<b>Plateforme de déploiement :</b>	windows, Linux, Mac OS X, Solaris
<b>Formats supportées :</b>	Raster : TIFF/GeoTIFF, EPPL7,GIF,PNG et bien d'autre grâce à GDAL. Vecteur : ESRI shapfiles, PostGIS, ESRI ArcSDE, Oracle Spatial, MySQL et bien d'autre grâce à OGR.
<b>API :</b>	PHP, python, perl, java et .NET
<b>Projection/reprojection :</b>	proj4
<b>Lecture/conversion de données :</b>	Raster : GDAL et vecteur : OGR
<b>Standards supportés :</b>	WMS 1.0.1 WFS WCS
<b>Points forts :</b>	Grande richesse fonctionnelle Grande maturité Forte communauté

Figure 78 : Fiche sur le serveur cartographique MapServer



<b>Nom :</b>	Quantum GIS Server
<b>Version actuel :</b>	1.8 « Lisboa »
<b>Historique du projet :</b>	Ajout d'une capacité de serveur WMS à QGIS desktop depuis la version 1.6.Février 2002, Gary Sherman recherchait un puissant visualiseur pour Linux
<b>Leader du projet :</b>	Projet de l'OSGeo, PSC présidé par Gary Sherman
<b>Site officiel :</b>	Website : <a href="http://www.qgis.org">http://www.qgis.org</a> Wiki: <a href="http://qgis.org/wiki">http://qgis.org/wiki</a> Forum: <a href="http://forum.qgis.org">http://forum.qgis.org</a>
<b>Communauté d'utilisateurs:</b>	Assez développée
<b>Communauté de développeurs:</b>	Assez développée
<b>Outils à disposition de la communauté:</b>	IRC, Mailing lists
<b>Language de développement utilisé :</b>	C++ (librairie Qt4) FastCGI (C++), binding Python
<b>Plateforme de déploiement:</b>	Linux, Windows, Mac OS X, Unix
<b>Formats supportés:</b>	Ceux supportés par QGIS  Formats vecteur: PostGis, Shape, MapInfo, ArcInfo  Formats Raster: plugin GDAL
<b>API:</b>	Python, C++
<b>Standards supporté:</b>	WMS 1.3.0, WMS 1.1.1 and SLD 1.0.0
<b>Points Forts:</b>	Richesse fonctionnelle  Forte communauté  Fonctionnalités et environnement graphique de QGIS  Desktop
<b>Points Faibles :</b>	Nombre limités de formats supportés  Faible performance (Serveur construit sur une architecture Desktop)

Figure 79 : Fiche sur le serveur cartographique Quantum GIS Server

## Annexe 4 : Dictionnaire de données

### Barrages :

Tableau 21 : Dictionnaire de données de la table "Barrages"

Attribut	Description	Type
<b>Gid</b>	Clé primaire	OID
<b>Barrage</b>	Nom du barrage	String
<b>Province</b>	Nom de la province à laquelle appartient le barrage	String
<b>Commune</b>	Nom de la commune à laquelle appartient le barrage	String
<b>But</b>	Décrit pour quelle finalité les eaux de ce barrage sont utilisées : E, I, AEP	String
<b>H_fondatio</b>	La hauteur du barrage en mètre	Numérique
<b>Cap_actuel</b>	La capacité normale en million m3	Numérique
<b>nom_agence</b>	Nom de l'agence à laquelle appartient le barrage	String
<b>Nombv</b>	Nom du bassin versant auquel appartient le barrage	String
<b>Geom</b>	La position du barrage sur la Map	Geometry

### ABH :

Tableau 22 : Dictionnaire de données de la table "ABH"

Attribut	Description	Type
<b>Gid</b>	Clé primaire	OID
<b>nom_agence</b>	Nom de l'agence	String
<b>Surf</b>	Surface de l'agence en km2	Numérique
<b>Geom</b>	La Géométrie de l'agence	Geometry

### Bv :

Tableau 23 : Dictionnaire de données de la table "Bv"

Attribut	Description	Type
<b>Gid</b>	Clé primaire	OID
<b>Nom</b>	Nom du bassin versant	String
<b>Geom</b>	La Géométrie du bassin	Geometry

## Rh:

Tableau 24 : Dictionnaire de données de la table "Rh"

Attribut	Description	Type
<b>Gid</b>	Clé primaire	OID
<b>Nom</b>	Nom du réseau hydraulique	String
<b>Geom</b>	La Géométrie du réseau	Geometry

## Provinces :

Tableau 25 : Dictionnaire de données de la table "Provinces"

Attribut	Description	Type
<b>Gid</b>	Clé primaire	OID
<b>Code</b>	Code de la province	String
<b>Population</b>	Nombre d'habitants de la province	Numérique
<b>Superficie</b>	Superficie de la province en km <sup>2</sup>	Numérique
<b>Nom_objet</b>	Nom de la province	Numérique
<b>Region</b>	Région à laquelle appartient la province	Numérique
<b>Geom</b>	La Géométrie de la province	Geometry

## Communes :

Tableau 26 : Dictionnaire de données de la table "Communes"

Attribut	Description	Type
<b>Gid</b>	Clé primaire	OID
<b>Commune</b>	Nom de la commune	String
<b>Code_provi</b>	Code la province à laquelle appartient la commune	String
<b>Code_commu</b>	Code la commune	String
<b>Geom</b>	La Géométrie de la commune	Geometry

## HistoriqueRetenue (table de l'historique de la situation des barrages) :

Tableau 27 : Dictionnaire de données de la table "HistoriqueRetenue"

Attribut	Description	Type
<b>Barrages</b>	Nom du barrage	String
<b>Cap_normal</b>	Volume normale du barrage en million m <sup>3</sup>	Numérique
<b>reserve</b>	La retenue actuelle du barrage	Numérique
<b>Taux_remplis</b>	Taux de remplissage du barrage	Numérique

<b>Date</b>	La date de la mesure de la retenue	Date
<b>nom_agence</b>	Nom de l'Agence de Bassin Hydraulique à laquelle appartient le barrage	String

## **Historiquefourniture (table de l'historique de la dotation en fournitures des barrages) :**

Tableau 28 : Dictionnaire de données de la table "HistoriqueFourniture"

Attribut	Description	Type
<b>barrages</b>	Nom du barrage	String
<b>Cote</b>	La cote enregistrée	Numérique
<b>Irrig</b>	Volume d'eau en million m <sup>3</sup> consommé par le secteur de l'irrigation	Numérique
<b>vtxc</b>	Volume turbiné exclusif	Numérique
<b>vtirrig</b>	Volume turbiné dédié à l'irrigation	Numérique
<b>Eau potable</b>	Volume d'eau en million m <sup>3</sup> dédié à la production de l'eau potable	Numérique
<b>deverse</b>	Volume d'eau en million m <sup>3</sup> consommé par le secteur de l'irrigation	Numérique
<b>Date</b>	Date de la consommation d'un volume d'eau par une fourniture	Date

## Annexe 5 : interface de localisation spatiale d'un endroit



Figure 80 : Interface de localisation spatiale d'un endroit

## Annexe 6 : interface de localisation d'une ABH



Figure 81 : Interface de localisation spatiale des données hydrologiques, découpage administratif et les données hydrographiques

## Annexe 7 : Symbolologie « Ecart mensuel »

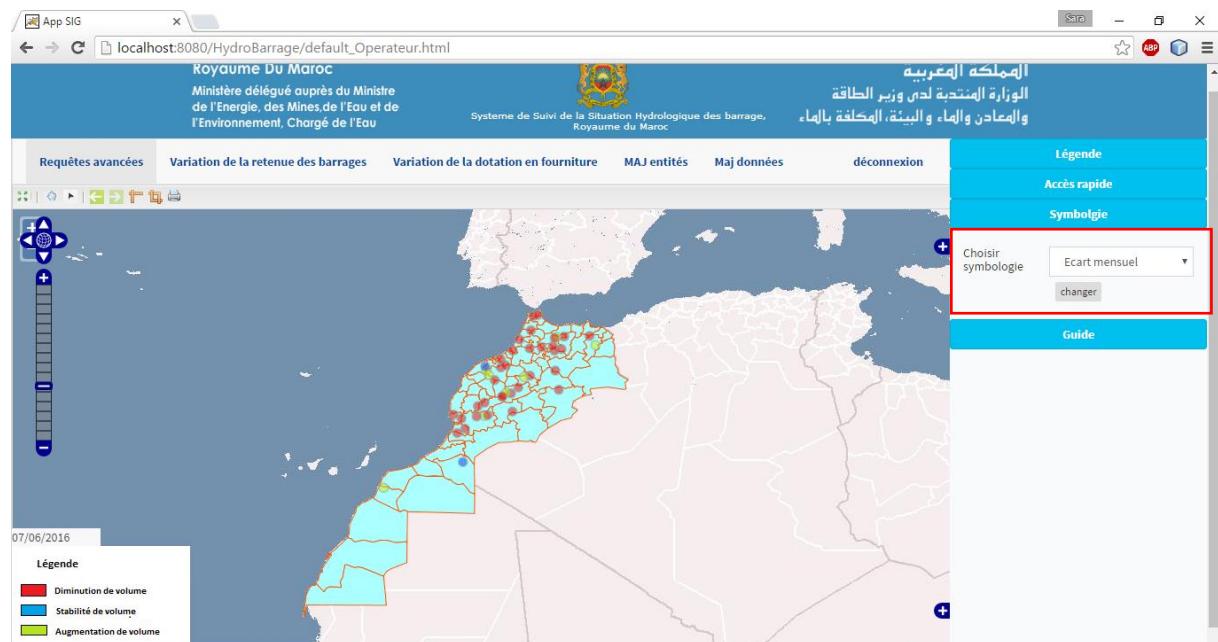


Figure 82 : Symbolologie des barrages selon "L'écart mensuel"

## Annexe 8 : Symbolologie « Ecart annuel »

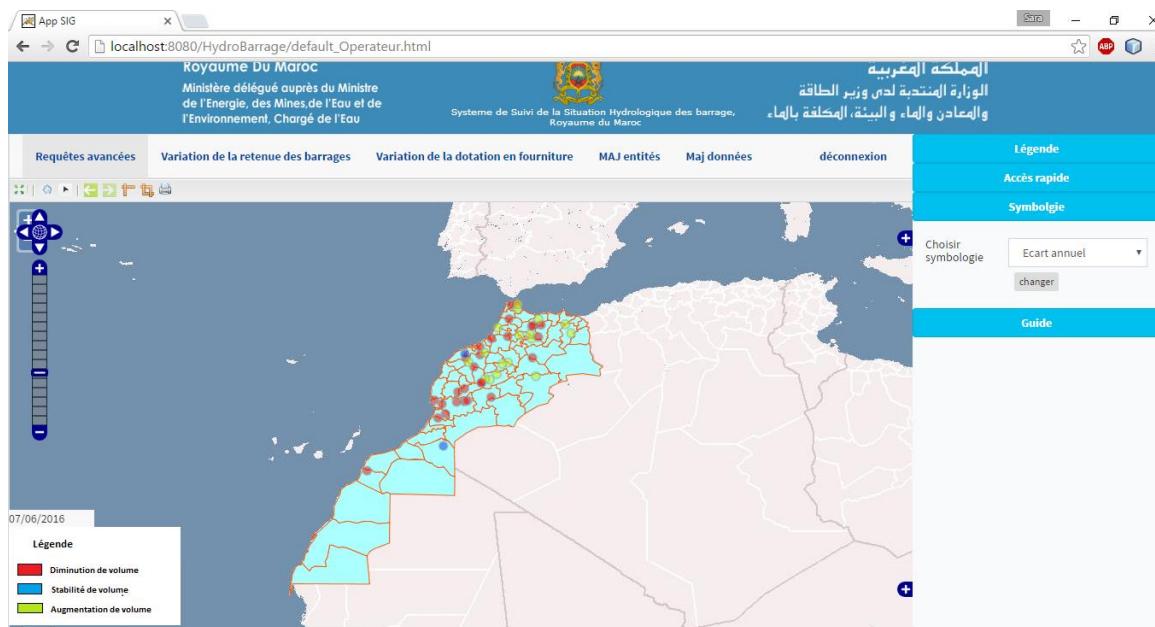


Figure 83 : Symbolologie des barrages selon "L'écart annuel"

## Annexe 9 : Symbologie « Ecart 1 Septembre »

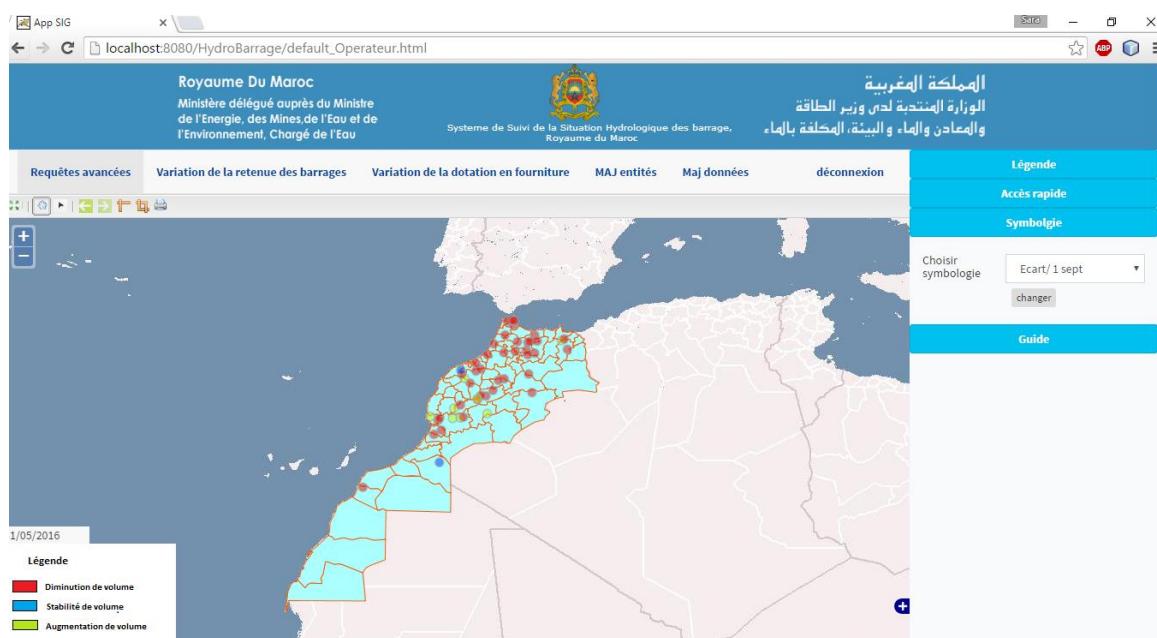


Figure 84 : Symbologie des barrages selon "L'écart 1 Septembre"

## Annexe 10 : la variation mensuelle de la retenue de barrages

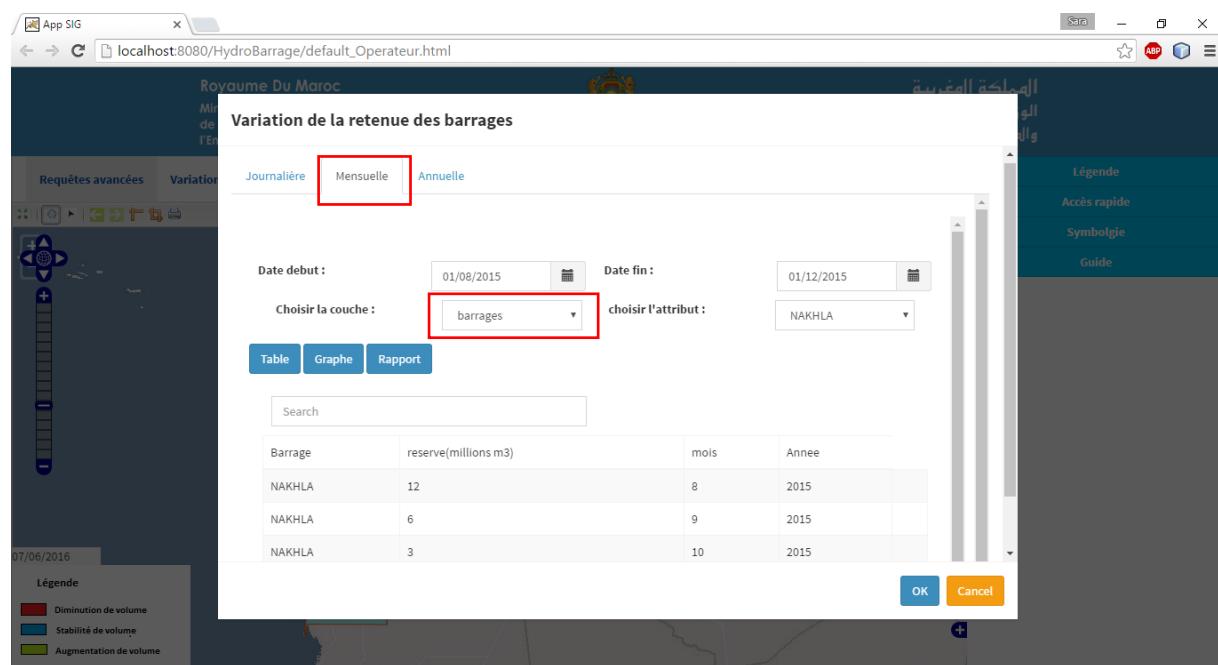


Figure 85 : Exemple de résultat tabulaire de la variation mensuelle de la retenue de barrages

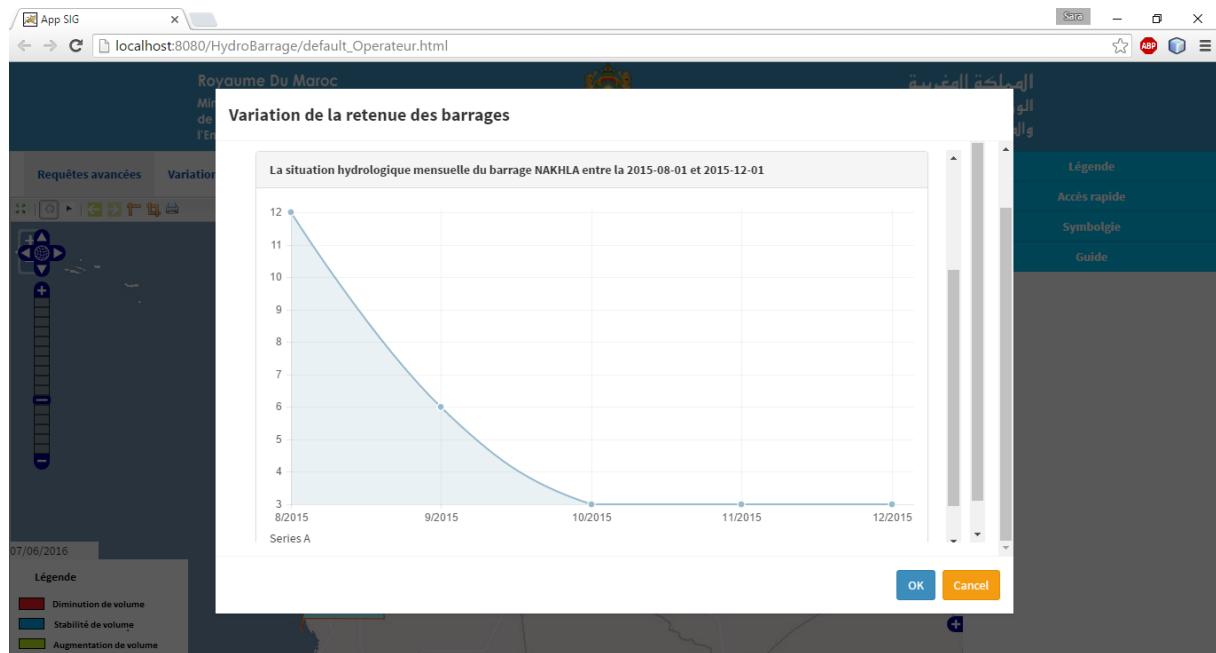


Figure 86 : Exemple de résultat graphique de la variation mensuelle de la retenue de barrages

## Annexe 11 : la variation annuelle de la retenue de barrages

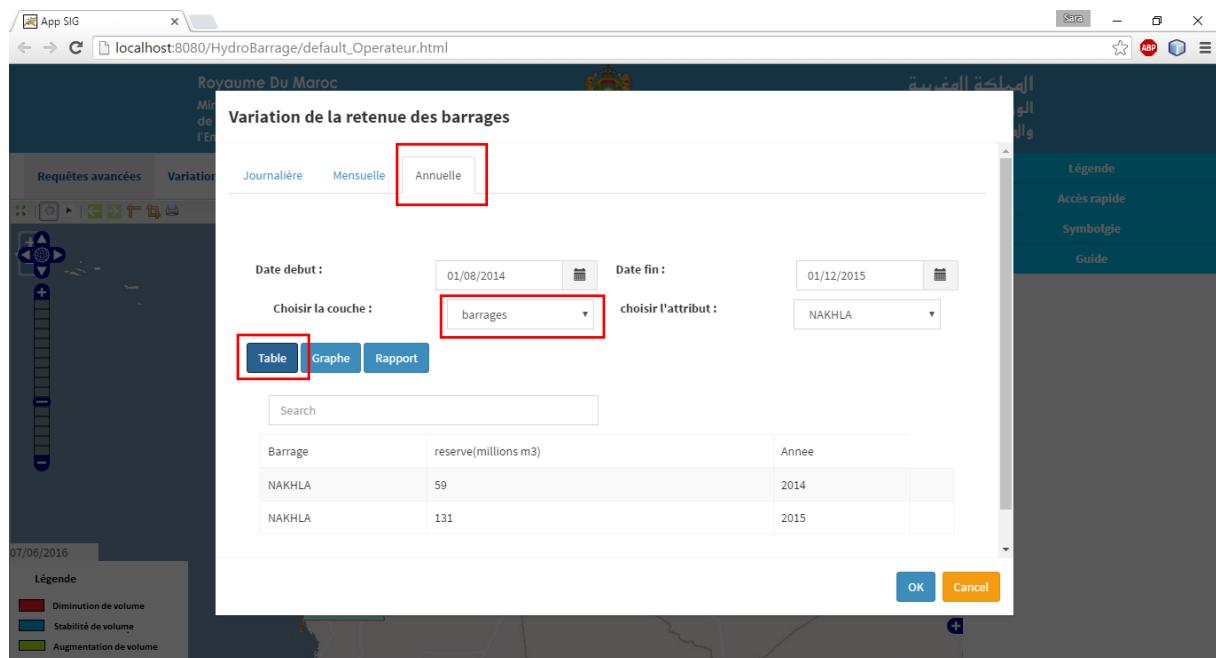


Figure 87 : Exemple de résultat tabulaire de la variation annuelle de la retenue de barrages



Figure 88 : Exemple de résultat graphique de la variation annuelle de la retenue de barrages

## Annexe 12 : la variation mensuelle de la retenue de barrages d'une ABH

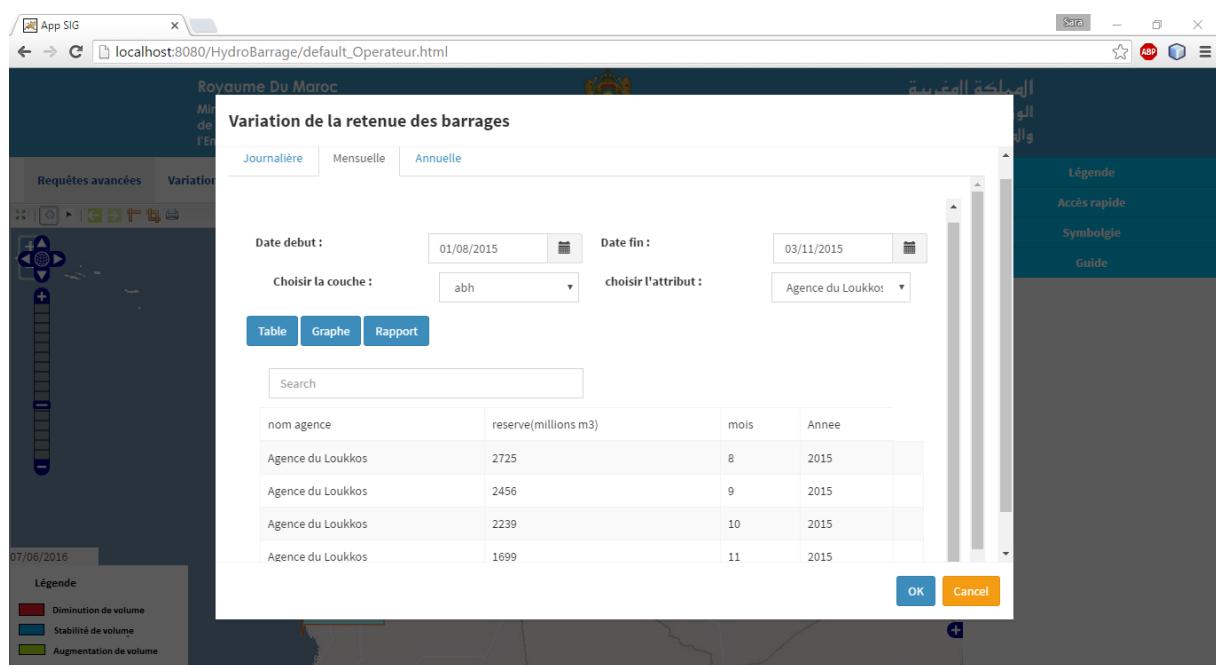


Figure 89 : Exemple de résultat tabulaire de la variation mensuelle de la retenue de barrages d'une ABH

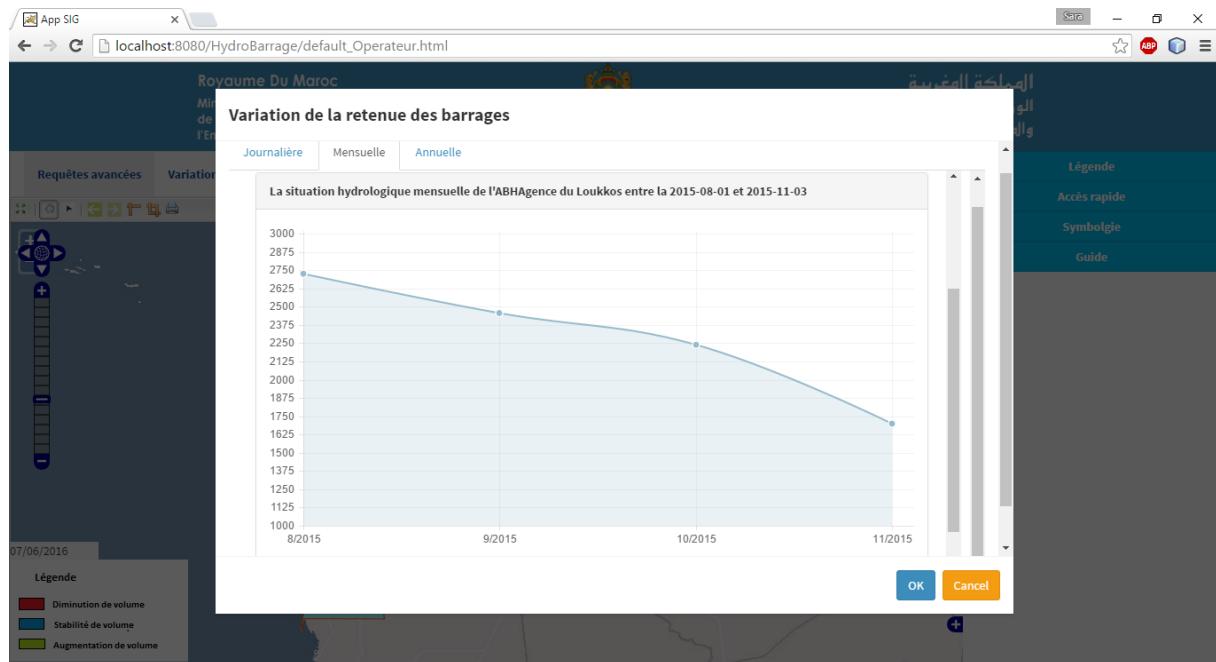


Figure 90 : Exemple de résultat graphique de la variation mensuelle de la retenue de barrages d'une ABH

## Annexe 13 : la variation annuelle de la retenue de barrages d'une ABH

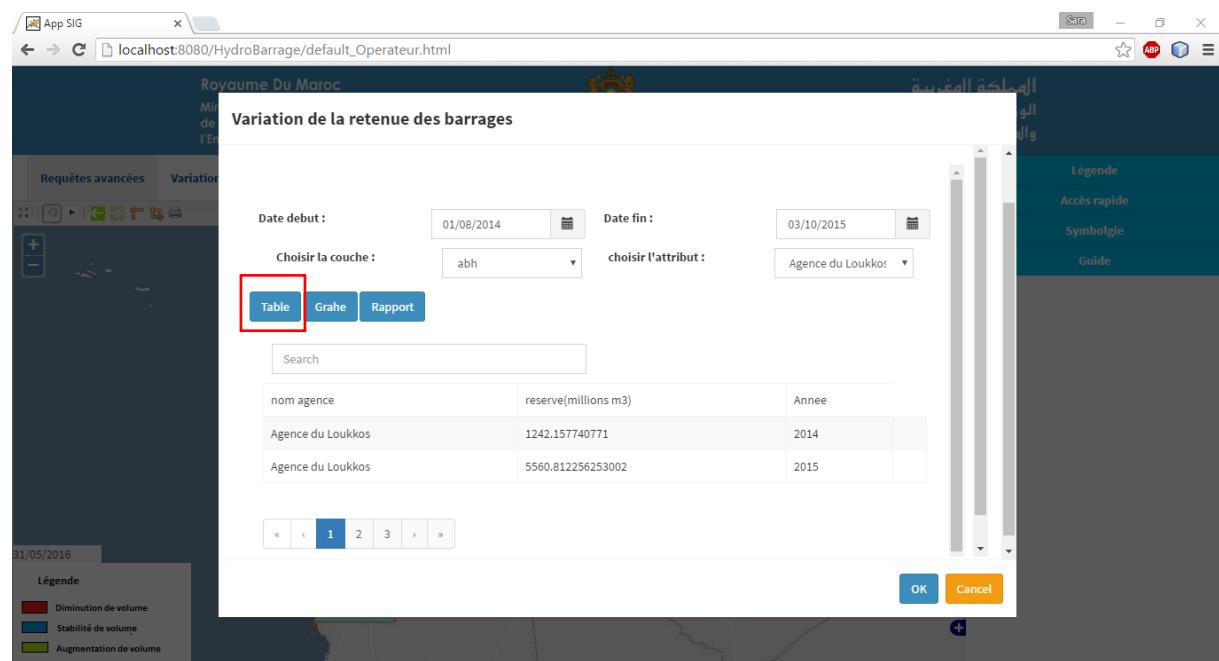


Figure 91 : Exemple de résultat tabulaire de la variation annuelle de la retenue de barrages d'une ABH

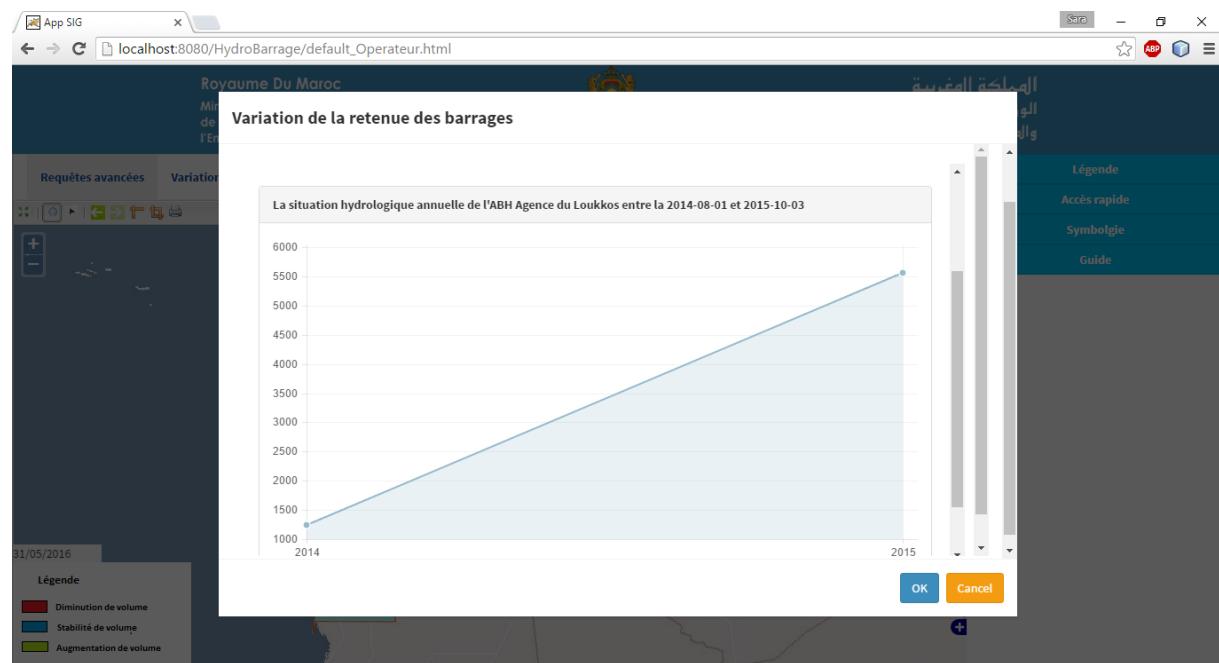


Figure 92 : Exemple de résultat graphique de la variation annuelle de la retenue de barrages d'une ABH

## Annexe 14 : la variation mensuelle de la retenue des barrages du royaume

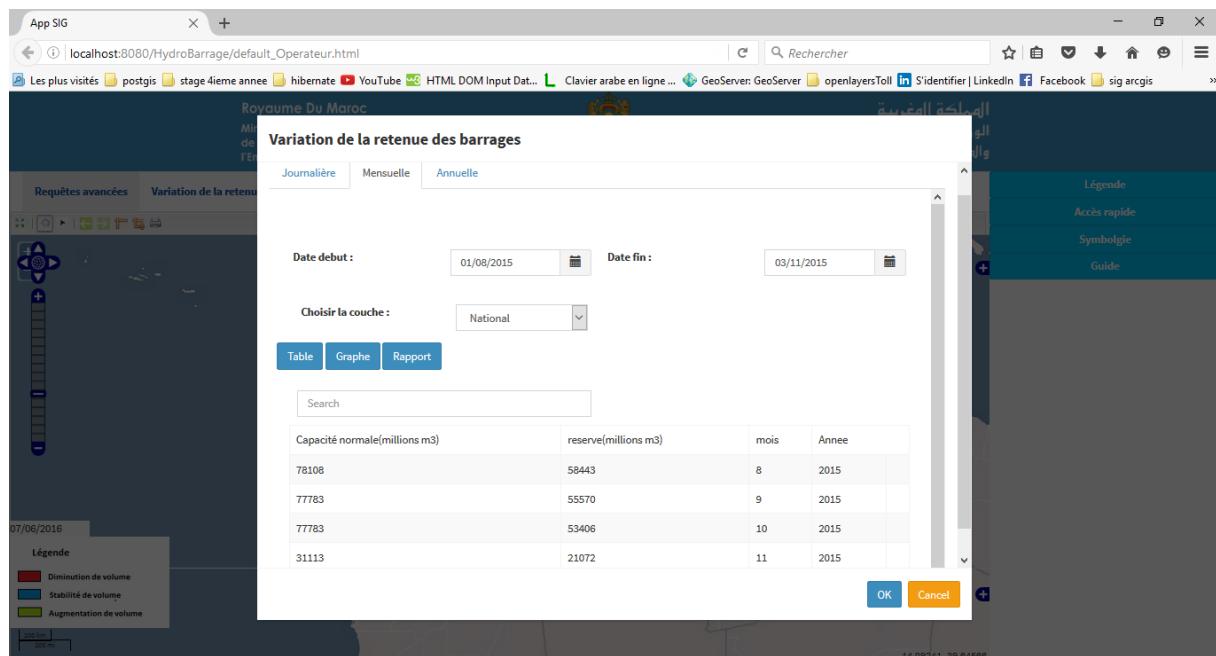


Figure 93 : Exemple de résultat tabulaire de la variation mensuelle de la retenue de barrages du royaume

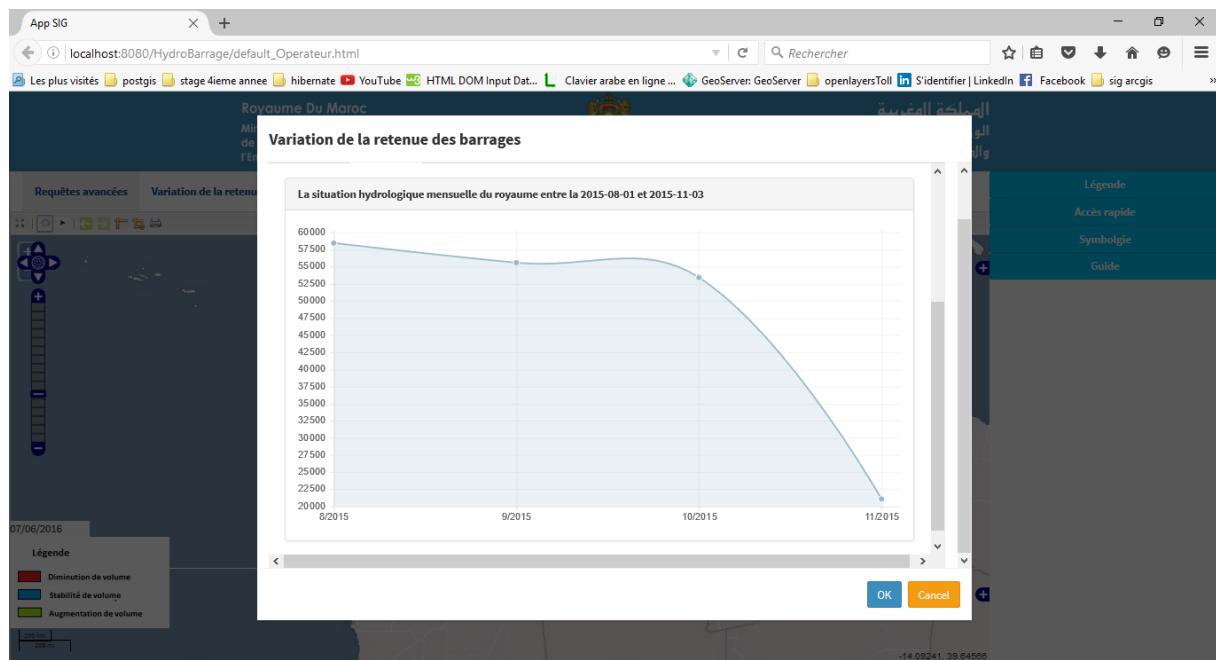


Figure 94 : Exemple de résultat graphique de la variation mensuelle de la retenue de barrages du royaume

## Annexe 15 : la variation annuelle de la retenue de barrages du royaume

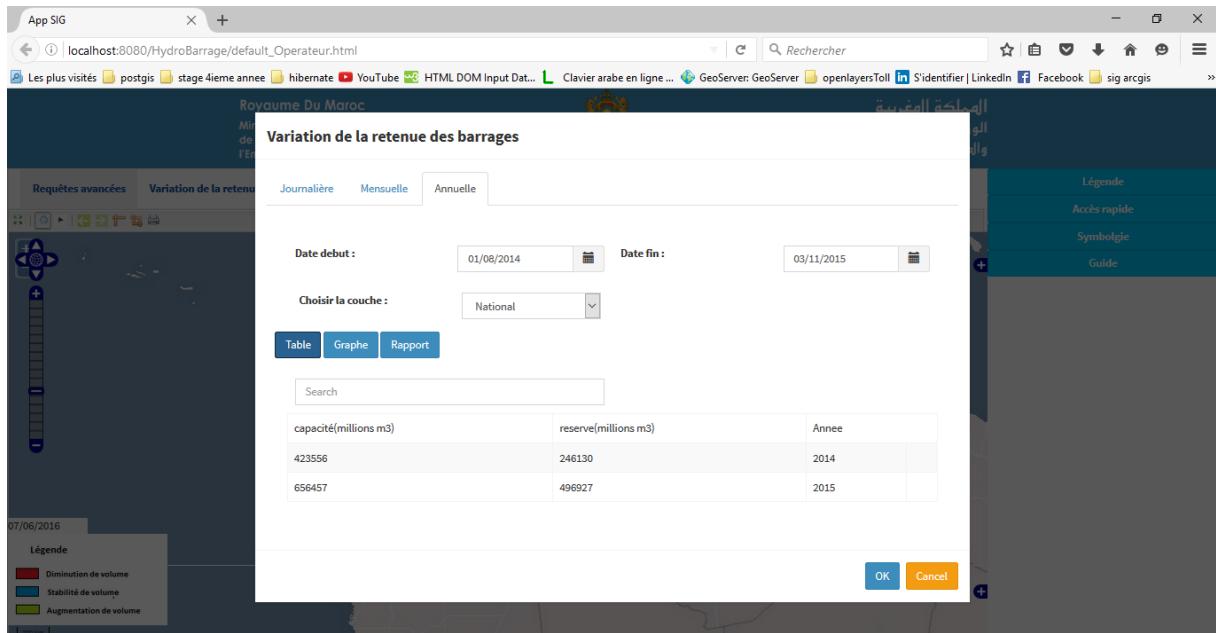


Figure 95 : Exemple de résultat tabulaire de la variation annuelle de la retenue de barrages du royaume

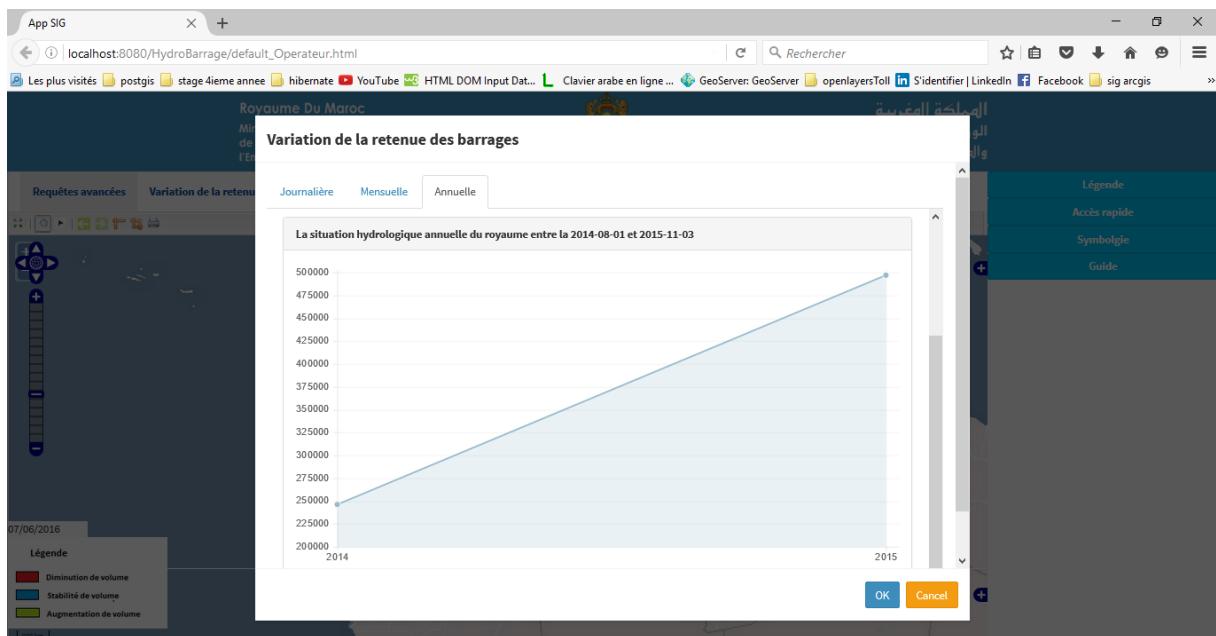


Figure 96 : Exemple de résultat tabulaire de la variation annuelle de la retenue de barrages du royaume