



STRUCTURATION DES BASES DE DONNÉES HYDROLOGIQUES EN VUE D'UNE NORMALISATION DE LONG TERME AU MAROC

STRUCTURING HYDROLOGICAL DATABASES FOR LONG-TERM STANDARDIZATION IN MOROCCO

| Lahrach Hamid | Lahsaini Meriam | Tabyaoui Hassan | et | EL Hammichi Fatima |

¹. Laboratoire Ressources naturelles et Environnement | Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès | Faculté Polydisciplinaire de Taza | BP. 1223, Taza-Gare | Maroc |

| Received 29 May 2019 |

| Accepted 24 June 2019 |

| Published 02 June 2019 |

| ID Article | Lahrach-Ref.1-ajira290619 |

RESUME

Introduction : Les études et les observations de long terme en hydrologie permettent d'acquérir une grande quantité de données. Ces données sont utilisées à des fins scientifiques pour les chercheurs et à des fins parfois de gestion pour les acteurs institutionnels. Les nouvelles technologies de l'information et la communication (NTIC) ont généré une explosion de la production et de la diffusion de l'information numérique. Les données sont dispersées et de nature très hétérogène. Ceci pose des problèmes de collaboration d'ordre physique auxquels s'ajoutent des problèmes d'ordre technique souvent de type sémantique qui perturbent le partage de connaissances aussi bien entre les acteurs qu'entre les systèmes. **Objectifs:** Dans cette étude, nous avons élaboré une structure d'inventaire des données hydrologiques à caractère spatial (localisation dans un référentiel commun à l'échelle du Maroc) et attributaires avec des lexiques normalisés. **Méthodologie:** La base de données hydrologique est structurée par la logique Merise avec une schématisation plus ou moins simple du monde réel. Elle est structurée de façon à être évolutive au gré de l'avancement du travail de saisie des travaux antérieurs, des calculs hydrologiques et hydrauliques ou lorsque des améliorations sont apportées par de nouveaux modèles ou techniques. **Résultats :** Elle comprend 37 tables de saisie et un dictionnaire ou référence commune des données structurée, facilitant les échanges, la communication et l'approfondissement du questionnement. MS- Access a servi pour la création et la gestion de la base de données et POWER AMC a été utilisé pour vérifier la cohérence entre les données et maintenir le dictionnaire de données du système d'information. **Conclusion :** 5 formulaires principaux regroupent 17 onglets et sous-onglets sous MS-Access permettent la saisie et la consultation des données attributaires. Ces données sont exploitées dans un logiciel SIG par l'intermédiaire de connexions ODBC.

Mots clés. Base de données, bancarisation, normalisation, hydrologie, Maroc

ABSTRACT

Background: Long-term studies and observatories in hydrology make it possible to acquire a large amount of data. These data are used for scientific purposes for researchers and for sometimes management purposes for institutional actors. New information and communication technologies (NICTs) have generated an explosion in the production and dissemination of digital information. The data is scattered and very heterogeneous in nature. This poses problems of physical collaboration, in addition to technical problems often related to semantic problems that disturb the sharing of knowledge both between actors and between systems. **Objective:** In this study, we have developed an inventory structure data model of spatial hydrological data (localization in a common reference system at the Moroccan scale) and attributes with standardized lexicons. **Method:** The hydrology database is structured by the Merise logic with a more or less simple schematization of the real world. It is structured to be scalable as the work of entering previous data, hydrological and hydraulic calculations, or when improvements are made by new models or techniques. **Results:** It includes 37 input tables and a common dictionary or reference of structured data, facilitating exchanges, communication and deepening of the questioning. MS-Access was used for the creation and management of the database and POWER AMC was used to check the consistency between the data and maintain the data dictionary of the information system. **Conclusion:** 5 main forms group together 17 tabs and sub-tabs under MS-Access allow input and consultation of attribute data. This data is exploited in GIS software via ODBC connections.

Key words: Database, storage, standardization, hydrology, Morocco.

INTRODUCTION

Le Maroc s'étend sur une superficie de 710.850 Km² dont une grande partie se trouve en zone désertique. Il est situé dans une zone aride à semi-aride avec une grande variabilité des précipitations dans l'espace et le temps ainsi que des cycles de sécheresse périodiques et fréquents.

Les ressources en eau mobilisables dans les conditions techniques et économiques actuelles sont estimées à 20 milliards de m³ [1], réparties en :

- eaux superficielles représentant 18 milliards de m³ mobilisables par an dont 11 milliards le sont actuellement à partir de 103 barrages, d'une capacité totale de 16 milliards de m³ ;
- eaux souterraines estimées à 4 milliards de m³ dont près de 3 milliards exploitées.

Ces estimations de 2008 [1], peuvent être revues en baisse en égard du réchauffement climatique enregistré durant le vingtième siècle. La baisse de certaines nappes souffrant d'une surexploitation, l'érosion et l'envasement des barrages entraînent des pertes des capacités de leurs retenus.

En termes de gestion des ressources en eau, le Maroc a adopté un système de gouvernance s'articulant autour de bassins hydrauliques. 9 agences de bassins hydrauliques assurent la gestion intégrée, décentralisée et concertée des ressources en eau, qui a eu pour effet une généralisation de l'accès à l'eau potable à hauteur de 94% de la population rurale et une couverture totale de la population urbaine. Parmi les autres missions est de réaliser des mesures de qualité de l'eau, des études hydrologiques et hydrogéologiques et réaliser des bases de données cartographiques sur les ressources en eau.

Ces agences ainsi que d'autres acteurs institutionnels tels que l'Office Nationale de l'eau potable (ONEP), des bureaux d'études et des chercheurs universitaires font des études et des observations de long terme permettent d'acquérir une grande quantité de données. Ces données sont utilisées à des fins scientifiques et à des fins parfois de gestion. Se posent alors les questions de leur bancarisation, leur gestion par les équipes productrices, et leur mise à disposition pour l'ensemble de la communauté d'utilisateurs.

En effet, les chercheurs, ingénieurs et gestionnaires des ressources en eaux au Maroc ont, depuis de nombreuses années, réalisés des campagnes de mesures, entre autres, sur la qualité de l'eau, les hauteurs d'eau et débits dans les cours d'eau, les niveaux de nappes, le flux de matières en suspension, les concentrations en diverses substances, etc., et ont produit de grandes quantités de données, le tout en plusieurs points dans l'espace. Les résultats sont reportés sur des tableurs et des cartes et parfois sur des systèmes d'information géographique.

Les nouvelles technologies de l'information et la communication (NTIC) ont généré une explosion de la production et de la diffusion de l'information numérique. Les données sont dispersées et de nature très hétérogène. Ceci est en lien direct avec la diversité des acteurs. Les modes de gestion sont désormais obsolètes pour décrire ou consulter le patrimoine existant.

Enfin, un aspect important du développement de ce type de désaccord entre les utilisateurs (chercheurs et gestionnaires) est le manque de référentiels communs pour assister le partage informationnel et sémantique. Ayant vocation à être utilisées sur le long terme, ces bases de données hydrologiques doivent avoir un bon potentiel d'évolutivité.

Dans cette situation, il s'avère important d'harmoniser à l'échelle nationale les structures de bases de données et les rendre échangeables et interopérables. Le développement de ces structures de bases de données doit prendre en compte d'une part, les attentes des utilisateurs et les réponses informatiques. En effet, les solutions proposées doivent tirer profit des points forts des outils existants (agences des bassins, travaux des chercheurs) et des expériences passées. Elles ne doivent pas contraindre les acteurs à un changement brutal de leur mode de gestion ou de représentation de l'information et de la connaissance.

1. ARCHITECTURE ET FONCTIONNALITÉS DE LA BASE DE DONNÉES HYDROLOGIQUE

Le développement de la base de données hydrologique marocaine (BD_hydro) tire parti des points forts des outils existants dans la littérature [2-7] et des expériences passées à différentes agences nationales pour la bancarisation de données hydrologiques.

Notre enquête a montré que la majorité des travaux raisonne en termes de bassin hydrologique auquel sont associées des données sur la qualité de l'eau, et combinées avec le débit et autres caractéristiques environnementales dans un point de mesure, ce qui fait perdre l'information exacte sur le point ou cours d'eau et nous entraînent dans des généralités et une redondance des nomenclatures. Les agences de bassins hydrauliques marocains disposent d'un système efficace de stockage et de récupération de grands ensembles de données hydrologiques. Les données sont hiérarchisées sur la base d'un bassin versant.

Pour une meilleure gestion, nous proposons de développer une structure inverse à la précédente, et basée sur le point de mesure (cours ou source d'eau). Ainsi, la base de données hydrologique sera développée pour servir d'outil de stockage et de gestion des données relatives aux caractéristiques et fonctions hydrologiques d'un cours d'eau, situé dans un bassin versant, en associant notamment les données de débit, de qualité de l'eau et météorologiques.

Ainsi, en utilisant un moteur de base de données relationnelles, la base de données hydrologique peut stocker, gérer et calculer des données relatifs au cours d'eau ou au point d'eau et ainsi procéder à la généralisation.

Dans cette logique, la base de données hydrologique sera indépendante des programmes / modèles existants utilisés dans le stockage, la gestion et l'analyse des données hydrologiques et de la qualité de l'eau.

A cet effet, un site désigne un point de mesure localisé dans l'espace et sur lequel sont mesurés un ou plusieurs paramètres physiques. Les résultats de ces mesures sont des chroniques, enregistrées à pas de temps fixe ou variable, qui peuvent être continues ou discontinues.

Un site peut correspondre à une mesure directe sur le terrain ou à une station de mesure (station hydrologique, par exemple). Ainsi, la notion de site permet de gérer plus finement à la fois la présence éventuelle de plusieurs producteurs de données, mais aussi l'acquisition de données dans des objectifs légèrement différents (par exemple suivi général de très long terme et mise en place de mesures plus intensives sur une zone plus restreinte pendant plusieurs années).

Mise en œuvre du MCD et MLD sous PowerAMC

Pour mettre en œuvre les modèles conceptuel et logique de données, on a utilisé le logiciel de conception PowerAMC 15.1 [8, 9]. Power AMC propose différentes techniques de modélisation, chacune accessible aux informaticiens de tout niveau, parmi elles : Merise, UML, Data Warehouse, et processus métiers. Ce modèle conceptuel est destiné à être physiquement représenté par le SGBDR-MS Access.

Pour cette étude, le modèle conceptuel de données se focalise sur les données hydrologiques. Le MCD se compose, au total, de 37 tables. Chacune inclue un champ qui identifie de manière unique chaque enregistrement (clés primaires). Ces dernières permettent d'établir les relations entre toutes les tables. L'ensemble des tables et des relations sont regroupées dans un modèle conceptuel (Fig. 1). Le tableau ci-dessous regroupe les noms des tables et leurs caractéristiques.

Tables principales	Sous-Tables	Tables Lexiques
- Table Site	- Cours d'eau	- Axe_Orientation
- Cours-point_eau	- Couverture_topographique	- Catégorie_occupation_sol
- Bassin_Versant	- Humidité Sol	- Code_point_eau
- Qualité_eau	- Hydrogéologie	- Code_validité
- Piézométrie	- Hydrologie	- Direction_cours d'eau
- Climat	- MNT	- Echelle
- Sources données	- Occupation_sol	- Format source de données
	- Point d'eau	- Morphologie
	- Station_climatique	- Nature_roche_écoulement
		- Orientation_BV
		- Origine_débit
		- Perméabilité_terrain
		- Qualité biologiques
		- Qualité physico-chimiques
		- Qualité polluants spécifiques
		- Régime _écoulement
		- Sol dominant
		- Source de délimitation
		- Type de ruissellement
		- Type des références utilisées
		- Type_cours_eau
		- Type_écoulement
		- Type_point_eau
		- Type_site

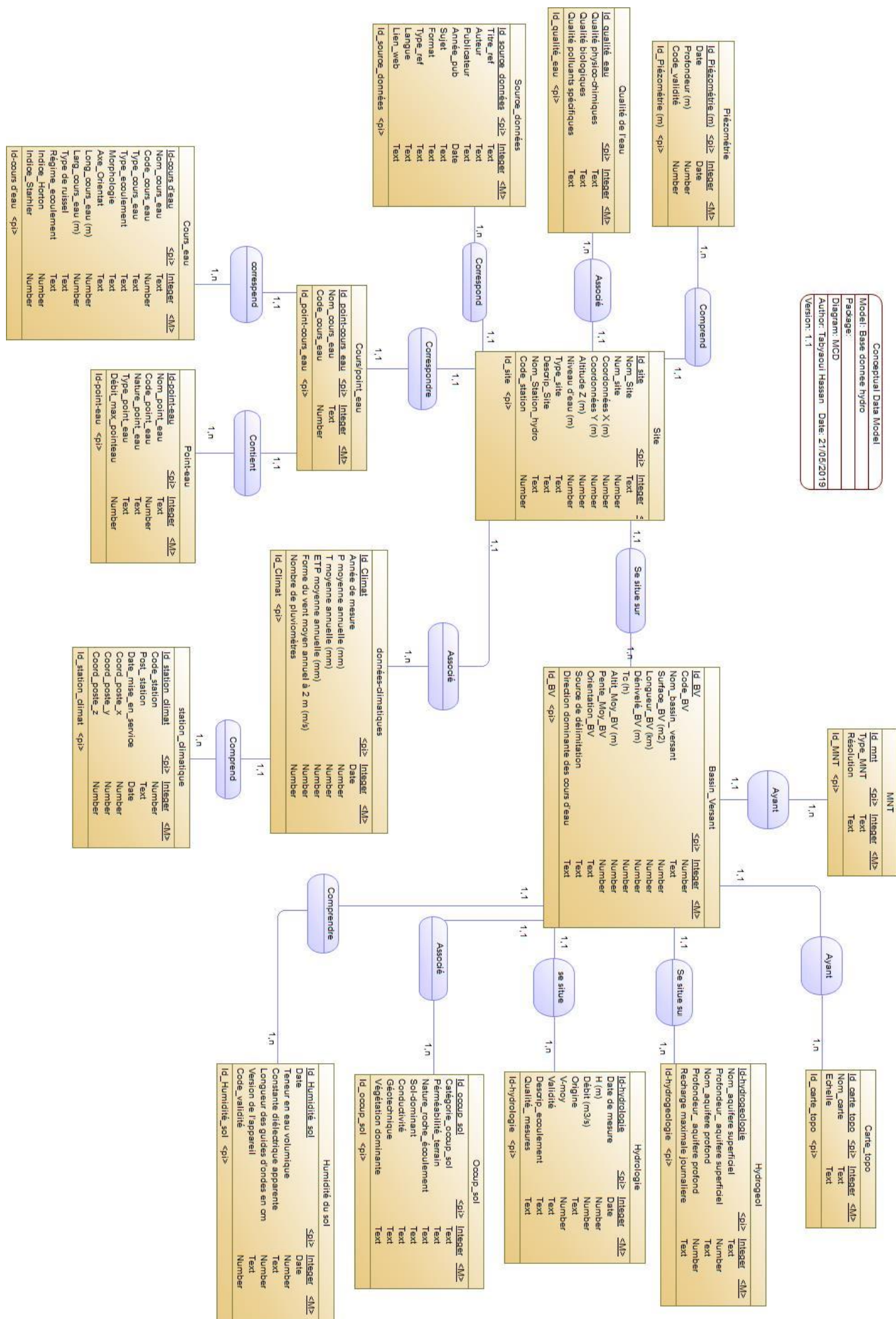


Figure 1 : La figure montre le Modèle Conceptuel de données Hydrologie.

Modèle physique de données

Pour implémenter la base de données hydrologie, on a choisi Microsoft Access. Les tables de référence ou tables lexique, rassemblent une série de données qui ont été pré-saisies et qui correspondent à des menus déroulants dans des formulaires. Les tables de stockage de données sont destinées, quant à elles, à évoluer, et le nombre d'enregistrements qu'elles contiennent va augmenter tout au long de la phase de saisie.

Les formulaires constituent quant à eux une interface entre l'utilisateur et les tables. Ceux-ci facilitent la saisie et permettent l'entrer des données dans différentes tables sans changer de formulaire. Au total, 15 formulaires ont été créés sur l'ensemble de la base de données.

Le formulaire général apparaît automatiquement lors de l'ouverture de la base de données BD-Hydrologie (Fig. 2). Ce formulaire de saisie comprend tous les champs de données pour identifier le site de mesure. La notion de site est prise au sens large dans la mesure où, il peut correspondre à un point d'eau ou un point dans un cours d'eau. Ainsi, les autres informations sont rangées dans deux autres onglets : Point d'eau ou Cours d'eau.

Une fois la barre "Point d'eau" ou "Cours d'eau" sélectionnée, d'autres fenêtres apparaissent nous donnant le choix de saisie des données sur le point ou cours d'eau, et ainsi des détails sur les coordonnées, le type, sa nature et son débit, la Piézométrie, la qualité des eaux et sur sa position dans un bassin versant.

Le formulaire Bassin Versant donne accès pour la saisie de données des paramètres physiques que sont : le nom du bassin versant, la dénivelée, la surface, le temps de concentration "Tc", l'orientation et direction dominante des cours d'eau, etc. (Fig. 3).

L'utilisateur est invité à renseigner d'autres champs rangés dans 5 onglets que sont :

- Hydrologie : la hauteur d'eau, le débit, la vitesse moyenne ainsi que l'origine et validité des mesures ;
- Hydrogéologie : les informations sur les aquifères : nom et profondeur
- Humidité du sol par date de mesure ;
- Source raster des données cartographiques avec le nom, l'échelle et la résolution spatiale ;

Occupation du sol : perméabilité, conductivité, nature du roche d'écoulement, sol dominant, Géotechnique, végétation dominante, etc.

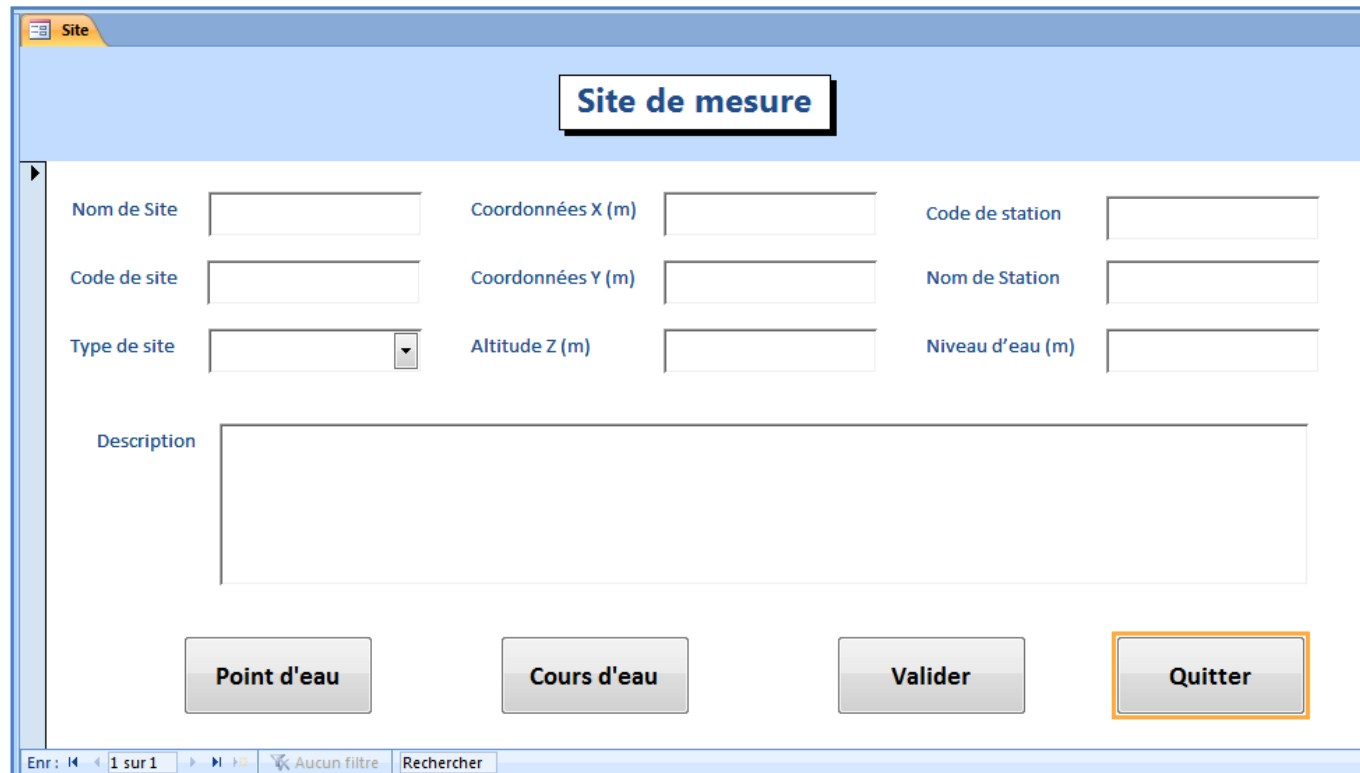


Figure 2 : La figure montre le formulaire d'affichage « Site de mesure ».

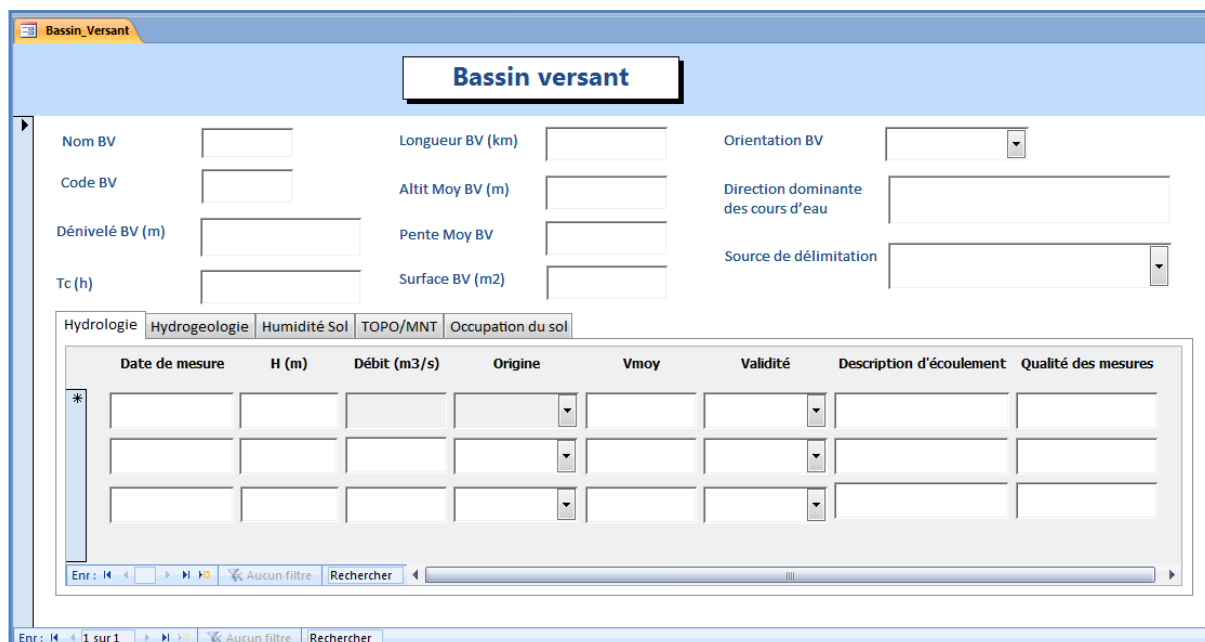


Figure 3 : La figure montre le formulaire d'affichage « Bassin versant ».

2. CONCLUSION

La conception de la base de données hydrologie ainsi créée, comprend des enregistrements sur un site (point ou cours d'eau). Elle est organisée sous forme des tables d'enregistrement et de tables lexiques regroupés. La structure des fichiers respecte les normes d'harmonisation des données et sémantiques. Chaque emplacement de point peut être associé à plusieurs enregistrements et types de données. Power AMC a été choisit pour réaliser ce modèle. Cet outil permet de vérifier automatiquement la cohérence des tables et des relations et maintenir le dictionnaire de données.

La structure de la base de données, créée et validée sur Ms-Access, permet d'incorporer d'autres champs et d'importer des données existantes. La base de données résultante est donc évolutive. Cette même structure facilité l'analyse des données en permettant l'exécution rapide et précise de nombreuses tâches de routine, telles que la comparaison des données entre bassins versants ou périodes. L'accès aux données et l'interrogation, ainsi que l'affichage et l'analyse, peuvent être réalisés via des applications SIG. Cela permettra d'interroger et d'afficher les données sous format tabulaire et spatiale.

Ce projet élaboré par des informaticiens, des thématiciens hydrologues et hydrogéologues et par des géomaticiens prend en compte des demandes et besoins des gestionnaires des ressources en eaux au Maroc. L'application est facile à héberger et permet d'identifier plusieurs producteurs de données. Elle est mise à disposition gratuite dans un objectif de co-développement. Elle dotera les décideurs d'un système efficace et rationnel d'aide à la décision en géoscience avec un gain substantiel en temps et en matériel.

4. REFERENCES

1. Belamari F. Gestion de l'eau au Maroc dans un système complexe et incertain. Expo zaragoza 2008.
2. Branger F., Thollet F., Crochemore M., Poisbeau M., Raidelet N., et al. Le projet Base de Données pour les Observatoires en Hydrologie : un outil pour la bancarisation, la gestion et la mise à disposition des données issues des observatoires hydrologiques de long terme à Irstea. La Houille Blanche. *Revue internationale de l'eau, EDP Science*. 2014, 1, 33-38.
3. Chow, Ven Te, David R. Maidment, and Larry W. Mays. *Applied Hydrology*. McGraw-Hill 1988.
4. Singh, Vijay P.. *Elementary Hydrology*. Prentice-Hall, 1992.
5. Availabale on: <https://hydrologie.org/DON/don.htm>
6. Lahsaini M. Structuration d'une base de données spatiale sur les risques d'inondation. Approche vers une Standardisation à l'échelle du Maroc. Thèse Doctorat. Uni. Sidi Mohamed Ben Abdellah, FST-Fès. 2017, 224 p.
7. Lahsaini M., Tabyaoui H., El Hammichi F. and Tahiri M. Standardized Database for Flood Risk Management in Morocco. *American Journal of Computer Science and Engineering*. 2018; 5(6): 160-166. <http://www.openscienceonline.com/journal/ajcse>.
8. Guej G. *AMC Designor : Mise en oeuvre de merise*. Editions Eyrolles, 1996.
9. Sybase SAP Sybase Tools: License Update, 2015.



Cite this article: Lahrach Hamid, Lahsaini Meriam, Tabyaoui Hassan et EL Hammichi Fatima. Structuration des bases de données hydrologiques en vue d'une normalisation de long terme au Maroc. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2019; 9(1): 4-9.

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>