APPORTS DE RECUEIL DES DONNEES DANS LES ETUDES DE DANGERS DES BARRAGES EN REMBLAI

Contributions of data collection in embankment dams' hazard studies

Rachid FELLAG, Feda SEBLANY, Fabrice IOEHR, Marie TOURASSE
Compagnie Nationale du Rhône, 2 rue André Bonin - 69004 LYON
r.fellag@cnr.tm.fr ; f.seblany@cnr.tm.fr ; f.ioehr@cnr.tm.fr ; m.tourasse@cnr.tm.fr

MOTS CLEFS

Base de données ; Caractéristiques géométriques ; Données géotechniques ; Etude de dangers.

KEY WORDS

Database; Geometric characteristics; Geotechnical data; Hazard studies.

RÉSUMÉ

Les barrages latéraux en remblai de la CNR représentent un linéaire d'environ 400 km le long du Rhône aménagé. Dans le cadre de la maîtrise de la sûreté des ouvrages hydrauliques, la compilation des informations existantes et leur harmonisation en deux grandes bases de données ont été nécessaires pour permettre une gestion robuste et efficace. C'est ainsi qu'une base relative à la caractérisation géométrique des ouvrages et une autre relative aux caractéristiques géotechniques des sols des ouvrages et de leurs fondations ont été développées. La base de données de caractérisation de ces ouvrages a été constituée afin d'archiver les données existantes et les actualiser régulièrement. Celle-ci regroupe les données de référence descriptives des tronçons homogènes de digues. Plus de 440 tronçons homogènes de digues de longueurs différentes sont renseignés dans cette base de données. Grâce aux fonctionnalités SIG, une visualisation ou extraction des données géospatiales sous forme de cartes est rendue possible. Parallèlement et en tant que concessionnaire du Rhône depuis 1933, la CNR a accumulé un grand nombre de données géotechniques issues des différentes reconnaissances géotechniques, géologiques et géophysiques des sols à l'échelle de la vallée du Rhône. Ces reconnaissances ont été réalisées lors de la construction des différents aménagements ainsi qu'à l'occasion des travaux divers effectués le long de la concession. Une base de données sondages ainsi qu'un SharePoint ont été créés pour faciliter l'exploitation de ces données. L'investissement consacré à l'établissement des bases de données fiables et mises à jour permettra à l'exploitant d'améliorer la connaissance de ses ouvrages et la maitrise des modalités de surveillance et des opérations de maintenance. Par ailleurs, ce recueil des données et la vérification des informations collectées est un prérequis indispensable pour les études de stabilités et par conséquent aux analyses de risques menées dans le cadre des Etudes De Dangers (EDD). L'exhaustivité et la qualité des données récoltées conditionnent la pertinence de l'évaluation de risques et de sûreté. Dans le cadre de l'établissement des EDD, les données géométriques et géotechniques recueillies ont pu être actualisées et complétées par des données hydrauliques et celles sur les ouvrages traversants, certaines observations visuelles et données d'auscultation, ainsi que par des données sur les incidents recensés dans une autre base liée à l'incidentologie sur les barrages classés de la CNR. Ces données peuvent également être utilisées pour des projets de réhabilitation d'ouvrages existants ou de conception de nouveaux ouvrages.

ABSTRACT

CNR operates about 400 kilometers of embankments along the Rhône River. To ensure hydraulic safety required by French regulations and to establish appropriate management practices for dam operations, CNR has developed two databases compiling available geometric and geotechnical data that characterize earthen structures and their soils. The first database has been developed to archive and regularly update the information available on the typology and geometric characteristics for 440 homogeneous sections of dikes as well as the associated plans. Thanks to GIS functionalities, it is possible to extract maps based on geospatial data. As concession-holder and developer of the Rhône River since 1933, the CNR has accumulated a large amount of geotechnical data from various geotechnical, geological, and geophysical investigations of the soils of the Rhône Valley. These investigations were carried out during the construction of the hydraulic facilities as well as during various works conducted in operation. A soil survey database and a SharePoint have been created to facilitate the exploitation of these data. Establishing reliable and up-to-date databases permits to promotes the knowledge of the operated hydraulic structures and to better understanding their behavior, which helps to ensure safety management requirements. The collection of relevant information and data is a crucial step for stability studies and therefore for the risk analysis carried out as part of hazard studies. The accuracy of risk assessments relies on the availability and the quality of the collected data. In this context and within the framework of hazard studies, the available geometric and geotechnical data have been updated and completed by hydraulic data and data on crossing pipes, visual observations, and auscultation data, as well as incidents recorded along the CNR dikes and reported in another database. These data can also be used for rehabilitation projects of existing structures or for the design of new facilities.

1. INTRODUCTION

Créée en 1933, la Compagnie Nationale du Rhône (CNR) détient la concession du Rhône et développe des activités sur le fleuve selon trois missions principales : la génération d'hydroélectricité, la navigation sur le fleuve, et l'irrigation des terres agricoles ; et cela grâce à plusieurs aménagements hydroélectriques fonctionnant au fil de l'eau et situés entre Génissiat et la Méditerranée.

À ce titre, CNR a la charge d'exploiter des barrages de classe A, B ou C (barrages en béton ou ouvrages en terre à grand linéaire) dans les meilleures conditions de sûreté. Les endiguements / digues de la CNR (termes qui correspondent aux barrages latéraux au sens du décret de mai 2015 [1]), représentent environ 400 km de linéaire le long du Rhône et de ses affluents endigués. Ces ouvrages en remblai ont été construits entre les années 1950 et la fin des années 1980.

La CNR, en tant que concessionnaire, dispose d'une quantité considérable des données transcrites dans les documents d'archives ou d'études antérieures. Une grande partie de ces données date de la période de construction des ouvrages et des premières années d'exploitation, mais d'autres données ont été collectées tout au long de la vie des ouvrages.

Les données disponibles portent principalement sur la conception des digues (plans d'origine, présence des ouvrages traversant...), la nature des sols constituant les ouvrages et leur fondation (sondages, essais et résultats des reconnaissances géophysiques et géotechniques), l'historique comportemental depuis la mise en eau et les incidents recensés sur les endiguements, les retours d'expérience de crues passées...

La synthèse de ces données permet à l'exploitant une gestion optimale de ses ouvrages en améliorant la connaissance de leurs caractéristiques et la bonne compréhension de leur comportement. Ces éléments servent également d'appui pour l'aide à la décision en matière d'étude, d'analyse et d'entretien en réponse aux obligations réglementaires et aux sollicitations internes ou externes.

Dans le cadre de la réglementation et plus particulièrement de l'article R. 214-117 du code de l'environnement [2], il est prévu d'actualiser les études de dangers tous les quinze ans pour les barrages qui relèvent de la classe B (cette classe concerne quasiment l'ensemble du parc des barrages latéraux CNR). Ce document réglementaire vise à démontrer la maîtrise des risques par l'exploitant. Dans ce contexte, l'acquisition des données d'entrée assez fournies et fiables permettrait d'appréhender avec suffisamment de précision l'ensemble des facteurs de risques, d'affiner les probabilités d'occurrence des scénarios potentiels de rupture et d'éviter des conservatismes.

Par ailleurs, l'arrêté dit « Arrêté Technique Barrage » ou ATB [3], apporte de nouvelles exigences techniques notamment la justification de la tenue des ouvrages existants sous sollicitations sismiques, des sollicitations qui n'ont pas toujours été explicitement prises en compte dans la conception et le dimensionnement de ces ouvrages. Des recherches dans les documents des archives ont été donc nécessaires en vue de vérifier la conception initiale de ces ouvrages vis-à-vis des sollicitations sismiques d'une part, et pour mieux fiabiliser la connaissance des caractéristiques de ces ouvrages d'autre part.

Face à ces enjeux, la CNR s'est engagée dans une démarche continue de capitalisation et d'actualisation des données disponibles sur ces ouvrages en remblai. C'est dans ce contexte que les informations existantes ont été compilées et harmonisées en deux grandes bases de données, l'une portant sur les aspects géométriques et hydrauliques des ouvrages et l'autre sur les aspects géo géologiques, géotechniques et géophysiques.

Cet article présente brièvement ces deux bases de données en soulignant l'intérêt de ce recueil de données dans le cadre de l'élaboration des EDD ainsi que les perspectives d'évolution attendues. D'autres bases de données relatives aux ouvrages béton (barrage et usine notamment), aux ouvrages annexes (ouvrages traversant, pont, …) et à l'incidentologie, l'auscultation et la surveillance visuelle des barrages sont également créées et gérées par CNR. Ces bases, qui alimentent également les études de stabilité, existent en amont du lancement de l'actualisation des EDD. Elles ne sont pas décrites dans le présent article.

2. BASE DE DONNEES GEOMETRIQUES ET HYDRAULIQUES

L'objectif de cette base créée en 2019, est de stocker les données caractéristiques décrivant les endiguements de manière à pouvoir être gérées, accessibles et mises à jour facilement.

2.1. Recueil des données

En fonction de leur constitution, les endiguements CNR peuvent être divisés principalement en deux grands types : digues en graviers et digues mixtes limons/graviers. Le premier type représente plus de 30 % du linéaire d'endiguement et le second environ 60 % du linéaire. Un troisième type est associé aux digues particulières (déversoirs, ouvrage en béton intégré aux endiguements, digue sur tourbe…).

Le linéaire d'endiguement CNR le long de la vallée du Rhône est décomposé en tronçons de longueurs très variables, dit « tronçons homogènes ». Les tronçons homogènes sont définis, en fonction notamment de la nature des digues rencontrées et de leurs caractéristiques géométriques. Un découpage des tronçons homogènes en secteurs unitaires de longueur 250 m au plus a également été envisagé dans le cadre de l'étude de criticité à l'érosion interne (EDD v2). Ce maillage plus fin a été retenu pour tenir compte des spécificités locales : présence des ouvrages traversants, des anomalies ou de défauts d'entretien de la végétation ; variation du chargement hydraulique et des caractéristiques du sol à l'échelle locale...

Pour chaque tronçon homogène, un profil type peut être associé (cf. en Figure 1, un profil type d'une digue mixte). A partir de ce profil, il est possible de déterminer la constitution de l'ouvrage et les dispositions constructives mises en place (type de l'ouvrage, nature de sol de fondation, présence d'une risberme…) et de déduire les différentes valeurs géométriques caractérisant le tronçon (largeur en crête et en risberme, pentes des talus côté fleuve et côté plaine…).

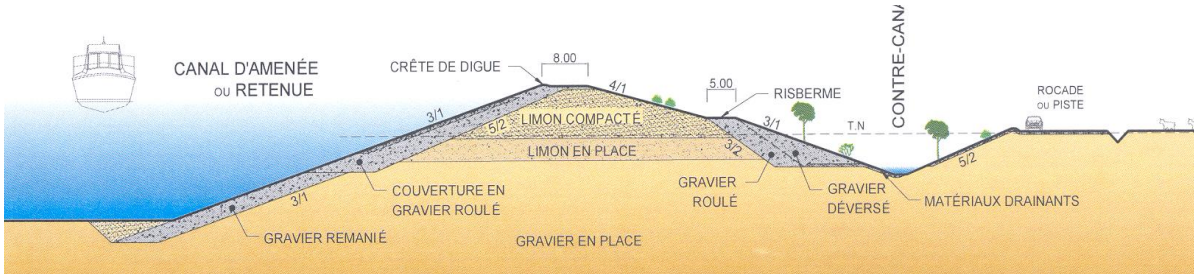


Figure 1 : Profil type d'une digue mixte

La conception et la définition des dispositions générales des endiguements sont généralement fournies dans les dossiers d'exécution (DOE) d'origine des ouvrages ou ceux des projets réalisés ultérieurement dans le cadre des

travaux de réparation. L'examen de ces dossiers (plans de récolement ou de conception, documents, études...) a permis de centraliser et d'archiver d'une manière organisée, quelques centaines de fichiers par aménagement (des plans surtout) dans un SharePoint dédié aux **« Plans des Tronçons Homogènes »**. Cet espace regroupe principalement trois catégories de plans : des vues en plan, des profils en long et des profils en travers.

Les plans des tronçons homogènes sont complétés par l'ensemble des éléments de connaissance associés aux ouvrages traversants à enjeux sûreté, c'est-à-dire ceux pouvant générer un scénario de rupture de l'endiguement (plans permettant de déterminer la position de l'ouvrage dans la digue, l'altitude de son exutoire, sa longueur, la nature du sol d'assise…).

La connaissance des sollicitations externes qui s'appliquent sur les digues intervient également dans l'évaluation de leur comportement et leur performance. Les endiguements sont en effet soumis à différentes sollicitations hydrauliques (situation normale, crues). Les niveaux et les vitesses des courants du Rhône au droit des profils de digue sont obtenus à partir d'études hydrauliques actualisées régulièrement. Les niveaux d'eau mesurés dans le contre-canal sont quant à eux stockés dans la base de données d'auscultation de la CNR.

2.2. Synthèse de données / constitution de la base de données

Le choix a été fait de créer un premier outil simple de gestion des données avant d'envisager un outil plus sophistiqué avec des fonctionnalités avancées. Une base a ainsi été créée sous ACCESS. L'outil est constitué d'une série de tables thématiques permettant de stocker les données par type d'information (Identification, Géométrie, Données hydrauliques, etc.) et de deux couches géographiques géoréférencées (Tronçons Homogènes et Secteurs Unitaires).

Un formulaire de démarrage permet, après authentification, d'accéder aux différentes tables de données afin de consulter, saisir ou modifier, les champs sous-jacents. Les lignes de ces tables sont consacrées aux tronçons homogènes. Chaque tronçon est caractérisé par un identifiant unique et une longueur donnée et est repéré le long du fleuve par ses points kilométriques amont et aval. Les champs ou colonnes sont en fait « les attributs » qui constituent les éléments caractéristiques de chaque table de données. La saisie de ces informations s'appuie principalement sur les données brutes collectées dans le SharePoint **« Plans des Tronçons Homogènes »** et les données hydrauliques issues de l'actualisation du modèle numérique du Rhône ou de la base d'auscultation. Le schéma en Figure 2 offre une vue synthétique sur le contenu de la base qui regroupe aujourd'hui environ 450 tronçons homogènes (et environ 2000 secteurs unitaires).

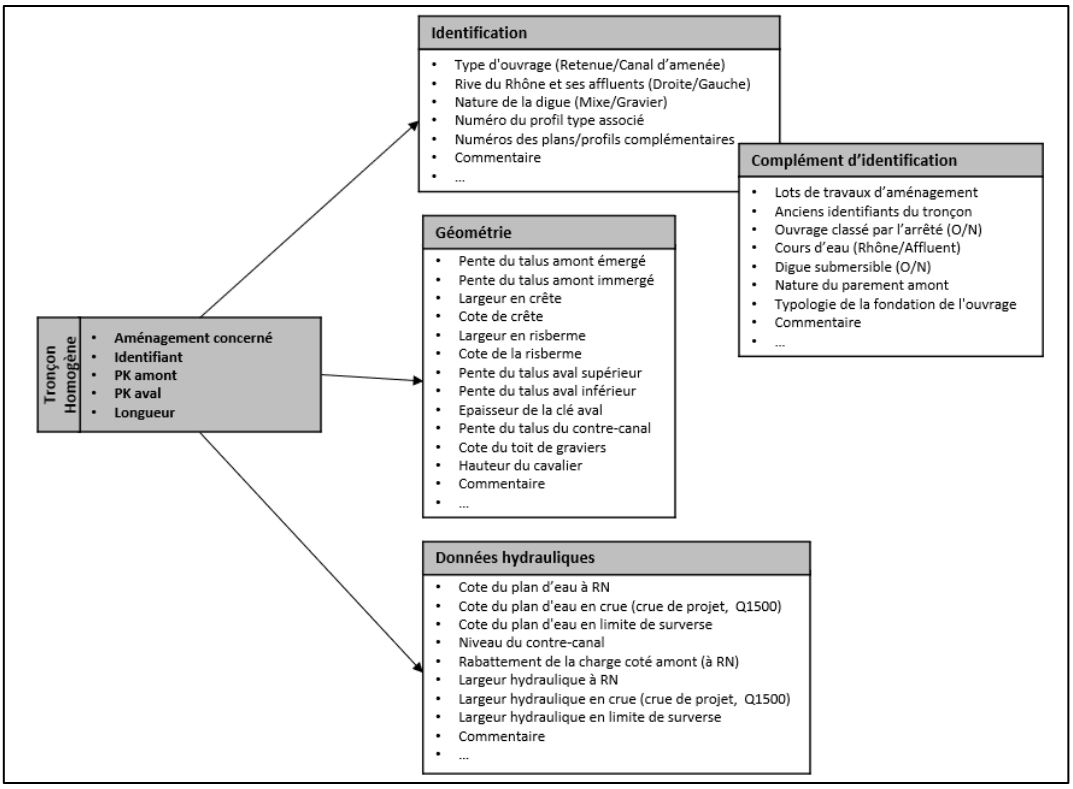


Figure 2 : Schéma simplifié de la base de données géométriques/hydrauliques développée sous ACCESS

A partir de cette base et en utilisant des logiciels de type SIG, il est possible d'exporter les données sous forme d'un tableau Excel mais aussi sous forme de couche SIG localisant les tronçons homogènes symbolisés et étiquetés sur une vue cartographique (Figure 3). Cela permet d'extraire, pour chaque aménagement, une planche cartographique des tronçons homogènes de digues (Figure 3). La couche de tronçons homogènes est aussi consultable sur « CNR MAPS », le portail cartographique de CNR (Figure 4).

Pour garantir l'exhaustivité et la fiabilité des données, cette base de données est continuellement enrichie. Une mise à jour des données peut être effectuée sur la base des nouveaux plans conformes à exécution retrouvés dans les archives ; ou en cas de réalisation de travaux modifiant la géométrie initiale de l'ouvrage ou d'actualisation des données hydrauliques.

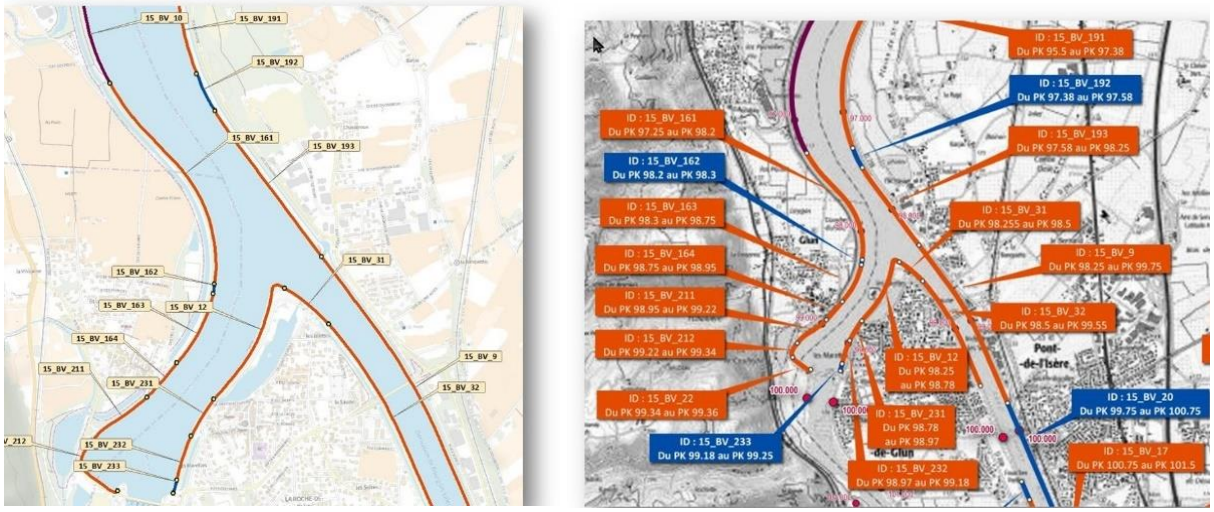


Figure 3 : Affichage des tronçons homogènes dans ArcGIS et extraction des cartographies étiquetées

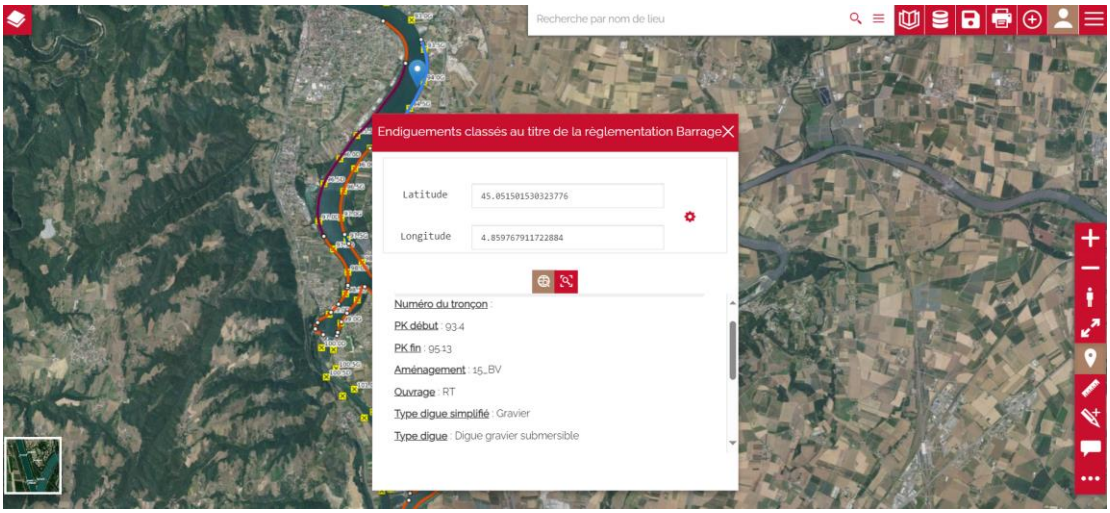


Figure 4 : Affichage de la couche de tronçons homogènes sur CNR MAPS

3. BASE DE DONNEES GEOTECHNIQUES ET GEOLOGIQUES

3.1. Recueil des données

Un important travail de structuration et de capitalisation de données géotechniques, géologiques et géophysiques existantes a été mené à l'occasion de l'actualisation des Etudes De Dangers (EDD v2). Ce travail a nécessité l'analyse de plusieurs centaines de documents d'archives (numériques et papiers). Cette mission a représenté pour CNR l'équivalent d'un an de travail (8 mois en ETP), pour un total de 500 boites d'archives et 2000 dossiers consultés et numérisés. Ce travail a également contribué à l'identification et à la transcription de plus de 360 archives géotechniques et leur indexation au sein d'un Système d'Archivage Electronique interne à CNR.

A partir d'une enquête documentaire et des recherches menées dans les archives CNR, différentes données ont ainsi été récoltées :

- Essais de caractérisation de sols à la construction ;
- Sondages réalisés pour diagnostic au cours de la vie des ouvrages (notamment au droit des incidents ou des projets spécifiques) ;
- Sondages à proximité des ouvrages CNR.

Ce travail de recherche et de capitalisation est toujours en cours et continue d'être alimenté au fur et à mesure de la rédaction des EDD des différents aménagements. Ces données sont enrichies à partir de La Banque du Sous-Sol (BSS) du BRGM, en phase analyse de stabilité à l'érosion interne notamment, quand cela s'avère nécessaire.

3.2. Synthèse de données / constitution des bases de données

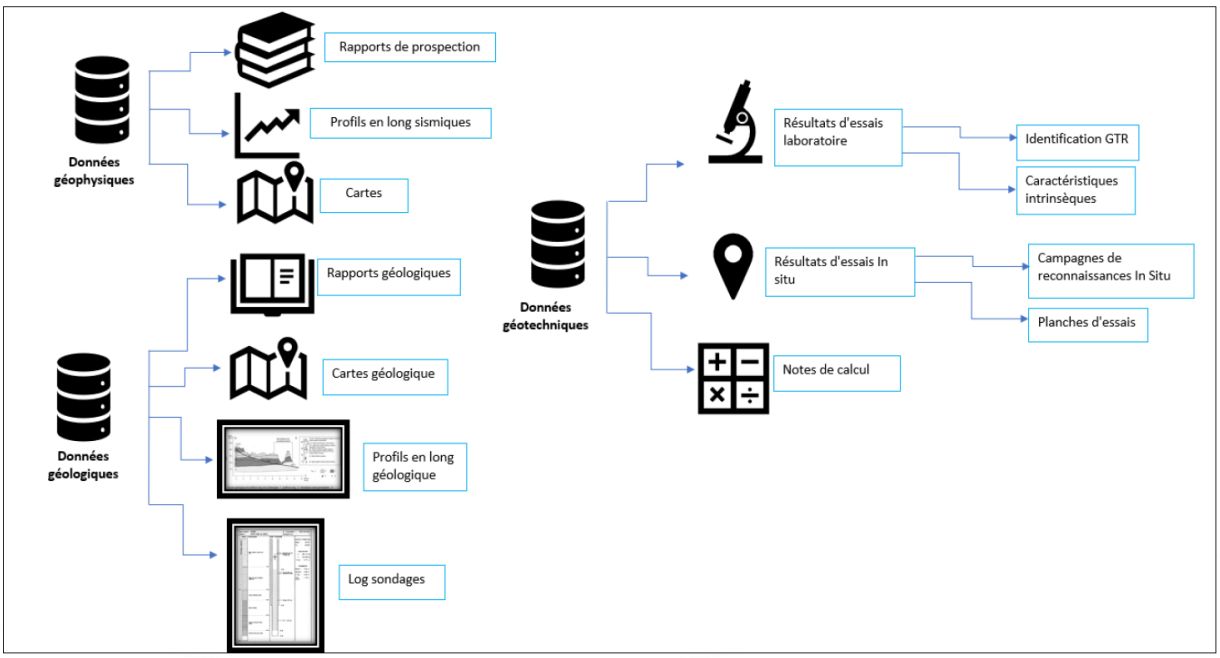
3.2.1. Base des données géotechniques : Dossier géotechnique ouvrage « DGO »
Il s'agit d'un espace de type SharePoint « **Dossier Géotechnique Ouvrage ou DGO** » destiné à stocker des documents liés aux connaissances géotechniques (caractéristiques mécaniques des sols), géologiques (couches sols) et géophysiques (investigations sismiques et électriques) sur le linéaire du Rhône aménagé par CNR. Les types de documents existants dans cette base sont :

- Plans d'implantation des différentes campagnes de reconnaissances (géologique, géotechnique et géophysique) ;
- Rapports et études de reconnaissances ;
- Cartes géologiques ou sismiques ;
- Notes de calcul (comprenant des données géotechniques) ;
- Coupes de sondages ;
- Courbes granulométriques ;
- Comptes rendus d'essais au laboratoire ou in-situ.

La base de données « DGO » est structurée par niveau (famille), du plus global au document spécifique, comme suit :

- Aménagement : il s'agit de l'unité géographique de rattachement des données. Il s'agit des 18 aménagements hydroélectriques implantés sur la vallée du Rhône depuis Génissiat jusqu'à Vallabrègues ;
- Ouvrage : Il s'agit des ouvrages qui constituent les différents aménagements : barrage de retenue, Bloc-Usine-Déchargeur-Ecluse (ou BUDE), les endiguements de la retenue et du canal d'amenée, le canal de fuite (généralement non classé), les Petites Centrales Hydroélectriques (PCH) et les Passes à Poissons (PAP) ;
- Famille de document : ou type de données. Classées en trois catégories qui reflètent les trois types de campagnes de reconnaissances classiquement menées sur le Rhône : géophysiques, géologiques et géotechniques. Ces reconnaissances ont été menées en amont et au cours des études de conception de ces ouvrages, soit sur un seul aménagement ou sur une zone géographique de plusieurs aménagements ;
- Type de document : rapports et études, comptes rendus d'essais (in-situ ou laboratoire), carte de localisation ou coupe de sondages, plans et notes de calculs ;
- Document : il s'agit des documents consultés et archivés, généralement des documents texte ou des images.

De par sa structuration claire et simple, cette base de données permet aux utilisateurs de mener soit une recherche ciblée sur des documents spécifiques ou par famille de documents. Deux modes de recherche sont possibles : avec des filtres ou en mode « full texte ».



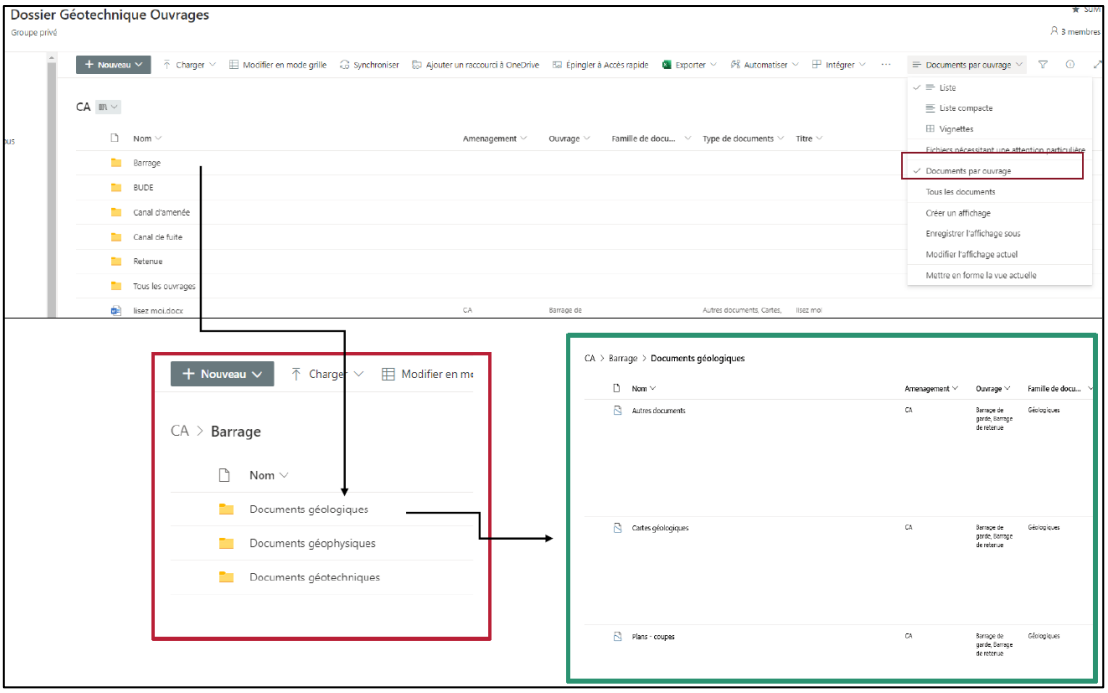


Figure 5 : Exemple de structuration des données dans la base DGO

3.2.2. Base de données sondage : CNR Prélèvements et sondages

Il s'agit d'un fichier Excel où sont collectées toutes les données géotechniques de sols issus des sondages réalisés le long de la vallée du Rhône par la CNR ou par des entreprises extérieures, soit à la conception des aménagements ou lors des différentes campagnes de reconnaissances réalisées postérieurement. Un WebSIG permet l'affichage et la consultation cartographique des points d'implantation de ces sondages à partir de l'onglet « Cartographie » sur la Figure 6 ci-dessous, et la consultation des résultats des essais menés sur chaque sondage, à partir de l'onglet « Table de prélèvements ».

Cette base de données qui centralise les informations concernant les sondages et essais réalisés par/pour CNR, regroupe actuellement plus de 60 000 enregistrements (distingués par profondeur d'investigation, classe de sol, type d'essais réalisés) et 106 attributs (localisation, date de réalisation résultats d'essais in-situ ou au laboratoire…).

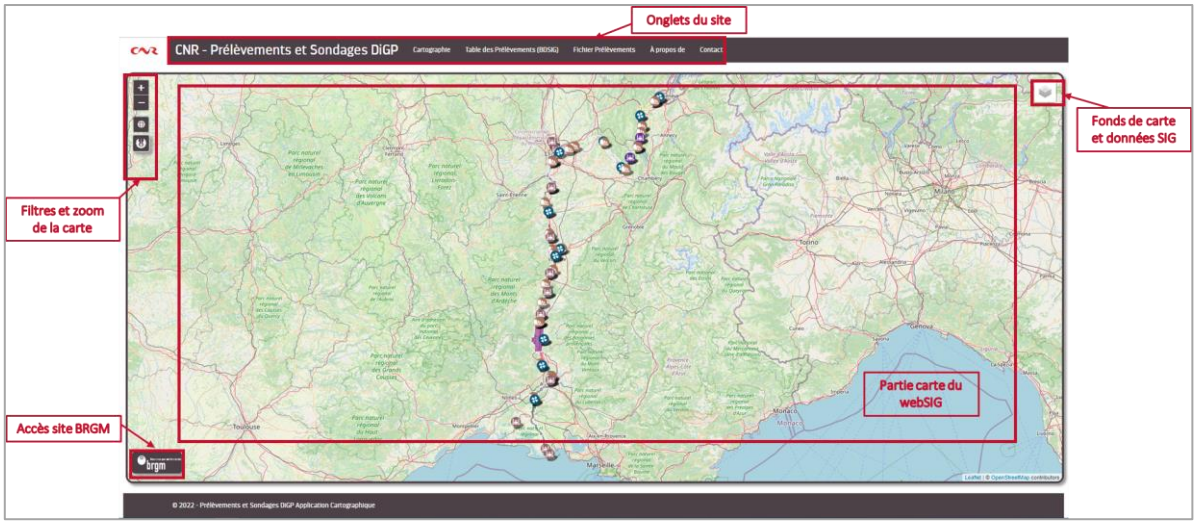


Figure 6 : Illustration de l'outil WebSIG / Fonctionnalités de la page d'accueil

Les données présentes sur l'outil proviennent des résultats de sondages produits pour CNR ainsi que de la banque de données du BRGM. Les informations incluses dans l'outil portent sur :

- La localisation du prélèvement (aménagement, Direction Territoriale, cours d'eau, PK, rive) ;
- Le prélèvement (type de forage, nom du sondage, nom du prélèvement) ;
- La source des données (entreprise exécutante de l'essai/du prélèvement, documents de références, références des archives, …) ;
- Le géoréférencement du prélèvement (X,Y, Lambert 93, Z IGN69, repère de référence, X, Y, Z autres) ;
- Le log dans lequel s'inscrit le prélèvement (cote haute, cote basse, formation, nature géologique) ;
- Le prélèvement soumis aux essais de laboratoire (profondeur de prélèvement, commentaires) ;
- Les résultats sur les essais effectués sur le prélèvement (granulométrie, essais au phicomètre, essais pressiométriques, essais pénétrométriques, essais GTR).

Cette base intègre tous les sondages recensés mais ne permet pas de mener des études statistiques, des post-traitements ou autres types d'analyses, qui sont du ressort de l'ingénieur spécialiste.

La base fournit un WebSIG pour consultation cartographique des sondages et essais, ce qui permet à l'ingénieur de recenser les données sur des périmètres ciblés et de les extraire au besoin. Des données non-géoréférencées sont également présentes sur l'outil bien que non cartographiées.

L'onglet « Cartographie » du WebSIG offre deux possibilités pour l'affichage des données géoréférencées :

- L'affichage par zone prédéfinie : qui permet d'afficher l'ensemble des sondages liés à un aménagement présélectionné ou plusieurs aménagements situés sur un périmètre géographique et organisationnel (cas des ex-directions territoriales de CNR) ;
- L'affichage par zone géographique sur carte : qui permet d'afficher l'ensemble des sondages inclus dans la zone sélectionnée.

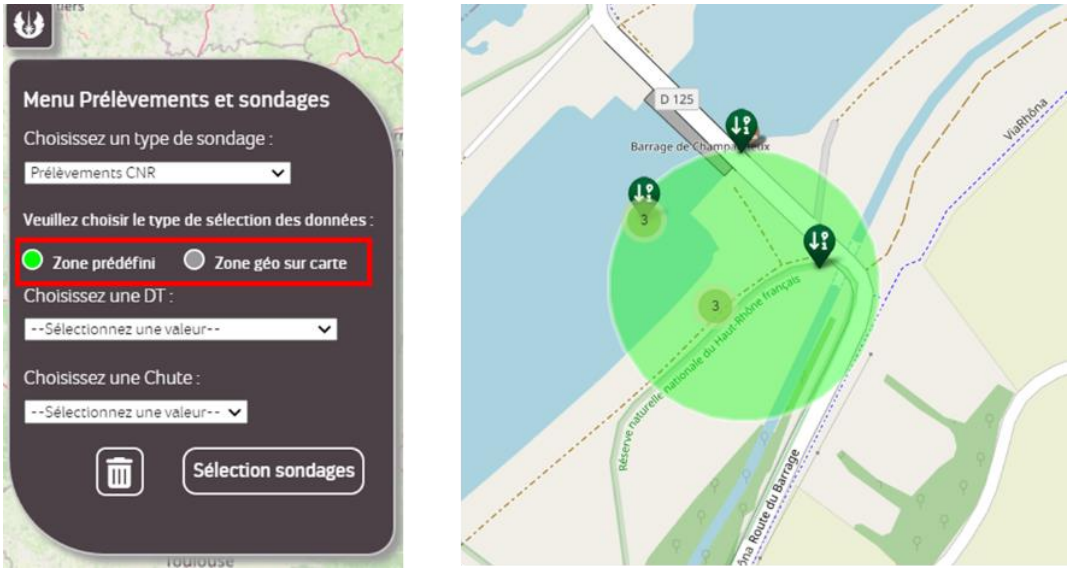


Figure 7 : Types de recherche et affichage cartographique des sondages sur un périmètre ciblé

L'onglet « Table de prélèvements », permet la visualisation de la table de données pour chaque objet, matérialisé par une ligne de la base de données. Comme pour l'onglet « Cartographie », cet onglet permet l'affichage et le téléchargement de l'ensemble des sondages liés à un aménagement présélectionné ou à plusieurs aménagements situés sur un périmètre géographique et organisationnel.

OBJECTID	NOMCHAMPS	FAMILLE	DESCRIPTION	DATATYPE	EDITEUR	LONGUEURCHAMP
2	IDGEO	Identification	Identifiant unique d'objet	uid	CNR	254
3	VALINTEGRATION	Integration	Valeur d'intégration - concatenation de Date_inte et Nom_inte	Texte	CNR	254
4	DATE_INTE	Integration	Date d'intégration	Texte	CNR	16
5	NOM_INTE	Integration	Trigramme de l'ingénieur geotechnicien en charge des reconnaissances (pilotage, suivi, etc.)	Texte	CNR	4
6	GRDT	Identification	Champ filtre Direction Territoriale	Texte	CNR	4
7	GRCHUT	Identification	Champ filtre chute	Texte	CNR	2
8	AMENAGEMENT	Identification	Aménagement dont dépend le sondage	Texte	CNR	32
9	COURS_DEAU	Localisation	Précision sur le cours d'eau de référence pour la localisation par PK notamment (Rhône, affluents, autres)	Texte	Entreprise	254
10	OUVRAGE	Localisation	Précision sur le type d'ouvrage dont dépend le sondage	Texte	Entreprise	254
11	RIVE	Localisation	Rive gauche ou droite par rapport au cours d'eau - Autres si essais hors digues	Texte	Entreprise	8
12	PK	Localisation	Point kilométrique Rhône : le zéro est é la confluence du Rhône et de la Saône - Autres : PK par rapport au zéro du cours d'eau	Texte	Entreprise	32
13	COM_LOC	Localisation	Commentaire supplémentaire sur la localisation du sondage	Texte	Entreprise	254
14	SONDAGE_TYPE	Identification	Type de sondage effectué	Texte	Entreprise	254
15	COM_SONDAGE	Identification	Commentaire sur le sondage (diametre de forage, condition de forage etc)	Texte	Entreprise	254
16	ID_SONDAGE	Identification	Identification du sondage (nom, référence)	Texte	Entreprise	64
17	ID_PRELEVEMENT	Identification	Identification du prélèvement ou de l'essai (nom, référence)	Texte	Entreprise	16
18	ENTREPRISE	Identification	Entreprise exécutante de l'essai	Texte	Entreprise	254
19	ANNEE	Identification	Année de la réalisation de l'essai	Texte	Entreprise	4
20	REFCNR	Identification	Code affaire, EOTP	Texte	CNR	254

Figure 8 : Fonctionnalités de l'onglet « table de prélèvements »

4. VALORISATION DES DONNEES RECUEILLIES DANS LE CADRE DES EDD

L'étude de dangers a pour objectif de justifier la performance des ouvrages sur la base d'une analyse de risques qui s'appuie sur la collecte, la gestion et l'analyse de l'ensemble des informations et données pertinentes pour la description des ouvrages étudiés, leur comportement et leurs conditions de stabilité. L'une des étapes de l'élaboration des EDD consiste donc à collecter les données d'entrée permettant de réaliser une analyse fonctionnelle de la performance des digues vis-à-vis de leurs différents modes de défaillance. En effet, les données d'entrée utilisées dans le cadre des EDD v1 ont été parfois parcellaires ou prises de manière conservative par manque d'informations.

C'est pour répondre à ces exigences que CNR a créé, à l'occasion de l'actualisation des Etudes de Dangers (EDD v2), deux bases de données, une dédiée à la description des digues et leurs sollicitations hydrauliques et une autre dédiée aux données de sondages et caractéristiques géotechniques des sols constituant le corps de digues et leur fondation.

Ce travail de recueil a permis en comblant les données manquantes de l'EDD v1 une meilleure connaissance de la géométrie des digues classées et de leur structure. En effet :

- La base de données géométriques et hydrauliques, de par son exhaustivité, permet une description complète de tous les tronçons homogènes constituant les digues du Rhône et ses affluents endigués. Les données collectées dans cette base concernent la localisation des tronçons homogènes, la structure et la géométrie des digues et les sollicitations hydrauliques auxquelles elles sont soumises. Chaque tronçon homogène est donc défini par les caractéristiques géométriques du profil étudié (hauteur, largeur et pentes des talus), les données hydrauliques sur ce secteur et les conditions piézométriques dans le corps de digue (inscrites dans la base d'auscultation de CNR).
- La base de données géologiques et géotechniques et géophysiques regroupe les données permettant de caractériser la résistance des sols de digues et de leur fondation vis-à-vis des différents modes de rupture étudiés : glissement, érosion interne, érosion externe, stabilité sous sollicitations sismiques …. Les données sont définies à partir des reconnaissances in-situ et essais de laboratoire disponibles. Pour chaque aménagement, une analyse statistique est menée sur les paramètres géotechniques les plus importants vis-à-vis des mécanismes étudiés (les paramètres de résistance mécanique pour le glissement, et en complément, les courbes de distribution granulométrique pour l'érosion interne). Cette analyse statistique n'est pas intégrée à la base de données.

L'analyse des conditions de stabilité représente un défi pour les ouvrages à grand linéaire présentant de profils variables et une constitution hétérogène. Ces bases de données constituent les données d'entrée pour l'analyse des différents modes de rupture en intégrant les spécificités de chaque tronçon de digue vis-à-vis de ces mécanismes. L'exhaustivité de ces données permet également l'optimisation du nombre de calculs à mener, comme pour les calculs de stabilité au glissement pour lesquels les vérifications sont effectuées sur les profils jugés les plus critiques à l'échelle de l'aménagement.

La pertinence des méthodes de vérification de stabilité des barrages latéraux est conditionnée non seulement par ces données géométriques (y compris les données sur les ouvrages traversants), hydrauliques et géotechniques, mais aussi par l'analyse du REX comportemental historique des digues (incidents recensés dans une base de données spécifique, crues historiques) et la prise en compte de leur comportement actuel (données piézométriques et observations visuelles).

5. CONCLUSION

Un important travail a été mené par CNR pour rechercher et synthétiser les informations disponibles sur le contexte de digues (géométrie de l'ouvrage, caractéristiques géotechniques des sols...). Deux bases de données ont donc été développées par CNR à l'occasion de l'actualisation des Etudes de Dangers pour capitaliser ces connaissances et données collectées.

Dans le cadre de l'actualisation des Etude de Dangers, ces données sont donc utilisées pour mener des études exhaustives sur les conditions de stabilité de tous les tronçons des digues du Rhône et de ses affluents en fonction des sollicitations auxquelles ces ouvrages sont soumis. Ces études de stabilité alimentent les analyses de risques qui constituent une étape importante dans la définition et la description de l'Evènement Redouté Central (ERC) de rupture de digues.

Des efforts sont encore nécessaires pour optimiser l'accès aux données géométriques et leur exploitation efficace. Il est prévu à terme de développer un nouvel outil avec des fonctionnalités d'affichage et de consultation, de recherche et d'édition plus élaborées. La mise à jour de la base de données sondage est également en réflexion. Une des pistes d'amélioration serait de pouvoir afficher la couche des digues sur la base sondages afin de mieux visualiser les données disponibles au plus près de chaque tronçon homogène.

REMERCIEMENTS

Les auteurs tiennent à remercier tous les collègues CNR qui ont participé à l'élaboration de ce travail.

RÉFÉRENCES ET CITATIONS

[1] Décret n° 2015-526 du 12 mai 2015 relatif aux règles applicables aux ouvrages construits ou aménagés en vue de prévenir les inondations et aux règles de sûreté des ouvrages hydrauliques.

[2] Code de l'environnement. Chapitre IV : Activités, installations et usage. Section 8 : Dispositions communes relatives à la sécurité et à la sûreté des ouvrages hydrauliques autorisés, déclarés et concédés. Sous-section 2 : Etude de dangers (Articles R214-115 à R214-117)

[3] Arrêté du 6 août 2018 fixant des prescriptions techniques relatives à la sécurité des barrages.