



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'environnement,
des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Office fédéral de l'énergie OFEN

BDFGEOTHERM - BASE DE DONNÉES DES FLUIDES GÉOTHERMIQUES DE LA SUISSE

Notice explicative

Élaboré par

Romain Sonney, CREGE

François-D. Vuataz, CREGE

CREGE

Rue Emile-Argand 11 – CP 158

CH-2009 Neuchâtel, Suisse

www.crege.ch

romain.sonney@crege.ch

francois.vuataz@crege.ch



CENTRE DE RECHERCHE EN GEOTHERMIE
CH-2009 Neuchâtel, Suisse

Impressum

Date : 06 novembre 2007

Sur mandat de l'Office fédéral de l'énergie, programme de recherche, No 101'842

Mühlestrasse 4, CH - 3063 Ittigen

Adresse postale : CH - 3003 Berne

www.bfe.admin.ch

Source d'acquisition de cette publication : www.recherche-energetique.ch

Le ou les auteurs sont seuls responsables du contenu et des conclusions de ce rapport.

SOMMAIRE

1. Structure de la base de données BDFGEOTHERM	4
1.1. Structure d'une base de données ACCESS	4
1.2. Liste des tables de la base de données BDFGeotherm	5
1.2.1. Table 1 : Description	6
1.2.2. Table 2 : Géologie	8
1.2.3. Table 3 : Hydraulique	9
1.2.4. Table 4 : Chimie	10
1.2.5. Table 5 : Isotopes	12
1.2.6. Table 6 : Géothermie	13
1.2.7. Table 7.1 : Auteur	14
1.2.8. Table 7.2 : Table-lien	14
1.2.9. Table 7.3 : Bibliographie	14
2. Sites répertoriés dans la base de données BDFGEOTHERM	15
3. Utilisation de la base de données BDFGEOTHERM	18
3.1. Ouverture de la base de données	18
3.2. Recherche de données	19
3.2.1. Recherche de données contenues dans une seule table	19
3.2.2. Recherche de données contenues dans plusieurs tables	22
3.2.3. Recherche bibliographique	25
3.3. Exportation de données	29
3.4. Ajout de données	29
3.4.1. Ajout de données dans un site ou un captage déjà répertorié	29
3.4.2. Ajout d'un nouveau captage dans un site déjà répertorié	30
3.4.3. Ajout d'un nouveau captage sur un site non répertorié	30
3.4.4. Ajout d'une image dans le champ « Log_captage »	31
4. Exploitation des données	33
4.1. Exemple 1 : Recherche d'information pour l'implantation d'un forage	33
4.1.1 Objectifs	33
4.1.2. Recherche de données dans BDFGeotherm	33
4.1.3. Conclusion	34
4.2. Exemple 2 : Prédiction de la composition chimique de l'eau thermale	35
4.2.1 Objectifs	35
4.2.2. Recherche de données dans BDFGeotherm	35
4.2.3. Conclusion	37
4.3. Exemple 3 : Etude du potentiel géothermique d'une région	38
4.3.1 Objectifs	38
4.3.2. Recherche de données dans BDFGeotherm	38
4.3.3. Conclusion	41
4.4. Exemple 4 : Etablissement de cartes avec le SIG	41
4.4.1 Objectifs	41
4.4.2. Recherche de données dans BDFGeotherm	42
4.4.3. Réalisation de la carte de la profondeur des ouvrages géothermiques de la Suisse	43
4.4.4. Conclusion	47

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Organisation d'une base de données du type ACCESS. _____	4
Figure 2 : Organisation de la BDFGeotherm. _____	5
Figure 3 : Localisation des sites répertoriés dans la base de données des fluides géothermiques de la Suisse et des régions limitrophes. _____	17
Figure 4 : Fenêtres dévoilées lors de l'ouverture de la base de données BDFGeotherm. _____	18
Figure 5 : Premières étapes d'une requête en mode création. _____	19
Figure 6 : Choix des champs pour une requête en mode création. _____	19
Figure 7 : Réalisation et résultat d'une recherche de données de type requête sélection. _____	20
Figure 8 : Enregistrement de la requête sélection et apparition du fichier « Captages ». _____	20
Figure 9 : Création d'une nouvelle table à partir d'une requête. _____	21
Figure 10 : Etablissement d'une requête écartant les sites non répertoriés en Suisse. _____	21
Figure 11 : Réalisation et résultat de la requête : recherche des forages de plus de 500 m de profondeur dans le canton d'Argovie. _____	22
Figure 12 : Réalisation et résultat de la requête : recherche d'informations contenues dans plusieurs tables. Exemple des sources thermales du Valais. _____	23
Figure 13 : Réalisation et résultat de la requête : recherche d'images de logs de forage sur le site de Lavey-les-Bains (Vaud). _____	24
Figure 14 : Réalisation et résultat de la requête : recherche bibliographique concernant le site de Lavey-les-Bains. _____	26
Figure 15 : Réalisation et résultat de la requête : recherche bibliographique concernant le captage P201 à Lavey-les-Bains. _____	27
Figure 16 : Réalisation et résultat de la requête : recherche bibliographique des captages à Lavey-les-Bains mentionnés dans les publications et rapports de Bianchetti. _____	28
Figure 17 : Fenêtre dévoilée lors de l'exportation de données depuis ACCESS et apparition du nouveau fichier « Géologie-Captages.xls ». _____	29
Figure 18 : Ajout d'un nouveau captage _____	30
Figure 19 : Ajout d'un nouveau site dans BDFGeotherm depuis la table « 1-Description » au format « Mode création ». _____	31
Figure 20 : Différentes étapes pour l'ajout d'une image dans le champ « Log_captage ». _____	32
Figure 21 : Réalisation et résultat de la requête : recherche d'information pour l'implantation d'un forage dans une zone s'étalant d'Aarau à Saint-Gall. _____	34
Figure 22 : Réalisation et résultat de la requête : recherche d'information dans la région d'Aarau sur les caractères physico-chimiques des eaux thermales de différentes formations géologiques. _____	36
Figure 23 : Réalisation et résultat de la requête : recherche d'information sur tous les captages du Valais dans le but de réaliser une étude sur le potentiel géothermique de ce canton. _____	39

Figure 24 : Réalisation et résultat de la requête : recherche bibliographique complète sur les sites hydrothermaux valaisans. _____	40
Figure 25 : Ajout de données d'ACCESS dans ArcGIS. _____	42
Figure 26 : Ajout de données d'Excel dans ArcGIS. _____	42
Figure 27 : Coordonnées géographiques des quatre coins de la carte tectonique de la Suisse dans le système GCS_CH1903. _____	43
Figure 28 : Définition des champs contenant les coordonnées XY et du système de projection. ____	44
Figure 29 : Réalisation et représentation symbolique de la profondeur des ouvrages géothermiques de la Suisse. _____	45
Figure 30 : Carte de la profondeur des ouvrages géothermiques de la Suisse. _____	46

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste des sites enregistrés dans BDFGeotherm _____	16
Tableau 2 : Etude statistique des captages sur territoire valaisan ayant une température de surface et une puissance géothermique supérieures à un seuil déterminé. _____	41

1. STRUCTURE DE LA BASE DE DONNEES BDFGEOTHERM

1.1. Structure d'une base de données ACCESS

Le logiciel Microsoft ACCESS est un système de gestion de bases de données (SGBD). Plusieurs guides d'utilisation de ce logiciel, en plus de l'aide fournie par Microsoft, sont décrits sur de nombreux sites internet comme :

- <http://enseignement.insset.u-picardie.fr/deug/ti/cours/access/tables.pdf>
- <http://www.lecompagnon.info/access/index.html>
- <http://microsoftaccess.free.fr/>
- <http://www.functionx.com/access/>
- <http://www.bcschools.net/staff/AccessHelp.htm>
- <http://cisnet.baruch.cuny.edu/holowczak/classes/2200/access/accessall.html>

Microsoft ACCESS regroupe un ensemble coordonné de données décrites pouvant être traitées. Ces données peuvent également être sécurisées du fait de l'interaction de certains utilisateurs sur ces informations. Une base de données de type ACCESS est organisée de la manière suivante (figures 1 et 2).

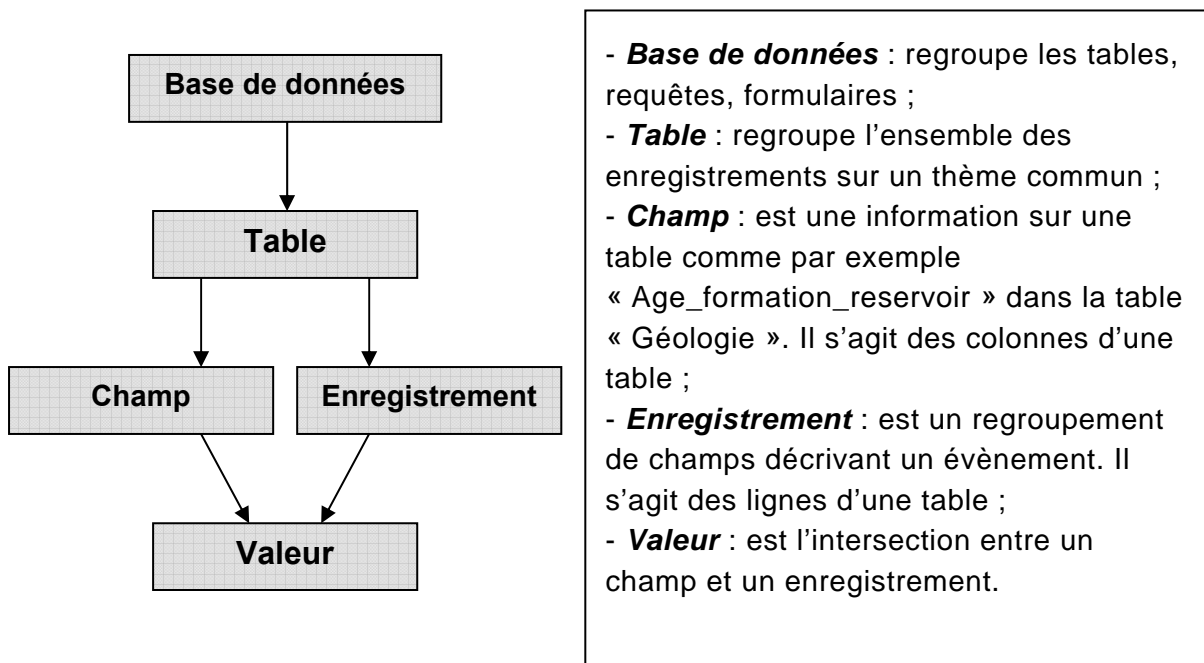


Figure 1 : Organisation d'une base de données du type ACCESS.

N°	Code	Nom_site	Pays	Canton	Coord_X	Coord_Y
	ACQUA-ALB	Acquarossa	Suisse	Tessin	715575	145925
	ACQUA-SATROC	Acquarossa	Suisse	Tessin	715575	145925
	BADEN-ALLGE	Baden	Suisse	Argovie	665970	259230
	BADEN-GROSS	Baden	Suisse	Argovie	665970	259230
	BADEN-HINTE	Baden	Suisse	Argovie	665970	259230
	BADEN-KLEIN	Baden	Suisse	Argovie	665970	259230
	BADEN-LIMMA	Baden	Suisse	Argovie	665970	259230
	BADEN-SCHWA	Baden	Suisse	Argovie	665970	259230
	BADEN-STAAD	Baden	Suisse	Argovie	665970	259230
	BADEN-STVER	Baden	Suisse	Argovie	665970	259230
	BADEN-VEREN	Baden	Suisse	Argovie	665970	259230
	BADEN-WALDE	Baden	Suisse	Argovie	665970	259230
	BADRA-PFAEF	Bad-Ragaz	Suisse	Saint-Ga	755860	204060
	BASSE-B553	Bassersdorf	Suisse	Zurich	689500	255500
	BELLI-B2	Bellingen	Allemagne	Baden-W	608415	266284
	BERLI-B3	Berlingen	Suisse	Thurgovie	720142	281378
	BORMI-CINGL	Bormio	Italie	Lombard	825000	151950
	BORMI-SANMA	Bormio	Italie	Lombard	825000	151950
	BOTTS-SB163	Bottstein	Suisse	Argovie	659340	268556
	BOTTS-SB312	Bottstein	Suisse	Argovie	659340	268556
	BOTTS-SB792	Bottstein	Suisse	Argovie	659340	268556
	BOVER-STH	Bovernier	Suisse	Valais	573700	103350
	BRIGE-PB2	Brigerbad	Suisse	Valais	637485	127912
	BRIGE-PB3	Brigerbad	Suisse	Valais	637786	127974
	BRIGE-Q4	Brigerbad	Suisse	Valais	637500	127930
	BRIGE-Q6	Brigerbad	Suisse	Valais	637810	127900
	BRIGE-TB	Brigerbad	Suisse	Valais	637080	127497
	BRIGE-TQB1C	Brigerbad	Suisse	Valais	637930	128070
	BRIGE-TQB1D	Brigerbad	Suisse	Valais	637930	128070
	BRIGE-TQB1G	Brigerbad	Suisse	Valais	637930	128070
	BRIGE-TQB2	Brigerbad	Suisse	Valais	637930	128070
	BRIGE-TQB3	Brigerbad	Suisse	Valais	638065	128071
	BULLE-F800	Bulle	Suisse	Fribourg	570250	164375

Figure 2 : Organisation de la BDFGeotherm.

1.2. Liste des tables de la base de données BDFGeotherm

La base de données des fluides géothermiques de la Suisse est constituée de 9 tables numérotées de 1 à 6 puis de 7.1 à 7.3 (figure 2):

- Table 1 : Description ;
- Table 2 : Géologie ;
- Table 3 : Hydraulique ;
- Table 4 : Chimie ;
- Table 5 : Isotopes ;
- Table 6 : Géothermie ;
- Tables 7.1 à 7.3 : Bibliographie.

Les deux premières tables servent à décrire géographiquement puis géologiquement les sites des échantillons concernés. Les tables 3 à 6 comprennent surtout des données numériques sur les eaux thermales (hydrauliques, chimiques, isotopiques et géothermiques) et finalement les tables 7.1 à 7.3 montrent d'une part la liste des auteurs liés aux différents sites et d'autre part la liste des références bibliographiques associées aux sites et aux échantillons.

Dans le but d'éviter des problèmes de non reconnaissance de chaînes de caractères lors de requêtes, tous les noms de champs de toutes les tables sont écrits sans accent ni caractères spéciaux.

1.2.1. Table 1 : Description

NOM DU CHAMP	TYPE DE DONNÉES	DESCRIPTION DU CHAMP
Code	Texte	<p>Le code représente la clé primaire de la base de données. Ce champ est présent sur toutes les tables, ce qui permet de les lier. Autrement dit, grâce à celui-ci, il est possible de trier les données issues des différentes tables en une seule et unique requête.</p> <p>Le « Code » est constitué des cinq premières lettres du nom de la commune où se trouve le captage, puis du caractère « - » et enfin du nom complet ou abrégé de celui-ci. Par exemple, pour le forage P600 à Lavey-les-Bains dans le canton de Vaud, le code sera LAVEY-P600 ; ou encore pour la source thermique de Bovernier en Valais, le code sera BOVER-STH.</p> <p><i>Remarque</i> : Un champ défini comme clé primaire d'une base de données telle qu'ACCESS ne peut pas contenir deux fois la même valeur. De ce fait, un site quelconque sera entièrement décrit sur un seul et unique enregistrement.</p>
Nom_site	Texte	<p>Nom de la commune où se trouve le captage (Epinassey, Bad-Ragaz...). Ce champ peut contenir plusieurs fois la même information car des captages peuvent être positionnés sur une même localité comme par exemple à Leukerbad (7 sources thermales décrites dans la base de données).</p> <p>Il s'agit également du nom du tunnel ou de la galerie où sont répertoriés les captages (Rawyl, Lötschberg, etc.).</p> <p>Une liste déroulante est à disposition pour ajouter des données sur une commune ou une galerie déjà enregistrée. Pour l'ajout de nouveaux noms de site, il faut passer du format « Tableau » de la table au format « Mode création », sélectionner le champ « Nom_site » et cliquer sur « Liste de choix ».</p>
Pays	Texte	Il s'agit du nom du pays où est localisé le captage. De même que pour le champ « Nom_site », une liste déroulante est à disposition.
Canton	Texte	Uniquement pour la Suisse, une liste déroulante en français de tous les cantons est présente dans la base. En ce qui concerne les autres pays que la Suisse, il est possible d'ajouter comme valeur la province, la région, le département, etc.
Coord X	Numérique	Il s'agit des coordonnées géographiques X et Y du captage dans le système de projection CH1903 .
Coord Y		
Altitude_ (msm)	Numérique	<p>L'altitude du captage est donnée en msm : mètre-sur-mer.</p> <p>Pour les forages, si les informations fournies le permettent, c'est la tête du puits qui fait référence. Pour les captages dans les galeries, le plus souvent, cette donnée est estimée par interpolation avec les altitudes des extrémités des ouvrages.</p>

Type_ captage	Texte	<p>Ce champ indique le type du captage (Source / Puits / Forage / Piézomètre / Tunnel) qui est également répertorié sous forme de liste déroulante.</p> <p>Le type « Tunnel » concerne les sources et les forages dans les grands ouvrages de type galeries et tunnels, ainsi que les captages sous forme de galerie de taille limitée..</p>
Nom_ captage	Texte	<p>Le nom du captage est donnée dans le champ « Code » sous plusieurs formes : soit il est complet (surtout pour les forages, les piézomètres et les sources des galeries) ou soit il est abrégé (surtout pour les noms des sources comme par exemple SANLO pour San Lorenz à Leukerbad).</p> <p>Ce champ est surtout destiné à donner un nom complet au captage lorsqu'il s'agit, le plus souvent, de noms de sources thermales.</p>
Nombre_ captages	Texte	<p>Ce champ donne une indication sur le nombre total et les types de captages présents sur une commune ou bien au niveau d'un tunnel.</p>
Annee_ realisation	Numérique	<p>L'année de la réalisation (ou de la mise en service) du captage est donnée dans ce champ s'il s'agit d'ouvrages comme les puits, les tunnels, les forages et les piézomètres.</p>
Profondeur_ (m)	Numérique	<p>Il s'agit de la profondeur des puits, forages et piézomètres exprimée en mètre. Si elle est connue, c'est la profondeur verticale (TVD) qui est donnée et pas la longueur totale du forage.</p> <p>Pour les captages dans les tunnels, une estimation de l'épaisseur des roches au-dessus du captage est donnée.</p>
Exploitation_ primaire	Texte	<p>Ces deux champs indiquent les modes d'exploitations primaire et secondaire des captages. Une liste de choix déroulante est également présente. Les différents modes sont par ordre alphabétique : Aucune / Chauffage-Batiment / Eau-Potable / Electricite / Reseau-Chaleur / Thermalisme.</p>
Exploitation_ secondaire		

1.2.2. Table 2 : Géologie

NOM DU CHAMP	TYPE DE DONNÉES	DESCRIPTION DU CHAMP
Code	Texte	Cf. point 1.2.1. Table 1 : Description
Formation_surface	Texte	Ce champ décrit la nature géologique de la formation présente en surface . Une liste déroulante simplifiée de ces formations est proposée dans cet ordre alphabétique : Alluvions / Calcaire / Evaporites / Gneiss / Granite / Marne / Molasse / Moraine / Schistes. Cf. Log_captage.
Age_formation_surface	Texte	Il s'agit de l' âge géologique de la formation de surface. Une liste déroulante, par ordre chronologique contient : Quaternaire / Tertiaire / Cretace / Jurassique / Trias / Permien / Carbonifere / Hercynien. Le terme « Hercynien » regroupe toutes les formations dites de socle comme les granites, gneiss, micaschistes, amphibolites, etc.
Formation_reservoir	Texte	Il s'agit de la nature géologique de la formation du réservoir en profondeur . De même que pour les formations de surface, une liste déroulante propose : Alluvions / Calcaire / Evaporite / Gneiss / Granite / Marne / Molasse / Moraine / Schistes. Les évaporites et les dolomies, qui sont souvent associées au Trias et qui se trouvent fréquemment intercalées entre des niveaux carbonatés et schisteux, sont regroupées sous le terme « Evaporites ». Cf. Log_captage.
Age_formation_reservoir	Texte	Il s'agit de l' âge géologique de la formation de profondeur. Une liste déroulante, par ordre chronologique contient : Quaternaire / Tertiaire / Cretace / Jurassique / Trias / Permien / Carbonifere / Hercynien. Le terme « hercynien » regroupe toutes les formations dites de socle comme les granites, gneiss, micaschistes, amphibolites, etc.
Domaine_tectonique_regional	Texte	Ce champ met en évidence le domaine tectonique régional où l'eau s'est infiltrée puis a circulé avant d'être captée. Il s'agit essentiellement de noms de domaines géologiques comme par exemple en milieu alpin des noms de nappes (Nappes de Simano...) ou de massifs (Massif de l'Aar...) ou bien encore du « Bassin molassique » pour les captages se trouvant sur les régions du plateau, etc.
Tectonique_locale	Texte	La présence de failles, chevauchements, fractures ou plis est signalée dans ce champ à une échelle locale ou régionale lorsqu'il s'agit de structures géologiques majeures.
Log_captage	Objet OLE	Lorsque le terme « Image bitmap » est présent dans ce champ, un log géologique du forage, du puits, du piézomètre ou une coupe de la galerie est disponible. Il suffit de cliquer deux fois sur « Image bitmap » pour visualiser ce log dans une nouvelle fenêtre et éventuellement le sauvegarder.

1.2.3. Table 3 : Hydraulique

NOM DU CHAMP	TYPE DE DONNÉES	DESCRIPTION DU CHAMP
Code	Texte	Cf. point 1.2.1. Table 1 : Description
Debit_(l/s)	Numérique	<p>Il s'agit du débit du captage exprimé en litre par seconde (l/s). Du fait de la grande variabilité de ce paramètre selon le type de captage, un des trois types de valeurs peuvent être donnés :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ soit le débit moyen annuel ; ➤ soit le débit mesuré lors de l'analyse de l'eau ; ➤ soit le débit de pompage moyen de production ou le débit potentiel pour les forages et les puits. <p>Dans de nombreux cas la méthode n'est pas connue.</p>
Temp_surf_(°C)	Numérique	La température de l'eau en degré Celsius est mesurée à la sortie du captage. Le plus souvent cette valeur correspond à celle du prélèvement pour l'analyse chimique ou isotopique.
Temp_max_mes_(°C)	Numérique	Il s'agit de la température maximale mesurée , c'est-à-dire la plus forte valeur de température enregistrée lors des différentes campagnes de mesures effectuées sur le captage. En ce qui concerne les forages, puits et piézomètres, il s'agit généralement de la température maximale enregistrée au fond de l'ouvrage.
Permeabilite_(m/s)	Numérique	Ce champ donne la perméabilité de la formation géologique aquifère lorsque des essais de pompage ont été effectués sur un captage. Pour les aquifères captifs, la transmissivité est convertie en perméabilité en la divisant par la hauteur d'aquifère traversé par l'ouvrage.
Mode_exploitation	Texte	<p>Le mode de production du captage est donné sous forme d'une liste déroulante. Au choix, nous avons : Aucun / Artésien / Ecoulement libre / Pompage / Réinjection / Sonde-géothermique.</p> <p>Pour les ouvrages tels que les forages, puits et piézomètres, l'eau thermique peut être pompée si le niveau statique est en dessous de la surface topographique (« Pompage »), l'eau peut être jaillissante dans le cas d'un aquifère captif (« Artésien »). Le captage peut ne pas être utilisé (« Aucun ») ou peut servir pour la réinjection d'eau (Réinjection) et la mise en place de sonde géothermique (Sonde-géothermique).</p> <p>Pour toutes les sources thermales naturelles ou issues des tunnels, elles sont regroupées dans « Ecoulement libre » pour des raisons de simplification.</p>
Niveau_statique_(msm)	Numérique	Le niveau statique représente l'altitude du toit de la nappe en mètre-sur-mer (msm) lorsque celle-ci est au repos (sans pompage).
Niveau_dynamique_(msm)	Numérique	Le niveau dynamique représente l'altitude du toit de la nappe en mètre-sur-mer (msm) lorsque celle-ci est pompée. Le débit de pompage associé au niveau dynamique correspond le plus souvent au débit moyen de production ou au débit potentiel de l'ouvrage.

1.2.4. Table 4 : Chimie

NOM DU CHAMP	TYPE DE DONNÉES	DESCRIPTION DU CHAMP
Code	Texte	Cf. point 1.2.1. Table 1 : Description
Nom_ech	Texte	Nom de l'échantillon analysé. Il est utilisé pour retrouver d'autres mesures de concentration sur des éléments non cités dans cette base comme par exemple les éléments traces.
Date_echant	Date	Date de prélèvement ou d'analyse de l'échantillon.
Type_geochimique_simp	Texte	Le type géochimique simplifié représente uniquement le cation et l'anion les plus abondants dissous dans l'eau thermale exprimés en milli-équivalents par litre . Il est décrit de la manière suivante : Ca-HCO ₃ , Na-SO ₄ , etc.
Type_geochimique_det	Texte	Le type géochimique détaillé regroupe tous les ions majeurs présents dans l'eau thermale avec > 10 % du total des ions dissous exprimé en milli-équivalents par litre . Ils sont ensuite classés par ordre d'importance en commençant par les cations, par exemple : Ca>Na-HCO ₃ >SO ₄ .
Temp_(°C)	Numérique	Il s'agit respectivement de la température, de la conductivité et du pH mesurés lors de la prise de l'échantillon. Ces données sont généralement fournies avec les analyses chimiques et isotopiques.
Conductivite_(µS/cm)		
pH		
Ca_(mg/l)	Numérique	Les analyses des cations et des anions principaux sont données en milligramme par litre (mg/l). Parfois, certaines analyses manquent, notamment les éléments Sr, Li et F. La valeur de HCO ₃ correspond généralement à l'analyse des bicarbonates dissous sous forme HCO ₃ ⁻ , mais peut dans certain cas représenter le carbone inorganique total. Lorsque la concentration d'un élément est inférieure au seuil de détection analytique. En effet, le format de ce champ est exclusivement numérique (donc pas possible d'entrer le caractère « < »), il est inscrit le nombre « -9999 ». Le seuil de détection est alors donné dans la table « Remarque ».
Mg_(mg/l)		
Na_(mg/l)		
K_(mg/l)		
Li_(mg/l)		
Sr_(mg/l)		
HCO₃_(mg/l)		
SO₄_(mg/l)		
Cl_(mg/l)		
F_(mg/l)		
SiO₂_(mg/l)	Numérique	Teneur en silice en mg/l.
TSD_(mg/l)	Numérique	Total des Solides Dissous en mg/l.

Balance_ionique_(%)	Numérique	<p>La balance ionique (BI) est exprimée positivement (excès en cations) ou négativement (excès en anions) en %. La formule employée est la suivante :</p> <p>BI = (Σ cations – Σ anions) / (Σ cations + Σ anions) *100</p> <p>Avec comme unité : meq/l</p> <p>Si la BI est supérieure à +/- 5%, alors l'analyse est considérée comme peu fiable.</p>
Variabilite_TSD	Texte	<p>Ce champ représente la variabilité du Total des Solides Dissous (TSD) pour l'ensemble des analyses d'un captage donné et définie arbitrairement comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Nulle : Variabilité du TSD inférieure à 10 % ; ➤ Faible : Variabilité du TSD comprise entre 10 et 20 % ; ➤ Moyenne : Variabilité du TSD comprise entre 20 et 40 % ; ➤ Forte : Variabilité du TSD supérieure à 40 % ; ➤ n.d. : Variabilité non déterminée. <p>Ce paramètre peut mettre en évidence les variations saisonnières et les processus de mélange entre plusieurs types d'eau.</p>
Remarque	Texte	<p>Ce champ met à disposition des remarques sur les analyses chimiques décrites auparavant.</p>

1.2.5. Table 5 : Isotopes

NOM DU CHAMP	TYPE DE DONNÉES	DESCRIPTION DU CHAMP
Code	Texte	Cf. point 1.2.1. Table 1 : Description
Nom_ech	Texte	Cf. point 1.2.4. Table 4 : Chimie
Date_echant	Date	Cf. point 1.2.4. Table 4 : Chimie. La date de l'analyse isotopique peut être différente de celle de l'analyse chimique.
$^{18}\text{O}_$(‰)	Numérique	<p>Isotopes stables de la molécule d'eau (oxygène 18 et deutérium) mesurés en ‰ d'après la relation :</p> $\delta \text{ (‰)} = ((R_{\text{mes}}) / (R_{\text{stand}}) - 1) * 1000$ <p>Avec R_{mes} = rapport isotopique $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$, $^2\text{H}/^1\text{H}$ de l'échantillon d'eau souterraine.</p> <p>R_{stand} = rapport isotopique standard, basé sur l'eau de mer : SMOW (Standard Mean Ocean Water)</p>
$\text{D}_$(‰)		
$^3\text{H}_$(UT)	Numérique	<p>Isotope radioactif tritium donné en Unité Tritium (UT).</p> <p>1 Unité Tritium correspond à un atome de tritium pour 10^{18} atomes d'hydrogène.</p>
$^{14}\text{C}_$(pcm)	Numérique	Isotope radioactif carbone-14 donné en pourcents de carbone moderne (pcm).
Temps_transit_(an)	Texte	Il s'agit d'une estimation du temps de transit souterrain moyen de l'eau (an). Il est possible d'y insérer les caractères « < » et « > ». Par exemple une valeur du temps de transit « <1953 » : date qui correspond au début des essais thermonucléaires dans l'atmosphère (pas de tritium avant 1953). Ou encore « >35000 » : nombre d'année au-delà duquel il n'y a plus de carbone-14.
Altitude_infiltr_(msm)	Texte	Altitude moyenne de la zone d'infiltration des eaux en mètre-sur-mer (msm) calculée au moyen des isotopes stables de l'eau.
Remarque	Texte	Ce champ met à disposition des remarques sur les analyses isotopiques décrites auparavant.

1.2.6. Table 6 : Géothermie

NOM DU CHAMP	TYPE DE DONNÉES	DESCRIPTION DU CHAMP
Code	Texte	Cf. point 1.2.1. Table 1 : Description
Temp_surf_ (°C)	Numérique	Cf. point 1.2.3. Table 3 : Hydraulique
Temp_max_mes_ (°C)	Numérique	Cf. point 1.2.3. Table 3 : Hydraulique
Temp_min_res_ (°C)	Numérique	Températures (°C) minimum et maximum du réservoir profond calculées avec les méthodes géothermométriques, ou avec un modèle de mélange ou une modélisation des équilibres chimiques.
Temp_max_res_ (°C)		
Prof_reservoir_ (msm)	Numérique	Profondeur du toit du réservoir géothermique capté en mètre-sur-mer (msm). Dans le cas des roches fracturées, la valeur indiquée correspond à la profondeur de la première fracture productrice.
Grad_geotherm_ (°C/km)	Numérique	Gradient géothermique moyen du forage calculé sur toute la hauteur ou valeur prise dans la littérature.
Puiss_geotherm_ (kWth)	Numérique	<p>Puissance géothermique d'un captage exprimée en kilowattheures thermiques est donnée par la relation :</p> $P = (Q * (T - t)) / 239$ <p>P = Puissance géothermique en kW thermique ; Q = débit en litre par seconde (l/s) ; T = température du fluide géothermique en tête de puits en °C ; t = température finale de rejet en °C (arbitrairement fixé à 10°C).</p>

1.2.7. Table 7.1 : Auteur

NOM DU CHAMP	TYPE DE DONNÉES	DESCRIPTION DU CHAMP
<i>N°_auteur</i>	Numérique	Ce champ numérote de 1 à n la liste de tous les auteurs et co-auteurs par ordre alphabétique. Il est employé comme clé primaire pour établir le lien avec les bibliographies et les codes.
<i>Auteur</i>	Texte	Indique les noms des auteurs et co-auteurs classés par ordre alphabétique.

1.2.8. Table 7.2 : Table-lien

NOM DU CHAMP	TYPE DE DONNÉES	DESCRIPTION DU CHAMP
<i>Code</i>	Texte	Cf. point 1.2.1. Table 1 : Description. Attention, ici il n'est pas employé comme clé primaire car un code, donc un captage, peut être associé à plusieurs références bibliographiques (nécessité d'être multiplié).
<i>N°_auteur</i>	Numérique	Cf. point 1.2.7. Table 7.1. : Auteur
<i>N°_bibliographie</i>	Numérique	Cf. point 1.2.9. Table 7.3. : Bibliographie

1.2.9. Table 7.3 : Bibliographie

NOM DU CHAMP	TYPE DE DONNÉES	DESCRIPTION DU CHAMP
<i>N°_bibliographie</i>	Numérique	Ce champ numérote de 1 à n la liste de toutes les références bibliographiques par ordre alphabétique. Il est employé comme clé primaire pour établir le lien avec les auteurs et les codes.
<i>Bibliographie</i>	Texte	Ce champ indique les références bibliographiques classées par ordre alphabétique.

2. SITES REPERTORIES DANS LA BASE DE DONNEES BDFGEOTHERM

La structure de la base de données des fluides géothermiques de la Suisse et de quelques régions limitrophes est actuellement achevée. A ce jour, les données géographiques, géologiques, hydrogéologiques, hydrauliques, hydrochimiques et géothermiques de 82 sites et de 203 captages sont enregistrées dans BDFGeotherm. La liste des sites classés par ordre alphabétique est illustrée dans le tableau 1. Leur localisation sur une carte tectonique de la Suisse, issue de la version 2.0 de l'Atlas de la Suisse, est visible sur la figure 3.

Tableau 1 : Liste des sites enregistrés dans BDFGeotherm

No	Nom_site	Pays	Canton / Région	Nb. captages
1	Acquarossa	Suisse	Tessin	3
2	Andeer	Suisse	Grisons	1
3	Baden	Suisse	Argovie	10
4	Bad-Ragaz	Suisse	Saint-Gall	1
5	Bassersdorf	Suisse	Zurich	1
6	Bellingen	Allemagne	Baden-Württemberg	1
7	Berguen	Suisse	Grisons	1
8	Berlingen	Suisse	Thurgovie	1
9	Birmenstorf	Suisse	Argovie	1
10	Bormio	Italie	Lombardie	2
11	Boettstein	Suisse	Argovie	3
12	Bovernier	Suisse	Valais	1
13	Brigerbad	Suisse	Valais	10
14	Bulle	Suisse	Fribourg	1
15	Buerchau	Allemagne	Baden-Württemberg	1
16	Combioula	Suisse	Valais	6
17	Courtemaiche	Suisse	Jura	1
18	Craveggia	Italie	Piemont	1
19	Delemont	Suisse	Jura	3
20	Eglisau	Suisse	Zurich	2
21	Epinassey	Suisse	Valais	1
22	Furka	Suisse	Uri	1
23	Gletsch	Suisse	Valais	1
24	Gotthard	Suisse	Tessin	1
25	Grimsel	Suisse	Berne	2
26	Hauenstein	Suisse	Soleure	4
27	Hausen	Suisse	Argovie	1
28	Hermrigen	Suisse	Berne	4
29	Itingen	Suisse	Bale-Campagne	2
30	Kaisten	Suisse	Argovie	3
31	Kloten	Suisse	Zurich	1
32	Kreuzlingen	Suisse	Thurgovie	1
33	Lavey-les-Bains	Suisse	Vaud	13
34	Leuggern	Suisse	Argovie	3
35	Leukerbad	Suisse	Valais	7
36	Leytron	Suisse	Valais	1
37	Locarno	Suisse	Tessin	1
38	Lostorf	Suisse	Soleure	2
39	Loetschberg	Suisse	Valais	3
40	Lottstetten	Allemagne	Baden-Württemberg	1
41	Masino	Italie	Lombardie	1
42	Mont-Blanc	France	Haute-Savoie	3
43	Moiry	Suisse	Vaud	1
44	Moutier	Suisse	Berne	2
45	Muriaux	Suisse	Jura	2
46	Neuwiller	France	Haut-Rhin	1
47	Pieden	Suisse	Grisons	1
48	Piedilago	Italie	Piemont	1
49	Pré-Saint-Didier	Italie	Val d'Aoste	2
50	Rawyl	Suisse	Valais	4
51	Reinach	Suisse	Bale-Campagne	1
52	Rhaezuens	Suisse	Grisons	1
53	Rheinfelden	Suisse	Argovie	2
54	Ricken	Suisse	Saint-Gall	1
55	Riehen	Suisse	Bale-Ville	2
56	Riniken	Suisse	Argovie	3
57	Rothenbrunnen	Suisse	Grisons	1
58	Saeckingen	Allemagne	Baden-Württemberg	3
59	Saillon	Suisse	Valais	4
60	Saxon	Suisse	Valais	2
61	Schafisheim	Suisse	Argovie	4
62	Schinznach-Bad	Suisse	Argovie	4
63	Seon	Suisse	Argovie	1
64	Sibligen	Suisse	Schaffhouse	3
65	Simplon	Italie	Piemont	8
66	Sonvilier	Suisse	Berne	2
67	Steinenstadt	Allemagne	Baden-Württemberg	1
68	Saint-Gervais-les-Bains	France	Haute-Savoie	5
69	Saint-Moritz	Suisse	Grisons	1
70	Tavannes	Suisse	Berne	1
71	Tenigerbad	Suisse	Grisons	1
72	Thonex	Suisse	Geneve	1
73	Val de Bagnes	Suisse	Valais	1
74	Val d'Illicz	Suisse	Valais	3
75	Vals	Suisse	Grisons	5
76	Weggis	Suisse	Lucerne	1
77	Weiach	Suisse	Zurich	5
78	Weissbad	Suisse	Appenzell-Interieur	1
79	Weissenburg	Suisse	Berne	1
80	Yverdon-les-Bains	Suisse	Vaud	8
81	Zurich	Suisse	Zurich	1
82	Zurzach-Bad	Suisse	Argovie	3

Statistique / canton suisse	
Canton	Nb. sites
Argovie	12
Appenzell-I	1
Appenzell-E	0
Berne	6
Bâle-Camp.	2
Bâle-Ville	1
Fribourg	1
Genève	1
Glaris	0
Grisons	8
Jura	3
Lucerne	1
Neuchâtel	0
Nidwald	0
Obwald	0
Saint-Gall	2
Schaffhouse	1
Schwyz	0
Soleure	2
Tessin	3
Thurgovie	2
Uri	1
Valais	13
Vaud	3
Zoug	0
Zürich	5

Statistique / pays	
Pays	Nb. sites
Suisse	68
Allemagne	5
France	3
Italie	6



Figure 3 : Localisation des sites répertoriés dans la base de données des fluides géothermiques de la Suisse et des régions limitrophes.

3. UTILISATION DE LA BASE DE DONNEES BDFGEOTHERM

3.1. Ouverture de la base de données

L'ouverture de la base de données BDFGeotherm est possible en double-cliquant sur l'icône du fichier « BDFGeotherm.mdb », ou depuis ACCESS en effectuant les étapes suivantes : « Fichier – Ouvrir – (Rechercher et sélectionner le fichier BDFGeotherm.mdb) – Ouvrir ».

Remarque : Il est possible qu'une fenêtre apparaisse avant l'ouverture de la base de données (figure 4). Il s'agit d'un avertissement dû à la présence de virus contenus dans les macros du fichier sélectionné et pouvant être nuisibles à notre ordinateur. Des informations complémentaires sont disponibles en cliquant sur « Informations ». La base de données BDFGeotherm n'ayant aucun lien avec d'autres fichiers se trouvant sur internet, elle peut donc être ouverte en toute sécurité. La liste complète des tables apparaît dans une nouvelle fenêtre laissant le choix à l'utilisateur de rechercher, d'exploiter ou d'ajouter des données (figure 4).



Figure 4 : Fenêtres dévoilées lors de l'ouverture de la base de données BDFGeotherm.

3.2. Recherche de données

3.2.1. Recherche de données contenues dans une seule table

La recherche de données la plus simple consiste à sélectionner des informations contenues **dans plusieurs champs d'une unique table**. Par exemple, nous pouvons effectuer une requête sur l'ensemble des captages répertoriés dans BDFGeotherm. Il suffit de cliquer sur « Requetes » puis de double-cliquer sur « Créer une requête en mode création » pour débiter la recherche. Une nouvelle fenêtre apparaît dans laquelle nous devons choisir la table où la requête sera effectuée (figure 5). Pour cet exemple, nous prendrons la table « 1-Description » sans oublier de cliquer sur « Ajouter » puis sur « Fermer ».



Figure 5 : Premières étapes d'une requête en mode création.

Après avoir choisi la table « 1-Description », nous sélectionnons les 5 champs contenant les données recherchées par un double-clic. Les champs apparaissent alors dans la partie inférieure de la fenêtre (figure 6).

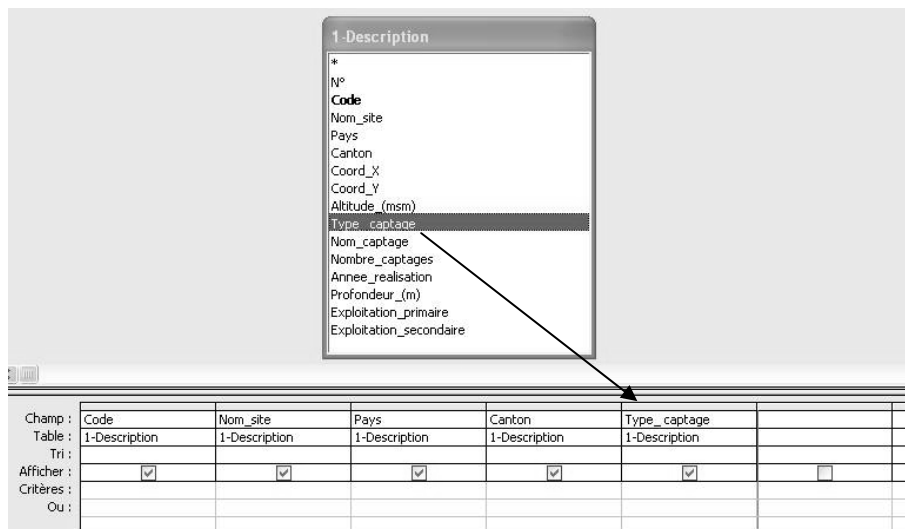
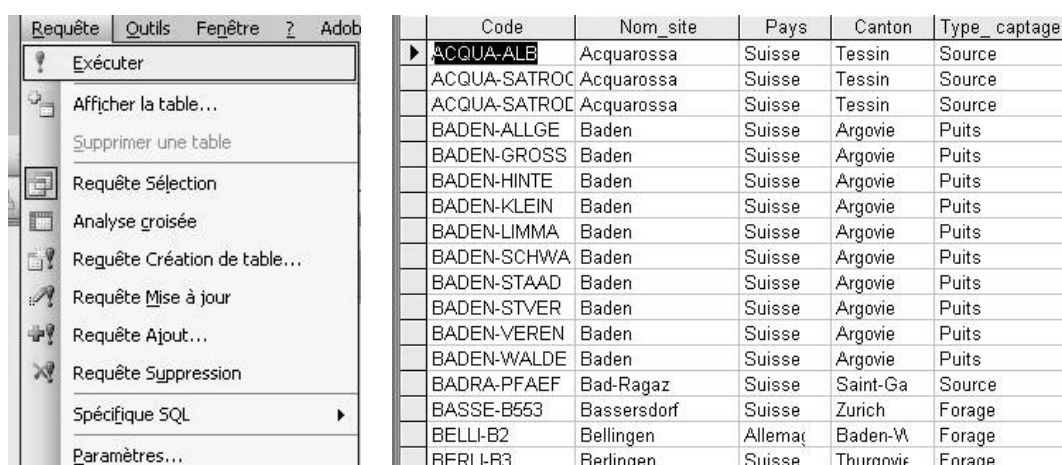


Figure 6 : Choix des champs pour une requête en mode création.

Une fois les champs choisis, nous pouvons effectuer plusieurs types de requêtes. La plus simple consiste à réaliser une **requête-sélection** en cliquant sur « Requête » puis sur « Exécuter ». Le résultat de la recherche apparaît dans une nouvelle fenêtre sous forme d'un tableau à 5 colonnes correspondant aux champs préalablement sélectionnés (figure 7). Cette requête peut être enregistrée en cliquant sur « Fichier – Enregistrer Sous » en donnant un nom à cette dernière comme par exemple « Captages ». En revenant à la première fenêtre de la figure 5, nous vérifions ainsi que le nouveau fichier a bien été créé (figure 8).



Code	Nom_site	Pays	Canton	Type_captage
ACQUA-ALB	Acquarossa	Suisse	Tessin	Source
ACQUA-SATROC	Acquarossa	Suisse	Tessin	Source
ACQUA-SATROC	Acquarossa	Suisse	Tessin	Source
BADEN-ALLGE	Baden	Suisse	Argovie	Puits
BADEN-GROSS	Baden	Suisse	Argovie	Puits
BADEN-HINTE	Baden	Suisse	Argovie	Puits
BADEN-KLEIN	Baden	Suisse	Argovie	Puits
BADEN-LIMMA	Baden	Suisse	Argovie	Puits
BADEN-SCHWA	Baden	Suisse	Argovie	Puits
BADEN-STAAD	Baden	Suisse	Argovie	Puits
BADEN-STVER	Baden	Suisse	Argovie	Puits
BADEN-VEREN	Baden	Suisse	Argovie	Puits
BADEN-WALDE	Baden	Suisse	Argovie	Puits
BADRA-PFAEF	Bad-Ragaz	Suisse	Saint-Ga	Source
BASSE-B553	Bassersdorf	Suisse	Zurich	Forage
BELLI-B2	Bellingen	Allema	Baden-W	Forage
BERLI-B3	Berlingen	Suisse	Thurgovie	Forage

Figure 7 : Réalisation et résultat d'une recherche de données de type requête sélection.



Figure 8 : Enregistrement de la requête sélection et apparition du fichier « Captages ».

De plus, il est possible d'enregistrer cette requête sous forme d'une nouvelle table pouvant s'ajouter à la liste des tables de BDFGeotherm, ou s'intégrer dans une autre base de données. Il suffit de cliquer sur « Requête » puis sur « Requête création de table » en mode création de requête, d'attribuer un nom à la nouvelle table et de définir son emplacement (figure 9).

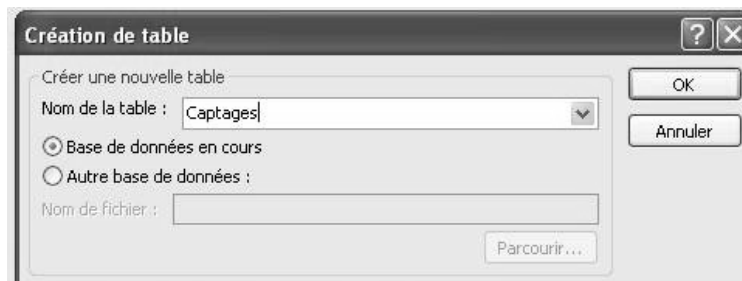


Figure 9 : Création d'une nouvelle table à partir d'une requête.

Nous souhaitons maintenant reprendre notre recherche et réduire la sélection des données en entrant plus de précisions dans la requête. Par exemple, nous avons décidé d'exclure les sites qui ne sont pas situés sur le territoire suisse. Pour exécuter cette demande, nous devons inscrire « =Suisse » dans la ligne « Critère » sous le champ « Pays » (figure 10).

Champ :	Code	Nom_site	Pays	Canton	Type_captage
Table :	1-Description	1-Description	1-Description	1-Description	1-Description
Tri :					
Afficher :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Critères :			= "Suisse"		
Ou :					

Figure 10 : Etablissement d'une requête écartant les sites non répertoriés en Suisse.

Enfin, nous désirons limiter davantage notre recherche **en combinant plusieurs critères de sélection**. Par exemple, nous souhaitons faire un inventaire des forages de plus de 500 m de profondeur localisés sur le canton d'Argovie. Les instructions de la requête sont présentées sur la figure 11 et le résultat montre que 7 forages de plus de 500 m de profondeur, présents dans le canton d'Argovie, sont enregistrés dans BDFGeotherm.

Champ :	Code	Nom_site	Pays	Canton	Type_captage	Profondeur_(m)
Table :	1-Description	1-Description	1-Description	1-Description	1-Description	1-Description
Tri :						
Afficher :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Critères :				= "Argovie"	= "Forage"	>500

Captages : Requête Sélection						
	Code	Nom_site	Pays	Canton	Type_captage	Profondeur_(m)
▶	BOTTS-SB163	Bottstein	Suisse	Argovie	Forage	1326
	BOTTS-SB312	Bottstein	Suisse	Argovie	Forage	1326
	BOTTS-SB792	Bottstein	Suisse	Argovie	Forage	1326
	KAIST-SB114	Kaisten	Suisse	Argovie	Forage	1306
	KAIST-SB1272	Kaisten	Suisse	Argovie	Forage	1306
	KAIST-SB284	Kaisten	Suisse	Argovie	Forage	1306
	LEUGG-SB1433	Leuggern	Suisse	Argovie	Forage	1689
	LEUGG-SB218	Leuggern	Suisse	Argovie	Forage	1689
	LEUGG-SB75	Leuggern	Suisse	Argovie	Forage	1689
	RINIK-SB657	Riniken	Suisse	Argovie	Forage	1369
	RINIK-SB807	Riniken	Suisse	Argovie	Forage	1369
	RINIK-SB994	Riniken	Suisse	Argovie	Forage	1369
	SCHAF-SB1260	Schafisheim	Suisse	Argovie	Forage	1892
	SCHAF-SB1488	Schafisheim	Suisse	Argovie	Forage	1892
	SCHAF-SB1888	Schafisheim	Suisse	Argovie	Forage	1892
	SCHAF-SB558	Schafisheim	Suisse	Argovie	Forage	1892
	SCHIN-S3	Schinznach-Bad	Suisse	Argovie	Forage	891
	ZURZA-T3	Zurzach-Bad	Suisse	Argovie	Forage	701
*						

Figure 11 : Réalisation et résultat de la requête : recherche des forages de plus de 500 m de profondeur dans le canton d'Argovie.

3.2.2. Recherche de données contenues dans plusieurs tables

Il est possible d'effectuer une recherche de données contenues dans plusieurs tables **sous forme d'une unique requête**. Pour entreprendre cette démarche, il suffit de créer une nouvelle requête, de sélectionner les tables voulues et de vérifier qu'une ligne partant de tous les champs « Code » lie chaque table. Si ce lien n'est pas établi, l'utilisateur est tenu de le faire manuellement par un clic-long du champ « Code » de la table « 1-Description » vers les champs « Code » des autres tables (cf. chapitre 3.2.3).

Par exemple, nous souhaitons connaître la température, le type chimique, la teneur en tritium et la puissance géothermique des sources thermales du Valais. Les instructions et le résultat de la requête sont présentés sur la figure 12. Pour certaines sources thermales, nous remarquons localement l'absence d'information.

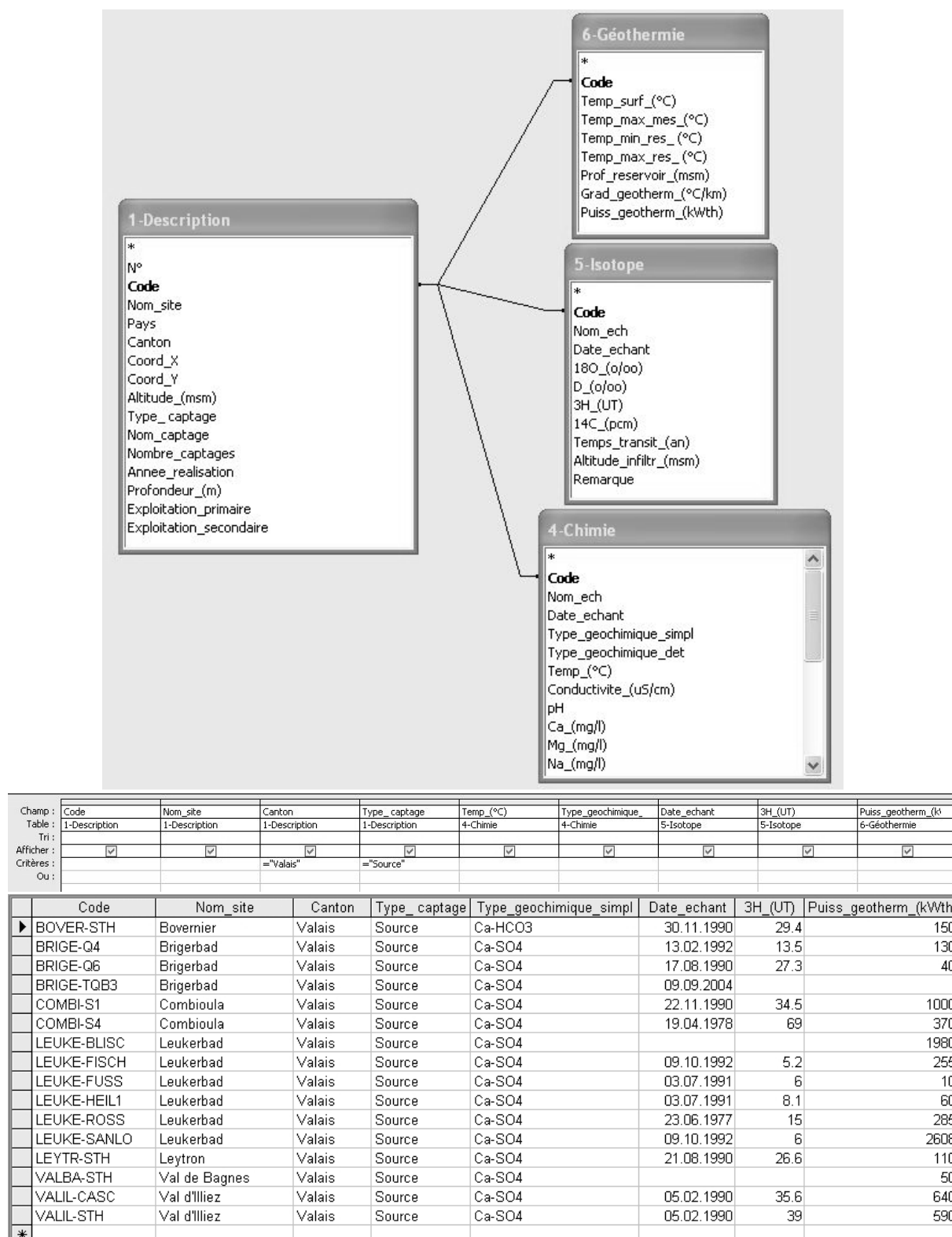


Figure 12 : Réalisation et résultat de la requête : recherche d'informations contenues dans plusieurs tables. Exemple des sources thermales du Valais.

Prenons également un exemple illustrant la recherche d'une ou plusieurs images de logs de forage. A partir d'une requête incluant les tables « 1-Description » et « 2-Géologie », il est alors possible d'ouvrir l'image voulue en double-cliquant sur « bitmap », et de la sauvegarder sous un autre format dans un autre fichier indépendant de la base de données (figure 13).

The screenshot shows a database interface with two tables: '1-Description' and '2-Géologie'. Below them is a query result table with columns: Code, Nom_site, Type_captage, and Log_captage. The 'Log_captage' column contains 'Image bitmap' for several entries, including 'LAVEY-P14'. An arrow points from this cell to a window titled 'Image Bitmap dans Exportation : Requête Sélection - Paint'. The window displays a geological log for 'FORAGE P14' with depth markers and geological descriptions.

Code	Nom_site	Type_captage	Log_captage
LAVEY-P600	Lavey-les-Bains	Forage	Image bitmap
LAVEY-P201	Lavey-les-Bains	Forage	Image bitmap
LAVEY-P205	Lavey-les-Bains	Forage	Image bitmap
LAVEY-P12	Lavey-les-Bains	Forage	Image bitmap
LAVEY-P13	Lavey-les-Bains	Forage	Image bitmap
LAVEY-P14	Lavey-les-Bains	Forage	Image bitmap
LAVEY-S7	Lavey-les-Bains	Forage	
LAVEY-S8	Lavey-les-Bains	Forage	
LAVEY-S9	Lavey-les-Bains	Forage	
LAVEY-AP	Lavey-les-Bains	Puits	
LAVEY-Q8	Lavey-les-Bains	Source	
LAVEY-P11	Lavey-les-Bains	Forage	Image bitmap
LAVEY-S10	Lavey-les-Bains	Forage	

FORAGE P14

0 m —
 22 m — Moraine argileuse avec galets et blocs
 33 m —
 50 m —
 54 m —
 102 m —
 108 m —

QUATERNAIRE
 MASSIF DES AIGUILLES ROUGES

Gneiss fissurés à biotite ou chloriteux

forage ϕ 8 1/2"
 tube technique acier ϕ 190 mm
 cimentation 33-22 m
 forage ϕ 6 1/4"
 tube plein PVC ϕ 100 mm
 forage ϕ 5 1/8"
 crépines PVC ϕ 100 mm
 forage ϕ 4 1/2"

(d'après D. Blant, 1992)

Figure 13 : Réalisation et résultat de la requête : recherche d'images de logs de forage sur le site de Lavey-les-Bains (Vaud).

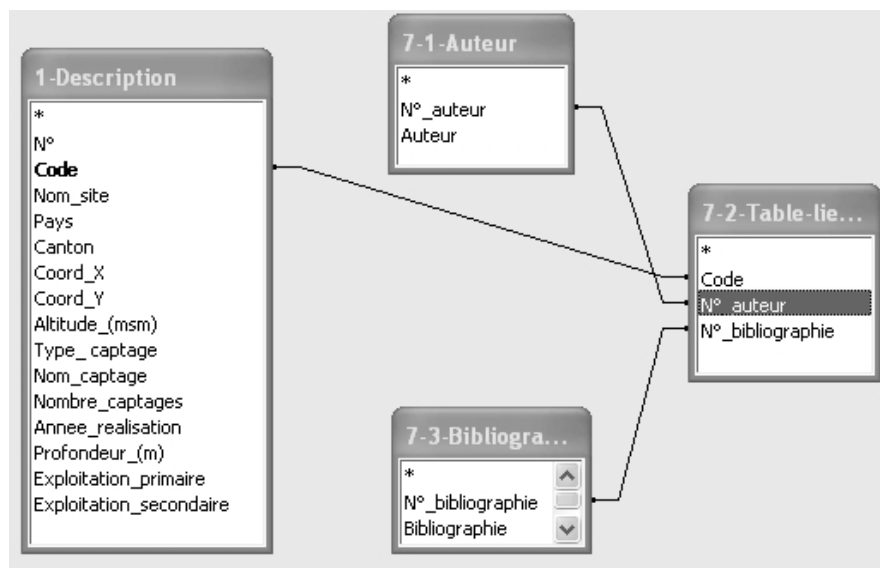
3.2.3. Recherche bibliographique

La base de données BDFGeotherm est constituée de 3 tables regroupant la totalité des références bibliographiques utilisées pour l'élaboration de cette base. Les auteurs et les références sont classés et numérotés par ordre alphabétique dans deux tables indépendantes (cf. chapitres 1.2.8 à 1.2.9). La table « 7-2-Table-lien » permet d'établir un lien entre ces numéros, elle est donc indispensable pour la réalisation de requêtes de type recherche bibliographique.

Reprenons comme exemple le cas de Lavey-les-Bains. Ce site compte 13 captages enregistrés dans BDFGeotherm. Dans un premier temps, nous souhaitons établir la liste de toutes les références associées à Lavey-les-Bains pour rechercher des informations complémentaires. Pour effectuer cette demande, il est nécessaire d'ajouter les tables « 1-Description », « 7-1-Auteur », « 7-2-Table-lien » et « 7-3-Bibliographie » dans une nouvelle requête (figure 14). Ensuite, l'étape la plus importante **consiste à joindre les champs « N°_auteur » et « N°_bibliographie » entre chaque table.**

Rappel : 1 Cliquer sur le champ « N°_auteur » de la table « 7-1-Auteur » en maintenant son doigt sur la souris. 2 Glisser le curseur de la souris au dessus du champ « N°_auteur » de la table « 7-2-Table-lien ». 3 Relâcher son doigt de la souris : il apparait alors une ligne montrant que le lien a bien été effectué (figure 14).

Cette recherche est relativement simple car il suffit de sélectionner les champs « Nom_site » et « Bibliographie ». Mais, elle demande une manipulation supplémentaire : il est recommandé de cliquer sur « Requête – Analyse croisée » pour faire apparaître la ligne « Opération » dans laquelle est inscrit « Regroupement ». En exécutant la requête sans regroupement, les références se répètent si une publication ou un rapport parle de plusieurs captages ou encore si une référence contient au moins deux auteurs. Enfin, il est conseillé de cliquer de nouveau sur « Requête – Requête Sélection » pour que la ligne « Afficher » soit présente. Le résultat de la recherche bibliographique est illustré sur la figure 14, et montre que 11 références enregistrées dans BDFGeotherm documentent le site de Lavey-les-Bains.



Champ :	Nom_site	Bibliographie
Table :	1-Description	7-3-Bibliographie
Opération :	Regroupement	Regroupement
Tri :		
Afficher :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Critères :	="Lavey-les-Bains"	
Ou :		

Nom_site	Bibliographie
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1990) - Recherche d'eau thermale à Lavey-les-Bains. Forage P205 : suivi et interprétation hydrogéologique. Diplôme CHYN, 57p.
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1993) - Circulations profondes dans les Alpes : hydrogéologie, géochimie et géothermie des sources thermales du Valais (Suisse) et régions limitrophes. Rapport.
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (2002) - Réalisation du forage géothermique profond P600 et exploitation de la ressource énergétique par pompage dans les puits P600 et P201 (juin 1997 - décembre 2002). Rapport, 46p.
Lavey-les-Bains	HÖGL O. (1980) - Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Ed. Haupt, Bern, 302p.
Lavey-les-Bains	OUEDRAOGO K. (1989) - Exécution du forage P205 de l'établissement thermal de Lavey-les-Bains : suivi des travaux et approche du comportement hydrodynamique de la nappe. Diplôme CHYN, 29p.
Lavey-les-Bains	SONNEY R. (2007) - Système hydrothermal de Lavey-les-Bains (Vaud) : Evolution des paramètres physiques et chimiques de l'eau thermale avec la production. Diplôme CHYN, 113p.
Lavey-les-Bains	VUATAZ F.-D. (1982) - Hydrogéologie, géochimie et géothermie des eaux thermales de Suisse et des régions alpines limitrophes. Mater. Géol. Suisse, Hydrol. N°29, 174p.
Lavey-les-Bains	VUATAZ F.-D., FEHR A. (2000) - 25 ans d'activités géothermiques en Suisse. Bull. Geothermie CH, Nr. 26, Mars 2000.
Lavey-les-Bains	VUATAZ F.-D., ROUILLER J.-D., DUBOIS J.-D., BIANCHETTI G. et BESSON O. (1993) - Programme GEOTHERMOVAL : résultats d'une prospection des ressources géothermiques du Valais, Suisse. Bull. CHYN, 12 : 1-37.
Lavey-les-Bains	ZÄHNER P., MAUTNER J., BADOUX H. (1974) - Etude hydrogéologique des sources thermominérales de Lavey, d'Yverdon et de Saxon. Mém. Soc. Vaud. Sci. Nat., Vol. 15, Fasc. 5, p 209-256.

Figure 14 : Réalisation et résultat de la requête : recherche bibliographique concernant le site de Lavey-les-Bains.

Il est également possible de réduire notre recherche à un captage au lieu d'un site complet. Reprenons le cas de Lavey-les-Bains afin d'obtenir la bibliographie du forage P201. Il suffit d'ajouter le champ « Code » dans la requête et d'inscrire dans la ligne « Critère » l'instruction suivante : « ="LAVEY-P201" ». Le résultat montre que 9 publications et rapports documentent le forage P201 (figure 15).

Champ :	Nom_site	Bibliographie	Code
Table :	1-Description	7-3-Bibliographie	1-Description
Opération :	Regroupement	Regroupement	Regroupement
Tri :			
Afficher :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Critères :	= "Lavey-les-Bains"		= "LAVEY-P201"
Ou :			

Nom_site	Bibliographie	Code
▶ Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1990) - Recherche d'eau thermale à Lavey-les-Bains. Forage P205 : suivi et interprétation hydrogéologique. Diplôme CHYN, 57p.	LAVEY-P201
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.	LAVEY-P201
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (2002) - Réalisation du forage géothermique profond P600 et exploitation de la ressource énergétique par pompage dans les puits P600 et P201 (juin 1997 - décembre 2002). Rapport, 46p.	LAVEY-P201
Lavey-les-Bains	HÖGL O. (1980) - Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Ed. Haupt, Bern, 302p.	LAVEY-P201
Lavey-les-Bains	QUEDRAOGO K. (1989) - Exécution du forage P205 de l'établissement thermal de Lavey-les-Bains : suivi des travaux et approche du comportement hydrodynamique de la nappe. Diplôme CHYN, 29p.	LAVEY-P201
Lavey-les-Bains	SONNEY R. (2007) - Système hydrothermal de Lavey-les-Bains (Vaud) : Evolution des paramètres physiques et chimiques de l'eau thermale avec la production. Diplôme CHYN, 113p.	LAVEY-P201
Lavey-les-Bains	VUATAZ F.-D. (1982) - Hydrogéologie, géochimie et géothermie des eaux thermales de Suisse et des régions alpines limithropes. Mater. Géol. Suisse, Hydrol. N°29, 174p.	LAVEY-P201
Lavey-les-Bains	VUATAZ F.-D., ROUILLER J.-D., DUBOIS J.-D., BIANCHETTI G. et BESSON O. (1993) - Programme GEOTHERMOVAL : résultats d'une prospection des ressources géothermiques du Valais, Suisse. Bull. CHYN, 12 : 1-37.	LAVEY-P201
Lavey-les-Bains	ZAHNER P., MAUTNER J., BADOUX H. (1974) - Etude hydrogéologique des sources thermominérales de Lavey, d'Yverdon et de Saxon. Mém. Soc. Vaud. Sci. Nat., Vol. 15, Fasc. 5, p 209-256.	LAVEY-P201

Figure 15 . Réalisation et résultat de la requête : recherche bibliographique concernant le captage P201 à Lavey-les-Bains.

Enfin, il est également possible d'entreprendre une recherche bibliographique plus précise en passant par un auteur. Par exemple, nous souhaitons connaître la liste des captages concernés par les publications et rapports de Bianchetti. Pour effectuer cette demande, nous devons tout d'abord ajouter le champ « Auteur » dans la requête et noter l'instruction suivante : « ="Bianchetti" ». La liste des captages associés aux références contenant l'auteur Bianchetti est illustrée sur la figure 16.

Nom_site	Bibliographie	Code	Auteur
► Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1990) - Recherche d'eau thermale à Lavey-les-Bains. Forage P205 : suivi et interprétation hydrogéologique. Diplôme CHYN, 57p.	LAVEY-P12	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1990) - Recherche d'eau thermale à Lavey-les-Bains. Forage P205 : suivi et interprétation hydrogéologique. Diplôme CHYN, 57p.	LAVEY-P13	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1990) - Recherche d'eau thermale à Lavey-les-Bains. Forage P205 : suivi et interprétation hydrogéologique. Diplôme CHYN, 57p.	LAVEY-P201	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1990) - Recherche d'eau thermale à Lavey-les-Bains. Forage P205 : suivi et interprétation hydrogéologique. Diplôme CHYN, 57p.	LAVEY-P205	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1993) - Circulations profondes dans les Alpes : hydrogéologie, géochimie et géothermie des sources thermales du Valais (Suisse) et régions limitrophes. Rapport.	LAVEY-P14	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1993) - Circulations profondes dans les Alpes : hydrogéologie, géochimie et géothermie des sources thermales du Valais (Suisse) et régions limitrophes. Rapport.	LAVEY-P205	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.	LAVEY-P12	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.	LAVEY-P13	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.	LAVEY-P201	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.	LAVEY-P205	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.	LAVEY-Q8	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.	LAVEY-S10	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.	LAVEY-S7	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.	LAVEY-S8	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.	LAVEY-S9	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (2002) - Réalisation du forage géothermique profond P600 et exploitation de la ressource énergétique par pompage dans les puits P600 et P201 (juin 1997 - décembre 2002). Rapport, 46p.	LAVEY-P201	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	BIANCHETTI G. (2002) - Réalisation du forage géothermique profond P600 et exploitation de la ressource énergétique par pompage dans les puits P600 et P201 (juin 1997 - décembre 2002). Rapport, 46p.	LAVEY-P600	BIANCHETTI
Lavey-les-Bains	VUATAZ F.-D., ROUILLER J.-D., DUBOIS J.-D., BIANCHETTI G. et BESSON O. (1993) - Programme GEOTHERMOVAL : résultats d'une prospection des ressources géothermiques du Valais, Suisse. Bull. CHYN, 12 : 1-37.	LAVEY-P201	BIANCHETTI

Figure 16 : Réalisation et résultat de la requête : recherche bibliographique des captages à Lavey-les-Bains mentionnés dans les publications et rapports de Bianchetti.

3.3. Exportation de données

L'exportation des données d'une base de type ACCESS est relativement simple et rapide car il suffit de se rendre au menu « Fichier » et de cliquer sur « Exporter ». Une fenêtre apparaît dans laquelle il nous est demandé de choisir un fichier où seront enregistrées nos données, d'attribuer un nom à la table, de sélectionner un format dans le menu « Type de fichier » et de cliquer sur « Exporter tout » (figure 17). Il est possible d'exporter des données d'une table entière ou depuis une requête.

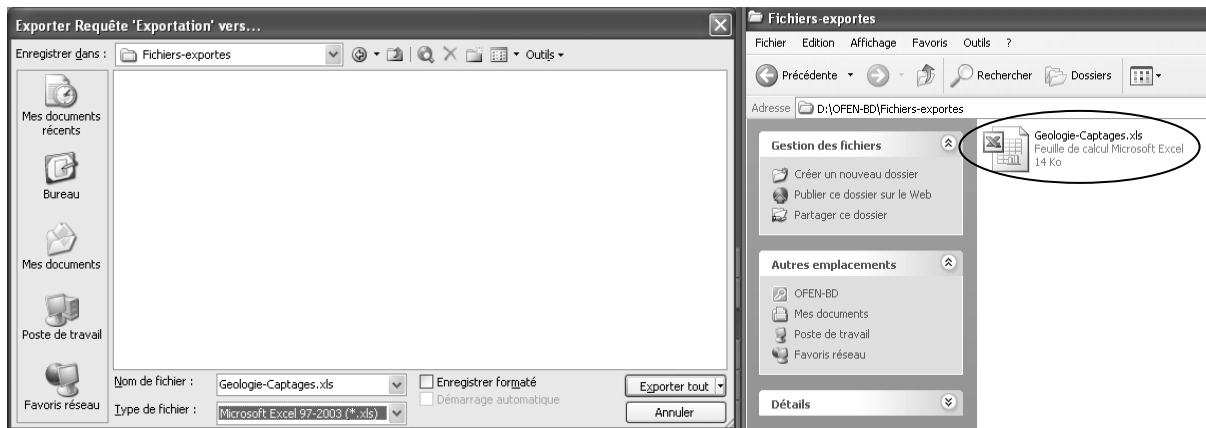


Figure 17 : Fenêtre dévoilée lors de l'exportation de données depuis ACCESS et apparition du nouveau fichier « Géologie-Captages.xls ».

3.4. Ajout de données

3.4.1. Ajout de données dans un site ou un captage déjà répertorié

La base de données BDFGeotherm a été réalisée à partir d'informations contenues dans de nombreuses publications et rapports généralement dispersés et peu accessibles. La bibliographie consultée pour l'établissement de cette base est répertoriée dans la table « 7-3-Bibliographie ». Cette liste de référence n'est pas exhaustive et il existe certainement d'autres ouvrages et rapports concernant les fluides géothermiques de la Suisse qui n'ont pas été consultés. Certains utilisateurs, possédant d'autres références bibliographiques, peuvent compléter des sites ou des captages déjà enregistrés dans BDFGeotherm en ajoutant des données. La démarche correspondant à ce type d'ajout est simple car il suffit d'entrer de nouvelles données aux intersections voulues et d'enregistrer la base une fois les manipulations terminées.

Il est également possible d'ajouter ses propres données en intégrant de nouveaux champs. Pour réaliser cette étape, il est nécessaire de faire un clic droit sur le titre d'un champ quelconque et de cliquer sur « Insérer une colonne ».

3.4.2. Ajout d'un nouveau captage dans un site déjà répertorié

Certains projets de géothermie sont en cours de réalisation incluant la réalisation de nouveaux forages, qui ne sont donc pas enregistrés dans BDFGeotherm. L'ajout d'un nouveau captage dans un site déjà répertorié s'effectue de la façon suivante :

1. Insérer le nom du nouveau captage dans tous les champs « Code » des 7 tables en commençant par les 5 premières lettres du site où est localisé le captage. Par exemple REINA-F2 pour un nouveau forage F2 qui aurait été réalisé à Reinach dans le canton de Bâle-Campagne.
2. Choisir « Reinach » dans la liste déroulante du champ « Nom_site » et entrer les données disponibles du nouveau captage (figure 18).
3. Enregistrer la base de données.

Code	Nom_site
YVERD-F4	Yverdon-les-Bains
YVERD-F5	Yverdon-les-Bains
YVERD-FGREVE	Yverdon-les-Bains
YVERD-FNOREAZ	Yverdon-les-Bains
YVERD-STH	Yverdon-les-Bains
ZURIC-B2	Zurich
ZURZA-S3	Zurzach-Bad
ZURZA-T1	Zurzach-Bad
ZURZA-T2	Zurzach-Bad
ZURZA-T3	Zurzach-Bad
REINA-F2	

	Pré-Saint-Didier
	Rawyl
	Reinach
	Ricken
	Riehen
	Riniken
	Saeckingen
	Sailon

Figure 18 : Ajout d'un nouveau captage dans un site déjà répertorié.

3.4.3. Ajout d'un nouveau captage sur un site non répertorié

Lorsqu'il s'agit d'une nouvelle prospection dans une zone qui n'a pas encore connu d'investigation, il est nécessaire d'insérer un nouveau nom de site. Cette démarche demande plus de manipulations car le nom du site doit figurer dans la liste déroulante du champ « Nom_site ». Les étapes sont les suivantes :

1. Cliquer sur « Affichage » puis sur « Mode création ». La fenêtre de la table « 1-Description » change d'affichage (figure 19).
2. Cliquer sur « Nom_site » pour faire remonter le petit triangle noir au niveau de la ligne qui porte ce nom. Puis, cliquer sur « Liste de choix » en bas de la fenêtre et enfin cliquer dans la ligne « Contenu » afin d'insérer le nom du nouveau site (figure 19).
3. La ligne « Contenu » est composée de tous les noms des sites déjà répertoriés dans BDFGeotherm. Pour ajouter un autre site, en conservant l'ordre alphabétique, il suffit d'inscrire le nom à sa bonne place sans oublier d'ajouter des guillemets et un point-virgule.

4. Enregistrer la base et revenir au menu « Affichage ». Cliquer sur « Mode feuille de données » pour revenir à la table.
5. Ajouter un nouveau captage et entrer les données (figure 18).
6. Enregistrer la base.

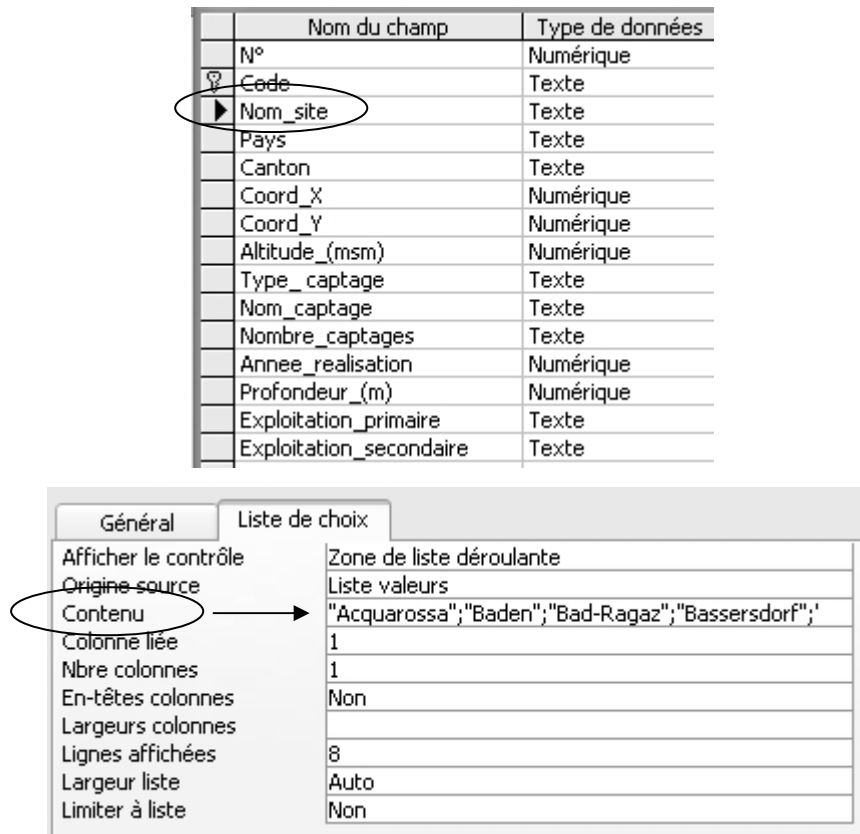


Figure 19 : Ajout d'un nouveau site dans BDFGeotherm depuis la table « 1-Description » au format « Mode création ».

3.4.4. Ajout d'une image dans le champ « Log_captage »

En raison du temps à disposition pour l'établissement de la base de données BDFGeotherm, et de la dispersion des références bibliographiques, tous les logs stratigraphiques de l'ensemble des forages et toutes les coupes géologiques des tunnels n'ont pas pu être inclus dans cette base. L'utilisateur a donc la possibilité d'insérer ou d'actualiser des images à partir du champ « Log_captage », selon les étapes suivantes :

1. Ouvrir la table « 2-Géologie » en « Mode feuille de données ».
2. Cliquer sur la case où sera ajoutée l'image puis sur « Insertion – Objet » ou effectuer un clic-droit sur cette même case et cliquer sur « Insérer un objet » (figure 20).

3. Une nouvelle fenêtre apparaît dans laquelle il nous est demandé de choisir le type d'objet depuis le mode « Créer nouveau ». Il est conseillé de sélectionner « Image Bitmap » car toutes les autres images enregistrées dans BDFGeotherm appartiennent à ce type d'objet. Cliquer sur « OK ».
4. Une nouvelle fenêtre est dévoilée à partir du programme Paint. Pour insérer une figure, cliquer sur « Edition – Coller à partir de... » (figure 20).
5. Rechercher l'image dans son fichier puis cliquer sur ouvrir.
6. Cliquer sur « Fichier – Mise à jour de 2-Géologie : Table » (figure 20).
7. « Image bitmap » apparaît alors dans l'emplacement souhaité. Il est possible de vérifier que le log a bien été ajouté dans BDFGeotherm par un double-clic.
8. Enregistrer la base de données.

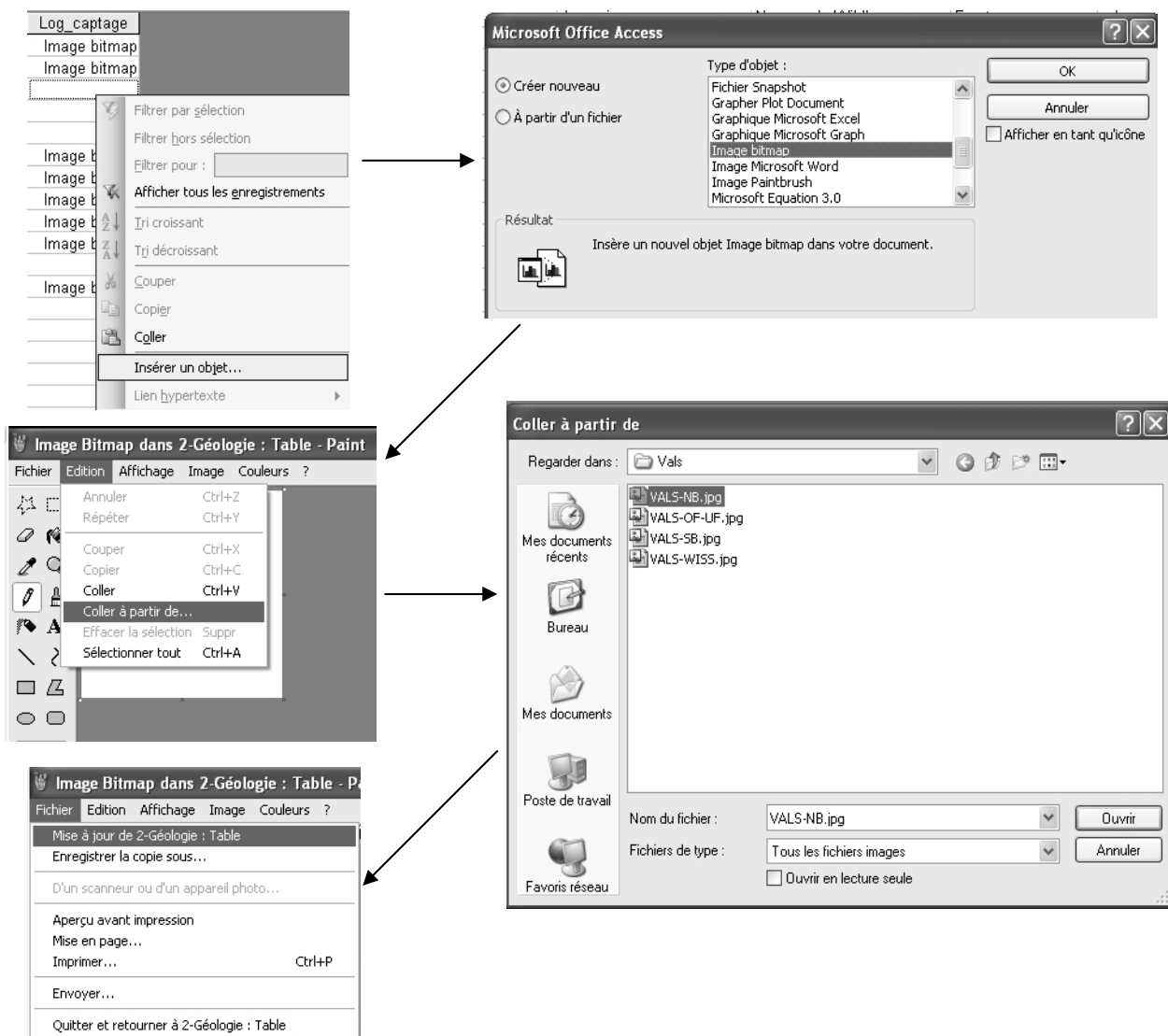


Figure 20 : Différentes étapes pour l'ajout d'une image dans le champ « Log_captage ».

4. EXPLOITATION DES DONNEES

La recherche et l'exploitation des données contenues dans BDFGeotherm sont utiles à tout projet de géothermie de basse, moyenne et haute énergie. La prospection, la production ou la réinjection des fluides provenant de toutes les formations géologiques potentiellement aquifères sont divers sujets que l'utilisateur sera amené à traiter. La présente notice propose 4 exemples relatant différents thèmes et permettant ainsi à l'utilisateur de s'orienter dans ces recherches en fonction de son propre projet de géothermie.

4.1. Exemple 1 : Recherche d'information pour l'implantation d'un forage

4.1.1 Objectifs

Dans cet exemple, un projet de géothermie prévoit d'implanter de nouveaux forages, dans la molasse de la partie nord-est du plateau, sur une zone s'étendant d'Aarau à Saint-Gall, dans le but d'obtenir une puissance géothermique supérieure ou égale à 500 kW thermique. Le budget de ce projet étant limité, il ne sera pas possible d'entreprendre un forage dépassant 1'500 m de profondeur.

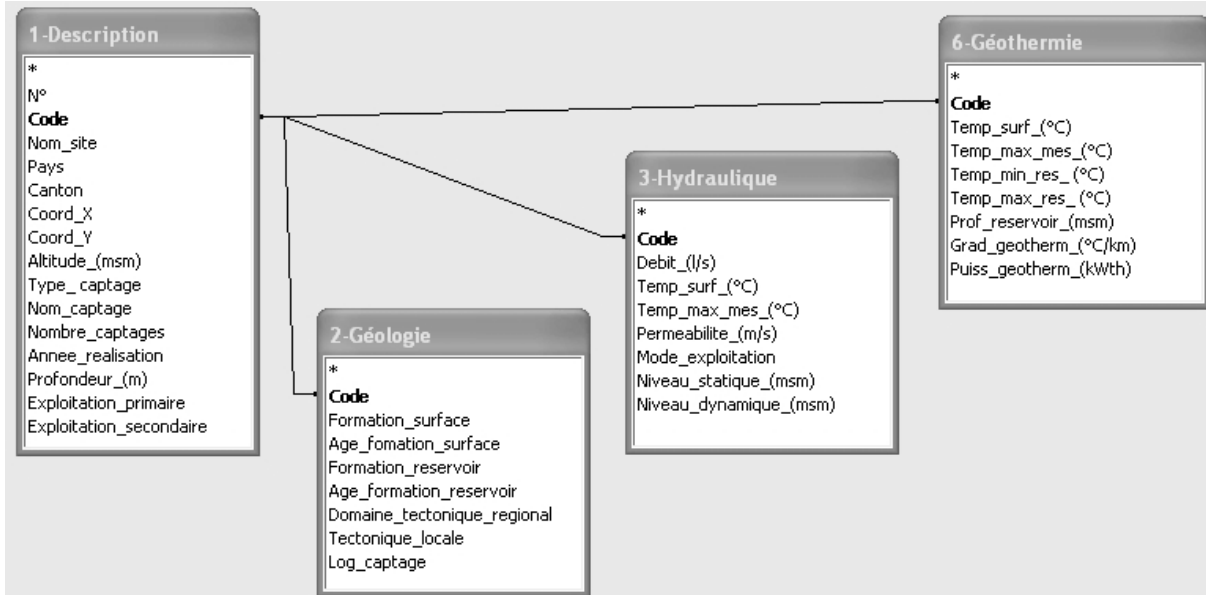
Avant de démarrer ce projet, les responsables souhaiteraient interroger la base de données pour recueillir des informations sur d'autres forages réalisés dans cette zone. Grâce à cette recherche, ils auront des renseignements sur la faisabilité de leur projet et sur les risques encourus d'un potentiel échec (température et débit trop faibles).

4.1.2. Recherche de données dans BDFGeotherm

Les instructions requises pour la requête sont présentées sur la figure 21. Nous remarquons que cette prospection concerne les cantons suivants : Argovie, Thurgovie, Saint-Gall, Zürich, Lucerne, Appenzell-Intérieur et Appenzell-Extérieur. Les critères « = "Forage" » et « = "Tertiaire" » doivent donc être répétés pour chaque canton.

Le résultat de cette requête est également illustré sur la figure 21 et montre que 10 forages pour autant de sites différents ont été appelés. Les captages de Schafisheim et de Leuggern, correspondant aux forages de la NAGRA, ont des données associées aux formations tertiaires à différentes profondeurs (respectivement à 558 et 75 m). La présence éventuelle d'une venue importante d'eau dans ces formations n'a pas pu être démontrée, il n'est donc pas possible de calculer la puissance géothermique. Les forages de Weggis (2302 m) et de Weissbad (1618 m)

ont été des échecs en raison de l'absence de venue significative d'eau thermique et par conséquent leur puissance géothermique est donc proche de 0. Actuellement, ces deux forages sont utilisés avec une sonde géothermique profonde. En ce qui concerne les 6 autres forages, SEON-BB est le seul qui dépasse 500 kW thermique car il a un débit d'exploitation de 5 à 10 fois plus élevé que ses voisins.



Champ :	Code	Nom_site	Canton	Type_captage	Profondeur_(m)	Age_formation_res	Debit_(l/s)	Temp_surf_(°C)	Temp_max_mes_(°C)	Puiss_geotherm_(kWth)
Table :	1-Description	1-Description	1-Description	1-Description	1-Description	2-Géologie	3-Hydraulique	3-Hydraulique	3-Hydraulique	6-Géothermie
Tri :										
Afficher :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Critères :			= "Argovie"	= "Forage"		= "Tertiaire"				
Ou :			= "Thurgovie"	= "Forage"		= "Tertiaire"				
			= "Saint-Gall"	= "Forage"		= "Tertiaire"				
			= "Zurich"	= "Forage"		= "Tertiaire"				
			= "Appenzell-Interieur"	= "Forage"		= "Tertiaire"				
			= "Lucerne"	= "Forage"		= "Tertiaire"				
			= "Appenzell-Exterieur"	= "Forage"		= "Tertiaire"				

Code	Nom_site	Canton	Type_captage	Profondeur_(m)	Age_formation_reservoir	Debit_(l/s)	Temp_surf_(°C)	Temp_max_mes_(°C)	Puiss_geotherm_(kWth)
▶ BASSE-B553	Bassersdorf	Zurich	Forage	553	Tertiaire	4.3	22.9	23	232
BERLI-B3	Berlingen	Thurgovie	Forage	416	Tertiaire	2	29	29	159
KLOTE-B400	Kloten	Zurich	Forage	400	Tertiaire	5	19	22.7	188
KREUZ-B655	Kreuzlingen	Thurgovie	Forage	655	Tertiaire	3.7	26.5	28.5	255
LEUGG-SB75	Leuggern	Argovie	Forage	1689	Tertiaire		13.3	13.3	
SCHAF-SB558	Schafisheim	Argovie	Forage	1892	Tertiaire		16.1	30	
SEON-BB	Seon	Argovie	Forage	341	Tertiaire	25	19.5	19.9	994
WEGGI-B2302	Weggis	Lucerne	Forage	2302	Tertiaire	0		73	
WEISS-B1618	Weissbad	Appenzell-Int	Forage	1618	Tertiaire	0		45	
ZURIC-B2	Zurich	Zurich	Forage	500	Tertiaire	5	23.5	29	282

Figure 21 : Réalisation et résultat de la requête : recherche d'information pour l'implantation d'un forage dans une zone s'étalant d'Aarau à Saint-Gall.

4.1.3. Conclusion

Entre 340 m et 655 m de profondeur, les températures maximum mesurées et les débits varient de 20 à 30 °C et de 0 à 25 l/s. Les données montrent qu'il faut probablement réaliser un forage de plus de 1500 m de profondeur pour atteindre une température de 45°C, avec un risque important de ne pas trouver des débits d'exploitation suffisants (échecs de Weggis et de Weissbad).

Les forages de Bassersdorf, Berlingen, Kloten, Kreuzlingen et de Zürich ont une puissance géothermique comprise entre 159 et 282 kW thermique pour une profondeur de 341 à 655 m. En raison du budget limité et de l'objectif d'atteindre 500 kW thermique, il serait plus approprié d'effectuer 3 forages de 400 à 600 m de profondeur.

4.2. Exemple 2 : Prédiction de la composition chimique de l'eau thermale

4.2.1 Objectifs

L'évaluation de la composition du fluide dans son réservoir profond a un intérêt évident pour tous les aspects liés aux méthodes de prospection géochimique, à l'estimation des risques de dépôt et de corrosion dans les forages et les installations de surface, ainsi que pour la modélisation des réservoirs et la simulation de l'exploitation des puits.

Exemple : un forage profond de 1'500 à 2'000 m de profondeur dans le cristallin est prévu sur la commune d'Aarau, dans le canton d'Argovie, dans le but de capter de l'eau chaude pour les besoins d'un nouveau centre thermal (bains et chauffage des bâtiments). Ce forage recoupera vraisemblablement les formations sédimentaires du Tertiaire, du Trias et du Permien avant d'atteindre éventuellement le socle cristallin. Il est donc probable que des venues d'eau de ces différents horizons alimentent ce futur forage. Pour cette raison et avant la mise en place du captage, il est souhaitable d'évaluer la composition chimique des eaux thermales contenues dans ces formations afin d'estimer les risques de dépôt et de corrosion lors du refroidissement de l'eau thermale lors de la remontée vers la surface et lors de l'exploitation.

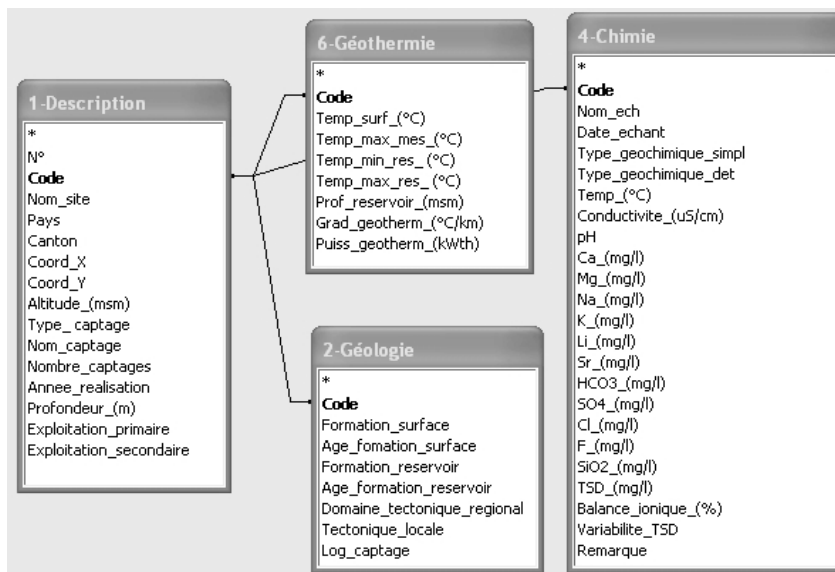
4.2.2. Recherche de données dans BDFGeotherm

La ville d'Aarau est localisée sur le bassin molassique à quelques kilomètres seulement des premiers reliefs du massif du Jura. Pour cette raison, la zone de recherche s'étendra aux cantons suivants : Argovie, Bâle-Ville, Bâle-Campagne, Zürich et Soleure.

Dans cet exemple, le nombre de champs dans la requête ont été limités aux paramètres physico-chimiques des différents horizons géologiques tels que température, pH, conductivité, type géochimique détaillé et total des solides dissous (TSD).

Les instructions requises pour la requête et les résultats obtenus sont représentés sur la figure 22.

Remarque : sachant que le tunnel de Hauenstein, situé à proximité de Lostorf dans le canton de Soleure, draine des eaux thermales, il est intégré à la requête en ajoutant « Ou=Tunnel » aux critères de sélection pour le canton concerné (figure 22).



Champ :	Code	Nom_site	Canton	Type_captage	Age_formation_res	Temp_surf_(°C)	Temp_max_mes_(°C)	Type_geochimique_det	Conductivite_(uS/cm)	pH	TSD_(mg/l)
Table :	1-Description	1-Description	1-Description	1-Description	2-Géologie	6-Géothermie	6-Géothermie	4-Chimie	4-Chimie	4-Chimie	4-Chimie
Tri :											
Afficher :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Critères :			"=Argovie"	"=Forage"							
Ou :		"=Zurich"	"=Forage"								
		"=Bale-ville"	"=Forage"								
		"=Bale-campagne"	"=Forage"								
		"=Soleure"	"=Forage" Ou ="Tunnel"								

Code	Nom_site	Canton	Type_captage	Age_formation_reservoir	Temp_surf_(°C)	Temp_max_mes_(°C)	Type_geochimique_det	Conductivite_(uS/cm)	pH	TSD_(mg/l)
▶ BASSE-B553	Bassersdorf	Zurich	Forage	Tertiaire	22.9		23 Na-Cl>SO4>HCO3			1800
BOTTS-SB163	Bottstein	Argovie	Forage	Trias	19.7		Na>Ca-SO4>Cl		6.88	6345
BOTTS-SB312	Bottstein	Argovie	Forage	Trias	19.4		Na-Cl>HCO3>SO4		8.65	1977
BOTTS-SB792	Bottstein	Argovie	Forage	Hercynien	31.3		Na-HCO3>SO4>Cl		8.25	1302
HAUEN-BTS5040	Hauenstein	Soleure	Tunnel	Trias	18.9	18.9	Ca-HCO3>SO4	577	7.66	777
HAUEN-BTS5085	Hauenstein	Soleure	Tunnel	Trias	19.4	19.4	Ca-HCO3>SO4	687	7.73	769
HAUEN-BTS5174	Hauenstein	Soleure	Tunnel	Trias	26.7	26.7	Ca-SO4>HCO3	710	7.71	960
HAUEN-OTS1080	Hauenstein	Soleure	Tunnel	Trias	18.8	18.8	Ca-HCO3>SO4	963	7.59	838
ITING-IT1	Itingen	Bale-Camp	Forage	Trias						5300
ITING-IT2	Itingen	Bale-Camp	Forage	Trias	22					
KAIST-SB114	Kaisten	Argovie	Forage	Trias	34.9		Na-SO4>Cl		7.03	6821
KAIST-SB1272	Kaisten	Argovie	Forage	Hercynien			Na-SO4>HCO3		7.93	1428
KAIST-SB264	Kaisten	Argovie	Forage	Permien			Na-SO4>HCO3		7.96	1628
KLOTE-B400	Kloten	Zurich	Forage	Tertiaire	19	22.7				920
LEUGG-SB1433	Leuggern	Argovie	Forage	Hercynien					8.5	1421
LEUGG-SB218	Leuggern	Argovie	Forage	Trias			Na-Cl>SO4>HCO3		8.75	1858
LEUGG-SB75	Leuggern	Argovie	Forage	Tertiaire	34.5		Ca-SO4>HCO3		7.46	1146
LOSTO-F3	Lostorf	Soleure	Forage	Trias	24.4	26.3	Ca-SO4>HCO3	879	7.65	817
LOSTO-F4	Lostorf	Soleure	Forage	Trias	24.3	27	Ca-SO4>HCO3	2297	7.25	2418
REINA-F1	Reinach	Bale-Camp	Forage	Trias		77.6	Na-Cl	58200	5.61	44001
RIEHE-F1	Riehen	Bale-Ville	Forage	Trias	61.2	71.6	Na-Cl>SO4	18100	6.42	17099
RIEHE-F2	Riehen	Bale-Ville	Forage	Trias	51.2	64.5	Na-Cl>SO4	17800	6.28	14180
RINIK-SB657	Riniken	Argovie	Forage	Trias	41.5		Na-Cl>SO4		6.78	14470
RINIK-SB807	Riniken	Argovie	Forage	Trias			Na-Cl>SO4		6.59	10310
RINIK-SB894	Riniken	Argovie	Forage	Permien			Na-Cl		6.64	20124
SCHAF-SB1260	Schafisheim	Argovie	Forage	Trias	23.5	57.5	Na-Cl>SO4		6.51	15216
SCHAF-SB1488	Schafisheim	Argovie	Forage	Trias	17.4	68	Na-Cl>SO4		6.6	15843
SCHAF-SB1888	Schafisheim	Argovie	Forage	Hercynien	30.7	85	Na-Cl>HCO3		6.78	8319
SCHAF-SB558	Schafisheim	Argovie	Forage	Tertiaire	16.1	30	Na-Cl		7.8	8705
SCHIN-S2	Schinznach-Bad	Argovie	Forage	Trias	29.5	39.5	Ca>Na-SO4>Cl>HCO3	2269		2214
SCHIN-S3	Schinznach-Bad	Argovie	Forage	Trias	30					
SEON-BB	Seon	Argovie	Forage	Tertiaire	19.5	19.9				
ZURIC-B2	Zurich	Zurich	Forage	Tertiaire	23.5		Na-HCO3>Cl>SO4	1280	8.9	1027
ZURZA-S3	Zurzach-Bad	Argovie	Forage	Hercynien						
ZURZA-T1	Zurzach-Bad	Argovie	Forage	Hercynien	38.2	40.4	Na-HCO3>SO4>Cl	1360	8	950
ZURZA-T2	Zurzach-Bad	Argovie	Forage	Hercynien	39.7	41.9	Na-HCO3>SO4>Cl	1296	8	963
ZURZA-T3	Zurzach-Bad	Argovie	Forage	Hercynien	34	34.4				

Figure 22 : Réalisation et résultat de la requête : recherche d'information dans la région d'Aarau sur les caractères physico-chimiques des eaux thermales de différentes formations géologiques.

En ce qui concerne les forages les plus proches d'Aarau (Lostorf, Schafisheim, Bad-Schinznach et Riniken) et le tunnel d'Hauenstein, les résultats de la requête montrent qu'il existe :

- Des eaux d'origine marine de type Na-Cl, fortement minéralisées (TSD > 10 g/l), contenues dans les formations sédimentaires du Tertiaire, du Trias et du Permien des forages de Riniken et de Schafisheim ;
- Des eaux de type Ca-SO₄ et Ca-HCO₃, plus faiblement minéralisées (TSD ≈ 1 à 2 g/l), renfermées dans les formations triasiques des forages de Lostorf et de Bad-Schinznach et du tunnel d'Hauenstein.

Pour les autres forages plus éloignés d'Aarau, nous remarquons également la présence d'eau de type Na-Cl (TSD > 1g/l) comme par exemple à Leuggern et Böttstein (Argovie), à Bassersdorf (Zürich), à Riehen (Bâle-Ville) et à Reinach (Bâle-Campagne). Ce dernier contient les eaux thermales les plus minéralisées (≈ 44 g/l).

Enfin, les eaux thermales renfermées dans les roches cristallines à Schafisheim ont une forte minéralisation (TSD > 8g/l) et sont de type Na-Cl. Les eaux des forages localisés plus au nord, à proximité du Rhin et de la frontière allemande (Bad-Zurzach, Kaisten et Böttstein), ont un type géochimique différent (Na-HCO₃ et Na-SO₄) et une minéralisation plus faible (TSD ≈ 1 à 1.5 g/l).

4.2.3. Conclusion

La recherche de données contenues dans BDFGeotherm montrent localement l'existence d'une eau d'origine marine dans les formations sédimentaires et cristallines, de type Na-Cl et fortement minéralisée (TSD > 8 à 10 g/l). En revanche, d'autres sites renferment des fluides moins minéralisées (TSD ≈ 1 à 2 g/l) avec un faciès chimique différent : Ca-SO₄ ou Ca-HCO₃ pour les eaux des milieux sédimentaires et Na-SO₄ ou Na-HCO₃ pour les eaux du socle.

Ce type d'informations est à prendre en considération avant la mise en place d'un forage sur la commune d'Aarau. En effet, il existe une forte probabilité de venues d'eau fortement minéralisées dans ce captage pouvant engendrer des dépôts dans les tubages et les canalisations liés au refroidissement du fluide chaud lors de la remontée vers la surface et son exploitation.

4.3. Exemple 3 : Etude du potentiel géothermique d'une région

4.3.1 Objectifs

Le canton du Valais compte un nombre important de sources thermales et de forages renfermant des eaux chaudes. La complexité de la structure géologique de ce secteur situé au cœur des Alpes, comme la présence de failles, de chevauchements et de couches redressées, favorise les circulations profondes, et par conséquent l'existence de sources thermales.

Un inventaire des sources thermales et des forages du canton du Valais, accompagné d'une recherche bibliographique utile pour retrouver des informations complémentaires, est donc réalisé dans le but d'étudier le potentiel géothermique de ce canton.

4.3.2. Recherche de données dans BDFGeotherm

L'étude des données dans BDFGeotherm est réalisée en deux étapes :

- Rechercher par captage les paramètres suivants : type de captage, température en surface, température maximale mesurée, débit et puissance géothermique ;
- Rechercher la bibliographie complète des sites hydrothermaux valaisans.

Les instructions et les résultats des deux requêtes sont présentés sur les figures 23 et 24. Au total, 43 captages pour 13 sites localisés dans le canton du Valais, sont enregistrés dans BDFGeotherm.

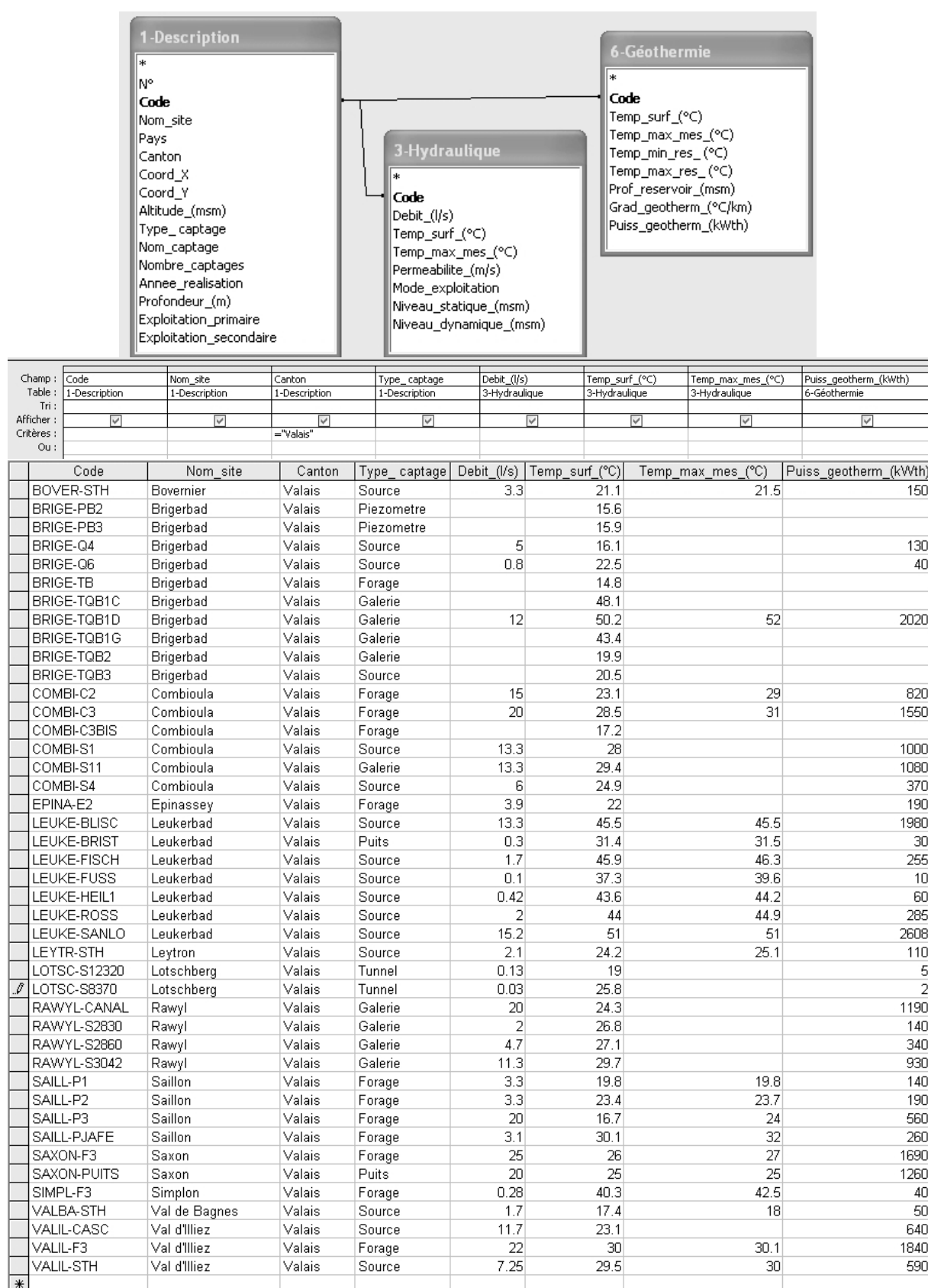


Figure 23 : Réalisation et résultat de la requête : recherche d'information sur tous les captages du Valais dans le but de réaliser une étude sur le potentiel géothermique de ce canton.

Champ :	Canton	Bibliographie
Table :	1-Description	7-3-Bibliographie
Opération :	Regroupement	Regroupement
Tri :		
Afficher :	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Critères :	= "valais"	
Ou :		

Canton	Bibliographie
Valais	ARGE-ZEWI (1995) - Gewinnung geothermischer Energie aus Tunnels. Bericht Phase I. Bestandesaufnahme Wärmepotential Identifizierung möglicher Verbraucher. Rapport OFEN, Dec. 1995.
Valais	ARGE-ZEWI (1996) - Gewinnung geothermischer Energie aus Tunnels. Bericht Phase II. Kurzfassung Schlussbericht. Rapport OFEN, Dec. 1996.
Valais	BIANCHETTI G. (1993) - Circulations profondes dans les Alpes : hydrogéologie, géochimie et géothermie des sources thermales du Valais (Suisse) et régions limitrophes. Rapport.
Valais	BIANCHETTI G. (1993) - Hydrogéologie et géothermie des venues d'eau du tunnel du Rawyl (Valais, Suisse). Bull. CHYN, 13 : 87-109.
Valais	BIANCHETTI G. (1994) - Hydrogéologie et géothermie de la région de Lavey-les-Bains (Vallée du Rhône, Suisse). Bull. CHYN : 13, 32p.
Valais	BIANCHETTI G. (1996) - Forages géothermiques F1, F2 et F3. Rapport hydrogéologique. Mai 1996.
Valais	BIANCHETTI G., ROTH P., VUATAZ F.-D. et VERGAIN J. (1992) - Deep groundwater circulation in the Alps : Relations between water infiltration, induced seismicity and thermal spring. The case of Val d'Illeiz, Wallis. Eclogae geol. Helv. 85/2 : 291-305.
Valais	BIANCHETTI G., ZUBER F., VUATAZ F.-D. et ROUILLER J.-D. (1993) - Programm GEOTHERMOVAL. Hydrogeologische und Geothermische Untersuchungen im Simplontunnel. Rapport CRSFA.
Valais	CRFSA (1993) - Evaluation de l'impact hydrogéologique du tunnel de base du Lötschberg sur les sources thermales de Leukerbad. Etude hydrogéologique de détail des sources thermales de Leukerbad. Rapport CRSFA/93.13.
Valais	CRSFA (1992) - Programme GEOTHERMOVAL. Recherche et mise en valeur des ressources géothermiques du Valais : rapport final, phase I, 1992.
Valais	CRSFA (1996) - Forage technique JAFE à Saillon. Rapport technique final. Rapport CRSFA/96.47.
Valais	DUBOIS J.-D., MAZOR E., JAFFE J. et BIANCHETTI G. (1993) - Hydrochimie et géothermie de la région de Saillon (Valais, Suisse). Bull. CHYN : 12, 71-85.
Valais	HÖGL O. (1980) - Die Mineral- und Heilquellen der Schweiz. Ed. Haupt, Bern, 302p.
Valais	KLOOS O. (2004) - Etude hydrogéologique des sources thermales de Brigerbad (VS). Diplôme CHYN, 82p.
Valais	LADNER F. (2005) - Hydrogéologie, hydrochimie et conditions d'exploitation du système hydrothermal de Combioula, Val d'Herens (Valais). Diplôme CHYN, 54p.
Valais	MURALT R., VUATAZ F.-D. (1993) - Emergence d'eau thermale et mélanges avec des eaux souterraines froides dans la gorge de la Dala à Leukerbad (Valais, Suisse). Bull. CHYN, 13 : 111-135.
Valais	VUATAZ F.-D. (1982) - Hydrogéologie, géochimie et géothermie des eaux thermales de Suisse et des régions alpines limitrophes. Mater. Géol. Suisse, Hydrol. N°29, 174p.
Valais	VUATAZ F.-D., FEHR A. (2000) - 25 ans d'activités géothermiques en Suisse. Bull. Geothermie CH, Nr. 26, Mars 2000.
Valais	VUATAZ F.-D., ROUILLER J.-D., DUBOIS J.-D., BIANCHETTI G. et BESSON O. (1993) - Programme GEOTHERMOVAL : résultats d'une prospection des ressources géothermiques du Valais, Suisse. Bull. CHYN, 12 : 1-37.
Valais	WILHELM J., BIANCHETTI G., VUATAZ F.-D. (2003) - Evaluation du potentiel géothermique du canton de Vaud. Rapport, 171p.
Valais	ZAHNER P., MAUTNER J., BADOUX H. (1974) - Etude hydrogéologique des sources thermominérales de Lavey, d'Yverdon et de Saxon. Mém. Soc. Vaud. Sci. Nat., Vol. 15, Fasc. 5, p 209-256.

Figure 24 : Réalisation et résultat de la requête : recherche bibliographique complète sur les sites hydrothermaux valaisans.

Le tableau 2 présente une étude statistique des captages ayant une température de surface et une puissance géothermique supérieures à un seuil déterminé.

Les sources San Lorenz, Blisch et Rossgull à Leukerbad ainsi que la source TQB1D à Brigerbad possèdent une puissance avoisinant ou dépassant 2'000 kW thermique, donc proche de celle du canal de la Furka qui chauffe actuellement 177 appartements et une salle de sport à Oberwald. L'ensemble des sources thermales de Leukerbad représente une puissance totale d'environ 6'750 kW thermique.

Tableau 2 : Etude statistique des captages sur territoire valaisan ayant une température de surface et une puissance géothermique supérieures à un seuil déterminé.

Température (°C)	Nombre captages	Puissance géothermique (kW th)	Nombre captages
Entre 14 et 20	10	< 10	5
> 20	33	> 10	33
> 30	13	> 100	27
> 40	9	> 500	16
> 50	2	> 1000	11
		> 2000	3

4.3.3. Conclusion

La base de données BDFGeotherm est un outil efficace pour étudier le potentiel géothermique d'une région donnée ou préparer de nouveaux projets de forage. En effet, grâce à deux requêtes il a été possible d'obtenir des informations de base très importantes sur les ressources thermales du Valais, ainsi que sur les données de température, de débit et de puissance géothermique, avec l'établissement d'une bibliographie complète.

Le canton du Valais et la vallée du Rhône représente une zone favorable au développement de la géothermie en raison du nombre important de sources thermales et de forages chauds. Certaines de ces ressources, actuellement exploitées, alimentent des stations thermales (Brigerbad, Leukerbad, Val d'Illeiez...). En revanche, d'autres ressources ne sont pas exploitées ou ont été abandonnées comme par exemple à Saillon (forage JAFE).

4.4. Exemple 4 : Etablissement de cartes avec le SIG

4.4.1 Objectifs

Le système de coordonnées géographiques (GCS) de tous les captages enregistrés dans BDFGeotherm, que l'on retrouve également sur les cartes géologiques de la Suisse, est le suivant : GCS_CH1903. Etant donné que ces coordonnées sont présentes dans la base, il est donc possible de les utiliser pour l'établissement de cartes avec le SIG (Système d'Information Géographique).

Dans cet exemple, nous souhaitons représenter sur la carte tectonique de la Suisse les profondeurs des différents ouvrages géothermiques de la Suisse et de quelques régions limitrophes. Il est nécessaire d'avoir à disposition le logiciel ArcGIS pour traiter ces données dans le SIG proposé ci-dessous.

4.4.2. Recherche de données dans BDFGeotherm

L'exploitation des données d'une base de type ACCESS est possible depuis ArcGIS sans devoir passer par une exportation des données. En cliquant sur « File – Add data... », nous pouvons insérer la table « 1.Description » qui contient les coordonnées géographiques et joindre également une ou plusieurs autres tables (figure 25).

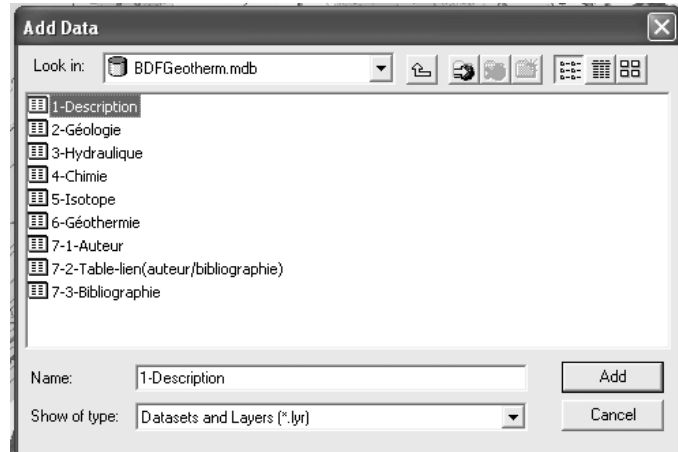


Figure 25 : Ajout de données d'ACCESS dans ArcGIS.

Remarque : cette méthode s'est avérée peu efficace en raison des nombreux problèmes survenus lors de l'exploitation des données (format numérique de certains champs non reconnu...). Afin d'éviter ce genre de complication, nous avons donc décidé de créer une requête et d'exporter le tableau de données dans Excel. Une fois exportée, la table est enregistrée dans un premier temps sous forme d'un fichier « .xls » et enfin avec l'extension « .dbf ». En cliquant sur « File – Add data... » puis sur « Add », nous importons le fichier « Exemple4.dbf » dans ArcGIS (figure 26).

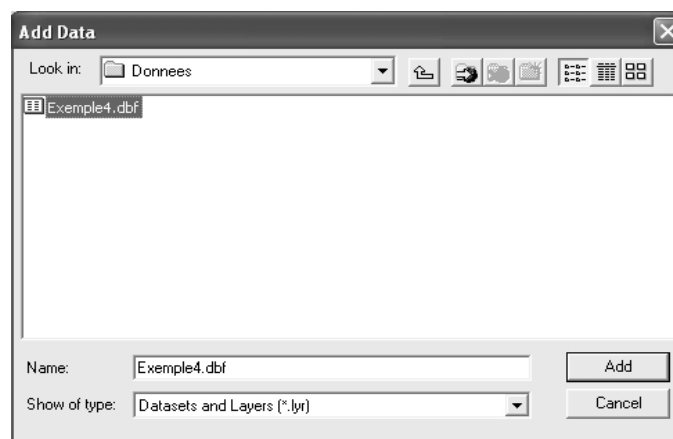


Figure 26 : Ajout de données d'Excel dans ArcGIS.

4.4.3. Réalisation de la carte de la profondeur des ouvrages géothermiques de la Suisse

La première étape de ce travail consiste à insérer une carte géoréférencée dans laquelle seront représentées nos données. Dans cet exemple, nous reprenons la carte tectonique de la Suisse issue de la version 2.0 de l'Atlas de la Suisse (2004) dans le but de lui attribuer des coordonnées géographiques. Pour exécuter cette demande, nous devons connaître les coordonnées précises d'au moins trois points localisés sur la carte. Les coordonnées des quatre coins de la carte tectonique de la Suisse étant connus (figure 27), le géoréférencement peut donc commencer.



Figure 27 : Coordonnées géographiques des quatre coins de la carte tectonique de la Suisse dans le système GCS_CH1903.

Géoréférencer une carte avec des coordonnées X et Y :

1. Ajouter l'extension « Georeferencing » en allant dans le menu « View – Toolbars ».
2. Importer la carte « fichier xxx.tif » en cliquant sur « Add data ».
3. Dans le menu « Georeferencing », cliquer sur « Fit to display ». Le pointeur de la souris devient alors une croix.
4. Cliquer sur la carte chaque point de contrôle (coordonnées connues) puis effectuer un clic-droit et sur « Input x-y » pour entrer les coordonnées.
5. Revenir dans « Georeferencing » et cliquer sur « Update Georeferencing » pour sauvegarder le système de coordonnées.

La carte est maintenant géoréférencée dans le système GCS_CH1903. Il est conseillé d'enregistrer cette carte au format « .lyr », dans le but de pouvoir la réutiliser, en effectuant un clic-droit sur la couche « Tectonique-Suisse.tif » et en cliquant sur « Save as layer file... ».

Après avoir effectué cette préparation, nous pouvons exploiter les données contenues dans le fichier « Exemple4.dbf ». Dans un premier temps, nous devons

définir les champs de la table contenant les coordonnées et le système de projection selon la démarche suivante (figure 28) :

1. Effectuer un clic-droit sur la couche « Exemple4 » puis cliquer sur « Display XY data... ».
2. Définir les champs « X field » et « Y field ».
3. Attribuer un système de projection en cliquant sur « Edit... ».
4. Une nouvelle fenêtre apparaît. Cliquer sur « Select... » puis rechercher le système de coordonnées géographiques dans le fichier « Europe ». Cliquer sur « CH1903.prj » puis sur « Add ».
5. Cliquer sur « Appliquer » puis sur « Ok ».
6. Le système apparaît alors dans la première fenêtre. Cliquer sur « Ok ».
7. Les points correspondant aux données du tableau « Exemple4.dbf » apparaissent sur la carte géoréférencée.

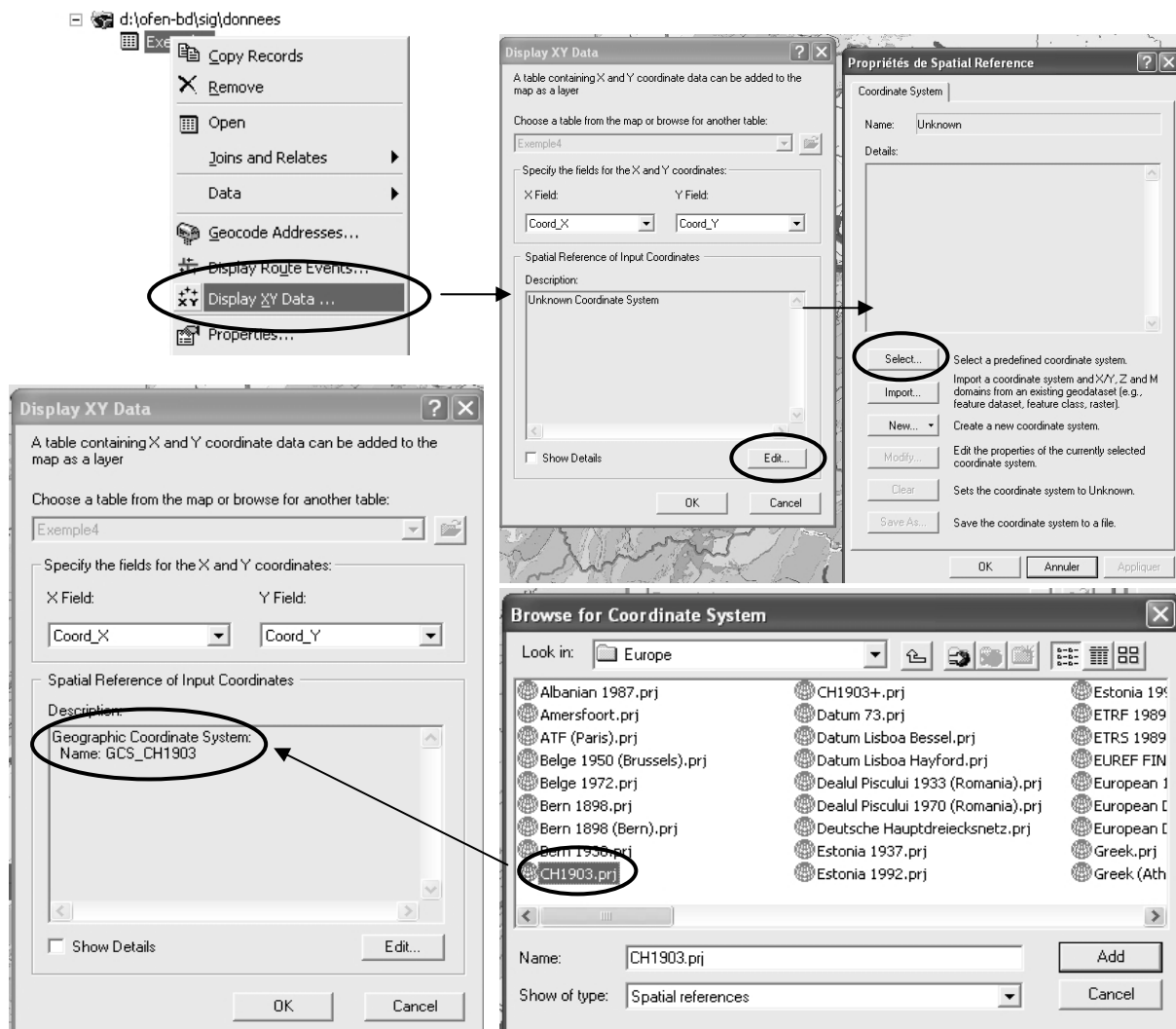


Figure 28 : Définition des champs contenant les coordonnées XY et du système de projection.

Les enregistrements de la table « Exemple4.dbf » comprenant des coordonnées X et Y sont désormais représentés par une série de points sur la carte tectonique de la Suisse. Nous pouvons étiqueter ces points en figurant les noms des sites (figure 3). Dans cet exemple, nous souhaitons seulement mettre en évidence les profondeurs des ouvrages géothermiques de la Suisse. Pour exécuter cette requête, nous regroupons toutes les profondeurs en 5 classes (< 200 m, de 200 à 500 m, de 500 à 1'000 m, de 1'000 à 2'000 m et enfin > 2'000 m) et nous attribuons un symbole à chaque classe. Localement, il existe des problèmes de superposition des points, nous devons donc choisir des symboles différents pour chaque classe et préciser l'ordre d'apparition des points. Pour effectuer ce travail, il suffit de se rendre dans les propriétés de la couche « Exemple4.dbf » par un clic-droit, de sélectionner l'onglet « Symbology » et de choisir « Profondeur » dans le champ « Value » (figure 29). La carte de la profondeur des ouvrages géothermiques de la Suisse est maintenant achevée, nous pouvons ajouter un titre, une échelle et une légende en se rendant dans le menu « Insert » (figure 30).

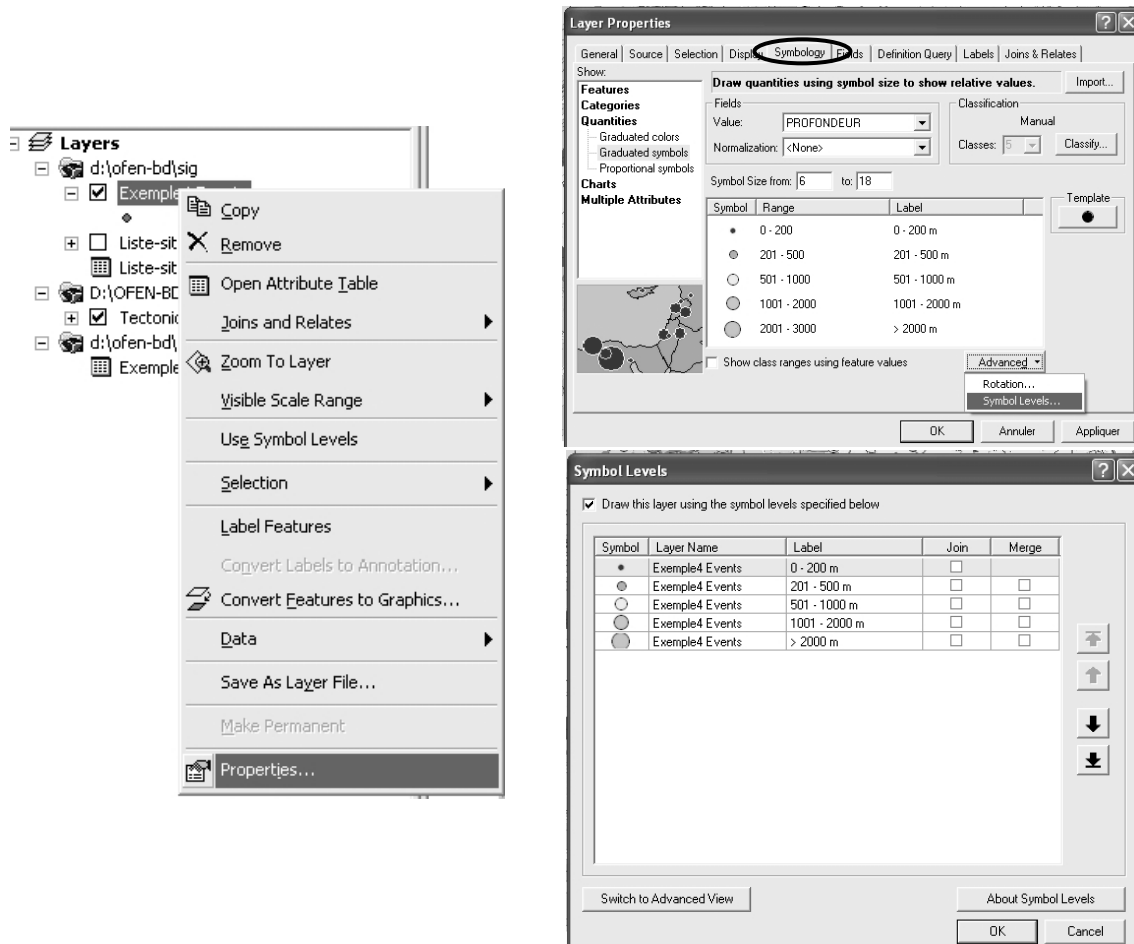


Figure 29 : Réalisation et représentation symbolique de la profondeur des ouvrages géothermiques de la Suisse.

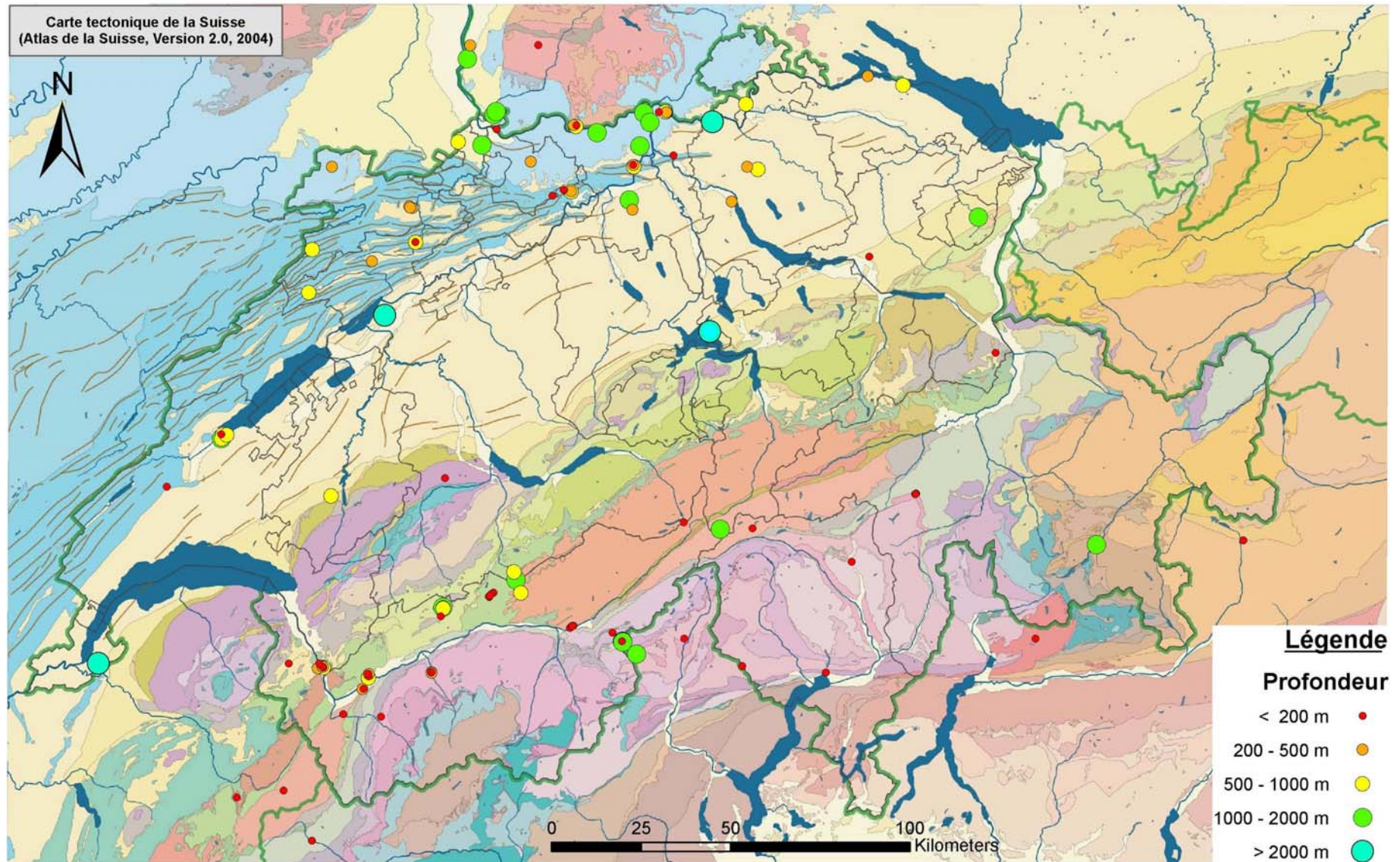


Figure 30 : Carte de la profondeur des ouvrages géothermiques de la Suisse.

4.4.4. Conclusion

La notice explicative accompagnant la base de données BDFGeotherm a été rédigée dans le but de :

- Présenter dans un premier temps la structure de cette base (figure1) ;
- Guider les potentiels utilisateurs n'ayant pas de connaissances suffisantes sur le logiciel ACCESS dans leurs recherches de données ;
- Montrer comment nous pouvons exploiter simplement les données contenues dans BDFGeotherm.

L'utilisation du SIG avec les données contenues dans BDFGeotherm est un moyen de représenter visuellement et pertinemment un ensemble d'informations. Il est possible d'étiqueter les points de la carte (figure 3) et de mettre en avant des données numériques avec différents symboles (figure 30). D'autres applications sont réalisables en consultant le guide d'utilisation d'ArcGIS.