

1.3 Unités stratigraphiques

Le contexte géodynamique des chaînes subalpines reste essentiellement marqué par les différentes transgressions marines ayant permis les dépôts sédimentaires (Figure 2.4). Ces dépôts rencontrés dans les massifs sont calcaires, marno calcaires et marneux. Le fond de vallées, au pied des massifs, est constitué principalement par des molasses (Figure 2.2).

Ce contexte favorise le développement des systèmes karstiques dans les différents horizons calcaires. Les dépôts carbonatés identifiés dans les massifs débutent au Jurassique. Les couches marneuses oxfordiennes représentent le substratum des aquifères calcaires du Kimméridgien et du Tithonique. Ces réservoirs karstiques se trouvent majoritairement sur le chaînon de l'Épine - Chat. Les dépôts du Crétacé caractérisent les massifs des Bauges et de la Chartreuse. Les marno-calcaires du Bérriasien jouent un rôle de couche imperméable des aquifères karstiques. Le Valanginien calcaire reposant sur les marno-calcaires constitue, par exemple, un réservoir en eau assez conséquent dans le massif de la Chartreuse. L'étage supérieur, défini par l'Hauterivien, se compose de marnes imperméables. Ces marnes constituent le substratum imperméable au sein des aquifères des calcaires massifs de l'Urgonien qui représentent des réservoirs importants dans les massifs subalpins. Le Tertiaire est essentiellement représenté en plaine par des molasses du Burdigalien. Quelques dépôts continentaux (grès) du Miocène affleurent également dans les massifs des Bauges.

Les différentes formations rencontrées sont détaillées en annexe 1 à partir de la littérature existante. Ainsi, pour le massif des Bauges, Gidon *et al.* [1963]; Nicoud [1973]; Lemordant [1977]; Lepiller [1980]; Zamolo [1980]; Mujito [1981]; Rampnoux [1998] et Najib Molai [2000] ont été consultés. Pour le massif de la Chartreuse, Gidon *et al.* [1969a]; Talour [1976]; Bozonat [1980]; Bergeret [1981]; Baudoin [1984] et Marchand [1985]. Pour le chaînon jurassien Gidon *et al.* [1963]; Lopez [2002] et Gallino [2007].

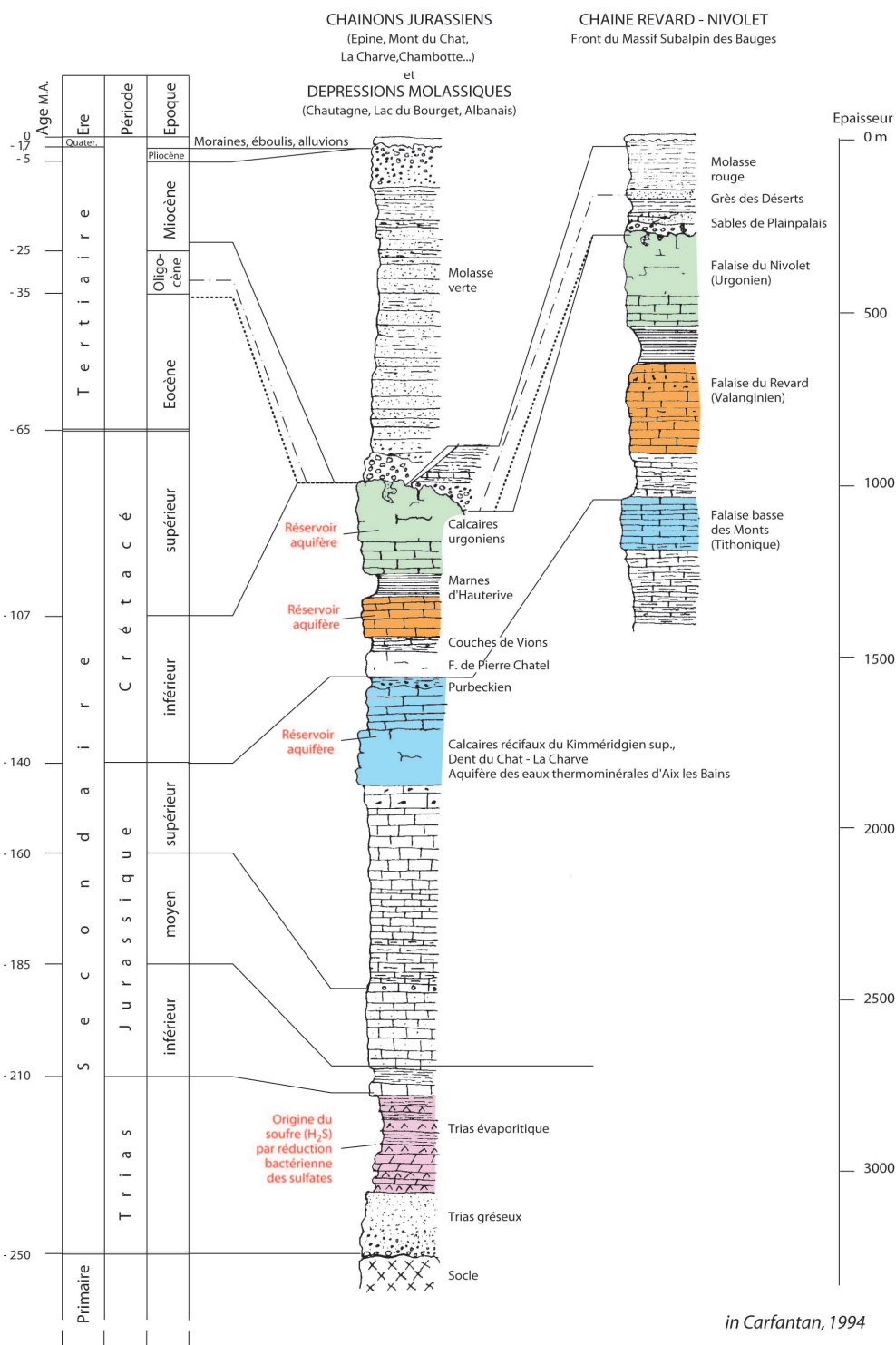


FIGURE 2.4 – Log stratigraphique synthétique du secteur d’Aix les Bains [Carfantan 1994]

1.4 Conditions climatiques

L'Ouest de la Savoie est soumis à des influences climatiques océaniques, continentales et méditerranéennes. De plus, le relief introduit une différenciation spatiale avec de nombreux climats locaux et des microclimats. La zone est définie par un climat montagnard. Sous l'influence des flux océaniques, elle est marquée par des précipitations abondantes estimées à 1500 mm/an en moyenne. Il est mesuré un gradient pluviométrique vertical annuel de 70 mm/100 m. Cette région possède donc le gradient pluviométrique le plus élevé du domaine Rhône-Alpin [Hobléa 1999].

Sous l'influence des flux ouest, la partie occidentale des massifs devrait recevoir le maximum des précipitations. Cependant, les stations météorologiques positionnées sur les différents massifs montrent des particularités dans la répartition des hauteurs de précipitations. Les cœurs des massifs qui possèdent une altitude moins élevée que leur pourtour, détiennent les records de précipitations. Ainsi, au cœur du massif de la Chartreuse, des valeurs annuelles supérieures à 2000 mm ont été relevées (Figure 2.5), avec un record de 2689 mm sur le monastère de la grande Chartreuse en 1995 [Météo France]. Le cœur du massif des Bauges montre des cumuls de pluie d'environ 1900 mm. Les stations météorologiques installées sur le chaînon de L'Epine-Chat ne mesurent pas de cumul aussi important. Dans sa partie Sud (proche de Vimines), les plus forts cumuls annuels sont estimés aux alentours des 1650 mm.

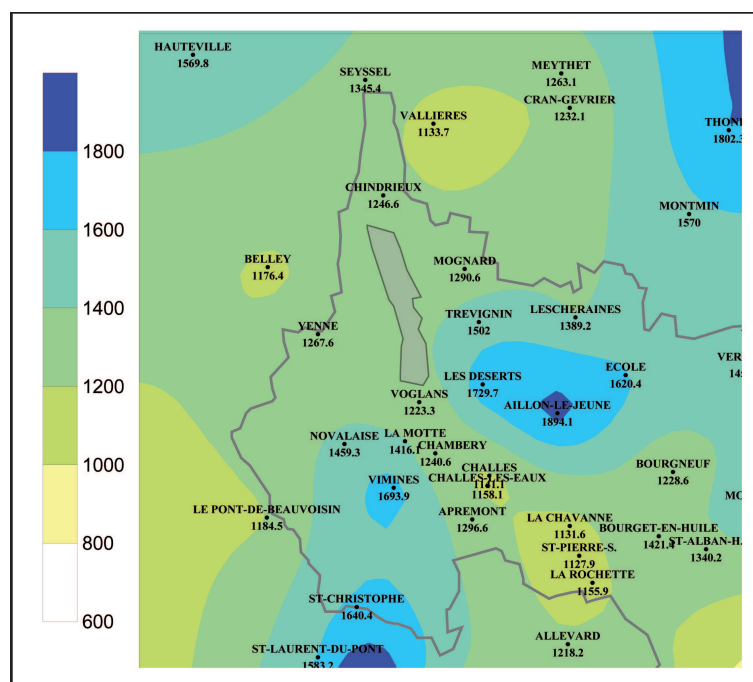


FIGURE 2.5 – Carte des précipitations moyennes annuelles (1992/2009) en millimètres sur l'Ouest de la Savoie [Météo France]

Les courbes des hauteurs des précipitations moyennées sur 5 ans (2006-2010) de trois stations météorologiques sont présentées en Figure 2.6. Elles représentent la station de Chambéry à une altitude de 245 m (en bleu), de la Dent du Chat (Chaînon

de l'Épine-Chat) à 1490 m (en rouge) et de La Féclaz (massif des Bauges) à 1500 m (en vert). Les trois courbes présentent les mêmes tendances. Elles montrent que, sur la période 2006-2010, les maximums des précipitations se situent aux mois de Mars, de Mai et de Novembre. Les mois les moins pluvieux sont les mois d'Avril et d'Octobre. Les valeurs moyennes annuelles de température sont inférieures à 10°C. Ce climat anormalement froid est lié à l'influence d'un fort gradient thermique (soit une perte de 0.5°C / 100 m) qui prédomine sur les flux océaniques relativement doux [Hobléa, 1999].

Les courbes des températures moyennes annuelles de trois stations météorologiques (Météo France) sont présentées figure 2.6. Les trois courbes évoluent de la même façon sur la période 2006 - 2010. Elles présentent un aspect unimodal avec un pic maximal pour le mois de Juillet. En été les températures moyennes sont comprises entre 15 et 20°C alors qu'en hiver elles varient entre -5 et 0°C.

Les températures moyennes mensuelles mesurées à la Dent du Chat et à La Féclaz sont très proches du fait d'une altitude des stations quasi similaires. Entre ces valeurs et celles mesurées à Chambéry, une différence de 5°C est notée induite par le gradient de température.

L'association des données du cumul mensuel des précipitations et des températures moyennes mensuelles permet de construire une courbe ombro-thermique de Gaussen (Figure 2.6). Cette courbe est utilisée afin de déterminer les mois humides et secs, au cours d'une année. Pour ce type de représentation, l'échelle des précipitations est deux fois plus importantes que celle des températures (10°C pour 20 mm de précipitation). Par convention, les mois pour lesquels la courbe ombrique (précipitations) est située au dessus de la courbe thermique sont des mois humides. Au contraire, les mois secs se signalent par le passage de la courbe thermique au dessus de la courbe ombrique [Lepiller 1980]. L'examen des courbes moyennes des trois stations sur la période 2006 - 2010 montre les mêmes tendances. Globalement, tous les mois sont humides car les courbes des précipitations sont toujours au dessus des courbes des températures moyennes. La période estivale, bien que la plus chaude, reste assez humide. Cette humidité est particulièrement présente en altitude. Seul le mois d'Avril marque une période d'humidité moins prononcée.

Le lac du Bourget, joue un rôle local important dans la régulation des températures. Il permet d'adoucir le climat en période froide par restitution de chaleur et de rafraichir les étés en absorbant une partie de la chaleur.

Représentativité de l'étude

La représentativité de l'étude est une phase importante dans cette recherche. Il est important de savoir si elle s'est effectuée pendant une période humide avec des réserves karstiques importantes ou dans une période sèche avec peu de réserve karstique. La station météorologique de Voglans (ou Chambéry-Aix) de par sa position centrale, représente bien la zone d'étude. Elle possède une chronique des précipitations relativement longue, de 1974 à 2011. Il faut bien entendu prendre en considération le gradient pluviométrique vertical pour extrapoler les données à l'ensemble des massifs.

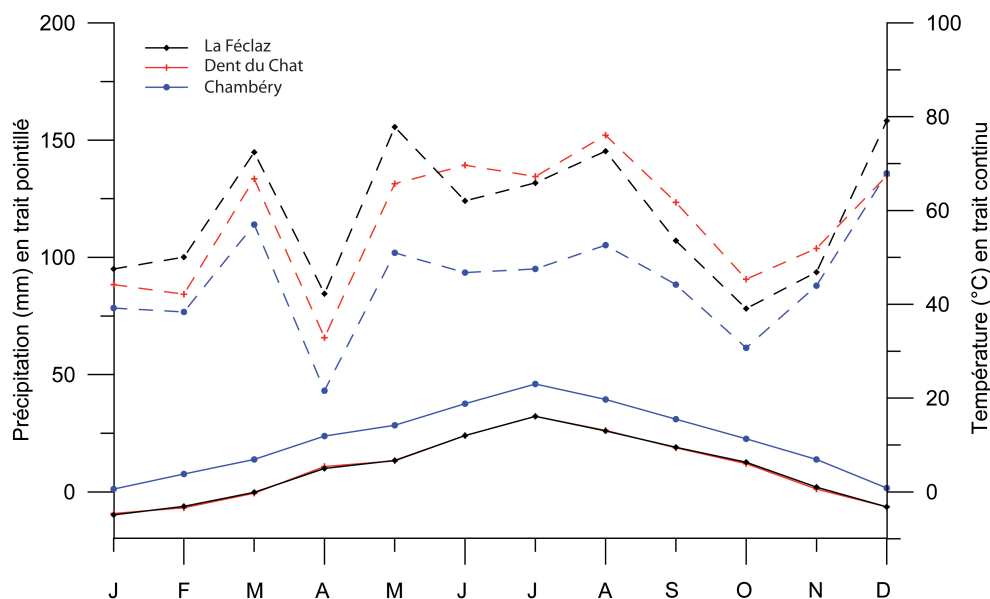


FIGURE 2.6 – Courbes ombro-thermiques de Gaussen de trois stations météorologiques : La Féclaz, La Dent du Chat et Voglans [2006-2010]

Traits continus = températures moyennes mensuelles, traits pointillés = précipitations mensuelles

La moyenne annuelle des précipitations sur 37 ans est de 1238.5 mm avec un écart type de 215.8 mm. La figure 2.7.a représente les écarts à la moyenne pluviométrique annuelle de 1974 à 2011. Nous notons que depuis 2004, toutes les années sont déficitaires. Afin de confirmer cette tendance, un second diagramme a été réalisé à une échelle plus restreinte, de 2000 à 2011 (Figure 2.7.b). La moyenne annuelle est plus basse avec un cumul moyen des précipitations de 1086 mm et un écart type de 164 mm. La figure 2.7.b présente les années 2009 à 2011 comme déficitaires à l'échelle mensuelle. L'étude se situe donc dans un contexte hydrologique de période sèche.

La répartition des pluies au cours des cycles hydrologiques est un paramètre important pour la représentativité de l'étude. La figure 2.8 présente les précipitations mensuelles sur la période de l'étude en fonction des valeurs moyennes calculées de 1974 à 2011.

L'année 2009 est globalement déficitaire de Janvier à Octobre. Seuls les mois de Novembre et de Décembre présentent un léger excès du cumul des précipitations par rapport aux valeurs moyennes. L'année 2010 présente les mois de Février, de Mai, d'Août et de Novembre comme des mois excédentaires dans le cumul des précipitations, alors que pour les autres mois, les précipitations sont déficitaires. L'année 2011 montre 3 mois excédentaires, les mois de Juin, Juillet et Décembre. Le cumul de précipitations de ces deux derniers mois est particulièrement important, représentant un excès de 150% vis à vis de la valeur moyenne. Enfin sur les trois années d'études, les mois d'Avril et d'Octobre sont très déficitaires, ils correspondent à 50% de la valeur moyenne.

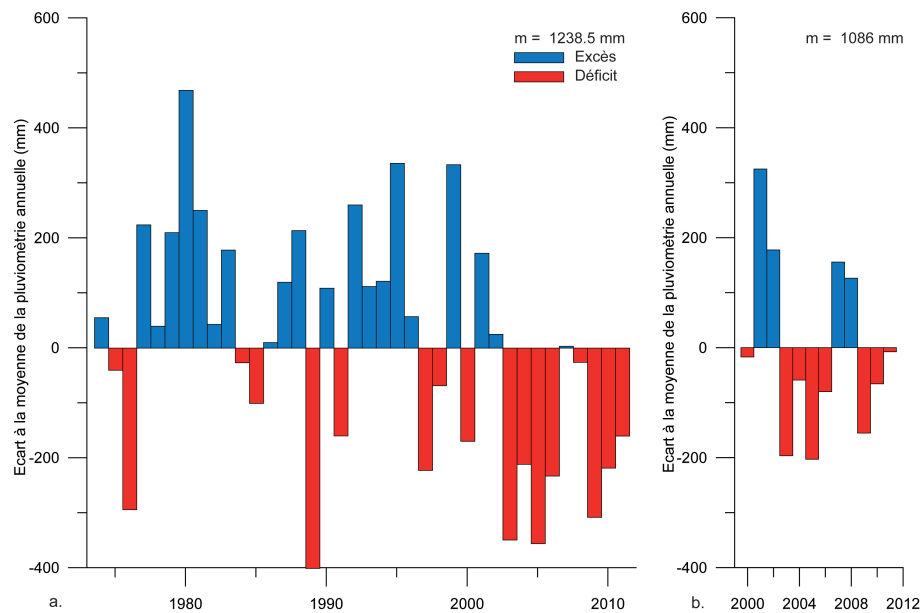


FIGURE 2.7 – Ecart à la moyenne pluviométrique annuelle à la station de Voglans de 1974 - 2011 (a) et de 2000 - 2011 (b)

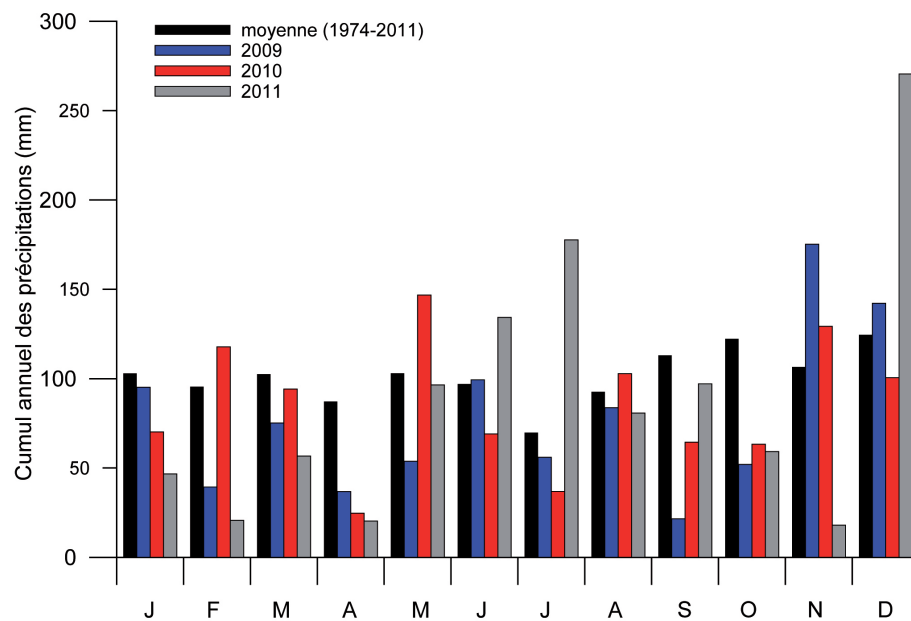


FIGURE 2.8 – Précipitations mensuelles de la période d'étude comparées aux moyennes de la station de Voglans (1974-2011)

Les trois années de recherche de la thèse se situe donc dans un contexte relativement chaud. Les précipitations sont déficitaires pour les mois de Mars - Avril et de Septembre - Octobre, alors que les mois de Novembre-Décembre sont excédentaires par rapport à la moyenne calculée sur 1974 - 2011. Ces trois années sont assez atypiques, il en sera tenu compte dans les analyses et les résultats (Cf infra).

2 Présentation des sites d'études

Pour répondre au mieux à la problématique de la vulnérabilité quantitative et qualitative des milieux karstiques des moyennes montagnes, 7 sites ont été sélectionnés.

Dans le cadre d'une identification d'un impact anthropique sur la qualité des eaux souterraines, quatre captages ont été retenus en relation avec le projet ALPEAU sur les critères suivants : (i) le contexte hydrogéologique (milieu karstique privilégié) ; (ii) les possibilités d'appareillage (débitmètre, turbidimètre, fluorimètre, . . .) ; (iii) le contexte forestier des périmètres de protection et plus largement du bassin d'alimentation (forêt publique privilégiée) ; (iv) l'état d'avancement de la procédure de mise en conformité des périmètres de protection des captages ; (v) l'accessibilité aux sources karstiques.

Ainsi les quatre sites retenus (Figure ??) sont le captage de La Roche Saint Alban (RSA) situé sur le chaînon de l'Épine-Chat, le captage de La Combe à Saint Cassin (SC) et de Fontaine Froide (ECH) à Saint Christophe-la-Grotte appartenant tous deux au massif de la Chartreuse et le captage de Fontaine Noire à Saint Jean d'Arvey (SJA) situé sur le massif des Bauges. En complément, la cavité karstique du Creux des Elaphes (ELA), dans le massif des Bauges, a été ajoutée pour caractériser les écoulements épikarstiques.

Dans le cadre de la vulnérabilité spécifique des systèmes karstiques face à un changement climatique, trois sites ont été sélectionnés car ils possèdent tous une longue série de données de débit et de précipitation. Il s'agit du système karstique de la Source du Groin appartenant au domaine jurassien, de la rivière du Chéran et de la source karstique de Bange - l'Eau Morte situées toutes les deux dans le massif des Bauges.

Chaque site retenu, en fonction des connaissances acquises, a fait l'objet d'une étude hydrogéologique afin de déterminer le fonctionnement des systèmes karstiques.

2.1 La Roche Saint Alban

Les sources de La Roche Saint Alban (Figure 2.9) appartiennent au flanc oriental du grand anticlinal du chaînon de l'Épine - Dent du Chat (Figure 2.2). Le chevauchement, à l'Est de Vacheresse, plonge vers l'Est et semble s'horizontaliser à des profondeurs relativement faibles. Cette interprétation est réalisée à partir des profils sismiques [Gidon et Barfety 1969] et du tracé du tunnel d'évacuation des eaux usées du Bourget du Lac qui recoupe cet accident. Le karst se développe dans les calcaires du Kimméridgien jusqu'au Valanginien. Les émergences se situent à 525 m d'altitude, au contact des marnes hauteriviennes constituant le toit de l'aquifère. Ce contact est masqué par des éboulis grossiers.



FIGURE 2.9 – Evacuation du trop plein des sources hautes de La Roche Saint Alban

Les couches réservoirs, composées par les calcaires du Jurassique supérieur et du Berriasien-Valanginien, plongent sous les marno-calcaires de l'Hauterivien (Figure 2.10). Les couches aquifères constituent ainsi une zone noyée sous la source permettant une réserve relativement importante [Rampnoux 1998]. L'aquifère est limité à sa base par des marnes oxfordiennes imperméables (Figure 2.10).

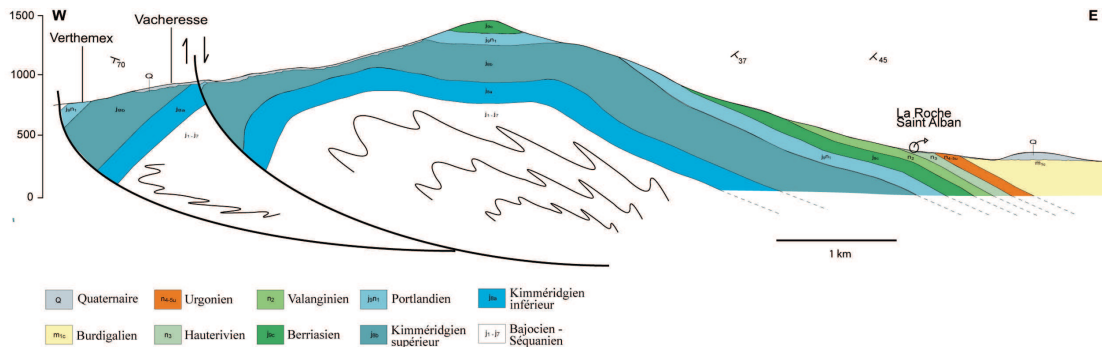


FIGURE 2.10 – Coupe géologique interprétative passant par la source de La Roche Saint Alban

Sur le bassin d'alimentation, le Tithonique est très fracturé et particulièrement altéré sur plusieurs mètres de profondeur. Ceci peut favoriser le développement d'un aquifère épikarstique. La source, située dans une légère dépression selon un axe Nord - Sud, draine le flanc oriental de l'anticlinal. Des traçages réalisés sur le chaînon [Rampnoux *et al.* 1985] ont prouvé que le sommet de l'anticlinal faisait partie, entre autres, de la zone de recharge de la source (Le traçage est présenté en Annexe 2).

Sur le bassin d'alimentation d'une superficie estimée à 8 km², de nombreuses cavités, correspondant à des puits verticaux, ont été répertoriées. Aucune galerie horizontale pénétrable n'est reconnue. Des relevés de terrain [Rampnoux *et al.* 1985] permettent de réaliser une analyse statistique de la fracturation de surface sur le bassin d'alimentation de la source (Figure 2.11). Cette analyse, basée sur la mesure d'une cinquantaine de relevés de fracture, montre deux familles majeures de fracturation de direction N080-N090 et N100-N120. Ces familles possèdent une direction similaire à la faille transverse à jeu sénestre du col du Chat dans sa partie Est [Rampnoux *et al.* 1985]. Elles sont rattachées à la phase de compression Alpine Est-Ouest. L'intense fissuration rend les calcaires très perméables avec des directions privilégiées d'écoulement N080-N090 et N100-N120.

Le captage alimente en eau potable une partie de la commune du Bourget ainsi que les lieux-dits alentours. Le débit moyen capté est de 21 L.s⁻¹. Sur les deux sources

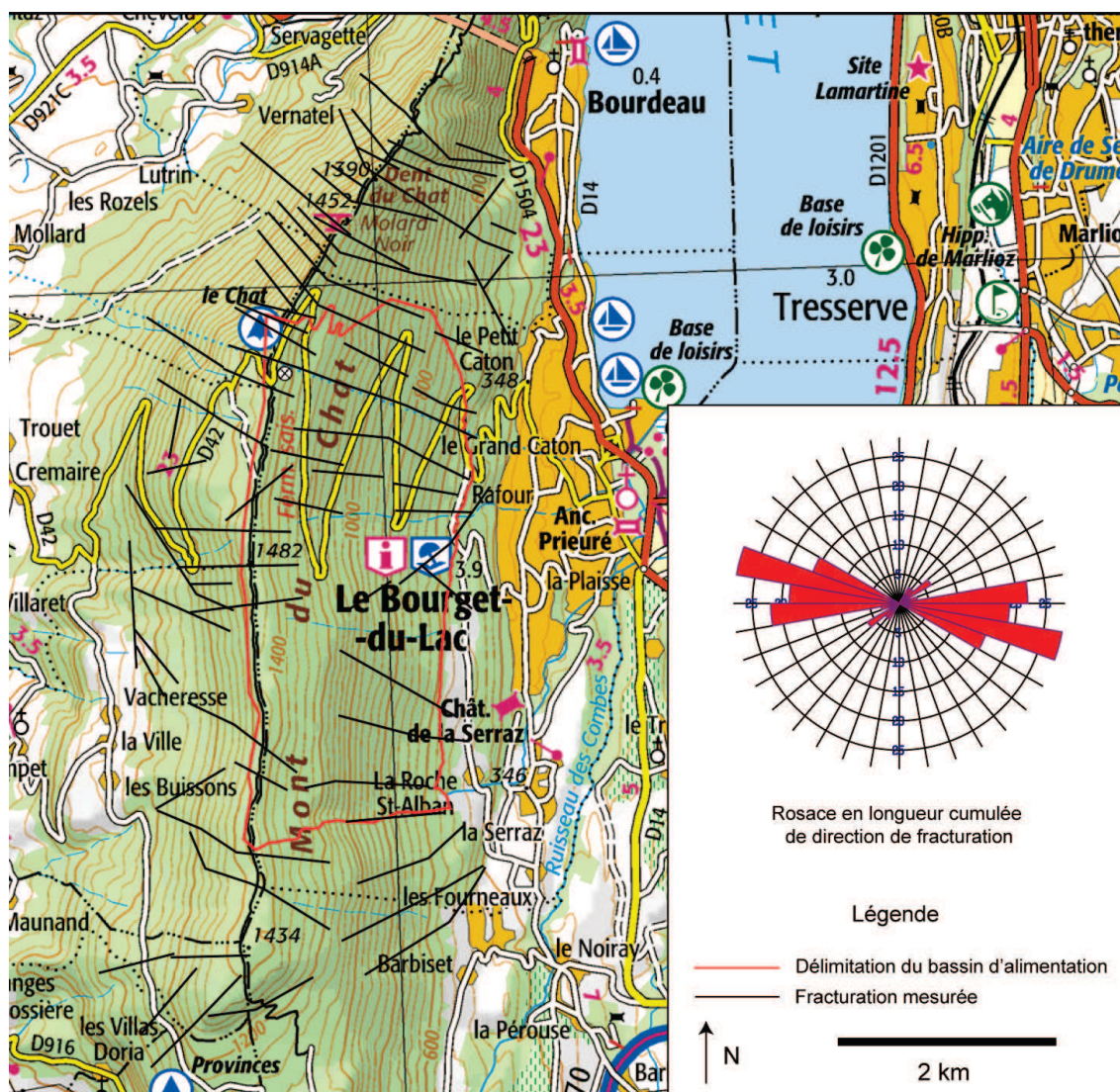


FIGURE 2.11 – Représentation des fractures et de la rosace en longueur cumulée des directions de fracturations du bassin d’alimentation de La Roche Saint Alban

karstiques de ce système, seule la source du bas est captée pour l’alimentation en eau potable. Le trop plein a été canalisé initialement pour le fonctionnement d’une centrale hydroélectrique maintenant abandonnée. Le site est équipé pour pouvoir mesurer le débit de l’ensemble des exutoires. Cette mesure intègre le volume d’eau passant dans un canal venturi, qui sert à l’AEP, ainsi que l’eau rejetée dans le ruisseau du Nant Varon calculée via un capteur de pression qui mesure la hauteur d’eau à l’amont et d’un seuil trapézoïdal adapté à de fortes amplitudes de débit (entre 30 et plus de 700 L.s⁻¹ sur les chroniques étudiées).

2.2 La Combe à Saint Cassin

Le captage de La Combe (Figure 2.12) se situe dans la partie la plus occidentale de la Chartreuse (Figure 2.2). Cette zone présente une structure anticlinale déversée vers l’Ouest, le flanc occidental étant subvertical et le flanc oriental penté vers l’Est. La route anticlinale épaisse plonge vers le Nord (Figure 2.13) et est affectée par de

nombreux accidents tectoniques. Le karst se développe dans des calcaires lités du Valanginien. L'exutoire, capté depuis 1955 sur le hameau de La Combe, appartient à la commune de Saint Cassin. Le captage consiste en une galerie de gros diamètre qui s'enfonce de 12 m dans le talus pour drainer les calcaires valanginiens. L'eau captée arrive dans des bacs décanteurs, où d'un côté l'eau est acheminée à la station de filtration en contre bas et de l'autre côté elle se déverse dans un ruisseau temporaire menant à la cascade de Couz. La station de filtration, se situe à une cinquantaine de mètre du captage et permet un apport de $20 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ pour la ville de Chambéry. La station possède deux membranes de filtration une première à $500 \mu\text{m}$ et une deuxième à $0.2 \mu\text{m}$.



FIGURE 2.12 – Captage de la source de La Combe

La source se situe à une altitude de 586 m et possède un bassin d'alimentation estimé à 2.5 km^2 . L'émergence ne se trouve pas au contact direct des marnes hauteriviennes (Figure 2.13) mais à un niveau où les calcaires du Valanginien à faciès dit "marbre batard" [Gidon and Barfety 1969] deviennent plus compétents. Au dessus du Valanginien sont posées les marno-calcaires hauteriviens. Enfin, la série se termine par des puissants calcaires urgoniens qui déterminent le Mont Outheran, la dent du Corbeley et la dalle de Bonne Allée.

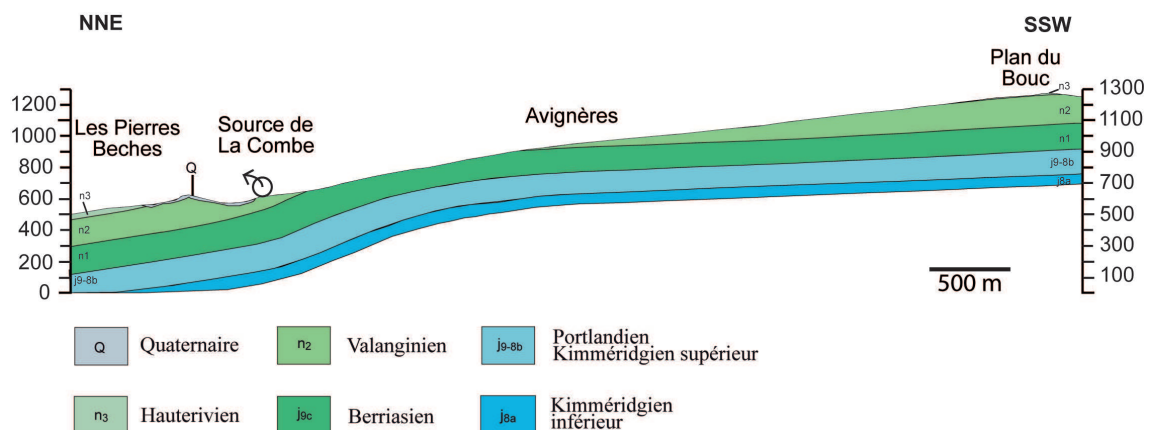


FIGURE 2.13 – Coupe géologique interprétative NNE-SSW passant par La Combe (voir tracé du trait de coupe 4 Annexe 2)

La source draine une bonne partie de l'anticlinal du Corbeley situé plus au Nord. La structure de l'aquifère valanginien induit une partie noyée sous la source avec un

volume relativement important (Figure 2.14).

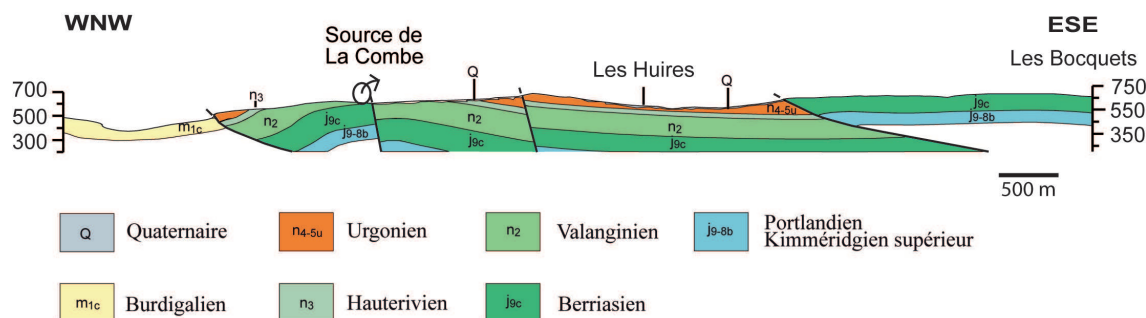


FIGURE 2.14 – Coupe géologique interprétative WNW-ESE au niveau de La Combe (voir tracé du trait de coupe 4' Annexe 2)

Il n'existe pas, sur la zone d'intérêt, de réseau karstique topographié (même si le Mont Outhéran présente des réseaux visitables par l'homme), ni de fractures mesurables sur le terrain. L'analyse du développement du système karstique de La Combe n'est donc pas réalisable. Cependant, les réseaux de dissolution sont bien développés dans les calcaires valanginiens et urgoniens. Les calcaires urgoniens sont très perméables mais leur disposition structurale orientée vers l'Est ne permet pas un apport en eau. La source de La Combe est principalement alimentée par les calcaires du Valanginien, les marno-calcaires hauteriviens étant pratiquement imperméables.

2.3 Fontaine Noire à Saint Jean d'Arvey

Appartenant au massif des Bauges, la source de Fontaine Noire (Figure 2.15), située à 730 m d'altitude, correspond à l'exutoire du Mont Peney (Figure 2.2). Le système karstique de Fontaine Noire, de type jurassien, possède un bassin d'alimentation de 3.5 km². L'émergence en sortie de grotte a été aménagée pour capter un débit moyen de 15 L.s⁻¹ afin d'alimenter en eau potable la commune de Saint Jean d'Arvey. En période d'étiage, le débit de la source est estimé à 5 L.s⁻¹ tandis qu'en période de crue il peut atteindre les 700 L.s⁻¹.



FIGURE 2.15 – Captage de la source de Fontaine Noire

Situé au Nord du système Revard - Féclaz, le système karstique se développe dans les calcaires massifs de l'Urgonien (Figure 2.16). L'aquifère est limité à sa base par une couche imperméable formée par les marnes hauteriviennes (Figure 2.16). Les eaux peuvent localement traverser des dépôts continentaux caractérisés par des argiles sableuses rougeâtres, des sables, des grès et des micropoudingues.

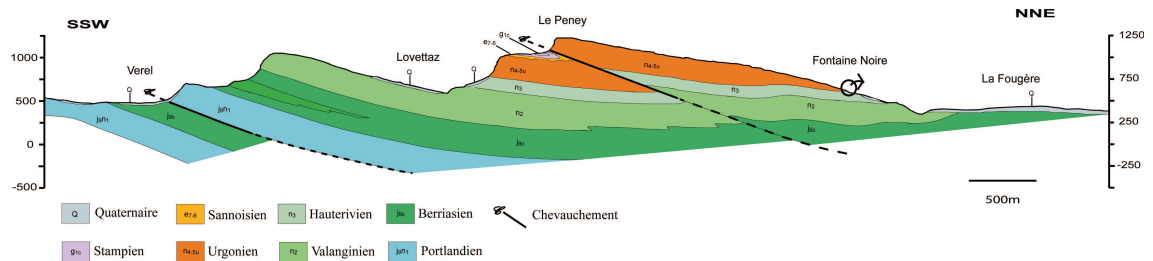


FIGURE 2.16 – Coupe géologique interprétative SSW-NNE au niveau de Fontaine Noire

(voir tracé du trait de coupe 3 Annexe 2)

Dans les années 70, la topographie de l'exsurgence de la source a été réalisée sur une distance de 450 m dans l'Urgonien. En s'appuyant sur le schéma (Figure 2.17), il a été possible de déterminer des directions préférentielles du développement du système karstique à proximité de l'émergence. Comme une seule partie du réseau karstique a été visitée, l'analyse ne donne qu'une tendance du développement karstique.

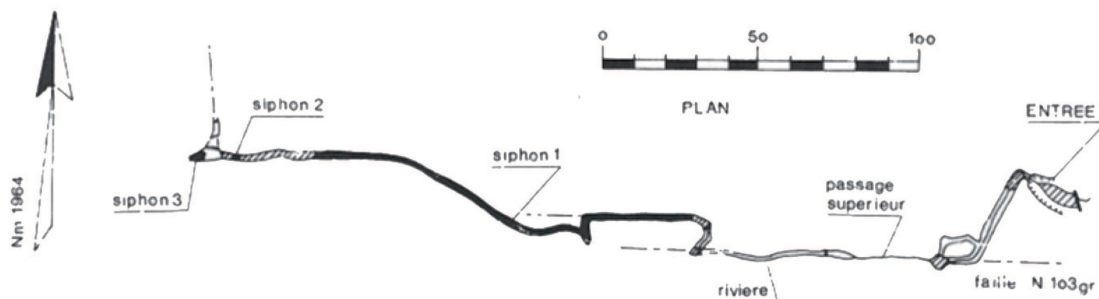


FIGURE 2.17 – Topographie de la grotte de Fontaine Noire [cds73 1975]

L'analyse statistique des directions du développement karstique en longueur cumulée permet de faire ressortir une direction majoritaire N090-N100 qui caractérise un développement de failles de direction N100. De plus, deux directions mineures N020-N030 et N110-N120 de développement karstiques sont concordantes avec les directions des fractures relevées sur le terrain.

2.4 Fontaines Froides aux Echelles

Deux cavités appartenant aux gorges de l'Echaillon [Lopez and Delannoy 2002] composent le système karstique des Echelles. La première Fontaine Froide, appelée aussi Fontaine Vive (Figure 2.18), se situe à 425 m d'altitude soit quelques mètres au dessus du cours du Guiers vif. L'émergence pérenne a été aménagée après la seconde guerre mondiale et alimente, par un répartiteur, les communes de Saint-Christophe-la-Grotte, les Echelles, Entre-Deux-Guiers et Saint-Christophe-Entre-Deux-Guiers. A l'étiage, le débit est estimé à 25 L.s^{-1} et le débit moyen serait de 250 L.s^{-1} . Il y est capté $500 \text{ m}^3.\text{j}^{-1}$.



FIGURE 2.18 – Captage de la source karstique de Fontaine Froide [Hobléa 2008]

La seconde cavité, appelée Grotte Perret – Fontaine Froide des Echelles, se situe 20 m au dessus de la source pérenne. Ce réseau, comprenant deux entrées, possède un développement de 2400 m auquel peut s'ajouter 900 m de galeries noyées. Ce trop plein de Fontaine Froide s'ouvre par un grand porche (20 m sur 20 m) encombré par de nombreux débris (blocs issus de la gélifraction, galets morainiques, argiles...).

La source de Fontaine Froide se situe à la limite du massif jurassien du Mont Beauvoir et du massif de la Chartreuse. Le système karstique se développe dans les calcaires à faciès Urgonien du Barrémo-bédoulien (Figure 2.19); ces calcaires constituent l'un des traits communs entre les domaines subalpins et jurassiens.

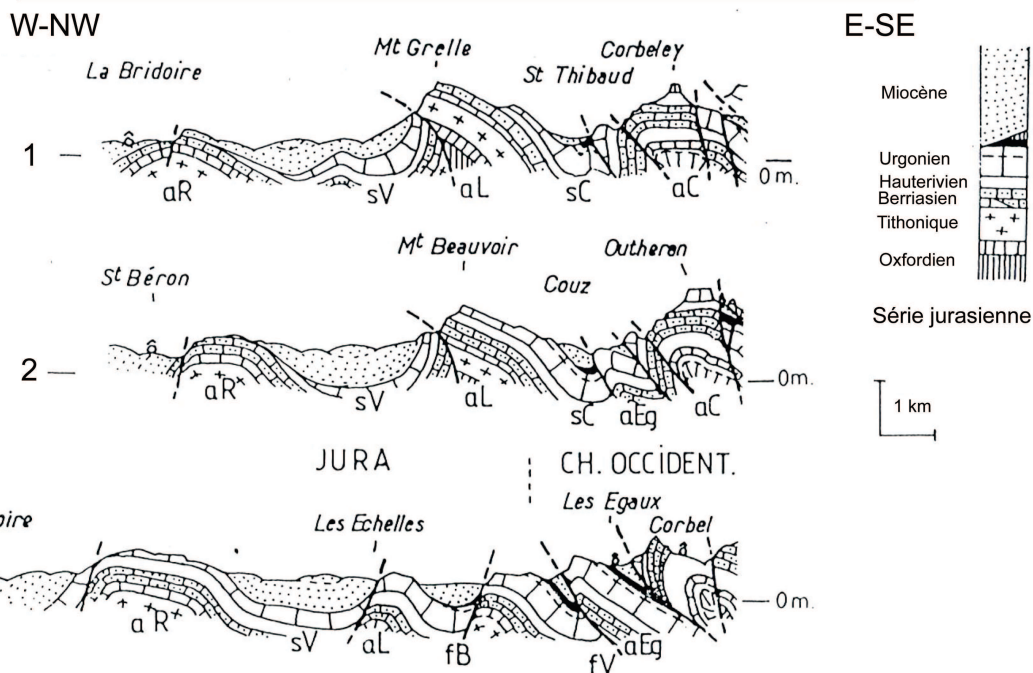
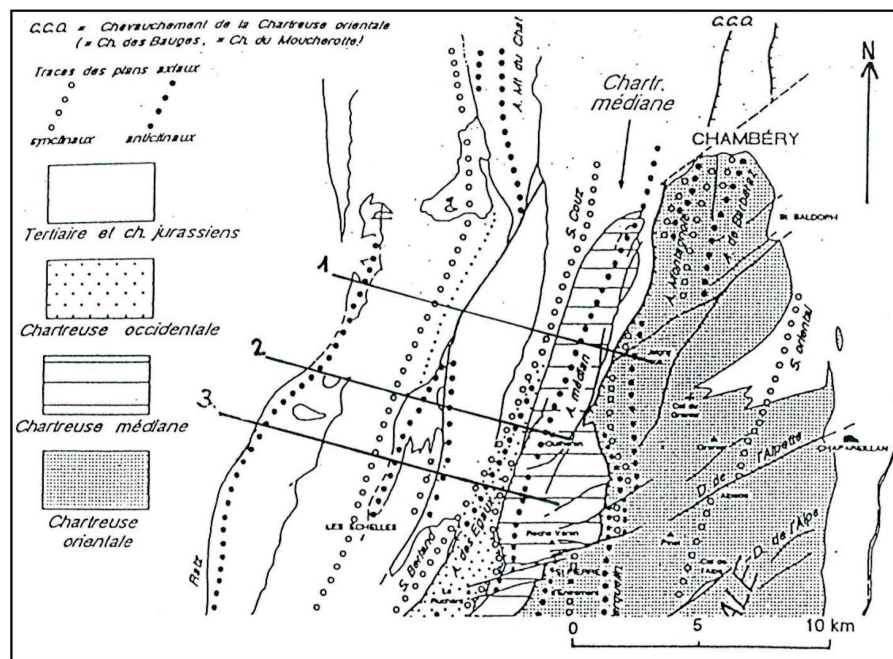


FIGURE 2.19 – Dispositif structural de la Chartreuse et de la terminaison méridionale du Jura [Gidon 1990]

Le système karstique des Echelles possède plusieurs émergences dont les périodes de récurrence varient (Tableau 2.1). Il existe deux hypothèses concernant ce phénomène : soit la mise en charge occupe tout le réseau soit elle est locale.

L'exploration du réseau Grotte Perret – Trou du Four a permis la réalisation d'un plan topographique (Figure 2.20). A partir de celui-ci, on peut déterminer les directions préférentielles du développement karstique (Figure 2.20). L'analyse des directions du développement karstique en longueur cumulée (Figure 2.20) permet de dégager trois directions de développement. Les deux directions N010-N020 et N080-

Tableau 2.1 – Paramètres issus de l’analyse des courbes de récession

| Exsurgences | Récurrence |
|---|---------------------|
| Emergence occulte dans le lit du Guiers | Exsurgence pérenne |
| Fontaine Vive | Exsurgence pérenne |
| Grotte Perret ou Fontaine Noire | 10 à 15 fois par an |
| Grotte supérieure des Echelles | 1 à 3 ans |
| Trou du Four | 15 ans |
| Grotte de la Folatière | 20 ans |

N090 pourraient être expliquées par la tectonique de surface, la faille de Voreppe présente, sur ce massif, une direction Nord – Sud associée à des décrochements Est - Ouest. Nous observons aussi un développement karstique majeur possédant une direction N140-N150.

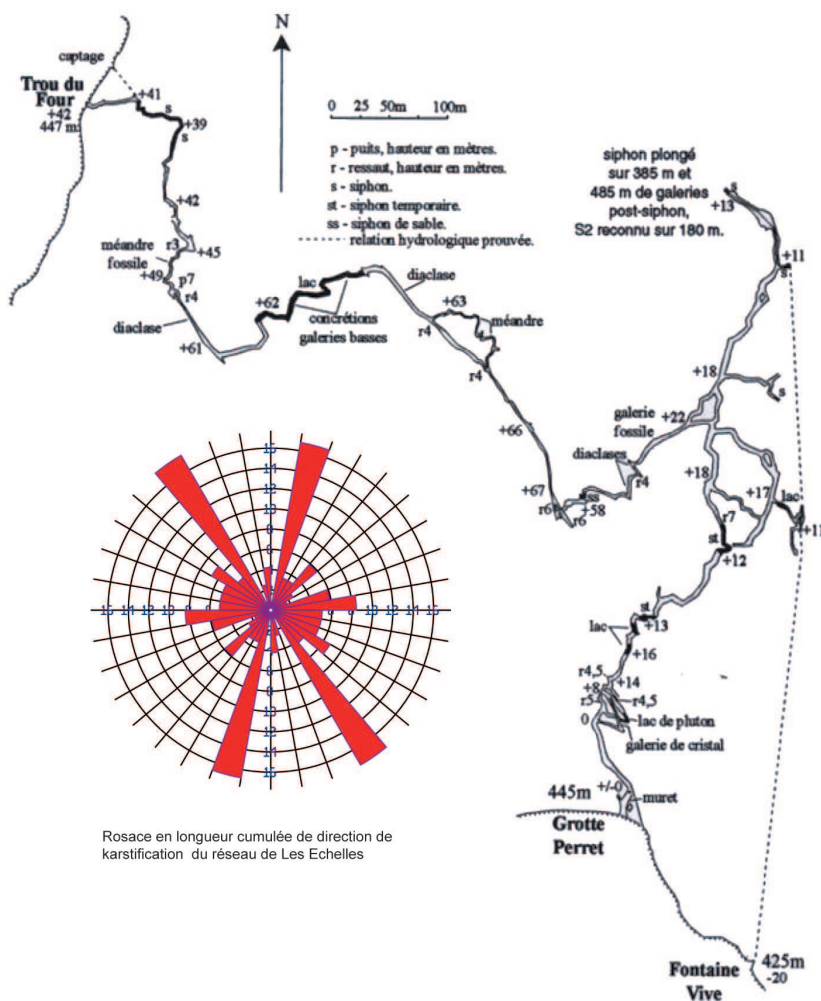


FIGURE 2.20 – Topographie du réseau des Echelles (www.Plongéessout.fr)

2.5 Le Creux des Elaphes

Situé au Nord-Ouest du plateau du Revard (Figure 2.2), la cavité karstique nommée le Creux des Elaphes (Figure 2.21) se situe à une altitude de 1370 m. Elle s'est développée en subsurface (d'une profondeur variant de -4 à 14 m) au Miocène dans les calcaires du Barrémien à faciès Urgonien [Hobléa et Philippe 2001]. Le Creux des Elaphes appartient au système karstique de la source du Sierroz. La surface du karst est constituée de deux types de sol : les organosols qui se développent sur des dalles calcaires lapiazées ; les calcisols et les brunisols (sols bruns calciques et sols bruns) qui se développent dans les dépressions sur des dépôts limono argileux. Le Creux des Elaphes est un site pilote du laboratoire EDYTEM, il a déjà fait l'objet de nombreuses expériences, notamment pour la compréhension du moonmilk.

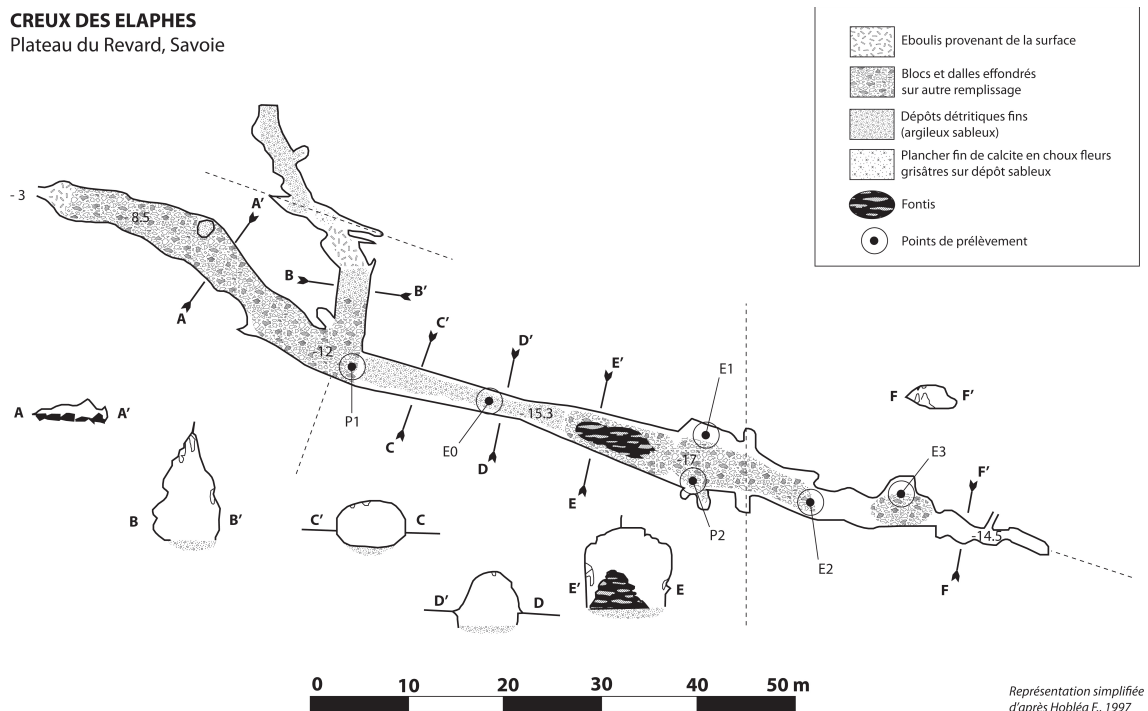


FIGURE 2.21 – Cartographie spéléo-morphologique du Creux des Elaphes [Hobléa 1997]

2.6 Bange – l'Eau Morte

Appelé aussi système du Nant de la Combe, le système est localisé dans le massif des Bauges et correspond à l'exutoire le plus important du Semnoz. Ce système de petite taille possède une grande karstification permettant un écoulement très rapide des eaux. Il occupe une superficie de 12,3 km² et s'étend de 640 à 1699 m d'altitude, avec une altitude moyenne de 1225 m. Ce système doit son nom aux deux grottes qui permettent d'accéder directement à la zone saturée, la grotte de Bange et la grotte de l'Eau-Morte, situées à proximité du seul exutoire pérenne du système, le Nant de la Combe. D'un point de vue stratigraphique et tectonique, ce système est très homogène : sa lithologie est constituée à plus de 90% par une dalle de calcaire urgonien et aucune faille majeure ne vient rompre l'homogénéité de la dalle cal-

caire (Figure 2.22).

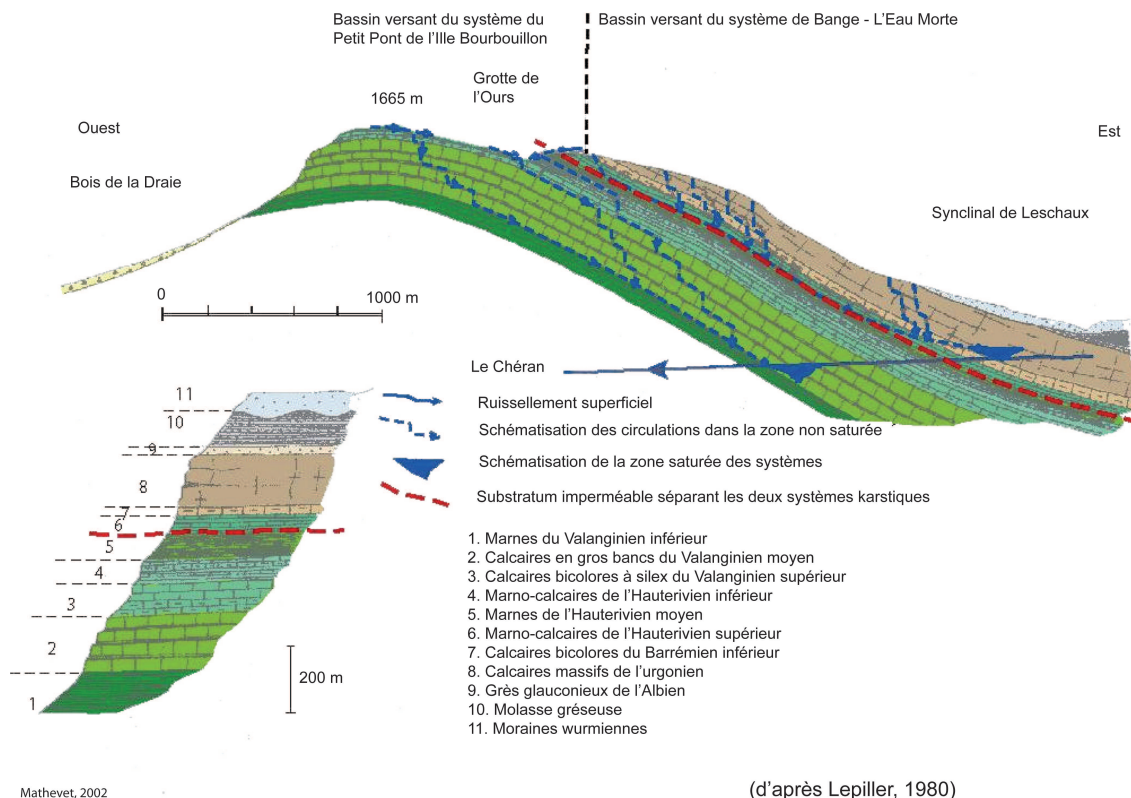


FIGURE 2.22 – Coupe perpendiculaire à l’axe de l’anticlinal du Semnoz [Mathevet 2002]

Etudiée depuis les années 70 par Lepiller, la source de Bange - l’Eau Morte a été caractérisée lors des travaux de Mathevet [2004] expliquant l’existence d’un trop plein à partir de $0,7 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ à partir de la courbe des débits classés. Elle présente une double rupture de pente qui selon Mathevet pourrait s’expliquer par la reprise d’un paléokarst plus transmissif. Cependant, Marsaud [1997] explique ce type de double pente par le piégeage d’une réserve lors de la décrue et sa restitution lors du tarissement. Ce système est de type Aliou selon la classification de Mangin [1975]. La réponse de ce type de système s’explique par un hydrogramme unitaire d’un bassin de surface présentant : un effet mémoire réduit (peu de réserves), une fréquence de coupure très haute (peu de filtrage) et un temps de régulation court (réponse impulsionnelle très brève).

L’analyse des directions du développement karstique en longueur cumulée (Figure 2.23) permet de définir une direction principale d’orientation N020-N030 (30 %). Cette direction pourrait correspondre à l’axe des plissements sur cette zone. On peut noter aussi la présence de deux directions secondaires : la première orientée N120-N130 (15 %) pourrait être induite par l’ouverture des failles lors de la compression Miocène ; la deuxième direction N180-N010 (11 %) pourrait être caractéristique de l’ouverture des failles lors de la phase d’extension Oligocène.



FIGURE 2.23 – Topographie du réseau Bange – l’Eau Morte (Plongéessout)

2.7 Le Chéran

Le Chéran (Figure 2.24) est une rivière qui draine un bassin versant de 433 km² (Figure 2.25) appartenant à deux départements : la Savoie et la Haute Savoie. Il prend sa source dans le massif des Bauges à 1450 m d’altitude dans le vallon de Belliveaux.



FIGURE 2.24 – Le Chéran [photographie de Pegeot 2011]

Le réseau hydrographique du Chéran repose essentiellement sur des calcaires permettant une infiltration et des circulations souterraines, toutefois sur sa partie aval lorsque le substratum est molassique, il s’encaisse dans de profondes gorges. De direction Nord - Ouest, il s’écoule sur plus de 50 km. Il possède de nombreux affluents tels que le ruisseau des Grands Prés (ou des Clos) à École, le Nant de Jarzy, le Nant d’Aillon, le Nant des Granges au Châtelard ou encore le Nant d’Orange ou Saint Martin à Lescheraines. Le Chéran possède un régime pluvio-nival avec des débits maximums de Mars à Mai ainsi qu’en automne. Les débits sont régulés par

les chutes de pluie et de neige, les débits caractéristiques du Chéran sont reportés dans le tableau 2.2.

Tableau 2.2 – Débits moyens du Chéran [données Agence de l'Eau]

| Paramètres | Débits $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ |
|--------------------|-----------------------------------|
| Module interannuel | 9.5 |
| Crue décennale | 210 |
| Crue centennale | 340 |
| Etiage sévère | 1 |

Pour notre étude, l'ensemble du bassin versant de la rivière n'a pas été étudié, les données de la banque Hydro (gérée par la DREAL) ont été obtenues à la station hydrologique d'Allèves. Cette zone couvre un peu plus de 70% du bassin versant. Cette rivière est intéressante pour notre étude, car elle est alimentée par de nombreuses sources karstiques.



FIGURE 2.25 – Présentation du bassin versant du Chéran [Lecuret *et al.* 2010]

2.8 La source du Groin

La source du Groin (Figure 2.26), à Artemare dans l'Ain, appartient au massif jurassien. Située à 516 m d'altitude, cette source de type vaclusien peut atteindre des débits maximums de $5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. D'après la fiche de l'étude des ressources en eau souterraine des massifs calcaires du département de l'Ain réalisée par le bureau ATM3D : *"Le système karstique s'inscrit dans le vaste synclinal du Valromey. Il est délimité à l'Ouest par l'anticlinal de Cormaranche-les-Moussières et à l'Est par l'anticlinal chevauchant du Grand-Colombier. Le Valromey a subi un important recouvrement glaciaire masquant les éventuelles failles et formes karstiques. Les flancs du synclinal sont composés par les formations Bathoniennes à Berriasiennes inférieures, le fond par le Crétacé (Berriasien à Aptien), le Miocène inférieur et les dépôts glaciaires. L'aquifère karstique principal se développe dans les calcaires du Portlandien et du Valanginien. Le Kimméridgien supérieur marneux joue le rôle d'éponte imperméable sur les deux tiers Nord du synclinal. Le réseau de drainage n'est que partiellement connu dans la partie amont du système (grotte de Préoux 8,3 km) et dans la partie aval (source du Groin : 1,8 km) où les reconnaissances en plongée ont mis en évidence une zone noyée importante"*.

Cette même fiche donne une superficie totale du bassin d'alimentation de 162.44 km², avec 94.6 km² de superficie de terrain non karstifiable et 67.84 km² de terrain karstique. La source donne naissance au ruisseau du Groin qui rejoint le Sérán sur la commune d'Artemare 2.36 km à l'aval, après avoir reçu les eaux de l'Arvière, ruisseau de plus de 12 km de long (données Syndicat Mixte du Sérán).

Il est à noter que la station de jaugeage dont nous utilisons les données au chapitre 7 est situé à Artemare proche de la confluence avec le Sérán. Or, d'après les données de la DREAL (Banque Hydro et Hydroreel) la superficie du bassin d'alimentation de surface de la station de jaugeage du Groin est de 42 km². En l'absence de traçage démontrant la relation pérenne entre la vasque du Groin et le ruisseau du Groin, c'est à titre hypothétique et selon toute vraisemblance qu'il faudrait donc considérer comme superficie totale du bassin d'alimentation de la station de jaugeage l'ensemble bassin versant de la source du Groin (162.44 km²) plus le bassin d'alimentation de surface du ruisseau du Groin (42 km²) soit un total de 204.44 km². Subsiste également une incertitude concernant les deux sources de Saint Martin, affluentes directes du Sérán, soupçonnées être l'exutoire pérenne du système karstique du Groin.



FIGURE 2.26 – Le trop plein de la source du Groin [photographie de Grinand 2010]

En surface, ce vaste système comporte aussi d'autres petits sous systèmes comme celui de la Grotte du Pic à Songieu, de l'Adoue ou de Chavillieu qui se développent dans les niveaux calcaires de l'Hauterivien et de l'Urgonien et alimentent le Séran. Une partie des eaux précipitées sur ce système sont drainées par un écoulement aérien (le Séran).

3 Conclusion

Le choix des systèmes karstiques pour l'étude de la vulnérabilité intrinsèque et de la vulnérabilité spécifique aux activités anthropiques a été basé à partir de plusieurs critères. Ils devaient être caractérisés par :

- un accès simple pour pouvoir prélever facilement des échantillons d'eau ;
- un bassin d'alimentation karstique boisé et peu anthropisé ;
- un équipement complet permettant de suivre en continu les débits, les températures et les conductivités ;
- des travaux de sylviculture programmés dans le bassin d'alimentation (hormis le site de Fontaine Froide qui n'a pas fait l'objet de travaux).

Pour l'étude de l'impact lié au changement climatique, le choix s'est porté sur trois sites possédant une longue série de données de débits.

Au final, les sept sites d'études sont bien représentatifs des milieux boisés de moyennes montagnes. Le site de La Roche Saint Alban et la source du Groin à Artemare caractérisent les systèmes des massifs jurassiens. Le Creux des Elaphes, le système karstique de Fontaine Noire et la rivière du Chéran représentent le massif des Bauges. Enfin, les systèmes karstiques des Echelles (ou Fontaine Froide) et de La Combe représentent le massif de la Chartreuse. Une synthèse des données des sites d'étude est présentée tableau 2.3 (le tiret dans le tableau correspond à des cas particuliers). Le bassin d'alimentation du Creux des Elaphes n'est pas définissable car le site correspond en une galerie karstique. La géologie de la rivière du Chéran ne peut pas se résumer rapidement car la rivière correspond à des eaux de surface qui traversent plusieurs types de faciès géologiques.

Les études réalisées pour l'impact des activités anthropiques s'inscrivent dans des années relativement chaudes par rapport à la normale. Ces trois années assez atypiques ont permis de caractériser le fonctionnement des systèmes karstiques afin de mieux comprendre les interactions sol/eau souterraine (voir Chapitre 4). Toutefois les sites retenus ont leurs propres caractéristiques que ce soit au niveau du faciès de leur aquifère, de leur taille ou encore de leur structure et développement.

Les sites du Chéran, de la source du Groin et de Bange - l'Eau Morte, utilisés pour déterminer l'effet d'un changement climatique sur la quantité et la qualité de la ressource en eau n'ont pas fait l'objet d'un suivi sur les 3 ans de thèse. Les données obtenues proviennent de la banque Hydro pour le Chéran et le Groin et des données personnelles de Mr. Lepiller pour celles de Bange - l'Eau Morte.

Tableau 2.3 – Synthèse des données des systèmes étudiés, le "-" correspond à des cas particuliers

| site | Coordonnées L2 étendu | Bassin versant (km ²) | Géologie | Etude vulnérabilité | Type de suivi | Date du suivi |
|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------|---------------------------|---------------------|-----------------|
| La Roche Saint Alban | x = 873 060 y = 2 075 500 | 8 | Kimméridgien Valanginien | qualitatif quantitatif | continu ponctuel | 07/2009-12/2011 |
| La Combe Saint Cassin | x = 876 114 y = 2 065 165 | 2.5 | Valanginien | qualitatif quantitatif | continu ponctuel | 10/2009-12/2011 |
| Fontaine Noire St Jean d'Arvey | x = 887 000 y = 2 074 220 | 3.5 | Urgonien | qualitatif quantitatif | continu ponctuel | 10/2009-12/2011 |
| Les Echelles | x = 870 387 y = 2 054 675 | 13.95 | Urgonien | qualitatif quantitatif | ponctuel | 10/2009-12/2012 |
| Bange L'Eau Morte | x = 892 970 y = 2 088 985 | 12.3 | Urgonien | quantitatif | Banque hydro | 01/1981-31/2002 |
| Les Elaphes | x = 885 101 y = 2 081 536 | - | Urgonien | qualitatif quantitatif | ponctuel | 05/2011-07/2011 |
| Source du Groin | x = 859 995 y = 2 102 736 | 67.84 | Portlandien Valanginien | quantitatif | Banque hydro | 01/1960-12/2011 |
| Le Chéran | x = 893 163 y = 2 087 060 | 249 | - | quantitatif | Banque hydro | 01/1960-12/2011 |

Chapitre 3

Méthodologie d'acquisition et de traitement des données

Ce chapitre a été rédigé dans l'intention de faire le point sur les protocoles expérimentaux et les méthodes analytiques utilisées dans le cadre de la thèse. La description et l'explication des méthodes ont été ici définies pour l'impact des activités anthropiques sur la ressource en eau karstique. La méthode PaPRIKa utilisée dans le cadre de l'élaboration de cartes de vulnérabilité fait l'objet d'une description Chapitre 5. Le traitement des données des longues chroniques de débits, températures et précipitations pour étudier l'impact lié au changement climatique est traité Chapitre 7.

1 Mesures de terrain

1.1 Suivi aux émergences

L'étude à l'émergence des sources karstiques a été effectuée à deux niveaux de suivi temporel. Le protocole expérimental couplant les suivis continus et ponctuels des eaux et des sols est schématisé par la figure 3.1.

Le premier niveau est un suivi à haute fréquence nécessitant l'équipement des captages. Les débits, la conductivité, la température et la turbidité ont été mesurés toutes les heures. La fluorescence de la matière organique et la turbidité, par l'intermédiaire d'un appareil spécifique, le GGUN-FL30© [Schnegg 2002] ont aussi été mesurées à un pas de temps de 15 minutes. Le fluorimètre de terrain, ordinairement utilisé pour la détection de traceurs fluorescents, a été adapté pour détecter la matière organique naturelle fluorescente. Deux types de matière organique fluorescente sont visibles dans les eaux karstiques : le type humique et le type protéique. Pour cela, le fluorimètre possède le couple d'émission et d'excitation 250/400-700 nm pour les types protéiques et 310/300-700 nm pour le type humique. Les caractéristiques techniques du fluorimètre de terrain sont détaillées en annexe 4 et la validation des mesures est expliquée Chapitre 5.

Le deuxième niveau a consisté en un suivi par échantillonnage hebdomadaire à l'exutoire des eaux des systèmes karstiques. Chaque semaine, les concentrations des

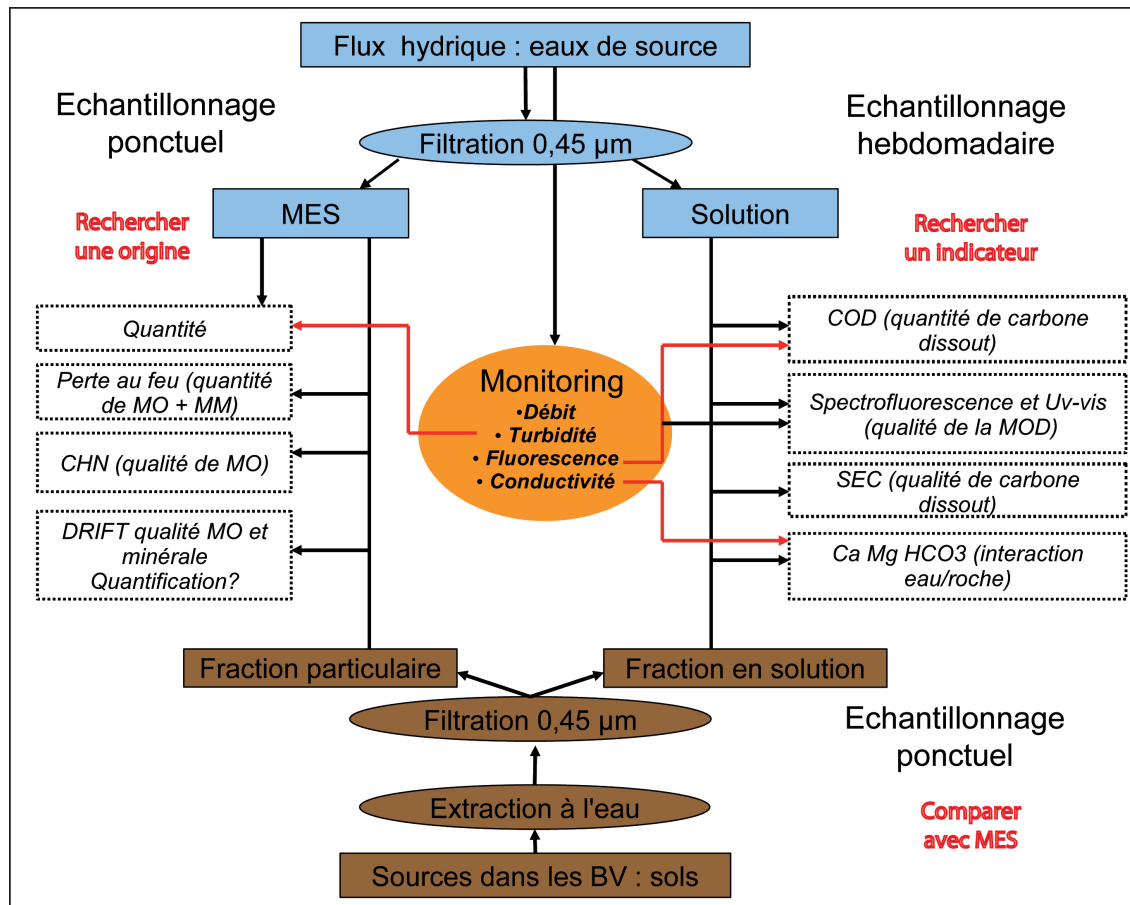


FIGURE 3.1 – Diagramme du protocole expérimental (d'après Dzikowski Avec : CHN=Carbone Hydrogène Azote (N), COD=Carbone Organique dissout, DRIFT=Réflexion Diffuse Infrarouge à Transformée de Fourier (Diffuse Reflectance infrared Fourier Transform), MES=Matière En Suspension, MM=Matière Minérale, MO=Matière Organique, MOD=Matière Organique dissoute, SEC=Chromatographie d'Exclusion Stérique sur Colonne Sèche

éléments Ca^{2+} , Mg^{2+} et HCO_3^- , le pH, la température et la conductivité ont été mesurés sur les eaux brutes. Après filtration à $0.45 \mu\text{m}$ les matières organiques fluorescentes dissoutes dans l'eau ont été caractérisées par un spectrofluorimètre (pour l'identifier) et par UV-vis (pour déterminer la part de matière organique susceptible d'émettre de la fluorescence). Un prélèvement ponctuel de 40 L d'eau a été effectué dans le but de récupérer les Matières En Suspension (MES), après décantation et filtration. Les matières en suspension sont identifiées semi qualitativement par une analyse infrarouge.

Les matières en suspension sont caractérisées de façon semi quantitative par des pertes au feu. Elles sont utilisées pour estimer le pourcentage de matière organique et de carbonate présent dans un échantillon. La matière organique brûle à 550°C et les carbonates à 950°C . Lors de crues importantes, une analyse ponctuelle complète a eu lieu pour déterminer la présence de bactéries (en particulier Entérocoques et Escherichia Coli), d'hydrocarbures, de HAP (Hydrocarbure Aromatique Polycyclique) et mesurer les concentrations de vingt éléments majeurs.

1.2 Suivi des sols

Une première étape a été d'identifier les différents types de sol constituant les bassins d'alimentation de deux sources karstiques (La Roche Saint Alban et La Combe). En fonction du type de sols, des échantillons ont été prélevés, décrits et soumis aux analyses infrarouges. Des analyses de la teneur en matière organique et en carbonates ont été effectuées. En complément, l'acidité de réserve des échantillons de sol a été mesurée par estimation du pH (H_2O et KCl). La mesure du pH renseigne sur la teneur approximative des carbonates. La différence des deux mesures caractérise l'acidité du sol. Ainsi, si l'écart est inférieur à 0.5 alors le sol a une faible acidité de réserve, s'il est compris entre 0.5 et 1, l'acidité est moyenne et s'il est supérieur à 1 l'acidité de réserve est élevée. Le bassin versant du site de Saint Jean d'Arvey, n'a fait l'objet que d'une description des différents types de sol rencontrés.

1.3 Suivi de l'épikarst

Pour identifier le rôle de l'épikarst, seul le site du Creux des Elaphes a été étudié. Ainsi, six points d'écoulement par goutte à goutte ont fait l'objet de prélèvement au sein de la cavité karstique (voir la position des "P" et "E" Figure 2.20). Sur la période du 25 Mai au 4 Juillet 2011, les échantillons ont été récupérés tous les deux jours, puis toutes les semaines du 4 au 28 Juillet. Les échantillons d'eau ont été filtrés à $0.45 \mu m$ pour séparer les éléments en suspension des éléments dissous. L'eau filtrée a été analysée au spectrofluorimètre et à l'UV-VIS pour identifier les matières organiques fluorescentes. Les matières en suspension ont été analysées par Infrarouge.

2 Mesures de laboratoire

2.1 Spectroscopie de fluorescence

La fluorescence s'observe quand les atomes ou les molécules excités par l'absorption d'un rayonnement électronique ou photonique reviennent à leur état fondamental en libérant l'excès d'énergie sous forme de photon. Il existe trois niveaux d'énergie E_0 l'état fondamental, et les états excités vibratoires E_1 et rotationnels E_2 .

Principe de Franck Condon

Soumise à une excitation lumineuse dans le domaine visible, la molécule est portée à son premier état électronique excité E_1 . Son nuage électronique et la polarisation électronique des molécules environnantes du solvant s'établissent quasiment instantanément ; en revanche les positions des noyaux restent identiques à ce qu'elles sont dans la configuration de l'état fondamental. Cependant, la géométrie de l'état excité (E_1) n'est pas forcément la même que l'état fondamental (E_0). Le principe de Franck Condon [Franck 1926, Condon 1926, Coolidge *et al.* 1936] stipule aussi que le temps est très court, soit environ 10^{-15} s. L'activation d'une molécule peut être schématisée par le diagramme de Jablonski (Figure 3.2). Plus la longueur d'onde d'excitation est courte et plus le niveau d'énergie est élevé, la molécule passe alors de son état fondamental E_0 à un état d'excitation E_2 . Le retour à E_0 s'effectue selon

deux mécanismes la relaxation non rayonnante et la relaxation rayonnante.

La relaxation non rayonnante

La désactivation ou la relaxation vibratoire peut se produire entre molécules excitées et/ou des molécules de solvant. Le choc permet de transmettre ou de dissiper l'énergie provoquant une légère augmentation de la température [Skoog *et al.* 1997]. Il existe aussi, la conversion interne, chemin le plus probable pour la majeure partie des molécules. L'énergie absorbée est dissipée dans l'environnement par saut d'énergie en rotation ou vibration. Cette désactivation est d'autant plus facile que la température est grande [Skoog *et al.* 1997].

La relaxation rayonnante

La désactivation par fluorescence est un phénomène rare et ne concerne pas toutes les molécules [Skoog *et al.* 1997]. La perte d'énergie qui accompagne le retour à l'état fondamental se fait par émission d'un photon. Cependant, l'énergie des photons émis par désexcitation est plus faible, ceci s'explique par les chocs entre molécules qui entraînent une retombée de l'énergie à un niveau vibrationnel et rotationnel quelconque de l'état électronique fondamental. Ce déplacement vers de plus grande longueur d'onde (donc de plus faible énergie) est appelé déplacement de Stokes.

Il peut toutefois avoir un Passage Inter-Système (Inter Crossing System), ce chemin est particulier, puisqu'il nécessite un changement de spin de l'électron (le spin étant un moment cinétique intrinsèque d'une particule). En effet, l'état excité E_1 fait référence à l'état singulet de la molécule. La promotion de l'électron est tellement rapide que l'électron ne peut pas changer de spin. Une fois l'état excité atteint, la molécule peut passer d'un état singulet E_1 à un état triplet T_1 . La perte d'un photon lors de l'état T_1 pour retourner à l'état fondamental est appelé désactivation par phosphorescence [Skoog *et al.* 1997].

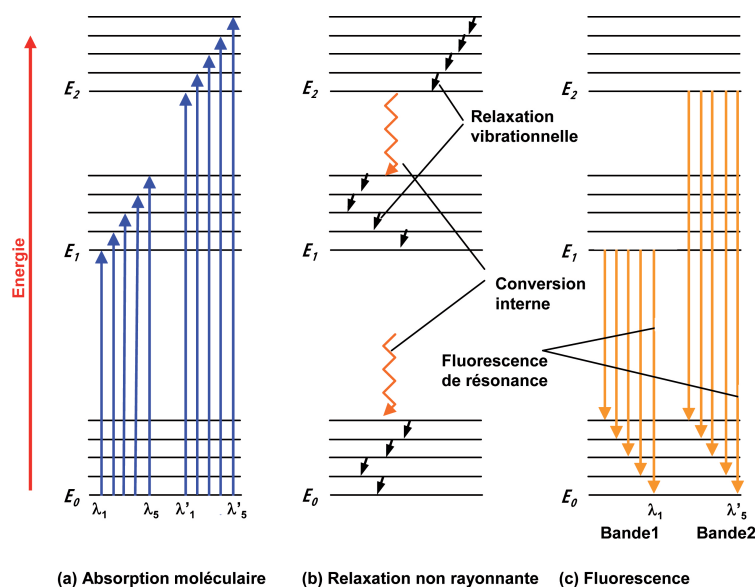


FIGURE 3.2 – Diagramme de Perrin-Jablonski

Autres types de processus de fluorescence :

◇ La diffusion Rayleigh [Lord Rayleigh 1894] est une diffusion dite élastique. Il s'agit de l'émission, à la même longueur d'onde, d'une petite fraction de la lumière excitatrice dans toutes les directions par le milieu dans lequel se trouve le composé.

◇ La diffusion Raman [Raman et Krishnan 1928] est de 100 à 1000 fois plus faible que la diffusion Rayleigh. Cet effet consiste en la diffusion inélastique d'un photon, c'est à dire le phénomène physique par lequel un milieu peut modifier légèrement la fréquence de la lumière qui y circule. Ce décalage en fréquence correspond à un échange d'énergie entre le rayon lumineux et le milieu. Cet échange peut avoir plusieurs causes : vibrations du cristal ou de la molécule, excitations magnétiques....

Les espèces fluorescentes

Les espèces capables d'émettre de la lumière après excitation sont appelées fluorochrome ou fluorophore [Carlsson and Waldeck 1958]. La plus part des molécules ne sont pas fluorescentes car leur structure est telle que la relaxation non rayonnante se produit plus rapidement que l'émission de fluorescence. Les composés qui contiennent des noyaux aromatiques produisent des émissions fluorescentes moléculaires plus intenses. Les composés carbonyles aliphatiques et alicycliques ainsi que les structures à double liaisons conjuguées sont fluorescentes mais moins nombreuses. Les espèces fluorescentes peuvent être des molécules biologiques telles que le Tryptophane ou la Tyrosine (acides aminés possédant un groupement aromatique) ou des indicateurs fluorescents étant des molécules organiques qui deviennent fluorescentes en présence d'un cofacteur Ca^{2+} , Na^+ , Cl^- , O_2 , pH...

Analyses spectrofluorimétriques

Pour notre étude, nous avons choisi d'utiliser la spectrofluorométrie à balayage multiple. Les spectres d'émission peuvent ainsi être observés au cours d'une même analyse à diverses longueurs d'onde d'excitation.

Les spectres sont obtenus par un balayage synchrone des monochromateurs d'excitation et d'émission. Le premier laisse sortir un intervalle étroit centré autour de λ_{ex} . Le second laisse sortir un intervalle étroit centré autour de λ_{em} . λ_{ex} et λ_{em} représente la différence entre les deux longueurs d'onde et est fixé par l'opérateur. Le microprocesseur pilote ensuite la rotation simultanée des deux réseaux en maintenant un écart égal à $\Delta\lambda$ entre λ_{ex} et λ_{em} . Le spectrofluorimètre mesure alors l'intensité lumineuse émise aux différentes λ_{em} . L'allure des spectres dépend énormément de la valeur de λ_{ex} et λ_{em} . En résumé, un balayage avec un $\Delta\lambda$ petit améliore considérablement l'allure des spectres de mélanges ou de substances qui ont des spectres d'émission et d'excitation complexes.

Les Matrices d'Excitation et d'Emission (MEE) ont considérablement affiné la caractérisation des mélanges organiques en solution. Le spectrofluorimètre se cale sur une première longueur d'onde d'excitation λ_{ex} et met en mémoire un premier spectre d'émission. Il ajoute ensuite à λ_{ex} l'incrément programmé et met en mémoire un second spectre d'émission. L'incrément de λ_{ex} et l'enregistrement des spectres se poursuivent aussi longtemps qu'ils ont été programmés. Une famille de spectres

d'émission correspondant à des longueurs d'onde d'excitation graduellement augmentées sont alors mises en mémoire. Tous ces spectres apparaissent sur un même repère. Chacun se situe dans un plan parallèle, mais sa position sur la troisième dimension dépendra de la longueur d'onde d'excitation. Les spectres d'émission apparaissent donc décalés les uns par rapport aux autres donnant l'impression d'une image en trois dimensions [λ_{em} ; λ_{ex} ; Φ_f] (Figure ??). Ce type de spectre 3D, ou spectre de MEE, apporte de nombreux renseignements sur les composés fluorescents d'un mélange dans l'eau.

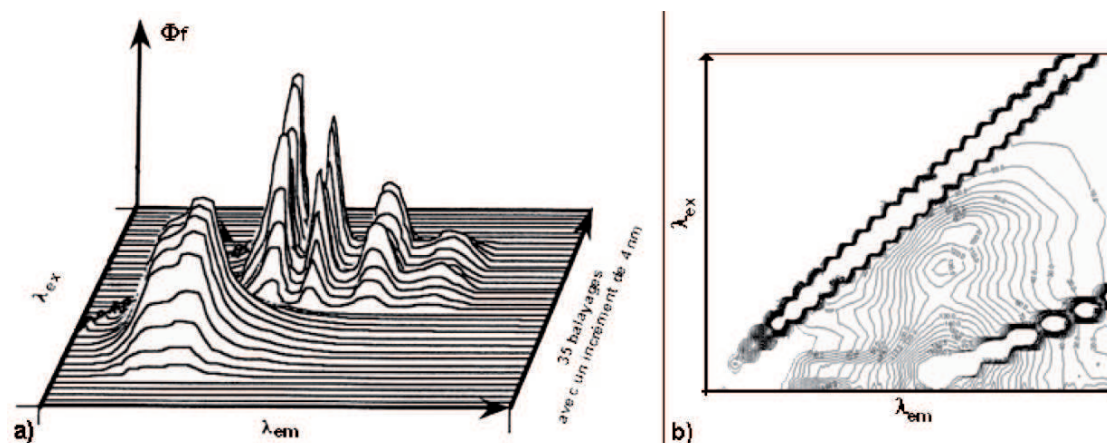


FIGURE 3.3 – Allure du spectre de MEE sous forme de pics (a), sous forme de courbes de niveau (b) [Blondel 2008]

Dans le cadre de la thèse les matrices d'émission et d'excitation ont été réalisées à l'aide du Cary Eclipse Varian. Les spectres ont été acquis dans une gamme d'excitation allant de 220 à 450 nm avec un pas de 10 nm. Pour chaque excitation, un spectre d'émission a été collecté entre 250 et 550 nm avec un pas de 1 nm. La taille des fentes optiques du spectrofluorimètre ont été choisies à 5 nm.

2.2 Spectroscopie UV-visible

Mesures d'absorption de lumière

La mesure de l'absorption (ou absorbance) d'une solution permet de recueillir des informations sur la conformation de la matière organique dissoute présente. L'absorbance spécifique, qui est la normalisation de la mesure d'absorbance par la teneur en carbone organique de la solution, est un paramètre "intensif" (indépendant de la quantité) de qualité de la matière organique. En particulier, l'absorption dans l'UV est liée à l'existence des transitions $\pi-\pi'$ présentes dans les cycles benzéniques et plusieurs polyènes et est donc reliée à l'aromaticité des matières organiques [Traina *et al.* 1990].

L'absorption UV est la mesure d'absorption la plus courante pour la caractérisation de la matière organique. Le caractère aromatique de la matière organique est ainsi estimé par la mesure de l'absorbance spécifique (souvent noté SUVA, Specific UV Absorbance). La longueur d'onde utilisée se situe dans la gamme 254-280 nm.