Lismonde exemplaire corrigé

UNIVERSITE JOSEPH FOURIER GRENOBLE I

MAITRISE DE GEOLOGIE

1997 - 1998

MEMOIRE DE MAITRISE

DETERMINATION DES LIMITES DES BASSINS VERSANTS KARSTIQUES ENTRE GOULE BLANCHE ET GOULE VERTE DANS LES GORGES DE LA BOURNE (VERCORS-ISERE)

Etude tectonique et circulation souterraine.

Par : Laurent SIRY

Tuteur : Lorenzo SPADINI :maître de conférence

Co-tuteur : Jean SARROT-REYNAULD : professeur d'hydrogéologie

Baudoin LISMONDE : C.D.S Isère

Rapporteur : Odile FRANCOIS-GERBAUX : C.E.A Grenoble

Mémoire soutenu le 29 avril 1998 devant la commission d'examen.

UNIVERSITE JOSEPH FOURIER GRENOBLE I

MAITRISE DE GEOLOGIE

1997 - 1998

MEMOIRE DE MAITRISE

DETERMINATION DES LIMITES DES BASSINS VERSANTS KARSTIQUES ENTRE GOULE BLANCHE ET GOULE VERTE DANS LES GORGES DE LA BOURNE (VERCORS-ISERE)

Etude tectonique et circulation souterraine.

Par : Laurent SIRY

Tuteur : Lorenzo SPADINI :maître de conférence

Co-tuteur : Jean SARROT-REYNAULD : professeur d'hydrogéologie

Baudoin LISMONDE : C.D.S Isère

Rapporteur : Odile FRANCOIS-GERBAUX : C.E.A Grenoble

Mémoire soutenu le 29 avril 1998 devant la commission d'examen.

REMERCIEMENTS

STOP !, avant que vous ne vous plongiez dans ce mémoire, je voudrais profiter de cette page pour exprimer mes remerciements aux personnes qui m'ont aidé à réaliser ce travail.

Tout d'abord, je remercie Monsieur **Spadini** pour m'avoir **encadré** tout au long de l'année, mais aussi Monsieur **Lismonde** pour sa **disponibilité** et son **aide** durant toutes les phases de l'étude, sans oublier les nombreux conseils d'une aide précieuse apporté par Monsieur **Sarrot-Raynaud**.

Je remercie aussi le **C.E.A.** pour son soutien matériel, préleveur automatique et spectrofluorimètre (D.A.M.R.I.-S.A.T.).
Je tiens également à renouveler mes remerciements au propriétaire du gîte du Goutarou pour l'accueil chaleureux qu'il nous a offert, ainsi qu'à Agnès, Sybille, Emmanuelle, Sophie, Laurence, Fred, Guillaume, Muriel, Vincent, Gaetan, Frédéric et Marion qui ont eu la sympathie d'interrompre révisions et mémoires pour participer aux prélèvements lors du traçage.

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS

INTRODUCTION

CHAPITRE I. PRESENTATION DU SECTEUR 1
I.1. ORIGINE DE L'ETUDE 1
I. 2. APERCU GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE 1
I. 3. SITUATION GEOLOGIQUE 3
I. 4. RELATION MILIEU NATUREL - ACTIVITE HUMAINE 7
I. 5. PROBLEMATIQUE HYDROGEOLOGIQUE 7

CHAPITRE II. GEOLOGIE ET ETUDE STRUCTURALE DU SECTEUR 11
II. 1. STRATIGRAPHIE 11
II. 1. 1. SERIE STRATIGRAPHIQUE ET LITHOLOGIE 11
II. 1. 2. RECONSTITUTION DES DEPOTS 13
II. 2. ETUDE TECTONIQUE DU SECTEUR 15
II. 2. 1. TECTONIQUE REGIONALE 15
II. 2 .2 TECTONIQUE DU SECTEUR DES GORGES DE LA BOURNE 15
II. 2 .2. 1. La zone de chevauchement de Rencurel-Voreppe 15
II. 2 .2. 2. La zone d'écaille des gorges de la Bourne 16
II. 2. 2. 3. La zone de décrochement de Goule Blanche 16
II. 2. 3. ANALYSE DE LA FRACTURATION A L'ECHELLE DES BANCS 16
II. 2. 3. 1. Dans la zonè du Perrelier 16
II. 2. 3. 2. Dans la zone des écailles 17
II. 2. 3. 3. Pour le couloir de Goule Blanche 17
II. 2. 4. RECONSTITUTION CINEMATIQUE DE LA ZONE DE CHEVAUCHEMENT-DECROCHEMENT DE LA BOURNE 19
II. 3. INTERPRETATION GEOLOGIQUE 19
II. 3. 1. CONSIDERATION GENERALE 19
II. 3. 2 PRESENTATION ET COMMENTAIRE DES COUPES 20
II. 3. 2 1. La coupe naturelle de la Bourne 20
II. 3. 2 2. La coupe de Valchevrière 22
II. 3. 2 3. La zone de Château-Julien 22
II. 3. 2 4. La zone d'Herbouilly 23
II. 3. 2 5. Les coupes longitudinales 23

CHAPITRE III. DELIMITATION DES BASSINS VERSANTS BASEE SUR LES ETUDES STRUCTURALE ET GEOLOGIQUE 25
III. 1. DEFINITION DES ECOULEMENTS DU SECTEUR 25
III. 1. 1. LES EAUX DE SURFACE 25
III. 2. LES EAUX SOUTERRAINES 28
III. 2. 1. RECHERCHE DE L'ORGANISATION DU DRAINAGE ASSOCIEE A LA FRACTURATION 25
III. 2. 1. 1. A l'échelle du banc 28
III. 2. 1. 2. A l'échelle des gorges de la Bourne 29
III. 3. HYPOTHESE SUR LA CIRCULATION DES EAUX DANS LES KARSTS BASEE SUR LA GEOLOGIE 29
III. 3. 1. CARACTERES GENERAUX 31

III. 3. 2. LA ZONE A L'OUEST DE LA FAILLE DE CHATEAU-JULIEN 31
III. 3. 3. LA ZONE A L'EST DE LA FAILLE DE CHATEAU-JULIEN 31
III. 4. PRESENTATION DES RESULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES 32
III. 5. PROPOSITION DE LIMITES DE BASSINS VERSANTS 34

IV. OPERATION DE TRACAGE 35

IV. 1. CHOIX DU LIEU D'INJECTION 35
IV. 2. MISE EN ŒUVRE DU TRAÇAGE 36
IV. 3. PRESENTATION DES RESULTATS 36
IV. 5. EXPLOITATION DES RESULTATS 37

CONCLUSION 46

ANNEXES

Liste des Figures

Liste des Annexes

Liste des Tableaux

Liste des Planches
(5 planches)

Bibliographie

INTRODUCTION

L'hydrologie des roches calcaires, des calcaires dolomitiques et des calcaires marneux, présente des caractères particuliers. Leur étude présente un intérêt lorsqu'on considère que ces roches constituent 5 à 10% des terrains sédimentaires du globe terrestre.

L'étude des eaux souterraines dans les calcaires doit être abordée par les méthodes d'hydrologie karstique. L'étude d'un karst doit faire appel à l'observation, la géologie, la spéléologie et l'expérimentation par traçage qui reste le moyen le plus efficace pour démontrer les thèses énoncées par ces autres disciplines.

Connue au travers de ses résurgences et de ses gorges, la Bourne a fait l'objet de nombreuses études depuis un siècle. Elles visaient à déterminer les bassins versants alimentant les karsts dont les résurgences jalonnent le cours de la Bourne. D'après la thèse de **P. Rousset** (1982), 1800 cavités fossiles ou actives ont été comptabilisées dans le Vercors. Les premiers explorateurs, Martel et Decombaz en 1896, ont lancé l'exploration des cavités souterraines et de nombreux scientifiques ont, jusqu'à nos jours, développé la science des cavernes encore nommée karstologie ou hydrogéologie karstique. Citons en particulier le travail d'**André Bourgin** et les différentes thèses soutenues à Grenoble et coordonnées par **J. Sarrot Raynaud [Vinter,1973 - Rousset,1982]** pour les géologues et par **Chardon [Delannoy, Audra]** pour les géographes sans oublier le travail de **C. Lequatre** (1968). Parmi les problèmes posés par l'hydrologie karstique dans le Vercors, celui des relations entre Goule Blanche, Goule Bleue, Goule Verte et l'Adouin reste encore non résolu. Effectivement, ces résurgences situées dans les gorges de la Bourne ont des zones d'alimentation encore mal connues.

Mon travail consistera, par une approche tectonique et un travail géologique de terrain approfondi, à déterminer les limites des bassins versants et à localiser les circulations karstiques. Il faudra par ailleurs procéder à un certain nombre de colorations qui viseront à prouver les propositions établies à partir de la géologie. L'agencement de la zone d'un point de vue géologique et tectonique induit une circulation des eaux souterraines particulièrement intéressante, dans un domaine où la tectonique bouleverse les règles hydrologiques communes.

CHAPITRE I. PRESENTATION DU SECTEUR

I.1. ORIGINE DE L'ETUDE

L'étude a été effectuée à la demande du Comité Départemental de Spéléologie de l'Isère, dans le but de lever les indéterminations concernant la délimitation de certains bassins versants dans les gorges de la Bourne (Voir **Annexe 1**).

L'association, disposant de colorant, a proposé à l'institut Dolomieu un sujet de mémoire de maîtrise, afin de réaliser ce travail dans de bonnes conditions et dans le souci de participer à la formation des étudiants dans des domaines qui leur sont chers.

I. 2. APERCU GEOGRAPHIQUE ET GEOMORPHOLOGIQUE

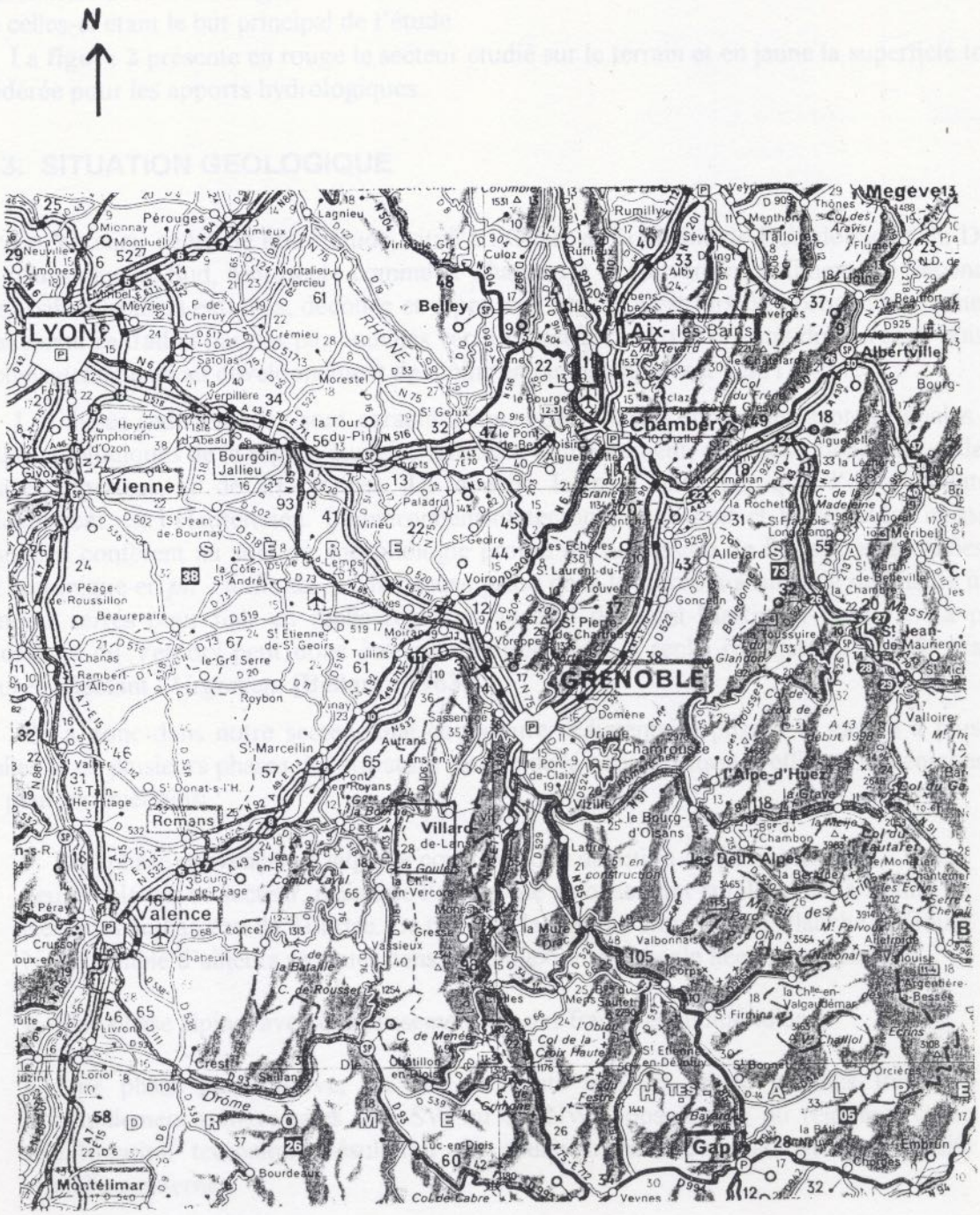
Le terrain d'étude se trouve dans le massif du Vercors, à proximité de Villard-de-Lans, en région Rhône-Alpes, dans le département de l'Isère. La ville de Grenoble se trouve à 35 km au Nord Est. **(cf. Figure 1)**

Un ensemble de chaînes et de hauts plateaux calcaires caractérise le massif du Vercors. Il s'étend de la cluse de l'Isère au Nord, jusqu'au Diois au Sud et d'Ouest en Est des plaines du Bas-Dauphiné au Drac (départements de l'Isère et de la Drôme). C'est un massif boisé, à la morphologie lourde et puissante, qui est ceinturé par de hautes falaises qui en rendent l'accès difficile. Le point culminant est le Grand-Veymont à 2341 m et son altitude moyenne se trouve proche des 1200 m.

A l'opposé de la Chartreuse où les reliefs sont inversés, le massif du Vercors a un relief conforme : les vallées correspondent aux dépressions synclinales et les anticlinaux, en larges croupes, déterminent de grandes surfaces, donnant l'illusion d'une région de grands plateaux. Le massif présente cependant une variation dans l'amplitude de ses structures. Ainsi la région septentrionale du Vercors, aux vallées plus larges, s'oppose à sa partie méridionale de grands plateaux, où les dépressions sont limitées à de simples gouttières synclinales. Le secteur étudié se trouve à la limite du Vercors septentrional et méridional et se situe tel que présenté ci-dessous :

- limite Nord : des gorges de la Bourne de Villard-de-Lans à La Balme de Rencurel
- limite Sud : du Hameau de Tourtre à Correncon-en-Vercors
- limite Est : du village de Villard-de-Lans à Correncon-en-Vercors au Sud
- limite Ouest : donnée par les villages qui bordent la falaise de Rencurel

Figure 1 : Plan de situation générale



Les limites proposées du secteur varient en fonction de l'étendue des bassins versants considérés. Le bassin de Goule Blanche [proposé par **P. Rousset 1982**] par exemple s'étend jusqu'aux falaises

qui forment la bordure Est du Vercors. Il dépasse donc largement le secteur étudié. Des zones comme celles alimentant l'Adouin ont été exclues de nos recherches, d'une part parce qu'elles ont été étudiées antérieurement et d'autre part parce qu'elles n'ont pas d'interférence avec les résurgences de Goule Blanche, Goule Bleue, Goule Verte, les interactions entre celles-ci étant le but principal de l'étude.

La **figure 2** présente en rouge le secteur étudié sur le terrain et en jaune la superficie totale considérée pour les apports hydrologiques.

Figure 2 : Plan de situation du secteur étudié (1/100 000)

Echelle : 2 km

Secteur étudié

Superficie totale considérée pour les apports hydrologiques

I. 3. SITUATION GEOLOGIQUE

Le Vercors, cadre de notre étude, situé à l'Ouest de la chaîne de Belledonne et du Dôme de la Mure plus au Sud, représente comme la Chartreuse la couverture sédimentaire Secondaire des massifs cristallins externes, décollée et repoussée vers l'Ouest lors de l'orogenèse alpine. Ce déplacement se traduit par des plis couchés vers l'Ouest sur le bord oriental du Vercors, puis par des chevauchements au développement de moins en moins important vers l'Ouest.

Les faciès sédimentaires sont caractéristiques des chaînes subalpines septentrionales. Les couches géologiques de la région étudiée, visibles à l'affleurement, sont essentiellement celles du Crétacé supérieur et de l'Urgonien. La couche la plus ancienne que l'on rencontre à l'affleurement est l'Hauterivien. L'environnement tectonique cassant et le caractère massif de l'Urgonien confèrent au site une morphologie propre de succession de falaises et de failles. Le style tectonique en *pli - faille* de la Chartreuse passe dans le Vercors à un style de plis de moins en moins serrés pour finir en replis réguliers au Sud de Saint-Martin-en-Vercors. La partie méridionale du Vercors peut donc être caractérisée par des replis réguliers et par de grandes cassures affectant l'Urgonien. **[Bellamy 1963]**

On a donc dans notre secteur une couverture sédimentaire plissée et cassée à plusieurs échelles et en plusieurs phases. La structure résulte de la superposition d'efforts orogéniques que l'on peut résumer ainsi :

- Une phase provençale à laquelle correspond la direction de plissement Est - Ouest peu visible sur ce secteur, mais que l'on devine en observant la falaise de la Balme de Rencurel au hameau de Tourtre. Le tracé de la Bourne entre Goule Blanche et Goule Noire semble d'ailleurs se situer dans une inflexion synclinale liée à cette phase,
- Une phase alpine, avec des plissements et des fractures subméridiens,
- Une phase plus tardive, où des accidents mineurs et de grandes fractures principalement transversales (NE-SW ou SE-NW) apparaissent ou rejouent. Cette manifestation tectonique résulterait du soulèvement encore actuel des massifs cristallins externes.

Au droit de la portion de la vallée de la Bourne étudiée, le serrage a généré une situation complexe à ses alentours, par la création de chevauchements à répétition sur une petite distance ainsi que par la concentration des fractures sur cette zone. De même, dans ce secteur, on observe aussi un amortissement de structures nettement plus amples à seulement quelques centaines de mètres au Nord de la Bourne.

Les manifestations génèrées par ces bouleversements géologiques sont plus ou moins locaux. Les blocs déterminés par la fracturation sont repris par les chevauchements, et des failles à jeu vertical provoquent la remontée, le basculement ou la descente des blocs les uns par rapport aux autres. Ces mouvements n'ont pas de jeu très remarquable à l'échelle du massif, mais dans le cadre d'une étude hydrologique et karstique locale, ils jouent un rôle prépondérant dans les écoulements des eaux souterraines du secteur.

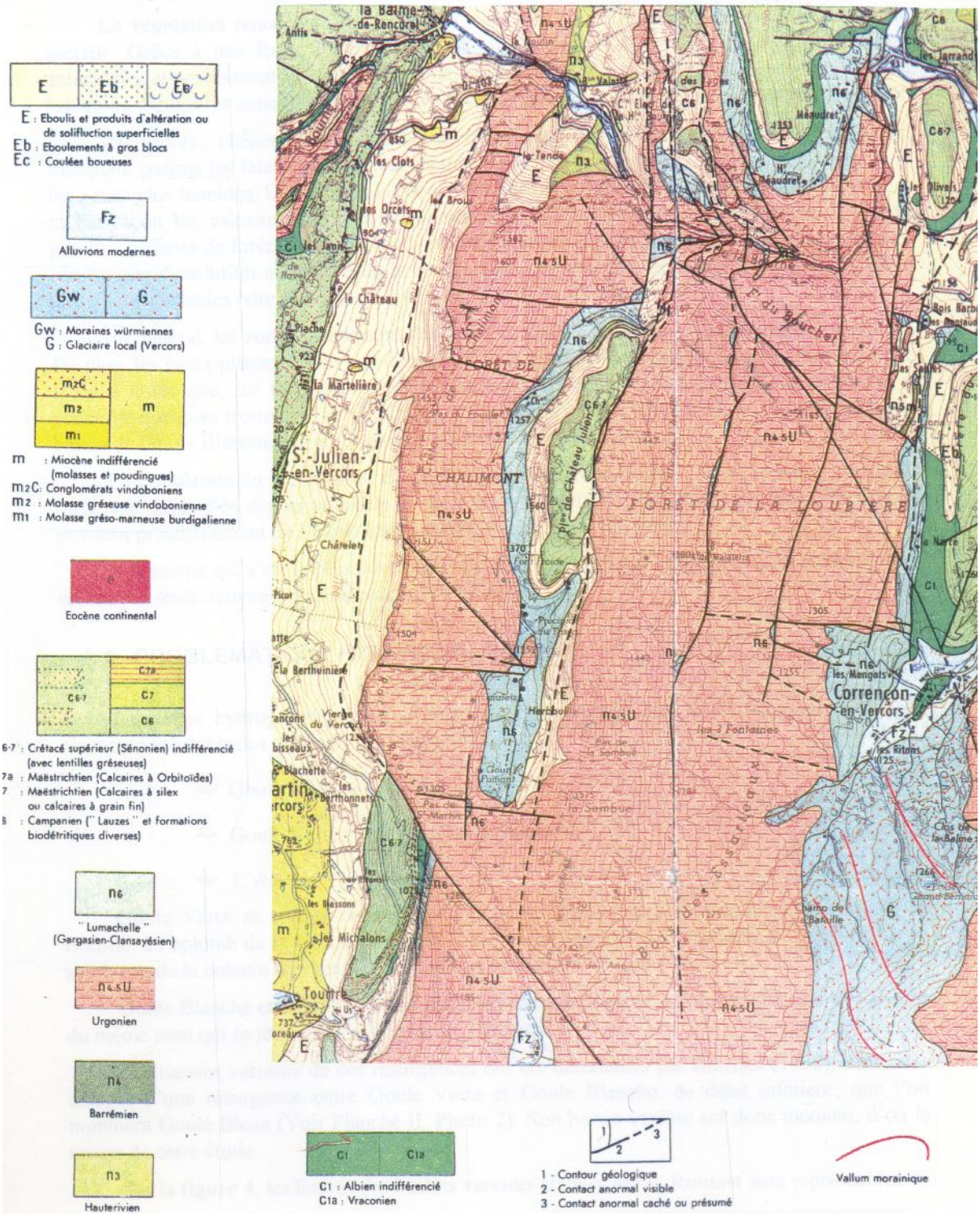
Les structures observées au niveau de la Bourne sur la fracturation locale s'atténuent assez rapidement au Sud de la ligne Est-Ouest : Corrençon-en-Vercors / Saint-Martin-en-Vercors.

Le style tectonique change totalement dans le Diois, du fait de la disparition des calcaires compacts du faciès Urgonien et de la prépondérance des déformations d'axes Est-Ouest. **[Guides Géologiques Régionaux, Gignoux M. - Moret L., Notice Carte Géologique]**

L'ensemble de ses informations sont représentées sur la carte géologique de la **Figure 3.**

Figure 3 : Carte Géologique du secteur étudié (1/50 000)

Carte Géologique de la France au 1/50 000 , Feuillet de Vif , Bureau de Recherches Géologique et Minière



I. 4. RELATION MILIEU NATUREL - ACTIVITÉ HUMAINE.

La végétation rencontrée sur le terrain n'est pas très différente d'un point à l'autre du secteur. Grâce à une forte humidité, elle est omniprésente. Les forêts drapent les croupes anticlinales et envahissent les synclinaux lorsque l'homme ne les a pas transformés en prairie ou urbanisés. Seules les zones d'altitude supérieure à 1700 mètres ne sont pas recouvertes de forêts.

Les arbres : chênes, charmes et hêtres recouvrent les versants, quelque soit leur pente, masquant parfois les falaises quand leur hauteur reste faible. Les sapins quant à eux recouvrent les zones plus humides, les talwegs, les éboulis et parfois le pied des falaises. Ils colonisent de la même façon les calcaires marneux du sommet de l'Urgonien lorsqu'ils affleurent. Avec de grandes surfaces de forêts, les sols recouverts de mousses gardent une humidité importante. Il en résulte une dissolution accentuée de la roche, avec construction de reliefs très lapiazés, allant jusqu'à de véritables reliefs ruiniformes dans la forêt de la Loubière.

En général, les zones planes sont déboisées et utilisées pour une agriculture de montagne. De plus, les hauts plateaux couverts d'arbustes ou de prairies servent de pâturage aux animaux. Il est à noter que, sur le secteur d'étude concerné, la seule activité agricole est pastorale et concerne quelques troupeaux sur le plateau d'Herbouilly et de Château Julien. Par contre, sur le bassin de Goule Blanche, les activités agricoles sont bien représentées.

La population du Vercors est de 22 000 habitants, répartie dans 50 communes. Elle s'est fortement dépeuplée depuis un siècle. L'agriculture est orientée vers l'élevage bovin, l'industrie provient principalement de l'exploitation des forêts (environ 700 km2).

L'industrie qui s'est le plus développée est celle des loisirs et du tourisme ; d'ailleurs sur le secteur, la seule activité humaine concerne 3 gîtes.

I. 5. PROBLEMATIQUE HYDROGEOLOGIQUE

Le réseau hydrographique du secteur étudié comprend, d'après **P. Rousset (1982)**, 3 résurgences principales qui sont : **(cf. Figure 4)**

- Goule Blanche (voir Planche I)
- Goule Verte (Voir Planche II. Photo 1)
- L'Adouin

Goule Verte se trouve en amont du pont de Goule noire, directement au bord de la Bourne, à l'aplomb de la Grotte de Goule Verte visible au dessus de la route. L'Adouin émerge au niveau de la colonie de vacances du hameau de Tourtre. **(Figure 4)**

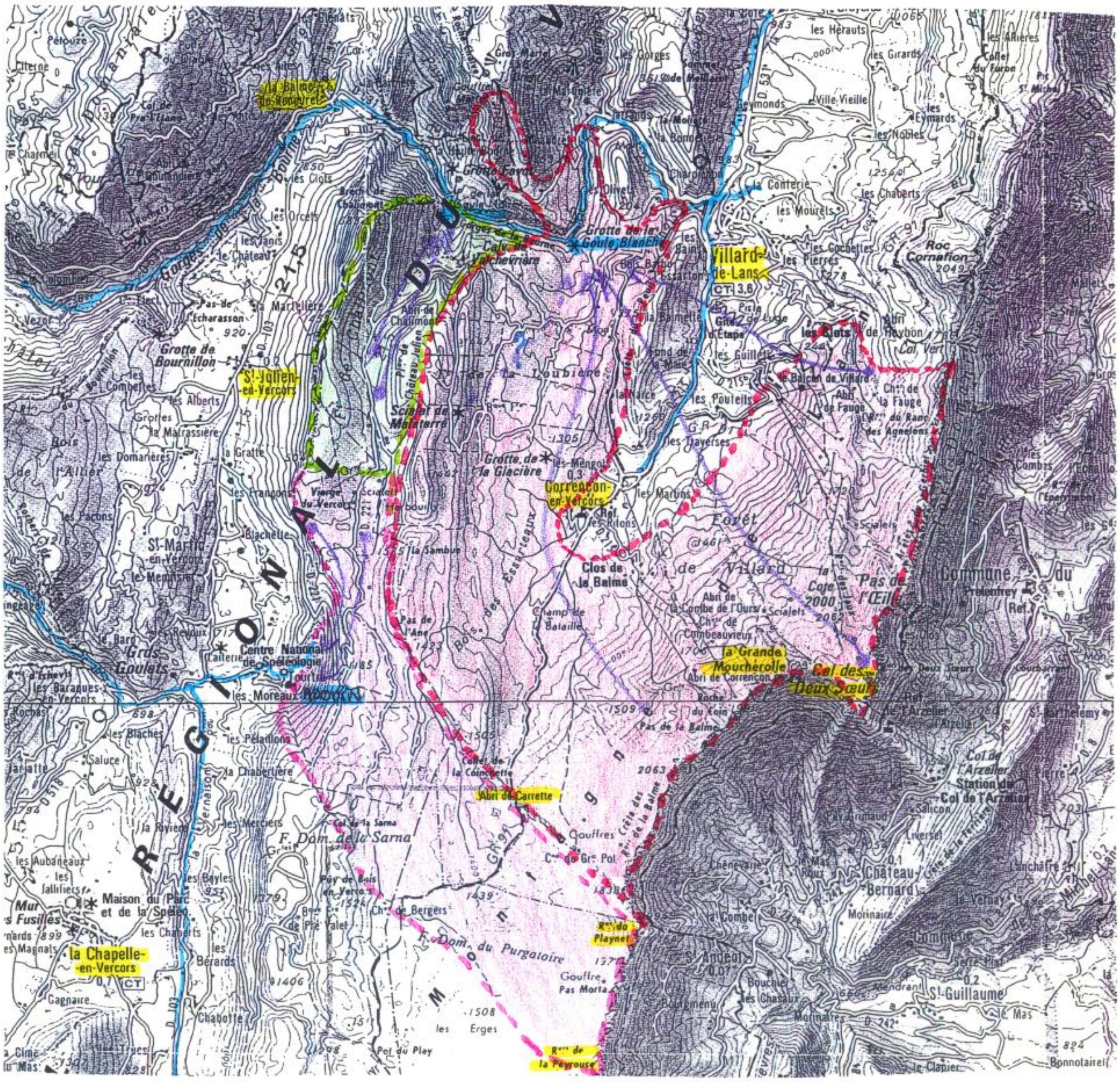
Goule Blanche et Goule Verte se déversent dans la Bourne, l'Adouin alimente une rivière du même nom qui se jette dans la Vernaison. **[Moraux X.]**

Les bassins versants de ces résurgences ont été déterminés par Rousset (1982), sans tenir compte d'une résurgence entre Goule Verte et Goule Blanche, de débit inférieur, que l'on nommera Goule Bleue (Voir Planche II. Photo 2). Son bassin versant est donc inconnu, d'où la raison de cette étude.

Sur la **figure 4**, les limites des bassins versants établies par P. Rousset sont représentées.

Figure 4 : Carte synthétique des données hydrologiques (1/100 000)

[Rousset 1982]



Réseau hydrographique de surface

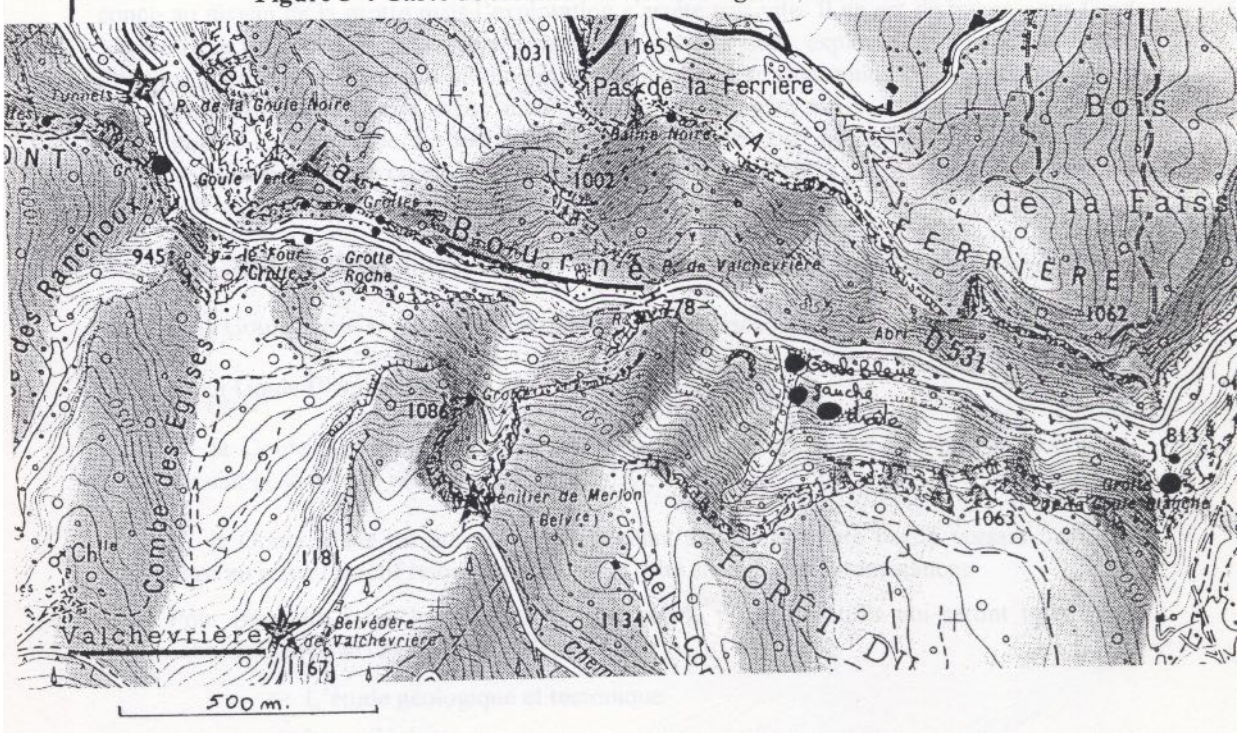
Résultats de colorations.

Limite des bassins versants de Goule Blanche, Goule Verte, de l'Adouin.

Effectivement, lorsque l'on recherche les résurgences qui jalonnent le cours de la Bourne entre Goule Blanche et Goule Verte, on en observe plusieurs de débit inférieur, mais non négligeable. La plus importante est Goule Bleue, située juste en amont du pont de Valchevrière dans la zone d'éboulis. La résurgence n'est pas unique. Elle est composée de trois sorties au-dessus du niveau de la Bourne (50 mètres) : **(cf. Figure 5)**

- une vers la droite (lorsqu'on regarde vers la falaise et vers le Sud), on la nommera Goule Bleue de droite.
- une vers la gauche (lorsqu'on regarde vers la falaise et vers le sud), on la nommera Goule Bleue de Gauche.
- une plus basse en altitude au niveau de Goule Bleue de Gauche, on la nommera Goule Bleue.

Figure 5 : Carte de localisation des résurgences de la Bourne.



Les trois Goule Bleue sortent d'un éboulis. Il est à noter que Goule Bleue de Gauche ne coule pas en période d'étiage ainsi que Goule Bleue de droite. Une partie du travail consistera donc à éclaircir le mode d'apparition des eaux sur ce site.

Cette résurgence n'est pas la seule dans le secteur. Plus en aval, mais toujours rive gauche, sous la route, il existe une grotte relativement importante, d'au moins 5 mètres de haut et 8 de large, Grotte Roche. Le débit de l'eau qui en sort est faible, mais l'importance de la grotte ne permet pas de l'ignorer.

La dernière résurgence connue avant Goule Verte est le Trou du Four (au dessus de la route), qui ne draine que très peu d'eau et uniquement en période de crue. Son intérêt pour l'étude est donc négligeable. Cependant, la particularité de cette grotte fossile est intéressante dans l'interprétation

de la migration des résurgences avec le creusement de la Bourne car elle témoigne de l'enfoncement des réseaux karstiques au fur et à mesure de l'abaissement du niveau de base géographique.

Il apparaît donc clairement que, entre Goule Blanche et Goule Verte, il existe une troisième résurgence moins importante, Goule Bleue. Le travail visera donc à déterminer le degré d'indépendance de cette résurgence par rapport aux deux autres ainsi que son bassin versant, si son indépendance est prouvée. L'eau récoltée par ces zones s'infiltre, puis est prise en charge par un réseau karstique qui draine les eaux jusqu'aux résurgences le long de la Bourne. Entre le moment où l'eau s'infiltre et celui où elle rejoint la Bourne, le karst et la fracturation sont les seuls guides pour les eaux. Malheureusement la connaissance de la formation des réseaux karstiques est très limitée et les paramètres trop nombreux. La seule façon certaine de connaître le réseau est l'exploration souterraine. Dans le secteur, le réseau de Goule Blanche est connu au niveau de la grotte mais l'exploration s'arrête très vite. Il en est de même pour Goule Verte. Dans la forêt de la Loubière, quelques scialets sont explorables. Les observations, difficiles à faire, sont de nature lithologique, tectonique et stratigraphique. Elles permettront de caler les niveaux géologiques. Mais aucune cavité ne débouche sur un réseau que l'on pourrait suivre jusqu'à la résurgence. Le seul fait qu'une résurgence existe entre Goule Blanche et Goule Verte ne suffit donc pas à conclure à l'existence d'un bassin versant indépendant de ceux qui les alimentent. Il peut s'agir de plusieurs cas :

- la Goule Bleue se situe sur une ramification du réseau de Goule Blanche
- la Goule Bleue se situe sur une ramification du réseau de Goule Verte.
- La Goule Bleue est un trop plein de Goule Blanche
- la Goule Bleue correspond à un réseau indépendant ayant son propre bassin versant et sa propre résurgence
- la Goule Bleue est un réseau indépendant avec son propre bassin versant mais avec un réseau inactif rejoignant Goule Blanche en certaines circonstances.

Pour répondre à ces hypothèses, on dispose de plusieurs outils qui seront tous mis en œuvre afin d'éclaircir le cas de Goule Bleue.

⇨ L'étude géologique et tectonique

⇨ La spéléologie.

Les mesures physico-chimiques :

⇨ Les mesures de température.

⇨ Les mesures de pH et de conductimétrie.

⇨ Le dosage de la concentration des ions majeurs.

Les mesures artificielles

⇨ Le traçage en milieu naturel.

Evidemment, l'étude géologique, tectonique et spéléologique vient en amont du traçage et prend une grande importance. De plus, l'observation régulière sur une longue période (1 an minimum) du débit des résurgences, de leur comportement hydrologique avec différents facteurs comme l'étiage, la pluviométrie et la fonte des neiges, aurait pu apporter aussi de nombreux renseignements mais nous n'avons pas eu le temps de les mettre en oeuvre.

Le résultat auquel nous espérons arriver est d'intégrer Goule Bleue dans le secteur, en définissant ses éventuels liens avec les autres résurgences, ou de déterminer son bassin versant. Bref, de comprendre son existence.

CHAPITRE II. GEOLOGIE ET ETUDE STRUCTURALE DU SECTEUR

II. 1. STRATIGRAPHIE

II. 1. 1. SÉRIE STRATIGRAPHIQUE ET LITHOLOGIE

Nous avons choisi de présenter la stratigraphie déjà très bien connue **[Bourgin 1941 - Arnaud 1981]** sous la forme d'une échelle stratigraphique où une description sommaire des faciès a été réalisée. **(cf. Figure 6)**

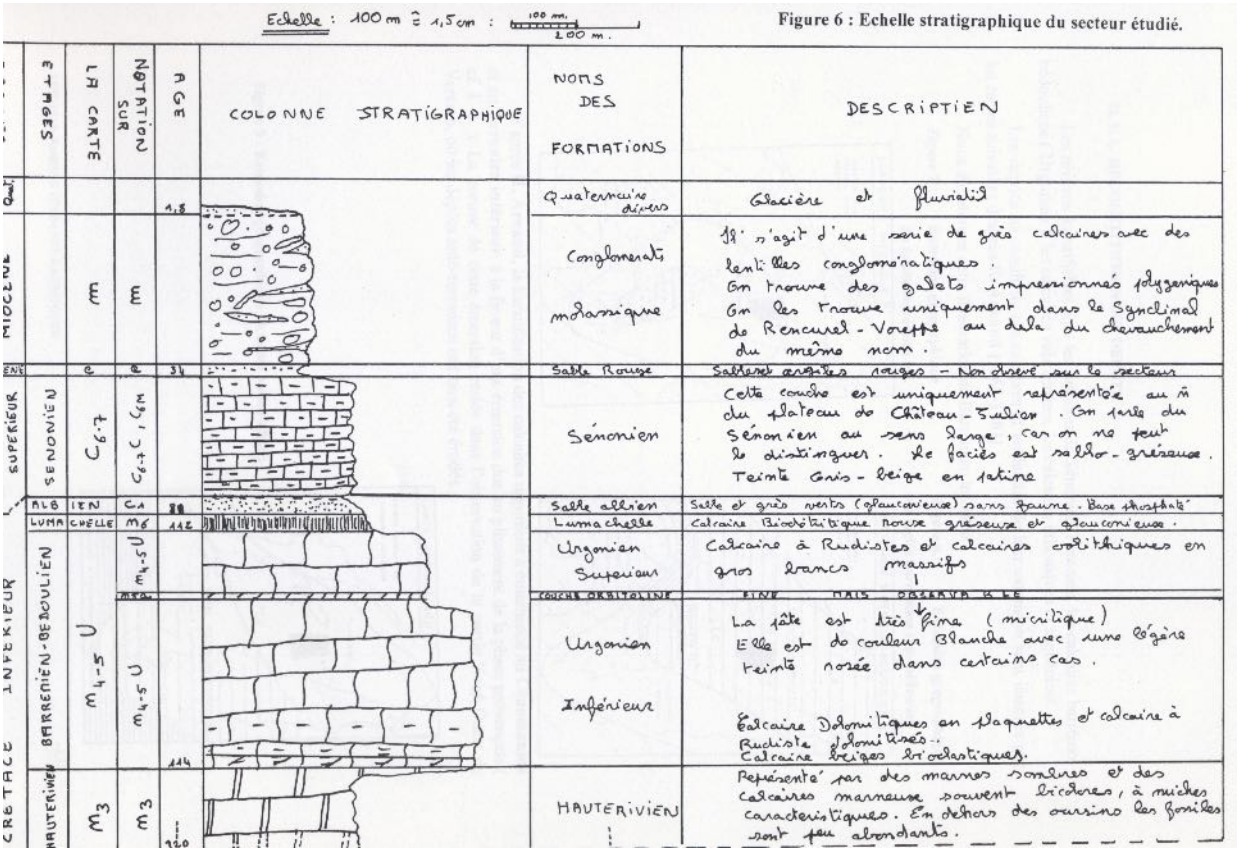


Figure 6 : Echelle stratigraphique du secteur étudié.

II. 1. 2. RECONSTITUTION DES DÉPÔTS.

Les niveaux karstifiables sont les calcaires du Sénonien-Turonien, les calcaires barrémo-bédouliens (Urgonien), les calcaires valanginiens, les calcaires tithoniques et séquaniens.

Les dépôts successifs de ces calcaires et les limites de leur extension sont illustrés par les cartes suivantes d'après **H. Arnaud [1965-1981]** :

Nous débuterons cette illustration au Barrémien inférieur

Figure 7 Extension géographique du faciès barrémien inf.

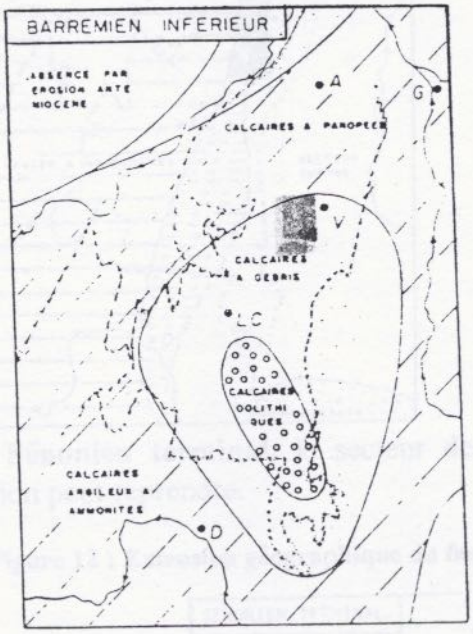
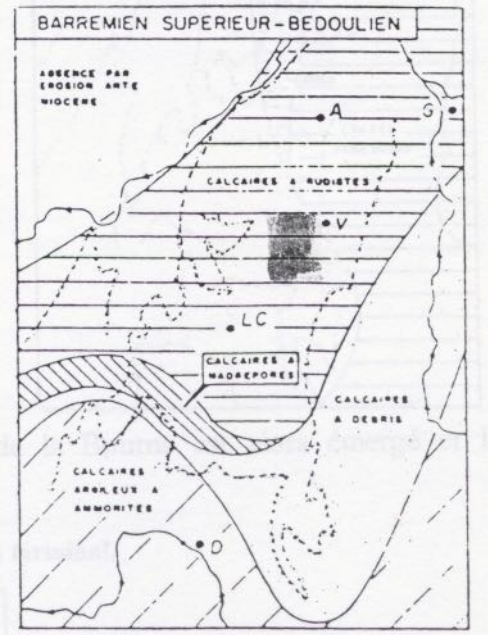
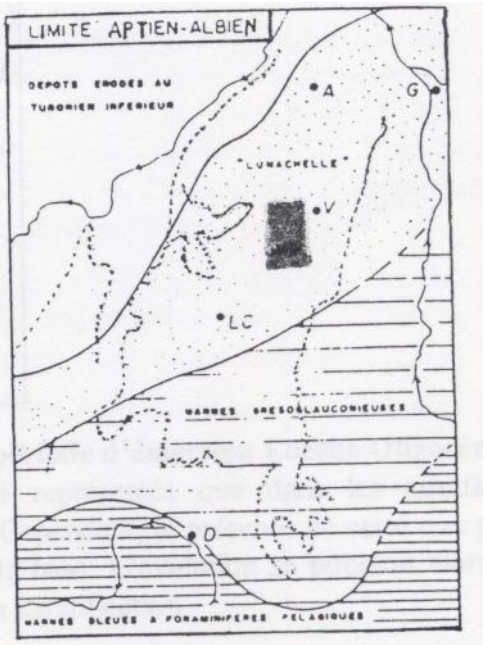


Figure 8. Extension géographique du faciès barrémien sup.-bédoulien



D'après **H. Arnaud**, la karstification des calcaires urgoniens a commencé au **Cénomanien** et au **Turonien inférieur**, à la faveur d'une émersion due au plissement de la phase provençale (cf. I. 2.). La preuve de cette émersion réside dans l'observation de la partie Nord Ouest du Vercors, où les dépôts anté-turoniens ont bien été érodés.

Figure 9 : Extension géographique du faciès aptien-albien



Cette émersion précède une nouvelle transgression qui permet le dépôt du Turonien supérieur et du Sénonien

Figure 10 : Extension géographique du faciès turonien.

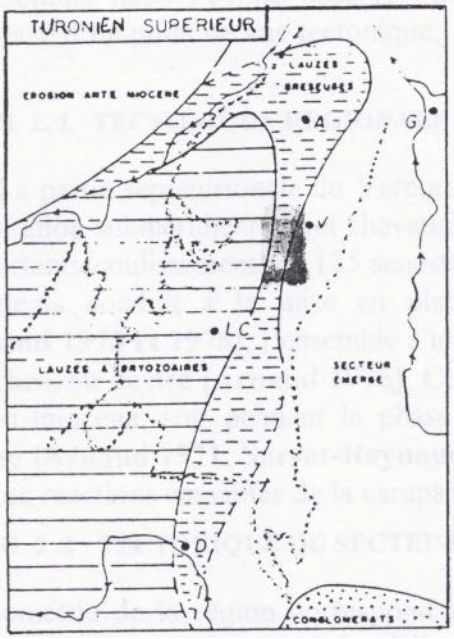
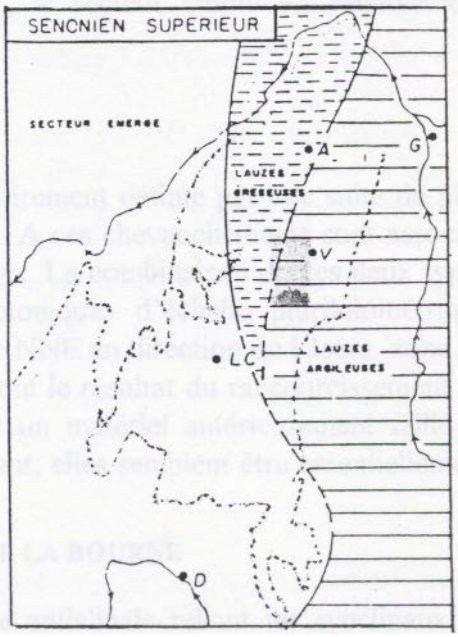
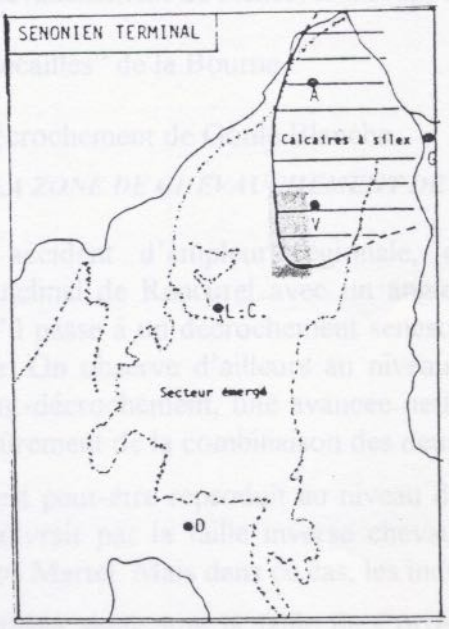


Figure 11 : Extension géographique du faciès sénonien sup.



Au Sénonien terminal, le secteur des gorges de la Bourne est alors émergé et la karstification peut reprendre.

Figure 12 : Extension géographique du faciès sénonien terminal.



La karstification a donc repris avec la **longue période d'émersion Eocène Oligocène**

Les dépôts molassiques du Miocène ne sont représentés que dans les gouttières synclinales, entre les reliefs émergés et donc karstifiés. Cependant, la présence de cette mer peut avoir freiné la karstification par élévation du niveau de base. L'évolution se poursuit alors au Pliocène puis connaît une augmentation du rythme de la karstification

II. 2. ETUDE TECTONIQUE DU SECTEUR

Remarque **:** Les informations relevant de ma propre interprétation sont présentés à l'aide d'un trait sur le coté gauche.

Comme nous l'avons observé dans le chapitre I , le secteur étudié est relativement bouleversé d'un point de vue tectonique.

II. 2. 1. TECTONIQUE RÉGIONALE

La partie septentrionale du Vercors peut être sommairement définie par une suite de plis, d'orientation subméridienne, qui chevauchent vers l'Ouest. A ces chevauchements sont associés d'importants coulissements N 135 senestres et N 45 dextres. La combinaison de ces deux types d'accidents conduit à la mise en place de tiroirs tectoniques d'échelle plurikilométrique **[Ruhland 1973 et 1978]**, l'ensemble s'infléchissant vers le NNE en direction de l'Isère, zone de décrochement dextre **[Arnaud 1975]**. Ces déformations sont le résultat du raccourcissement E-W post-miocène, soit pendant la phase alpine, affectant un matériel antérieurement faillé et diaclasé **[Arnaud 1971, Sarrot-Raynaud 1988]**. Cependant, elles semblent être essentiellement liées aux réactions cassantes de la carapace urgonienne.

II. 2 .2 TECTONIQUE DU SECTEUR DES GORGES DE LA BOURNE

La géométrie de la région correspond à une large voûte anticlinale reliant les synclinaux de Villard-de-Lans et de Rencurel. La dalle urgonienne y est affectée par de nombreux accidents de taille et d'importance variables. Nous allons donc subdiviser le secteur en trois zones principales que nous étudierons successivement. **(voir schéma structural Annexe 21)**

- La zone de chevauchement de Rencurel-Voreppe
- La zone "des écailles" de la Bourne
- La zone de décrochement de Goule Blanche.
-

II. 2. 2. 1. LA ZONE DE CHEVAUCHEMENT DE RENCUREL-VOREPPE

Il s'agit d'un accident d'ampleur régionale, d'orientation N-S. Cet accident est chevauchant sur le synclinal de Rencurel avec un angle de 30 degrés. La particularité de ce chevauchement est qu'il passe à un décrochement senestre N 135 au Sud d'Herbouilly. Il s'agit de la faille de Carette. On observe d'ailleurs au niveau de la virgation N 0-N 135, donc du passage chevauchement-décrochement, une avancée nette de Roche Rousse sur le synclinal de Rencurel, qui résulte sûrement de la combinaison des deux phénomènes.

Ce phénomène est peut-être reproduit au niveau de la faille de Corrençon, décrochement senestre qui se poursuivrait par la faille inverse chevauchante de la Ferrière, encore appelée chevauchement de Gros Martel. Mais dans ce cas, les indices sont moins probants.

Une autre hypothèse serait que la faille de Corrençon, préexistante au plissement post-miocène, aurait été interrompue par l'écaillage de la Bourne et se retrouverait dans l'une des failles du faisceau de Rencurel. Notons que, dans ce cas, la faille du Bénitier du Merlon serait probablement la suite de celle de Rencurel. D'autre part, au niveau de Goule Noire, le cours de la Bourne change d'orientation et passe de N10/20 à N 120/140, qui est l'orientation de la faille de Corrençon. Cette

proposition est appuyée par l'observation de photos aériennes, car la Bourne a érodé toute la zone concernée.

A l'Ouest, l'écaille urgonienne du Perrelier provoque la formation d'un pli anticlinal de l'Hauterivien, qui chevauche par entraînement la faille de la Valette.

II. 2. 2. 2. LA ZONE D'ÉCAILLES DES GORGES DE LA BOURNE

Elle se situe entre les deux accidents majeurs précédemment décrits : le chevauchement de Rencurel et le décrochement de Corrençon / chevauchement de Gros Martel. Entre les deux, la dalle urgonienne est affectée par plusieurs failles inverses à jeu plurimétrique, qui conduisent à un découpage en écailles hectométriques bien marquées dans les falaises de la Bourne. Dans le même secteur s'observent aussi des failles sub-verticales (Failles de Goule Noire et du pont de Valchevrière), visiblement antérieures aux écailles.

Plus au Sud, l'écaillage se poursuit en s'atténuant, notamment le long de la faille de l'Ange et de la faille de la Coinchette. La faille de la Coinchette rejoint la faille de Corrençon dans le secteur où la poursuite de cette dernière est incertaine. Les photos aériennes nous donnent peu d'indices sur cette zone, mais il est possible de poursuivre la faille de la Coinchette par la faille de Gros Martel, individualisant ainsi la faille de Corrençon qui se poursuivrait bien vers Rencurel.

Une autre famille de failles est visible dans ce secteur.

Elles sont E-W et verticales, probablement héritées du plissement provençal. Leur détection a été réalisée à l'aide de photos aériennes **[voir bibliographie]**.

En effet, sur le terrain, l'action de l'eau a créé un relief lapiazé et ruiniforme où aucune observation de plan de faille, alignement ou autre marque n'a pu être relevée. Seule l'étude de la micro-fracturation peut être réalisée sur ces terrains, lorsqu'on est sûr que la roche est bien en place.

II. 2. 2. 3. LA ZONE DE DÉCROCHEMENT DE GOULE BLANCHE

Elle se situe dans la partie amont des gorges. Il s'agit d'un couloir de décrochement N-S limité à l'Ouest par la faille de Goule Blanche. Le jeu de cet accident vertical est senestre Il s'accompagne de la formation d'une structure en riedel **[Werner 1979]**.

II. 2. 3. ANALYSE DE LA FRACTURATION À L'ÉCHELLE DES BANCS

2. 2. 1. DANS LA ZONE DU PERRELLIER,

La fracturation des bancs se répète tous les 2 mètres environ. Il s'agit de petites failles un peu plus importantes que des diaclases (elles peuvent affecter un banc en entier). Leur surface est courbe et elles semblent être les répliques du chevauchement de Rencurel, leur jeu apparaît donc senestre. D'autres failles verticales et d'orientation N 90 coupent transversalement ces structures, imposant un coulissement dextre qui conduit à l'éjection vers l'Ouest de "tiroirs intra-banc". **[Werner 1979]**

On observe également des failles conjuguées qui affectent plusieurs bancs et qui se trouvent renversées dans l'écaille du Perrellier. On peut donc dire que leur formation est antérieure au plissement alpin.

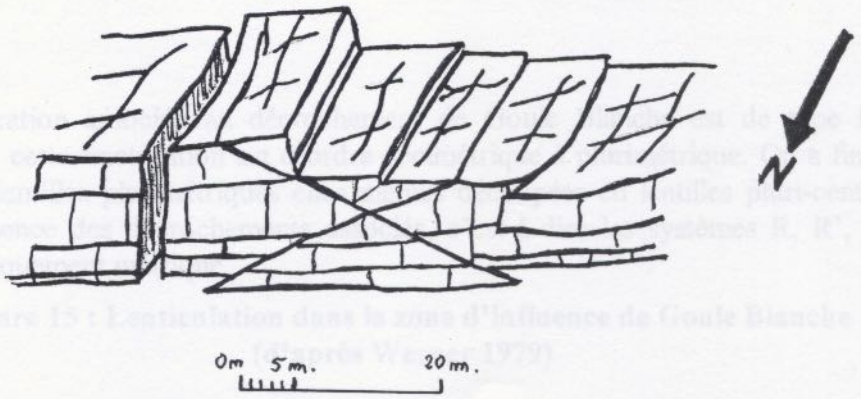
II. 2. 2. 2. DANS LA ZONE DES ÉCAILLES, LA FRACTURATION EST DE PLUSIEURS TYPES :

⇨ une fracturation en diaclases de deux types : N 10 et globalement N 90

⇨ une fracturation conjuguée qui affecte plusieurs bancs. Les stries observées sont N 90, N100 et montrent un jeu inverse. Les décalages au niveau des joints de stratification et des diaclases, que ces failles induisent, nous permettent de quantifier les rejets, qui sont centimétriques.

⇨ une fracturation N 45 à N 60, aux surfaces courbes, à jeu dextre et pendage vers l'Est. Elle passe à un système de fractures conjuguées provoquant, par combinaison de ces phénomènes et par glissement banc sur banc, le découpage de la roche en demi-proue de bateau expulsée vers l'Ouest. Ces fractures sont postérieures au plissement. **[Werner 1979]**

Figure 13 : Dessin de la fracturation des bancs urgoniens dans la zone des écailles (Entre Goule Verte et la faille de Château-Julien).

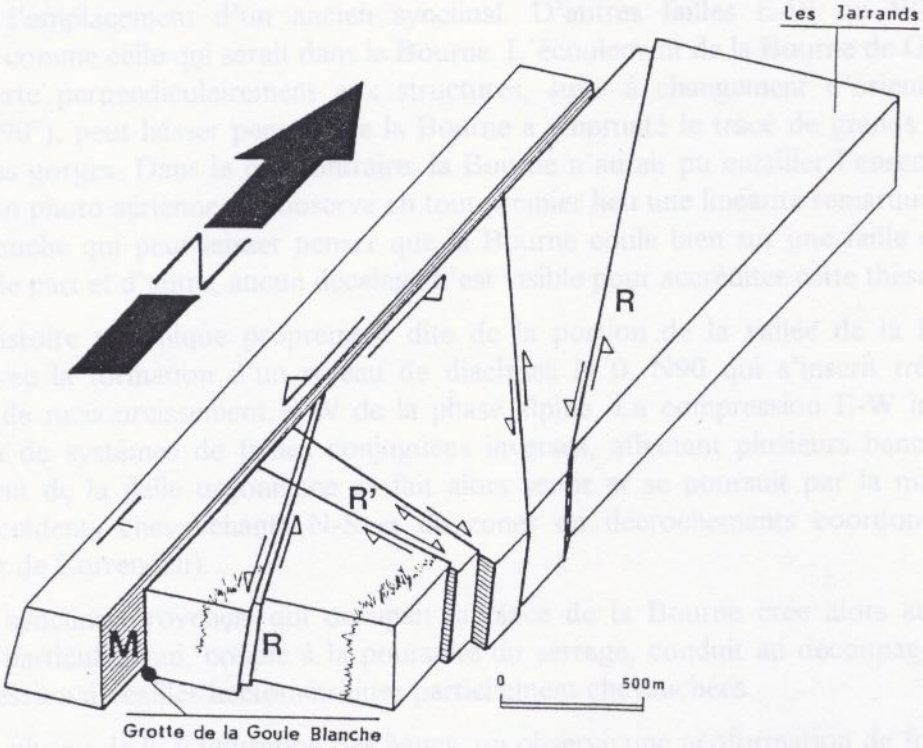


II. 2. 2. 3. POUR LE COULOIR DE GOULE BLANCHE,

Le travail de terrain y a été limité à une simple observation détaillée et comparative avec le travail de **Werner (1979)** que l'on peut résumer ainsi :

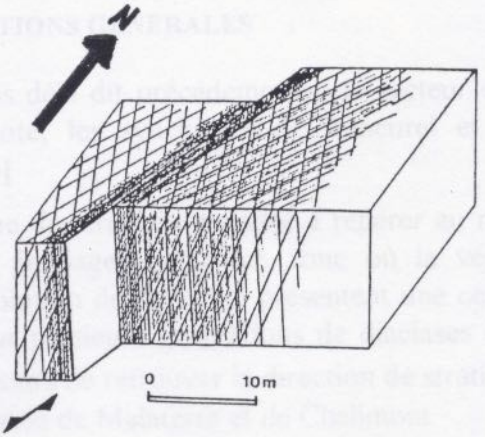
Au décrochement senestre N 0 de Goule blanche sont associés des accidents majeurs N 160 et N 100 qui sont respectivement les R (fracture synthétique du décrochement) et les R' (fracture antithétique). A cette fracturation majeure, il faut ajouter un accident N 140 hérité, qui a rejoué avec le coulissement. La genèse de ces coulissements s'inscrit dans un régime de compression N 130-N 140, comme en témoignent les pics stylolitiques mesurés.

Figure 14 : Représentation de la zone de décrochement de la Goule Blanche (d'après Werner 1979)



La fracturation associée au décrochement de Goule Blanche est de type lenticulaire. L'expression de cette fracturation est d'ordre décimétrique à plurimétrique. On a finalement un assemblage de lentilles plurimétriques elles mêmes découpées en lentilles pluri-centimétriques. La zone d'influence des décrochements associés, c'est-à-dire les systèmes R, R', a subi une lenticulation uniquement métrique.

Figure 15 : Lenticulation dans la zone d'influence de Goule Blanche (d'après Werner 1979)



II. 2. 4. RECONSTITUTION CINÉMATIQUE DE LA ZONE DE CHEVAUCHEMENT-DÉCROCHEMENT DE LA BOURNE

Les premières fractures observées sont E-W, liées à la phase provençale (faille de la Fétoule qui se situe sur la charnière anticlinale E-W du plissement provençal). La Bourne, elle, se trouve à l'emplacement d'un ancien synclinal. D'autres failles E-W ou WNW-ESE sont possibles, comme celle qui serait dans la Bourne. L'écoulement de la Bourne de Goule Blanche à Goule Verte perpendiculairement aux structures, suite à changement d'orientation à Goule Blanche (90°), peut laisser penser que la Bourne a emprunté le tracé de grands accidents pour creuser ses gorges. Dans le cas contraire, la Bourne n'aurait pu entailler l'ensemble des plis et écailles. En photo aérienne, on observe en tout premier lieu une linéarité remarquable des gorges en rive gauche qui peut laisser penser que la Bourne coule bien sur une faille **(cf. Annexe 2)** même si de part et d'autre, aucun décalage n'est visible pour accréditer cette thèse.

L'histoire tectonique proprement dite de la portion de la vallée de la Bourne étudiée débute avec la formation d'un réseau de diaclases N 0, N90 qui s'inscrit très bien dans le contexte de raccourcissement E-W de la phase alpine. La compression E-W induit ensuite la formation de systèmes de failles conjuguées inverses, affectant plusieurs bancs à la fois. Le bombement de la dalle urgonienne se fait alors sentir et se poursuit par la mise en place de grands accidents chevauchants N-S et de zones de décrochements coordonnés. (failles de Carette et de Corrençon).

Le synclinal provençal qui occupait la place de la Bourne crée alors autour de lui un contexte particulier qui, couplé à la poursuite du serrage, conduit au découpage de la dalle en une succession d'écailles hectométriques partiellement chevauchées.

Au niveau de la fracturation des bancs, on observe une néoformation de fractures courbes formant les demi-proues précédemment décrites, répliques du chevauchement majeur. En dernier lieu, les diaclases N 0 et N 90 sont reprises après une réorganisation des contraintes, avec une compression N 135 qui se manifeste à grande échelle par la formation du couloir de Goule Blanche et de son système associé. Cette contrainte N 135 fait sûrement rejouer la faille de Corrençon qui a enregistré en 1962 à la combe de l'Ours un séisme de degré 7 à l'épicentre. Cette manifestation tectonique résulte probablement du soulèvement encore actif des massifs cristallins externes.

II. 3. INTERPRÉTATION GÉOLOGIQUE

II. 3. 1. CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES

Comme nous l'avons déjà dit précédemment, le secteur est globalement une large voûte anticlinale. De chaque coté, les synclinaux de Rencurel et de Villard-de-Lans relient les structures**.[Bellamy 1963]**

Le travail géologique de terrain a consisté à repérer au mieux les limites de couche et à relever un maximum de pendages dans une zone où la végétation, les reliefs lapiazés et ruiniformes, dus à la dissolution de la roche, présentent une certaine difficulté. D'autre part, la fracturation des bancs, par plusieurs générations de diaclases et de failles, où la dissolution a œuvré, ne permet pas toujours de retrouver la direction de stratification (S_0), notamment dans la forêt de la Loubière, la région de Malaterre et de Chalimont.

Quant au repérage des failles, il est possible à l'échelle du banc ou du groupe de bancs mais très difficile pour les failles majeures. Leur détection a été réalisée à l'aide de photos aériennes prises lors de trois missions et à trois échelles différentes (1/30 000, 1/25 000, 1/15 000).

L'ensemble des données sont regroupées sur une carte géologique au 1/25 000 ème **(cf. Figure 16 page suivante)**

II. 3. 2 PRÉSENTATION ET COMMENTAIRE DES COUPES

La tectonique des gorges de la Bourne a conduit à une situation géologique particulière qui va être présentée sous la forme de coupes géologiques :

- 8 coupes sériées globalement Est-Ouest
- 2 coupes globalement Nord-Sud

Leur commentaire sera réalisé par zone :

II. 3. 2. 1. LA COUPE NATURELLE DE LA BOURNE (CF. ANNEXE 3)

Lorsqu'on observe les gorges depuis le Haut Méaudret ou le pas de la Ferrière, la Bourne offre une coupe naturelle remarquable. Cependant la végétation dense limite l'observation. L'hiver, lorsqu'une fine pellicule de neige recouvre le site, les structures géologiques sont relativement bien soulignées.

On observe une succession de 3 failles inverses (de Château-Julien, de l'Ange, de la Coinchette) avec un jeu de 50 à 80 mètres, pentées vers l'Est, tout comme le chevauchement de Rencurel, d'ampleur régionale. Au niveau de ce dernier, on distingue l'extrémité Sud de l'écaille du Perrellier.

Avant le chevauchement de Rencurel, deux failles sub-verticales (combe des Ranchoux et des Eglises) provoquent un jeu d'une dizaine de mètres. A l'extrême Est de la coupe, la faille de Goule Blanche avec la faille synthétique du décrochement ne présente pas de jeu vertical important. On peut noter au niveau des failles inverses, le développement de structures anticlinales d'accommodation du déplacement.

Effectivement, le bloc au niveau de la forêt du Bouchet, guidé par le décrochement de Corrençon et le chevauchement de la Ferrière, chevauche vers le Nord-Ouest, formant un léger anticlinal dont l'orientation et le pendage du flanc Est sont N170 E 20 et du flanc Ouest N20 W 5 à 8 (on le nommera anticlinal du Bouchet - **Photo 2 Planche III**). Le bénitier de Merlon présente la même structure mais sans la composante décrochante. Le pli est donc accentué (flanc Est N170 E 30 et flanc Ouest N30 W 20 - **Planche III Photo 1).**

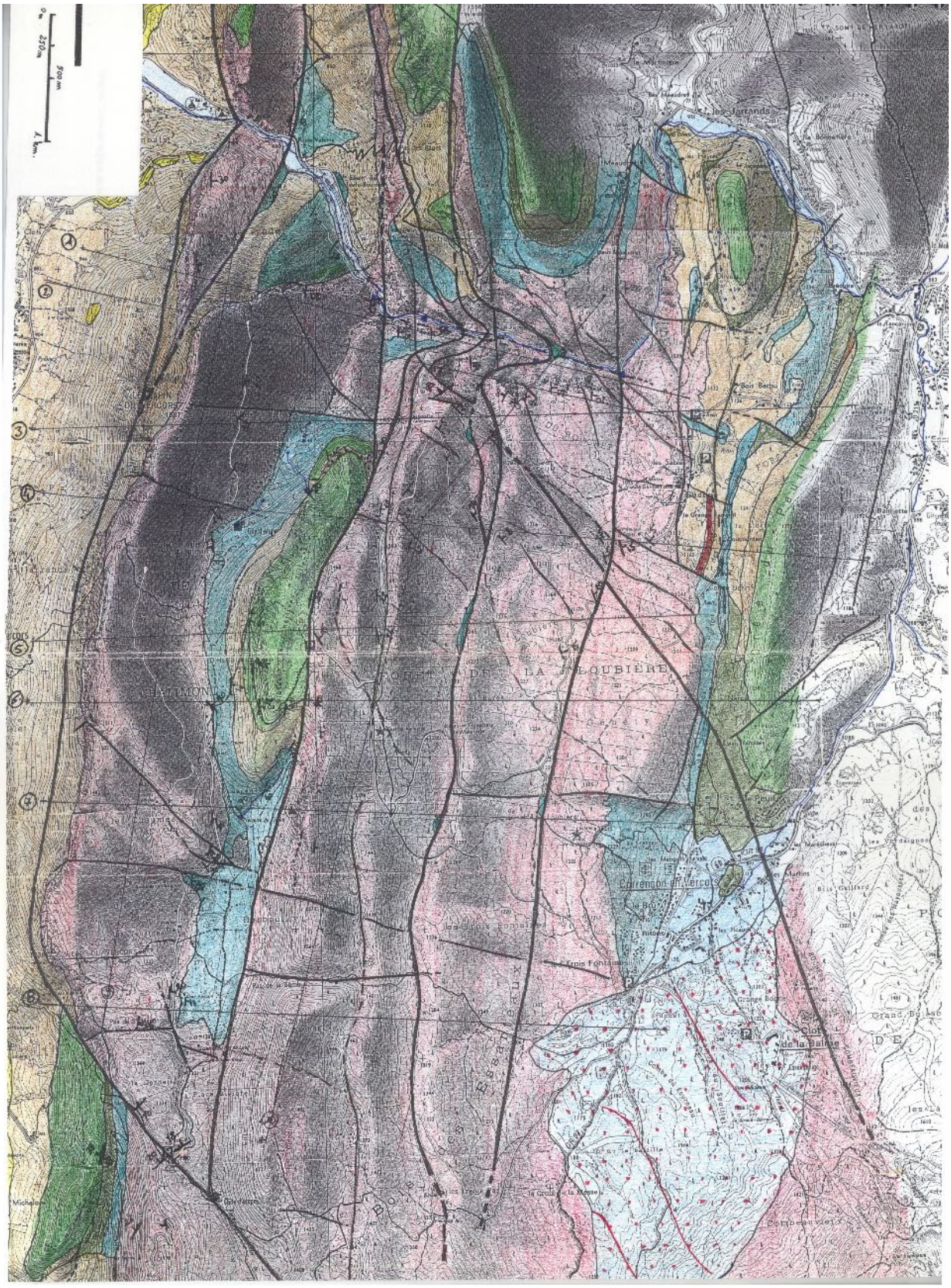
On peut alors réaliser une coupe plus basse dans la Bourne **(cf. Annexe 4)**, au niveau des résurgences. Cette dernière sera importante pour l'analyse hydrologique. Elle nous confirme la succession des écailles de la Bourne et la proximité de la couche d'Hauterivien près de Goule Blanche. La faille de Goule Noire, dans la combe des Eglises, montre un abaissement au niveau de la forêt de Chalimont. Il faut noter que la remontée de la couche d'Hauterivien, fait de cette faille un drain incontestable.

Plus vers l'Ouest, entre la crête de Chalimont et la crête des Brous (appartenant à l'écaille du Perrellier), la couche d'Hauterivien forme un pli important, l'anticlinal de la Tende.

Figure 16 : Carte géologique du secteur étudié au 1/25 000 ième

[Inspirée et modifiée d'après la Carte Géologique de la France au 1/50 000 , Feuille de Vif

Bureau de Recherches Géologique et Minière]

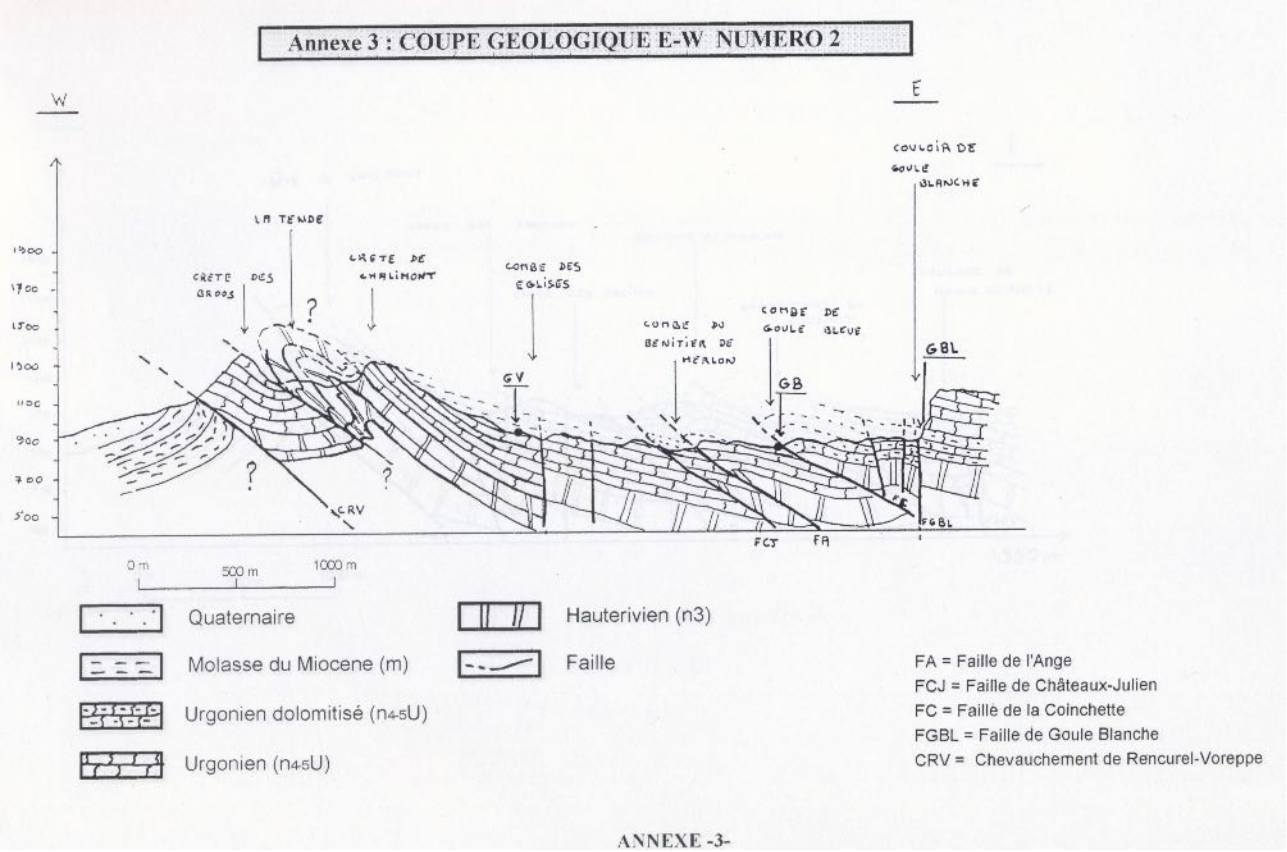

0 m
250 m
500 m
1 Km
les Jartands
Cherpichon
Bois Berlu
Ballotta
LA FLOUBIÈRE
Corrençon-en-Vercors
Trois Fontaines
Clot de la Balme
Grand Bois
Combe Vieux
Michalon
Chevaux

LEGENDE DE LA CARTE GEOLOGIQUE

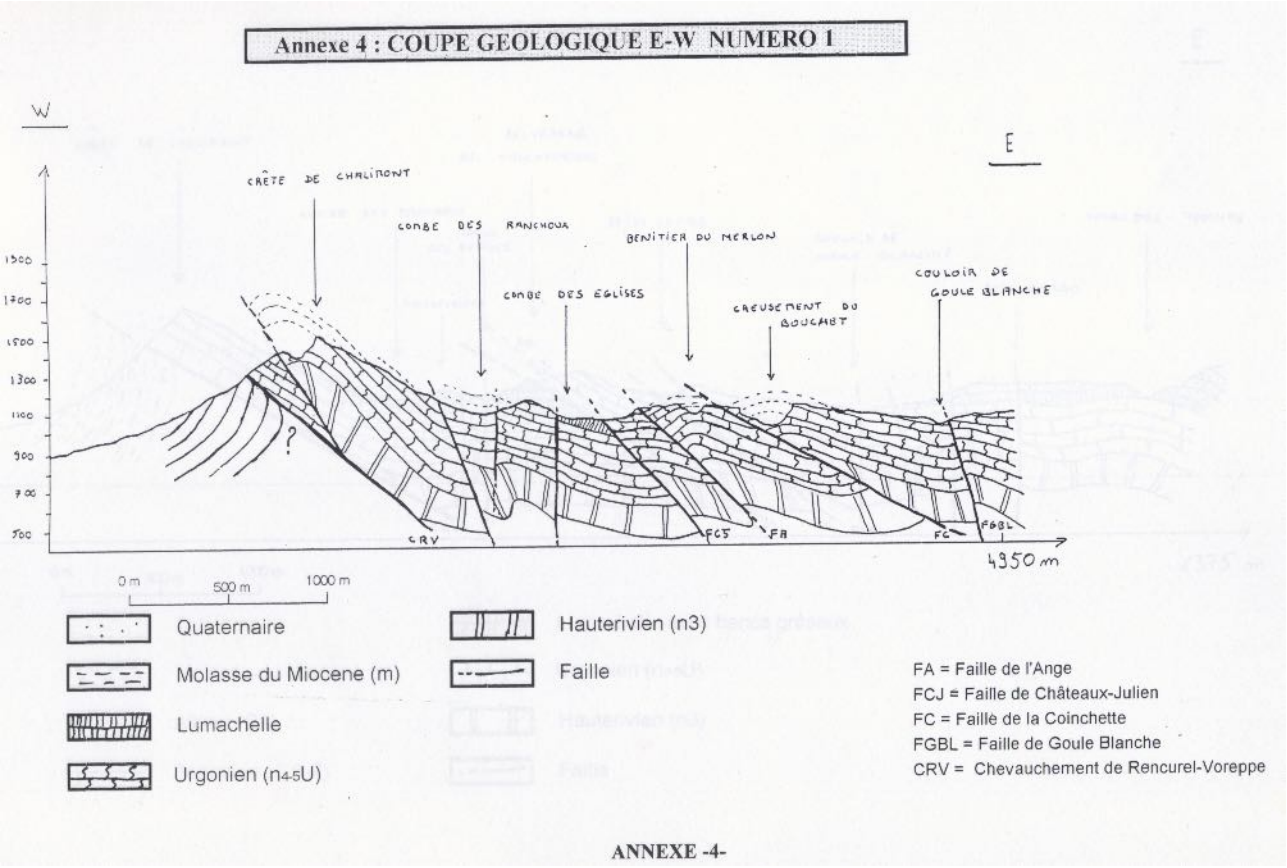
E	Eboulis et produits d'altération ou de solifluction superficielles
Eb	Eboulements à gros blocs
Fz	Alluvions modernes
m	Molasses et poudingues du Miocène
C6-7	Crétacé supérieur indifférencié - Sénonien
C1	Albien indifférencié
n6	Lumachelle - Gargasien / Clansayésien
n5m	Marnes à Orbitolines - Bédoulien supérieur
n4-5u	Urgonien
n3	Hauterivien
	Vallon morainique
	Réseau hydrographique de surface
	Contour géologique
1 2	1 : Contacte anormal caché ou présumé
	Grosseur du trait indique un degres dans l'importance de la faille
1 2	2 : Contacte anormal visible
20	Pendages - Chiffre en degrés

D'après "Carte géologique de la France" (1/50 000), édition B.R.G.M.

Annexe 3 : Coupe géologique E-W numéro 2.



Annexe 4 : Coupe géologique E-W numéro 1.



ANNEXE -4-

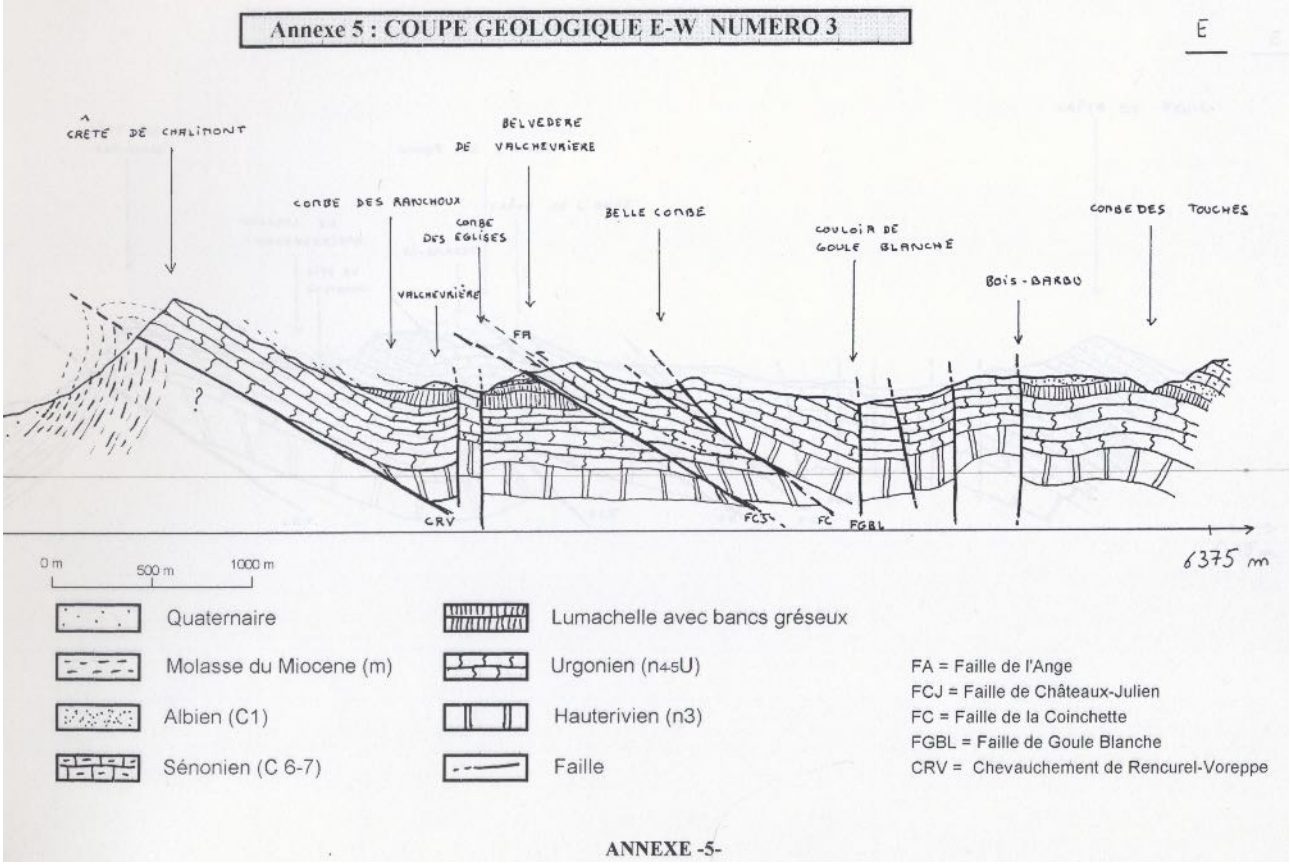
D'une manière plus générale, on peut dire que les couches sont pentées vers l'Est mais avec une composante vers le Nord, et semblent s'infléchir vers la Bourne. Cette observation n'est pas reproductible en rive droite de la Bourne comme le montre très bien la **Planche IV. Photo 1**. D'autre part, au niveau du pont de Valchevrière, dans la Bourne, une faille Nord Sud remonte d'au moins 50 mètres le compartiment Est.**[Bellamy 1963]**. Par ailleurs en rive droite, les couches forment un anticlinal non visible en rive gauche. On peut noter que l'accident est antérieur au chevauchement de Gros Martel, car il n'est pas visible dans la Falaise de la Ferrière. De la même façon, l'anticlinal du Bouchet n'a pas d'équivalent en rive gauche. Ces quatre observations confortent l'existence d'une faille E-W qui passe dans la Bourne. Il s'agit vraisemblablement d'un accident lié à la tectonique provençale, qui a rejoué ultérieurement. **(Voir photo aérienne : Annexe 2)**

II. 3. 2. 2. LA COUPE DE VALCHEVRIÈRE (CF. ANNEXE 5)

Cette coupe est relativement importante car elle montre nettement l'accentuation de la faille inverse de la Coinchette, poursuite de la faille de la Ferrière avec un chevauchement relativement important et une atténuation de l'anticlinal du Bouchet en direction du Sud. Le reste de la zone des écailles devient moins chevauchant, passant à une composante de glissement banc sur banc assez importante.

Au niveau du belvédère de Valchevrière, on observe un redoublement de la faille de Château-Julien. A l'Ouest, un synclinal commence à prendre forme, entre le couloir de Goule Blanche et la combe des Louches. Ces couches deviennent horizontales au niveau de Bois Barbu, puis plongent vers Villard-de-Lans, nous permettant ainsi de placer la limite du bassin versant de Goule Blanche à cet endroit.

Annexe 5 : Coupe géologique E-W numéro 3.



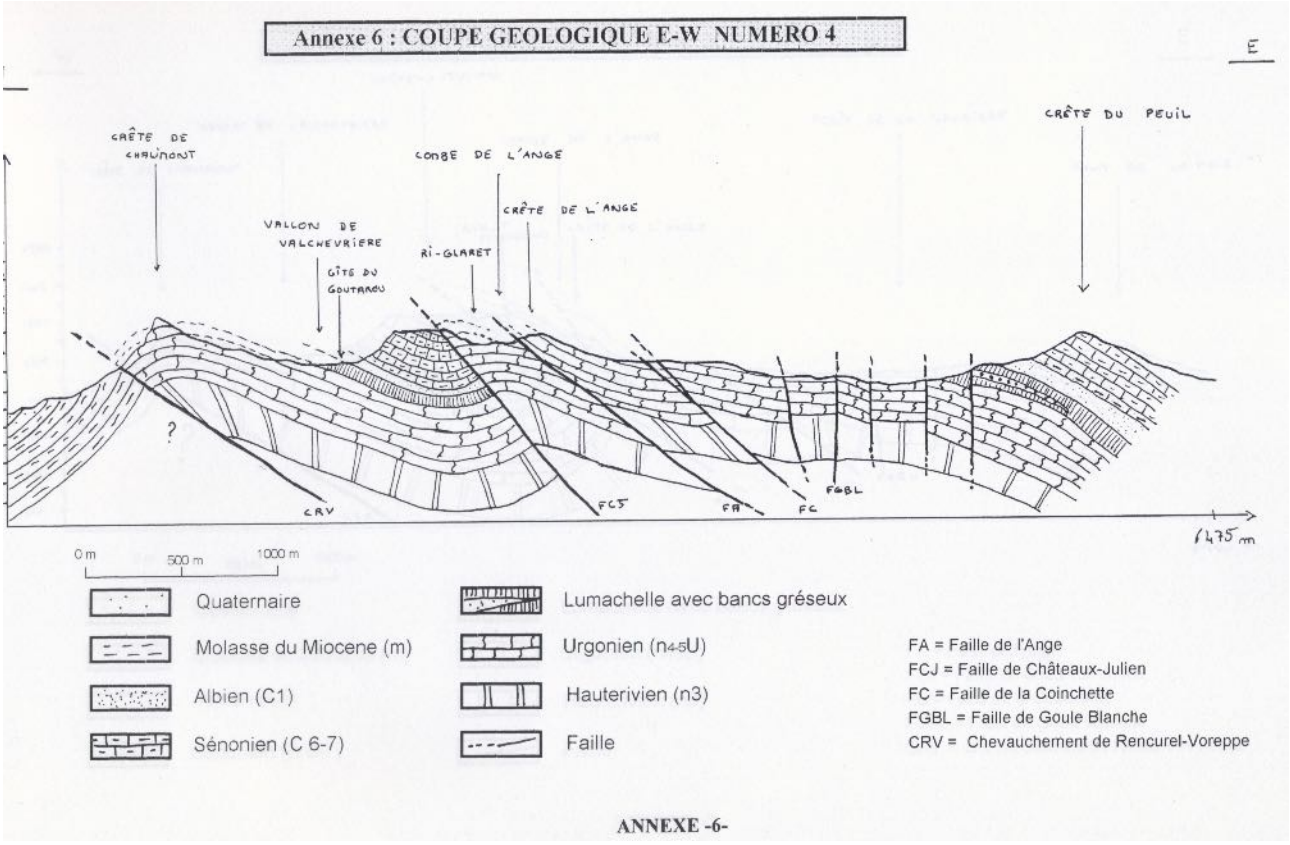
ANNEXE -5-

II. 3. 2. 3. LA ZONE DE CHÂTEAU-JULIEN

Les trois coupes **(cf. Annexes 6,7,8)** montrent le synclinal de Château-Julien en trois points successifs, qui révèlent nettement l'importance du chevauchement du même nom. D'autre part, le Sénonien de cette zone pressée contre le chevauchement montre une forte fracturation, un compactage et des plissement locaux remarquables, dans un secteur où les plis sont en général relativement amples. L'annexe 6 présente la charnière synclinale dans la zone où elle se trouve la plus pincée. Les annexes 7 et 8 montrent une atténuation des failles inverses de la Coinchette et de l'Ange. On constate d'ailleurs la forte diminution d'importance de la faille de l'Ange (Annexe 8), qui est réduite à une petite faille de surface qui se termine en glissement banc sur banc.

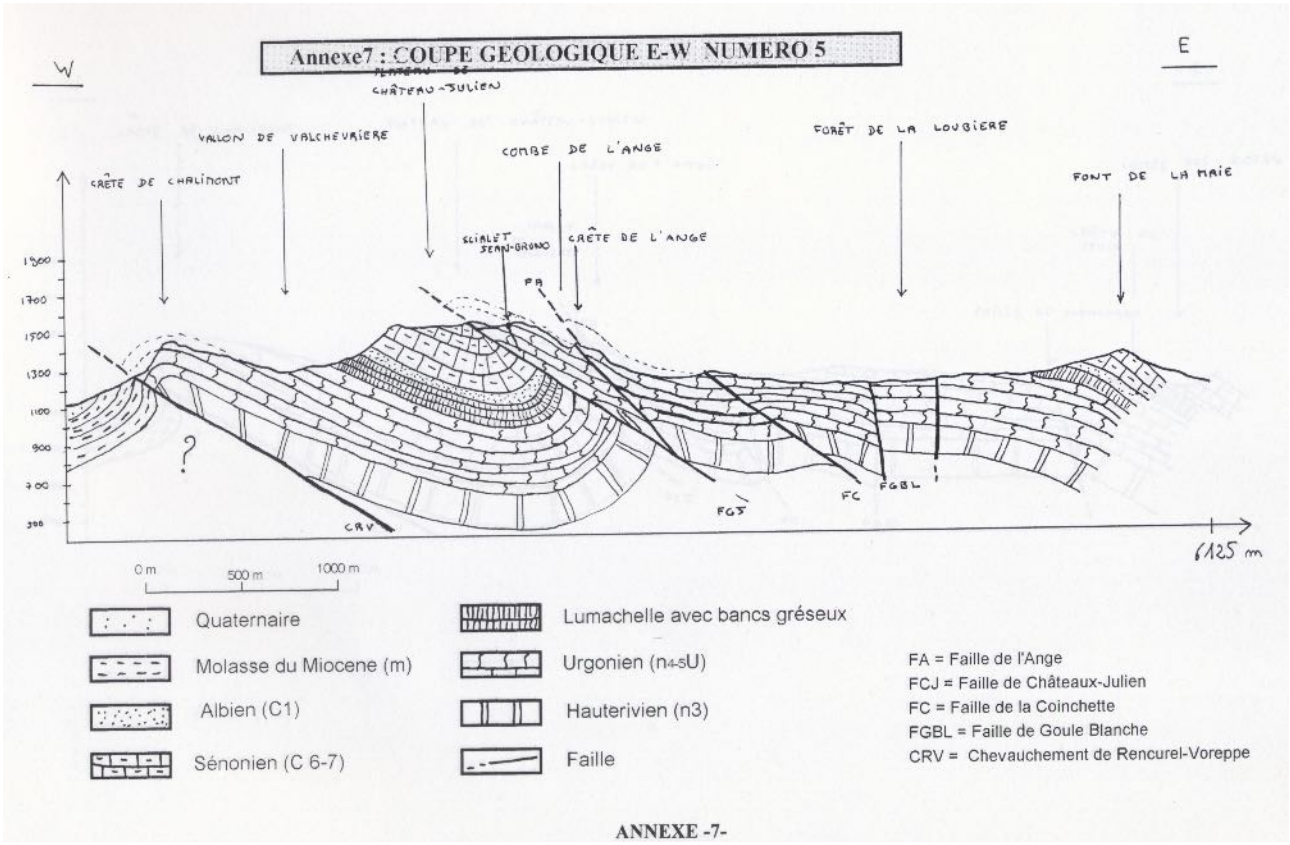
Au niveau de Goule Blanche, l'anticlinal s'est atténué, laissant les couches plonger régulièrement en direction du synclinal de Villard-de-Lans. Sur l'annexe 8, au niveau de la faille de Corrençon, on distingue une accentuation des pendages vers l'Est, qui se font à la faveur de cette faille et de sa composante décrochante.

Annexe 6 : Coupe géologique E-W numéro 4.



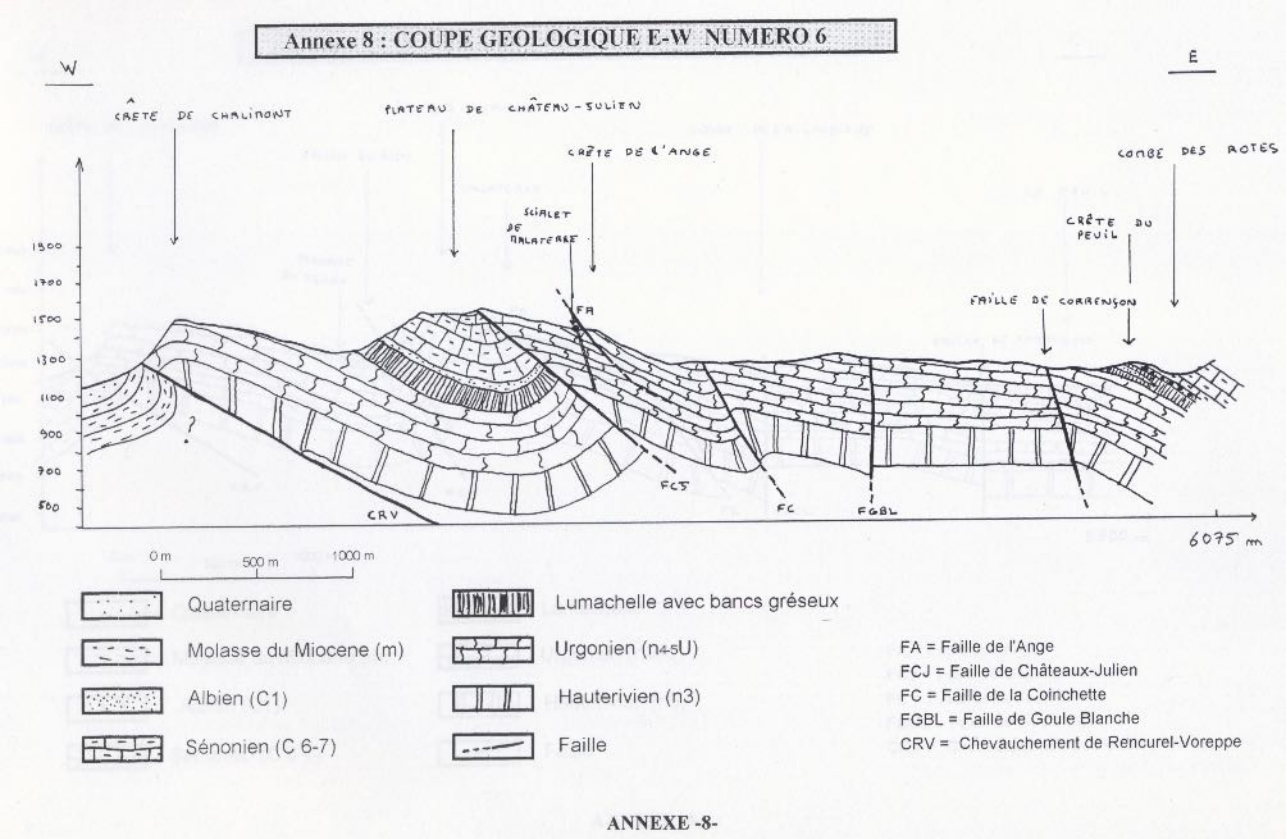
ANNEXE -6-

Annexe 7 : Coupe géologique E-W numéro 5.



ANNEXE -7-

Annexe 8 : Coupe géologique E-W numéro 6.

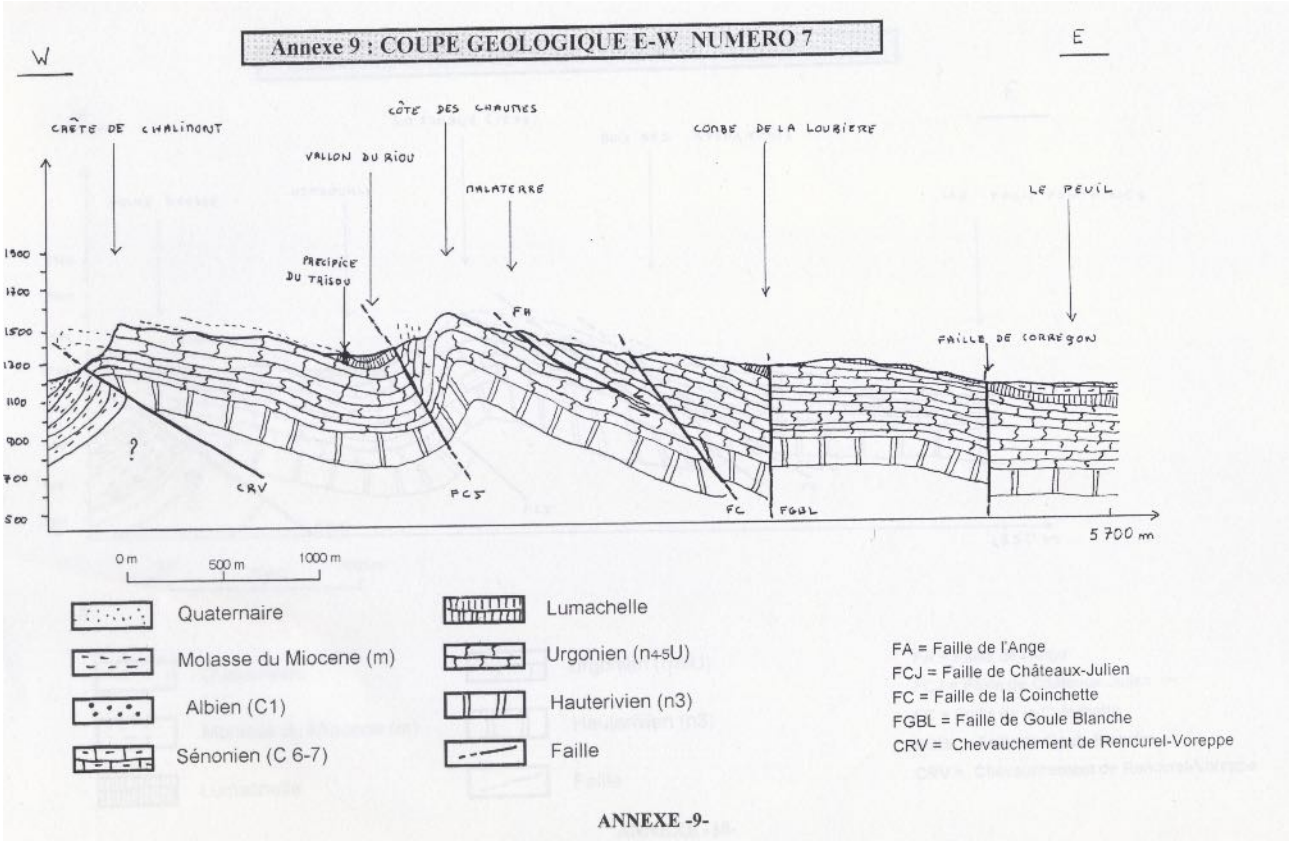


II. 3. 2. 4. LA ZONE D'HERBOUILLY (CF. PLANCHE IV PHOTO 2)

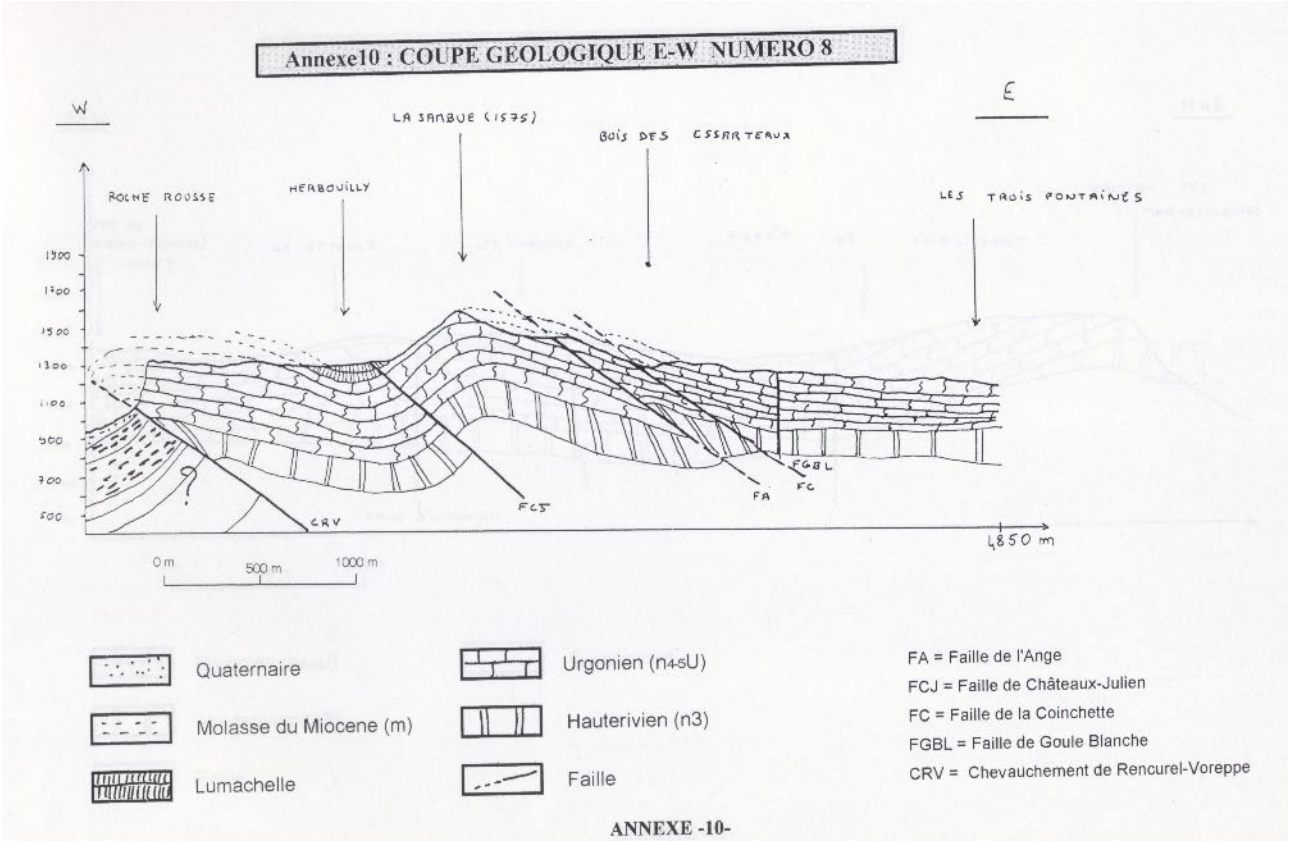
Dans ce secteur, le chevauchement de Château-Julien s'amortit rapidement. La faille se poursuit dans les éboulis et les couches accommodent le serrage par la formation d'un pli anticlinal d'abord en genou, au niveau de la Côte des Chaumes **(cf. Annexe 9)**, puis par un pli plus ample vers la Sambue **(cf. Annexe 10)**.

Vers l'Est, sous Corrençon-en-Vercors, les pendages des couches redeviennent sub-horizontaux. Le synclinal de Château-Julien s'atténue fortement puis disparaît totalement en direction de Roybon.

Annexe 9 : Coupe géologique E-W numéro 7.



Annexe 10 : Coupe géologique E-W numéro 8.



II. 3. 2. 5. LES COUPES LONGITUDINALES

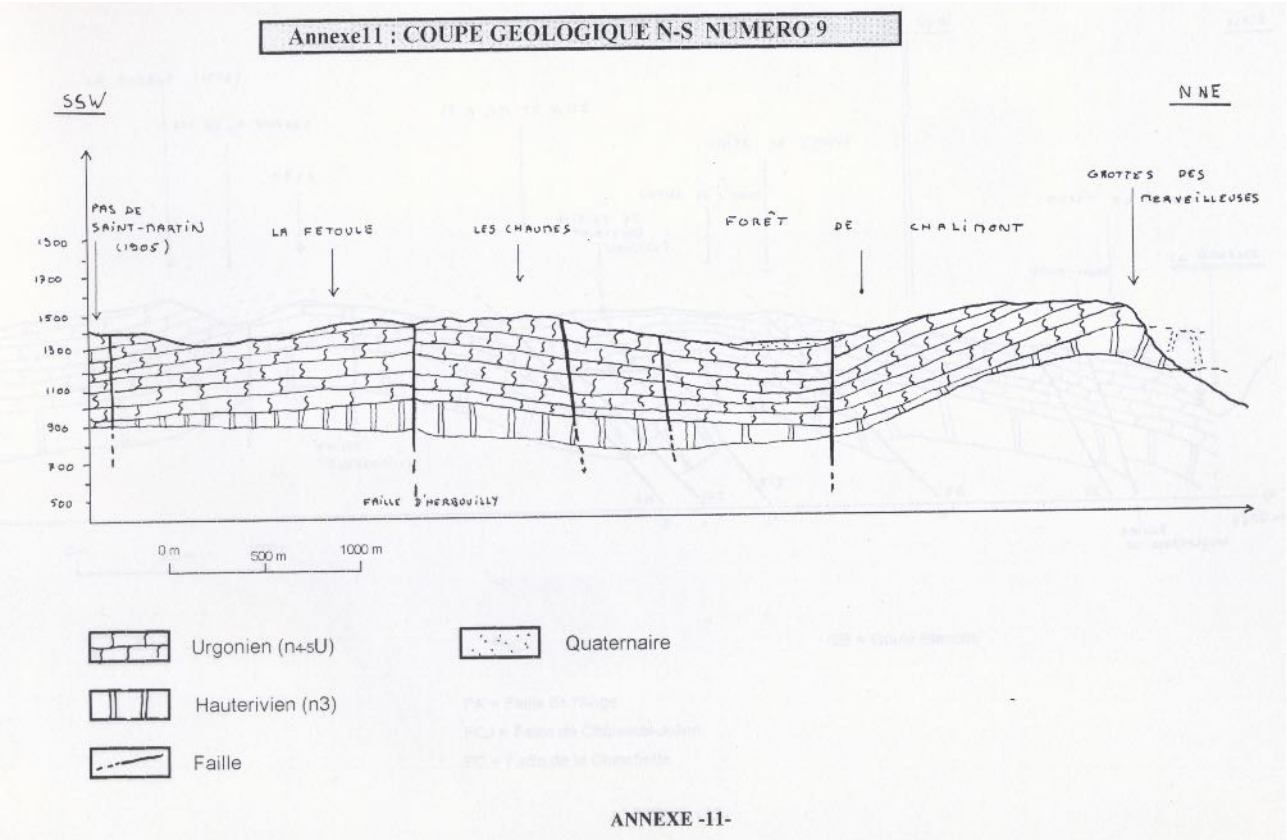
Deux coupes ont été réalisées du Nord au Sud.

La première **(cf. Annexe 11)** passe par la forêt de Chalimont. Cette coupe est particulièrement importante car elle montre l'existence d'anciennes ondulations d'axe Est-Ouest. La faille d'Herbouilly marque l'axe de l'ancien anticlinal. Il faut noter que la faille de Chalimont n'indique pas un ancien synclinal. Il s'agit d'une ancienne fracture, qui a rejoué avec la remontée du compartiment du rocher de Chalimont. La variation d'épaisseur de l'Hauterivien est un artefact, elle résulte d'une variation de pendage liée au chevauchement de Château-Julien qui est, à ce niveau, davantage vers l'Ouest. (Ceci correspond à la coupe de l'Annexe 7 : le synclinal plus marqué augmente de ce fait le pendage de ses couches sur le flanc Ouest.).

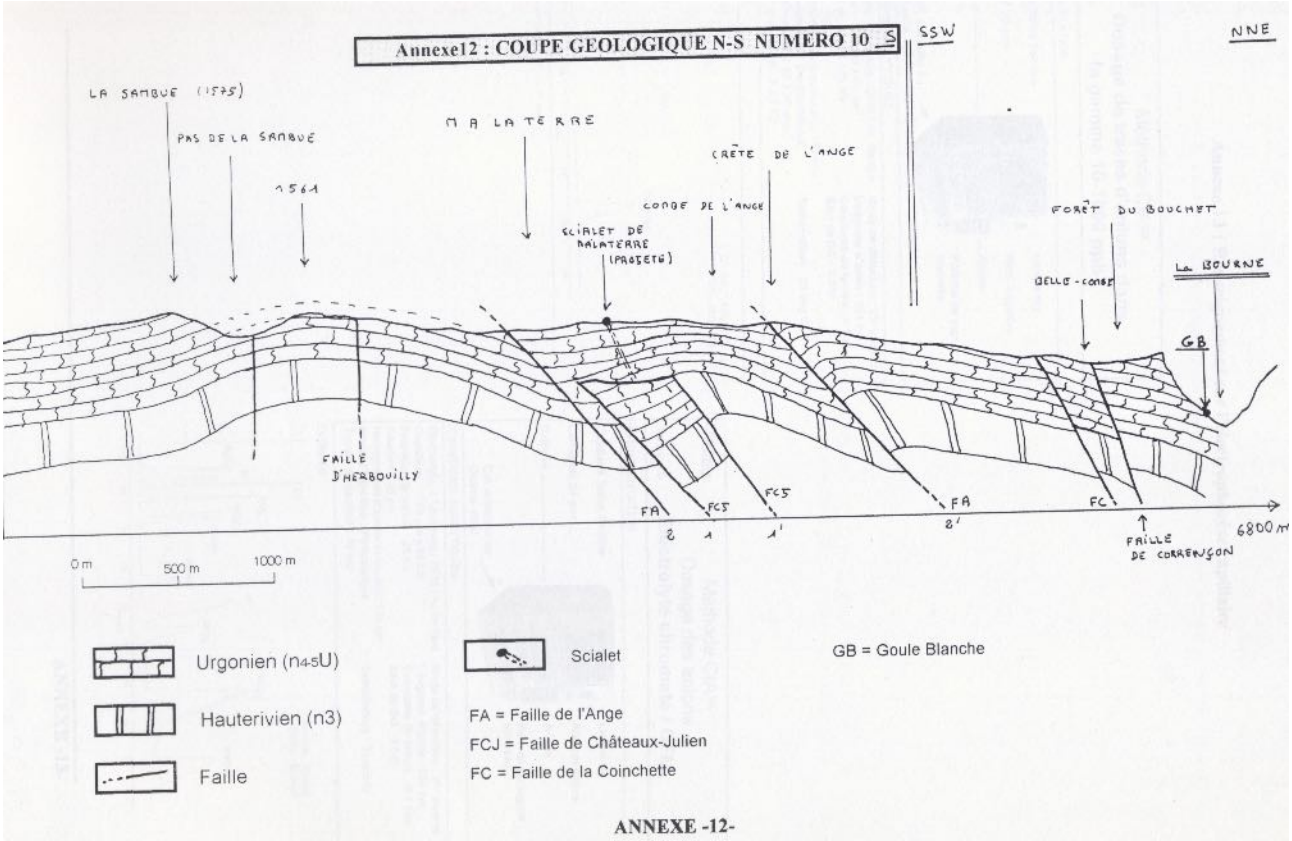
La deuxième **(cf. Annexe 12)** est plus compliquée à commenter. Les failles 1 et 1' sont en fait une seule faille, la faille de Château-Julien qui, en profondeur, arrive à ce niveau. Les failles 2 et 2' sont également une seule faille, celle de l'Ange (probablement décalée par une faille qui passe dans la côte des Chaumes). La partie centrale de la coupe montre le fond du synclinal de Château-Julien. Cette configuration de la coupe, un peu particulière, montre que le point le plus profond du synclinal se trouve à l'aplomb de la combe de l'Ange, comme le chevauchement.

Si on réalise une coupe plus vers l'Est, les couches pencheraient uniformément vers l'ENE, marquant un palier au niveau des failles inverses.

Annexe 11 : Coupe géologique E-W numéro 9.



Annexe 12 : Coupe géologique E-W numéro 10.



ANNEXE -12-

L'observation de ces coupes prises perpendiculairement et parallèlement aux structures nous permet d'avoir une idée assez juste de l'organisation en trois dimensions du secteur.

En résumé, le terrain étudié peut se découper en deux grands secteurs :

■ Le secteur oriental où les couches accommodent le serrage par une série d'écailles chevauchantes vers l'Ouest, de plus en plus marquées lorsqu'on s'approche de la Bourne entre Goule Blanche et Goule Verte. Ce secteur est limité à l'Est par le couloir de Goule Blanche et à l'Ouest par le chevauchement de Château-Julien. Encore plus à l'orient, après la faille de Goule Blanche, les couches deviennent horizontales puis finissent par plonger vers le synclinal de Villard-de-Lans

■ Le secteur occidental est un synclinal bordé à l'Est par le chevauchement de Château-Julien qui, nous l'avons observé sur les coupes, n'est pas rectiligne. Il est renversé et son flanc Ouest chevauche sur le synclinal de Rencurel. Le plan de chevauchement est globalement Nord-Sud, penté de 30 degrés vers l'Est puis se transforme en décrochement senestre au niveau de Saint-Martin-en-Vercors.

CHAPITRE III. DÉLIMITATION DES BASSINS VERSANTS BASÉE SUR LES ÉTUDES STRUCTURALE ET GÉOLOGIQUE

III. 1. DEFINITION DES ECOULEMENTS DU SECTEUR.

La problématique hydrologique (énoncée au paragraphe I. 5.) est relative à l'écoulement souterrain. Nous allons donc procéder aux descriptions des résurgences concernées. Cependant, même s'ils sont rares, les écoulements superficiels existent et nous allons, dans un premier temps, en décrire les caractères.

III. 1. 1. LES EAUX DE SURFACE.

Dans le secteur étudié, ces écoulements existent et sont principalement dus à la présence d'une couche de lumachelle étanche dans le synclinal de Château-Julien. Les eaux de surface se composent de plusieurs ruisseaux dont le débit, faible, varie beaucoup. On dénombre 4 sources et ruisseaux associés :

- le ruisseau du Riou au Sud. (1 l/s en période d'étiage moyen)
- la source du Goutarou et son ruisseau (2 l/s en période d'étiage moyen)
- le ruisseau de Valchevrière (6 l/s en période d'étiage moyen)
- le ruisseau du Ri Glaret au Nord (4 l/s en période d'étiage moyen)

Soit un total de 13 l/s pour ces ruisseaux qui ont tous leur source au niveau de la lumachelle. L'eau que l'on retrouve au niveau de celle-ci provient du plateau de Château-Julien. Effectivement, l'eau s'infiltre dans le Sénonien qui est karstifié et semble être stoppée au niveau de la lumachelle aptienne. Des communications directes avec l'Urgonien sous-jacent ne sont pas impossibles. On constate aussi que lorsque la couche de lumachelle est trop faible, l'eau passe directement dans le karst Par exemple, le Riou se perd au Nord d'Herbouilly, s'infiltrant directement dans le karst urgonien.

Si l'on considère la lumachelle comme suffisamment étanche, il apparaît intéressant de connaître la topographie du toit de cette couche. **(cf. Figure 17)**

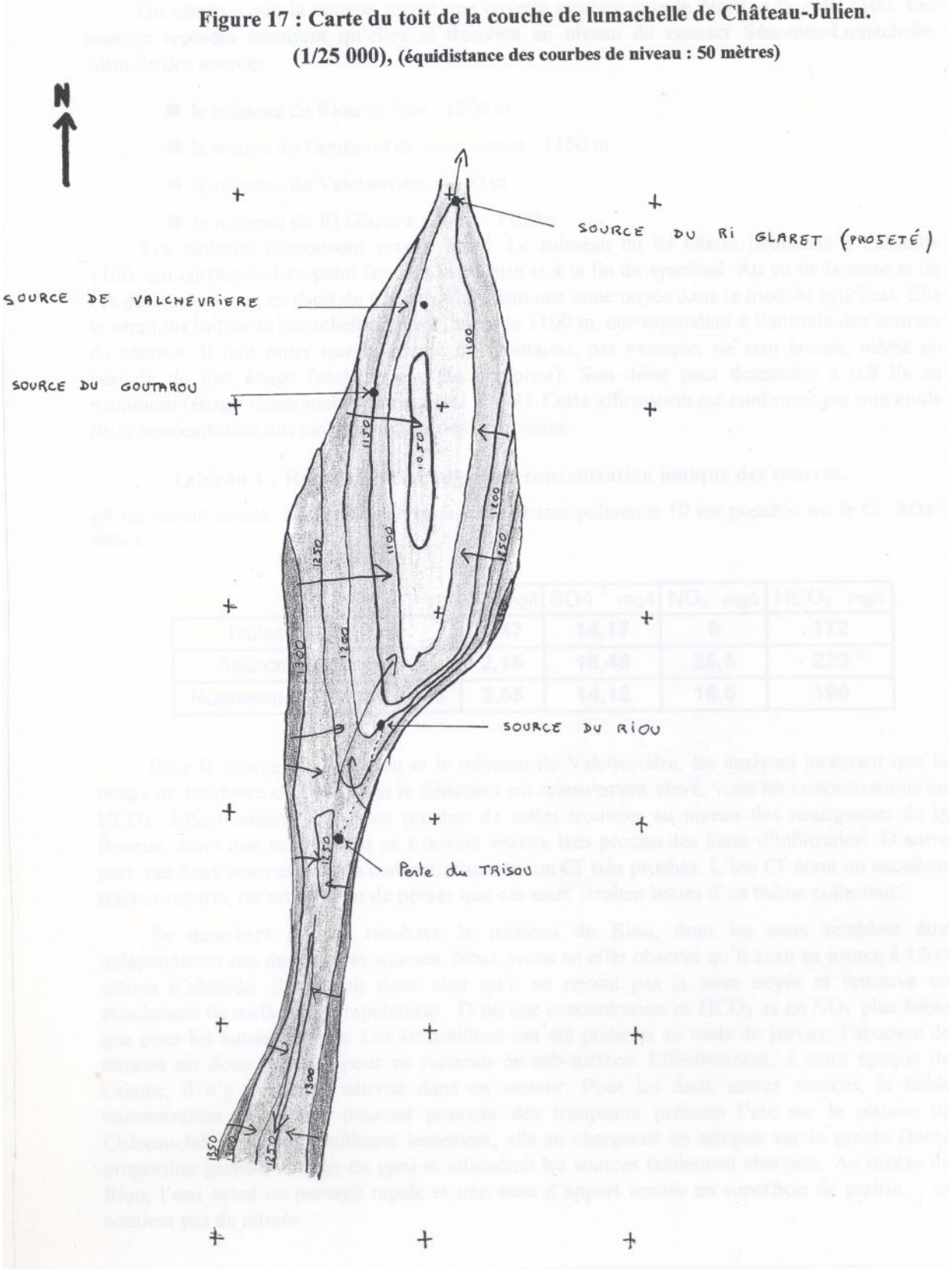


Figure 17 : Carte du toit de la couche de lumachelle de Château-Julien.

(1/25 000), (équidistance des courbes de niveau : 50 mètres)

On observe que la couche forme une cuvette ouverte vers le Nord, à la cote 1100. Les sources repérées montrent qu'elles se trouvent au niveau du contact Sénonien-Lumachelle. Altitude des sources :

- le ruisseau du Riou au Sud : 1200 m
- la source du Goutarou et son ruisseau : 1150 m
- le ruisseau de Valchevrière :1100 m
- le ruisseau du Ri Glaret au Nord : 1100m

Les altitudes décroissent vers le Nord. Le ruisseau du Ri Glaret débouche à l'altitude 1100, qui correspond au point fermant la cuvette et à la fin du synclinal. Au vu de la carte et de ces données, on est en droit de penser qu'il existe une zone noyée dans le fond du synclinal. Elle le serait du toit de la lumachelle jusqu'à l'altitude 1100 m, correspondant à l'altitude des sources du secteur. Il faut noter que la source du Goutarou, par exemple, ne tarit jamais, même en période de fort étiage (sécheresse d'été comprise). Son débit peut descendre à 0.8 l/s au maximum (étiage remarquable de cet hiver 97/98). Cette affirmation est confirmée par une étude de la concentration des ions majeurs et des carbonates :

Tableau 1 : Résultats des analyses de concentration ionique des sources.

(A un instant donné. Nottons qu'un problème sur une puissance 10 est possible sur le Cl^- $SO4^{2-}$ NO_3^-)

	Cl^- mg/l	$SO4^{2-}$ mg/l	NO_3^- mg/l	HCO_3^- mg/l
Ruisseau du Riou	**1,47**	**14,17**	**0**	**172**
Source du Goutarou	**2,15**	**16,48**	**25,5**	**220**
Ruisseau de Valchevrière	**2,55**	**14,12**	**16,5**	**199**

Pour la source du Goutarou et le ruisseau de Valchevrière, les analyses montrent que le temps de résidence de l'eau dans le Sénonien est relativement élevé, vues les concentrations en HCO_3^-. Effectivement, elles sont proches de celles trouvées au niveau des résurgences de la Bourne, alors que ces sources se trouvent encore très proche des lieux d'infiltration. D'autre part, ces deux sources ont des concentrations en ion Cl^- très proches. L'ion Cl^- étant un excellent traceur naturel, on est en droit de penser que ces eaux seraient issues d'un même collecteur.

Se détachant de ces résultats, le ruisseau du Riou, dont les eaux semblent être indépendantes des deux autres sources. Nous avons en effet observé qu'il avait sa source à 1200 mètres d'altitude. Il apparaît donc clair qu'il ne rejoint pas la zone noyée et retrouve un écoulement de surface plus rapidement . D'où une concentration en HCO_3^- et en NO_3^- plus faible que pour les autres sources. Les échantillons ont été prélevés au mois de janvier, l'absence de nitrates est donc normale pour ce ruisseau de sub-surface. Effectivement, à cette époque de l'année, il n'y a aucune activité dans ce secteur. Pour les deux autres sources, la faible concentration en nitrates pourrait provenir des troupeaux présents l'été sur le plateau de Château-Julien. L'eau s'infiltrant lentement, elle se chargerait en nitrates sur la prairie (toute proportion gardée, il s'agit de ppb) et atteindrait les sources faiblement chargées. Au niveau du Riou, l'eau ayant un passage rapide et une zone d'apport limitée en superficie de prairie, il ne contient pas de nitrate.

III. 2. LES EAUX SOUTERRAINES

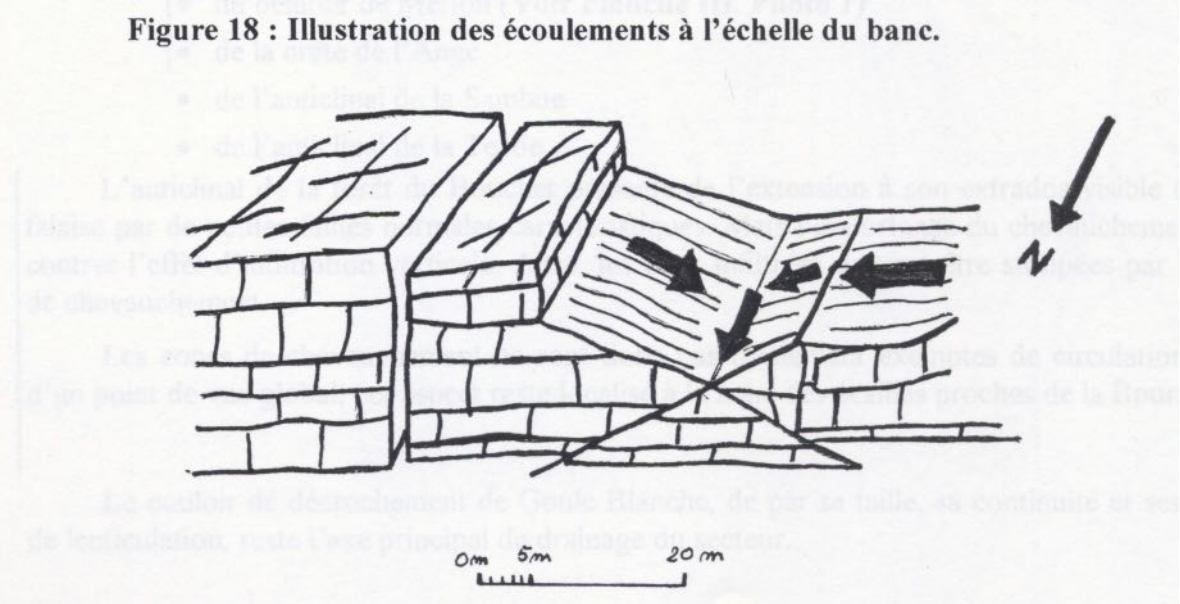
Les eaux souterraines du secteur débouchent donc en plusieurs points dans les gorges de la Bourne. Le milieu fracturé provoque, de part et d'autre de l'accident, un certain nombre de modifications au niveau de la roche, qui doivent être étudiées à différentes échelles. Les modifications ressenties sur le niveau de base étanche ainsi que le rôle des déversoirs nous permettront de définir l'organisation du drainage dans le secteur étudié.

III. 2. 1. RECHERCHE DE L'ORGANISATION DU DRAINAGE ASSOCIÉE À LA FRACTURATION

III. 2. 1. 1. A L'ÉCHELLE DU BANC

Il a été observé fréquemment au niveau des fractures conjuguées, un enduit calcitique, qui démontre que cette association de failles n'a pas de rôle dans le drainage des eaux. Elles peuvent cependant assurer un relais entre d'éventuels plans longitudinaux, délimités par l'intersection des deux plans conjugués **[Werner 1979].**

Figure 18 : Illustration des écoulements à l'échelle du banc.



Les fractures dont la direction est parallèle à la direction de raccourcissement de la phase alpine ne présentent pas d'indications permettant de leur associer une circulation d'eau importante. Les indices d'ouverture des fractures sont presque inexistants.

Au niveau des grands accidents, le drainage est particulièrement développé dans les couloirs de lenticulation. Le couloir de Goule Blanche en est un bel exemple, avec, de surcroît, une très nette érosion préférentielle de cette zone **(cf. Planche I photo 1)**. Au contraire, les diaclases associées aux failles inverses sont de véritables zones étanches.

A l'échelle du banc, le drainage s'organise donc principalement dans les fractures longitudinales et les couloirs de lenticulation.

III. 2. 1. 2. A L'ÉCHELLE DES GORGES DE LA BOURNE

Le chevauchement de Rencurel-Voreppe met en contact l'Urgonien et les couches molassiques du synclinal de Rencurel. On peut donc penser qu'il s'agit d'un écran. Son prolongement, c'est-à-dire le décrochement de Carette, est considéré comme un drain. **[Arnaud 1968]**. De la même façon, le décrochement de Corrençon doit être drainant, au moins jusqu'à sa rencontre avec le couloir décrochement de Goule Blanche.

Dans la zone des écailles, où les failles inverses ont un jeu moins important, l'aspect écran doit être discuté au cas par cas. Le chevauchement de Château-Julien, d'importance régionale, peut tout de même être assimilé à un écran. Il en est de même pour la faille inverse de la Coinchette, qui se poursuit par le chevauchement de Gros Martel. Par contre, pour la faille inverse de l'Ange par exemple, le plissement et le crochonement des couches doivent favoriser l'ouverture de fractures longitudinales utilisées préférentiellement par le karst. Ce phénomène, lié à l'extrados des charnières, a déjà été observé dans la partie méridionale du Vercors. **[Barbier 1971 - Werner 1979]**

Les plis ou crochonements considérés sont ceux :

- de l'anticlinal de la forêt du Bouchet **(Voir Planche III. Photo 2)**
- du bénitier de Merlon **(Voir Planche III. Photo 1)**
- de la crête de l'Ange
- de l'anticlinal de la Sambue
- de l'anticlinal de la Tende

L'anticlinal de la forêt du Bouchet présente de l'extension à son extrados visible dans la falaise par de petites failles normales caractéristiques. Mais l'importance du chevauchement doit contrer l'effet d'infiltration verticale. Ainsi, les eaux infiltrées doivent être stoppées par le plan de chevauchement.

Les zones de chevauchement ne sont donc pas totalement exemptes de circulation, mais d'un point de vue global, cet aspect reste localisé à la zone des écailles proches de la Bourne.

Le couloir de décrochement de Goule Blanche, de par sa taille, sa continuité et ses zones de lenticulation, reste l'axe principal de drainage du secteur.

III. 3. HYPOTHÈSE SUR LA CIRCULATION DES EAUX DANS LES KARSTS BASÉE SUR LA GÉOLOGIE

Les données présentées ci-dessus vont, dans ce paragraphe, être utilisées et discutées pour déterminer au mieux les circulations dans les différents karsts.

L'étude se base sur la représentation du toit de la couche étanche d'Hauterivien. Sa construction a été réalisée grâce aux coupes sériées et aux coupes longitudinales, le tracé des failles étant lié aux résultats de l'étude structurale et de l'analyse des photos aériennes. Le document, présenté sur la **figure 19,** sera donc le document de référence.

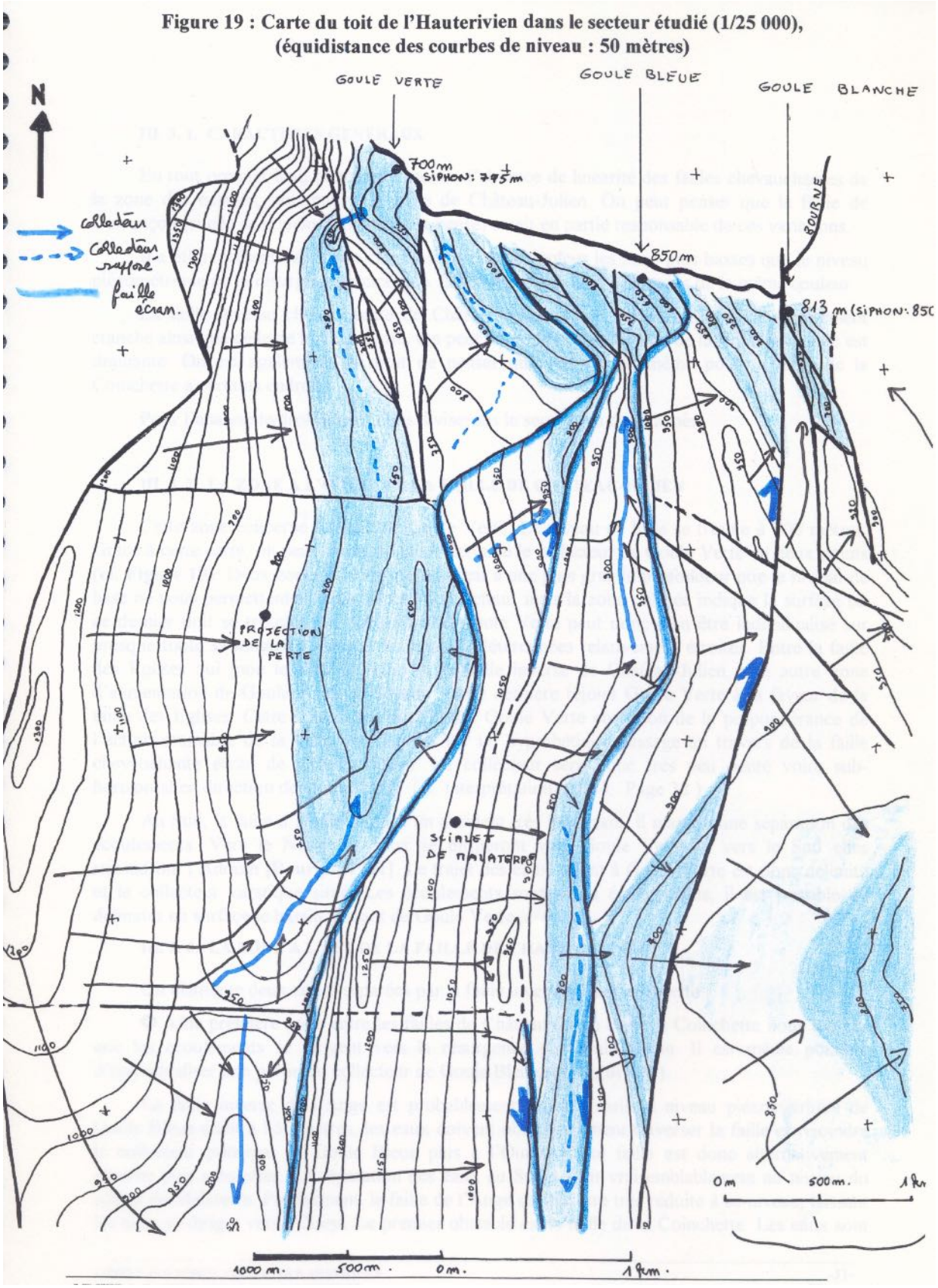


Figure 19 : Carte du toit de l'Hauterivien dans le secteur étudié (1/25 000), (équidistance des courbes de niveau : 50 mètres)

III. 3. 1. CARACTERES GENERAUX

En tout premier lieu, cette carte montre l'absence de linéarité des failles chevauchantes de la zone des écailles, notamment la faille de Château-Julien. On peut penser que la faille de Corrençon (si elle se poursuit comme je le pense) serait en partie responsable de ces variations.

Il a été représenté sur cette carte à l'aide d'une couleur les zone plus basses que le niveau piézométrique de la résurgence concernée. Les failles écran sont surlignées de la même couleur.

La faille inverse chevauchante de Château-Julien a été interprétée comme entièrement étanche ainsi que celle de la Coinchette. On peut noter que la partie Sud de la faille de l'Ange est drainante. On est également en droit de penser qu'il en est de même pour la faille de la Coinchette à certains endroits.

Pour l'analyse hydrologique, nous diviserons le secteur en deux zones.

III. 3. 2. LA ZONE À L'OUEST DE LA FAILLE DE CHÂTEAU-JULIEN

Cette zone concerne le karst de Goule Verte. Le niveau de base se trouve à 700 mètres. Grâce à cette carte, on peut tracer de façon certaine le collecteur de Goule Verte en deux points **(cf. Figure 19)**. Deux zones où l'Hauterivien est à une plus grande profondeur que le niveau de base ne nous permettent plus de tracer le collecteur, mais la zone colorée indique la surface où ce dernier doit se trouver. Le collecteur de Goule Verte peut donc bien être individualisé sur presque toute sa longueur, laissant les zones indéterminées relativement étroites. Entre la faille des Eglises qui joue le rôle de drain et la faille inverse de Château-Julien, une autre zone d'alimentation de Goule Verte se dessine. Cette dernière rejoint Goule Verte à la faveur de la faille des Eglises. Cette zone a été rattachée à Goule Verte en raison de la prépondérance de l'action drainante de la Faille des Eglises sur un hypothétique passage au travers de la faille chevauchante écran de Château-Julien. Le collecteur sera donc très peu penté voire sub-horizontal en direction de Goule Verte. (cf. interprétation : III. 4. Page 32)

Au Sud, la faille d'Herbouilly est un accident très important, il marque une séparation des écoulements. Vers le Nord, les eaux se dirigeront vers Goule Verte et vers le Sud elles rejoindront l'Adouin **[Bourgin 1941]**. Le trajet des eaux allant à Goule Verte est donc délimité et le collecteur karstique situé. Les écoulements souterrains étant définis, il est possible de délimiter en surface le bassin versant de Goule Verte.

III. 3. 3. LA ZONE À L'EST DE LA FAILLE DE CHÂTEAU-JULIEN

On distingue deux zones séparées par la faille inverse de la Coinchette.

➲ Une première zone entre les failles de Château-Julien et de la Coinchette nous montre que les écoulements se dirigent vers la résurgence de Goule Bleue. Il est même possible d'individualiser une partie du collecteur de Goule Bleue **(cf. Figure 19)**

La faille inverse de l'Ange est probablement étanche mais le niveau piézométrique de Goule Bleue étant à 850 mètres, les eaux doivent obligatoirement traverser la faille et rejoindre le collecteur principal de Goule Bleue plus à l'Ouest. Cette faille est donc alternativement étanche puis sans effet. La séparation des eaux au Sud se fait vraisemblablement au niveau du scialet de Malaterre. Précisément, la faille de l'Ange semble être très réduite à ce niveau, laissant les eaux se diriger vers l'Ouest. Le premier obstacle est la faille de la Coinchette. Les eaux sont alors probablement déviées vers le Sud. Encore plus au Sud (en dehors de la carte), l'atténuation puis la disparition des failles

inverses de l'Ange et de la Coinchette impose au collecteur de ces eaux de rejoindre celui de Goule Blanche. On constate que la Faille de l'Ange, redevenue active après le scialet de Malaterre, devient probablement un drain latéral qui guide les eaux de la Sambue et du Bois des Essarteaux vers le collecteur de Goule Blanche.

➲ La deuxième zone, à l'Est de la faille de Goule Blanche, ne présente aucune difficulté. Les eaux arrêtées par la faille de Goule Blanche sont drainées par cette dernière jusqu'à la résurgence plus au Nord. Au delà de la faille de Goule Blanche, vers l'Ouest donc, les eaux se dirigent vers le Sud, rejoignant le collecteur principal de Goule Blanche (en dehors de la carte). La littérature **[Rousset 1982]** nous apprend que la faille drain de Carrette marque la limite Sud des écoulements allant à Goule Blanche.

Cependant, Goule Blanche a une altitude de 813 m mais celle du siphon terminal est de 850 mètres. Il apparaît donc possible qu'en hautes eaux, lorsque les niveaux piézomètriques augmentent, les karsts de Goule Blanche et Goule Bleue communiquent par mise en eaux d'anciens conduits formés antérieurement. Ce conduit aurait probablement été abandonné par Goule Blanche, en réponse au creusement de la Bourne et, donc, à l'abaissement du niveau piézométrique de cette dernière.

Ceci permettrait, entre autre, d'expliquer l'altitude élevée de Goule Bleue ainsi que ses sorties à deux altitudes différentes selon le niveau hydrologique. Effectivement, en période d'étiage, l'eau déboucherait à la résurgence la plus basse et lorsque Goule Blanche apporterait sa contribution en eau, le réseau se remplirait et les deux sorties supérieures seraient privilégiées.

Cette analyse nous a donc permis de définir 3 zones distinctes, où les écoulements souterrains ont été modélisés et les réseaux karstiques principaux (collecteurs notamment) ont été placés. Les limites sont donc définies et conduisent à individualiser 3 bassins versants indépendants. Nous avons également constaté que des relations entre Goule Bleue et Goule Blanche sont possibles en période de hautes eaux.

D'autre part, la limite entre Goule Bleue et Goule Blanche est encore floue au niveau de Malaterre. **P. Rousset (1982)** a procédé à sa coloration mais il n'a jamais détecté la restitution du colorant à Goule Blanche. De plus, Goule Bleue n'avait pas été surveillée.

Avant de proposer une délimitation des bassins versants, plusieurs contrôles, notamment chimiques, ont été réalisés pour confirmer ou infirmer l'indépendance des trois réseaux karstiques.

III. 4. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DES ANALYSES CHIMIQUES

Les analyses chimiques sont couplées avec des relevés de température, de pH et de débit. Elles ont été réalisées à l'IRIGM de Grenoble par électrophorèse capillaire. **(cf. Annexe 13)**

Les échantillons ont été prélevés en période d'étiage. Les ions analysés sont : Cl^-, $SO4^{2-}$, NO_3^- et HCO_3^-. Les résultats sont présentés dans le **tableau 2** ci-dessous.

Tableau 2 : Résultats des analyses de concentration ionique des résurgences principales.

(A un instant donné. Nottons qu'un problème sur une puissance 10 est possible sur le Cl^- $SO4^{2-}$ NO_3^-)

	Cl^- mg/l	$SO4^{2-}$ mg/l	NO_3^- mg/l	HCO_3^- mg/l
Goule Blanche :	**2,79**	**14,5**	**13,0**	**199**
Goule Verte :	**2,21**	**13,8**	**17,3**	**231**
Goule Bleue :	**2,78**	**12,3**	**10,4**	**249**

On constate en premier lieu que cette eau est très peu chargée en ions majeurs. S'agissant d'eau karstique, ces résultats ne sont pas étonnants. Pour le chlore, les concentrations montrent que les eaux de Goule Verte sont indépendantes des autres. Pour les ions SO_4^{2-}, Goule Bleue a des concentrations inférieures aux deux autres Goules. Cette constatation est reproductible pour l'ion NO_3^-. Il apparaît que Goule Bleue et Goule Blanche sont différentes. D'autre part, la charge ionique en HCO_3^- est plus forte pour Goule Bleue. Le temps de séjour est donc bien différent pour les deux résurgences.

Les mesures de pH vont évidemment dans le même sens : **(cf. Tableau 3)**

Tableau 3 : Résultats des mesures de pH et de température aux principales résurgences

(mesure effectuées en Mars)

Sites analysés	pH	T°C
Bourne après Goule.Verte.	**8,11**	**6,5**
Goule Verte (80 l/s visible)	**7,74**	**7,7**
Bourne à Grotte.Roche.	**8,54**	**5,6**
Goule Bleue (35l/s visible)	**8,06**	**7,1**
Goule Blanche	**8,32**	**7,3**
Bourne avant Goule.Blanche.	**8,51**	**5,9**

Le pH de Goule Bleue est effectivement plus fort qu'à Goule Verte mais reste plus faible qu'à Goule Blanche. La différence de température entre Goule Blanche, Goule Bleue et Goule Verte est significative mais les 2/10e qui séparent Goule Blanche et Goule Bleue ne sont pas probants. On observe également que la Bourne est affectée par l'arrivée d'eau à 7,7°C de Goule Verte. Elle passe de 5,6 à 6,5 °C soit 0,9°C. Le débit de Goule Verte estimé à 80 l/s pour ce qui est visible est donc bien plus fort. Le même phénomène est constatable pour le pH et reconductible pour les autres résurgences.

Il apparaît donc que Goule Bleue est indépendante de Goule Blanche au moins à l'étiage. Pour Goule Verte, les données sont maintenant suffisantes pour conclure à sa totale indépendance.

Les variations de température dans les régimes karstiques sont effectivement importantes, d'une part pour repérer les sources et d'autre part pour les comparer les unes aux autres (les températures doivent au minimum avoir 2/10ème de degrés de différence pour être comparables). Le **tableau 4** présente les résultats de quatre prises de température, quatre jours différents et dans quatre conditions hydrologiques différentes.

Tableau 4 : Présentation de relevés de température dans différentes conditions hydrologiques.

Sites analysés	29/01/98	Crue	14/03/98		22/03/98	
	Etiage		Etiage	Débit	Fonte	Débit
Goule Verte	7,8	7,3	7,3	60 l/s	7,7	80 l/s
Grotte Roche	?	?	6,9	0,2 l/s	7,8	0,3 l/s
Goule Bleue	7	6,6	6,9	20 l/s	7,1	35 l/s
Goule Blanche	6,8	6,6	6,8	?	7,3	?
T°C extérieure	**-6**	**5**	**3,5**		**4**	

En premier lieu, les mesures de température de Goule Verte confirment son indépendance. En second lieu, on observe une grande similitude pour les températures de Goule Bleue et Goule Blanche. Une différence de 1 ou 2 dixièmes de degrés est notable en période d'étiage. En revanche, lors de la crue de février, on observe des températures identiques. Il ne s'agit que d'une mesure et on ne peut conclure sur une communication entre les réseaux aussi rapidement. Il était envisagé, suite à cette information, de procéder à des relevés de température durant toute une crue et à des analyses de concentration ionique, mais malheureusement il n'y a toujours pas eu de nouvel épisode de hautes eaux.

Des relevés de température et de pH ont été réalisés à la petite résurgence de Grotte Roche.

Effectivement, un fin filet d'eau, 0,6 l/s maximum coule dans cette ancienne résurgence. On s'est aperçu que les eaux qui en sortaient étaient rattachables à celles de Goule Verte mais individualisées dans un petit réseau séjournant plus longtemps dans le karst. C'est pourquoi il est enrichi en carbonates, plus chaud et présente un pH plus élevé. **(cf. Tableau 3 et 4)**

III. 5. PROPOSITION DE LIMITES DE BASSINS VERSANTS

La totalité des résultats étant présentée, les données nous permettent de fixer les limites des bassins versants de Goule Blanche, Goule Bleue, Goule Verte et de l'Adouin. **(cf. Annexe 14)**

Le bassin versant de Goule Verte est limité :

- au Sud par la faille d'Herbouilly
- au Nord par la Bourne
- à l'Ouest par la falaise de Rencurel
- à l'Est par le Chevauchement de Château-Julien

Le bassin versant de Goule Bleue est limité :

- au Nord par la Bourne
- au Sud par le secteur de Malaterre
- à l'Ouest par la Faille de Château-Julien
- à l'Est par la faille de la Coinchette

Le bassin versant de Goule Blanche est limité :

- au Nord par la Bourne puis de la même façon que Rousset l'a présenté
- au Sud par la faille de Carette **[cf. Rousset 1982]**
- à l'Ouest par la faille de la Coinchette puis par la faille de Château-Julien
- à l'Est, selon les limites de Rousset

Le bassin versant de l'Adouin garde les mêmes limites que celles définies par les études antérieures.

Il faut bien sûr garder à l'esprit que des communications sont possibles entre les réseaux karstiques de Goule Blanche et Goule Bleue en période de crue. En quelque sorte, Goule Bleue pourrait servir de trop plein occasionnel. Cependant, Goule Bleue garde toute sa spécificité et son indépendance hydrologique. **(Annexe 14)**

IV. OPÉRATION DE TRAÇAGE

IV. 1. CHOIX DU LIEU D'INJECTION

Le mémoire avait comme but de préciser les limites de bassins versants dans le secteur étudié des gorges de la Bourne. L'étude tectonique et géologique réalisée est arrivée à certaines conclusions. Cependant une zone reste principalement floue, la zone du scialet de Malaterre. La coloration sans résultat déjà réalisée **[Rousset 1982]** ne nous permet pas de conclure que le ruisseau de Malaterre rejoint le karst de Goule Bleue. Effectivement, Rousset précise qu'il n'a peut-être pas attendu suffisamment longtemps à Goule Blanche. D'autre part, les volumes d'eau concernés nécessitent beaucoup de colorant. Rousset par exemple avait injecté 5 kg. On ne connaît pas non plus la sensibilité jusqu'à laquelle ces contrôles ont été réalisés. Il existe une probabilité que les eaux empruntent le karst de Goule Bleue. Lorsqu'on se penche sur la topographie du scialet **(Annexe 15)** et d'après les observations spéléologiques **[Lismonde]**, la galerie est stoppée à -230 mètres de profondeur sur la couche d'Hauterivien. Lorsqu'on reporte ces renseignements sur la coupe géologique correspondante **(Annexe 9),** à 50 mètres environ du trou (décalage estimé sur la topo entre la base du puits d'entrée et le fond), on constate que le fond du trou est bien au niveau de l'Hauterivien. En plaçant ces renseignements sur la carte du toit de l'Hauterivien, les eaux arrivent sur la couche étanche et semblent couler préférentiellement en direction de la faille de la Coinchette qui dirige les eaux vers le collecteur de Goule Blanche. Il a donc été admis que les eaux du scialet de Malaterre alimentent le karst de Goule Blanche. L'opération de traçage, pour confirmer cette

hypothèse, devenait difficilement réalisable dans le cadre d'un mémoire de maîtrise (prélèvements automatiques, mobilisation du spectrofluorimètre, temps de prélèvement et quantité de colorant à utiliser).

Mais au vu des résultats, cette hypothèse paraît relativement acceptable sans procéder au traçage.

Il devenait donc intéressant de réaliser une coloration visant à démontrer par traçage l'existence du bassin de Goule Bleue. Le seul accès connu au karst de Goule Bleue est le scialet du Jean-Bruno, entre la combe de l'Ange et le plateau de Château-Julien. Un ruisseau de l'épaisseur d'un doigt coule au fond du trou. Pour entreprendre cette coloration, il fallait une période de hautes eaux. Malheureusement, depuis le début de l'année, aucune période de hautes eaux suffisante n'a permis la réalisation du traçage.

Une opération de traçage visant à caractériser au mieux le karst de Goule Verte a été entreprise. Il a été décidé de procéder à la coloration du ruisseau de Valchevrière qui se perd une trentaine de mètres sous la route d'Herbouilly, environ 800 mètres avant le gîte du Goutarou. **(Planche V Photo 1)**

2. MISE EN ŒUVRE DU TRAÇAGE

Le traçage a été réalisé avec l'aide du **C.E.A**. de Grenoble. La Section des Applications des Traceurs, dirigée par M. Vitart, nous a gracieusement prêté deux préleveurs automatiques que nous avons pu placer à Goule Verte permettant un échantillonnage alternatif (par sécurité) **(Planche V Photo 2)**. D'autre part, les mesures de fluorescence ont été réalisées avec l'aide de M. Arnoux (**C.E.A**, section Biologie) sur un spectrofluorimètre de grande qualité optique. L'injection a été réalisée le 28 mars 1998 à 0 h 00 à la perte du ruisseau de Valchevrière (0,3 m^3/s). 500 grammes de fluoresceine ont été injectés en continu pendant 15 minutes, avec un débit toujours très inférieur à celui du ruisseau **(Planche V Photo 3)**. Les prélèvements à Goule Verte ont débuté à 0 h 30 et les prélèvements manuels à 8 h 00. La prise d'échantillons n'a pas été uniquement centrée à Goule Verte. La Goule Bleue, La grotte Roche, le trou du Four et les petites sources mineures entre le lieu d'injection et les falaises de la Bourne ont été contrôlés pour analyse ultérieure au spectrofluorimètre **(Figure 16)**. La surveillance de ces points a été réalisée par 6 binômes d'étudiants de licence et de maîtrise toutes les heures, débutant 7 heures après l'injection **(Annexe 17)**. La préparation, le transport et l'injection du colorant ont été réalisés par une étudiante qui n'a pas participé au prélèvement, évitant ainsi toute contamination des échantillons.

Le colorant est sorti le 29 mars 1998 vers 0 h 00 à Goule Verte soit 24 heures après l'injection. Les échantillons prélevés aux autres résurgences et sources ont été contrôlés mais n'ont révélé aucune fluorescence. Le niveau proche du bruit de fond a été atteint le 1er avril 1998. Les prélèvements automatiques ont alors été arrêtés **(cf. Annexe 18 : Topographie de Goule Verte).**

IV. 3. PRÉSENTATION DES RÉSULTATS

Les mesures de fluorescence ont été réalisées en procédant à 5 balayages avec des pas de 0,5 nm. L'émission maximal est à 506 nm et le balayage a été réalisé entre 490 et 550 nm**. L'annexe 19** montre la gamme sur laquelle le spectrofluorimètre mesurait la fluorescence. Chaque courbe présente les résultats pour un échantillon. Pour le reste des interprétations, seule la valeur maximum de fluorescence a été retenue. L'échantillon 51 (33h30 après injection) présente la fluorescence maximum de tout le traçage, le 41 (23h30) montre qu'avant l'arrivée du traceur, Goule Verte ne présentait aucune fluorescence naturelle ou résiduelle. L'échantillon 64 46h30) présente une valeur

intermédiaire pour un prélèvement réalisé 22h30 après l'arrivée du traceur à Goule Verte soit 46h30 après l'injection.

La concentration initiale de la fluoresceine déjà dissoute n'est pas connue (voisine de 50% du solide), mais une dilution en série du liquide injecté jusqu'à des concentrations de 10^{-11} du liquide a permis de tracer une droite d'étalonnage. Sachant que la courbe de restitution prend en compte des concentrations relatives, la connaissance de la concentration initiale n'est pas nécessaire pour interpréter le pourcentage de restitution et le régime hydrologique du karst car la fluorescence et concentration sont des fonctions proportionnelle.

Equation de la courbe d'étalonnage : $y = 1,2222 + 9,6778x$

avec y = signal de fluorescence

x = Concentration relative en kg/m^3

Il a alors été réalisé une transformation de signal de fluorescence en concentration relative de fluoresceine d'après la formule ci dessus. On a alors la relation : $(0,1033 * y - 0,1263) * 1^{E}-6$ kg/m^3

La courbe de restitution du colorant a donc pu être tracée **(Figure 20 page suivante)**

On observe un pic remarquable avec une montée brutale. A partir du moment où le traceur arrive à Goule Verte, la fluorescence maximum est atteinte en 9h00.A partir de ce moment, la concentration en fluoresceine diminue. Durant la décroissance régulière de la concentration de fluoresceine (entre 33,5 et 50,5 heures après l'injection), on note un épaulement de la courbe vers 40 heures après l'injection (Cette particularitée sera discuté ultérieurement.). Au dela de 50h30 après l'injection, la concentration de fluoresceine dans les eaux de Goule Verte diminue régulièrement. On observe également que le temps compris entre l'injection et la première arrivée de colorant à Goule Verte est aussi long que le temps pendant lequel le pic de restitution est important. Ceci est caractéristique des traçages réalisés, dans le Vercors.

IV. 5. EXPLOITATION DES RÉSULTATS.

L'exploitation des résultats a pour but de caractériser au mieux le karst de Goule Verte. En s'appuyant sur la courbe de restitution, nous avons calculé plusieurs paramètres qui gouvernent le karst. On pose :

Tableau 5 : Données relatives à l'injection.

Données	Valeur	Unité
Masse de colorant injecté	**0,5**	**kg**
Longueur du trajet (L0)	**1500**	**m**
Concentration initiale	**0,5**	**kg/kg**
Débit	**variable**	**m3/s**

Remarque : en raison de la difficulté à estimer le débit de Goule Verte, son estimation a été réalisée grâce au traçage même. Nous avons pris des échantillons : à Goule Verte, en aval de Goule Verte après mélange avec la Bourne et un en aval de Goule Noire après mélange avec la Bourne.

Figure 20 : Courbe de restitution de la fluoresceine à Goule Verte

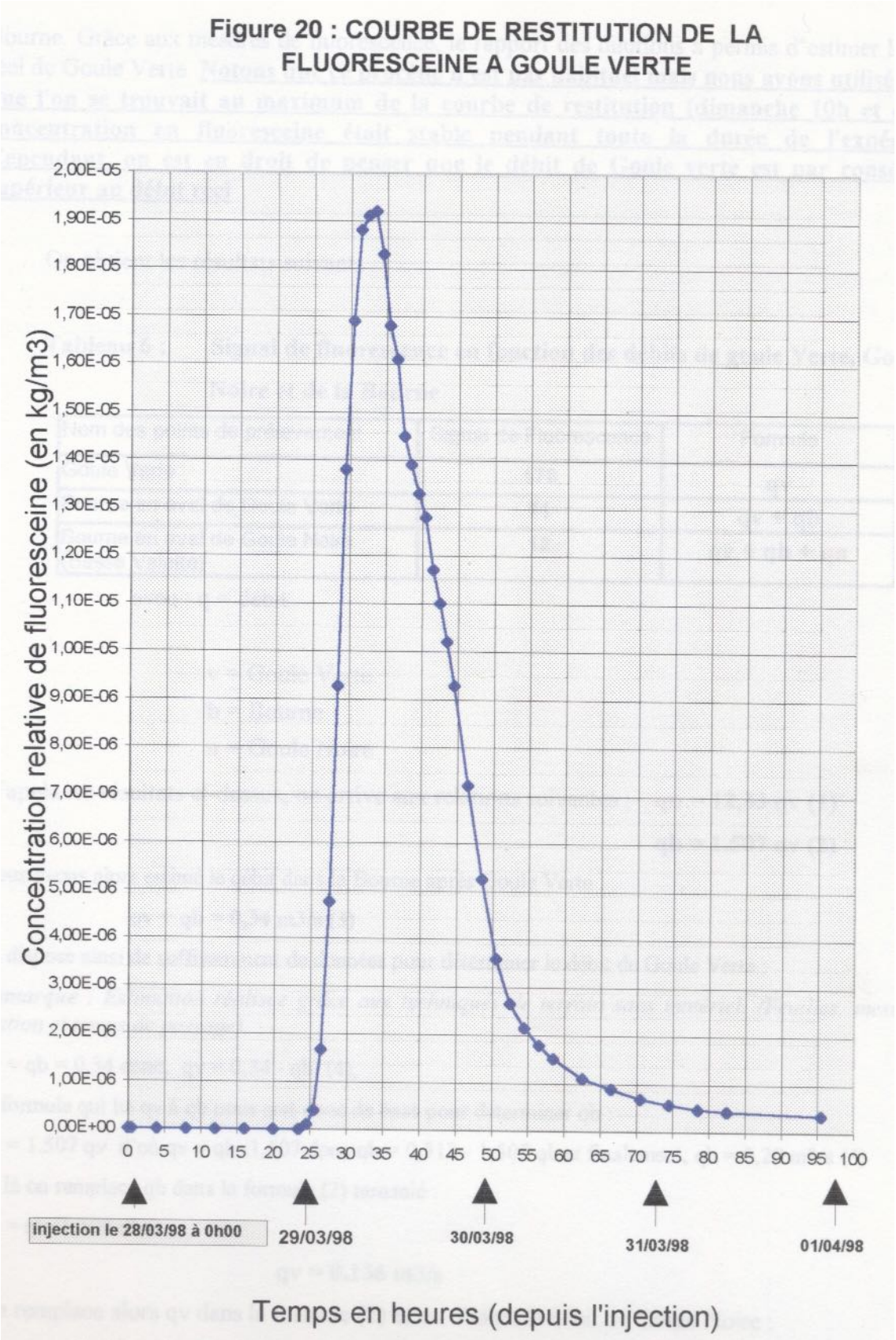


Figure 20 : COURBE DE RESTITUTION DE LA FLUORESCEINE A GOULE VERTE
Concentration relative de fluoresceine (en kg/m3)
2,00E-05
1,90E-05
1,80E-05
1,70E-05
1,60E-05
1,50E-05
1,40E-05
1,30E-05
1,20E-05
1,10E-05
1,00E-05
9,00E-06
8,00E-06
7,00E-06
6,00E-06
5,00E-06
4,00E-06
3,00E-06
2,00E-06
1,00E-06
0,00E+00
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100
injection le 28/03/98 à 0h00
29/03/98
30/03/98
31/03/98
01/04/98
Temps en heures (depuis l'injection)

Grâce aux mesures de fluorescence, le rapport des dilutions a permis d'estimer le débit réel de Goule Verte. **Notons que ce procédé n'est pas habituel mais nous avons utilisé le fait que l'on se trouvait au maximum de la courbe de restitution (dimanche 10h et que la concentration en fluoresceine était stable pendant toute la durée de l'expérience. Cependant, on est en droit de penser que le débit de Goule verte est par conséquent supérieur au débit réel**

On obtient les résultats suivants :

Tableau 6 : Signal de fluorescence en fonction des débits de goule Verte, Goule Noire et de la Bourne

Nom des points de prélèvement	Signal de Fluorescence	Formule
Goule Verte	**178**	**qv**
Bourne en aval de Goule Verte	**71**	**qv + qb**
Bourne en aval de Goule Noire (Basse Valette)	**12**	**qv + qb + qn**

avec : q = débit

v = Goule Verte

b = Bourne

n = Goule Noire

D'après les résultats ci-dessus, on arrive aux relations suivantes : **qn = 12,33 qv (1)**

qb = 1.507 qv (2)

Nous avons alors estimé le débit dans la Bourne après Goule Verte :

qv + qb = 0,34 m3/s (3)

on dispose ainsi de suffisamment de données pour déterminer le débit de Goule Verte :

Remarque *: Estimation réalisée grâce aux techniques de terrain sans matériel. (Feuilles, mesure de section et temps de passage).*

qv + qb = 0,34 donc, qv = 0,34 - qb. (4),

la formule qui lie qv à qb nous sert donc de base pour déterminer qb :

qb = 1.507 qv d'où qv = qb /1,507 donc qb = 0,512 - 1,507 qb et finalement, qb = 0,20 m3/s (5)

de là on remplace qb dans la formule (2) remanié :

qv = qb /1,507 d'où :

qv = 0,136 m3/s

On remplace alors qv dans la formule (2) et on obtient le débit de Goule Noire :

qn = 1.670 m3/s

Disposant du débit de Goule Noire par la méthode chimique, et grâce à la présence d'un limnigraphe à Goule Noire, nous avons pu contrôler si notre **estimation de 0,34 m3/s** pour Goule Verte + la Bourne était acceptable. La hauteur sur l'échelle était de 69 cm. Après consultation de

l'étalonnage du limnigraphe, la donnée nous a indiqué un débit de **1.7 m3/s** pour Goule Noire. Notre estimation réalisée grâce à la coloration nous indiquait un débit de **1,670 m3/s**. **Le résultat est donc plus que satisfaisant voire inespéré**. Comme la valeur est acceptée, la relation qui lie Goule Verte et Goule Noire peut être utilisée pour calculer le débit instantané de Goule Verte (en suposant que le rapport Goule Verte/Goule Noire reste constant). Les données des débits de Goule Noire sont répertoriées dans l'**annexe 20** .La courbe des débits de Goule Verte, présentée en **figure 21**, nous montre que le débit a varié au cours de la coloration. Ces augmentations journalières du débit sont dues à la fonte des neiges. Aucune précipitation n'a eu lieu pendant toute la durée du traçage (Remarque : les trois annotations sur le graphe servirons plus tard dans la discussion).

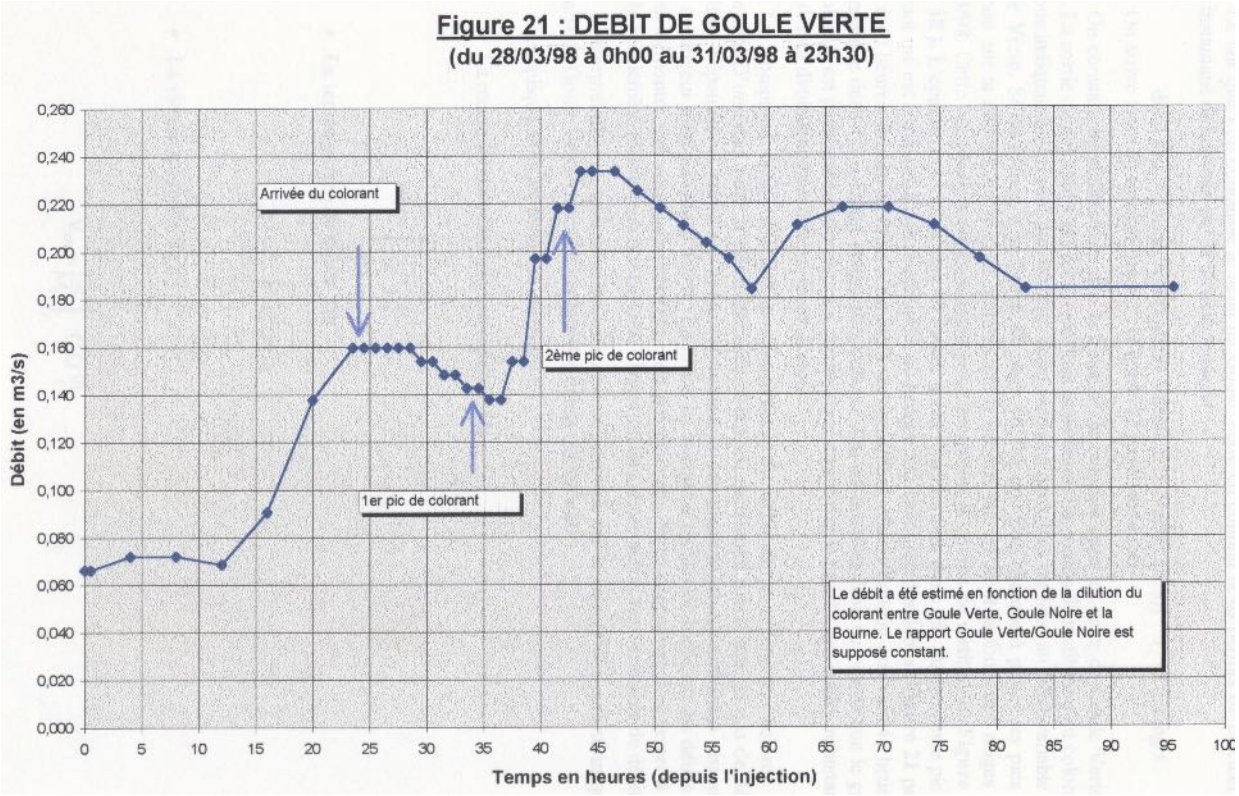


Figure 21 : Débits de Goule Verte

Le fait que l'on connaisse le débit de Goule Verte en continu nous permet de calculer le débit instantané de colorant par la formule suivante :

débit inst. = [conc. rela.(kg/m3) * débit. à G. Verte (m3/s)] * 1^{E}+6 en mg/s

On arrive alors au résultat suivant : **(Figure 22 page suivante)**

On constate immédiatement que la quantité de colorant dans les eaux de Goule Verte a varié. La sortie du colorant s'est faite avec deux maximums. La courbe de restitution du colorant ne nous indiquait qu'un seul pic. En, fait, cette sortie en deux pics est liées au débit variable de Goule Verte. Si on revient à la **figure 21** page 40 , et que l'on cherche à placer les pics de colorant sur la courbe, on se rend compte que le second pic est lié à la fonte des neiges du 29/03/98. Cette information est importante pour interpréter la courbe de restitution **(Figure 20** page 38 **)**. L'épaulement visible vers 40 heures après l'injection est donc due au deuxième pic de colorant qui est d'ailleurs à son maximum à 40 heures. Sur la courbe des débits **(Figure 21** page 40 **)**, à 40 heures, la crue de fonte n'est pas à son maximum, elle ne l'atteint que vers 45 heures, cependant le débit du colorant commence à chuter. On est donc en droit de penser que le gros du colorant est passé avec cette crue. La courbe de restitution et la courbe des débits instantanés du colorant diminuent ensemble après cet épisode.

On comprend donc bien que la connaissance du débit de la résurgence colorée est important. La forme de la courbe recalculée basée sur les débits du traçeur démontre qu'une interprétation des écoulements n'est pas évidente. Nous proposons d'en rester à un simple écoulement piston avec une certaine dispersion due, entre autre, aux variations de débit.

L'interprétation de la courbe de restitution se poursuit par le calcule des caractéristiques du karst de Goule Verte en tenant compte des débits qui varient.

On applique alors les formules suivantes :

- La masse totale de fluoresceine restituée Mt

$$M_t = \int_0^{\infty} C\,Q\,dt$$

- Le temps moyen de séjour Tm

$$T_m = \frac{1}{M_t}\int_0^{\infty} C\,Q\,t\,dt$$

- La vitesse moyenne Vm

$$V_m = \frac{L_0}{M_t}\int_0^{\infty} C\,Q\,\frac{dt}{t}$$

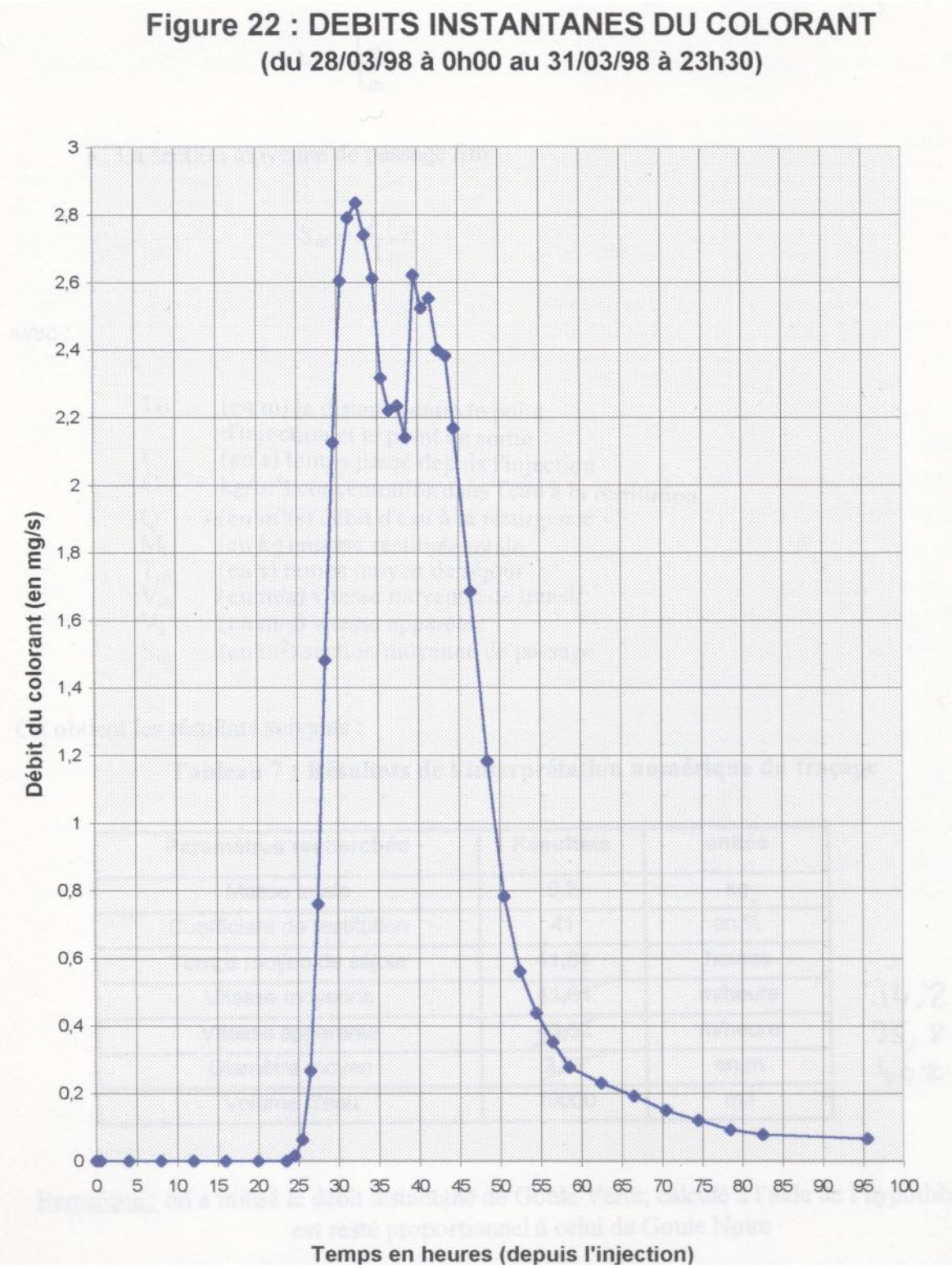


Figure 22 : DEBITS INSTANTANES DU COLORANT
(du 28/03/98 à 0h00 au 31/03/98 à 23h30)
Débit du colorant (en mg/s)
Temps en heures (depuis l'injection)
0
0,2
0,4
0,6
0,8
1
1,2
1,4
1,6
1,8
2
2,2
2,4
2,6
2,8
3
0 5 10 15 20 25 30 35 40 45 50 55 60 65 70 75 80 85 90 95 100

La vitesse apparente Va

- La section moyenne de passage Sm ou diamètre moyen

avec :

On obtient les résultats suivants :

Tableau 7 : Résultats de l'interprétation numérique du traçage

Paramètres recherchés	Résultats	unités
Masse totale	0,2	kg
Coefficient de restitution	41	en %
Temps moyen de séjour	41,84	heures
Vitesse moyenne	41,04	m/heure
Vitesse apparente	43,02	m/heure
Diamètre moyen	3,67	en m
Volume d'eau	19000	m3

Remarque : on a utilisé le débit maximal admissible instantané de Goule Verte, calculé à l'aide de l'hypothèse qu'il est resté proportionnel à celui de Goule Noire.

On observe un pourcentage de restitution de 41 %, normal pour ce type de coloration. Exemple de restitution pour différents traçages dans le Vercors :

Tableau 8 : Exemple de taux de restitution concernant différents traçages dans le Vercors.

Nom des scialets colorés	% de restitution	Date et auteur	Colorant	Quantité injectée
Scialet de la Fauge	64%	Charrière 1973	Fluoresceine	3 kg
Scialet de la Fauge 2	36%	Charrière 1973	Rhodamine	3 kg
Scialet des Clots	100%	Charrière 1973	Iodure de Sodium	10 kg
Scialet de Lente	30%	Fameaux 1978	Fluoresceine	7 kg
Le Furon	22%	Nabil-Al-Ambar 1978	Fluoresceine	2 kg
Scialet du Gour Fumant	83%	Rousset 1982	Sulfo-Rhodamine	9 kg
Pate des Trisons	60%	Rousset 1982	Aminoflavine	8 kg

(Charrière 1974, Jamier 1976, Leguy 1979, Nabil-Al-Ambar 1978, Sommeria 1986)

Précisons que ces traçages s'effectuaient pour la plupart sur plusieurs kilomètres.

Le volume d'eau, 19 000 m3, couplé à un diamètre de 4 m sur une distance de 1,5 km avec une différence d'altitude de 450 mètres nous permet quelques interprétations. La perte étant presque à la verticale du collecteur principal de Goule Verte **(voir Figure :** 19 page 29**)**, l'eau doit s'infiltrer quasiment verticalement jusqu'à la couche hauterivienne puis se joindre aux eaux circulant dans le collecteur principal et enfin rejoindre Goule Verte.

Remarque : de manière général, les pertes se trouvant au dessus des collecteurs empruntent des fissures préférentielles menant très rapidement au collecteur.

Cette interprétation du cheminement des eaux nous permet d'estimer la pente moyenne du collecteur de Goule Verte. Effectivement, en considérant que les eaux de la perte rejoignent l'Hauterivien 200 mètres plus loin que la projection de la perte sur le collecteur, il ne reste alors que 1300 mètres à parcourir. La couche étanche étant à 800 mètres, la différence d'altitude n'est plus que de 100 mètres. On a donc :

- Longueur : 1300 m
- Différence d'altitude : 100 m
- d'où ARC SIN = (100/1300) = 5°

la pente du collecteur de Goule Verte serait donc environ de 5°. Cette valeur est raisonnable au vu des connaissances spéléologiques recueillies dans les collecteurs explorables du Vercors **[Lismonde 1978].**

Ces valeurs fixent des limites dont on va se servir pour interpréter la morphologie interne du karst.

On peut penser au vu de la géologie, de la représentation de la surface d'Hauterivien et des derniers résultats énoncés, que le collecteur a des diamètres variables, sûrement proches de 1 ou 2 mètres en général, avec passage dans des salles et cuvettes. D'un point de vue hydrologique, ces secteurs

alternativement en conduits et en salles doivent se trouver dans les zones en dessous du niveau piézométrique de Goule Verte. Dans la zone au dessus de ce niveau, on doit probablement trouver des méandres où l'eau circule plus vite que la vitesse moyenne calculée.

CONCLUSION

De manière générale, le rôle fondamental de la structure géologique et tectonique dans les circulations souterraines et donc dans la genèse et la géométrie du karst est incontestable.

- L'étude structurale réalisée sur le terrain et à l'aide de photos aériennes a permis de préciser au mieux le tracé des failles afin d'établir une cinématique possible pour expliquer l'agencement du secteur. L'étude structurale au niveau du banc nous a permis de conclure sur le drainage à l'échelle du mètre. L'ensemble de ces données réunies, nous avons proposé un modèle d'écoulement globalement N-S pour le secteur d'étude avec des zones d'écoulement préférentiel dans les couloirs de lenticulation de Goule Blanche.
- L'étude géologique a été réalisée afin de connaître au mieux l'organisation géométrique des couches en profondeur. Le travail de terrain a permis d'accumuler des mesures de pendages sur une vaste zone pour **construire 8 coupes géologiques sériées et 2 coupes longitudinales**. Les données spéléologiques ont permis de caler les couches en profondeur. Ce travail réalisé, il a été possible de construire une **carte qui présente la topographie du toit de la couche étanche d'Hauterivien**. Cette carte a été d'une **importance fondamentale** pour localiser les écoulements souterrains.
- L'Hauterivien, qui est donc considéré comme la couche de base étanche pour cette partie du Vercors, stoppe la migration des eaux en profondeur et devient le support de l'ensemble des circulation d'eau souterraine. Ces circulation souterraines convergent vers les points les plus bas de la couche et développent alors des zones d'écoulement principal, les collecteurs. **La carte du toit de la couche étanche nous a permis de tracer précisement les collecteurs dans toutes les zones topographiques au dessus du niveau piézométrique de la résurgence considérée.**

La compilation de renseignements antérieurs, l'apport de nombreuses observations, les mesures de terrain et de laboratoire nous ont donc permis d'arriver aux interprétations suivantes :

Goule Bleue est une résurgence **alimentée par un réseau karstique indépendant de Goule Blanche et Goule Verte**. **Son bassin versant a donc été individualisé**. Cette démarche répond à l'objectif initial fixé dans le cadre du mémoire. Une seule de ces limites (au Sud) reste floue mais concernant le scialet de Malaterre, il y a au moins 70 % de chances que les eaux qu'il draine rejoignent le collecteur de Goule Blanche. Il existe cependant une possibilité de communication entre Goule Blanche et Goule Bleue en hautes eaux. **Le traçage de la perte de Valchevrière a permis de s'intéresser précisément à un réseau karstique (Goule Verte) du secteur** en tant que tel, afin de **le caractériser en terme de volume, de vitesse de passage et**

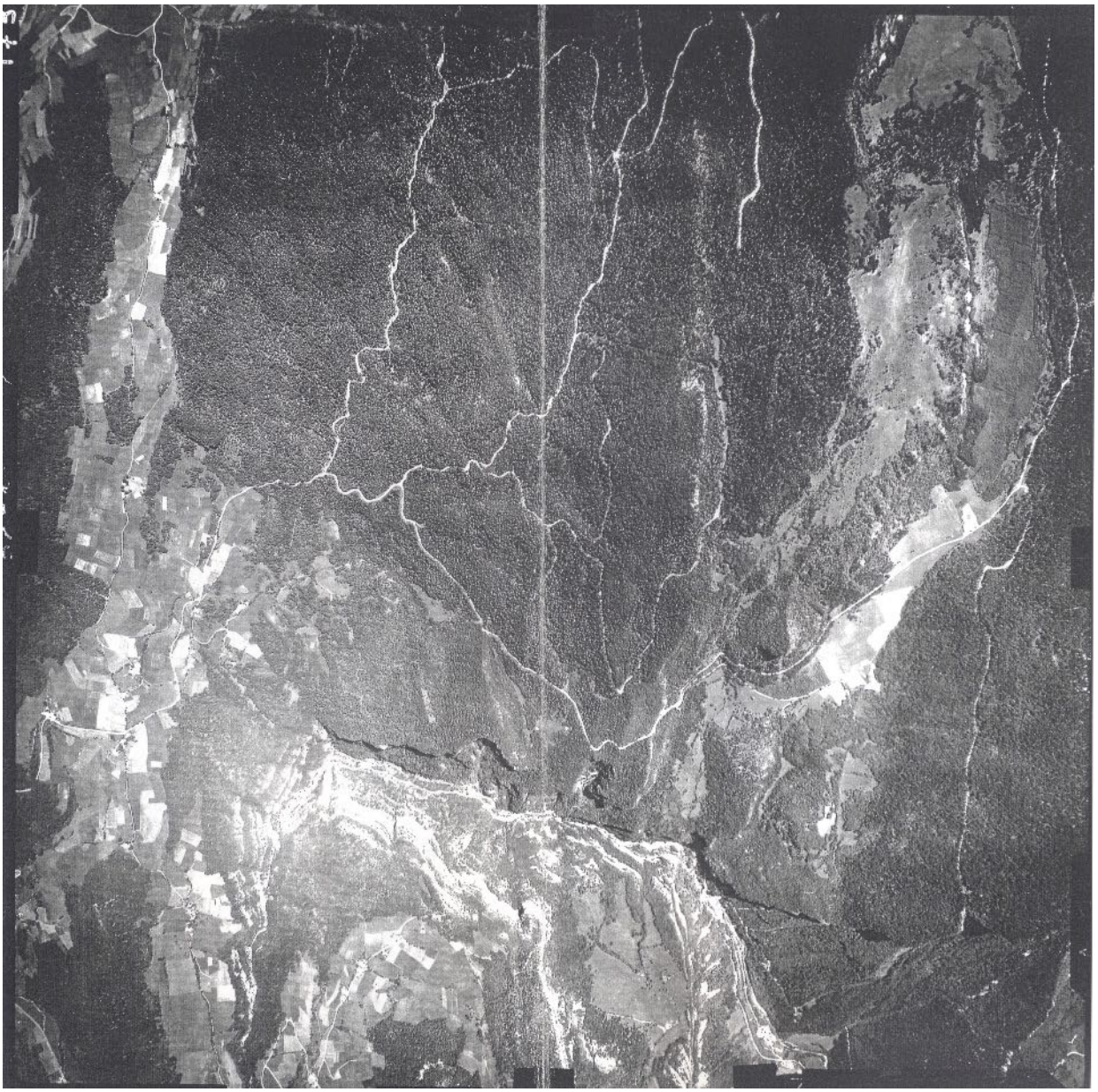
d'organisation du collecteur. Les résultats du traçage sont intéressants et **confirment le tracé du collecteur proposé par l'étude géologique et tectonique.**

Pour compléter ce travail, le traçage dans de bonnes conditions du scialet de Malaterre resterait un des moyens les plus efficaces pour lever les incertitudes qui demeurent. Dans le cours de la Bourne, des variations de débit non négligeables ont été constatées. Elles ne correspondent pas à des zones de résurgence visible. Une étude précise des débits et des températures pourrait être réalisée dans le but de caractériser au mieux les apports de la rive droite. Cela permettrait de surcroît de contrôler qu'aucune autre résurgence ne sort en rive Gauche.

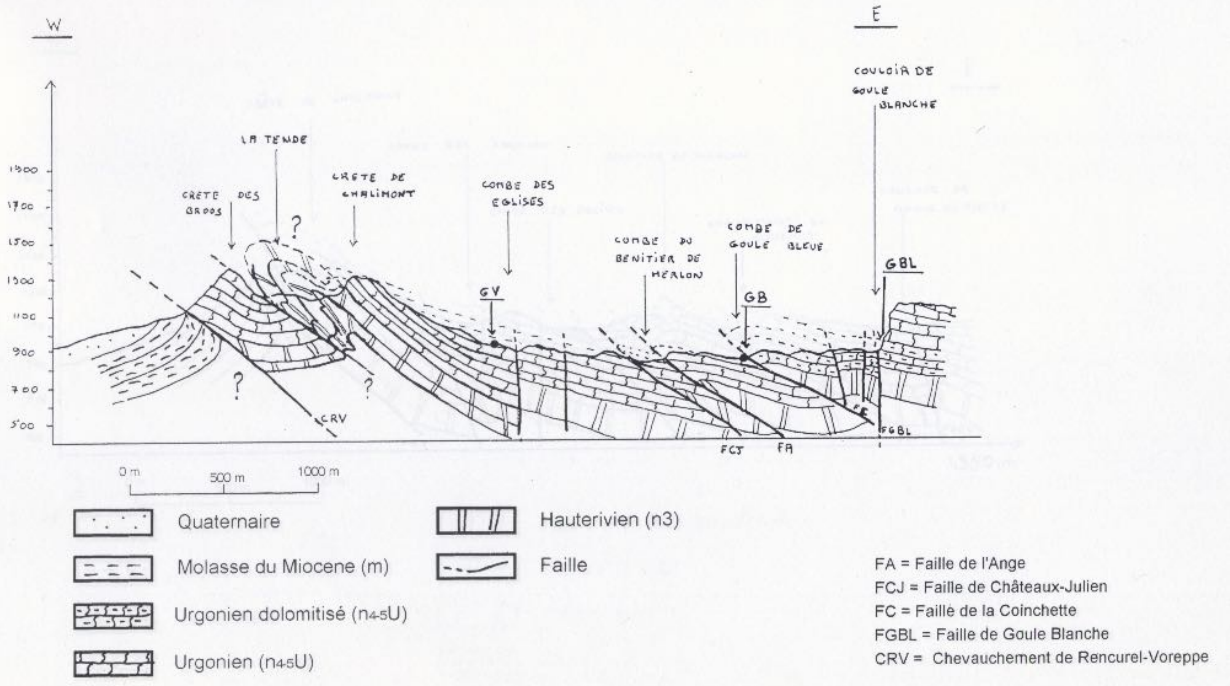
* * *

ANNEXES

* * *

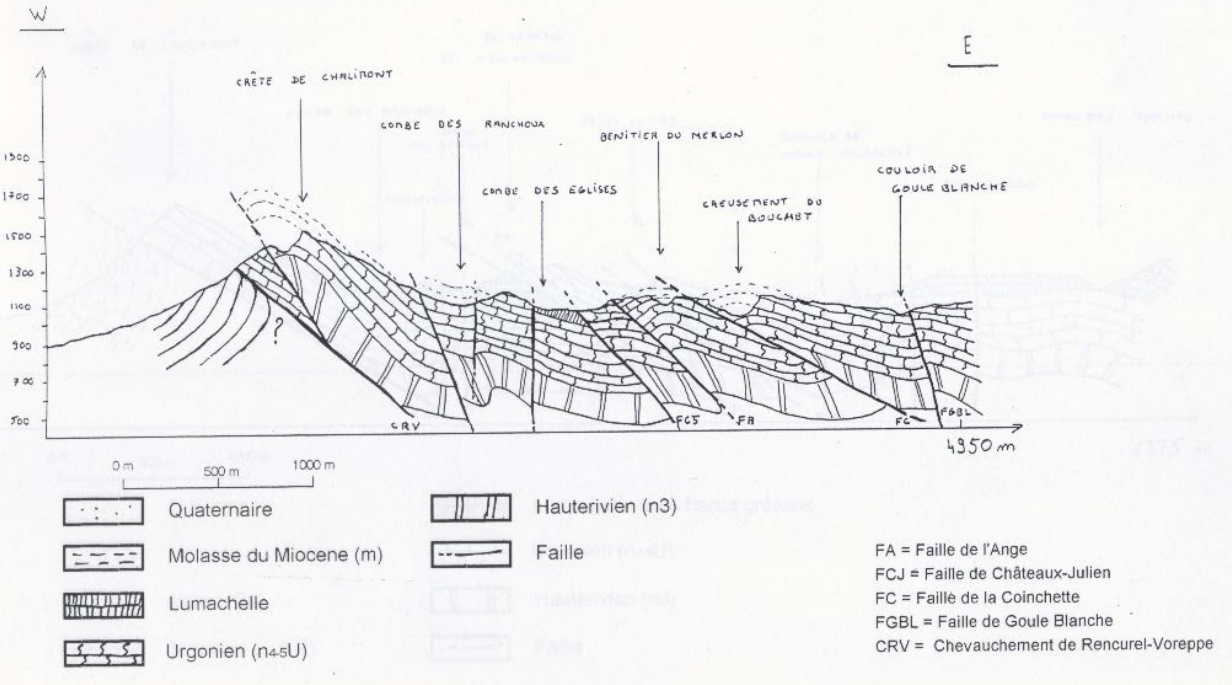


Annexe 3 : COUPE GEOLOGIQUE E-W NUMERO 2



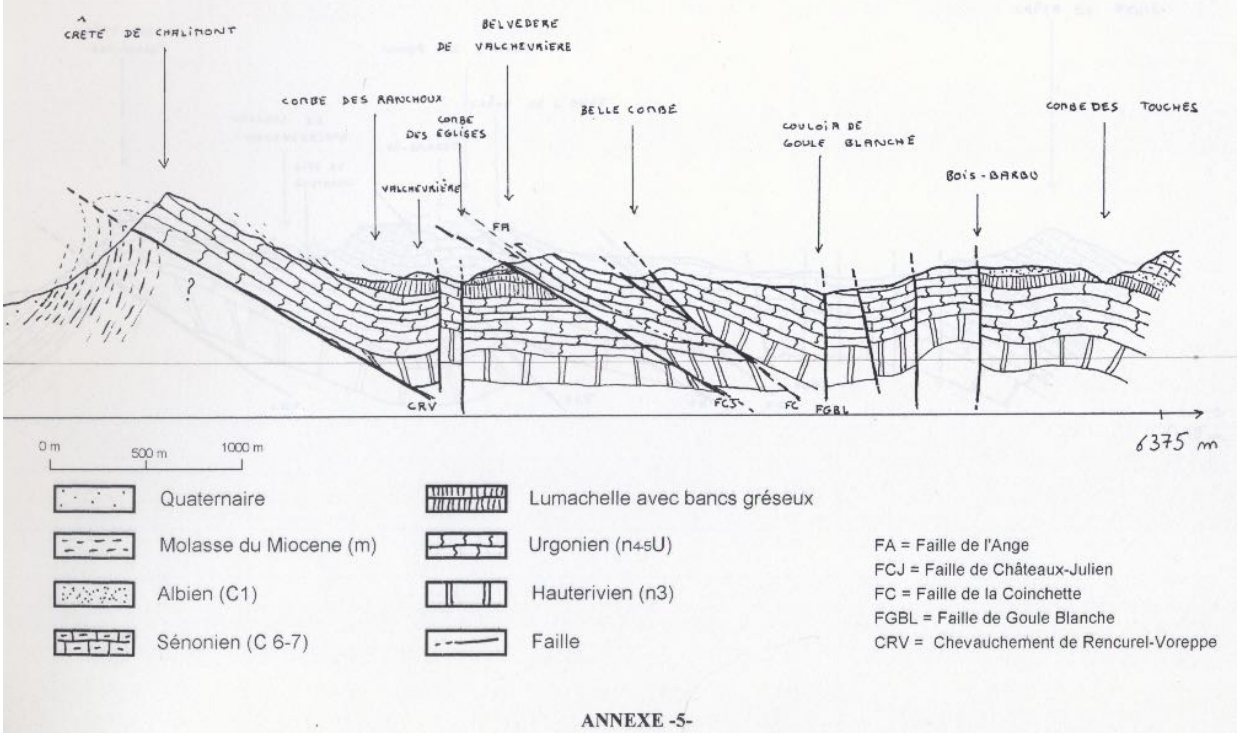
ANNEXE -3-

Annexe 4 : COUPE GEOLOGIQUE E-W NUMERO 1



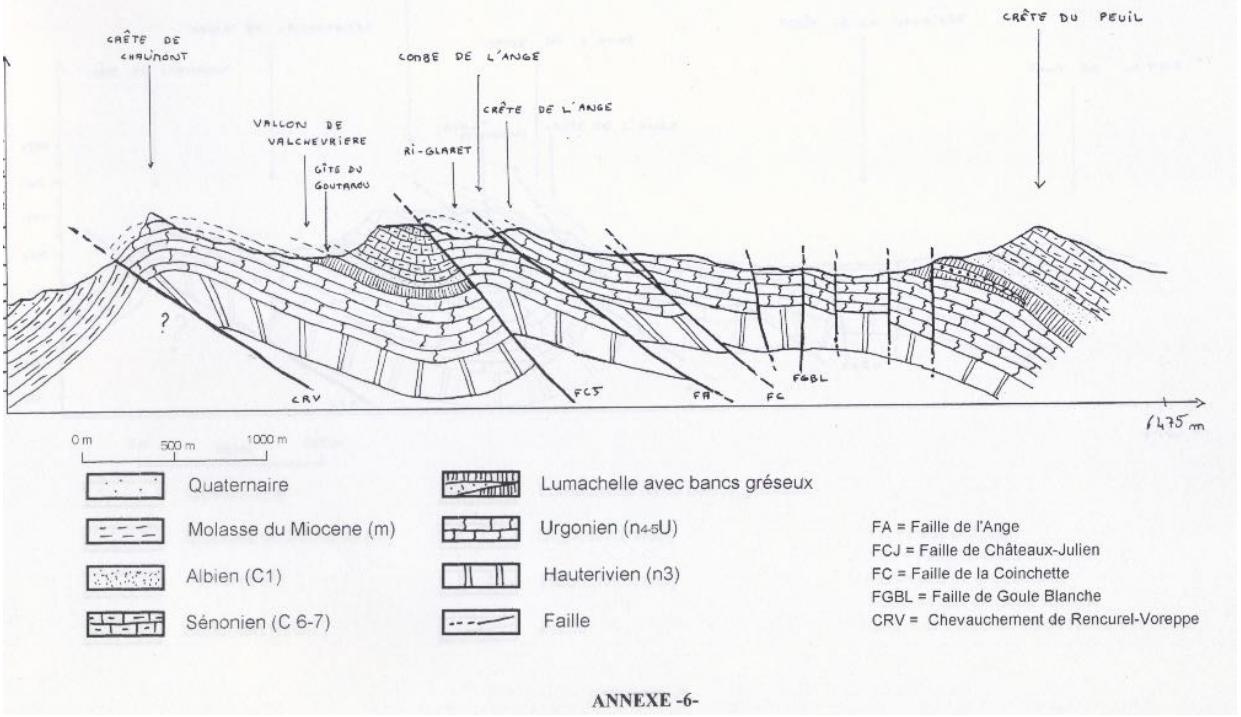
ANNEXE -4-

Annexe 5 : COUPE GEOLOGIQUE E-W NUMERO 3

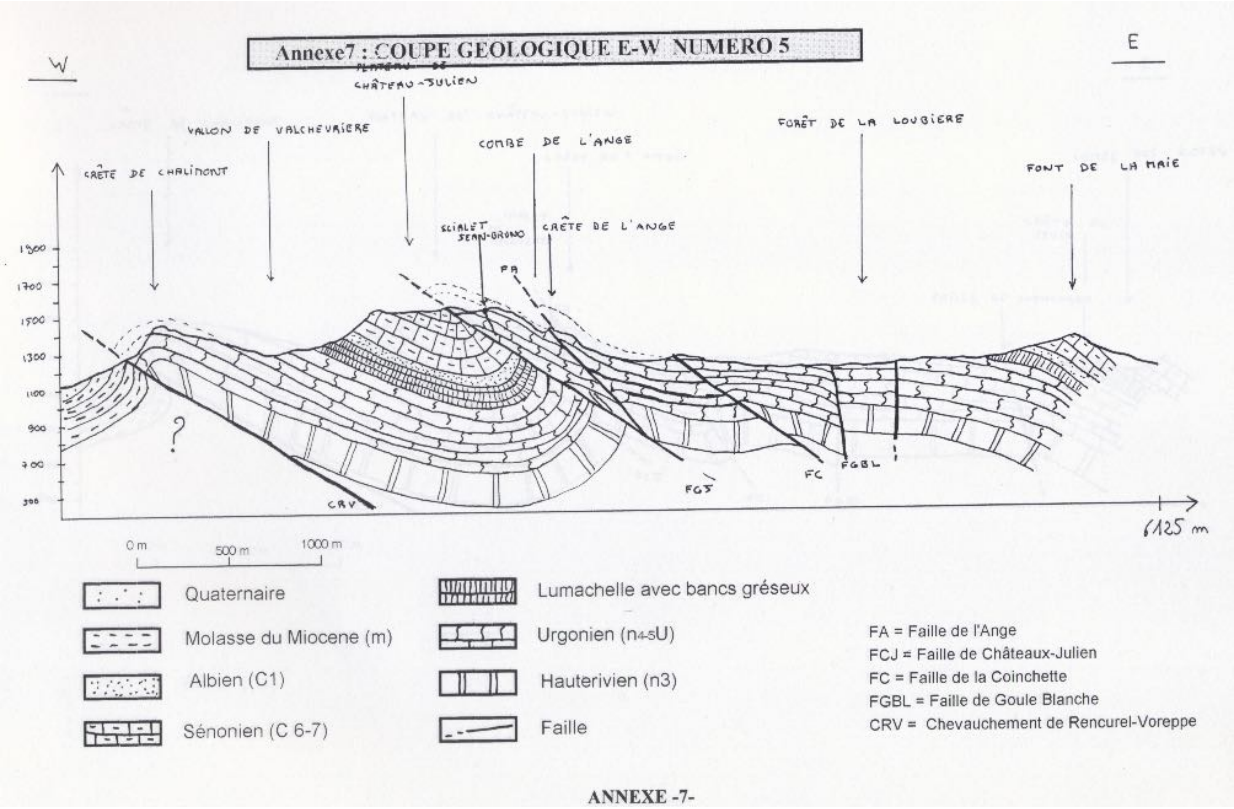


ANNEXE -5-

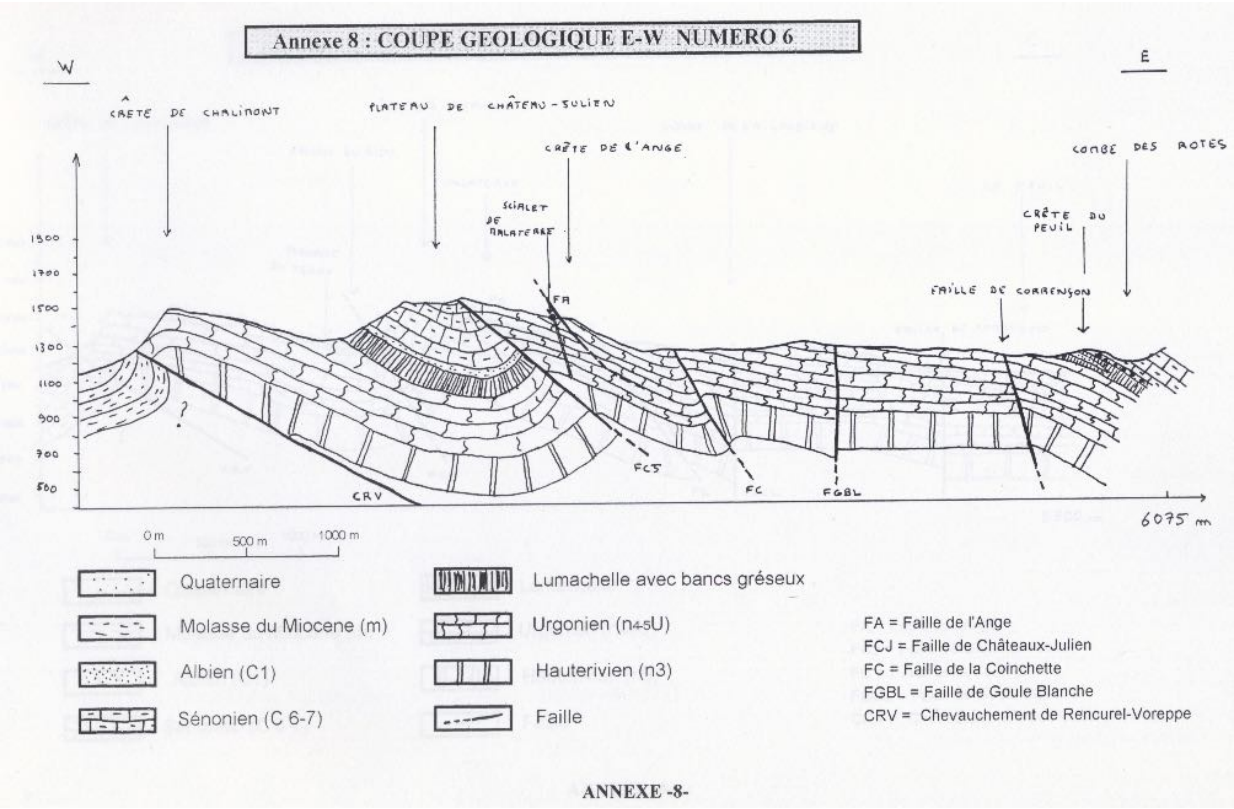
Annexe 6 : COUPE GEOLOGIQUE E-W NUMERO 4



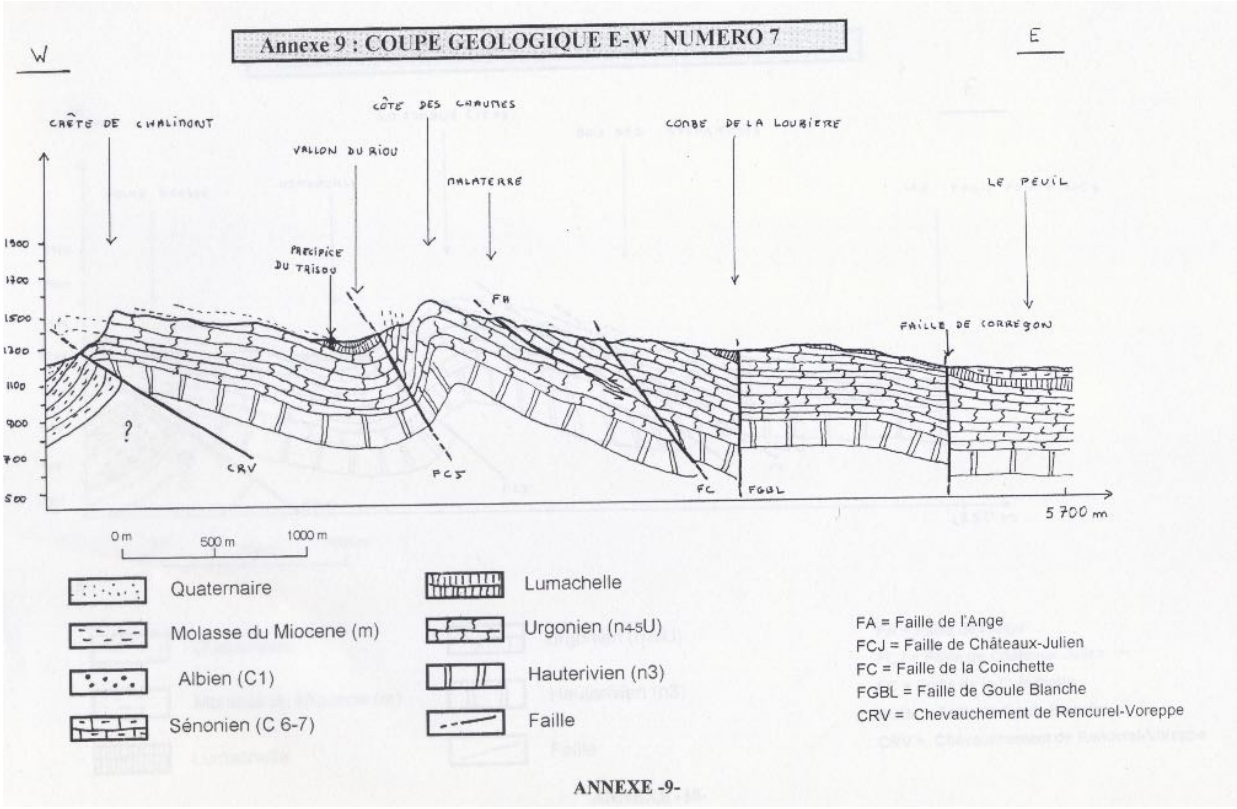
ANNEXE -6-



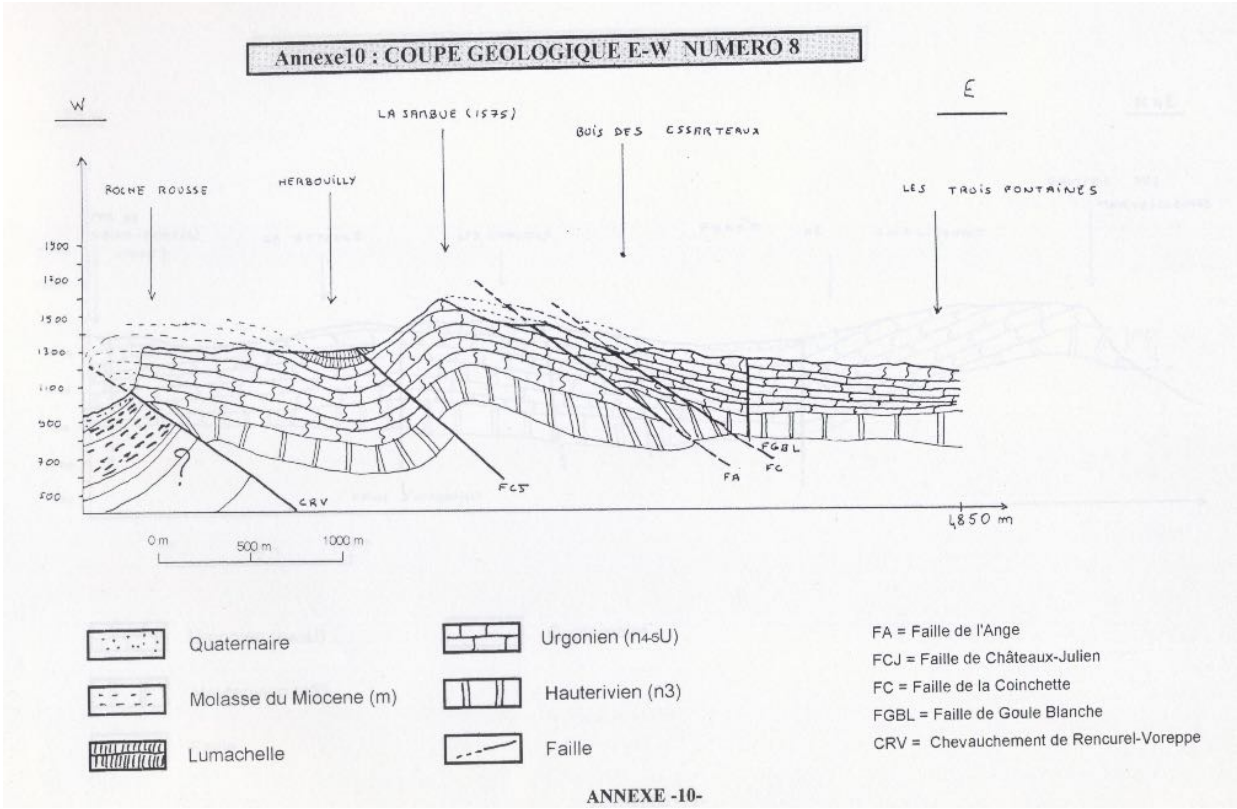
ANNEXE -7-



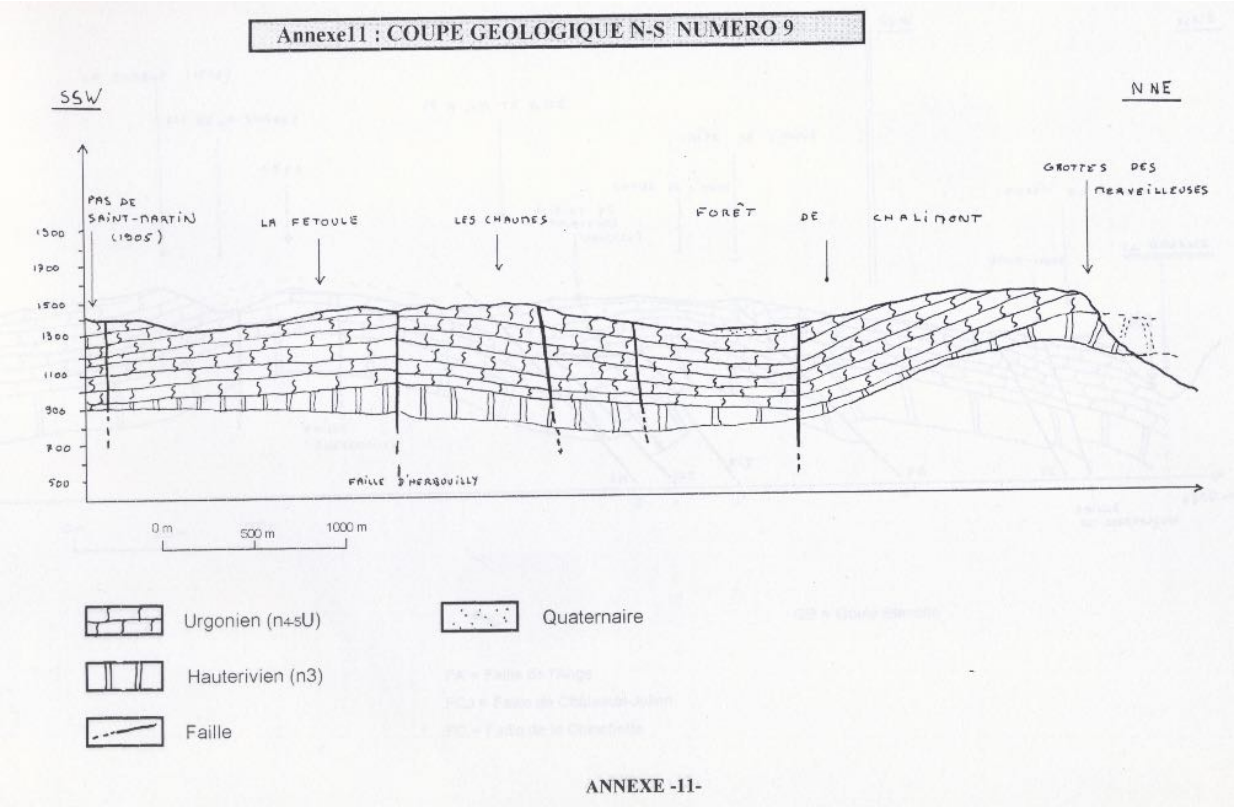
ANNEXE -8-



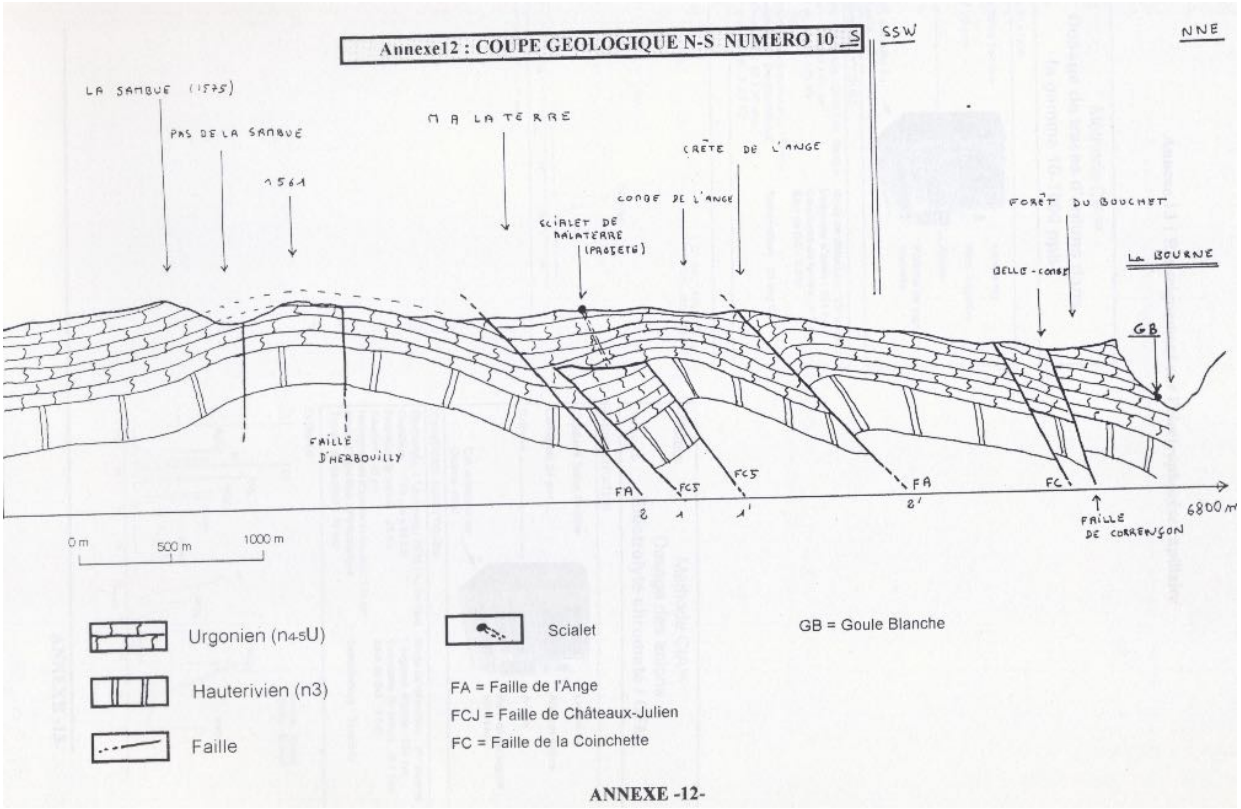
ANNEXE -9-



ANNEXE -10-



ANNEXE -11-



ANNEXE -12-

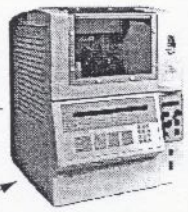
Annexe 13 : Renseignement sur l'électrophorèse capillaire

Méthode CIA™
Dosage de traces d'anions dans la gamme 10-1000 ppb

NTATION

Silice Fondue

20 pos



Lampe Hg

Alim. négative

Anode

Polarité du signal : inversée

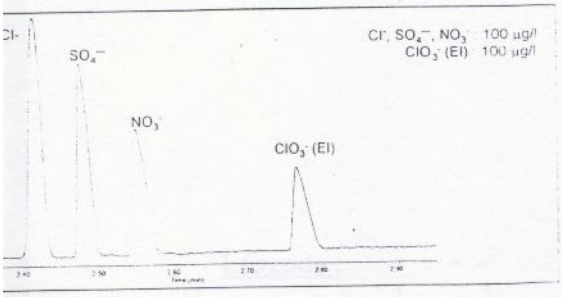
A analyseur ou
uanta 4000

NS ANALYTIQUES

e : Chromate / OFM / Ac. Borique
: 75 µm x 60 cm
de travail : 20 KV
20 µA
ion (Contrôle du courant) : 120 sec
njection : Electrocinétique
'injection : 10 à 30 sec
d'injection : 2 à 5 KV

Mode de détection : UV inverse
Longueur d'onde : 254 nm
Constante de temps : 0.1 sec
Saut de DO : 0.050

Température : 25 deg C



aces d'anions 10-1000 ppb v1 page 1

Waters

Version 4.0

Méthode CIA™
Dosage des anions
Electrolyte chromate / OFM

INSTRUMENTATION

Capillaire Silice Fondue

Carrousel 20 pos

Cathode

Lampe Hg

Alim. négative

Anode

Polarité du signal : inversée

CIA analyseur ou
Quanta 4000

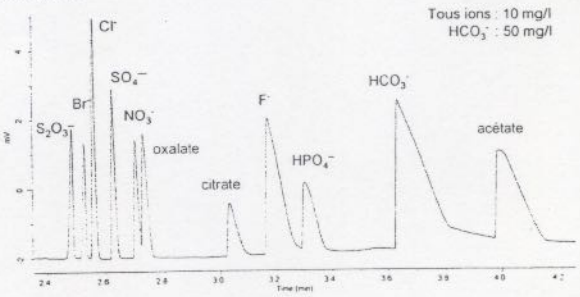
CONDITIONS ANALYTIQUES

Electrolyte : Chromate / OFM / Ac.Borique
Capillaire : 75 µm x 60 cm
Potentiel de travail : 20 KV
Courant : 18 µA
Isomigration (Contrôle du courant) : 120 sec
Mode d'injection : Hydrostatique
Temps d'injection : 30 sec

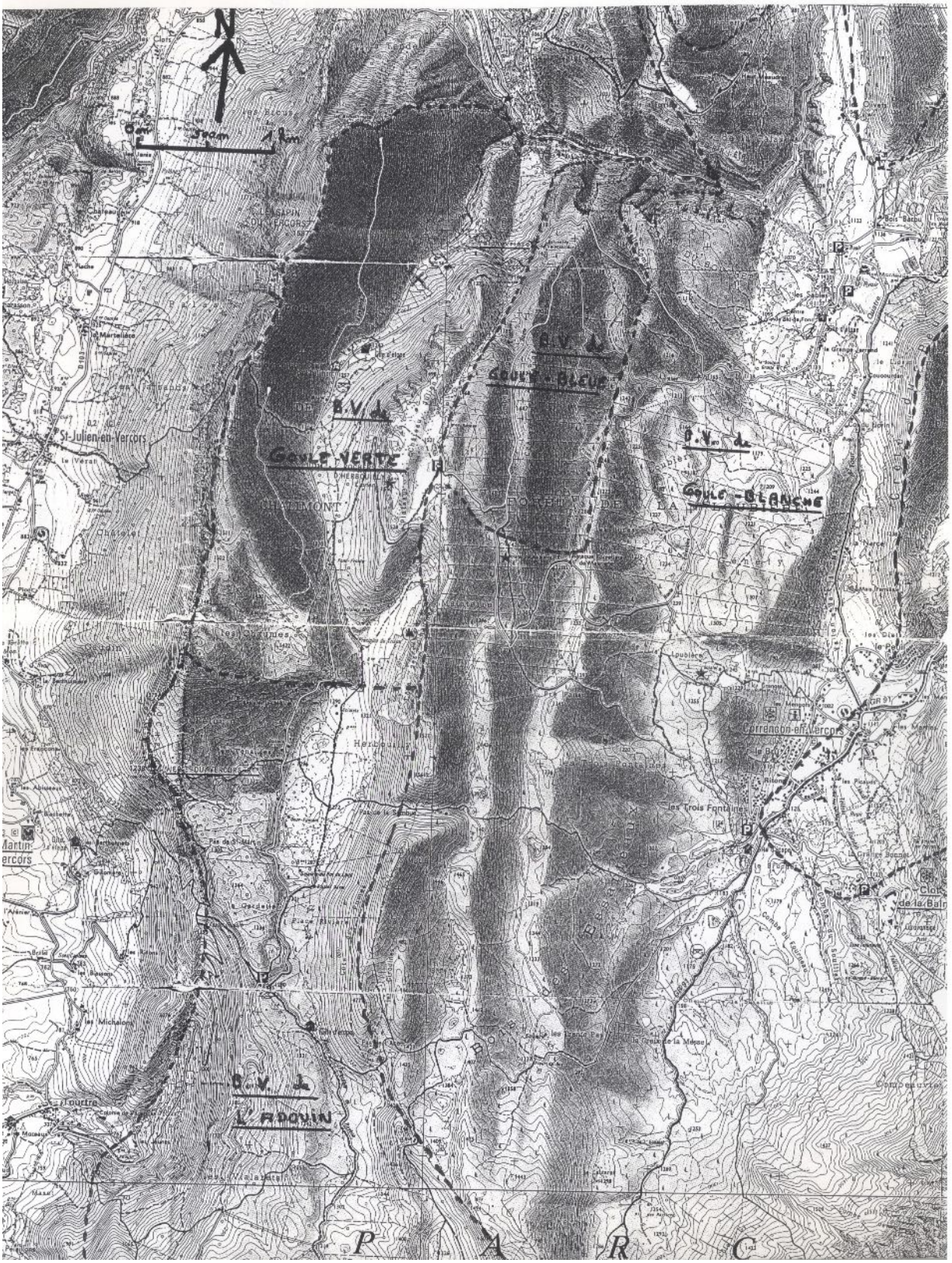
Mode de détection : UV inverse
Longueur d'onde : 254 nm
Constante de temps : 0.1 sec
Saut de DO : 0.045

Température : 25 deg C

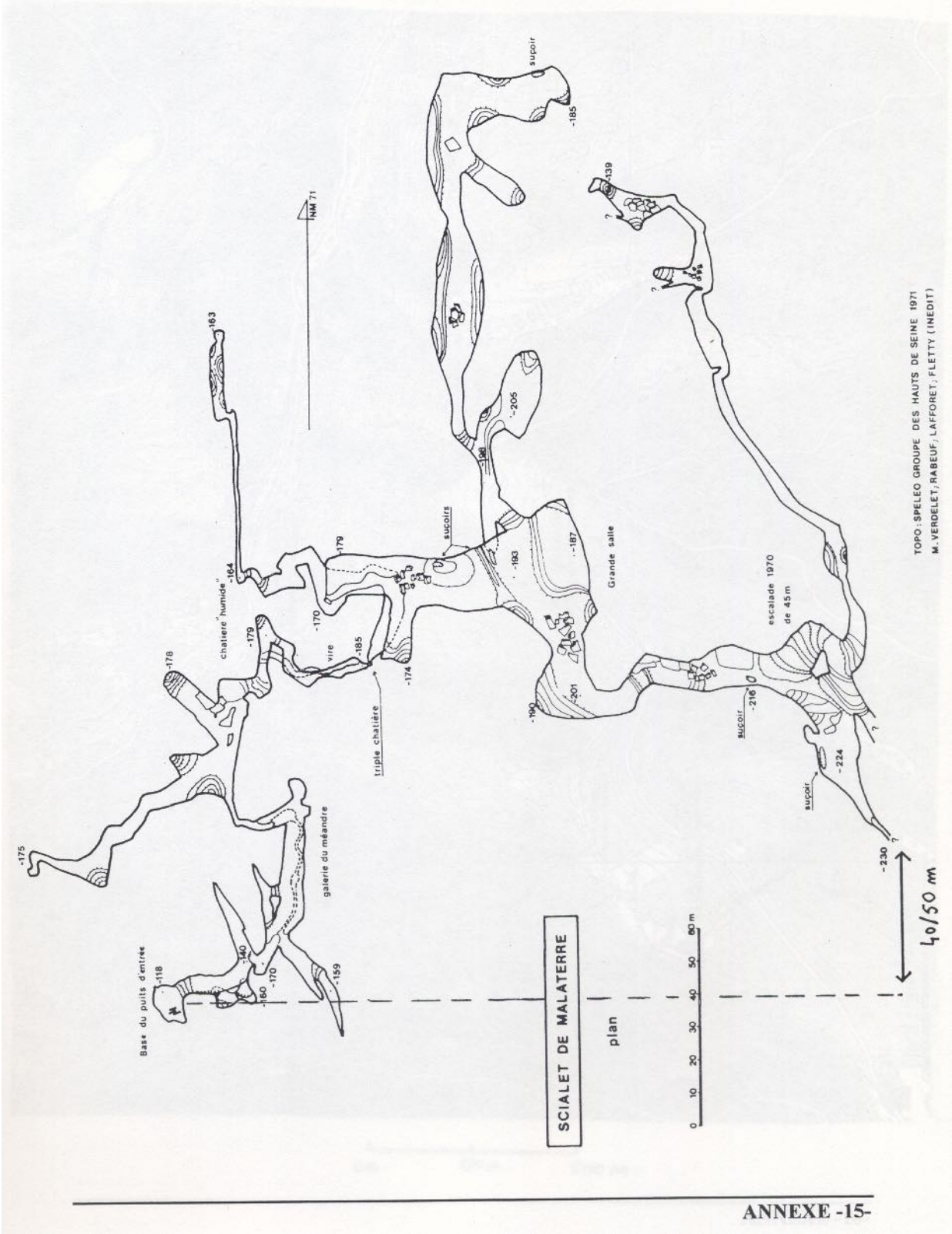
EXEMPLE



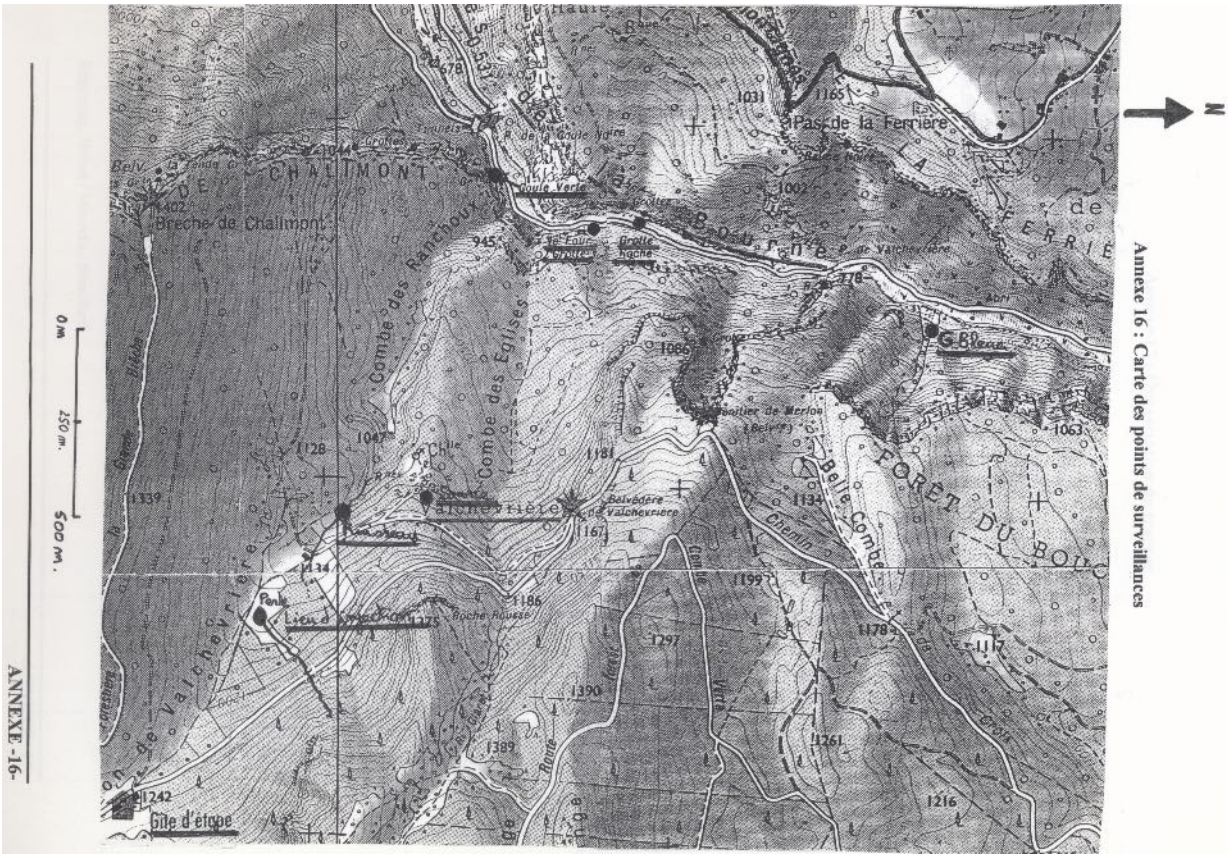
ANNEXE -13-


N
1 km
B.V. de
GOULE VERTE
B.V. de
GOULE BLEUE
B.V. de
GOULE BLANCHE
B.V. de
L'ADOUIN
St-Julien-en-Vercors
Corrençon-en-Vercors
les Trois Fontaines
P A R C

Annexe 15 : Topographie du scialet de Malaterre



ANNEXE -15-



Annexe 16 : Carte des points de surveillances

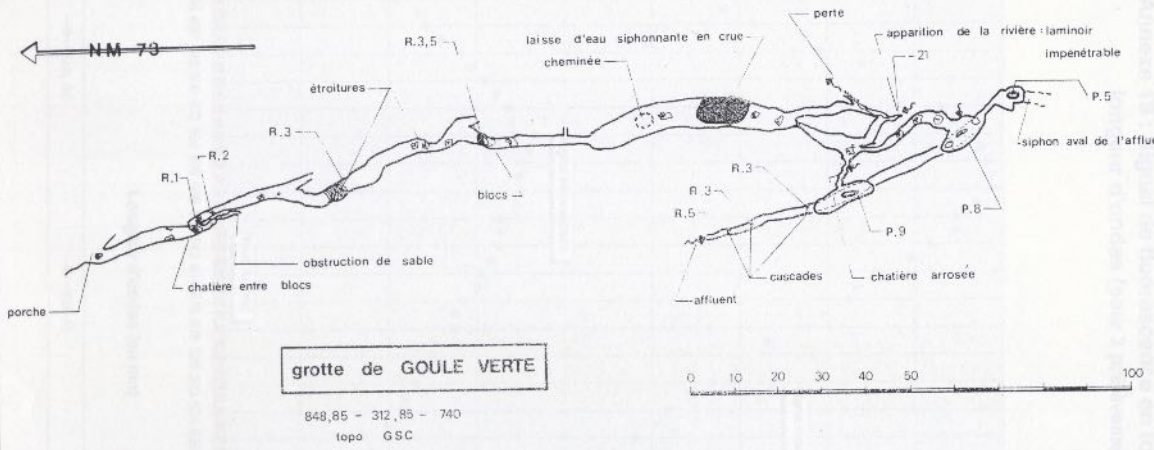
ANNEXE -16-

NOM DE L'EMERGENCE : GROTTE ROCHE

DATE : 28/03/98

NOM DES EQUIPIERS : PECORAL - GAUTHIERS

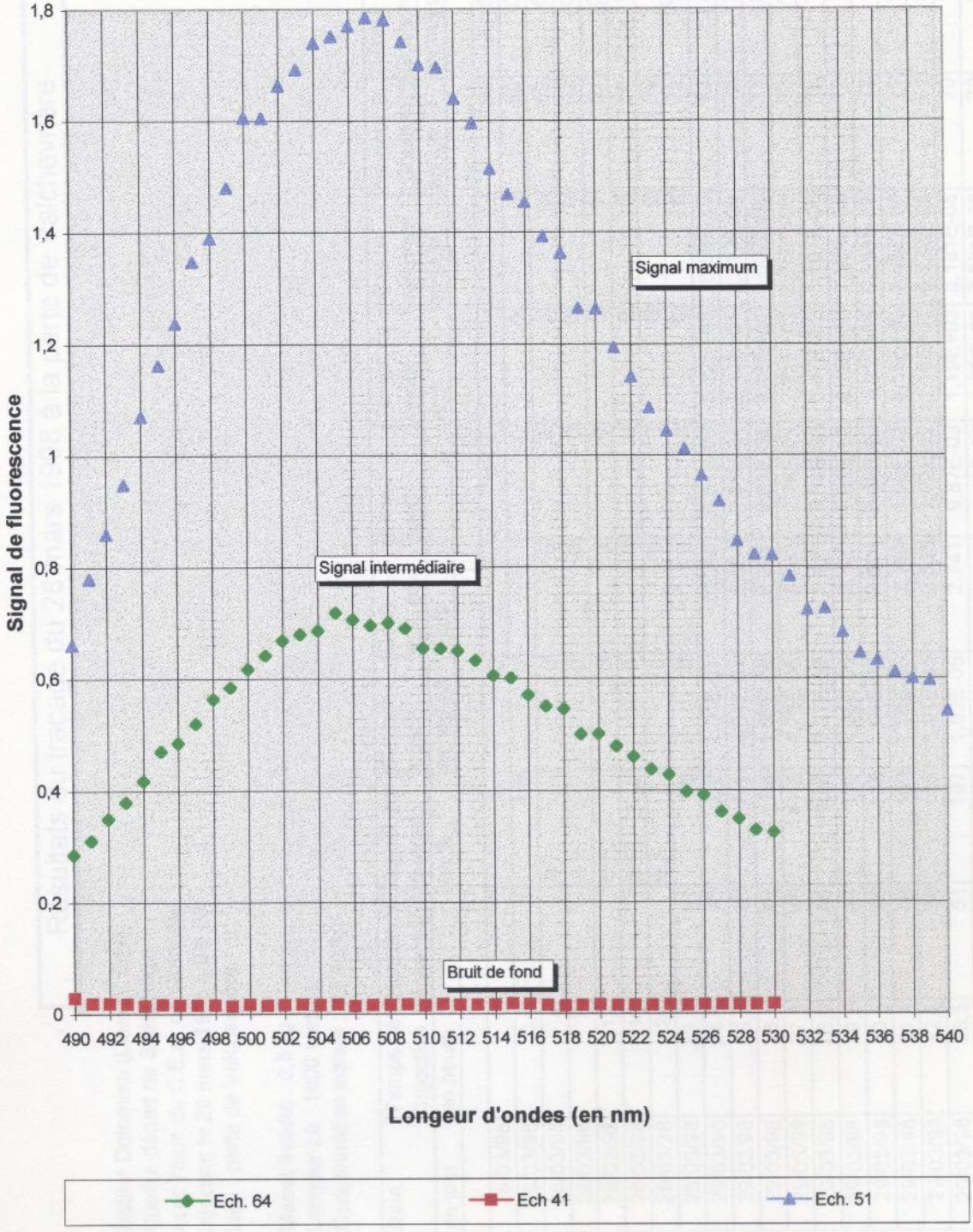
Heure	Numéro du flacon	Débit	Caractéristiques de l'écoulement	Couleur de l'eau	Observations particulières
14h00	1	faible	Pas d'objet en suspension	Incolore limpide	
15h00	2	Important (double?)	Toujours rien en suspension	Incolore	Moins limpide car débit plus fort (pas trouble!)
16h00	3	Plus important	idem	Incolore	Idem
17h00	4	Pareil	idem	Incolore	Idem
19h00	5	Pareil	idem	Incolore	



Annexe 18 : Topographie de la Goule Verte

ANNEXE -18-

Annexe 19 : Signal de fluorescence en fonction de la longeur d'ondes (pour 3 prélèvements)



ANNEXE -19-

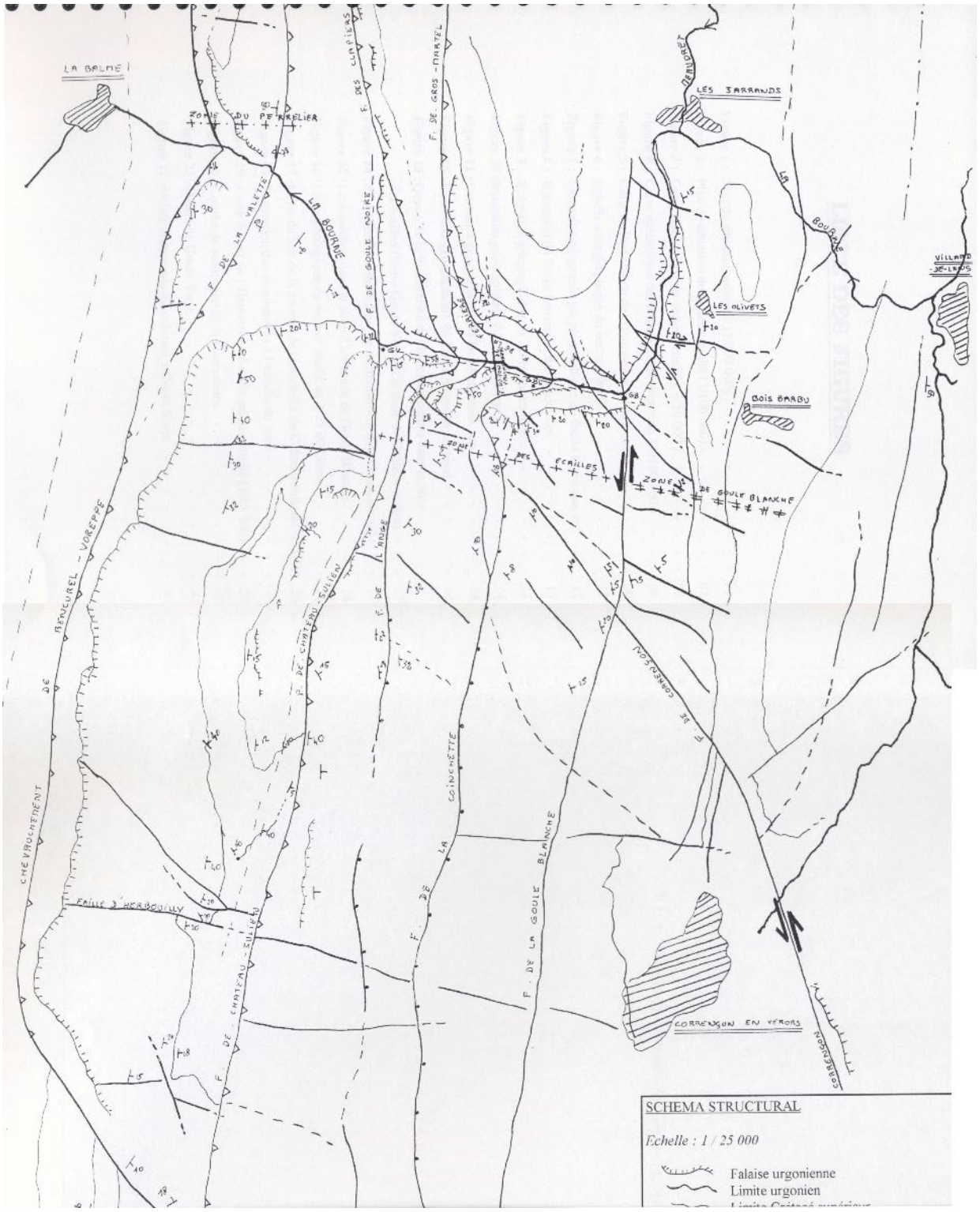

LA BALME
ZONE DU PERRELIER
F. DES CLAPIERES
F. DE GROS-MARTEL
LES JARRANDS
LA BOURBRE
F. DE LA VALETTE
F. DE GOULE NOIRE
LES OLIVETS
VILLARD-DE-LANS
BOIS BARBU
ECAILLES
ZONE DE GOULE BLANCHE
F. DE RENCURREL - VOREPPE
F. DE CHATEAU-SULLIEN
F. DE LA COINCHETTE
F. DE LA GOULE BLANCHE
F. DE CORRENSON
CHE VIROCHEMENT
FAILLE D'HERBOUILLY
CORRENSON EN VERCORS
SCHEMA STRUCTURAL
Echelle : 1 / 25 000
Falaise urgonienne
Limite urgonien

Planche I : Présentation de la résurgence de Goule Blanche

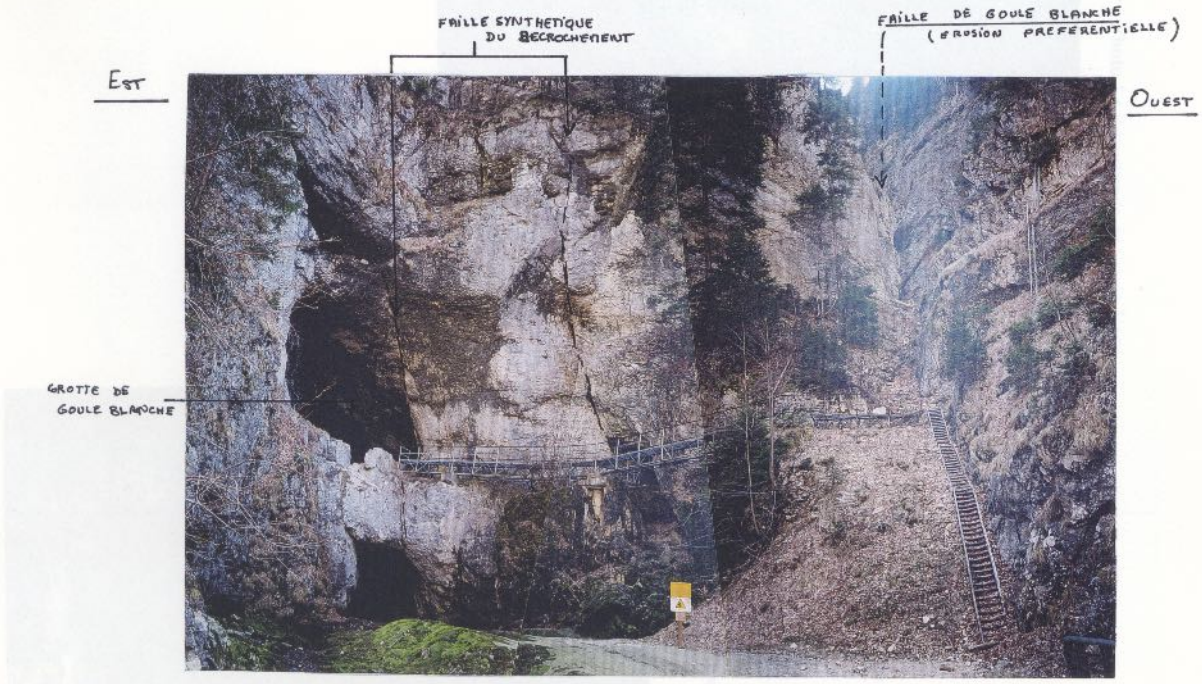


Planche II :

Photo 1 : Résurgence de Goule Verte

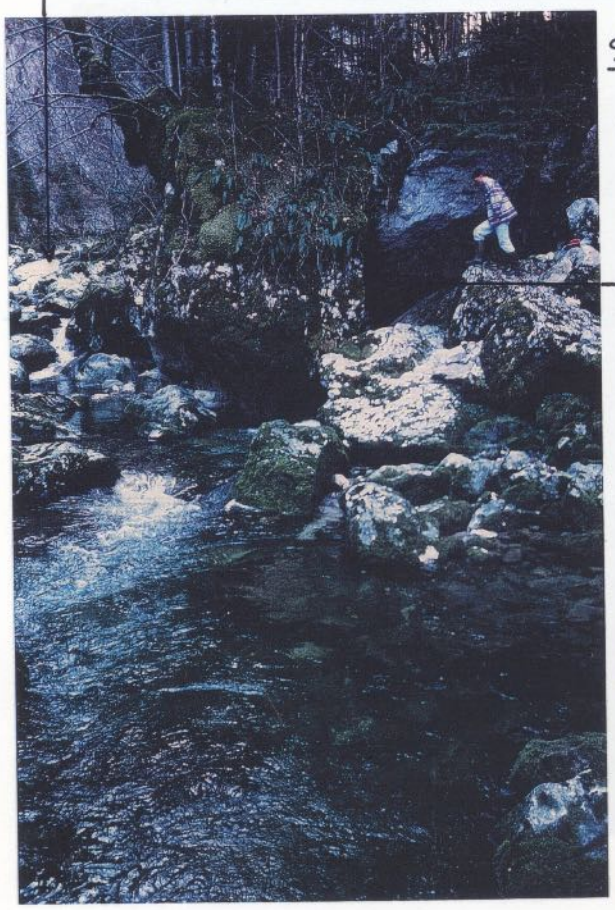


Photo 2 : Résurgence de Goule Bleue

Planche III :

Photo 1 : Anticlinal du Bénitier de Merlon

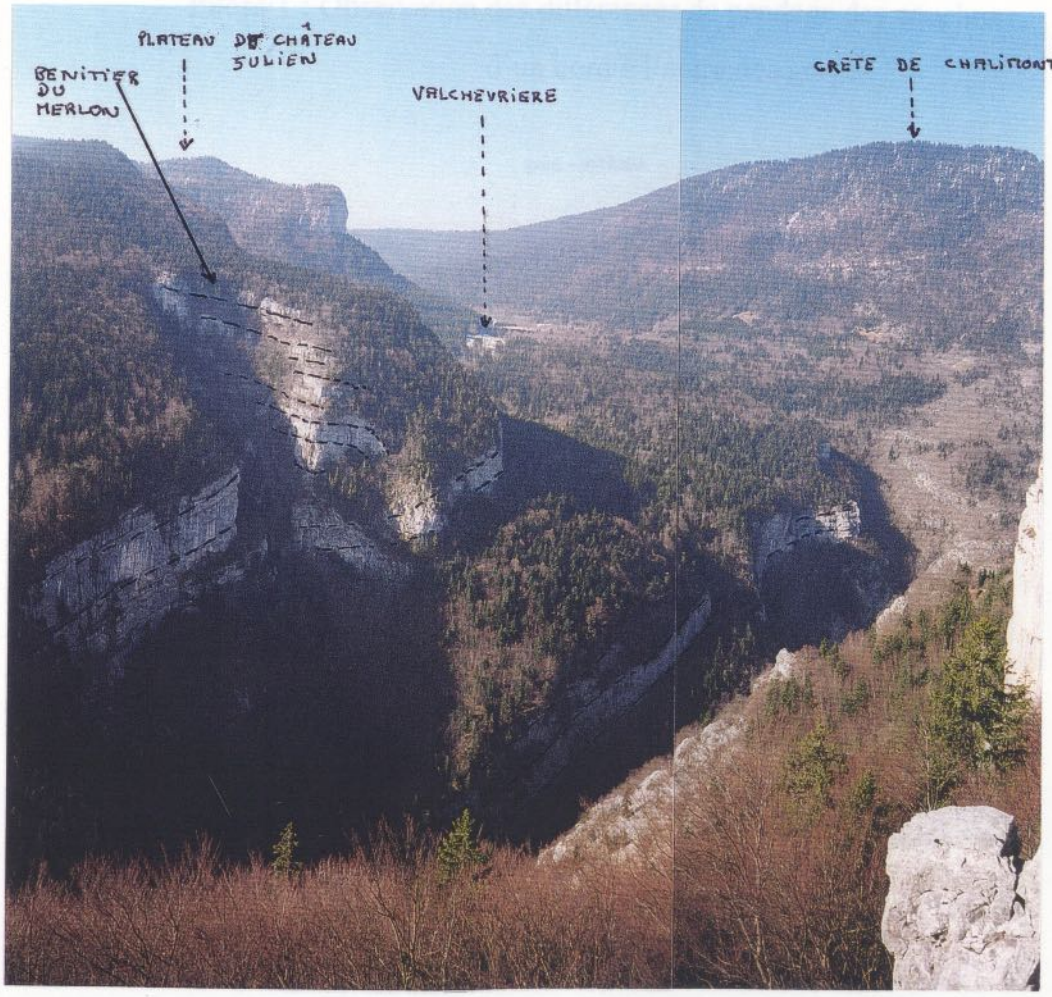


Photo 2 : Anticlinal de la forêt du Bouchet

Planche IV :

Photo 1 : Observation des différences de pendage des couches d'un bord à l'autre des gorges

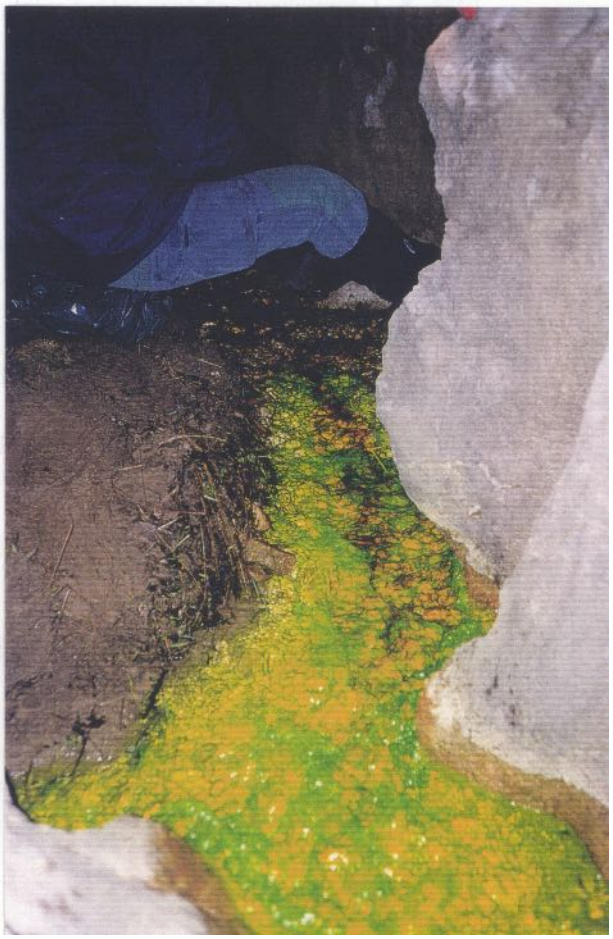
Photo 2 : Synclinal d'Herbouilly (vue en direction du Sud)

Planche V :

Photo 1 : Perte de Valchevrière

Photo 2 : Dispositif de prélèvement à la Goule Verte

Photo 2 : Injection de la fluoresceine



RESUME :

Situé dans le Vercors méridional, le secteur d'étude a subi l'orogenèse alpine. Celle-ci a conduit à une succession de plis déversés vers l'Ouest et à une fracturation importante due à la rigidité de la carapace urgonienne. Dans les gorges amont de la Bourne, les contraintes de l'orogenèse alpine sur les anciennes ondulations Est-Ouest on alors provoqué un écaillage caractéristique. Le régime hydrologique local, karstique, est donc conditionné par cette structure. Effectivement, les accidents Nord-Sud, les plus marqués, sont hérités de la phase alpine et contrôlent la plupart des écoulements souterrains. Leur influence est étroitement liée à leur capacité drainante ou étanche.

La détermination des bassins versants de Goule Blanche, Goule Bleue et Goule Verte est alors étroitement liée à la compréhension de la géologie et de la tectonique, qui vont permettre de proposer d'hypothétiques bassins versants. Ces derniers sont vérifiés grâce aux traçages en milieu naturel. L'établissement d'une carte présentant le toit de la couche d'Hauterivien permet dans bien des cas de situer au mieux les collecteurs. Couplé avec quelques mesures de débit et de température et une opération de traçage, les caractéristiques hydrologiques du karst de Goule Verte s'éclaircissent partiellement, permettant alors d'estimer les paramètres qui gouvernent le cheminement de ses eaux. La phase finale d'étude du karst consiste à modéliser les différentes propositions et à les comparer aux écoulements souterrains naturels.

Mots clés : **Vercors, Bourne, karst, hydrologie, hydrogéologie karstique, fracturation, Urgonien, traçage.**

ABSTRACT :

The Vercors is a mountain range in eastern France which underwent the alpine orogenesis. It's a karstic region which is characterized by folded urgonian banks in E-W direction. Their hardness lead to an intense fracturation. The pressure of the alpine orogenesis lead to the scaling of the formely E-W directed undulated urgonian banks. Actually, these geologic formation control together with the majorily N-S oriented tectonic events the ground water flow. Based on detailed geologic observations in the median area, the hydrogeologic basins of the three main sources, goule blue, goule green and goule white have been determined. The Hauterivian layer has the function of the impermeable geologic base of the groundwater. The realisation of a topographic map of that Hauterivian layer permit to locate in many cases the ground water collectors.

A second topic concerns the hydrologic caracteristics of the goule green karst, which were so fare unkonwn. In this area, a tracer experiment and ion concentrations, flow and temperature measurements were performed and combined with the geologic informations. The data analysis allows to determine detailed hydrogeologic parameters such as the flow type, the median diameter of the ground water collectors as well as the general hydrologic regime of the goule green karst.

Key words : **Vercors, Bourne, karst, hydrology, hydrogeology, fracturation, Urgonian, tracing.**