

REGION DE FRANCHE COMTE
DEPARTEMENT DU DOUBS

**ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE
LA SOURCE DE FROIDFONTAINE**

DEVELOPPEMENT D'UNE NOUVELLE RESSOURCE EN EAU

S.I.V.O.M DE BELLEHERBE



**STRUCTURE ET DYNAMIQUE DE SYSTEMES KARSTIQUES FONCTIONNELS
PLATEAUX DE BELLEHERBE ET DE PIERREFONTAINE LES VARANS**



CABINET REILE Pascal

GEOLOGIE DE RECONNAISSANCE EAUX et ENVIRONNEMENT

Etudes Conseils Expertises

Place Courbet – 25 290 ORNANS

☎ 03.81.51.89.76 fax : 03.81.51.27.11

SOMMAIRE

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE	1
1 - PREAMBULE.....	6
1.1 - PROJET DE CAPTAGE SUR LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE.....	6
1.2 - CONTENU DE L'ETUDE	7
1.3 - DEGAGEMENT DE L'EXUTOIRE A LA PELLE MECANIQUE Le 12 MAI 1999	8
2. ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE	11
2.1 - CONTEXTE GENERAL	11
2.1.1 - <i>SITUATION LOCALE DES RESSOURCES EN EAU</i>	11
2.1.2 - <i>SITUATION GEOGRAPHIQUE</i>	11
2.1.3 - <i>EAUX DE SURFACE - RESEAU HYDROGRAPHIQUE</i>	13
2.1.4 - <i>GEOLOGIE - HYDROGEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE</i>	13
2.2 - RECONNAISSANCE DU BASSIN VERSANT DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE PAR TRACAGE.....	17
2.2.1 - <i>TRACAGE DANS LA DOLINE PERTE D'EBEY</i>	17
2.2.2 - <i>TRACAGE DE CHAMESEY</i>	19
2.2.3 - <i>TRACAGE DES PRES ROUGIERS</i>	22
2.2.4 - <i>TRACAGE DE FREMONDANS</i>	24
2.2.5 - <i>TRACAGE CHARBONNIERES COMMUNE DE CHARMOILLE</i>	26
2.2.6 - <i>TRACAGE DESSOUBRE RIVE DROITE</i>	28
2.2.7 - <i>TRACAGE DE LA VIOLETTE / DECHARGE / PERTES DES ROSIERES</i>	31
2.3 - SYNTHESE : BASSIN VERSANT DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE	34
2.3.1 - <i>BASSIN I : VALLEE DU DESSOUBRE</i>	34
2.3.2 - <i>BASSIN II : PLATEAU DE BELLEHERBE</i>	35
2.3.3 - <i>BASSIN III : FAISCEAU DE BELLEHERBE</i>	36
2.4 - INVENTAIRE DES SOURCES DE POLLUTIONS POTENTIELLES	39
2.4.1 - <i>OCCUPATION DU BASSIN VERSANT</i>	39
2.4.2 - <i>ACTIVITES POLLUANTES</i>	39
2.4.3 - <i>DECHARGES D'ORDURES MENAGERES ET GRAVES CLASSE 3</i>	40
2.5 - CARACTERISTIQUES DE LA RESSOURCE EN EAU.....	42
2.5.1 - <i>DISPOSITIF D'ETUDE SUR SITE</i>	42
2.5.2 - <i>RESULTATS DE LA SURVEILLANCE</i>	44
2.5.3 - <i>DEBIT - IMPORTANCE DE LA RESSOURCE EN EAU</i>	44
2.5.4 - <i>RESULTATS DE SUIVIS D'ANALYSE - QUALITE</i>	47
3 - HYDROGEOLOGIE KARSTIQUE REGIONALE - DYNAMIQUE DU RESERVOIR DE FROIDEFONTAINE	48
3.1 - PARTICULARITE DU KARST REGIONAL	48
3.1.1 - <i>CONNAISSANCE DU FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE DE CETTE REGION</i>	48
3.1.2 - <i>PRESENTATION DES GRANDS AQUIFERES KARSTIQUES REGIONAUX</i>	49
3.1.3 - <i>EXUTOIRES DE L'EPIKARST</i>	50
3.1.4 - <i>ASPECTS DES KARSTS JURASSIQUES SUPERIEURS</i>	50
3.1.5 - <i>SYSTEMES REVEROTTE - TROIS PUCELLES, PHENOMENES DE CAPTURE</i>	54
3.1.6 - <i>FONCTIONNEMENT DU KARST DOGGER</i>	57
3.2 - FONCTIONNEMENT DU RESERVOIR - ANALYSE HYDRODYNAMIQUE	62
3.2.1 - <i>VALIDITE DES DONNEES UTILISEES DANS L'APPROCHE HYDRODYNAMIQUE DE L'AQUIFERE</i>	62
3.2.2 - <i>NATURE DU RESERVOIR KARSTIQUE DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE</i>	62
3.3 - SYNTHESE : FONCTIONNEMENT DU RESERVOIR DE FROIDEFONTAINE	69
3.3.1 - <i>FONCTIONNEMENT DU RESERVOIR</i>	69
3.3.2 - <i>LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE DANS L'UNITE HYDROGEOLOGIQUE DES PLATEAUX DE PIERREFONTAINE LES VARANS - BELLEHERBE</i>	70

4 - CONCLUSION : FONCTIONNEMENT ET VULNERABILITE DU KARST REGIONAL -	71
LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE.....	71
4.1 - DEVELOPPEMENT DU SYSTEME KARSTIQUE DE FROIDEFONTAINE.....	71
4.1.1 - PREMIÈRE ÉTAPE : BASSIN VERSANT ORIGINEL DE FROIDEFONTAINE	71
4.1.2 - ÉTAPE 2 : PHÉNOMÈNE DE CAPTURE DU JURASSIQUE SUPÉRIEUR.....	71
4.1.3 - ÉTAPE 3 : MISE EN PLACE D'UN RÉSEAU FONCTIONNEL DE DRAINAGE.....	72
4.2 - EXPLOITATION DU RESERVOIR.....	72
4.3 - RESERVES EN EAUX DANS LE SOUS-SOL DES PLATEAUX DE PIERREFONTAINE LES VARANS - BELLEHERBE	72
4.3.1 - EXPLOITATION DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE	72
4.3.2 - UN AUTRE AVANTAGE DU SITE : LA CAPACITE DE MISE EN CHARGE SANS DEBORDEMENT LATERAL	73
5 - ORIENTATION DES INVESTIGATIONS ET TRAVAUX.....	74
DEVELOPPEMENT DE LA RESSOURCE	74
5.1 - UTILISATION DE L'APPROCHE HYDRODYNAMIQUE DU SYSTEME KARSTIQUE.....	74
5.2 - TRACAGE COMPLEMENTAIRE SUR LAJOUX	74
5.3 - CHIMIE DES EAUX SUR LES ONDES DE CRUES	74
5.4 - REPRISE DE L'ASSAINISSEMENT SUR LE HAMEAU DE EBÉY	75
5.5 - FERMETURE DE LA DECHARGE DE EBÉY	75
5.6 - SONDAGE DE RECONNAISSANCE DANS L'ACCOTEMENT DE LA ROUTE.....	75

TABLE DES FIGURES

Photo 1 : L'émergence de Froidefontaine avant travaux le 03/02/1999	7
Photo 2 : Intervention à la pelle mécanique et mise en place de 2 passages busés	8
Photo 3 : L'émergence de Froidefontaine en crue le 12 mai 1999	9
Reconnaissance du 12 - 05 - 99 de la source de Froidefontaine	10
Plan de situation 1/100 000.....	12
Extraits des cartes géologiques de Maiche et de Vercel 1/50 000	14
Coupes géologiques du plateau de Belleherbe.....	15
Coupe géologique du plateau de Pierrefontaine les Varans	16
Photo 4 : Doline perte d'Ebey lors du traçage – au deuxième plan, rejet d'eaux usées du hameau	17
Graphe de restitution du traceur : traçage des effluents d'Ebey	18
Graphe de restitution du traceur : traçage des effluents de Chamesey.....	20
Photo 5 : Rhodamine (rouge) encore visible à l'œil nu le 21 mai	21
Graphe de restitution du traceur : traçage des Pré Rougiers	23
Graphe de restitution du traceur : traçage de FREMONDANS	25
Graphe de restitution du traceur : traçages Charbonnières	27
Photo 6 : Perte du ruisseau des prés du Bas – injection de fluoresceine	29
Graphe de restitution du traceur : traçage Dessoubre rive droite.....	30
Photo 7 : Injection de rhodamine dans la décharge de la Violette	31
Graphe de restitution du traceur : traçage de la Violette.....	33
Interprétation des linéaments sur photos aériennes.....	38
Photo 8 Décharge en cours de résorption Doline au Sud de Ebey	40
Bassins d'alimentation de Froidefontaine au 1/25 000.....	41
Photos 9 : Turbidimètre Hach en continu sur site	43
Photo 10 : L'émergence de Froidefontaine en crue le 14 juillet 1999	44
Résultats des suivis mai - août : mesures ponctuelles de turbidité, et débits reconstitués	45
Résultats des suivis au limnigraphe (septembre – octobre 1999)	46
Photo 11 : Source de Plainmont rive gauche – captage A.E.P de la Sommette dans la vallée de la Reverotte.....	48
Coupe des aquifères régionaux	49
Schéma de l'organisation spatiale d'un aquifère karstique en sous systèmes	52
Distribution des débits en basses eaux sur le Haut Dessoubre.....	56
Séquences d'alimentation en basses et hautes eaux	56
(documents DIREN Franche Comté).....	56
Représentation schématique du fonctionnement aquifère.....	59
Schéma récapitulatif du fonctionnement des karsts des plateaux de Pierrefontaine les Varans et Belleherbe	61
Graphe de comparaison des vitesses de restitutions du traceur à Froidefontaine Rougiers et de Charbonnière.....	63
Episodes de mesures en continu des débits.....	65
Schéma représentant le phénomène d'amortissement des crues par la zone noyée.....	68



Réunion préparatoire du 3 Mai 1999 sur le site de La source de Froidefontaine

- M. PRUVOT, DDAF du Doubs
- M. DEVAUX, maire de Belleherbe
- M. DELLA CHIESA, maire de Cour St Maurice.
- M. VIELLARD, président du SIVOM
- M. PERSONNENI, entrepreneur de TP
- M. CHAPUIS, maire de Charmoille
- M. MATHEY, DDASS du Doubs
- M. MAINIER, Conseil Général du Doubs.

Absent M. le professeur MANIA, hydrogéologue agréé

Chargés d'étude :
GIRARDOT Julien
MILLOT Hervé

Directeur d'étude :
REILE Pascal

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA SOURCE FROIDFONTAINE

Développement d'une nouvelle ressource en eau

S.I.V.O.M DE BELLEHERBE

STRUCTURE ET DYNAMIQUE DE SYSTEMES KARSTIQUES FONCTIONNELS

PLATEAUX DE BELLEHERBE ET DE PIERREFONTAINE LES VARANS

1 – PREAMBULE

1.1 - PROJET DE CAPTAGE SUR LA SOURCE DE FROIDFONTAINE

Le SIVOM de Belleherbe a initié un programme de prospection pour une nouvelle ressource en eau potable. Parmi les solutions envisagées (adduction au syndicat de la Haute Loue, amélioration des captages existants...), **le captage d'une nouvelle et importante ressource karstique** a été retenu pour étude. Le projet de reconnaissance approfondie est établi autour de **La Source de Froidefontaine**, émergence située en rive gauche du Dessoubre,

Le SIVOM reprend ainsi une idée de Fournier, datée de 1926, évoquée dans son ouvrage «les Eaux Souterraines » :

« La belle source de Froidefontaine, qui prend naissance dans le Bathonien, sur la rive gauche du Dessoubre, sur la commune de Vaucluse, près de l'usine électrique de Charmoille, pourrait, si l'on élevait mécaniquement ses eaux dans un réservoir (...), assurer l'alimentation des communes de Charmoille et de Belleherbe. Cette source a une origine certainement lointaine et problématique (...). A son bassin alimentaire se rattachent vraisemblablement les pertes qui existent dans le Bathonien du noyau des brachyanticlinaux de Bémont, de Nérémont, de Sous Charmont, du Courbot, de Derrière le Crêt, et de La Grange. »

1.2 - CONTENU DE L'ETUDE

Le protocole d'étude a été mis au point avec les différents partenaires du projet : l'hydrogéologue agréé M. MANIA, le SIVOM de Belleherbe, la DDASS, la DDAF, le Conseil Général du DOUBS, et le bureau d'étude retenu pour les travaux de reconnaissances hydrogéologiques, le Cabinet REILE.

Il prévoit, une reconnaissance du bassin versant de la source à partir de multitraçages et une série de mesures de débit, de turbidité, de physico-chimie, et de qualité bactériologique sur l'émergence..

Ces travaux aboutissent à la **détermination du bassin d'alimentation de la Source de Froidefontaine**, accompagné d'un **inventaire des sources potentielles de contamination**. Ils permettent une prévision des conditions d'exploitation (débits, Turbidité) et la gestion des sites, source de contamination du futur captage.

La structure géologique du secteur est détaillée avec une série de coupes et de blocs diagrammes en 3 dimensions. **L'étude hydrodynamique de l'aquifère** se fera à partir des hydrogrammes mesurés à la source.

En seconde partie, nous définirons le fonctionnement du réservoir karstique associé à cette émergence. Pour cela, nous avons utilisé l'ensemble des **connaissances hydrogéologiques de cette région**, obtenue à la suite de nos différentes études sur ce secteur.



Photo 1 : L'émergence de Froidefontaine
avant travaux le 03/02/1999

1.3 – DEGAGEMENT DE L'EXUTOIRE A LA PELLE MECANIQUE Le 12 MAI 1999

L'intervention du 12-05-99 avait pour objectifs l'aménagement de l'exutoire afin de permettre des prélèvements bactériologiques sains, et par ailleurs de tenter une reconnaissance de l'émergence sous les remplissages superficiels.

Les 2 chenaux de l'émergence furent canalisés vers des buses avec seuil jaugeur.
L'accès aux parcelles agricoles fut rétabli.



Photo 2 : Intervention à la pelle mécanique et mise en place de 2 passages busés
Le 17 mai 1999 sur l'émergence de Froidefontaine

L'émergence de Froidefontaine apparaît dans des groises ou éboulis en rive gauche du Dessoubre (cf. situation page suivante). Sur le versant ouest de la vallée, en surplomb de la source, nous avons observé lors de nos reconnaissances de terrain :

- En bordure de route, immédiatement au-dessus de la source, il existe des affleurements de calcaire (légèrement décalés par rapport à l'axe de l'émergence). Ils appartiennent au faciès «Grande Oolithe». La source de Froidefontaine est donc située dans le Bajocien supérieur (J^{1B}).
- Dans l'axe de la source, à mi-pente, il existe un exutoire fossile, recouvert en grande partie par des éboulis de pente. Celui-ci donne naissance à un chenal d'écoulement dont toute trace a été effacée lors des aménagements successifs de la route.
- Dans le prolongement de ces structures, les calcaires apparaissent broyés. Sur le replat de Fremondans, on observe un alignement de dolines, une centaine de mètres au nord des maisons. Tous ceci correspond au passage d'un accident dans le dogger, faille normale au rejet faible (de l'ordre de la dizaine de mètres). Elle est visible de l'autre côté du Dessoubre en rive droite, au niveau d'un affleurement situé quelques mètres en amont de la source de Froidefontaine.

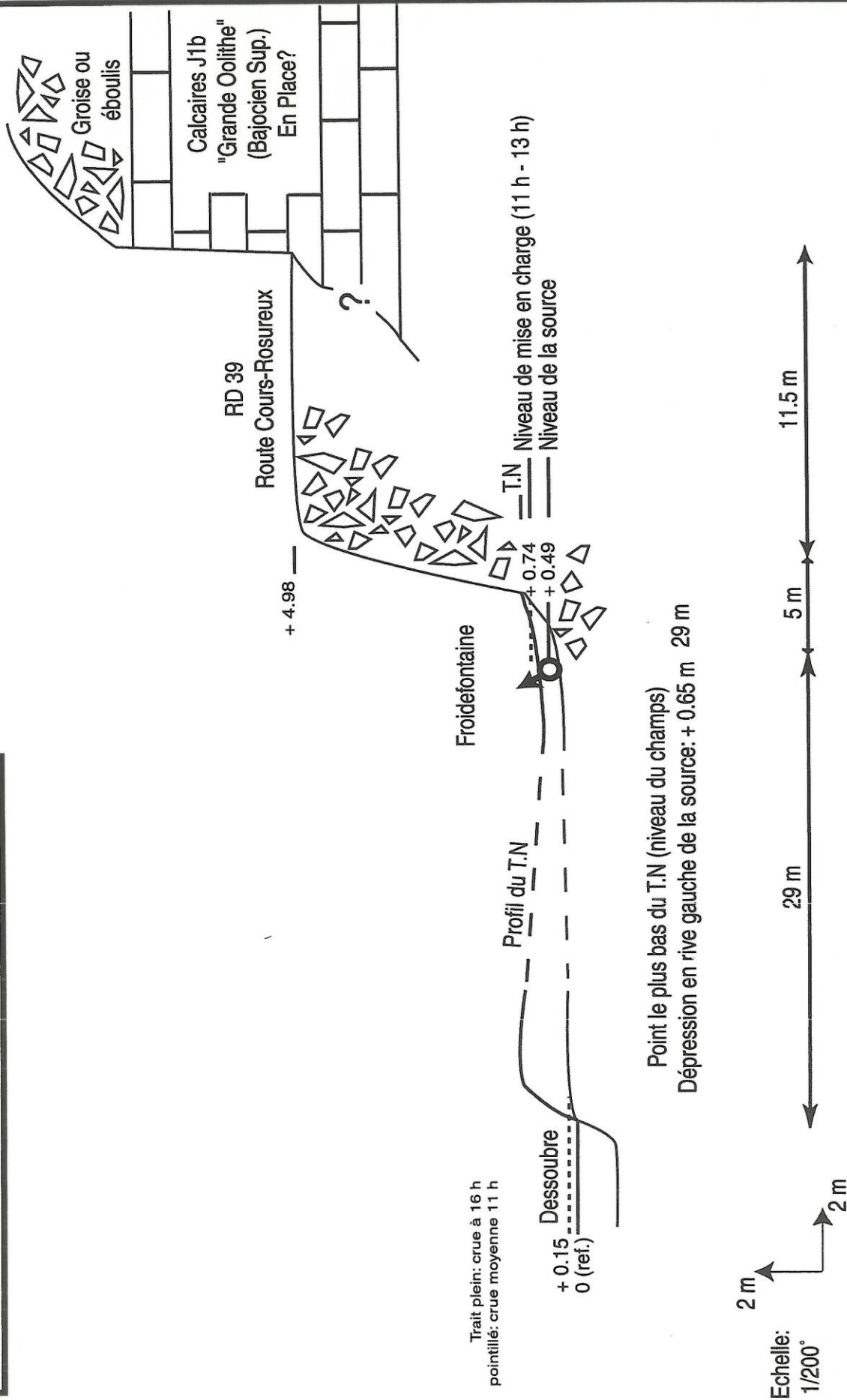


Photo 3 : L'émergence de Froidefontaine en crue le 12 mai 1999
débit mesuré : 1 400 L/s

Lors de ces travaux de reconnaissance, aucune diffluence dans le champs voisin n'a été observée, malgré une mise en charge du griffon pendant plusieurs heures, et l'arrivée d'un onde de crue (Cf. photo ci-dessus).

RECONNAISSANCE DU 12-05-99

DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE (SIVOM DE BELLEHERBE)



2. ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE

2.1 – CONTEXTE GENERAL

2.1.1 – SITUATION LOCALE DES RESSOURCES EN EAU

Sur le plateau de Belleherbe, chaque village possède sa propre source pour son alimentation en eau potable (ex : Vaicluse, Bretonvillers, Longeville, Chamesey, Cours St Maurice...). Pour la plupart, ces ressources posent des problèmes soit qualitatifs, soit quantitatifs :

Du point de vue qualitatif, la contamination bactériologique de ces captages est chronique. Ces sources sont très vulnérables en raison de la nature karstique du réservoir. Pour mémoire on se souvient de la grave contamination de la source de Moulinot, il y a une vingtaine d'années.

La production d'eau de ces captages est souvent insuffisante en étiage, de nombreuses communes achetant de l'eau aux syndicats voisins (Haute Loue).

2.1.2 - SITUATION GEOGRAPHIQUE

Pierrefontaine les Varans et Belleherbe sont situés à mi-chemin entre Besançon et Morteau. Ces villages occupent une position centrale dans l'ensemble des plateaux du Haut Doubs.

Dans le relief Jurassien, l'enfoncement du réseau hydrographique accentue, au niveau du paysage, l'effet de plateau. Les vallées humides, aux parois abrupts, se sont formées au milieu de plateaux secs, peu marqués par les reliefs.

Cette conformation explique les problèmes d'alimentation en eaux potables locaux. En l'absence de ressource sur le plateau, certaines communes doivent capter des venues situées dans la vallée, à l'aval du village. Or, étant donnée la dynamique hydrogéologique des calcaires de ces plateaux (Cf. chapitre 3), le transit souterrain de l'eau, même long (plusieurs kilomètres) ne permet pas de résorber une contamination. Ceci explique l'origine des contaminations bactériologiques observées au chapitre précédent.

Développement d'une nouvelle ressource en eau
Source de Froidefontaine SIVOM DE BELLEHERBE



2.1.3 – EAUX DE SURFACE – RESEAU HYDROGRAPHIQUE

Trois rivières constituent la quasi-totalité des écoulements de surface de cette région, au nord la Reverotte, affluent du Dessoubre, et à l'opposé, l'Audeux. Toutes les sources importantes apparaissent en bordure de vallée de ces cours d'eau.

Les sources que l'on trouve sur les plateaux, sont secondaires (inférieurs à 1 L.s⁻¹ en étiage), et souvent saisonnières (captage de Charmoille "Sous le Crêt").

Quelques rares écoulements de surfaces existent sur les marnes bleues de l'Oxfordien. Eux aussi sont souvent saisonniers. Ils se perdent en arrivant sur les niveaux calcaires.

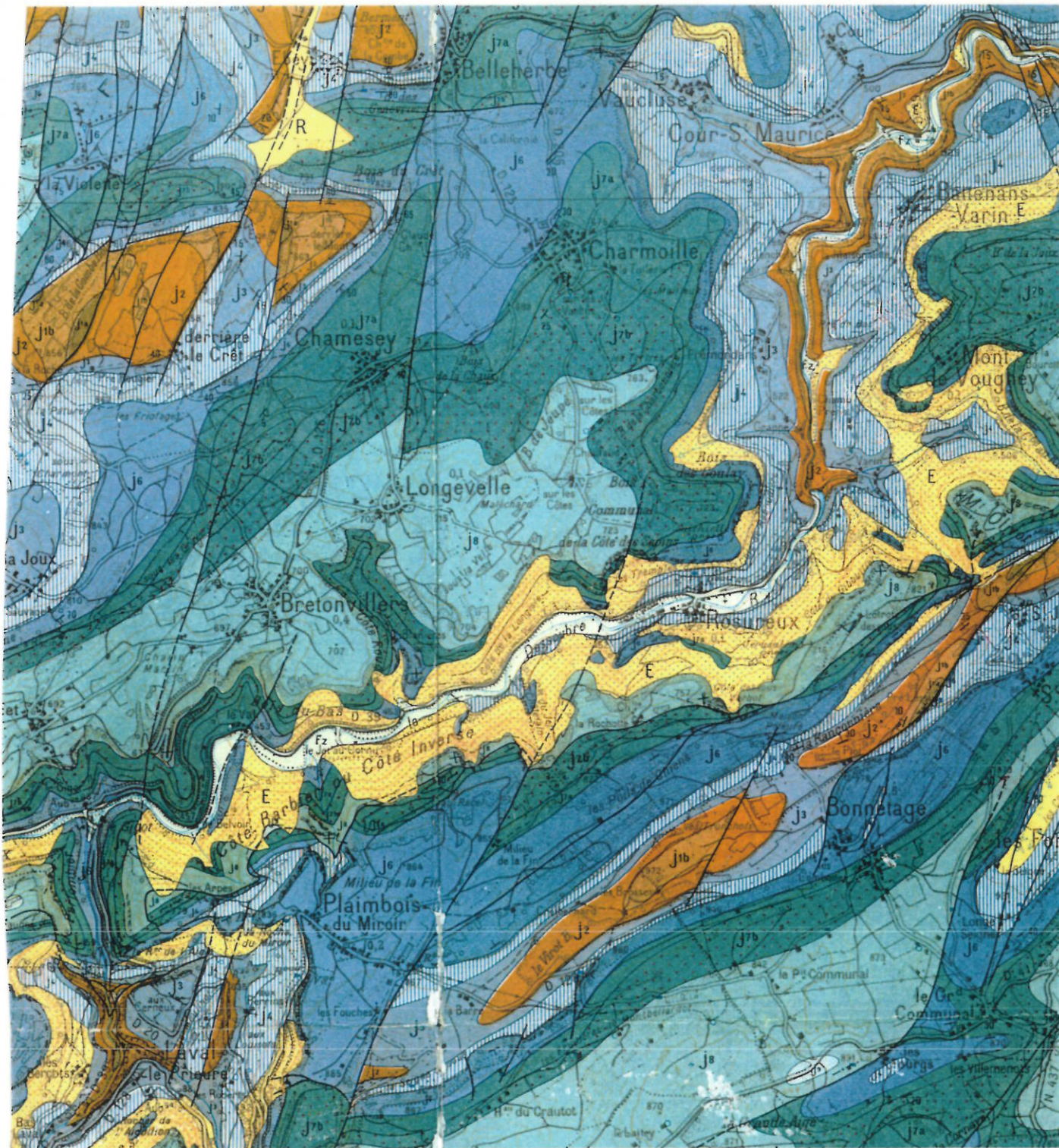
2.1.4 – GEOLOGIE – HYDROGEOLOGIE DU SECTEUR D'ETUDE

Belleherbe, est située sur le dernier plateau jurassien, aussi appelé plateau de Maîche. Il est bordé au sud, par l'anticlinal de Plainbois, appartenant à l'ensemble plissé du massif.

Au niveau de Belleherbe, le plateau est déformé par une série de plis, qui séparent en deux entités distinctes les plateaux de Maîche et de Pierrefontaine les Varans. Ces plis s'orientent NE/SW. Ils se relaient les uns aux autres par une succession de failles NNE/SSW. L'ensemble forme le « faisceau de Belleherbe ».

La géologie des faisceaux est compliquée. De grandes aires synclinales ou effondrées (formations du Malm) succèdent à ces zones faillées (Dogger à l'affleurement).

PLATEAUX DE BELLEHERBE ET DE PIERREFONTAINE LES VARANS
Développement d'une nouvelle ressource en eau
Source de Froidefontaine SIVOM DE BELLEHERBE

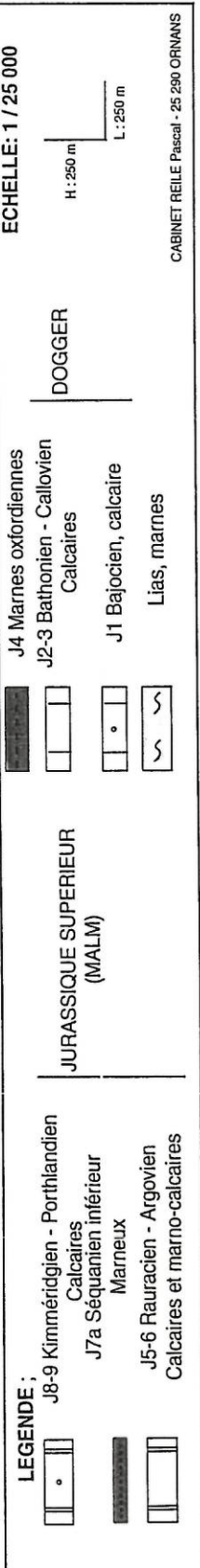
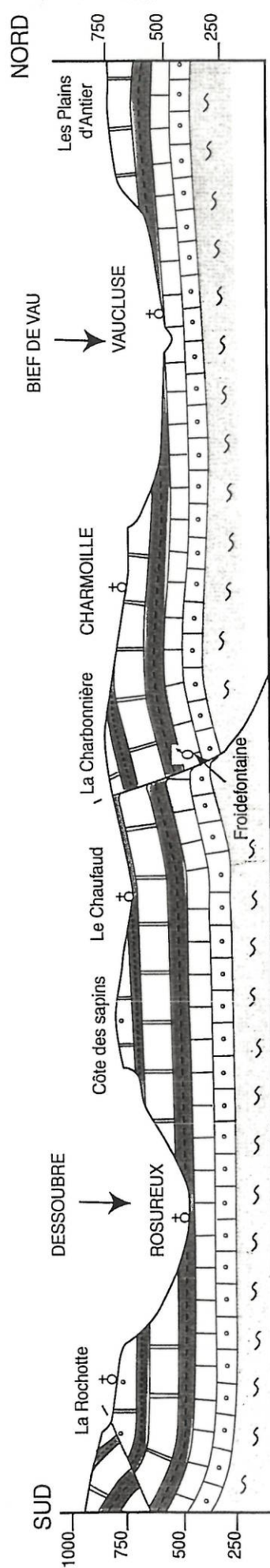
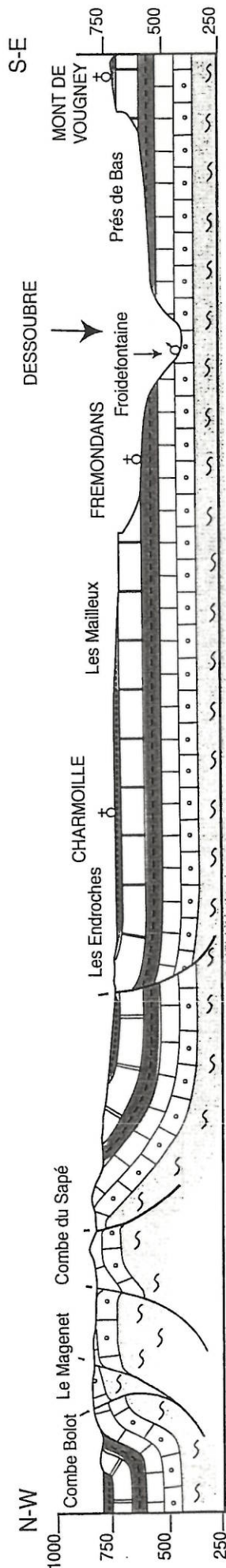


Extraits des cartes géologiques de Maiche et de Vercel 1/50 000

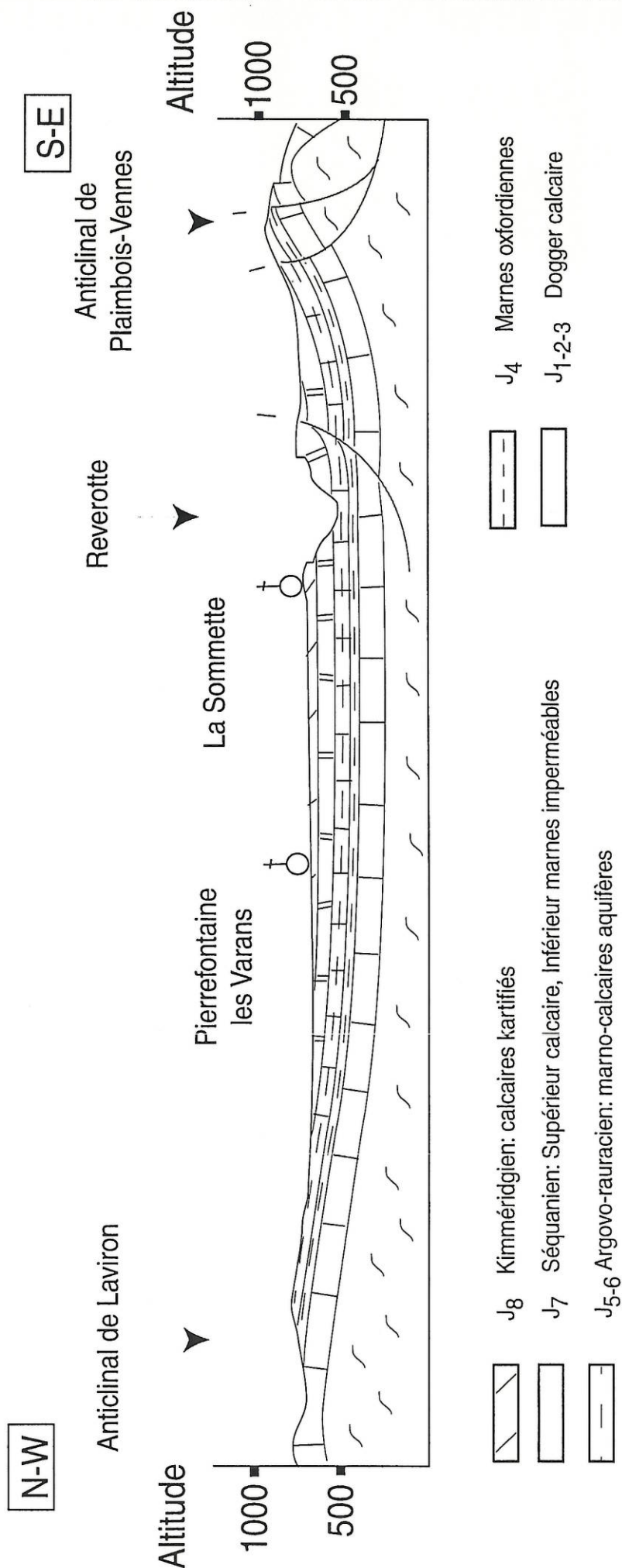
La nature des différents étages géologiques régionaux est détaillé en pages suivantes.

PLATEAUX DE BELLEHERBE ET DE PIERREFONTAINE LES VARANS
Développement d'une nouvelle ressource en eau
Source de Froidefontaine SIVOM DE BELLEHERBE

Source de Froidefontaine
Coupes géologiques 1/25 000 du plateau



Coupe géologique transversale au synclinal de Pierrefontaine les Varans



2.2 - RECONNAISSANCE DU BASSIN VERSANT DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE PAR TRACAGE

2.2.1 - TRACAGE DANS LA DOLINE PERTE D'EBEY

2.2.1.1 - Conditions d'injection

SITUATION : Après collecte par un réseau unitaire, les effluents du hameau d'Ebey (commune de Belleherbe), sont rejetés dans une doline perte en contre bas du village. D'après la carte géologique, cette perte est située dans le Dogger.

LIEU : A la sortie du réseau de collecte des eaux de ruissellement (réseau séparatif)

INJECTION : 4kg de Fluorescéine

DATE : 19/05/99

CONDITION LORS DE L'INJECTION : Crue accompagnée de précipitations importantes (durant l'injection).

2.2.1.2 - Sites de surveillance

1 - Sce de Froidefontaine	5 – Bonbois (Vaucluse)
2 - Source du Val (Bretonvillers)	6 – Raie de Nobey (Vaucluse)
3 – Ruisseau de Longevelle	7 – Moulinot (captage A.E.P de Belleherbe)
4 – Goubay (Vaucluse)	

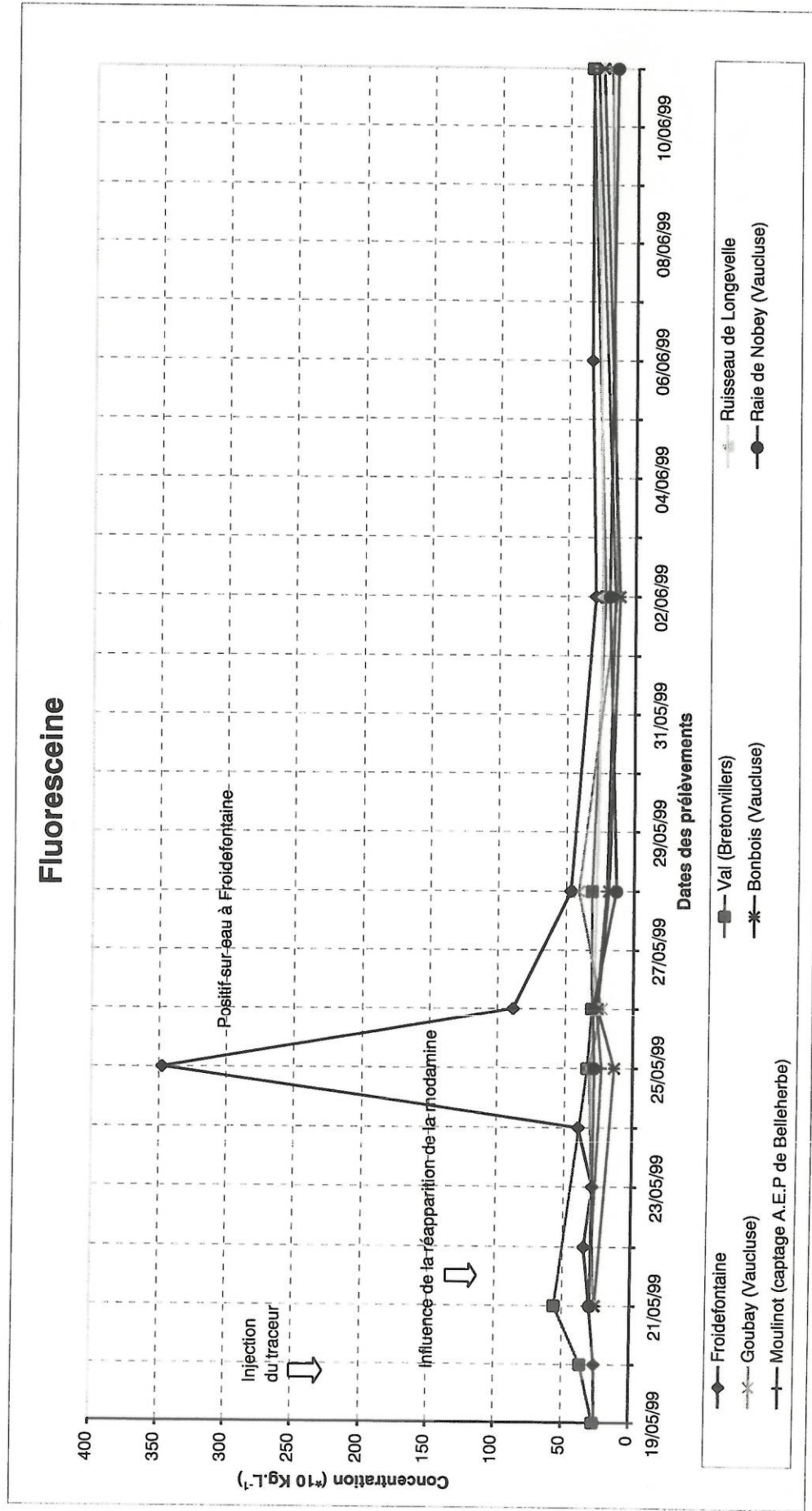


Photo 4 : Doline perte d'Ebey lors du traçage – au deuxième plan, rejet d'eaux usées du hameau

Etude hydrogéologique de Froidefontaine

Perte des egouts d'Ebey

19/05/99



2.2.1.3 - Réapparition du colorant

Positif sur prélèvement d'eau le 25-05-99, soit 4 400 mètres en 144 heures environ (Confirmation sur charbons actifs hebdomadaires).

2.2.1.4 - Hydrodynamique de l'aquifère - vitesse de Transit

Vitesse apparente : 31 mètres / heure

La forme de cette réapparition (pic de réapparition unimodal sans traîne) est caractéristique d'un transit par conduit karstique.

La vitesse de ce transfert est moyenne pour une période de crue (les vitesses apparentes dans le karst local peuvent atteindre 150 mètres / heures).

Elle indique néanmoins une réapparition rapide du traceur, étant donnée la complexité de la géologie au niveau de la zone d'injection. Les pertes d'Ebey et la source de Froidefontaine n'ont en apparence aucun lien hydrogéologique. Le transfert entre les deux, reconnu par ce traçage, se fait du nord-ouest au sud-est, alors que les structures du faisceau de Belleherbe sont subméridiennes, et est - ouest.

2.2.2 - TRACAGE DE CHAMESEY

2.2.2.1 - Conditions d'injection

SITUATION : La commune de Chamesey est équipée d'un système d'épuration de ses eaux usées, dont l'exutoire est une diaclase. Cette installation est située à l'ouest du village (point coté 700).

LIEU : Tampon de sortie de cette station.

INJECTION : 1 Kg de rhodamine avec apport de 5000 L d'eau par citerne agricole (SIVOM de Belleherbe).

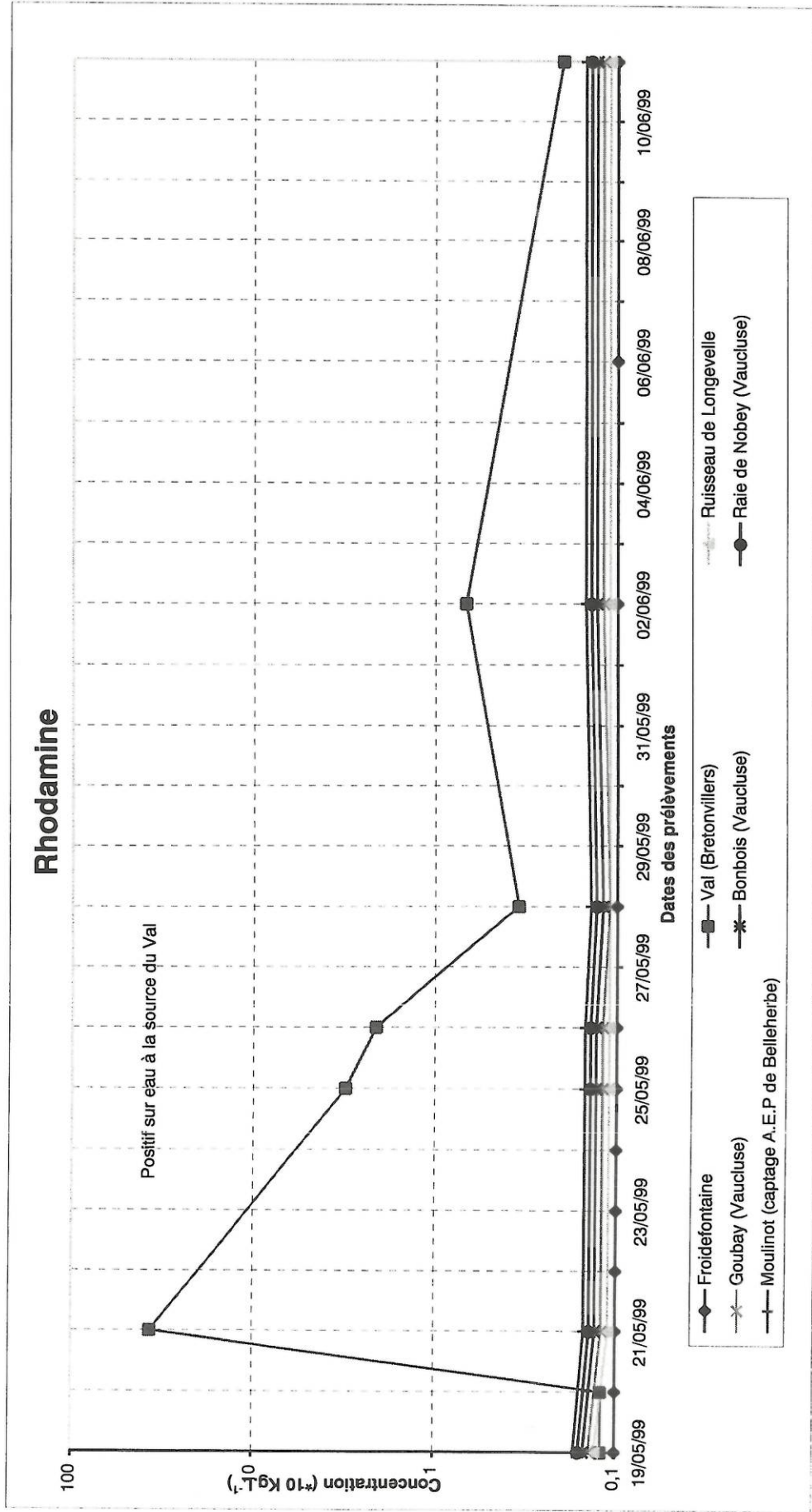
DATE : 19/05/99

CONDITION LORS DE L'INJECTION : Crue accompagnée de précipitations importantes (durant l'injection).

2.2.2.2 - Sites de surveillance

1 - Sce de Froidefontaine	5 – Bonbois (Vaucluse)
2 - Source du Val (Bretonvillers)	6 – Raie de Nobey (Vaucluse)
3 – Ruisseau de Longeville	7 – Moulinot (captage A.E.P de Belleherbe)
4 – Goubay (Vaucluse)	

Perte des egouts de Chamesey Perte des egouts de Chamesey 19/05/99



2.2.2.3 - Réapparition du colorant

Visible à l'œil nu à la source du Val le 20 mai 99 en soirée, soit 4500 m en 30 heures environ. Cette réapparition a été constatée aux différentes venues d'eau (captage de Bretonvillers inclus).

Confirmation sur les analyses d'eau à partir du 20 et 21 mai.



Photo 5 : Rhodamine (rouge) encore visible à l'œil nu le 21 mai

2.2.2.4 - Hydrodynamique de l'aquifère - vitesse de Transit

Vitesse apparente : 150 m.h⁻¹

Etant donné les conditions lors de l'injection, cette vitesse importante de transfert est cohérente pour cette période de crue. Elle montre l'existence de drains karstiques bien développés entre la source du Val et les pertes des effluents de Chamesey.

La forme de la réapparition, avec présence de traceur dans l'eau plusieurs jours après la première réapparition montre l'existence d'un double transfert. Le plus rapide est un écoulement au travers des conduits karstiques. L'autre correspond à une rétention par des vides karstiques non connectés au système de drainage principal, qui jouent un rôle capacitif.

La source du Val est constituée de plusieurs venues (Cavité, sortie gauche captée, et exurgence dans les groises à droite, en aval de la cavité). La réapparition du traceur a été constatée sur l'ensemble de ces venues.

Il semble donc que les diffuences observées à l'exutoire soient dues au fonctionnement de la source, et non à l'existence de plusieurs impluviums individualisés.

2.2.3 - TRACAGE DES PRES ROUGIERS

2.2.3.1 - Conditions d'injection

SITUATION : Aux Prés Rougiers (commune de Chamesey), situés en contrebas du hameau (Derrière le Crêt), il s'est formé un alignement de pertes au contact des marnes oxfordiennes et des calcaires du Dogger. L'une de ces pertes actives est occupée par un gouffre exploré sur plusieurs dizaines de mètres par les spéléologues (reconnaissance d'un miroir de faille, et de brèches tectoniques).

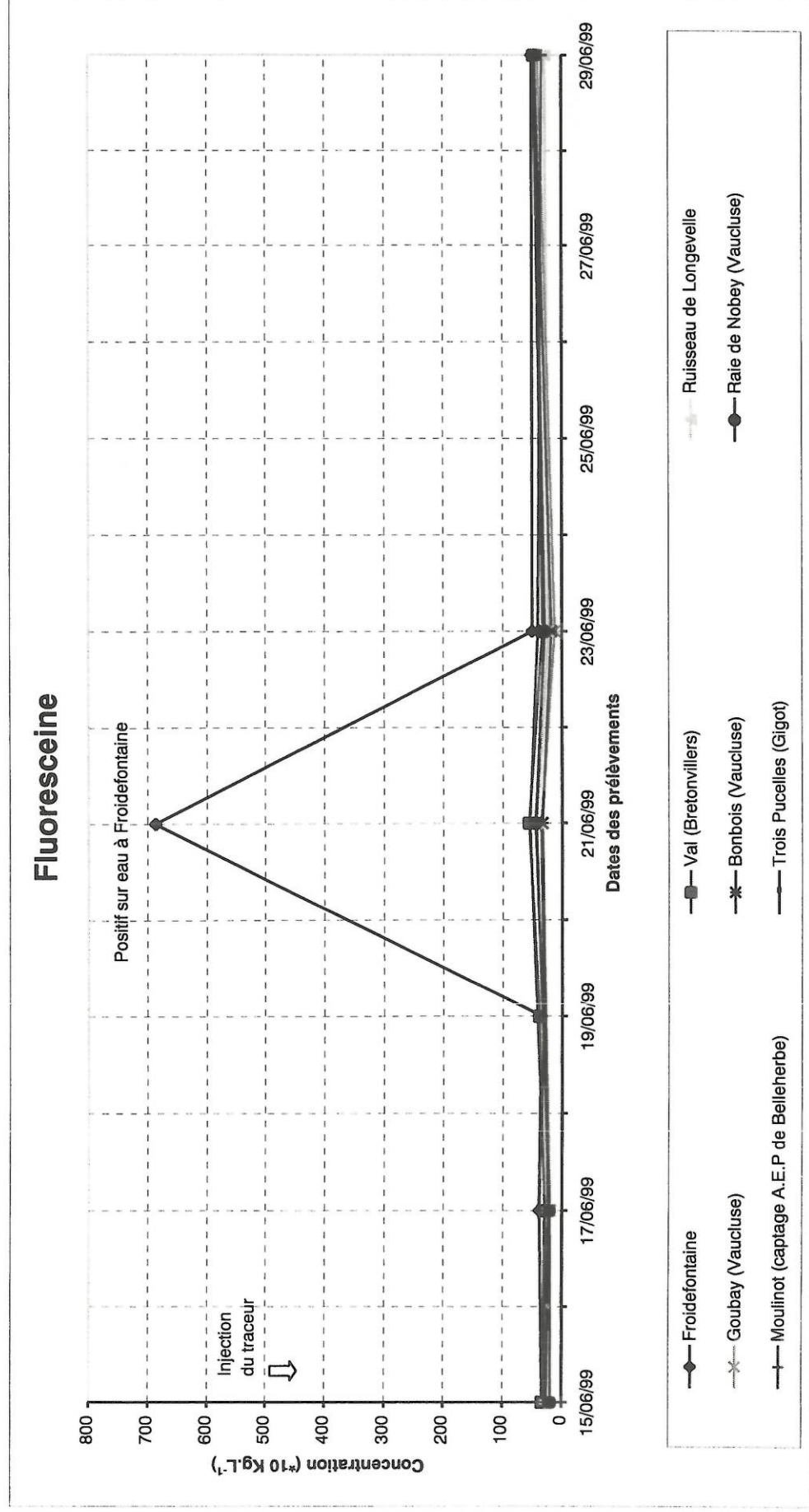
LIEU : Gouffre exploré, situé dans l'alignement de pertes actives des Prés Rougiers

INJECTION : 4.5 Kg de fluorescéine avec apport de 10 000 L d'eau par citerne agricole (SIVOM Belleherbe).

DATE : 15/06/99

CONDITION LORS DE L'INJECTION : basse eau, période durant laquelle il tombait une pluie faible quotidienne

Etude hydrogéologique de Froidefontaine **Gouffre des Champs Rougiers** **15/06/99**



2.2.3.2 - Sites de surveillance

1 - Sce de Froidefontaine	5 – Bonbois (Vaucluse)
2 - Source du Val (Bretonvillers)	6 – Raie de Nobey (Vaucluse)
3 – Ruisseau de Longeville	7 – Moulinot (captage A.E.P de Belleherbe)
4 – Goubay (Vaucluse)	

2.2.3.3 - Réapparition du colorant

Visible à l'œil nu à la source de Froidefontaine le 21 juin 99, soit 6000 m en 800 heures environ.

Confirmation sur les analyses d'eau à partir du 21 juin.

2.2.3.4 - Hydrodynamique de l'aquifère - vitesse de Transit

Vitesse apparente : 7.5 m.h⁻¹

C'est une vitesse de transfert normale aux vues des conditions lors de l'injection, en basses eaux, et du site d'injection, dans un secteur à la tectonique complexe. La réapparition, de la Fluorescéine a fait suite à une légère crue (précipitations du 21 juin au matin).

La forme de la réapparition (pic de réapparition bref et sans traîne) est caractéristique d'un transit par conduit karstique développé.

2.2.4 – TRACAGE DE FREMONDANS

2.2.4.1 - Conditions d'injection

SITUATION : Ce traçage avait pour but de déterminer la relation éventuelle entre le hameau de Frémondans et la source de Froidefontaine.

LIEU : En bordure d'une large doline symétrique dans un empierrement (remplissage d'une petite dépression).

INJECTION : 1 kg de rhodamine avec un apport d'eau de 5000 l.

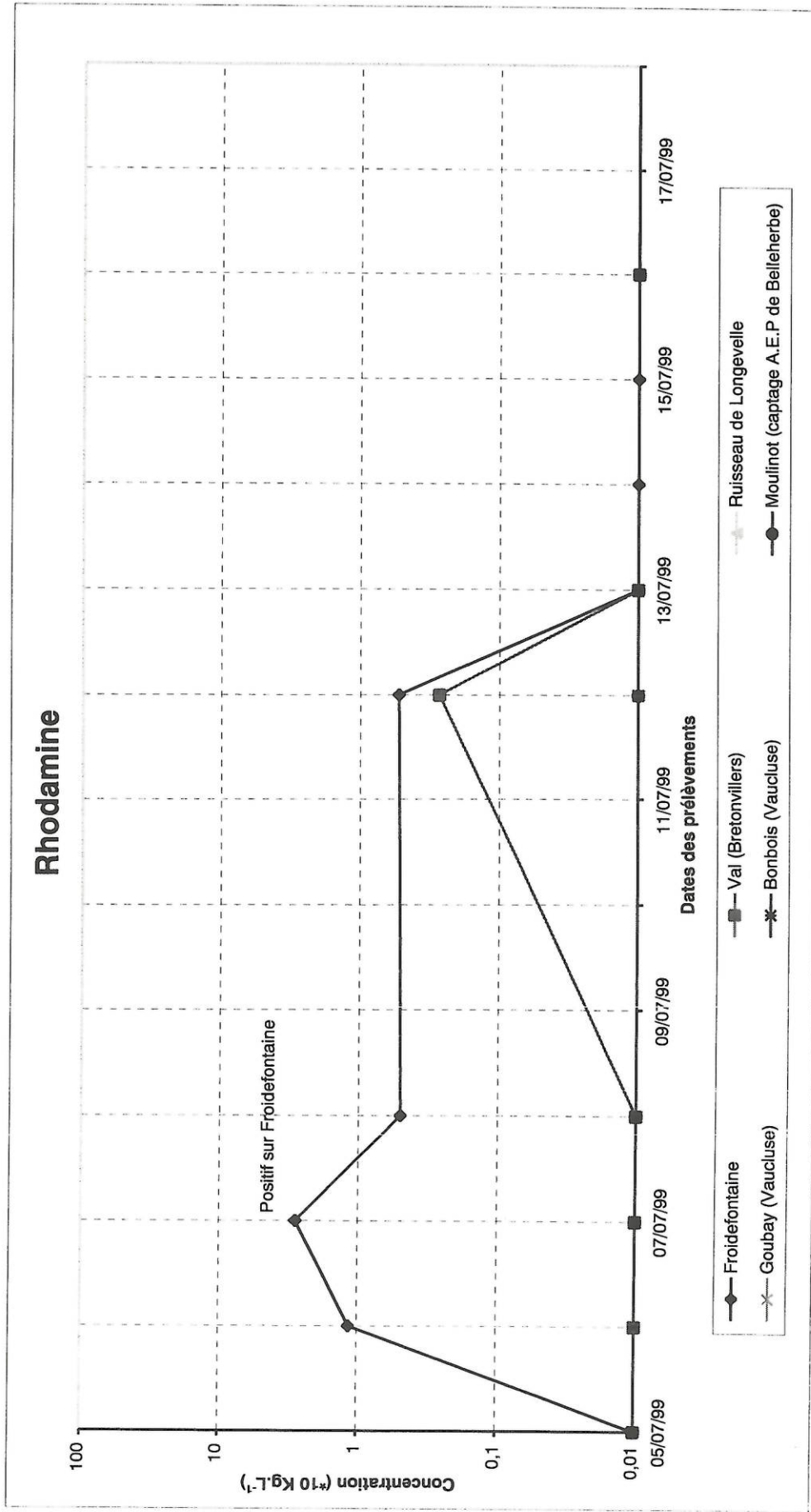
DATE : Lundi 05/07/99 à 14 h 15

CONDITION LORS DE L'INJECTION : Eaux moyenne, début d'étiage

2.2.4.2 - Sites de surveillance

1 – Source de Froidefontaine	4 – Source de Bonbois
2 – Source du Moulinot	5 – Source de Goubey
3 – Source de Bonbois	6 - Source du Val
	7- Sources Cul de Chenaud

Etude hydrogéologique de Froidefontaine **Traçage de Frémondans** 05/07/99



2.2.4.3 - Réapparition du colorant

Le colorant a été détecté à la source de Froidefontaine après analyses en laboratoire, dès le lendemain, et sur plusieurs jours. Malgré la faible distance entre le point d'injection et la source, les concentrations mesurées sont très faibles (restitution médiocre).

2.2.4.4 - Hydrodynamique de l'aquifère - vitesse de Transit

La réapparition à La Source de Froidefontaine, en l'absence de d'analyse positive sur les autres points de surveillance, notamment les sources de Bonbois et de Goubay, est positive (données cohérentes, pas de bruits de fond pour masquer le signal), malgré un taux de restitution très faible. Il semble que cet essai de traçage ait été perturbé par la rétention du colorant (rhodamine), par les argiles, malgré une très bonne infiltration de surface.

2.2.5- TRACAGE CHARBONNIERES COMMUNE DE CHARMOILLE

2.2.5.1 - Conditions d'injection

SITUATION : Ce traçage a été effectué dans le même compartiment que celui qui avait été fait dans une ancienne carrière au lieu dit "sur les Tartres" (traçage Charbonnière - annexe 1), dans le cadre d'étude des périmètres de protection des sources de la commune de Vaucluse.

LIEU : Doline terminale le long d'un alignement dans le bois de la Charbonnière - Fond partiellement comblé (terra-rosa), bordures très actives.

INJECTION : 2 kg de Fluorescéine poussé par 5000 l. d'eau

DATE : 12/07/99 à 10 h.

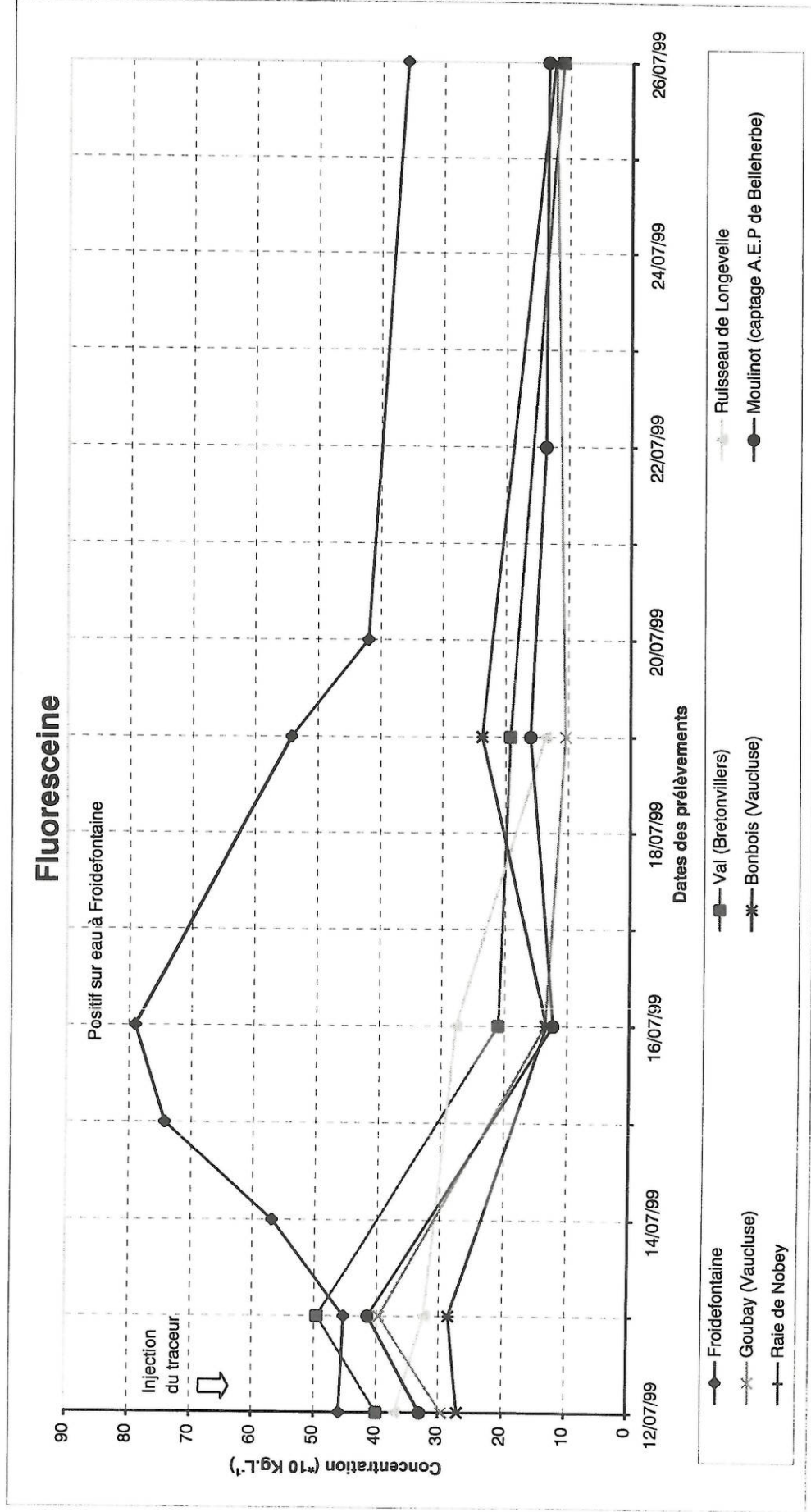
CONDITION LORS DE L'INJECTION : Etiage moyen - plusieurs épisodes pluvieux et crue lors de la surveillance.

2.2.5.2 - Sites de surveillance

1 – Source de Froidefontaine	4 – Source des Jonchey
2 – Source du Moulinot	5 – Source de Goubey
3 – Source du Bonbois	6 - Source du Val
	7- Sources Cul de Chenaud

Etude hydrogéologique de Froidefontaine **Doline Charbonnière (Charmoille)**

12/07/99



2.2.5.3 - Réapparition du colorant

La réapparition a été constatée à la source de Froidefontaine après analyse des échantillons d'eau (confirmation par fluocapteurs). Transit rapide par un drain marqué. Persistance d'une traîne de colorant pendant plusieurs jours (effet de rétention de l'horizon superficiel au niveau du point d'injection).

2.2.5.4 - Hydrodynamique de l'aquifère - vitesse de Transit

Le traçage de sur les Tartres est donc confirmé (conclusions initiales incertaines). Une partie du plateau séquanien alimente donc la source de Froidefontaine, ce qui prouve une relation entre les deux aquifères calcaires principaux (Malm et Dogger). Développement karstique important (restitution rapide).

2.2.6 – TRACAGE DESSOUBRE RIVE DROITE

2.2.6.1 - Conditions d'injection

SITUATION : Cette coloration devait montrer les éventuelles relations entre les formations du Dogger de rive droite du Dessoubre et la source de Froidefontaine. Le site retenu a été un ruisseau temporaire circulant dans un thalweg prononcé au lieu dit "Prés de Bas" sur la route entre Varin et Battenans.

LIEU : Injection dans le cours d'un ruisseau se perdant dans son lit calcaire (temporaire en basses eaux et se jetant dans le Dessoubre en hautes eaux). L'injection a été réalisée en période de perte totale avant confluence.

INJECTION : 1 kg de Fluorescéine dans le cours du ruisseau avant sa perte totale en amont des alluvions du Dessoubre

DATE : 12/07/99 à 9 h.

CONDITION LORS DE L'INJECTION : étiage moyen puis épisodes pluvieux et crue

2.2.6.2 - Sites de surveillance

1 – Source de Froidefontaine

2.2.6.3 - Réapparition du colorant

Le colorant injecté peu en amont de la source de Froidefontaine, dans le même réservoir n'est pas réapparu de façon nette à la source (absence de concentration significatives sur échantillons d'eau et fluocapteurs), malgré un doute sur analyse du 8 août.

2.2.6.4 - Hydrodynamique de l'aquifère - vitesse de Transit

D'après ce traçage, il n'y a pas de relation marquée entre la rive Droite du Dessoubre et la source de Froidefontaine. On peut alors définir la limite Est de la source au niveau du linéaire du Dessoubre (absence de transfert sous le lit du Dessoubre).

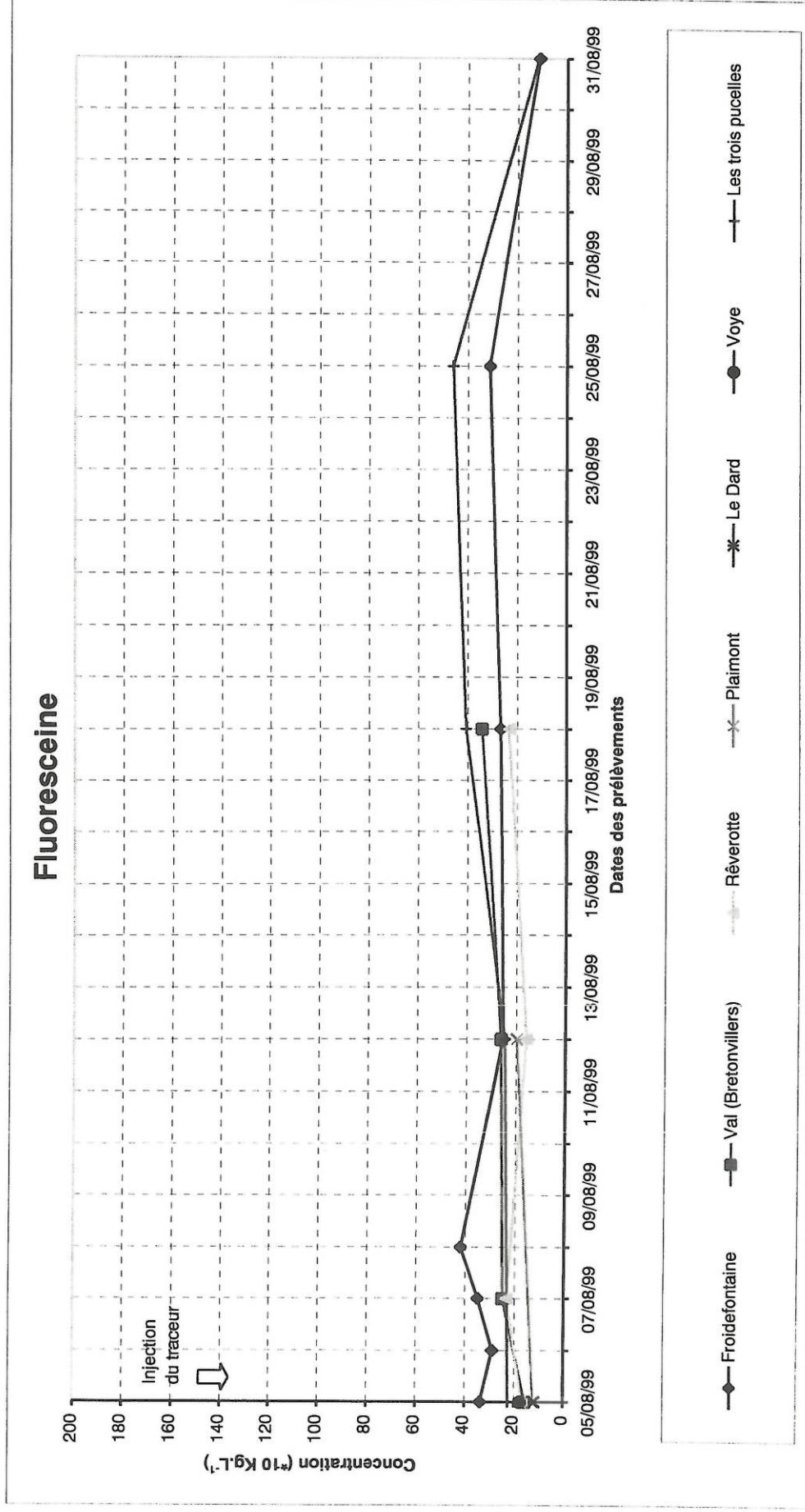


Photo 6 : Perte du ruisseau des prés du Bas – injection de fluoresceine

Etude hydrogéologique de Froidefontaine

Traçage en rive droite du Dessoubre

05/08/99



2.2.7 – TRACAGE DE LA VIOLETTE / DECHARGE / PERTES DES ROSIERES

2.2.7.1 - Conditions d'injection

SITUATION : En contrebas immédiat de la décharge (classe III) de la Violette. Le bas du talus est positionné sur une importante perte dans les calcaires du Rauracien.

LIEU : Perte active, terminant un axe de drainage N/S (en direction de Derrière le Crêt, Surmont, ou les figures d'infiltrations sont nombreuses et marquées). Structuralement : retombée Nord de l'anticlinal du faisceau de Belleherbe.

INJECTION : 5 kg de Rhodamine poussé par 10.000 L d'eau

DATE : 05/08/99 à 9 h.

CONDITION LORS DE L'INJECTION : étiage moyen



Photo 7 : Injection de rhodamine dans la décharge de la Violette

2.2.7.2 - Sites de surveillance

1 – Source de Froidefontaine	5 – Source de Voye
2 – Source du Moulinot	6 - Source des 3 Pucelles
3 – Source du Val	7- Source de la Reverotte
4 – Source du Dard	8 - Source de Plainmont

2.2.7.3 - Réapparition du colorant

La réapparition du colorant a été constatée sur la source des 3 Pucelles après analyses des fluocapteurs du 07 12 et 18/08. Cette restitution très étalée témoigne d'un cheminement complexe du colorant en profondeur (zone noyée, capture de réseau).

2.2.7.4 - Hydrodynamique de l'aquifère - vitesse de Transit

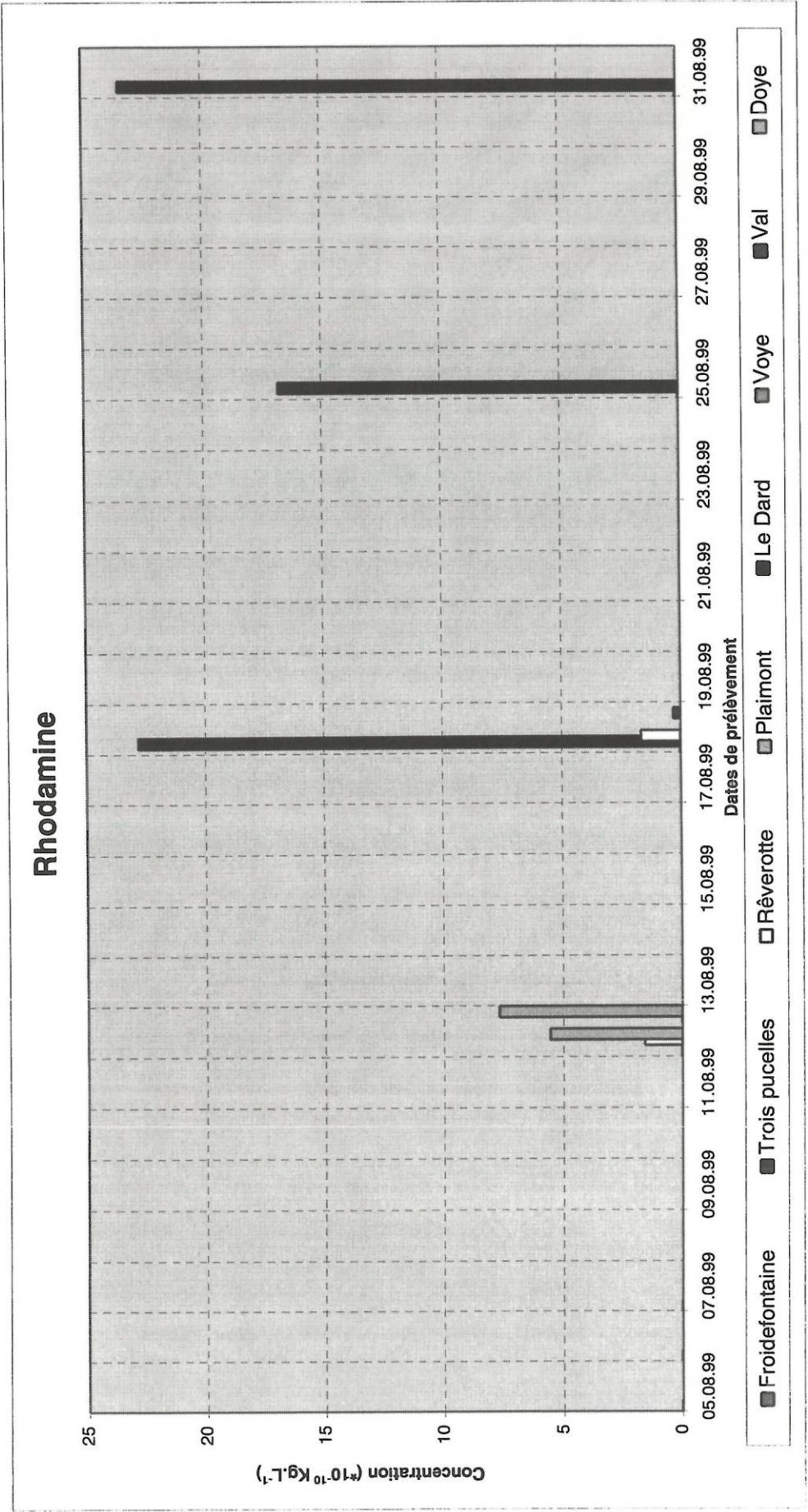
Cette coloration met en évidence la capture d'une partie du bassin de la Reverotte par un système plus actif qu'est celui des 3 Pucelles/Moulin Girardot. On observe ici une profonde différence entre le développement du paléokarsts de surface (dont les alignements de dolines donnent un cheminement plus axé sur les sources de Sancey le Long) et le transit souterrain montrant l'évolution du karst local.

L'axe de l'anticlinal Dogger du faisceau de Belleherbe pourrait ainsi correspondre à la limite Septentrionale du bassin de la source de Froidefontaine.

Etude hydrogéologique de Froidefontaine

Traçage à la Violette

05.08.99



2.3 – SYNTHESE : BASSIN VERSANT DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE

Nos résultats de traçage montrent un bassin versant divisé en trois sous-bassins totalement indépendant, ayant chacun un fonctionnement particulier.

2.3.1 – BASSIN I : VALLEE DU DESSOUBRE

2.3.1.1 - Limites

Les calcaires du dogger constituent le soubassement de la vallée du Dessoubre depuis le Frénais. Le traçage de Fremondans montre qu'une partie de l'alimentation de La Source de Froidefontaine provient d'infiltrations dans ces calcaires, sur le versant ouest de la vallée.

Bien que peu étendu, ce sous-bassin participe activement à l'alimentation de La Source de Froidefontaine, car il capture les eaux des petites sources située au toit des marnes oxfordiennes en bordures de vallée (sources de Bonbois, de Goubay, de Frémondans).

Il couvre une surface approximative de 1.5 km².

2.3.1.2 - Sources de contamination

En liaison avec la proximité de l'émergence, et les infiltrations d'eau de surface observées ci-dessus, il a son importance sur la qualité de l'exurgence. Ces infiltrations d'eau de surface à proximité de la source, sont primordiales dans les processus de contamination (transfert très rapide dans l'aquifère, pas de dilution du contaminant...).

Il pourrait donc constituer un premier périmètre rapproché. L'occupation par la forêt (terrains abrupts) d'une majorité de ce bassin faciliterait cette protection. Deux points seraient néanmoins à surveiller :

- ◆ Les écoulements aériens dans les dépressions de Bonbois et de Goubay, qui pourraient menacer la ressource dans le cas d'une pollution accidentelle (sur la route de Frémondans, très accidentée, par exemple).
- ◆ Le hameau de Frémondans (commune de Vaucluse), situé au-dessus de la ressource, sur le replat que forment les marnes oxfordiennes. Les quelques habitations qui constituent ce hameau n'est que partiellement équipé de systèmes d'assainissement (assainissement individuel pour la ferme auberge). Pour ce qui est des terrains agricoles autour de ces maisons, ils sont réservés au pâturage du bétail.

La RD 39 Rosureux - Cour St Maurice passe juste au-dessus de La Source de Froidefontaine. Celle-ci devra être intégrée dans l'aménagement d'un éventuel ouvrage captant.

2.3.2 – BASSIN II : PLATEAU DE BELLHERBE

2.3.2.1 - Mise en évidence

Le résultat du traçage des Charbonnières permet de mettre en évidence une relation envisagée, mais difficile à expliquer structuralement.

La partie haute du plateau, située au sud de Charmoille, appartient au bassin d'alimentation de La Source de Froidefontaine. Sa superficie serait d'environ 5 Km², la limites avec l'impluvium du Val étant assez imprécise (d'après les traçages, entre la perte des égouts de Chamesey et Les Tartres).

2.2.2.2 - Système de capture du plateau par La Source de Froidefontaine

Dans le relief jurassien, les vallées se forment par recul de la tête de vallée (système de reculée). L'érosion à l'origine ce cette morphologie est assez complexe, et s'associe au rôle des cours d'eau pendant les périodes interglaciaires (Würm et Riss).

La formation des vallées de Vaucluse et de Longeville par un tel processus n'est pas discutable, mais difficilement envisageable par les ruisseaux actuels. Le débit des cours d'eau occupant ces vallées a dû être plus important.

Avant émergence de Froidefontaine par dégagement du dogger par le Dessoubre, ce bassin devait en fait être drainé par les sources du Val, de Moulinot, et de Sancey le Long. **Il a été capturé tardivement par La Source de Froidefontaine.**

2.3.2.3 - Limites

Au nord, l'absence de contamination urbaine de la source (absence d'ammonium et de phosphates), et une série de traçages effectués sur Charmoille (traçage de la Tuilerie et de la carrière), aboutissant dans la reculée de Vaucluse, excluent ce village du périmètre d'alimentation de La Source de Froidefontaine. Cette partie nord du plateau est drainée vers les sources de Moulinot.

La bordure de plateau au niveau de la vallée du Dessoubre n'appartient pas à ce bassin versant. Il est drainé par des systèmes karstiques peu développés, dans les calcaires J5-6 (exurgences de Bonbois, Goubay,...).

2.3.2.4 - Inventaire des activités polluantes sur cette partie du plateau

Cette partie de plateau n'est occupée que par trois fermes (Le Chaufaud, Les Tartres et La Cote), et les seules routes sont les accès à ces habitations.

Toute la bordure de plateau est occupée par la forêt. La protection de la source de Froidefontaine consisterait en une simple maîtrise des épandages agricoles sur les pâtures au sud de Charmoille (plan d'épandage). Sur certaines de ces parcelles, le sous-sol est très sensible aux pollutions agricoles à cause des très faibles recouvrements pédologiques, et de points d'infiltration marqués, indices de karst développés (existence d'un gouffre pénétrable au Bois de Jeupé).

Dans l'avenir, le village de Charmoille devra intégrer le captage dans son aménagement, en limitant son extension vers le sud (habitat et bâtiments agricoles).

2.3.3 – BASSIN III : FAISCEAU DE BELLEHERBE

2.3.3.1 - Résultats des traçages

Vérifier une telle relation par traçage revenait à tester l'hypothèse de Fournier. Sur les trois traçages réalisés dans ce compartiment, ceux d'Ebey et des Champs Rougiers ont abouti à La Source de Froidefontaine. Celui des pertes de la Violette montre un transfert vers les Trois Pucelles.

2.3.3.2 - Limite de bassin – secteur d'Ebey

Ces résultats de traçage, associés à une interprétation fine de la géologie structurale du faisceau, permettent de tracer avec précision les limites de ce bassin d'alimentation de La Source de Froidefontaine. Pour cela, nous avons fait une étude de linéaments sur photos aériennes de ce secteur.

Le faisceau de Belleherbe se divise en fait en deux parties, l'anticlinal de la Violette, et les plissements brachyanticlinaux de La Joux et derrière le Crêt. Ces deux ensembles se rejoignent en une zone tectonique complexe au niveau d'Ebey (Photo aérienne en page suivante).

Les traçages d'Ebey et de La Violette indiquent deux axes de drainage indépendants, l'un vers La Source de Froidefontaine, l'autre vers les Trois Pucelles. Le décrochement vertical de l'axe de plissement au nord de La Violette (lieu dit Puits Fontaine), semble séparer ces deux bassins. La limite ouest de l'impluvium de la source de Froidefontaine suivrait donc le prolongement sud de ce décrochement jusqu'à l'axe anticlinal de Derrière le Crêt. Etant donné la structure du karst de ce secteur : pertes très développées, transit fonctionnel vers Froidefontaine (Cf. traçage d'Ebey), une attention particulière devra être apportée sur la détermination des limites de protection.

2.3.3.3 - Séparation des systèmes Froidefontaine Trois Pucelles

Les "brachyanticlinaux" d'Ebey et de derrière le crêt appartiennent à l'impluvium de Froidefontaine (Cf. traçage des Prés Rougiers). En ce qui concerne le plissement au niveau de Derrière le Crêt, la limite entre les alimentations des Trois Pucelles, et de Froidefontaine correspond à l'axe anticlinal: retombée nord, est située dans le même compartiment géologique que la décharge de La Violette, drainé par l'émergence des Trois Pucelles, alors que la retombée sud alimente La Source de Froidefontaine.

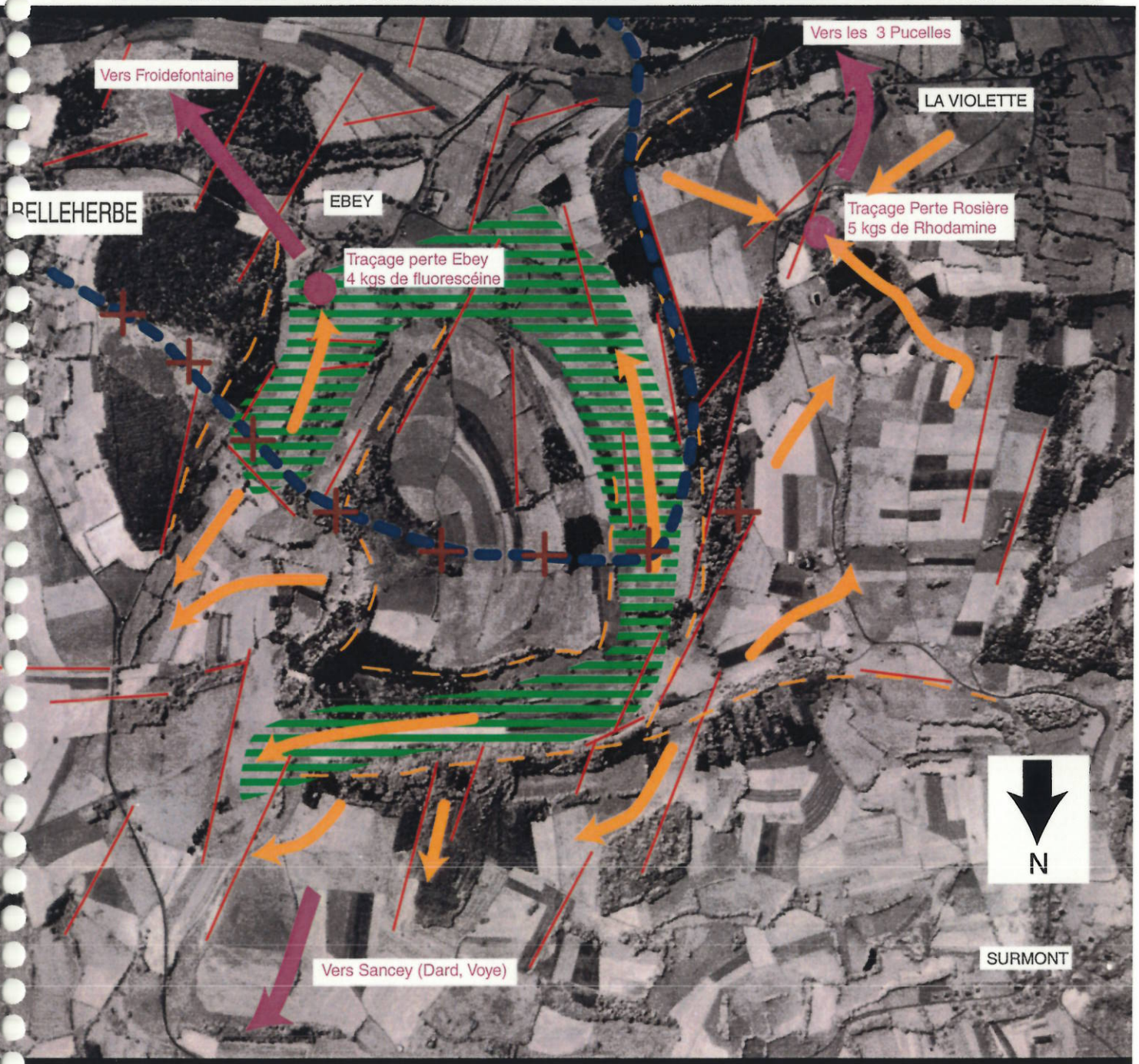
Le relief de La Joux, plus au sud, pourrait appartenir à l'impluvium des Trois Pucelles toutes proches. Un traçage au niveau du hameau de La Joux (Commune de Bretonvillers) serait à envisager afin de confirmer cet hypothèse (est exclure définitivement tous risque de contamination de La Source de Froidefontaine par les effluents de ces habitations.

2.3.3.4 - Limite Froidefontaine - Ruisseaux de Sancey (Dard et Baume de Sancey)

L'étude des linéaments du secteur d'Ebey fait apparaître l'axe anticlinal du faisceau au niveau d'Ebey. Il est assez important pour séparer les bassins de Froidefontaine, au sud, de ceux des ruisseaux de Sancey au nord.

PLATEAUX DE BELLEHERBE ET DE PIERREFONTAINE LES VARANS
Développement d'une nouvelle ressource en eau
Source de Froidefontaine SIVOM DE BELLEHERBE

LIMITE DU BASSIN VERSANT DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE SUR LE SECTEUR D'EBEY EN SE
BASANT SUR DES CRITERES GEOLOGIQUES (Linéaments, structure) et HYDROGEOLOGIQUE (Traçages)



--- : Limite du bassin versant de la source de Froidefontaine

— : Linéaments principaux

- - - : Limites de crêtes

→ : Sens d'écoulement apparent

● : Point d'injection (traçages)

→ : Transit souterrain reconnu par traçage

+ + : Axe Anticlinal

— : Combe Oxfordienne

Fond photographique: DIREN Franche Comté

2.4 – INVENTAIRE DES SOURCES DE POLLUTIONS POTENTIELLES

2.4.1 – OCCUPATION DU BASSIN VERSANT

Ce bassin est constitué de deux ensembles, une zone de combes au sous-sol Marneux (oxfordien), et des secteurs plus escarpés, calcaires. La transition entre les deux est accompagnée d'alignements de gouffres, et de pertes actives.

Situé le plus loin, la vulnérabilité de cet impluvium est donc à priori moindre que pour les précédents.

Les terrains calcaires sont quasiment entièrement occupés par de la forêt.

Les combes sont utilisées en pâtures. Deux hameaux; Ebey, et Derrière le Crêt sont situés sur ces terrains marneux (communes de Belleherbe et Chamesey).

Un risque de pollution supplémentaire est amené par le passage de la CD 32 Pierrefontaine les Varans - Belleherbe - Maîche. Bien qu'axe secondaire au trafic modéré, cette route apporte un certain risque étant donné son caractère sinueux (virages d'Ebey).

2.4.2 – ACTIVITES POLLUANTES

Les principales voies de contamination du sous-sol sont les écoulements en surface des marnes qui se perdent dans les pertes séparant marnes et calcaires.

Les sources de pollution sont d'origine agricole (exclusivement du pâturage de bétail), et la présence d'habitations. Celles-ci ne sont pas équipées de systèmes d'assainissement. Parmi ces bâtiments, on trouve plusieurs grands hangars agricoles, qui constituent des sources potentielles de pollution chronique ou accidentelle (stockage de lisier).

2.4.3 – DECHARGES D'ORDURES MENAGERES ET GRAVES CLASSE 3

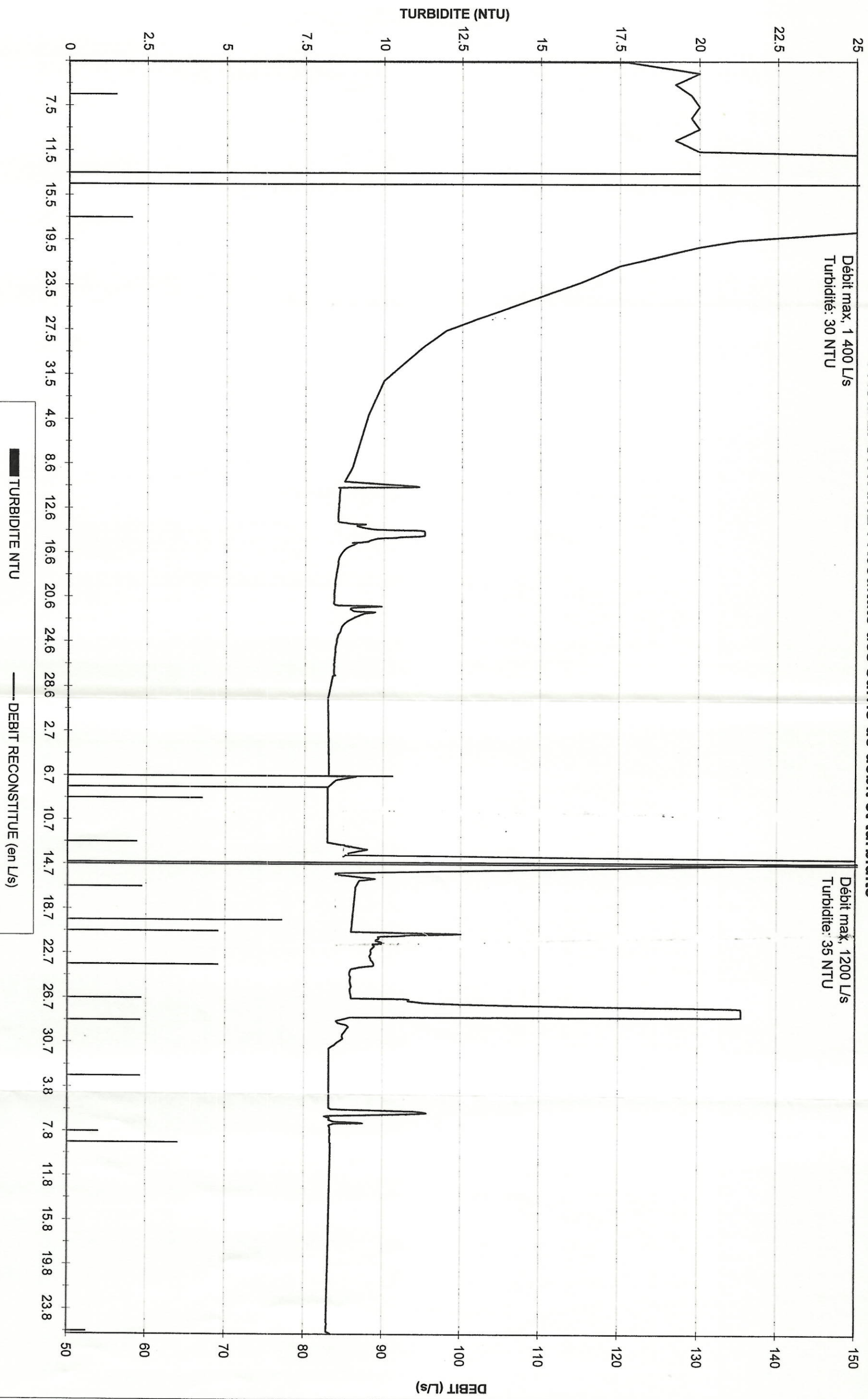
Il existe au sud d'Ebey, une décharge située sur le bassin d'alimentation de la source. Sa réhabilitation est à envisager.

D'autres points de dépôts sauvages de matériaux usagés, comblent les effondrements et gouffres dans les calcaires. Ils sont un certain nombre aux environs de Derrière le Crêt. Une sensibilisation sur l'impact de ces dépôts devrait faire disparaître cette habitude menaçant la qualité de la ressource.

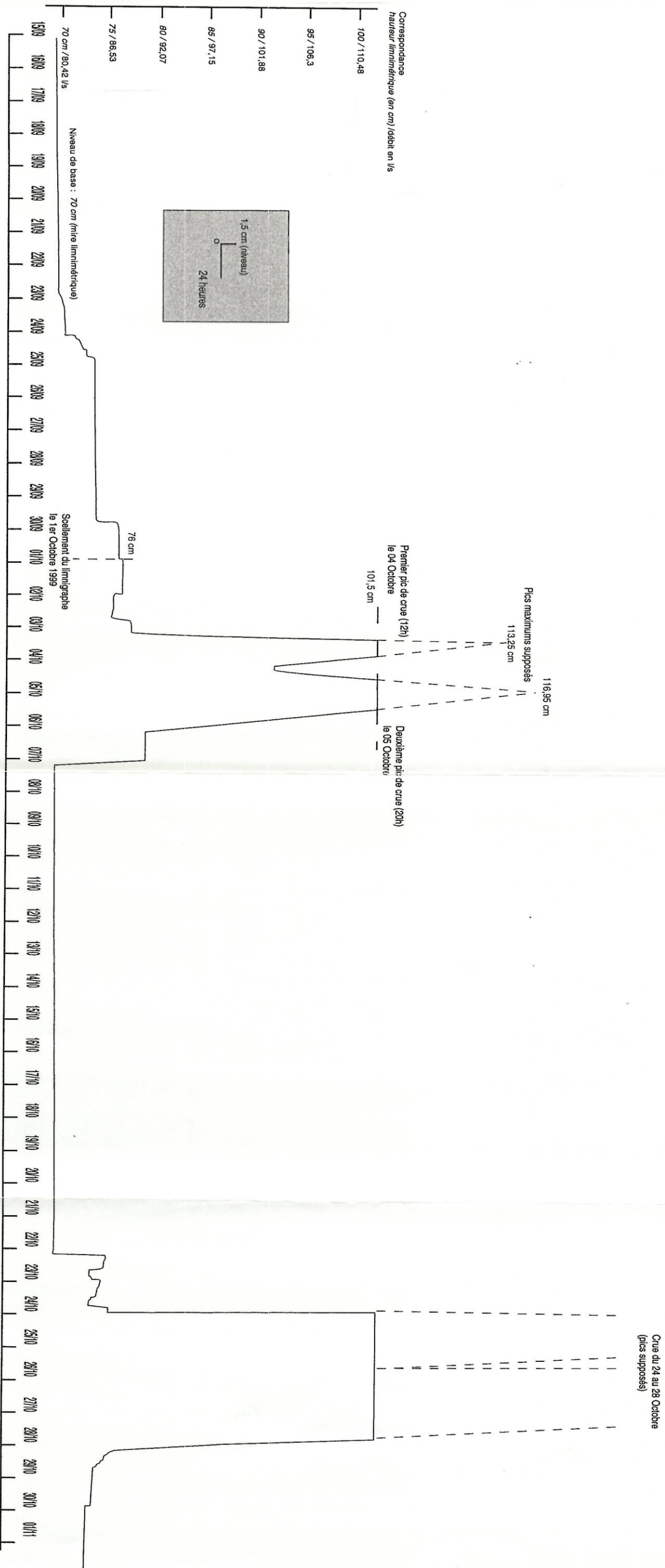


Photo n° 8
Décharge en cours de résorption Doline au Sud de Ebey

FROIDEFONTAINE : Résultats des suivis de débit et turbidité



Suivi limnimétrique sur la source de Froidefontaine - période du 1er Septembre au 1er Novembre 1999



2.5 - CARACTERISTIQUES DE LA RESSOURCE EN EAU

Une surveillance de la venue a été réalisée de mai à octobre 1999, **destinée à évaluer la ressource potentielle**, en qualité, et en quantité d'eau exploitable.

2.5.1 - DISPOSITIF D'ETUDE SUR SITE

2.5.1.1 - Mesure du débit de la source

Initialement prévu par une série de mesures ponctuelles, nous nous sommes engagés à réaliser un suivi en continu. Nous avons ainsi calé les épisodes hydrologiques et défini ainsi les caractéristiques dynamiques de l'aquifère.

Deux buses, de diamètre 1 mètre, ont été mises en place dans l'écoulement de la source (Cf. chapitre 2.4). Nous avons fait équiper ces buses de seuils jaugeurs, l'un droit (trop plein), et l'autre en V, à 90°.

Le débit de l'émergence est donc calculable avec la formule de King, en relevant simplement la hauteur d'eau en amont de ces seuils.

Un dispositif de mesure avec une échelle limnimétrique a été installé sur le site. Il nous permet de faire une mesure rapide lors de nos passages sur site (surveillance des tracés).

Dans un même temps, nous avons installé un débitmètre à bulle HYDROLOGIC (Type DPN 7/4), mesurant le débit sur ces seuils, en continu. Plusieurs épisodes de mesures en continu au débitmètre d'une quinzaine de jours, ont été acquis. Ils correspondent à la durée d'autonomie de notre appareil en l'absence d'alimentation sur site.

Depuis début septembre, cette mesure est effectuée par un limnigraphe mécanique de type AOTT. Les courbes restituées sont une combinaison des 2 types de suivi en continu.

2.5.1.2 - Mesures ponctuelles de turbidité

Initialement prévu par une série de mesures ponctuelles, nous avons tenté de réaliser un suivi en continu.

L'installation sur site a donc été complétée par un turbidimètre HACH (Type 1720D). Les crues ont provoqué des dégâts à notre matériel d'alimentation électrique.

Nous avions prévus à l'origine une mesure en continu de la turbidité, afin de faire une corrélation de la turbidité en fonction du débit. Le manque de pente entre La Source de Froidefontaine et le Dessoubre, et l'absence d'alimentation 220 V nous ont obligé à revoir notre installation (utilisation d'une pompe), en abandonnant le principe de mesure en continu.

Nous avons néanmoins un ensemble complet de mesures, avec des pointes mesurées lors de nos passages sur site le 12 mai et le 14 juillet.



Photos 9 : Turbidimètre Hach en continu sur site
Détail des mesures maximales de turbidité le 14 juillet 1999
34,12 NTU sur la source de Froidefontaine 52,73 NTU sur le cours du Dessoubre

2.5.2 - RESULTATS DE LA SURVEILLANCE

Nous obtenons, une courbe de débit de La Source de Froidefontaine (en page suivante), associée à un ensemble de mesures de turbidité, de mai à septembre 1999. Le débit représenté ici est un débit reconstitué, synthèse d'épisodes de suivis en continu au débitmètre, et d'ajustements entre ces épisodes à partir de nos mesures ponctuelles sur l'échelle limnimétrique.

2.5.3- DEBIT - IMPORTANCE DE LA RESSOURCE EN EAU

La source de Froidefontaine, alimentée par un aquifère karstique très important (surface estimée 12.5 Km²), est capable de soutenir un débit d'étiage moyen (été 99) supérieur à 80 L.s⁻¹. Une future exploitation de cette ressource pourrait donc fournir jusqu'à 5 000 m³/jour, tout en laissant un débit réservé de l'ordre de 20 L/s.

Les débits spécifiques observés habituellement sur cette région sont de l'ordre de 10 L.s⁻¹.km². La taille du bassin versant défini au chapitre précédent, semble cohérent avec les débits mesurés à la source.

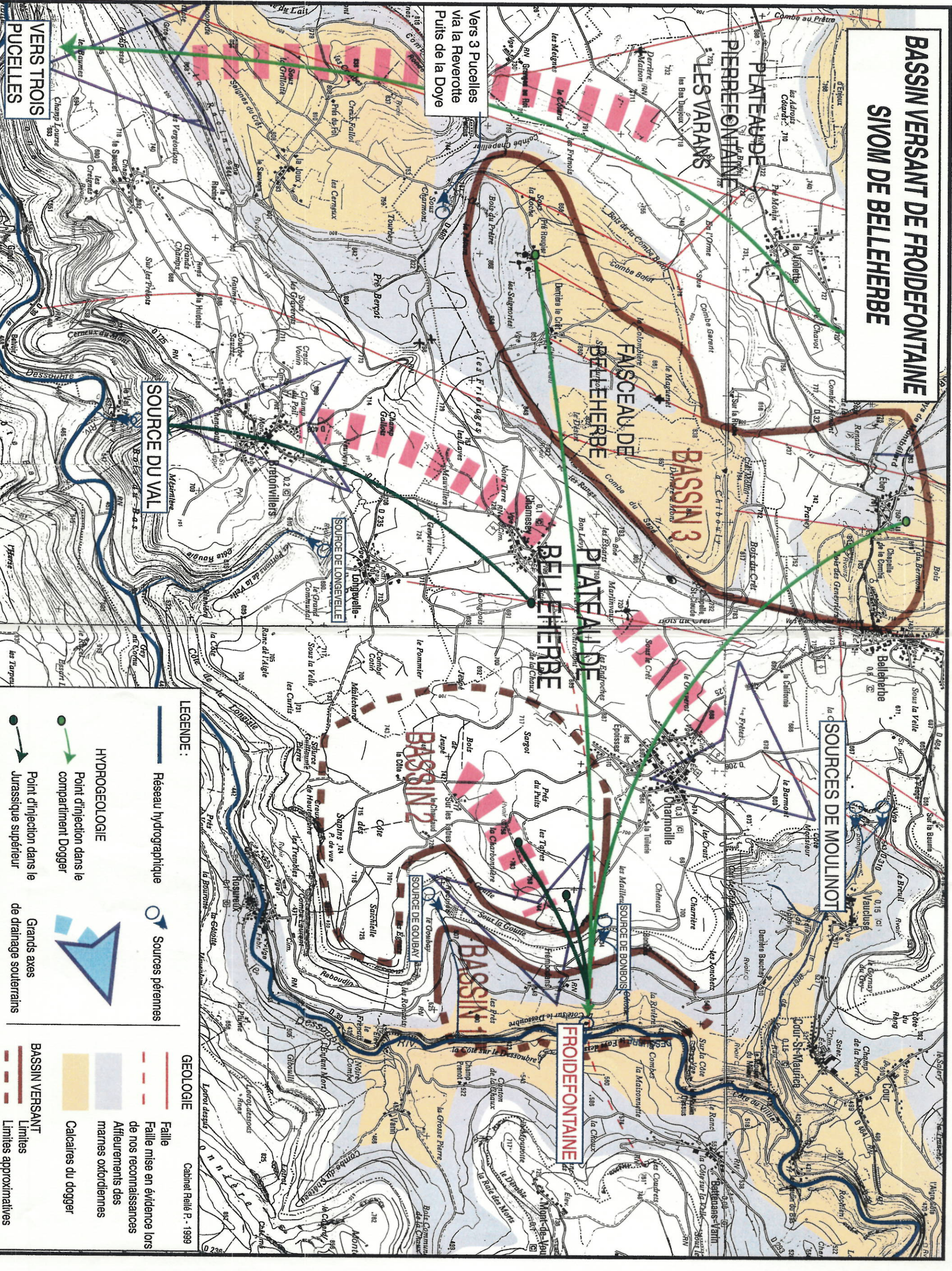
En crue, ce débit peut dépasser 1 m³.s⁻¹. Le maximum mesuré étant de 1 400 L/s le 12 mai 1999. Le maximum estimé correspond à la crue du 25 Octobre 1999 avec un débit supérieur à 2 m³ et une submersion du matériel de mesure. La forme des courbes de récession, avec des pics de crue bien marqués, est caractéristique d'un **aquifère karstique fonctionnel**.



Photo 10 : L'émergence de Froidefontaine en crue le 14 juillet 1999
débit mesuré : 1 200 Litres /seconde.

N.B : La submersion du site provient de la mise en place des seuils jaugeurs.
Ces seuils permettent de mesurer les faibles débits mais ne sont adaptés aux grandes crues.

BASSIN VERSANT DE FROIDFONTAINE SIVOM DE BELLEHERBE



LEGENDE :

— Réseau hydrographique

● Sources pérennes

HYDROGEOLOGIE

● Point d'injection dans le compartiment Dogger

● Point d'injection dans le Jurassique supérieur

Grandes axes de drainage souterrains

GEOLOGIE

— Faille

— Faille mise en évidence lors de nos reconnaissances

— Afléurements des marnes oxfordiennes

— Calcaires du dogger

BASSIN VERSANT

— Limites

— Limites approximatives

Cabinet Reillé P. - 1999

2.5.4 - RESULTATS DE SUIVIS D'ANALYSE - QUALITE

La turbidité de la venue dépasse rarement 3 NTU, mais peut atteindre 30 NTU lors de grosses crues. Les mesures d'automne et d'hiver pourrait nous donner des valeurs encore supérieures.

Des campagnes de prélèvements ont été réalisées durant cette période, pour mieux apprécier la qualité de l'eau de la source de Froidefontaine (physico-chimie et bactériologie). Celles-ci ont été menées conjointement par la DDASS du DOUBS et le Cabinet REILE.

Sur les analyses physico-chimiques (données en annexe 2), seul un fond de pollution par les nitrates d'origine agricole (entre 10 et 15 mg.L⁻¹) est visible. L'absence d'autres éléments (phosphore) pourrait indiquer l'absence de villages importants sur le bassin versant de la source de Froidefontaine.

D'un point de vue bactériologie, la ressource est fortement contaminée. L'aménagement de systèmes d'assainissement aux hameaux situés sur le bassin versant, devrait permettre une amélioration rapide de la situation.

3 - HYDROGEOLOGIE KARSTIQUE REGIONALE - DYNAMIQUE DU RESERVOIR DE FROIDEFONTAINE

3.1 - PARTICULARITE DU KARST REGIONAL

3.1.1 - CONNAISSANCE DU FONCTIONNEMENT HYDROGEOLOGIQUE DE CETTE REGION

Ce chapitre synthétique aborde le fonctionnement hydrogéologique des plateaux de Pierrefontaine les Varans et de Belleherbe. C'est un résumé des conclusions de travaux plus complets comprenant traçages hydrogéologiques, reconnaissances de terrains, analyses d'eaux, étude de photographies aériennes. La totalité de ces travaux sont rapportés dans :

- L'étude pour la mise en place des périmètres de protection des communes de La Sommette – Sancey le Grand – Sancey le Long – Ouvans – Vellerot les Vercel.
- L'étude pour la Restauration des Milieux Aquatiques de l'Audeux

Ces résultats nous apportent des informations sur le fonctionnement des réservoirs karstiques de ces plateaux. **Il nous ont servi d'éléments de base dans l'organisation de cette étude.**

La carte de définition des bassins versant de La Source de Froidefontaine (Chapitre 2.2) intègre déjà certaines des observations suivantes.

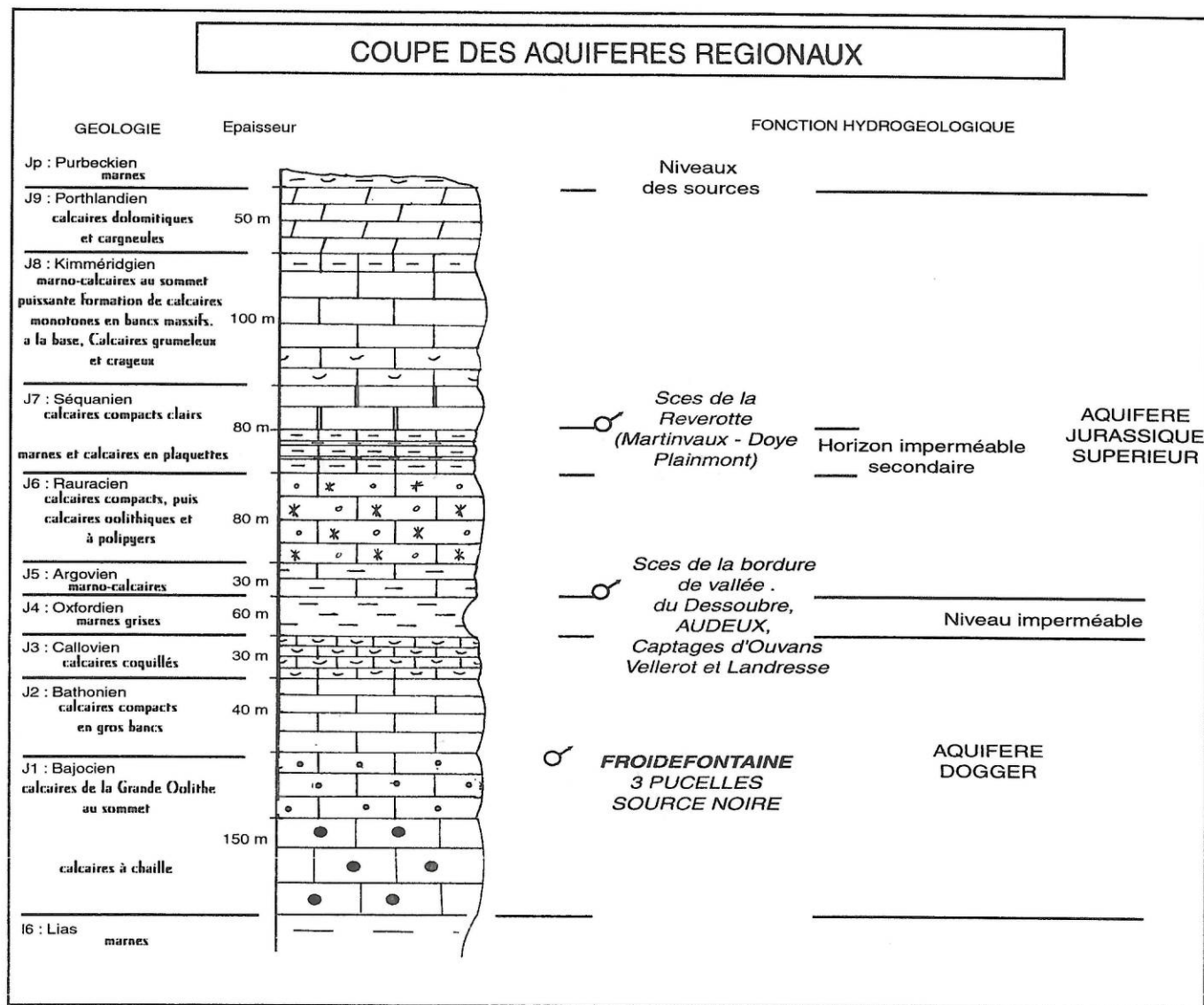
Un tableau des différents traçages exécutés lors de ces études est donné en annexe.



Photo 11 : Source de Plainmont rive gauche – captage A.E.P de la Sommette dans la vallée de la Reverotte

3.1.2 – PRESENTATION DES GRANDS AQUIFERES KARSTIQUES REGIONAUX

Deux grands niveaux aquifères apparaissent dans la coupe lithologique régionale.



3.1.2.1 – L'aquifère jurassique supérieur

Cet aquifère jurassique supérieur, ou Malm, correspond aux formations calcaires ou marno-calcaires allant de l'Argovien au Portlandien. Le Crétacé n'étant pas présent dans le périmètre d'étude. Ce sont ces niveaux qui constituent le sous-sol du plateau de Belleherbe.

Il est séparé en deux sous aquifères par les marnes du Séquanien. Cet imperméable, épais de 40 mètres, n'est souvent pas suffisant pour séparer complètement les deux formations aquifères de ce système.

3.1.2.2 – Le Dogger

L'aquifère karstique du jurassique moyen est constitué de calcaires massifs en gros bancs, allant du Lias terminal (Aalénien) au Callovien. Son épaisseur est supérieure à 150 mètres.

Les calcaires à entroques ou polypiers, la «Grande Oolithe », du Bajocien, et les calcaires sublithographiques du Bathonien sont les principaux niveaux constituant cet aquifère.

50 à 80 mètres de marnes oxfordiennes le séparent du jurassique supérieur.

3.1.3 – EXUTOIRES DE L'EPIKARST

N'apparaissant pas sur la coupe de la page précédente, ces exutoires sont surtout présents dans les calcaires kimméridgiens, qui constituent la bordure de plateau dans la vallée de la Sommette (Emergence des chasseurs, Emergence de la Cote Renaud, Source de la Cote Delà...).

Certaines de ces sources sont temporaires en période de hautes eaux, d'autres permanentes. Elles drainent la bordure du plateau situé à leur proximité, leurs impluviums sont très peu étendus.

Les sources de la Sommette sont des sources épikarstiques, exutoires des pertes du système d'épuration des effluents du village (traçage du 31 05 96).

Ces venues d'eau possèdent la particularité d'être liées à un système karstique développé, avec un drain majeur, débouchant au niveau de la Grotte de la Sommette. Ce système karstique a été capturé lors de l'enfoncement de la vallée de la Reverotte, par le karst voisin, ayant pour exutoire les sources Plainmont et Lavoir.

3.1.4 – ASPECTS DES KARSTS JURASSIQUES SUPERIEURS

3.1.4.1 – Rôle des marnes séquaniennes

Peu épaisses, l'affleurement de cet interface marnes - calcaires séquaniens n'est pas accompagné de venues d'eau dans les zones déformées (faisceau de Belleherbe). La présence de failles permet des transferts entre les deux aquifères du jurassique supérieur.

Sur les plateaux, de vastes secteurs ne sont déformés que par d'amples plis (synclinal de Pierrefontaine, ondulations du plateau de Belleherbe – cf. coupes géologiques). Dans ces ensembles de plateaux, les deux aquifères J7b-J8-J9 et J5-J6 sont séparés et possèdent leurs propres exutoires : sources de la vallée de la Reverotte, source du Val...

3.1.4.2 – Description du compartiment aquifère supérieur

Les calcaires séquanien supérieur - kimméridgien et porthlandien constituent un ensemble aquifère calcaire continu. A l'affleurement, ils présentent de très spectaculaires modelés karstiques. Les dolines sont très amples, et les gouffres sont nombreux (Gouffre du Chauffaud et du bois de Jeupé sur Charmoille, gouffre du Pré de la Joux, de la Combe Magnin, sous la Vougeillère ... sur La Sommette).

Les résurgences connues dans ce niveau sont situées dans la vallée de la Reverotte, puis du Dessoubre après la confluence. La source du Val de Bretonvillers est située au niveau de cet interface.

Ces venues présentent les caractéristiques suivantes :

- Un débit ne descendant pas en dessous de 1 L.s⁻¹.
- L'exutoire est situé à proximité d'un drain karstique de grande taille (grotte).
- Ce sont des sources jurassiennes, apparaissant sur l'imperméable J7b Séquanien.
- Conséquence du débit, mais aussi de l'existence d'un drain de grande taille, elles sont situées à l'extrémité d'une vallée en «bout du Monde ».

3.1.4.3 – Sources situées au toit de l'Oxfordien

Très nombreuses, ces sources "encerclent" les plateaux de Belleherbe et de Pierrefontaine les Varans. Seules les plus importantes de ces venues d'eau sont situées dans un environnement karstique (reculée - grottes - réseau pénétrable ...). Les autres sont diffuses, et apparaissent dans des éboulis de pente.

C'est la sources de l'Audeux, constituée de la vasque vaclusienne de Creuse.

Plus au nord, de très nombreuses venues d'eau apparaissent sur la retombée nord de l'anticlinal de Villers la Combe, dont certaines captées pour la distribution d'eau potable. Ce sont les source de Nardal, de Colonveau, de Landresse, et de Beiche. L'aménagement d'ouvrages captants sur cette dernière permet l'observation de la venue d'eau au contact J4 – J5. Ce sont de petits drains karstiques, produisant des débits faibles (inférieurs à 1 L/s en étiage).

Les ruisseaux Dart, Voye et de la Baume de Sancey prennent également naissance au niveau de plusieurs petites sources au niveau du toit de l'Oxfordien.

Le captage de Moulinot apparaît lui aussi à l'interface argovo-oxfordien. D'autres sources, qui ne sont pas indiquées sur le plan de situation, existent en bordure de Dessoubre entre Rosureux et Moulinot: Goubay, Bonbois, Ruisseau de Longevelle...

3.1.4.4 –Types de systèmes karstiques

Chaque aquifère karstique possède des sous-systèmes drainés par un drain majeur. Selon le stade de développement du système karstique, ces drains sont connectés ou non à un drain collecteur (cf. Organisation spatiale d'un aquifère karstique selon Droque).

L'importance du drain collecteur, dépend du nombre de sous systèmes associés a ce drain. Ceci est mesurable au débit de la source.

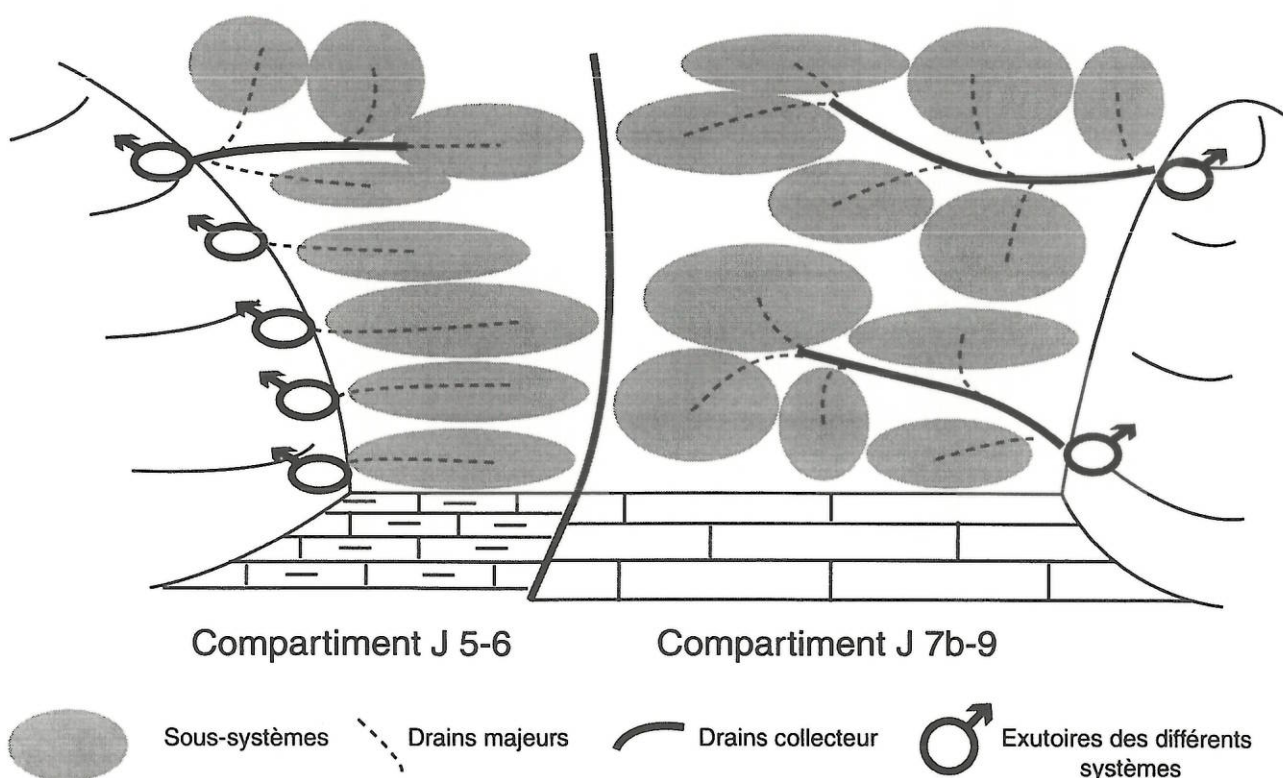
Concernant les deux aquifère karstiques ci-dessus, il apparaît deux stades de développement :

L'aquifère supérieur (Séquanien sup., Kimméridgien, Portlandien) possède des drains développés, bien connectés entre eux, est n'est drainé que par quelques exutoires. Ceux-ci sont situés sur des drains collecteurs, ce qui correspond à un système karstique déjà évolué.

Le karst de l'aquifère inférieur (J-5-6) est lui moins bien développé. La lithologie marno-calcaire qui constitue ces étages, a un potentiel de karstification moins important. Les sous-systèmes mis en place dans cet aquifère ne sont donc pas tous connectés sur un drain collecteur, certains drains majeurs ayant leur propre exutoire (Sources de Colonveau, Beiche, Burtins).

Les plus grosses sources de ce compartiment, Creuse, Moulinot, Doye, sont la réunion de plusieurs sous systèmes de drains majeurs par un drain collecteur, comme pour l'aquifère jurassique terminal.

SCHEMA DE L'ORGANISATION SPATIALE DES AQUIFERES JURASSIQUES EN SOUS SYSTEME



3.1.4.5 - Synthèse : Fonctionnement hydrogéologique de cet ensemble

La différence exprimée au chapitre précédent implique un fonctionnement différent pour chaque réservoir (d'après Marsaud) :

- ◆ **L'aquifère supérieur aura un comportement karstique marqué, avec de forts contrastes de vitesse, des drains développés, une zone noyée discontinue en fonction de la connexion des sous systèmes aux drains majeurs.**
- ◆ **L'aquifère inférieur saturé, moins transmissif, va se rapprocher du fonctionnement d'un aquifère fissuré (ce qui serait le cas pour un karst non fonctionnel ou en début d'évolution).**

La vulnérabilité, et la réserve de ces deux systèmes ne sont pas les mêmes. L'aquifère supérieur aura une plus grande vulnérabilité, et un «effet mémoire» conditionnant la recharge, moins important.

La lithologie d'un aquifère tel que celui des niveaux argovo-rauraciens, offre une plus grande résistance à l'écoulement des eaux. D'après Mangin, dans ce cas, le drainage aura tendance à s'organiser sous le niveau de l'exutoire, il s'agit d'un système vaclusien. Ceci expliquerait l'existence de plusieurs sources vaclusiennes dans ces niveaux (Creuse et Puits de la Doye).

3.1.5 - SYSTEMES REVEROTTE - TROIS PUCELLES, PHENOMENES DE CAPTURE

3.1.5.1 - Phénomènes de captures dans les karsts du Haut Doubs

Haute Vallée de la Loue

C'est avec le très célèbre incendie des usines Pernot de Pontarlier du 11 août 1901 qu'a été mis en évidence la capture du Doubs par la Loue. Il s'agit de la première reconnaissance complète de ce phénomène, et constitue l'un des éléments fondateurs de l'hydrogéologie karstique régionale.

Le principe est simple, la résurgence est située beaucoup plus bas que le futur bassin capturé. Le potentiel de karstification des calcaires situés entre les deux est grand à cause d'une grande charge hydraulique en amont du bassin. Dans les calcaires du jurassiques moyen, ce potentiel est accentué par la lithologie et la fracturation, propice à la karstification.

Le système karstique va donc se développer d'aval en amont, jusqu'à ce qu'une relation existe entre le bassin et son exutoire de capture.

C'est, par exemple, la capture par ouverture d'un gouffre, du ruisseau d'Amathay-Vésigneux durant l'année 1997-98, décrite en détail dans l'Etude pour la Protection de la Tuffière.

Système Brême-Maine-Ecoutot

Le système karstique associé à ces trois résurgences, bien décrit présente beaucoup de similitude avec celui des Trois Pucelles. Système majeur à l'échelle régionale (draine tous le plateau de Val-Dahon jusqu'à Vercel), situé dans les calcaires du Bathonien, et dont une partie du bassin versant est d'âge Jurassique supérieur.

L'apparition de la source du Maine n'est pas liée à un horizon imperméable, mais correspond à l'intersection entre la topographie et le niveau saturé de l'aquifère karstique.

Le drain collecteur développé, draine son aquifère de manière à désaturer la frange supérieur du karst à plusieurs kilomètres de la source. Ainsi nous avons mis en évidence l'existence de calcaires dénoyés sous Ornans, (effondrement sous la salle de la culture, sondages Alstom), sous le niveau de la Loue, par la source du Maine.

Autres captures régionale notables - Cinétique

Dans l'ensemble des plateaux du Haut Doubs, ce phénomène est courant, ruisseau de Voitre à Sancey, Aiguillon sur le plateau de Champagnole, Gours à Champlive... Les pertes de l'Audeux au niveau de la Grâce Dieu, réapparaissant à la Source du Cesserans, et à Pont les Moulins, montrent qu'un cours d'eau moyen peut être absorbée entièrement par un réseau karstique.

L'étude de ce phénomène régional montre qu'il est très rapide à l'échelle géologique, certaines captures s'étant mises en place dans l'intervalle des 10 000 ans qui nous séparent du retrait des derniers glaciers (Capture Loue Doubs).

3.1.5.2 - Situation

La Reverotte prend naissance sur la commune de Loray, au lieu dit Martinvaux. La source principale apparaît en surface des marnes du Séquanien.

500 mètres plus en aval, il existe un puits dans les calcaires du Rauracien. En hautes eaux, ce puits est émissif, formant une source vaclusienne au débit important, probablement alimentée par les affleurements de calcaires J5-6 du plateau de Pierrefontaine les Varans (régions de Laviron, Dompnel, rive droite ?). En basses eaux, ce puits s'assèche totalement, en même temps que la perte totale du ruisseau de la Reverotte, à peu près au même niveau.

Une reconnaissance spéléologique du Puits a pu être menée sur 14 mètres.

3.1.5.3 - Travaux de la DIREN Franche-Comté

La DIREN Franche Comté a mené une étude mettant en évidence une capture de la Reverotte par les Trois Pucelles en comparant bassins versants respectifs et débits.

Le système Trois Pucelles/Moulin Girardot, dont on a déterminé un impluvium minuscule sur le plateau de Maîche, possède un débit important et constant.

Les bassins versants de la Reverotte et du Dessoubre avant leur confluence, déterminés à partir de la structure géologique sont quasi égaux.

Seul le déplacement du débit de la Reverotte vers les Trois Pucelles permet d'expliquer l'assèchement de la Reverotte en étiage.

Cette capture a été confirmée lors d'un essai de traçage par la DIREN Franche Comté dans le puits de la Doye, réapparu aux trois pucelles.

3.1.5.4 - Conclusion

Le Jurassique moyen situé sous les calcaires du Malm du plateau de Pierrefontaine les Varans a pour exutoire les Trois Pucelles. Ce niveau semble être désaturé sur sa frange supérieure. Il a capturé l'aquifère J5-6 associé au Puits de la Doye. Ce dernier jouerait un rôle de trop plein (une étude du débit des Trois Pucelles, avec représentation des débits Classées confirmerait cette hypothèse).

La perte de la Reverotte après sa source montre que cette capture concerne également le J7b-9.

Notre reconnaissance par traçage du bassin d'alimentation de La Source de Froidefontaine montre un phénomène de capture du Jurassique Supérieur, similaire au système Trois Pucelles. Les deux aquifères dogger pourraient donc avoir un fonctionnement comparable.

DISTRIBUTION DES DEBITS EN BASSES EAUX

— *Ecoulement pérenne.*

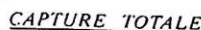
↳ *Regards souterrains.*

 $0,100 \text{ m}^3/\text{s}$  $0,500 \text{ m}^3/\text{s}$ $1.00 \text{ m}^3/\text{s}$ 

10 km

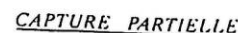
20 km

SEQUENCES D'ALIMENTATION EN BASSES ET HAUTES EAUX.

Hautes Eaux

0 5 10 km

Echo



 Reverotte

 *Dessoubre Amont*

20% Pourcentage de l'alimentation totale à Gigot.

*Phénomène de capture
de la reverotte au profil
du Dessoubre.*

D'après LE DESSOUBRE
DIREN Franche comté - 1991

3.1.6 - FONCTIONNEMENT DU KARST DOGGER

3.1.6.1 - Les calcaires du Jurassique moyen à l'affleurement

Ces niveaux apparaissent à la surface à la suite de l'érosion des niveaux sus-jacents du jurassique supérieur. On les trouve au niveau des plissements anticlinaux des faisceaux, et dans les vallées.

Au niveau des reliefs plissés, il constituent le sous-sol des zones les plus marquées par la morphologie karstique. Le passage des accidents est matérialisé par des alignements de pertes actives et de gouffres.

Les contacts marnes calcaires J3 - J4 sont particulièrement visibles avec l'existence de gouffre actifs. Des ruisseaux s'écoulant sur les terrains imperméables de l'Oxfordien s'y perdent.

A l'inverse, lorsque ces calcaires dominent topographiquement les affleurements de l'Oxfordien, il est rare de trouver une source au contact calcaire - marne. Ces venues d'eau existant au niveau de Chamesey, Bretonvillers, et Le Belue sur Landresse, ont un débit faible, et ne sont liées à aucun drain karstique majeur. Elles s'apparentent à des venues épikarstiques.

3.1.6.2 - Les résurgences karstiques situées dans le Dogger

Les émergences dans les niveaux calcaires du jurassique moyen sur ce secteur sont au nombre de quatre :

- ◆ La source de Froidefontaine et les sources des Trois Pucelles sur le Dessoubre
- ◆ La Source Noire, source du Cusancin. Située hors du périmètre étudié, c'est la résurgence des pertes du ruisseaux de Voitre à Sancey, et du Moulin de Salans.
- ◆ Le système Brême - Maine - Ecoutot sur la Loue qui s'étend jusqu'au environ d'Avoudrey (cf. annuaire des traçages en franche comté).

Ces sources apparaissent aux points bas des compartiments drainés, dans le même contexte (intersection de la topographie avec la surface hydrostatique).

Les vallées donnant naissance à toutes ces sources proviennent de l'érosion fluviale dans le jurassique supérieur.

En ce qui concerne les sources des trois Pucelles et de Froidefontaine, l'érosion du Dessoubre a dégagé pour chacune, une «boutonnière Dogger », au centre de laquelle est située la résurgence. La boutonnière donnant naissance aux Trois Pucelles est liée au chevauchement de l'anticlinal de Plainbois. Celle de La Source de Froidefontaine est liée à un bombement de forte amplitude du plateau de Belleherbe.

3.1.6.3 - Zone désaturée - Aquifères suspendus

Distances sources - impluvium

L'absence de sources importantes dans les calcaires doggers des faisceaux pouvant drainer les impluviums du jurassique moyen complique leur fonctionnement hydrogéologique.

Fournier émettait l'hypothèse d'un drainage lointain, en rattachant au «bassin alimentaire» de Froidefontaine, la partie jurassique moyenne du Faisceau de Belleherbe («noyau des brachyanticlinaux de Bémont, de Nérémont de Sous Charmont... »).

Un tel fonctionnement est également suggéré au chapitre précédant par la capture de la Reverotte par les Trois Pucelles.

Relations Dogger - Malm sur l'anticlinal de Villers la Combe

Au niveau de la retombée Nord de l'anticlinal de Villers la Combe, il existe une bande de calcaires J5-6, donnant naissances aux venues d'eau Colonveau, Nardal, Beiche... Une partie d'entre elles sont captées pour l'alimentation des villages d'Ouvans, de Landresse, et de Vellerot les Vercel.

Lors de l'étude de ces sources, nous nous sommes intéressés, avec M. Mudry l'hydrogéologue agréé, à un potentiel transfert d'eau des calcaires du Dogger du Bois de Volienne, vers cette bande de terrains d'âge jurassique supérieur. Ces deux ensembles étant séparés par une faille.

Or la reconnaissance spéléologique du Trou des Champs Briquards met en évidence, dans ce compartiment dogger, l'existence d'un horizon non saturé sur plus de 46 mètres. Cette zone descend en dessous de l'interface J4 - J5 qui donne naissance aux sources étudiées.

La bande aquifère du jurassique supérieur de la retombée nord de l'anticlinal de Villers la Combe constitue donc un «aquifère suspendu» au-dessus d'un autre compartiment aquifère dogger désaturé.

Drainage de la région de Villers la combe par la Source Noire

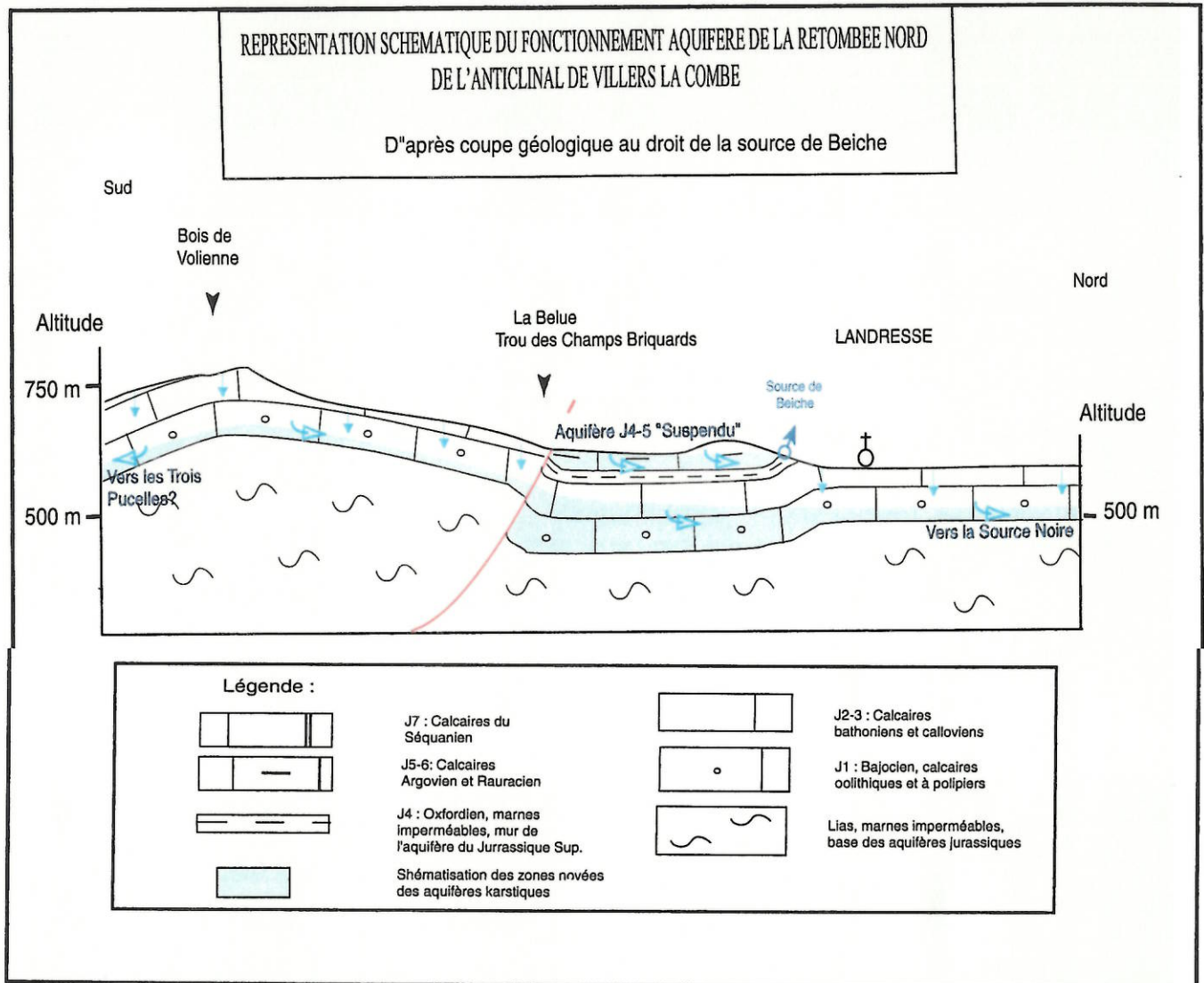
L'ensemble des calcaires du jurassique moyen de l'anticlinal de Villers la Combe sont drainés par la Source Noire, dans la vallée du Cusancin. Cette relation a été mise en évidence par essais de traçage.

La réapparition de la fluorescéine injectée à la ferme de La Belue (500 mètres à l'ouest du Trou des Champs Briquards) ayant été constatée à la Source Noire.

L'injection dans la perte des effluents de Villers la Combe, et dont la réapparition n'a pas été constatée, a probablement prit la même direction.

Lors de ce traçage, antérieur à celui de la Belue, nous n'avions pas imaginé une telle dynamique. La Source Noire n'avait donc pas été surveillée.

PLATEAUX DE BELLEHERBE ET DE PIERREFONTAINE LES VARANS
Développement d'une nouvelle ressource en eau
Source de Froidefontaine SIVOM DE BELLEHERBE



3.1.6.4 - Type de système karstique

L'ensemble des sources observées dans le compartiment Dogger drainent un bassin versant très étendu, leur débit étant supérieur à 50 L.s^{-1} en étiage. Il s'agit donc d'un système karstique fonctionnel très développé (d'ordre 1). Un telle structure est lié à un très fort potentiel de karstification.

Le drainage est encore développé par l'existence d'une partie des impluviums (marnes oxfordiennes) non karstifiables qui concentrent l'infiltration des eaux en un point, système aussi appelé binaire.

3.1.6.5 - Synthèse: Hydrodynamique et particularités de ce système

Relation entres aquifères superposés

L'aquifère dogger est le compartiment où le karst est le plus développé. Les drains collecteurs sont très importants, et bien reliés au sous systèmes (associés aux drains majeurs). Il en résulte un dénoyage d'une frange supérieure importante de l'aquifère, même où ces calcaires aquifères sont recouverts par des niveaux jurassiques supérieurs.

L'aquifère dogger ne prend pas la forme d'un aquifère captif sous les marnes-oxfordiennes, la surface aquifère étant en dessous du toit du niveau aquifère. Les transferts hydrogéologiques ne sont donc pas possibles dans le sens jurassique moyens - Jurassique supérieur.

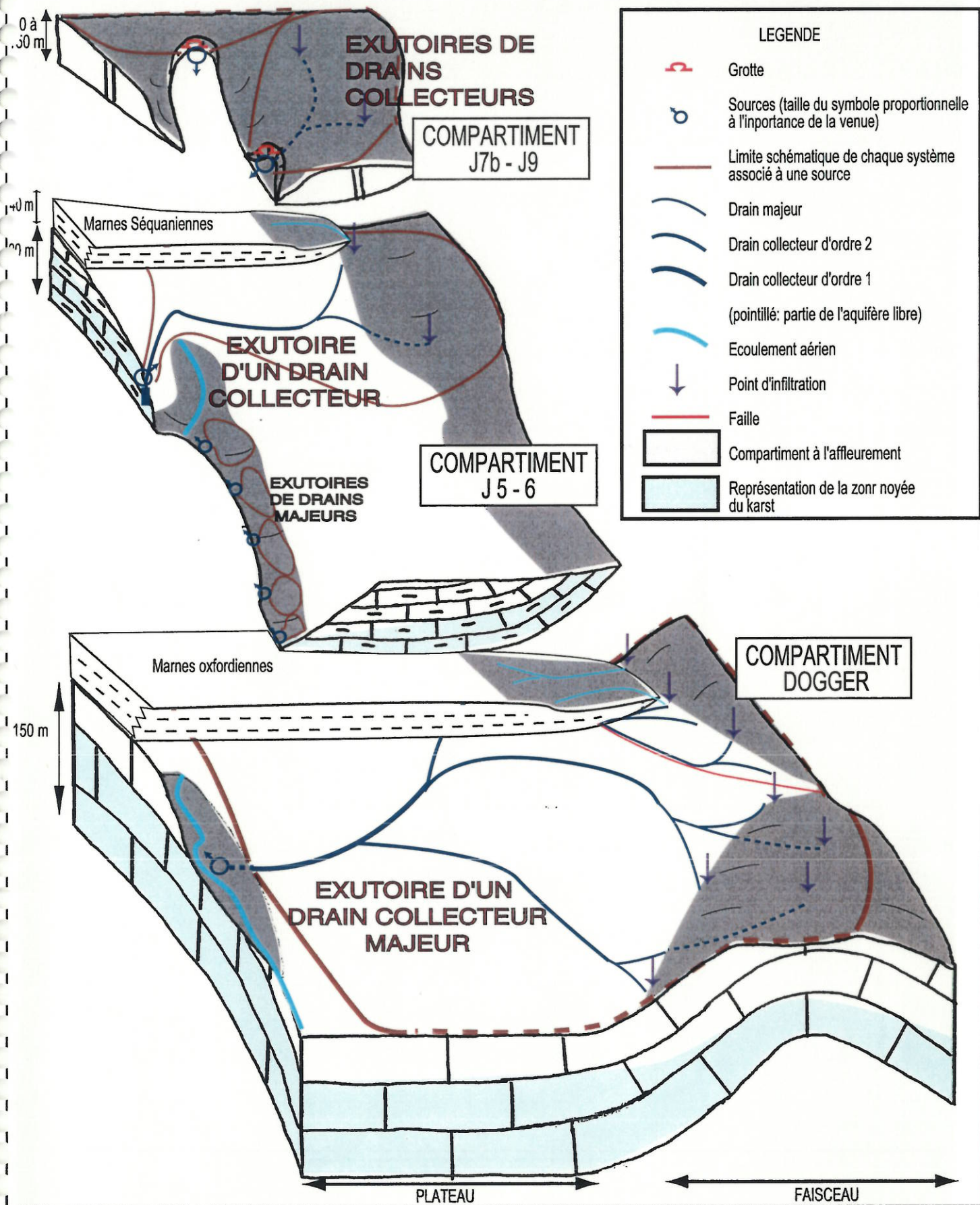
Il faut s'attendre à observer des écoulements très rapides à l'intérieur de ces systèmes karstiques. Ce type de réservoir présente donc une forte vulnérabilité aux pollutions sur son bassin versant, vulnérabilité encore accentuée par son aspect «binaire », à l'origine du transfert rapide vers l'exutoire, d'eau de surface.

Nature de l'exutoire

Si l'on considère que le fort potentiel de karstification est dû à la lithologie, il faut s'attendre à rencontrer des systèmes jurassiens, où le drainage s'organise au voisinage de l'exutoire. Les exutoires prennent à priori l'aspect de sources de débordement, ce qui est vérifié au Maine, aux Trois Pucelles, à la Source Noire. La Source de Froidefontaine, dont le fonctionnement est caché par des éboulis pourrait donc prendre cette forme.

PLATEAUX DE BELLEHERBE ET DE PIERREFONTAINE LES VARANS
Développement d'une nouvelle ressource en eau
Source de Froidefontaine SIVOM DE BELLEHERBE

SCHEMA RECAPITULATIF DU FONCTIONNEMENT DES KARSTS DES PLATEAUX DE
PIERREFONTAINE LES VARANS ET BELLEHERBE



3.2 – FONCTIONNEMENT DU RESERVOIR - ANALYSE HYDRODYNAMIQUE

3.2.1 - VALIDITE DES DONNEES UTILISEES DANS L'APPROCHE HYDRODYNAMIQUE DE L'AQUIFERE

Les méthodes traditionnelles de reconnaissance des aquifères, liées à l'hydraulique souterraine, utilisées pour les aquifères poreux ou fissurés, ne sont pas applicables aux milieux karstiques fonctionnels.

Cette d'analyse des réservoirs karstiques a été mise au point récemment par Mangin, (1973), et n'est encore qu'expérimentale. Elle permet de reconnaître la structure du réservoir, qui auparavant restait inconnue.

Le nombre de données collectées sur cette étude nous ont permis de faire une approche hydrodynamique du réservoir associé à La Source de Froidefontaine. Cette approche n'est que partielle pour trois raisons:

- ◆ Les résultats ne couvrent qu'une période de 6 mois. Or une étude complète des débits classés notamment, nécessite un suivi sur un cycle hydrologique complet (au minimum 1 an).
- ◆ Les impératifs de rentabilité de bureau d'étude ne permettent qu'une surveillance lâche (il n'était prévu à l'origine qu'une série de 4 mesures ponctuelles), avec des semaines entières sans passage sur site. Entre les arrêts d'appareils, et les ajustements pour affiner les résultats, nous obtenons un suivi séquentiel, avec des périodes sans mesures.
- ◆ L'analyse complète est divisée en trois phases. Seule la première est abordée ici, les autres devant suivre. Elles sont basées sur l'exploitation d'essais de pompage. L'exploitation de La Source de Froidefontaine devant se faire par simple prise d'eau sur la source, elles ne sont donc pas envisagées.

3.2.2 – NATURE DU RESERVOIR KARSTIQUE DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE

3.2.2.1 - Corrélation débit / turbidité

Ces courbes sont typiques d'hydrogrammes en milieu karstique. On retrouve une bonne corrélation entre la hausse de la turbidité, et les crues. La mise en suspension de particules est due à l'existence de conduits karstiques majeurs lors de l'accélération des écoulements dans ces drains (augmentation de l'énergie en période de crues).

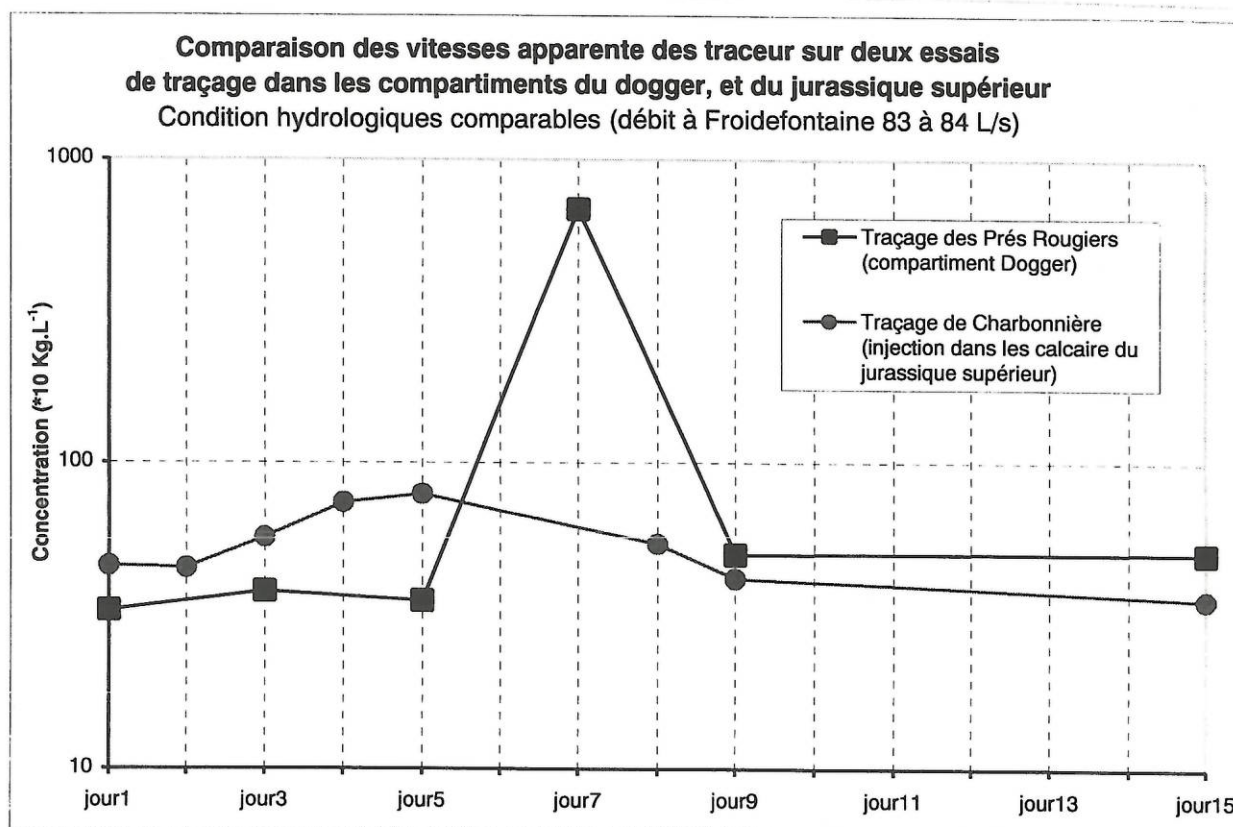
3.2.2.2 - Hydrogramme de crue bimodal

Origine des deux pics de crue

Le découpage du bassin versant de La Source de Froidefontaine en plusieurs sous bassins se retrouve sur les hydrogrammes, certaines crues arrivant à la source en deux temps. Nos hydrogrammes de crue enregistrent un premier pic quelques heures (un peu moins d'un jour) après une pluie importante, suivi d'un deuxième 13 heures plus tard.

La première onde pourrait correspondre à la réponse du bassin II (Plateau de Belleherbe), plus proche. Le deuxième signal, serait à associer aux infiltrations dans le Dogger du faisceau de Belleherbe.

La comparaison des vitesses apparentes mesurées lors des traçages des Prés Rougiers, et de la Charbonnière, effectués dans des conditions hydrologiques comparables, confirme cette hypothèse.



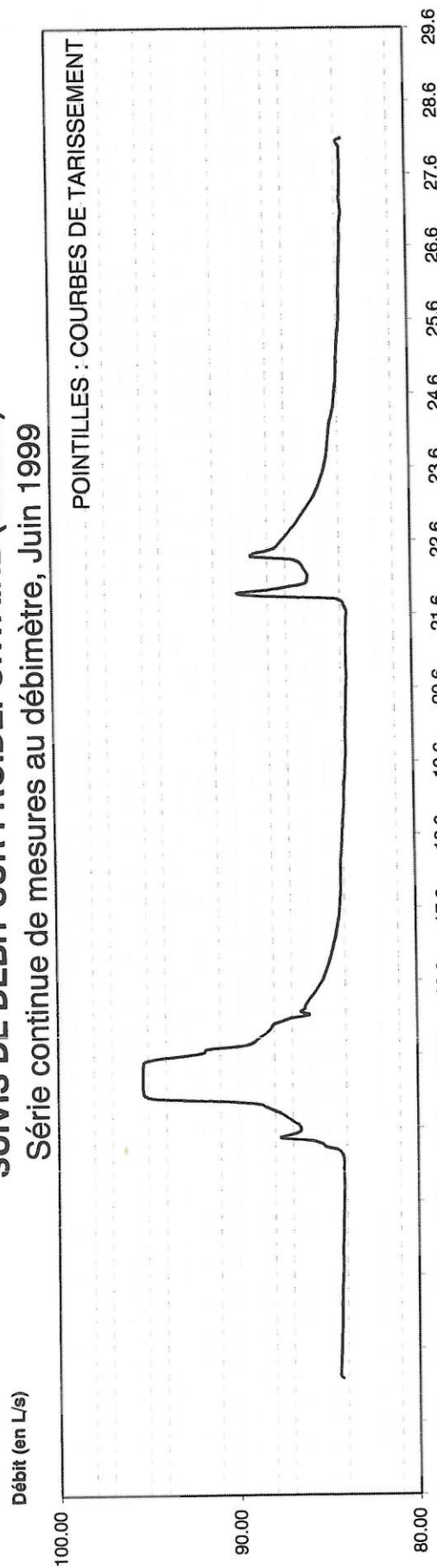
Nature du transfert entre les deux aquifères

La forme de des hydrogrammes de crue, en pic, nous renseigne sur la forme que prend la "capture" du jurassique supérieur par le karst de Froidefontaine.

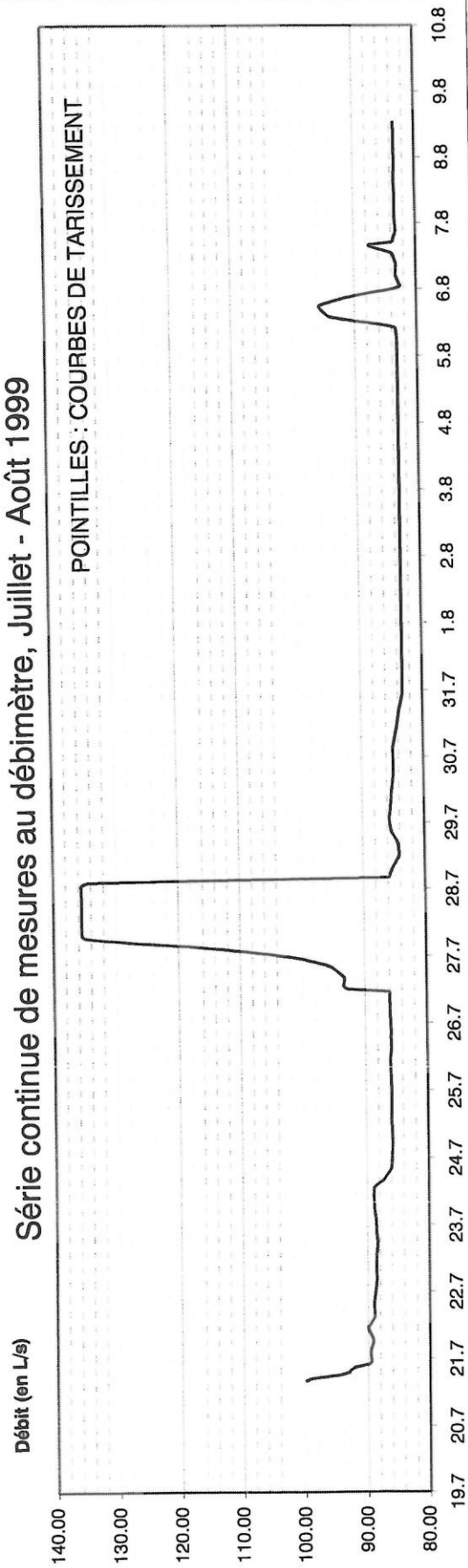
Le transfert d'un aquifère à l'autre ne prend pas la forme d'une drainance, ou d'une infiltration diffuse. Le système karstique de Froidefontaine a édifié une connexion de type drain avec le système jurassique supérieur.

SUIVIS DE DEBIT SUR FROIDEFONTAINE (Détails)

Série continue de mesures au débitmètre, Juin 1999



Série continue de mesures au débitmètre, Juillet - Août 1999



3.2.2.3 - Décrue tarissement

mesure sur courbe de récession

Les courbes de récession sont représentatives d'un système karstique très développé. L'exploitation quantitative de ces courbes donne :

- En ce qui concerne les décrues, seules les décrues du deuxième pic ont pu être exploitées. Le compartiment karstique concerné est donc le faisceau de Belleherbe (bassin III). Les courbes sont de type 1 : **"Infiltration rapide prédominante"**.
- La courbe de tarissement mesurée sur plusieurs épisodes de crue durant l'été 99 donne une équation :

$$y = 0.085 e^{-0.0003 t}$$

Un coefficient α de l'ordre de 3×10^{-4} veut dire que plus de **90 % du volume d'eau infiltré lors de la crue est écoulé moins de 25 jours après la fin des précipitations**. Dans ce type de systèmes, les volumes d'eau précipités en période de crue sont donc difficilement exploitables (fonction retard inexistante - stockage nul).

Classification du système karstique de Froidefontaine

Dans la classification des systèmes karstiques selon Mangin, le système de Froidefontaine entre dans l'ensemble 3 des **"systèmes karstiques très karstifiés en aval, domaine des réseaux spéléologiques très développés"**.

Malgré l'absence de reconnaissance au niveau de l'exutoire, tout ceci confirme la situation de la source, sur un drain collecteur majeur. Cette situation, était déjà envisagée dans les chapitres précédents, notamment après la découverte d'un exutoire fossile dans le versant qui domine la venue.

3.2.2.4 - Volume dynamique de l'aquifère

Amortissement du deuxième signal de crue

Alors que les signaux de crue provenant du bassin II (pic 1) varient en fonction du volume des précipitations, l'onde de crue provenant de l'impluvium dogger est plus complexe. En dessous d'un certain volume de pluie, il est complètement amorti (inférieur ou égal au premier pic, provenant d'un impluvium plus petit). Au-dessus du volume de laminage du pic de crue, ce débit augmente de manière exponentielle pour atteindre des valeurs de 1 200 à 1 500 L/s.

Inertie de l'aquifère en zone noyée

Plusieurs hypothèses peuvent être avancées pour expliquer ce phénomène. Le système karstique étant à "infiltration rapide prédominante", une rétention d'eau épikarstique lors de l'infiltration est peu probable, et exclue après examen de différentes zones de pertes (pertes d'Ebey par exemple).

On mesure ici l'inertie de l'aquifère en raison d'un transit au voisinage, ou en zone noyée.

Lorsque la charge au-dessus du niveau hydrostatique est faible, elle est absorbée par la partie noyée de l'aquifère. Cette absorption d'énergie n'est possible que par une mise en mouvement d'un volume d'eau supérieur au volume transitant (volume de la crue) dans l'aquifère, appelé volume dynamique.

Ceci n'est pas le cas lors des crues plus importantes car la perte de charge due à l'inertie du réservoir, trop faible (rapport volume de la crue/volume dynamique se rapprochant de 1).

Grâce à cette interprétation, on peut approcher quantitativement, le volume noyé de cet aquifère.

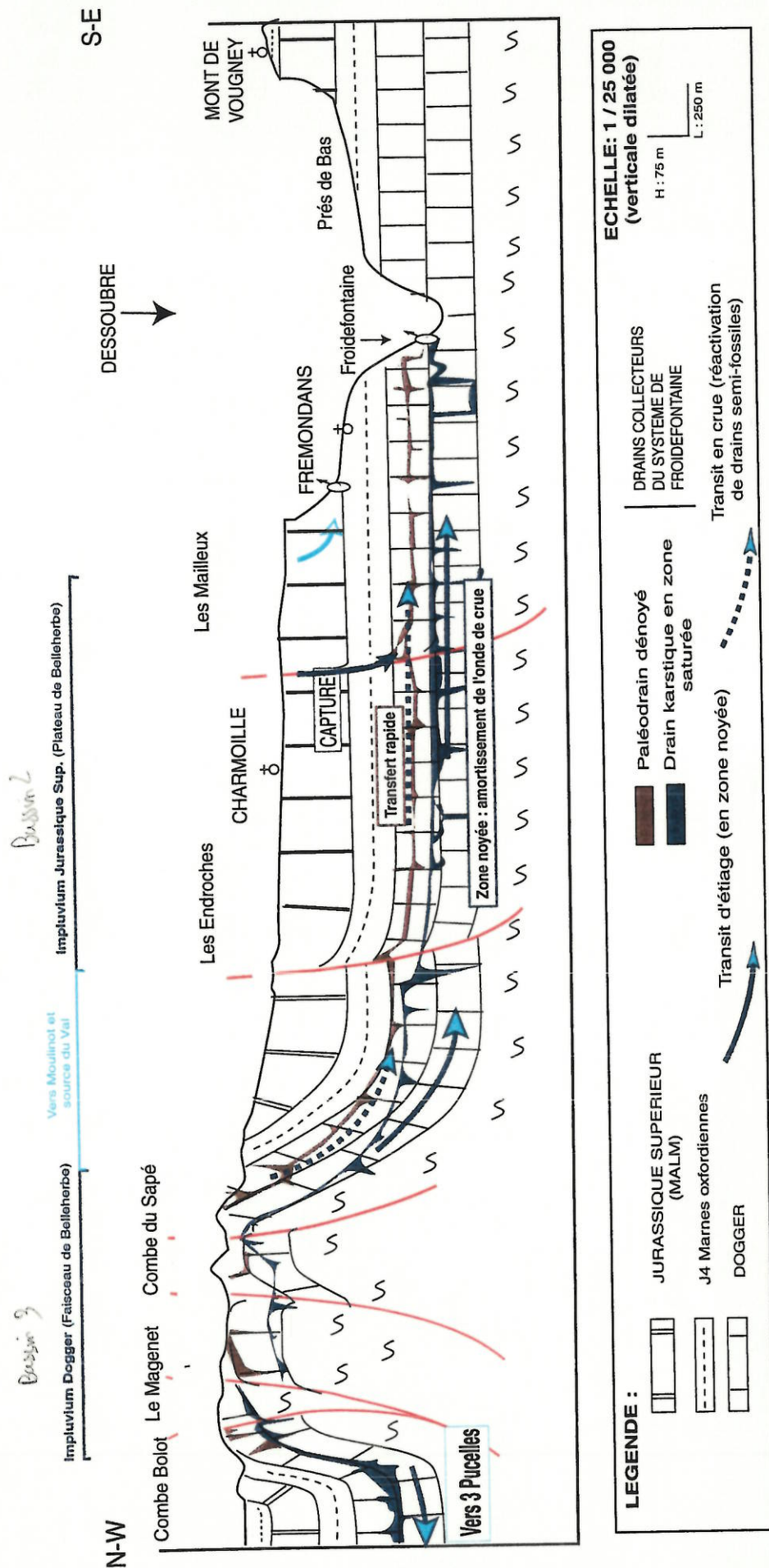
Rôle des drains en zone désaturée:

Sur La Source de Froidefontaine, Il est probable pour évacuer les plus gros volumes d'eau, que des drains fossiles, situés au-dessus de la zone noyée, soient réactivés. Ceux ci ne sont pas concernés par l'amortissement e l'onde de crue par l'inertie de la zone noyée.

Pour ce qui est des infiltrations dans le jurassique supérieur (bassin II), le transit horizontal dans l'aquifère, au voisinage de la zone noyée est quasi nul. Elles ne sont donc pas concernées par ces pertes de charge.

Un effet de shunt par les galeries fossiles pourrait être une autres explication du caractère bimodal des crues.

Schéma du principe d'alimentation de
FROIDEFONTAINE



3.3 - SYNTHESE : FONCTIONNEMENT DU RESERVOIR DE FROIDEFONTAINE

3.3.1 - FONCTIONNEMENT DU RESERVOIR

3.3.1.1 - Fonction transfert de l'aquifère - recharge

Les différentes informations que nous donnent les courbes de débit confirment de caractère fonctionnel, très développé du système karstique associé à La Source de Froidefontaine :

- Infiltration rapide prédominante vers le karst profond (stockage dans l'épikarst négligeable)
- Coefficient de tarissement très faible en raison de conduits karstique de grande taille dans la partie aval du transit souterrain.
- Un effet mémoire réduit, ce qui exclu quasiment toute recharge de l'aquifère lors des crues brèves. La recharge de ce réservoir est donc annuelle, en période de hautes eaux.
- Une capture du karst jurassique supérieur par un drain collecteur , les infiltrations d'un réservoir à l'autre ne sont donc pas freinées par une drainance ou des infiltrations diffuses.

3.3.1.2 - Réserve - Rapport impluvium/volume de l'aquifère

Malgré cette dynamique, La Source de Froidefontaine possède un débit d'étiage intéressant (supérieur à 80 L/s, constant). Dans un réservoir karstique fonctionnel comme les calcaires dogger de Belleherbe, ce sont les SAD (Système Annexe au Drainage, ou vide lié au drain collecteur par une perméabilité de fissures) qui soutiennent le débit d'étiage.

La mise en place des SAD va de paire avec le développement du système karstique. Le stade très avancé du karst de Froidefontaine est donc un indice d'une réserve d'eau importante dans ces SAD.

Ce fonctionnement est encore accentué par le volume du réservoir. Son épaisseur dépasse les 150 mètres, et sa superficie est bien supérieure aux 12 Km² de son impluvium, une partie étant recouverte par des calcaires du Malm drainés par d'autres sources.

Le volume d'eau stocké lors des périodes de hautes eaux est donc beaucoup plus important que dans un aquifère libre classique.

3.3.1.3 - Origine de la contamination bactérienne et chimie approfondie

Il serait intéressant de faire une analyse complète d'un prélèvement de chaque onde de crue. Elles confirmeraient l'origine de ces deux pics. L'information obtenue nous

permettrait de cibler l'origine de la contamination (bassin I ou bassin III), et donc de hiérarchiser les travaux de résorption des points de pollution de la source.

3.3.2 - LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE DANS L'UNITE HYDROGEOLOGIQUE DES PLATEAUX DE PIERREFONTAINE LES VARANS - BELLEHERBE

La source de Froidefontaine occupe une place comparable aux autres sources du Dogger (Trois Pucelles - Source Noire), dans le fonctionnement hydrogéologique des plateaux de Pierrefontaine les Varans et de Belleherbe :

- ◆ Drainage des calcaires doggers des zones de faisceau.
- ◆ Captures des systèmes karstique supérieurs.
- ◆ Source unique pour l'ensemble de l'aquifère.

Ces trois émergences majeures contrôlent donc la quasi-totalité des écoulements régionaux, leurs aquifères respectifs étant séparés par les ensembles déformés des faisceaux.

La Source Noire au sud, draine les anticlinaux de Villers la Combe, et la retombée sud du Faisceau de Laviron. Par perte dans le synclinal de Landresse, elle est également alimentée par les venues d'eau en surface des marnes oxfordiennes de la retombée sud de l'anticlinal de Villers la Combe.

Les Trois Pucelles au nord, draine par capture de la Reverotte, la totalité du plateau de Pierrefontaine les Varans. En hautes eaux, la Reverotte fonctionne en trop plein de ce système.

Le système Froidefontaine au sud, est alimenté par le plateau de Belleherbe, séparé du plateau de Pierrefontaine les Varans par le Faisceau de Belleherbe. En comparaison des deux autres sources majeures, son karst est moins développé, car moins mature. Des zones importantes du plateau sont encore drainées par les sources de Moulinot et du Val.

Au Nord, le système Froidefontaine est séparé des source de Sancey, et donc du système Source Noire, par l'anticlinal d'Ebey. L'examen de ce secteur par photo aérienne montre un paléodrainage vers les sources de Sancey (alignements de dolines).

La capture de la retombée sud de ce plis montre comment s'ajuste les bassin en fonction de la structure du sous-sol, et du stade de développement des karsts dans le jurassique moyen.

4 - CONCLUSION : FONCTIONNEMENT ET VULNERABILITE DU KARST REGIONAL –

LA SOURCE DE FROIDFONTAINE

4.1 - DEVELOPPEMENT DU SYSTEME KARSTIQUE DE FROIDFONTAINE

4.1.1 - PREMIERE ETAPE : BASSIN VERSANT ORIGINEL DE FROIDFONTAINE

L'érosion du Dessoubre, en découvrant les calcaires du dogger, a complètement modifié le fonctionnement hydrogéologique local.

Le développement du système karstique de La Source de Froidefontaine s'est rapidement mis en place avec un réseau de drains. Ces drains sont actuellement fossiles (exutoire au-dessus de la venue actuelle). Ce réseau draine des bassins lointains: les calcaires jurassique moyen du faisceau de Belleherbe.

L'enfoncement du karst avec celui de la vallée, désature la frange supérieure de l'aquifère, et laisse un paléodrainage actif en période de crues.

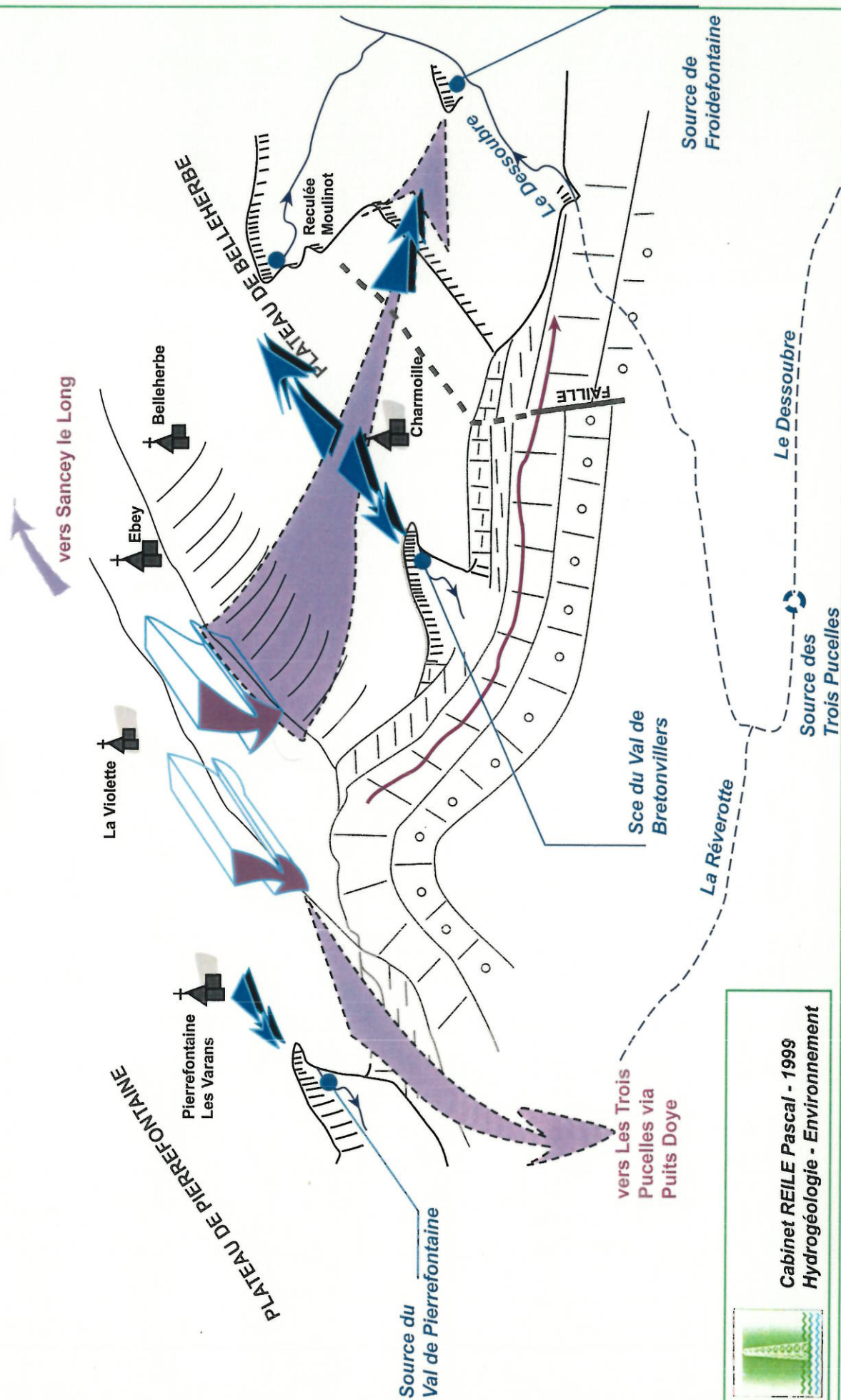
En effet, il subsiste de cette première phase, un réseau de drains fossiles qui favorisent l'infiltration vers la zone noyée. Ces drains peuvent également servir de trop plein pour évacuer les plus grosses crues

4.1.2 - ETAPE 2 : PHENOMENE DE CAPTURE DU JURASSIQUE SUPERIEUR

En fin de l'étape précédente, le gradient hydraulique entre le jurassique supérieur et Froidefontaine permet sa capture. Phénomène courant dans le Haut Doubs des plateaux, cette capture est localisée (transit rapide d'un aquifère vers l'autre).

On observe alors des sources au toit de l'Oxfordien marneux, donnant naissance à des cours d'eau s'écoulant dans un environnement (vallée) surdimensionné: Ruisseau de Longeville, Moulinot. Conclusion à relativiser en raison des flux plus importants en périodes interglaciaires (période de crises mises en évidence par les chronoécologues : crue permanente).

RESTITUTION SCHEMATIQUE DU FONCTIONNEMENT DU BASSIN VERSANT DE PIERREFONTAINE LES VARANS ET DE BELLEHERBE



Cabinet REILE Pascal - 1999
Hydrogéologie - Environnement



4.1.3 - ETAPE 3 : MISE EN PLACE D'UN RESEAU FONCTIONNEL DE DRAINAGE

Le potentiel de karstification de ce réservoir est très important: gradient hydraulique fort, mais aussi lithologie prédisposée à la dissolution, les calcaires dogger régionaux étant tous très karstifiés. L'existence de terrains non karstiques qui provoquent des infiltrations concentrées (systèmes binaires), accélèrent encore le développement des conduits karstiques.

Le transfert, et le stockage dans le milieu souterrain dépend de cette fonctionnalité du réservoir.

4.2 - EXPLOITATION DU RESERVOIR

Le réservoir ainsi hérité possède la particularité d'avoir une fonction transfert très rapide à cause de conduits de grande tailles, et une réserve importante due à un karst aux vides très développés, et saturés.

Le débit exploitable dans un tel aquifère dépend donc plus du volume stocké lors des phases de recharge (en hautes eaux), qui soutiennent les débits d'étiage, que du temps séparant deux période de recharge. Le tarissement de crue étant très rapide, les intempéries en basses eaux ne jouent aucun rôle dans le soutien d'un débit minimum.

4.3 - RESERVES EN EAUX DANS LE SOUS-SOL DES PLATEAUX DE PIERREFONTAINE LES VARANS - BELLEHERBE

4.3.1 – EXPLOITATION DE LA SOURCE DE FROIDEFONTAINE

Après examen des aquifère régionaux, il apparaît que seuls les calcaires du Dogger constituent un niveau aquifère intéressant. En basses eaux, en raison de la capture des aquifères situés au-dessus, ce réservoir est le seul à pouvoir fournir une production moyenne.

Etant donné sa dynamique, ses exutoires sont aussi les plus vulnérables (transit très rapide). Leur captage n'est possible qu'en l'absence de sources de pollution chronique importantes, sur le bassin d'alimentation.

Sur la source de Froidefontaine, cela sera le cas après aménagement de certaines sources polluantes (hameaux non assainis - résorption de décharges).

Le captage sera toujours à la merci d'une pollution accidentelle. L'implantation d'un forage sur drain majeur en zone noyée (sous le niveau de la venue), étranger au drain collecteur de Froidefontaine, permettrait d'exploiter cette réserve, sans avoir la vulnérabilité de la source.

Ce schéma est valable sur l'ensemble du réservoir dogger (Trois Pucelles - Source Noire) de ces plateaux. Mais le développement d'une ressource par sondage est très

onéreux étant donné la profondeur de la zone noyée à atteindre, depuis les plateaux, et les difficultés d'implanter un forage productif en pays karstique.

L'échec des essais de forages sur le plateau de Vercel en témoigne. Ceux-ci ont été faits en l'absence d'objectifs précis : la recherche de niveaux saturés, et un positionnement en dehors de zones structuralement intéressantes.

L'enfoncement du réseau hydrographique, permet de se rapprocher de la zone noyée. Certains sites situés dans les vallées, un peu à l'écart des résurgences majeures de ce système, pourraient être propices à l'implantation de forages (zones tectoniques à l'altitude voisine des exutoires du Dogger : Reverotte en amont de Gigot...).

4.3.2 – UN AUTRE AVANTAGE DU SITE : LA CAPACITE DE MISE EN CHARGE SANS DEBORDEMENT LATERAL

Lors des essais de mise en charge ou des périodes de crue, aucune diffuence n'est apparue sur l'exutoire.

Le drain semble organisé suivant une fracturation verticale. Les joints de stratification ne diffusent pas d'écoulements d'eau sur les bordures ou dans les champs adjacents.

L'intérêt de ce phénomène est multiple :

- La capacité de surélever le niveau piezométrique de cet aquifère autorise une augmentation de sa capacité de stockage.
- L'augmentation de la saturation de l'aquifère diminue la turbidité de la ressource en période de crue normale.
- Le relèvement du niveau de débordement de cette source est supérieur à 1 m, vis à vis du cours du Dessoubre. Il va permettre de toute contamination de la source par le Dessoubre en période de crue.

5 – ORIENTATION DES INVESTIGATIONS et TRAVAUX DEVELOPPEMENT DE LA RESSOURCE

5.1 - UTILISATION DE L'APPROCHE HYDRODYNAMIQUE DU SYSTEME KARSTIQUE

L'exploitation des courbes de récession, même partielle, permet de cerner la structure du réservoir karstique. Or avec les nouvelles approches des "systèmes karstiques", il est maintenant possible de prévoir le fonctionnement aquifère (réserve, vitesse du transfert, recharge) à partir de la structure.

Si à ce travail on ajoute l'interprétation d'essais de pompage, il devient possible d'avoir une estimation de la réserve, et donc de la gérer. Une telle approche devrait dans l'avenir se généraliser en milieux karstique, pour remplacer les études actuelles, basées sur des simples essais de traçages qui donnent des informations sommaires.

L'intégration de cette méthode à des futurs protocoles d'étude, permettrait de prévoir un suivi adapté (temps). L'interprétation en serait plus aisée, et donc plus complète que celle du système de Froidefontaine abordée dans ce document.

Ces études onéreuses, permettent une meilleure exploitation de l'aquifère (production plus importante et régulière).

Dans un tel environnement, de nombreux captages actuellement utilisés dans cette région du Haut Doubs semblent voués à l'abandon car insuffisants, et appartenant à des collectivités trop petites pour financer des développements de la sorte.

5.2 – TRACAGE COMPLEMENTAIRE SUR LAJOUX

De manière exhaustive, un secteur n'a pas été reconnu par traçage. Les calcaires du Dogger affleurent également sur le secteur de La Joux , Pré du Fol. Ce compartiment proche de celui de Pré Rougier devrait être reconnu.

Les assainissements de La Joux seraient à surveiller .

5.3 - CHIMIE DES EAUX SUR LES ONDES DE CRUES

Dans l'analyse hydrodynamique de l'aquifère, de nombreuses interprétations ne reposent que sur des hypothèses : courbes de récession bimodale en raison de plusieurs bassins d'alimentation, amortissement des ondes de crues par le volume hydrodynamique de l'aquifère.

Ces hypothèses sont les plus vraisemblables, mais devraient être vérifiées pour valider les résultats de l'analyse hydrodynamique. Cette vérification pourrait utiliser la chimie des eaux :

- Une comparaison de deux prélèvements, effectués chacun dans une onde de crue différente, permettrait de mettre en évidence l'origine de ces eaux, et donc d'expliquer le caractère bimodal de l'hydrogramme.
- Un prélèvement au tout début de la deuxième onde de crue (eau infiltrée dans le faisceau de Belleherbe), puis un deuxième au moment de la décrue mettrait en évidence la mise en mouvement d'eau appartenant à la zone noyée. Si l'arrivée de l'onde de crue dans le réservoir pousse effectivement de "l'eau vieille" vers l'exutoire, cette eau ayant stagnée plus longtemps dans le réservoir est plus chargée en éléments dissous.

5.4 – REPRISE DE L'ASSAINISSEMENT SUR LE HAMEAU DE EBey

L'assainissement devra être repris sur le secteur de Ebey. Le relèvement des effluents pour rejoindre Belleherbe est supérieur à 10 mètres. Un réseau séparatif devrait être installé pour permettre de traiter les eaux pluviales directement dans la combe argileuse de Ebey.

Un bassin de 50 à 60 m³ creusé dans les argiles servira de désableur Débourbeur aux eaux pluviales avant de rejoindre le karst par lame siphonide ou autre.

5.5 – FERMETURE DE LA DECHARGE DE EBey

Les argiles extraient pour réaliser le bassin de décantation pourraient servir à recouvrir efficacement les anciens dépôts d'ordures et graves actuelles qui comblent progressivement la grande doline.

Un site de classe 3 devra être réouvert sur le secteur de Belleherbe

5.6 - SONDAGE DE RECONNAISSANCE DANS L'ACCOTEMENT DE LA ROUTE

Afin de mieux positionner l'émergence vis à vis des calcaires qui bordent la route, il apparaît nécessaire de réaliser une série de petits sondages permettant de recalculer le drain principal.

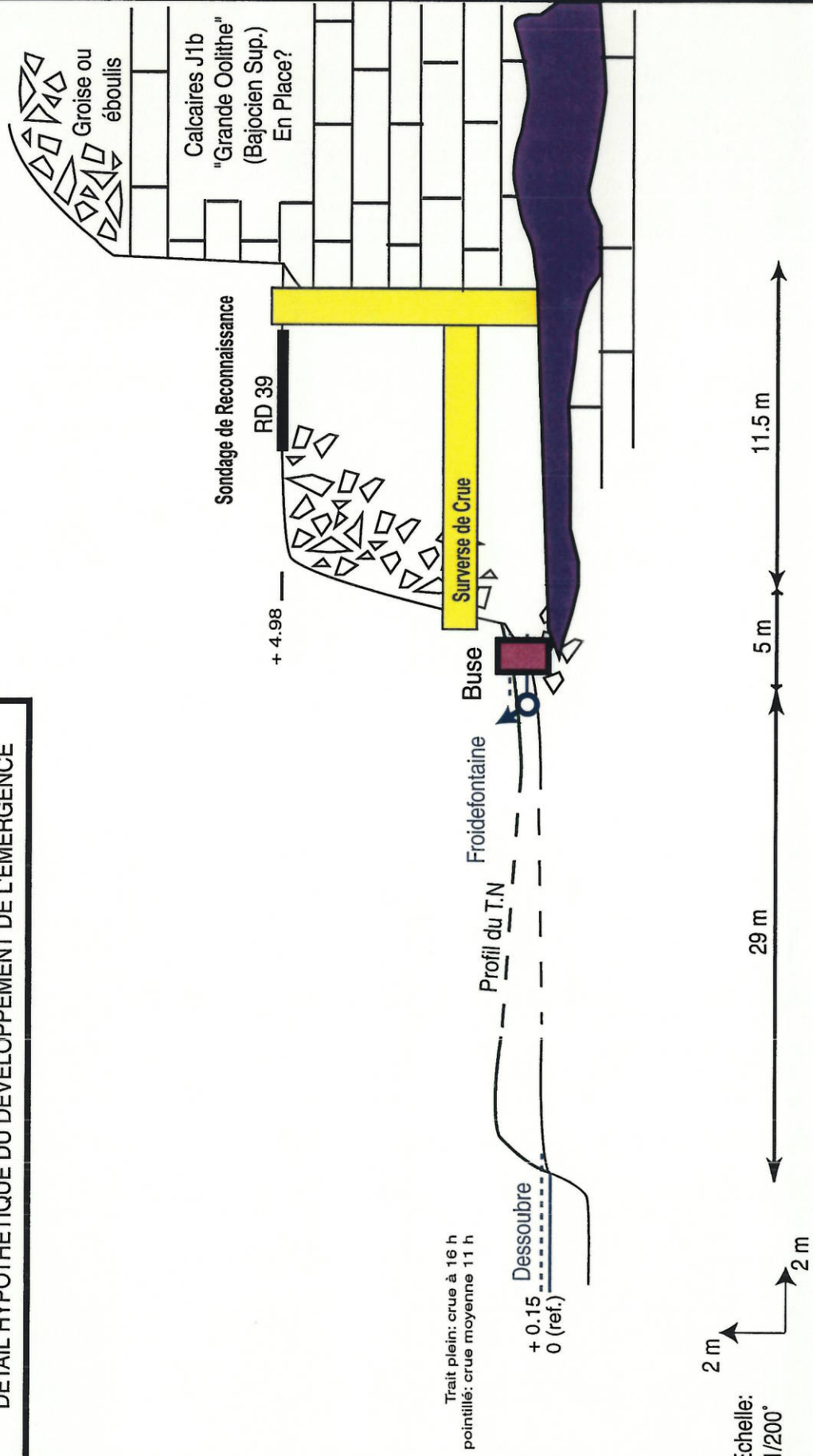
Lors de notre première investigation à la pelle mécanique, il n'avait pas été possible de toucher les calcaires du Bajocien et encore moins d'identifier une galerie active.

Le développement de cette nouvelle ressource demande obligatoirement à ce qu'elle soit isolée le plus possible d'une contamination de la route départementale 39.

Le drain principal reconnu par sondage au-delà de la RD39, l'agencement de la prise d'eau devra être réalisé entre le rocher et le bord de route.

Une surverse de crue permettant d'évacuer 3 à 4 m³/seconde du trop plein devra être installée sous la route.

SONDAGE DE RECONNAISSANCE
SOURCE DE FROIDEFONTAINE (SIVOM DE BELLEHERBE)
DETAIL HYPOTHETIQUE DU DEVELOPPEMENT DE L'EMERGENCE



CABINET REILE Pascal

ANNEXES

Laboratoire:

venue Jean, JAURES
- 69362 LYON Cedex 07
(33) 04 72 76 16 16
(33) 04 78 72 35 03

Feuille de résultat Page 1/ 1
Editée le: 15.01.98

HOPITAL MINJOZ JEAN
Lab. Bactériologie-Hygiène
Boulevard Flemming
25030 BESANCON CEDEX

RTIFICATION LSEH: 971210162

LINE.....: Eau d'alimentation - ressource
Captage Froidefontaine
Cf analyse 971210161
TRAITEMENTS : Néant

COMMUNE : Belleherbe
DEPARTEMENT: 25

LEVEMENT....: Effectué le : 8.12.97 Réceptionné le: 10.12.97
Par : VFE, DDASS 25 H
Circonstances atmos. : Temps sec couvert

Substances Extractibles au Chloroforme (S.E.C.) ..	0,24	mg/l
Vanures totaux (NF T 90-107)	< 0,010	mg/l CN-
Chlore (A.A.S.) minéralisation simple NF T90-113	< 0,2	µg/l Hg
Argent (ISO 11885)	< 0,050	mg/l B
Barium (ICP) (ISO 11885)	< 0,010	mg/l Ba
Cadmium	< 0,010	mg/l Sb
Cobalt (NF T90-119)	< 0,001	mg/l Ag
Hydrocarbures totaux	< 0,010	mg/l
Nickel (ISO 11885)	< 0,010	mg/l Ni

Le Directeur du Laboratoire
Professeur Paul Chambon



Feuille de résultat Page 2/ 3
 Editée le: 15.01.98

IDENTIFICATION LSEH: 971210161

Chlorosulfan bêta	< 20	ng/l
Endosulfan D.D.D.	< 50	ng/l
Endosulfan D.D.T.	< 50	ng/l
Endosulfan D.D.T.	< 50	ng/l
Chlorofop	< 50	ng/l
Carimol	< 50	ng/l
Polychlorobiphényles (P.C.B.)	< 100	ng/l

Acides Organophosphorés

Chlorvos	< 100	ng/l
Disinphos	< 100	ng/l
Diszinon	< 100	ng/l
Disopofos	< 100	ng/l
Disulfoton	< 100	ng/l
Disathion Méthyl	< 100	ng/l
Disalathion	< 100	ng/l
Disnitrothion	< 100	ng/l
Disathion Ethyl	< 100	ng/l

Acides Azotés : chromatographie

Imazine (NF T90-121)	< 50	ng/l
Atrazine (NF T90-121)	< 50	ng/l
Propazine (NF T90-121)	< 50	ng/l
Prometryne (NF T90-121)	< 50	ng/l
Terbutylazine (NF T90-121)	< 50	ng/l
Diéthyl-atrazine (NF T90-121)	< 50	ng/l

Hydrocarbures chlorés

1,1-Dichloréthylène (NF EN ISO 10301)	< 4	µg/l
1,1,1-Trichlorométhane (NF EN ISO 10301)	< 0.5	µg/l
1,1,1-Trichloroforme (NF EN ISO 10301)	< 0.5	µg/l
1,2-Dichloroéthane (NF EN ISO 10301)	< 20	µg/l
1,1,1-Trichloroéthane (NF EN ISO 10301)	< 0.5	µg/l
1,1,2-Trichlorure de Carbone (NF EN ISO 10301)	< 0.5	µg/l
1,1,2-Trichlorobromométhane (NF EN ISO 10301)	< 0.5	µg/l
1,1,2-Trichloréthylène (NF EN ISO 10301)	< 0.5	µg/l
1,1,2-Trichlorométhane (NF EN ISO 10301)	< 0.5	µg/l
1,1,2-Trichloréthylène (NF EN ISO 10301)	< 0.5	µg/l

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Fluoranthène (NF T90-115)	< 10	ng/l
Benzofluoranthène (NF T90-115)	< 10	ng/l
Phénanthrène (NF T90-115)	< 10	ng/l
Benzo a Pyrène (NF T90-115)	< 10	ng/l
Benzo ghi Pérylène (NF T90-115)	< 20	ng/l
Benzo i,2,3 cd Pyrène (NF T90-115)	< 20	ng/l

Le Directeur du Laboratoire
 Professeur Paul Chambon



Laboratoire:
 321 avenue Jean JAURES
 69362 LYON Cedex 07
 Tél: (33) 04 72 76 16 16
 Fax: (33) 04 78 72 35 03

Feuille de résultat Page 1/ 3
 Editée le: 15.01.98

HOPITAL MINJOZ JEAN
 Lab. Bactériologie-Hygiène
 Boulevard Flemming
 25030 BESANCON CEDEX

Section Recherche des Traces Organiques
 Laboratoire de référence, départemental et régional, agréé par le Ministère
 des Affaires Sociales, au titre du contrôle sanitaire des eaux : eaux d'ali-
 mentation, eaux minérales, eaux de baignades, eaux usées... Laboratoire agréé
 par le Ministère de l'Environnement pour les agréments du type 1,2,3,4,5,6,7 :
 sources naturelles, eaux de rejet industriels et urbains.

IDENTIFICATION LSEH: 971210161

Origine.....: Eau d'alimentation - ressource
 Captage Froidefontaine
 Cf analyse 971210162
 TRAITEMENTS : Néant
 COMMUNE : Belleherbe
 DEPARTEMENT: 25

Prelevement....: Effectué le : 8.12.97 Réceptionné le: 10.12.97
 Par : VFE, DDASS 25 H
 Circonstances atmos. : Temps sec couvert

PESTICIDES (3) - SOLVANTS CHLORES - HAP

Pesticides Organochlorés et P.C.B.

Fluraline	< 50	ng/l
C.H.alpha	< 15	ng/l
hexachlorobenzène	< 10	ng/l
C.H.béta	< 20	ng/l
Endane (H.C.H.gamma)	< 15	ng/l
C.H.delta	< 15	ng/l
Chlozoline	< 50	ng/l
heptachlore	< 15	ng/l
lindachlore	< 50	ng/l
lindrine	< 20	ng/l
tolachlor	< 50	ng/l
époxo heptachlore	< 20	ng/l
lindpet	< 50	ng/l
dosulfan alpha	< 20	ng/l
dieldrine	< 20	ng/l
D.D.E.	< 50	ng/l
drine	< 20	ng/l

BACTERIOLOGIE : PR P.PLESIAT ; EPIDEMIOLOGIE-HYGIENE : DR D.TALON

M BELLEHERBE

D.D.A.S.S

EXAMENS DU 08 12 97 a 00H 00MN
REF.712082844/C1149/1

RESULTATS DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE COMPLETE (C3)

EXAMEN PHYSIQUE

Aspect quantitatif

-Odeur.....	:		
-Saveur.....	:		
-Couleur.....	:	5	mg Pt/l
Temperature de l'eau.....	:		
Temperature de l'air.....	:		
pH.....	:	7,30	
Turbidite.....	:	3,45	NTU
Conductivite.....	:	1.068	micro Siemens/cm

ANALYSE DES GAZ

H2S(sur place).....	:	
Detection organoleptique		
O2 dissous(sur place).....	:	mg/l
Chlore residuel libre		
-sur place.....	:	mg/l
Chlore residuel total		
-sur place.....	:	mg/l

CARACTERISTIQUES GENERALES

Durete totale (DHT).....	:	28,80	degres francais	5,76	me
T.A.C.....	:	27,00	degres francais	5,4	me
Oxydabilite au MnO4K.....	:	1,24	mg/l		
(en milieu acide)					
Residu sec 180 deg C.....	:	308,4	mg/l		
Silice SiO2.....	:	3,5	mg/l		
Phosphore total.....	:	<0,1	mg/l		
exprime en P					
Fluorures F.....	:	0,04	mg/l		

ESSAI AU MARBRE

pH.....	:	7,25			
T.A.C.....	:	26,40	degres francais	5,28	me

BALANCE IONIQUE

CATIONS

Calcium Ca++.....	:	103,6	mg/l	5,15	me
Magnesium Mg++.....	:	2,8	mg/l	0,224	me
Ammonium NH4+.....	:	<0,1	mg/l	0	me
Sodium Na+.....	:	1,67	mg/l	0,071	me
Potassium K+.....	:	2,01	mg/l	0,050	me
Fer total Fe++ et Fe+++.....	:	0,12	mg/l		
Manganese Mn++.....	:	<0,01	mg/l		
Aluminium Al+++.....	:	0,18	mg/l		
Cuivre Cu.....	:	<0,01	mg/l		
Zinc Zn.....	:	0,02	mg/l		
Somme.....	:			5,49	

BACTERIOLOGIE : PR P.PLESIAT ; EPIDEMIOLOGIE-HYGIENE : DR D.TALON

M BELLEHERBE

D.D.A.S.S

EXAMENS DU 08 12 97 a 00H 00MN
REF.712082844/C1149/1

EAU ANALYSEE

Numero.....: 3628 FC
Type d'analyse.....: AEPM
Code de l'UGE.....: 18
Unite de gestion et d'exploitation : BELLEHERBE
Type d'installation.....: CAPTAGE
Code de l'installation.....:
Nom de l'installation.....: FROIDEFONTAINE
Code du point de surveillance.....:
Nom du point de surveillance.....: FROIDEFONTAINE
Type d'eau.....: B
Prelevement effectue par.....: DDASS VFE
Date du prelevement.....: 08 12 97
Heure du prelevement.....:

Type de visite.....: RP
Motif du prelevement.....: E
Adresser
Le bulletin d'analyse a ..: MAIRIE 25380 BELLEHERBE

La facturation a: MAIRIE 25380 BELLEHERBE

N.B.-Les honoraires relatifs a cette analyse sont de : 3669,25 F

RESULTATS DE L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE COMPLETE (B3)

Bacteries aerobies revivifiabiles
apres incubation 72H a 22degres: >300 /ml
apres incubation 24H a 37degres: >300 /ml
Colimetrie
Nombre de bacteries coliformes.: >300 /100ml
Nombre de bacteries coliformes
thermotolerantes : 60 /100ml
Nombre de streptocoques fecaux : 90 /100ml
Nombre de spores de bacteries
anaerobies sulfitoreductrices...: 2 /20ml
(Nbre de bacilles pyocyaniques: /100ml)

INTERPRETATION :

EAU NON CONFORME AUX NORMES BACTERIOLOGIQUES
AU MOMENT DU PRELEVEMENT

RECHERCHE DE STAPHYLOCOCCUS AUREUS ET DE SALMONELLA:NEGATIVE

Laboratoire:

321 avenue Jean JAURES
- 69362 LYON Cedex 07
Tél: (33) 04 72 76 16 16
Fax: (33) 04 78 72 35 03

Feuille de résultat Page 1/ 1
Editée le: 4.08.97

HOPITAL MINJOZ JEAN
Lab. Bactériologie-Hygiène
Boulevard Flemming
25030 BESANCON CEDEX

IDENTIFICATION LSEH: 970716176

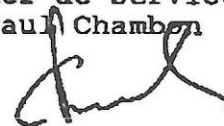
ORIGINE.....: Eau d'alimentation - ressource
Captage Froidefontaine
Cf/analyse 970716177
TRAITEMENTS : Néant

COMMUNE : Belleherbe
DEPARTEMENT: 25

ELEVEMENT...: Effectué le : 15.07.97
Par : VRE - DDASS Doubs
Circonstances atmos. : Temps sec couvert
Flaconnage LSEH

Hydrocarbures totaux	< 0,010	mg/l
Substances Extractibles au Chloroforme (S.E.C.) ..	< 0,10	mg/l
Cyanures totaux NF T90-107	< 0,010	mg/l CN-
Mercure (A.A.S.) après minéralisation à chaud	< 0,2	ug/l
Cobalt	< 0,05	mg/l B
Baryum	< 0,010	mg/l Ba
Argent	< 0,001	mg/l Ag
Nickel	< 0,010	mg/l Ni
Antimoine	< 0,010	mg/l Sb

Le Chef de Service
Pr. Paul Chambon



Feuille de résultat Page 2/ 3
 Editée le: 4.08.97

IDENTIFICATION LSEH: 970716177

Endosulfan bêta	< 20	ng/l
44' D.D.D.	< 50	ng/l
24' D.D.T.	< 50	ng/l
14' D.D.T.	< 50	ng/l
Dichlofop	< 50	ng/l
Benarimol	< 50	ng/l
Polychlorobiphényles (P.C.B.)	< 100	ng/l

Pesticides Organophosphorés

Dichlorvos.....	< 100	ng/l
levinphos.....	< 100	ng/l
Diazinon.....	< 100	ng/l
Fonofos.....	< 100	ng/l
Disulfaton.....	< 100	ng/l
Parathion Méthyl.....	< 100	ng/l
Malathion.....	< 100	ng/l
Tenitrothion.....	< 100	ng/l
Parathion Ethyl.....	< 100	ng/l

Pesticides Azotés : chromatographie

Simazine	< 50	ng/l
Atrazine	< 50	ng/L
Propazine	< 50	ng/l
Prometryne	< 50	ng/l
Terbutylazine	< 50	ng/l
Deséthyl-atrazine	< 50	ng/l

Solvants chlorés

1,1-Dichloréthylène	< 4	ug/l
Bromochlorométhane	< 0,2	ug/l
Chloroforme	< 0,2	ug/l
1,2-Dichloroéthane	< 20	ug/l
1,1,1-Trichloroéthane	< 0,2	ug/l
Tétrachlorure de Carbone	< 0,1	ug/l
Dichlorobromométhane	< 0,1	ug/l
Trichloréthylène	< 0,4	ug/l
Dibromochlorométhane	< 0,2	ug/l
Tétrachloréthylène	< 0,1	ug/l

H.A.P.: Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques

Fluoranthène NF T 90-115	< 10	ng/l
Benzo b Fluoranthène NF T 90-115	< 10	ng/l
Benzo k Fluoranthène NF T 90-115	< 10	ng/l
Benzo a Pyrène NF T 90-115	< 10	ng/l
Benzo ghi Pérylène NF T 90-115	< 20	ng/l
Indéno 1,2,3c,d Pyrène NF T 90-115	< 20	ng/l

Le Chef de Service
 Pr. Paul Chambon



Laboratoire:

321 avenue Jean JAURES

F - 69362 LYON cedex 07

Tél: (33) 04 72 76 16 17

Fax: (33) 04 78 72 35 03

IDENTIFICATION LSEH: 970716177

Feuille de résultat Page 1/ 3

Editée le: 4.08.97

HOPITAL MINJOZ JEAN

Lab. Bactériologie-Hygiène

Boulevard Flemming

25030 BESANCON CEDEX

Section Microbiologie Générale : Produits Alimentaires

Laboratoire habilité par le Ministère de la Consommation à délivrer des certificats d'analyse et de pureté relatifs à des produits alimentaires ou agricoles destinés à l'exportation.

Laboratoire habilité à effectuer des analyses de produits diététiques et de régime.

IDENTIFICATION LSEH: 970716177

RIGINE.....: Eau d'alimentation - ressource

Captage Froidefontaine

Cf/analyse 970716176

TRAITEMENTS : Néant

COMMUNE : Belleherbe

DEPARTEMENT: 25

PRELEVEMENT...: Effectué le : 15.07.97

Par : VFE - DDASS Doubs

Circonstances atmos. : Temps sec couvert

Flaconnage LSEH

PESTICIDES (3) - SOLVANTS CHLORES - HAP

Pesticides Organochlorés et P.C.B.

Trifluraline	< 50	ng/l
H.C.H.alpha	< 15	ng/l
Hexachlorobenzène	< 10	ng/l
H.C.H.béta	< 20	ng/l
Lindane (H.C.H.gamma)	< 15	ng/l
H.C.H.delta	< 15	ng/l
Vinchlozoline	< 50	ng/l
Heptachlore	< 15	ng/l
Alachlore	< 50	ng/l
Aldrine	< 20	ng/l
Métolachlor	< 50	ng/l
7 époxy heptachlore	< 20	ng/l
Folpet	< 50	ng/l
Endosulfan alpha	< 20	ng/l
Dieldrine	< 20	ng/l
44' D.D.E.	< 50	ng/l
Endrine	< 20	ng/l

Société Anonyme au Capital de 11 500 000 francs - RCS Lyon B 410545313 - SIRET 41054531300018 .../...

Siège Social: 321 avenue Jean Jaurès - F - 69362 LYON cedex 07 - Tél.: (33) 04 72 76 16 17 - Fax: (33) 04 78 72 12 11

07-08-1997 15:55

0381668914

96%

P.02

CENTRE HOSPITALIER DE BESANCON
Bld FLEMMING.

Examen du.....:15/07/97

Prélevé par.....: Melle BRIOT(VFE)

Lieu de prélèvement.....:BELLEHERBE : Froide Fontaine

unité de distribution.....:BELLEHERBE

Analyse **1ère ADDUCTION** N°:707152364(1984)

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE PARTICULIERE DU TYPE C4a

Azote kjeldhal.....: **1,4 mg/l**

Agents de surface anioniques...: **< 50 µg/l**

Indice phénol.....: **NEGATIF**

(détection organoleptique après ajout de chlore)

EXAMENS EFFECTUES AU LABORATOIRE SANTE ENVIRONNEMENT HYGIENE DE LYON:

Hydrocarbures dissous.

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE PARTICULIERE DE TYPE C4b

Plomb.....: **< 10 µg/l**

Cadmium.....: **< 0,5 µg/l**

EXAMENS EFFECTUES AU LABORATOIRE SANTE ENVIRONNEMENT HYGIENE DE LYON:

HAP.

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE TYPE C4c

Arsenic.....: **< 10 µg/l**

Chrome.....: **< 5 µg/l**

Sélénium...: **< 10 µg/l**

EXAMENS EFFECTUES AU LABORATOIRE SANTE ENVIRONNEMENT HYGIENE DE LYON:

PCB.Pesticides organo-chlorés,phosphorés,azotés.

Composés organo-halogénés volatils.

Mercure.

Cyanures totaux.

ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE TYPE C4d

EXAMENS EFFECTUES AU LABORATOIRE SANTE EVIRONNEMENT HYGIENE DE LYON:

Bore,Barium,Substances extractibles au chloroforme.

Argent,Nickel,Antimoine.

**EAU CONFORME AU MOMENT DU PRÉLÈVEMENT AUX NORMES
EN VIGUEUR POUR LES PARAMÈTRES ANALYSÉS.**

BACTERIOLOGIE : DR P.PLESIAT ; EPIDEMIOLOGIE -HYGIENE : DR D.TALON

M BELLEHERBE

D.D.A.S.S

EXAMENS DU 16 07 97 a 14H 33MN
REF.707162364/C1149/1

ANIONS

Chlorures Cl-.....	3,71	mg/l	0,104	me
Nitrites NO2-.....	<0,05	mg/l		
Nitrates NO3-.....	9,26	mg/l	0,148	me
Sulfates SO4-.....	5,94	mg/l	0,119	me
Carbonates CO3-.....	0	mg/l	0	me
Bicarbonates HCO3-.....	322,0	mg/l	5,28	me
Somme.....			5,64	

EAU DONT LES QUALITES PHYSICO-CHIMIQUES, AU MOMENT DU PRELEVEMENT,
SONT CONFORMES AUX NORMES EN VIGUEUR .

BACTERIOLOGIE : DR P.PLESAT ; EPIDEMIOLOGIE-HYGIENE : DR D.TALON

M BELLEHERBE

D.D.A.S.S

EXAMENS DU 16 07 97 a 14H 33MN

REF.707162364/C1149/1

RESULTATS DE L'ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE COMPLETE (C3)

EXAMEN PHYSIQUE

Aspect quantitatif

-Odeur.....	:		
-Saveur.....	:		
-Couleur.....	:	<5	mg Pt/l
Temperature (sur place).....	:		degres C
pH.....	:	7,37	
Turbidite.....	:	1,92	NTU
Conductivite.....	:	652	micro Siemens/cm

ANALYSE DES GAZ

H2S (sur place).....	:		
Detection organoleptique	:		
O2 dissous (sur place).....	:		mg/l
Chlore residuel libre	:		
-sur place.....	:		mg/l
Chlore residuel total	:		
-sur place.....	:		mg/l

CARACTERISTIQUES GENERALES

Durete totale (DHT).....	:	27,40	degres francais	5,48	me
T.A.C.....	:	26,40	degres francais	5,28	me
Oxydabilite au MnO4K.....	:	1,56	mg/l		
(en milieu acide)	:				
Residu sec 180 deg C.....	:	275,2	mg/l		
Silice SiO2.....	:	3	mg/l		
Phosphore total.....	:	0,38	mg/l		
exprime en P	:				
Fluorures F.....	:	0,036	mg/l		

ESSAI AU MARBRE

pH.....	:	7,39			
T.A.C.....	:	27,60	degres francais	5,52	me

BALANCE IONIQUE

CATIONS

Calcium Ca++.....	:	98,6	mg/l	4,93	me
Magnesium Mg++.....	:	0,2	mg/l	0,020	me
Ammonium NH4+.....	:	0,2	mg/l		me
Sodium Na+.....	:	1,51	mg/l	0,064	me
Potassium K+.....	:	1,91	mg/l	0,047	me
Fer total Fe++ et Fe+++.....	:	0,057	mg/l		
Manganese Mn++.....	:	<0,01	mg/l		
Aluminium Al+++.....	:	0,09	mg/l		
Cuivre Cu.....	:	<0,01	mg/l		
Zinc Zn.....	:	<0,02	mg/l		
Somme.....	:			5,05	

BACTERIOLOGIE : DR P.PLESIAT ; EPIDEMIOLOGIE-HYGIENE : DR D.TALON
PARASITOLOGIE-MYCOLOGIE : DR R.PIARROUX

M BELLEHERBE

D.D.A.S.S

FROIDFONTAINE

LE MAJOR - RUL DE DOLE
25000 BESANCON-TEL0381 65 58 00

EXAMENS DU 16 07 97 a 14H 33MN
REF.707162364/C1149/1

Le 22 07 97

EAU ANALYSEE

Numero.....: 1984 CR
Type d'analyse.....: 1ERE ADDUCTION
Code de l'UGE.....:
Unite de gestion et d'exploitation : BELLEHERBE
Type d'installation.....:
Code de l'installation.....:
Nom de l'installation.....:
Code du point de surveillance.....:
Nom du point de surveillance.....: FROIDFONTAINE
Type d'eau.....: EAU BRUTE SOUTERRAINE
Prelevement effectue par.....: VFE
Date du prelevement.....: 15/07/97
Heure du prelevement.....:

Adresser

Le bulletin d'analyse a .. DDASS RUE DE DOLE BESANCON

La facturation a: MAIRIE - 25390 BELLEHERBE

N.B.-Les honoraires relatifs a cette analyse sont de : 3.669 F 25

RESULTATS DE L'ANALYSE BACTERIOLOGIQUE COMPLETE (B3)

Bacteries aerobies revivifiables
apres incubation 72H a 22degres: >300 /ml
apres incubation 24H a 37degres: >300 /ml
Colimetric
Nombre de bacteries coliformes.: >300 /100ml
Nombre de bacteries coliformes
thermotolerantes : 200 /100ml
Nombre de streptocoques fecaux : >300 /100ml
Nombre de spores de bacteries
anaerobies sulfitoréductrices...: 0 /20ml
(Nbre de bacilles pyocyaniques: /100ml)

INTERPRETATION :

EAU NON CONFORME AUX NORMES BACTERIOLOGIQUES
AU MOMENT DU PRELEVEMENT

RAPPORT D'ESSAI
N° 208/1

Page 2/2

RÉSULTAT DES ESSAIS

Désignation Echantillon	()	Paramètre	Résultat	Expression du Résultat	(norme, instruction)	Incertitude
EAU DE SOURCE		D.B.O 5	1,0	mg/l d'O2	NF EN 1899-1	
		D.C.O	4,10	mg/l d'O2	NF T 90 101	
		Ammonium	<0,05	mg/l		
		Nitrites	0,03	mg/l	NF N 26777	
		Nitrates	9,83	mg/l	T90-045	
		Phosphates	<0,1	mg/l		
		Conductivité à 25 °C	475	μS/cm	NF EN 27888	

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE BESANCON
HOPITAL Jean MINJOZ Bd Fleming 25000 BESANCON
Service de Bactériologie
Laboratoire des Eaux : Pr PLESIAT
Secrétariat : 03.81.66.82.86

FROIDEFONTAINE Source

M. EXT. INDETERMINEE

N° de No 1999085850 du 26/07/99-15:35
N° de séjour :

Edité le 29/07/99-14:28 Page 2/2
Compte-Rendu : COMPLET

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE (B3)

TECHNIQUE PAR FILTRATION

Formes totaux	>300	UFC/100ml
Formes thermotolérants	52	UFC/100ml
Microcoques	25	UFC/100ml

Recherche de bactéries aérobies revivifiables

Après incubation 24H à 37°C	160	UFC/ml
Après incubation 72H à 22°C	>300	UFC/ml

Recherche de bactéries anaérobies

Putrifactorielles	1	UFC/20ml
-------------------------	---	----------

Pr PLESIAT

Dr DUPONT

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE BESANCON

HOPITAL Jean MINJOZ Bd Fleming 25000 BESANCON

Service de Bactériologie

Laboratoire des Eaux : Pr PLESIAT

Secrétariat : 03.81.66.82.86

YM. EXT. INDETERMINEE

FROIDFONTAINE Source

Ande No 1999085850 du 26/07/99-15:35
uméro de séjour :

Edité le 29/07/99-14:28 Page 1/2
Compte-Rendu : COMPLET

ANALYSE D'EAU

Type d'analyse	B3
Unité de gestion et d'exploitation	FROIDFONTAINE
Localisation du PSV	SOURCE
Type d'eau	NT
Prélèvement effectué par	CABINET REILE PASCAL
Date du prélèvement	26/07/1999
Heure du prélèvement	12H45
Motif du prélèvement	ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

Destinataire(s) de l'analyse :

Prix de l'analyse : 335.20 FF 51.10 Euro

NE PAS REGLER LE MONTANT DE CETTE ANALYSE AVANT RECEPTION DE LA FACTURE.

Pr PLESIAT

Dr DUPONT

RAPPORT D'ESSAI

N° 187/2

Page 1/2

UNIVERSITE DE FRANCHE-COMTE

LABORATOIRE DE CHIMIE DES EAUX

UFR SCIENCES ET TECHNIQUES

32, Rue Mégevand
25000 BESANCON

Téléphone : 03 81 66 51 44

Télécopie : 03 81 66 51 45

Besançon, le 19 Juillet 1999

GEOLOGIE DE RECONNAISSANCE

Mr REILE Pascal

Place Courbet

25290 ORNANS

Origine Echantillon: FROIDEFONTAINE

N° Commande Client:

Commande Passée Par: P.REILE

Date et Heure Prélèvement: 06/07/99 À 12H

Date Réception échantillon: 06/07/99

Nombre d'échantillons: 1

☐
☐

Annexe
Réserve

Date et Heure Analyse:

Observations:

La reproduction de ce rapport d'essai n'est autorisée que sous sa forme intégrale, il comporte 2 pages. Il ne peut être reproduit sans l'accord du Directeur du Laboratoire.

Approuvé par:

Validé par

Le Directeur du Laboratoire

M. EUVRARD/A. VIDONNE

Professeur F.REMY



Laboratoire agréé par le Ministère chargé de l'Environnement
au titre de l'année 1999 pour les Agréments 1,3,4,6.

Le Laboratoire de Chimie des Eaux

vous communique

ses nouvelles coordonnées

☎ 03.81.66.51.44

fax 03.81.66.51.45

RAPPORT D'ESSAI

N° 187/2

Page 2/2

RÉSULTAT DES ESSAIS

Désignation Echantillon	()	Paramètre	Résultat	Expression du Résultat	(norme, instruction)	Incertitude
Eau brute source		MEST	10,8	mg/l	NF EN 872	
		Nitrites	<0,02	mg/l	NF N 26777	
		Nitrates	10,1	mg/l	T90-045	
		Azote ammoniacal par d	0,67	mg/l		
		Azote Kjeldahl	1,34	mg/l	NF EN 25663	
		Turbidité	10,4	NTU		

0,67 mg/l Azote organique

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE BESANCON

HOPITAL Jean MINJOZ Bd Fleming 25000 BESANCON

Service de Bactériologie

Laboratoire des Eaux : Pr PLESIAT

Secrétariat : 03.81.66.82.86

DEM. EXT. INDETERMINEE

FROIDEFONTAINE Source

Demande No 1999085850 du 26/07/99-15:35
Néro de séjour :

Edité le 29/07/99-14:28 Page 1/2
Compte-Rendu : **COMPLET**

ANALYSE D'EAU

Type d'analyse	B3
Unité de gestion et d'exploitation	FROIDEFONTAINE
Localisation du PSV	SOURCE
Type d'eau	NT
Prélèvement effectué par	CABINET REILE PASCAL
Date du prélèvement	26/07/1999
Heure du prélèvement	12H45
Motif du prélèvement	ETUDE HYDROGEOLOGIQUE

Destinataire(s) de l'analyse :

Prix de l'analyse : 335.20 FF 51.10 Euro

NE PAS REGLER LE MONTANT DE CETTE ANALYSE AVANT RECEPTION DE LA FACTURE.

Pr PLESIAT

Dr DUPONT

CENTRE HOSPITALIER UNIVERSITAIRE DE BESANCON

HOPITAL Jean MINJOZ Bd Fleming 25000 BESANCON

Service de Bactériologie

Laboratoire des Eaux : Pr PLESIAT

Secrétariat : 03.81.66.82.86

DEM. EXT. INDETERMINEE

FROIDFONTAINE Source

Demande No 1999085850 du 26/07/99-15:35
numéro de séjour :

Edité le 29/07/99-14:28 Page 2/2
Compte-Rendu : **COMPLET**

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE (B3)

TECHNIQUE PAR FILTRATION

Coliformes totaux	>300	UFC/100ml
Coliformes thermotolérants	52	UFC/100ml
Entérocoques	25	UFC/100ml

Recherche de bactéries aérobies revivifiables		
après incubation 24H à 37°C	160	UFC/ml
après incubation 72H à 22°C	>300	UFC/ml

Recherche de bactéries anaérobies		
sulfitoréductrices	1	UFC/20ml

Pr PLESIAT

Dr DUPONT

Besançon le : 20 octobre 99

POUR AFFICHAGE

Ministère de l'emploi et de la solidarité

Contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine

DIRECTION DEPARTEMENTALE DES
AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES
DU DOUBS



MAIRIE DE VAUCLUSE

MONSIEUR LE MAIRE

25380 VAUCLUSE

N° de prélèvement : 00012571

Unité de Gestion : SIVOM DE BELLEHERBE

Installation : CAP FROIDEFONTAINE

Commune : VAUCLUSE

Point de surveillance : FROIDEFONTAINE

BAS DU REGARD

prélevé le : **Mardi 29 Juin 1999**

par : V FEBVRE

Résultats

Limites de qualité
inférieures | supérieures

Résultats des mesures de terrain

- pH à 20°C

7,43 unitépH

Références et résultats de l'analyse laboratoire

LABORATOIRE DE L'HOPITAL JEAN MINJOZ, BESANCON

001999075290

P1

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

- Bact. aér. revivifiables à 22°-72h
- Bact. aér. revivifiables à 37°-24h
- Coliformes totaux /100ml-MS
- Coliformes thermotolérants/100ml-MS
- Streptocoques fécaux /100ml-MS
- Spores bact.anaér.sulfito-réd./20ml

>300 n/ml

>300 n/ml

>300 n/100ml

37 n/100ml

9 n/100ml

2 n/20ml

20000

10000

CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES

- Turbidité néphélométrique
- Couleur (0=r.a.s.,sinon =1,cf comm.
- Odeur Saveur (0=r.a.s.,sinon =1,cf

1,51 NTU

0 qualit.

0 qualit.

INFORMATION DU PUBLIC : les résultats du contrôle sanitaire doivent être affichés dans les 2 jours après réception (art. 2 du décret 94-841).

Service Santé Environnement 83, Rue de Dole 25000 Besançon - Téléphone 03 81 41 18 30 - Télécopie 03 81 41 33 55

101999075290

P1

EQUILIBRE CALCO-CARBONIQUE

- Titre hydrotimétrique

22,8 °F

MINERALISATION

- Conductivité à 25°C

545 µS/cm

PARAMETRE AZOTES ET PHOSPHORES

- Ammonium (en NH₄)

<0,15 mg/l

4

- Nitrites (en NO₂)

<0,1 mg/l

- Nitrates (en NO₃)

13,05 mg/l

100

OXYGENE ET MATIERES ORGANIQUES

- Oxydab. KMnO₄ en mil. ac. à chaud

4,8 mg/l O₂

10

Conclusion sanitaire

Eau brute utilisée pour la production d'eau
d'alimentation conforme aux normes en
vigueur pour l'ensemble des paramètres
mesurés sous réserve de la mise en place
d'un traitement de désinfection.

Pour le Directeur,
L'Ingénieur D'Etudes Sanitaires

Sandrine ALLAIRE

Besançon le : 20 octobre 99

POUR AFFICHAGE

Ministère de l'emploi et de la solidarité

Contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine

DIRECTION DEPARTEMENTALE DES
AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES
DU DOUBS



MAIRIE DE VAUCLUSE

MONSIEUR LE MAIRE

25380 VAUCLUSE

le du prélèvement : 00013049

Unité de Gestion : SIVOM DE BELLEHERBE

Installation : CAP FROIDEFONTAINE

Commune : VAUCLUSE

Point de surveillance : FROIDEFONTAINE

CAPTAGE (TROP PLEIN)

prélevé le : **Lundi 09 Août 1999**

par : SEBASTIEN UNGER

Résultats des mesures de terrain

- pH à 20°C

7,33 unitépH

6,5

9

Références et résultats de l'analyse laboratoire

LABORATOIRE DE L'HOPITAL JEAN MINJOZ, BESANCON

001999091513

P1

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

- Bact. aér. revivifiables à 22°-72h
- Bact. aér. revivifiables à 37°-24h
- Coliformes totaux /100ml-MS
- Coliformes thermotolérants/100ml-MS
- Streptocoques fécaux /100ml-MS
- Spores bact.anaér.sulfito-réd./20ml

>300 n/ml

>300 n/ml

>300 n/100ml

200 n/100ml

>300 n/100ml

4 n/20ml

0

0

0

1

CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES

- Turbidité néphélométrique
- Couleur (0=r.a.s.,sinon =1,cf comm.
- Odeur Saveur (0=r.a.s.,sinon =1,cf

3,11 NTU

0 qualit.

0 qualit.

2

INFORMATION DU PUBLIC : les résultats du contrôle sanitaire doivent être affichés dans les 2 jours après réception (art. 2 du décret 94-841).

Service Santé Environnement 83, Rue de Dole 25000 Besançon - Téléphone 03 81 41 18 30 - Télécopie 03 81 41 33 55

001999091513

P1

EQUILIBRE CALCO-CARBONIQUE

- Titre hydrotimétrique

24,2 °F

MINERALISATION

- Conductivité à 25°C

523 µS/cm

ARAMETRE AZOTES ET PHOSPHORES

- Ammonium (en NH₄)

0,16 mg/l

0,5

- Nitrites (en NO₂)

<0,1 mg/l

0,1

- Nitrates (en NO₃)

10,87 mg/l

50

OXYGENE ET MATIERES ORGANIQUES

- Oxydab. KMnO₄ en mil. ac. à chaud

1,09 mg/l O₂

5

Pour le Directeur,
L'Ingénieur D'Etudes Sanitaires

Sandrine ALLAIRE

Besançon le : 20 octobre 99

POUR AFFICHAGE

Ministère de l'emploi et de la solidarité

Contrôle sanitaire des eaux destinées à la consommation humaine

DIRECTION DEPARTEMENTALE DES
AFFAIRES SANITAIRES ET SOCIALES
DU DOUBS



MAIRIE DE VAUCLUSE

MONSIEUR LE MAIRE

25380 VAUCLUSE

de du prélèvement : 00013503

Unité de Gestion : SIVOM DE BELLEHERBE

Installation : CAP FROIDEFONTAINE

Commune : VAUCLUSE

Int de surveillance : FROIDEFONTAINE
SOURCE

prélevé le : **Lundi 20 Septembre 1999**

par : V FEBVRE

Résultats

Limites de qualité
inférieures | supérieures

Résultats des mesures de terrain

- pH à 20°C
- Température de l'eau

7,48 unitépH
9 °C

25

Références et résultats de l'analyse laboratoire

LABORATOIRE DE L'HOPITAL JEAN MINJOZ, BESANCON

000001999108268

P1

PARAMETRES MICROBIOLOGIQUES

- Bact. aér. revivifiables à 22°-72h
- Bact. aér. revivifiables à 37°-24h
- Coliformes totaux /100ml-MS
- Coliformes thermotolérants/100ml-MS
- Streptocoques fécaux /100ml-MS
- Spores bact.anaér.sulfito-réd./20ml

70 n/ml
40 n/ml
45 n/100ml
24 n/100ml
12 n/100ml
5 n/20ml

20000
10000

CHARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES

- Turbidité néphélométrique
- Couleur (0=r.a.s., sinon =1,cf comm.

0,91 NTU
0 qualit.

INFORMATION DU PUBLIC : les résultats du contrôle sanitaire doivent être affichés dans les 2 jours après réception (art. 2 du décret 94-841).

Service Santé Environnement 83, Rue de Dole 25000 Besançon - Téléphone 03 81 41 18 30 - Télécopie 03 81 41 33 55

rendances et résultats de l'analyse laboratoire

LABORATOIRE DE L'HOPITAL JEAN MINJOZ, BESANCON

001999108268

P1

CARACTERISTIQUES ORGANOLEPTIQUES

- Odeur Saveur (0=r.a.s.,sinon =1,cf

0 qualit.

EQUILIBRE CALCO-CARBONIQUE

- Titre hydrotimétrique

26,4 °F

MINERALISATION

- Conductivité à 25°C

536 µS/cm

ARAMETRE AZOTES ET PHOSPHORES

- Ammonium (en NH4)

<0,15 mg/l

4

- Nitrites (en NO2)

<0,1 mg/l

- Nitrates (en NO3)

10,28 mg/l

100

OXYGENE ET MATIERES ORGANIQUES

- Oxydab. KMnO4 en mil. ac. à chaud

1,22 mg/l O2

10

Conclusion sanitaire

EAU CONFORME (Décret N°89-3 du 3 janvier 1989 modifié).

 L'eau prélevée respecte les exigences réglementaires pour une eau
brute destinée à l'alimentation humaine après traitement de
infection.

 Pour le Directeur,
L'Ingénieur D'Etudes Sanitaires

Sandrine ALLAIRE

LANDRESSE : Lieu dit Le Beüe	Lors du creusement d'un puits perdu chez Ms Henriët, il s'est crée un effondrement de 11 mètres, qui a été rebouché par des blocs calcaires métriques.. Il se trouve qu'a cet endroit, la carte géologique indique le passage d'une faille importante N10.	2 KG de FLUO	20 04 99	temps ensoleillé, situation de décrue suites à la longue période de hautes eaux de l'hivers 1998-99	- Captages A.E.P de Colonneau et de Nardal-de Landresse de Beiche Reverotte: Source de Martinvaux - Puits de la Doye - Captage A.E.P de La Sommette Sce de Creuse	Positif sur charbons actifs à la Source Noire à partir du 24 avril, soit 10 Km en 10 jours	V: 41 m/h Transit rapide au travers de l'aquifère, caractéristique d'un transfert par des drains bien développés (drain collecteur).	Cabinet REILE
LAVIRON : Perte des égouts	Les eaux usées de Laviron sont traitées dans une lagune située au fond du talweg, à l'est du village. Elle rejoignent ensuite le cours d'un ruisseau situé sur l'oxfordien mameux. Ce ruisseau, à sec en étiage, vient se perdre au pied d'une butte marno-calcaire du Rauracien une dizaine de mètres après l'exutoire de la lagune de Laviron.	4 kg de RHODA	20 04 99	temps ensoleillé, situation de décrue suites à la longue période de hautes eaux de l'hivers 1998-99	Source Noire Ruisseau de Voyer - Ruisseau du Dart - (Sancey)	Non constatée	Ce tracage est antérieur à celui de la décharge de la Violette. Situé dans le même compartiment, ces pertes sont probablement en relation avec les Trois Pucelles	Cabinet REILE
LA SOMMETTE : Tracage du village	Derrière le village, dans une doline perte située devant le Château d'eau.	1 KG de FLUO +20 000 L d'eau	31 05 96	Période de Basses eaux	1 - Résurgence de la grotte St Régis 2 - Sce Carrée 3 - Ruisseau de La Sommette 4 - Captage A.E.P de	Positif sur eau Le 03-06-96 à Plainmont Le 07-06-96 au lavoir (St Régis),	14 mètres par heures pour atteindre le captage de Plainmont, 6 m.h⁻¹ Pour la source du Lavoir. La forme de la courbe de restitution est étirée, sans pic de forte concentration. Ceci correspond à un transit dans un milieu fissural, avant le transfert par le réseau karstique plus développé de Plainmont.	Cabinet REILE
LA SOMMETTE : perte du décanteur	Au niveau de l'exutoire du décanteur du cimetière	1 kg de RHODA +16 000 L d'eau	31 05 96	Période de Basses eaux	Plainmont 5 - Source du Val 6 - Grotte de la source de la Reverotte	Positif sur eau, ruisseau de la Sommette.	La réapparition a donc eu lieu au niveau des sources qui surplombent la route descendant à la source de Plainmont. Le résultat de ce tracage montre l'origine des faibles émergences, situées souvent très haut dans les versants de la vallée : elles drainent de la bordure du plateau.	Cabinet REILE
LA SOMMETTE : Tracage des Prés d'Anjoux	Dans une doline située en bordure de la CD 31 (ancienne loge).	1 kg de RHODA +15 000 L d'eau	09 04 97	Basses eaux	1 - Résurgence de la grotte St Régis 2 - Sce Carrée 3 - Ruisseau de La Sommette 4 - Captage A.E.P de Plainmont 5 - Source du Val 6 - Grotte source de la	Positif sur eau le 23-04-99 à la grotte, de la Reverotte, Réapparition tardive à Plainmont le 25 05	Vitesse relative à la source de la Reverotte : 3 m.h⁻¹. Cette lenteur peut être expliquée par la combinaison d'un transfert en milieu fissural et d'une situation de très basse eaux. Vitesse relative à la source de la Reverotte : 0.8 m.h⁻¹. La réapparition du traceur à deux exutoires, avec des vitesses de transit bien différentes montre une anastomose différents aquifères du plateau. Le caractère tardif de la réapparition à Plainmont s'explique par un lieu d'injection, les Prés d'Anjoux, en bordure de bassin versant.	Cabinet REILE
LA SOMMETTE : Tracage des Combouillots	Doline perte, à mi-chemin entre Les Combouillots et Le Chevreux (doline coté 686).	2 kg de FLUO +15 000 L d'eau	09 04 97	Basses eaux	Reverotte	Non constatée	Il faut associer cette non-réapparition à la situation hydrique du moment, pouvant piéger le colorant dans un drain jusqu'à la vidange suivante.	Cabinet REILE
VAUCLUSE : Plaine d'Antier	Sur des champs communaux surplombant les villages de Vaucluse et de Cours St Maurice	1 kg de FLUO + 9000 L d'eau	29 10 98	Forte crue, précipitations importantes durant l'injection.	Sce de Vaucluse Source Côte Monsieur Sce Raie de Nobey Sce Cui de Chenaud Sce Derrière Bauchet Sces Frémondans	Positif sur eau au captage de Cours St Maurice. Réapparition tardive sur les sources de Vaucluses.	La coloration a été réalisée en limite de bassins entre les deux systèmes (limite diffuse). Les vitesses compte tenu de l'infiltration difficile sont assez rapides et correspondent à un drainage de type interstrate avec un karst peu développé.	Cabinet REILE
VILLERS LA COMBE : Perte des egouts	Les eaux usées de Villers-la-Combe sont en partie rejetées dans une diaciase au milieu des pâtures situées au nord du village.	3 kg de RHODA	27 10 98	hautes eaux, suite à une longue période pluvieuse (karst saturé).	Source de Creuse, Burin 1 et 2, Haut-Fourneau. Reverotte(Plainmont puits de la Doye Sce Martinvaux). Colonneau, Nardal, Landresse et Beiche	Non constatée	De nouvelles données nous permettent de penser que ce compartiment dogger est drainé par la Source Noire (Cusance), non surveillée lors de ce tracage.	Cabinet REILE

ANNEXE 1 : TRAVAUX DE TRACAGE SUR LES PLATEAUX DE PIERRFONTAINE LES VARANS - BELLEHERBE

Lieu d'injection	Situation	Injection	Date	Conditions lors de l'injection	Sites surveillés	Site de Reapparition	Hydrodynamique de l'aquifère, vitesse de transit	Auteurs
BELLEHERBE: Perte de la station d'épuration	située en contrebas du village, dans le prolongement de la vallée de Vaucluse	FLUO	10 11 79			Captage de Moulinot	V: 213 m/h	CPEPESC
CHAMESEY : Exutoire de la station d'épuration	Perte dans une faille située dans les calcaires du Séquanien	FLUO	23 01 80 28 03 80			BRETENVILLERS : Source du Val		DDASS SRAE
CHARMOILLE : Perte des égouts			28 11 79 06 12 79			Captage de Moulinot	V: 24 m/h V: 30 m/h	DDASS DDASS
CHARMOILLE : La Charbonnière	Relief dominant le village de Vaucluse (au Sud) en limite entre la combe marneuse du Séquanien et les calcaires du Kimméridgien. Doine ouverte, calcaires affleurant.	1 Kg de FLUO + 9000 L d'eau	29 10 98	Forte crue, précipitations importantes durant l'injection.	Sce de Vaucluse Source Monsieur Sce Raie de Nobey Sce Cul de Chenaud Sce Derrière Bauchet Sces Frémondans Sce de Froidefontaine Ruisseau de Varin	Le colorant est réapparu au niveau de la source de Froidefontaine de manière diluée, mais décelable sur les fluocapteurs.	Le colorant injecté dans les calcaires du Kimméridgien est réapparu au niveau de la source de Froidefontaine, résurgence importante de l'aquifère Jurassique moyen. Il existe donc des relations entre les deux aquifères par l'intermédiaire de failles majeures et suppose un bassin d'alimentation complexe pour cette source de Froidefontaine dont la dynamique est très peu connue à l'heure actuelle.	Cabinet REILE
CHARMOILLE : Tuilerie	Au nord du village du village de Charmoille dans une doline importante (lieu dit « la Tuilerie »).	RHODA	16 06 98	Forte crue, précipitations importantes durant l'injection.	Sces de Vaucluse Source Côte Monsieur Sce Raie de Nobey Sce Cul de Chenaud	Raie de Nobey le 24/06 et le 01/07 sur charbon actif	circulation lente, diffuse dans les formations du réservoir avant d'atteindre l'exutoire	Cabinet REILE
CHARMOILLE : Décharge	Injection dans le fond de la carrière avec une infiltration rapide du colorant dans la roche fissurée	2 kg de FLUO + 6000 L d'eau	16 06 98	temps pluvieux, légère crue	Sce Derrière Bauchet Sces Frémondans	Positif sur eau à la Raie de Nobey et sur la source de la Côte Monsieur	Pas de réapparition à l'œil nu aux sources, malgré une distance très faible (qq dizaines de mètres). Capture possible par un autre aquifère (plus profond)	Cabinet REILE
COURTETAÏN ET SALANS : Perte du moulin de Salans		2 KG de FLUO	09 06 79	Temps sec		CUSANCE Source Noire		GS Alsace
EYSSON : Tracage des Effluents	Le réseau d'égout unitaire d'Eysson est rejeté dans un puits perdu situé sur la faille Eysson - Villers Chief.	1 kg de RHODA + 5000 L d'eau	19 08 98	Temps ensoleillé, étiage important.	1 - Source de Creuse 2 - Résurgence du Haut - Fourneau.	Sur charbons actifs aux sources des Burtins le 25 Sept	Vitesse relative: 60 mètres/jours (2.5 m.h ⁻¹). Vitesse lente en raison de la situation d'étiage, et d'un transit en milieu fissuré	Cabinet REILE
GERMEFONTAINE: Tracage de la Fraïte	Au lieu dit la Fraïte, à l'est de Germéfontaine, une faille de décrochement N 10 met au regard les marnes de l'Oxfordien, avec les calcaires jurassiques supérieurs. Cette faille est matérialisée par un alignement de ponors.	2 KG de FLUO + 8000 L d'eau	19 08 98	Temps ensoleillé, étiage important.	3 - Les deux source pérennes situées sous le coteau des Burtins (Burtin1 et Burtin 2) 4 - Bassin de rétention du Moulin de Creuse	Sur fluocapteurs à la source de Creuse le 25 Septembre	Vitesse relative: 110 mètres/jours (4.5 m.h ⁻¹) Transit très lent, suite a une rétention dans les vides karstiques (période d'étiage), et une rétention dans la partie noyée de l'aquifère (Creuse étant une source vauclusienne)	Cabinet REILE
GERMEFONTAINE: Perte du ruisseau	Une petite source domine le lavoir de Germéfontaine. Canalisée, elle traverse la place du village, et la D20 en souterrain, puis se perd dans une grande doline à l'entrée du village.	4 KG de FLUO	27 10 98	Crue suite à de fortes pluies.	Source de Creuse, Burtin 1 et 2, Haut Fourneau Vallée de la Reverotte (Plainmont, Puits de la Doye, Sce Reverotte) Colonneau, Nardal, Landresse et Beiche	Constatée de façon visuelle à la source de Creuse le 28/10/98	Vitesse relative: 200 m.h ⁻¹ . Malgré la situation de crue, la vitesse de réapparition de la fluoresceïne à la source de Creuse est très rapide. Ce tracage met donc en évidence une relation directe entre la perte d'injection, et l'exurgence de Creuse, résurgence du ruisseau de Germéfontaine.	Cabinet REILE
GRANDFONTAINE SUR CREUSE: Pertes des égouts		3 KG de FLUO	06 79	Crue		LORAY: Puits de la Doye- Sce Reverotte		GSD - CPESC
PIERREFONTAINE LES VARANS : Bois des Epesses		3 KG de FLUO	11 02 76	Sec		Vallée de la Reverotte (Val-Doye	V: 8 à 10 m/h	UNIVERSITE
PIERREFONTAINE LES VARANS : Pertes de la laiterie		2 KG de FLUO	12 03 76	Pluies		Sce Reverotte- Plainmont)		SRAE