

**SYNDICAT MIXTE D'ETUDE POUR L'AMENAGEMENT DU BASSIN
DE LA SAONE ET DU DOUBS**

**AGENCE DE L'EAU RHONE-MEDITERRANEE-CORSE
CONSEIL REGIONAL DE FRANCHE-COMTE
CONSEIL GENERAL DU DOUBS**

Etude hydrogéologique et géophysique
Pertes du Doubs
à l'aval de Pontarlier (25)

HORIZON
Division Lyon Sud-Est
Ferme de la Croix
BP 69
38090 VILLEFONTAINE

avec le suivi technique de
la **DIRECTION REGIONALE
DE L'ENVIRONNEMENT DE
FRANCHE-COMTE**

Etude N° 4305
Octobre 1993-Novembre 1994

Sommaire

I	PREAMBULE	page 1
II	BUT DE L'ETUDE - MOYENS MIS EN OEUVRE	page 1
III	CONTEXTE GEOLOGIQUE	page 2
	III.1 - SERIE LITHOSTRATIGRAPHIQUE	page 2
	III.2 - IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES	page 3
	III.3 - APERÇU STRUCTURAL	page 4
	III.4 - PERTES IDENTIFIEES	page 5
IV	PROSPECTION GEOPHYSIQUE - PRINCIPES DES METHODES UTILISEES	page 6
	IV.1 - ELECTROMAGNETISME EM31 - EM34	page 6
	IV.2 - LES MESURES DE POLARISATION SPONTANEE (PS)	page 8
	IV.3 - MISE EN OEUVRE DE LA PROSPECTION MICROGRAVIMETRIQUE	page 9
V	PROSPECTION GEOPHYSIQUE - RECONNAISSANCE GENERALE DU SITE EM31	page 11
	V.1 - RESULTATS GENERAUX	page 11
	V.2 - RESULTATS	page 12
	V.3 - REMARQUES	page 12
VI	PROSPECTION GEOPHYSIQUE TEST PREALABLE SUR LA ZONE DU GROS FOYARD	page 13
	VI.1 - MESURES DE LA POLARISATION SPONTANEE PS - ELECTROFILTRATION	page 13
	VI.2 - PROSPECTION EM34	page 14
VII	PROSPECTION GEOPHYSIQUE COMPLEMENTAIRE	page 15
	VII.1 -GENERALITES	page 15
	VII.2 -ELECTROFILTRATION	page 15
	VII.3 -PROSPECTION MICROGRAVIMETRIQUE	page 18
VIII	CONCLUSIONS	page 22

FIGURES

4305-01	Carte de situation générale
4305-02	Carte d'implantation générale des mesures
4305-03	Echelle lithostratigraphique
4305-04 a, b et c	Esquisse géologique
4305-05 a, b et c	Coupes géologiques
4305-06	Profils d'électromagnétisme EM31 - Rive droite et rive gauche
4305-07a	Implantation et résultats des mesures - Amont du Pont d'Arçon
4305-07b	Implantation et résultats des mesures - Aval du Pont d'Arçon
4305-07c	Implantation et résultats des mesures - Zone test du Gros Foyard
4305-07 d et d'	Implantation et résultats des mesures - Aval zone test P5200 à 6200
4305-07 e et e'	Implantation et résultats des mesures - Amont du Pont de Maison du Bois
4305-07 f	Implantation et résultats des mesures - Aval du Pont de Maison du Bois
4305-07 g et g'	Implantation et résultats des mesures - Zone de Loie du Dessus, Loie du Milieu, Loie du Mourey
4305-07 h et h'	Implantation et résultats des mesures - Zone de Mont Benoît
4305-07 i et i'	Implantation et résultats des mesures - Zone de Ville du Pont
4305-08 a et b	Implantation et résultats des mesures microgravimétriques - Zone du Gros Foyard
4305-09 a et b	Implantation et résultats des mesures microgravimétriques - Zone de Nangein
4305-10 a et b	Implantation et résultats des mesures microgravimétriques - Zone de Loie du Dessus

I - PREAMBULE

A la demande de la DIREN Franche Comté et pour le compte du Syndicat Mixte d'Etude pour l'Aménagement de la Saône et du Doubs, HORIZONS S.A. a réalisé une étude à l'aval de Pontarlier, entre le "Zillon" et Ville-du-Pont (figure 4305-01).

Les mesures de terrain ont été réalisées par :

- Mademoiselle AVEDIK, Ingénieur Géologue (mesures d'électromagnétisme)
- Monsieur LEFEBVRE, Ingénieur Géologue (mesures d'électrofiltration)
- Monsieur PRAT, Technicien géophysicien (microgravimétrie).

Leur interprétation a été assurée par Monsieur LEFEBVRE (électrofiltration et électromagnétisme) et Monsieur BARON (microgravimétrie) sous la supervision de Monsieur LENCLUD, Ingénieur Hydrogéologue qui a rédigé le présent rapport.

II - BUT DE L'ETUDE MOYENS MIS EN OEUVRE

Dans le cadre de l'étude générale des pertes du Doubs menée par la DIREN Franche Comté, HORIZONS devait s'attacher à définir ces conditions de pertes au droit de la rivière et à en cerner l'extension.

- Une visite préliminaire a été réalisée le 23 juillet 1993, en compagnie de Monsieur METTETAL, hydrogéologue de la DIREN. Cette visite a permis de visualiser la géomorphologie générale du site, la définition d'un programme de reconnaissance préliminaire et l'implantation d'un test centré sur la zone de pertes du Gros Foyard.
- Une étude structurale de l'encaissant de la rivière a compris une analyse des cartes géologiques au 1/50 000ème d'Ornans, Morteau et Pontarlier et l'examen des photographies aériennes, afin de cerner les zones de fracturations potentielles.
- Suite à la grande période d'incertitude atmosphérique, les mesures proprement dites n'ont pu être entreprises qu'à partir du 16 mars 1994, après une tentative en octobre 1993, juste avant les pluies.

La reconnaissance générale du site par prospection électromagnétique EM31 a compris la réalisation de 3100 points de mesure en rive droite et en rive gauche du Doubs, sur 14,5 km.

Un test réalisé au Gros Foyard a compris la réalisation de deux profils d'électrofiltration de 1 km (rive droite et rive gauche), centrés sur la perte et de deux profils d'EM34 de 500 m à 25-30 m des berges.

Ces premiers résultats ont été présentés au Syndicat et à la DIREN le 30 mars 1994. Suite à cette réunion, il a été décidé de poursuivre les reconnaissances par électrofiltration dans le lit du Doubs.

Ces reconnaissances ont été poursuivies sur les 2 rives du Doubs sur un linéaire de 8 kms (soit 16 km de profil).

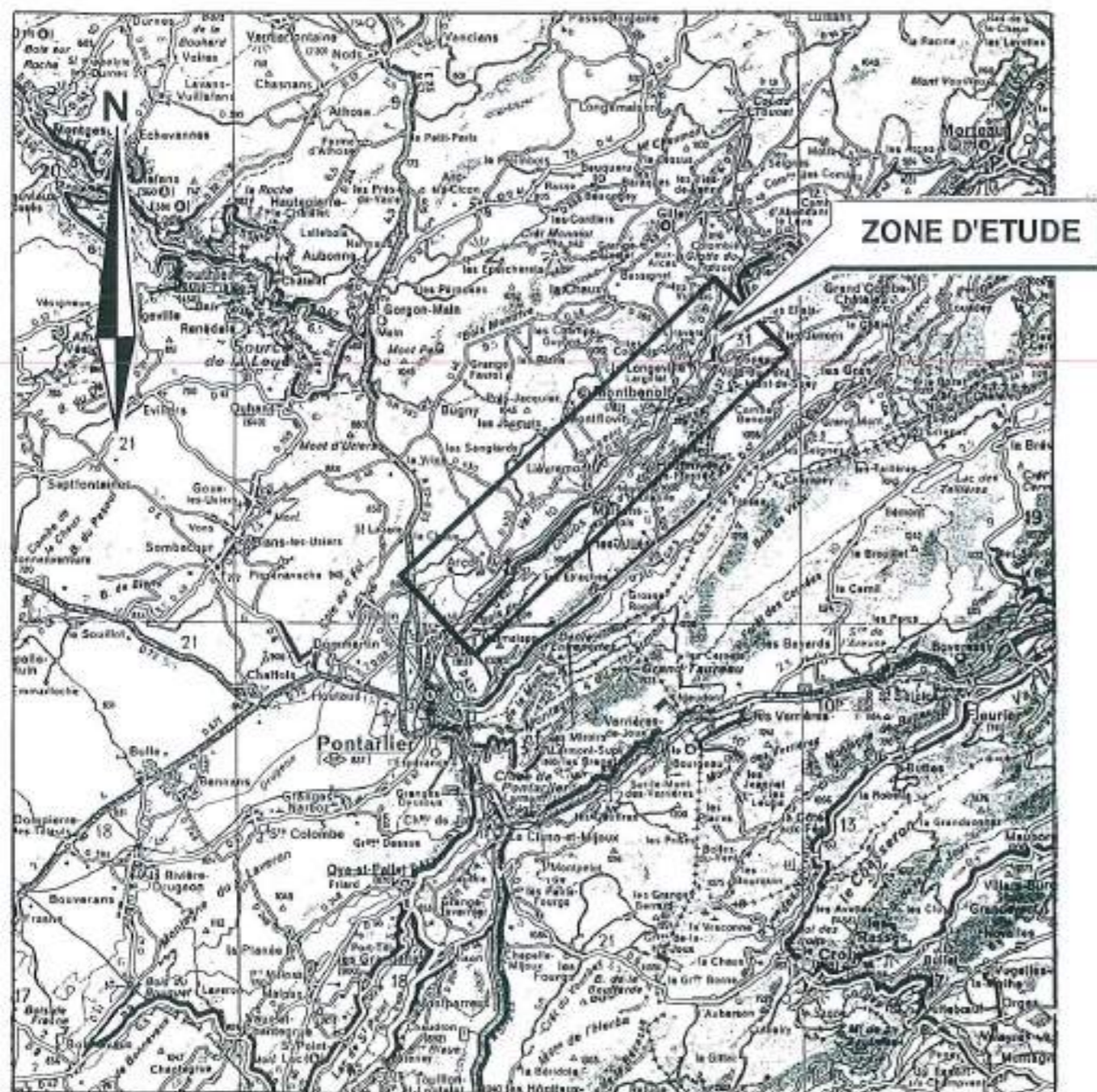
Trois sites particuliers ont ensuite donné lieu à des reconnaissances microgravimétriques (150 points de mesures) destinées à confirmer la position des pertes potentielles et d'en suivre le trajet en dehors du lit du Doubs.

S.M.E.A. de la Saône et du Doubs
DIREN Franche-Comté

Etudes hydrogéologique et géophysique
Pertes du Doubs à l'aval de Pontarlier

Echelle 1/200 000

CARTE DE SITUATION GENERALE



III - CONTEXTE GEOLOGIQUE

La zone d'étude est couverte par les cartes géologiques au 1/50 000ème de Pontarlier, Ornans et Morteau. La première couvre la majeure partie de la zone, allant du PK 0 à 9,5, les autres respectivement du PK 9,5 à 13,5, et du PK 13,5 à 14,5, selon l'implantation adoptée pour les mesures HORIZONS, à savoir : PK 0 : site du Zillon, PK 14,5 : aval de Ville-du-Pont.

III.1 - SERIE LITHOSTRATIGRAPHIQUE

Hormis les formations du Quaternaire (alluvions récentes et anciennes, moraines, éboulis), les terrains constituant l'encaissant de la vallée du Doubs sur le site d'étude sont des formations calcaires et marno-calcaires du Secondaire (Jurassique supérieur - Crétacé inférieur).

L'échelle lithostratigraphique fait l'objet de la figure 4305-02. Dans le détail, les différentes formations en présence sont les suivantes (de haut en bas) :

Crétacé inférieur

a) Hauterivien (n3)

Cette formation comprend, du sommet vers la base :

- des calcaires jaunes oolithiques, calcaires spathiques, calcaires bleus à glauconie (40 à 50 m).
- des marnes d'Hauterives : marnes gris bleu avec intercalation de calcaires marneux (10 à 20 m).

b) Valanginien (n2-1)

Trois niveaux sont identifiés. Du sommet à la base on a des calcaires roux oolithiques en petits bancs, puis des calcaires clairs en gros bancs et enfin des calcaires jaunes grumeleux avec des intercalations marno-calcaires, (50 à 70 m).

Jurassique supérieur

a) Purbeckien (JP)

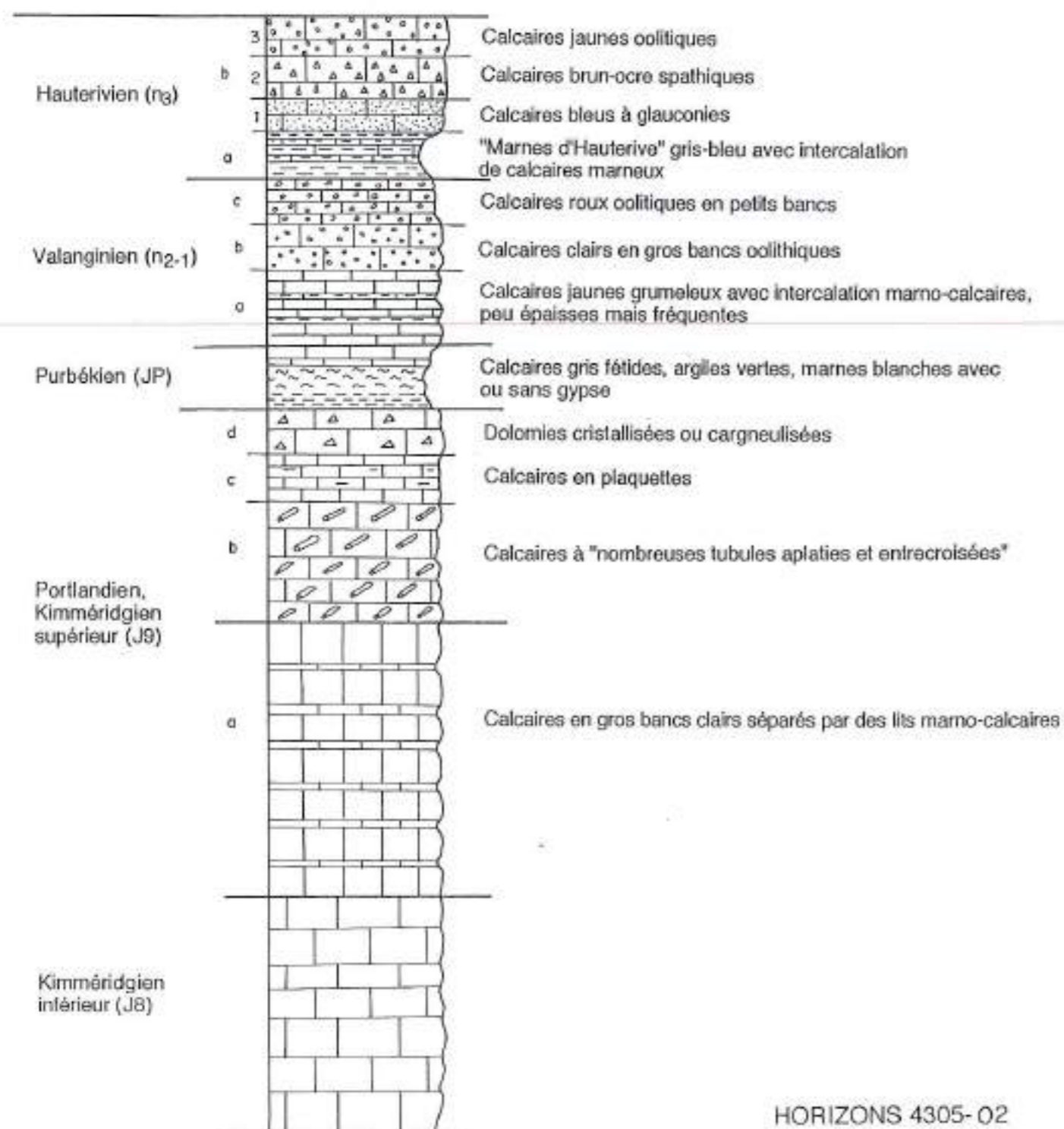
Cet étage se caractérise par les formations suivantes : des calcaires gris, fétides, des argiles vertes et principalement des marnes blanches. Il est peu épais (20 à 25 m). Il constitue un bon repère cartographique de par son faciès facilement identifiable et **parce qu'il dessine dans la topographie des combes étroites**, étant une roche facilement érodable par rapport aux assises calcaires l'encaissant.

S.M.E.A. de la Saône et du Doubs
DIREN Franche-Comté

Etude hydrogéologique et géophysique
PERTES DU DOUBS A L'AVAL DE PONTARLIER

Echelle 1/250

COLONNE LITHOSTRATIGRAPHIQUE SCHEMATIQUE



HORIZONS 4305-02

b) Portlandien - Kimméridgien supérieur

Sur la carte de Pontarlier, ces deux étages sont regroupés et sur les cartes d'Omans et de Morteau, ils sont différenciés.

Il s'agit d'une puissante série calcaire en gros bancs, de 150 à 200 m de puissance. On note principalement, au sommet de cet ensemble, sur 30 à 40 m, des dolomies et des calcaires en plaquettes. A la base, les calcaires en gros bancs peuvent être séparés par des lits marno-calcaires peu épais.

c) Kimméridgien inférieur (JB)

Il s'agit de calcaires en gros bancs, puissance 100 m.

Non affleurants sur la zone d'étude, à ces différents étages succèdent :

- Le Séquanien : calcaires compacts à pâte fine (50 à 60 m) ;
- Le Rauracien : calcaires coralligènes (30 m) ;
- L'Argovien : calcaires hydrauliques en petits bancs (150 à 200 m) ;
- l'Oxfordien, sensu stricto : marnes (peu épaisses, 5 m).

III.2 - IMPLICATIONS HYDROGEOLOGIQUES

Pour les formations affleurantes, seuls les niveaux marneux de la base de l'Hauterivien et du Purbeckien sont potentiellement perméables.

Les autres assises, calcaires, sont perméables en grand, avec développement d'un réseau karstique.

Les formations de l'Oxfordien sensu stricto (qui s'épaississent en progressant vers le nord) et des intercalations marnieuses au sein du Séquanien et de l'Argovien peuvent représenter les limites inférieures du karst développé dans les assises du Jurassique terminal.

Les pertes se produisant dans les assises calcaires du Crétacé inférieur peuvent être éventuellement bloquées par les assises marnieuses du Purbeckien.

III.3 - APERÇU STRUCTURAL

La zone d'étude se situe à l'est de la grande faille de Pontarlier, d'orientation sub-méridienne.

Le Doubs, sur le site prospecté, longe le flanc nord d'un synclinal dissymétrique à coeur hauterivien, allant d'Arçon à Ville-du-Pont. Ce synclinal est orienté ouest-sud-ouest / est-nord-est, direction structurale majeure de la zone.

Le flanc nord de ce synclinal présente un pendage faible, alors que le flanc sud peut être très redressé à vertical, comme le montrent les coupes géologiques présentées sur les figures 4305-03a-b-c.

A partir des cartes géologiques de la zone et l'observation des photos aériennes, nous avons dressé la carte des affleurements et des linéaments de la zone d'étude. Celles-ci montrent principalement :

- en amont d'Arçon (PK0 à PK3), des formations du Crétacé inférieur ;
- en aval d'Arçon jusqu'à la hauteur de Maison-du-bois (PK3 à PK7), des calcaires du Jurassique supérieur ;
- de la Maison-du-Bois à Ville-du-Pont (PK7 à PK 13,5), un encaissant variable comprenant les trois unités suivantes : calcaires de l'Hauterivien, marnes du Purbeckien, calcaires du Portlandien ;
- en aval de Ville-du-Pont, calcaires du Portlandien et du Kimméridgien.

Les linéaments observés présentent plusieurs familles de direction : N170 à N10 - N45 - N90-100 et N130, la principale étant la N170 à N10. Cette dernière est sub-parallèle à la faille de Pontarlier. Certains de ces linéaments pourraient correspondre à de légers décrochements (dextre).

On voit que le cours du Doubs est influencé par ces directions, notamment par les linéaments N170 à N10. La rivière présente, par rapport à un écoulement majeur N45, des changements de direction locaux, d'orientation N0 (exemple : le bois de l'Oye, la commune, l'Oye Large, Hauterives). Ces modifications sont les plus remarquables lorsque les terrains à l'affleurement, sur les bords de la vallée, sont constitués par les calcaires du Portlandien.

III.4 - PERTES IDENTIFIEES

Différentes zones de pertes ont pu être plus ou moins identifiées, le plus souvent par des pêcheurs. La DIREN a relevé l'ensemble de ces observations, qui sont consignées dans le tableau page suivante :

S.M.E.A. de la Saône et du Doubs
DIREN Franche-Comté

Etude hydrogéologique et géophysique
PERTES DU DOUBS A L'AVAL DE PONTARLIER

Echelle 1/12 500

IMPLANTATION ET RESULTATS DES MESURES
ELECTROMAGNETIQUES

ESQUISSE ET COUPES GEOLOGIQUES

PK0 à PK14,5

HORIZONS 4305-03a à 03c

6,5

LEGENDES :



Points Kilométriques


 FRACTURATION

2  Coupes géologiques

RESULTATS DES MESURES ELECTROMAGNETIQUES (rive gauche - rive droite)

Conductivités en mhos/m :  > 30  de 30 à 20  de 20 à 10  < 10

LIMITE LITHOSTRATIGRAPHIQUE :  Limite supposée : 
D'après la carte géologique et/ou l'électromagnétisme (EM31)

 Axe synclinal

 Zone de perte signalée par la population

 Zone de perte ou "entonnoir" signalé sur la carte géologique de Pontarlier au 1/50 000

FORMATIONS GEOLOGIQUES :



Quaternaire indifférencié : (alluvions récentes et anciennes, moraines, éboulis colluvions)

Hauterivien (marnes à la base)

Valanginien (calcaires)

Purbékien (marnes)

Portlandien Kimméridgien supérieur (calcaire franc)

Kimméridgien inférieur (calcaire franc)

S.M.E.A. de la Saône et du Doubs
 DIREN Franche-Comté

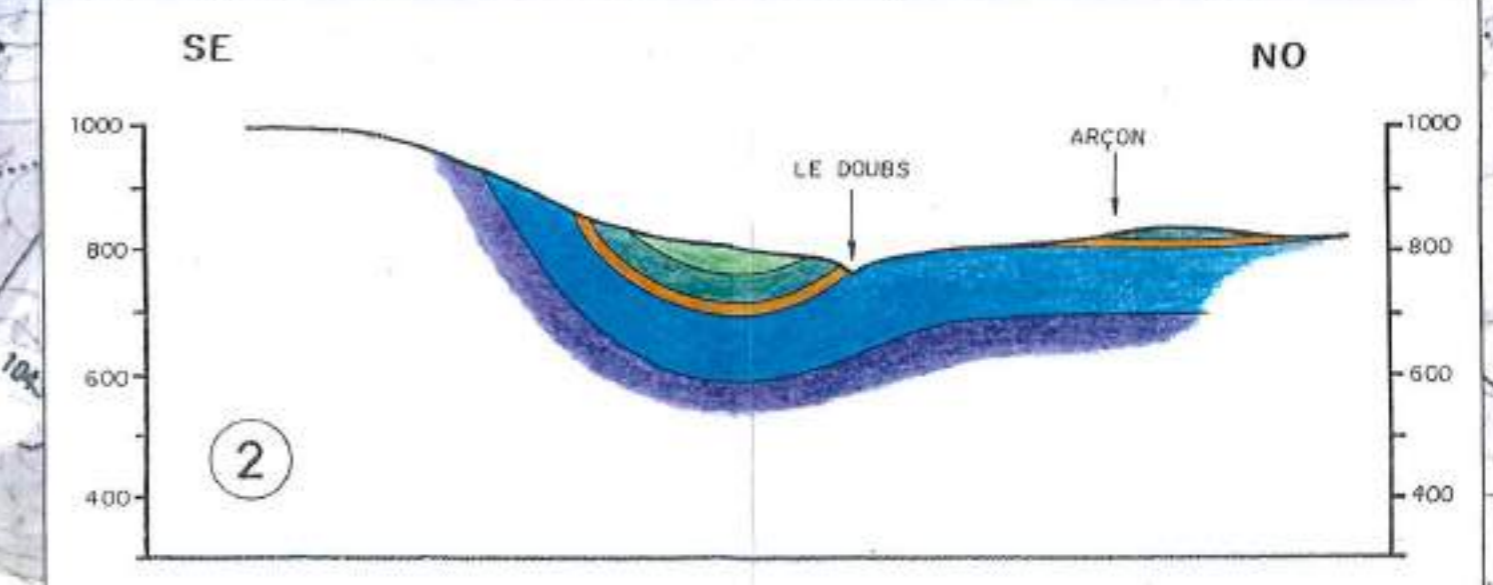
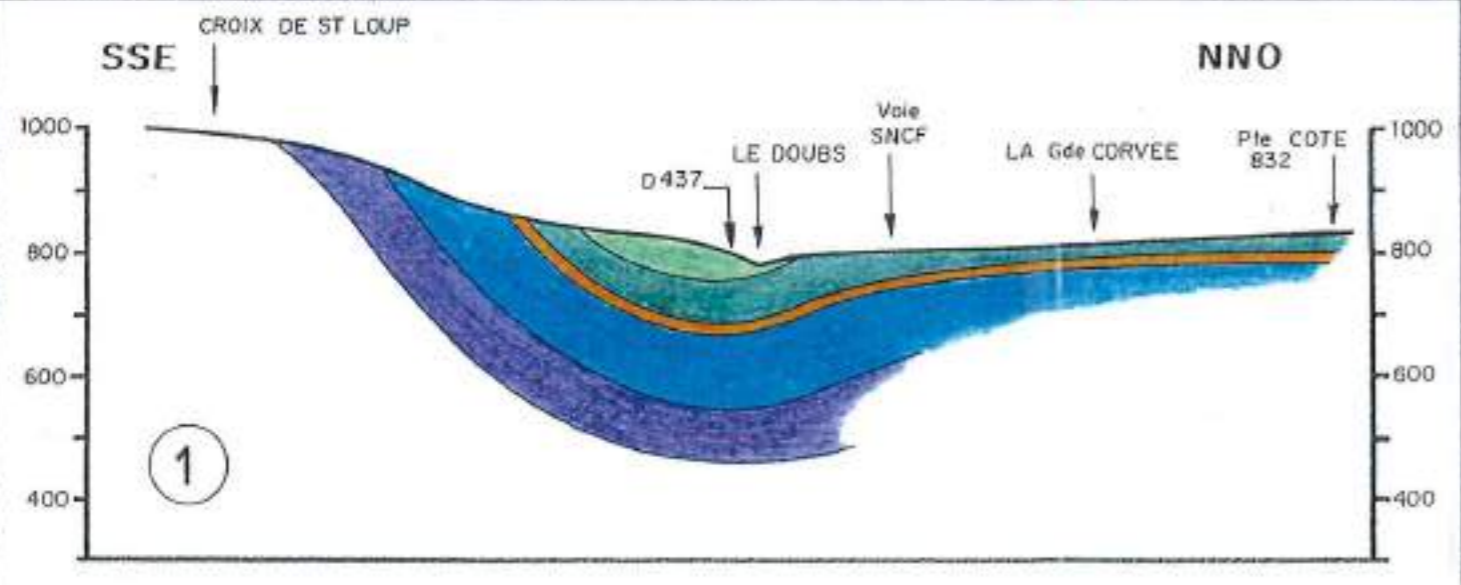
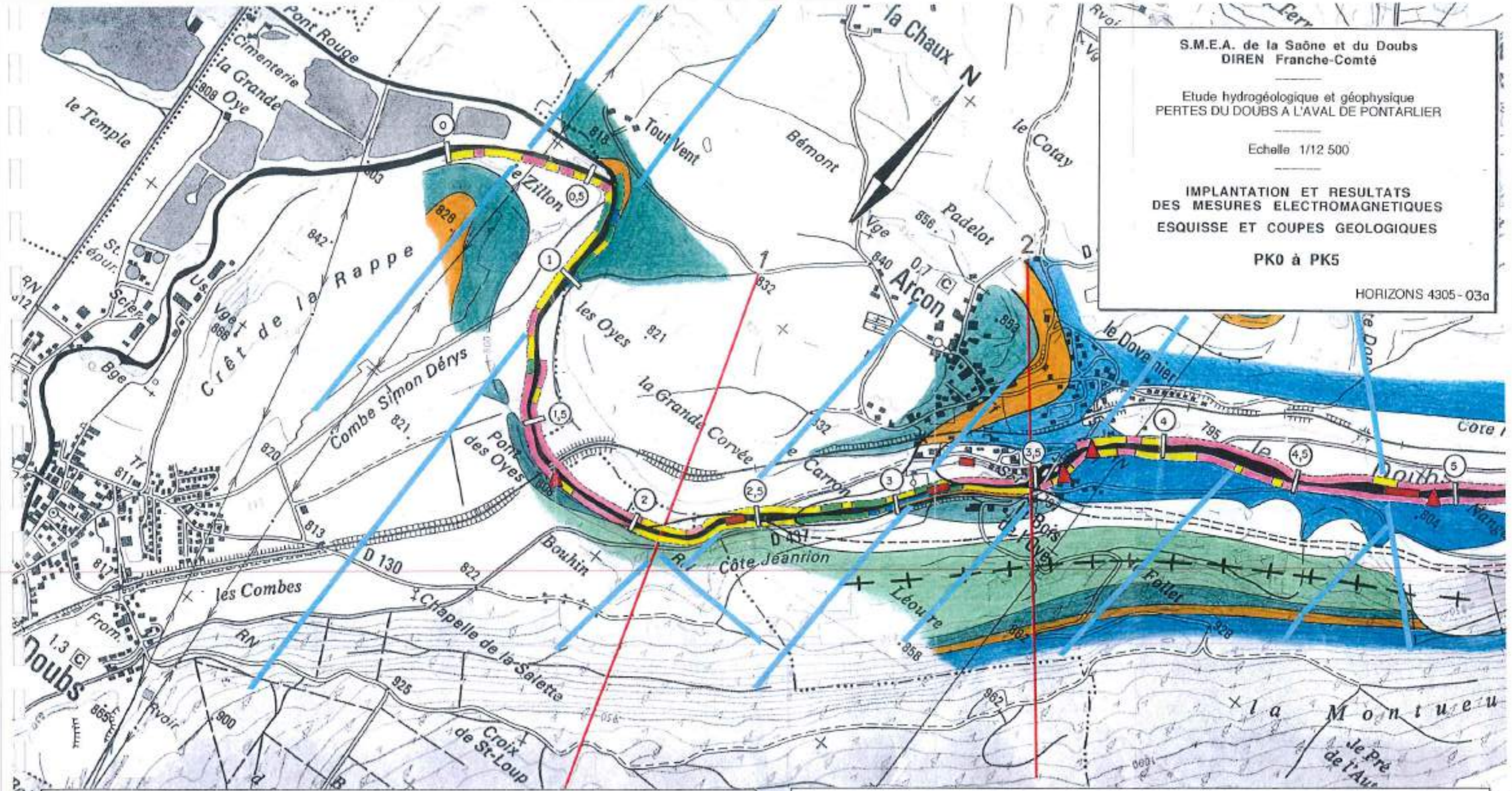
Etude hydrogéologique et géophysique
 PERTES DU DOUBS A L'AVAL DE PONTARLIER

Echelle 1/12 500

IMPLANTATION ET RESULTATS
 DES MESURES ELECTROMAGNETIQUES
 ESQUISSE ET COUPES GEOLOGIQUES

PK0 à PK5

HORIZONS 4305-03a



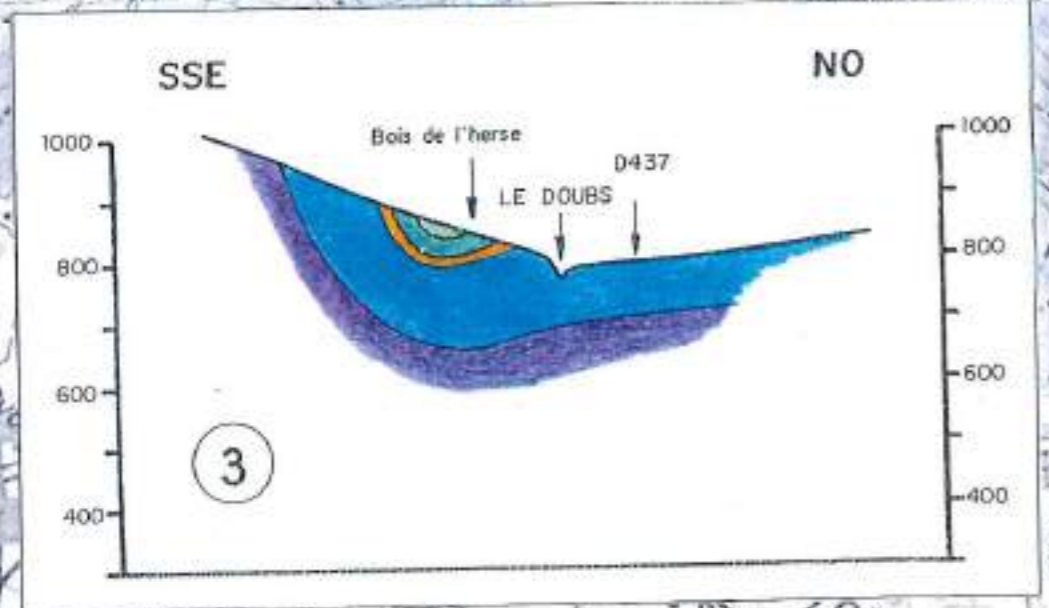
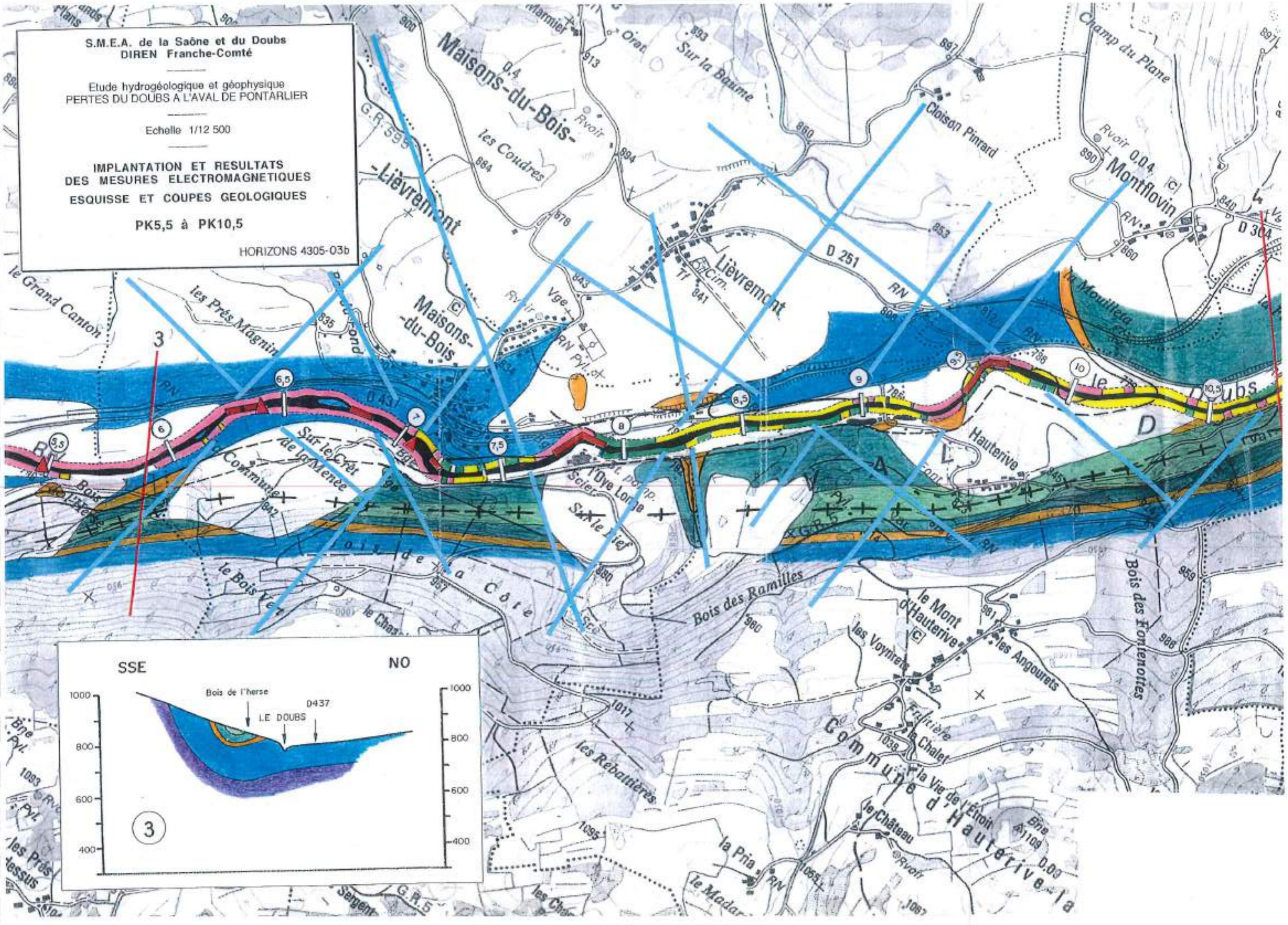
S.M.E.A. de la Saône et du Doubs
 DIREN Franche-Comté

Etude hydrogéologique et géophysique
 PERTES DU DOUBS A L'AVAL DE PONTARLIER

Echelle 1/12 500

IMPLANTATION ET RESULTATS
 DES MESURES ELECTROMAGNETIQUES
 ESQUISSE ET COUPES GEOLOGIQUES
 PK5,5 à PK10,5

HORIZONS 4305-03b



S.M.E.A. de la Saône et du Doubs
 DIREN Franche-Comté

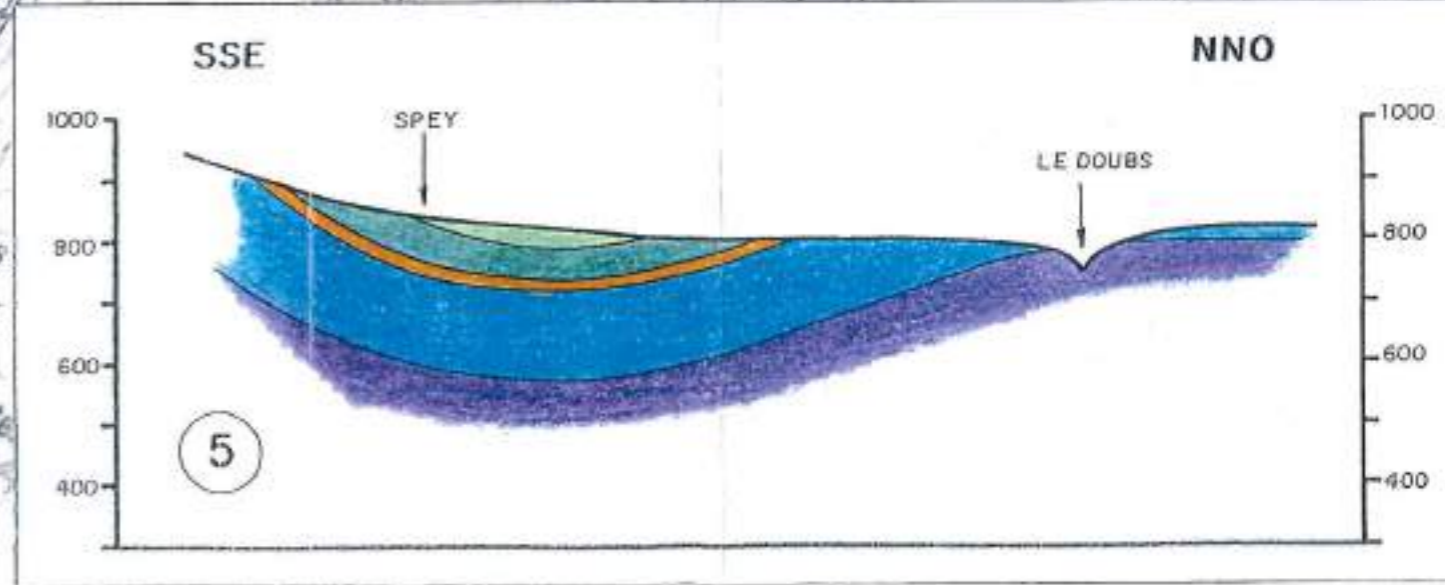
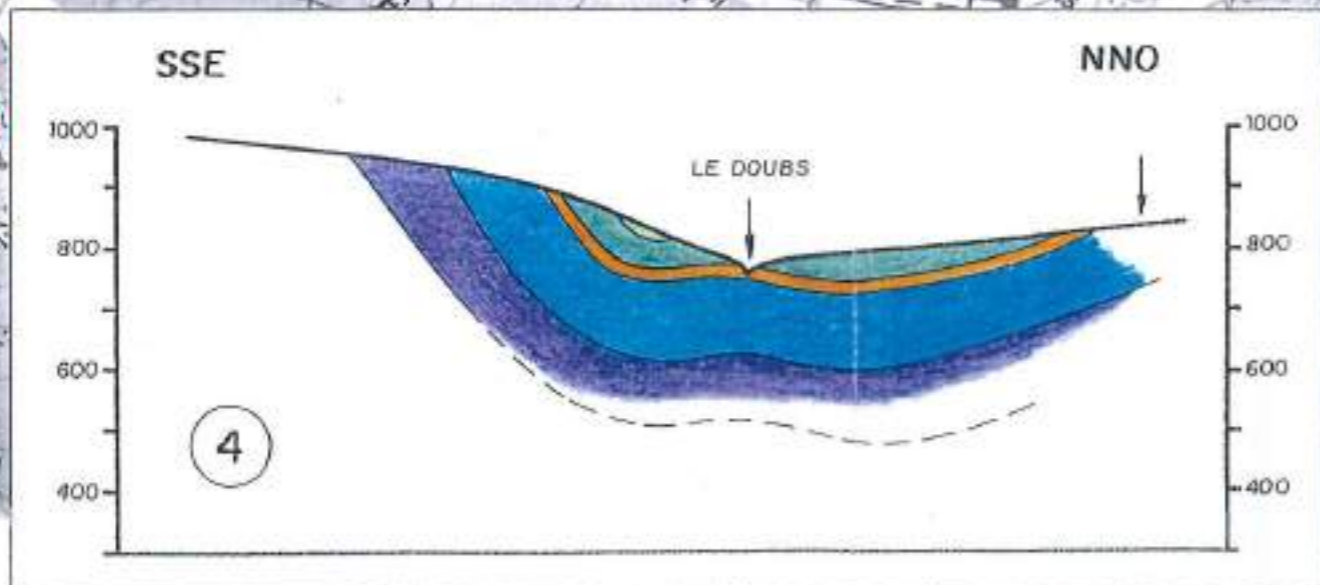
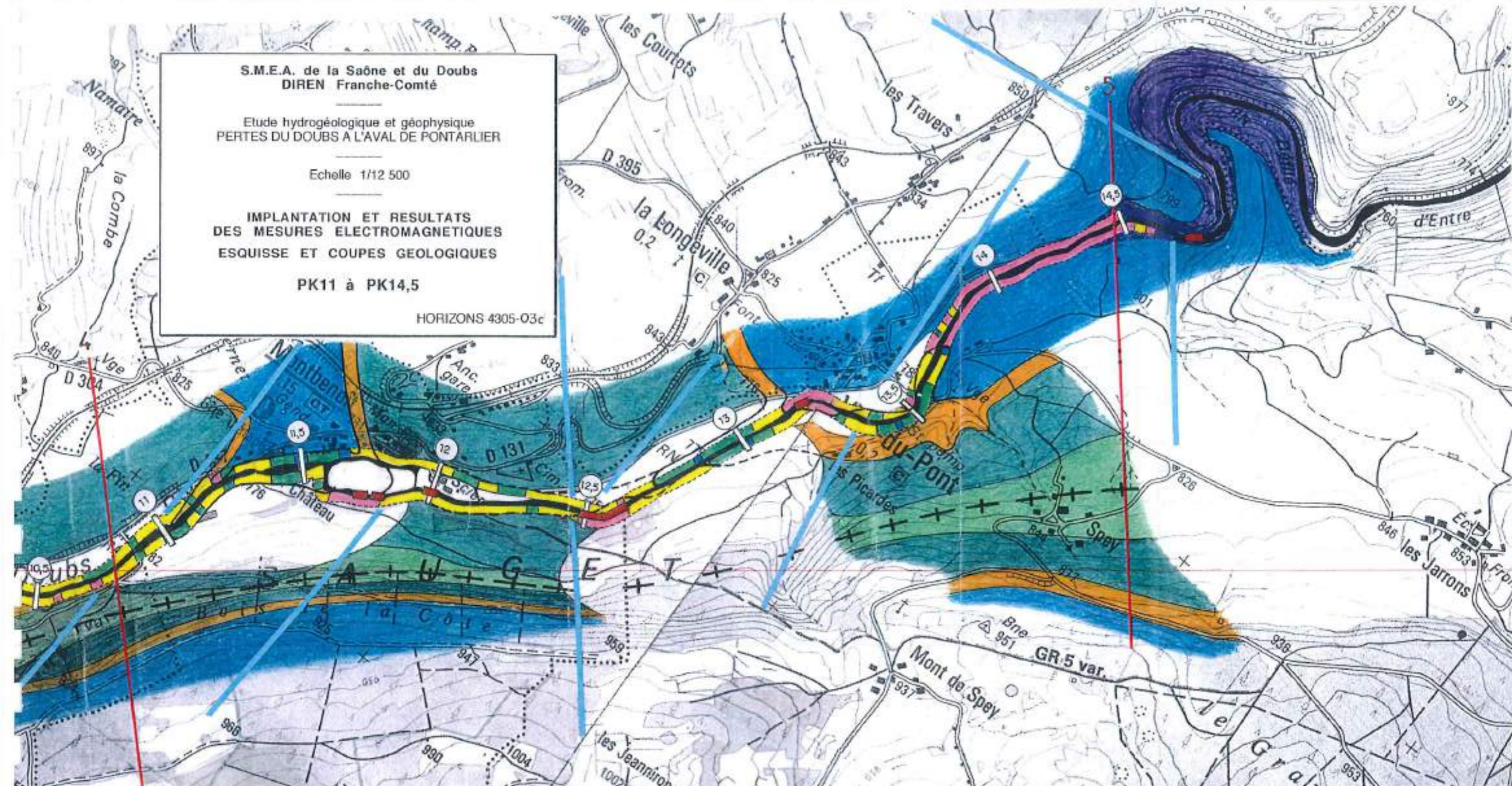
Etude hydrogéologique et géophysique
 PERTES DU DOUBS A L'AVAL DE PONTARLIER

Echelle 1/12 500

IMPLANTATION ET RESULTATS
 DES MESURES ELECTROMAGNETIQUES
 ESQUISSE ET COUPES GEOLOGIQUES

PK11 à PK14,5

HORIZONS 4305-03c



Lieu	Observations
Arçon	<ul style="list-style-type: none">- en amont du barrage et rive droite, au niveau d'un saule- en rive gauche, mais bouchée avec du béton- dans le canal, ne fonctionne plus- à l'aval du terrain de foot et en rive droite du Doubs- en aval du pont d'Arçon, entre les Agettes et le Gros Foyard (rive droite)- une nouvelle perte à l'aval du Gros Foyard (buissons)- au niveau du bois de l'Herse, surtout en rive droite, sur 400 à 500 m
Maison du Bois	<ul style="list-style-type: none">- en amont rive droite et rive gauche où la route rejoint le Doubs- au niveau de la zone d'atterrissement- en aval du barrage amont sur toute la largeur du lit- idem barrage aval
Pont d'Hauterive	<ul style="list-style-type: none">- en aval rive droite du pont en pierre- en amont rive droite du pont en fer
Montbenoit	<ul style="list-style-type: none">- en amont de la passerelle sous l'usine Baurand (Scierie)- sous le village de Montbenoit, au niveau de Loies des Bras- en aval de Montbenoit, avant la limite avec Ville-du-Pont
Ville du Pont	<ul style="list-style-type: none">- à l'amont du pont- à l'aval du premier seuil des gorges (à préciser)

IV - PROSPECTION GEOPHYSIQUE - PRINCIPES DES METHODES UTILISEES

IV.1 - ELECTROMAGNETISME EM31 - EM34

Avant propos

Cette méthode de reconnaissance a été retenue du fait de la très grande précision avec laquelle peuvent être appréciées de rapides variations de conductivité apparente de terrain à partir de la surface, compte-tenu de la focalisation de la mesure (écartement des dipôles compris entre 3,50 m (EM31) et 10 m (EM34) dans le cadre de cette étude.

Principe des mesures electromagnetiques

Le dispositif de mesure consiste en un émetteur (Ex) et un récepteur (Rx) séparés par une distance (S). La bobine émettrice est alimentée par un courant alternatif à une fréquence audio (f), et le champ magnétique (Hp), fonction du temps, généré dans la bobine émettrice, induit de faibles courants (courants de Foucault) dans le sol. Ces courants sont à l'origine d'un champ secondaire (Hs), mesuré, en même temps que le champ primaire, par la bobine réceptrice.

D'une façon générale, le champ magnétique secondaire (Hs) est une fonction complexe de S, f et de la conductivité (Ca) du sol. Cependant, avec certaines contraintes, les termes complexes de cette fonction peuvent être négligés. Ces contraintes ont été prises en compte dans la conception des dispositifs de mesures mis en oeuvre par HORIZONS (EM31 et EM34). On montre que la conductivité apparente Ca (mmhos/m) est égale à :

$$Ca = \frac{4}{2\pi f m_0 S^2} \left(\frac{Hs}{Hp} \right)$$

où m_0 Perméabilité électromagnétique du milieu
S Distance entre émetteur et récepteur
f Fréquence

La profondeur de pénétration est donc fonction de l'écartement S entre l'émetteur et le récepteur, mais aussi de la configuration dans l'espace des bobines.

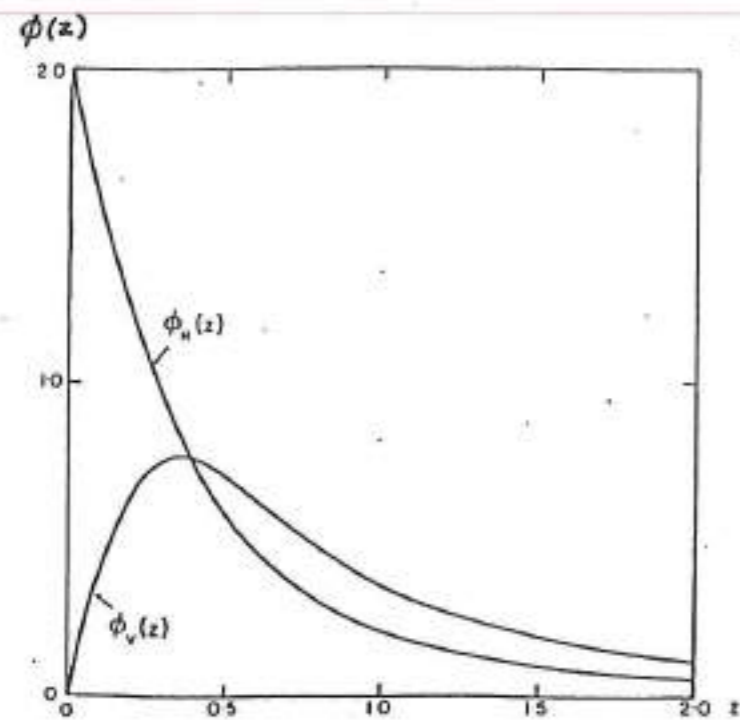
Le tableau ci-après donne cette profondeur pour l'EM31 et les trois écartements standards de l'EM34.

	Ecartement (m)	Profondeur (m)	
		Dipôle horizontal	Dipôle vertical
EM34	10	7,5	15
	20	15	30
	40	30	60
EM31	3,50	2,5 - 3	5 - 8

L'écartement est fixe. En ce qui concerne l'EM34, seul l'écartement 10 m a été mis en œuvre.

Principe des mesures et de l'interprétation

Si on considère un demi-espace homogène à la surface duquel on réalise la mesure, et une couche d'épaisseur dz située à une profondeur z (avec $z = z/S$), il est possible de calculer la fonction $\Phi_v(z)$ (dipôle vertical) et la fonction $\Phi_h(z)$ (dipôle horizontal), qui décrivent la contribution relative au champ magnétique secondaire H_s d'une couche mince située à une profondeur z quelconque. La figure ci-après illustre ces deux fonctions :



On remarque qu'avec la configuration dipôle vertical, la contribution de la couche très superficielle est négligeable et le maximum de sensibilité est atteint lorsque $z = 0,4S$. Dans le cas de la configuration horizontale, la contribution de la surface est très importante et la réponse décroît régulièrement avec la profondeur.

En définitive, le champ magnétique secondaire total au niveau de la bobine réceptrice permet de définir la **conductivité apparente** d'une "tranche de sol" à la verticale de l'appareil ; l'intégration des fonctions Φ_v et Φ_h donnant le champ secondaire induit par un demi-espace homogène, lui-même directement lié à sa conductivité électrique.

Il est alors possible de définir avec une grande précision l'influence relative d'un matériau à différentes profondeurs à travers sa conductivité apparente.

Une prospection électromagnétique permet donc de mesurer la conductivité d'une tranche de terrain de 4 à 8 mètres de profondeur à partir de la surface, lorsqu'elle est réalisée avec un EM31, et de 7,5 à 15 m de profondeur avec un EM34 (écartement 10 m, dipôles vertical et horizontal). Toute variation de conductivité du sol est liée à sa nature lithologique (calcaire, marné, marno-calcaire). Les terrains argilo-marneux se traduisent par des conductivités élevées comprises entre 30 et 60 mmhos, la présence d'une fraction carbonatée tend à diminuer cette valeur de conductivité. En effet les calcaires, selon leur état de fracturation, apparaissent résistants de 1 mmhos à 10 mmhos.

Ainsi, cette méthode permettra, dans le cadre de cette étude, de caractériser les limites de plages calcaires qui, si elles sont fracturées, seront **propices au développement de fuites**.

IV.2 - LES MESURES DE POLARISATION SPONTANEE (P.S.)

Principe

La circulation d'un fluide (électrolyte) à travers un matériel perméable (calcaires fissurés), induit de part et d'autre de celui-ci, une différence de potentiel appelée potentiel d'électrofiltration. La valeur de ce potentiel positif ou négatif, dépend de la nature de ce matériel, de l'arrangement des pores, mais aussi de la différence de salinité des électrolytes en contact (exemple: eau d'une rivière ou d'un fleuve, eau de la nappe d'accompagnement). De même entre deux terrains de nature différente (argiles-calcaires) on observe une différence de potentiel.

Toute variation de P.S. peut supposer une circulation d'eau mais aussi une variation lithologique. Dans le cas présent **les deux phénomènes seront observables**.

L'interprétation consiste à distinguer sur un profil des zones anormales, pouvant être liées à des fuites.

Mise en oeuvre

La chaîne de mesures comprend :

- deux électrodes, dont une est reportée au loin (infini), et l'autre est mise en place au fond du chenal à investiguer. Cette dernière est mobile, elle est trainée à l'aide d'un treuil à l'interface eau-terrain.
- ces deux électrodes sont couplées à un voltmètre électronique, remplissant le rôle d'enregistreur graphique. La P.S. naturelle existant entre les deux électrodes est donc mesurée en continu.

IV.3 - MISE EN OEUVRE DE LA PROSPECTION MICROGRAVIMETRIQUE

IV.3.1 - GENERALITES

Ce type de prospection consiste à effectuer à la surface du sol, à l'aide d'un gravimètre, des mesures relatives, très précises, de l'attraction du champ de la pesanteur, qui sont en relation directe avec les variations globales de masse existant dans le sous-sol. La présence, à faible et moyenne profondeur, de vides de terrains décomprimés, se marque par une diminution locale du champ de la pesanteur (anomalies dites "négatives").

IV.3.2 - MOYENS UTILISES ET DEPOUILLEMENT DES MESURES

Les processus de mesures, de calculs et de corrections diverses sont décrits en annexe 1. Nous rappelons les points principaux suivants :

- les points de mesures, implantés au décamètre, ont été nivelés à l'aide d'un niveau automatique WILD NAK 1 (précision de 1 cm en altitude). Ils ont été rattachés en élévation au point de base par secteur auquel a été attribuée l'altitude 0,00.
- l'ensemble des relevés gravimétriques par secteur a été rattaché à ce point de base auquel a été affectée arbitrairement la valeur 0 microgal (μGal).
- l'appareil qui a été utilisé est un gravimètre LaCoste & Romberg modèle D n°7 avec une précision de lecture de 1 microgal (environ le milliardième de g).

$$\begin{aligned} g &= 981 \text{ gals} \\ 1 \text{ gal} &= 1 \text{ cm/s/s} = 10^6 \text{ microgals} \end{aligned}$$

IV.3.3 - CALCULS MICROGRAVIMÉTRIQUES

Tout d'abord, les lectures instrumentales sont multipliées par 1,1636 (constante du ressort du gravimètre D7), afin de les transformer en microgals.

Ensuite, les lectures subissent les corrections liées au gravimètre et à l'heure (corrections de dérive), puis les corrections liées au site.

a) Corrections de dérive

- Correction luni-solaire

Elle a été calculée à l'aide d'un programme de type astronomique, avant le démarrage de la mission.

- Dérive instrumentale

Elle comprend une composante régulière de quelques microgals par heure, à laquelle peut s'ajouter une composante irrégulière, voire brutale, due à des petits chocs pendant le transport, ou à des variations soudaines de température. Ces variations sont appréciées grâce aux retours périodiques à la base qui permettent de faire une première évaluation de la dérive. Une hypothèse de dérive est alors établie graphiquement, généralement en supposant une dérive instrumentale quasi linéaire entre les retours à la base.

b) Corrections liées au site

Ce sont les corrections d'altitude et de latitude. La nature des couches nous a conduit à adopter une masse volumique égale à $2,0 \text{ g/cm}^3$ (20 kN/m^3).

- Corrections d'altitude

Elles prennent en compte la différence Z entre l'altitude du point et celle de la base, qui est le zéro relatif topographique ; elles sont données par :

$$c = (0,3086 - 0,0419 \Delta) Z$$

où C est en milligals et Z en mètres ; σ est la masse volumique des terrains de surface entre les points les plus hauts et les points les plus bas d'une même zone.

Pour $\sigma = 2,0 \text{ g/cm}^3$ (20 kN/m^3) nous obtenons :

$$c = 0,2248 \text{ milligals/mètre}$$

- Corrections de latitude

A la latitude de PONTARLIER (46°54'), cette correction est de 0,81 milligal par kilomètre, qui est ajoutée à la valeur lorsque l'on se dirige vers le sud (l'isovaleur 0 microgal passe par le point de base).

Ces corrections faites, nous aboutissons à l'anomalie de Bouguer, directement reliée aux hétérogénéités de masse dans le sous-sol et à l'effet du relief environnant. Elle représente en chaque point la somme des variations de la pesanteur depuis la surface jusqu'aux couches profondes, par rapport à la base gravimétrique du site.

V - PROSPECTION GEOPHYSIQUE RECONNAISSANCE GENERALE DU SITE EM31

V.1 - RESULTATS GENERAUX

Afin d'avoir un aperçu général du site, deux profils d'électromagnétisme réalisés avec un EM31 (dipôle vertical) de 14,5 km ont été réalisés en rive droite et en rive gauche du Doubs, entre le Zillon (PK0) et Ville-du-Pont (PK 14,5).

3100 points de mesure au pas de 10 m ont été répartis sur ces profils (dont 200 points avaient été réalisés dans l'axe du Doubs lors de la tentative d'octobre 1993).

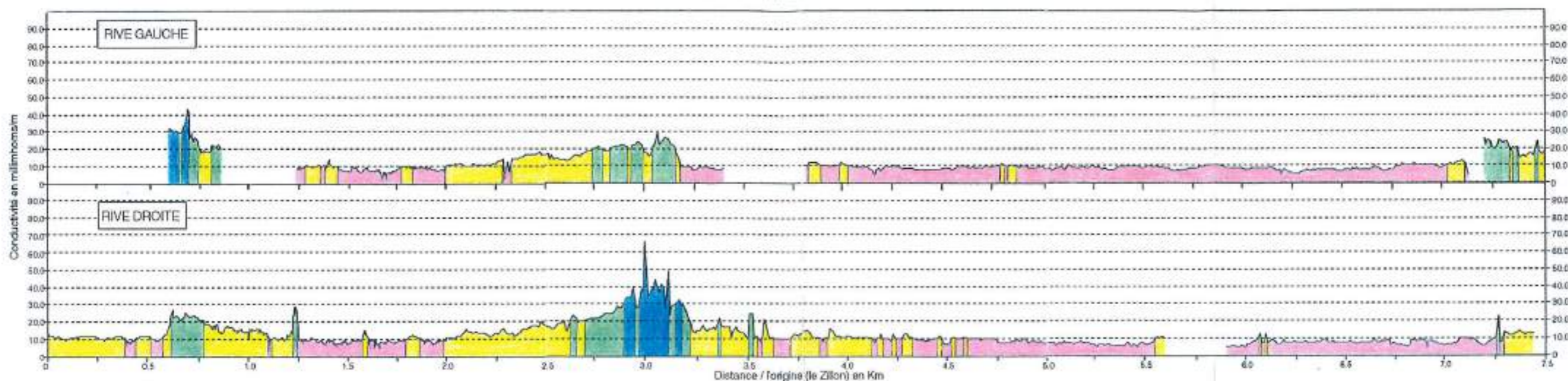
La figure 4305-04 illustre le résultats de cette prospection. Ces résultats ont par ailleurs été reportés sur les cartes 4305-03a-b-c. Quatre plages de valeurs ont été distinguées :

C < 10 millimhos/m	Formations résistantes essentiellement calcaires
10 < C < 20 millimhos/m	Formations résistantes essentiellement calcaires mais soit plus fracturées, soit sous un recouvrement conducteur plus ou moins important
20 < C < 30 millimhos/m	Formations conductrices) calcaire marneux
> 30 millimhos/m	Formations très conductrices) plus ou moins épais

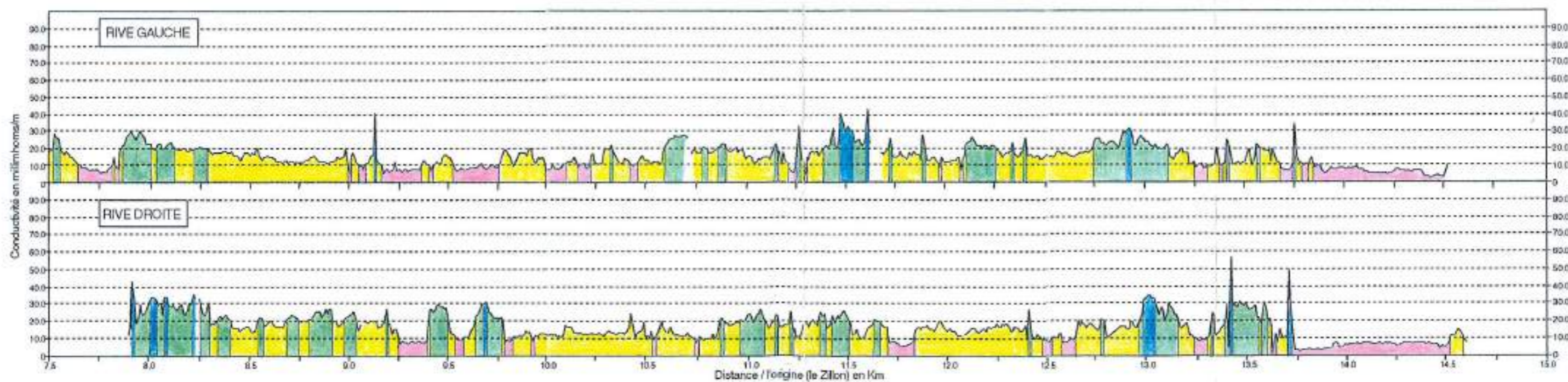
On note ainsi une correspondance nette entre les résultats des mesures EM et la nature lithologique de l'encaissant. On observe en règle générale que les formations calcaires (de l'Hauterivien, du Portlandien ou du Kimméridgien) se traduisent par des conductivités inférieures à 10 mmhos et les formations mameuses par des conductivités supérieures à 15-20 mmhos.

RESULTATS DES MESURES ELECTROMAGNETIQUES (EM31)

PERTES DU DOUBS EN AVAL DE PONTARLIER De le Zillon à Maisons-du-Bois



PERTES DU DOUBS EN AVAL DE PONTARLIER Maisons-du-Bois au Défilé d'Entreroche



Aussi, nous avons tenté de tracer les limites lithostratigraphiques des différentes entités en présence sous recouvrement des formations alluviales. Toutefois, cette démarche doit être pondérée par le fait que les formations alluviales peuvent aussi influencer pour partie les mesures. Ainsi, pour un même substratum, la présence d'alluvions graveleuses propres (formations résistantes) va réduire la conductivité mesurée, tandis que la présence d'alluvions argilo-limoneuses va l'augmenter. L'effet pourrait être d'autant plus important que l'épaisseur des alluvions graveleuses ou limoneuses serait importante.

V.2 - RESULTATS

Les tableaux joints en annexe 2 décrivent, secteur après secteur, la nature probable de l'encaissant de la rivière en fonction des conductivités mesurées.

V.3 - REMARQUES

On note que l'interprétation proposée suggère qu'entre les PK 7,2 et 13,5, l'encaissant de la vallée est en majorité essentiellement composé par les marnes du Purbeckien. Toutefois sur certaines zones :

- en rive droite, entre les PK 8,150 à 9,200 ; PK 9,400 à 9,500 ; PK 10,200 à 10,400 ; PK 11,000 à 11,150 ; PK 13,250 à 13,500 et PK 13,550 à 13,650 ;
- en rive gauche, entre les PK 10,100 à 10,700 et 10,800 à 12,500

Les conductivités mesurées sont peu élevées ($10 < C < 20$), et ne peuvent pas être corrélées sans ambiguïté aux formations marseuses. Des calcaires sous une forte couverture argilo-limoneuse pourraient présenter des résultats similaires.

Les informations géologiques et les mesures électromagnétiques font apparaître que les zones les plus propices à présenter des pertes sont comprises entre le Pont d'Arçon et la Maison-du-Bois (PK 3,3 à 7,2) et en aval de Ville-du-Pont (PK 13,450 à PK 14,500), où les formations calcaires du Jurassique supérieur, susceptibles d'être perméables en grand, constituent indubitablement l'encaissant de la rivière.

D'autres secteurs peuvent aussi apparaître sensibles à la hauteur de Hauterive, PK 9 à PK 10, où les calcaires du Jurassique affleurent principalement en rive gauche, entre les PK 0 et 0,5 et PK 1 à PK 2, où les calcaires de l'Hauterivien constituent l'encaissant de la rivière.

VI - PROSPECTION GEOPHYSIQUE - TEST PREALABLE SUR LA ZONE DU GROS FOYARD

Un test de validation des méthodes de prospection envisagées a été réalisé à proximité de la zone de perte du Gros Foyard.

VI.1 - MESURES DE LA POLARISATION SPONTANEE (P.S.) : ELECTROFILTRATION

La zone du Gros Foyard a été auscultée par des mesures de la P.S. en rives droite et gauche, entre les PK 4100 et 5300 environ, comme le présente la carte d'implantation détaillée et les résultats des mesures (figure 4305-05).

Les enregistrements, pour des commodités de réalisation (coudes de la rivière ...) ont été réalisés par tronçons de 70 à 150 m, se chevauchant de ± 5 m. Le début et la fin de chaque profil sont reportés sur la carte d'implantation.

L'ensemble des profils d'électrofiltration réalisés pour ce test fait l'objet de l'annexe 3. Sur la figure 4305-05 ont été reportés les résultats de cette approche sur le secteur où les anomalies sont les plus significatives.

Résultats rive droite

Sur cette rive, les calcaires du Portlandien sont sub-affleurants dans le lit de la rivière au droit des profils P14 (extrémité amont), P15, P16 et P18. Aucune modification notable de la P.S. n'a été enregistrée sur ces profils. Mis à part le profil P11 qui montre une dérive progressive de la PS, liée à la récente mise en place de l'électrode de référence, les enregistrements présentent une P.S. à peu près constante de l'ordre de -20 mv (profil P15).

La perte du Gros Foyard se traduit par une anomalie négative de l'ordre de -20 mv. Notons que cette perte est bouchée et ne devrait pas provoquer des courants d'électrofiltration conséquents. Entre 40 et 80 m et 100 et 130 m (P15 et P16), en amont de cette perte, des anomalies d'amplitude importante, de l'ordre de -80 à -160 mv sont observées.

D'autres anomalies d'importance plus mineure pouvant traduire la présence de pertes ont été observées. L'ensemble de ces anomalies est reporté sur la figure 4305-05. On notera en particulier sur le profil P19, à son extrémité amont, une anomalie de l'ordre de 20 à 40 mv.

Ces différentes anomalies peuvent traduire, à des degrés divers, la présence de zones de pertes.



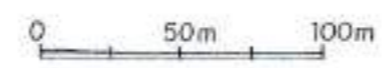
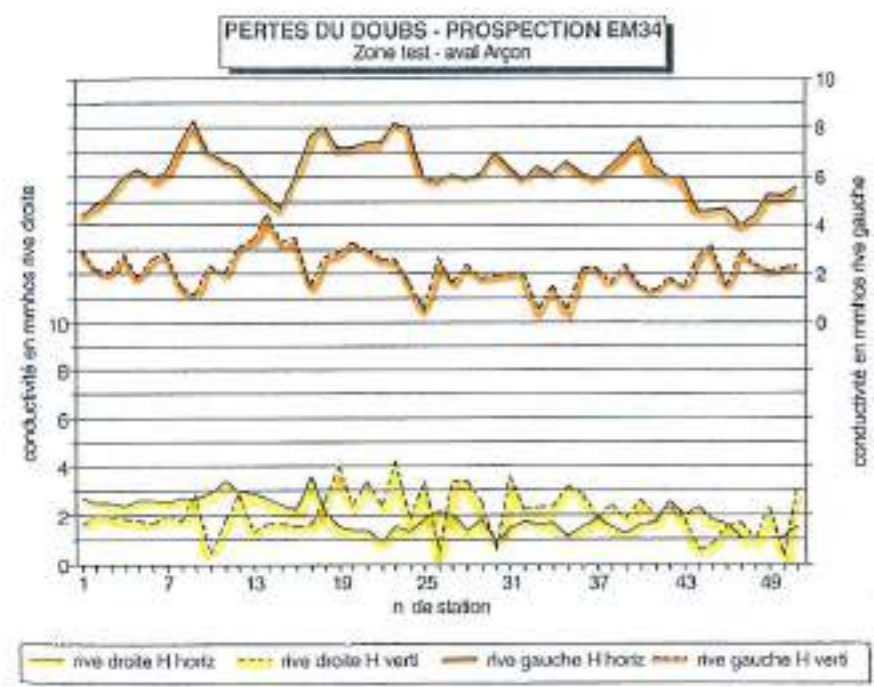
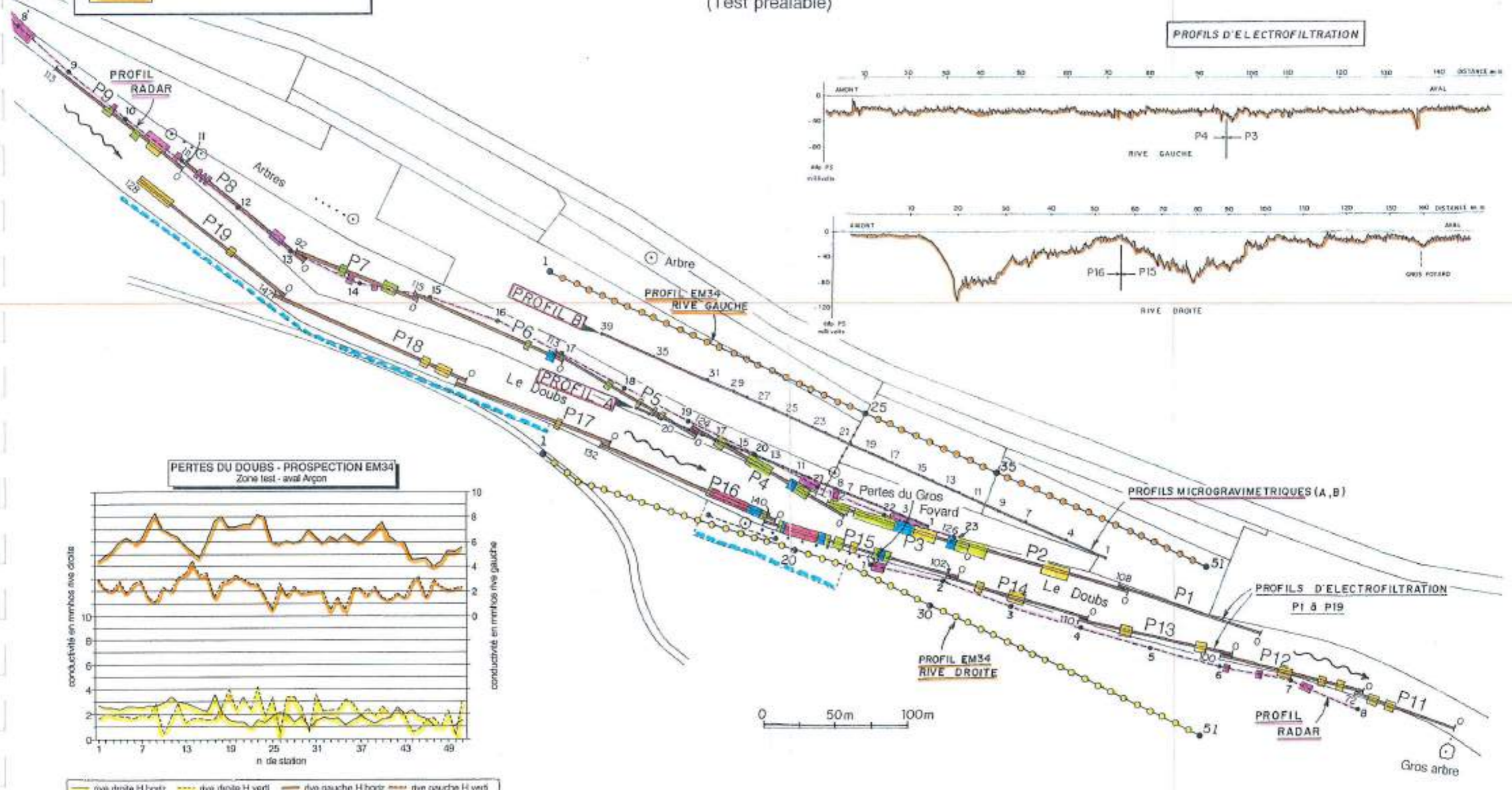
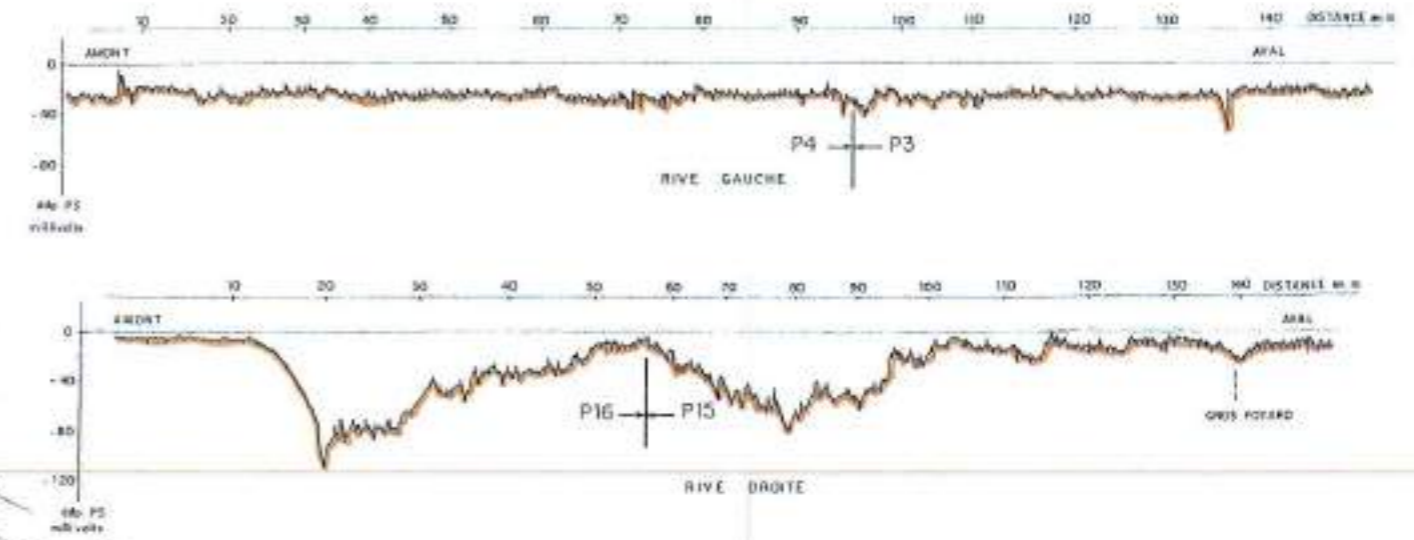
S.M.A.E. de la Saône et du Doubs
DIREN Franche-Comté

Etude hydrogéologique et géophysique
PERTES DU DOUBS A L'AVAL DE PONTARLIER

IMPLANTATION ET RESULTATS DES MESURES D'ELECTROFILTRATION
ET DES PROFILS ELECTROMAGNETIQUES (EM34)

(Test préalable)

PROFILS D'ELECTROFILTRATION



Résultats rive gauche

Sur cette rive, les calcaires sont sous recouvrement alluvial. On n'observe pas d'affleurements rocheux dans le lit de la rivière.

Sur l'ensemble des enregistrements, on observe une dérive progressive de la P.S. passant à environ -20 mv en aval à -60 mv en amont. Seules quelques anomalies d'amplitude modestes $\Delta P.S. \leq 20$ mv ont été relevées, elles sont reportées sur la figure 4305-05.

Corrélables aux anomalies principales relevées sur la rive droite, de légères anomalies d'amplitude de l'ordre de 10 à 20 mv au droit des profils P3 et P4 sont observables.

De la zone prospectée, on retiendra donc principalement une zone de forte anomalie en rive droite, située entre 30 et 130 m en amont de la perte du Gros Foyard, et qui pourrait correspondre à des zones de pertes importantes.

VI.2 - PROSPECTION EM34

Deux profils tests d'EM34 ont été réalisés à une certaine distance des berges, afin de tenter de suivre les accidents donnant lieu aux fuites repérées dans le lit du Doubs.

Chaque station a fait l'objet de deux mesures réalisées en configuration dipôle vertical (profondeur d'investigation à 7,50 m) et dipôle horizontal (profondeur d'investigation environ 15 m).

Cette double mesure permet d'apprécier l'incidence de la couverture conductrice sur les terrains sous-jacents.

Ainsi, le contraste de conductivité mesuré en rive gauche met en évidence la présence d'une couverture importante, alors qu'en rive droite, on ne constate pas de grandes variations entre dipôle horizontal et dipôle vertical. On se trouve ici sur un terrain homogène (calcaire, compte-tenu des conductivités : 1 à 4 millimhos.m, 250 à 1000 Ω .m).

Dans le détail, les passages plus conducteurs traduiraient une probable fracturation du massif calcaire.

Les profils réalisés ont été reportés sur la figure 4305-05 présentant la synthèse des résultats des différentes campagnes de géophysique.

La zone d'anomalie principale repérée en électrofiltration à l'amont du Gros Foyard, sur environ 100 m de long est confirmée en rive droite en EM34, entre les points de mesures 19 et 37 (environ 180 m).

En rive gauche, les mesures d'EM34 montrent la présence d'une anomalie conductrice profonde entre les points de mesure 11 et 23 (120 m).

VII - PROSPECTION GEOPHYSIQUE COMPLEMENTAIRE

VII.1 - GENERALITES

Compte tenu des résultats du test de la zone du Gros Foyard, il a été décidé d'étendre les recherches des pertes du DOUBS entre ARCON et VILLE DU PONT sur 8 kms de cours sur les deux berges.

La méthode de prospection électromagnétique des berges EM34 a été abandonnée au profit de la microgravimétrie. Trois secteurs ont ainsi été prospectés par cette méthode afin de relier les zones de pertes au réseau karstique.

VII.2 - ELECTROFILTRATION

La planche 4305-06 présente le schéma d'assemblage des figures illustrant les résultats de la prospection du lit du DOUBS par électrofiltration.

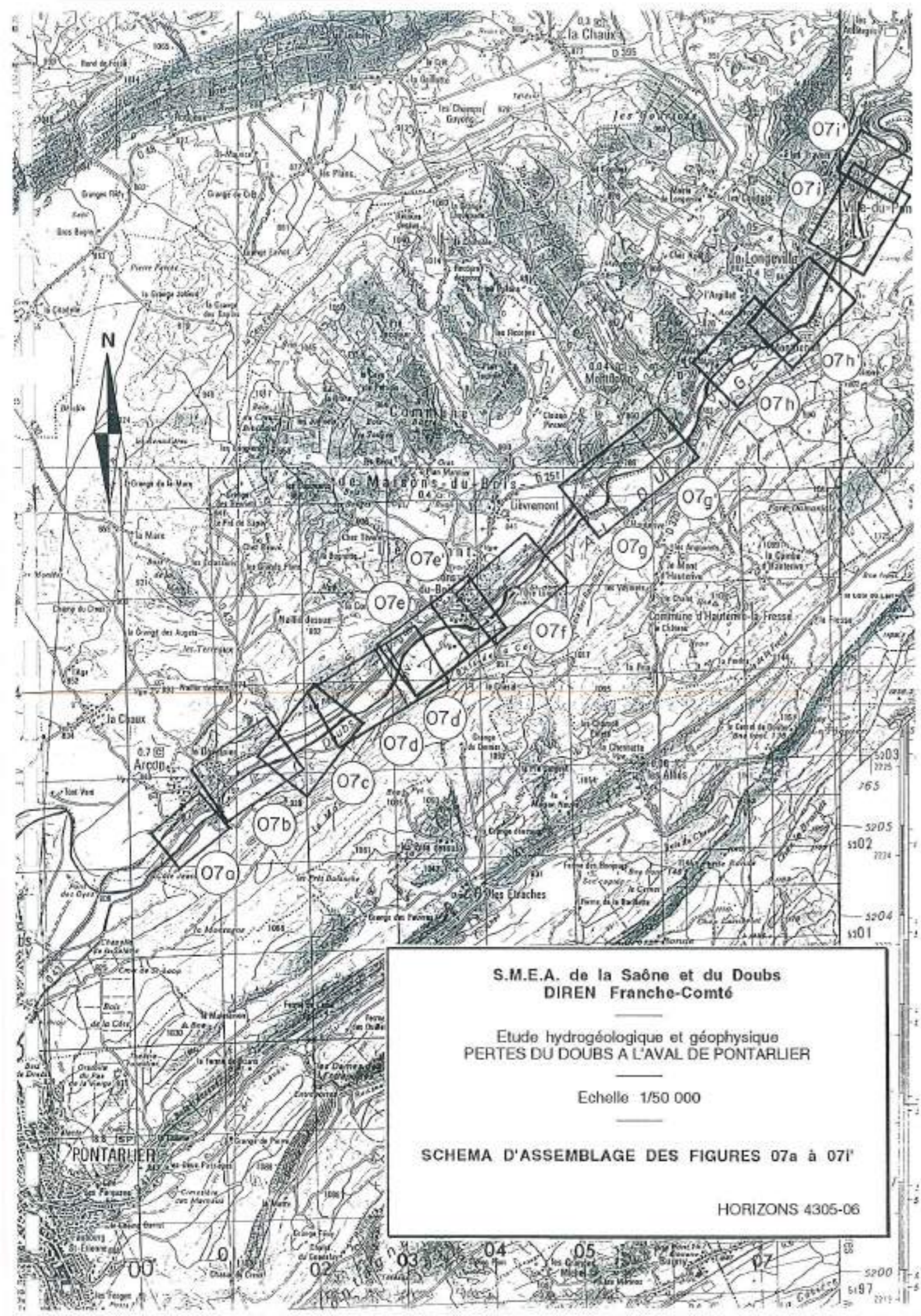
VII.2.1 - AMONT DU PONT D'ARÇON (FIGURE 4305-07A)

Sur les profils P3000 à P3100, les anomalies de PS correspondent aux pertes identifiées par les pêcheurs et repérées au géoradar. Elles se situent principalement en rive gauche à la jonction des 2 profils et sont peu développées (~ 20 à 40 mvolts). Le fond est graveleux. Il n'y a pas d'affleurement calcaire net.

VII.2.2 - AVAL DU PONT D'ARÇON (FIGURE 4305-07B)

Les anomalies principales (20 à 40 mvolts et > 40 mvolts) se situent sur les profils P3650 et 3750 en rive gauche, P3600 et 3750 en rive droite. Elles se corrélaient très bien avec les pertes mentionnées par la carte géologique de Pontarlier. Plus en aval en rive droite sur les P4200 et 4300 des anomalies significatives 20-40 mvolts sont observées.

Le calcaire est affleurant au droit des profils 3650 et 4200 en rive gauche et sur le profil 3600 en rive droite. Le fond du Doubs est graveleux sur le reste du secteur.



S.M.E.A. de la Saône et du Doubs
DIREN Franche-Comté

Etude hydrogéologique et géophysique
PERTES DU DOUBS A L'AVAL DE PONTARLIER

Echelle 1/50 000

SCHEMA D'ASSEMBLAGE DES FIGURES 07a à 07l

HORIZONS 4305-06

S.M.A.E. de la Saône et du Doubs
DIREN Franche Comté

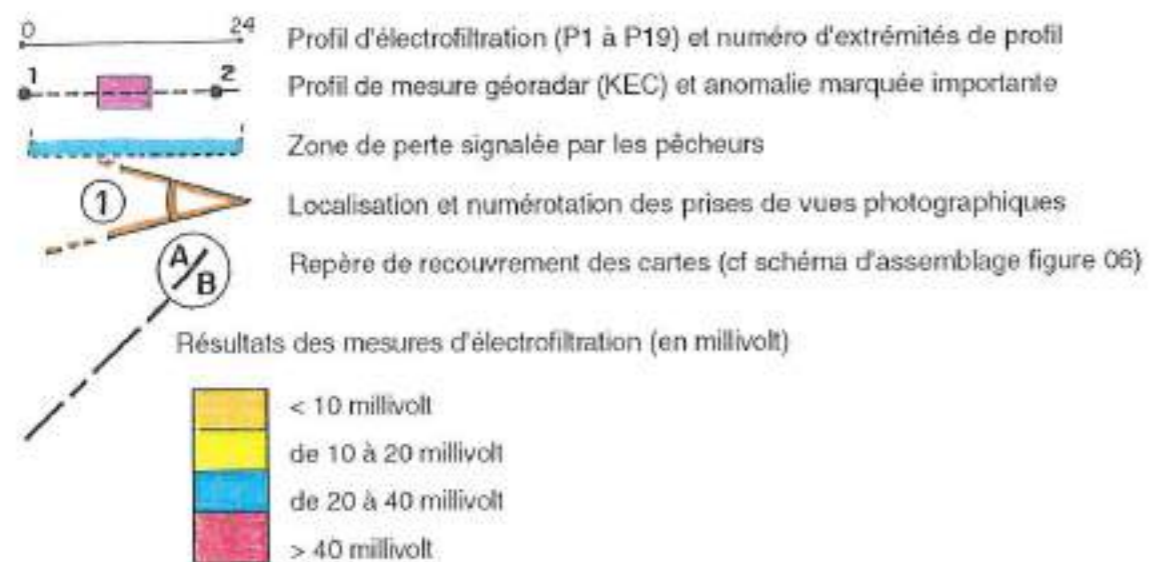
Etude hydrogéologique et géophysique
PERTES DU DOUBS A L'AVAL DE PONTARLIER

Echelle 1/2500

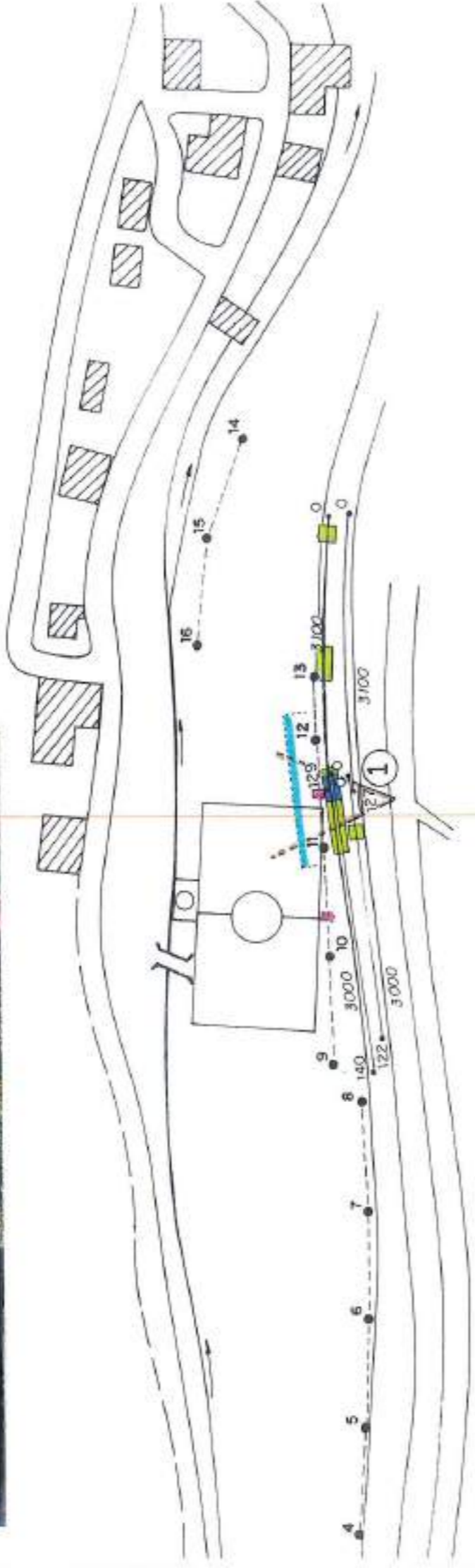
IMPLANTATION ET RESULTATS
DES MESURES D'ELECTROFILTRATION

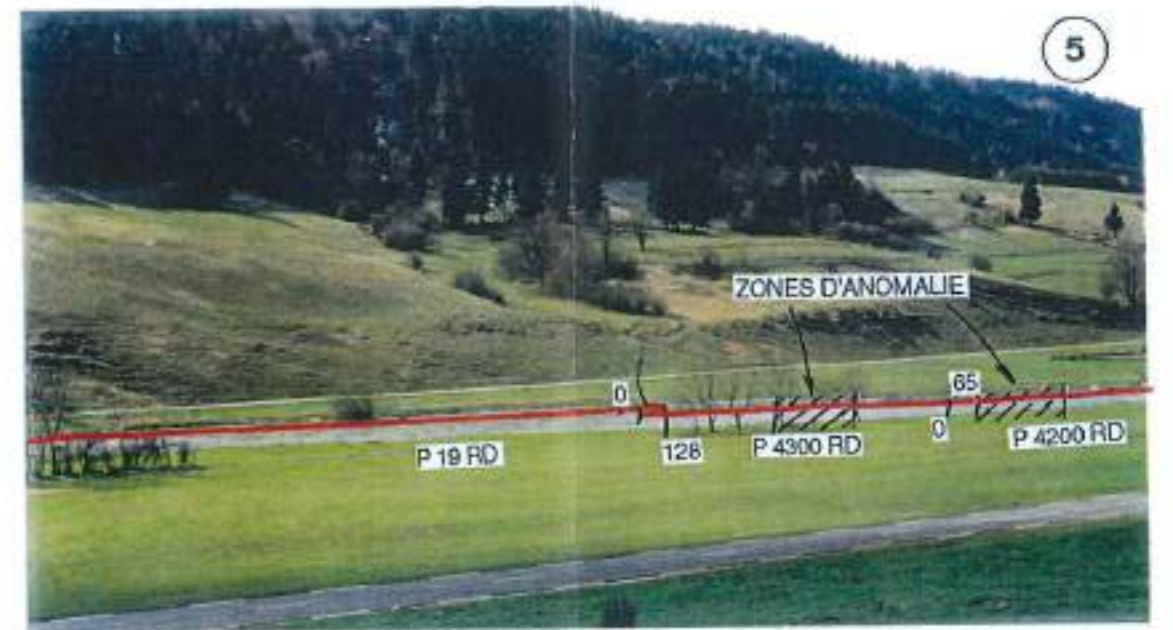
LEGENDE

Figures 07a à 07i'
(hors zone test - Figure 07c)



HORIZONS 4305-07a à 07i'





A/B

VII.2.3 - ZONE TEST DU GROS FOYARD (FIGURE 4305-07C)

Voir résultats page 11

VII.2.4 - AVAL ZONE TEST P5200 A 6200 (FIGURES 4305-07D ET 4305-07D')

Dans ce secteur les principales anomalies se situent au droit du profil 5900 en rive gauche et 6250 également en rive gauche.

Le calcaire est subaffleurant en rive droite et visible entre les profils 5500 et 5800.

Des pertes visibles sur les profils P5600 rive gauche et P5670 rive droite ne se traduisent que par des anomalies de l'ordre de 10 millivolts.

VII.2.5 - AMONT DU PONT DE MAISON DU BOIS (FIGURE 4305-07E ET E')

Les zones d'anomalies majeures se situent d'amont en aval.

En rive gauche, au droit des profils 6250 et surtout en rive droite de l'intersection des profils 6200 et 6300, ainsi que sur le profil transversal 63001.

En rive droite cette anomalie correspond à une sorte de doline envasée avec décomposition fétide de matière organique.

- Au droit des profils 6750 et 6850 en rive gauche et sur les profils transversaux 7503 et 7504, cette anomalie (20 à 40 millivolts) ne concerne apparemment pas la rive droite.

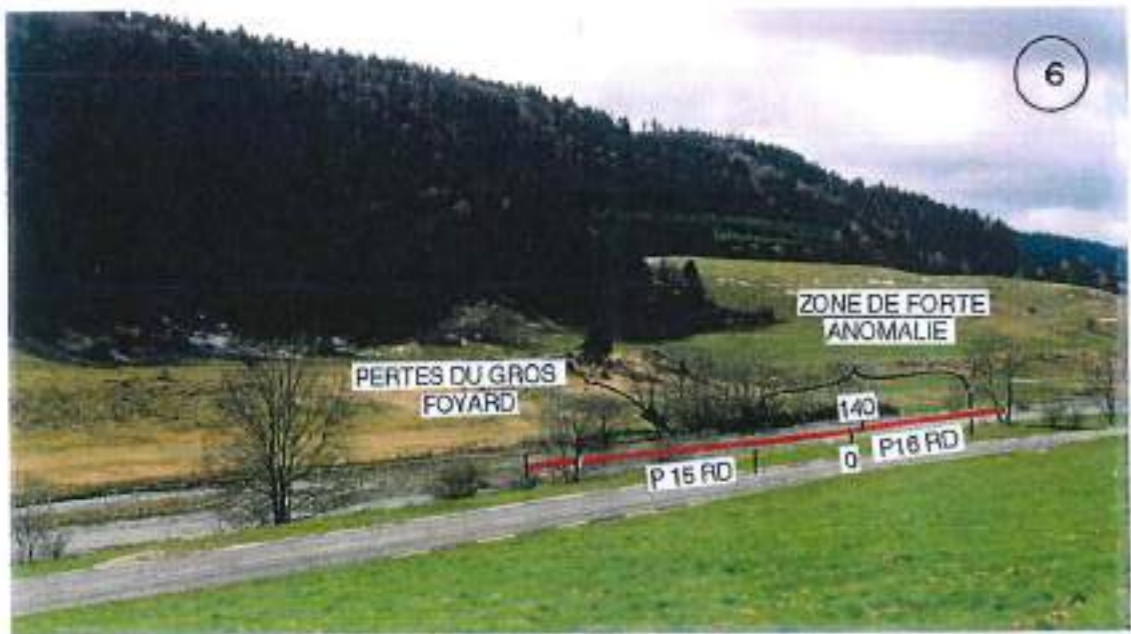
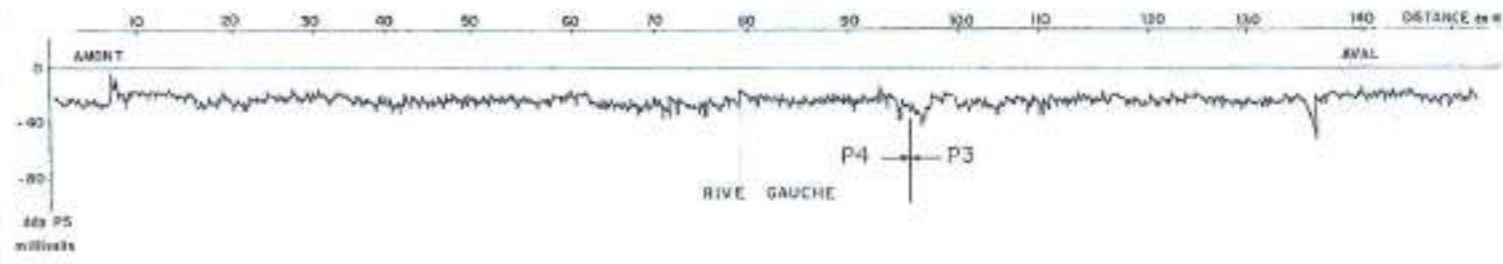
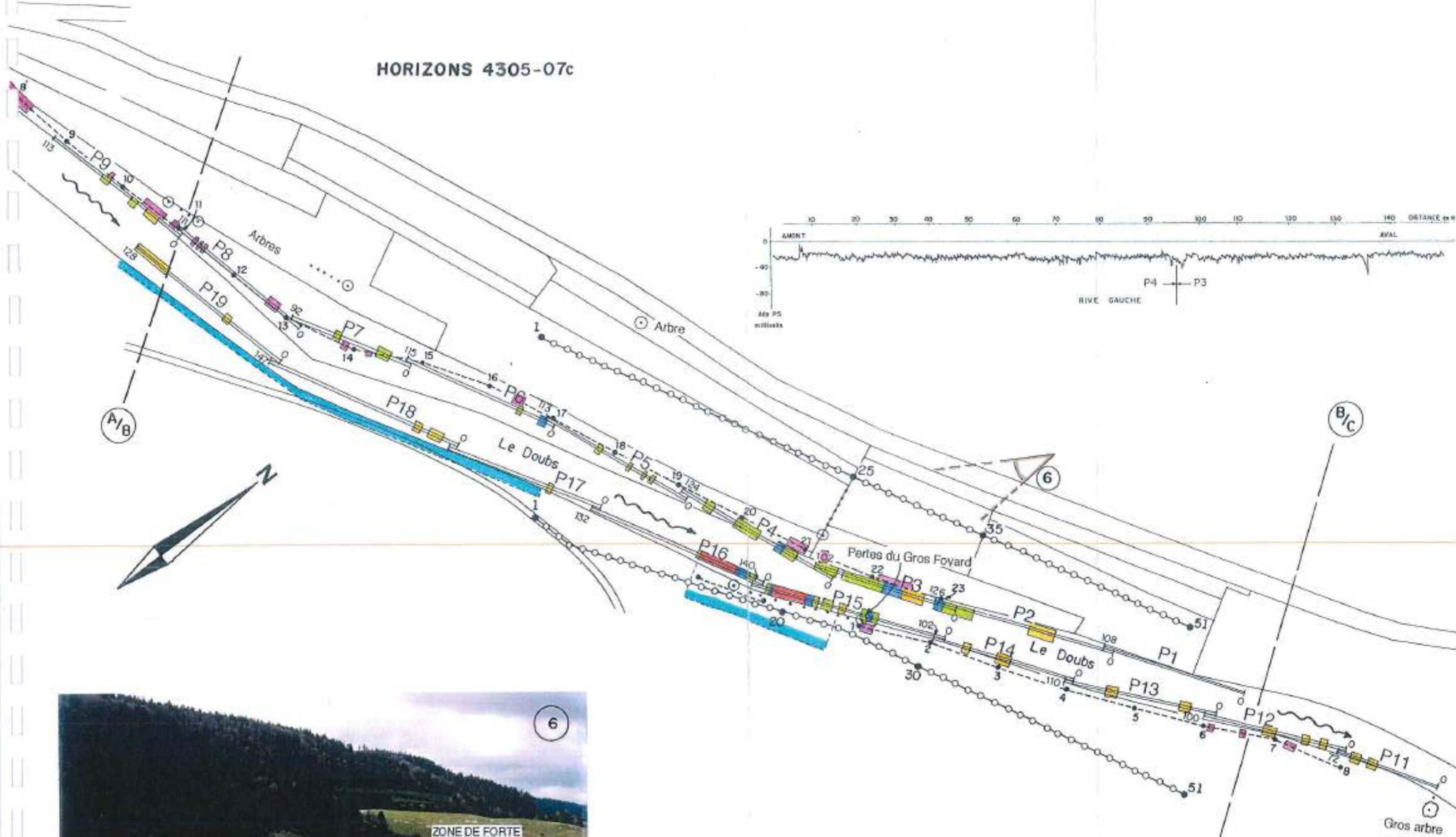
Cette anomalie confirme les observations des pêcheurs.

- Une très forte anomalie (> 40 millivolts) est repérée au droit des profils 7050 rive droite et 7150 rive gauche.

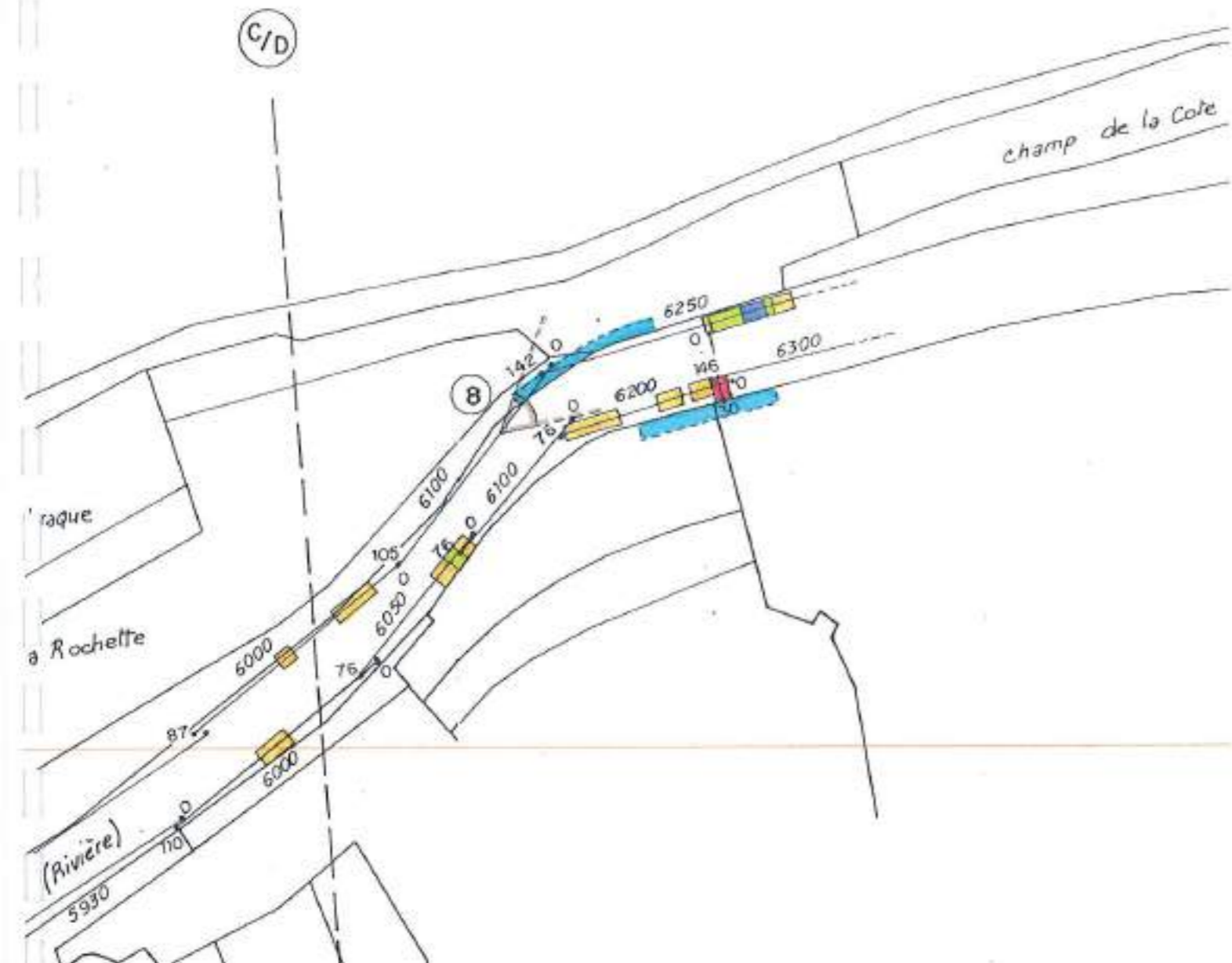
On trouve également sur cette anomalie des dépôts de matière organique. Cette zone correspond à une perte mentionnée sur la carte géologique au 1/50 000 de Pontarlier.

Les pertes identifiées par les pêcheurs au droit des profils 7150 et 7200 ne sont corrélées que par des anomalies peu marquées (< 10 millivolts).

HORIZONS 4305-07c

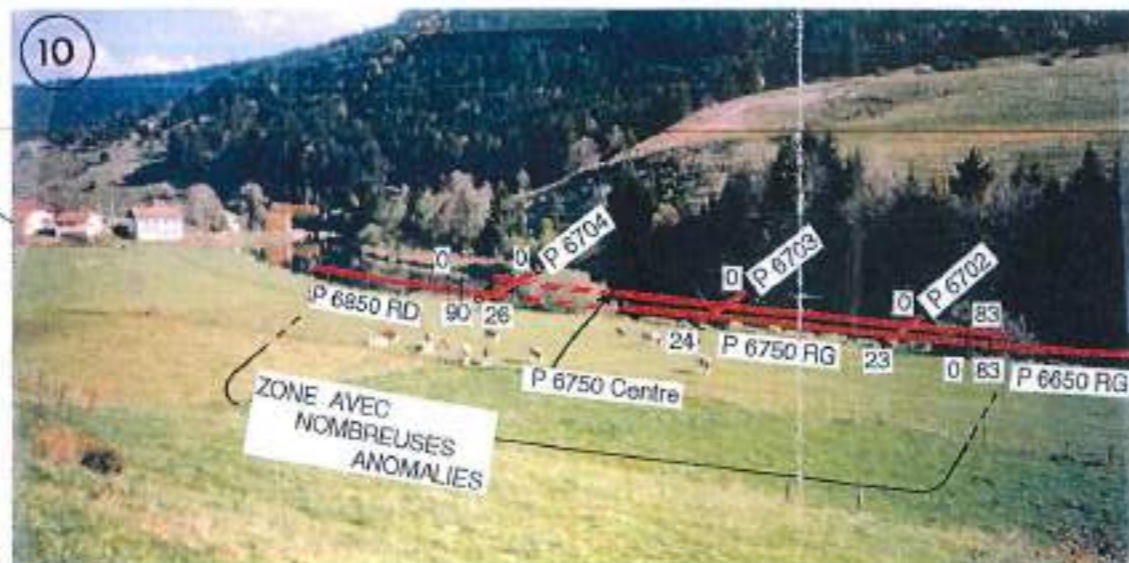
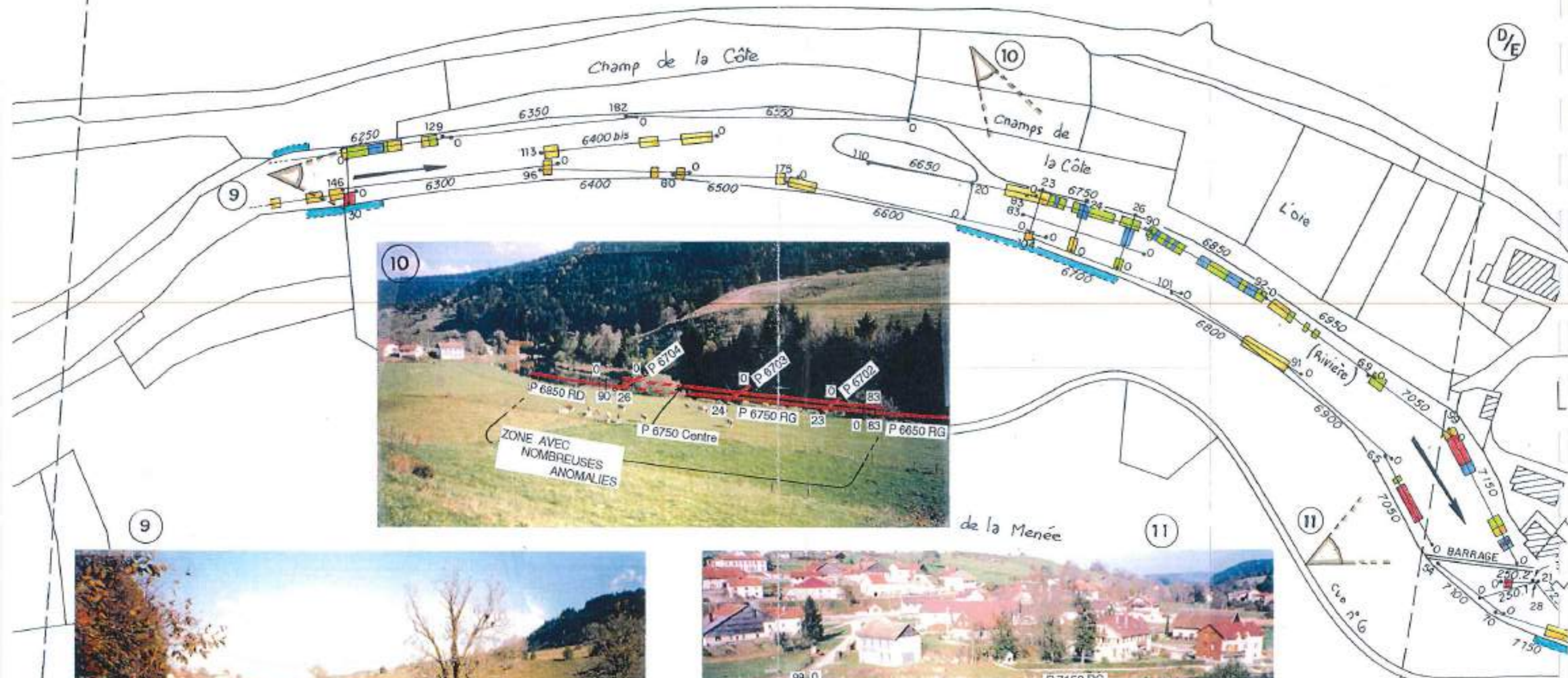


HORIZONS 4305-07 d'



C/D

D/E

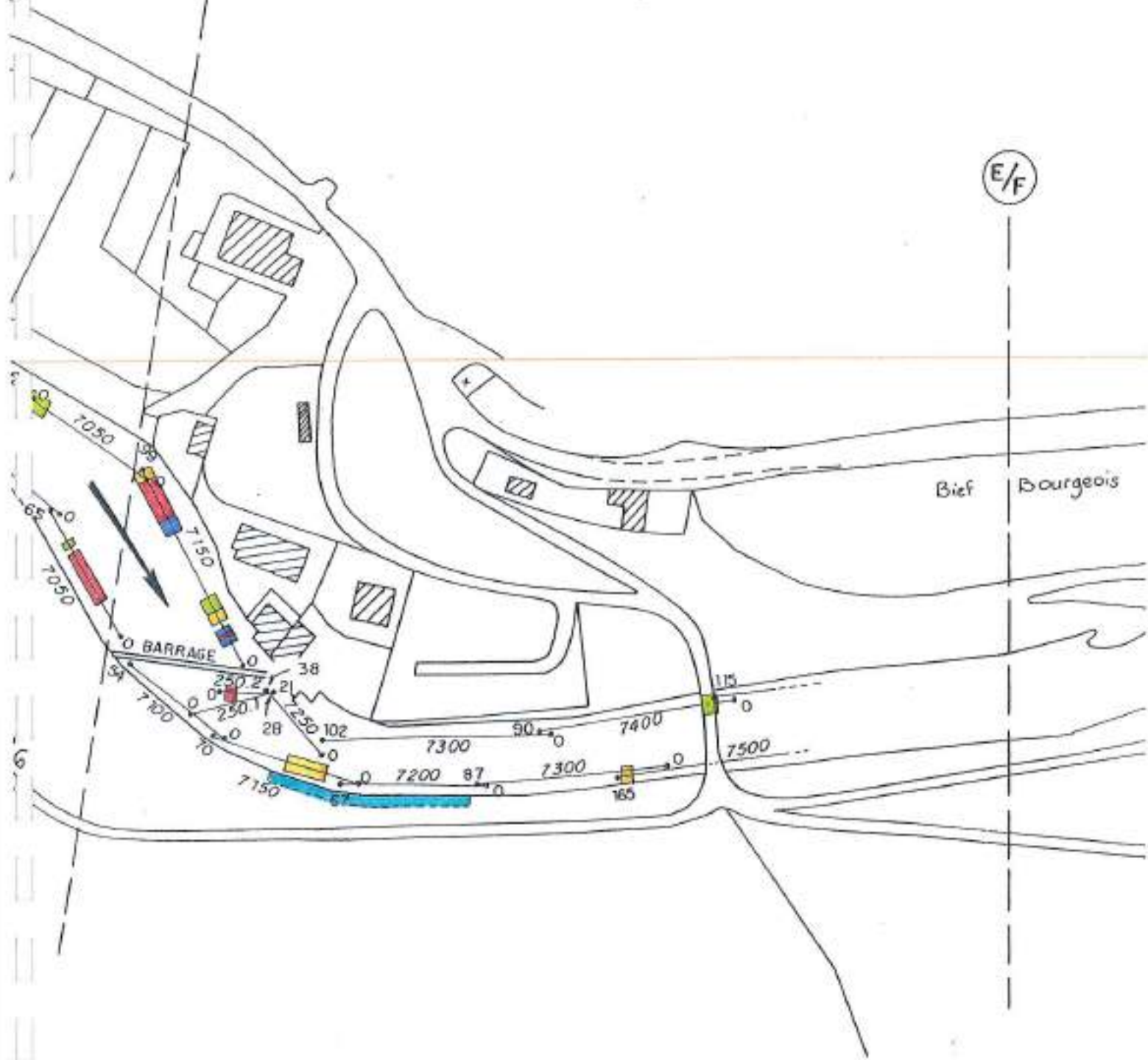


HORIZONS 4305-07e'



D/E

E/F



VII.2.6 - AVAL DU PONT DE MAISON DU BOIS (FIGURE 4305-07F ET 07F')

Les principales anomalies (10-20 millivolts) se situent d'amont en aval :

- au droit du profil RD 7500
- mais surtout entre les profils 7800 RD et 7800-7850 rive gauche, puis 7850 en rive droite.

Il s'agit d'affleurement calcaires avec de nombreux diaclases. Ces anomalies sont en accord avec les observations de pertes faites par les pêcheurs.

Cette zone d'anomalie se poursuit ensuite sur les profils 7950 en rive gauche et 7950 en rive droite. Géologiquement ces profils se situeraient au contact des marnes hauteriviennes et des calcaires valonginien géologiquement.

VII.2.7 - ZONE DE LOIE DU DESSUS - LOIE DU MILIEU - LOIE DU MOUREY (FIGURES 4305-07G ET 07G')

Les principales anomalies se situent dans la partie amont du secteur, notamment au droit du profil rive gauche P9300.

La zone de perte identifiée par les pêcheurs dans la bande de Sur les rangs du Doubs ne se traduit que par de faibles anomalies (= 10 millivolts) mais relativement denses.

On rencontre des affleurements calcaires dans le coude de rivière situé au droit des profils 9650-9700 RG, 9600-9650 RD.

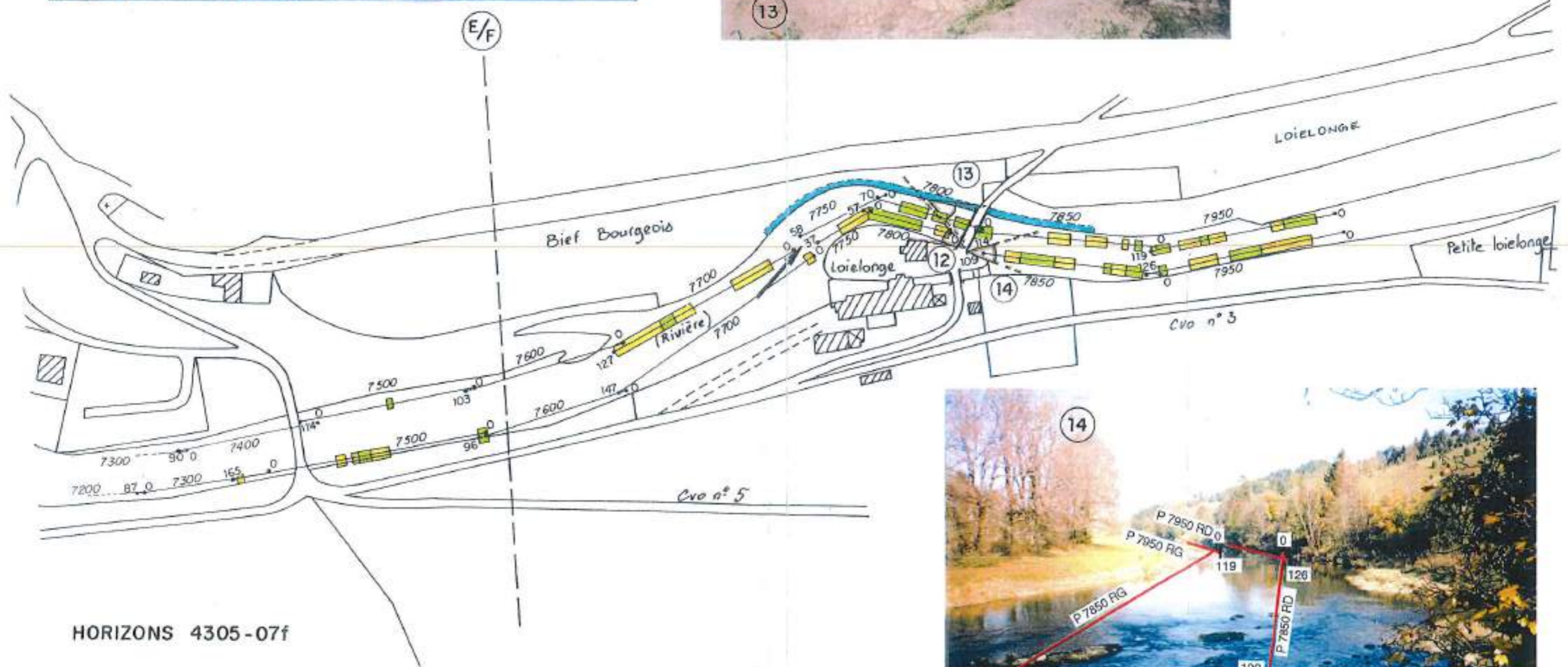
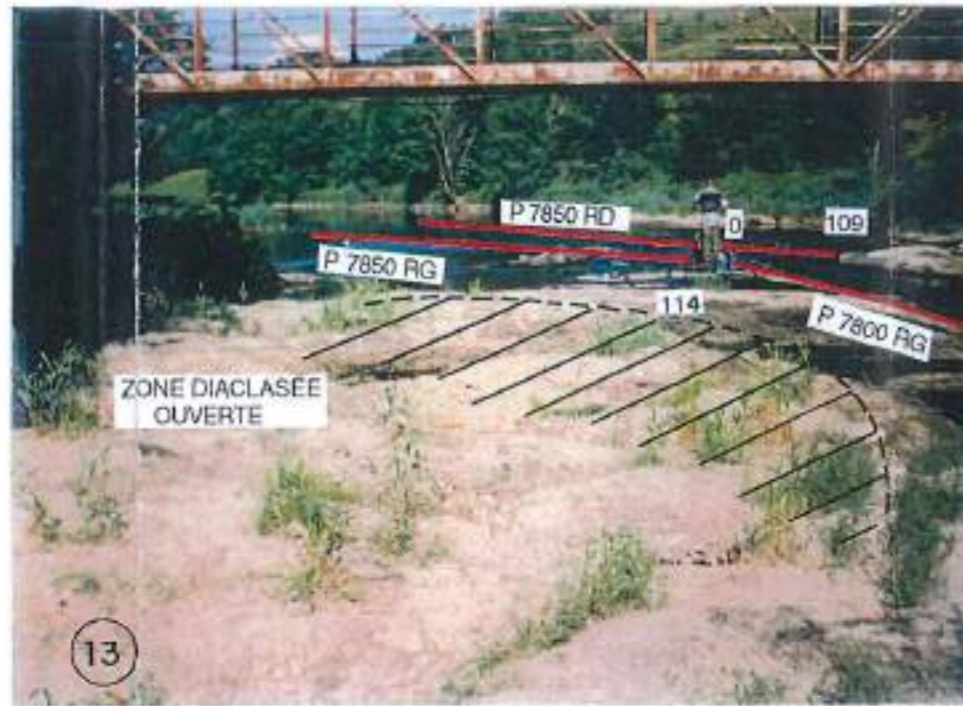
Une zone d'anomalie plus nette a été identifiée au droit des profils 10150 RG et 10050 RD. Des affleurements calcaires sont visibles sur les profils 10150 et 9950 en RG.

VII.2.8 - ZONE DE MONT BENOIT (FIGURE 4305-07H ET H')

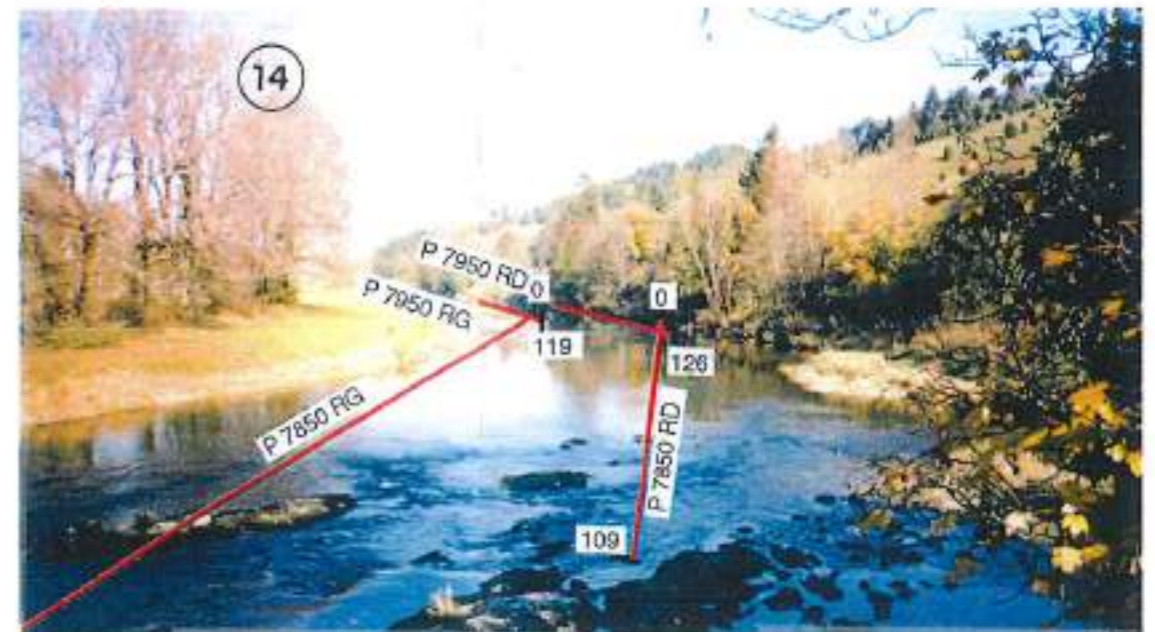
La principale zone d'anomalie se situe au droit des profils 12500 et 12800 (> 40 millivolts) en rive gauche et 12400 en rive droite). L'anomalie 12500 correspond à une zone de perte identifiée par les pêcheurs.

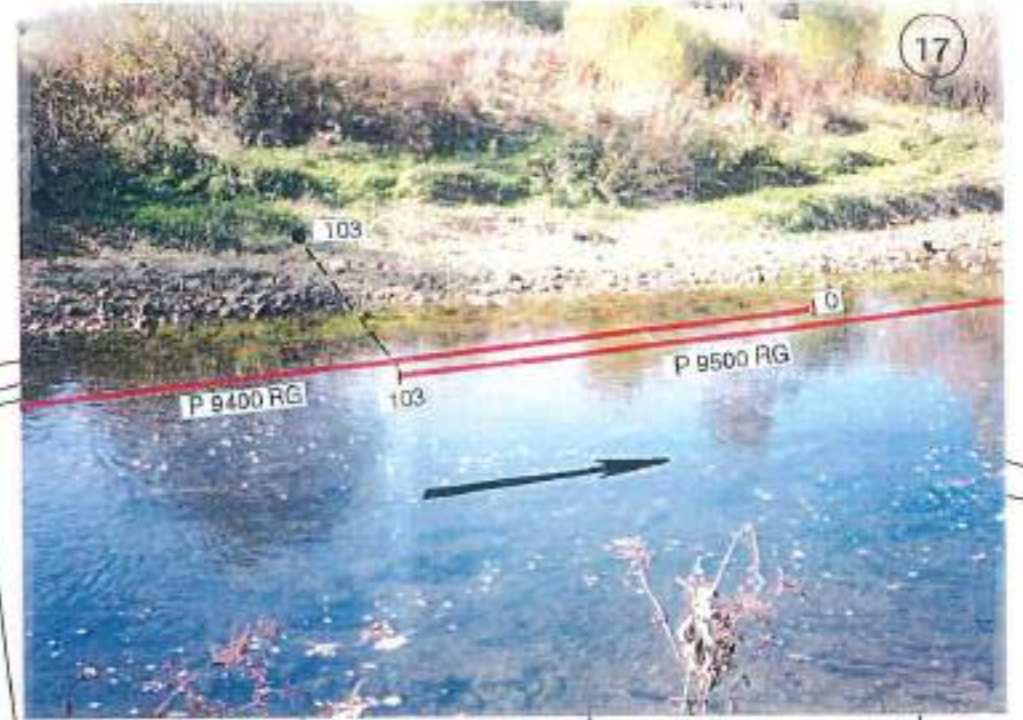
Plus en amont, on retiendra une anomalie notable au droit du profil 11800 en rive gauche,

Le calcaire est subaffleurant en rive droite sur les profils 11540 à 11800, 11900 à 12000 et 12300 et 12800. En rive gauche, les affleurements de calcaires ne sont pas visibles.



HORIZONS 4305-07f

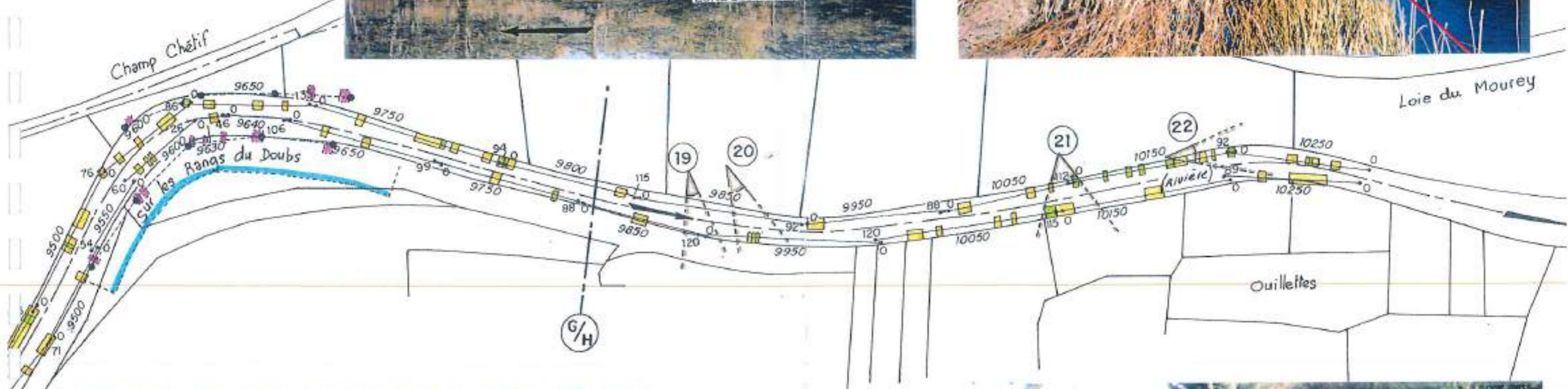


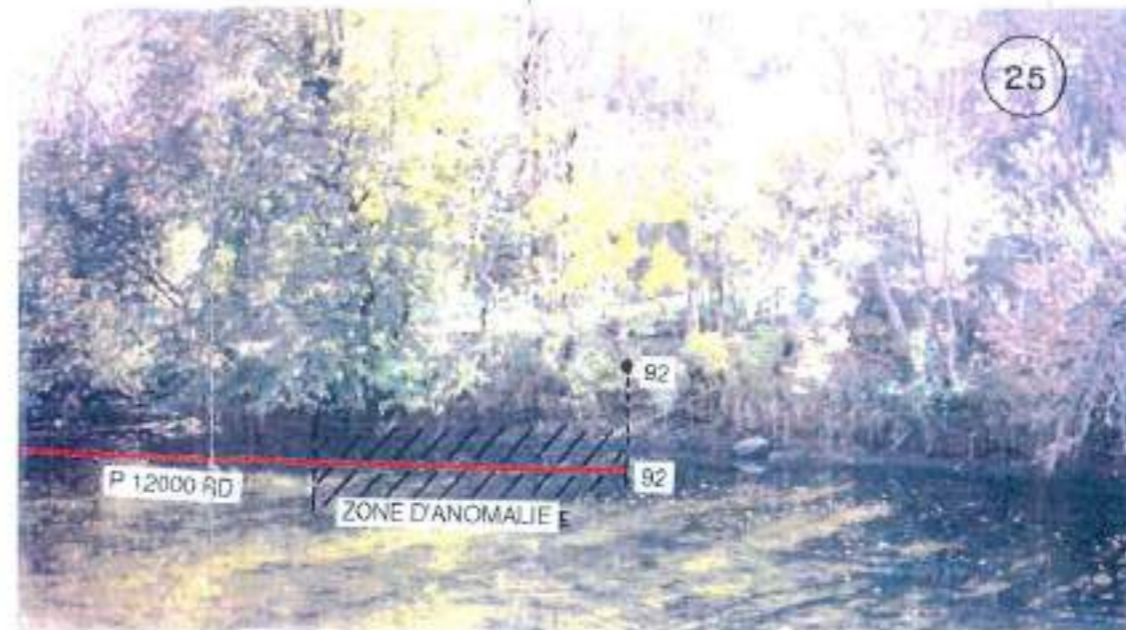
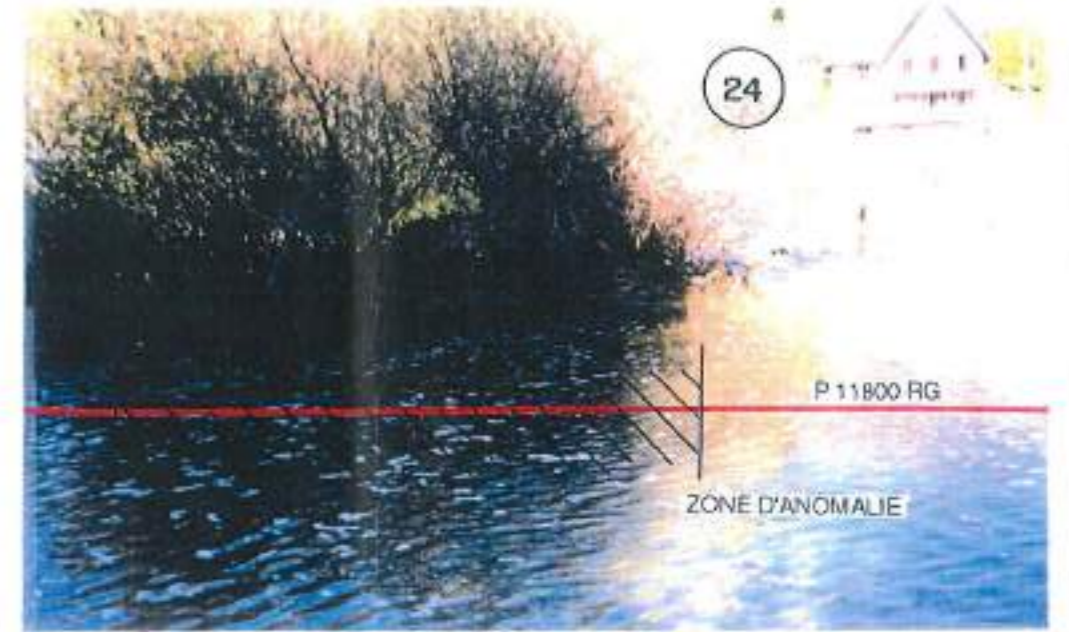
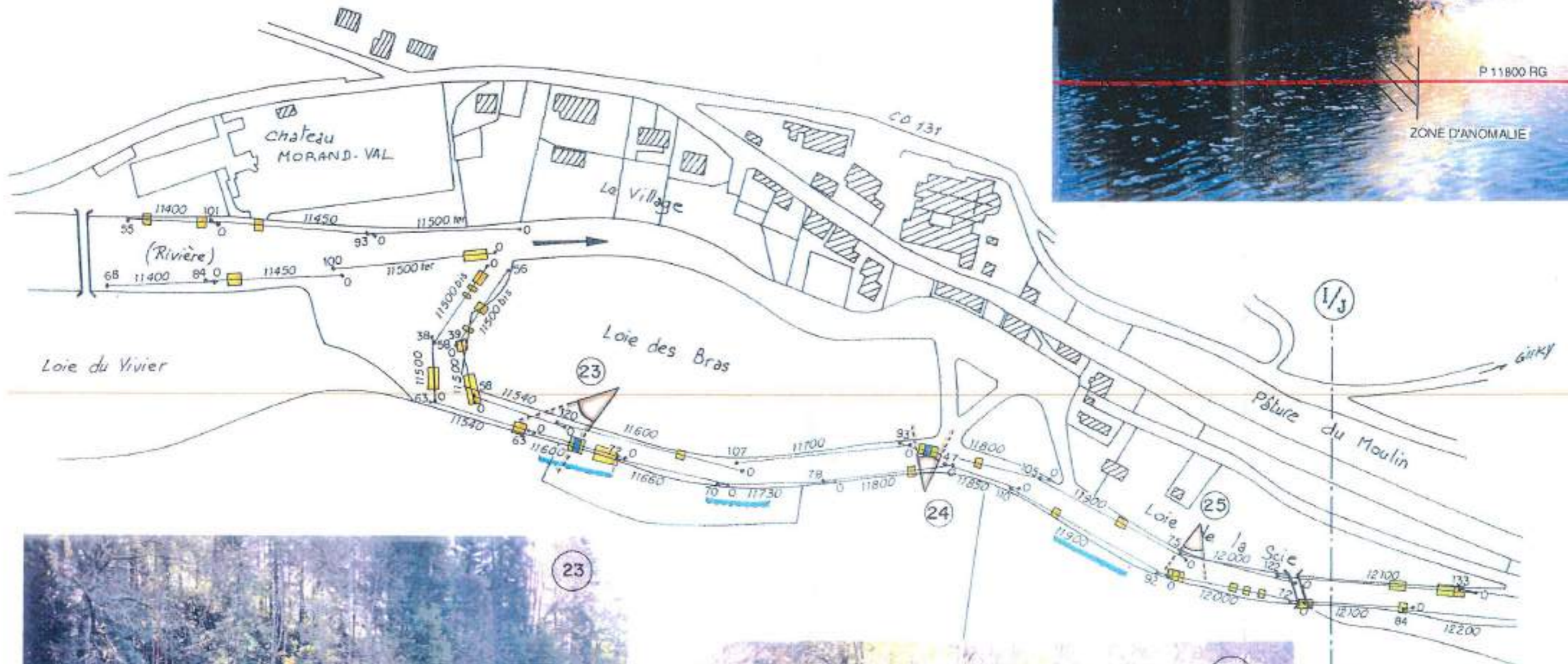


HORIZONS 4305-07g

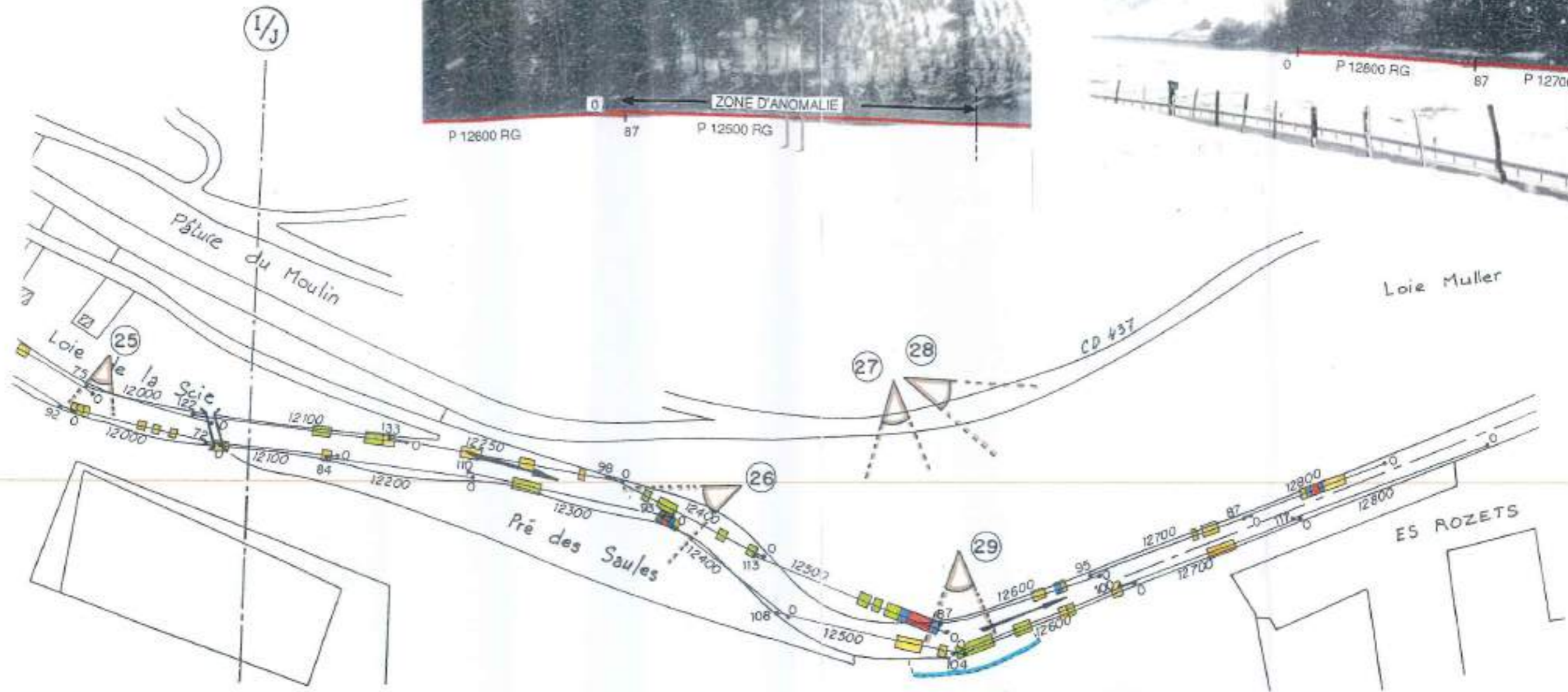


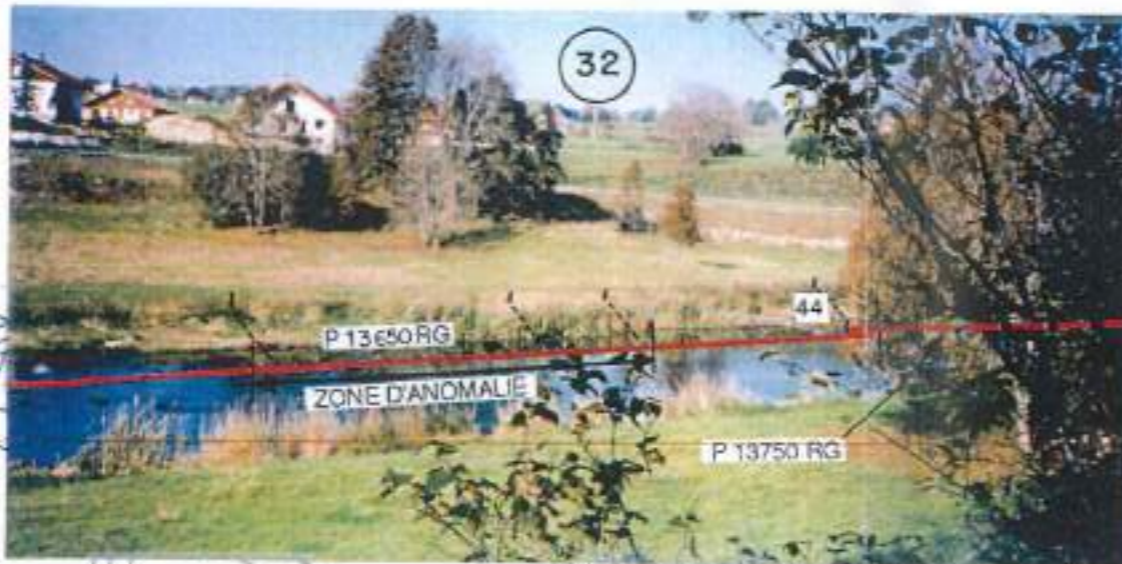
HORIZONS 4305-07g'





HORIZONS 4305-07h'

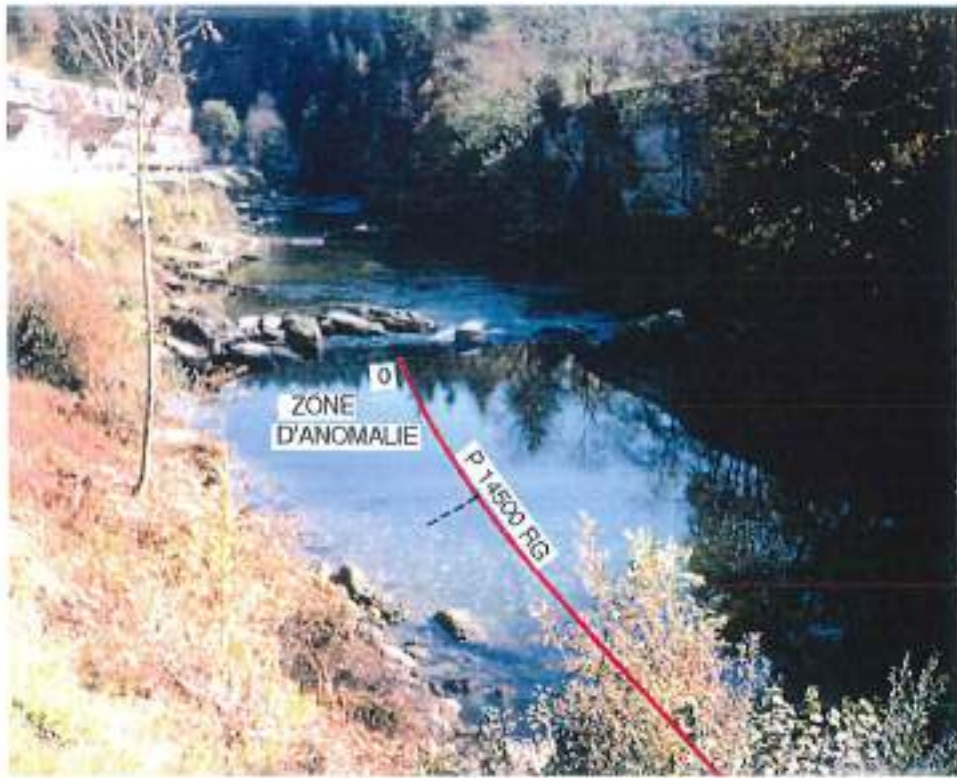




K/L

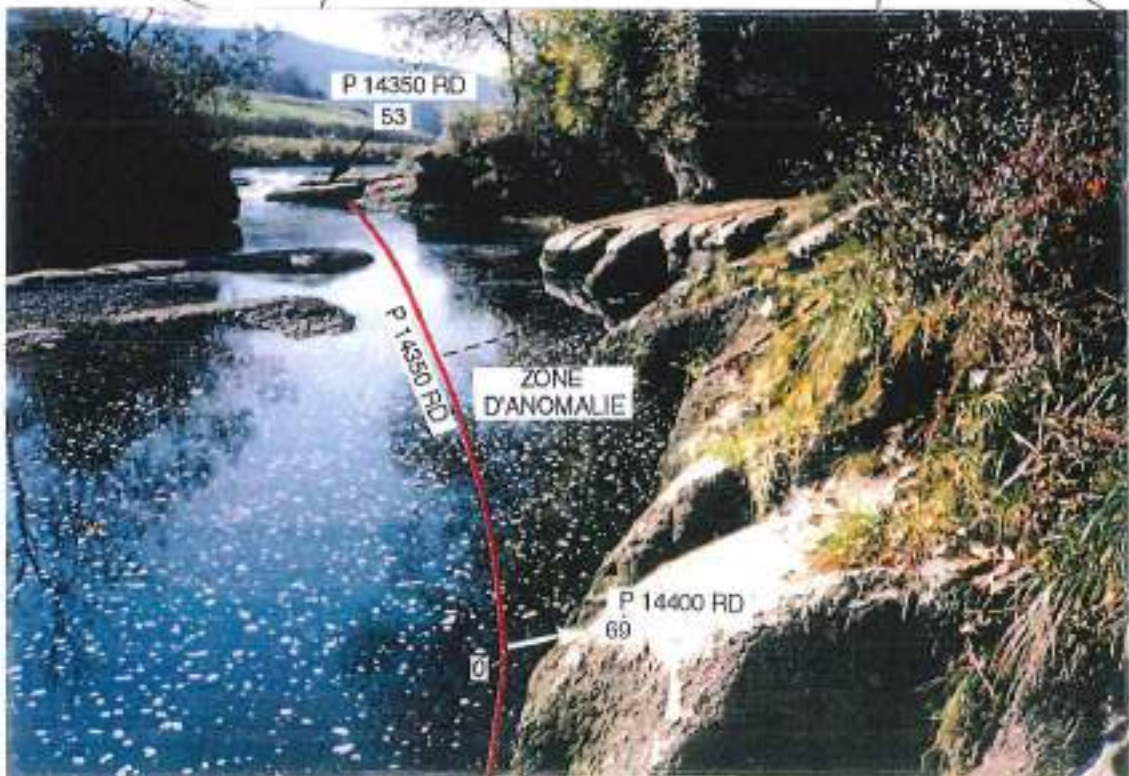
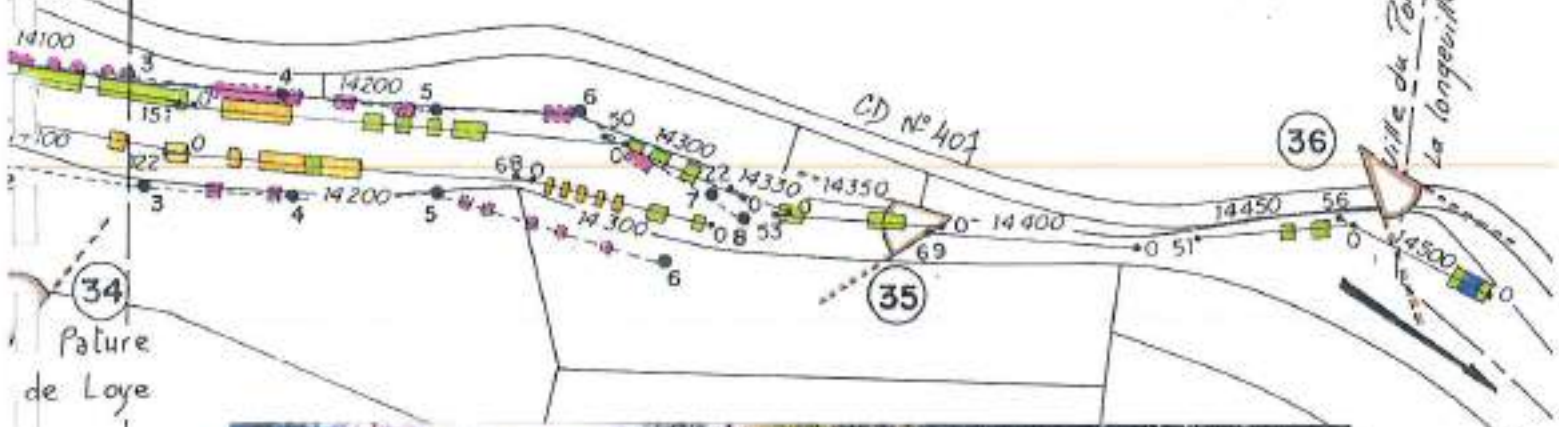
HORIZONS -
4305 - 07i'

36



K/L

Les Côtes Michel



35

VII.2.9 - ZONE DE VILLE DU PONT (FIGURE 4305-07I ET I')

les anomalies les plus significatives repérées sur cette zone ont été mise en évidence au droit des profils 13150, 13650, 14000 à 14100 et 14500 en rive gauche et 13400, 13500 à 13600 en rive droite.

De nombreuses anomalies repérées au géoradar sont corrélables aux anomalies d'électrofiltration, notamment entre les profils 14000 et 14300 en rive gauche.

VII.2.10 - CONCLUSIONS PARTIELLES

De façon générale, la prospection par électrofiltration corrèle assez bien avec les résultats des observations faits par les pêcheurs.

Les quelques défauts de corrélations sont liés au caractère évolutif des zones de pertes : en effet, certaines pertes peuvent soit s'étendre, soit diminuer en fonction de l'érosion du substratum ou du comblement local du karst par des apports en dépôts fluvialiles.

C'est pourquoi d'autres secteurs non encore reconnu par les pêcheurs peuvent donner lieu à des anomalies en électrofiltration.

VII.3 - PROSPECTION MICROGRAVIMETRIQUE

VII.3.1 - GENERALITES

Une prospection microgravimétrique a été réalisée au droit de 3 sites sur lesquels avaient été mises en évidence des anomalies d'électrofiltration très significatives.

Le but de cette prospection était de mettre en évidence la continuité avec le système karstique des zones d'anomalies mise en évidence dans le cours du Doubs. Les sites suivant ont été prospectés :

- du Gros Foyard - Site test
- de Nangein
- de Loie du Dessus

Les mesures ont été réalisées selon 2 profils par secteur avec un espacement de 10 mètres par station au centre de chaque site et de 20 à 30 mètres pour les extensions. 50 stations microgravimétriques ont été réalisées sur le secteur 1, 48 stations sur le secteur 2 et 49 stations sur le secteur 3, soit un total de 147 stations microgravimétriques.

VII.3.2 - RESULTATS

VII.3.2.1 - Secteur 1 - Le Gros Foyard

a) Profils microgravimétriques (planche 4305-08a)

Les profils représentent les valeurs de l'anomalie de BOUGUER, exprimées en microgals. Nous mentionnons sur ces profils l'anomalie régionale, qui est un lissage de l'anomalie de Bouguer. L'anomalie régionale est en relation avec les structures géologiques profondes.

Ces profils laissent apparaître :

- soit des zones normales, où l'anomalie de Bouguer est proche de l'anomalie régionale.
- soit des zones à déficit de masse, où l'anomalie de Bouguer est sous l'anomalie régionale.

Les déficits de masse se situent entre les points 2 et 11 du profil A avec une amplitude maximale sur le point 5 d'une valeur de -67 microgals et entre les points 15 et 22 du profil B avec une amplitude maximale sur le point 18 d'une valeur de -60 microgals.

A titre indicatif, un calcul théorique montre que ces anomalies pourraient être liées à des vides résiduels (contraste de densité de 1g/cm³ par rapport au terrain encaissant soit 50% de vide) de 2 mètres de hauteur situés entre 6 et 8 mètres de profondeur, centrés sur le point 5 du profil A et le point 18 du profil B. De plus, les terrains de recouvrement pourraient être altérés avec un contraste de densité de 0,1 g/cm³ sur une épaisseur de 6 mètres environ et une largeur de 80 mètres.

b) Carte de la zone d'anomalie en plan (planche 4305-08b)

Sur cette carte sont représentés en plan la localisation des points de mesures microgravimétriques. Nous avons représenté la zone d'anomalie ainsi que l'axe de la plus forte anomalie.

Il est intéressant de noter que cet axe passe par la perte du Gros Foyard.

VII.3.2.2 - Secteur 2 - Nangein

a) Profils microgravimétriques (planche 4305-09a)

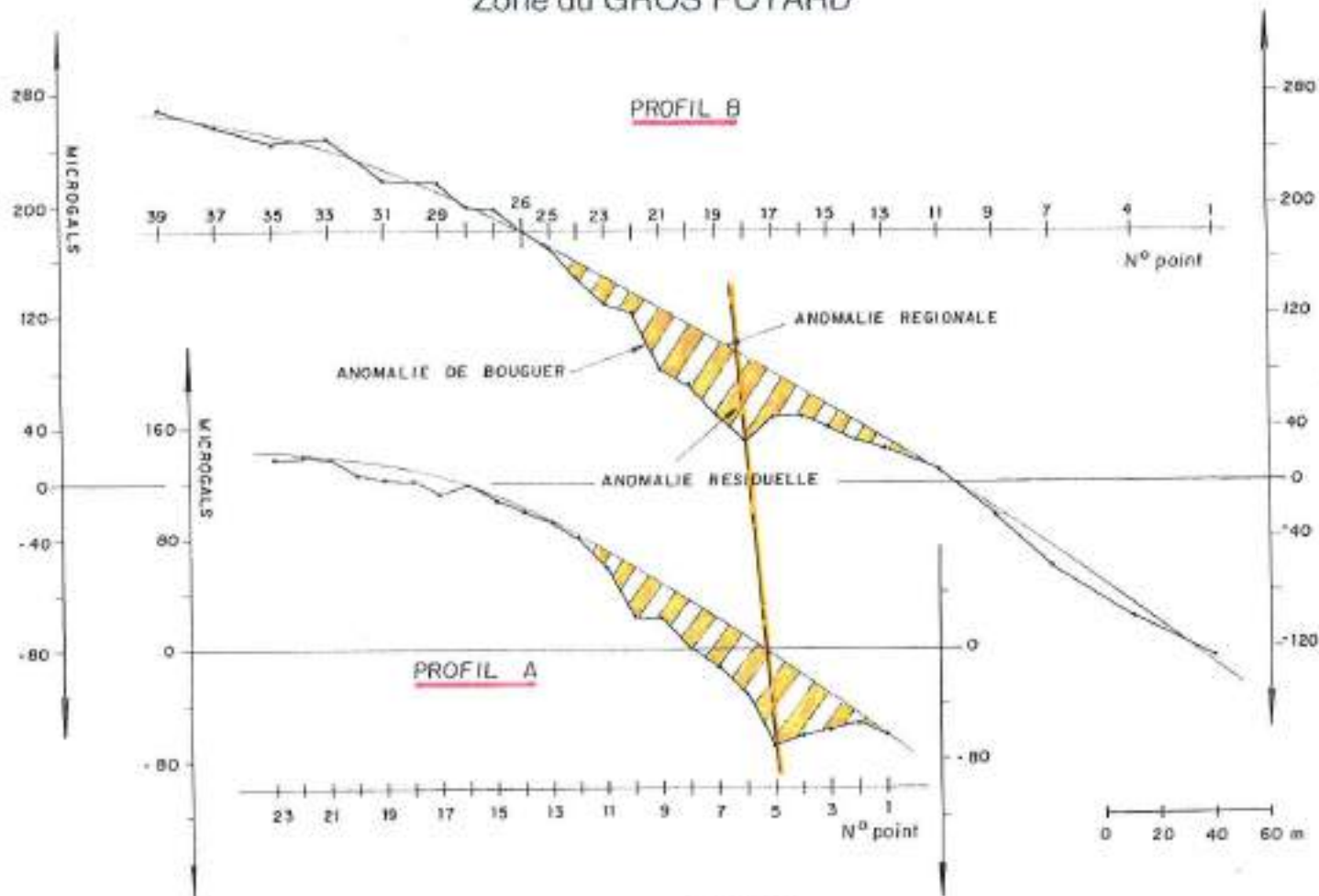
Sur le profil A, deux anomalies apparaissent. La première centrée sur le point 3 montre d'après un calcul théorique que le terrain de recouvrement pourrait être altéré sur 3 mètres avec un contraste de densité de 0,2 g/cm³ sur une longueur de 30 mètres.

De plus, des vides résiduels (contraste de densité de 1,5 g/cm³, soit 75% de vide) peuvent exister à 2 mètres de part et d'autre du point 3 et jusqu'à 5 mètres de profondeur.

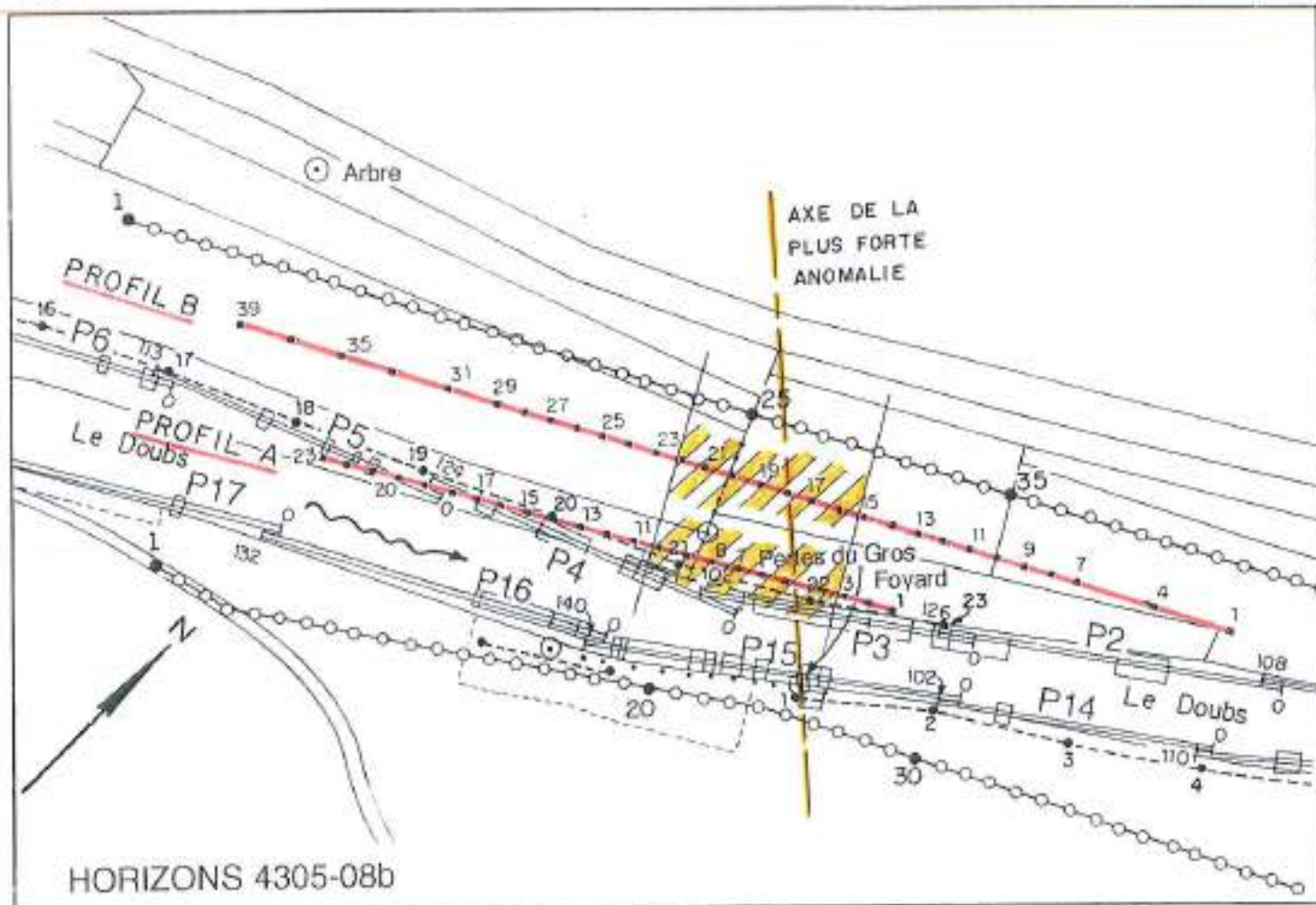
La deuxième anomalie n'existe que sur un point (point n°16) et pourrait être une forte altération des terrains de surface.

Sur le profil B, une anomalie étendue (du point 4 au point 22) mais sans gradient suggère une

IMPLANTATION ET RESULTATS DES MESURES MICROGRAVIMETRIQUES Zone du GROS FOYARD

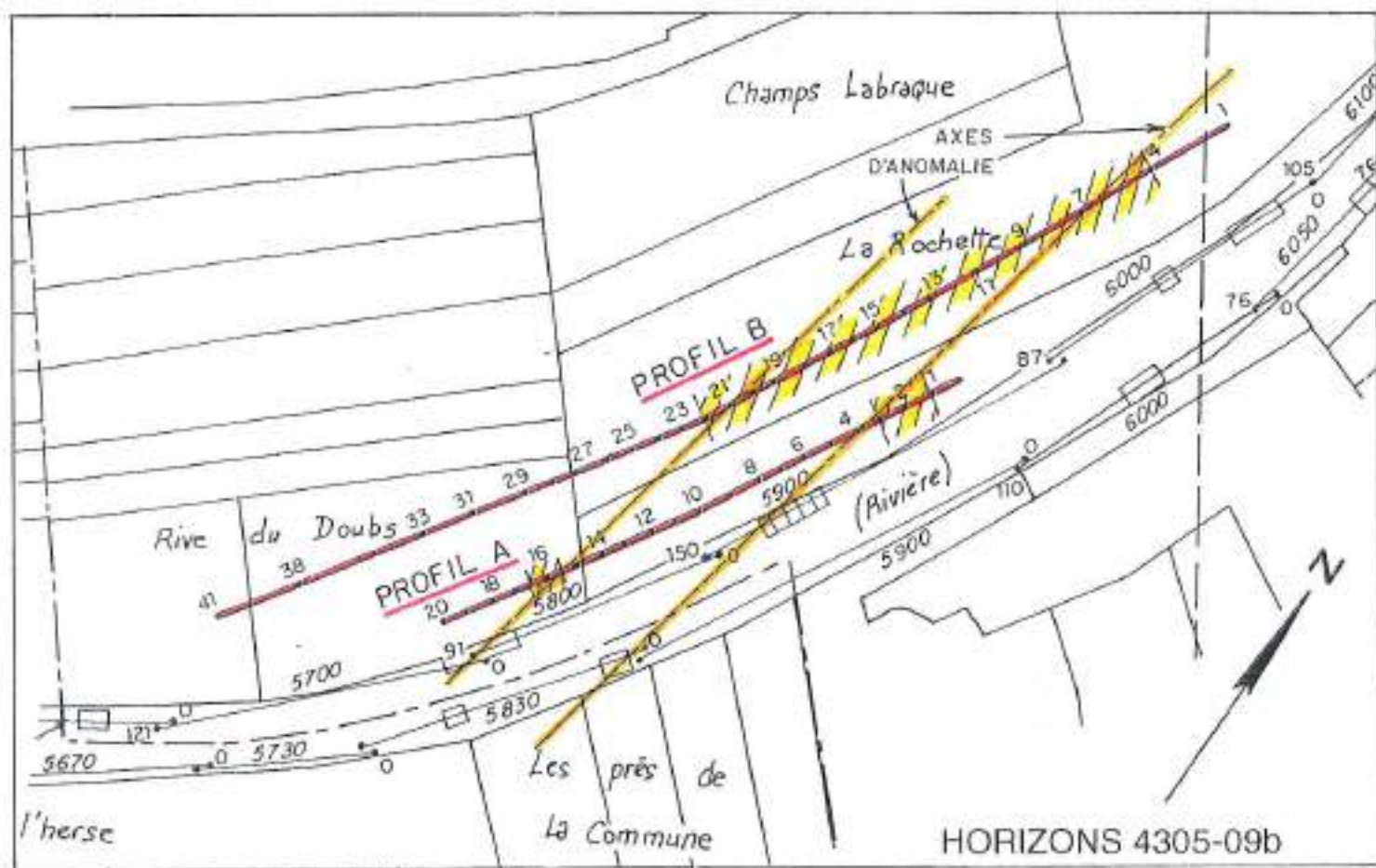
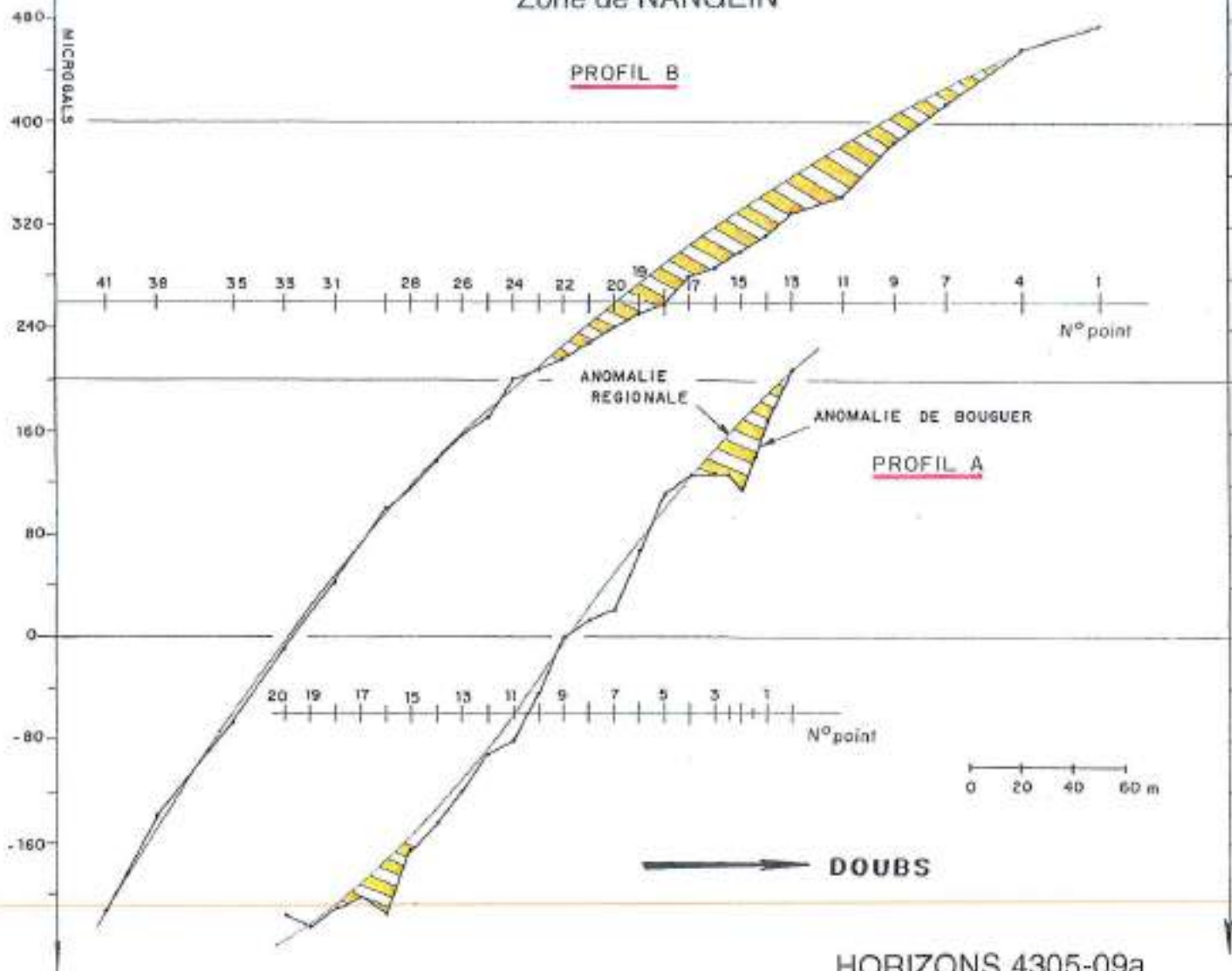


HORIZONS 4305-08a



HORIZONS 4305-08b

IMPLANTATION ET RESULTATS DES MESURES MICROGRAVIMETRIQUES Zone de NANGEIN



altération des terrains superficiels sur une épaisseur de 3 mètres avec un contraste de densité de 0,3 g/cm³. Une cause d'anomalie plus profonde se serait également ressentie sur le profil A.

b) Carte des zones d'anomalies en plan (planche 4305-09b)

Sur cette planche sont représentées en plan les zones de déficit de masse localisées par la microgravimétrie.

VII.3.2.3 - Secteur 3 - Loie du Dessus

a) Profils microgravimétriques (planche 4305-10a)

Une anomalie fortement marquée se situe à cheval sur les profils A et C entre les points A15 et C8.

Une seconde anomalie peut être également retenue entre les points A13 et A8. On notera toutefois qu'on se situe ici sur une réflexion de profil et que 2 hypothèses d'anomalie régionale subsistent :

- | | | |
|-------------------|---|--|
| - hypothèse basse | : | pas d'anomalies |
| - hypothèse haute | : | anomalie de l'ordre de - 30 milligals. |

Le calcul théorique montre qu'elle pourrait être en relation avec des terrains décomprimés et des vides résiduels (contraste de densité de 0,3 g/cm³ par rapport au terrain encaissant) entre les points A17 et C5, sur une profondeur de 3 mètres avec un surcreusement entre les points A17-C1 et C4 jusqu'à 5 mètres.

Il faut noter que le changement de gradient sur le profil A au point 10 peut être dû pour partie à un changement d'orientation de 90° du profil.

Des terrains légèrement altérés se situent sur le profil B entre les points 7 et 11, et 18 à 22.

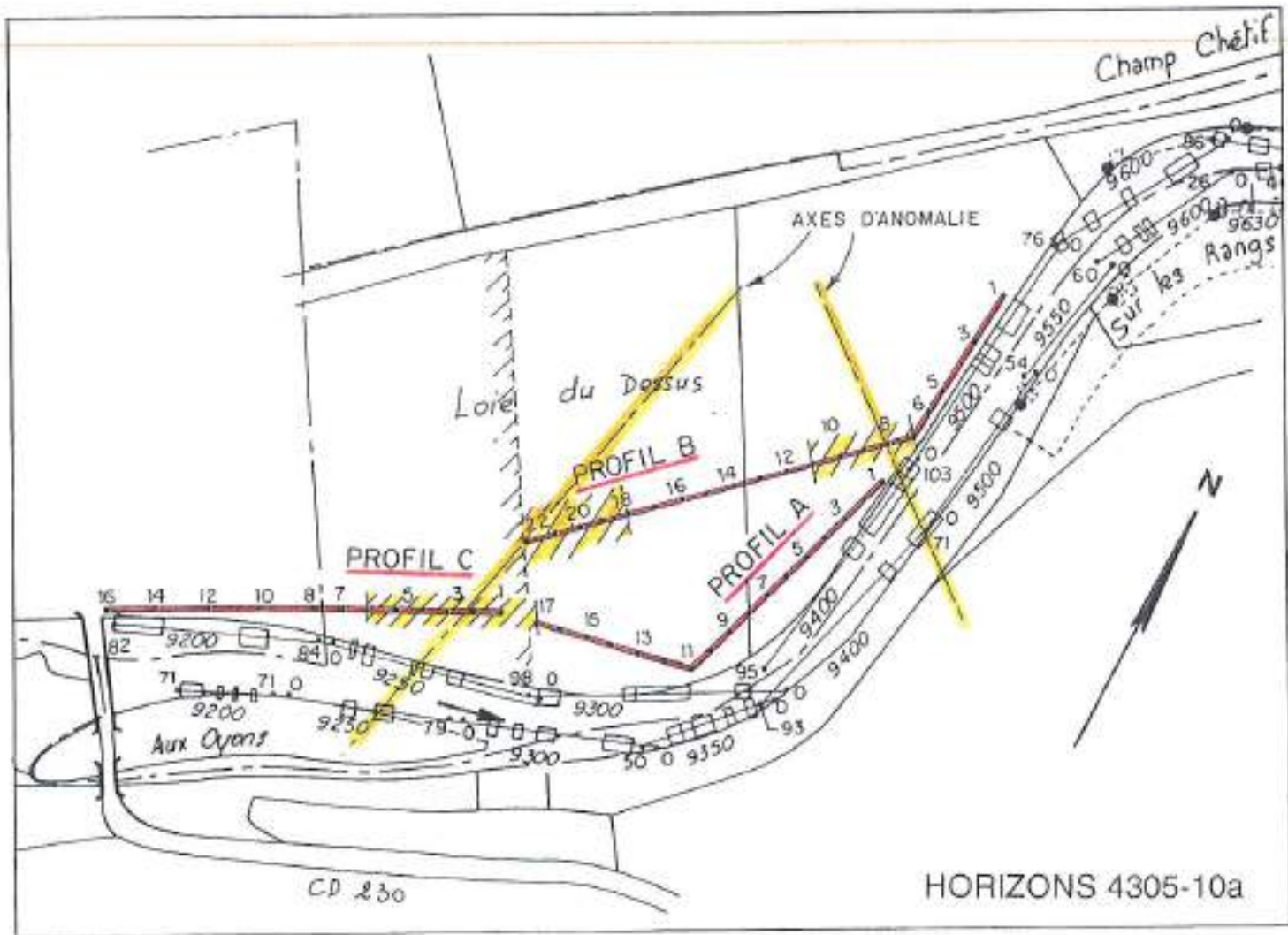
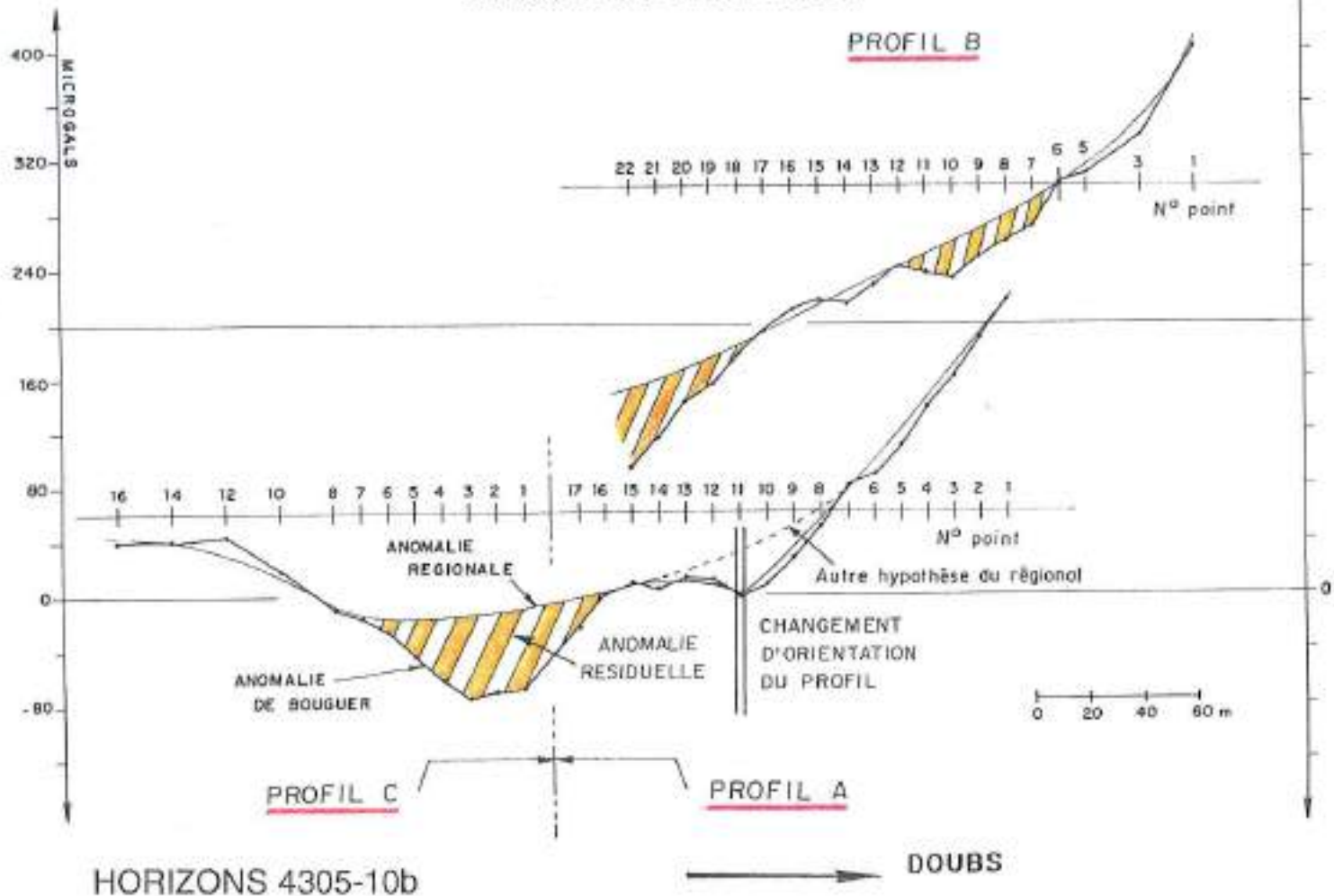
Remarque 1 : Plusieurs causes peuvent créer la même anomalie. Cependant, les interprétations faites dans ce rapport sont les plus probables.

Remarque 2 : Les corrections dues aux berges ont été incluses dans les courbes d'anomalies régionales. Ceci explique que celles-ci ne sont pas parallèles, ni régulières.

b) Carte des zones d'anomalies en plan (planche 4305-10b)

Comme pour les deux autres secteurs, c'est sur cette planche que sont représentées les zones de déficit de masse.

IMPLANTATION ET RESULTATS DES MESURES MICROGRAVIMETRIQUES Zone de LOIE DU DESSUS



VII.3.3 - CONCLUSIONS PARTIELLES

Les mesures microgravimétriques réalisées ont mis en évidence des anomalies qu'il conviendra de contrôler à l'aide de sondages mécaniques. L'implantation de ces sondages devrait se faire sur les points suivants :

- Secteur 1 :	Profil A	point 5	amplitude 67 microgals
	Profil B	point 18	amplitude 60 microgals
- Secteur 2 :	Profil A	point 2	amplitude 51 microgals
- Secteur 3 :	Profil C	point 2	amplitude 56 microgals

Ces sondages devront avoir une profondeur minimum de 10 mètres.

VIII - CONCLUSIONS

Les différentes campagnes de prospection géophysique réalisées entre l'amont du Pont d'Arçon et Ville du Pont ont permis de caractériser un certain nombre de zones de pertes correspondant soit à des pertes identifiées par ailleurs (pêcheurs), soit des zones potentielles qu'il conviendra de confirmer par des reconnaissances mécaniques (forages, pelle mécanique). En effet, les anomalies relevées par la géophysique ne correspondent par forcément à des pertes visibles.

On retiendra les principales zones de pertes potentielles suivantes d'amont en aval :

- En amont du pont d'Arçon, en rive gauche du DOUBS, à proximité du terrain de Football.
 - En aval immédiat du pont d'Arçon principalement en rive gauche et au niveau du gros Foyard essentiellement en rive droite.
 - Au niveau du pré de la Rochette en rive gauche
 - Au niveau du champ de la Cote à l'ouest et à l'est du champ
 - Au droit du pont de Maison du Bois
 - A Loie Longe et Loie du Dessus
 - A Mont Benoit au niveau de Loie des Bras en rive droite et surtout de Loie Muller en rive gauche.
-
- Au niveau de Ville de Pont, on distingue de multiples petites zones d'anomalies.

De façon générale, les fortes anomalies sont rencontrées en amont de Maison du bois. A l'aval, les anomalies sont présentes avec des amplitudes plus faibles mais sont beaucoup plus fréquentes.

Les zones de pertes importantes doivent par conséquent se concentrer entre Arçon et Maison du Bois au droit des formations calcaires du Portlandien et du Kimmeridgien supérieur.

A l'aval de Maison du bois, les anomalies plus nombreuses mais moins amples se situeraient plutôt au droit de formations calcaires valanginiennes. Ces formations incluent des intercalations marno calcaires peu épaisses mais fréquentes l'imperméabilisant partiellement et limitant ainsi le potentiel des pertes.

Les mesures microgravimétriques ont permis au droit des pertes du Gros Foyard, de Nangein et de Loie du Dessus d'apprécier l'importance du karst et les orientations de fractures souvent N 5 à 10° et N 120° au Gros Foyard. Ces mesures permettent l'implantation de forages sur lequel des suivis de variations piézométriques pourraient être assurés.

T. LEFEBVRE
Ingénieur Géologue

F. LENCLUD
Ingénieur Hydrogéologue

ANNEXE

CORRECTIONS

I - CORRECTION TOPOGRAPHIQUE

Les variations d'altitude provoquent des variations dans les mesures par l'éloignement du centre de la terre d'une part, par l'attraction des tranches de terrain comprises entre deux stations d'autre part.

Toutes les mesures sont donc ramenées à un même niveau de référence (celui de la base).

La correction à apporter est :

$$(0,3086 - 0,0418 \sigma) \Delta Z$$

avec σ = densité du terrain

ΔZ = différence d'altitude station - base

Si ΔZ est en centimètres, la correction est en centimètre de milligal.

Cette correction est très importante puisque pour des densités proches de 2, elle dépasse $20 \cdot 10^{-2}$ mgal par mètre. C'est ce qui impose un nivellement précis de chaque station.

D'autres corrections peuvent être faites mais sont moins impérieuses que la précédente.

II - CORRECTION DE LATITUDE

Elle tient compte de l'aplatissement et de la rotation de la terre qui, par force centrifuge, provoque une diminution de g lorsqu'on va des pôles à l'équateur.

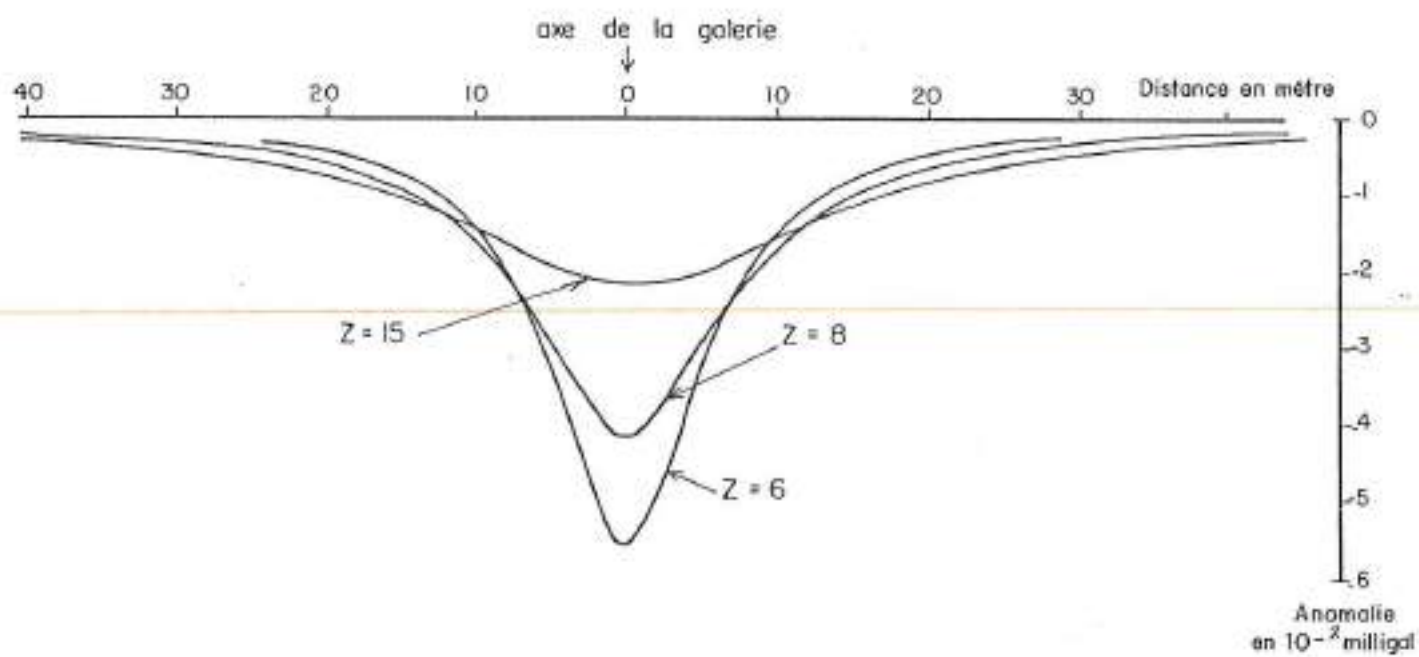
III - CORRECTION DE TERRAIN

Elle tient compte des influences latérales dues aux reliefs avoisinant la station.

L'intérêt de procéder ou non à ces deux dernières corrections dépend de la nature et surtout de l'échelle du problème posé.

L'influence de la latitude est continue et ne risque pas d'introduire, sur un profil rectiligne d'accidents.

Anomalie due à une galerie de rayon 2 mètres
située à la profondeur "Z"



ANNEXE 2

**Résultats de la
Prospection Electromagnétique
EM31**

Point kilométrique	Conductivité en mmhos/m	Nature probable de l'encaissant	Remarques
De PK 0 à PK 7,20 en R.G. et R.D.			
0 à 0,5	= 10	Calcaires de l'Hauterivien	Mesures rive gauche uniquement.
0,5 à 1	C = 20 R.D. 20 < C < 30 R.G.	Marnes purbeckiennes	Extension moindre de ces formations en rive droite.
1 à 2,15	C = 10 ou < 10	Calcaires de l'Hauterivien	
2,15 à 2,70	10 < C < 20	Marnes basales du Valanginien et calcaires de l'Hauterivien	Les résultats ne permettent pas d'identifier les deux formations : influence des alluvions (graveleuses et/ou limoneuses) probable.
2,70 à 3,20 R.G. 2,70 à 3,50 R.D.	C = 20 R.G. 20 < C < 40 R.D.	Marnes du Purbeckien	
3,20 à 7,10 R.G. 3,50 à 7,15 R.D.	8 < C < 12	Calcaires du Portlandien	Les zones de conductivité plus élevées peuvent correspondre à des zones saturées.
De PK 7,10 à PK 9,20 en R.G.			
7,10 à 7,65 R.G. 7,65 à 7,90 R.G. 7,90 à 9,20 R.G.	15 < C < 25 C < 10 12 < C < 30	Marnes purbeckiennes Calcaires du Portlandien Marnes purbeckiennes ou localement calcaires du Portlandien	Les valeurs ne permettent pas d'identifier correctement les deux formations. Influence alluvions, présence calcaire Portlandien probable entre PK 8,6 et 9.
De PK 7,15 à PK 9,25 en R.D.			
7,15 à 9,25 R.D.	15 < C < 30	Marnes purbeckiennes	Pas de mesure entre PK 7,40 et 7,90. Présence de calcaires hauteriviens entre PK 8,40 et 8,50 ?.

Point kilométrique	Conductivité en mmhos/m	Nature probable de l'encalssant	Remarques
9,20 à 9,40 R.G. 9,25 à 9,40 R.D.	C < 10	Calcaires du Portlandien	
PK 9,4 R.G. à PK 10,20 R.G.			
9,40 à 9,55 R.G. 9,55 à 10,20 R.G.	10 < C < 15 8 < C < 20	Marnes purbeckiennes ? Calcaires du Portlandien	Marnes purbeckiennes probables entre PK 9,8 et 10 ou influence de la couverture limoneuse.
PK 9,40 R.D. à PK 10,20 R.D.			
9,40 à 9,50 R.D. 9,50 à 9,65 R.D. 9,65 à 9,80 R.D. 9,80 à 10,10 R.D. 10,10 à 10,20 R.D.	25 < C < 30 C < 10 10 < C < 30 C = 10 10 < C	Marnes purbeckiennes Calcaires portlandiens Marnes purbeckiennes ? Calcaires portlandiens Marnes purbeckiennes ?	Non identifiables avec certitude.
PK 10,20 à PK 13,250 R.G.			
10,20 à 13,10 R.G.	15 < C	Marnes purbeckiennes	Avec niveau calcaire hauteriviens entre PK 10,40 et 10,45 (C < 10). Avec niveau calcaire portlandien entre PK 11,15 et 11,20 (C < 10)
13,10 à 13,20 R.G.	C = 10	Calcaires portlandiens	
13,20 à 13,25 R.G.	10 < C < 20	Marnes purbeckiennes	
PK 10,20 à 13,25 R.D.			
10,20 à 10,65 R.D. 10,70 à 10,80 R.D. 10,80 à 11,70 R.D. 11,70 à 11,80 R.D. 11,80 à 12,45 R.D. 12,45 à 12,65 R.D. 12,65 à 13,25 R.D.	10 < C < 20 = 10 15 < C < 25 C < 10 15 < C < 10 C < 10 C > 10 localement > 20 voire 30	Marnes purbeckiennes ? Calcaires hauteriviens Marnes purbeckiennes ? Calcaires hauteriviens Marnes purbeckiennes ? Calcaires hauteriviens Marnes purbeckiennes	Non certain. Présence probable calcaires hauteriviens. Non certain.

Point kilométrique	Conductivité en mmhos/m	Nature probable de l'encalssant	Remarques
PK 13,25 à PK 13,70 R.G.			
13,25 à 13,50 R.G.	10<C<20	Marnes purbeckiennes ?	Non certain
13,50 à 13,55 R.G.	C <10	Calcaires portlandiens	
13,55 à 13,65 R.G.	10<C<20	Marnes purbeckiennes ?	Non certain
13,65 à 13,70 R.G.	C <10	Calcaires portlandiens	
PK 13,25 à PK 13,70 R.D.			
13,25 à 13,30 R.D.	C = 10	Calcaires portlandiens	
13,30 à 13,70 R.D.	10<C<30	Marnes purbeckiennes	
Au-delà de PK 13,70 R.G. et R.D.			
13,70 à 14,50 R.D. + R.G.	C <10	Calcaires portlandiens + Kimméridgien	

ANNEXE 3

**Exemples de
Profils d'Electrofiltration**

Zone du GROS FOYARD

