SALINS

DOSSIER DE DECLARATION D'ARRET DES TRAVAUX MINIERS

ETUDE HYDROGEOLOGIQUE DES EXPLOITATIONS DE MONTMOROT ET PERRIGNY

Communes de Montmorot et Perrigny (Jura)

Août 2018

Rn° 18.107

Siège : Route de Saint-Pons – Ecoparc Phoros – 34600 BEDARIEUX
Tél / (Fax) : 04 67 23 33 66 (60) – siege.herault@mica-environnement.com

Agence Lyon : 582, allée de la Sauvegarde – 69009 LYON
Tél : 04 78 64 84 75 – E-mail : agence.lyon@mica-environnement.com

MICA Environnement NC : 204, route des deux communes, Yahoué – 98809 MONT-DORE
Tél / Fax : (+687) 44 18 20 – E-mail : contact@mica.nc

MICA environnement

SOMMAIRE

1 - INTRODUCTION 4

1.1 - CADRE DE L'ACTION 4
1.2 - CONTEXTE 5
1.3 - LOCALISATION DE LA CONCESSION ET DEFINITION DE LA ZONE D'ETUDE 6
1.4 - OBJECTIFS DES ETUDES 10

2 - BASE DE DONNEES 11

2.1 - DOCUMENTS CONSULTES 11
2.1.1 - Topographie 13
2.1.2 - Photographies aériennes 13
2.2 - BREF HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION DANS LES CONCESSIONS 13
2.2.1 - Principales dates de l'exploitation de Montmorot 13
2.2.2 - Principales dates de l'exploitation de Perrigny 15

3 - ETUDE GEOLOGIQUE 17

3.1 - CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL 17
3.1.1 - Cadre général 17
3.1.2 - Le faisceau lédonien (extrait de la notice géologique de la feuille de Lons-le-Saunier) 20
3.1.3 - Histoire géologique régionale (extrait de la feuille géologique de Lons-le-Saunier - BRGM) 20
3.1.4 - Contexte structural et évolution du Jura externe 23
3.2 - STRATIGRAPHIE 24
3.2.1 - Formations au toit du gisement salifère 24
3.2.2 - Formations au mur du gisement salifère 26
3.2.3 - Le Gisement salifère 27
3.3 - COUPE GEOLOGIQUE INTERPRETATIVE 30
3.4 - CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE 30
3.5 - CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL A MONTMOROT 34
3.5.1 - Tectonique et structures locales 35
3.5.2 - Données bibliographiques 35
3.5.3 - Interfaces géologiques 36
3.5.4 - Coupe géologique NE-SW au droit du champ de Montmorot 42
3.6 - CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL A PERRIGNY 48
3.6.1 - Tectonique et structures locales 48
3.6.2 - Données bibliographiques 49
3.7 - COUPE GEOLOGIQUE AU DROIT DU CHAMP DE PERRIGNY 52

4 - ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE 55

4.1 - CLIMATOLOGIE 55

4.2 - HYDROLOGIE ET MESURES DE TERRAIN 56
4.2.1 - Données hydrologiques 56
4.2.2 - Secteur de Montmorot 57
4.2.3 - Secteur de Perrigny 60
4.2.4 - Tentative de reconstruction du contexte hydrologique initial de Montmorot 60
4.2.5 - Tentative de reconstitution du contexte hydrologique initial - Perrigny 64
4.3 - MESURES EFFECTUEES SUR LES SONDAGES 65
4.3.1 - Secteur de Montmorot 65
4.3.2 - Secteur de Perrigny 75
4.4 - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE 78
4.4.1 - Contexte hydrogéologique 78
4.4.2 - Influence hydrogéologique des formations salifères avant l'exploitation minière 87
4.4.3 - Mécanismes de circulations des eaux pendant exploitation 89
4.4.4 - Mécanismes de circulations des eaux après exploitation (situation actuelle) 94
4.4.5 - Régime, usage et caractéristiques des eaux de toute nature 95
4.4.6 - Délimitation de zones sensibles selon la vulnérabilité des eaux 97
4.4.7 - Impact des travaux miniers et de leur arrêt sur le régime et la qualité des eaux de toute nature (souterraines et surface) 98
4.4.8 - Relations et échange avec les exploitations voisines de toute nature 101

5 - ETUDE GEOTECHNIQUE 102

5.1 - SITE DE MONTMOROT 102
5.1.1 - Réseau de nivellement et mesures effectuées de 1949 à 2015 102
5.1.2 - Note d'étude de l'INERIS de 2007 102
5.1.3 - Observations complémentaires sur les données du réseau de nivellement 105
5.2 - SITE DE PERRIGNY 113
5.2.1 - Objectifs 113
5.2.2 - Rappels concernant la production de saumure sur le site de Perrigny 113
5.2.3 - Incidents d'exploitation (extrait de la Pièce B du DADT de PERRIGNY – source CSME) 114
5.2.4 - Evaluation des volumes de roches déstructurées créés par l'exploitation 115
5.3 - IMPACTS DE L'EXPLOITATION SUR LA STABILITE DES TERRAINS 119
5.4 - MOUVEMENTS DE TERRAIN POSTERIEURS A L'ARRET DE L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE 119
5.5 - MOUVEMENTS DE TERRAIN RESIDUELS ENVISAGEABLES 119

6 - BILAN 120

ANNEXES 122

LISTE DES DOCUMENTS CARTOGRAPHIQUES

Localisation des concessions de MONTMOROT et PERRIGNY	Document n°18.107/ 1	Dans le texte
Localisation des sondages de MONTMOROT	Document n°18.107/ 2	Dans le texte
Localisation des sondages de PERRIGNY	Document n°18.107/ 3	Dans le texte
Extrait de la carte géologique de Lons-le-Saunier	Document n°18.107/ 4	Dans le texte
Légende de la carte géologique de Lons-le-Saunier	Document n°18.107/ 5	Dans le texte
Log lithostratigraphique de la région de Lons-le-Saunier	Document n°18.107/ 6	Dans le texte
Coupe géologique interprétative de la bordure externe du Jura (source Département du Jura – V.Bichet ; M.Campy)	Document n°18.107/ 7	Dans le texte
Contexte géomorphologique	Document n°18.107/ 8	Dans le texte
Interprétation du contexte structural	Document n°18.107/ 9	Dans le texte
Tableau des caractéristiques des sondages	Document n°18.107/ 10	En annexe
Mur des alluvions – secteur de Montmorot	Document n°18.107/ 11	Dans le texte
Mur du Keuper supérieur – secteur de Montmorot	Document n°18.107/ 12	Dans le texte
Mur du Keuper moyen – secteur de Montmorot	Document n°18.107/ 13	Dans le texte
Isohypse du toit du sel massif	Document n°18.107/ 14	Dans le texte
Coupe géologique au droit du champ de Montmorot	Document n°18.107/ 15	Dans le texte
Contexte structural de Perrigny	Document n°18.107/ 16	Dans le texte
Tableau des caractéristiques des sondages	Document n°18.107/ 17	Dans le texte
Coupe géologique au droit du champ de Perrigny	Document n°18.107/ 18	Dans le texte
Mesures de la qualité des eaux autour du champ de Montmorot	Document n°18.107/ 19	Dans le texte
Mesures de la qualité des eaux autour du champ de Perrigny	Document n°18.107/ 20	Dans le texte
Mesures effectuées sur les sondages accessibles du champ de Montmorot	Document n°18.107/ 21	En annexe
Résultats des prélèvements d'eau effectués les 13 et 14 juin 2018	Document n°18.107/ 22	En annexe
Mesures effectuées sur les sondages accessibles de Perrigny	Document n°18.107/ 23	En annexe
Log hydrogéologique de Montmorot et Perrigny	Document n°18.107/ 24	Dans le texte
Coupe hydrogéologique interprétative du secteur de Montmorot pendant travaux	Document n°18.107/ 25	Dans le texte
Coupe hydrogéologique interprétative du secteur de Perrigny	Document n°18.107/ 26	Dans le texte
Mesures du réseau de nivellement du site de Montmorot (source CSME)	Document n°18.107/ 27	En annexe
Carte de localisation du réseau de nivellement et de son évolution	Document n°18.107/ 28	Dans le texte
Vitesses de subsidence mesurées sur chaque repère par période de suivi	Document n°18.107/ 29	Dans le texte
Subsidence cumulée entre 1978 et 2015 sur le site de Montmorot	Document n°18.107/ 30	Dans le texte
Isovaleurs du gradient de vitesse de subsidence (2004-2015)	Document n°18.107/ 31	Dans le texte

1 - INTRODUCTION

1.1 - CADRE DE L'ACTION

La Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est (CSME) est titulaire de deux concessions inscrites sur des territoires de l'agglomération de Lons le Saunier dans le Jura (39) :

- la concession de mines de sel et sources d'eaux salées de MONTMOROT qui couvre 21,84 km² et qui a fait l'objet d'une exploitation par champ de 20 sondages sur la commune de Montmorot.
- la concession de mines de sel gemme de PERRIGNY qui couvre 738 ha qui a également été exploitée par un champ de 6 sondages situé sur la commune de Perrigny.

CSME travaille sur la déclaration d'arrêt définitif des travaux miniers et d'utilisation des installations associées pour les concessions de MONTMOROT et PERRIGNY.

CSME a mandaté MICA Environnement pour réaliser :

- une étude géologique commune pour les concessions de MONTMOROT et PERRIGNY ;
- une étude hydrologique et hydrogéologique commune pour les concessions de MONTMOROT et PERRIGNY ;
- une étude de stabilité des terrains au niveau du champ d'exploitation de la concession de PERRIGNY
- fournir un avis concernant l'étude faite par l'INERIS en 2007 sur l'analyse des mesures de nivellement réalisées dans la concession de MONTMOROT.

1.2 - CONTEXTE

Les deux concessions limitrophes de MONTMOROT et PERRIGNY s'inscrivent sur le territoire du Revermont lédonien ou faisceau lédonien qui marque une zone de plissements et d'écailles tectoniques affectant les terrains jurassiques à triasiques, entre le plateau jurassien et la plaine de Bresse héritée du remplissage tertiaire et quaternaire du graben de Bresse. La ville de Lons-le-Saunier s'inscrit dans ce secteur et doit sa fondation à l'existence de sources salées naturelles exploitées vraisemblablement depuis plusieurs centaines d'années. La ville de Lons-le-Saunier exploite pour le thermalisme, trois principales sources d'eau salées (Lédonia, Chavenay, Naparix). Ces sources sont situées dans le périmètre de la concession de MONTMOROT.

Les exploitations minières des deux concessions sont situées dans le bassin versant du ruisseau de la Vallière qui prend sa source en bordure du plateau jurassique lédonien qui marque le plateau du Jura externe.

La formation du Keuper inférieur porteuse du gisement de sel du Keuper inférieur est située à des profondeurs comprises entre 18 et 164 m et avec une épaisseur reconnue pouvant atteindre 250 m et comprenant de fortes hétérogénéités. Il est recouvert par des terrains du Lias et du Trias, dont la série lithostratigraphique est perturbée par la présence d'accidents et écailles tectoniques.

Les exploitations salines de Montmorot et de Perrigny ont consisté en la réalisation de sondages d'exploitation ayant recoupés sur une profondeur plus ou moins importante la formation salifère du Keuper inférieur :

- 20 sondages sur la concession de MONTMOROT exploités de 1837 à 1966 afin d'alimenter la saline de Montmorot ;
- 6 sondages sur la concession de PERRIGNY exploités de 1892 à 1959 afin d'alimenter la saline de Montaigu et pour le compte de la saline de Montmorot de 1960 à 1966, puis pour les thermes de Lons-le-Saunier de 1966 à 1972.

Les sondages exploitées avaient un débit faible de l'ordre de quelques m3/h (<6 m3/h), contraint afin de maintenir une salinité la plus élevée possible. Dans ce contexte l'exploitation a dû créer régulièrement de nouveaux ouvrages afin d'augmenter la production ou remplacer les sondages présentant des avaries (ruptures de tubage).

La couverture au toit du sel peut être le siège d'aquifères peu productif essentiellement poreux associés aux termes carbonatés et gréseux.

L'enjeu de la présente étude géologique et hydrogéologique consiste en la réalisation d'une synthèse géologique et structurale approfondie des données disponibles afin de tenter de préciser en particulier la géométrie du complexe salifère et des aquifères potentiels des couches du recouvrement au droit des secteurs d'exploitation.

1.3 - LOCALISATION DE LA CONCESSION ET DEFINITION DE LA ZONE D'ETUDE

Localisation des concessions de MONTMOROT et PERRIGNY	*Document n°18.107/ 1*	*Dans le texte*
Localisation des sondages de MONTMOROT	*Document n°18.107/ 2*	*Dans le texte*
Localisation des sondages de PERRIGNY	*Document n°18.107/ 3*	*Dans le texte*

Les concessions de MONTMOROT et PERRIGNY sont situés sur les communes éponymes dans l'agglomération de Lons-le-saunier, située dans le Jura (39)

La concession de MONTMOROT a été instituée par décret le 27 septembre 1843. Sa superficie est de 21,84 km². Elle recoupe les communes de Montmorot, Lons-le-Saunier, Messia, Courlans, Saint Didier, Chille, Villeneuve sous Pymont, Perrigny et Montaigu.

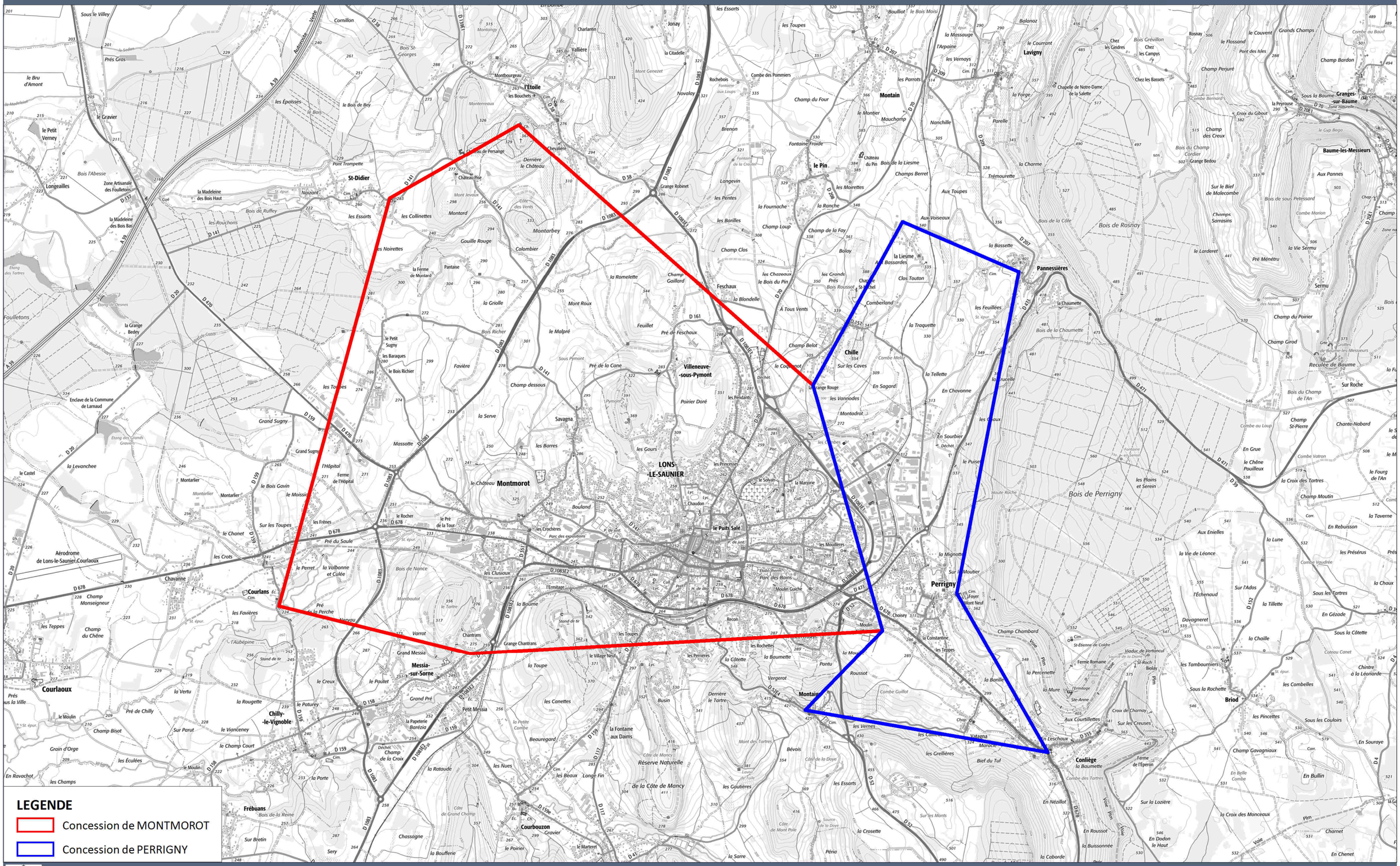
La concession de PERRIGNY a été instaurée par décret présidentiel du 4 juillet 1892. Sa superficie est de 738 ha et recoupe les communes de Montaigu, Conliège, Perrigny, Lons-le-Saunier, Chille et Pannessières.

Ces deux concessions sont mitoyennes sur un segment situé à l'Est de Lons-le-Saunier.

La zone d'étude correspond à l'intégralité du périmètre des concessions de MONTMOROT et PERRIGNY. L'étude de détail sera effectuée dans un rayon de 500 m autour des sondages d'exploitation.

LOCALISATION DES CONCESSIONS DE MONTMOROT ET PERRIGNY

Echelle - 1 : 35 000



CSME

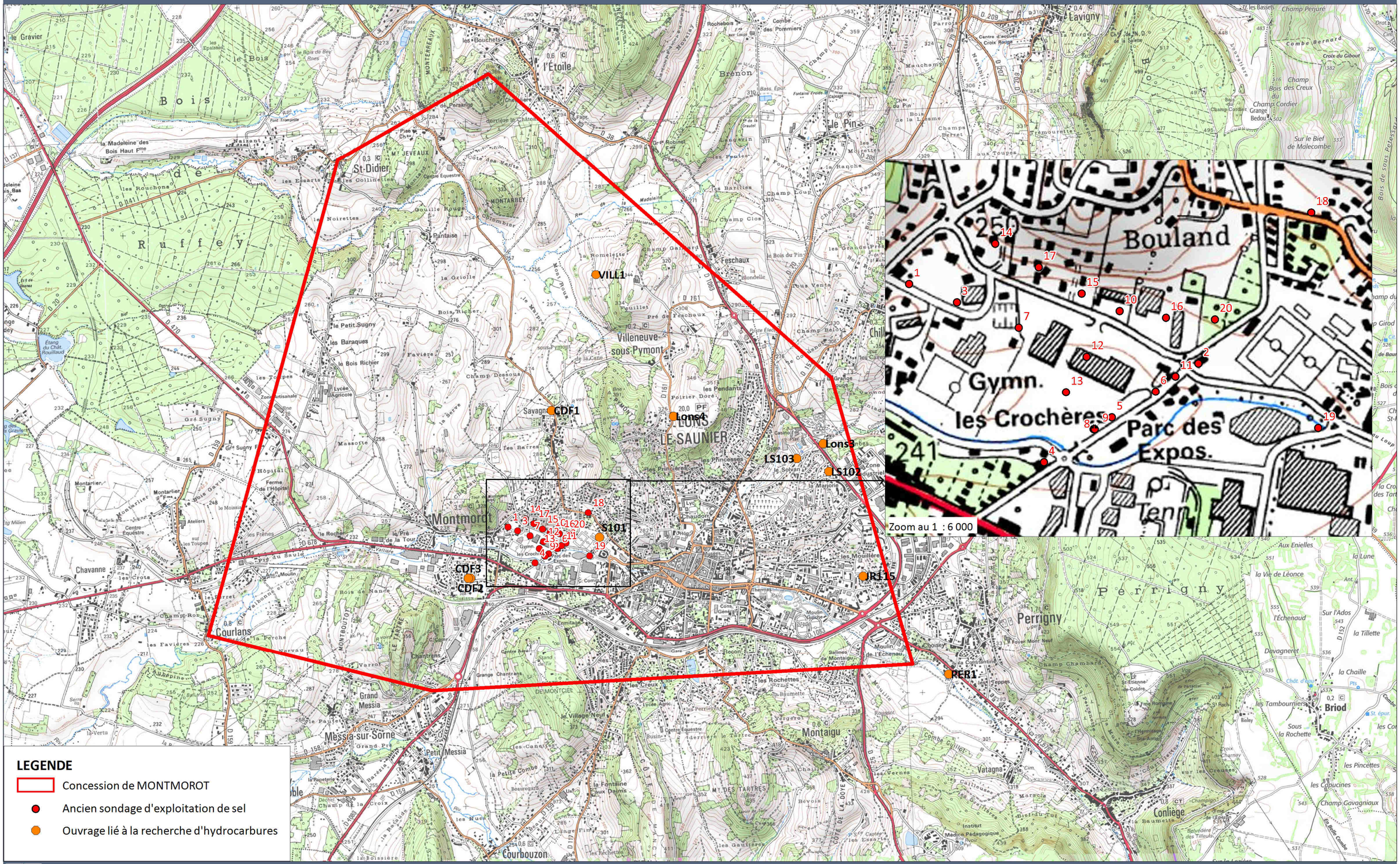
Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de MONTMOROT et PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107/ 01

Souce : Scan25

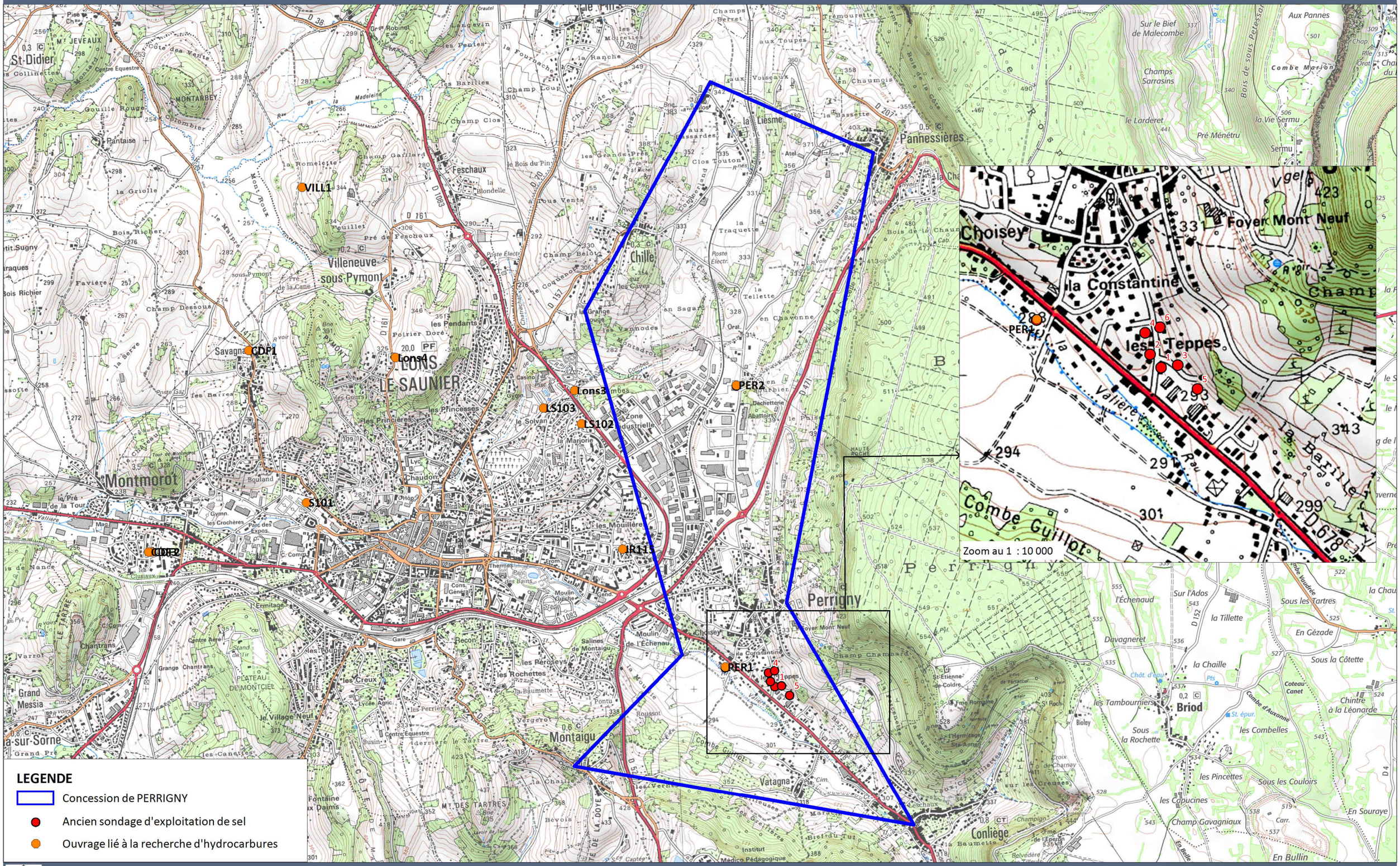
LOCALISATION DES SONDAGES D'EXPLOITATION DE MONTMOROT

Echelle - 1 : 30 000



LOCALISATION DES SONDAGES D'EXPLOITATION DE PERRIGNY

Echelle - 1 : 25 000



1.4 - OBJECTIFS DES ETUDES

L'objectif de la synthèse géologique, hydrologique et hydrogéologique est de permettre d'appréhender dans sa globalité le contexte naturel initial dans lequel les travaux miniers ont été réalisés, l'impact de ces travaux sur l'équilibre hydrogéologique local (régime et qualité des eaux), les risques résiduels demeurant à l'heure actuelle, les mesures compensatoires adaptées et les conséquences de la mise en œuvre de ces mesures.

Ces études sont des pièces constitutives de la déclaration d'arrêt définitif des travaux miniers et mettent particulièrement en évidence:

- Le contexte géologique régional et local,
- L'équilibre hydrogéologique initial,
- Le régime, l'usage et les caractéristiques des eaux souterraines et de surface ; L'impact des travaux miniers sur le régime et la qualité des eaux de toute nature ; L'impact de l'arrêt de l'exploitation industrielle sur l'équilibre établi,
- L'impact de la poursuite d'activités extractives non minières ou industrielles sur le site,
- Les interactions possibles entre les travaux miniers et l'exploitation minière d'une part, et les autres usages des eaux souterraines et de surface d'autre part.

Concernant l'étude de stabilité de la concession de PERRIGNY, les travaux miniers et l'exploitation minière ont induit des déstabilisations du sol et du sous-sol. L'expertise de stabilité réalisée vise à déterminer si des mouvements de terrain peuvent encore se produire et, le cas échéant, quantifier ces mouvements.

Les mouvements examinés sont l'effondrement ou l'affaissement localisé, la subsidence ou tout autre mouvement pouvant affecter les terrains de surface.

2 - BASE DE DONNEES

2.1 - DOCUMENTS CONSULTES

CSME a transmis à MICA Environnement les documents suivants :

- Versions provisoires de la Pièce A – Généralités des DADT des concessions de MONTMOROT et PERRIGNY.
- Versions provisoires de la Pièce B – Description des travaux miniers, des ouvrages miniers et des installations minières.
- Analyse des mesures de nivellement réalisées dans la concession de sel MONTMOROT (INERIS, 2007).
- Etude de la géométrie des vides résultant de l'exploitation par dissolution au toit du sel (CSME, 2007).
- de nombreux documents relatifs aux études effectués sur les exploitations salines (principalement Montmorot).

➢ Cette base de données a été complétée par les documents suivants :

- Des rapports et études relatifs aux eaux thermales de Lons-le-Saunier,
- des rapports relatifs aux sondages de recherche d'hydrocarbures, de houille et de gaz associés,
- De la carte géologique de Lons-le-Saunier au 1/50 000 (BRGM),
- De la banque du sous-sol,
- De l'IGN (topographie, MNT au pas de 1 m, photographies aériennes).

La liste des études consultées est fournie ci-après.

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

N° MICA	DATE	ORGANISME	REFERENCE/TITRE	TYPE D'ETUDE
01	1893 / 1894	Saline de Montmorot	Marche des puits	HYDROGEOLOGIE
02	11/01/1921	Société des Salines de l'Est	Note sur la saline de Montmorot	MINE
03	26/10/1924	Saline de Montmorot	Sondage N°12	GEOLOGIE
04	24/02/1927	Subdivisionnaire des Mines	Mine de sel de Montmorot / Mise en exploitation de trois nouveaux sondages	GEOLOGIE
05	25/02/1928	E. FOURNIER	Rapport sur les sondages exécuté dans la concession de Montmorot	GEOLOGIE
06	21/03/1951	BRGG	Rapport fin de sondage perrigny 1	GEOLOGIE
07	28/04/1951	Antoine BONTE	Note préliminaire sur la dissolution du sel en profondeur région de Lons-le-Saunier	GEOLOGIE
08	31/05/1951	BRGGM	Rapport de fin de sondage de Montmorot CDF1 BRGG-A0652	GEOLOGIE
09	02/02/1952	Laboratoire de Géologie appliquée	Rapport géologique relatif aux puits 15 a 18	GEOLOGIE
10	30/06/1953	BRGG	Rapport de fin de sondage Perrigny 2	GEOLOGIE
11	30/11/1953	BRGG	Rapport de fin de sondage de Lons II BRGG-A0580	GEOLOGIE
12	29/04/1955	BRGGM	Possibilités d'alimentation en eau de la région de Lons-le-Saunier par forage au grés de base du Trias	HYDROGEOLOGIE
13	31/05/1956	Antoine BONTE	Rapport géologique sur le choix de l'emplacement de deux nouveaux puits (19 et 20)	GEOLOGIE
14	10/05/1965	M. BLANC - Ingénieur des Mines	Mouvements de surface	HYDROGEOLOGIE
15	19/06/1965	Ministère de l'Industrie	Mouvements de la surface du sol	GEOTECHNIQUE
16	01/12/1965	BRGM	La dissolution du sel du Keuper inférieur dans la région de Montmorot	GEOLOGIE
17	04/01/1966	Ministère de l'Industrie	Mouvements de la surface du sol	GEOTECHNIQUE
18	1970		Sondage de Crançot	GEOLOGIE
19	1970		Sondages de Montmorot 2 et 3 : Coupe forage L3	GEOLOGIE
20	01/10/1971	BRGM	Projet de forage pour l'exploitation de saumure naturelle dans le gisement salifère de Lons-le-Saunier	GEOLOGIE
21	01/01/1990	BRGM	Etude d'impact - Projet de forage d'exploitation de saumure pour l'Etablissement Thermal de Lons-le-Saunier	ETUDE D'IMPACT
22	01/06/1992	BRGM	Les eaux thermo-minérales en Franche-Comté	HYDROGEOLOGIE
23	12/04/2007	INERIS	Rn° DRS-07-81227-01844A / Analyse des mesures de nivellement réalisées dans la concession de sel de Montmorot	GEOTECHNIQUE
24	17/07/2007	SALINS	Etude de la géométrie des vides résultant de l'exploitation par dissolution au toit du sel	GEOTECHNIQUE
25	03/01/2013	J. MANIA - Hydrogéologue agréé	Source Chavenay - Expertise hydrogéologique en matière d'hygiène publique	HYDROGEOLOGIE
26	01/01/2018	SALINS	Doc A_MONTMOROT_provisoire	DADT
27	01/01/2018	SALINS	Doc A_PERRIGNY_provisoire	DADT
28	01/01/2018	SALINS	Doc B_MONTMOROT_provisoire	DADT
29	01/01/2018	SALINS	Doc B_PERRIGNY_provisoire	DADT
30	28/02/2018	CSME	COMPTE RENDU DES TRAVAUX DE RECHERCHE DES SONDAGES S14, S18 ET S20 DE LA CONCESSION DE MONTMOROT	HYDROGEOLOGIE
31	25/04/2018	CSME	COMPTE RENDU DES TRAVAUX DE RECHERCHE DES SONDAGES S5, S9, S10 ET S16 DE LA CONCESSION DE MONTMOROT	HYDROGEOLOGIE

2.1.1 - Topographie

Le support topographique de l'étude a été fourni par l'IGN :

- Carte IGN à 1 : 25 000,
- Modèle numérique de terrain au pas de 1 m couvrant l'intégralité des concessions de MONTMOROT et PERRIGNY.

2.1.2 - Photographies aériennes

Les photographies aériennes centrées sur les zones d'exploitation des deux concessions ont été consultées sur le site Géoportail de l'IGN. Ces photographies couvrent une période allant de 1939 à 2017 (date des prises de vue rapprochée des orthophotos de l'IGN).

2.2 - BREF HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION DANS LES CONCESSIONS

Les informations présentées sont extraites de la pièce B (Description des travaux miniers, des ouvrages miniers et des installations minières) des déclarations d'arrêt des travaux miniers des concessions de MONTMOROT et PERRIGNY transmis par CSME. Les principaux éléments de celui-ci sont repris ci-après.

2.2.1 - Principales dates de l'exploitation de Montmorot

Le gisement de Montmorot fut découvert en 1830-1831 avec la réalisation du sondage n°1. Au total 20 sondages furent réalisés entre 1830 et 1957. Tous furent exploités à l'exception du sondage n°19. La saumure extraite des sondages de Montmorot était envoyée via un saumoduc d'environ 2 km de long vers la saline de Montmorot, située à 1200 m de la gare du PLM de Lons-le-Saunier.

CSME a transmis une estimation de l'évolution de la production annuelle par sondages. La production totale de la saline de 1842 à 1966 a été estimée pour l'ensemble des sondages à 2 346 000 tonnes.

Un tableau récapitulatif des données associées aux sondages d'exploitation de Montmorot est extrait de la Pièce B du DADT de MONTMOROT fourni par CSME.

Synthèse des ouvrages miniers rattachés à la concession de MONTMOROT et soumis à procédure (Source CSME)

	Sondage n°1	Sondage n°2	Sondage n°3	Sondage n°4	Sondage n°5	Sondage n°6
Type	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
X (RGF93 CC47)	1 893 653	Zone de localisation définie par une polygone abcd tel que : a : 1 894 146 b : 1 894 163 c : 1 894 168 d : 1 894 151	1 893 737	1 893 887	1 894 006	1 894 084
Y (RGF93 CC47)	6 167 373	Zone de localisation définie par une polygone abcd tel que : a : 6 167 235 b : 6 167 246 c : 6 167 239 d : 6 167 228	6 167 340	6 167 059	6 167 137	6 167 181
Z (NGF)	240	242	242	239	239	239
Incertitude	Plan d'archive, précision de l'ordre de 10 m	Photo aérienne, précision de l'ordre du mètre	Plan d'archive, précision de l'ordre de 10 m	Plan d'archive, précision de l'ordre de 10 m	Plan d'archive, précision de l'ordre de 10 m	Plan d'archive, précision de l'ordre de 10 m
Parcelle cadastrale	Parcelle n°**331** ou 504 Section AW	Parcelle n°**382** ou chemin en Bouland Section AO	Parcelle n°504 Section AW	Parcelle n°355 ou **356** Section AW	Parcelle n°366 Section AW	Parcelle n°**364** ou (V.C n°15) Section AW
Prof. Toit du Sel (m)	128,81	124,75	126,66	121,00	133,88	132,19
Epaisseur de sel traversé (m)	35,60	66	66,18	32,30	66,14	143,65 (mur de la dernière couche de sel à 275,84 m)
Prof. sondage (m)	164,41	190,75	192,84	153,30	200,02	356,83
Réf. BSS	BSS001NEYM	BSS001NEYN	BSS001NEYP	BSS001NEYQ	BSS001NEYR	BSS001NEYS
Dates de forage	26/07/1830 - 10/03/1831	05/08/1839 – 13/09/1844	26/01/1846 – 11/01/1847	29/04/1850 – 06/09/1851	13/09/1850 – 05/06/1851	23/06/1851 – 17/11/1853
Exploitation	1837 – 1850	1844 – 1879	1847 - 1887	1853 - 1888	1854 – 1890	1865 - 1881
Casing	Pas d'information	Pas d'information	Pas d'information	Pas d'information	Pas d'information	0 – 282,07 m : ? 12,80 – 166 ,80 m : ?

	Sondage n°7	Sondage n°8	Sondage n°9	Sondage n°10	Sondage n°11	Sondage n°12
Type	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
X (RGF93 CC47)	1 893 845	1 893 974	1 893 976	1 894 022	1 894 105	1 893 960
Y (RGF93 CC47)	6 167 295	6 167 222	6 167 116	6 167 323	6 167 204	6 167 244
Z (NGF	240	238	238	243	240	239
Incertitude	Plan d'archive, précision de l'ordre de 10 m	Plan d'archive, précision de l'ordre de 10 m	Plan d'archive, précision de l'ordre de 10 m	Photos aériennes, précision de l'ordre de 5 m	Photos aérienne, précision de l'ordre de 5 m	Photos aériennes, précision de l'ordre de 5 m
Parcelle cadastrale	Parcelle n°268 ou **273** Section AW	Parcelle n°364 Section AW	Parcelle n°366 Section AW	Parcelle n°208 Section AO	Parcelle n°365 ou **(V.C n°15)** Section AW	Parcelle n°364 Section AW
Prof. Toit du Sel (m)	100,98	114	134,20	156,90	134	114,05
Epaisseur de sel traversé (m)	39,05	50	28,80	57,45	116,05	43,15
Prof. Sondage (m)	140,03	164	163	214,35	250,05	157,20
Réf. BSS	BSS001NEYT	BSS001NEYU	BSS001NEYV	BSS001NEYW	BSS001NEYX	BSS001NEYY
Dates de forage	24/07/1880 – 15/03/1881	31/05/1886 – 01/06/1888	30/08/1888 – 27/11/1888	06/12/1890 – 10/04/1891	? - 30/06/1922	03/03/1924 – 08/04/1924
Exploitation	1881 - 1921	1886 – 1923	1888 - 1933	1891 - 1942	1922 – 1938	1924 - 1966
Casing	0 – 26 : 300 mm 0 – 68,75 : 260 mm 58 – 100 : 220 mm 79,60 – 130 : 170 mm	0 – 14 : 500 mm 0 – 86 : 450 mm 80.15 – 155.30 : 400 mm 142.70 – 164 :350 mm	Retubé en 1907 0 – 60 : 350 mm 41 – 103,50 : 300 mm 93,50 – 159,50 : 260 mm	0 – 60,75 : 450 mm 55 – 88 : 400 mm 2,40 – 213,35 : 350 mm 162,95 – 165,85 : 170 mm	Pas d'information	0 – 22,50 : 400 mm 0 – 59,71 : 324 mm 59,71 – 157,00 : 254 mm

	Sondage n°13	Sondage n°14	Sondage n°15	Sondage n°16	Sondage n°17	Sondage n°18
Type	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
X (RGF93 CC47)	1 893 927	1 893 799	1 893 955	1 894 100	1 893 879	1 894 359
Y (RGF93 CC47)	6 167 182	6 167 447	6 167 350	6 167 309	6 167 397	6 167 491
Z (NGF)	237	250	243	243	244	253
Incertitude	Photos aériennes, précision de l'ordre de 5 m	Plan d'archive, précision de l'ordre de 5 m	Photos aériennes, précision de l'ordre de 5 m	Photos aériennes, précision de l'ordre de 5 m	Localisé par la société ayant réalisé les fondations de la maison d'habitation, précision de l'ordre du mètre	Photos aériennes, précision de l'ordre de 5 m
Parcelle cadastrale	Parcelle n°366 Section AW	Parcelle n°113 Section AO	Parcelle n°365 Section AO	Parcelle n°189 Section AO	Parcelle n°368 Section AO	Parcelle n°171 Section AN
Prof. Toit du Sel (m)	135,30	147,50	154,25	165,40	152,05	152,90
Epaisseur de sel traversé (m)	39,55	80	26,4	39,85	39,7	39,35
Prof. sondage (m)	174,85	227,50	180,65	205,25	191,75	193,35
Réf. BSS	BSS001NEYZ	BSS001NEZA	BSS001NEZB	BSS001NEZC	BSS001NEZD	BSS001NEZE
Dates de forage	13/04/1924 – 07/06/1924	Entre 1934 et 1935	25/05/1944 – 25/11/1944	23/01/1947 – 26/06/1947	15/11/1947 – 12/03/1948	27/08/1949 – 06/10/1949
Exploitation	1926 - 1949	1936 - 1946	1944 - 1956	1947 - 1966	1948 - 1959	1950 - 1966
Casing	Pas d'information	Pas d'information	Pas d'information	0,20 – 6,40 : 500 mm 1,2 - 31,30 : 450 mm 19,35 - 72,35 : 400 mm 58 - 111 : 350 mm 93,1 - 188,10 : 300 mm	Pas d'information	0,30 – 10,40 : 400 mm (perforé sur 5 m) 0 – 85,06 : 12''1/2 55,06 – 55,76 : raccord entre 12''1/2 et 8''5/8 55,76 – 188,53 : 8''5/8 (perforé de 160,32 à 188,63)

	Sondage n°19 ou Lons 1	Sondage n°20
Type	Exp.	Exp.
X (RGF93 CC47)	1 894 349	1 894 189
Y (RGF93 CC47)	6 167 115	6 167 305
Z (NGF)	243,71	244
Incertitude	Photo aérienne, précision de l'ordre de 5 m	Photo aérienne, précision de l'ordre de 5 m
Parcelle cadastrale	Parcelle n°316 Section AW	Parcelle n° 182 Section AO
Prof. Toit du Sel (m)	145,00	159
Epaisseur de sel traversé (m)	115	37
Prof. Sondage (m)	831,09 puis rebouché jusqu'à 168,31 par du ciment	196
Réf. BSS	BSS 001NEZF	BSS001NEZG
Dates de forage	1951 - 1952	11/01/1957 – 30/04/1957
Exploitation	Jamais exploité	1957 - 1966
Casing	0 – 7,30 : 550 mm 0 – 29 : 16'' 1/2 mm 0 – 168,31 : 12'' Crépiné de 149,31 à 167,81 m	0 – 55 : 400 mm 0 – 59 : 320 mm 59 – 152 : 210 mm 136 – 152 : 142 – 195 : 150 mm Crépine de 168 à 195 m

2.2.2 - Principales dates de l'exploitation de Perrigny

Le gisement de Perrigny fut découvert en 1890 avec la réalisation du sondage n°1. Au total 6 sondages furent réalisés puis exploités entre 1893 et 1959 et alimentèrent la saline de Montaigu via un saumoduc d'environ 1,8 km. De 1960 à 1966, la concession fut exploitée par les propriétaires de la Saline de Montmorot. Enfin de 1966 à 1971, la concession fut exploitée à des fins de thermalisme pour le compte de la commune de Lons-le-Saunier. Depuis 1971, l'exploitation des sondages de la concession de PERRIGNY a cessé.

CSME a transmis une estimation de l'évolution de la production annuelle par sondages. La production totale de la saline de 1890 à 1959 a été estimée pour l'ensemble des sondages à 334 000 tonnes.

Un tableau récapitulatif des données associées aux sondages d'exploitation de Perrigny est extrait de la Pièce B du DADT de Perrigny fourni par CSME.

Synthèse des ouvrages miniers rattachés à la concession de PERRIGNY et soumis à procédure (Source CSME)

	Sondage n°1	Sondage n°2	Sondage n°3	Sondage n°4	Sondage n°5	Sondage n°6
Type	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.	Exp.
X (RGF93 CC47)	1 897 858	1 897 863	1 897 912	1 897 816	1 897 985	1 897 884
Y (RGF93 CC47)	6 165 905	6 165 940	6 165 905	6 166 010	6 165 837	6 165 994
Z (NGF)	294	295	302	305	300	304
Incertitude	Photographie aérienne, précision de l'ordre de 5 m	Photographie aérienne, précision de l'ordre de 5 m	Photographie aérienne, précision de l'ordre de 5 m	Photographie aérienne, précision de l'ordre de 5 m	Photographie aérienne, précision de l'ordre de 7 m	Photographie aérienne, précision de l'ordre de 5 m
Parcelle cadastrale	Section AC Parcelle 377	Section AC Parcelle225	Section AC Parcelle 228	Section AC Parcelle 306	Section AC Parcelle 321	Section AC Parcelle 66 ou 68
Prof. Toit du Sel (m)	168	141,25	198,50	204,50	198,70	204,80
Epaisseur de sel traversé (m)	56,1	78,75	27,2	26,5	26,3	25,6
Prof. sondage (m)	224,10	220	225,70	231	225	230,40
Réf. BSS	BSS001NFLD	BSS001NFLE	BSS001NFLF	BSS001NFLG	BSS001NFLH	BSS001NFLJ
Dates de forage	1890	1905 - 1906	1914	05/11/1924 – 15/07/1925	16/03/1928	05/08/1941 – 13/01/1942
Exploitation	1893 - 1904	? - 1926	? - 1952	? - 1971	? - 1942	1946 - 1948
Casing		0 – 44 m : 400 mm 20 – 70 m : 350 mm 0 – 92 m : 300 mm 78 – 106 m : 260 mm 101,5 – 203 m : 220 mm 194,50 – 220 m : 180 mm Retubage en1924 Colonne de tube allant de 300 mm de diamètre (au niveau du sol) à 176 mm (à 210 m de profondeur)	0 – 40 m : 450 mm 26,5 -78,5 m : 400 mm 74 – 154 m : 350 mm 136,8 – 203,9 m : 266 mm 196,4 – 225,7 m : 204 mm	0 – 33,10 m : 450 mm 29,65 – 79,70 m : 400 mm 69,75 – 117,75 m :300 mm 110,75 – 228,15 m : 150 mm 112,15 – 135,50 m : ? Crépine de 213,15 à 228,15 m	500 mm en haut 300 mm en bas	0 – 12,15 m : 500 mm 8,9 – 71,95 m : 450 mm 67 – 104 m : 400 mm 99,05 – 192,1 m : 350 mm 184,95 – 222 m : 300 mm 206,4 – 230,4 m : 260 mm

3 - ETUDE GEOLOGIQUE

3.1 - CONTEXTE GEOLOGIQUE REGIONAL

3.1.1 - Cadre général

Extrait de la carte géologique de Lons-le-Saunier	*Document n°18.107 / 4*	*Dans le texte*
Légende de la carte géologique de Lons-le-Saunier	*Document n°18.107 / 5*	*Dans le texte*

La zone d'étude est située sur la feuille de la carte géologique à 1/50 000 de Lons-le-Saunier qui s'étend de part et d'autre de la zone de contact entre la Bresse et le Jura.

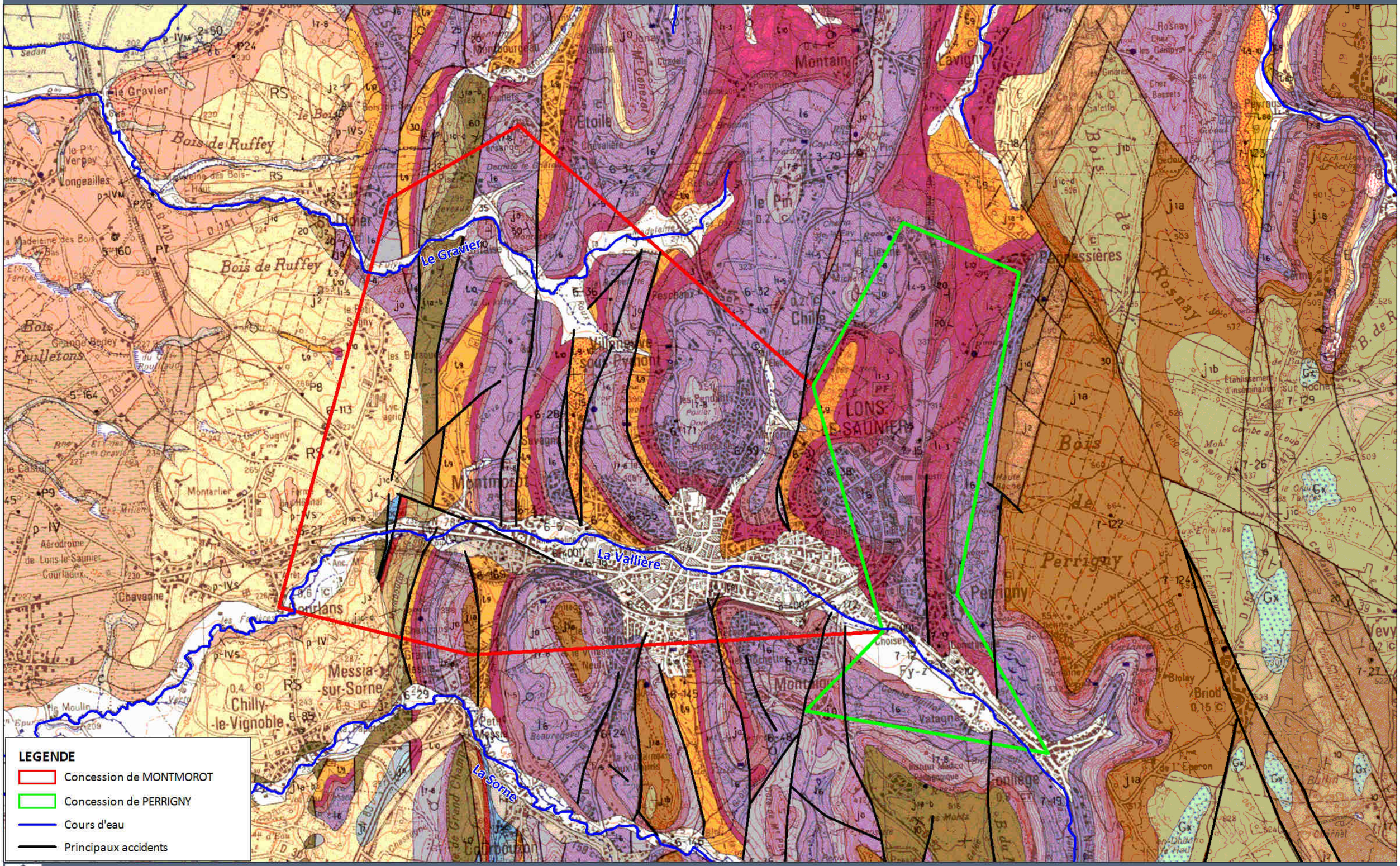
Le domaine Bressan correspond à la partie orientale d'un bassin d'effondrement tertiaire (éo-oligocène) formé lors de l'édification des rifts ouest-européens. Son remplissage détritique débute à l'Éocène et se termine au Quaternaire.

Sur la bordure est de ce bassin d'effondrement se trouve le Jura externe où l'on retrouve d'Ouest en Est, le faisceau lédonien, le premier plateau, la chaîne de l'Euthe et la frange occidentale (creusée par la vallée de l'Ain) du plateau de Champagnole.
Le Jura est une chaîne de couverture. Le socle paléozoïque et le tégument triasique inférieur et moyen ne sont connus que par les sondages, qui ont mis aussi en évidence un bassin de charbon d'âge stéphanien. Le niveau de décollement est constitué par les évaporites du Keuper. La couverture s'étage entre le Trias supérieur et le Jurassique supérieur. Une importante phase d'érosion a affecté la partie occidentale avant son décollement et son charriage sur la Bresse au Mio-Pliocène.

Les concessions de MONTMOROT et PERRIGNY sont situés sur le faisceau Lédonien, zone de transition entre le domaine Bressan et le Jura externe.

CARTE GEOLOGIQUE DE LONS-LE-SAUNIER

Echelle - 1 : 35 000



CSME

Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de MONTMOROT et PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107/ 04

Souce : Scan25

LEGENDE DE LA CARTE GEOLOGIQUE DE LONS-LE-SAUNIER

j9	Portlandien
j7-8	Kimmérirdgien
j6	Oxfordien supérieur
j5	Oxfordien moyen
j4	Oxfordien inférieur
j3	Callavien
j2	Bathonien
j1d	Bajocien
j1b	Bajocien
j1a	Bajocien
j0	Aalénien
l7-8	Toarcien
l6	Domérien
l4-5	Lotharingien + Carixien
l1-3	Hettangien + Sinémurien
t10	Rhétien
t9	Keuper supérieur
t8	Keuper moyen

3.1.2 - Le faisceau lédonien (extrait de la notice géologique de la feuille de Lons-le-Saunier)

Il forme une bande structurée d'orientation subméridienne, à relief peu marqué car très érodée. Il est essentiellement constitué de Trias, de Lias marneux et d'un peu de Jurassique moyen calcaire qui arme et oriente les lignes de relief, ou lanières, allongées du Nord au Sud.

La partie occidentale est formée de compartiments étroits, souvent monoclinaux, rarement plissés, recoupés par des failles souvent obliques aux structures. Les vallées de la Seille au Nord et de la Vallière au Sud le partagent en trois tronçons qui semblent décalés par des accidents N 120 masqués sous les alluvions. L'allure des lanières étroites de Jurassique supérieur situées en bordure externe, souligne bien le décalage des structures. Des failles inverses à regard Ouest ont été cartographiées, d'autres interprétées grâce aux données de forages, mais dans l'ensemble les accidents sont serrés et assez redressés.

La partie orientale est composée de compartiments plus larges et peu accidentés. Ils sont caractérisés par l'importance des niveaux de Keuper et de Lias inférieur (Hettangien et Sinémurien) ; globalement subtabulaires, ils constituent la bordure érodée du plateau calcaire de Lons-le-Saunier. Quelques buttes-témoins: bois de Charney, chapelle Saint-Michel, Montain, château du Pin,... subsistent à l'Ouest, en avant de la corniche calcaire.

3.1.3 - Histoire géologique régionale (extrait de la feuille géologique de Lons-le-Saunier - BRGM)

La fin du Paléozoïque et l'établissement de la plate-forme jurassienne

La variété des affleurements du socle cristallin (gneiss, granite, migmatite) reconnus sous le Permien ou le Stéphanien selon les points, permet d'affirmer que le socle jurassien se situait dans le domaine des déformations de la chaîne hercynienne structurée. À la fin du Paléozoïque, les reliefs étaient peu à peu érodés et les bassins stéphaniens et permiens progressivement comblés, permettant aux derniers épandages détritiques du Trias inférieur de niveler la future plate-forme jurassienne.

L'invasion marine triasique et liasique

À partir du Muschelkalk tout d'abord, mais surtout à partir du Lias, la région est envahie par la mer. Des faciès marneux et calcaires témoignent de l'établissement d'une plate-forme calcaire plusieurs fois recouverte par des invasions détritiques argileuses. Des variations de faciès témoignent d'une distension en relation avec l'approfondissement des séries vers l'océan alpin.

L'établissement des plates-formes carbonatées du Jurassique moyen et supérieur et du Crétacé.

Pendant le Jurassique et le Crétacé, une mer épicontinentale couvre le Jura, des plates-formes carbonatées s'y développent. Un épisode d'émersion temporaire marque la fin du Jurassique et le début du Crétacé, souligné par la présence des faciès lagunaires du Purbeckien.

L'émersion crétacée

La fin du Crétacé est marquée par le retrait de la mer vers l'ESE et l'Ouest. Le Jura externe est émergé et l'érosion karstique commence à se manifester.

Le remplissage bressan pendant le Tertiaire

L'étude des forages a permis de suivre les étapes du remplissage de la Bresse et les rejeux de la bordure orientale du fossé Bressan. L'Éocène est alimenté par la couverture de Crétacé supérieur; l'effondrement principal (1900 m à Courlans) est comblé par les conglomérats oligocènes à éléments de Crétacé inférieur et de Jurassique supérieur. À l'Aquitanien on note un rejeu différentiel des compartiments de bordure et l'arrivée des premiers minéraux alpins. Une émersion miocène et une transgression tortonienne précèdent le dépôt des formations lacustres du Pontien, l'érosion atteint alors le Lias et le Trias. Le charriage se fait sur le Vallésien qui est repoussé vers l'Ouest.

La morphologie miocène et la mise en place de la nappe

La présence de Miocène continental sous la nappe de charriage jurassienne, et la largeur des glacis qui devaient exister à cette époque entre la dépression bressane et la première corniche du Jurassique moyen du plateau, conditionnent la reconstitution d'une coupe du Jura externe à cette époque. La limite morphologique du glacis au pied du plateau se situait donc à l'Est des forages qui ont rencontré le Miocène continental, et la position du forage de Baume-les-Messieurs dans la couverture se situait donc sensiblement à l'emplacement actuel de la chaîne de l'Euthe, ce qui implique que l'ensemble de la couverture soit décollé et pas seulement sa bordure (fig. 5).

La mise en place de la nappe se fait sur la formation du Pontien. Deux mécanismes de mise en place ont été proposés: soit un glissement localisé en bordure de la dépression bressane, soit une poussée arrière. La présence de nombreuses failles inverses dont certaines montrent un double rejeu, normal puis inverse, milite en faveur de la seconde hypothèse. L'allure du Jura lédonien, caractérisé par ses étroites lanières, s'explique par une fracturation oligocène et une reprise de compression au Miocène.

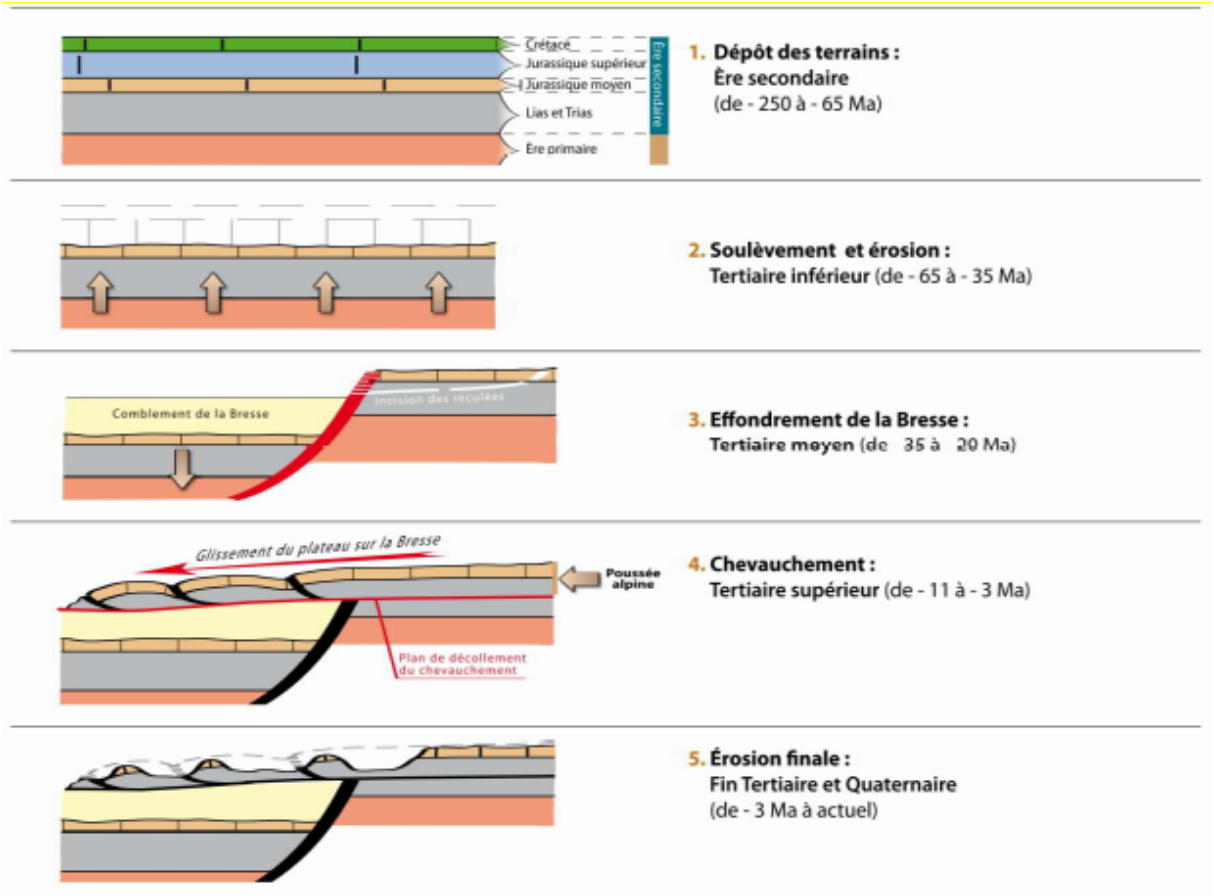


Schéma des grandes étapes du charriage du domaine jurassien sur le domaine Bressan (source Département du Jura – Vincent Bichet et Michel Campy)

Le Plio-Pléistocène : la fin du remplissage bressan et l'établissement des surfaces d'érosion sur le Jura

Tandis que le fossé bressan se comblait, une surface d'érosion arasait la partie émergée du Jura. Cet aplanissement s'est effectué sous climat chaud et a pu être repris par une seconde étape de dégagement structural.

Les glaciations quaternaires et l'évolution tempérée récente

Une première glaciation générale et ancienne (Riss), d'origine alpine (Campy, 1982), a affecté l'ensemble du Jura. Des traces subsistent à l'avant des reculées externes sous forme de moraines frontales, et sur le premier plateau sous forme de moraines de fond. La seconde glaciation est plus locale. Centrée sur la haute chaîne, une calotte glaciaire alimentait des glaciers qui ont occupé les reculées internes du deuxième plateau. Sur la feuille Lons, seules les parties externes de ce système glaciaire sont représentées : ce sont les formations glacio-lacustres de la combe d'Ain.

3.1.4 - Contexte structural et évolution du Jura externe

Le socle cristallin gneissique et granitisé, surmonté par des bassins stéphanien (charbonnier) ou Permien (détritique), est découpé par un jeu d'accidents N 20 et N 140. Un môle d'orientation N 20 s'allonge sous le faisceau lédonien. Il est limité à l'Ouest par une zone d'effondrement brutale (rejet maximum de 1 900 m sur une distance de quelques centaines de mètres) et s'abaisse vers l'Est d'une manière plus régulière.

Le «charriage» du Jura sur la Bresse a été mis en évidence par sondages. La flèche visible du chevauchement est estimée à 10 à 15 km, impliquant un décollement généralisé du Jura et un déplacement du front actuel depuis la position actuelle de la chaîne de l'Euthe. Le Trias inférieur et le Trias moyen sont restés solidaires du socle et forment le tégument triasique. Le niveau de décollement est constitué par le Keuper.

Ce secteur du Jura ne peut être expliqué que par une tectonique polyphasée.

- Mise en place du fossé Bressan lors de l'éocène et oligocène, conduisant à la mise en place d'une zone haute en bordure du Jura et d'un découpage du socle et de la couverture selon deux directions conjuguées, la direction N 20 étant prépondérante. Cette première phase de structuration conduisant à la mise en place sur le Jura, d'une série de horts et de grabens allongés vers le NNE recoupés par des accidents transverses ;
- Remplissage de la dépression Bressane par des apports détritiques au cours de l'éocène et l'oligocène
- Charriage du Jura au Pontien dans un contexte compressif ; la couverture déjà découpé en lanière, glisse sur le Keuper et les failles préexistantes ou transverses, dans un régime compressif.
- Érosion des terrains au cours du Tertiaire et Quaternaire

Géométrie de la couverture dans le faisceau lédonien

Les sondages géologiques de reconnaissances profonds réalisés dans le secteur ont mis en évidence des successions surprenantes de contacts anormaux localisés généralement à la base de la couverture. Ces contacts anormaux traduisent un écaillage de la couverture et du substratum ; Il a été mis en évidence à Montmorot, la superposition d'écailles tectoniques localisées au niveau du plan de décollement entre la couverture et le substratum.

Dans la partie Est de la concession de MONTMOROT, les sondages Lons 3 et Lons 102 mettent en évidence une faille inverse à vergence W et illustrent la position du plan de charriage, mais aussi le contexte tectonique en compression à vergence W de la couverture charriée.

En surface, dans le secteur de la concession de PERRIGNY, plusieurs secteurs permettent de mettre en évidence des superpositions anormales limitées par la faille inverse chevauchant vers l'Ouest (Quintigny, Montain, Macornay). À l'Est de Pannessières, le long de la route de Crançot, on peut voir une faille inverse à regard W amenant du Bajocien moyen sur les mêmes niveaux de Bajocien moyen. Cette faille a été interprétée comme une ancienne faille normale (oligocène) ayant rejoué à la fin du Miocène en faille inverse.

3.2 - STRATIGRAPHIE

Log lithostratigraphique de la région de Lons-le-Saunier	*Document n°18.107 / 6*	*Dans le texte*

Le log lithostratigraphique du secteur a été extrait de la notice géologique de Lons-le-Saunier. Il a été mis en parallèle à deux sondages de références des concessions de MONTMOROT (Sondage n°19 – LONS1) et PERRIGNY (Perrigny1).

Les termes de la couverture (Keuper supérieur et formations liasiques antérieures) ainsi que le Keuper inférieur présentent une variabilité importante des épaisseurs.

La notice géologique de la carte géologique à 1 : 50 000 fournie une description des faciès des différentes formations présentes à l'affleurement.

Par la suite, une description des formations non affleurantes, reconnues par les sondages de recherche de houille, houille ou pétrole, est proposée ci-après :

3.2.1 - Formations au toit du gisement salifère

Dans la région, l'observation des faciès géologiques depuis le socle ancien jusqu'aux alluvions quaternaires est rendue difficile par l'absence de reliefs marqués et de zones d'affleurements. C'est une région mamelonnée, couverte de bois et de prairies dont l'altitude moyenne s'élève progressivement vers le Sud.

Les sondages pétroliers ou de recherche et d'exploitation du sel ont été utiles pour établir la carte géologique du secteur. Cette carte permet d'identifier les formations suivantes, décrites des plus anciennes aux plus récentes :

3.2.1.1. Trias

t8a ; t8b : Keuper moyen. Marnes et Grès à roseaux» ; « Dolomie moellon». Comprend à la base les «Grès à roseaux» (t8a): 6 à 15 m de marnes avec de petits bancs de grès tendres renfermant des débris de calamites, puis des marnes rouges (10 m) ; et au sommet la «Dolomie moellon» (t8b) épaisse d'une dizaine de mètres.

t9. Keuper supérieur : Marnes, dolomies, anhydrite. Débute par des marnes alternant avec des niveaux dolomitiques pour se terminer par des marnes à anhydrite.
L'épaisseur du Keuper supérieur peut atteindre une centaine de mètres en sondage.

t10. Rhétien. Alternance de grès, argiles noires et calcaires dolomitiques. L.A. Girardot (1890-1896) distingue trois assises dans cette formation. De bas en haut :

- les grès de Boisset: 10 m;
- les dolomies cloisonnées de Lons : 8 à 9 m;
- les marnes pseudo-irisées de Lons : 6 m.

L'ensemble du Rhétien atteint 20 à 25 m d'épaisseur; il est formé d'une alternance de bancs de grès, de couches d'argile noire et de bancs de calcaire dolomitique.

Les niveaux de grès sont très réduits dans cette région et renferment des restes de poissons.
Le terme moyen de la séquence supérieure est formé par des marnes bariolées rougeâtres, qui rappellent les «Marnes de Levallois» du Rhétien lorrain.

l1-3. Hettangien-Sinémurien. Calcaires gréseux, calcaires bleus à gryphées. L'Hettangien ne peut être séparé cartographiquement du Sinémurien, les deux étages étant représentés par une douzaine de mètres de calcaires bleus. Une étude détaillée de la stratigraphie de cette formation est faite par J. Blaison (1961).

• L'Hettangien débute par des calcaires gréseux et ferrugineux épais de 1,50 à 2 m, riches en lamellibranches, et se termine par un mètre environ de calcaires bleus à Schlotheimia angulata, très riches en gros lamellibranches.

• Le Sinémurien est formé de 8 à 10 m de calcaires bleus noduleux qui renferment des niveaux à nodules phosphatés et se terminent par une surface oxydée.

l4-5. Lotharingien-Carixien. Alternances calcaires-marnes. Les deux étages n'ont pas été distingués cartographiquement.

• Le Lotharingien est formé de 7 à 9 m de petits bancs de calcaires argileux séparés par des lits de marnes dont les épaisseurs varient de 10 à 70 cm. Les bancs calcaires se débitent en «pavés blancs» et montrent de nombreuses dendrites noirâtres à la cassure.

• Un faciès presque identique se poursuit au Carixien sur 9 à 10 m d'épaisseur les trois derniers mètres, les niveaux calcaires sont plus importants que les niveaux marneux.
Le Carixien affleure rarement car il est souvent recouvert par des glissements des marnes du Domérien.

l6. Domérien. Marnes, calcaires argilo-gréseux. Les couches du Domérien affleurent mal et de ce fait les renseignements sont imprécis. Il y a des contradictions entre les relevés de terrain et les données des sondages. Comme dans le reste de la Franche-Comté, le Domérien englobe deux assises:
- à la base, des marnes dont l'épaisseur est estimée à 30 mn environ sur le terrain et qui dépasse 75 m dans les sondages;
- au sommet, des calcaires argilo-gréseux dont l'épaisseur est inférieure à 10 m ;

Les marnes de la base, bleu noirâtre, sont micacées. Elles renferment un niveau fossilifère riche en bélemnites à leur base, avec quelques ammonites ; et un niveau fossilifère vers le sommet, riche en avicules, Balanocrinus, bélemnites et amalthées, avec des terriers : Tisoa siphonalis.

l7-8. Toarcien. «Schistes carton "• marnes de Rosnay, «couches de L'Étoile». Le Toarcien inférieur est représenté par les «schistes carton» qui ont une épaisseur d'une quinzaine de mètres dans le faisceau de Lons ; ils débutent par un niveau marneux riche en bélemnites, surmonté d'un banc calcaire de 10 à 20 cm d'épaisseur, finement laminé et riche en débris de poissons. Puis viennent une quinzaine de mètres de silts argileux laminés, pauvres en faune: posidonomies et quelques rares ammonites écrasées (« schistes à posidonomies de Périgny»).

3.2.1.2. Quaternaire

Fy-z. Les alluvions de la basse plaine de la Vallière ont une puissance irrégulière. Le plus souvent elle est pelliculaire (5 m au maximum) mais elle est localement plus puissante lorsqu'elle comble d'anciennes cuvettes (20-25m à Montmorot). C'est une formation grossière à la base, se terminant par un recouvrement silto sableux. Elle est essentiellement d'âge wurmien mais les niveaux supérieurs sont plus récents (tardi- et postglaciaires).

3.2.2 - Formations au mur du gisement salifère

Ces formations correspondent au Keuper inférieur et aux formations triasiques situées sous le plan de décollement régional. Les descriptions sont extraites des sondages géologiques de recherche pétrolière ou de charbon réalisés dans l'emprise des concessions de MONTMOROT et PERRIGNY :

Keuper inférieur : étage du Trias supérieur, essentiellement formé de marnes à évaporites (sel gemme), il constitue le niveau de décollement du charriage. Il peut être représenté en place, en unité déplacée ou en injection dans des compartiments faillés. En effet, le charriage s'est traduit par la présence de brèches salifères à la base du sel ; des marnes du Keuper peuvent encore se situer en-dessous du plan de charriage. Les sondages ayant traversé le Keuper inférieur ont mis en évidence un complexe salifère comprenant deux ensembles :

- le sel dit « dissous »
- le sel dit massif

Lettenkhole : Ce niveau correspond à la base du plan de charriage et correspond au plan de décollement régional. Sa puissance est de l'ordre de 20 à 30 m en moyenne. Il correspond à un ensemble de brèches d'argile grises à vertes à éléments d'anhydrite, de rognons de sel gemme et de dolomies. Des arrivées de H2S y sont fréquemment observées.

Muschelkalk : Cet étage a une puissance moyenne de l'ordre de 130 m. Il est composé de 3 ensembles :

- Le Muschelkalk supérieur : comprenant un ensemble de calcaires et dolomies surmontant des calcaires à entroques (environ 20 m) ;
- Le Muschelkalk moyen comprenant deux ensembles marneux désignés sous le terme « couche grise » et les couches rouges et d'épaisseur comprise entre 70 et 140 m ;
- le Muschelkalk inférieur : la puissance de cette formation est limitée (10 m) et correspond à un ensemble gréseux et une dolomie gréseuse.

Buntsandstein (Trias inférieur) : Il correspond à un ensemble de grès sableux bigarrés d'environ 60 m d'épaisseur ; Il marque le dernier terme du Trias recouvrant le socle Permien.

3.2.3 - Le Gisement salifère

Comme indiquée, la formation salifère portée par le Keuper inférieur, constitue le niveau de décollement régional du plateau jurassien sur le domaine Bressan.

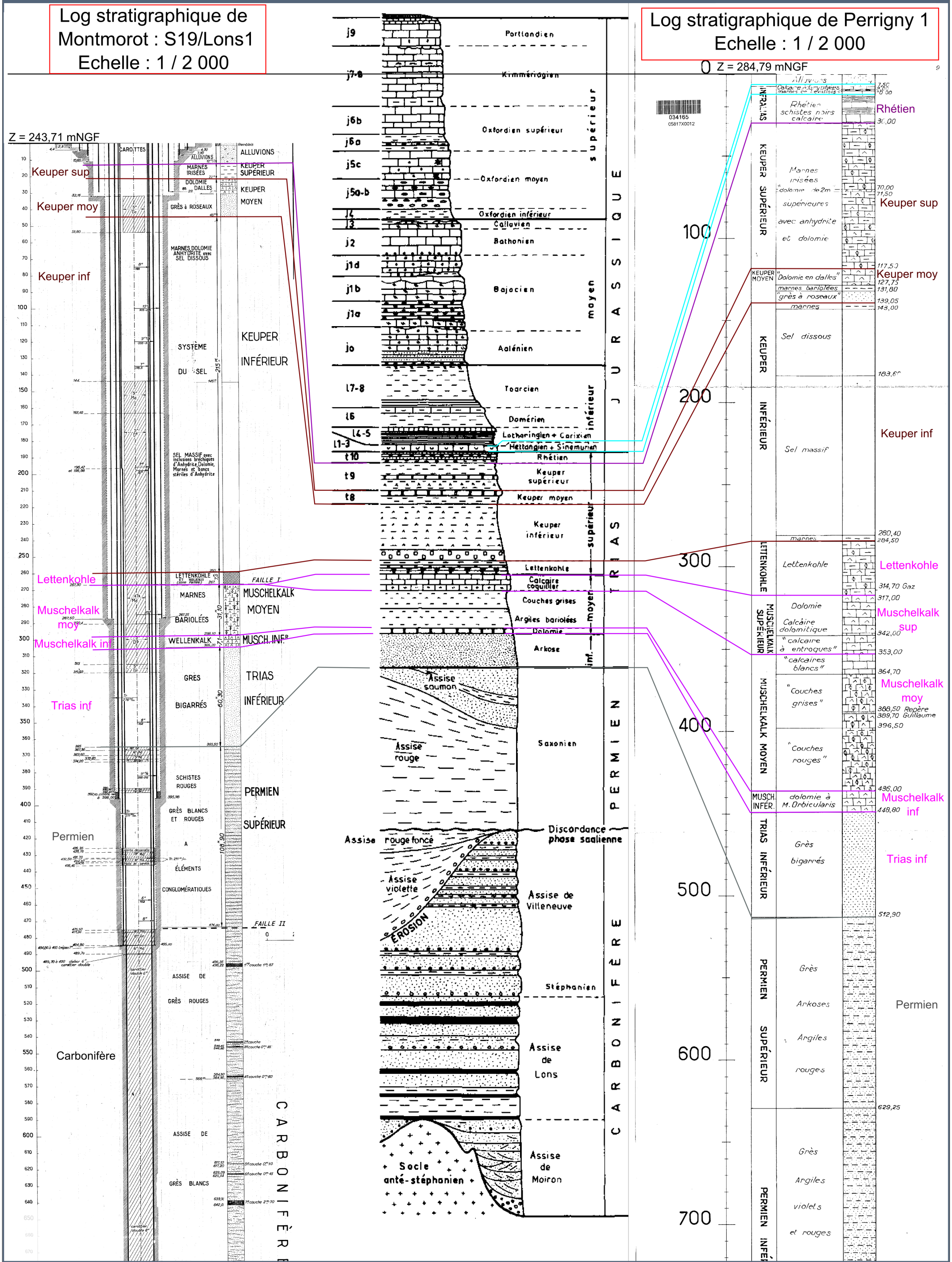
Malgré une bibliographie abondante sur l'exploitation salifère de Montmorot ainsi que de nombreux sondages réalisés pour l'exploitation du sel et la recherche pétrolière ou de charbon, il n'existe pas de log de référence de la série salifère. Les levés géologiques des sondages de Montmorot sont pour la plupart anciens puisque l'exploitation s'est déroulée sur 130 ans entre la fin du 19ième siècle et 1966. De qualité parfois sommaires ces sondages réalisés au trépan, ont fait l'objet de plusieurs réexamens ou réinterprétation par différents auteurs (FOURNIER en 1925 ; BONTE dans les années 1950 ; LIENHARDT dans les années 1950-1970). Les sondages plus récents réalisés dans les années 1950 à 1970 avaient pour cible principale les formations du socle paléozoïque. Pour ces sondages, le levé des formations de couverture dont la formation salifère n'ont pas bénéficié du même niveau de détails que ceux effectués pour les formations du socle. Par ailleurs le contexte structural (failles inverses a rejeu normal affectant le Keuper inférieur) peut impliquer que certains sondages des exploitations de Montmorot voir Perrigny aient pu traverser une série salifère dédoublée. Tous ces éléments expliquent l'absence d'un log de référence de la série salifère avec identification de faisceaux de références. Seul le constat de la présence d'une zone dite de « sel dissous » et d'une zone de « sel conservée » a été reconnu dans les sondages récents réalisés.

LOG LITHOSTRATIGRAPHIQUE GENERAL DE LONS-LE-SAUNIER

Echelle : 1 / 6 000

Log stratigraphique de Montmorot : S19/Lons1
Echelle : 1 / 2 000

Log stratigraphique de Perrigny 1
Echelle : 1 / 2 000



3.3 - COUPE GEOLOGIQUE INTERPRETATIVE

Coupe géologique interprétative de la bordure externe du Jura (source Département du Jura – V.Bichet ; M.Campy)	*Document n°18.107 / 7*	*Dans le texte*

La coupe schématique illustre que le bord externe du Jura a glissé sur le domaine Bressan, au niveau d'une surface de décollement (plan de charriage), favorisée par la plasticité des marnes à sel et à gypse du Trias. Lors de ce chevauchement, la masse glissée s'est fracturée en de nombreux compartiments (écailles). Les fragments du plateau calcaire surmontant chaque compartiment ont mieux résistés à l'érosion que les marnes sous-jacentes. Ces calcaires ont constitués les points résistants des buttes du faisceau lédonien.

3.4 - CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE

Contexte géomorphologique	*Document n°18.107 / 8*	*Dans le texte*

Le modèle numérique de la zone d'étude au pas de 1 m a été récupéré auprès de l'IGN. Son analyse a permis de réaliser une carte des pentes et une carte du relief.

Cette analyse a permis de mettre en évidence les 3 domaines géologiques de la zone d'étude :

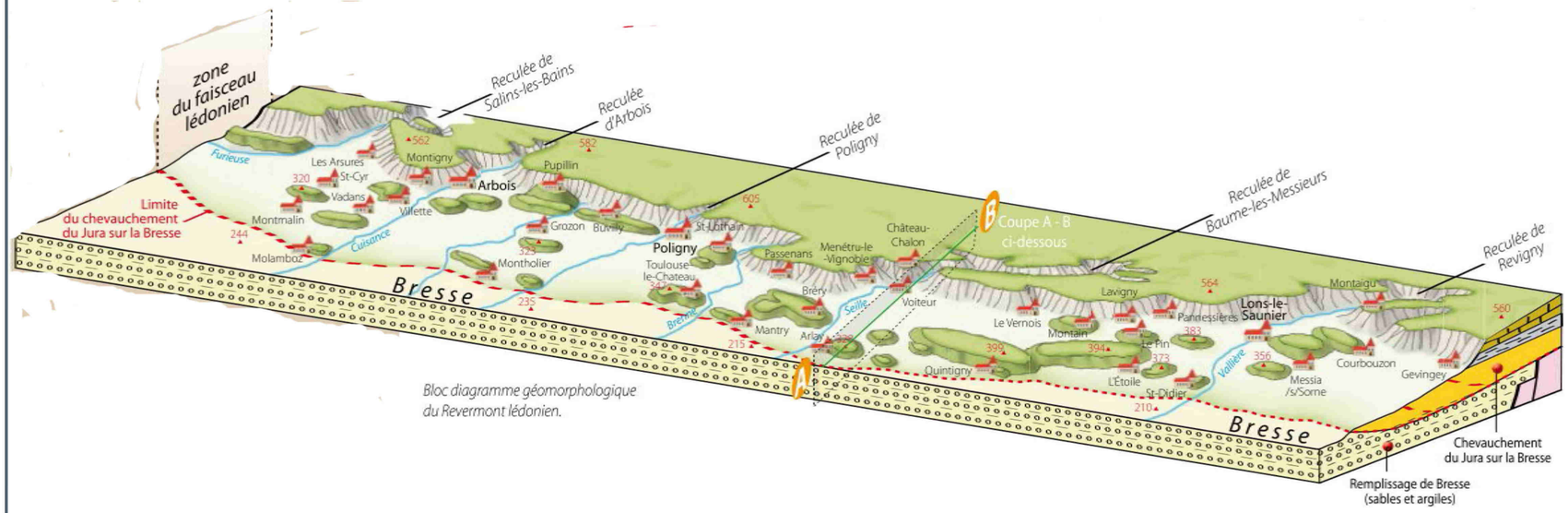
- à l'Est : le plateau du jura externe avec des altitudes de l'ordre de 550 m limité à l'est par une corniche de direction sub-méridienne et au sud par l'incision e la vallée de la Vallière ;
- au centre de la zone d'étude : le faisceau lédonien marqué par une série de buttes entrecoupées de zone déprimées ou de cuvettes, alignées selon des directions subméridiennes. L'alignement de ces buttes est perturbé par la vallée de la Vallière qui induit un décalage, suggérant un accident décrochant important, comme le suggère l'orientation des arrêtes des buttes : N10/N20° au nord de la Vallière ; N170/N160° au sud de la Vallière ;
- à l'ouest le passage au domaine Bressan se traduit par l'arrivée dans une zone de plaine.

Les travaux miniers de la concession de PERRIGNY se trouvent à la transition entre le domaine du Jura Externe et la vallée de la Vallière. A l'est de Perrigny, le versant du plateau jurassien est affecté par des glissements identifiés sur la carte géologique. Plusieurs sondages de Perrigny sont situés en pied d'une ancienne zone glissée. En aval de ce secteur que la Vallière s'infléchit et passe d'une orientation N140° à N110/120° vers l'aval.

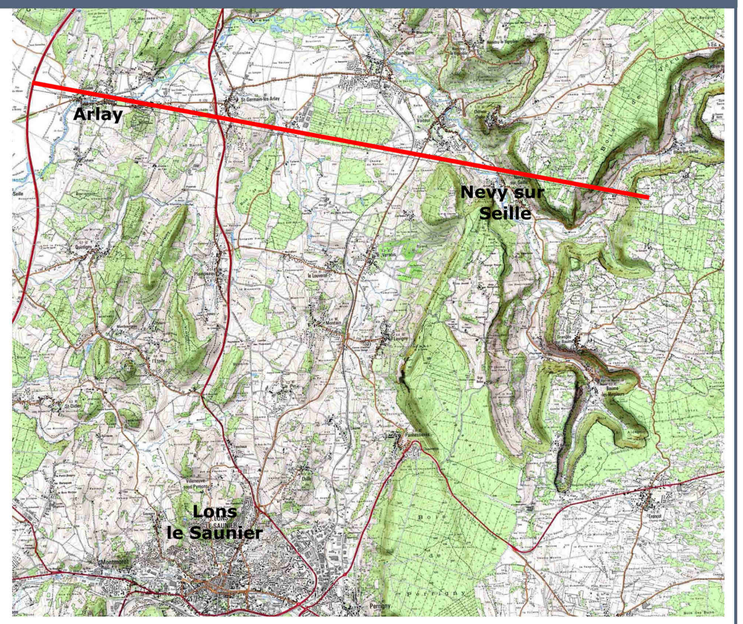
Une zone en cuvette, traduisant la présence des terrains marneux est centrée sur la zone Est de l'agglomération de Lons-le-Saunier, autour de la zone mitoyenne aux concessions de MONTMOROT et PERRIGNY.

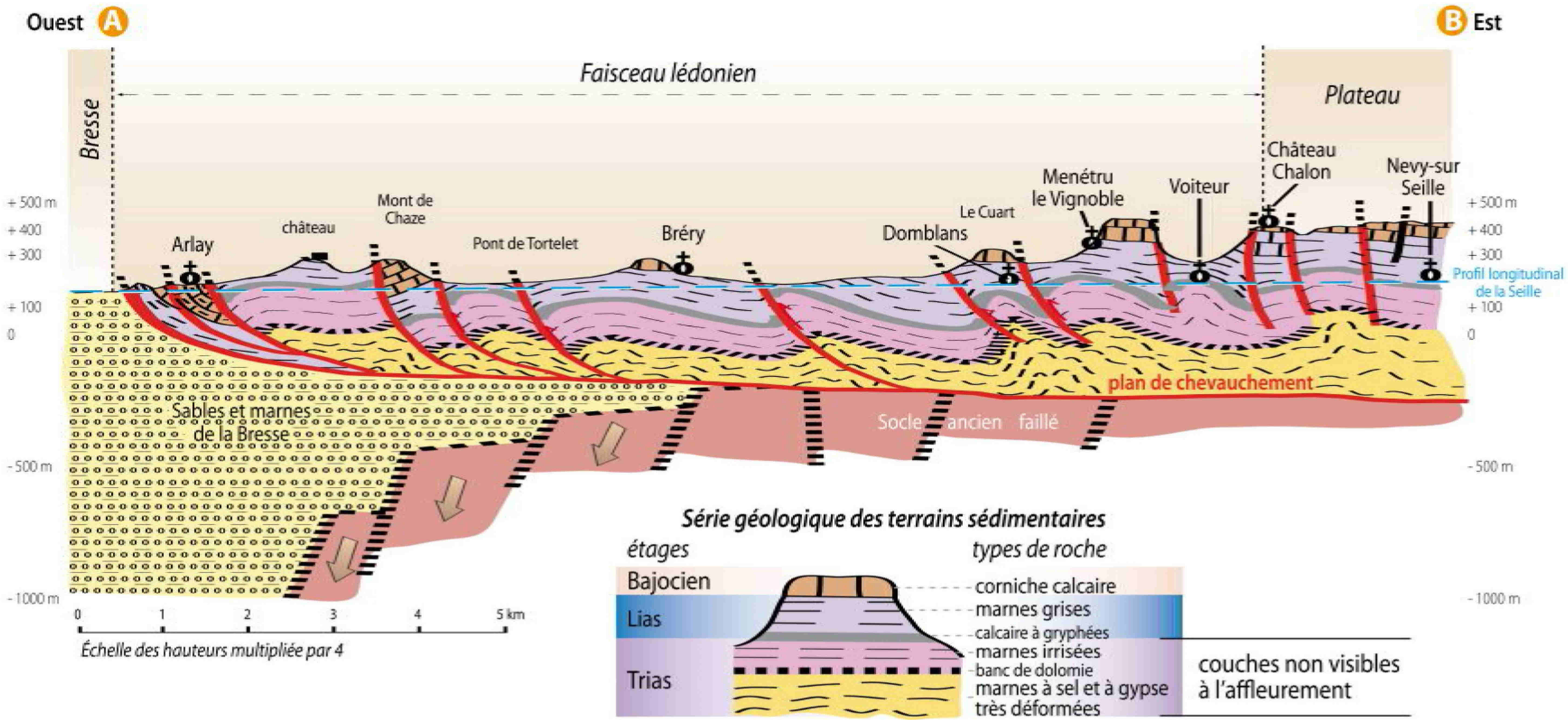
Au centre de la concession de MONTMOROT, un groupe de buttes subméridiennes d'altitudes comprises entre 340 et 390 m, est regroupé autour du vallon de Villeneuve-sous-Pymont. Ces buttes marquent le passage vers l'ouest, de la dépression marneuse de Lons-le-Saunier évoqué précédemment, vers une zone de relief moins marquée et des lanières discontinues et un contexte structural vraisemblablement complexifié.

COUPE INTERPRETATIVE DU CHEVAUCHEMENT DE LA BORDURE OCCIDENTALE DU JURA SUR LA BRESSE (d'après G. Lienhardt)



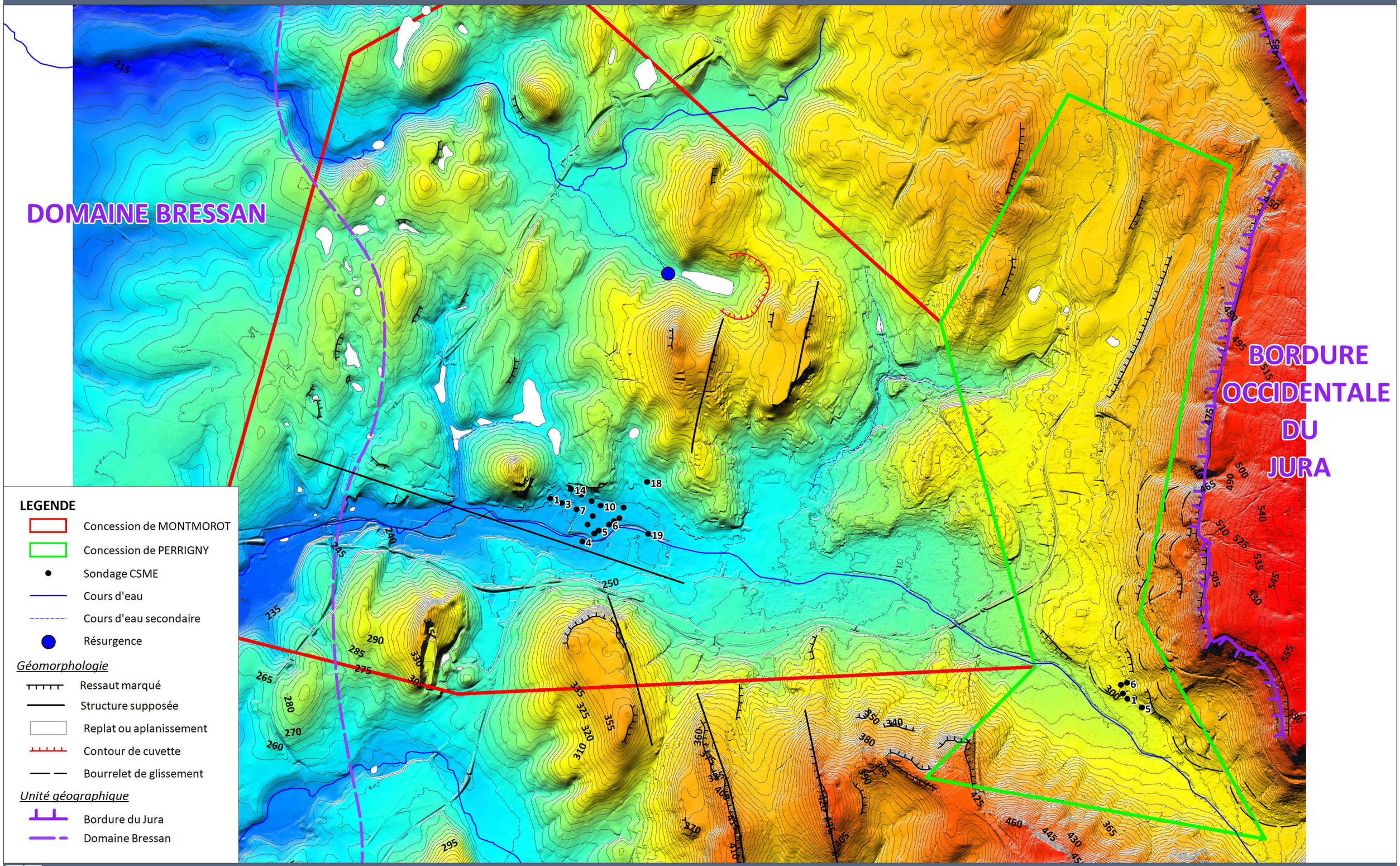
Bloc diagramme géomorphologique du Revermont lédonien.





CONTEXTE GEOMORPHOLOGIQUE DU FAISCEAU LEDONIEN

Echelle - 1 : 25 000



3.5 - CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL A MONTMOROT

Une analyse du contexte géologique local a été réalisé à partir :

- Des observations de terrain,
- Du traitement et de l'analyse du modèle numérique de terrain,
- Des données des ouvrages miniers de l'exploitation de Montmorot,
- De la Banque du sous-sol (BSS).

La principale difficulté a été de choisir la source documentaire de référence afin de définir la coupe géologique à retenir pour les sondages de Montmorot.

Comme indiqué précédemment, de nombreux rapports et études disponibles ont portés sur des discussions et réinterprétation des coupes géologiques de la plupart des sondages de la Saline. Ces sondages souvent anciens et remontants à la fin du 19ème siècle ont été réalisés au trépan. Les levés des sondeurs ont pu manquer de précisions et ont conduits plusieurs géologues à réinterpréter les coupes de ces sondages.

Ainsi après discussion, nous avons pris comme références pour les coupes géologiques :

- Travaux d'E. FOURNIER (1925) : réinterprétation des sondages géologiques n°1 à n°14 du champ de Montmorot.
- Travaux du laboratoire de Géologie Appliquée (1952) : « rapport géologique relatif aux puits 15 à 18 ».
- Rapport géologique sur le choix de l'emplacement de deux nouveaux puits (19 et 20) (A. BONTE;1956) : réinterprétation des coupes des sondages n°15 à 18.
- Sondages n°19 : coupe géologique du sondage de reconnaissance LONS1 (BRGG, 1951).
- Sondage n°20 : coupe du professeur A.BONTE.

Localement quelques interrogations demeurent par rapport à ces coupes de références et ont conduit à quelques adaptations :

- position de la dolomie moellon du Keuper moyen du sondage n°2.
- localisation de la transition entre le système du sel dissous et non dissous de la plupart des sondages. Cette transition ayant par ailleurs dû également évolué du fait des 130 années d'exploitation du champ de Montmorot.

3.5.1 - Tectonique et structures locales

Interprétation du contexte structural	*Document n°18.107 / 9*	*Dans le texte*

La géologie du secteur du champ de Montmorot présente une complexité structurale dont l'interprétation est délicate, du fait de la complexité structurale et de l'écaillage subi des formations allochtones.

Les sondages ayant atteint la formation salifère autour du champ de Montmorot ont été figurés sur la carte géologique du document n°18.107/09 sur laquelle a été rajouté :

- failles de la carte géologique à 1 : 50 000 ;
- structures déduites de la carte du contexte géomorphologique ;
- structures issues de l'analyse du modèle numérique de terrain ;
- continuité structurale supposée en lien avec l'accident décrochant passant par la vallée de la Vallière.

L'essentiel des sondages du champ de Montmorot est encadrée par :

- Deux failles inverses à vergence ouest associées à la butte de Montmorot à l'ouest (F1) et à l'est le relief qui porte le secteur de Bouland et Savagna (F2) ;
- un accident décrochant supposé passant au sud du cours de la Vallière (F3).

Les sondages n°18, 19 et 20 se situent à l'est de la faille inverse biseautée (F2) et correspondent à un compartiment structural distinct des autres sondages du champ.

3.5.2 - Données bibliographiques

Tableau des caractéristiques des sondages	*Document n°18.107 / 10*	*En annexe*

L'examen des documents disponibles a conduit à identifier les cotes des interfaces lithologiques des différents sondages du champ de Montmorot. Le résultat de ce travail est présenté dans le document n°10.

L'examen de ces données permet de préciser les épaisseurs moyennes, maximum et minimum de quelques niveaux lithologiques rencontrés par les sondages. Ainsi le Log général des terrains au droit du champ de Montmorot est le suivant :

	Epaisseur		
	Maximum	**Moyenne**	**Minimum**
Alluvions	27	12	1,8
Lias	44,4	29,4	2,8
Rhétien	30	17,7	7
Keuper supérieur	90	46	3,5
Dolomie moellon	17,25	10	2,4
Keuper moyen	65	26,4	8,7
Keuper inférieur (sel dissous)	134,9	43,65	1,4

Les données des sondages ne fournissent aucune information exploitable sur l'existence de faisceaux ou niveaux repères dans les formations du Keuper inférieur.

3.5.3 - Interfaces géologiques

Une analyse des coupes des sondages réalisés sur l'exploitation de Montmorot ainsi que celles des sondages de recherches d'hydrocarbures et de houille forés aux alentours a été effectuée afin de préciser la cote de différentes interfaces géologiques au droit de l'exploitation de Montmorot. Un traitement de ces données a permis de réaliser des cartes des isohypses (c'est-à-dire des lignes d'iso-valeurs) :

- mur des alluvions ;
- mur du Keuper supérieur ;
- mur du Keuper moyen ;
- toit du sel massif.

Ces cartes permettent de préciser la géométrie tridimensionnelle des interfaces géologiques associées aux aquifères potentiels au toit du sel.

3.5.3.1. Mur des alluvions

Mur des alluvions – secteur de Montmorot	*Document n°18.107 / 11*	*Dans le texte*

Les isohypses du mur des alluvions ont été déterminés à partir :

- des sondages de Montmorot,
- des sondages de la BSS présents dans la vallée de la Vallière aux alentours du champ de Montmorot (S101, CDF2 et CDF3),
- de la limite des alluvions récentes de la carte géologique à 1 : 50 000 ajustée avec les données du modèle numérique de terrain.

La carte met en évidence une cuvette d'approfondissement du mur des alluvions centrée sur les sondages n°13 et n°11. Elle a un diamètre d'environ 250/300 m avec des épaisseurs d'alluvions pouvant atteindre 27 m. Cette cuvette remblayée d'alluvions est entourée de part et d'autre de zones à faible recouvrement alluvial (5 m en moyenne).

Cette particularité a été mise en évidence par l'étude du BRGM de 1965, relative aux phénomènes de dissolution au toit du sel du Keuper inférieur de l'exploitation de Montmorot. Elle a été attribuée à un phénomène de dissolution au toit du sel qui a créé une cuvette d'affaissement progressivement comblée par les dépôts alluvionnaires de la Vallière. La cinétique et la datation de cette cuvette ne sont pas connues mais elle matérialise vraisemblablement la manifestation d'un phénomène de dissolution naturel au toit du sel ancien et pérenne.

La carte des isohypses suggère également l'influence de failles dans la géométrie de la cuvette :

- prolongement de la faille F2 de direction subméridienne à l'est des sondages n°16 et n°11 ;
- faille supposée N110/120° associés aux sondages n°1, n°3, n°7 et n°11
- faille supposée N110/120°passant entre les sondages n°9 et n°5.

3.5.3.2. Mur du Keuper supérieur (toit de la dolomie moellon)

Mur du Keuper supérieur – secteur de Montmorot	*Document n°18.107 / 12*	*Dans le texte*

Les isohypses du mur du Keuper supérieur ont été déterminés à partir :

- des sondages de Montmorot
- des sondages de la BSS présents dans la vallée de la Vallière aux alentours du champ de Montmorot (S101, CDF2 et CDF3)

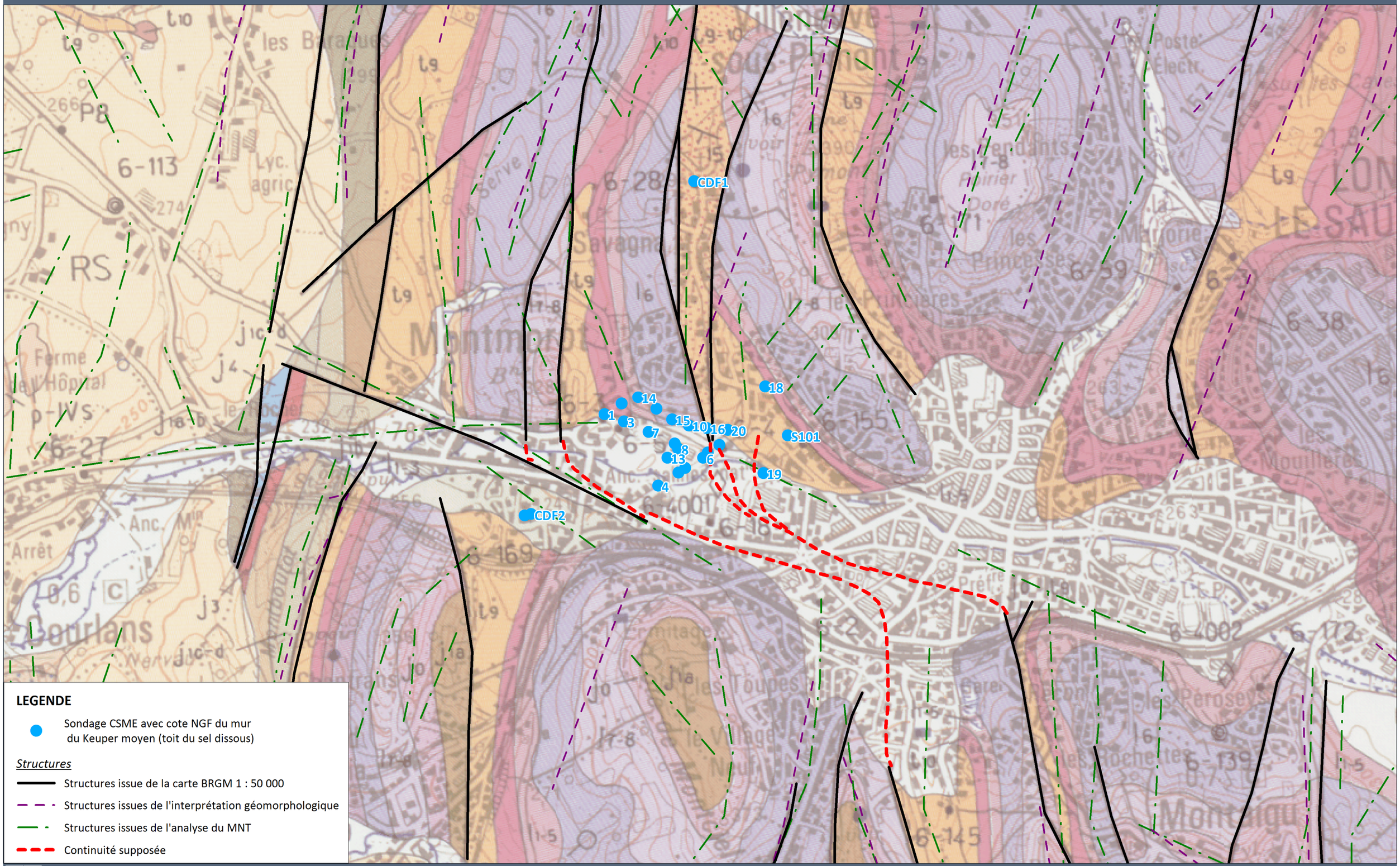
La carte des isohypses du mur du Keuper supérieur met en évidence :

- approfondissement vers l'est du mur du Keuper supérieur, le long d'une direction N110° passant par les sondages n°14 à n°16 de 113 m à 98 m NGF
- remontée du mur au sud-ouest de la structure N110° de 110 à 202 m NGF, perturbée par un sillon d'approfondissement entre les sondages n°4 et n°11
- à l'est du sondage n°16, le mur remonte vers l'est selon un gradient régulier (sondage n°20 vers le S101)
- un abaissement de 40 m du mur du Keuper supérieur est constaté entre les sondages n°1 et n°3 à proximité du passage de la faille F1 de la butte de Montmorot

NB : la cote du sondage n°2 n'a pas été prise en compte dans l'interpolation.

CONTEXTE STRUCTURAL DE MONTMOROT

Echelle - 1 : 15 000



CSME

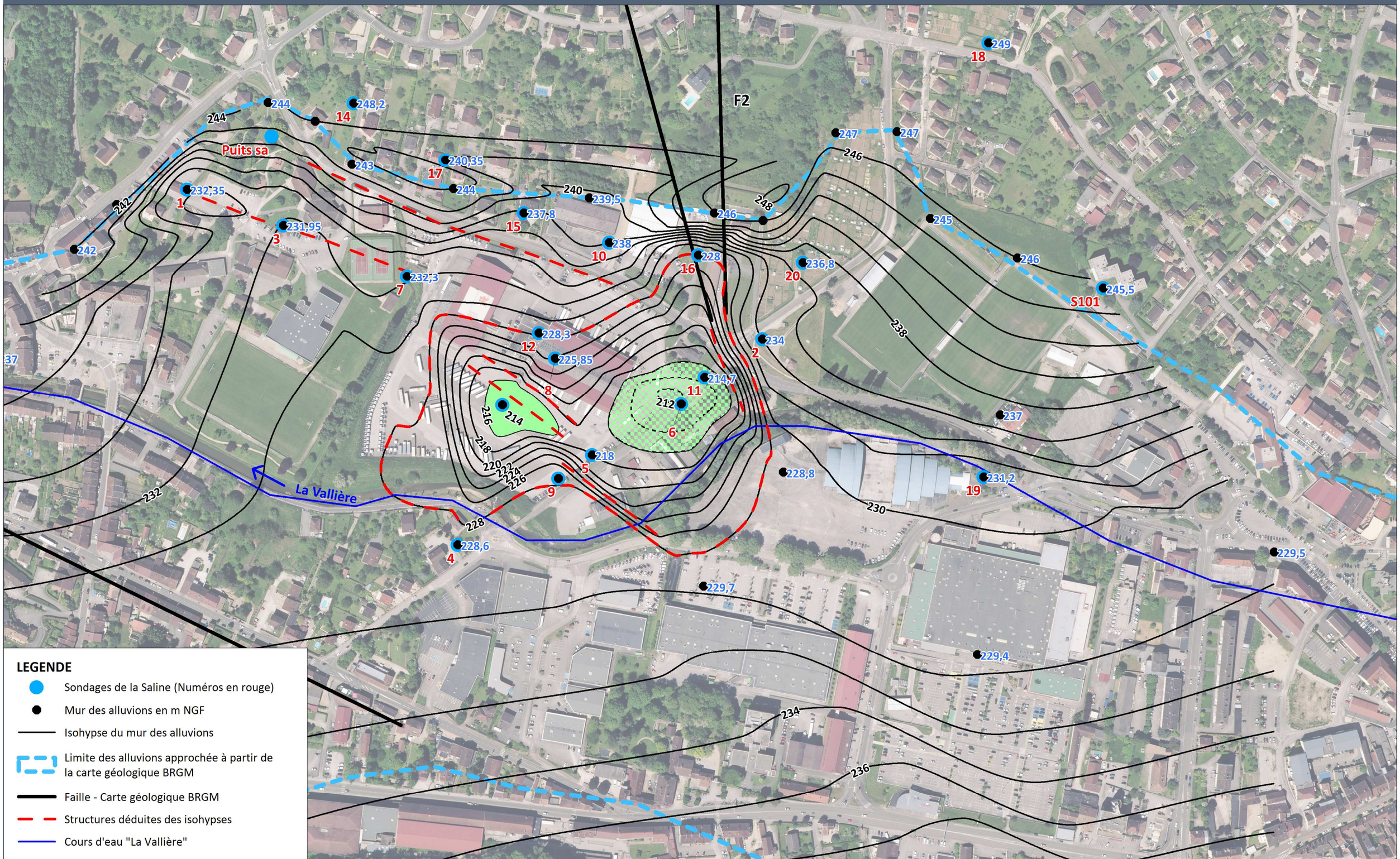
Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de MONTMOROT et PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107 / 09

Souce : BD Ortho

I SOHYPSES DU MUR DES ALLUVIONS (MONTMOROT)

Echelle - 1 : 3 000



CSME

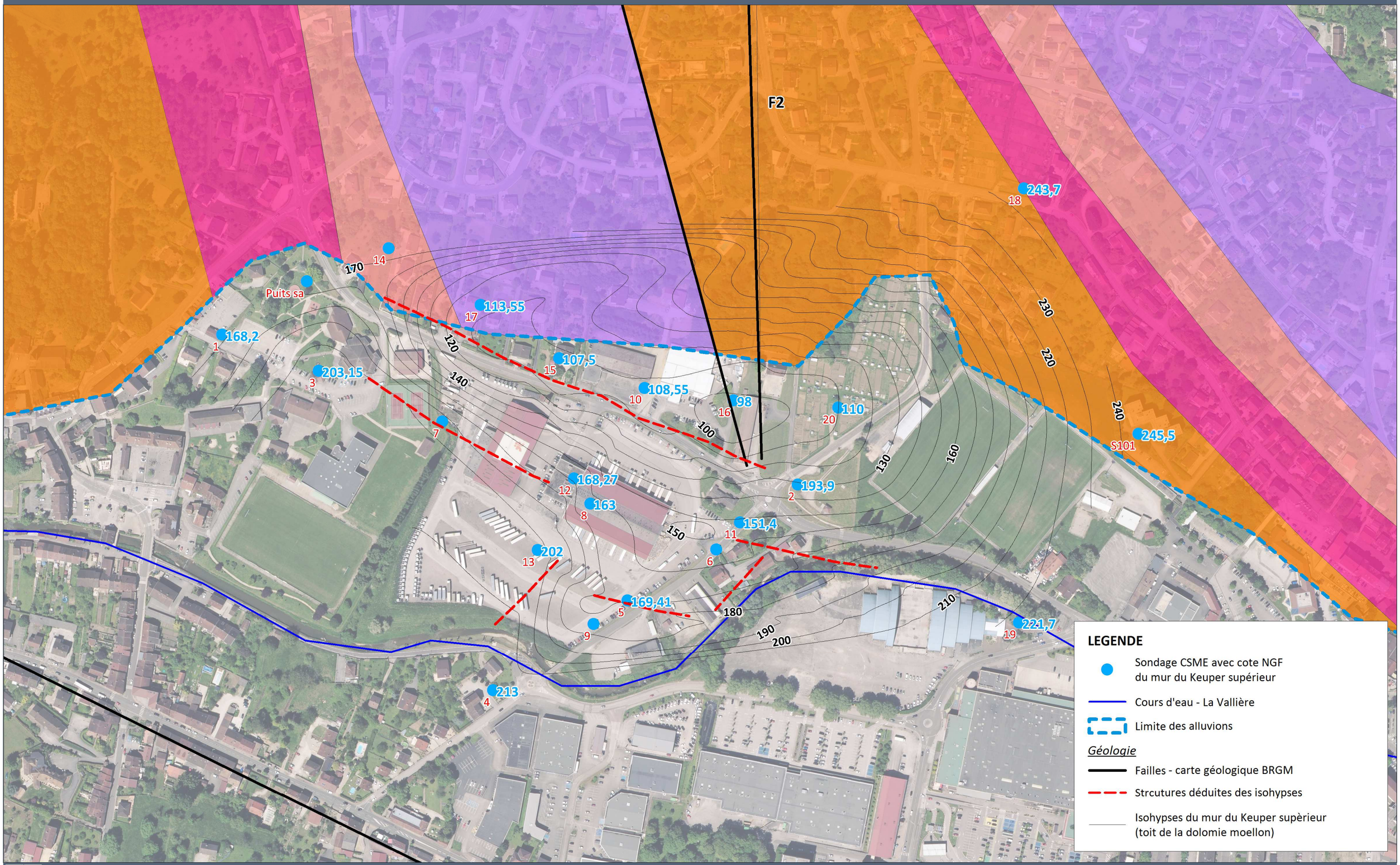
Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de MONTMOROT et PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107 / 11

Souce : BD Ortho

I SOHYPSES DU MUR DU KEUPER SUPERIEUR (toit de la dolomie moellon)

Echelle - 1 :3 000



CSME

Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de MONTMOROT et PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107 / 12

Souce : BD Ortho

3.5.3.3. Mur du Keupeur moyen (toit du système sel dissous)

Mur du Keuper moyen – secteur de Montmorot	*Document n°18.107 / 13*	*Dans le texte*

Les isohypses du mur du Keuper moyen ont été déterminés à partir :

- des sondages de Montmorot ;
- des sondages de la BSS présents dans la vallée de la Vallière aux alentours du champ de Montmorot (S101, CDF2 et CDF3).

La carte des isohypses du mur du Keuper moyen (toit du Keuper inférieur) a une allure proche de celle du Keuper supérieur. Comme sur la carte du Keuper supérieur on constate :

- un approfondissement vers l'est du mur du Keuper moyen, le long d'une direction N110° passant par les sondages n°14 à n°16 de 94 m à 79 m NGF ;
- remontée du mur au sud-ouest de la structure N110° avec un fort gradient (sondages n°14 à n°3) et un gradient plus faible au sud-sud-ouest du sondage n°16 ;
- à l'est du sondage n°16, le mur remonte vers l'est selon un gradient régulier (sondage n°20 vers le S101) ;
- un abaissement de 20 m du mur du Keuper supérieur est constaté entre les sondages n°1 et n°3 à proximité du passage de la faille F1 de la butte de Montmorot.

L'esquisse des isohypses suggère l'existence d'un d'accident d'ampleur orienté N110/120° entre les sondages n°14 et n°16 et penté vers le nord-est et influençant les isohypses des sondages n°1, n°3, n°7, n°12, n°8 et n°11.

3.5.3.4. Toit du sel non dissous (ou « sel massif »)

Isohypse du toit du sel massif	*Document n°18.107 / 14*	*Dans le texte*

Les sondages effectués à Montmorot (BRGG, 1968 – sondage CDF3) identifient deux ensembles au sein du Keuper inférieur :

- le sel dissous : composés de marnes, dolomies, gypses, anhydrites et sel dissous ;
- « le sel massif » avec inclusions bréchiques d'anhydrites, de dolomies, marnes et bancs stériles d'anhydrites.

Si le premier terme correspond à la strate soumise à une dissolution au toit, le deuxième terme n'est pas adapté car le sel rencontré est rarement massif comme le montrent les logs des sondages n°1 à 14. En effet ces logs montrent une alternance de bancs de sel gemme métriques espacées de marnes et présentant localement des faciès bréchiques liées aux mouvements de charriage et également liés à des phénomènes de dissolution et de recristallisation du sel gemme, comme indiqué par la présence de sel gemme fibreux.

Ainsi le terme « sel massif » désigne plus volontiers les formations salifères non soumises aux processus de dissolution au toit lors de la réalisation du sondage.

Les logs disponibles ne permettent pas d'appréhender complètement la complexité du réservoir salifère qui semble être dédoublée par endroit.

La carte des isohypses du « toit du sel massif » ou plutôt du mur du sel dissous met en évidence deux secteurs :

- au nord-est d'une ligne N110° reliant le puits salé au sondage n°2, le toit du sel dissous s'abaisse vers le sondage n°20 à l'est de la Faille F2, des cotes 100 m à 71 m NGF ;
- au sud-ouest de cette ligne, le mur du sel non dissous remonte rapidement à l'ouest du sondage n°7 ; avec un gradient plus faible à l'est du sondage n°7 où les isohypses forment une zone évasée qui se superposent à la cuvette d'approfondissement des alluvions et confirmant que cette cuvette coïncide à une zone de dissolution au toit du sel à l'origine du creusement d'une dépression qui a été comblée par les alluvions de la Vallière.

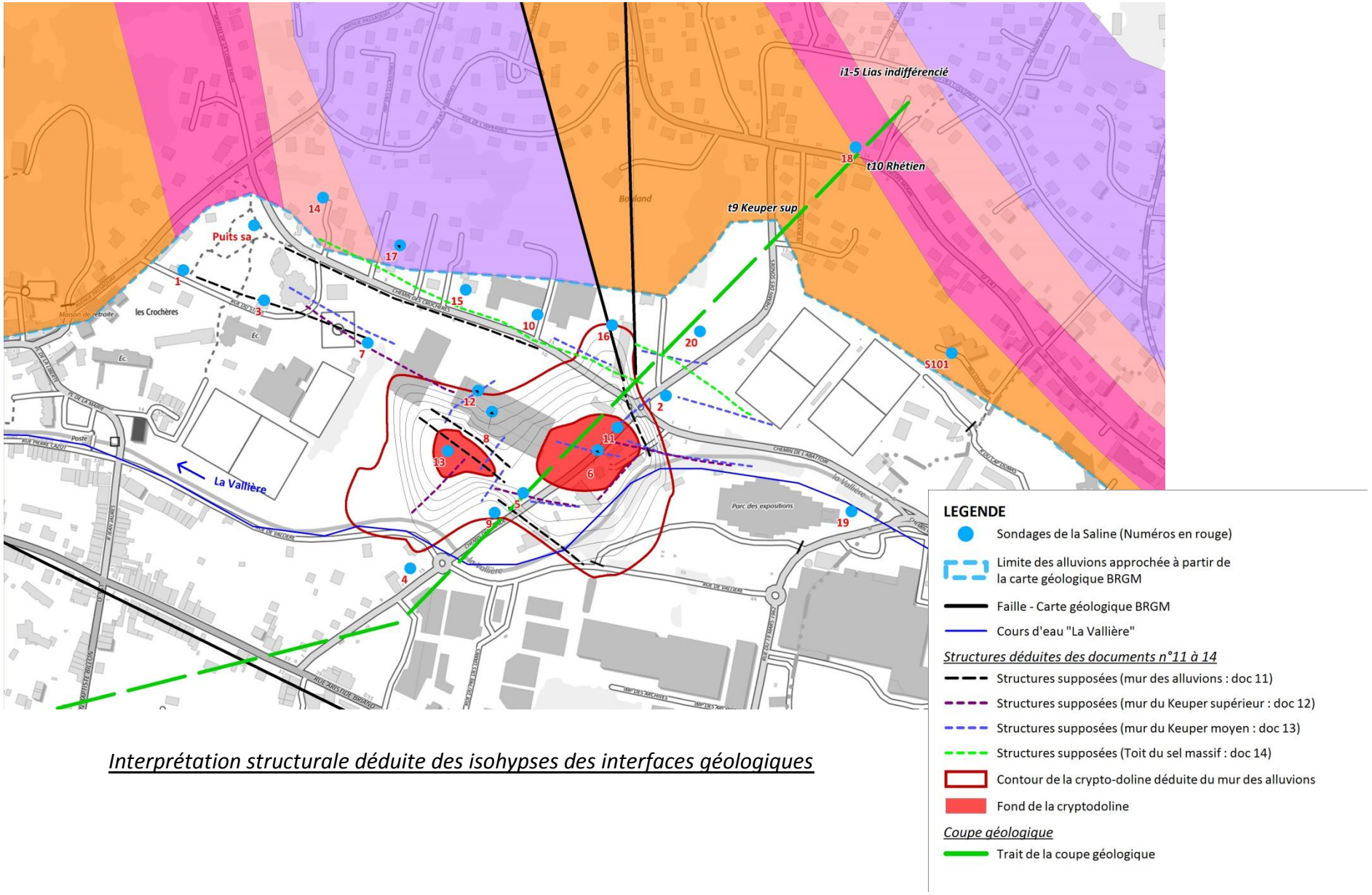
3.5.4 - Coupe géologique NE-SW au droit du champ de Montmorot

Coupe géologique au droit du champ de Montmorot	*Document n°18.107 / 15*	*Dans le texte*

Une coupe géologique interprétative a été réalisée au droit du champ de Montmorot selon une orientation globale NE-SW et passant par les sondages n°18, 20, 2, 11, 11, 6, 5,9, et n°4.

Trois ensembles sont représentés sur cette coupe :

- à l'est du sondage n°20, la faille inverse F2 marque la limite d'une rampe où les formations liasiques sont absentes et le Keuper supérieur réduit ; dans ce secteur la dolomie moellon est perchée et située à faible profondeur ; le sondage n°18 n'a pas atteint le mur du Keuper inférieur et il est supposé que le sel bréchique est allochtone et repose sur du Keuper supérieur via la faille F2 ;
- le champ de Montmorot est structuré autour des failles inverses F1 et F2 et un accident N110° de grande ampleur qui conduit à faire remonter vers le sud-ouest les interfaces lithologiques selon des pentes comprises entre 35 et 20° ;
- à l'extrémité ouest de la coupe, les données géologiques sont peu nombreuses, pas de sondages dans la vallée de la Vallière entre CDF2 et le sondage n°4 dans un secteur de grande complexité structurale totalement oblitérée par le cours de la Vallière. La coupe conduit à projeter le sondage CDF2, seul sondage disponible au sud du sondage n°4, L'esquisse de la coupe est à prendre avec précaution compte tenu de la distance entre les 2 sondages et de la complexité structurale du secteur où passe l'accident décrochant important qui décale les séries jurassiques à l'extrémité ouest du faisceau lédonien.



Interprétation structurale déduite des isohypses des interfaces géologiques

La coupe prend le parti de faire raccorder le compartiment central de la coupe (champ de Montmorot) au secteur du sondage CDF2 via une faille inverse, conduisant à faire remonter le mur des interfaces recouvrant le sel vers le sud. Toutefois faute d'éléments et de données géologiques suffisantes, l'accident décrochant de la vallée de la Vallière est peu pris en compte.

SOHYPSES DU MUR DU KEUPER MOYEN (toit du sel dissous)

Echelle - 1 : 3 000

CSME

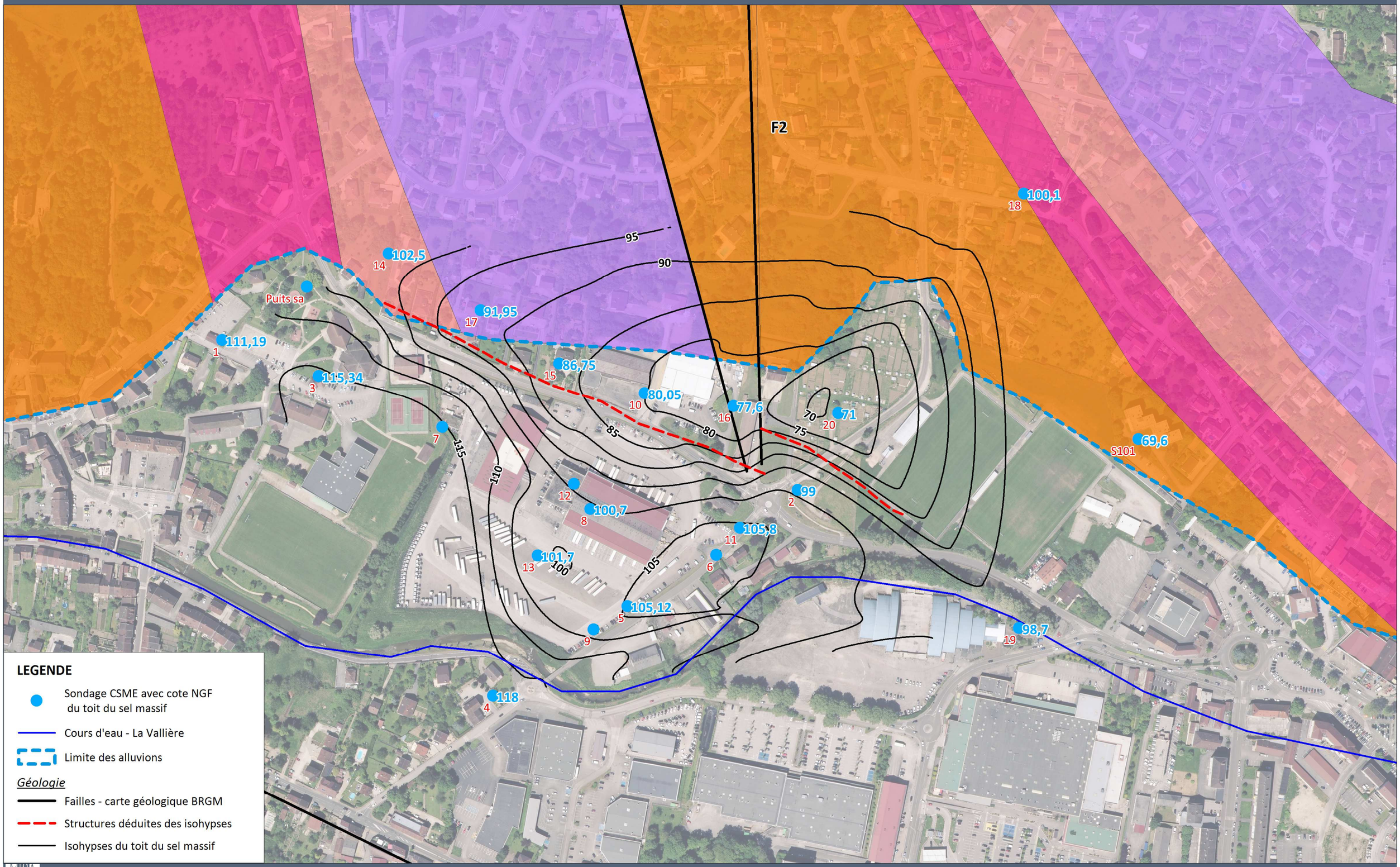
Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de MONTMOROT et PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107 / 13

Souce : BD Ortho

SOHYPSES DU TOIT DU SEL MASSIF

Echelle - 1 : 3 000



LEGENDE

- Sondage CSME avec cote NGF du toit du sel massif
- Cours d'eau - La Vallière
- Limite des alluvions

Géologie

- Failles - carte géologique BRGM
- Structures déduites des isohypses
- Isohypses du toit du sel massif

CSME

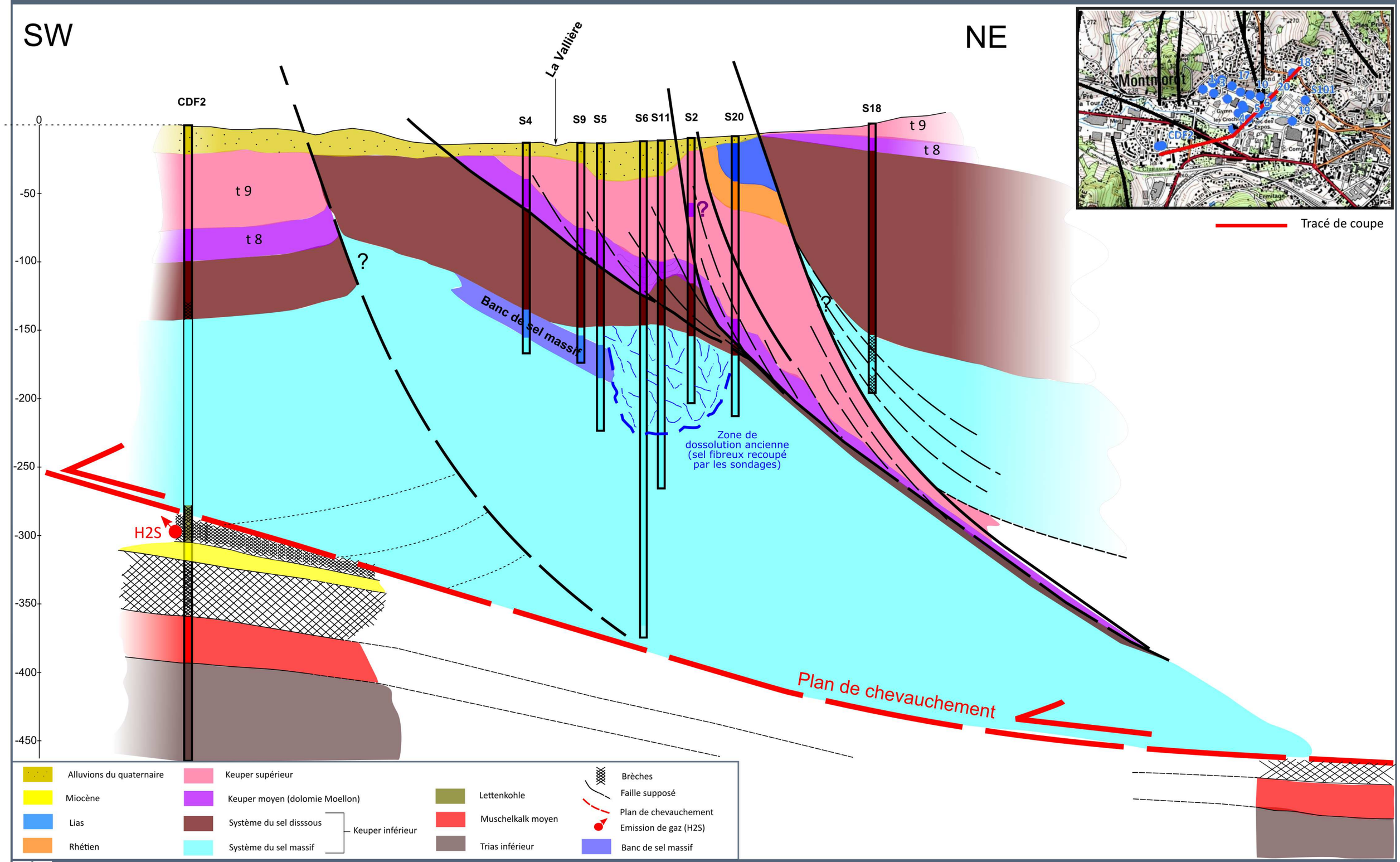
Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de MONTMOROT et PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107 / 14

Souce : BD Ortho

COUPE GEOLOGIQUE DE MONTMOROT

Echelle horizontale : 1 / 6 250
Echelle verticale : 1 / 2 500



3.6 - CONTEXTE GEOLOGIQUE LOCAL A PERRIGNY

Une analyse du contexte géologique local a été réalisé à partir :

- Des observations de terrain,
- Du traitement et de l'analyse du modèle numérique de terrain,
- Des coupes des sondages d'exploitation de Perrigny,
- De la Banque du sous-sol (BSS).

Les coupes géologiques des sondages de l'exploitation de PERRIGNY sont extraites de la Banque du sous-sol.

Tout comme pour les sondages de Montmorot, les coupes des sondages présentent un niveau de précision discutables au regard du mode de foration généralement utilisé (trépan). Contrairement à Montmorot, les logs sondeurs d'origine n'ont pas fait l'objet d'un réexamen par des géologues.

Localement quelques interrogations demeurent par rapport à ces coupes et ont conduit à quelques adaptations :

- implication des structures de glissement du versant jurassique dans l'épaisseur des formations liasiques. Il a été considéré qu'au droit des sondages de Perrigny, le Lias (l1-3) a une épaisseur plus importante que celle indiquée dans la notice géologique pour cet étage. Il est vraisemblable que des glissements de versant aient pu conduire à des surépaisseurs par dédoublement de la série ;
- position de la dolomie moellon du sondage n°6 qui a été corrigée en cohérence avec les informations des autres sondages ;
- localisation de la transition entre le système du sel dissous et non dissous de la plupart des sondages.

3.6.1 - Tectonique et structures locales

Contexte structural de Perrigny	*Document n°18.107 / 16*	*Dans le texte*

Plusieurs éléments ressortent du contexte structural de Perrigny :

- l'ensemble des sondages d'exploitation de Montmorot est implanté sur des affleurements de Lias (l1-3) ;
- les deux failles représentées sur la carte géologique à 1 : 50 000 associées à des lanières subméridiennes du faisceau lédonien qui encadrent les sondages du champ de Perrigny. La faille à l'est des sondages a une grande extension et rejoint Pannessière en marquant la bordure du plateau du Jura externe. Cette faille sépare également un paquet glissé dans les terrains marneux au nord-ouest de Conliège en rive droite de la Vallière ;

- la vallée de la Vallière dont le cours N130/140° s'infléchit vers l'aval ; A proximité des travaux miniers le cours d'eau ne semble pas avoir un tracé structurale ;
- l'analyse du contexte géomorphologique, met en évidence que les sondages sont situés sur le ventre d'un ancien glissement affectant le versant.

3.6.2 - Données bibliographiques

Tableau des caractéristiques des sondages	*Document n°18.107 / 17*	*Dans le texte*

L'examen des documents disponibles a conduit à identifier les cotes des interfaces lithologiques des différents sondages du champ de Perrigny. Le résultat de ce travail est présenté dans le document n°17.

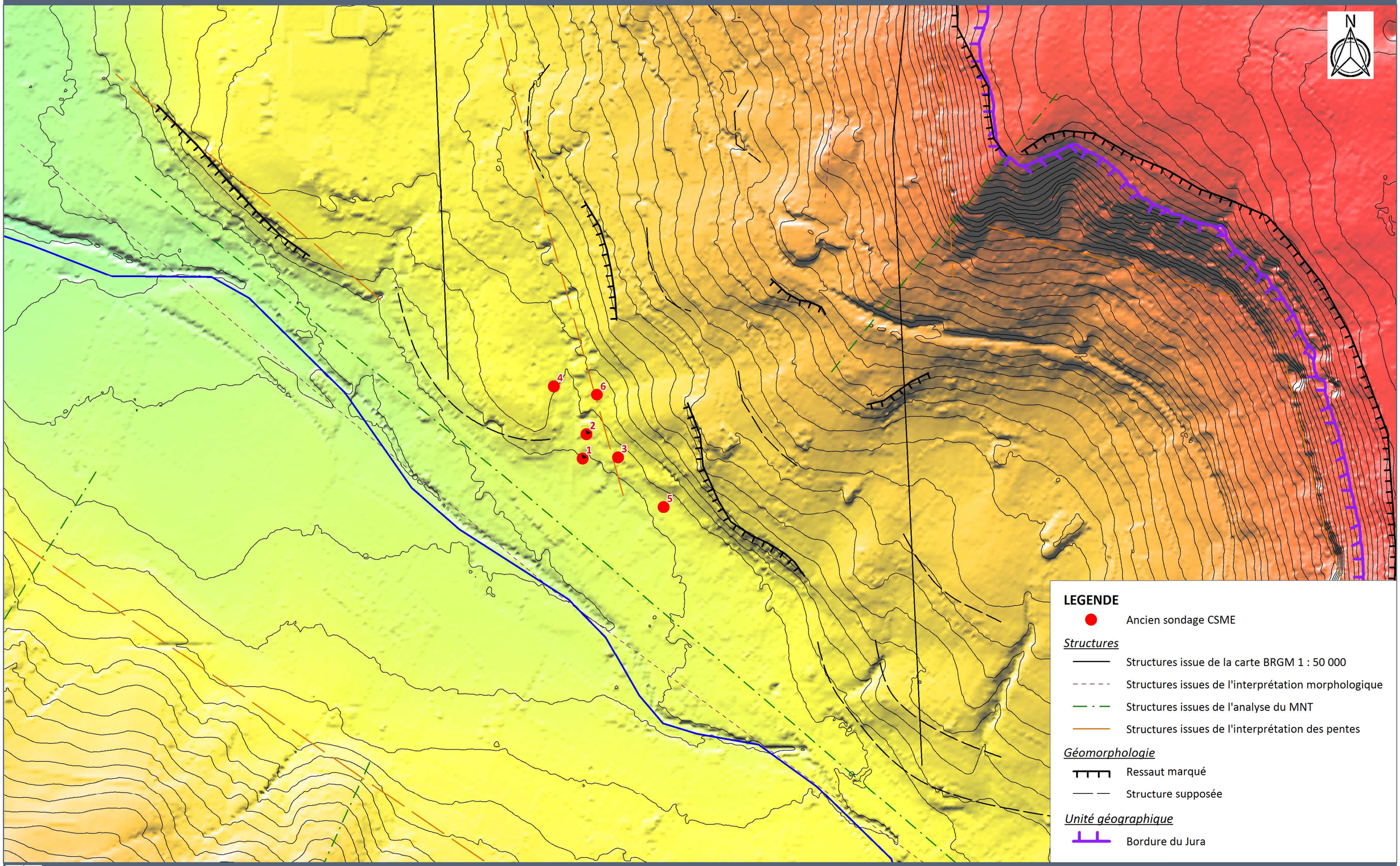
L'examen de ces données permet de préciser les épaisseurs moyennes, maximum et minimum de quelques niveaux lithologiques rencontrés par les sondages. Ainsi le Log général des terrains au droit du champ de Perrigny est le suivant :

	Epaisseur		
	Maximum	Moyenne	Minimum
Alluvions	6	3,3	1
Lias	36,6	25,4	3,45
Rhétien	35,9	27,5	10,1
Keuper supérieur	90,65	52,48	27,1
Dolomie moellon	9	6,85	5,6
Keuper moyen	27,2	13,6	6,05
Keuper inférieur (sel dissous)	116	64	39,5

Les données des sondages ne fournissent aucune information exploitable sur l'existence de faisceaux ou niveaux repères dans les formations du Keuper inférieur.

CARTE DU CONTEXTE STRUCTURAL DE PERRIGNY

Echelle - 1 : 5 000



CSME

Concession de Perrigny - LONS-LE-SAUNIER (39)

DOCUMENT 18-107 / 16

Souce : BD Ortho

INTERFACES LITHOLOGIQUES DES SONDAGES DE PERRIGNY

																		Keuper sup				
Nom	Profondeur du sondage (m)	Lambert 2 étendu X (m)	Lambert 2 étendu Y (m)	Z (m)	Profondeur alluvions	Epaisseur alluvions	Cote Mur alluvions	Profondeur Toit Lias	Profondeur Mur Lias	Epaisseur Lias	Cote Toit Lias	Cote Mur Lias	Profondeur Toit Rhétien	Profondeur Mur Rhétien	Epaisseur Rhétien	Cote Toit Rhétien	Cote Mur Rhétien	Profondeur Toit Keuper sup	Profondeur Mur	Epaisseur Keuper sup	Cote Toit Keuper sup	Cote Mur Keuper sup
S01	224,1	848584,7	2190015	294	4,5	4,5	289,5	4,5	33,6	29,1	289,5	260,4	33,6	64,4	30,8	260,4	229,6	64,4	98,45	34,05	229,6	195,55
S02	220	848589,8	2190050,5	295	6	6	289	6	27,5	21,5	289	267,5	27,5	63,4	35,9	267,5	231,6	63,4	90,5	27,1	231,6	204,5
S03	225,7	848636,4	2190017	302	2,25	2,25	299,75	2,25	37,75	35,5	299,75	264,25	37,75	47,85	10,1	264,25	254,15	47,85	76,2	28,35	254,15	225,8
S04	231	848541,5	2190120,4	300	1	1	299	1	28	27	299	272	28	61,25	33,25	272	238,75	61,25	143,5	82,25	238,75	156,5
S05	225	848703,7	2189945,3	300	4,9	4,9	295,1	4,9	8,35	3,45	295,1	291,65						8,35	99	90,65	291,65	201
S06	230,4	848604,7	2190108,7	304	1,4	1,4	302,6	1,4	37	35,6	302,6	267						37			267	

					Keuper moyen														
Nom	Profondeur du sondage (m)	Lambert 2 étendu X (m)	Lambert 2 étendu Y (m)	Z (m)	Profondeur Toit Dolomie en dalles	Profondeur Mur Dolomie en dalles	Epaisseur Dolomie en dalles	Cote Toit Dolomie en dalles	Cote Mur Dolomie en dalles	Profondeur toit Grés à roseaux	Profondeur mur Grés à roseaux	Epaisseur Grés à roseaux	Cote Toit Grés à roseaux	Cote Mur Grés à roseaux	Profondeur toit Keuper moy	Profondeur mur keuper moy	Epaisseur keuper moy	Cote Toit keuper moy	Cote Mur keuper moy
S01	224,1	848584,7	2190015	294	98,45	104,85	6,4	195,55	189,15						98,45	104,5	6,05	195,55	189,5
S02	220	848589,8	2190050,5	295	90,5	97,45	6,95	204,5	197,55						90,5	97,45	6,95	204,5	197,55
S03	225,7	848636,4	2190017	302	76,2	82,5	6,3	225,8	219,5						76,2	82,5	6,3	225,8	219,5
S04	231	848541,5	2190120,4	300	143,5	152,5	9	156,5	147,5						143,5	165	21,5	156,5	135
S05	225	848703,7	2189945,3	300	99	104,6	5,6	201	195,4						94	121,2	27,2	206	178,8
S06	230,4	848604,7	2190108,7	304												161			143

					Keuper inf									
Nom	Profondeur du sondage (m)	Lambert 2 étendu X (m)	Lambert 2 étendu Y (m)	Z (m)	Profondeur toit Sel dissous	Profondeur mur Sel dissous	Epaisseur Sel dissous	Cote Toit Sel dissous	Cote Mur Sel dissous	Profondeur toit Sel massif	Profondeur mur Sel massif	Epaisseur Sel massif	Cote Toit Sel massif	Cote Mur Sel massif
S01	224,1	848584,7	2190015	294	104,85	168	63,15	189,15	126	168	224,1		126	
S02	220	848589,8	2190050,5	295	97,4	141,25	43,85	197,6	153,75	141,25	220		153,75	
S03	225,7	848636,4	2190017	302	82,5	198,5	116	219,5	103,5	198,5	224		103,5	
S04	231	848541,5	2190120,4	300	165	204,5	39,5	135	95,5	204,5	224		95,5	
S05	225	848703,7	2189945,3	300	121,2	198,7	77,5	178,8	101,3	198,7	224		101,3	
S06	230,4	848604,7	2190108,7	304	161	204,8	43,8	143	99,2	204,8	224		99,2	

3.7 - COUPE GEOLOGIQUE AU DROIT DU CHAMP DE PERRIGNY

Coupe géologique au droit du champ de Perrigny	*Document n°18.107 / 18*	*Dans le texte*

Les coupes des sondages de l'exploitation de Perrigny ont permis de préciser la cote de différentes interfaces géologiques au droit de ces sondages. Des interprétations de ces données ont permis de réaliser des cartes des isohypses (c'est-à-dire des lignes d'iso-valeurs) :

- mur des alluvions ;
- mur du Keuper supérieur ;
- mur du Keuper moyen ;
- toit du sel massif.

Ces cartes permettent de préciser la géométrie tridimensionnelle des interfaces géologiques associées aux aquifères potentiels au toit du sel. Une coupe géologique a été dressée

Les données utilisées pour la réalisation de cette coupe géologique sont :
- la carte géologique à 1 : 50 000 ;
- les coupes des sondages de Perrigny ;
- la coupe géologique du sondage de recherche d'hydrocarbure de Perrigny dénommé PER1.

Plusieurs sondages du champ de Perrigny ont été projetés sur le tracé de la coupe. Des corrections ont été apportées aux logs des sondages n°4 et n°6 en particulier concernant la position de la dolomie moellon.

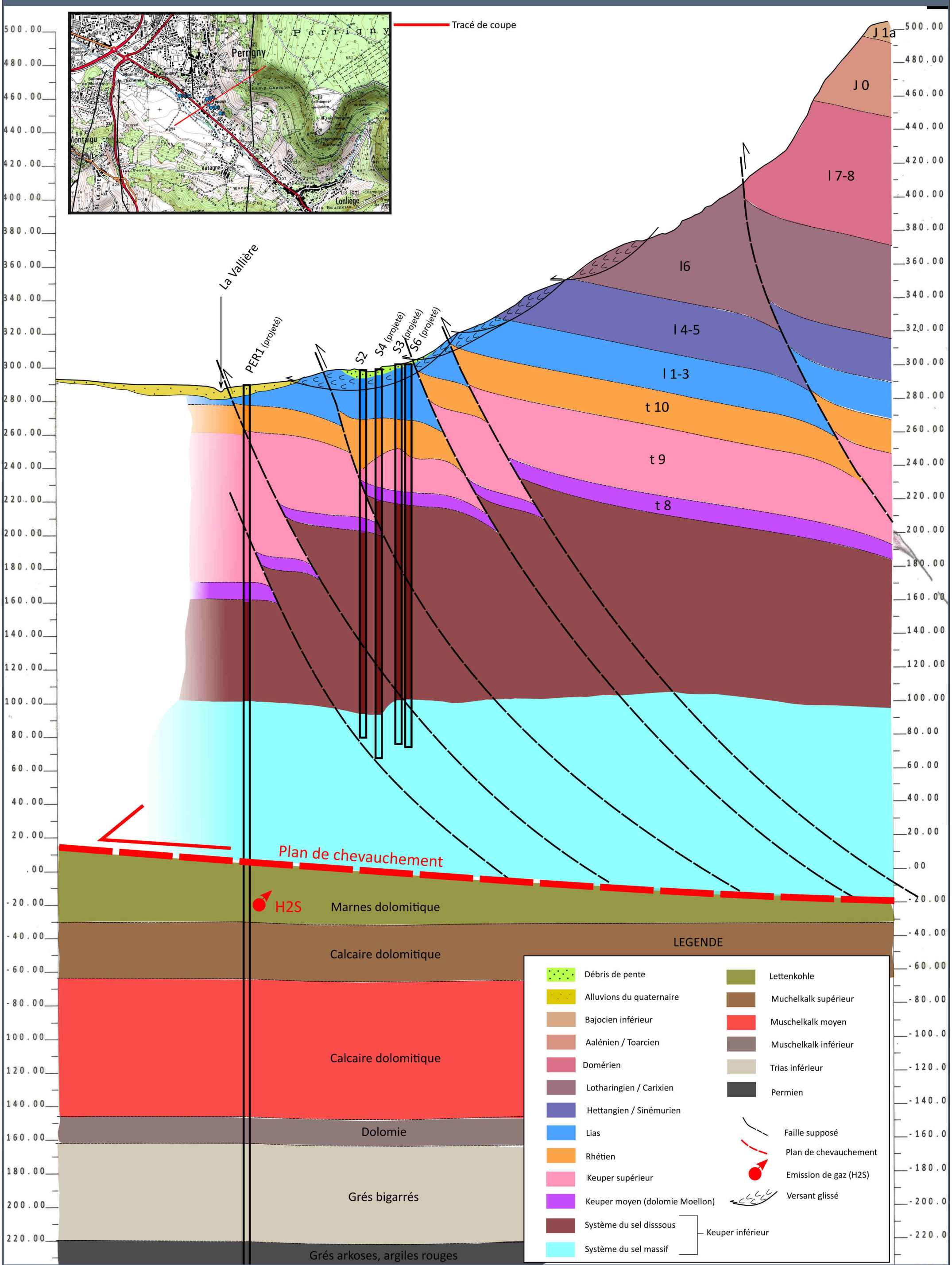
La coupe met en évidence le rôle des failles inverses subméridiennes découpant le versant du Jura externe. Un glissement de versant ancien initié depuis les marnes du Domérien (l6) vient recouvrir les formations de versant sous-jacentes. Le ventre du glissement est localisé dans le secteur où sont implantés les sondages de Perrigny, pouvant expliquer les épaisseurs de terrain du Lias traversés par les sondages de Perrigny, plus importantes que celles indiquées sur le log de référence de la notice géologique.

Sur la coupe, la puissance du Keuper inférieur est évaluée à 120 m sur la base de la coupe du sondage PER1 et en positionnant un plan de chevauchement légèrement penté vers l'est. Les épaisseurs de formation de sel dissous et de « sel non dissous » (sel massif) sont renseignées au droit des sondages de la coupe. Ailleurs le tracé de cette interface est théorique en l'absence de sondages.

Tout comme à Montmorot, la déformation du Keuper inférieur enregistre les contraintes associées au chevauchement du Jura externe sur le domaine Bressan, La base du chevauchement est associée au terrain marneux bréchique du Lettenkhole surmontant les autres termes du Trias moyen et inférieur. Des arrivées de gaz H2S ont également été observés dans le sondage de recherche PER1. Ces arrivées de gaz sont captives au toit des évaporites sous le plan de chevauchement et probablement au mur de l'aquifère captif supposé siéger dans les termes carbonatées du Muschenkalk.

COUPE GEOLOGIQUE DE PERRIGNY

Echelle horizontale : 1 / 5 000
Echelle verticale : 1 / 2 000



CSME

Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107 / 18
Source : Mica Environnement

4 - ETUDE HYDROLOGIQUE ET HYDROGEOLOGIQUE

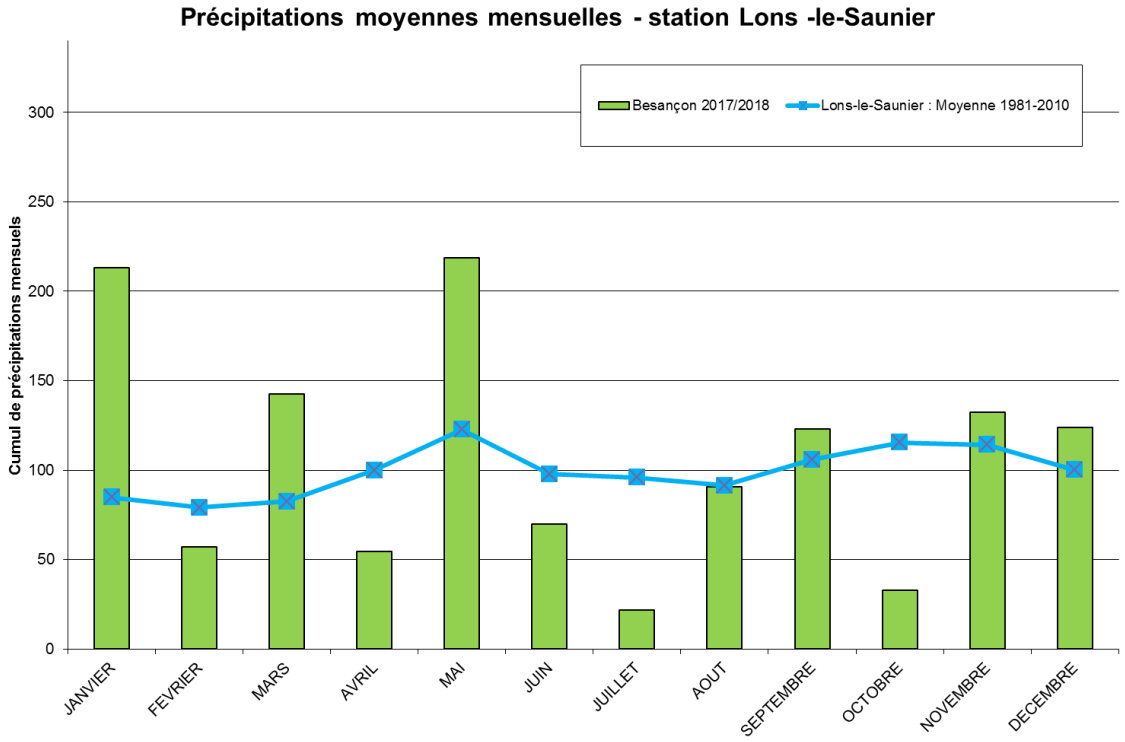
4.1 - CLIMATOLOGIE

Le climat du département du Jura est un climat de type semi-continental à influence montagnarde, de par la présence du massif jurassien, dont la rudesse est inhabituelle pour une région d'altitude moyenne en Europe occidentale. Les zones de plateaux et le Haut-Jura subissent un climat de type montagnard humide qui s'accentue avec l'altitude. En montagne, l'hiver se caractérise par des températures froides, souvent négatives ; ce froid, inhabituel par rapport à la modestie de l'altitude, est dû à un enneigement important et une situation faiblement venteuse qui permettent un refroidissement intense des basses couches atmosphériques. L'été se caractérise par une arrivée tardive de la saison et par sa brièveté. Le froid de l'hiver est plus modéré et plus bref en plaine qu'en montagne.

Les données climatiques présentées sont issues notamment de la station météorologique la plus proche et la plus représentative du secteur : celle de Lons-le-Saunier/Montmorot (altitude 298 m) située à moins de 5 km des exploitations salines.

Sur la période 1981 / 2010, le cumul moyen annuel de précipitations sur cette station a été de **1189,5 mm**.

Ainsi, la pluviométrie annuelle est assez élevée par rapport à la Bresse proche (environ 1 170 mm sur la région de Lons contre environ 800 mm en Bresse). Cette pluviométrie est assez régulièrement répartie au cours de l'année avec des minimums en Mars et Août.
A l'inverse, les précipitations estivales ne connaissent pas un niveau très faible (surtout Juillet) dans la mesure où les orages peuvent être nombreux.
Les températures conservent, quant à elles, une température moyenne annuelle relativement élevée (environ 11,4°C).



Précipitations mensuelles d'août 2017 à juillet 2018 et comparaison avec les moyennes mensuelles de la période 1981-2010
(station Lons-le-Saunier – Source Météo France)

Les observations de terrain réalisées en 2018 (CSME : janvier et février 2018 ; MICA : juin 2018) sont survenues durant une année relativement humide. Les observations effectuées en juin 2018 sont survenues en période de moyennes eaux.

4.2 - HYDROLOGIE ET MESURES DE TERRAIN

4.2.1 - Données hydrologiques

Les travaux miniers des concessions de MONTMOROT et PERRIGNY sont situés dans le bassin versant de la rivière la Vallière. Cette rivière prend sa source à Revigny sur le versant du Jura Externe. Son bassin versant topographique est d'environ 8 km² au droit des travaux miniers de Perrigny et 20 km² au droit de ceux de Montmorot. Le bassin versant hydrogéologique de cette rivière est en réalité plus important compte tenu de la nature karstique de son réservoir amont (Jura externe), qui rend son régime très irrégulier avec des étiages sévères et des crues importantes et rapides. La rivière de la Vallière a été recouverte dans les années 1950 sur un tronçon de 1400 m traversant Lons-le-Saunier entre le parc des thermes et le Parc des Expositions. Un suivi des débits de la Vallière a débuté en 1982 à Lons-le-Saunier. Le bassin versant de cette station est de 40 km².

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Année
Débits (m3/s)	1.030 #	1.030 #	0.900 #	0.916 #	0.721 #	0.417 #	0.286 #	0.176 #	0.290 #	0.536 #	0.939 #	0.996 #	0.684
Qsp (l/s/km2)	25.7 #	25.7 #	22.5 #	22.9 #	18.0 #	10.4 #	7.1 #	4.4 #	7.3 #	13.4 #	23.5 #	24.9 #	17.1
Lame d'eau (mm)	68 #	64 #	60 #	59 #	48 #	26 #	19 #	11 #	18 #	35 #	60 #	66 #	541

***Qsp** : débit spécifiques*

Synthèse des débits moyens (1982 - 2018) à la station de la Vallière à Lons-le-Saunier (source DREAL)

Le débit de la Vallière estimée à Perrigny lors de la mission de terrain du 14 juin 2018 était estimé à 350 L/s.

4.2.2 - Secteur de Montmorot

Mesures de la qualité des eaux autour du champ de Montmorot	*Document n°18.107 / 19*	*Dans le texte*

Sur les 20 sondages du champ de Montmorot et le puits Salé, seul quatre ouvrages ont été retrouvés par CSME et étaient accessibles au moment de la visite de terrain de juin 2018. Des mesures spécifiques (diagraphies de conductivité et température) y ont été effectuées sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Le champ de Montmorot est situé en rive droite de la rivière de la Vallière au débouché de la partie couverte de la rivière. Il est encadré par deux vallées marquées de direction subméridiennes :

- la vallée ouest “sans nom” est en contrebas d'un cimetière et limite à l'ouest le champ de Montmorot – son bassin versant jusqu'à la plaine alluviale est de 15,3 ha ;
- la vallée Est également “sans nom” est marquée en amont et ponctuée de petites cuvettes (voir carte géomorphologique). Les sondages n°20, 18, 2 et 19 sont situés à l'est de cette vallée et les autres sondages du champ de Montmorot à l'ouest. – son bassin versant jusqu'à la plaine alluviale est de 51,7 ha ;

La zone d'étude est anthropisée et occupée par une zone d'activité. La plateforme logistique de la société Jura Transport au lieu-dit les Crochères constitue la plateforme la plus étendue sur le champ de Montmorot. Un fossé draine les terrains entre la bordure est de la plateforme de Jura Transport et des terrains de sport. Ce fossé rejoint la Vallière et constitue un élément du réseau de drainage de la plateforme logistique sur lequel nous reviendrons plus loin.

Des mesures de la qualité des eaux de surface autour des anciens sondages ont été réalisées le 13 juin 2018. Ces mesures font suite à des mesures effectuées par CSME en janvier 2018.

Dans la Vallière au débouché du tronçon couvert, des mesures de la conductivité et de température ont été réalisées sur les deux rives. Plusieurs points de rejet des eaux pluviales et des eaux usées ont été identifiés sur les deux berges de la rivière entre le Parc des Expositions et la mairie de Montmorot. Sur ce tracé la conductivité de l'eau de la rivière augmente légèrement vers l'aval de 487 µS/cm à 607 µS/cm.
Compte tenu de l'urbanisation du secteur et de ces multiples points de rejets, cette augmentation a des causes multiples. On note cependant que la conductivité des eaux du fossé en bordure est de la plateforme de Jura Transport est de l'ordre de 700 µS/cm; Un prélèvement d'eau (J) y a été effectué. Son analyse ne montre pas d'indice de traces de sel.

On note également que les écoulements observés en juin 2018 en amont des vallées subméridiennes encadrant le champ de Montmorot, ont des conductivités voisines de 900 µS/cm. Ces eaux correspondent à des eaux de drainage des altérites des terrains liasiques à l'affleurement.

Sur la base de ces mesures de terrain il n'a pas été identifié de point d'émergence de source salée dans l'emprise du champ de Montmorot et ses alentours immédiats.

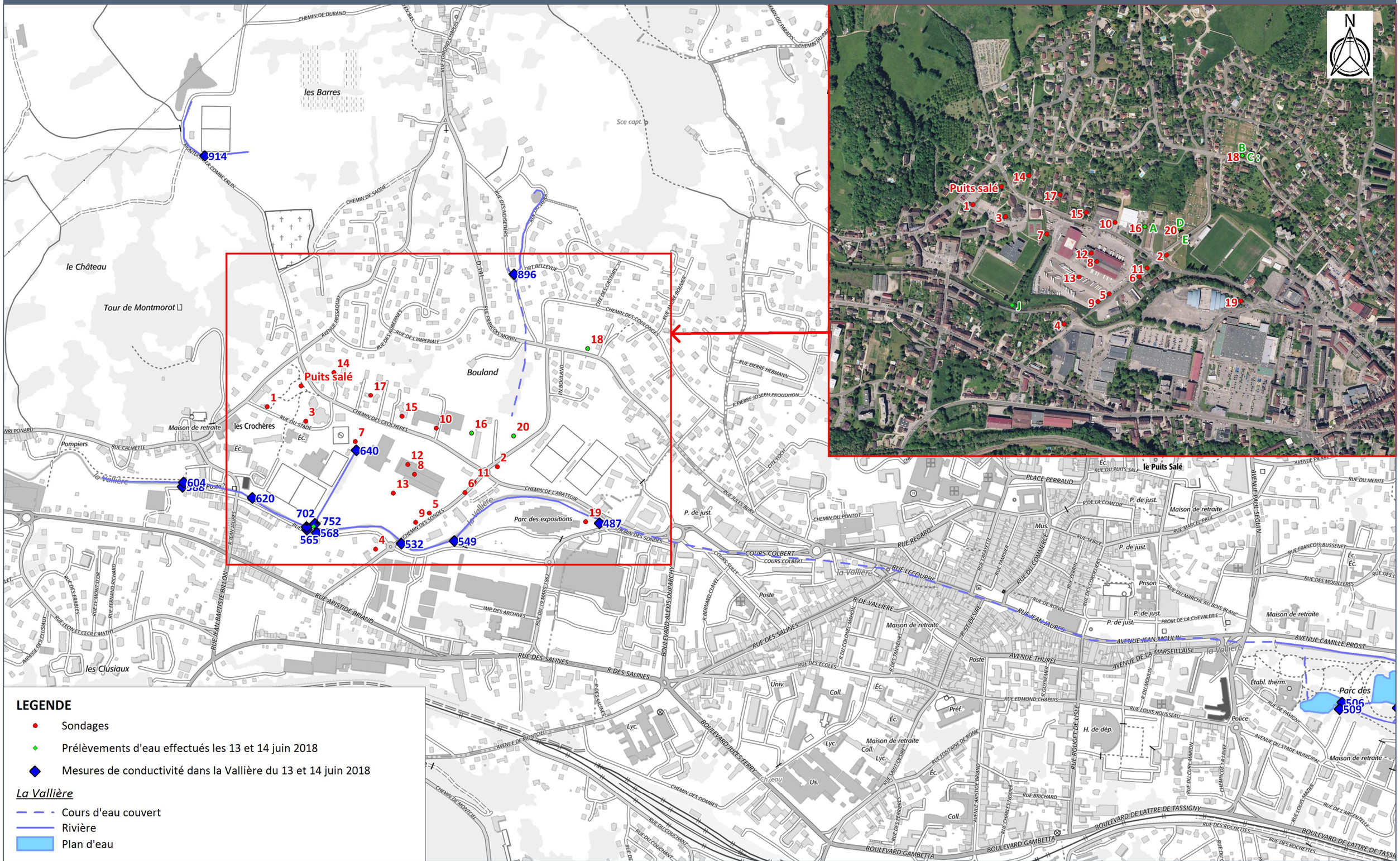
Les faibles variations de conductivité observées dans les eaux de surface du secteur de Montmorot peuvent s'expliquer par :

- les rejets d'eaux usées ou d'eaux pluviales dans la Vallière ;
- le fond hydrogéochimique des eaux des terrains de couverture liasique.

Ces facteurs oblitèrent la signature de conductivité sur les eaux de surface qu'auraient pu laisser d'éventuelles émergences d'eaux salines à faible débit.

MESURES DE LA QUALITE DES EAUX AUTOUR DU CHAMP DE MONTMOROT

Echelle - 1 : 7 500



4.2.3 - Secteur de Perrigny

Mesures de la qualité des eaux autour du champ de Perrigny	*Document n°18.107 / 20*	*Dans le texte*

Les sondages de l'exploitation de Perrigny se situent en rive droite de la Vallière sur son tronçon amont.

Sur les 6 sondages de l'exploitation, seuls 3 sondages (sondages n°1, n°5 et n°6) sont localisées et étaient accessibles au moment de la visite de terrain de juin 2018. Des mesures spécifiques (diagraphies de conductivité et température) y ont été effectuées sur lesquelles nous reviendrons plus loin.

Le bassin versant englobant les sondages de l'exploitation s'initie depuis la bordure du Jura Externe et s'évase jusqu'à la vallée de la Vallière. Il a une superficie limitée de 23 ha environ.

De la même manière qu'à Montmorot des mesures de conductivité et température ont été réalisés dans le cours de la Vallière en amont et en aval de l'exploitation de Perrigny. La conductivité du cours d'eau est stable et ne présente pas de modification significative (449 à 457 µS/cm). Le débit de la Vallière est conséquent (>150 L/s). Compte tenu de ce débit et de l'absence de variations significatives de la conductivité, aucun indice de sources salées n'a été identifié dans la Vallière.

Une source à faible débit a été identifiée en amont à l'est du sondage n°6 ; elle draine le versant liasique et présente une conductivité de 678 µS/cm et une température de 15,1°C. Cette source semble drainer les masses glissées anciennes identifiées sur la carte du contexte géomorphologique. Hormis cette source, aucune autre source n'a été observée y compris salée.

4.2.4 - Tentative de reconstruction du contexte hydrologique initial de Montmorot

4.2.4.1. Etat initial

Comme précisé la ville de Lons-le-Saunier tire son nom des sources salées connues depuis l'Antiquité. La ville s'est en partie développée autour de l'exploitation du sel, une activité ancienne qui débuta au Moyen-âge. La documentation consultée mentionne l'existence de 3 sources ou puits salés exploitées au cours du 18ième siècle :

- Le Puits de Lons-le-Saunier ou puits salé ou source Lédonia, ainsi dénommé car il se situe dans la ville, est exploitée depuis 1400. Le débit de cette source est évaluée à 1700 *muids*/jour à 2°B (soit 460 m^3/jour, si l'on en croit ces écrits) ;
- Le Puits Cornoz ou Puits salé de l'exploitation saline de Montmorot ; Il forme deux puits placés l'un à côté de l'autre, dans une même enceinte, pour recevoir deux différentes sources. L'une a 7 degrés donne environ 200 *muids* d'eau par 24 heures; et l'autre 3 degrés, n'en fournit que 12 ;

- Le puits de l'étang du Saloir, situé au nord-est de la butte de Montmorot, renferme plusieurs sources salées, qui, par des canaux souterrains, sont conduits au bâtiment du puits Cornoz. La principale source à un débit de 0,6 m^3/h et une salinité de 9 degrés (B ?). Les autres sources du puits ont un débit de l'ordre de 0,6 m3/h avec une salinité de 6 à 7 degrés.

Carte d'état major de 1866 du secteur de Montmorot – localisation d'après archives du puits Cormoz (ou puits salé de Montmorot)

Bilan : la vallée de la Vallière de Lons-le-Saunier à Montmorot présentait des sources salées naturelles avant la mise en exploitation de la saline de Montmorot. Ces sources salées émergent dans des puits aménagés et présentent des débits non négligeables, si l'on en croit les archives consultées mais la concentration en sel demeure faible et comprise entre 2 et 9°B ? (20 à 100 g/L) ;

4.2.4.2. Etat pendant exploitation

La photographie aérienne des années 1950/60 met en évidence les différents sondages d'exploitation de la saline de Montmorot. Des trois puits salés existants courant du 18ième siècle, seul le puits de Lons-le-Saunier semble toujours exister.

Photo aérienne de 1950 du secteur de Montmorot

La photographie met en évidence l'existence d'une zone marécageuse au sud du sondage n°7 sur une emprise d'environ 1,8 ha.

Sur le secteur, il n'y a pas de photos-aérienne avant 1939, et cette zone marécageuse est présente dès cette date.

Un témoignage recueilli par CSME (propriétaire au sondage n°14) indique que cette zone marécageuse n'existait pas au début des années 1900. La qualité de la carte d'état de major datée de 1866 ne permet pas d'infirmer ou confirmer ce témoignage.

4.2.4.3. Etat actuel après la fin d'exploitation

Cette situation correspond à celle décrite dans le paragraphe 4.2.2.

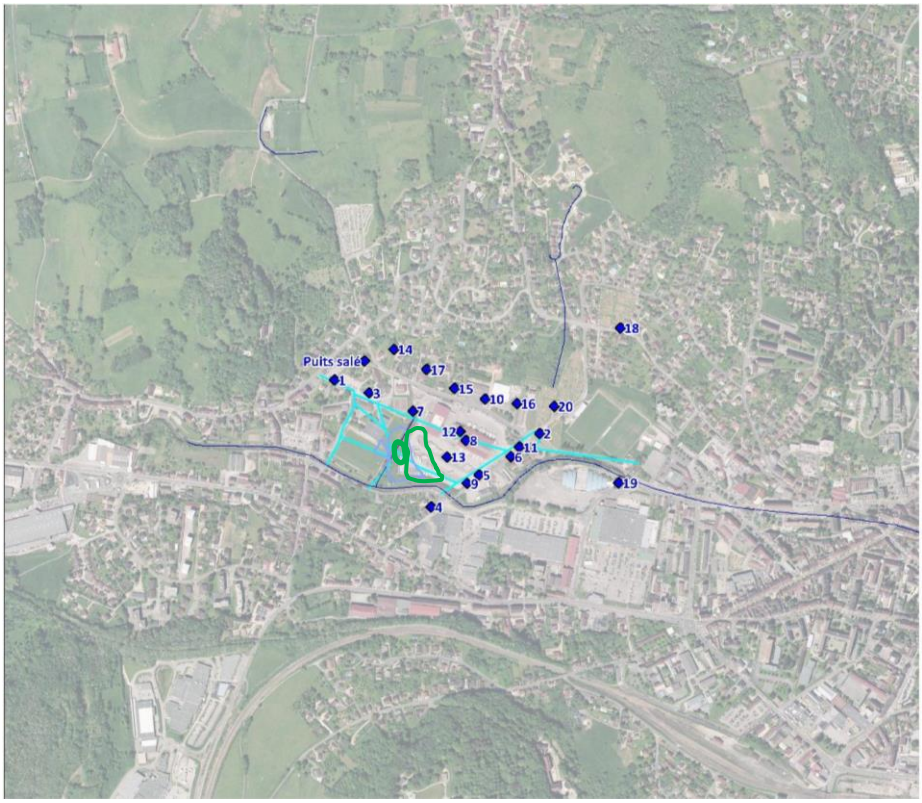
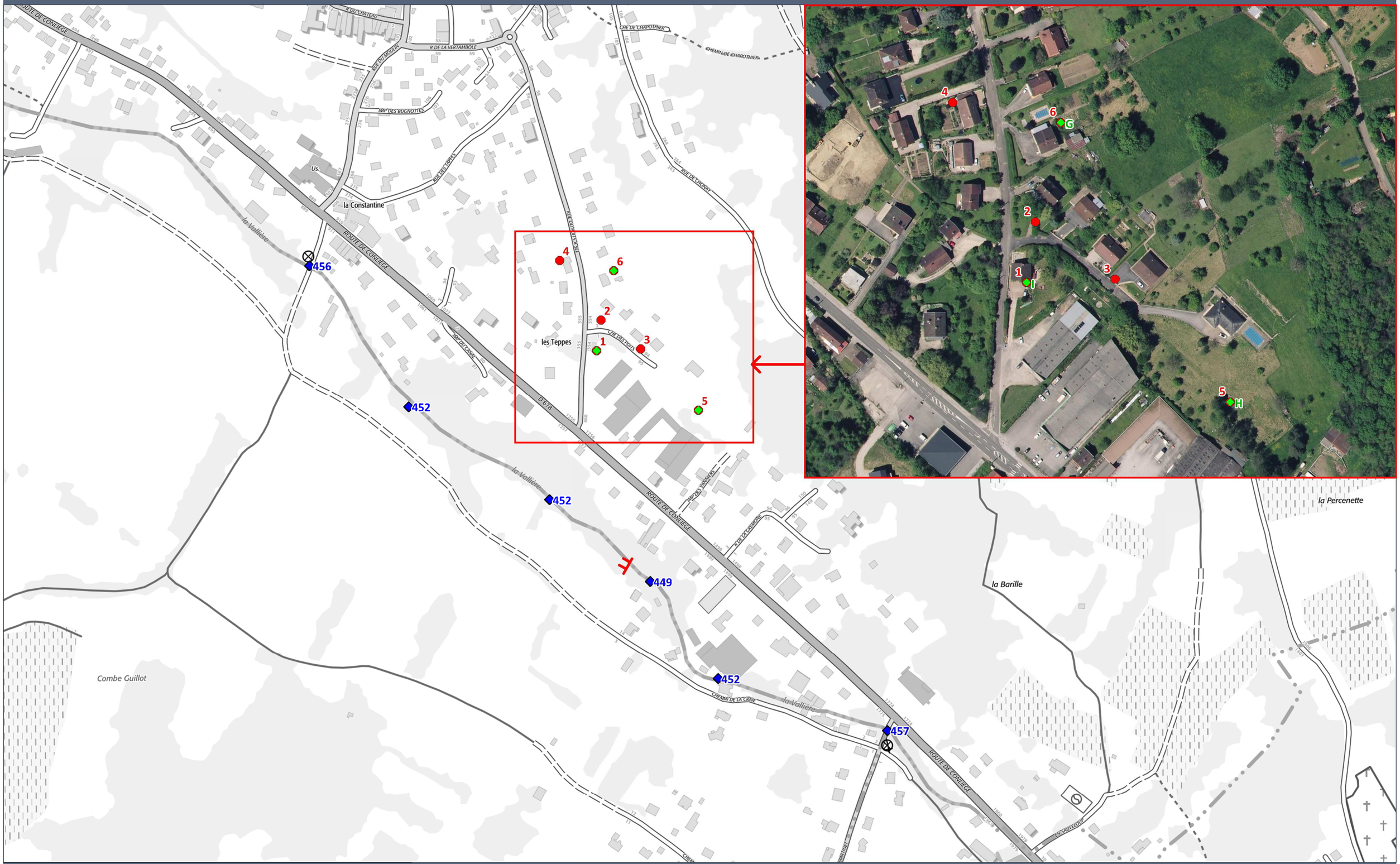


Photo aérienne de 2015 du secteur de Montmorot (en turquoise : réseau de drainage de Jura Transport ; en vert : emprise de la zone marécageuse de 1950)

Aucune source salée n'a été identifiée sur le site. Les terrains de la Saline ont été transformés en zone d'activités commerciales. La zone marécageuse a été drainée par un réseau de drains et fossés, qui a permis l'installation des plateformes. Le fossé situé au sud du sondage n°7 semble constituer l'exutoire de ce réseau de drainage.

MESURES DE LA QUALITE DES EAUX AUTOUR DU CHAMP DE PERRIGNY

Echelle - 1 : 4 000



CSME

Concession de mines de sel et souces d'eaux salées de MONTMOROT et PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107 / 20

Souce : Scan25

4.2.5 - Tentative de reconstitution du contexte hydrologique initial - Perrigny

4.2.5.1. Etat initial

Les archives ne font pas état de l'existence de sources salées naturelles à Perrigny. A l'exception de la carte d'état-major, il n'existe pas de document renseignant sur le contexte hydrologique avant le début de l'exploitation de Perrigny. Cet élément et la situation du site en pied de versant ne conduit pas à penser que le réseau hydrologique ait particulièrement évolué par la suite.

4.2.5.2. Etat pendant exploitation

Six sondages isolés sont réalisés à Perrigny. Les plus éloignés sont distants d'environ 250 m.

La photographie aérienne des années 1950/1960 met en évidence les différents sondages d'exploitation de la saline de Montmorot. Des trois puits salés existants courant du 18ième siècle, seul le puits de Lons-le-Saunier semble toujours exister.

4.2.5.3. Etat actuel – après arrêt de l'exploitation

Cette situation correspond à celle décrite dans le paragraphe 4.2.3.

Aucune source salée n'a été identifiée sur le site. Les terrains d'implantation des sondages qui présentaient une vocation agricole au début de l'exploitation ont été urbanisés. Des habitations ont été construites à proximité des sondages. Seule l'habitation du sondage n°1 existait déjà pendant l'exploitation (maison du gardien de la Saline).

4.3 - MESURES EFFECTUEES SUR LES SONDAGES

4.3.1 - Secteur de Montmorot

Mesures effectuées sur les sondages accessibles du champ de Montmorot	*Document n°18.107 / 21*	*En annexe*

Des mesures ont été effectués sur les sondages retrouvés et accessibles de Montmorot :

- Sondages n°10, 16, 18 et 20.

Parmi ces quatre sondages, le n°10 était bouché en tête et n'a pas pu faire l'objet de mesures de diagraphies de conductivités.

Des diagraphies de conductivités et température ont été réalisées sur les 3 autres sondages :

- Mesures réalisées par CSME (janvier, février et avril 2018) ;
- Mesures du 13 juin 2018 réalisées par MICA Environnement.

4.3.1.1. Diagraphies de conductivité

Sondage n°10

Lors de la visite de juin 2018, le sondage n°10 était bouché en tête. L'intérieur du regard de protection était rempli d'eau recouvrant totalement la tête de sondage.

- Niveau statique = 0,75 m/sol ;
- Conductivité en surface : 223 µS/cm ;
- Conductivité au fond du regard : 4500 µS/cm (1,8 m/sol).

Comme constaté en avril 2018, l'intérieur du sondage est bouché et ne permet pas de réaliser une diagraphie de conductivité. L'intérieur du regard était rempli d'eau très turbide (visibilité nulle).

Entre le passage d'avril 2018 effectué par CSME et notre passage en juin 2018, le niveau statique de la nappe alluviale a remonté d'environ 50 cm en lien avec une pluviométrie importante durant le mois de mai 2018.

Sondage n°16

Le niveau d'eau dans le tubage central (diamètre 350 mm) est de 0,77 m/sol. Entre les tubages de diamètres 530 mm et 350 mm, un niveau d'eau a été mesuré à 2,16 m/sol.

L'eau du sondage est claire sans dépôt métallique on note :

- odeur marquée d'huile brûlée ;
- surface irisée huileuse en surface du sondage, liée à la remontée en surface d'huile lors des mesures

Concernant la diagraphie de conductivité effectuée en avril :

- Jusqu'à 40 m la conductivité de l'eau dans la colonne est inférieure à 900 µS/cm
- Un contact eau douce / eau salée est observée en deux paliers à 70 m/sol et 95 m/sol : l'eau traversée à une conductivité de l'ordre de 600 mS/cm.
- La conductivité est stable de 95 m jusqu'à 140 m/de profondeur puis baisse à 500 mS/cm à 163,7 m/sol, cote de fond de l'ouvrage
    - → dilution de l'eau à l'intérieur du tubing par des arrivées d'eau du Keuper moyen qui est recoupé entre 145 et 164 m/sol
    - → tubing probablement fissuré ou ouvert au passage de la dolomie moellon permettant des entrées d'eau moins minéralisées et une dilution
- Le gradient de température augmente à partir de la cote 60 m/sol (1° en 15 m), alors qu'il avait peu ou pas évolué depuis la surface.
- Fond mesuré à 163,5 m/sol, correspondant au toit du sel.

<u>Sondage n°18</u>

Le niveau d'eau est de 0,39 m/sol.

L'eau du sondage est claire sans dépôt métallique on note :

- odeur marquée d'huile brûlée ;
- surface irisée huileuse en surface du sondage, liée à la remontée en surface d'huile lors des mesures.

Concernant la diagraphie de conductivité effectuée en juin :

- l'eau en surface a une conductivité de 6900 µS/cm ;
- la conductivité est stable entre 1 et 12 m de profondeur (7200 µS/cm) ;
- la dolomie moellon est recoupée entre 9 à 18 m/sol sans que la conductivité de l'eau du tubing en soit modifiée ;
- Un contact eau douce / eau salée est observée après passage d'un palier de conductivité entre 15 et 23 m qui atteint 434 mS/cm ;
- La conductivité augmente peu de 23 m jusqu'à 55 m/de profondeur (de 434 à 469 mS/cm);
- Le gradient de température augmente faiblement depuis la surface (1,5°C en 50 m) ;
- Fond mesuré à 58,53 m/sol, correspondant au toit du sel.

Sondage n°20

Le niveau d'eau est de 0,67 m/sol.

L'eau du sondage est claire sans dépôt métallique on note :

- odeur marquée d'huile brûlée apparaissant au cours des mesures de diagraphies de conductivité ;
- surface irisée huileuse en surface du sondage, liée à la remontée en surface d'huile lors des mesures ;
- lors du prélèvement d'eau de fond : légère odeur de H2S.

Concernant la diagraphie de conductivité effectuée en juin :

- Jusqu'à 23 m la conductivité de l'eau dans la colonne est de l'ordre de 640 µS/cm ;
- La conductivité augmente nettement de 23 à 27 m avant d'atteindre 18,5 mS/cm et ne plus évoluer jusqu'à 60 m/sol ; Le Rhétien a été recoupé par le sondage entre 19,8 et 43,8 m/sol ;
- Légère baisse de la conductivité au fond de 60 à 63 m/sol ;
- Le gradient de température augmente à partir de la cote 25 m/sol (1°C en 30 m), alors qu'il avait peu évolué depuis la surface ;
- Fond mesuré à 63,5 m/sol, proche du toit du Keuper supérieur.

4.3.1.2. Prélèvements d'eau dans les sondages

Résultats des prélèvements d'eau effectués les 13 et 14 juin 2018	*Document n°18.107 / 22*	*En annexe*

Des prélèvements d'eaux ont été réalisés dans ces sondages à l'aide d'un préleveur à cloche. Généralement :

- 1 prélèvement représentatif de l'aquifère supérieur ou superficiel
- 1 prélèvement en fond de sondage d'eau salée non saturée

Les eaux salées des 3 sondages avaient une odeur « d'huile brûlées » que les témoignages de Perrigny assimilent à l'odeur caractéristique de la saumure de Montmorot et Perrigny.
On note également une odeur de H2S dans le prélèvement effectué à 54 m dans le S20.

Echantillon	Concession	Description	Profondeur du prélèvement en m/repère	Conductivité terrain (µS/cm)	Température terrain (°C)	Matrice
A	MONTMOROT	S16 saumure non saturée	75	81400	15,9	Eau salée
B	MONTMOROT	S18	10	8650	14,5	Eau souterraine
C	MONTMOROT	S18	21	225000	14,8	Eau salée
D	MONTMOROT	S20	20	736	13,9	Eau souterraine
E	MONTMOROT	S20	54	15040	14,8	Eau salée
J	MONTMOROT	Fossé RD Valière en aval de Jura Transport	-	752	14,4	Eau souterraine

Les prélèvements ont été analysés par le laboratoire Eurofins. Une dilution à l'eau distillée des prélèvements d'eau a été effectuée pour pouvoir constituer les volumes d'échantillons nécessaires aux analyses. Les résultats du laboratoire ont été corrigés du facteur de dilution.

Les paramètres suivants ont été analyses sur ces prélèvements :

- Carbonates ;
- Hydrogénocarbonates ;
- Nitrates ;
- Chlorures ;
- Sulfates ;
- Calcium ;
- Fer soluble ;
- Magnésium (Mg) ;
- Manganèse soluble ;
- Potassium ;
- Sodium (Na).

Un diagramme de Schöeller Berkaloff a été réalisé à partir de ces analyses et en les comparant à trois autres analyses :

- Source Lédonia (prélèvement de 1984)
- « Source Naparix » (forage réalisé dans le Parc des Thermes) – prélèvement représentatif de la dolomie moellon recoupé par ce forage
- Source « forage Chavenay » : forage producteur d'eau de dissolution au toit du sel (eau vierge)

<u>Sondage n°16</u>

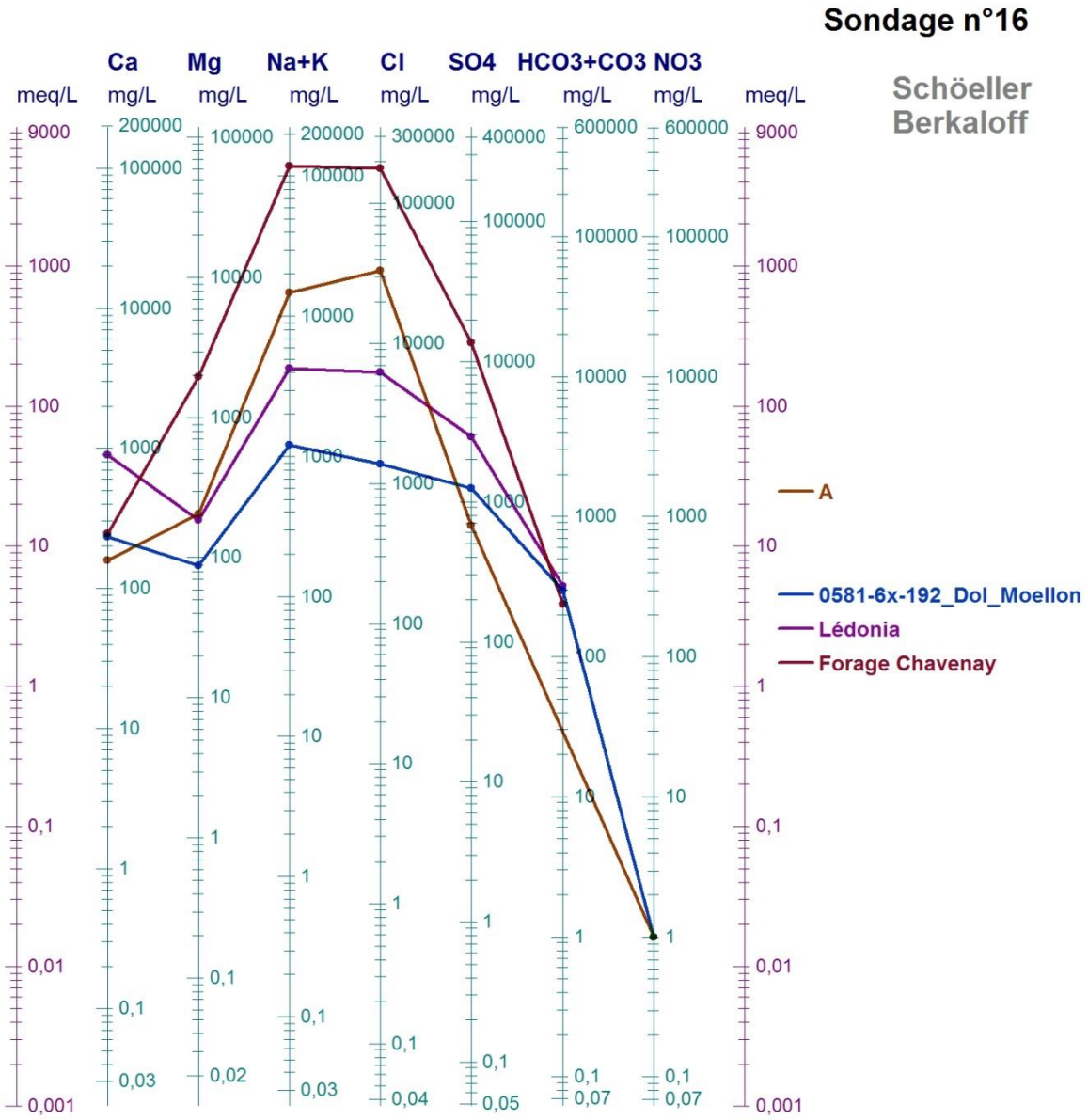


Diagramme de Schöeller Berkaloff – Prélèvements A (75 m/sol) du sondage n°16 de Montmorot

Les eaux du sondage n°16 sont de type chloruré sodique. Elles ont :

- un profil distinct de celle du forage du Parc des Thermes (dolomie moellon) et de la source Lédonia.
- Des concentrations en calcium, sulfates et HC03 plus faible que celles des deux autres prélèvements ;

Le sondage n°16 est située dans le prolongement de la faille F2 qui limite des terrains du Rhétien et Keuper supérieur. Les eaux du fond du sondage ont une signature hydrogéochimique du réservoir Rhétien, distincte de la dolomie à moellon. La salinité des eaux du fond est évaluée à 54 g/L.

Sondage n°18

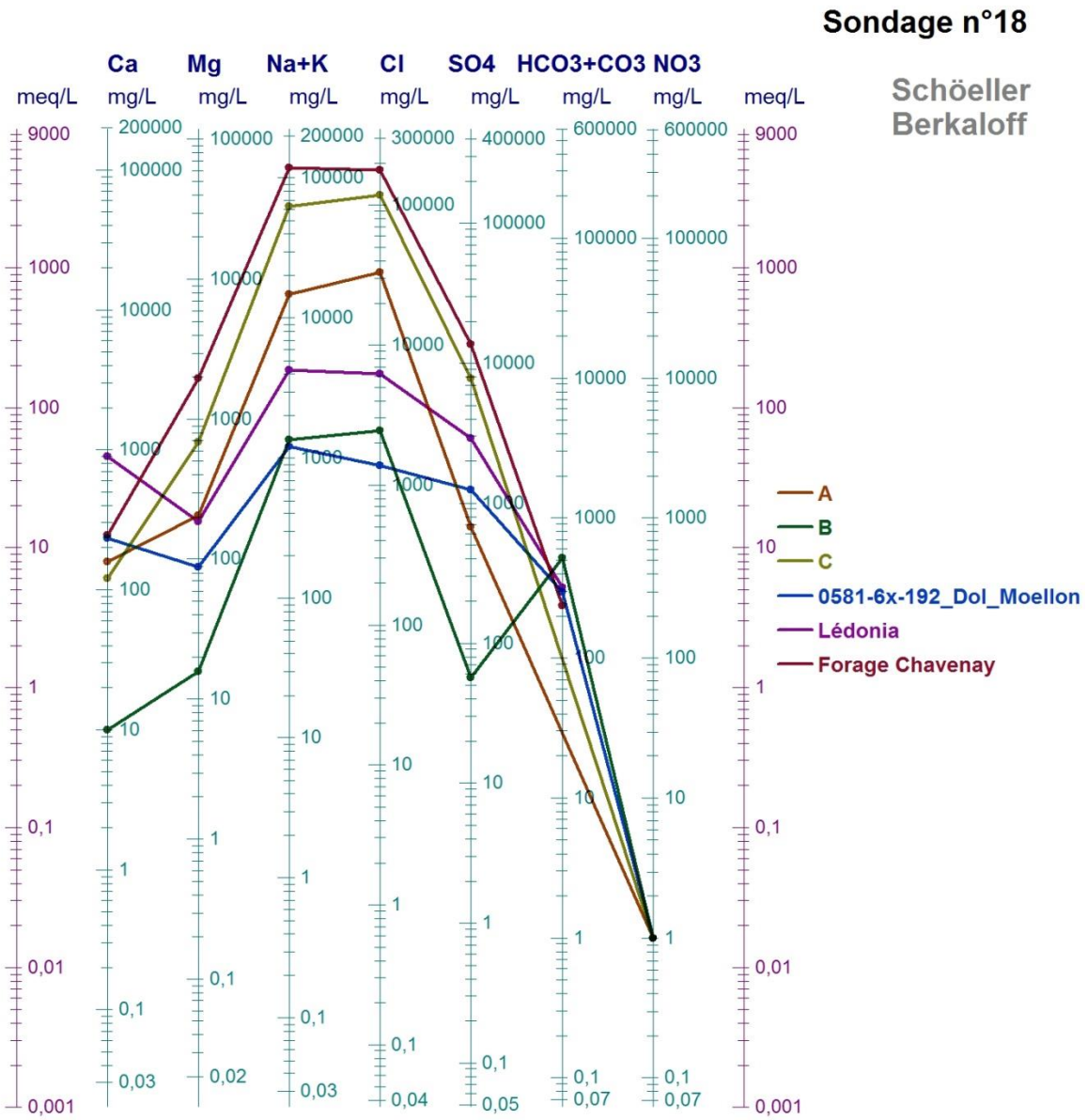


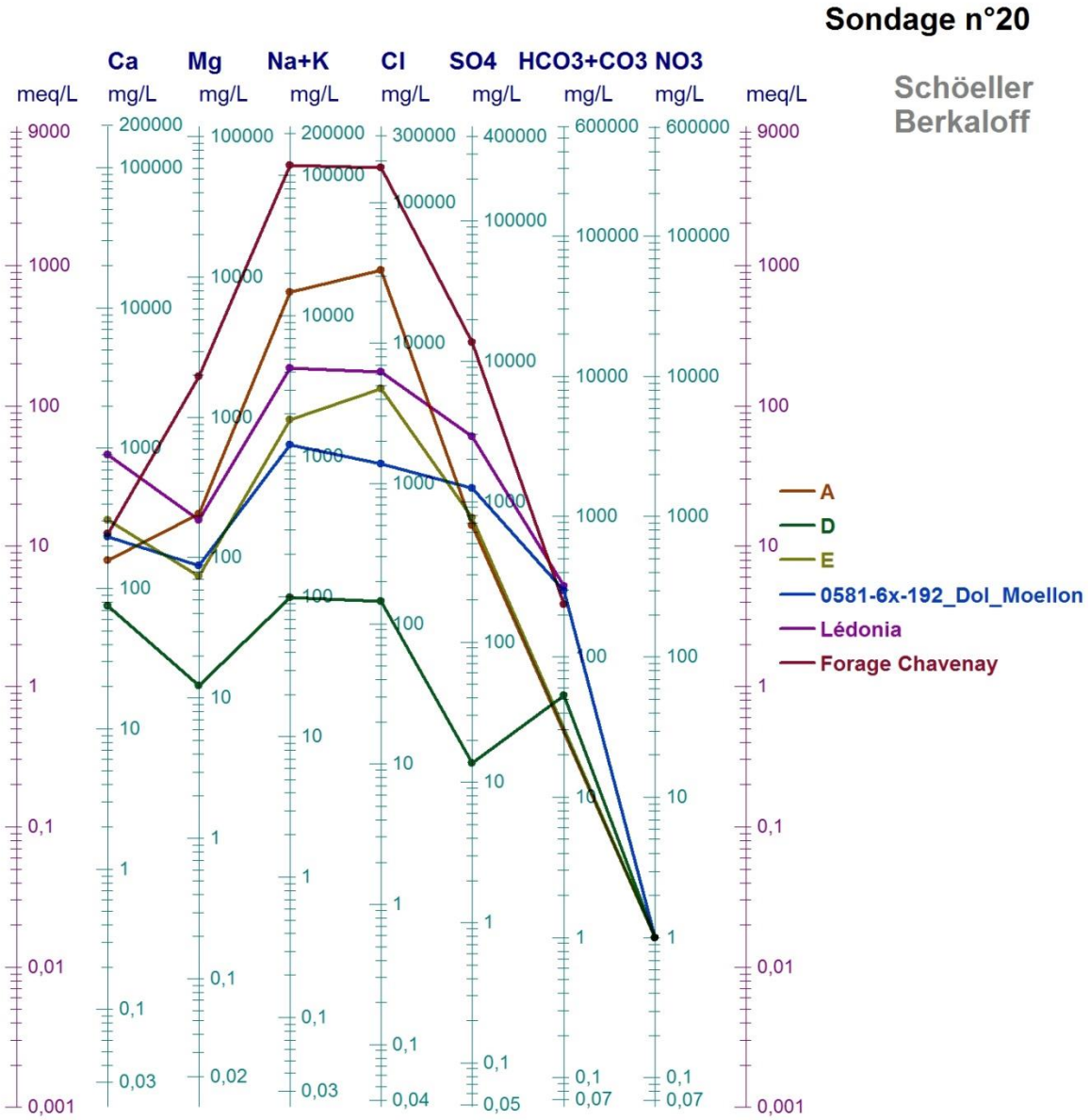
Diagramme de Schöeller Berkaloff – Prélèvements C (21 m/sol) et B (10 m/sol) du sondage n°18 de Montmorot

Les eaux du sondage n°18 sont de type bicarbonaté chloruré sodique. Elles ont :

- un profil distinct de celle du forage Chavenay (dolomie moellon).
- Les eaux prélevées en surface dans le sondage n°18 ont un profil similaire à celle prélevées dans le sondage n°16 rattaché au Rhétien.
- Les eaux s'enrichissent en calcium, chlorure, sodium et sulfate au fond de l'ouvrage (signature probable du gypse et du sel gemme) – Profil proche des eaux du forage Chavenay – Dissolution au toit du sel gemme.

Les eaux en tête du tubing du sondage n°18 ont une signature hydrogéochimique du réservoir Rhétien, distincte de la dolomie à moellon. La salinité des eaux du fond est évaluée à 195 g/L.

<u>Sondage n°20</u>



<u>Diagramme de Schöeller Berkaloff – Prélèvements D (20 m/sol) et E (54 m/sol) du sondage n°20 de Montmorot</u>

Les eaux du sondage n°20 sont de type bicarbonatée calcique et chloruré sodique. Elles ont :

- Les eaux du fond du sondage (E) ont un profil proche de celles du forage Chavenay (dolomie moellon) et de la source Lédonia traduisant une similitude dans la nature des réservoirs.

- Les eaux prélevées à 20 m/sol (D) ont un profil de type bicarbonatée calcique, chloruré et sodique avec de faible concentrations en sulfate. Le sondage recoupe de 0 à 5 m des alluvions puis de 5 à 20 m des calcaires du Lotharingien ;
- les eaux prélevées à 54m/sol (E) se distinguent de celles prélevées à 20 m/sol (D) par des concentrations en sodium, chlorure et sulfates plus importantes. C'est lors du prélèvement E qu'une odeur de H2S a été perçue.

Le sondage n°20 est situé dans à l'est de la faille F2 qui limite des terrains du Rhétien et Keuper supérieur.

Les eaux présentes dans les 20 premiers mètres de la colonne d'eau en tête du sondage ont un profil hydrogéochimique différent de celle du fond de l'ouvrage (54 m/sol) :

- 0 à 20 m : alluvions et calcaire Lotharingien ;
- 25 à 54 m : eau minéralisée rattachée au réservoir de la dolomie moellon, située bien plus bas (133 et 145 m/sol). Une odeur de H2S a été constatée dans le prélèvement d'eau du fond et est corrélée à une concentration en sulfates plus marquée. La salinité des eaux du fond est évaluée à 8 g/L.

Prélèvement J : Fossé à l'est de la plateforme de Jura Transport

Le prélèvement a été effectué le 14 juin dans le fossé qui collecte le réseau de drainage de la plateforme logistique de Jura Transport, avant rejet dans la Vallière.

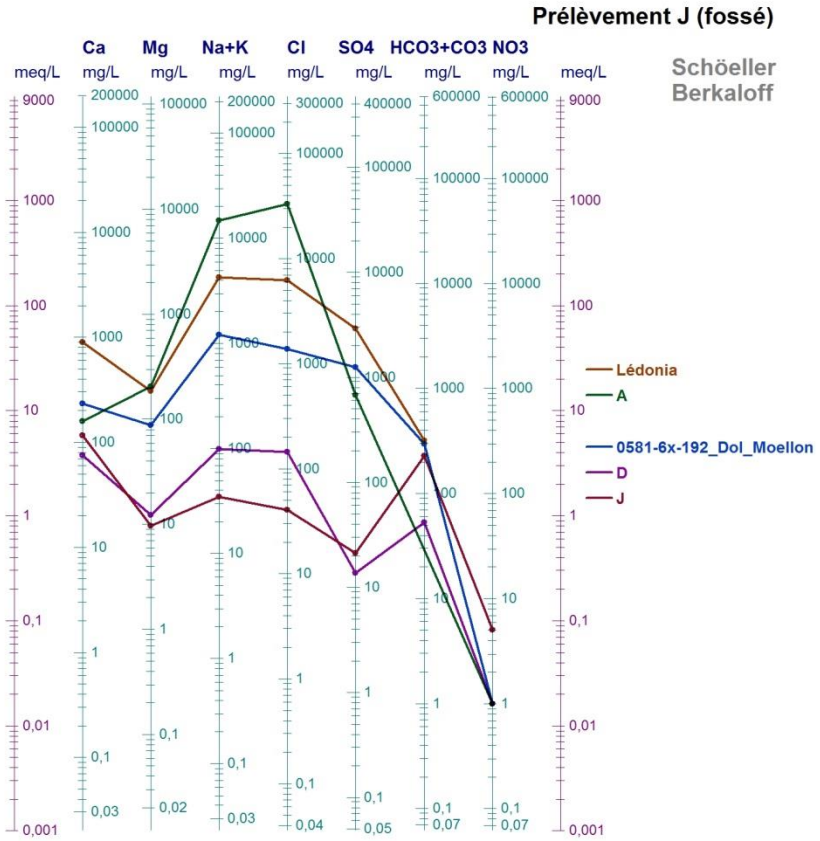


Diagramme de Schöeller Berkaloff – Prélèvements J (fossé en rive droite de la Vallière)- Montmorot

Les eaux de ce fossé présentent la plus faible salinité des points échantillonnés à Montmorot.

Ces eaux ont un profil hydrogéochimique proche des eaux du prélèvement D (sondage n°20 à 20 m/sol) rattaché aux alluvions de la Vallière.

4.3.1.3. Bilan

Des diagraphies de conductivité et des analyses d'eau ont été effectuées dans les 3 seuls sondages accessibles et mesurables du champ de Montmorot.

Ces mesures ont été effectuées sans informations sur l'état actuel des caising et tubings des sondages.

Il a été constaté une stratification des eaux marquée dans les colonnes d'eau de ces 3 sondages.

Ces sondages sont bouchés à des profondeurs différentes et les coupes géologiques des terrains traversés par les sondages conduisant à distinguer le sondage n°18 des deux autres.

Pour le sondage n°18, la partie supérieure (0 à 18 m/sol) de la colonne d'eau est constituée par une eau de minéralisation moyenne (8 mS/cm) de signature hydrogéochimique proche du réservoir Rhétien. La coupe du sondage ne fait pas mention de terrain Rhétien traversé par le sondage néanmoins. Ces terrains sont présents à l'affleurement au nord et à l'ouest du sondage d'après la carte géologique de Lons-le-Saunier. De 18 à 54 m/sol (cote de fond du sondage mesuré en juin 2018), la salinité est évaluée comprise entre 120 et 195 g/L. Les eaux présentes dans la colonne du sondage s'apparentent à un mélange d'eau salée et d'eau du Rhétien, avec une forte augmentation des concentrations en ions sodium, chlorure et sulfates.

Pour le sondage n°16, quatre interfaces sont mises en évidence dans la colonne d'eau du sondage :

- Horizon supérieur associé aux alluvions de la Vallière (0 à 40 m/sol) : conductivité d'environ 600-800 µS/cm
- Horizon intermédiaire jusqu'au mur du Rhétien (40 à 70 m/sol) : Eau du réservoir Rhétien - La conductivité de ces eaux est comprise entre 10 et 20 mS/cm avec une salinité comprise 4 et 8 g/L ;
- Horizon de transition dans le Keuper supérieur permettant le passage des eaux du Rhétien aux eaux salées (70 à 95 m/sol) : la conductivité et la salinité des eaux augmentent rapidement de 50 g/L à 250 g/L
- Horizon inférieur de 95 à 163 m/sol : eaux salées de conductivité supérieure à 600 mS/cm et salinité évaluée supérieure à 250 g/L. Des arrivées d'eau traversant les tubages du sondage au droit du Keuper moyen sont suspectées, compte tenu de la baisse de la minéralisation des eaux entre 140 à 160 m/sol, correspondant à la traversée du Keuper Moyen par le sondage.

Le sondage n°20, moins profond (63 m contre 163 m pour le sondage n°16) recoupe les 2 premières interfaces observées dans le sondage n°16 :

- Horizon supérieur associé aux alluvions de la Vallière (0 à 23 m/sol) : conductivité d'environ 650 µS/cm ;
- Horizon intermédiaire de 23 à 63 m/sol : La conductivité de ces eaux est comprise entre 10 et 20 mS/cm avec une salinité d'environ 8 g/L ; Le profil hydrogéochimique des eaux de fond de la colonne du sondage indique une possible filiation avec des eaux du réservoir de la Dolomie. Une explication possible serait l'existence d'une faille jouant le rôle de drain conduisant au mélange d'eau du Keuper moyen dans le réservoir Rhétien recoupé par le sondage n°20.

4.3.2 - Secteur de Perrigny

Mesures effectuées sur les sondages accessibles de Perrigny	*Document n°18.107 / 23*	*En annexe*

Des mesures ont été effectuées sur les sondages retrouvés et accessibles de Montmorot :

- Sondages n°1, 5 et 6.

Des diagraphies de conductivités et température ont été réalisées sur ces 3 sondages :

- Mesures réalisées par CSME (janvier, février et avril 2018) ;
- Mesures du 13 juin 2018 réalisées par MICA Environnement.

4.3.2.1. Diagraphies de conductivité

Sondage n°1

Le niveau d'eau est de 5,4 m/sol.

L'eau du sondage est claire avec des dépôts de fond rouge lors des prélèvements d'eau.

Le fond du sondage a été mesuré à 22 m/sol. La conductivité des eaux mesurées est comprise entre 400 et 1200 µS/cm. La conductivité et la température sont stables entre 10 et 22 m/sol.

Le sondage recoupe sur les 20 premiers mètres :

- 0 à 23 m : Calcaires et marnes à bélemnite : Domérien ;
- 23 à 32 m : calcaires à Gryphées.

Sondage n°5

Le niveau d'eau est de 3 m/sol.

L'eau du sondage est claire.

Le fond du sondage a été mesuré à 25 m/sol. La conductivité des eaux mesurées est comprise entre 637 et 3500 µS/cm. La conductivité et la température sont stables à 13,4°C.

Les terrains recoupés par le sondage sur les 25 premiers mètres sont rattachés au Keuper supérieur.

Sondage n°6

Le niveau d'eau est de 16,67m/sol.

L'eau du sondage est claire sans dépôt métallique on note :

- odeur marquée d'huile brûlée ;
- surface irisée huileuse en surface du sondage, liée à la remontée en surface d'huile lors des mesures

Concernant la diagraphie de conductivité effectuée en avril :

- Jusqu'à 92 m la conductivité de l'eau dans la colonne est inférieure à 1550 µS/cm
- Un contact eau douce / eau salée est observée entre 92 et 107 m/sol : l'eau traversée à une conductivité de l'ordre de 330 mS/cm.
- La conductivité est légèrement croissante de 107 m jusqu'à 181 m/de profondeur pour atteindre environ 420 mS/cm au fond de l'ouvrage ;
- Le gradient de température augmente à partir de la cote 92 m/sol (environ 5° en 80 m), alors qu'il avait peu ou pas évolué depuis la surface.
- Fond mesuré à 181,7 m/repère (toit du sel à 204 m/sol).

4.3.2.2. Prélèvements d'eau dans les sondages de Perrigny

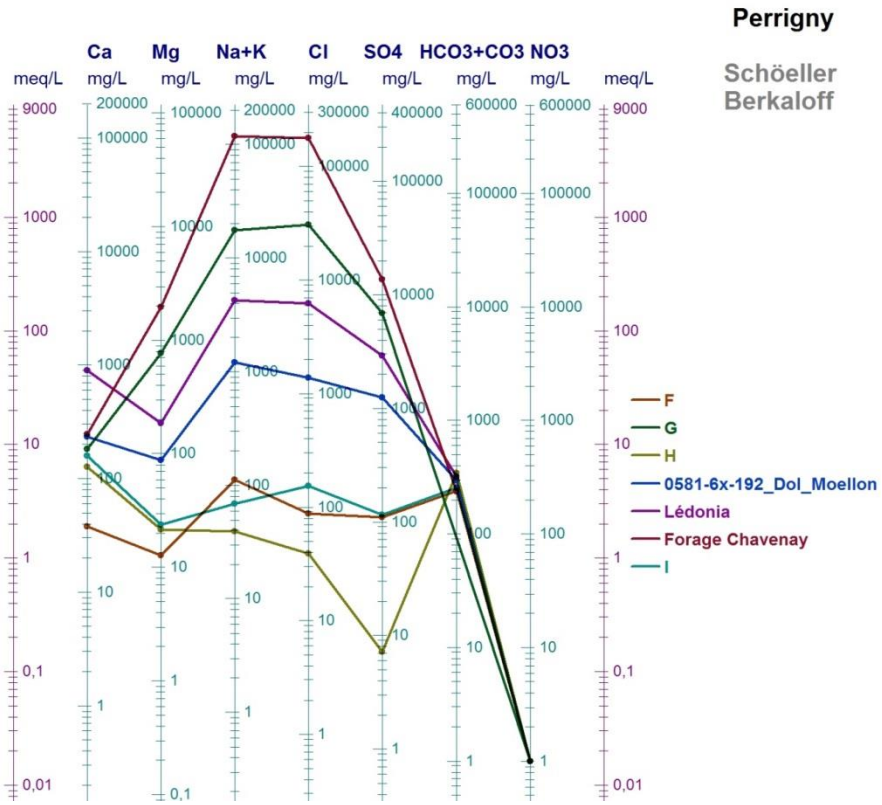


Diagramme de Schöeller Berkaloff – Prélèvements réalisés dans les sondages de Perrigny

Echantillon	Concession	Description	Profondeur du prélèvement en m/repère	Conductivité terrain (µS/cm)	Température terrain (°C)
F	PERRIGNY	S6	20	994	14,1
G	PERRIGNY	S6	100	91500	15,3
H	PERRIGNY	S5	12	814	15,1
I	PERRIGNY	S1	20	1239	14,2

Les 4 prélèvements d'eau effectués à Perrigny présentent une signature hydrogéochimique distincte indiquant l'hétérogénéité des types d'eaux présentes dans les tubings des sondages.

- Sondage n°5 : eau de type bicarbonatée calcique avec de faible concentration en sulfates;
- Sondage n°1 : eau de type bicarbonatée calcique et chlorurée avec des concentrations en sulfate plus marquées ;
- Sondage n°6 à 20 m/sol : eau de type bicarbonatée calcique et légèrement sodique avec des concentrations en sulfates équivalentes au prélèvement I ;
- Sondage n°6 à 100 m/sol : profil proche de celui de la source Lédonia mais s'en distinguant par une concentration en calcium bien plus faible.

La salinité la plus élevé a été relevée au sondage n°6 à 100 m/sol et évaluée à 50 g/L.

4.3.2.3. Bilan

Des diagraphies de conductivité et des analyses d'eau ont été effectuées dans les 3 seuls sondages accessibles et mesurables du champ de Montmorot.

A l'exception du sondage n°6, le fond actuel des deux autres sondages est atteint rapidement (10 à 20 m).

Aucune information n'a été retrouvée dans les archives au sujet de l'obturation de ces sondages. Avant ces mesures, il n'y avait pas d'informations au sujet de l'état des caising et tubings des sondages.

Il a été constaté une stratification des eaux dans les colonnes d'eau de ces 3 sondages.

Pour les sondages n°1 et n°5, deux interfaces ont été observées :

- Horizon supérieur associé aux formations de versant ou les alluvions de la Vallière, sur une hauteur comprise entre 8 et 15 m de profondeur : la conductivité comprise entre 400 et 870 µS/cm
- Horizon intermédiaire : interprété comme associé aux formations liasiques traversés par le sondage ; conductivité comprise entre 1200 et 3000 µS/cm. La salinité des eaux est très faible (< 0,2 g/L) ;

Pour le sondage n°6 de Perrigny, le niveau statique est situé à environ 17 m/sol correspondant au mur des terrains liasiques recoupés par le sondage. Trois interfaces sont observées dans la colonne du sondage :

- Horizon supérieur compris entre 20 et 93 m de profondeur : la conductivité est comprise entre de 700 et 1500 µS/cm ; les eaux présentent dans la colonne sont associées aux réservoirs aquifères potentiels au toit du Keuper (Lias et Rhétien)
- Horizon de transition vers les eaux salées : La conductivité mesurée augmente rapidement entre 93 et 105 m/sol, de 2 à 130 mS/cm ; il s'agit d'un mélange des eaux du toit de la colonne d'eau avec les eaux salées de la partie inférieure de la colonne. La salinité maximale est évaluée à 50 g/L ;
- Horizon inférieur de 105 à 185 m/sol : eaux salées de conductivité croissante vers le bas et comprises entre 300 et 430 mS/cm. La salinité maximale est évaluée supérieure à 200 g/L.

4.4 - CONTEXTE HYDROGEOLOGIQUE

4.4.1 - Contexte hydrogéologique

4.4.1.1. Les aquifères potentiels du secteur de Lons-le-Saunier

Log hydrogéologique de Montmorot et Perrigny	*Document n°18.107 / 24*	*Dans le texte*

Le log lithostratigraphique a été repris pour représenter les aquifères potentiels recoupés par les sondages de Montmorot et de Perrigny :

Sur ce log, certaines formations sont, du fait de leur nature de perméabilité en grand (dans la matrice poreuse) ou de perméabilité de fissures, susceptibles d'être des aquifères :

- dans les horizons de couverture :
  - (1) les calcaires du Sinémurien et de l'Hettangien ;
  - (2) les grès du Rhétien ;
  - (3) la dolomie du Keuper moyen ("Dolomie moellon") et éventuellement la base gréseuse de ce même niveau ;
- puis, sous la série salifère imperméable, au-dessus du socle Paléozoïque :
  - (4) les calcaires et les calcaires dolomitiques du Muschelkalk (Trias moyen) ;
  - (5) les grès du Buntsandstein (Trias inférieur) ;
  - (6) les niveaux d'altération et les cassures du socle cristallin.

Localement, une nappe salée (7) au toit du sel peut exister au toit du sel gemme.

Les aquifères les moins profonds font l'objet d'une codification européenne en masse d'eau souterraine :

- Formation (1) et (2) associées à la masse d'eau « Domaine liasique et triasique du vignoble jurassien » – FRDG516) ;

Sur le secteur de Lons-le-Saunier (faisceau lédonien), ces formations sont intégrées dans l'entité hydrogéologique 95C (« calcaires et marnes du Trias et du Jurassique inférieur du vignoble »).

Compte tenu :

- de la nature essentiellement marneuse des formations affleurantes ;
- de la structure fortement faillée et plissée du secteur.

Les réservoirs aquifères au toit du sel du faisceau lédonien sont de taille limitée et présentent des caractéristiques hydrodynamiques fortement hétérogènes. Ces aquifères sont donc considérés comme peu importants, peu productifs et ne présentent guère d'intérêt en tant que ressource d'eau potable.

Les évaporites du Keuper inférieur peuvent donner des sources d'eau salées dont l'exploitation a été d'une grande importance dans le développement de la région.

Ces sources salées illustrent le caractère thermo-minérale que peuvent avoir les aquifères profonds du faisceau lédonien, compte tenu de leur profondeur (température et minéralisation), du confinement au voisinage des couches salifères, des circulations en aquifère et entre aquifères.

L'examen du puits Salé (ou source Lédonia) s'avère opportun dans le cadre de l'analyse du contexte hydrogéologique de l'exploitation saline de Montmorot.

4.4.1.2. Le puits salé de Lons-le-Saunier

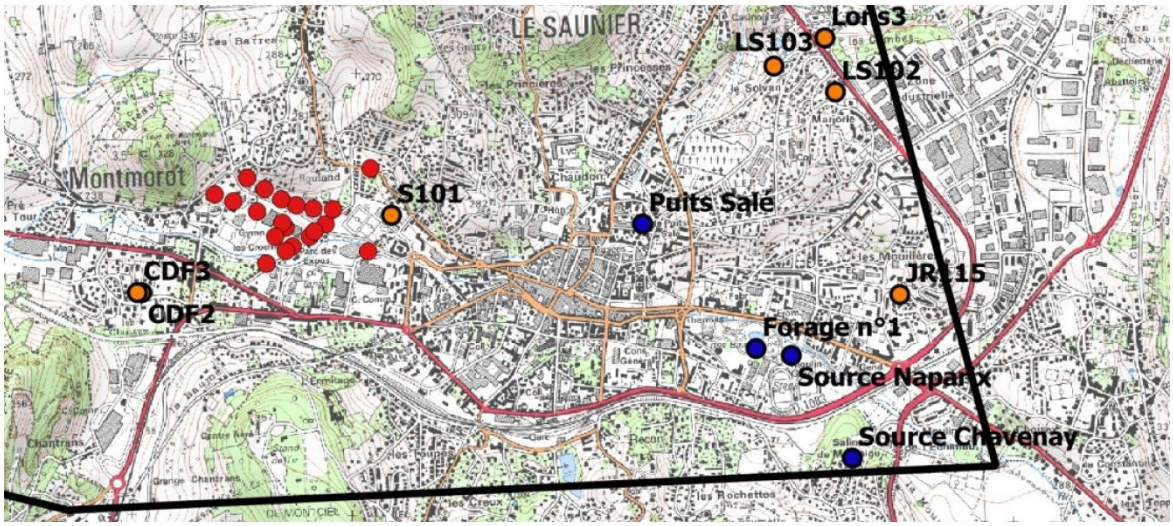
Les éléments de ce paragraphe sont extraits des rapports suivants :

- Recherche de nouvelles ressources d'eaux thermo-minérales pour la ville de Lons-le-Saunier – Prospection radon (BRGM, 1991 – RR34052)
- Demande d'autorisation de l'exploitation de la source Chavenay pour un usage thermo-ludique – Expertise d'hydrogéologue agréé en matière d'hygiène publique (J.MANIA – janvier 2013)

La Ville de LONS-LE-SAUNIER, est dotée depuis 1892 d'un Etablissement thermal, situé au cœur de l'agglomération. Trois ouvrages sont (ou ont été raccordés) à cet établissement thermal :

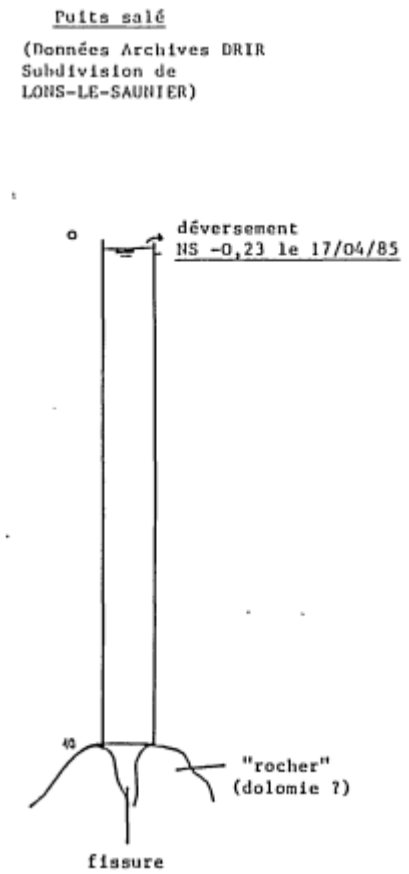
- La source Lédonia ou Puits salé, est un puits artésien qui capte le griffon d'une source salée (15 à 20 g/L) ; cette source aurait été aménagé depuis 1400.

- La « source Chavenay » est un forage situé au lieu-dit « Les Proses » qui capte de la saumure (ou « eaux vierges ») par dissolution du sel gemme du Keuper inférieur situé à plus de 200 m de profondeur ;
- La « source Naparix » est un forage réalisé en 1992 à proximité du Parc des thermes et qui capte dans des terrains du Lias et du Keuper supérieur et moyen, une eau du même type que celle de la source Lédonia.



Carte de situation des ouvrages thermo-ludiques (source CSME)

La source Lédonia jaillissait dans un creux de quelques mètres de profondeur au sein d'un entonnoir dans les marnes du Keuper supérieur. Un puits (entouré d'un corroi), ayant traversé des remblais, des colluvions et des marnes, a été aménagé dans cette dépression et capte une fissure vers 11m de profondeur.



Source BRGM, 1991 – RR34052

La fissure du « Puits Salé » est vraisemblablement en relation avec un accident profond ; cette faille, jouant le rôle de drain, permet la remontée en surface des eaux d'aquifères profonds, en charge.

Les principales caractéristiques des eaux de la source Ledonia sont extraites d'une analyse de décembre 1984 (BRGM, 1991 – RR34052).

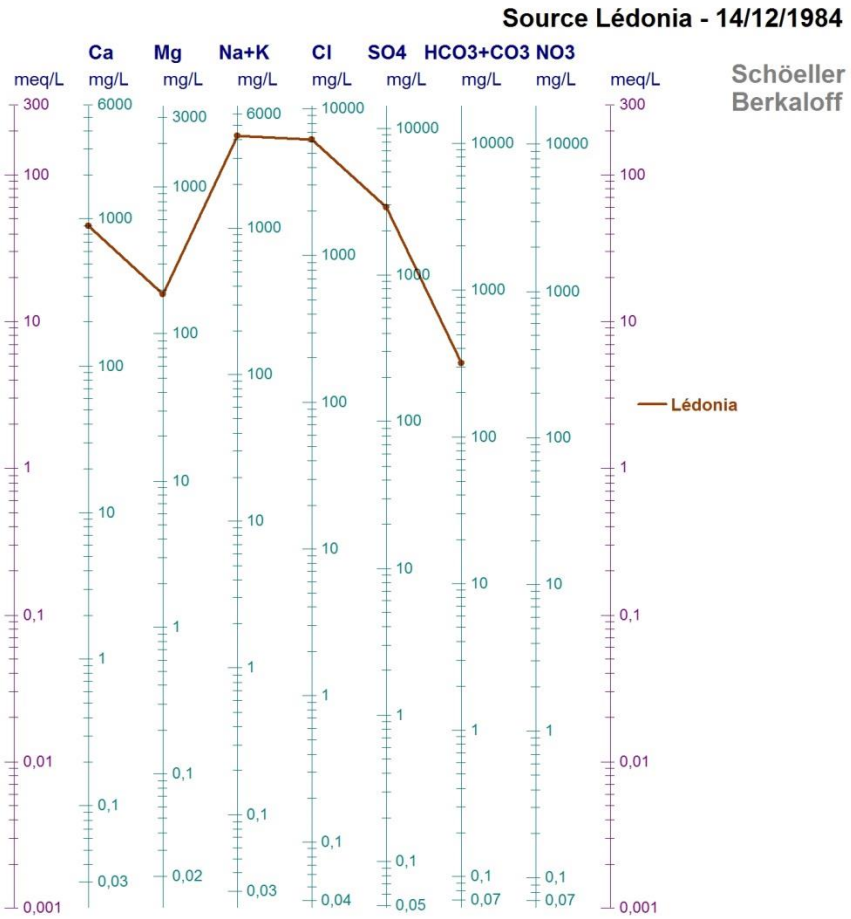


Diagramme Schöeller Berkaloff de la source Lédonia (BRGM, 1991 – RR34052) – décembre 1984

L'eau de la source est de type chloruré sodique et potassique. Elle présente en particulier, une température de 17°C alors que la température moyenne des eaux superficielles voisines n'est que de 10°C et sa minéralisation (salinité d'environ 10 g/L) et le profil hydrogéochimique des eaux confirme le contact du réservoir avec les évaporites du Keuper inférieur, traduisant une origine profonde ainsi qu'un mélange avec les eaux plus douces d'aquifères plus superficiels.

Les aquifères du Trias moyen et inférieur ont, d'après les données existantes (BRGM, 1991 – RR34052), des salinités de 60 à 250 mg/L et des températures de 20-25°C, et si l'on suppose une dissolution de la série salifère au passage, ces eaux se mélangent très probablement aux eaux du Keuper moyen sans exclure celles du Rhétien.

Par ailleurs la source Lédonia présente de léger dégagement de $C0_2$ et de H_2S (présence de ces deux gaz à l'état dissous) associé à la présence de dépôt de barégine (algues+soufre) à l'émergence.

Des éléments traces sont présents :

- Fluor (0,01 à 0,55 mg/L) ;
- Brome (2,4 à 3,7 ppb) ;
- Lithium (0,16 à 0,3 mg/L) ;
- Rubidium, strontium (13,3 à 13,5 mg/L), Bore (1,2 mg/L) ;
- Ainsi que barium, cuivre, antimoine et arséniates.

Il convient de noter que les nombreux sondages de reconnaissances (hydrocarbures, houille) ont rencontrés quasi-systématiques des arrivées de H_2S de débit variables à proximité du plan de charriage en traversant les formations du Lettenkhole et du Muschelkalk supérieur. Ces arrivées de gaz étant confinées au toit par le Keuper inférieur et au mur par l'aquifère du Muschelkalk supérieur.

Par ailleurs, compte-tenu de légères variations saisonnières de température, de la minéralisation et de débit constatées sur l'émergence du Puits Salé, une communication avec les aquifères des grès du Rhétien et des dolomies du Keuper moyen, affleurant en partie dans la région, est très probable.

Une étude hydrogéologique, réalisée en 1985 par le BRGM, **a montré que pour des raisons hydrodynamiques, les eaux superficielles s'écoulant par gravité vers l'entonnoir du Puits salé ou s'infiltrant autour de celui-ci ne paraissent pas intervenir dans la constitution des eaux de la source de Lédonia. Cependant, un accroissement du débit par pompage direct dans le Puits Salé, aurait pour effet d'attirer les eaux superficielles.**

4.4.1.3. Schéma interprétatif d'alimentation des sources salées

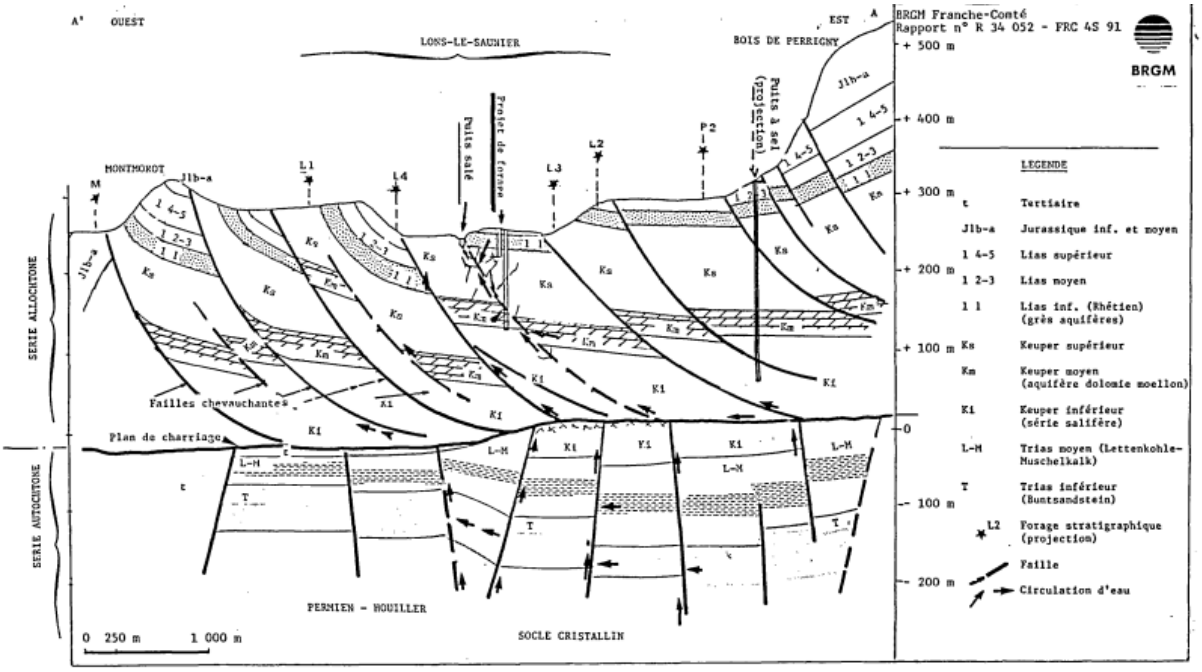
Un schéma interprétatif des relations hydrogéologiques possibles entre les aquifères profonds a été proposé par le BRGM ci-dessous afin de proposer l'alimentation de la source Lédonia et son caractère thermominérale (*BRGM, 1991 – RR34052)*.

Les réservoirs profonds (Trias moyen et inférieur) sont le siège d'aquifère captif en grand :

- recouvert au toit par les évaporites du Keuper inférieur
- recouvrant le socle permien

Cette position particulière a permis la présence de gaz H2S à proximité du plan de charriage confiné au mur par les aquifères captifs et au toit par le plan de décollement et les évaporites.

L'évolution structurale de la région a conduit à créer des fenêtres de fuites pour ces aquifères profonds lors du chevauchement du Jura vers le domaine Bressan. La mise en charge de ces accidents par les aquifères profonds du Trias moyen a conduit à créer des chenaux de dissolution préférentiels au droit de ces accidents. L'équilibre des charges hydrauliques a conduit à faire émerger en surface des sources salées en des lieux précis. Les eaux circulant dans ces accidents se sont fortement enrichies en saumure par dissolution au contact des épontes salifères. Ces eaux remontant vers la surface se sont progressivement diluées au contact des autres aquifères traversés (Keuper moyen, voir Rhétien). Les sources salées émergeant présentaient donc une minéralisation marquée, des températures plus importantes que les eaux superficielles et des dégagements gazeux.

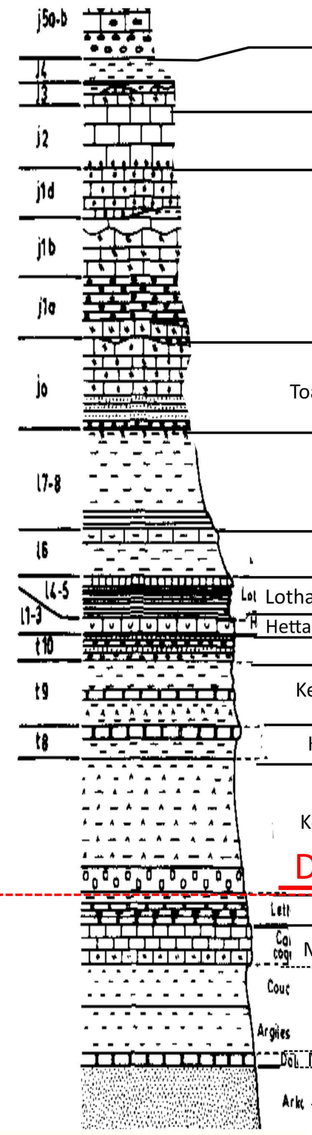


Coupe hydrogéologique interprétative passant par Lons-le-Saunier – Montmorot – Perrigny
Source BRGM, 1991 – RR34052

LOG HYDROGEOLOGIQUE DE MONTMOROT - PERRIGNY

Echelle - 1:3 333

Extrait de la carte géologique de Lons le Saunier



		Description lithologique	Masse d'eau	Type d'aquifère	Description	Qualité des eaux	Usage
Oxfordien inf Callovien	JURASSIQUE	- Quelques mètres de calcaires argileux et marnes du Callovien sup -1 m de calcaire roux noduleux à oolites ferrugineuses, riches en lamellibranch et ammonites - Quelques mètres de calcaires bioclastiques : "Dalle nacrée"	-		Impermèable	–	–
Bathonien		- Ce niveau est réduit dans le faisceau lédonien. Le Bathonien est formée par des calcaires fins ou graveleux à faciès comblanchoide	95 A		Aquifère karstique	Eau bicarbonaté-calcique. la turbidité est trés marquée et rend la qualité de l'eau médiocre. La pollution bactériologique naturelle est accentuée par les rejets d'eaux usées parfois directement dans les karsts.	AEP et AEI dans une moindre mesure
Bajocien (175m)		Bajocien supérieur : J1d : Calcaire oolitique inférieur de Syam (30 à 40m d'épaisseur) J1c : Marnes de Plasne (10 à 20 m d'épaisseur) Bajocien moyen : J1b : Calcaires spathiques supérieurs de Courbouzon (15 à 20 m d'épaisseur) Calcaire spathiques de Crançot Calcaire Spathique de Saint-Maur (15 à 25m d'épaisseur) Calcaires à polypiers de Conliège (25m d'épaisseur) Bajocien inférieur : J1a : Calcaire noduleux de Ladoye, Inférieure à 1m est très fossilifère Calcaires a silex moyens de Messia (30 à 58m d'épaisseur)					
Aalénien Toarcien terminal (75m)		-Marnes et calcaires argileux (5 à 20m d'épaisseur) -Calcaires oolitique et spathique de Conliège (30 à 45m d'épaisseur) -Calcaires à silex inférieus de Messia (6 à 10m d'paisseur) -Calcaires à Cancellophycus (4 à 10 m d'épaisseur) -Calcaire à oolite ferrugineus de Bois (environ 2 m d'épaisseur)					
Toarcien		Toarcien supérieur : Marnes de Rosnay, marnes bleues (45m d'épaisseur) Toarcien moyen : marnes bleues avec des bancs calcaires argileux (55m d'épaisseur) Toarcien inférieur : Schistes carton : - 15m de marnes riches en bélémnites - 15m de silts argileux laminés	95 C		Impermèable	Information quasi insexistantes à ce jour, à part une forte pollution des eaux superficielles en nitrates qui pourrait toucher les eaux souterraines	AEP
Domèrien		Marno-calcaires (10m d'épaisseur) Marnes, bleues noiratre micacées avec niveaux fossilifère riche en bélemmnites (75m d'épaisseur)					
Lotharingien+Carixien		Carixien: petits bancs calcaires argileux (9a10m d'épaisseur) Lotharingien : petits bancs de calcaires argileux séparés par des lits marneux (7 à 9 m d'épaisseur)			Aquifère multicouches de type poreux : aquifère complexe de par le contexte structural et relativement peu aquifère de par la lithologie des couches		
Hettangien+Sinémurien	203 Ma	Calcaires bleus noduleux (8 à 9m), calcaires à gryphées (3m), calcaire gréseux et ferrugineux (2m)					
Rhétien		Marnes pseudo-irisées de Lons (6m), dolomies cloissonnées de Lons (8 à 9m), Grés de Boisset (10m)					
Keuper supérieur	TRIAS	Le Keuper supérieur débute par des marnes alternant avec des niveaux dolomitiques pour se terminer par des marnes à anhydrite (peut atteindre 100m d'épaisseur)			Impermèable	–	Non exploité Peu productif
Keuper moyen		Au sommet : Dolomie moellon, t8b (10 m d'épaisseur). Au milieu : marnes rouges (10m). A le base : Grés à roseaux, t8a, comprend 6 à 15 m de marnes avec de petits bancs de grès tendres			Aquifère Aquitard		
Keuper inférieur		Système du sel dissous : Marnes grises gypsifères, quelques passages de dolomies, Anhydrite		Système du sel dissous	Complexe salifère (exploitation de 1837 à 1966)		
		Système du sel massif : alternances de marnes salifères et de sel (sel gemme, polyhalite)	D	Système du sel massif			
Lettenkohle		Zone faillée, bréchique avec marnes noires, anhydrite et dolomie			H2S	Aquifères potentiels. Ces formations ont fait l'objet de recherches pour les hydrocarbures (traces d'huiles et gaz H2S)	Non exploité
Muchelkalk sup		Calcaires à entroque et dolomies			Aquifère		
Muchelkalk moyen		Couche grise : argiles grises et anhydrite (repère Guillaume) Argile bariolée : argiles rouges et grises avec anhydrites, grés et marnes nodulés			Impermèable		
Muchelkalk inf		Dolomie à Orbicularis					
Trias inférieur	250 Ma	Grès bigarrés, grés à nodules dolomitiques et filonnets gypseux			Aquifère potentiel		

100 m

LEGENDE :

- Aquifère
- Imperméable
- D — Plan de décollement régional
- Aquitard
- Complexe salifère

4.4.2 - Influence hydrogéologique des formations salifères avant l'exploitation minière

Le schéma précédent peut être transposé aux autres sources salées présentes aux alentours de la Source Lédonia (puits Cormoz, source du Lavoir…), avant le début de l'exploitation industrielle du sel et l'ouverture des champs de sondages de Montmorot et Perrigny.

Ce modèle permet de fournir un mécanisme pérenne de circulation aux sources salées telles que la source Lédonia. Ces fluides profonds se mélangeant per ascenssum aux flux des aquifères recoupés par les accidents au toit du sel (dolomie moellon, Rhétien, Lias).

Secteur de Montmorot :

A la faveur des failles inverses induites par le mouvement de charriage, des migrations de fluides s'effectuent au droit de ces accidents recoupant le complexe salifère. Ces fluides se minéralisent par dissolution au contact des épontes salifères. Au toit du Keuper inférieur, une partie de ces fluides poursuivent leur parcours vertical guidés par ces accidents majeurs en recoupant les aquifères du recouvrement avec lesquels des échanges s'effectuent. Les eaux échantillonnées dans les sondages accessibles de Montmorot semblent avoir gardées dans leur signature hydrogéochimique des traces de ces mélanges. Selon les conditions topographiques et les charges hydrauliques, ces fluides émergent en surface ou en sub-surface, formant une ou des sources salées. Les archives indiquent que le puits Cormoz (ou puits salé de Montmorot) permettait de collecter ce type de source. Ce puits est situé dans le prolongement de la structure N110° identifiés sur les isohypses des interfaces géologiques et en amont pendage du toit du sel sur cette structure. Une autre partie de ces migrations de fluides profonds (de cet accident ou d'un autre non identifié situé à proximité du cours de la Vallière) peuvent localement emprunter des chenaux sub-horizontaux au toit du sel non dissous, confinés sous les marnes du sel dissous et/ou sous les marnes du Keuper moyen. Ces migrations sub-horizontales alimentent une nappe salée locale au toit du sel, conduisant à des dissolutions lentes et progressives au toit du sel sur une zone limitée contrainte par le contexte structural particulier de la zone d'étude de Montmorot. Ces dissolutions lentes ont permis la formation d'une cuvette de subsidence qui a été progressivement comblée par les alluvions de la Vallière au cours du Quaternaire formant une crypto-doline ou doline sous couverture. D'après le BRGM (1965), cette cuvette représente sous l'épaisseur « normale » des alluvions (évalués à 5 m) un volume calculé par planimétrage d'environ 3 millions de m^3 (valeur minimale).

Aucun élément ne permet d'évaluer la vitesse maximale de subsidence de cette cuvette avant exploitation. Une vitesse maximale comprise entre 0,1 et 0,5 cm/an, conduirait à une subsidence cumulée de 30 m au bout d'une durée comprise entre 6000 et 30000 ans.

Il est à noter que la faille inverse F2, à l'est des travaux peut être également une voie d'entrée d'eau pour les dissolutions au toit du sel, comme le suggère l'appendice de la cuvette au mur des alluvions (crypto-doline) en direction du nord vers le sondage n°16.

<u>Bilan : Secteur de Montmorot avant exploitation saline</u> : Un schéma d'alimentation probable de la source salée captée par le puits Cormoz est proposé par remontée « locale » de fluides profonds au contact des accidents majeurs liés au charriage du domaine jurassien sur le domaine bressan. Ces remontées verticales de fluides tendent à se saturer en sel au contact des épontes avec la formation salifère (Keuper inférieur). En remontant vers la surface, la saturation en sel diminue par échanges avec les aquifères de la couverture du Keuper inférieur recoupés par ces accidents. Ces failles au contact des écrans étanches argileux au toit du Keuper inférieur, alimentent également des cheminements sub-horizontaux contribuant à l'existence d'une nappe salée locale au toit du sel. L'extension des zones de dissolution au toit du sel est contrainte par la distribution des failles sur le secteur de Montmorot. Ces dissolutions lentes conduisent au creusement d'une crypto-doline au toit du sel, qui se répercutent en surface par une dépression comblée au cours du Quaternaire par des alluvions de la Vallière. L'emprise de cette crypto-doline, mise en évidence par la carte des isohypses du mur des alluvions, correspond probablement à l'emprise de cette nappe salée naturelle locale au toit du sel.

Secteur de Perrigny :

Aucune source salée n'est connue dans le secteur de Perrigny. Les formations salifères (non dissoutes) sont isolées par l'horizon de sel dissous. Le Keuper inférieur est surmonté par des formations globalement imperméables mais comportant des niveaux aquifères généralement peu productifs et à caractéristiques hydrodynamiques hétérogènes :

- Formations carbonatées du Sinémurien-Hettangien ;
- Formations carbonatées du Rhétien ;
- Dolomie moellon et grès du Keuper moyen.

La formation salifère est isolée de ces aquifères.

4.4.3 - Mécanismes de circulations des eaux pendant exploitation

Coupe hydrogéologique interprétative du secteur de Montmorot pendant travaux	*Document n°18.107 / 25*	*Dans le texte*
Coupe hydrogéologique interprétative du secteur de Perrigny	*Document n°18.107 / 26*	*Dans le texte*

Secteur de Montmorot pendant exploitation :

L'exploitation saline de Montmorot a consisté en la réalisation de sondages d'exploitation recoupant les évaporites du Keuper inférieur sur des profondeurs variables :

- De 1,4 à 134,9 m le sel dissous
- De 30 à 175 m le sel non dissous

L'épaisseur moyenne de terrain du Keuper recoupés par ces sondages d'exploitation est d'environ 85 m.

La méthode d'exploitation est précisée dans la Pièce B du DADT de la concession de MONTMOROT.
Les sondages sont formés de tubages métalliques (casing) de diamètres décroissants. Un tubage central (tubing) était descendu à l'intérieur du casing. formant une colonne télescopique

« *Une fois foncé et tubé les sondages étaient exploités par injection d'eau douce collectée dans l'espace annulaire entre le casing et le tubing. Cette eau était prélevée dans les aquifères supérieurs recoupés par le sondage ou par injection d'eau douce depuis la surface. La dissolution du sel qui en résulte dans l'environnement proche de l'injection s'étend latéralement, préférentiellement vers l'amont des couches de sel du toit. La saumure formée était remontée au travers du tube central par une pompe*» ;

A l'exception du sondage n°18, l'alimentation en eau douce des sondages n'a pas posé problème, car la totalité des sondages étaient situés dans la vallée alluviale de la Vallière dont les alluvions assuraient une alimentation sur-abondante (A.BONTE, 1956).

Une fois la liaison hydraulique établie entre le pied du sondage crépiné dans le sel gemme et les aquifères recoupés au toit du sel, une circulation se crée par pompage de la saumure dans le sondage. La saumure extraite se créée par création d'une cavité de dissolution autour du sondage et dissolution au toit du sel depuis le sondage.

Le débit d'exploitation des sondages étaient de l'ordre de quelques m^3/h (environ 5 à 6 m^3/h) et la salinité de la saumure diminuaient fortement si l'on essayait d'accroitre le débit d'exploitation.

La dissolution du sel dans les sondages s'est faite principalement au pied des sondages créant une cavité de dissolution autour du sondage. L'exploitation d'un sondage était confrontée à deux problèmes qui ont limités son développement :

- La cavité créée autour du sondage a pu se combler entrainant un éboulement local conduisant à remonter le tubing de production et la pompe, limitant la production de l'ouvrage et sa pérennité à court et moyen terme ;
- La poursuite de l'exploitation conduit à devoir lessiver des zones de plus en plus éloignées du sondage ce qui tend à faire diminuer la salinité de la saumure extraite.

Ces problématiques ont conduit l'exploitant à devoir réaliser régulièrement de nouveaux ouvrages afin de pouvoir augmenter ou maintenir la production de saumure proche de la saturation.

De 1888 à 1924, une des stratégies mises en œuvre par l'exploitant fut de réaliser des sondages (n°9, 11 et 12) à proximité de la chambre de dissolution d'anciens sondages (n°2, 5, 6 et 8) hors services. Cette méthode permet d'étendre le développement du sondage d'exploitation et d'éloigner la zone d'introduction d'eau douce du sondage qui s'opère alors dans l'ancien sondage.
Il est probable que cette stratégie ait conduit à des désordres au droit des sondages d'injection d'eau douce (éboulement, cisaillement des tubages ?). L'exploitant cesse cette stratégie à partir de 1925 et implante ces sondages à au moins 50 m d'un sondage exploité.

Durant ces 130 années d'exploitation, il est probable que les zones de dissolution créées autour des sondages réalisées aient pu capter également des chenaux de dissolution naturels qui préexistaient avant exploitation (cf. §4.3.1).

Même si les archives ne font pas état de la rencontre d'une nappe salée au toit du sel par les sondages, celle-ci est très probable compte tenu du fonctionnement hydrogéologique du site avant exploitation. Ainsi il est probable que d'autres paramètres soient également rentrés en compte dans les modalités de dissolution autour des sondages évoqués précédemment.

Deux types de configurations peuvent être envisagés pour les sondages d'exploitation réalisés à Montmorot :

- Les sondages situés dans l'emprise de la crypto-doline (sondages n° 4, 5, 6, 8, 9, 11, 12, 13) qui rencontrent une nappe salée naturelle au toit du sel ;
- Pour quelques-uns des autres sondages situés non loin de failles à fort pendage et où des connexions hydrauliques au toit du sel se créent également progressivement entre les sondages et les fluides verticaux saturés en sel remontant dans ces failles.

Des connexions hydrauliques supplémentaires se créent ainsi pendant exploitation autour de la cavité de dissolution au pied du sondage et la nappe salée au toit du sel. Cette nappe salée est :

- pré-existante dans l'emprise de la crypto-doline de Montmorot
- et potentiellement pour quelques autres sondages (sondages n°10, 16 et 20 …?), créée artificiellement pendant exploitation par connexion hydraulique entre la cavité de dissolution présente autour des crépines en pied du sondage et les failles principales proches sièges de remontées verticales de fluides profonds.

Dans les deux cas, les circulations dans les chenaux de circulation de la nappe salée peuvent être rapides, mais le réservoir de la nappe salée demeure limité compte tenu de la productivité réduite de ces sources d'apport.

L'établissement de la liaison hydraulique établie entre la nappe salée et la cavité conduit à étendre latéralement la zone de dissolution au toit du sel autour du sondage et limiter l'extension rapide de la cavité au pied du sondage.

Néanmoins l'exploitation demeure confrontée à des problèmes de comblements de la cavité autour du sondage qui contraignent l'exploitant à des remontées de tubing pour poursuivre l'exploitation ; Dans cette configuration le sondage sollicite ensuite une zone de dissolution plus limitée autour du sondage qui conduit à des problèmes de saturation de la saumure extraite. Ce type de scenario a conduit l'exploitant à réaliser de nouveaux sondages pour poursuivre l'exploitation.

Secteur de Perrigny pendant exploitation :

La description de la méthode d'exploitation est fournie dans la pièce B du DADT de la concession de PERRIGNY.

La méthode d'exploitation envisagée en 1892 est de créer une chambre de dissolution du sel gemme.

Les archives relatives à l'exploitation de ces sondages sont moins nombreuses qu'à Montmorot. Toutefois aucune archive ne fait mention qu'un des 6 sondages réalisés sur l'exploitation de PERRIGNY n'ait rencontré de nappe salée.

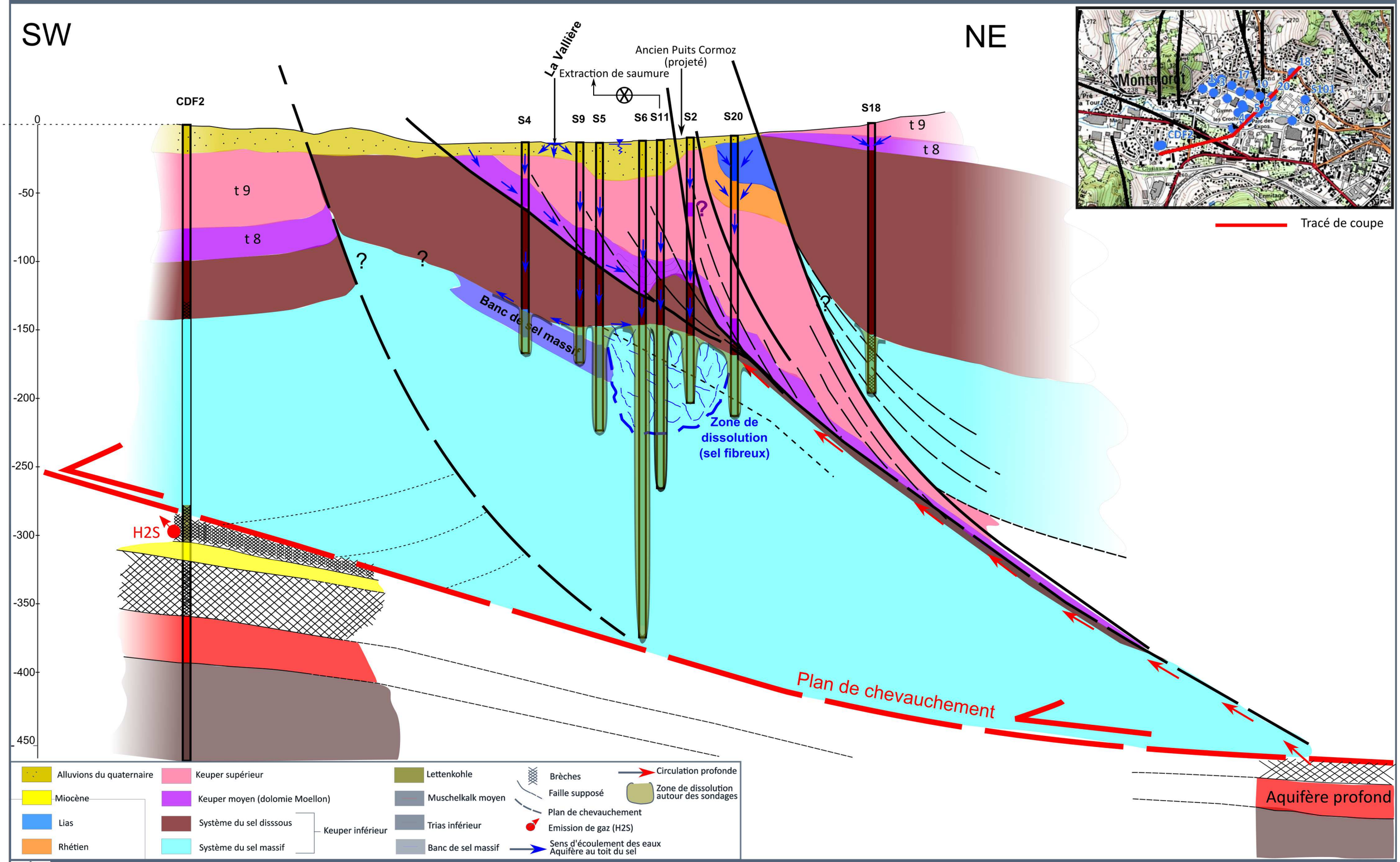
La productivité des sondages de Perrigny a été moindre que celle de Montmorot, ce qui conduit à exclure la rencontre d'une nappe salée par les sondages de Perrigny.

L'exploitation de faisant par injection d'eau dans l'espace annulaire entre le casing et le tubing des sondages. L'eau d'injection provenant des aquifères recoupés par le sondage. Il n'est pas à exclure que l'exploitation ait pu utiliser des sources existantes dans le versant en amont des sondages. Des témoignages oraux font état d'un ancien béal alimenté par une source de versant proche du sondage n°6 et relié aux parcelles limitrophes (vers les sondages n°3 et n°5).

Une fois la liaison hydraulique établie entre le pied du sondage crépiné dans le sel gemme et les aquifères recoupés au toit du sel, une circulation se crée par pompage de la saumure dans le sondage. Les dissolutions se localisent au pied du sondage, créant une cavité de dissolution autour du sondage.

COUPE HYDROGEOLOGIQUE DE MONTMOROT PENDANT L'EXPLOITATION

Echelle horizontale : 1 / 6 250
Echelle verticale : 1 / 2 500



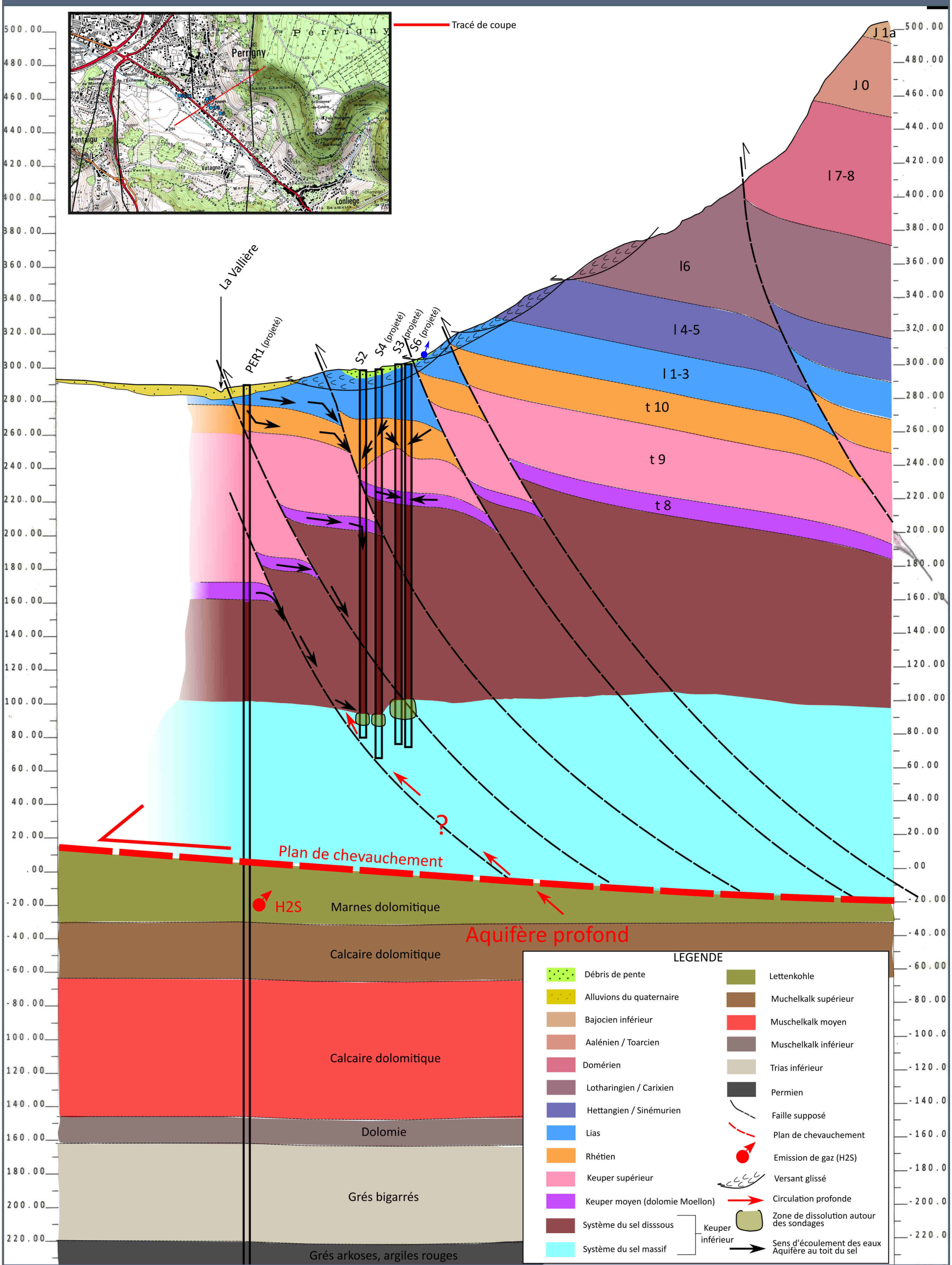
CSME

Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de MONTMOROT (39)

DOCUMENT 18-107 / 25
Source : Mica Environnement

COUPE GEOLOGIQUE DE PERRIGNY

Echelle horizontale : 1 / 5 000
Echelle verticale : 1 / 2 000



CSME

Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107 / 18

Source : Mica Environnement

4.4.4 - Mécanismes de circulations des eaux après exploitation (situation actuelle)

Secteur de Montmorot après exploitation :

A l'arrêt de l'exploitation, l'arrêt du pompage de la saumure a gelé les dissolutions au pied des sondages, qui pour quelques-uns ont connus des désordres (éboulement des cavités autour du sondage, voir cisaillement de tubes). Les eaux saturées en sel, les plus denses restent au fond des sondages.

La situation hydrogéologique du site est proche de la situation avant exploitation. Certains accidents majeurs présents sur le site permettent des migrations verticales de fluides qui alimentent des circulations au toit du sel alimentant la nappe salée naturelle qui pré-existait avant exploitation sur le site. Cette nappe salée créée des dissolutions au toit du sel, en particulier dans l'emprise de la crypto-doline, mise en évidence par les isohypses du mur des alluvions. Les 130 années d'exploitation du sel à Montmorot ont probablement étendu l'emprise de cette nappe salée par capture des chenaux et zones de dissolutions des sondages situés en-dehors de la crypto-doline. Ces captures progressives ont conduit à l'extension de la cuvette de subsidence qui pré-existait avant exploitation.

Ce mouvement de subsidence est enregistré par le réseau de nivellement de la Saline de Montmorot initié en 1939 et renforcé dans les années 1960 (voir §5). La profondeur du toit du sel « massif » (132 à 173 m/sol) ne semble pas être une entrave suffisante à ce phénomène, compte tenu de la subsidence mesurées depuis la fin des travaux miniers (0,65 m en 37 ans).

En considérant des défauts d'étanchéité des casings des sondages au cours du temps, une salure localisée de l'aquifère le plus proche du toit du sel (dolomie moellon) au contact des sondages ne peut être exclue.

Secteur de Perrigny après exploitation :

A l'arrêt de l'exploitation, l'arrêt du pompage de la saumure a gelé les dissolutions au pied des sondages, qui pour la plupart ont connus des désordres (éboulement des cavités autour du sondage, voir cisaillement de tubes). Les eaux saturées en sel, les plus denses restent au font des sondages. De la saumure saturée se trouve probablement au toit du sel. Si l'on considère que les casings et tubings sont en bon état et l'absence de nappe salée naturelle au toit du sel, l'arrêt de l'exploitation permet un retour à la situation hydrogéologique avant exploitation.

Le sondage d'exploitation conduit à mettre en communication les aquifères recoupés par le sondage avec le toit du sel. Une zone de saumure saturée au toit du sel existe au droit des alentours immédiats du sondage. Une stratification des eaux s'effectue dans la colonne du sondage, les eaux les plus salées et donc les plus denses restant au fond du sondage. Cette situation et la profondeur du toit du sel « massif » (95 à 153 m/sol) rencontrés par les sondages de Perrigny, empêche l'alimentation d'une nappe salée artificielle au toit du sel depuis les sondages.

En considérant des défauts d'étanchéité des casings des sondages au cours du temps, une salure localisée de l'aquifère le plus proche du toit du sel (dolomie moellon) au contact des sondages ne peut être exclue.

4.4.5 - Régime, usage et caractéristiques des eaux de toute nature

Comme précisé au paragraphe 4.4.1, les aquifères du faisceau lédonien situés au toit du sel forme une entité hydrogéologique (« calcaires et marnes du trias et du jurassiques inférieur du vignoble jurassien ») constitué principalement de marnes imperméables et de quelques horizons aquifères limités et peu importants, l'ensemble formant un aquifère de type multi-couche.

Les alluvions de la Vallière ne font pas l'objet d'exploitation AEP, la proximité de l'agglomération de Lons-le-Saunier et des rejets d'eaux pluviales et de stations d'épuration limite les perspectives d'exploitation de cette ressource. L'agglomération de Lons le saunier est alimentée en eau potable par des ouvrages situés sur le versant du Jura externe et captant des émergences karstiques du plateau et également par un champ captant situé dans la plaine alluviale de la Seille dans le domaine Bressan.

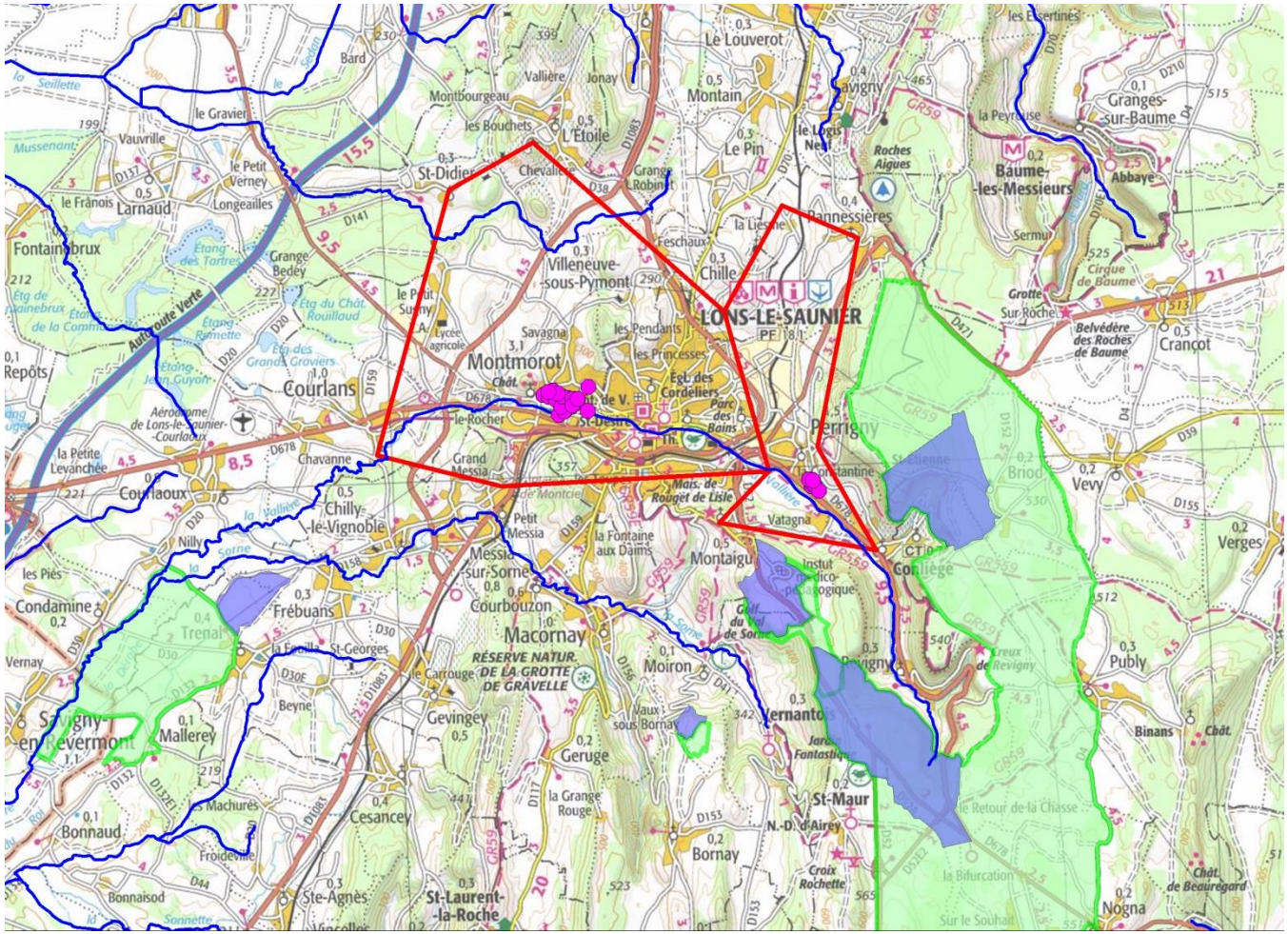
L'enjeu économique principal des ressources en eau souterraines de la zone d'étude, est associé à l'exploitation des thermes de Lons-le-Saunier. Comme rappelé au §4.4.1, trois ouvrages sont associés à cet établissement thermal :

- La source Lédonia (9 m^3/h) ;
- La source Naparix, forage captant le Keuper moyen et des formations du Lias (jusqu'à 30 m^3/h) ;
- La source Chavenay, forage exploitant de la saumure par dissolution au toit du sel et fournissant de la saumure saturée (eau vierge) à l'établissement thermal et la commune de Lons-le-Saunier (déneigement) ; Ce forage est exploité à un débit nominal de 4,5 m^3/h mais sur des durées limitées.

Ces ouvrages sont situés dans un compartiment structural distinct des anciennes exploitations de Montmorot et Perrigny.

A l'exception de ces ouvrages, il n'existe pas d'ouvrage exploité pour l'AEP ou pour le thermalisme dans l'emprise des concessions.

Les concessions de MONTMOROT et PERRIGNY ne recoupent aucun périmètre de protection des eaux comme illustré ci-dessous :



Carte de localisation des périmètres de protection rapprochée (applat beige) et éloignée (périmètre vert) définis pour les ouvrages AEP ou thermo-ludiques (point rouge) - Point rose : sondages des exploitations de Montmorot et Perrigny ;
Périmètres des concessions associées (polyligne rouge).

4.4.6 - Délimitation de zones sensibles selon la vulnérabilité des eaux

L'état des lieux de juin 2018 et les observations effectuées par CSME en janvier et février 2018, n'ont pas permis d'observés des zones d'émergences salées dans les environs des ouvrages d'exploitations de Montmorot et de Perrigny.

Si ces émergences existent, elles apparaissent à de très faibles débits et sont diluées dans les eaux de la Vallière, sans qu'une incidence en termes de conductivité et de salinité ne soit mesurable dans la Vallière et le réseau hydrologique en amont et en aval des travaux miniers de Perrigny et de Montmorot.

Montmorot

En l'absence d'état des lieux de la qualité des aquifères au toit du sel avant exploitation, les éventuelles incidences peuvent être présumées dans les aquifères profonds proches du toit du sel (Keuper moyen, voir Rhétien) à proximité des sondages d'exploitation les ayant recoupés. Compte tenu de l'absence d'usage des eaux souterraine dans l'emprise des travaux miniers (pas de forage d'eau), cette incidence s'avère limitée sur les usages.

Compte tenu de ce contexte, une approche prudente conduit à définir une zone de vulnérabilité potentielle des eaux souterraines pouvant être influencée par des remontées salines, dans une emprise englobant :

- la crypto-doline identifiée sur les isohypses du mur des alluvions ;
- et dans l'emprise de la cuvette de subsidence identifiée sur le site de Montmorot sur la base du suivi poursuivi depuis 1978.

Perrigny

A Perrigny, on peut noter que seul le sondage (n°5) fait l'objet d'une exploitation épisodique pour l'arrosage du jardin. Les travaux miniers n'ont aucune incidence sur ce prélèvement, car le niveau exploité est situé en tête de la colonne de sondage et le volume prélevé est très réduit n'a jamais été exposé à des remontées salines.

Compte tenu de ce contexte, aucune zone sensible pour les eaux susceptible d'être influencées par des remontées salines n'a été définie à Perrigny.

4.4.7 - Impact des travaux miniers et de leur arrêt sur le régime et la qualité des eaux de toute nature (souterraines et surface)

Il n'a pas été retrouvé de traces dans les archives, de suivi ou de résultats de prélèvements permettant de suivre l'évolution de la qualité des eaux de surface et souterraine au cours de l'exploitation des sites de Montmorot et Perrigny.

L'examen des données disponibles et l'analyse des schémas de circulations des eaux souterraines probables conduit aux réflexions suivantes :

4.4.7.1. Montmorot

Impact sur le régime des eaux :

Pendant l'exploitation : L'exploitation a conduit à rompre localement les écrans entre aquifères et a pu perturber les charges hydrauliques entre aquifères. Cette mise en communication a permis de collecter l'eau de dissolution dans les aquifères recoupés par les sondages d'exploitation au toit du sel. Cette eau était collectée via des crépines au niveau des sondages d'exploitation et au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation, également depuis des sondages proches.

En considérant :

- la production totale de la saline de Montmorot entre 1842 et 1966 (2 346 000 tonnes) ;
- un ratio de 1 à 2 m3 d'eau d'injection par m3 se saumure extraite.

On peut estimer le prélèvement journalier moyen lié à l'exploitation compris entre 62 et 124 m^3/jour, soit un débit nominal de 5 à 10 m^3/h pour une exploitation à raison de 12h/jour.

Ce prélèvement peut apparaitre modéré si l'on considère qu'il englobe l'ensemble des aquifères présents au toit du sel (alluvions, Hettangien, Rhétien, Keuper moyen).

A l'arrêt des travaux : Aucun prélèvement n'est effectué sur le site. L'arrêt des travaux est sans incidence sur le régime des eaux des aquifères et des eaux de surface.

Une nappe salée localisée au toit du sel subsiste. Elle est alimentée a minima par les faibles circulations d'eaux souterraines profondes qui existaient avant exploitation et via des crépines au niveau des sondages d'exploitation.

Impact sur la qualité des eaux de toute nature :

Pendant l'exploitation : La création des sondages a conduit à perturber les écrans d'étanchéité entre aquifères, les rendant vulnérables aux pollutions salines. Le maintien de l'exploitation a permis de fixer ces éventuelles pollutions des aquifères les plus profonds durant l'exploitation du sondage. Il est à noter que les caractéristiques des aquifères recoupés demeurent faibles, limitant d'autant les flux de sel ayant pu transiter dans ces aquifères.

Compte tenu de l'absence d'exhaure et de rejet durant l'exploitation, aucune incidence n'est à considérer sur la qualité des eaux de surface.

A l'arrêt des travaux : L'arrêt des pompages de saumure et de l'exploitation conduit à tendre vers un nouvel équilibre hydrostatique. En l'absence d'informations sur l'état des casings et tubing, nous considérons que les échanges hydrauliques se font via des crépines au niveau des sondages. Dans l'hypothèse de défauts d'étanchéité des casings, les aquifères recoupés localement par les sondages peuvent être soumis à une charge hydraulique plus importante. Cette situation peut conduire à une mise en charge locale des aquifères et des migrations locales d'eau minéralisée.

Compte tenu des caractéristiques modestes des aquifères recoupés par les sondages, ces migrations impliquent nécessairement des flux limités fonction :

- des différences de charges hydrauliques entre aquifères et les sondages ;
- la surface de contact limitée au droit des sondages ;
- les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères (hors alluvions).

La nappe alluviale de la Vallière de par sa position vis-à-vis de la nappe salée est la moins exposée. Cet aquifère est celui présentant les meilleures caractéristiques hydrodynamiques.

Le réseau de drains réalisé dans l'emprise de la ZAC de Montmorot est collecté par le fossé à l'est de Jura Transport. Les eaux de ce fossé ne présentent pas d'indice d'apparent de pollution saline comme le montre le prélèvement d'eau J effectué.

4.4.7.2. Perrigny

Impact sur le régime des eaux :

Pendant l'exploitation : De la même manière qu'à Montmorot, l'exploitation a conduit à rompre les écrans entre aquifères et a pu perturber les charges hydrauliques entre aquifères. Cette mise en communication a permis de collecter l'eau de dissolution dans les aquifères recoupés par les sondages d'exploitation au toit du sel. Cette eau était collectée via des crépines au niveau des sondages d'exploitation et au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation, également depuis des sondages proches.

En considérant :

- la production totale de la saline de Perrigny entre 1893 et 1959 (334 114 tonnes) ;
- un ratio de 1 à 2 m^3 d'eau d'injection par m^3 se saumure extraite.

On peut estimer le prélèvement journalier moyen lié à l'exploitation compris entre 16 et 33 m^3/jour, soit un débit nominal de 1 à 3 m^3/h, à raison de 12h d'exploitation par jour.

Ce prélèvement peut apparaitre modéré si l'on considère qu'il englobe l'ensemble des aquifères présents au toit du sel (Hettangien, Rhétien, Keuper moyen).

A l'arrêt des travaux : Aucun prélèvement n'est effectué sur le site. L'arrêt des travaux est sans incidence sur le régime des eaux des aquifères et des eaux de surface.

Une nappe salée localisée au toit du sel subsiste. Elle est alimentée via les sondages d'exploitation. La stratification des eaux dans la colonne du sondage et l'absence de flux créé dans le sondage, empêche l'introduction d'eau douce et inhibe le fonctionnement de cette nappe salée artificielle.

Impact sur la qualité des eaux de toute nature :

Pendant l'exploitation : La création des sondages a conduit à perturber les écrans d'étanchéité entre aquifères, les rendant vulnérables aux pollutions salines. Le maintien de l'exploitation a permis de fixer ces éventuelles pollutions des aquifères les plus profonds durant l'exploitation du sondage. Il est à noter que les caractéristiques des aquifères recoupés demeurent faibles, limitant d'autant les flux de sel ayant pu transiter dans ces aquifères.

Compte tenu de l'absence d'exhaure et de rejet durant l'exploitation, aucune incidence n'est à considérer sur la qualité des eaux de surface.

A l'arrêt des travaux : L'arrêt des pompages de saumure et de l'exploitation conduit à tendre vers un nouvel équilibre hydrostatique. En l'absence d'informations sur l'état des casings et tubing, nous considérons que les échanges hydrauliques se font via des crépines au niveau des sondages. Dans l'hypothèse de défauts d'étanchéité des casings, les aquifères recoupés localement par les sondages peuvent être soumis à une charge hydraulique plus importante. Cette situation peut conduire à une mise en charge locale des aquifères et des migrations locales d'eau minéralisée.

Compte tenu des caractéristiques modestes des aquifères recoupés par les sondages, ces migrations impliquent nécessairement des flux très limités fonction :

- des différences de charges hydrauliques entre aquifères et les sondages ;
- la surface de contact limitée au droit des sondages ;
- les caractéristiques hydrodynamiques des aquifères.

4.4.8 - Relations et échange avec les exploitations voisines de toute nature

La concession de MONTMOROT est limitrophe avec la concession de PERRIGNY.

Compte tenu du contexte géologique et du fonctionnement hydrogéologique du site, les travaux de la concession de MONTMOROT, n'ont pas eu et n'ont pas de relations et échanges avec les travaux de la concession de PERRIGNY.

5 - ETUDE GEOTECHNIQUE

5.1 - SITE DE MONTMOROT

5.1.1 - Réseau de nivellement et mesures effectuées de 1949 à 2015

Mesures du réseau de nivellement du site de Montmorot (source CSME)	*Document n°18.107 / 27*	*En annexe*
Carte de localisation du réseau de nivellement et de son évolution	*Document n°18.107 / 28*	*Dans le texte*

Un réseau de nivellement a été mis en place sur le site dès 1949 pendant l'exploitation. Il a été renforcé et étendu à la fin de l'exploitation (1966).

- De 1949 à 1966 : le réseau comprend 11 repères :
  - 4 centrés sur des sondages d'exploitation (n°7, n°8, n°10, n°18) ,
  - 6 repères concentrés vers la mairie de Montmorot situés entre 140 et 300 m des plus proches sondages d'exploitation ; Ces points sont toujours suivis depuis 1949 ;
  - 1 repère au portail de la Saline qui est toujours suivi depuis 1949.
- De 1966 à 2015 : les mesures ont été faites au total sur 53 points. Plusieurs points ont été déplacés au cours du suivi, principalement en raison de l'urbanisation du secteur. En 2015, le réseau comprenait 31 points de mesures dont :
  - 10 points situés à moins de 100 m d'anciens sondages d'exploitation
  - 6 au nord et au nord-est des sondages d'exploitation (hors n°18)
  - 8 repères distribués selon une direction N100° à partir du portail de l'ancienne Saline. Ces repères sont situés à environ 140 m en rive gauche de la Vallière au sud de l'exploitation, à une distance de 160 à 430 m du sondage n°4 ;
  - 7 repères concentrés vers la mairie de Montmorot situés entre 140 et 300 m des plus proches sondages d'exploitation ;

5.1.2 - Note d'étude de l'INERIS de 2007

Un rapport d'étude de l'INERIS du 12/04/2007 (DRS 07 81227-01844A) a conduit à une analyse des mesures de nivellement réalisées dans la concession de mines de sel et sources salées de MONTMOROT.

Le rapport présente :

- Un historique de la mise en place du réseau de nivellement
- L'évolution du réseau de nivellement et de la fréquence de suivi
- Une analyse du nivellement avant et après exploitation

L'INERIS a étudié les données du réseau de nivellement de 1949 à 2004. Le réseau de nivellement de 2004 présentait deux points de nivellement en plus par rapport à 2015 : repère A' et Y' situés le long de la rive gauche de la Vallière.

Le rapport de l'INERIS conclu :

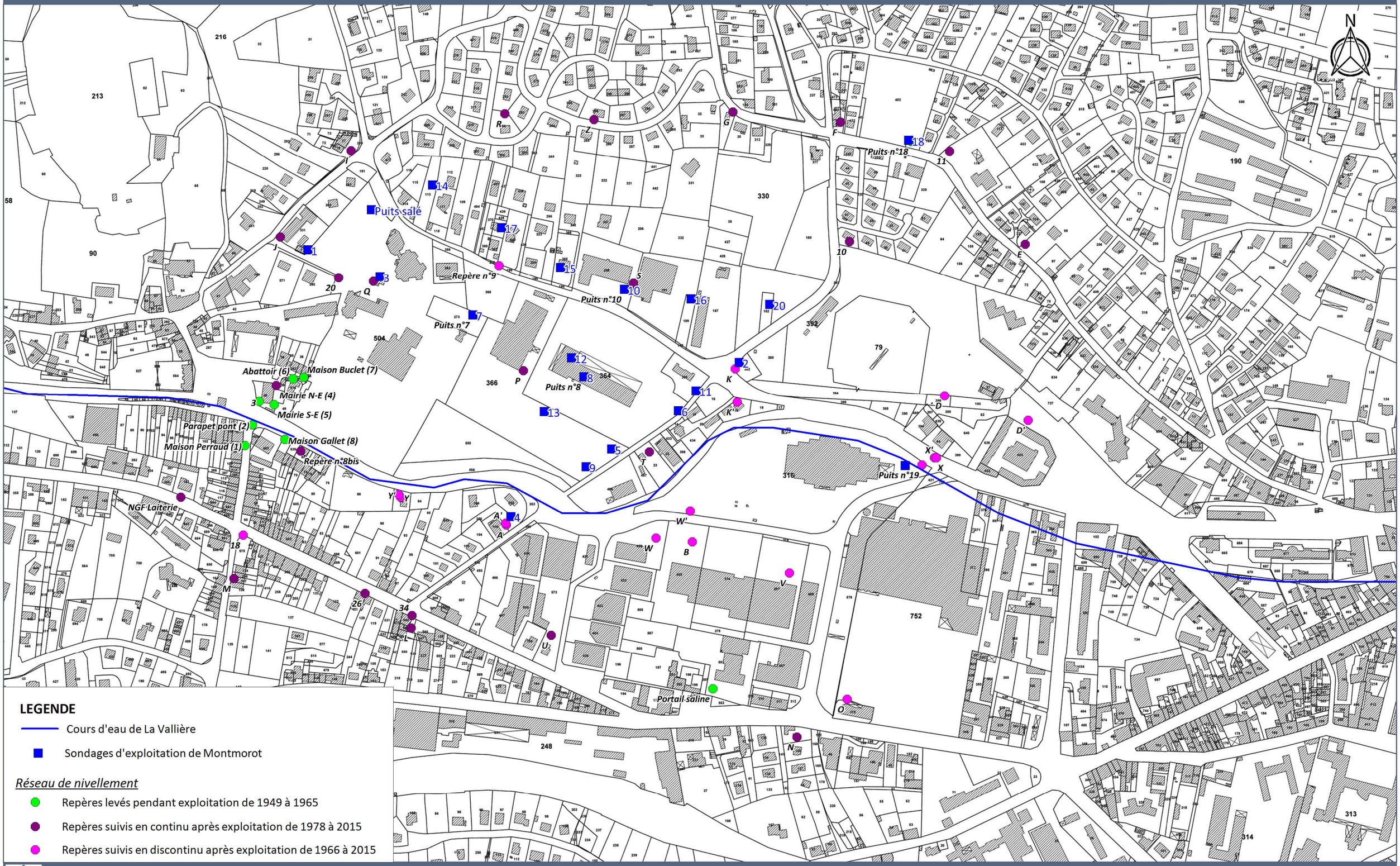
- à l'existence d'une nappe salée occasionnant des dissolutions naturelles locales au toit du sel avant l'exploitation industrielle de Montmorot ;
- cette nappe salée est probablement d'extension réduite et compartimentée par des failles ;
- l'exploitation a sollicitée une nappe salée préexistante renforcée par des arrivées d'eau douces locales provenant des terrains sous-jacents et/ou des failles. Elle a durant l'exploitation occasionnée des affaissements significatifs au droit de quelques ouvrages (40 mm/an pour les sondages n°7 et 8 par exemple). Le réseau de nivellement de l'époque (1949-1966) réduit et centré sur quelques ouvrages en cours d'exploitation donne une vision partielle de ces affaissements pendant exploitation ;
- Après l'arrêt de l'exploitation, le réseau de nivellement a été étendu et a mis en évidence un mouvement d'abaissement de la zone d'exploitation mais d'une amplitude très réduite par rapport à l'exploitation (repère P près des sondages n°8, 12 et 13 : de 3 à 1 mm/an), correspondant aux conséquences d'une dissolution naturelle telle qu'elle devait exister avant l'exploitation ;
- Le contexte géologique et l'absence d'un banc résistant continu de dolomie moellon conduisent à exclure l'existence en profondeur de cavités de grandes dimensions, susceptibles de générer des mouvements significatifs de la surface du sol à l'aplomb de l'ancien champ d'exploitation de Montmorot.

L'étude de l'INERIS recommande :

- La réalisation d'une étude hydrogéologique sur le site de Montmorot afin de préciser le contexte hydrogéologique et identifier les exutoires de la nappe salée et les flux salés ;
- La réalisation d'un complément d'information sur l'état des sondages, compte tenu de l'absence d'information dans les archives sur les conditions de fermeture de ces ouvrages.

LOCALISATION DU RESEAU DE NIVELLEMENT ET SON EVOLUTION

Echelle - 1 : 4 000



5.1.3 - Observations complémentaires sur les données du réseau de nivellement

Vitesses de subsidence mesurées sur chaque repère par période de suivi	*Document n°18.107 / 29*	*Dans le texte*
Subsidence cumulée entre 1978 et 2015 sur le site de Montmorot	*Document n°18.107 / 30*	*Dans le texte*
Isovaleurs du gradient de vitesse de subsidence (2004-2015)	*Document n°18.107 / 31*	*Dans le texte*

Trois graphiques ont été réalisés ci-après pour illustrer le suivi de quelques repères du réseau de nivellement de Montmorot. Ils fournissent un éclairage sur le fonctionnement de la nappe salée de Montmorot.

Le graphique n°1 met en évidence l'abaissement topographique marqué des repères proches de des sondages n°7 et n°8 qui n'étaient plus exploités depuis 1923. Ces deux repères met en évidence probablement la formation d'une cuvette de subsidence centré sur les sondages n°12 et 13 en cours d'exploitation avec un abaissement de 40-45 mm/an mesurés sur ces deux repères. Le suivi de ces deux repères cesse à l'arrêt de la Saline.

Le Portail de la Saline a été suivi en continu depuis 1949. Il est situé à près de 300 m au sud des sondages d'exploitation les plus proches, en rive gauche de la Vallière. Le repère du Portail présente un abaissement continu depuis 1949 mais avec des amplitudes fluctuantes au cours du temps :

- Pendant exploitation le repère s'abaisse de 5 mm/an de 1949 à 1964 et semble corréler à l'évolution des repères puits n°7 et n°8 avec une amplitude plus faible.
- De 1964 à 1967 (1966 fin de l'exploitation) cet abaissement s'accélère (26 mm/an) alors que la production extraite de la Saline semble diminuer et décroitre (24 000 t/an à 5 000 t/an contre 30 000 t/an avant 1964).
- A l'arrêt de la Saline, la subsidence s'amortie de 1967 à 1985 (6 mm/an) puis se stabilise entre 1 et 0,5 mm/an à partir de 1985.

Les repères situés près de la mairie de Montmorot (maison Gallet, maison Buclet, abattoir) présentent tous une évolution comparable avec des vitesses d'abaissement de l'ordre de 1mm/an. On relève une courte période de 1964 à 1967, où cette vitesse est plus importante (15mm/an), comme observé pour le portail de la Saline. Les mesures étant considérées fiables, il est noté que cette évolution transitoire est observée pendant les dernières années d'exploitation de la Saline pour lesquelles la production chute nettement (de 17% à 84%). Il est notable d'observer que cette évolution est synchrone sur plusieurs repères éloignés de l'exploitation. Une explication envisagée serait que la baisse du soutirage de saumure dans la saline aurait permis d'augmenter les flux transitant par la nappe salée au sud et à l'ouest de la saline correspondant à des zones en amont pendage du toit du sel et probablement relié hydrauliquement par des relais structuraux.

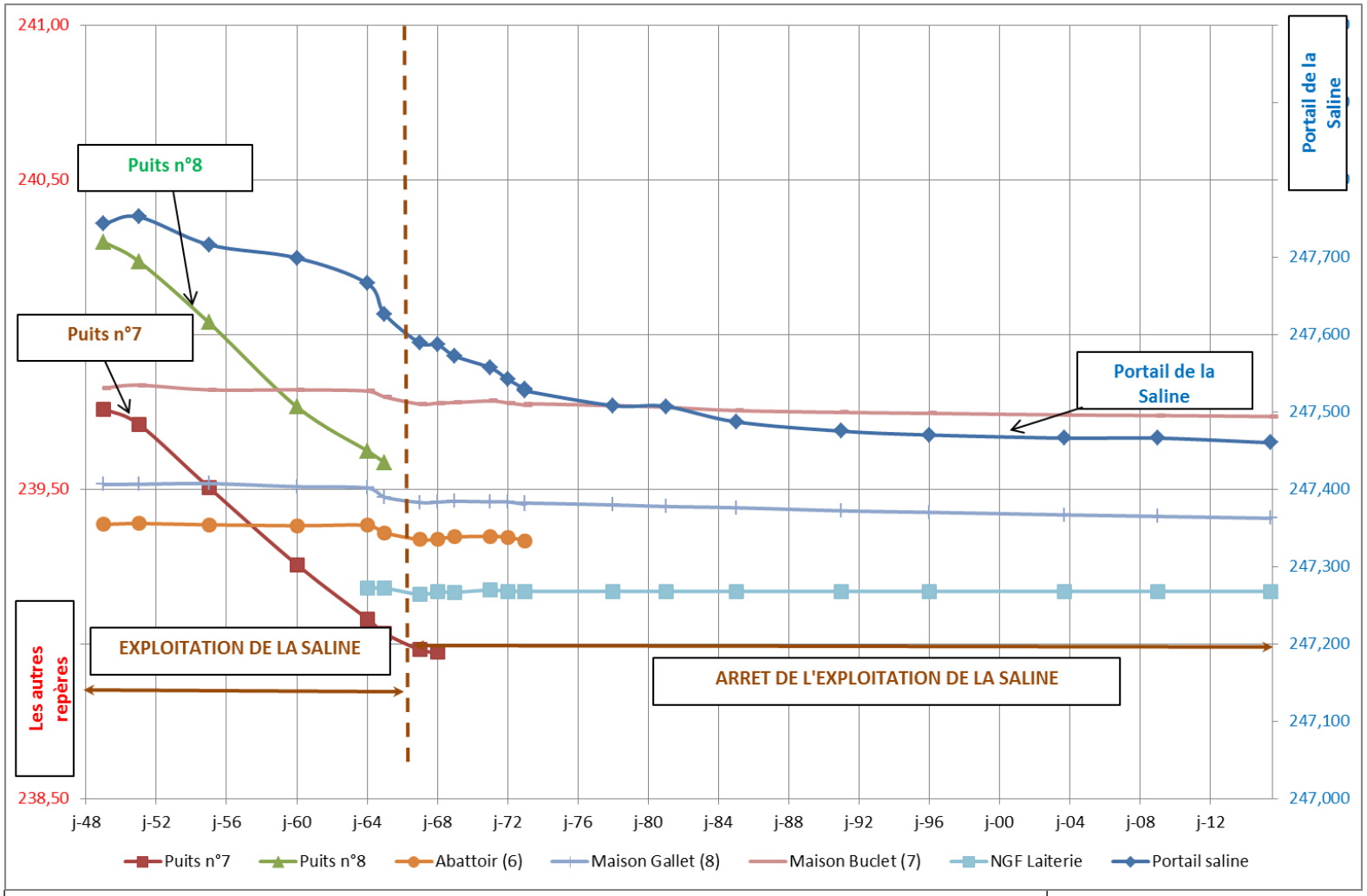
Le graphique n°2 illustre l'évolution des repères du Portail de la Saline et du Puits n°10. Le puits n°10 est non exploité depuis 1932 mais est proche de 3 ouvrages en cours d'exploitation entre 1949 et 1966 (sondages n°15, n°16 et n°16). Le repère du Puits n°10 s'abaisse de l'ordre de 8 mm/an et son évolution est bien coordonnée à l'exploitation. Dès la fermeture de la Saline, l'abaissement du repère se stabilise et remonte de 19 mm, alors que le repère du Portail de la Saline continue lui de s'abaisser. L'arrêt de la subsidence au Puits n°10 après 1966 montre que ce repère est situé en dehors de l'emprise de la nappe salée naturelle au toit du sel. Cette nappe salée est située selon toute vraisemblance au sud de la discontinuité N110° identifiée sur la carte des isohypses du toit du sel.

Le graphique n°3 montre qu'après la fermeture de la Saline, plusieurs points éloignés des sondages d'exploitation (mairie de Montmorot, Portail de la Saline ainsi que repères 34 et L en limite sud de la nappe alluviale de la Vallière) évoluent de manière synchrone avec le repère « P » situé à proximité des sondages n°8, 12 et 13. L'évolution régulière et synchrone des niveaux mesurés permettent d'exclure l'influence apparente de phénomènes « retrait et gonflement des argiles » et considérer comme probable la conséquence d'une dissolution naturelle au toit du sel sur des secteurs éloignés et non couvert par l'emprise des isohypses du toit du sel. L'interprétation des données géologiques permet d'envisager une remontée du toit du sel en direction du sud vers les repères 34 et L. Des dissolutions au toit du sel le long des épontes de failles peuvent être également envisagés permettant d'expliquer les évolutions synchrones des repères « 20 », « mairie, maisons Buclet» et l'absence de réponse (ou non mesurable) au droit des repères n°8bis ou Maison Perraud pourtant proche de la maison Gallet.

La carte n°18.107/30 vient illustrer les conclusions développées précédemment par l'INERIS:

- Carte des isovaleurs des affaissements mesurés entre 1978 et 2015 sur le réseau de nivellement de Montmorot. La carte des isovaleurs est comparée à la production de saumure évaluée pour les 20 sondages du site de Montmorot.
    - La cuvette de subsidence mesurée est centrée en rive droite de la Vallière à proximité des sondages n°9 et n°13 ; le centre de cette cuvette est centrée sur le culot ouest de la cryptodoline identifiée à partir des isohypses du mur des alluvions.
    - Deux zones abaissées sont identifiées à l'ouest de la Saline (repère 20 et Maison Galet) et s'alignent sur une direction subméridienne

Un calcul des vitesses d'affaissement (document n°18.107/29) des repères de mesurées a été effectués sur l'ensemble des repères de mesures. Les vitesses ont été calculées sur la durée de la période considérée dans la mesure du possible ou le cas échéant sur la durée couverte par les mesures. Sur la période 2004-2015, les calculs ont été effectués sur 34 points dont 13 présentent des remontées des niveaux. Pour les 21 autres, les vitesses d'abaissement sont comprises entre 0 et 1,2 mm/an, ce qui est très faible.



Suivi du nivellement de 1949 à 2015 :

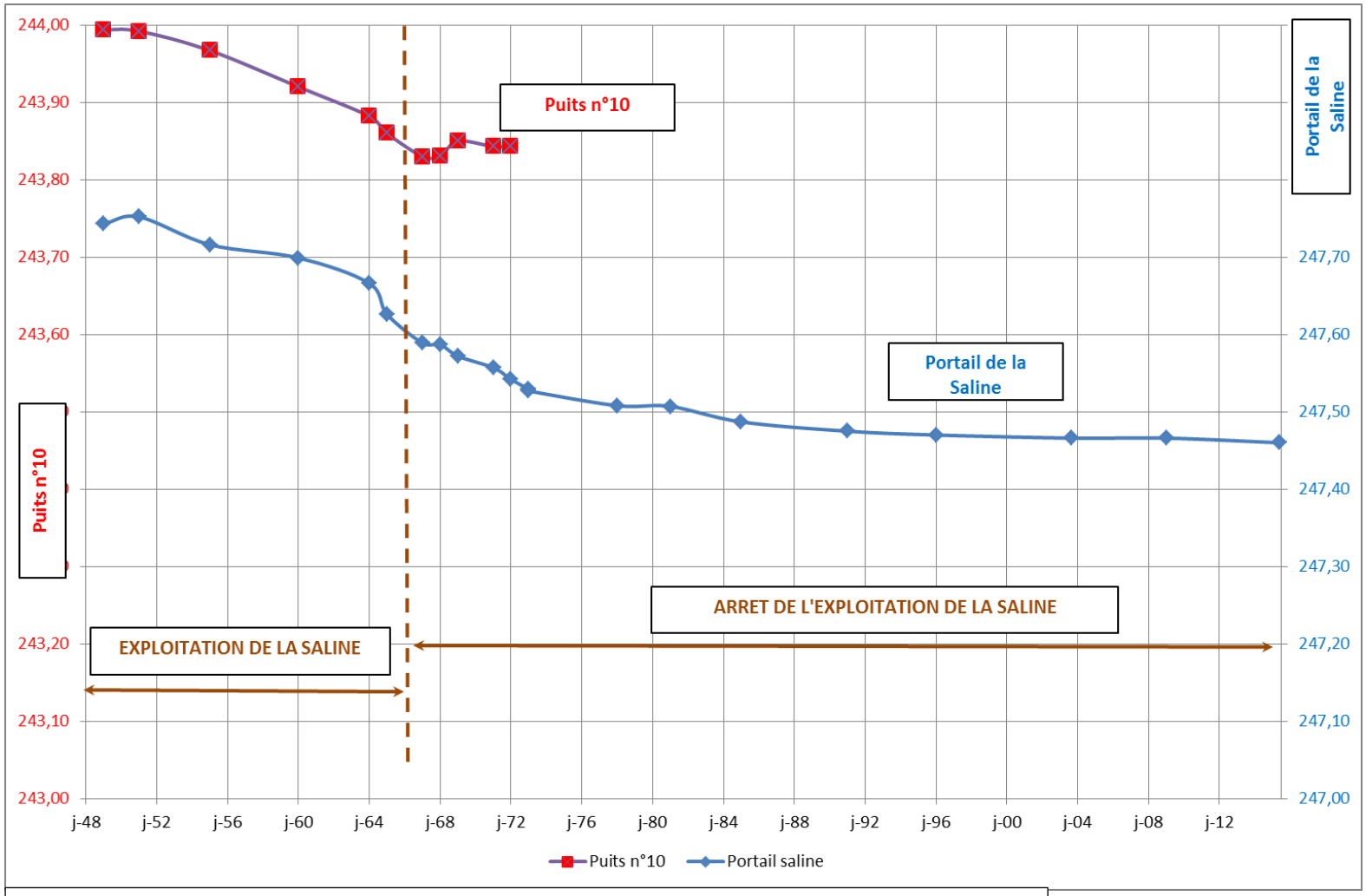
Repères proches de l'exploitation : Puits n°7, Puits n°8

Repères proches de la mairie (140 à 300 m de la Saline) : Abattoir, Maison Gallet, Maison Buclet

Repère de référence : NGF Laiterie

Repère Portail de la Saline : 300 m au sud-est du sondage n°9

Graphique n°1

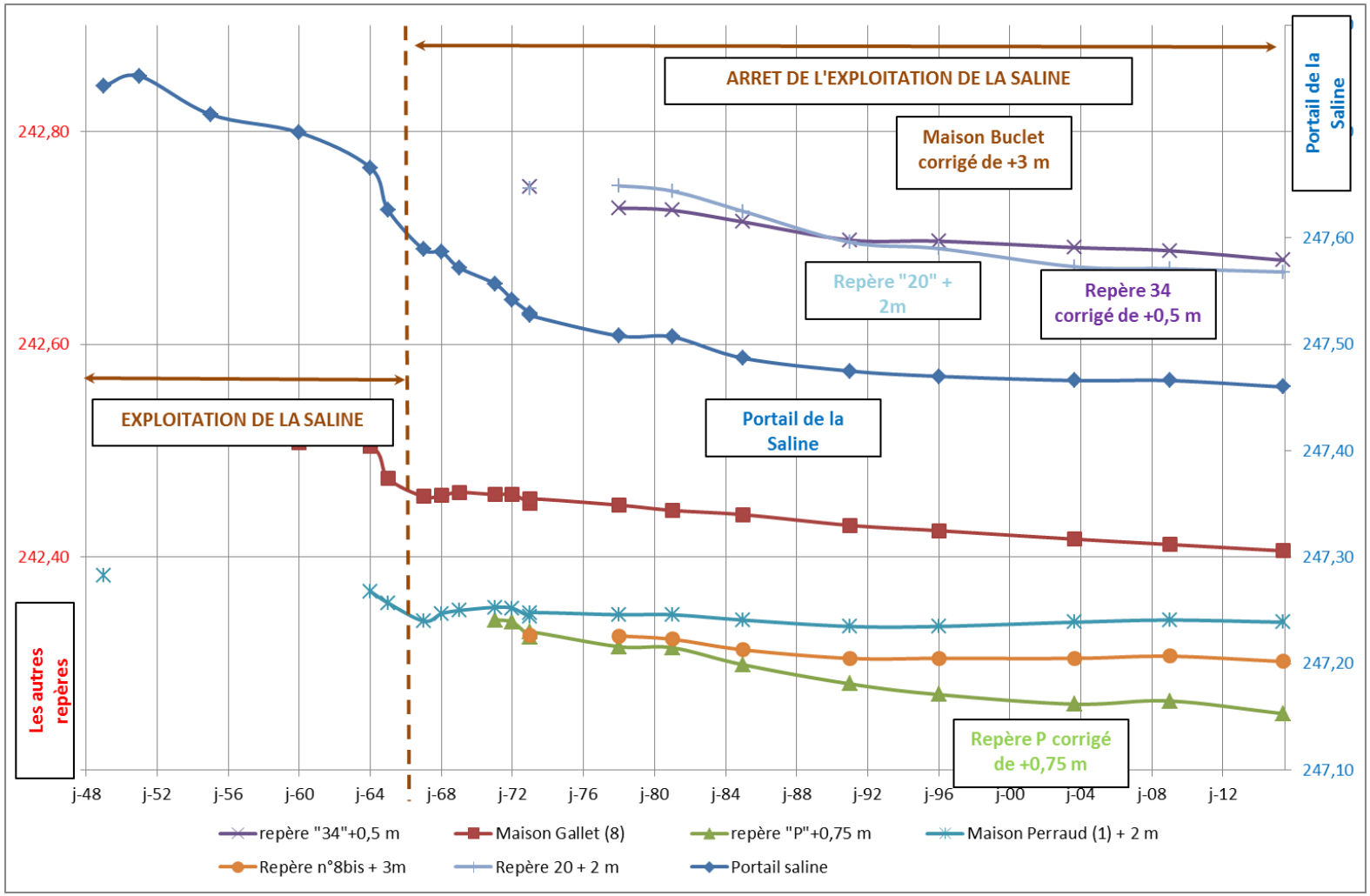


Suivi du nivellement de 1949 à 2015 :

Repère du puits n°10

Repère Portail de la Saline : 300 m au sud-est du sondage n°9

Graphique n°2



Suivi du nivellement de 1949 à 2015 :

Repère P (valeur +0.75 m) situé entre 50 et 70 m à l'ouest des sondages n°8, 12 et 13

Repère Portail de la Saline : 300 m au sud-est du sondage n°9

Repère « 34 », Maison Buclet et repère P : corrigés pour les comparer aux repères P et Portail

Graphique n°3

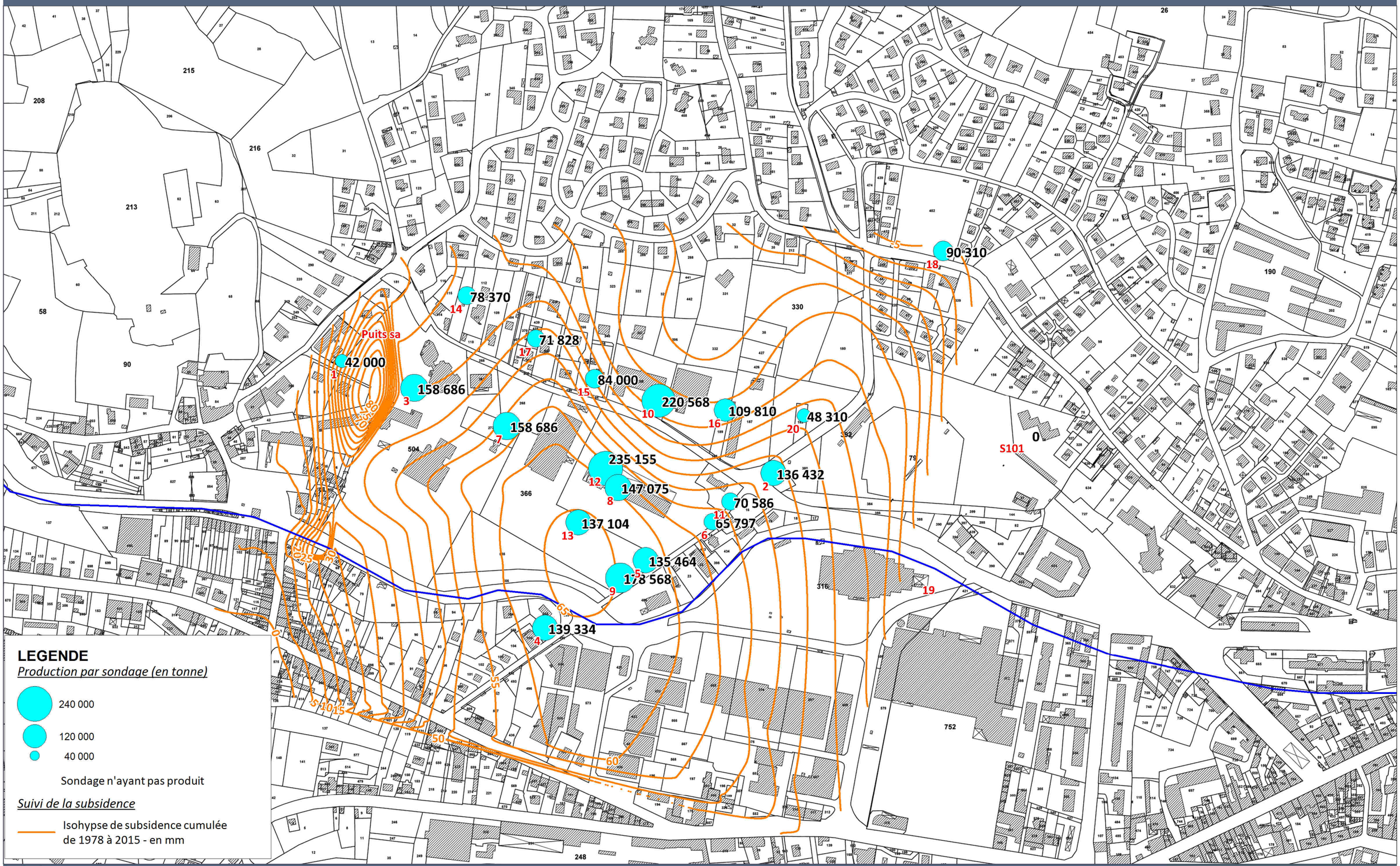
VITESSES DE SUBSIDENCE MESUREES SUR CHAQUE REPERE PAR PERIODE DE SUIVI

Nom	Mise en route	X en Lambert RG93-CC47	Y en Lambert RG93-CC47	Vitesse de subsidence (1949-1968)	Vitesse de subsidence (1968-1985)	Vitesse de subsidence (2004-1985)	Vitesse de subsidence (2015-2004)	UNITE
3	1949	1893594,3	6167195,9	-2,00	-0,412	-0,158	0,273	mm/an
10	1949	1894285,5	6167376,8	R	-0,875	-0,579	-0,182	mm/an
11	1978	1894403,3	6167481,8	R	0,000	-0,263	1,273	mm/an
18	1973	1893574,5	6167040,1	R	R	R	R	mm/an
20	1973	1893688,4	6167339,7	R	-1,750	-2,737	-0,455	mm/an
26	1978	1893716,3	6166970,9	R	-1,286	-0,842	-0,818	mm/an
34	1973	1893770,8	6166944,8	R	-2,750	-1,263	-1,091	mm/an
A	1965	1893881,6	6167049,3	-19,33	-2,412	-2,500	R	mm/an
A'	1996	1893881,1	6167051,4	R	R	-2,125	-1,200	mm/an
Abattoir (6)	1949	1893634,1	6167222,3	-2,47	-1,200	R	R	mm/an
B	1965	1894099,1	6167028	-4,33	-2,923	R	R	mm/an
D	1965	1894395,3	6167196,2	-0,67	0,059	-2,818	R	mm/an
D'	1996	1894492,6	6167166,5	R	R	0,000	0,636	mm/an
E	1965	1894490,9	6167372,2	9,33	1,588	-0,263	0,727	mm/an
F	1965	1894276,2	6167516,7	1,33	1,647	-0,211	0,909	mm/an
G	1965	1894150,9	6167529,4	-1,00	1,294	-0,474	0,909	mm/an
I	1965	1893704,1	6167488,2	-7,00	-1,588	-1,474	0,273	mm/an
J	1965	1893620,5	6167387,8	-4,00	-0,529	-0,895	0,364	mm/an
K	1978	1894150,9	6167229,7	R	-1,571	-1,000	R	mm/an
K'	1996	1894152,9	6167190,6	R	R	-1,625	-0,545	mm/an
L	1968	1893769,7	6166930,3	R	-4,294	-1,158	-1,182	mm/an
M	1968	1893563,1	6166989,5	R	0,118	0,053	0,636	mm/an
Mairie N-E (4)	1964	1893614,4	6167214,9	-7,00	-0,412	-0,211	-0,182	mm/an
Mairie S-E (5)	1949	1893611,8	6167192	-2,05	-0,471	-0,263	0,000	mm/an
Maison Buclet (7)	1949	1893646,6	6167223,9	-2,58	-1,412	-0,737	-0,455	mm/an
Maison Gallet (8)	1949	1893624	6167151,4	-3,00	-1,059	-1,211	-1,000	mm/an
Maison Perraud (1)	1949	1893577,3	6167144,7	-1,89	-0,353	-0,105	0,000	mm/an
N	1968	1894219,6	6166799,2	R	-4,353	-0,737	-0,273	mm/an
NGF Laiterie	1964	1893501,9	6167085	-3,00	0,118	0,000	0,000	mm/an
O	1968	1894278,4	6166842,7	R	-5,600	R	R	mm/an
P	1971	1893903,1	6167229,7	R	-3,000	-1,947	-0,818	mm/an
Parapet pont (2)	1949	1893586,3	6167168,8	-1,89	-0,529	-0,211	0,182	mm/an
Portail saline	1949	1894121,9	6166856,1	-8,21	-5,882	-1,105	-0,545	mm/an
Puits n°10	1949	1894022,4	6167323,1	-8,58	3,000	R	R	mm/an
Puits n°18	1949	1894358,7	6167493,5	-2,16	5,429	R	R	mm/an
Puits n°19	1965	1894368,3	6167115,5	-3,00	1,000	R	R	mm/an
Puits n°7	1949	1893844,8	6167294,8	-41,42	R	R	R	mm/an
Puits n°8	1949	1893974	6167222	-44,56	R	R	R	mm/an
Q	1971	1893729	6167335	R	-1,929	-0,737	R	mm/an
R	1973	1893884	6167529,7	R	-1,083	-1,211	1,273	mm/an
Repère n°8bis	1973	1893642,3	6167137,8	R	-1,167	-0,421	-0,273	mm/an
Repère n°9	1978	1893875,7	6167352,2	R	R	R	R	mm/an
S	1973	1894032,8	6167330,4	R	-0,250	-0,737	-0,091	mm/an
T	1973	1894049,9	6167133,4	R	-2,333	-1,211	-1,091	mm/an
U	1973	1893933,3	6166920,5	R	-3,333	-1,579	-0,818	mm/an
V	1973	1894212,4	6166990,7	R	-3,750	-3,500	R	mm/an
W	1973	1894056,7	6167032,6	R	-1,500	R	R	mm/an
W'	1991	1894096,9	6167063,8	R	-0,750	-1,818	R	mm/an
X	1973	1894382,8	6167123,8	R	0,600	R	R	mm/an
X'	1981	1894385,3	6167123,8	R	-1,500	-0,526	-0,364	mm/an
Y	1973	1893758,6	6167082,9	R	-2,000	-2,667	R	mm/an
Y'	1996	1893756,2	6167086,1	R	R	-1,125	1,200	mm/an
Z	1975	1893988,4	6167522,2	R	-2,800	-0,684	2,455	mm/an

R : Pas de valeur calculée

SUBSIDENCE CUMULEE ENTRE 1978 et 2015 A MONTMOROT

Echelle - 1 : 4 000



CSME

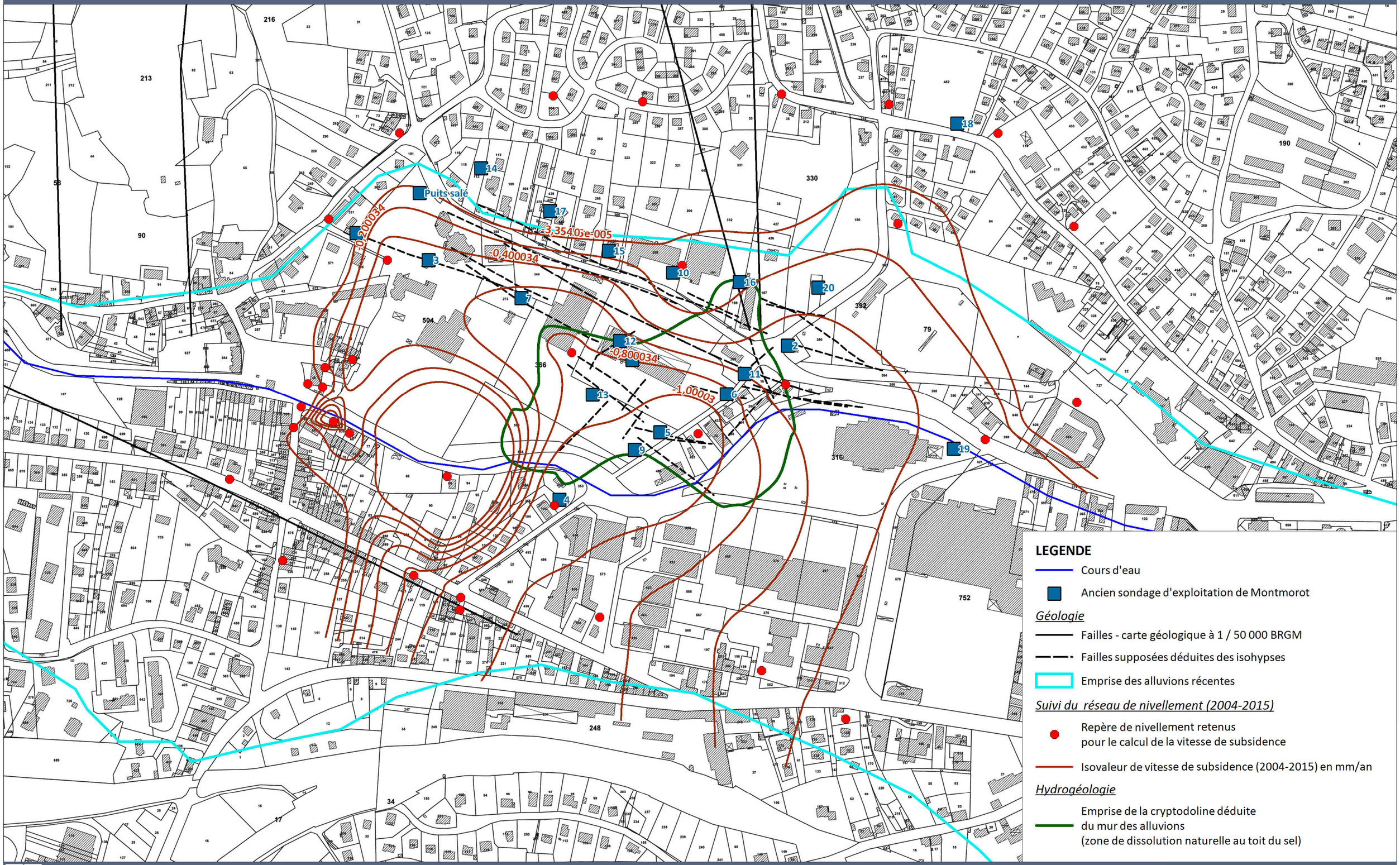
Concession de mines de sel et sources d'eaux salées de MONTMOROT et PERRIGNY (39)

DOCUMENT 18-107 / 30

Source : Cadastre WMS

ISOVALEUR DU GRADIENT DE VITESSE DE SUBSIDENCE (2004-2015)

Echelle - 1 : 4 000



Source : Cadastre WMS

5.2 - SITE DE PERRIGNY

5.2.1 - Objectifs

Exploitation de Perrigny

L'exploitation minière à Perrigny a provoqué la dissolution de sel autour de la base des sondages d'exploitation.

Une analyse de l'ampleur des dissolutions qui ont pu s'opérer et une évaluation de l'incidence des vides créés sur la tenue des terrains en surface est effectuée.

5.2.2 - Rappels concernant la production de saumure sur le site de Perrigny

L'exploitation se faisant par injection d'eau dans l'espace annulaire entre le casing et le tubing des sondages. L'eau d'injection provenant des aquifères recoupés par le sondage.

Ce type d'exploitation a concerné les sondages d'exploitation n°1 à n°6 entre 1893 et 1959 : la saumure extraite de ces sondages, résultait de la dissolution du sel en place autour des crépines en fond de sondage.

D'après l'analyse des archives effectuées par CSME (Pièce B – Perrigny), l'absence de crépines dans les sondages au niveau des couches aquifères, conduit à penser que l'alimentation en eau se faisait très probablement au niveau de l'espace entre le trou de forage et le tubage. Il est admis que la saumure extraite au niveau des sondages provient de la dissolution du sel en place via l'eau des aquifères rencontrés lors de la réalisation des sondages.

Ces eaux douces récoltées ont créées une cavité de dissolution dans le sel en fond de sondage. La production totale de sel de la période 1893 – 1959 pour ces 6 sondages a été estimée à 334 114 tonnes qui ont alimentés la saline de Montaigu. Le sondage n°4 a été l'ouvrage le plus exploité avec une production estimée de 162 142 tonnes dont 49 998 tonnes de sel extrait de 1961 à 1966 pour le compte de la Saline de Montmorot.

Les données de production totale par sondage ont été transmises par CSME :

Sondage	Période d'exploitation	Durée d'exploitation en années	Production totale du sondage en tonnes
1	1893-1904	12	35 003
2	1906-1926	21	51 911
3	1914-1952	39	90 916
4	1925-1959	41	162 142

	et 1961-1966		
5	1928-1942	15	38 157
6	1946-1948	3	5 983

5.2.3 - Incidents d'exploitation (extrait de la Pièce B du DADT de PERRIGNY – source CSME)

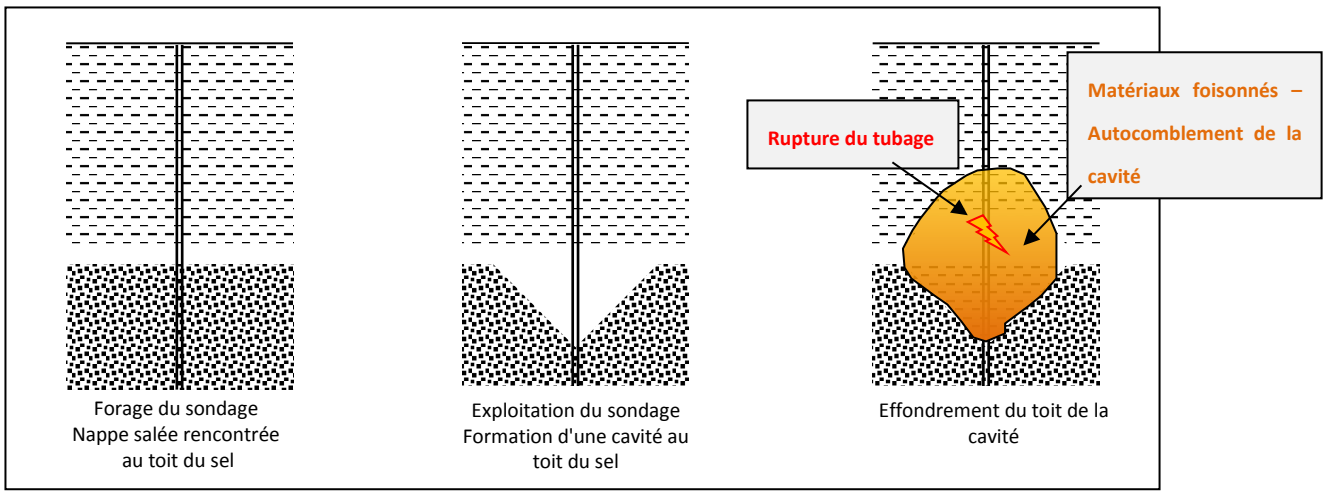
L'historique de l'exploitation des sondages nous indique que divers sondages ont connu des incidents d'exploitation ayant conduit à leur abandon. Ces phénomènes sont classiques dans les exploitations du type "toit du sel". Les archives indiquent :

- Sondage n°1 : éboulement en 1904 ayant rendu impossible la mise en place de la colonne d'aspiration de la pompe.
- Sondage n°2 : éboulement à 190 m de profondeur en 1926 ; tubage en bon état jusqu'à 10 m au-dessus du toit du sel – arrêt de l'exploitation du sondage.
- Sondage n°3 : éboulement en 1924 sans plus de précisions.
- Sondage n°6 : une pièce en bois est mise en travers du sondage, empêchant son exploitation.

Les effondrements recensés sur les sondages n°1, 2 et 3 s'effectuent en profondeur au niveau des tubages.

Il est remarquable de constater que le sondage S4 a produit pendant de nombreuses années (41) sans incident notable, et qu'il a assuré le gros de la production. Il est probable que les dissolutions se soient effectuées pour ce sondage sur des surfaces plus importantes que pour les autres sondages.

Le processus ayant conduit aux avaries des sondages n°1 à n°3 peut être interprété de la façon suivante :



L'analyse de trois cas d'incidents survenus aux sondages indique que des cavités de faible hauteur et d'extension limitée se sont bien formées à l'aplomb des sondages, par dissolution locale du sel. Les terrains constituant le toit des cavités n'étant pas compétents, ces couches se sont délitées dans les cavités.

La dolomie moellon du Keuper moyen constitue généralement une couche résistante d'environ 10 m. Toutefois le contexte tectonique ne permet pas d'envisager un banc continu et massif. Ceci est confirmé par les coupes géologiques des sondages de Perrigny où le Keuper moyen correspond à un niveau de marnes grises à « schistes noirs »et de gypse mêlé avec de la dolomie. Le faciès classique de la dolomie moellon du Keuper moyen ne semble pas avoir été recoupé par les sondages de Perrigny.

Des niveaux compétents ont bien été rencontrés dans les sondages de Perrigny mais à des profondeurs variables et avec des lithologies distinctes qui conduisent à penser en l'absence d'un niveau de dalle continu :

5.2.4 - Evaluation des volumes de roches déstructurées créés par l'exploitation

5.2.4.1. Formation d'une cavité à la base des sondages d'exploitation

Les terrains situés entre le toit du sel et le niveau du sol sont composés d'alternances de marnes et de gypse et de rares bancs discontinus de calcaires; ils n'ont pas une résistance suffisante pour ne pas fléchir ou se rompre dans le cas de la formation d'une cavité. Dans le cas des sondages d'exploitation retrouvés à Perrigny (sondages n°1, 5 et 6), aucun indice de mouvement de terrain localisé n'est identifiable à proximité de ces ouvrages.

Une cavité créée par la dissolution du sel peut se refermer au fur et à mesure de sa création par trois mécanismes :

- Le foisonnement de la fraction insoluble du gisement de sel (estimée à 25 %),
- La convergence de la voûte et la subsidence des terrains,
- L'effondrement de la voûte et le foisonnement des terrains effondrés.

L'enveloppe de terrains déstructurés, si la totalité des dissolutions se sont opérées à proximité des sondages, a une géométrie en tulipe dont la surface supérieure est supposée au toit du sel et dont le sommet est situé au bas du tube d'aspiration. Le volume de l'enveloppe en tulipe est égal au volume d'un cône de même diamètre et de hauteur égale à la hauteur du tube augmentée de deux mètres (dissolution à la base du tubage).

Sur ces trois mécanismes :

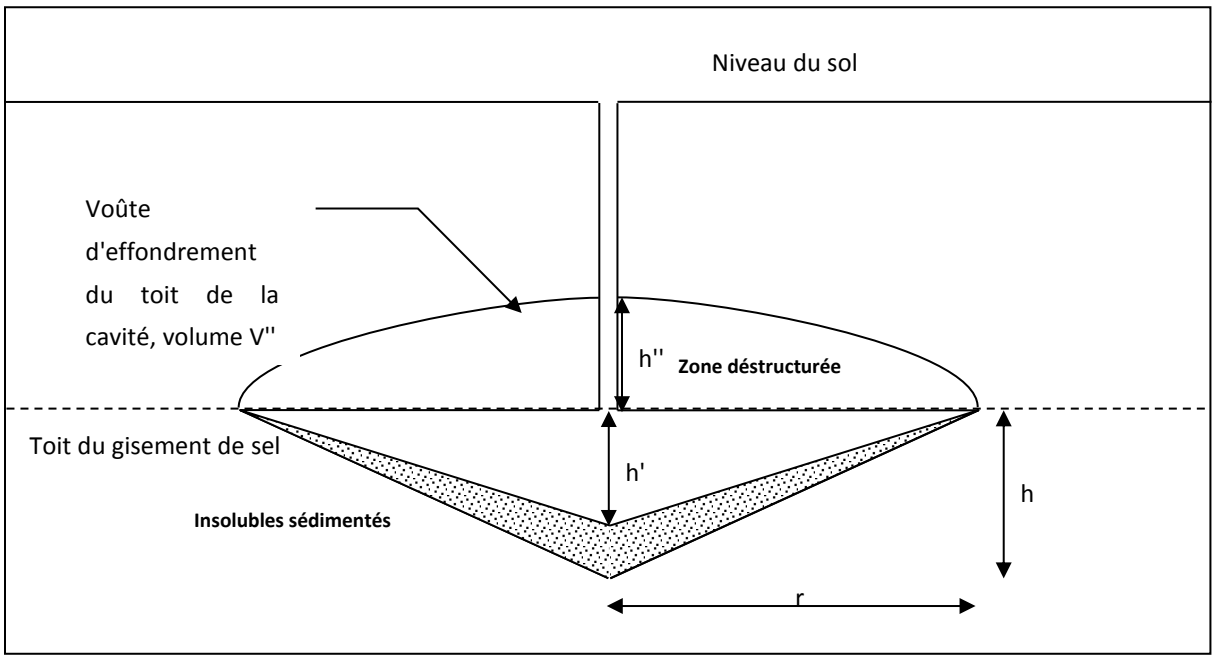
- le foisonnement des insolubles du gisement de sel n'est pas suffisant pour auto-combler la cavité de dissolution (cela ne pourrait se produire qu'avec un gisement à moins de 25% de sel, ce qui n'est pas réaliste, le terrain étant alors imperméable et le sel difficile à dissoudre),
- l'hypothèse de la subsidence des terrains aurait provoqué l'abaissement du niveau du sol de plusieurs mètres au droit des sondages retrouvés, ce qui n'est pas le cas.

L'effondrement de la voûte et le foisonnement des terrains effondrés constituent le mécanisme principal d'auto-comblement des cavités de dissolution. Les bancs recouvrant le sel tombent les uns après les autres dans la cavité au fur et à mesure qu'elle se forme. Le mécanisme de création et de comblement de l'enveloppe déstructurée peut se décomposer en étapes élémentaires :

- Création de la cavité en forme de tulipe (cône renversé),
- Dépôt des insolubles du gisement,
- Rupture du toit de la cavité et dépôt des bancs rompus foisonnés.

La hauteur de la tranche de terrain formée par la rupture successive des bancs recouvrant le sel peut être évaluée de deux manières :

- L'une en considérant que cette voûte prend la forme d'une calotte elliptique à base circulaire.



h = hauteur de dissolution = hauteur crépinée dans le sel + 2 m
r = rayon déstructuré au toit du sel

Volume de roche dissoute = $(\pi/3) \times h \times r^2$
h' = hauteur de la cavité résiduelle (dépôt des insolubles foisonnés)
V'' = volume de la cloche d'effondrement = $V_{\text{cavité résiduelle}} \times 5$ (coefficient de foisonnement de 1,2)
h'' = hauteur de la cloche d'effondrement = $3 \times V'''' / (2 \times \pi \times r^2)$

- L'autre en considérant que la l'effondrement a une forme cylindrique et progresse vers le haut tandis que les produits d'effondrement se déposent dans la cavité résiduelle puis auto-comblent progressivement la cavité d'effondrement. Dans ce cas, $h'' = V''/ (\pi \times r^2)$

La hauteur du volume affecté par l'effondrement a été calculée dans le cas des sondages S3 et S5, en supposant que l'essentiel des dissolutions s'est produit au droit des sondages selon les deux schémas, calotte elliptique ou effondrement cylindrique :

Sondage	**n°1**	**n°2**	**n°3**	**n°4**	**n°5**	**n°6**	**Unités**
Production de sel raffiné	35 003	51 911	90 916	162 142	38 157	5 983	tonnes
Teneur en sel du gisement	75	75	75	75	75	75	%
Tonnage de roche dissoute	46 700	69 200	121 200	216 200	50 900	8 000	tonnes
Volume de roche dissoute	21 600	32 000	56 100	100 100	23 600	3 700	m^3
Volume d'insolubles	5 400	8 000	14 030	25 030	5 900	930	m^3
Volume d'insolubles foisonnés	6 480	9 600	16 840	30 040	7 080	1 120	m^3
Toit du sel	197,35	199	198,5	204,5	202,4	204,8	m
Hauteur crépinée	26,75	21	27,2	26,5	22,6	25,6	m
Hauteur de dissolution	28,75	23	29,2	28,5	24,6	27,6	m
Rayon déstructuré	26,8	36,4	42,8	57,9	30,3	11,3	m
Volume cavité résiduelle	15 120	22 400	39 260	70 060	16 520	2 580	m^3
Hauteur cavité résiduelle après dépôt des insolubles	24	19	24	23	20	23	m
Volume de la cloche	75 600	112 000	196 300	350 300	82 600	12 900	m^3
Hauteur de la cloche (au-dessus du toit du sel) / Ellipse	50	40	51	50	43	48	m
Profondeur du toit de la cloche / Ellipse	147	159	147	155	159	157	m
Hauteur de la cloche (au-dessus du toit du sel) / Cylindre	34	27	34	33	29	32	m
Profondeur du toit de la cloche / Cylindre	164	172	164	171	174	173	m

Ce calcul montre un écart entre les deux méthodes de calcul, une pénalisante (ellipse), et l'autre minorante (cylindre), la vérité se trouvant vraisemblablement en position moyenne. Ce calcul dépend également :

- De la teneur en sel du gisement. Si cette teneur baisse, le volume des insolubles foisonnés tend à combler plus rapidement la cavité. La teneur de 75% de sel est majorante,
- Du coefficient de foisonnement pris à 1,2 (faible) ce qui est également une hypothèse majorante.

Dans le cas du modèle ellipsoïdal, il apparait que si les dissolutions s'étaient effectuées au droit des sondages, la zone déstructurée se trouverait entre 143 et 156 m de profondeur la surface dans le cas des sondages de Perrigny.

Dans le cas du modèle de progression d'une cloche cylindrique, le toit de la zone déstructurée et remplie de matériau foisonné se situerait entre 161 et 171 m de profondeur pour les sondages de Perrigny.

Ces résultats montrent que le cône de dissolution générés par l'exploitation des sondages de Perrigny conduit à la création de la cloche d'effondrement qui s'auto-comblent par les insolubles et les terrains effondrés foisonnés. Ces cloches ne peuvent donc pas remonter en surface.

Il n'existe donc pas d'aléa de remontrer de fontis au droit des sondages de Perrigny.

5.3 - IMPACTS DE L'EXPLOITATION SUR LA STABILITE DES TERRAINS

Pendant l'exploitation, les archives mentionnent les dégâts occasionnés sur les tubages des sondages n°1, n°2 et n°3,

Aucun mouvement de terrain en surface lié à l'exploitation n'a été constaté au droit et aux alentours immédiats des sondages.

5.4 - MOUVEMENTS DE TERRAIN POSTERIEURS A L'ARRET DE L'EXPLOITATION INDUSTRIELLE

Les campagnes successives de terrain (CSME, MICA Environnement) n'ont jamais permis de mettre en évidence de mouvements de terrain imputables de manière certaine à l'exploitation des sondages de Perrigny.

5.5 - MOUVEMENTS DE TERRAIN RESIDUELS ENVISAGEABLES

Dans l'état actuel, c'est-à-dire 60 années après l'arrêt de l'exploitation, il semble peu probable qu'il apparaisse des désordres dus à l'exploitation des sondages de Perrigny.

6 - BILAN

La Compagnie des Salins du Midi et des Salines de l'Est (CSME) est titulaire des concessions de mines de sel gemme et sources salées de MONTMOROT et PERRIGNY qui ont fait l'objet d'anciennes exploitations. CSME n'envisage pas de reprendre l'exploitation du sel de ces deux concessions sur lesquelles toute activité industrielle a cessé depuis respectivement plus de 52 et 69 ans. Conformément aux obligations du Code Minier, CSME a donc engagé une procédure de déclaration d'arrêt définitif des travaux miniers et d'utilisation des installations associées.

La présente étude a permis de préciser le schéma de fonctionnement hydrogéologique des exploitations avant, pendant et après exploitation de ces deux sites.

Le site de Montmorot présente une nappe salée naturelle au toit du sel qui a fait l'objet d'une exploitation par sondages. Cette exploitation s'est effectuée également avec injection d'eau pour augmenter les débits d'exploitation et a permis de produire près de 2,4 millions de tonnes de sel à partir de 20 sondages dont 4 ont été retrouvés en 2018. Elle s'est accompagnée de la création d'une cuvette de subsidence centrée dans les environs des sondages n°8, 12 et 13. Le contexte géologique et hydrogéologique et l'analyse géotechnique permettent d'exclure tout aléa de type effondrement au droit du site. Le seul aléa qui subsiste est l'aléa affaissement lent et progressif lié à des dissolutions au toit du sel produites par la nappe salée[1]. Cette nappe salée à une extension réduite et contrainte par les failles présentes sur le site. Les vitesses maximales de subsidence sont très faibles et de l'ordre de 1,2 mm/an. Près de 52 ans après l'arrêt de l'exploitation, le fonctionnement de cette nappe salée et l'importance de la subsidence est selon toute vraisemblance proche de ce qui préexistait avant exploitation.

La présentation du fonctionnement hydrogéologique du site de Montmorrot a décrit l'existence de circulations d'eaux profondes via des accidents se raccordant au plan de décollement régional en recoupant la masse salifère et les formations de recouvrement au toit du sel. Ces accidents permettent des connexions hydrauliques entre les aquifères isolés de la couverture et le toit du sel, formant un aquifère de type multicouche. Ces circulations profondes alimentent une nappe salée naturelle au toit du sel.

Aucune source salée n'a été identifiée dans le secteur de Montmorot lors des états des lieux réalisés en janvier et juin 2018. Ces émergences sont suspectées au sud du sondage n°9, soit dans la Vallière, soit en limite sud des alluvions récentes de la Vallière le long d'un accident N110° reporté sur la carte géologique de Lons-le-Saunier.

Dans le cas des sondages de Montmorot, le schéma de fonctionnement hydrogéologique retenu permet d'envisager d'éventuelles circulations ascendantes s'effectuant via les accidents

[1] Il ne s'agit pas à proprement parler d'un aléa puisque le phénomène existe déjà et va vraisemblablement se poursuivre à l'avenir.

géologiques entre le toit du sel et les aquifères du recouvrement. Il ne peut être exclu que ces flux puissent concerner quelques sondages. Les témoignages des riverains n'ont néanmoins fait état d'aucun comportement artésien des sondages. Ces mises en charges si elles existent, sont vraisemblablement modérées et se manifesteront davantage par une évolution de la stratification des eaux dans les colonnes de ces sondages plutôt qu'à des mises en charge brutale. Ces circulations ascendantes se dissipent également dans le réseau de failles recoupant les aquifères du recouvrement au toit du sel. Par ailleurs, l'arrêt de l'exploitation de ces sondages a supprimé le moteur hydraulique permettant des circulations d'eaux descendantes dans la colonne du sondage. Ainsi les risques hydrauliques ou de débourrage des ouvrages déjà obstrués associés aux sondages de Montmorot peuvent être exclus.

Le site de Perrigny a fait l'objet d'une exploitation beaucoup plus réduite (334 114 tonnes de sel extraites durant les 67 ans d'exploitation). Sur les 6 sondages d'exploitation, trois ont été retrouvés. D'après les éléments d'archives réunis, le site ne présentait pas de nappe salée au toit du sel. L'exploitation s'est fait pas dissolution au pied des sondages à partir de l'eau des aquifères recoupés par les sondages d'exploitation, principalement dans les formations liasiques et le Rhétien. D'après les coupes des sondages, la succession lithologique du Keuper moyen est distincte de Montmorot et la dolomie moellon n'y a pas été observée. Ce contexte géologique et hydrogéologique ainsi que la méthode d'exploitation, ont conduit à étudier l'aléa de remontée d'une cloche d'effondrement au droit de chaque sondage d'exploitation. Les calculs effectués en considérant un coefficient de foisonnement de 1,2, conduisent à exclure la possibilité d'une remontée d'une cloche d'effondrement au droit de chaque sondage, en raison de la profondeur importante du toit du sel et de la base des sondages (>200 m) ainsi que la production modeste de l'exploitation.

Dans le cas des sondages de Perrigny, le schéma de fonctionnement hydrogéologique retenu permet d'exclure l'existence de circulations ascendantes depuis le toit du sel vers les sondages. Par ailleurs, l'arrêt de l'exploitation de ces sondages a supprimé le moteur hydraulique permettant des circulations d'eaux descendantes dans la colonne du sondage. Ceci est illustré par la stabilité de la stratification des eaux dans la colonne du sondage n°6, seul ouvrage retrouvé ayant permis des mesures jusqu'au bouchon au toit du sel ; bouchon épais de 20 m et situé à 185 m de profondeur. Son propriétaire n'a par ailleurs jamais constaté de comportement artésien sur ce sondage. Les autres sondages retrouvés (sondages n°1 et n°5) sont comblés sur l'essentiel de la colonne du sondage et ont une profondeur actuelle d'environ 20 m.

Ainsi l'absence de circulations ascendantes ou descendantes dans les sondages de Perrigny entre le toit du sel et les aquifères de recouvrement, permet d'exclure tout risque hydraulique ou de débourrage des ouvrages déjà obstrués, telles que les sondages non retrouvés de Perrigny (n°2, n°3 et n°4). Le traitement des sondages retrouvés permettra surtout la protection de l'aquifère de surface.

ANNEXES

Tableau des caractéristiques des sondages	Document n°18.107/ 10
Mesures effectuées sur les sondages accessibles du champ de Montmorot	Document n°18.107/ 21
Résultats des prélèvements d'eau effectués les 13 et 14 juin 2018	Document n°18.107/ 22
Mesures effectuées sur les sondages accessibles de Perrigny	Document n°18.107/ 23
Mesures du réseau de nivellement du site de Montmorot (source CSME)	Document n°18.107/ 27

Tableau des caractéristiques des sondages	Document n°18.107/ 10

INTERFACES LITHOLOGIQUES DES SONDAGES DE MONTMOROT

																		Keuper sup				
Nom	Profondeur du sondage (m)	Lambert 2 étendu X (m)	Lambert 2 étendu Y (m)	Z (m)	Profondeur alluvions	Epaisseur alluvions	Cote Mur alluvions	Profondeur Toit Lias	Profondeur Mur Lias	Epaisseur Lias	Cote Toit Lias	Cote Mur Lias	Profondeur Toit Rhétien	Profondeur Mur Rhétien	Epaisseur Rhétien	Cote Toit Rhétien	Cote Mur Rhétien	Profondeur Toit Keuper sup	Profondeur Mur	Epaisseur Keuper sup	Cote Toit Keuper sup	Cote Mur Keuper sup
SM 01	164,41	844367,5	2191447,8	240	7,45	7,45	232,55											7,45	71,8	64,35	232,55	170,2
SM 02	190,75	844871,7	219316,5	242	8	8	234											8	48,1	40,1	234	193,9
SM 03	192,84	844452	2191416,3	242	10,05	10,05	231,95	10,05	35,28	25,23	231,95	216,77						35,28	38,85	3,57	206,72	203,15
SM 04	150,73	844604,7	2191136,3	239	10,4	10,4	228,6											10,4	26	15,6	228,6	213
SM 05	200,02	844722,5	2191215	239	27	27	212											27	69,56	42,56	212	169,44
SM 06	318,71	844800,4	2191259,7	239	26,76	26,76	212,24											26,76	84,67	57,91	212,24	154,33
SM 07	140,03	844560,2	2191371,6	240	7,7	7,7	232,3	44,47	47,29	2,82	195,53	192,71	47,29	54,25	6,96	192,71	185,75	54,25	71,07	16,82	185,75	168,93
SM 08	164	844690,1	2191299,8	238	12,15	12,15	225,85											12,15	75	62,85	225,85	163
SM 09	163	844692,8	219194,4	238	16,3	16,3	221,7											16,3	62,8	46,5	221,7	175,2
SM 10	214,35	844737,5	2191401,3	243	5	5	238	5	47,35	42,35	238	195,65	47,35	56,4	9,05	195,65	186,6	56,4	134,45	78,05	186,6	108,55
SM 11	250,05	844821,2	2191283,3	240	25,3	25,3	214,7											25,3	88,6	63,3	214,7	151,4
SM 12	157,2	844675,6	2191321,8	239	10,7	10,7	228,3											10,7	70,73	60,03	228,3	168,27
SM 13	174,85	844643,7	2191259	237	22,55	22,55	214,45											22,55	35	12,45	214,45	202
SG 14	227,5	844513,3	2191523,5	250	1,8	1,8	248,2	1,8	38,6	36,8	248,2	211,4						38,6	72,3	33,7	211,4	177,7
SG 15	180,65	844662,6	2191427,1	243	5,2	5,2	237,8	5,2	40	34,8	237,8	203	40	69,9	29,9	203	173,1	69,9	135,5	65,6	173,1	107,5
SG 16	205,25	844815,5	2191390,2	243	15	15	228	15	51,5	36,5	228	191,5	51,5	70	18,5	191,5	173	70	145	75	173	98
SG 17	191,75	844593,8	2191473,7	244	3,65	3,65	240,35	3,65	48	44,35	240,35	196						48	130,45	82,45	196	113,55
SG 18	193,1	845069,7	2191576	253	4	4	249											4	9,3	5,3	249	243,7
SG 19	831,89	845065,5	2191195,7	243,7	12,5	12,5	231,2											12,5	22	9,5	231,5	221,7
SG 20	196	844907,3	2191383,7	244	7,2	7,2	236,8	7,2	19,7	12,5	236,8	224,3	19,7	43,8	24,1	224,3	200,2	43,8	134	90,2	200,2	110

					Keuper moyen														
Nom	Profondeur du sondage (m)	Lambert 2 étendu X (m)	Lambert 2 étendu Y (m)	Z (m)	Profondeur Toit Dolomie en dalles	Profondeur Mur Dolomie en dalles	Epaisseur Dolomie en dalles	Cote Toit Dolomie en dalles	Cote Mur Dolomie en dalles	Profondeur toit Grés à roseaux	Profondeur mur Grés à roseaux	Epaisseur Grés à roseaux	Cote Toit Grés à roseaux	Cote MurGrés à roseaux	Profondeur toit Keuper moy	Profondeur mur keuper moy	Epaisseur keuper moy	Cote Toit keuper moy	Cote Mur keuper moy
SM 01	164,41	844367,5	2191447,8	240	71,8	82,55	10,75	168,2	157,45	83,5	90,07	6,57	156,5	149,93	71,8	90,07	18,27	168,2	149,93
SM 02	190,75	844871,7	219316,5	242	48,1	57,65	9,55	193,9	184,35	72,3	104,85	32,55	169,7	137,15	48,1	104,85	56,75	193,9	137,15
SM 03	192,84	844452	2191416,3	242	38,85	41,29	2,44	203,15	200,71						38,85	70	31,15	203,15	172
SM 04	150,73	844604,7	2191136,3	239	26	37,95	11,95	213	201,05						26	45,79	19,79	213	193,21
SM 05	200,02	844722,5	2191215	239	69,59	80,6	11,01	169,41	158,4						69,59	80,6	11,01	169,41	158,4
SM 06	318,71	844800,4	2191259,7	239	84,67	101,92	17,25	154,33	137,08						84,67	112,39	27,72	154,33	126,61
SM 07	140,03	844560,2	2191371,6	240															
SM 08	164	844690,1	2191299,8	238	75	85,95	10,95	163	152,05						75	114	39	163	124
SM 09	163	844692,8	219194,4	238	62,8	72,5	9,7	175,2	165,5						62,8	80	17,2	175,2	158
SM 10	214,35	844737,5	2191401,3	243	134,45	145,8	11,35	108,55	97,2						134,45	156,9	22,45	108,55	86,1
SM 11	250,05	844821,2	2191283,3	240	88,6	101,6	13	151,4	138,4						88,6	101,6	13	151,4	138,4
SM 12	157,2	844675,6	2191321,8	239	70,73	79,5	8,77	168,27	159,5						70,73	114,005	43,275	168,27	124,995
SM 13	174,85	844643,7	2191259	237	35	43,65	8,65	202	193,35	97,8	100	2,2	139,2	137	35	100	65	202	137
SG 14	227,5	844513,3	2191523,5	250											Faille				
SG 15	180,65	844662,6	2191427,1	243	135,5	145,1	9,6	107,5	97,9						135,5	150,2	14,7	107,5	92,8
SG 16	205,25	844815,5	2191390,2	243	145	154	9	98	89	154	164	10	89	79	145	164	19	98	79
SG 17	191,75	844593,8	2191473,7	244	130,45	139,7	9,25	113,55	104,3						130,45	150,6	20,15	113,55	93,4
SG 18	193,1	845069,7	2191576	253	9,3	18	8,7	243,7	235						9,3	18	8,7	243,7	235
SG 19	831,89	845065,5	2191195,7	243,7	22	30	8	221,7	213,7	30	45	15	213,7	198,7	12,5	45	32,5	231,2	198,7
SG 20	196	844907,3	2191383,7	244	134	145	11	110	-145	145	149	4	99	95	134	149	15	110	95

Nom	Profondeur du sondage (m)	Lambert 2 étendu X (m)	Lambert 2 étendu Y (m)	Z (m)	Profondeur toit Sel dissous	Profondeur mur Sel dissous	Epaisseur Sel dissous	Cote Toit Sel dissous	Cote Mur Sel dissous	Profondeur toit Sel massif	Profondeur mur Sel massif	Epaisseur Sel massif	Cote Toit Sel massif	Cote Mur Sel massif	Profondeur toit du Lettenkhole	Profondeur mur du Lettenkhole	Epaisseur du Lettenkhole	Cote Toit du Lettenkhole	Cote Murdu Lettenkhole
SM 01	164,41	844367,5	2191447,8	240	90,07	128,81	38,74	149,93	111,19	128,81	164,41	35,6	111,19	75,59					
SM 02	190,75	844871,7	219316,5	242	104,85	143	38,15	137,15	99	143	190,75	47,75	99	51,25					
SM 03	192,84	844452	2191416,3	242	70	126,66	56,66	172	115,34	126,66	192,58	65,92	115,34	49,42					
SM 04	150,73	844604,7	2191136,3	239	45,79	121	75,21	193,21	118	121	150,3	29,3	118	88,7					
SM 05	200,02	844722,5	2191215	239	80,6	133,88	53,28	158,4	105,12	133,88	200,02	66,14	105,12	38,98					
SM 06	318,71	844800,4	2191259,7	239	112,39	132,19	19,8	126,61	106,81	132,19	351,42	219,23	106,81	-112,42	351,42	356,83	5,41	-112,42	-117,83
SM 07	140,03	844560,2	2191371,6	240	71,07	124,63	53,56	168,93	115,37	124,63	140,03	15,4	115,37	99,97					
SM 08	164	844690,1	2191299,8	238	114	137,3	23,3	124	100,7	137,3	164	26,7	100,7	74					
SM 09	163	844692,8	219194,4	238	80	134,2	54,2	158	103,8	134,2	193	58,8	103,8	45					
SM 10	214,35	844737,5	2191401,3	243	156,9	162,95	6,05	86,1	80,05	162,95	214,35	51,4	80,05	28,65					
SM 11	250,05	844821,2	2191283,3	240	101,6	134,2	32,6	138,4	105,8	134,2	250,05	115,85	105,8	-10,05					
SM 12	157,2	844675,6	2191321,8	239	114,05	157,2	43,15	124,95	81,8										
SM 13	174,85	844643,7	2191259	237	100	135,3	35,3	137	101,7	135,3	174,85		101,7						
SG 14	227,5	844513,3	2191523,5	250	72,3	147,5	75,2	177,7	102,5	147,5	227,5	80	102,5	22,5					
SG 15	180,65	844662,6	2191427,1	243	150,2	156,25	6,05	92,8	86,75	156,25	180,65	24,4	86,75	62,35					
SG 16	205,25	844815,5	2191390,2	243	164	165,4	1,4	79	77,6	165,4	205,25	39,85	77,6	37,75					
SG 17	191,75	844593,8	2191473,7	244	150,6	152,05	1,45	93,4	91,95	152,05	191,75	39,7	91,95	52,25					
SG 18	193,1	845069,7	2191576	253	18	152,9	134,9	235	100,1	152,9	193,1	40,2	100,1	59,9					
SG 19	831,89	845065,5	2191195,7	243,7	45	145	100	198,7	98,7	145	260	115	98,7	-16,3	260	267	7	-16,3	-23,3
SG 20	196	844907,3	2191383,7	244	149	173	24	95	71	173	196	23	71	48					

INTERFACES LITHOLOGIQUES DES SONDAGES DE PERRIGNY

																		Keuper sup				
Nom	Profondeur du sondage (m)	Lambert 2 étendu X (m)	Lambert 2 étendu Y (m)	Z (m)	Profondeur alluvions	Epaisseur alluvions	Cote Mur alluvions	Profondeur Toit Lias	Profondeur Mur Lias	Epaisseur Lias	Cote Toit Lias	Cote Mur Lias	Profondeur Toit Rhétien	Profondeur Mur Rhétien	Epaisseur Rhétien	Cote Toit Rhétien	Cote Mur Rhétien	Profondeur Toit Keuper sup	Profondeur Mur	Epaisseur Keuper sup	Cote Toit Keuper sup	Cote Mur Keuper sup
S01	224,1	848584,7	2190015	294	4,5	4,5	289,5	4,5	33,6	29,1	289,5	260,4	33,6	64,4	30,8	260,4	229,6	64,4	98,45	34,05	229,6	195,55
S02	220	848589,8	2190050,5	295	6	6	289	6	27,5	21,5	289	267,5	27,5	63,4	35,9	267,5	231,6	63,4	90,5	27,1	231,6	204,5
S03	225,7	848636,4	2190017	302	2,25	2,25	299,75	2,25	37,75	35,5	299,75	264,25	37,75	47,85	10,1	264,25	254,15	47,85	76,2	28,35	254,15	225,8
S04	231	848541,5	2190120,4	300	1	1	299	1	28	27	299	272	28	61,25	33,25	272	238,75	61,25	143,5	82,25	238,75	156,5
S05	225	848703,7	2189945,3	300	4,9	4,9	295,1	4,9	8,35	3,45	295,1	291,65						8,35	99	90,65	291,65	201
S06	230,4	848604,7	2190108,7	304	1,4	1,4	302,6	1,4	37	35,6	302,6	267						37			267	

					Keuper moyen														
Nom	Profondeur du sondage (m)	Lambert 2 étendu X (m)	Lambert 2 étendu Y (m)	Z (m)	Profondeur Toit Dolomie en dalles	Profondeur Mur Dolomie en dalles	Epaisseur Dolomie en dalles	Cote Toit Dolomie en dalles	Cote Mur Dolomie en dalles	Profondeur toit Grés à roseaux	Profondeur mur Grés à roseaux	Epaisseur Grés à roseaux	Cote Toit Grés à roseaux	Cote Mur Grés à roseaux	Profondeur toit Keuper moy	Profondeur mur keuper moy	Epaisseur keuper moy	Cote Toit keuper moy	Cote Mur keuper moy
S01	224,1	848584,7	2190015	294	98,45	104,85	6,4	195,55	189,15						98,45	104,5	6,05	195,55	189,5
S02	220	848589,8	2190050,5	295	90,5	97,45	6,95	204,5	197,55						90,5	97,45	6,95	204,5	197,55
S03	225,7	848636,4	2190017	302	76,2	82,5	6,3	225,8	219,5						76,2	82,5	6,3	225,8	219,5
S04	231	848541,5	2190120,4	300	143,5	152,5	9	156,5	147,5						143,5	165	21,5	156,5	135
S05	225	848703,7	2189945,3	300	99	104,6	5,6	201	195,4						94	121,2	27,2	206	178,8
S06	230,4	848604,7	2190108,7	304												161			143

					Keuper inf									
Nom	Profondeur du sondage (m)	Lambert 2 étendu X (m)	Lambert 2 étendu Y (m)	Z (m)	Profondeur toit Sel dissous	Profondeur mur Sel dissous	Epaisseur Sel dissous	Cote Toit Sel dissous	Cote Mur Sel dissous	Profondeur toit Sel massif	Profondeur mur Sel massif	Epaisseur Sel massif	Cote Toit Sel massif	Cote Mur Sel massif
S01	224,1	848584,7	2190015	294	104,85	168	63,15	189,15	126	168	224,1		126	
S02	220	848589,8	2190050,5	295	97,4	141,25	43,85	197,6	153,75	141,25	220		153,75	
S03	225,7	848636,4	2190017	302	82,5	198,5	116	219,5	103,5	198,5	224		103,5	
S04	231	848541,5	2190120,4	300	165	204,5	39,5	135	95,5	204,5	224		95,5	
S05	225	848703,7	2189945,3	300	121,2	198,7	77,5	178,8	101,3	198,7	224		101,3	
S06	230,4	848604,7	2190108,7	304	161	204,8	43,8	143	99,2	204,8	224		99,2	

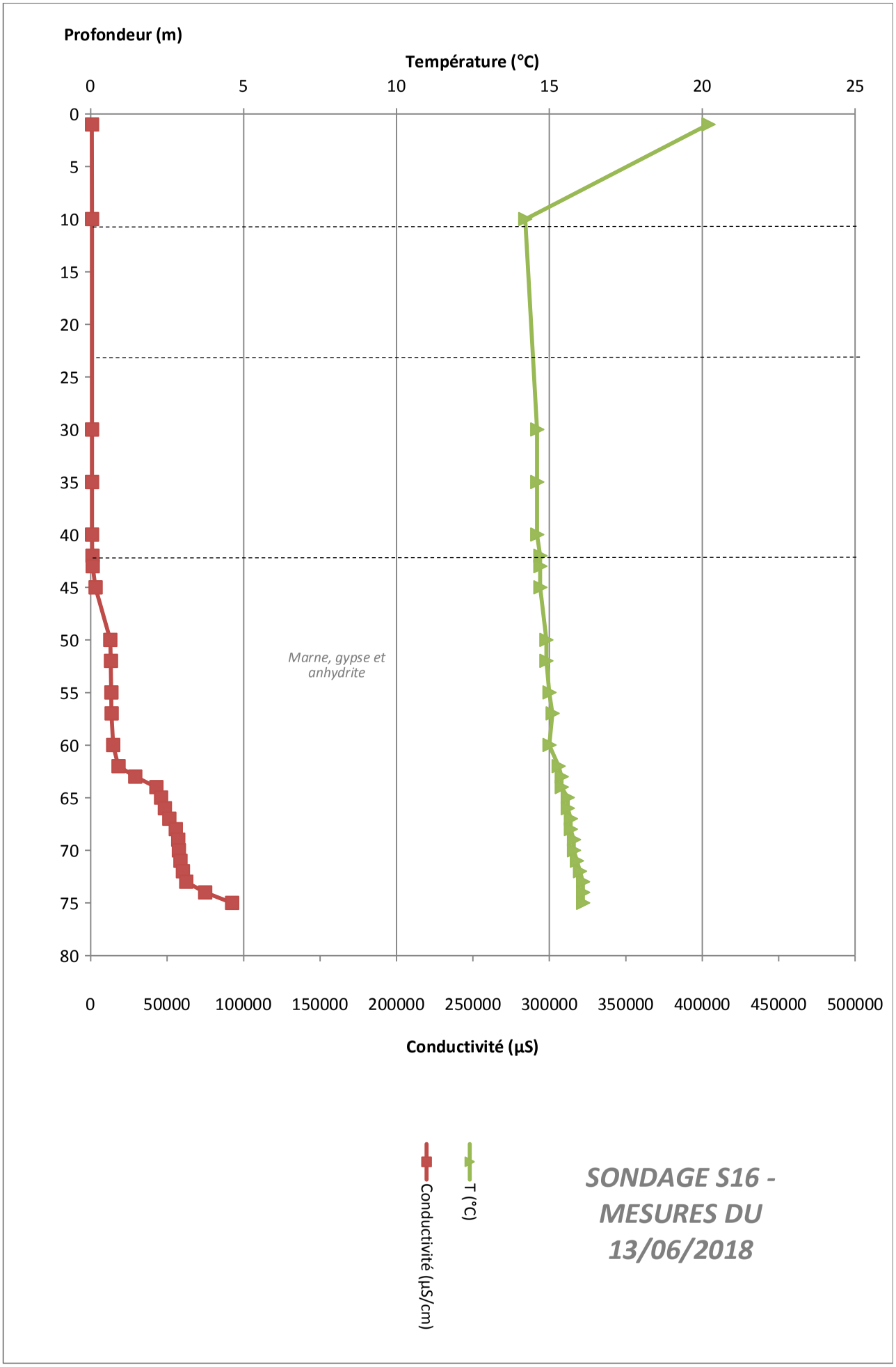
Mesures effectuées sur les sondages accessibles du champ de Montmorot	Document n°18.107/ 21

MONTMORTOT **SONDAGE N°16**

Niveau d'eau par rapport au sol (m) **2,16**

Repère : haut du tubage de diamètre 310 mm

Profondeur par rapport au repère (m)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)
1	739	20,2
10	810	14,21
30	820	14,6
35	824	14,6
40	860	14,6
42	1050	14,7
43	1250	14,7
45	3060	14,7
50	12800	14,9
52	13100	14,9
55	13400	15
57	13600	15,1
60	14670	15
62	18100	15,3
63	29100	15,4
64	42900	15,4
65	45900	15,6
66	48400	15,6
67	51400	15,7
68	55500	15,7
69	57200	15,8
70	57600	15,8
71	58600	15,9
72	60200	16
73	62400	16,1
74	74800	16,1
75	92400	16,1

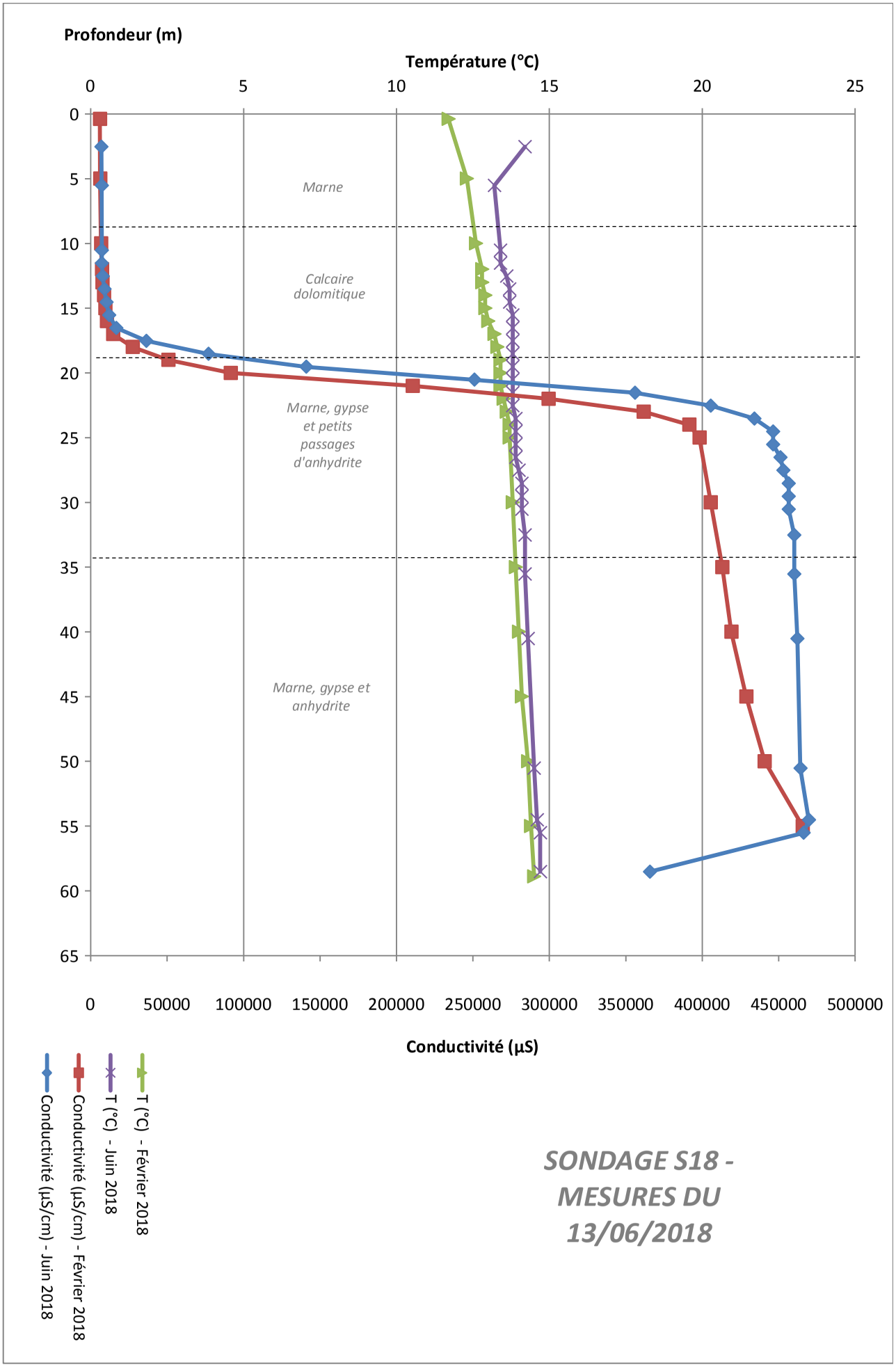

Profondeur (m)
Température (°C)
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
70
75
80
Marne, gypse et anhydrite
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
350000
400000
450000
500000
Conductivité (µS)
Conductivité (µS/cm)
T (°C)
SONDAGE S16 - MESURES DU 13/06/2018

MONTMORTOT **SONDAGE N°18**

Mesures de février 2018		
Niveau d'eau par rapport au sol (m)	0,39	
Profondeur par rapport au niveau du sol (m)	Conductivité (µS/cm) - Février 2018	T (°C) - Février 2018
0,39	6027	11,7
5	6162	12,3
10	6750	12,6
12	7310	12,8
13	7600	12,8
14	8598	12,9
15	9522	12,9
16	10500	13
17	14600	13,2
18	27400	13,3
19	50800	13,4
20	91600	13,4
21	210500	13,4
22	299400	13,5
23	361600	13,6
24	391500	13,7
25	398200	13,7
30	405500	13,8
35	413100	13,9
40	419000	14
45	428800	14,1
50	440800	14,3
55	465600	14,4
58,9	239000	14,5

MONTMORTOT **SONDAGE N°18**

Mesures du 13 juin 2018			
Niveau d'eau par rapport au	0,555		
Profondeur par rapport au niveau du sol (m)	Profondeur par rapport au repère de mesure (m)	Conductivité (µS/cm) - Juin 2018	T (°C) - Juin 2018
2,53	2	6927	14,2
5,53	5	7193	13,2
10,53	10	7220	13,4
11,53	11	7243	13,4
12,53	12	7784	13,6
13,53	13	8936	13,7
14,53	14	10200	13,7
15,53	15	12000	13,8
16,53	16	16700	13,8
17,53	17	36400	13,8
18,53	18	77000	13,8
19,53	19	141000	13,8
20,53	20	250900	13,8
21,53	21	355900	13,8
22,53	22	405500	13,8
23,53	23	434100	13,9
24,53	24	446300	13,9
25,53	25	446300	13,9
26,53	26	451100	13,9
27,53	27	453000	14
28,53	28	456500	14,1
29,53	29	456500	14,1
30,53	30	456500	14,1
32,53	32	460200	14,2
35,53	35	460200	14,2
40,53	40	462200	14,3
50,53	50	464200	14,5
54,53	54	469700	14,6
55,53	55	466300	14,7
58,53	58	365700	14,7


Profondeur (m)
Température (°C)
0
5
10
15
20
25
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50
55
60
65
Marne
Calcaire dolomitique
Marne, gypse et petits passages d'anhydrite
Marne, gypse et anhydrite
0
50000
100000
150000
200000
250000
300000
350000
400000
450000
500000
Conductivité (µS)
Conductivité (µS/cm) - Juin 2018
Conductivité (µS/cm) - Février 2018
T (°C) - Juin 2018
T (°C) - Février 2018
SONDAGE S18 - MESURES DU 13/06/2018

MONTMORTOT **SONDAGE N°20**

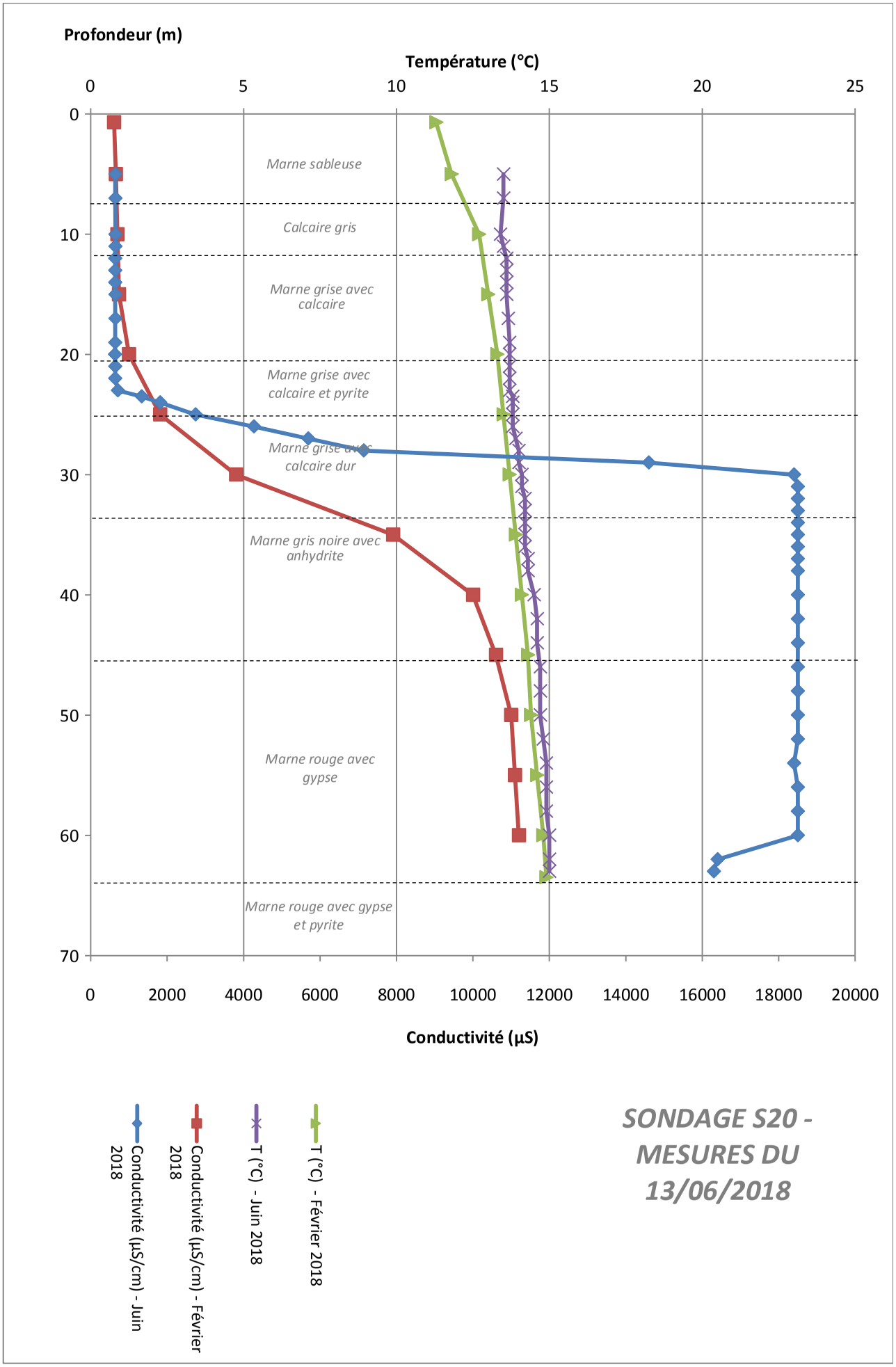
Niveau d'eau par rapport au haut du tubage (m) 0,7

Mesures de février 2018		
Profondeur par rapport au repère de mesure (m)	Conductivité (µS/cm) - Février 2018	T (°C) - Février 2018
0,7	610	11,3
5	658	11,8
10	696	12,7
15	739	13
20	1000	13,3
25	1817	13,5
30	3800	13,7
35	7913	13,9
40	10000	14,1
45	10600	14,3
50	11000	14,4
55	11100	14,6
60	11200	14,8
63,5	10000	14,9

MONTMORTOT **SONDAGE N°20**

Niveau d'eau par rapport au haut du tubage (m) 0,67

Mesures du 13 juin 2018		
Profondeur par rapport au repère de mesure (m)	Conductivité (µS/cm) - Juin 2018	T (°C) - Juin 2018
5	643	13,5
7	641	13,5
10	644	13,4
11	643	13,5
12	640	13,6
13	640	13,6
14	640	13,6
15	641	13,6
17	641	13,65
19	640	13,7
20	633	13,7
21	639	13,7
22	640	13,7
23	710	13,7
23,5	1329	13,8
24	1814	13,8
25	2740	13,8
26	4266	13,8
27	5691	13,9
28	7140	14
29	14600	14
30	18400	14,1
31	18500	14,1
32	18500	14,2
33	18500	14,2
34	18500	14,2
35	18500	14,2
36	18500	14,2
37	18500	14,3
38	18500	14,3
40	18500	14,5
42	18500	14,6
44	18500	14,6
46	18500	14,7
48	18500	14,7
50	18500	14,7
52	18500	14,8
54	18400	14,9
56	18500	14,9
58	18500	14,9
60	18500	15
62	16400	15
63	16300	15


Profondeur (m)
Température (°C)
0
5
10
15
20
25
0
10
20
30
40
50
60
70
Marne sableuse
Calcaire gris
Marne grise avec calcaire
Marne grise avec calcaire et pyrite
Marne grise avec calcaire dur
Marne gris noire avec anhydrite
Marne rouge avec gypse
Marne rouge avec gypse et pyrite
0
2000
4000
6000
8000
10000
12000
14000
16000
18000
20000
Conductivité (µS)
Conductivité (µS/cm) - Juin 2018
Conductivité (µS/cm) - Février 2018
T (°C) - Juin 2018
T (°C) - Février 2018
SONDAGE S20 - MESURES DU 13/06/2018

Résultats des prélèvements d'eau effectués les 13 et 14 juin 2018	Document n°18.107/ 22

RESULTATS DES PRELEVEMENTS D'EAU EFFECTUES LES 13 ET 14 JUIN 2018

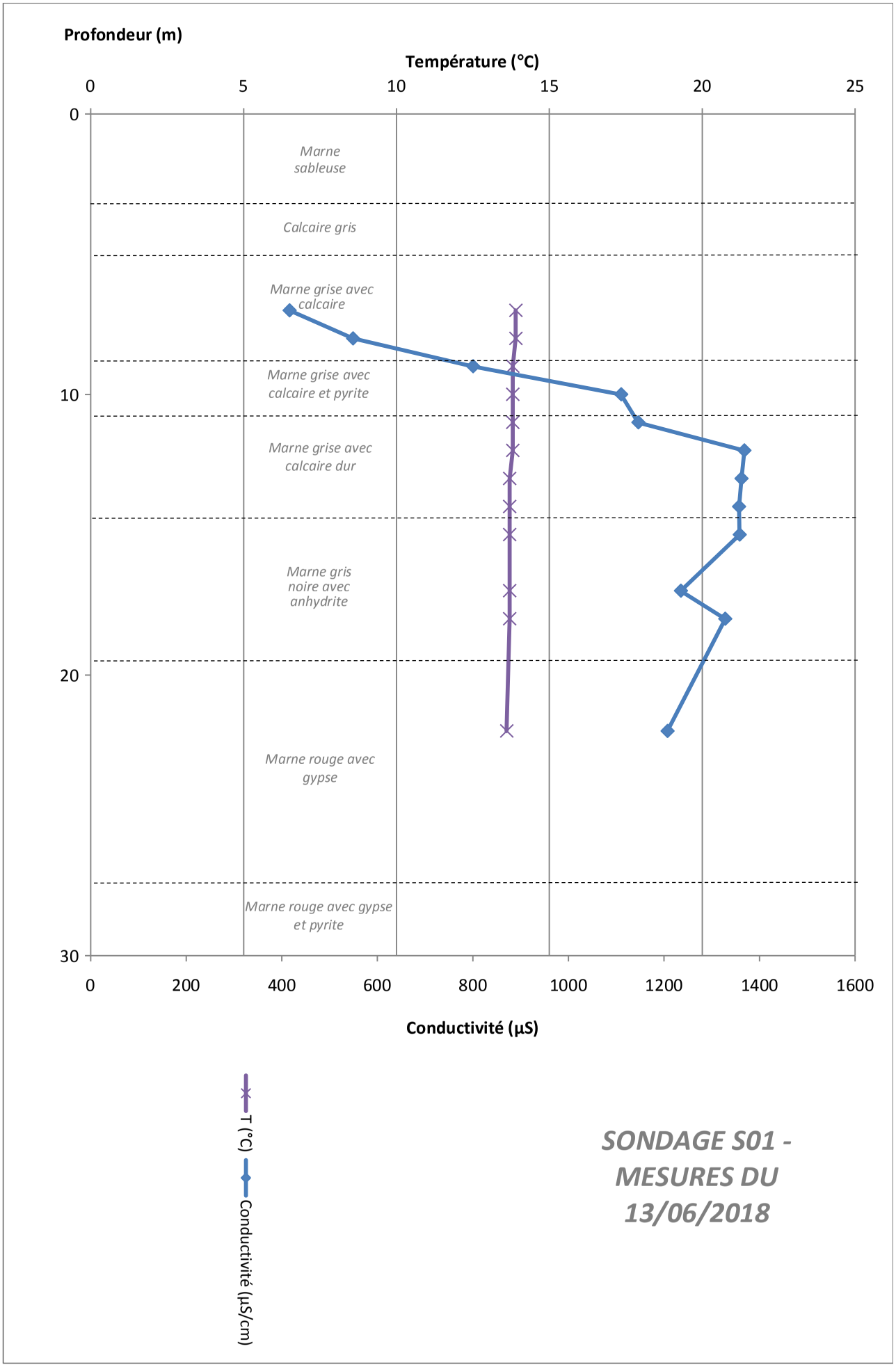
Nom des échantillons	TA	TAC	CO3	HCO3	NO3	N-NO3	NO2	N-NO2	Cl	SO4	Ca	Fe	Mg	Mn	K	Na
A	2	20,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,04	0,01	32775,97	667,87	158,83	0,01	205,97	0,12	673,48	14143,06
B	2	62,98	24,00	493,68	1,00	1,00	0,04	0,01	2445,92	56,79	10,12	0,01	15,69	0,01	127,08	1237,02
C	2	20,00	0,00	0,00	1,00	1,00	0,04	0,01	118197,67	7832,38	122,00	0,01	697,79	0,21	2852,88	59810,87
D	2	20,00	20,00	32,23	1,00	0,04	0,04	0,01	143,55	13,75	75,35	0,88	12,43	0,01	8,64	91,30
E	2	0,00	0,00	0,00	1,00	0,04	0,04	0,01	4704,38	769,51	309,99	0,01	75,31	0,01	124,43	1730,03
F	2	20,00	20,00	219,86	1,00	0,04	0,04	0,01	87,33	110,35	37,63	0,01	12,94	0,01	11,85	100,80
G	2	0,00	0,00	0,00	1,00	0,04	0,04	0,01	30537,27	6870,88	184,04	0,01	768,88	0,10	2282,12	15541,29
H	2	20,00	20,00	322,63	1,00	0,04	0,04	0,01	38,77	7,08	128,77	0,01	21,85	0,01	4,41	35,38
I	2	20,00	20,00	232,44	1,00	1,00	0,04	0,01	154,13	116,84	159,72	0,01	23,62	0,01	3,42	65,57
J	2	20,00	20,00	205,70	5,09	1,15	0,04	0,01	40,35	20,96	117,45	0,10	9,65	0,01	3,94	30,71

Toutes les valeurs sont exprimés en mg/l

Mesures effectuées sur les sondages accessibles de Perrigny	Document n°18.107/ 23

PERRIGNY	SONDAGE N°05
Niveau d'eau par rapport au haut du tubage (m)	3,025

Mesures du 13 juin 2018			
Profondeur par rapport au niveau du sol (m)	Profondeur par rapport au repère de mesure (m)	Conductivité (µS/cm)	T (°C)
7	7	416	13,9
8	8	549	13,9
9	9	800	13,8
10	10	1110	13,8
11	11	1146	13,8
12	12	1368	13,8
13	13	1362	13,7
14	14	1357	13,7
15	15	1358	13,7
17	17	1235	13,7
18	18	1328	13,7
22	22	1207	13,6

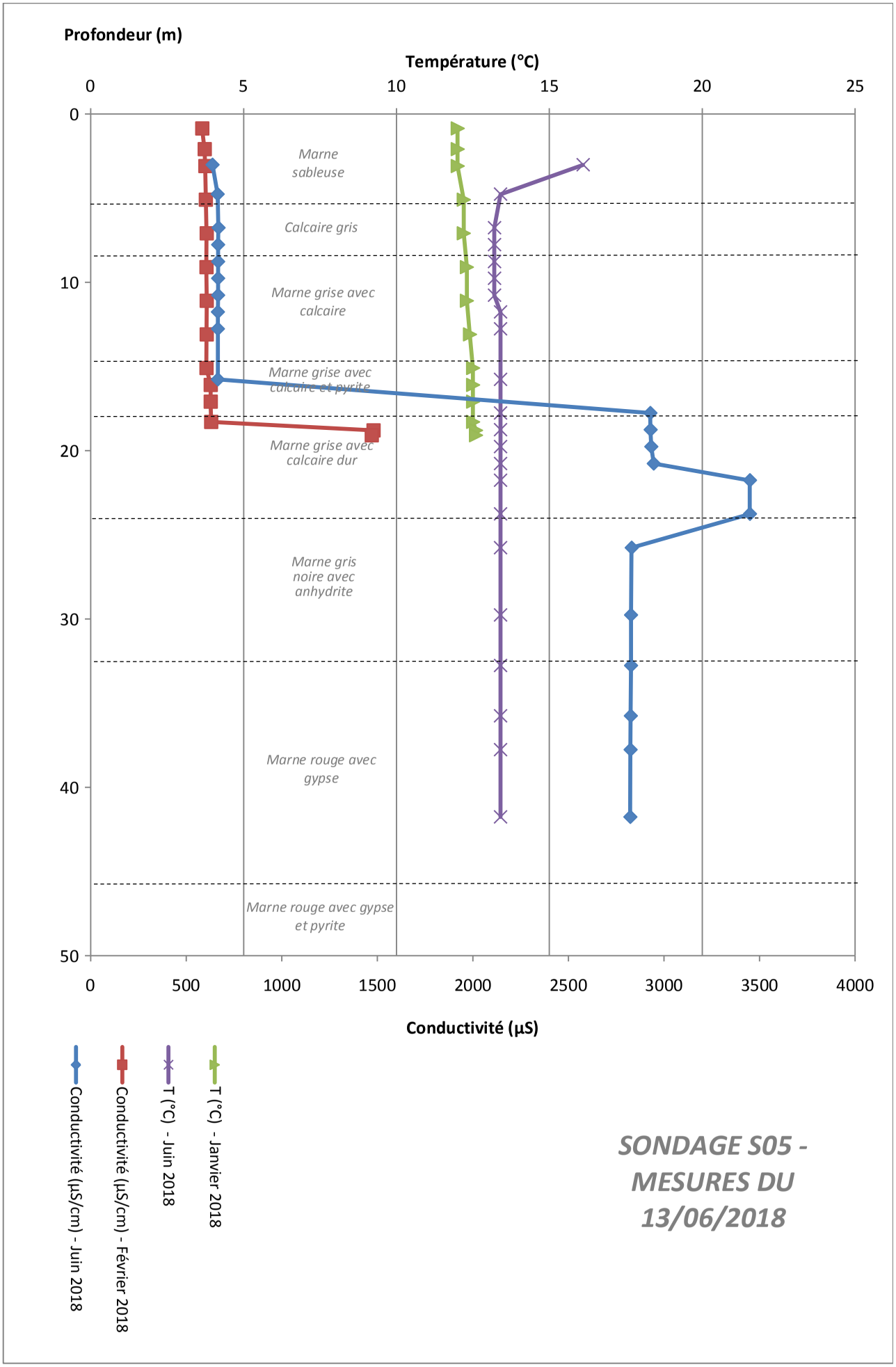

Profondeur (m)
Température (°C)
0
5
10
15
20
25
0
10
20
30
Marne sableuse
Calcaire gris
Marne grise avec calcaire
Marne grise avec calcaire et pyrite
Marne grise avec calcaire dur
Marne gris noire avec anhydrite
Marne rouge avec gypse
Marne rouge avec gypse et pyrite
0
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
Conductivité (µS)
T (°C)
Conductivité (µS/cm)
SONDAGE S01 - MESURES DU 13/06/2018

PERRIGNY	SONDAGE N°05
Niveau d'eau par rapport au haut du tubage (m)	0,86

Mesures de janvier 2018		
Profondeur par rapport au repère de mesure (m)	Conductivité (µS/cm) - Février 2018	T (°C) - Janvier 2018
0,86	583	12
2,1	596	12
3,1	599	12
5,1	602	12,2
7,1	606	12,2
9,1	605	12,3
11,1	607	12,3
13,1	606	12,4
15,1	605	12,5
16,1	628	12,5
17,1	627	12,5
18,3	630	12,5
18,8	1480	12,6
19,1	1470	12,6

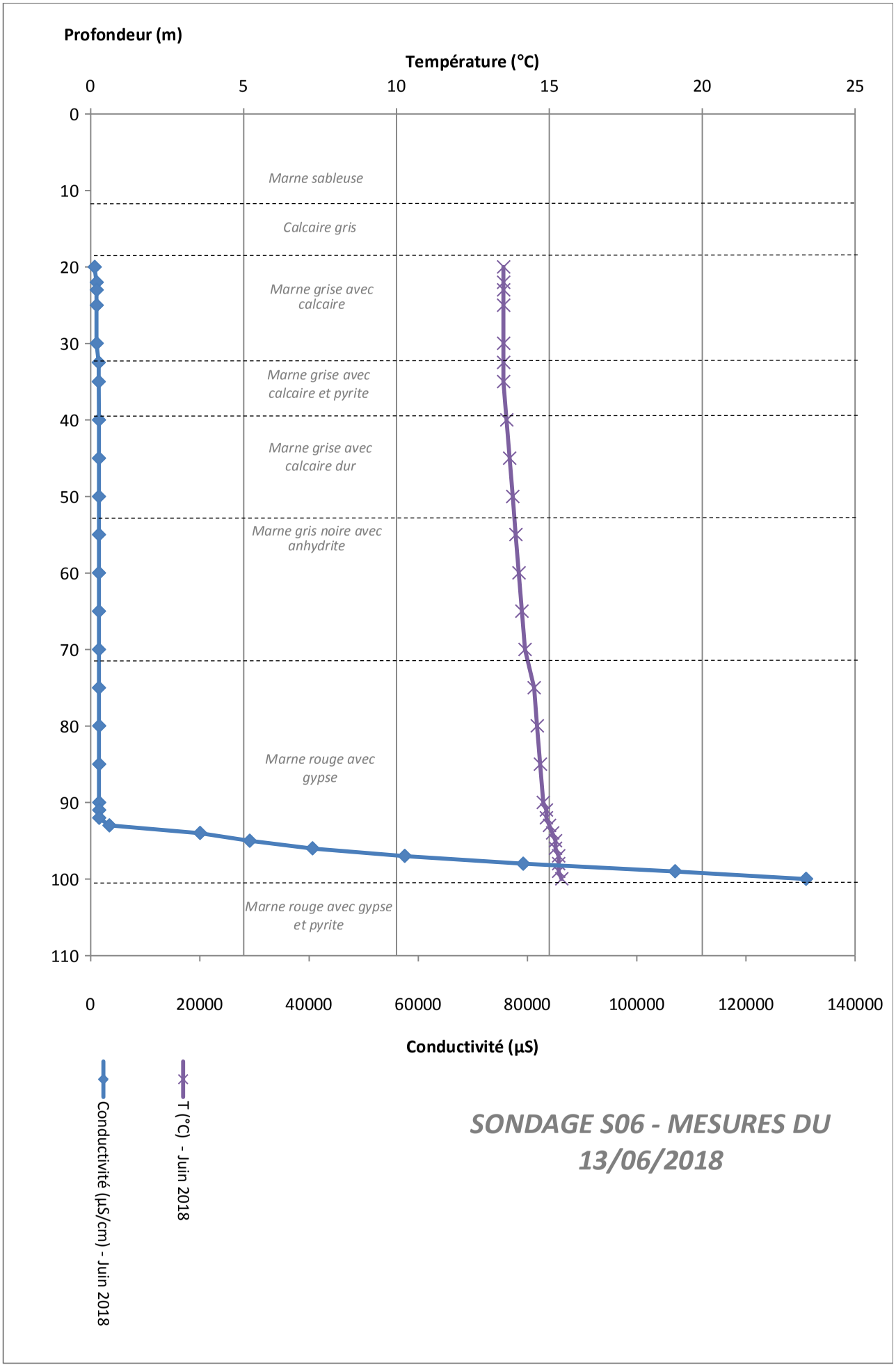
PERRIGNY	SONDAGE N°05
Niveau d'eau par rapport au haut du tubage (m)	3,025

Mesures du 13 juin 2018			
Profondeur par rapport au niveau du sol (m)	Profondeur par rapport au repère de mesure (m)	Conductivité (µS/cm) - Juin 2018	T (°C) - Juin 2018
3,025	2,255	637	16,1
4,77	4	664	13,4
6,77	6	668	13,2
7,77	7	666	13,2
8,77	8	666	13,2
9,77	9	666	13,2
10,77	10	666	13,2
11,77	11	665	13,4
12,77	12	665	13,4
15,77	15	665	13,4
17,77	17	2928	13,4
18,77	18	2929	13,4
19,77	19	2933	13,4
20,77	20	2946	13,4
21,77	21	3449	13,4
23,77	23	3449	13,4
25,77	25	2830	13,4
29,77	29	2827	13,4
32,77	32	2827	13,4
35,77	35	2825	13,4
37,77	37	2824	13,4
41,77	41	2823	13,4


Profondeur (m)
Température (°C)
0
5
10
15
20
25
0
10
20
30
40
50
Marne sableuse
Calcaire gris
Marne grise avec calcaire
Marne grise avec calcaire et pyrite
Marne grise avec calcaire dur
Marne gris noire avec anhydrite
Marne rouge avec gypse
Marne rouge avec gypse et pyrite
0
500
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
Conductivité (µS)
Conductivité (µS/cm) - Juin 2018
Conductivité (µS/cm) - Février 2018
T (°C) - Juin 2018
T (°C) - Janvier 2018
SONDAGE S05 - MESURES DU 13/06/2018

PERRIGNY	SONDAGE N°06
Niveau d'eau par rapport au haut du tubage (m)	16,67

Mesures du 13 juin 2018		
Profondeur par rapport au repère de mesure (m)	Conductivité (µS/cm) - Juin 2018	T (°C) - Juin 2018
20	700	13,5
22	1070	13,5
23	1071	13,5
25	1071	13,5
30	1071	13,5
32,5	1451	13,5
35	1452	13,5
40	1504	13,6
45	1505	13,7
50	1505	13,8
55	1505	13,9
60	1502	14
65	1502	14,1
70	1503	14,2
75	1500	14,5
80	1507	14,6
85	1509	14,7
90	1510	14,8
91	1519	14,9
92	1513	14,9
93	3410	15
94	20000	15,1
95	29100	15,2
96	40600	15,2
97	57500	15,3
98	79200	15,3
99	107000	15,3
100	131010	15,4


Profondeur (m)
Température (°C)
0
5
10
15
20
25
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
110
Marne sableuse
Calcaire gris
Marne grise avec calcaire
Marne grise avec calcaire et pyrite
Marne grise avec calcaire dur
Marne gris noire avec anhydrite
Marne rouge avec gypse
Marne rouge avec gypse et pyrite
0
20000
40000
60000
80000
100000
120000
140000
Conductivité (µS)
Conductivité (µS/cm) - Juin 2018
T (°C) - Juin 2018
SONDAGE S06 - MESURES DU 13/06/2018

Mesures du réseau de nivellement du site de Montmorot (source CSME)	Document n°18.107/ 27

MESURES DU RESEAU DE NIVELLEMENT DU SITE DE MONTMOROT (Source CSME)

Nom	Nombre de mesures	Mise en route	X en L93-CC47	Y en L93-CC47	1949	1951	1955	1960	1964	1965	1967	1968	1969	1971	1972	1973	1975	1978	1981	1985	1991	1996	2004	2009	2015
Portail saline	21	1949	1894121,85	6166856,06	247,743	247,752	247,716	247,699	247,666	247,626	247,589	247,587	247,572	247,557	247,542	247,529	247,527	247,508	247,507	247,487	247,475	247,470	247,466	247,466	247,460
10	8	1949	1894285,47	6167376,81														246,304	246,306	246,297	246,286	246,288	246,286	246,284	246,284
Maison Perraud (1)	18	1949	1893577,3	6167144,72	240,383				240,368	240,357	240,340	240,347	240,350	240,353	240,352	240,344	240,348	240,346	240,346	240,341	240,335	240,335	240,339	240,341	240,339
Maison Gallet (8)	17	1949	1893624,01	6167151,39	239,515	239,516	239,518	239,508	239,504	239,474	239,457	239,458	239,461	239,459	239,459	239,451	239,455	239,449	239,444	239,440	239,430				
Parapet pont (2)	21	1949	1893586,3	6167168,8	240,810	240,810	240,806	240,811	240,812	240,785	240,768	240,774	240,779	240,782	240,780	240,770	240,776	240,772	240,773	240,765	240,760	240,760	240,761	240,764	240,763
Mairie S-E (5)	21	1949	1893611,83	6167192,01	239,047	239,054	239,051	239,050	239,039	239,027	239,008	239,008	239,015	239,019	239,016	239,008	239,014	239,009	239,008	239,000	238,992	238,993	238,995	238,996	238,995
Maison Buclet (7)	21	1949	1893646,64	6167223,92	239,827	239,836	239,821	239,821	239,817	239,798	239,775	239,778	239,780	239,785	239,779	239,772	239,776	239,770	239,765	239,754	239,748	239,745	239,740	239,738	239,735
3	21	1949	1893594,28	6167195,92	240,829	240,829	240,824	240,829	240,829	240,803	240,787	240,791	240,797	240,800	240,798	240,789	240,795	240,792	240,793	240,784	240,780	240,779	240,781	240,784	240,784
Puits n°7	8	1949	1893844,78	6167294,83	239,759	239,710	239,505	239,256	239,081	239,034	238,981	238,972													
Puits n°8	6	1949	1893974	6167222	240,299	240,236	240,038	239,766	239,624	239,586															
Puits n°10	11	1949	1894022,35	6167323,11	243,994	243,992	243,967	243,920	243,882	243,860	243,830	243,831	243,850	243,843	243,843										
Puits n°18	13	1949	1894358,65	6167493,47	253,304	253,340	253,383	253,329	253,330	253,255	253,249	253,263	253,296	253,288	253,290	253,293	253,301								
Abattoir (6)	12	1949	1893634,09	6167222,33	239,386	239,389	239,385	239,382	239,383	239,359	239,337	239,339	239,346	239,347	239,345	239,333									
NGF Laiterie	17	1964	1893501,87	6167084,96					239,180	239,180	239,160	239,168	239,167	239,174	239,170	239,170	239,170	239,170	239,170	239,170	239,170	239,170	239,170	239,17	239,170
Mairie N-E (4)	17	1964	1893614,44	6167214,93					239,167	239,159	239,141	239,139	239,148	239,152	239,148	239,138	239,147	239,141	239,139	239,132	239,128	239,128	239,128	239,129	239,126
E	16	1965	1894490,87	6167372,17						253,102	253,103	253,130	253,160	253,153	253,154	253,156	253,168	253,160	253,166	253,157	253,148	253,149	253,152	253,159	253,160
F	16	1965	1894276,19	6167516,65						251,320	251,308	251,324	251,356	251,352	251,348	251,349	251,362	251,353	251,353	251,352	251,352	251,345	251,348	251,354	251,358
G	16	1965	1894150,86	6167529,41						258,482	258,467	258,479	258,519	258,516	258,510	258,510	258,524	258,510	258,517	258,501	258,491	258,492	258,492	258,497	258,502
A	12	1965	1893881,63	6167049,27						240,005	239,948	239,947	239,953	239,946	239,942	239,930	239,933	239,920	239,920	239,906	239,891				
J	16	1965	1893620,53	6167387,83						244,763	244,747	244,751	244,764	244,761	244,759	244,747	244,755	244,750	244,748	244,742	244,736	244,731	244,725	244,729	244,729
I	16	1965	1893704,08	6167488,21						249,573	249,550	249,552	249,561	249,555	249,552	249,539	249,546	249,541	249,535	249,525	249,516	249,509	249,497	249,502	249,500
D	13	1965	1894395,28	6167196,22						244,602	244,586	244,600	244,611	244,605	244,604	244,602	244,610	244,604	244,605	244,601	244,578	244,570			
Puits n°19	5	1965	1894368,31	6167115,46						244,407	244,373	244,398	244,409	244,401											
B	10	1965	1894099,07	6167027,95						241,603	241,579	241,590	241,586	241,579	241,571	241,563	241,542	241,549	241,552						
N	14	1968	1894219,61	6166799,2								250,345	250,336	250,327	250,315	250,304	250,308	250,29	250,292	250,271	250,267	250,266	250,257	250,258	250,254
L	14	1968	1893769,65	6166930,33								242,477	242,474	242,462	242,451	242,439	242,434	242,417	242,416	242,404	242,389	242,385	242,382	242,379	242,369
M	14	1968	1893563,09	6166989,51								243,723	243,727	243,730	243,725	243,724	243,727	243,729	243,728	243,725	243,721	243,724	243,726	243,73	243,733
O	7	1968	1894278,43	6166842,71								248,129	248,119	248,109	248,095	248,088	248,086	248,073							
Q	9	1971	1893729,03	6167335,03										240,904	240,904	240,890	240,898	240,887	240,883	240,877	240,873	240,868			
P	12	1971	1893903,1	6167229,72										241,591	241,589	241,575	241,580	241,566	241,565	241,549	241,531	241,521	241,512	241,515	241,503
T	10	1973	1894049,9	6167133,41												240,893	240,900	240,888	240,887	240,865	240,855	240,855	240,842	240,836	240,830
V	6	1973	1894212,36	6166990,67												245,409	245,401	245,384	245,383	245,364	245,343				
U	10	1973	1893933,27	6166920,46												242,371	242,373	242,353	242,352	242,331	242,326	242,315	242,301	242,303	242,292
34	9	1973	1893770,81	6166944,83												242,248		242,228	242,226	242,215	242,198	242,197	242,191	242,188	242,179
Y	6	1973	1893758,62	6167082,93												238,936	238,937	238,927	238,922	238,912	238,896				
Repère n°8bis	9	1973	1893642,29	6167137,76												239,327		239,326	239,323	239,313	239,305	239,305	239,305	239,307	239,302
20	9	1973	1893688,42	6167339,68												240,746		240,749	240,744	240,725	240,696	240,690	240,673	240,671	240,668
S	10	1973	1894032,78	6167330,39												243,378	243,388	243,381	243,384	243,375	243,365	243,367	243,361	243,364	243,360
R	10	1973	1893883,95	6167529,7												260,561	260,576	260,565	260,561	260,548	260,543	260,537	260,525	260,542	260,539
X	3	1973	1894382,8	6167123,83												244,236	244,241	244,239							
W	5	1973	1894056,72	6167032,59												240,722	240,727	240,715	240,719	240,704					
18	3	1973	1893574,47	6167040,13												240,747		240,749	240,746						
Z	9	1975	1893988,39	6167522,16													276,785	276,771	276,775	276,757	276,747	276,750	276,744	276,767	276,771
11	8	1978	1894403,26	6167481,83														254,336	254,344	254,336	254,325	254,327	254,331	254,336	254,345
K	5	1978	1894150,86	6167229,72														243,784	243,777	243,773	243,761	243,762			
26	8	1978	1893716,27	6166970,94														241,792	241,790	241,783	241,768	241,768	241,767	241,763	241,758
Repère n°9	1	1978	1893875,68	6167352,15														240,611							
X'	7	1981	1894385,27	6167123,83															244,806	244,800	244,791	244,794	244,790	244,787	244,786
W'	4	1991	1894096,9	6167063,78															242,089	242,086	242,070	242,066			
D'	4	1996	1894492,61	6167166,48																		246,107	246,107	246,114	246,114
K'	4	1996	1894152,89	6167190,56																		242,127	242,114	242,116	242,108
A'	3	1996	1893881,12	6167051,38																		239,558	239,541	239,535	
Y'	3	1996	1893756,23	6167086,12																		238,637	238,628	238,634	