

Hydrogéologie et Hydrochimie des eaux du secteur de St Félix de Pallières

Séverin PISTRE
Professeur d'Hydrogéologie

*Assemblée Générale association ADAMVM30
17 Février 2018*



**HydroSciences
Montpellier**



Historique des travaux réalisés par le laboratoire HSM – Université Montpellier

- Mars 2015 – Reportage TV (Alain Renon)
 - Prélèvements (16 sur secteur élargi)

Financement
société production

- Avril 2016 - stage étudiant 2 semaines :
 - Inventaire des points d'eau
 - Mesures de terrain (conductivité, pH)

- Mai 2016 à Juillet 2016 - stage étudiant 3 mois:
 - Inventaire des points d'eau
 - Hydrogéologie (fracturation, coupes..)
 - Prélèvements (18 en Mai + 9 en Juillet)
→ présentation + rapport de master

Financement
participatif

- Novembre 2016 stage étudiant 1 mois
 - Prélèvements (10)

- Juillet 2017
 - Prélèvements (9)
 - (sur points signalés lors de l'AG 2017)

Financement
Université



Eléments chimiques analysés

Eléments majeurs (en milligrammes par litre)

HCO₃⁻ Carbonates

Cl⁻ Chlorures

NO₃⁻ Nitrates

SO₄ Sulfates

Ca⁺⁺ Calcium

Mg⁺⁺ Magnésium

Na⁺ Sodium

F⁻ Fer

SiO₂ Oxyde de silice

K⁺ Potassium

→ Total de 62 échantillons analysés



Éléments chimiques analysés

→ Total de 62 échantillons analysés

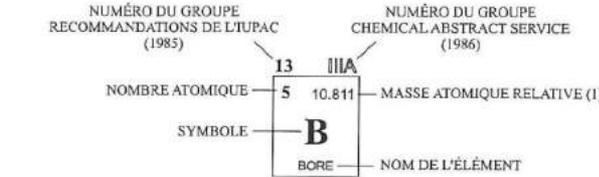
Éléments mineurs (en microgrammes par litre)

Li	Lithium	Rb	Rubidium	Ho	Holmium
B	Bore	Sr	Strontium	Er	Erbium
Na	Sodium	Y	Yttrium	Tm	Thulium
Mg	Magnésium	Mo	Molybdène	Yb	Ytterbium
Al	Aluminium	Cd	Cadmium	Lu	Lutetium
Si	Silice	Sn	Etain	Tl	Thalium
S	Soufre	Sb	<i>Antimoine</i>	Pb	Plomb
K	Potassium	Cs	Césium	Th	Thorium
Ca	Calcium	Ba	Barium	U	Uranium
V	Vanadium	La	Lanthane		
Cr	Chrome	Ce	Cérium		
Mn	Manganèse	Pr	Prométhium		
Fe	Fer	Nd	Néodyme		
Co	Cobalt	Sm	Samarium		
Ni	Nickel	Eu	Europium		
Cu	Cuivre	Gd	Gadolinium		
Zn	Zinc	Tb	Terbium		
As	Arsenic	Dy	Dysprosium		

TABLEAU PÉRIODIQUE DES ÉLÉMENTS

<http://www.ktf-split.hr/periodni/fr/>

PÉRIODE	GROUPE																						
	1 IA	2 IIA		3 IIIB 4 IVB 5 VIB 6 VIB 7 VIIB 8 VIIIIB 9 10										11 IB	12 IIB	13 IIIA	14 IVA	15 VA	16 VIA	17 VIIA	18 VIIIA		
1	1 1.0079 H HYDROGÈNE																		18 4.0026 He HÉLIUM				
2	3 6.941 Li LITHIUM	4 9.0122 Be BÉRYLLIUM																5 10.811 B BORE	6 12.011 C CARBONE	7 14.007 N AZOTE	8 15.999 O OXYGÈNE	9 18.998 F FLUOR	10 20.180 Ne NÉON
3	11 22.990 Na SODIUM	12 24.305 Mg MAGNÉSIMUM																13 26.982 Al ALUMINIUM	14 28.085 Si SILICIUM	15 30.974 P PHOSPHORE	16 32.065 S SOUFRE	17 35.453 Cl CHLORE	18 39.948 Ar ARGON
4	19 39.098 K POTASSIUM	20 40.078 Ca CALCIUM	21 44.956 Sc SCANDIUM	22 47.867 Ti TITANE	23 50.942 V VANADIUM	24 51.996 Cr CHROME	25 54.938 Mn MANGANÈSE	26 55.845 Fe FER	27 58.933 Co COBALT	28 58.693 Ni NICKEL	29 63.546 Cu CUIVRE	30 65.39 Zn ZINC	31 69.723 Ga GALLIUM	32 72.64 Ge GERMANIUM	33 74.922 As ARSENIC	34 78.96 Se SÉLÉNIUM	35 79.904 Br BROME	36 83.80 Kr KRYPTON					
5	37 85.468 Rb RUBIDIUM	38 87.62 Sr STRONTIUM	39 88.906 Y YTRIUM	40 91.224 Zr ZIRCONIUM	41 92.906 Nb NIOBIUM	42 95.94 Mo MOLYBDÈNE	43 (98) Tc TECHNÉTIUM	44 101.07 Ru RUTHÉNIUM	45 102.91 Rh RHODIUM	46 106.42 Pd PALLADIUM	47 107.87 Ag ARGENT	48 112.41 Cd CADMIUM	49 114.82 In INDIUM	50 118.71 Sn ÉTAIN	51 121.76 Sb ANTIMOINE	52 127.60 Te TELLEURE	53 126.90 I IODE	54 131.29 Xe XÉNON					
6	55 132.91 Cs CÉSIMUM	56 137.33 Ba BARYUM	57-71 La-Lu Lanthanides	72 178.49 Hf HAFNIUM	73 180.95 Ta TANTALE	74 183.84 W TUNGSTÈNE	75 186.21 Re RHÉNIUM	76 190.23 Os OSMIUM	77 192.22 Ir IRIDIUM	78 195.08 Pt PLATINE	79 196.97 Au OR	80 200.59 Hg MERCURE	81 204.38 Tl THALLIUM	82 207.2 Pb PLOMB	83 208.98 Bi BISMUTH	84 (209) Po POLONIUM	85 (210) At ASTATE	86 (222) Rn RADON					
7	87 (223) Fr FRANCIUM	88 (226) Ra RADIUM	89-103 Ac-Lr Actinides	104 (261) Rf RUTHERFORDIUM	105 (262) Db DUBNIUM	106 (266) Sg SEABORGIUM	107 (264) Bh BOHRIUM	108 (277) Hs HASSIUM	109 (268) Mt MEITNERIUM	110 (281) Uun UNUNNIUM	111 (272) Uuu UNUNUNIUM	112 (285) Uub UNUNBIUM	114 (289) Uuq UNUNQUADIUM										



Lanthanides

Copyright © 1998-2002 EriG. (eni@ktf-split.hr)

57 138.91 La LANTHANE	58 140.12 Ce CÉRIUM	59 140.91 Pr PRASEODYME	60 144.24 Nd NÉODYME	61 (145) Pm PROMÉTIUM	62 150.36 Sm SAMARIUM	63 151.96 Eu EUROPIUM	64 157.25 Gd GADOLINIUM	65 158.93 Tb TERBIUM	66 162.50 Dy DYSPROSIUM	67 164.93 Ho HOLMIUM	68 167.26 Er ERBIUM	69 168.93 Tm THULIUM	70 173.04 Yb YTTÉRIUM	71 174.97 Lu LUTÉTIUM
------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	----------------------------------	-----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------

Actinides

89 (227) Ac ACTINIUM	90 232.04 Th THORIUM	91 231.04 Pa PROTACTINIUM	92 238.03 U URANIUM	93 (237) Np NEPTUNIUM	94 (244) Pu PLUTONIUM	95 (243) Am AMÉRICIUM	96 (247) Cm CURIUM	97 (247) Bk BERKÉLIUM	98 (251) Cf CALIFORNIUM	99 (252) Es EINSTEINIUM	100 (257) Fm FERMIUM	101 (258) Md MENDELÉVIUM	102 (259) No NOBÉLIUM	103 (262) Lr LAWRENCIUM
-----------------------------------	-----------------------------------	--	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	--------------------------------------

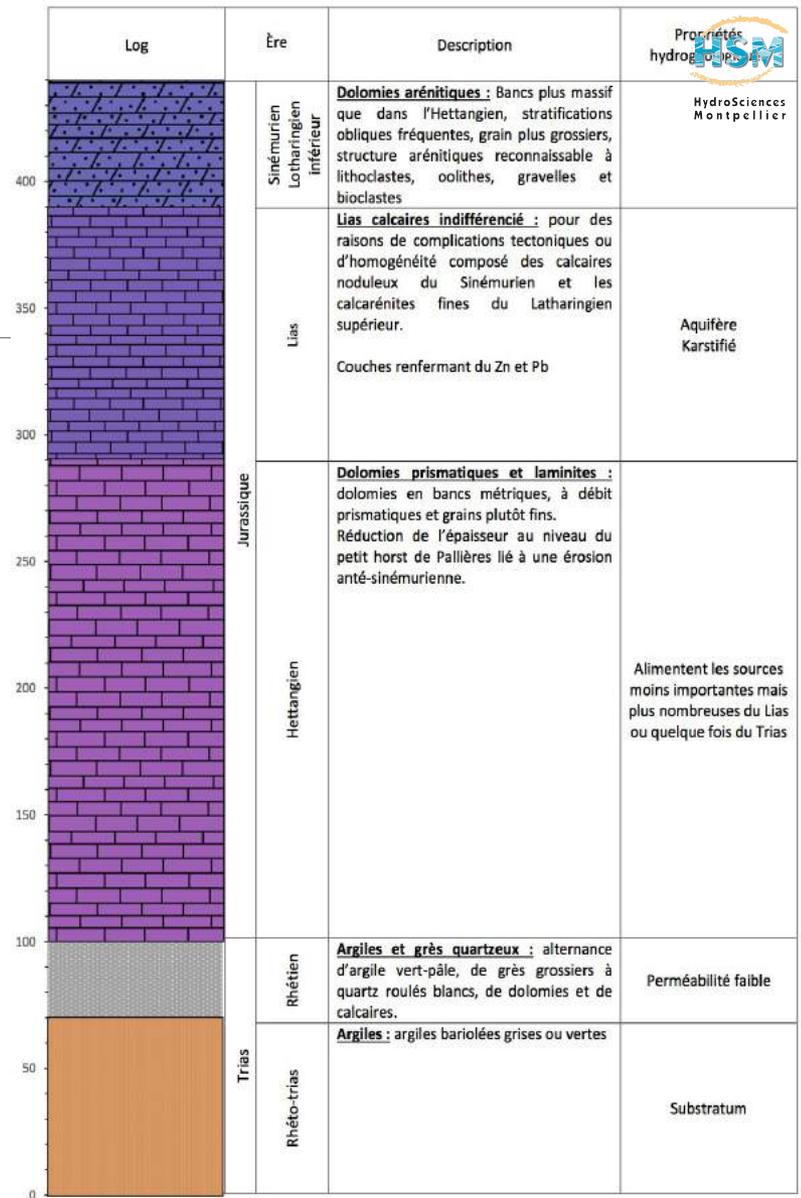
(1) Pure Appl. Chem., 73, No. 4, 687-683 (2001)

La masse atomique relative est donnée avec 6 chiffres significatifs. Pour les éléments qui n'ont pas de nucléides stables, la valeur entre parenthèses indique le nombre de masse de l'isotope de l'élément ayant la durée de vie la plus grande.

Toutefois, pour les trois éléments Th, Pa et U qui ont une composition isotopique terrestre connue, une masse atomique est indiquée.

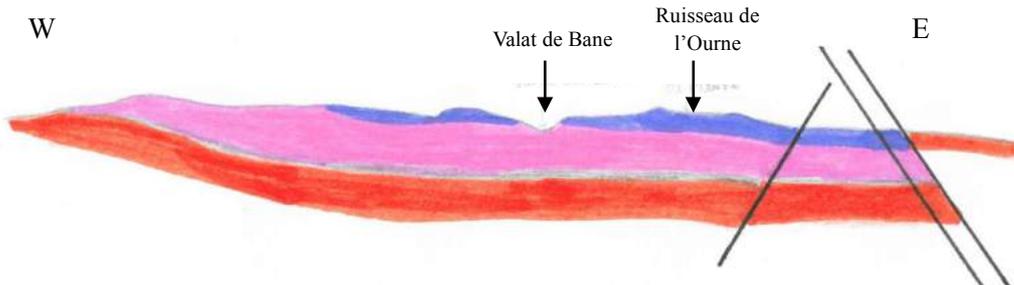
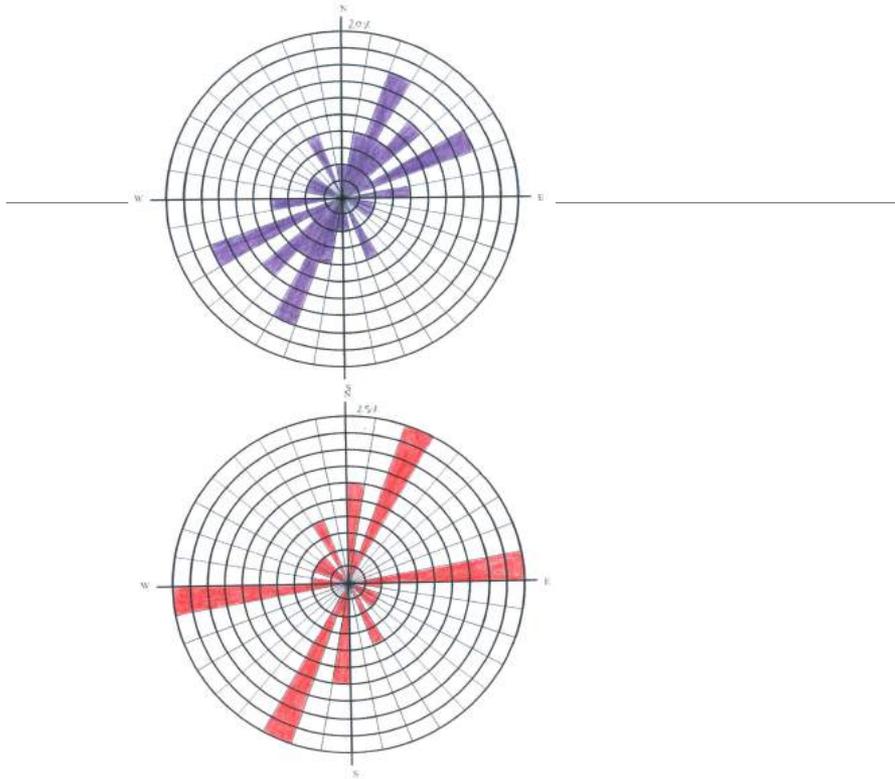


Contexte Géologique

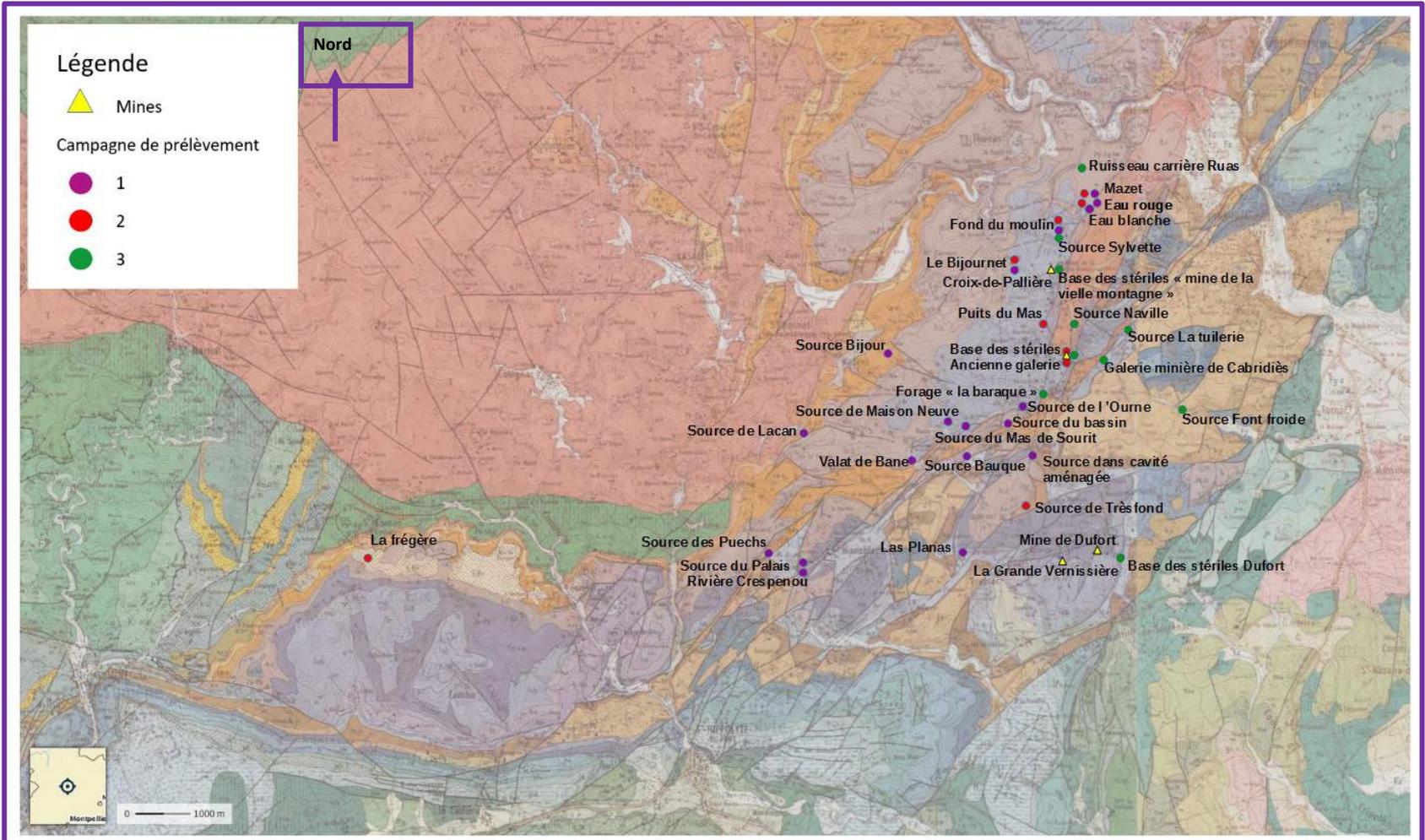




Contexte Géologique

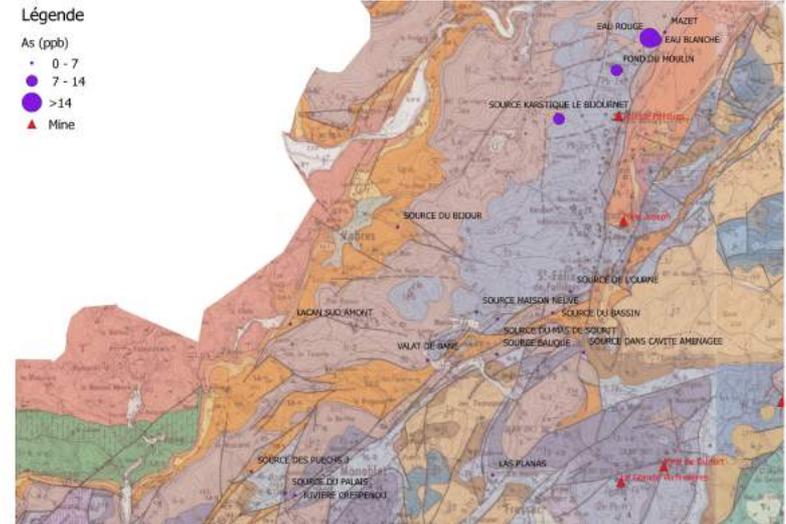
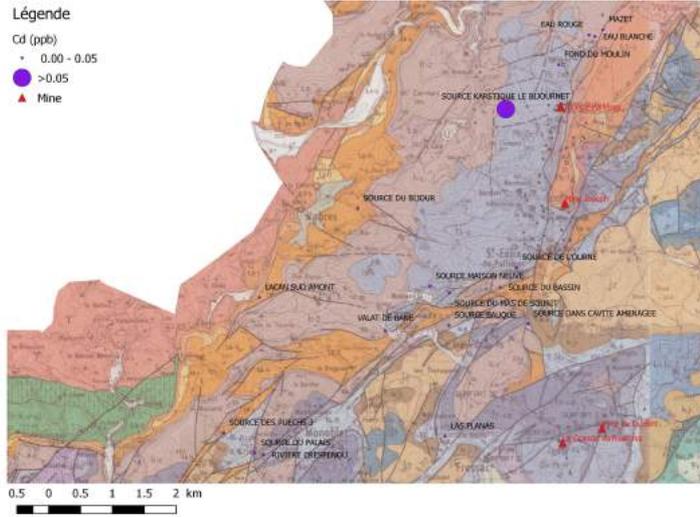
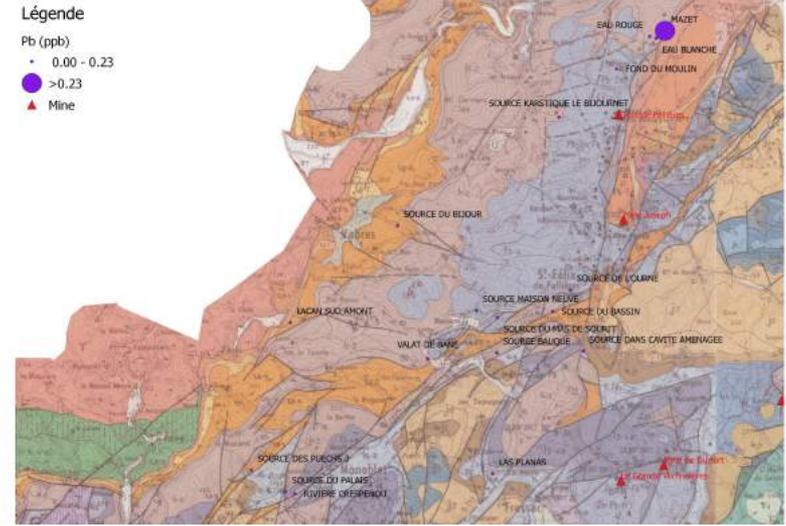
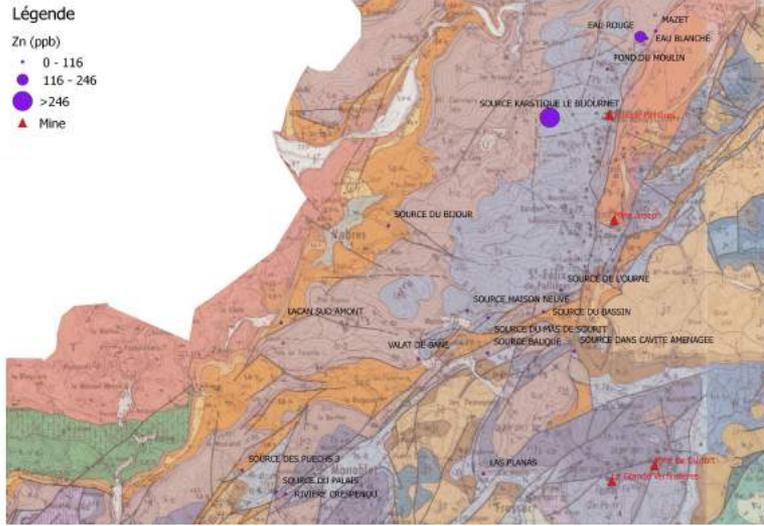


Log	Ère	Description	Propriétés hydrogéologiques
400 350 300	Sinémurien Lotharingien inférieur	Dolomies arénitiques : Bancs plus massifs que dans l'Hettangien, stratifications obliques fréquentes, grain plus grossiers, structure arénitiques reconnaissable à lithoclastes, oolithes, gravelles et bioclastes	Aquifère Karstifié
	Lias	Lias calcaires indifférencié : pour des raisons de complications tectoniques ou d'homogénéité composés des calcaires noduleux du Sinémurien et les calcarénites fines du Lotharingien supérieur. Couches renfermant du Zn et Pb	
250 200 150 100	Jurassique	Dolomies prismatiques et laminites : dolomies en bancs métriques, à débit prismatiques et grains plutôt fins. Réduction de l'épaisseur au niveau du petit horst de Pallières lié à une érosion anté-sinémurienne.	Alimentent les sources moins importantes mais plus nombreuses du Lias ou quelque fois du Trias
	Hettangien		
50 0	Rhétien	Argiles et grès quartzeux : alternance d'argile vert-pâle, de grès grossiers à quartz roulés blancs, de dolomies et de calcaires.	Perméabilité faible
	Trias Rhéto-trias	Argiles : argiles bariolées grises ou vertes	Substratum



**Carte géologique: campagnes de prélèvements (géoportail)
sauf campagne n°4 - Juillet 2017**

Répartition des éléments métalliques : Zn, Pb, As, Cd



Résultats d'analyses

Les campagnes de Novembre 2016 et Juillet 2017 ont permis de préciser les résultats précédents

	Source du Bijournet	Source eau blanche	Forage de la Baraque	Forage Lafont	Source du fond du moulin	Normes (ppb)
Pb	0,007	0,006	2,90	0,468	0,353	10
Zn	2276,43	48,07	604,92	614,153	17,76	3000
Cd	1,311	0,005	1,522	0,019	0,022	3
As	11,58	10,77	1,244	10,354	14,332	10



Résultats d'analyses

- **Lettre individuelle envoyée propriétaires des points d'eau échantillonnés en Juillet 2017**
Le 29 Novembre 2017



Principaux résultats

1- De nombreux points d'eau présentent des singularités hydrochimiques :

Eaux directement issues du drainage de stériles miniers :

- Base stériles St Joseph (particulièrement contaminée en Pb, Cr, Al, Mn, Fe, Co, Ni)
- Aval digue Umicore
- Base stériles Durfort

Eaux de surface : Aygue Morte (Pb, Cd, Zn)

Eaux souterraines :

- Puits du Mas (Pb, Cd, Zn)
- Forage La Baraque (Pb, Cd, Zn, Cu, Sb)
- Forage La Font (U, Cs, As, Sb)
- Source Bijournet (Cs, As, Cd, Zn, Co, Ni, Mn, SO₄)
- Source Sylvette (U, Cs, As)
- Font du Moulin (Cs, As)
- Eau rouge (Cs, As, Co, Ni, Mn)
- Eau blanche (Cs, As, Mn)
- Source Baouque (As) (à vérifier)
- (Puits Leclerc et de la Madeleine)



Principaux résultats

2- Les points d'eau échantillonnés à 2 périodes différentes présentent des concentrations différentes mais les mêmes singularités (même profil hydrochimique).

3- Les eaux éloignées des secteurs anciennement exploités ne présentent pas de concentrations élevées.

Les sources échantillonnées autour du Cros, Monoblet ou Fressac ne montrent pas de concentrations particulières en As, Pb, Cd, Zn ou Sb.

4- Les profils hydrochimiques peuvent varier parmi les points présentant des singularités hydrochimiques.

Certainement lié à des conditions physico-chimiques différentes d'un point à un autre, tel que pH, conditions redox, mobilité des éléments, interactions eau/roche...



Conclusions

Les résultats précédents désignent les stériles et plus largement les ouvrages miniers abandonnés (galeries noyées..) comme étant à l'origine des plus fortes concentrations (Pb, Cd, Zn, As...) rencontrées dans les eaux souterraines ou de surface.

→ **Note envoyée ADAMVM30 Le 17 Novembre 2017 contient toutes les analyses et conclusions**



Travaux envisagés en 2018

par le laboratoire HSM – Université Montpellier

- Etablir sur QGIS une cartographie précise des points d'eau analysés ;
- Compléter les résultats hydrochimiques par l'analyse de l'antimoine (Sb) sur les points déjà échantillonnés car il semble être un traceur pertinent de l'activité minière ;
- Interpréter l'ensemble des résultats d'analyses effectuées en 2016 et 2017 à partir de traitements statistiques ;
- Préciser la structure géologique du secteur étudié. En particulier, il s'agira d'établir le rôle des accidents NE-SW potentiellement karstifiés ;
- Eventuellement, échantillonner une dizaine de points d'eau supplémentaires ;
- Etablir un schéma des circulations souterraines afin de cibler l'origine des éventuelles contaminations ;

→ Stage de Master 2 ou 3 mois (Avril – Juin 2018)