

# **Ex Site RECYLEX à Saint Sébastien d'Aigrefeuille APTO du 2/07/2014 et du 31/08/2020**

Réunion du CSI du 21/09/2021

Patrick JACQUEMIN

# Sommaire

## 1. Présentation des investigations complémentaires ADEME (APTO 2/07/2014)

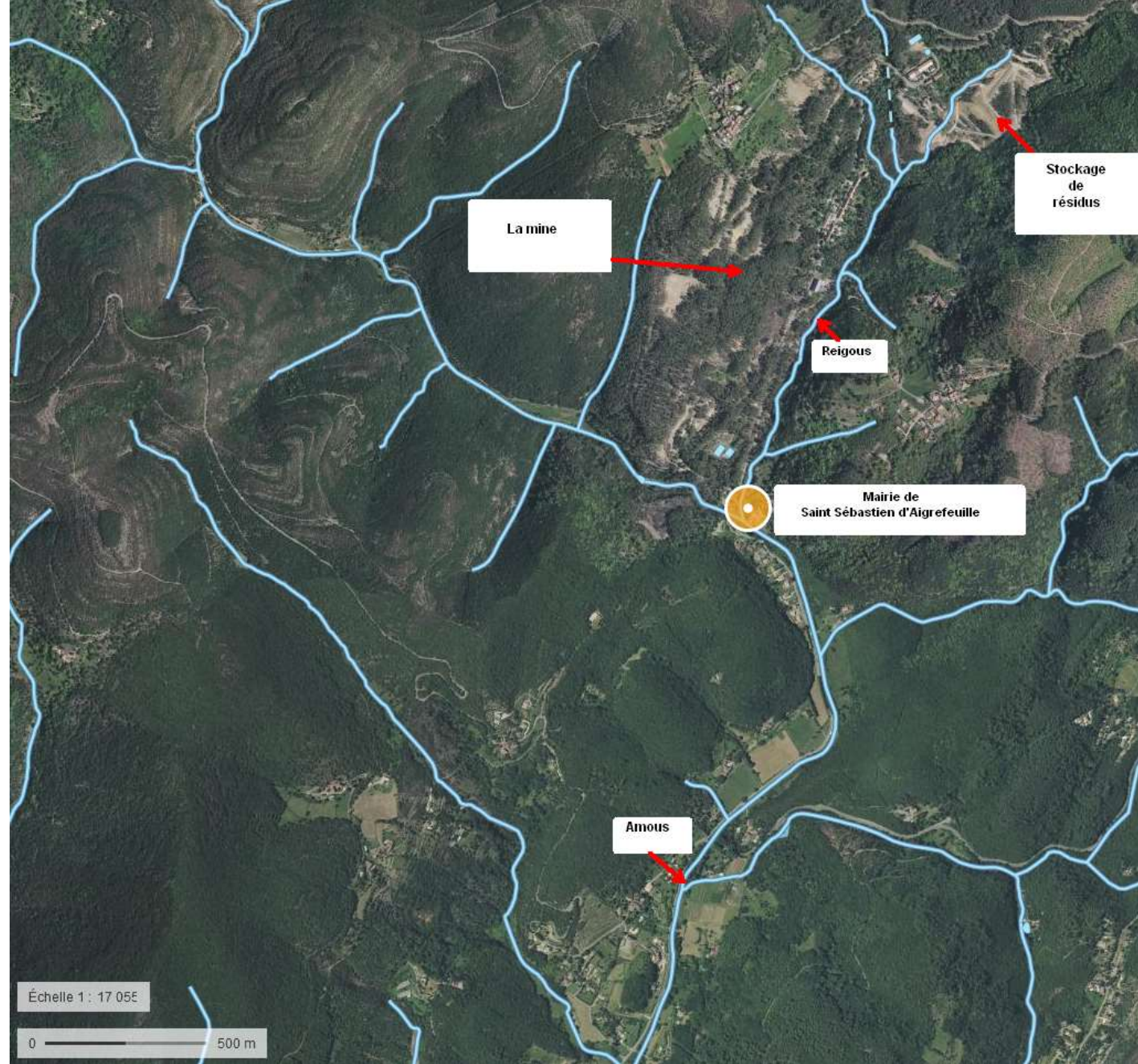
- a) Résultats des diagnostics des bâtis investigués et anciens ouvrages
- b) Etude sur les sols à Gènerargues

## 2. Autres interventions de l'ADEME

- a) Opérations réalisées dans le cadre de l'APTO 2 07 2014 :
  - travaux sur le stockage de résidus/suivi des eaux
  - faisabilité du phytomanagement sur les anciennes découvertes de Carnoulès \*
- b) Opérations en cours dans le cadre de l'APTO du 31 08 2020

\* Présentation complémentaire à une prochaine CSI

# Vue aérienne



# Présentation des investigations complémentaires ADEME (APTO 2/07/2014)

## Résultats des diagnostics des bâtis investigués

# Etude ICF sur le bâti

- **Été 2015** : accord de **35 habitants** pour les investigations sur 54 habitations recensées
- Suite à étude ARS (prélèvements sanguins et urinaires), **étude GEODERIS sur 8 foyers (4 prioritaires et 4 non prioritaires)** à St Sébastien d'Aigrefeuille communs à ceux concernés par l'étude ICF.
- **Coordination technique entre ARS, GEODERIS, INERIS et ADEME sur les protocoles et les méthodes d'interprétation** (Sols extérieurs, poussières aspirateurs, lingettes sur les murs, le bâti)
- **Comparaison des concentrations à l'ELT** (Environnement local témoin établi par GEODERIS selon lithologie)
- Sur les 35 habitations :
  - **31 habitations** ont des sols présentant des **niveaux de concentrations en métaux engendrant une incompatibilité pour l'ingestion de sols**, dont 28 dans le compartiment géologique du TRIAS ;
  - Peu de problèmes identifiés sur le bâti ;
  - **Pour l'ingestion de poussières intérieures**, estimée à partir des prélèvements effectués dans les sacs aspirateurs, 6 sont incompatibles et 12 non investiguées (impossibilité).
  - Ces résultats tendent à **montrer que des concentrations élevées dans les sols extérieurs des habitations sont probablement à l'origine des teneurs dans les poussières sédimentées en intérieur**, à la faveur des ouvertures de l'habitation et des habitudes de vie.
  - **Rapports ICF** individuels transmis par M. Le Préfet aux habitants concernés le 12 02 2018 : recommandations aux habitants de confiner ou de remplacer les sols des jardins pour réduire ou supprimer le risque par la voie d'ingestion des sols des jardins et diminution de la pollution des poussières dans les habitations
  - **Etude spécifique sur l'école** (usage compatible dans les conditions de l'étude, identification de la problématique des murets d'enceinte en pierre ; recommandations de l'ARS)

# Anciens ouvrages miniers



Bassin et bâtiment enterré  
sur un terrain privé non pris  
en charge

Sur les terrains de la commune, bassins démolis dans le cadre de travaux

# Présentation des investigations complémentaires ADEME (APTO 2/07/2014)

**Etude sur les sols à Générargues**

# Etude de la pollution des sols de la zone inondable à Générargues (ICF - ANTEA)



## Légende

— Réseau hydrographique

--- Limites de la zone inondable

Limites des zones investiguées

IEM2011\_Zone 1

IEM2011\_Zone 2

IEM2011\_Zone 3

Diagnostic sols Générargues 2016 - Zone 4

Valeur NITON corrigée (As) \_ ELT Alluvions

• [As] < 50 mg/kg (ELT Alluvions GEODERIS – borne basse)

• 50 < [As] < 100 mg/kg (ELT Alluvions GEODERIS – borne haute)

• 100 < [As] < 200 mg/kg (2\*ELT Alluvions GEODERIS)

• 400 < [As] < 500 mg/kg (5\*ELT Alluvions GEODERIS)

• [As] > 500 mg/kg (> 5\*ELT Alluvions GEODERIS)

Gammes de valeurs NITON en arsenic (As) mesurées dans les sols superficiels au droit de la zone inondable de la commune de Générargues (Zone 4) en 2016, comparées aux teneurs de l'Environnement Local Témoin (ELT) défini par GEODERIS pour la formation alluvionnaire (50-100 mg/kg)

- Complément de cartographie réalisé avec un appareil de mesure portable à fluorescence X
- Confirme la pollution des sols de la zone inondable dans la continuité des mesures précédentes réalisées antérieurement à Saint Sébastien d'Aigrefeuille
- Pas de décroissance des concentrations observées



# Niveau moyen des concentrations en arsenic et en plomb

analyse statistique des valeurs NITON® mesurées au droit de la zone d'étude

		Traitement statistique, Diagnostic de la qualité des sols de St Sébastien d'Aigrefeuille			Diagnostic de la qualité des sols de la zone inondable de l'Amous
source		ICF Environnement, 2011			ICF Environnement, 2016
Substance	Paramètres statistiques	Zone 1 <sup>6</sup>	Zone 2	Zone 3	Zone 4
Arsenic (As)	nbre de mesure	205	474	912	824.0
	minimum	180	177	164	< LOD
	<b>moyenne</b>	<b>501</b>	<b>1632</b>	<b>519</b>	<b>456.0</b>
	écart-type	771	3220	1225	471.9
	médiane	347	857	272	202.5
	P70	440	1470	343	<b>605.6</b>
	P80	533	1913	452	<b>814.9</b>
	P85	692	2339	607	<b>928.2</b>
	P90	853	2958	805	<b>1021.5</b>
	P95	-	-	-	1211.2
maximum	10721	39110	27687	4692.7	
Plomb (Pb)	nbre de mesure	205	474	912	824.0
	minimum	81	148	4	< LOD
	<b>moyenne</b>	<b>2727</b>	<b>10312</b>	<b>1658</b>	<b>1431.5</b>
	écart-type	4083	19305	4213	1883.0
	médiane	1225	5054	524	360.2
	P70	2264	9730	1356	<b>2121.8</b>
	P80	3288	13784	2069	<b>2965.1</b>
	P85	4912	15978	2597	<b>3305.6</b>
	P90	6195	22496	3467	<b>3695.5</b>
	P95	-	-	-	4318.1
maximum	25795	246972	74089	16674.0	

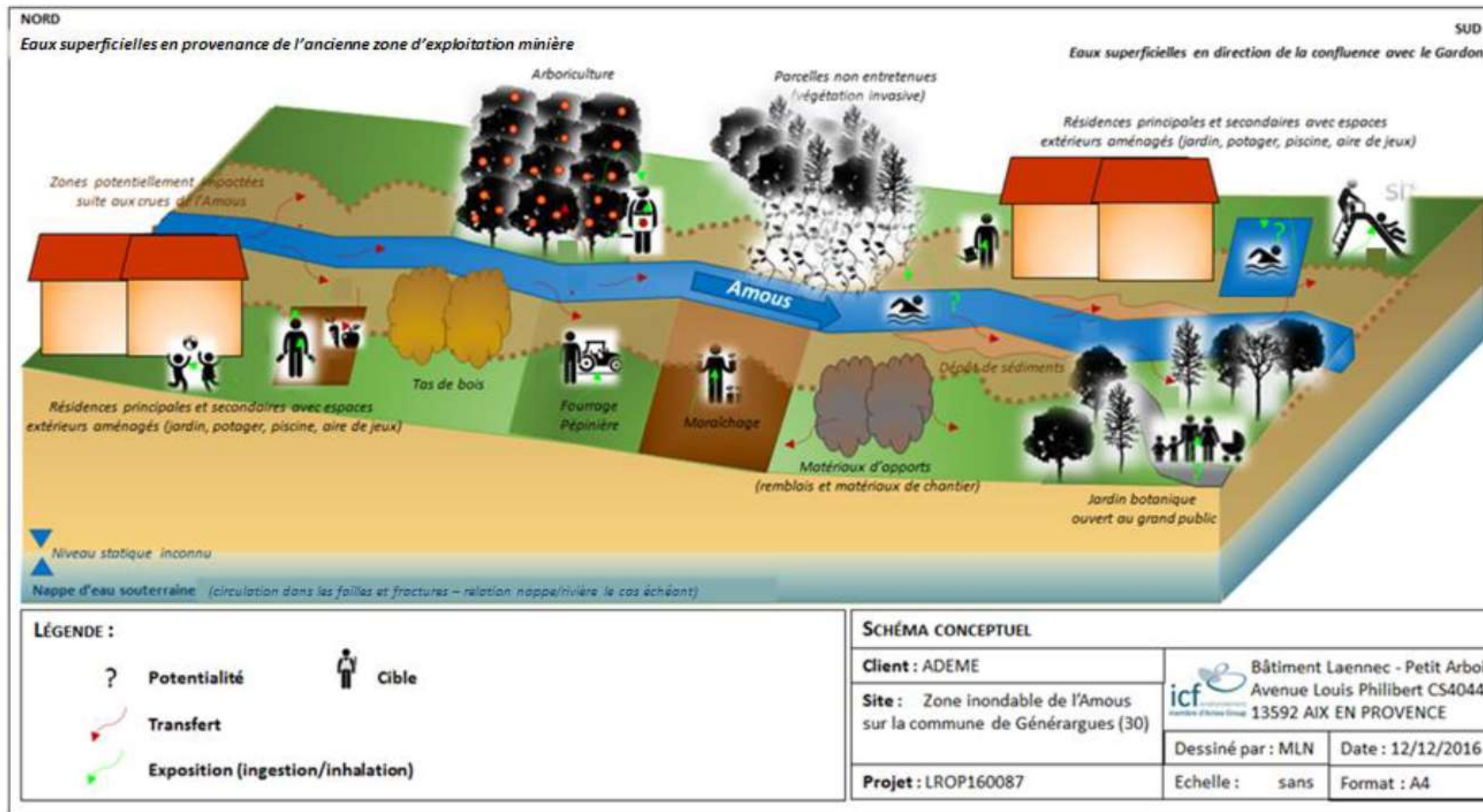
Légende des couleurs :

Comparaison aux teneurs mesurées en Zone 1	
abc	< aux teneurs mesurées en Zone 1
<b>abc</b>	> aux teneurs mesurées en Zone 1

Comparaison aux teneurs mesurées en Zone 2	
	< aux teneurs mesurées en Zone 2
	> aux teneurs mesurées en Zone 2

Comparaison aux teneurs mesurées en Zone 3	
	< aux teneurs mesurées en Zone 3
<b>abc</b>	> aux teneurs mesurées en Zone 3

# Le schéma conceptuel



# Recommandations

- Réalisation de **plans de gestion** propre à chaque usage dans la zone inondable
- Poursuite **des études de cartographie en aval**
- **Information du public** (CSI, réunion publique, etc.)
- Recommandations concernant le **maintien d'un couvert végétal**
- Recommandations d'une **limitation du contact des enfants avec les poussières et les sols** et les autres sources d'exposition
- Recommandations de **ne pas faire de jardins potagers** directement dans les sols en place (en pots, ...) et recommandation sur les pratiques de jardinage, privilégier les cultures hors sol
- **Couverture des sols dans les zones à risques** (cour, zones à nus, ...)
- **Règles d'hygiène** et de sécurité compte tenu du risque contact / ingestion de sols et de poussières
- Recommandation **d'interdiction de commercialiser les végétaux** produits sans contrôle préalable dans ces zones
- Mise en place de **limitations / restrictions d'usage**
- Concernant la bamboueraie : en l'absence d'information, mise en place d'actions de **prévention pour les travailleurs**

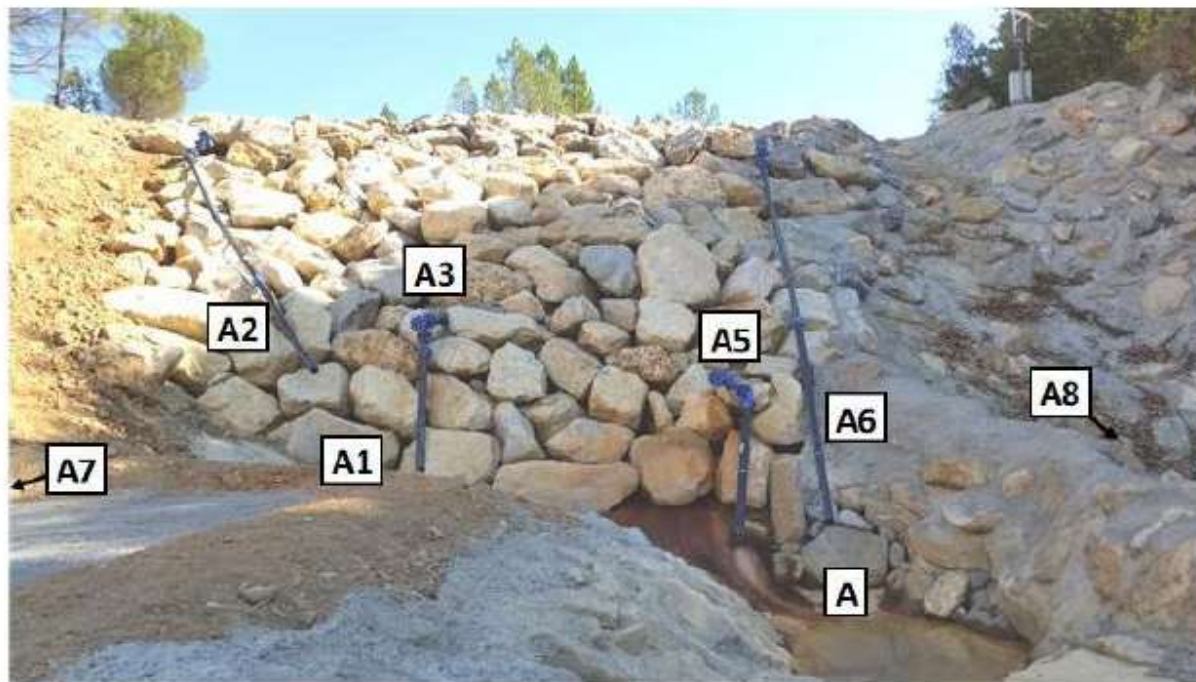
# Autres interventions de l'ADEME

## Opérations réalisées dans le cadre de l'APTO du 2 07 2014

- travaux sur le stockage de résidus / suivi des eaux
- point de situation sur la faisabilité de phytomanagement sur les anciennes découvertes de Carnoulès

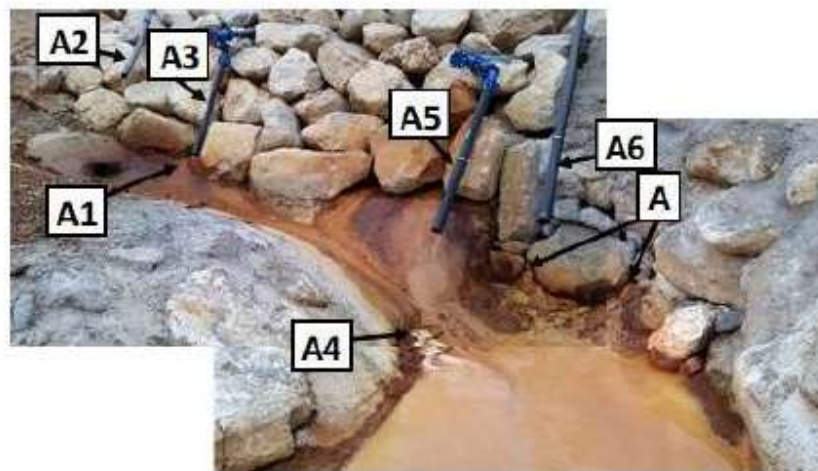
# Confortement du mur de soutènement





LOCALISATION DES ECOULEMENTS  
MESURES EN PIED DE STOCKAGE

- A, A1, A4 : pied de digue
- A2, A6 : barbacanes hautes
- A3, A5 : barbacanes basses
- A7 : source en pied de talus nord, aval digue.
- A8 : sortie dans canal de surverse (pied de digue côté sud)
- Abis : sortie de canal jaugeur
- Ater : sortie de barbacane sous le canal jaugeur



# Réfection des réseaux



Canalisation 1500



Enrochement bétonné



Le canal aérien

# Revégétalisation



Photo Midi Libre



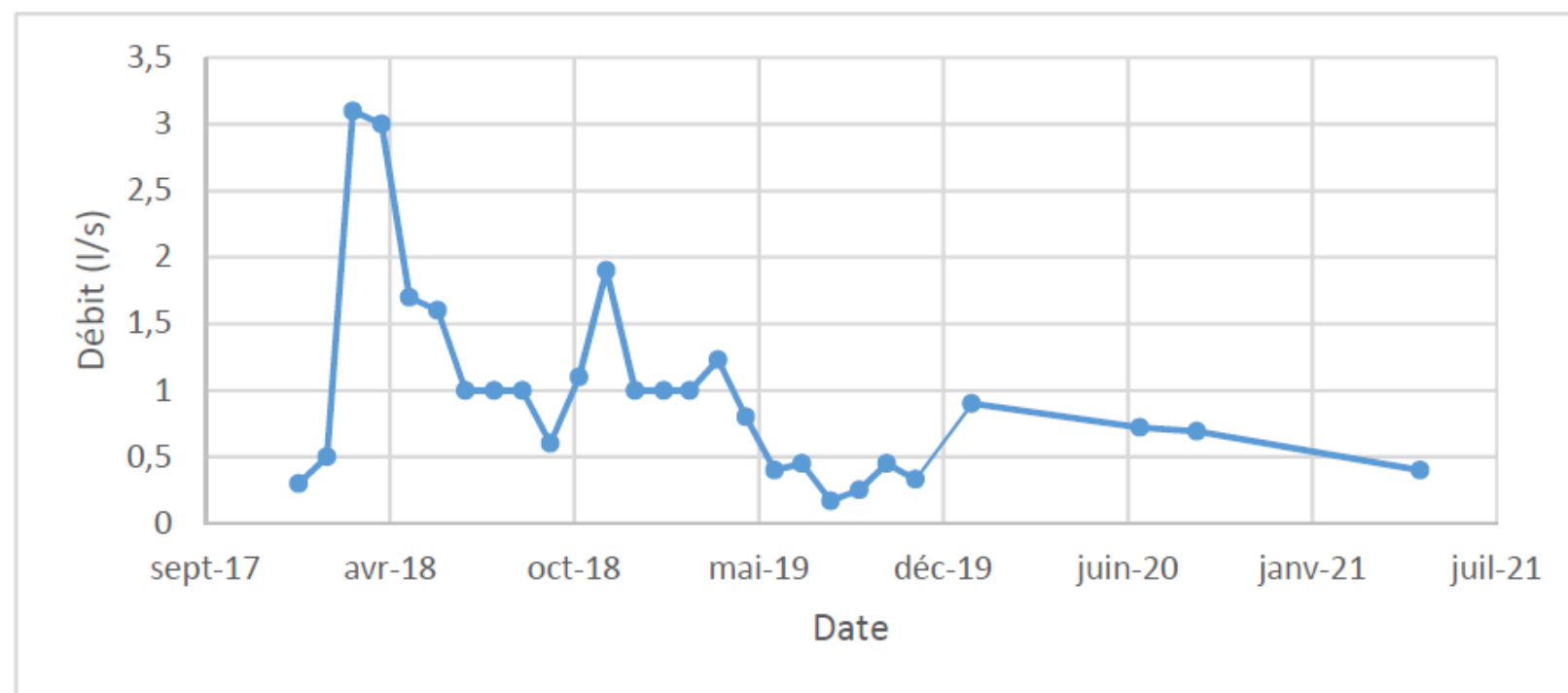


# Suivi du débit en sortie du stockage de résidus (Abis)

Graphe établi par ANTEA

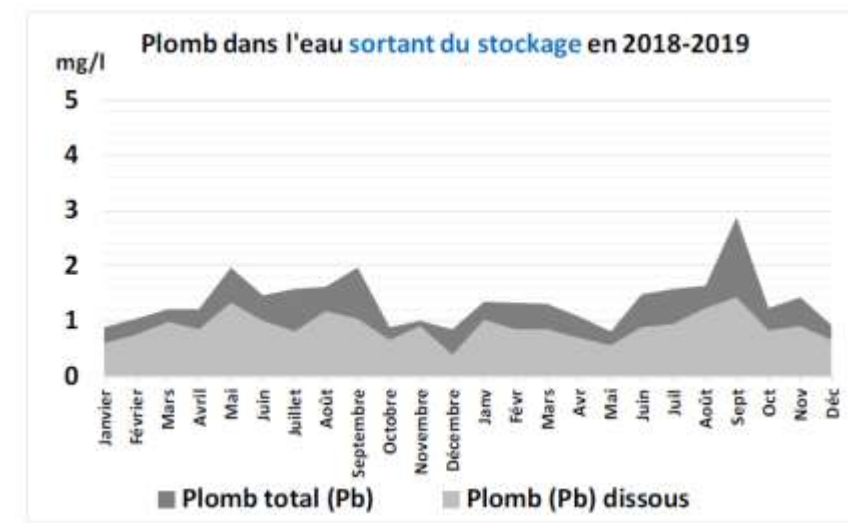
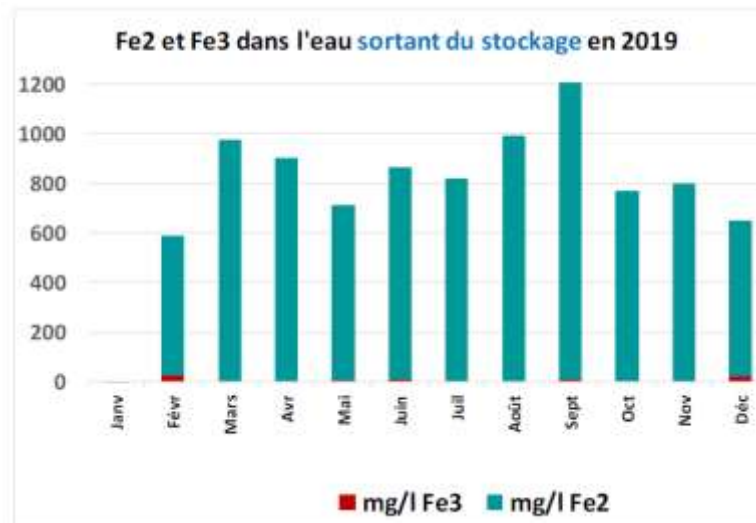
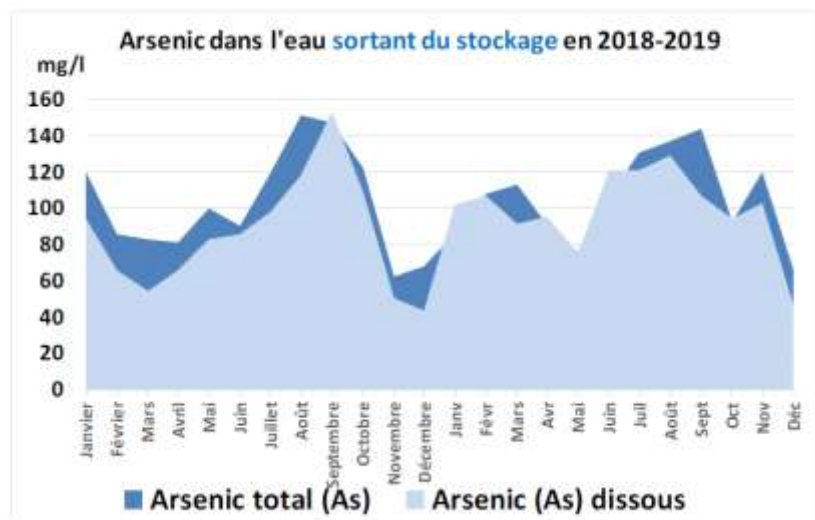
	Minimum	Maximum	Moyenne	Mai-21
Débit (l/s)	0,17	3,1	0,98	0,4

Travaux réalisés  
Entre janvier et octobre 2017



Débit moyen d'environ 4 l/s sur la période de 12/2012 à 05/2013 (suivi Burgeap)

# Suivi des concentrations (Abis – sortie canal) (TESORA Eau Géo)

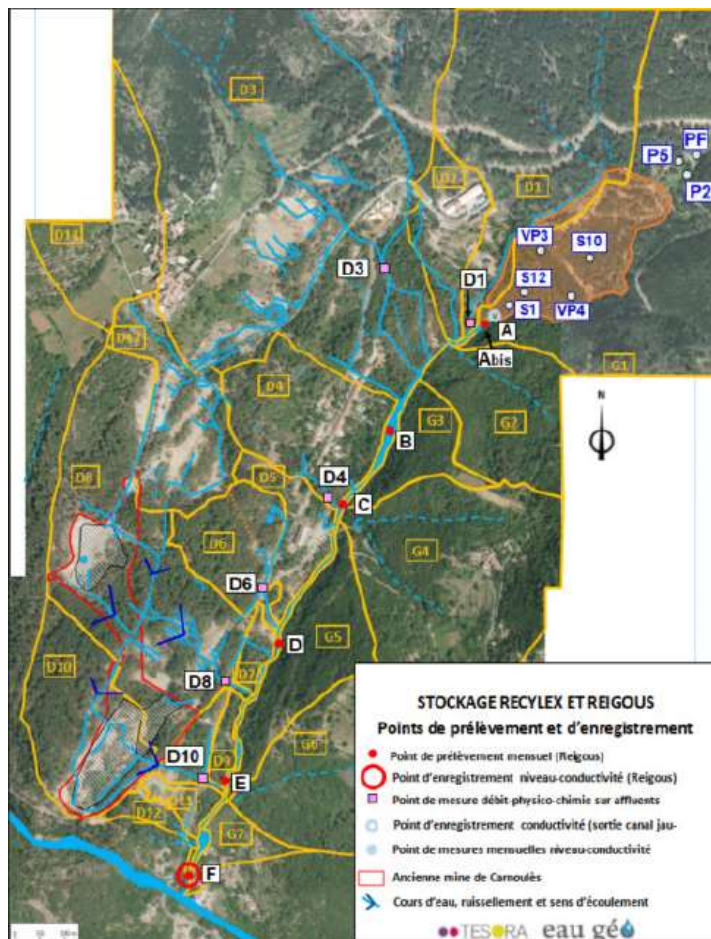


- Même si les travaux de remise en état des réseaux conduisent à une baisse des débits (assez difficile à quantifier toutefois) le transfert d'ETM reste significatif (à titre de repère : pour 1 l/s et 80 mg/l en arsenic correspond à 2,5 tonnes d'arsenic par an)
- Il convient de rechercher des solutions de réduction du débit ou de traitement (d'où étude ANTEA et programme de recherche Compas)

# Suivi du site après travaux (TESORA – Eau geo)

## Les débits dans le Reigous

Débits mesurés dans le Reigous (lignes bleues) et ses affluents

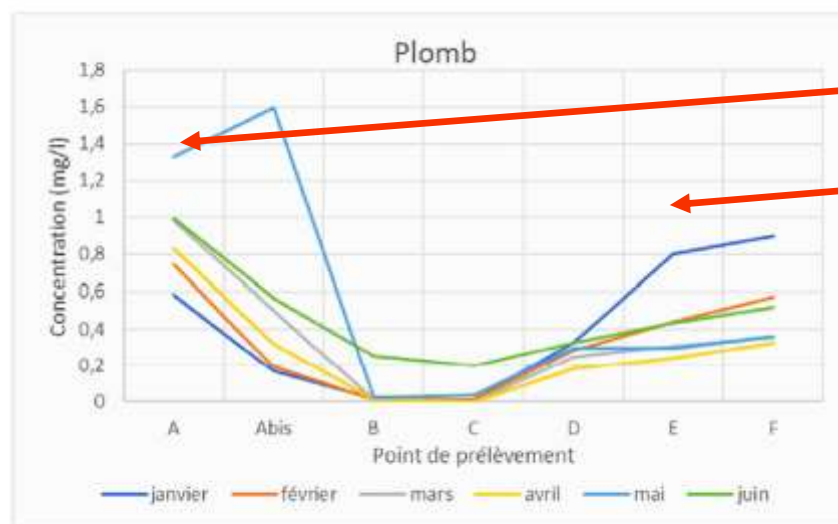
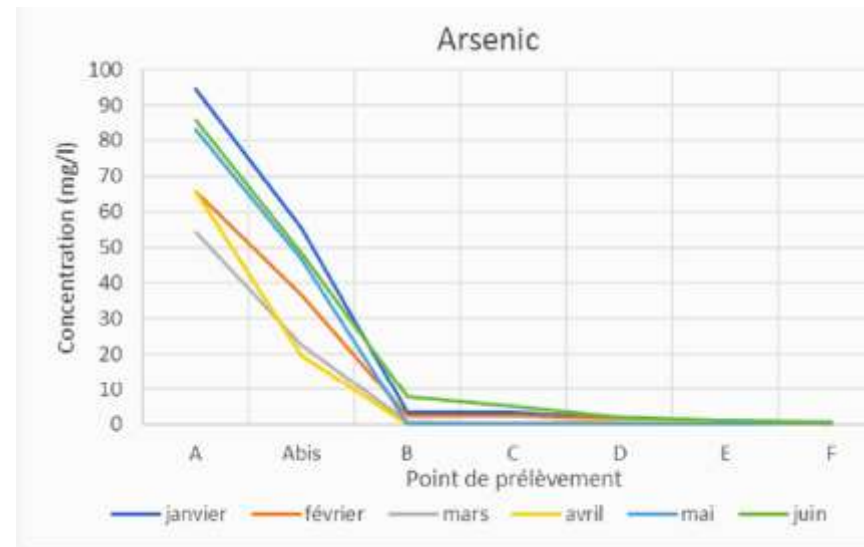
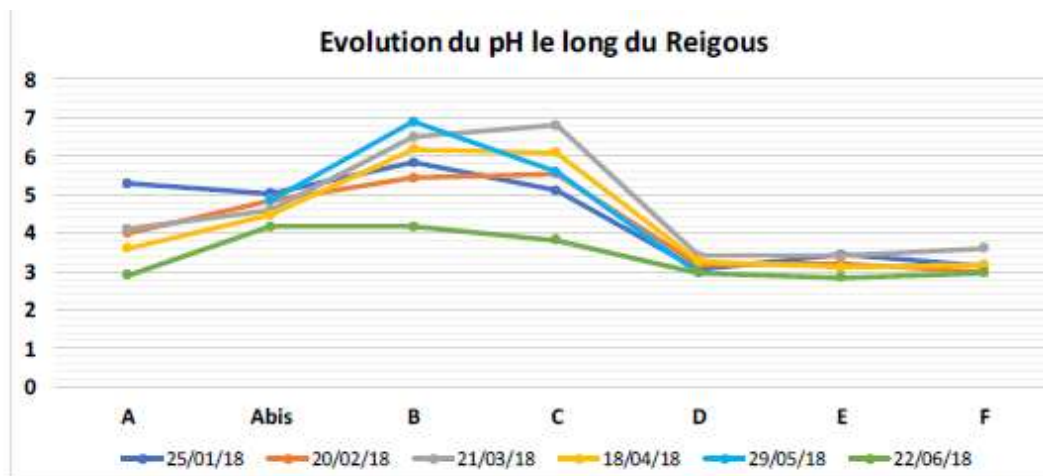


DEBITS MESURES - REIGOUS ET AFFLUENTS (l/s)													
N°		25/01/18	20/02/18	21/03/18	18/04/18	29/05/18	22/06/18	26/07/18	28/08/18	10/09/18	24/10/18	21/11/18	11/12/18
A	Pied de digue	*	*	0,27	*	*	*	*	*	*	0,50	*	*
A2	Barbacane	*	0,03	1,0	0,20	0,08	0,1	sec	sec	*	sec	0,01	0,17
A4	Pied de digue	*	*	*	*	*	*	*	0,03	0,01	0,02	*	*
A5	Barbacane	0,05	*	0,20	0,35	0,08	0,03	0,02	0,02	*	0,01	0,15	0,01
Abis	Sortie canal jaugeur	0,3	0,5	3,1	3,0	1,7	1,6	1,0	1,0	1,00	0,60	1,10	1,90
Ater	Barbacane	0,09	*	0,03	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	*	0,02	*	0,02
D1	Affluent	*	0,24	*	2,0	*	0,5	sec	sec	*	sec	sec	*
D3	Affluent	*	1,4	8,0	6,0	8,0	0,5	sec	sec	*	sec	0,96	*
B	Reigous	3,4	9,6	12,0	18,0	8,5	7,2	2,5	2,5	*	2,0	9,00	12,30
C	Reigous	3,3	9,8	15,0	*	7,0	15,5	0,01	0,01	0,00	2,0	4,80	4,50
D4	Affluent	*	0,1	0,40	0,50	*	0,03	sec	sec	*	sec	0,90	*
D	Reigous	5,1	3,6	9,7	25	*	5,3	0,8	0,8	0,00	0,75	3,20	7,20
D6	Affluent	0,08	0,2	2,2	2,5	5,8	0,7	0,14	0,13	*	0,1	0,10	0,90
D8	Affluent	0,22	0,3	2,2	1,5	5,0	0,2	0,07	0,07	0,07	0,1	0,10	0,50
E	Reigous	2,0	8,0	12,0	24	*	8,0	0,62	0,62	*	0,8	1,10	2,10
D10	Affluent	0,63	0,3	1,2	1,5	9,0	1,5	1,5	1,5	1,50	0,1	0,90	1,10
F	Reigous aval	15,0	20,6	28,8	21,0	23,0	10,0	1,2	1,2	2,20	1,1	2,50	1,25

\* Non mesuré

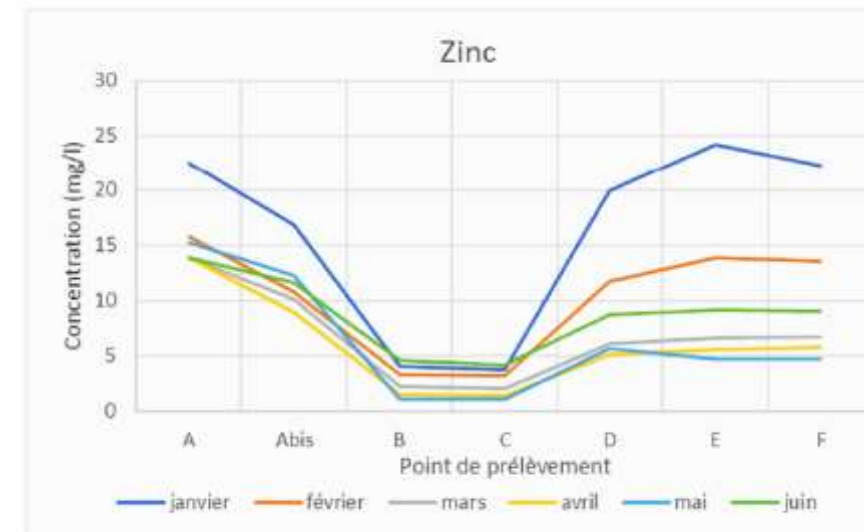
Note : l'incertitude des mesures est importante en raison du régime torrentiel des cours d'eau et de leur lit encombré de blocs et caillou.

# Suivi du site après travaux (TESORA – Eau geo) Les concentrations dans le Reigous



Apports stockage

Apports de la mine



# Sédiments dans le Reigous (photos Tesora)



Reigous au point B, lit large : sédiments graveleux



Reigous au point D : lit étroit : secteur rocheux



Reigous au point E : lit étroit, secteur rocheux



Reigous au point F : lit large et seuil : sédiments fins

- Nécessité de trouver des solutions pour réduire le débit ou traiter les eaux

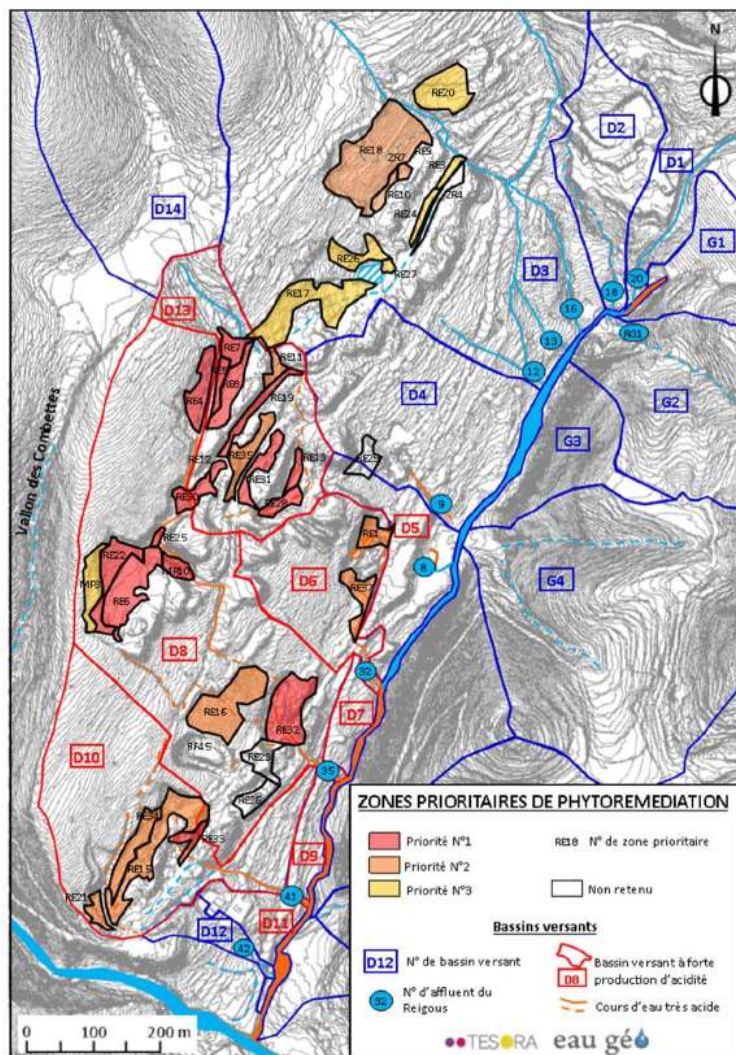
# Ancienne mine de Carnoulès

## Etude de faisabilité du phytomanagement (TESORA – Eau Géo – INRA)

### Priorisation des problématiques

#### Priorisation :

- nature des sols
- potentiel de DMA
- densité végétal actuel
- flux de métaux



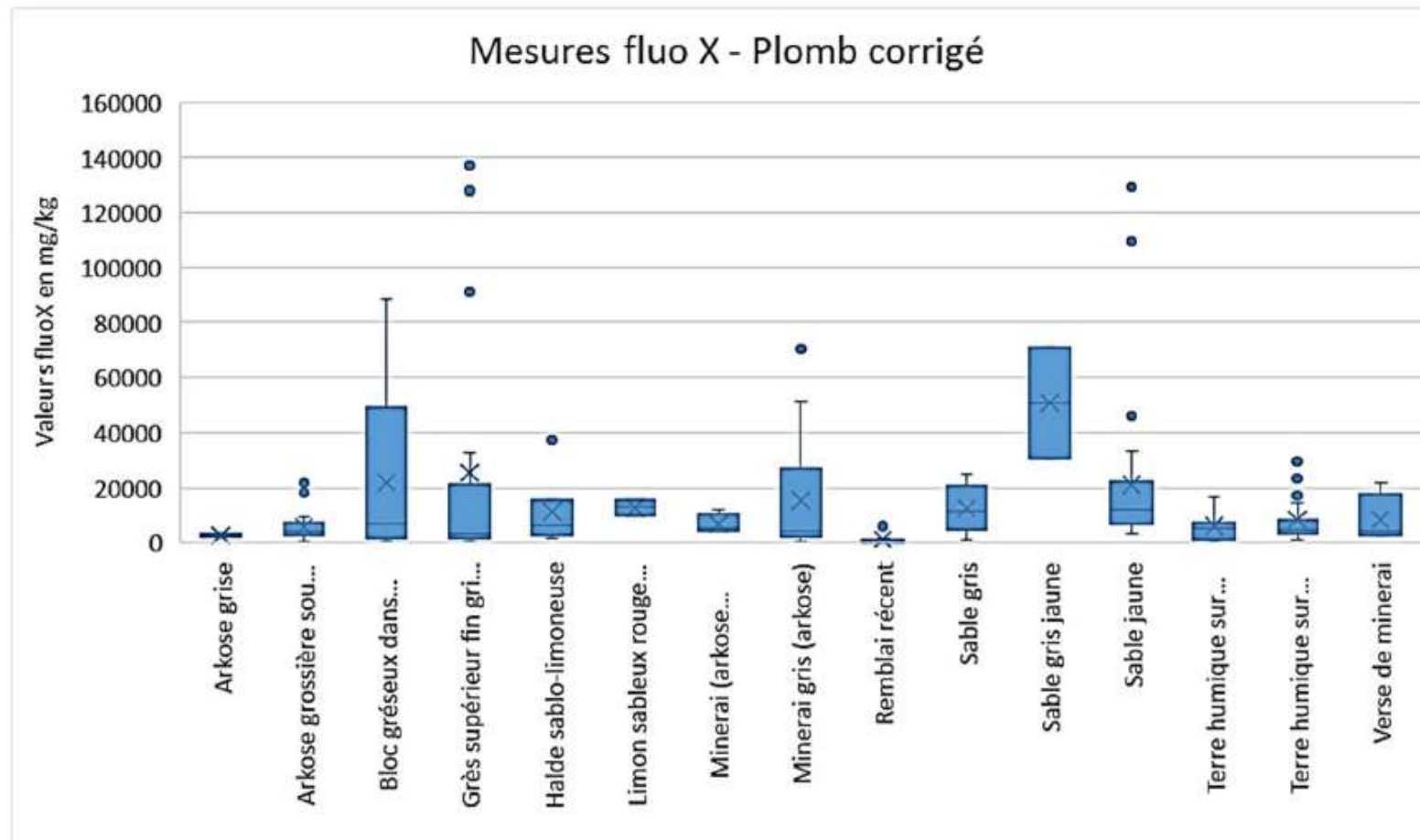
La problématique des zones à nu



La problématique de l'érosion

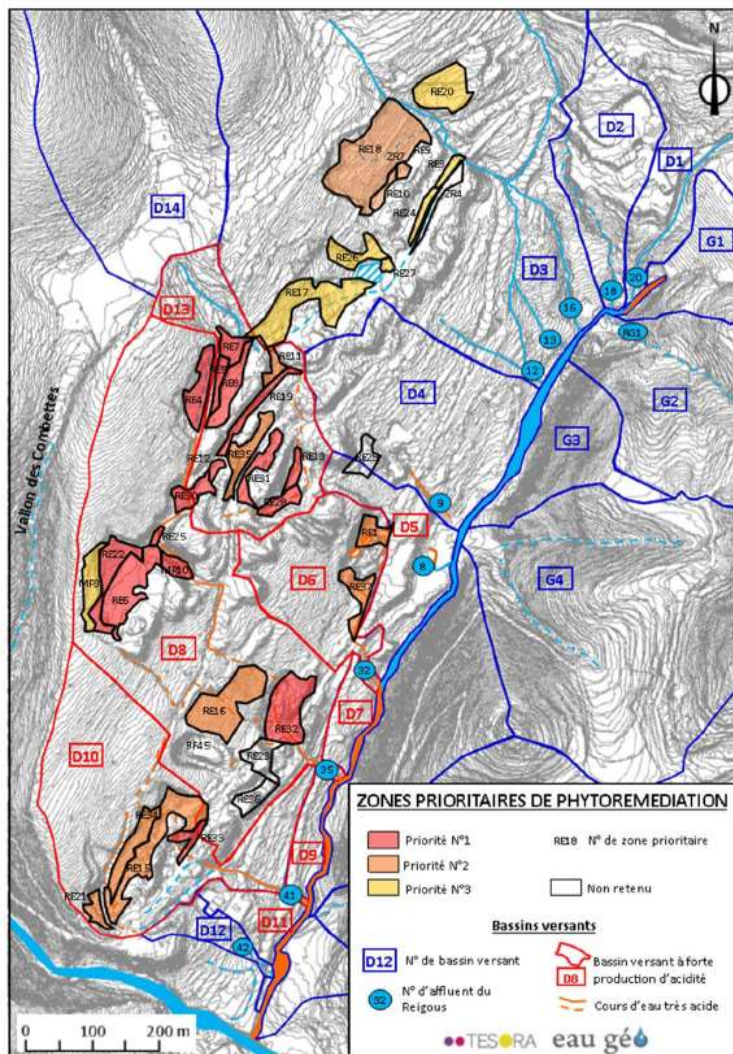
# Les concentrations en surface très élevées en ETM (éléments traces métalliques)

Résultats des mesures au NITON corrigées pour le plomb par types de sols





# Les flux de métaux vers le Reigous



Calculs théoriques de flux de métaux dissous dans le Reigous (pluie décennale)

ESTIMATION DE FLUX DE METAUX DANS LES EAUX SUPERFICIELLES POUR UNE PLUIE DECENNALE DE 24 H  
(EXTRAPOLATION DE CONCENTRATIONS OBSERVEES EN BASSES EAUX - AVRIL 2016)

	Point de mesure	Débit décennal de 24 H (l/s)		Analyses de l'eau - avril 2016 (µg/l)					Flux pour pluie décennale de 24 H (kg/j)				
		Calculé par BV	Issu de l'ancienne mine	Métaux totaux *	Pb	As	Zn	Mn	Métaux totaux *	Pb	As	Zn	Mn
D3 aval	16	1146	206	316	5,4	83	130	1,0	31	0,53	8,22	13	0
D4	9	131	131	6 428	677	11	4 390	1 160	73	7,65	0,12	50	13
D6 aval	32	195	195	34 788	316	1 160	27 800	4 890	586	5,32	20	468	82
D8 aval	35	322	322	21 645	364	192	17 400	3 400	602	10,1	5,3	484	95
D10	41	177	177	4 652	83	58	2 820	1 480	71	1,26	0,89	43	23
<b>Flux total issu du versant minier</b>									<b>1 363</b>	<b>25</b>	<b>34</b>	<b>1 058</b>	<b>213</b>
D1	20	393		4 172	657	122	2 420	557	142	22,33	4,15	82	19
G2	RG1	212		5 578	5	2 420	770	2 300	102	0,10	44,26	14	42
Reigous source (G1)	19	518		81 339	1 020	62 700	12 200	4 880	3 640	45,65	2 806	546	218
REIGOUS amont	17			31 125	409	21 500	5 560	3 300	-	-	-	-	-
REIGOUS milieu	11			28 423	383	19 300	5 290	3 100	-	-	-	-	-
REIGOUS milieu	10			20 574	297	12 400	4 700	2 880	-	-	-	-	-
REIGOUS aval	36			19 255	498	6 010	9 200	3 220	-	-	-	-	-
REIGOUS aval	40			16 054	815	2 890	8 520	3 540	-	-	-	-	-
REIGOUS aval	29	4218		19 398	683	1 340	9 180	7 820	7 070	249	488	3 346	2 850

\* Total métaux : sans Fe et Al : As, Sb, Ba, Cd, Cu, Mn, Ni, Pb, Ti, Zn

# Principales conclusions

L'étude à permis :

- De **préciser l'origine et les mécanismes de drainage minier acide** et qui apporte au Reigous des eaux à fortes concentrations en métaux et un pH très acide
- **De proposer une hiérarchisation de zones prioritaires** pour engager des actions de phytomanagement et d'atténuation du drainage minier acide
- De définir et tester un **protocole de phytostabilisation**
- De proposer un **programme de travaux**

Les principales zones productrices d'eaux acides chargées en métaux sont les **dalles de roche à nue**, les **sables amassés au pied des dalles et les verses de minerai**, qui sont des zones non végétalisées.

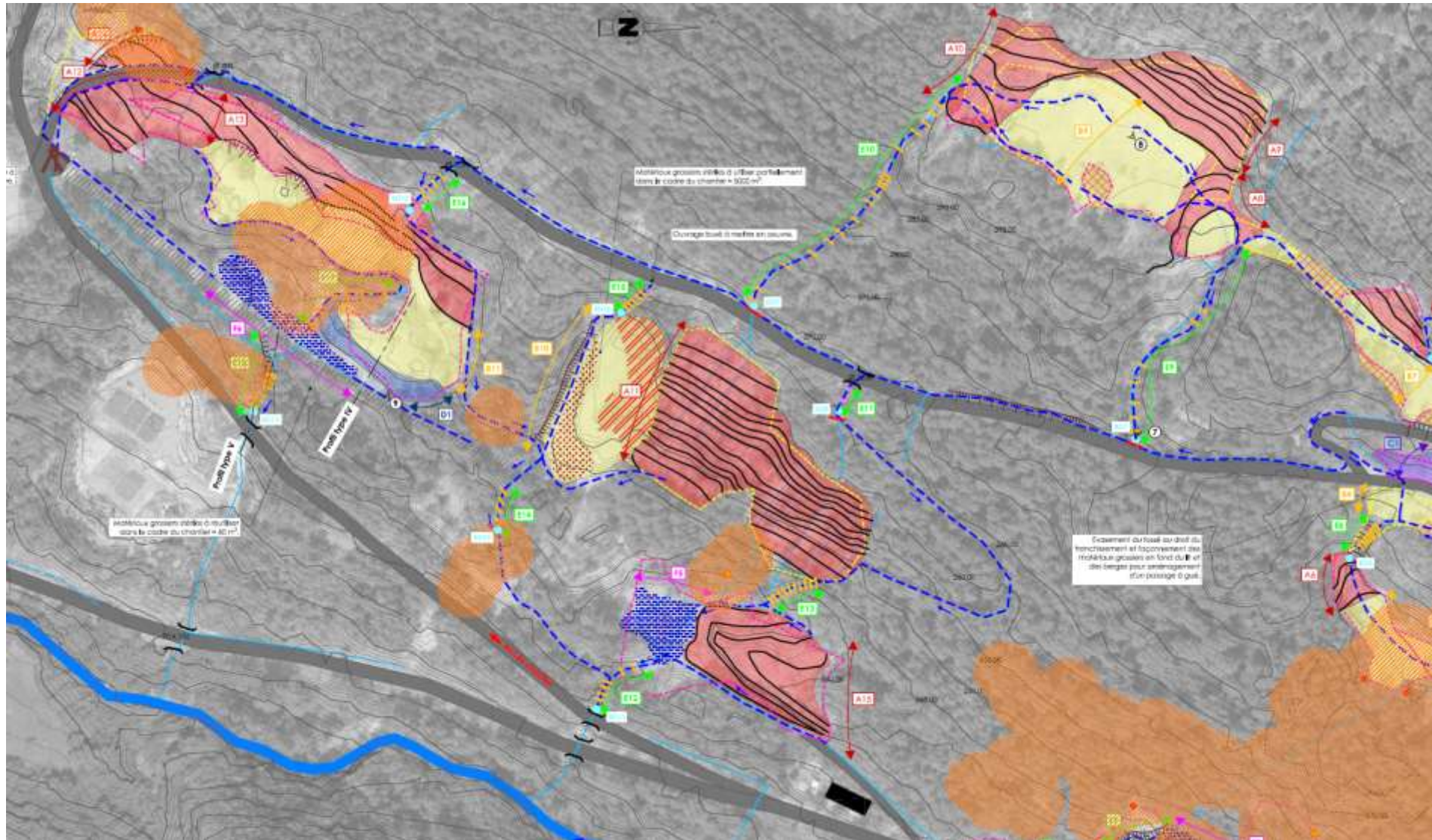
- Dans le 1/3 Nord elles sont tamponnées par des affluents venant des collines calcaires et moins chargées
- Les eaux du 2/3 Sud ont un pH voisin de 2 à 3 et fortement chargées en ETM (plomb, zinc, manganèse, cadmium)

Les actions correctrices **possibles** sont le **phytomanagement des zones à nues associés à des corrections sur les sols et le relief, des apports de calcaire**, à la **redéfinition d'un schéma hydraulique adapté** et au **traitement des zones de ravine**.

# Les parcelles d'essais de phytostabilisation mise en place par l'INRA



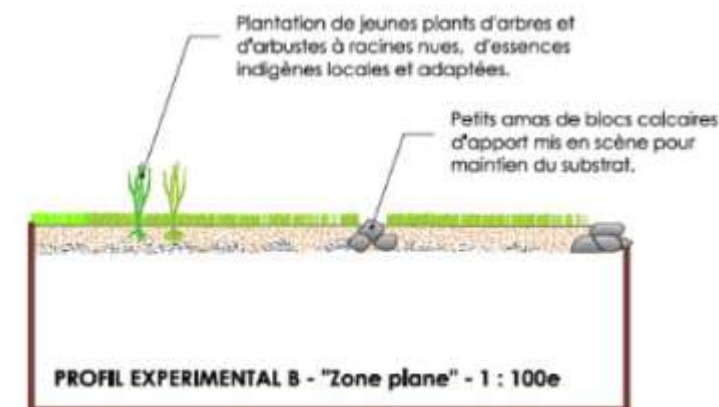
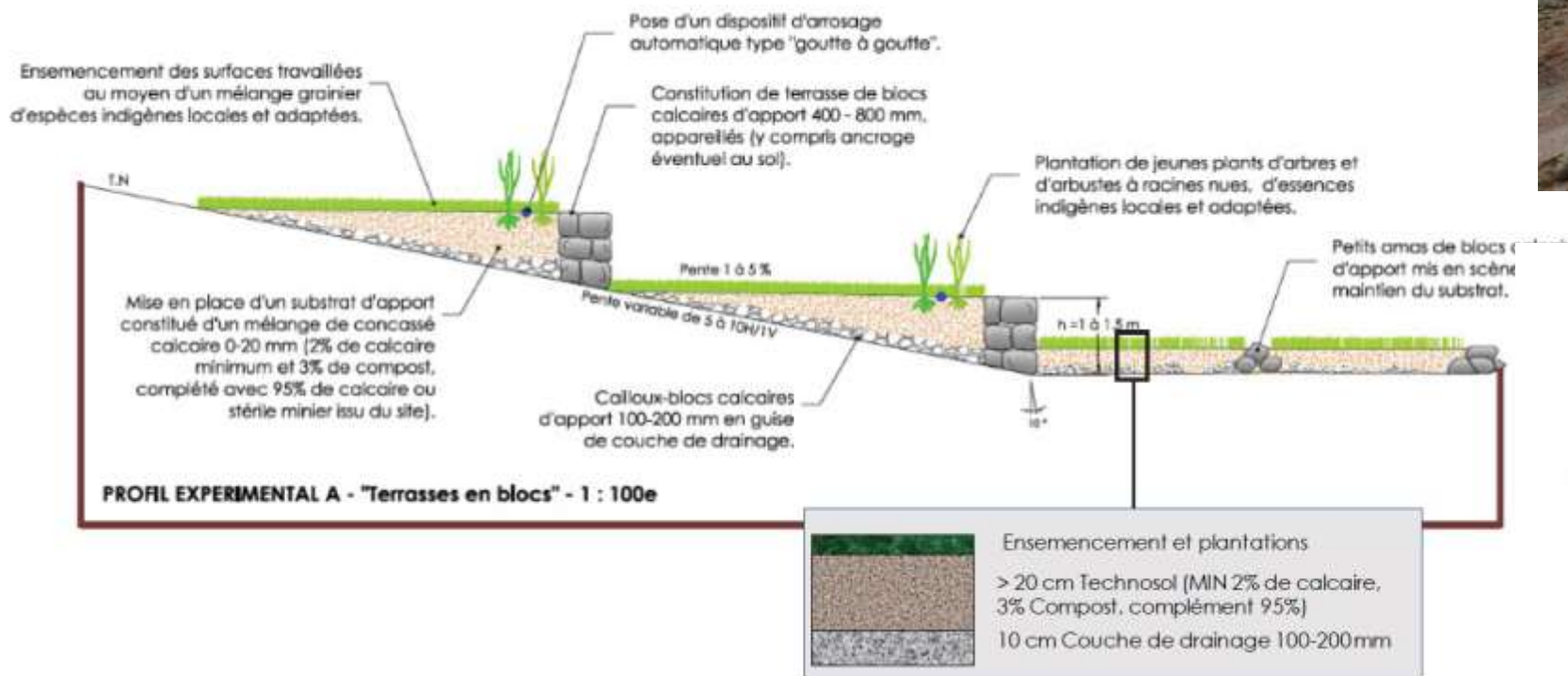
# Avant projet de travaux proposé par TESORA (Biotech) (Image partielle)





# Exemple de profil de traitement Terrasses en blocs (Profil A) et zones planes (Profil B)

(6 profils de traitement définis)



# Autres interventions de l'ADEME

## Opérations en cours dans le cadre de l'APTO du 31 08 2020

- Maintenance sur le stockage de résidus
- Etude ANTEA : suivi des eaux et étude d'une solution de drainage périphérique partielle

# Opérations en cours dans le cadre de l'APTO du 31 08 2020

- Maintenance du stockage de résidus : 4 ans
- Suivi des eaux en aval du stockage de résidus : trimestriel pendant 4 ans
- Réalisation de 10 piézomètres supplémentaires
- Suivi piézométrique et étude d'une solution de drainage périphérique partielle des eaux souterraines : suivi trimestriel pendant 4 ans

# Maintenance : Locatelli

## Exemples de problèmes

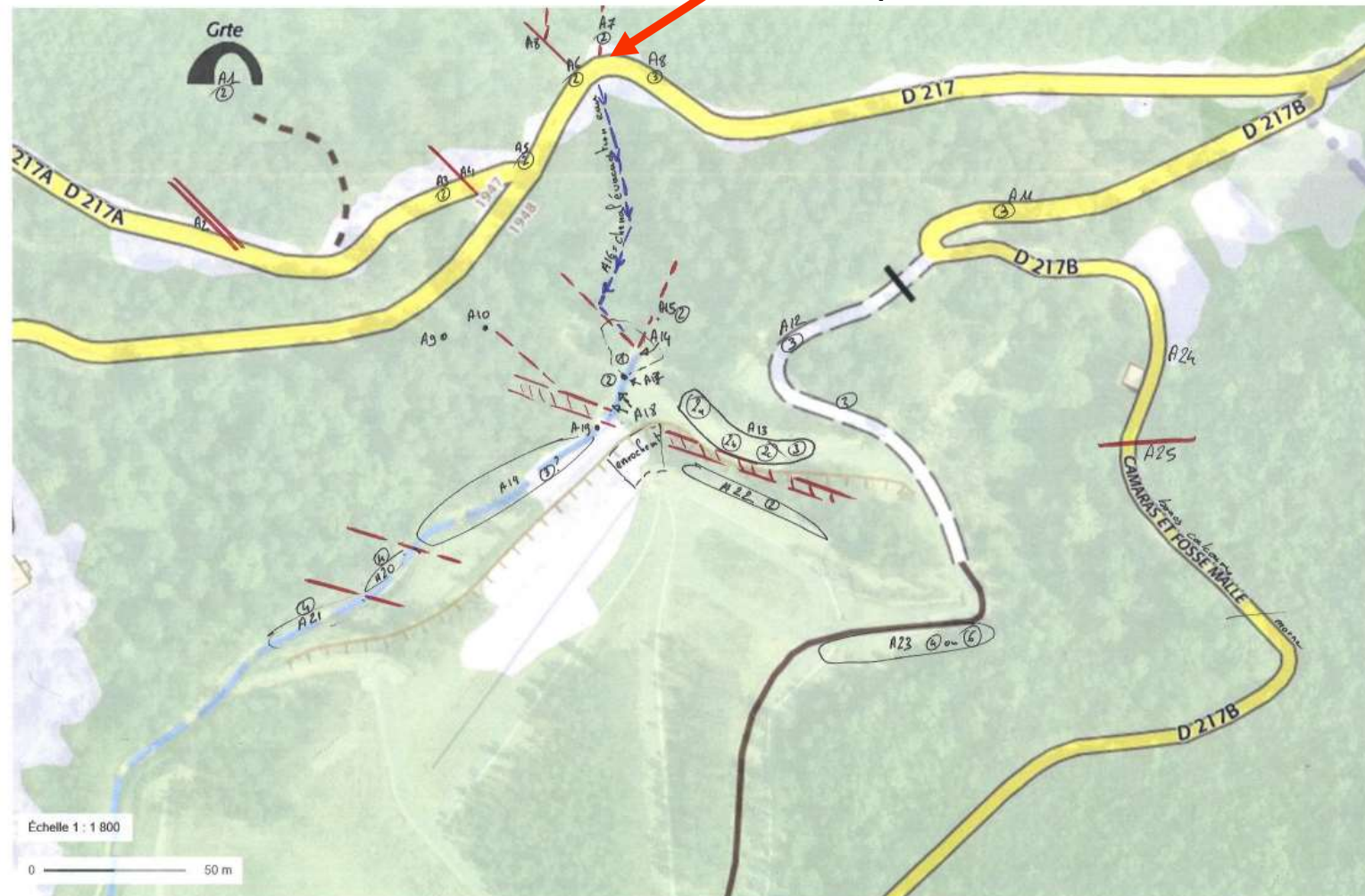




# ANTEA : étude drainage périphérique

## Repérage de terrain

Récupère toutes les eaux de la D217

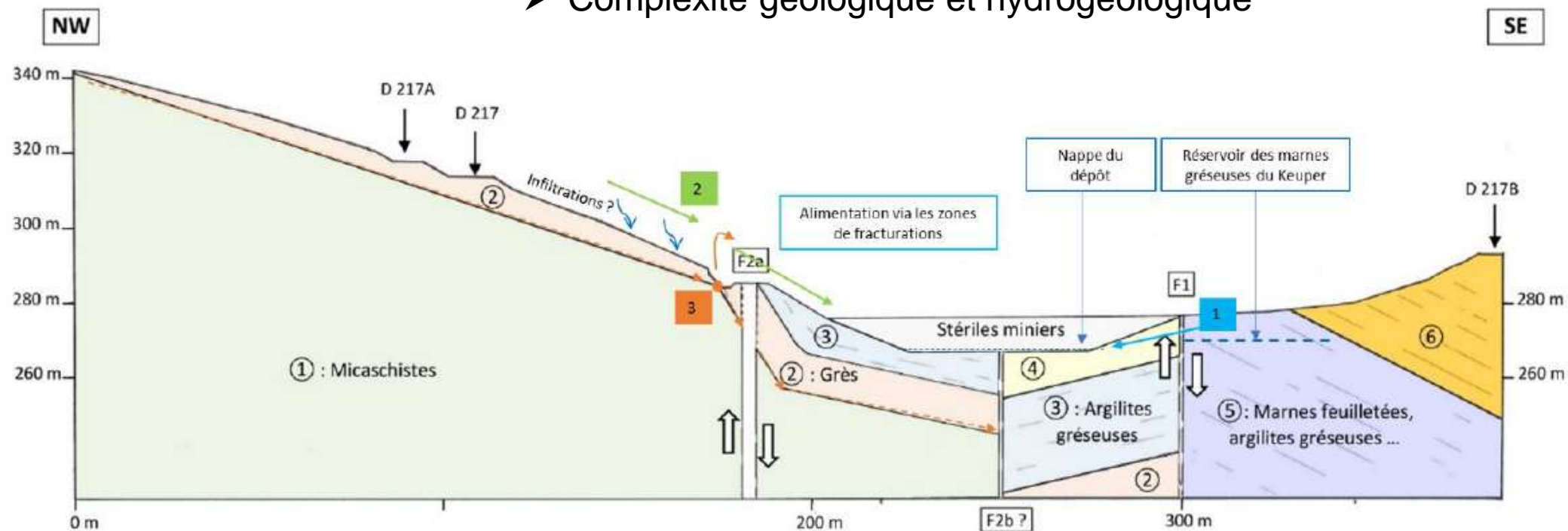


Carnet de terrain – repérage des affleurements

# ANTEA : étude drainage périphérique

## Schéma conceptuel hydrogéologique

➤ Complexité géologique et hydrogéologique



- |   |  |
|---|--|
| 1 | Alimentation probable du dépôt via le réservoir des marnes gréseuses à travers les fracturations et les dolomies |
| 2 | Alimentation via les axes d'écoulement superficiels discontinus  |
| 3 | Alimentation via les écoulements au sein des conglomérats de base du Trias                                       |

# ANTEA : étude drainage périphérique

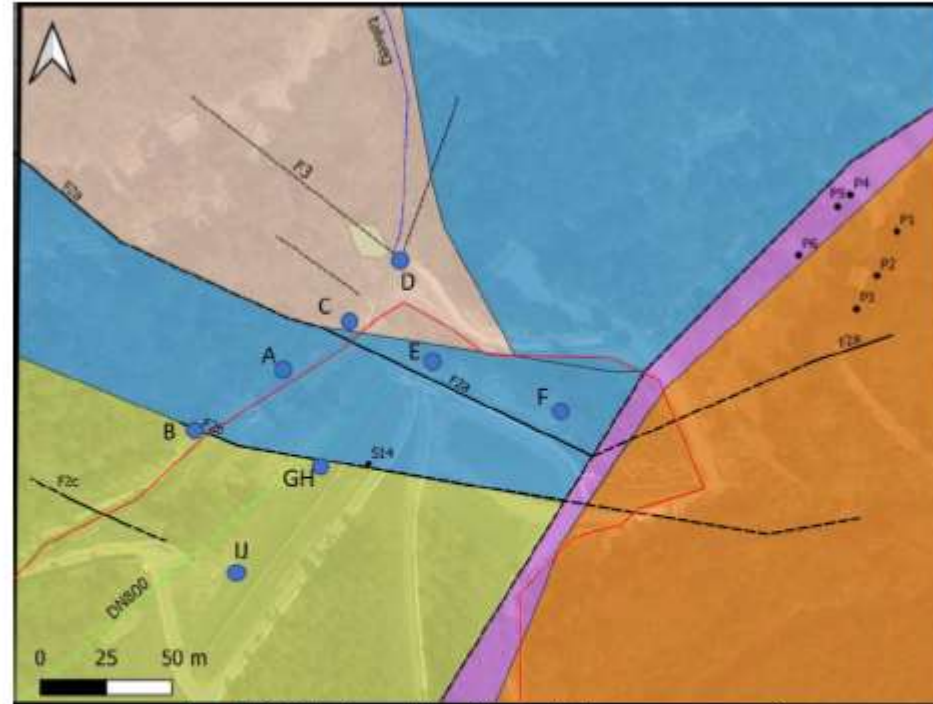
## Programme de forage en septembre 2021



### ● Nouveaux piézomètres



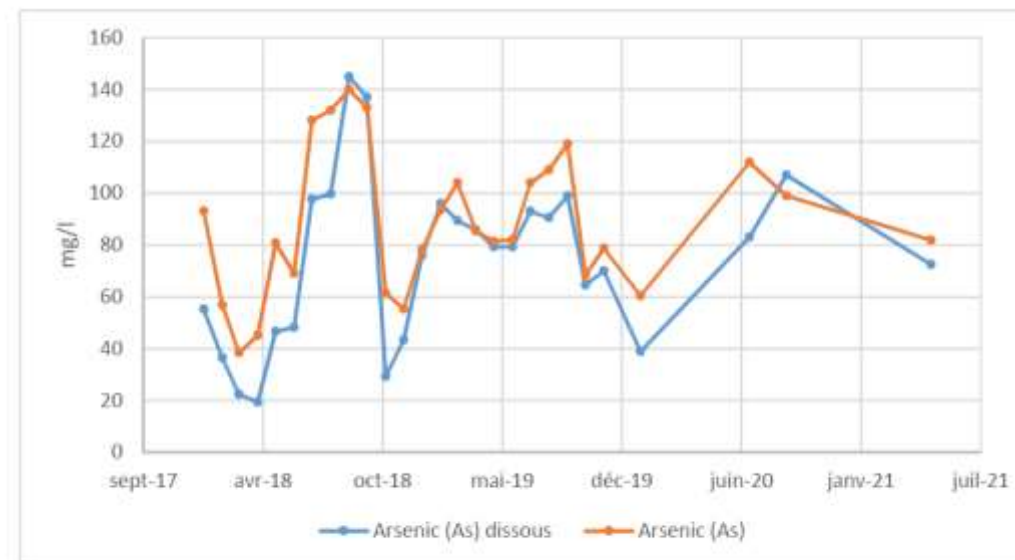
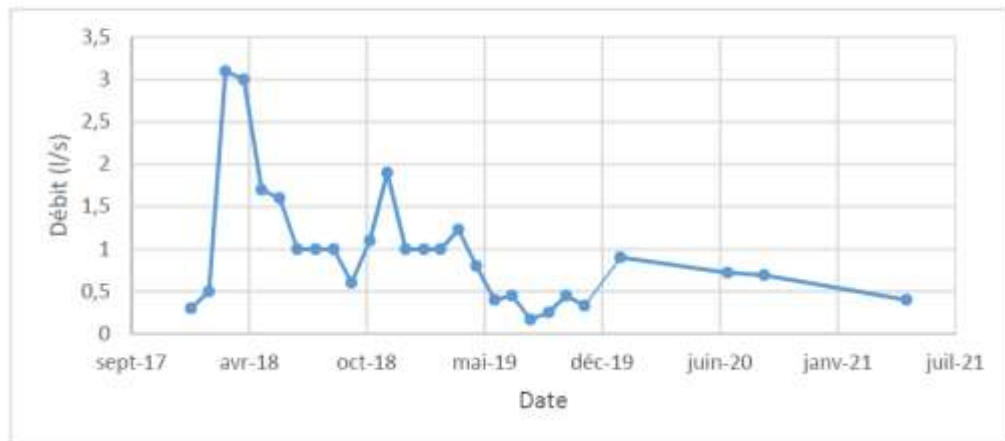
Photo 15/09/2021



- (6) Calcaires dolomitique du Keuper
- (5) Marnes gréseuses du Keuper
- (4) Calcaires dolomitiques du Muschelkalk
- (3) Marnes et grès du Trias inférieur
- (2) Arkoses et conglomérats du Trias inférieur
- (1) Micaschistes du Cambro-ordovicien

# ANTEA : Suivi des eaux superficielles en aval

	Minimum	Maximum	Moyenne	Mai-21
Débit (l/s)	0,17	3,1	0,98	0,4



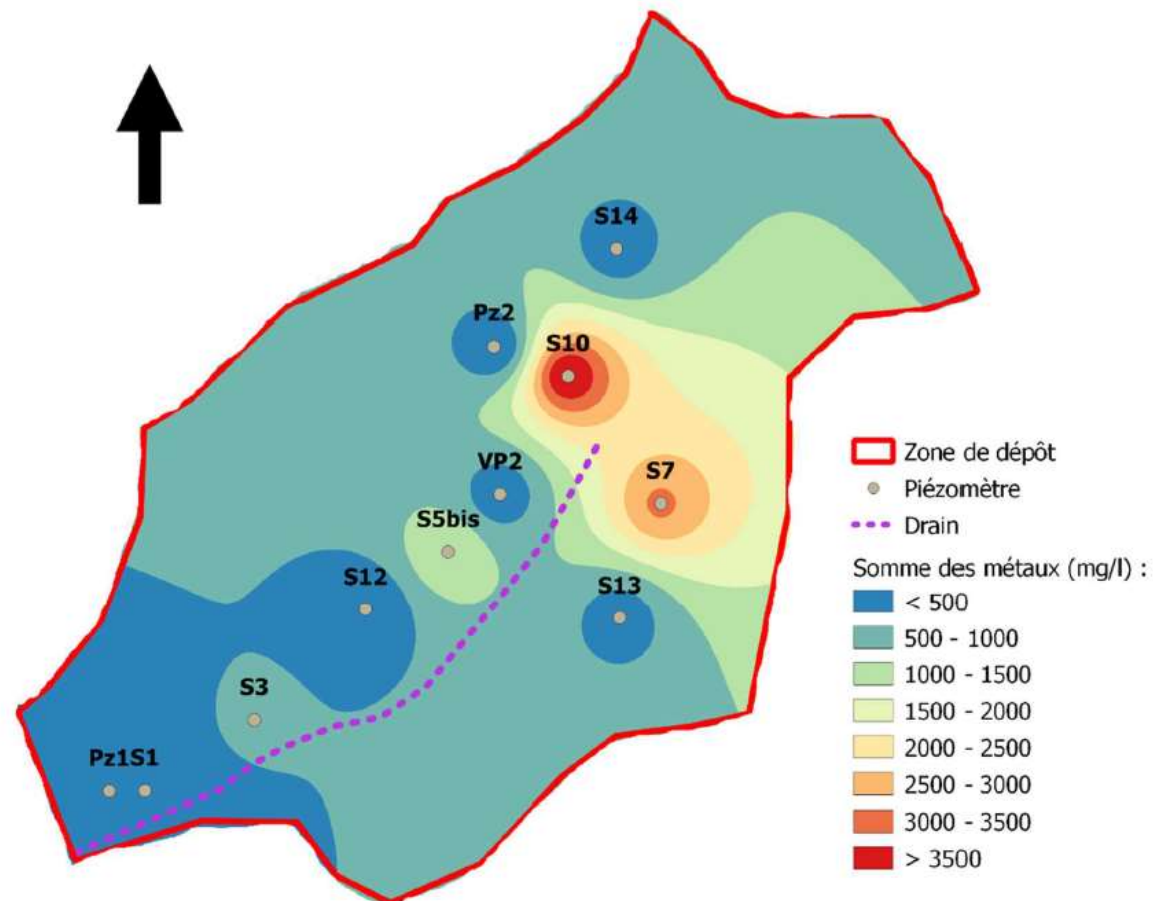
Evolution des concentrations en arsenic des eaux de la sortie de stockage.

Métal total (mg/l)	Eaux souterraines		Eaux de surface
	S1	Pz1	Abis
Aluminium	<0,05	<0,05	26,8
Arsenic	1,34	0,214	88,52
Fer	8,9	0,08	795,61
Manganèse	0,656	1,19	7,87
Plomb	0,00094	<0,0005	1,28
Zinc	0,132	0,362	13,7

# ANTEA : Suivi des eaux souterraines



Esquisse piézométrique de Mai 2021.



Modèle de la somme des métaux dans la zone de dépôt.