

Document public

# Évaluation des impacts potentiels de la crue d'octobre 2018 sur la qualité des eaux superficielles et sédiments du bassin versant de l'Orbiel

Rapport final

BRGM/RP-68777-FR

Mars 2019



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



# Évaluation des impacts potentiels de la crue d'octobre 2018 sur la qualité des eaux superficielles et sédiments du bassin versant de l'Orbiel

Rapport final

**BRGM/RP-68777-FR**  
Mars 2019

**I. Girardeau**

avec la collaboration de  
**JL. Nédellec**

**Vérificateur :**

Nom : Labastie Aurélie

Fonction : Cheffe de projet

Date : 07/03/2019

Signature :



**Approbateur :**

Nom : Vignerons Georges

Fonction : Directeur DPSM

Date : 29/03/2019

Signature :



Le système de management de la qualité et de l'environnement  
est certifié par AFNOR selon les normes ISO 9001 et ISO 14001.

Contact : [qualite@brgm.fr](mailto:qualite@brgm.fr)



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Mots-clés** : Arsenic, Mine, Crue, Sédiments, Eaux superficielles, Salsigne, Orbiel.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

**Girardeau I.** avec la collaboration de **Nedellec JL.** (2019) - Évaluation des impacts potentiels de la crue d'octobre 2018 sur la qualité des eaux superficielles et des sédiments du bassin versant de l'Orbiel. Rapport final. BRGM/RP-68777-FR, 63 p., 59 ill.



## Synthèse

Suite aux intempéries exceptionnelles des 14 et 15 octobre 2018, la question s'est posée de l'impact des anciens sites miniers et industriels de Salsigne et de la Combe du Saut sur la qualité des eaux superficielles et des sédiments de l'Orbiel et ses affluents suite à cet évènement.

L'ensemble des données disponibles pour chaque milieu a donc été compilé afin d'évaluer cet impact potentiel. Pour les eaux superficielles, un nombre important de données est disponible car les eaux de l'Orbiel font l'objet d'une surveillance depuis de nombreuses années. En revanche, pour les sédiments, les données sont moins nombreuses et plus disparates.

Ces résultats ont également été replacés dans le contexte géochimique local du secteur au moyen de la détermination de valeurs de référence pour chacun des milieux concernés.

Les différentes données disponibles en arsenic avant et après la crue d'octobre 2018 montrent que cette dernière n'a globalement pas eu d'impact identifiable sur la qualité des eaux superficielles et des sédiments de l'Orbiel et de ses affluents. Les valeurs observées sur ces milieux sont du même ordre de grandeur avant et après la crue.

De façon plus spécifique, concernant les sédiments, les données disponibles permettent d'établir les conclusions suivantes :

- la qualité des sédiments des affluents de l'Orbiel (Grésillou, Gourg Peyris, Malabau, Ru Sec sur sa partie amont) est significativement impactée par les anciennes activités minières (mines de Villardonnell, Malabau, Salsigne, Nartau et Ramèle) sans que cela entraîne un impact notable sur les sédiments de l'Orbiel, hormis peut-être en aval proche de la confluence avec le Grésillou ;
- un impact des anciennes activités industrielles de la Combe du Saut est observé sur la qualité des sédiments de l'Orbiel en aval de ce site jusqu'en aval de Conques-sur-Orbiel ;
- une contribution de l'activité viticole pourrait être à l'origine de l'augmentation des teneurs en arsenic dans les sédiments de l'Orbiel dans son bassin versant aval (Villalier) ;
- à Villedubert, en aval éloigné, les teneurs rencontrées sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond géochimique local ;
- la crue de 2018 n'a pas eu d'effet observable sur la qualité des sols et jardins inondés au droit des échantillons prélevés, les teneurs mesurées restant dans la même gamme de valeurs par rapport aux résultats disponibles avant la crue.

Concernant les eaux superficielles, les conclusions suivantes peuvent être formulées :

- la qualité des eaux superficielles de l'Orbiel est impactée par l'ancien site industriel de la Combe du Saut ;
- à titre indicatif, les concentrations moyennes en arsenic en aval du site restent cependant inférieures à la valeur réglementaire sur les eaux brutes utilisées pour la production d'eau destinée à la consommation humaine (annexe II de l'arrêté du 11/01/2007) et à l'ancienne valeur guide du SEQ-Eau pour l'usage d'irrigation (100 µg/L) ;
- les concentrations en arsenic en aval du site sont inversement proportionnelles au débit du cours d'eau. La tendance « désaisonnalisée » des données indique cependant une baisse des concentrations moyennes depuis 2008 (environ de 60 à 40 µg/L) ;
- la crue de 2018 n'a pas eu d'effet identifiable sur la qualité des eaux superficielles de l'Orbiel et de ses affluents.

Concernant la « mare », dont l'eau apparaît stagnante et localisée au Gué Lassac, les affouillements provoqués par la crue ont pu mettre à nu des eaux de la nappe alluviale d'accompagnement de l'Orbiel. En effet, la concentration en arsenic déterminée dans cette mare est cohérente avec celles rencontrées dans les piézomètres de la surveillance, les plus proches. Par ailleurs, la mise à nu de ces eaux souterraines a permis leur oxydation provoquant ainsi la précipitation d'oxy-hydroxydes de fer (flocs orangés) qui co-précipitent et concentrent l'arsenic. Il n'est donc pas aberrant de retrouver des teneurs élevées en arsenic dans ces précipités.

Par ailleurs, concernant la verse de Nartau, un examen géomorphologique de l'amas de résidus basé sur des levés de terrain et sur une comparaison de clichés photographiques a mis en évidence que la verse n'a été que peu affectée par les intempéries d'octobre 2018. Les phénomènes d'érosion superficiels ont été très limités et localisés, et les produits issus de cette érosion ont été contenus au niveau d'une petite banquette aménagée à cet effet. La digue de protection du pied de la verse a parfaitement joué son rôle, et n'a pas été submergée par la crue dans la zone d'accumulation des matériaux entraînés par le ravinement superficiel. Ceci permet de conclure que la part de résidus contaminés venant de la verse de Nartau, et ayant été entraîné dans le Grésillou, est probablement restée très réduite.

## Sommaire

|                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. Introduction .....</b>                                                                                    | <b>9</b>  |
| <b>2. Sédiments .....</b>                                                                                       | <b>11</b> |
| 2.1. DONNÉES DISPONIBLES.....                                                                                   | 11        |
| 2.2. DÉTERMINATION DES VALEURS DE RÉFÉRENCE .....                                                               | 14        |
| 2.2.1. Résultats du traitement statistique des données de l'inventaire minier<br>national (Melleton, 2019)..... | 14        |
| 2.2.2. Autres données disponibles pour l'Orbiel amont .....                                                     | 15        |
| 2.3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES.....                                                               | 16        |
| 2.3.1. Méthode de sélection des données disponibles .....                                                       | 16        |
| 2.3.2. Interprétation des données .....                                                                         | 22        |
| <b>3. Eaux superficielles .....</b>                                                                             | <b>31</b> |
| 3.1. DONNÉES DISPONIBLES.....                                                                                   | 31        |
| 3.2. DÉTERMINATION DES VALEURS DE RÉFÉRENCE .....                                                               | 34        |
| 3.2.1. Fond géochimique local .....                                                                             | 34        |
| 3.2.2. Valeurs réglementaires .....                                                                             | 35        |
| 3.3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES.....                                                               | 36        |
| 3.3.1. Avant la crue d'octobre 2018 .....                                                                       | 36        |
| 3.3.2. Après la crue d'octobre 2018 .....                                                                       | 40        |
| <b>4. Mare d'eaux stagnantes du Gué Lassac.....</b>                                                             | <b>45</b> |
| <b>5. Verse de Nartau .....</b>                                                                                 | <b>51</b> |
| 5.1. APPROCHE GÉOMORPHOLOGIQUE .....                                                                            | 51        |
| 5.2. ÉROSION EN SURFACE DU TALUS DE LA VERSE .....                                                              | 51        |
| 5.3. PRODUITS D'ÉROSION PROVENANT DE LA SURFACE DE LA VERSE.....                                                | 55        |
| 5.4. ÉTAT DES GABIONS .....                                                                                     | 58        |
| 5.5. SOUS-CAVAGE DE LA PROTECTION DE PIED .....                                                                 | 60        |
| <b>6. Conclusions.....</b>                                                                                      | <b>61</b> |
| <b>7. Bibliographie .....</b>                                                                                   | <b>63</b> |

## Liste des illustrations

|                                                                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Illustration 1 - Localisation des données disponibles sur les sédiments de l'Orbiel et ses affluents sur fond de carte géologique 1/25 000 .....             | 13 |
| Illustration 2 - Localisation des prélèvements de sédiments analysés en 1986 par ICP-MS dans le cadre de l'inventaire minier national (Melleton, 2019) ..... | 14 |
| Illustration 3 - Résultats du traitement statistique des données sols de l'IMN sur le secteur du district minier de Salsigne (Melleton, 2019).....           | 15 |
| Illustration 4 - Données disponibles sur les sédiments de l'Orbiel amont .....                                                                               | 15 |
| Illustration 5 - Localisation des données sélectionnées (carrés jaunes) sur le ruisseau du Grésillou.....                                                    | 17 |
| Illustration 6 - Localisation des données sélectionnées (zones jaunes) sur le ruisseau du Ru Sec amont et le ruisseau de Malabau.....                        | 18 |
| Illustration 7 - Localisation des données sélectionnées (zones jaunes) sur le ruisseau du Ru Sec et le ruisseau de Gourg Peyris aval.....                    | 19 |
| Illustration 8 - Localisation des données sélectionnées (carrés jaunes) sur l'Orbiel aval Grésillou et Combe du Saut.....                                    | 20 |
| Illustration 9 - Localisation des données sélectionnées (carrés jaunes) sur l'Orbiel aval Vic, Conques et Villalier .....                                    | 21 |
| Illustration 10 - Données disponibles sur les sédiments du Grésillou .....                                                                                   | 22 |
| Illustration 11 - Évolution des teneurs en arsenic dans le Grésillou.....                                                                                    | 23 |
| Illustration 12 - Données disponibles sur les sédiments du ruisseau de Malabau.....                                                                          | 23 |
| Illustration 13 - Données disponibles sur les sédiments du Gourg Peyris aval .....                                                                           | 24 |
| Illustration 14 - Données disponibles sur les sédiments du Ru Sec .....                                                                                      | 25 |
| Illustration 15 - Évolution des teneurs en arsenic dans les sédiments du Ru Sec.....                                                                         | 25 |
| Illustration 16 - Données sédiments sur le secteur Orbiel aval combe du Saut – Gué Lassac .....                                                              | 27 |
| Illustration 17 - Évolution des teneurs en arsenic dans les sédiments de l'Orbiel .....                                                                      | 29 |
| Illustration 18 - Localisation des points de prélèvements d'eaux superficielles dans la vallée de l'Orbiel.....                                              | 33 |
| Illustration 19 - Variation des concentrations moyennes au point Lastours 0 .....                                                                            | 34 |
| Illustration 20 - Variation des concentrations moyennes au point MINE 1.....                                                                                 | 35 |
| Illustration 21 - Évolution des concentrations moyennes mensuelles le long de l'Orbiel avant la crue de 2018 .....                                           | 36 |
| Illustration 22 - Corrélation entre les concentrations en arsenic au Gué Lassac et le débit de l'Orbiel .....                                                | 37 |
| Illustration 23 - Évolution des concentrations en arsenic total et dissous au Gué Lassac entre 2008 et 2018 .....                                            | 38 |
| Illustration 24 - Évolution des concentrations moyennes mensuelles dans le Grésillou.....                                                                    | 39 |
| Illustration 25 - Résultats d'analyses post-crue en arsenic total (µg/L) sur le Grésillou.....                                                               | 40 |
| Illustration 26 - Résultats d'analyses post-crue en arsenic dissous (µg/L) sur le Grésillou .....                                                            | 40 |
| Illustration 27 - Résultats d'analyses en arsenic total (µg/L) disponibles sur le ruisseau de Malabau .40                                                    |    |
| Illustration 28 - Résultats d'analyses en arsenic total (µg/L) disponibles sur le Gourg Peyris.....                                                          | 41 |
| Illustration 29 - Résultats d'analyses disponibles en arsenic total (et dissous pour Behra 2018) en µg/L sur le Ru Sec .....                                 | 41 |

|                                                                                                                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Illustration 30 - Résultats d'analyses post-crue en arsenic total sur l'Orbiel .....                                                                                                       | 42 |
| Illustration 31 - Résultats d'analyses post-crue en arsenic dissous sur l'Orbiel .....                                                                                                     | 42 |
| Illustration 32 - Comparaison des concentrations moyennes (2008-2018) du 4 <sup>ème</sup> trimestre aux concentrations des campagnes post-crue dans l'Orbiel.....                          | 43 |
| Illustration 33 - Localisation de l'affouillement à proximité de l'Orbiel au Gué Lassac .....                                                                                              | 45 |
| Illustration 34 - Photographie de la mare d'eau stagnante au Gué Lassac et de ses flocs orangés (source : La Dépêche du Midi du 22/01/2019) .....                                          | 45 |
| Illustration 35 - Réalisation des prélèvements d'eau et de sédiments dans la mare d'eau stagnante par Ph. Behra (Source : La Dépêche du Midi du 07/12/2018) .....                          | 46 |
| Illustration 36 - Localisation des prélèvements des différents types de « sédiments » réalisés dans la mare du Gué Lassac.....                                                             | 46 |
| Illustration 37 - Prélèvement de flocs orangés par le bureau d'étude Minelis le 01/11/2018.....                                                                                            | 47 |
| Illustration 38 - Résultats d'analyses d'eaux, de sédiments et de flocs orangés dans la mare d'eau stagnante au Gué Lassac .....                                                           | 47 |
| Illustration 39 - Concentrations moyennes en arsenic total rencontrées dans les piézomètres et la lagune d'infiltration en 2018 .....                                                      | 48 |
| Illustration 40 - Localisation des piézomètres à l'ouest proche de l'Orbiel, de la mare du Gué Lassac et sens d'écoulement des eaux souterraines en fonction de la géologie du secteur ... | 49 |
| Illustration 41 - Vue générale de la partie supérieure de la verse avant crue (23/05/2018) .....                                                                                           | 51 |
| Illustration 42 - Vue générale de la partie supérieure de la verse après crue (21/03/2019) .....                                                                                           | 52 |
| Illustration 43 - Vue générale de la partie inférieure de la verse et de sa protection de pied avant crue (23/05/2018).....                                                                | 52 |
| Illustration 44 - Vue générale de la partie inférieure de la verse et de sa protection de pied après crue (17/10/2018) .....                                                               | 53 |
| Illustration 45 - Vue générale de la verse et de sa protection de pied après crue (21/03/2019) .....                                                                                       | 53 |
| Illustration 46 - Vue détaillée de la partie inférieure de la verse avant crue (23/05/2018) .....                                                                                          | 54 |
| Illustration 47 - Vue détaillée de la partie inférieure de la verse après crue (17/10/2018).....                                                                                           | 54 |
| Illustration 48 - Vue détaillée de la partie inférieure de la verse après crue (21/03/2019).....                                                                                           | 55 |
| Illustration 49 - Fossé entre le pied de verse et la digue – avant crue (23/05/2018) .....                                                                                                 | 55 |
| Illustration 50 - Fossé entre le pied de verse et la digue – avant crue (19/11/2015) .....                                                                                                 | 56 |
| Illustration 51 - Fossé entre le pied de verse et la digue – après crue (20/03/2019) .....                                                                                                 | 56 |
| Illustration 52 - Pied de verse et fossé après crue (21/03/2019).....                                                                                                                      | 57 |
| Illustration 53 - Vue de la partie inférieure de la verse après crue (17/10/2018) .....                                                                                                    | 57 |
| Illustration 54 - Vue des laisses de crue (17/10/2018) .....                                                                                                                               | 58 |
| Illustration 55 - Gabions endommagés par la crue en partie terminale de la digue (17/10/2018) .....                                                                                        | 58 |
| Illustration 56 - Gabions endommagés par la crue en partie terminale de la digue (21/03/2019) .....                                                                                        | 59 |
| Illustration 57 - Cage de gabions éventrée par la crue (17/10/2018) .....                                                                                                                  | 59 |
| Illustration 58 - Sous-cavage au niveau des enrochements bétonnés - avant crue (23/05/2018).....                                                                                           | 60 |
| Illustration 59 - Sous-cavage au niveau des enrochements bétonnés - après crue (21/03/2019).....                                                                                           | 60 |



# 1. Introduction

Suite aux intempéries exceptionnelles des 14 et 15 octobre 2018 qui ont touché le nord et le centre du département de l'Aude, une première série de prélèvements d'eaux superficielles a été réalisée par le Département Prévention et Sécurité Minière du BRGM en octobre et novembre dans la vallée de l'Orbiel et ses affluents. Les résultats de ces analyses ont été présentés lors de la commission locale d'information du 13 décembre 2018 relative à l'ancien site industriel et minier de la vallée de l'Orbiel. La question de l'impact de la pollution a été sujet de débat pour les représentants d'associations eu égard notamment aux résultats de prélèvements et d'analyses des eaux de surface réalisés par un chimiste de l'Université de Toulouse, Monsieur Philippe Behra, à la demande du journal « La Dépêche du Midi » (communiqués par la presse le 6 décembre). De plus, un nouvel article du 18 décembre dernier a diffusé d'autres résultats concernant l'analyse par le même universitaire des prélèvements opérés sur les sédiments en plusieurs points de la vallée.

Face à cette situation, le Préfet de l'Aude, dans son courrier du 20 décembre 2018, a demandé à la DREAL Occitanie « d'examiner, avec l'appui du BRGM, la pertinence de ces différentes analyses (eaux de surface, sédiments) ».

Suite à cette demande, de nouvelles séries de prélèvements et d'analyses sur les eaux de surface, mais également sur les sédiments, ont été réalisées par le BRGM/DPSM au premier trimestre 2019.

L'objectif de la présente note est de comparer les résultats de ces analyses aux résultats de la qualité de ces milieux avant la crue afin d'identifier un éventuel impact de cet événement exceptionnel en aval des anciens sites miniers et industriels du district aurifère de Salsigne et de la Combe du Saut.

Dans un premier temps, l'ensemble des données disponibles pour ces milieux a été compilé afin de pouvoir évaluer cet impact potentiel. Pour les eaux superficielles, un nombre important de données est disponible car les eaux de l'Orbiel font l'objet d'une surveillance depuis de nombreuses années. En revanche pour les sédiments, les données sont moins nombreuses et plus disparates.

Afin de pouvoir replacer les résultats concernant les eaux superficielles et les sédiments dans le contexte géochimique local du secteur, une détermination de valeurs de référence pour chacun des milieux concernés a été réalisée au regard des données disponibles.

Rappelons en effet qu'un gisement métallique ou polymétallique ayant donné lieu ou non à une exploitation minière (mine) correspond à une anomalie géochimique et hydrogéochimique matérialisée par des teneurs naturelles parfois très élevées en de très nombreux éléments chimiques (métaux et métalloïdes en particulier) dans tous les compartiments environnementaux. En général, l'instauration d'un tel fond géochimique se fait en dehors (en amont) de toute influence anthropique (travaux d'exploitation, dépôts de déchets miniers, rejets d'effluents, etc.) mais à l'intérieur des formations géologiques « anormales » renfermant les indices ou les gisements recherchés ou les mines exploitées.

Les données acquises après l'épisode exceptionnel d'octobre 2018 ont donc d'une part été comparées au bruit de fond géochimique local et, d'autre part, aux données disponibles avant la crue, obtenues notamment dans le cadre des études et de la surveillance de ces anciens sites industriels et miniers.

La présente note ne s'intéressera qu'aux résultats concernant l'arsenic, principal polluant lié aux anciennes activités industrielles et minières.

Par ailleurs, il a été procédé à un examen particulier au droit de la verse à résidus de Nartau, afin de déterminer si les intempéries exceptionnelles d'octobre 2018 ont conduit à une déstabilisation en masse de la verse et à un entraînement conséquent de matériaux fortement contaminés à l'arsenic dans le Grésillou, affluent de l'Orbiel. Cette étude a été menée à partir d'une approche géomorphologique basée sur des observations de terrain et une comparaison de clichés photographiques.



## 2. Sédiments

### 2.1. DONNÉES DISPONIBLES

Plusieurs données sur la qualité des sédiments de la vallée de l'Orbiel sont disponibles (cf. Illustration 1). Les études à l'origine de ces données sont les suivantes :

- **Étude Horizons (1999-2000)**

Engagée par le Syndicat Intercommunal pour l'Aménagement Hydraulique des Bassins de l'Orbiel et du Trappel (SIAHBOT), cette « étude pour un bilan environnemental dans la vallée de l'Orbiel » a été réalisée par le bureau d'études Horizons en 3 phases successives (synthèse bibliographique, campagne d'analyses et campagne complémentaire).

Concernant les sédiments, 60 échantillons ont été prélevés entre mai et juillet 1999 en 23 points le long de la vallée de l'Orbiel et de ses affluents à différentes profondeurs (0,2, 1, 1,5 et 2 m de profondeur). Une attention particulière doit être portée sur les résultats de cette campagne dans la mesure où la technique d'analyse employée est une technique semi-quantitative (par spectrophotométrie d'émission plasma après minéralisation à l'acide fluorhydrique). Horizons mentionne une incertitude de 25 % à considérer sur les résultats de ce type d'analyse.

Horizons a par ailleurs réalisé, lors de la phase 3 de l'étude en 2000, des analyses quantitatives totales sur 16 échantillons parmi les 60 prélevés précédemment.

- **Étude Burgeap (2002)**

Dix tomes constituent l'étude « Diagnostic détaillé de la pollution du site et étude du projet de réhabilitation du site de la Combe du Saut » confiée par l'ADEME au bureau d'études Burgeap. Il s'agit d'un état des lieux détaillé de la situation environnementale du site avant les travaux de réhabilitation.

Dans le tome 4 « Évaluation des transferts de polluants à l'extérieur du site », Burgeap fournit des résultats d'analyse sur une dizaine de prélèvements de sédiments réalisés tout au long de l'Orbiel à deux profondeurs différentes (0 à 0,2 m et 0,2 à 0,4 m). La technique analytique employée par le laboratoire d'analyse n'est pas détaillée.

- **Étude ICF (2008)**

Cette étude, réalisée à la demande de la DRIRE Languedoc-Roussillon, a concerné l'étude de pollution et des risques présentés par les 6 sites miniers dits « exclus ». Les 6 sites concernés par l'étude sont les suivants : arséniate de chaux et plage B3, mine de Malabau, mine de Nartau, site de Peyre-Brune, verse de l'Atelier, verse de Ramèle.

Dans le cadre de cette étude, des mesures à fluorescence X portable ont été réalisées sur les sédiments des cours d'eau situés en aval immédiat de ces sites (Grésillou, Entrebus, Malabau, Ru Sec sur sa partie amont). Aucune mesure n'a été réalisée dans l'Orbiel. Les mesures *in situ* ont été réalisées dans les ruisseaux à sec, sur les sédiments en place, sans tamisage préalable. Un faible nombre d'échantillons (5) a été envoyé au laboratoire d'analyse afin d'étudier la corrélation entre les mesures de terrain et les analyses de laboratoire. Les résultats de cette campagne sont donc à considérer comme semi-quantitatif, donnant plus un ordre de grandeur qu'un résultat quantitatif fiable.

- **Données de l'inventaire minier national (années 80) - Étude Melleton (2019)**

Dans le cadre de l'inventaire minier national réalisé par le BRGM (<http://sigminesfrance.brgm.fr/>), deux jeux de données géochimiques sur les sédiments de ruisseaux peuvent être distingués sur un domaine proche de l'ancien district minier de Salsigne :

- 525 analyses sur sédiments de ruisseaux par la méthode DCP. Les données comprennent au total 22 éléments (Fe2X, MnO, P2O5, Pb, Zn, Cu, As, Ba, Ni, Co, Cr, Nb, Yt, V, Ag, Sn, Mo, W, Sb, Cd, B, Be). Elles sont cependant localisées très au nord de la zone d'étude ;
- 153 analyses sur sédiments de ruisseaux par la méthode ICP-MS sur une zone restreinte de la feuille de Lézignan-Corbières (1038) (Illustration 2). Les données comprennent au total 33 éléments (SiO2, Al2X, FE2X, CaO, MgO, K2O, MnO, TiO2, P2O5, Sr, Pb, Zn, Cu, As, Ba, Ni, B, Zr, Ce, V, Sb, Nb, Li, Co, La, Yt, Cr, Ag, Cd, Bi, Be, Mo, W). Ces données sont localisées sur une zone restreinte à l'Est du secteur d'étude mais présentent une géologie équivalente à celle des minéralisations exploitées à Salsigne.

Ce dernier jeu de données a donc été exploité par un traitement statistique en distinguant les différentes couches géologiques afin de déterminer les valeurs de fond géochimique local représentatif du secteur d'étude.

- **Données DPSM/Minelis (2017 et 2018)**

À la suite des travaux de réhabilitation ADEME sur la Combe du Saut et des travaux de fermeture de la mine et des stockages de déchets assurés par MOS, une surveillance environnementale a été mise en place à partir de 2006. Cette surveillance est assurée par le Département Prévention et Sécurité Minière (DPSM) du BRGM dans le cadre de sa mission de gestion opérationnelle de l'après-mine confiée par l'État.

Aucun prélèvement de sédiment n'est actuellement prévu dans le cadre de cette surveillance. Cependant des campagnes ponctuelles ont été réalisées :

- en 2017 et 2018, dans les sédiments de l'Orbiel en 4 points (nommés « Minelis » en Illustration 1). Ces prélèvements ont été réalisés par le bureau d'études Minelis, prestataire du DPSM en charge de la surveillance environnementale au moment de ces prélèvements ;
- en 2017, dans les sédiments du Gourg Peyris, du Ru Sec et de l'Orbiel (nommés « DPSM 2017 » en Illustration 1). Ces prélèvements ont été réalisés par le DPSM.

Les analyses ont été réalisées par le laboratoire d'analyse EUROFINs agréé COFRAC. Les échantillons ont été minéralisés à l'eau régale puis analysés par ICP-AES. Le laboratoire indique un pourcentage d'incertitude analytique compris entre 20 et 25 %.

- **Les résultats de M. Behra (2018)**

Des prélèvements ont été réalisés par M. BEHRA le 12 novembre 2018, cependant les résultats n'ont à ce stade pas été communiqués officiellement et les protocoles de prélèvements et d'analyse ne sont pas connus. Les valeurs disponibles à la date de cette étude sont cependant mentionnées dans les tableaux et certains graphiques, à titre indicatif.

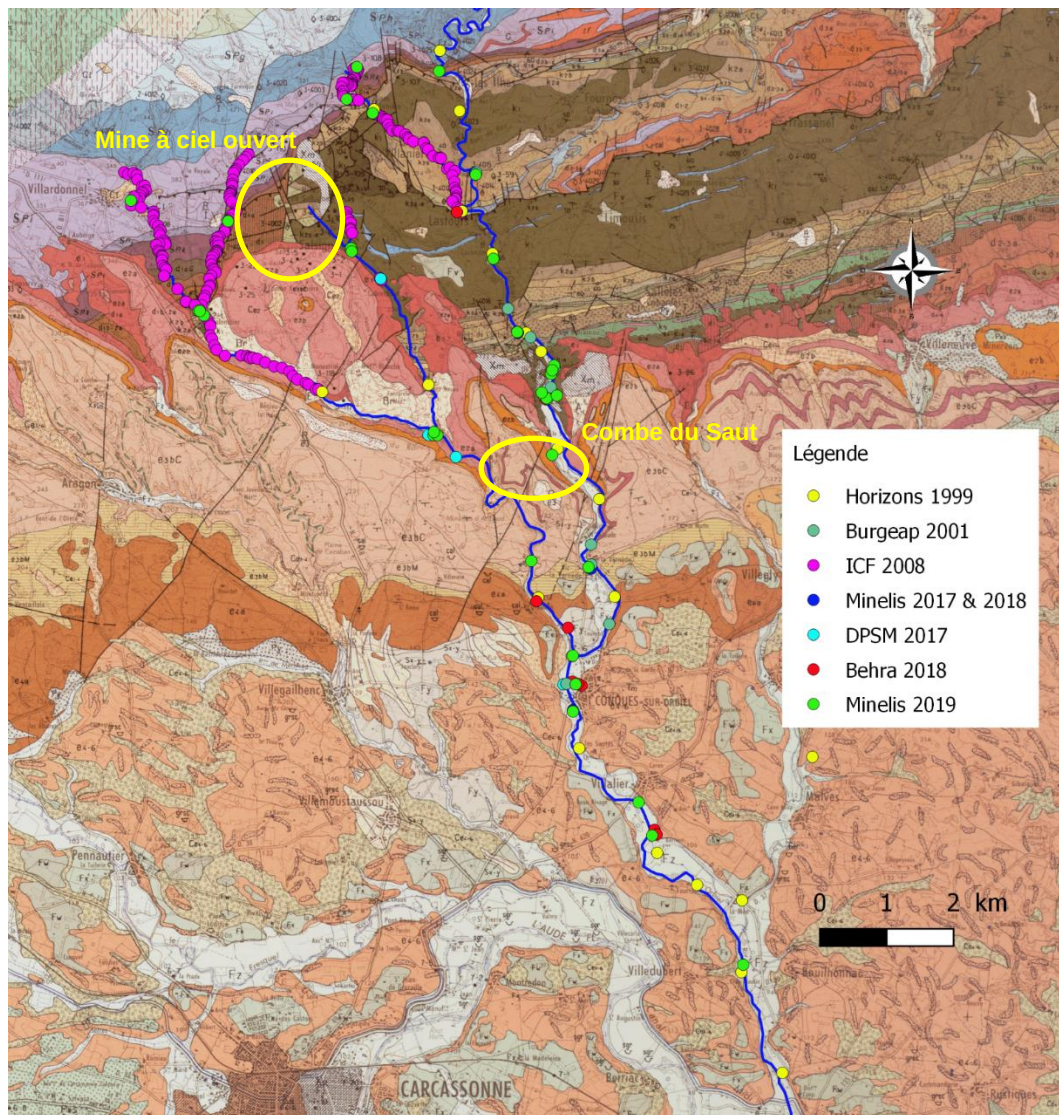
- **Campagne exceptionnelle de janvier 2019 (DPSM/ Minelis)**

Dans le cadre de sa mission de surveillance environnementale, le DPSM a mandaté son prestataire Minelis afin de réaliser une campagne exceptionnelle de prélèvements d'eaux superficielles et de sédiments sur l'ensemble du bassin versant de l'Orbiel et de ses affluents.

31 prélèvements de sédiments ont été réalisés en janvier 2019. Deux prélèvements complémentaires ont été réalisés en aval de Conques-sur-Orbiel et Villalier, au droit de zones inondées lors de la crue d'octobre 2018.

La majorité des prélèvements a été réalisée sur les rives inondées de la crue d'octobre 2018. L'échantillonnage a été réalisé à l'aide d'une drague manuelle sur 2 à 5 cm de profondeur maximum. Les échantillons ont été conditionnés directement sur place et envoyés au laboratoire EUROFINS agréé COFRAC. Les échantillons ont été tamisés à 2 mm, minéralisés à l'eau régale puis analysés par ICP-AES. Le laboratoire indique un pourcentage d'incertitude analytique de 22 %.

Les cartes de localisation des données disponibles sur les sédiments sont présentées ci-après.



*Illustration 1 - Localisation des données disponibles sur les sédiments de l'Orbiel et ses affluents sur fond de carte géologique 1/25 000.*



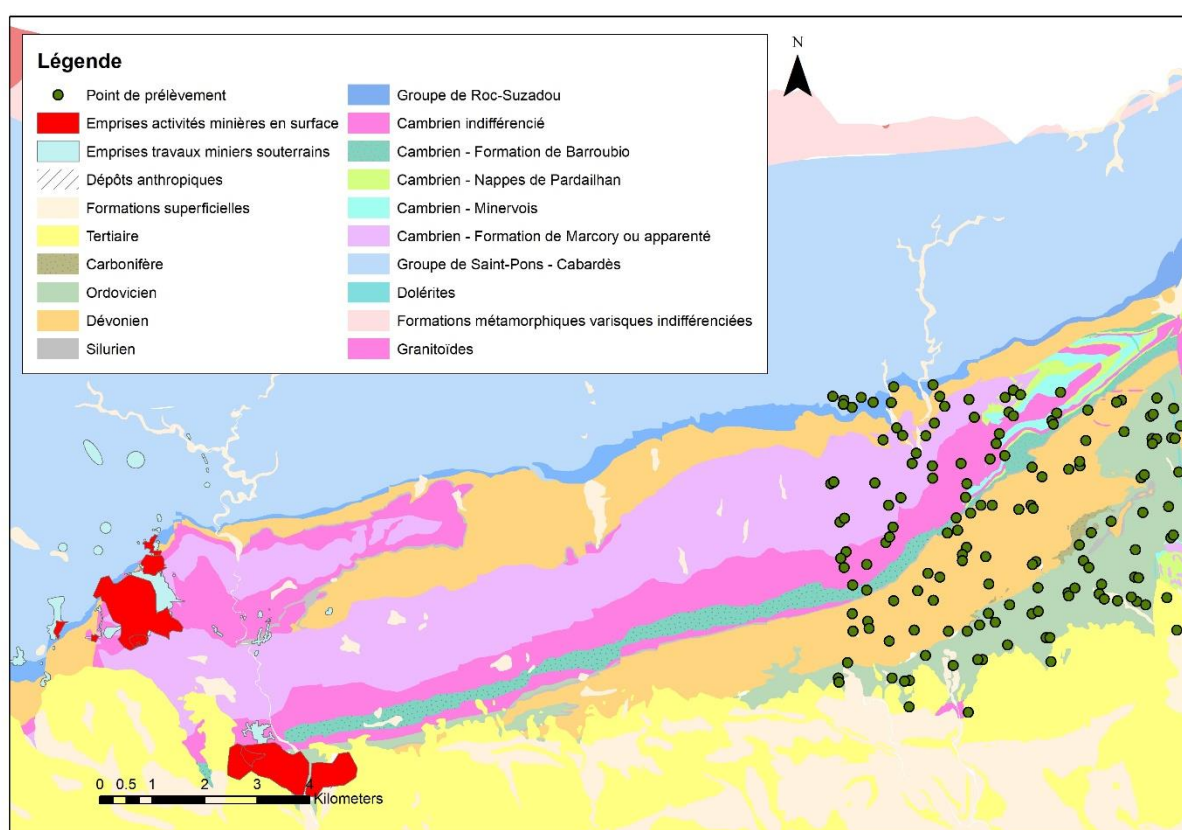


Illustration 2 - Localisation des prélèvements de sédiments analysés en 1986 par ICP-MS dans le cadre de l'inventaire minier national (Melleton, 2019).

## 2.2. DÉTERMINATION DES VALEURS DE RÉFÉRENCE

### 2.2.1. Résultats du traitement statistique des données de l'inventaire minier national (Melleton, 2019)

Pour les sédiments, les plus fortes moyennes en arsenic ( $> 100 \text{ ppm}^1$ ) sont relevées au niveau des formations cambriennes du groupe de Saint-Pons – Cabardès (126 ppm), de l'unité de Roc Suzadou (178 ppm) et du Dévonien (117 ppm). Pour la plupart des formations lithologiques, le nombre de données disponibles dans les sédiments de ruisseaux n'est pas suffisant ( $n < 30$ ) pour définir une ligne de base robuste. Cela a toutefois été possible pour 2 unités lithologiques dont le percentile 90 de la distribution des données est le suivant :

- Flyschs ordoviciens du Minervois : 75 ppm ;
- Dévonien : 129 ppm.

À titre informatif, le percentile 90 de la distribution globale des teneurs en arsenic dans les sédiments du secteur est de 107 ppm, toutes lithologies confondues.

En revanche, également à titre informatif, pour les sols, un jeu de 858 données était disponible pour un traitement statistique sur le secteur. Pour les unités lithologiques où le nombre de données était suffisant ( $n > 30$ ), les résultats sont les suivants :

<sup>1</sup> ppm = mg/kg

|                                                       | P90 % (en ppm) | Moyenne (en ppm) |
|-------------------------------------------------------|----------------|------------------|
| <b>Analyses de sols en DCP</b>                        |                |                  |
| Cambrien - indifférencié et de la Nappe de Pardailhan | 127            | 60               |
| Cambrien - Formation de Marcory ou apparenté          | 110            | 60               |
| Flyschs ordoviciens du Minervois                      | 45             | 27               |
| Cambrien - Groupe de Saint-Pons - Cabardès            | 339            | 176              |
| Tertiaire                                             | 148            | 75               |

*Illustration 3 - Résultats du traitement statistique des données sols de l'IMN sur le secteur du district minier de Salsigne (Melleton, 2019).*

Il est intéressant de noter que même dans les terrains du tertiaire, proches des terrains du primaire, les teneurs naturelles en arsenic sont relativement élevées.

### 2.2.2. Autres données disponibles pour l'Orbiel amont

Sur l'Orbiel, les travaux miniers recensés le plus en amont sont les travaux de recherche de Bordeneuve localisés à proximité de Mas-Cabardès. Il s'agit cependant de petites galeries mises en sécurité par MOS que l'on peut considérer sans influence sur la qualité de l'Orbiel.

Ainsi, les données disponibles en amont de Lastours, avant la confluence avec le Grésillou, peuvent être considérées comme des données de référence pour la détermination du fond géochimique local sur les sédiments.

À noter que pour les données Horizons 1999 et Burgeap 2001, ne seront considérées que les valeurs des échantillons prélevés en surface, à savoir 0,2 m de profondeur maximum, afin d'être homogène avec les profondeurs d'échantillonnage des autres campagnes.

Les données disponibles sont les suivantes :

| Origine des données        | Nom(s) échantillon(s) | Formation géologique                      | Teneurs en arsenic (mg/kg) |
|----------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|----------------------------|
| Horizons 1999              | A1, A16               | Groupe Saint-Pons-Cabardès                | 150 et 120                 |
| Horizons 2000              | A1                    | Groupe Saint - Pons-Cabardès              | 117                        |
| Horizons 1999              | A2                    | Grès de Marcory                           | 90                         |
| Burgeap 2001               | BE301a                | Cambrien - unité N-Minervois (de Fournes) | 69                         |
| Minelis 2019               | Lastours 0            | Unité Roc-Suzadou                         | 76                         |
| Minelis 2017, 2018 et 2019 | Lastours 1            | Cambrien - unité N-Minervois (de Fournes) | 89, 54 et 98               |

*Illustration 4 - Données disponibles sur les sédiments de l'Orbiel amont.*

Ces données sont cohérentes avec celles de l'inventaire minier national présentées dans le chapitre précédent, les teneurs les plus élevées étant retrouvées dans les formations du groupe de Saint-Pons-Cabardès. Il est à noter que ces valeurs naturelles sont dans la gamme haute des valeurs couramment rencontrées sur le territoire métropolitain.

## **2.3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES**

### **2.3.1. Méthode de sélection des données disponibles**

Comme pour les valeurs de référence, ne seront retenues des données Horizons et Burgeap que les données issues des prélèvements de surface, à savoir 0,2 m de profondeur maximum afin d'être homogène avec les profondeurs investiguées dans le cadre des autres études.

Compte tenu de la disparité des données, tant en terme de protocoles de prélèvement et d'analyses, que de localisation, il est proposé en première approche de comparer les données avant et après crue par secteurs sur l'Orbiel et ses différents affluents. Les illustrations suivantes (Illustrations 5 à 9) présentent les secteurs identifiés où des données *ante* et *post-crue* sont disponibles. Une attention particulière a été portée pour que les données disponibles dans chaque secteur soient localisées au sein de la même unité lithologique lorsque cela a été possible. Sur les illustrations 5, illustration 6 et illustration 8 figurent l'ensemble des travaux miniers souterrains connus (Audion, 2012).

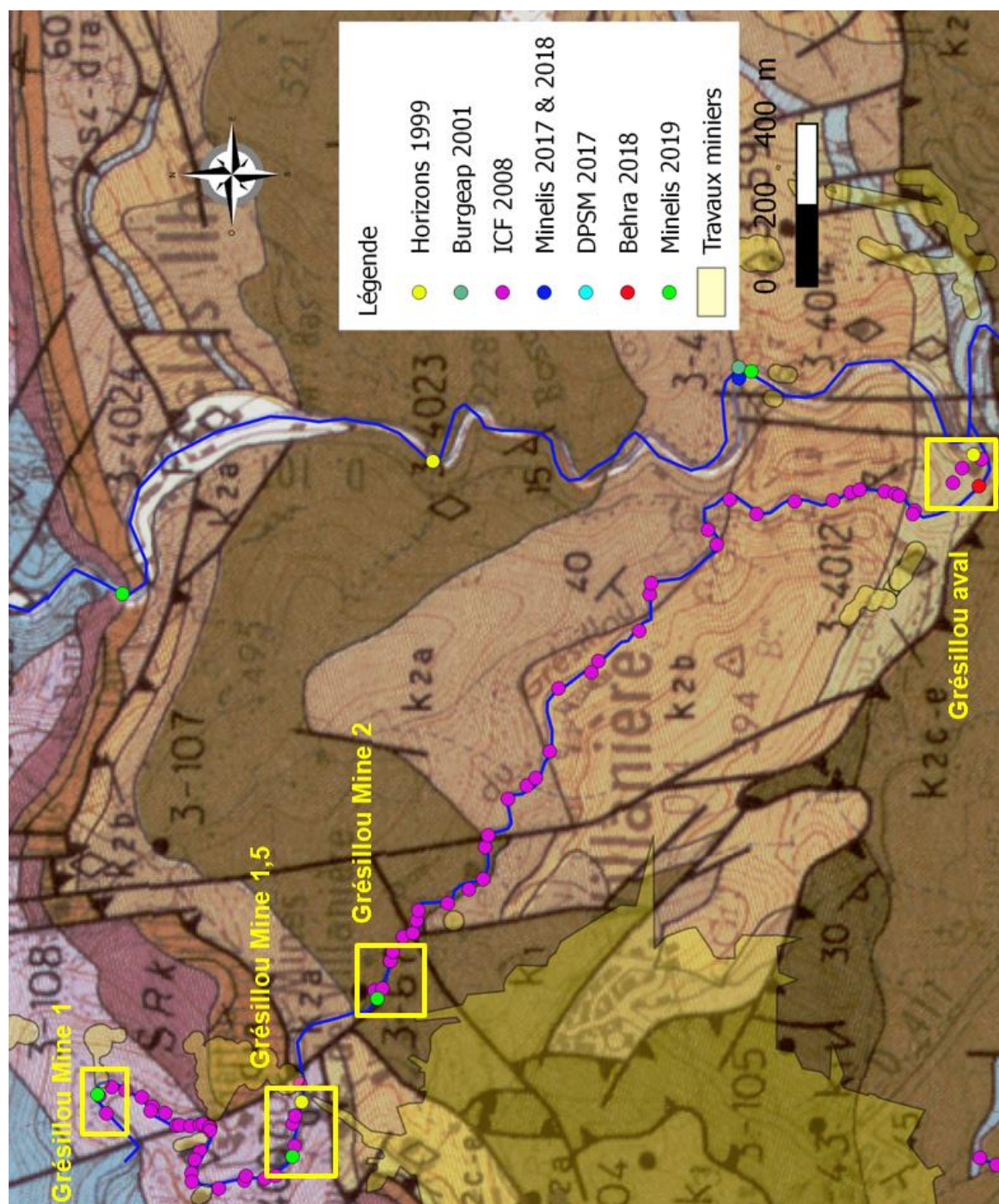


Illustration 5 - Localisation des données sélectionnées (carrés jaunes) sur le ruisseau du Grésillou.



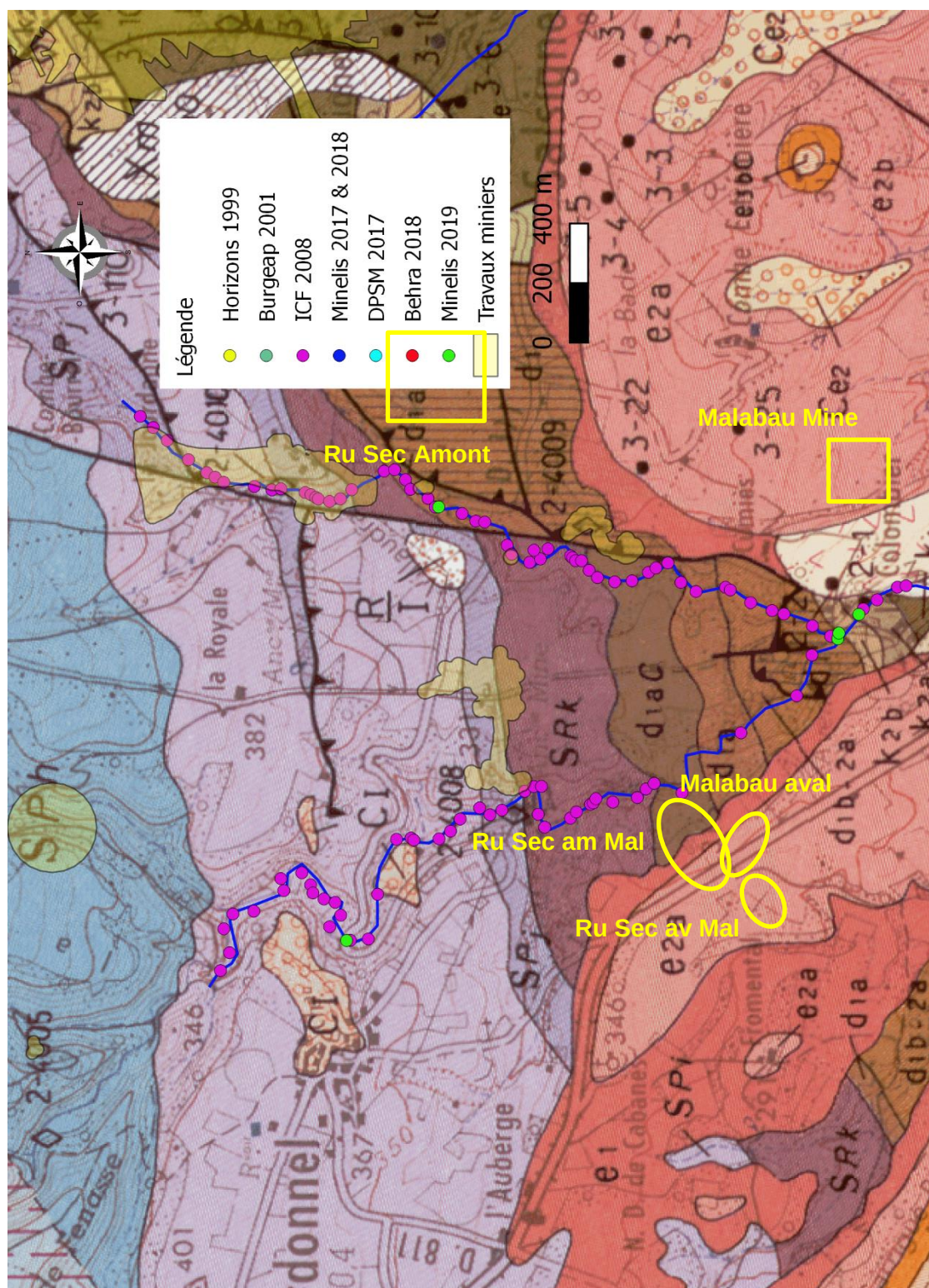


Illustration 6 - Localisation des données sélectionnées (zones jaunes) sur le ruisseau du Ru Sec amont et le ruisseau de Malabau.



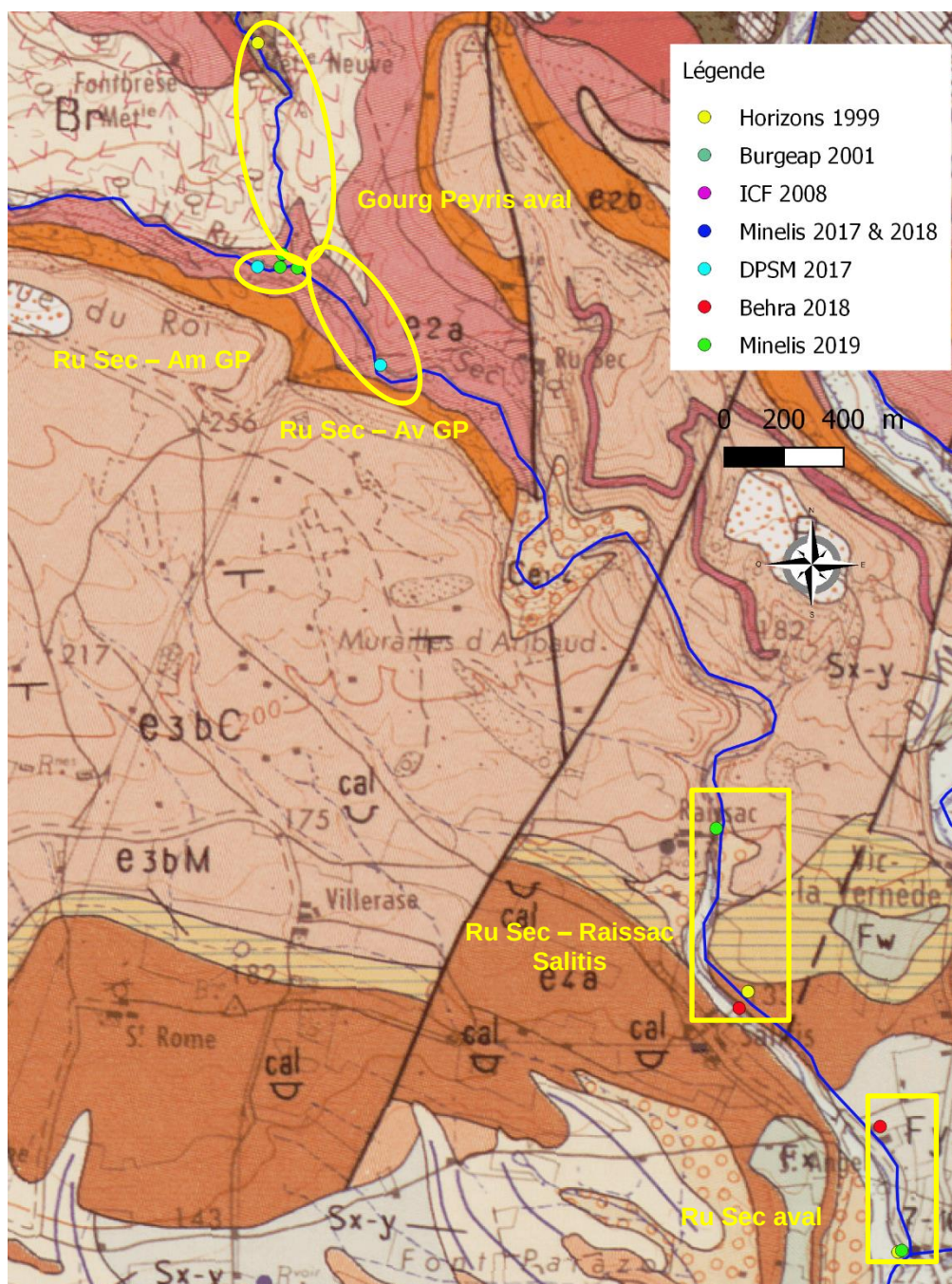


Illustration 7 - Localisation des données sélectionnées (zones jaunes) sur le ruisseau du Ru Sec et le ruisseau de Gourg Peyris aval.

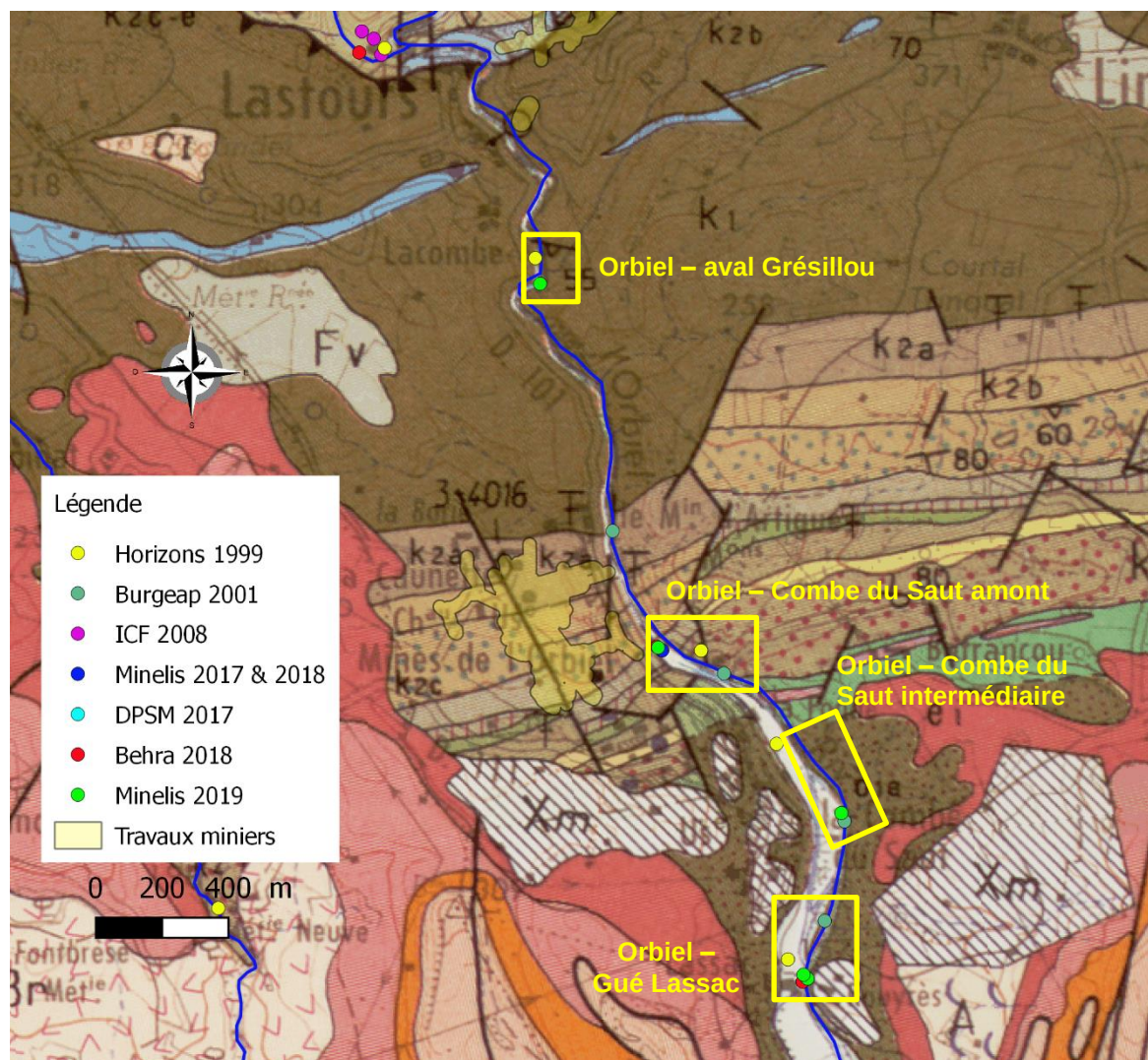


Illustration 8 - Localisation des données sélectionnées (carrés jaunes) sur l'Orbiel aval Grésillou et Combe du Saut.



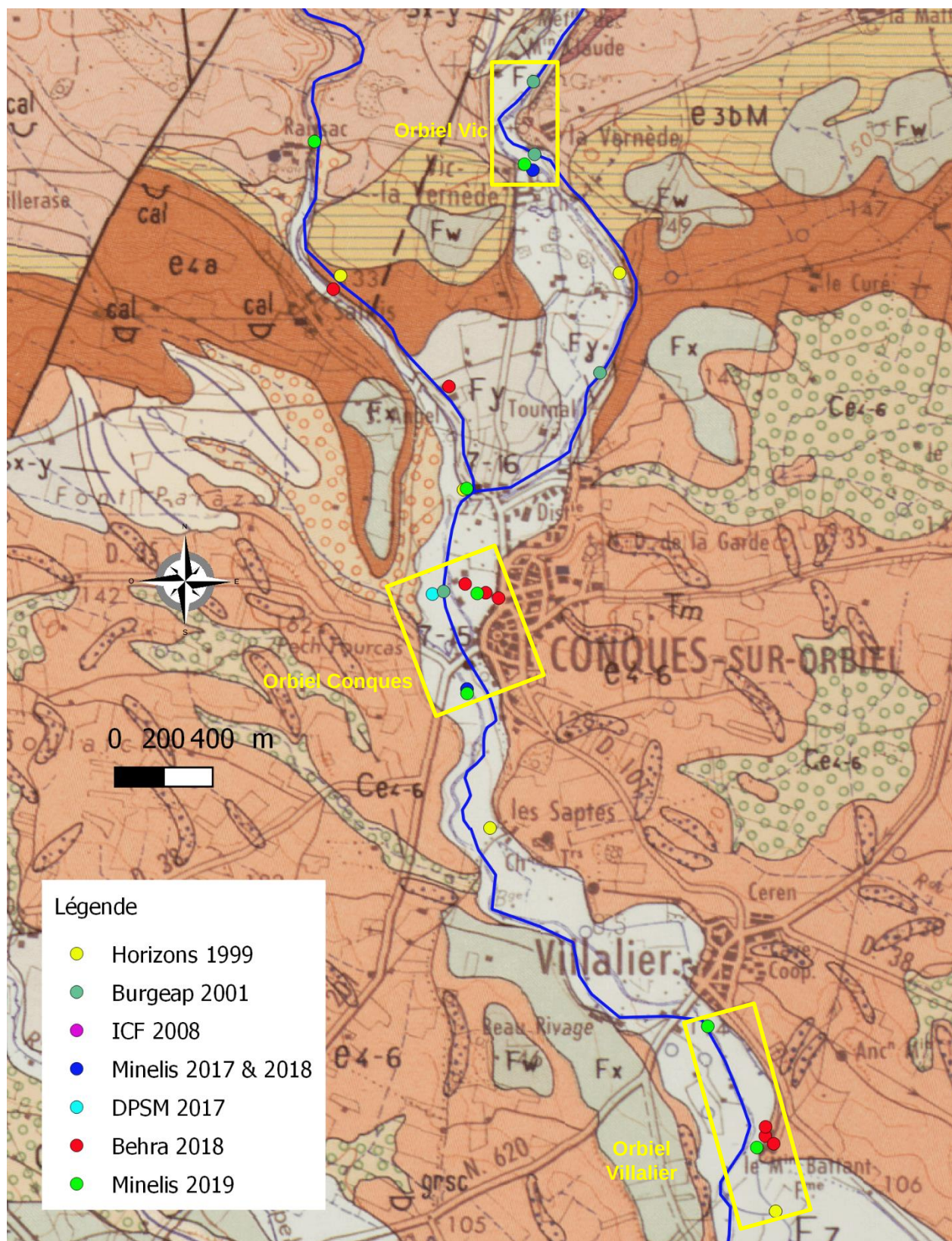


Illustration 9 - Localisation des données sélectionnées (carrés jaunes) sur l'Orbiel aval Vic, Conques et Villalier.

### 2.3.2. Interprétation des données

#### Le Grésillou

Les valeurs disponibles par secteur sont présentées dans le tableau ci-après :

| Secteur              | Source        | Nom             | As (mg/kg) |
|----------------------|---------------|-----------------|------------|
| Grésillou – Mine 1   | ICF 2008      | 3               | 333        |
|                      | ICF 2008      | 4               | 285        |
|                      | ICF 2008      | 5               | 352        |
|                      | ICF 2008      | 6               | 459        |
|                      | Minelis 2019  | GRE1 (Mine 1)   | 221        |
| Grésillou – Mine 1,5 | Horizons 1999 | A8              | 550        |
|                      | ICF 2008      | 28              | 2936       |
|                      | ICF 2008      | 29              | 2210       |
|                      | ICF 2008      | 30              | 5586       |
|                      | ICF 2008      | 31              | 3490       |
|                      | Minelis 2019  | GRE2 (Mine 1,5) | 352        |
| Grésillou – Mine 2   | ICF 2008      | 32              | 6108       |
|                      | ICF 2008      | 33              | 5153       |
|                      | ICF 2008      | 34              | 5451       |
|                      | ICF 2008      | 35              | 1950       |
|                      | Minelis 2019  | GRE3 (Mine 2)   | 1240       |
| Grésillou aval       | Horizons 1999 | A9              | 2000       |
|                      | ICF 2008      | 70              | 1080       |
|                      | ICF 2008      | 71              | 1660       |
|                      | ICF 2008      | 72              | 2058       |
|                      | Behra 2018    | Grésillon       | 1859       |

*Illustration 10 - Données disponibles sur les sédiments du Grésillou.*

Les valeurs disponibles indiquent :

- au niveau du point amont « Mine 1 » des valeurs relativement élevées pour un point « amont ». La lithologie présente au droit de ces prélèvements appartient au groupe de Saint-Pons-Cabardès qui révèle les teneurs en arsenic les plus fortes du secteur qui peuvent être de l'ordre de grandeur de celles rencontrées sur ce point (P90 de 339 ppm dans les sols). On peut donc supposer la présence d'une anomalie géochimique locale naturellement élevée ayant donné lieu aux travaux miniers de Nartau et de Carrus, une concentration des minéralisations de la zone dans les sédiments ou une influence des travaux miniers plus anciens ;
- en aval proche et éloigné des sites de Nartau et de Ramèle, des teneurs très élevées en arsenic (> 1 000 mg/kg), nettement supérieures au bruit de fond géochimique local et très probablement en lien avec les anciennes activités minières et l'ancien site de traitement de minerai de Ramèle. Elles sont retrouvées jusqu'à la confluence avec l'Orbiel. À noter que la valeur de M. Behra est cohérente avec les autres valeurs disponibles ;
- les valeurs disponibles étant du même ordre de grandeur avant et après la crue (considérant notamment les différentes incertitudes analytiques), aucun impact de cet évènement n'a pu être mis en évidence sur la qualité des sédiments du Grésillou.

On peut noter cependant notamment au point mine 1,5 (et, dans une moindre mesure, au point mine 2) des différences notables entre les valeurs fournies par l'appareil à fluorescence X portable (ICF 2008) et les valeurs fournies par les laboratoires d'analyse (Horizons 1999 et Minelis 2019). Cela peut résulter soit d'une très forte hétérogénéité des matériaux prélevés, soit d'une dérive de l'appareil à fluorescence X portable pour les fortes valeurs (mauvaise corrélation avec les analyses labo).

L'illustration suivante présente l'évolution des teneurs en arsenic dans le Grésillou entre l'amont et l'aval à la confluence avec l'Orbiel.

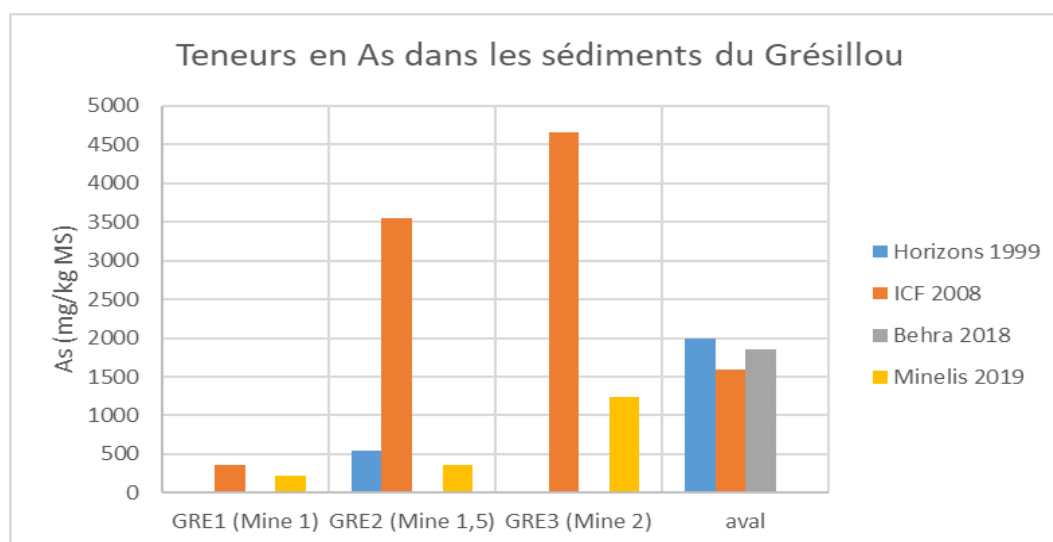


Illustration 11 - Évolution des teneurs en arsenic dans le Grésillou.

### Ruisseau de Malabau

Les valeurs disponibles par secteur sont présentées dans le tableau ci-après :

| Secteur      | Source       | Nom  | As (mg/kg) |
|--------------|--------------|------|------------|
| Malabau Mine | ICF 2008     | 371  | 4 422      |
|              | ICF 2008     | 372  | 3 067      |
|              | ICF 2008     | 373  | 3 005      |
|              | Minelis 2019 | Mal2 | 1 680      |
| Malabau aval | ICF 2008     | 400  | 2 247      |
|              | ICF 2008     | 401  | 2 247      |
|              | Minelis 2019 | Mal3 | 1 470      |

Illustration 12 - Données disponibles sur les sédiments du ruisseau de Malabau.

Sur le ruisseau de Malabau, aucun prélèvement n'a été réalisé en amont de tous travaux miniers. Les données disponibles indiquent des teneurs en arsenic très élevées dans les sédiments du ruisseau (> 1 000 mg/kg) largement supérieures au bruit de fond géochimique local et du même ordre de grandeur que celles du Grésillou. Ces fortes teneurs sont très probablement à mettre en lien avec les anciens travaux miniers de la Messette ainsi que l'ancienne usine de traitement de minerai de Malabau.

Ces valeurs sont retrouvées jusqu'à la confluence avec le Ru Sec. Il n'est pas noté de différence notable avant et après la crue, la différence d'ordre de grandeur étant probablement davantage liée à la différence de protocole analytique (fluorescence X portable vs laboratoire).

### **Gourg Peyris**

Sur le Gourg Peyris et l'Entrebuc son affluent, la localisation des données ante et post-crue ne permet pas une comparaison fiable (points de prélèvements trop éloignés les uns des autres).

Les résultats disponibles (Minelis, 2019) indiquent cependant que les sédiments de l'Entrebuc sont impactés par la mine de Salsigne et notamment par la verse de l'Atelier ([As]> 2 500 mg/kg). Cet impact se retrouve dans les sédiments du Gourg Peyris, notamment en aval proche de la confluence avec l'Entrebuc.

Les valeurs disponibles en aval du Gourg Peyris, avant sa confluence avec le Ru Sec sont présentées dans le tableau suivant.

| Secteur           | Source        | Nom | As (mg/kg) |
|-------------------|---------------|-----|------------|
| Gourg Peyris aval | Horizons 1999 | A11 | 470        |
|                   | Minelis 2019  | GP3 | 573        |

*Illustration 13 - Données disponibles sur les sédiments du Gourg Peyris aval.*

Seules deux données sont disponibles sur ce secteur avant et après la crue et avec une localisation relativement éloignée. Les résultats montrent une possible augmentation des teneurs entre 1999 et 2019. Plusieurs hypothèses sur cette différence de valeurs peuvent être formulées :

1. les sédiments du Gourg Peyris en amont de ce secteur étant fortement impactés par les anciennes activités minières, la crue de 2018 et ses précédentes (1999, 2005 notamment) ont pu charrier ces sédiments vers l'aval ;
2. ces données n'ayant pas été collectées et analysées selon un protocole reproductible, elles reflètent simplement l'hétérogénéité du milieu et reste dans la plage des incertitudes analytiques.

Une combinaison de ces hypothèses pourrait également expliquer cette variation de résultats.

### **Ru Sec**

Les valeurs disponibles par secteur sont présentées dans le tableau ci-après :

| Secteur                   | Source   | Nom | As (mg/kg) |
|---------------------------|----------|-----|------------|
| Ru Sec amont Villardonnel | ICF 2008 | 13  | 863        |
|                           | ICF 2008 | 14  | 360        |
|                           | ICF 2008 | 15  | 424        |
|                           | ICF 2008 | 16  | 436        |
|                           | ICF 2008 | 17  | 379        |
|                           | ICF 2008 | 18  | 501        |



| Secteur                      | Source        | Nom                 | As (mg/kg) |
|------------------------------|---------------|---------------------|------------|
|                              | Minelis 2019  | RS1                 | 299        |
| Ru Sec amont<br>Malabau      | ICF 2008      | 45                  | 3 578      |
|                              | ICF 2008      | 46                  | 1 615      |
|                              | Minelis 2019  | RS3                 | 2 400      |
| Ru Sec aval<br>Malabau       | ICF 2008      | 49                  | 1 242      |
|                              | ICF 2008      | 50                  | 1 695      |
|                              | Minelis 2019  | RS4                 | 1 770      |
| Ru Sec amont<br>Gourg Peyris | DPSM 2017     | 7                   | 1 200      |
|                              | Minelis 2019  | RS5                 | 599        |
| Ru Sec aval<br>Gourg Peyris  | DPSM 2017     | 8                   | 220        |
|                              | Minelis 2019  | RS6                 | 430        |
| Ru Sec Raissac<br>Salitis    | Horizons 1999 | A13                 | 140        |
|                              | Behra 2018    | Ru Sec              | 452        |
|                              | Behra 2018    | Vigne submergée     | 169        |
|                              | Minelis 2019  | RS7                 | 371        |
| Ru Sec aval                  | Horizons 1999 | A5                  | 450        |
|                              | Behra 2018    | Domaine Saint-Angel | 629        |
|                              | Minelis 2019  | RS8                 | 333        |

Illustration 14 - Données disponibles sur les sédiments du Ru Sec.

Sur le Ru Sec, les teneurs disponibles en amont des travaux miniers indiquent des valeurs relativement élevées pour un point « amont ». La lithologie présente au droit de ces prélèvements appartient, comme pour le Grésillou, au groupe de Saint-Pons-Cabardès qui présente les teneurs en arsenic les plus fortes du secteur (P90 de 339 ppm dans les sols). Il peut être supposé la présence d'une anomalie géochimique locale naturellement élevée ayant donné lieu aux travaux miniers de La Royale et Combe Lisou, une concentration des minéralisations de la zone dans les sédiments ou une influence des travaux miniers plus anciens.

L'illustration ci-après présente l'évolution des teneurs dans les sédiments du Ru Sec jusqu'à sa confluence avec l'Orbiel.

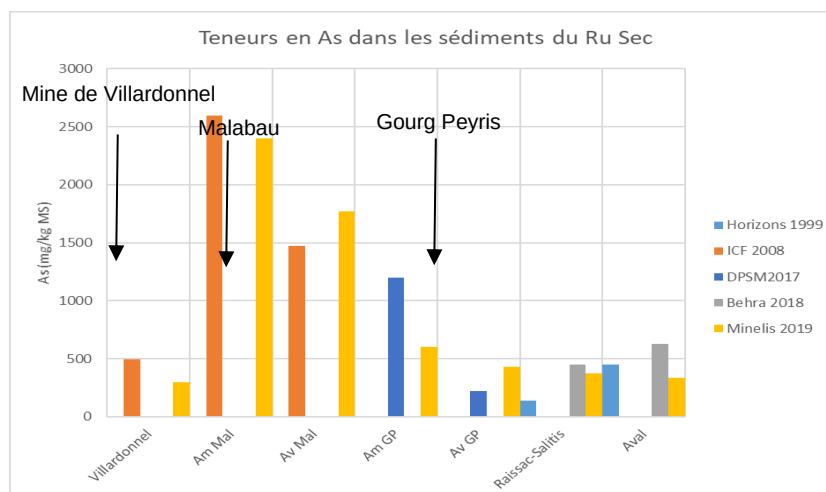


Illustration 15 - Évolution des teneurs en arsenic dans les sédiments du Ru Sec.

Les valeurs disponibles sur le ruisseau montrent que les anciennes mines de Villardonnell ont un fort impact sur la qualité des sédiments du Ru Sec qui diminue ensuite progressivement jusqu'à la confluence avec l'Orbiel pour retrouver des teneurs de l'ordre de grandeur des valeurs amont. Les valeurs disponibles étant peu nombreuses sur les secteurs aval du cours d'eau, et considérant notamment les différentes incertitudes analytiques et de prélèvement, il n'est pas mis en évidence d'impact significatif de la crue sur la qualité des sédiments dans le Ru Sec.

Il est à noter que la teneur au droit de la vigne submergée est bien inférieure à celle des sédiments du ruisseau pour les données de la même année. L'impact de la crue de 2018 sur la qualité des sols inondés apparaît donc limité.

## **Orbiel**

Les valeurs disponibles par secteur sont présentées dans le tableau ci-après :

| Secteur                                  | Source        | Nom                    | As<br>(mg/kg) |
|------------------------------------------|---------------|------------------------|---------------|
| Orbiel - Les Ihles                       | Horizons 1999 | A16                    | 120           |
|                                          | Horizons 1999 | A2                     | 90            |
|                                          | Horizons 1999 | A1                     | 150           |
|                                          | Minelis 2019  | Lastours 0             | 76,3          |
| Orbiel - Lastours                        | Burgeap 2001  | BE301a                 | 69            |
|                                          | Minelis 2017  | Lastours 1             | 88,9          |
|                                          | Minelis 2018  | Lastours 1             | 53,9          |
|                                          | Minelis 2019  | Lastours 1             | 97,8          |
| Orbiel Aval<br>Grésillou                 | Horizons 1999 | A10                    | 120           |
|                                          | Minelis 2019  | OR4 -Lastours 2        | 725           |
| Orbiel amont<br>combe du saut            | Horizons 1999 | A3                     | 280           |
|                                          | Burgeap 2001  | BE303a                 | 337           |
|                                          | Minelis 2017  | Pont Limousis          | 132           |
|                                          | Behra 2018    | Pont Limousis          | 238           |
|                                          | Minelis 2018  | Pont Limousis          | 127           |
|                                          | Minelis 2019  | Pont Limousis          | 364           |
| Orbiel Combe du<br>Saut<br>intermédiaire | Horizons 1999 | A17                    | 270           |
|                                          | Burgeap 2001  | BE304a                 | 78            |
|                                          | Minelis 2019  | OR6-int                | 507           |
| Orbiel Gué<br>Lassac                     | Horizons 1999 | A4                     | 900           |
|                                          | Burgeap 2001  | BE305a                 | 168           |
|                                          | Behra 2018    | Gué Lassac -<br>Orbiel | 281           |
|                                          | Minelis 2019  | Gué Lassac             | 691           |
| Orbiel - Vic                             | Burgeap 2001  | BE306a                 | 119           |
|                                          | Burgeap 2001  | BE307a                 | 212           |
|                                          | Minelis 2017  | Vic                    | 160           |
|                                          | Minelis 2018  | Vic                    | 196           |
|                                          | Minelis 2019  | OR8 -Vic               | 314           |
| Orbiel - Conques                         | Burgeap 2001  | BE309a                 | 118           |

| Secteur              | Source        | Nom              | As (mg/kg) |
|----------------------|---------------|------------------|------------|
|                      | Minelis 2017  | Conques          | 291        |
|                      | DPSM 2017     | 11               | 170        |
|                      | Minelis 2018  | Conques          | 200        |
|                      | Behra 2018    | jardin Garcia    | 288        |
|                      | Behra 2018    | Béal             | 110        |
|                      | Behra 2018    | Jardin Balbastre | 117        |
|                      | Minelis 2019  | Conques          | 326        |
|                      | Minelis 2019  | CS_Conques       | 127        |
| Orbiel - Villalier   | Horizons 1999 | A6               | 450        |
|                      | Horizons 2000 | A6               | 325        |
|                      | Behra 2018    | sédiment béal    | 394        |
|                      | Behra 2018    | sédiment béal    | 358        |
|                      | Behra 2018    | sol inondé       | 92         |
|                      | Behra 2018    | sol inondé       | 41         |
|                      | Behra 2018    | potager          | 39         |
|                      | Behra 2018    | potager          | 75         |
|                      | Minelis 2019  | OR10_Villalier   | 282        |
|                      | Minelis 2019  | CS_Villalier     | 137        |
| Orbiel - Villedubert | Horizons 1999 | A7               | 130        |
|                      | Minelis 2019  | OR11_Villedubert | 98,9       |

Illustration 16 - Données sédiments sur le secteur Orbiel aval combe du Saut - Gué Lassac.

Les données disponibles sur le *secteur amont* sont relativement homogènes avant et après la crue de 2018 et sont conformes aux valeurs de fond géochimique des différentes lithologies présentes (cf. § 2.2).

Sur le *secteur « aval Grésillou »*, seules deux données sont disponibles en 1999 et 2019. Elles montrent une augmentation des teneurs dans les sédiments du secteur (de 120 à 725 mg/kg). Cela peut indiquer que la crue de 2018, mais également ses précédentes (1999, 2005 notamment), ont pu charrier les sédiments impactés du Grésillou vers l'aval, ou refléter l'hétérogénéité du milieu, ces données n'ayant pas été collectées et analysées selon un protocole reproductible.

Concernant le *secteur de la Combe du Saut* (Pont Limousis pour l'amont, intermédiaire et Gué Lassac pour l'aval), il n'est pas noté de différences notables avant et après la crue de 2018 dans les sédiments de l'Orbiel. Il est noté cependant une forte hétérogénéité des teneurs sur ce secteur ainsi qu'une augmentation des teneurs moyennes par rapport aux valeurs amont, liée à la présence de l'ancien site industriel de la Combe du Saut.

À *Vic-la-Vernède*, les valeurs disponibles sont globalement inférieures à celles rencontrées au niveau de la Combe du Saut mais supérieures aux valeurs de référence. La teneur mesurée après la crue de 2018 est supérieure à celles disponibles avant la crue. Cette augmentation peut être liée soit à la crue qui aurait charrié des sédiments contaminés en aval sur ce secteur, soit ces données n'ayant pas été collectées et analysées selon un protocole reproductible, elles reflètent simplement l'hétérogénéité du milieu et reste dans la plage des incertitudes analytiques. En l'état actuel des connaissances, il n'est donc pas possible de conclure sur un éventuel impact de la crue d'octobre 2018 sur ce secteur.

À *Conques-sur-Orbiel*, les données disponibles sur ce secteur indiquent des teneurs du même ordre de grandeur que celles rencontrées au niveau de Vic-la-Vernède. La confluence avec le Ru Sec n'engendre donc a priori pas d'évolution de la qualité des sédiments de l'Orbiel.

Il est à noter que les teneurs rencontrées dans les jardins potagers sont du même ordre de grandeur que celles rencontrées dans les sédiments. Il n'y a cependant pas de différence identifiée entre les données disponibles avant et après la crue de 2018.

À *Villalier*, les teneurs dans les sédiments de l'Orbiel, avant et après la crue de 2018, sont du même ordre de grandeur. Les teneurs relevées au droit de sols inondés et de jardins potagers sont très nettement inférieures à celles relevées dans les sédiments et relèvent plus de l'ordre de grandeur du fond géochimique local (cf. § 2.2 et Melleton, 2019). Ces valeurs de 2018 permettent de mettre en évidence que les sols inondés n'ont pas été impactés par les sédiments de l'Orbiel sur ce secteur.

Il est intéressant de noter une augmentation des teneurs en arsenic dans les sédiments de l'Orbiel entre le village de Conques-sur-Orbiel et de Villalier alors même qu'aucune ancienne activité minière n'est recensée. La question peut se poser alors de l'influence de l'activité viticole sur la qualité des sédiments, notamment par l'utilisation passée de produits phytosanitaires à base d'arsenic (arsénite de soude autorisée jusqu'en 2001 et largement utilisée dans le secteur).

À *Villedubert*, seules deux données sont disponibles. Les résultats sont du même ordre de grandeur avant et après la crue de 2018 et sont inférieures aux valeurs rencontrées sur les secteurs plus amonts. Elles sont de l'ordre du fond géochimique local (cf. § 2.2 et Melleton, 2019).

### ***Évolution des teneurs le long de l'Orbiel***

Les données présentées précédemment ont été reprises dans le graphique suivant (cf. Illustration 17) pour mieux observer l'évolution des teneurs dans les sédiments de l'Orbiel entre l'amont et l'aval des sites industriels et miniers.

Il permet d'observer une augmentation des teneurs dans les sédiments en aval de la confluence avec le Grésillou et au niveau du site de la Combe du Saut. Ces teneurs sont ensuite stables, voire à la baisse, jusqu'à Conques-sur-Orbiel en aval de la confluence avec le Ru Sec, puis une augmentation est de nouveau observée au niveau de Villalier. On peut donc conclure qu'un impact en arsenic de l'ancienne activité minière et industrielle est observable sur les sédiments du bassin versant amont de l'Orbiel. En revanche, l'hypothèse d'un impact en arsenic de l'activité viticole sur le bassin versant aval peut être formulée. Enfin, plus en aval à Villedubert, les valeurs disponibles sont de l'ordre de grandeur du fond géochimique local.

À l'exception du secteur aval Grésillou, ces variations de teneurs étaient déjà observables avant la crue de 2018. Cette dernière n'a donc globalement pas eu d'effet sur la qualité des sédiments de l'Orbiel.

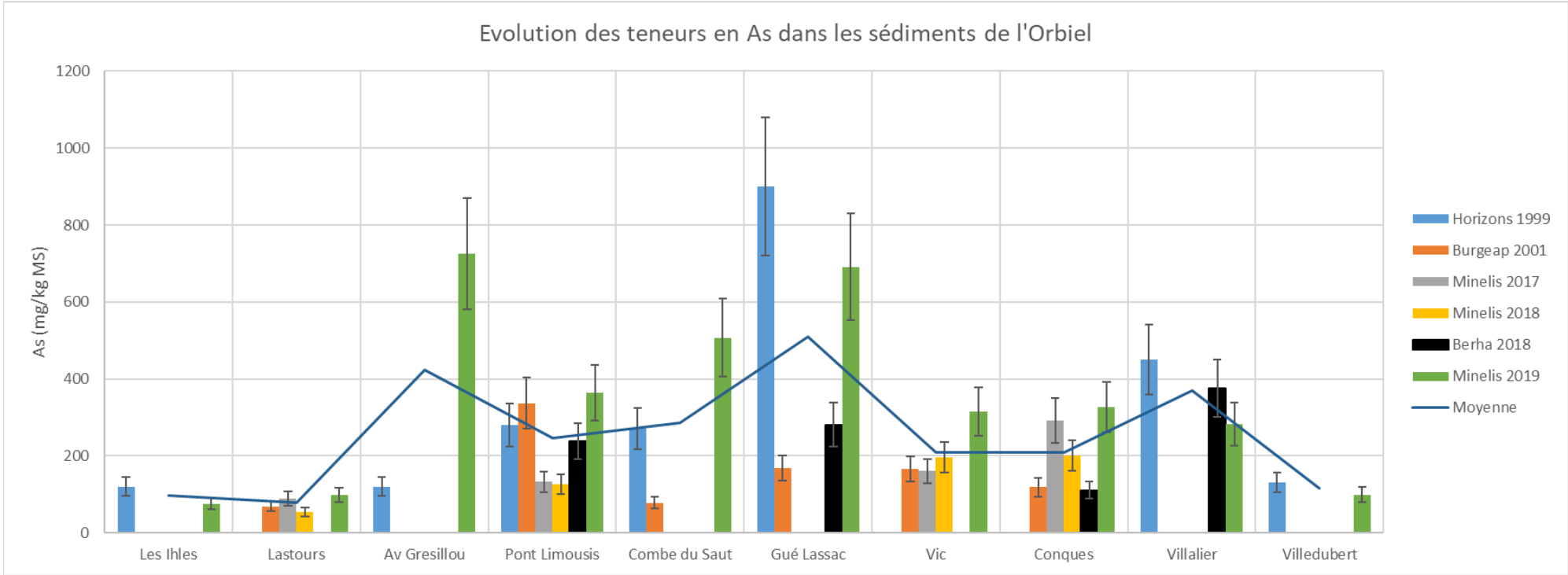


Illustration 17 - Évolution des teneurs en arsenic dans les sédiments de l'Orbiel.





## 3. Eaux superficielles

### 3.1. DONNÉES DISPONIBLES

Afin de pouvoir conclure sur l'impact de la crue d'octobre 2018 sur la qualité actuelle des eaux superficielles du bassin versant de l'Orbiel, il est proposé de ne s'intéresser qu'aux données post-réhabilitation lorsqu'elles sont disponibles. C'est le cas notamment pour le ruisseau du Grésillou et pour l'Orbiel qui font l'objet d'une surveillance mensuelle.

Pour les autres affluents de l'Orbiel, ces ruisseaux ne faisant pas partie du réseau de surveillance, des données ponctuelles disponibles avant la crue de 2018 ont été recherchées.

L'ensemble des données disponibles est décrit ci-après.

- **Suivi DPSM/Minelis (2008-2018)**

Dans le cadre de sa mission de surveillance environnementale du site de la Combe du Saut et de l'ancienne mine de Salsigne, le DPSM réalise un contrôle mensuel de la qualité des eaux de l'Orbiel et du Grésillou en plusieurs points (cf. Illustration 18).

Ces prélèvements sont réalisés par le bureau d'études Minelis, prestataire du DPSM en charge actuellement de la surveillance. Les paramètres analysés sont notamment l'arsenic total et l'arsenic dissous. Depuis janvier 2014, les échantillons sont filtrés à 0,45 µm pour les éléments dissous et acidifiés sur site. La filtration était réalisée au laboratoire d'analyse avant cette date.

Une fois prélevés, les échantillons sont envoyés par transporteur express au laboratoire d'analyse Eurofins agréé COFRAC. Le laboratoire d'analyse indique généralement une incertitude analytique de 20 % en moyenne.

Trois campagnes de prélèvements ont été réalisées depuis la crue : les 24 octobre, 26 novembre et 18 décembre 2018.

- **Données Berha 2018**

Des prélèvements ont été réalisés par M. BEHRA le 12 novembre 2018, cependant, elles n'ont, à ce stade, pas été communiquées officiellement et les protocoles de prélèvements et d'analyse ne sont pas connus. Les échantillons ont *a priori* été filtrés sur site à 0,45 µm. Les données disponibles sont donc des résultats sur l'arsenic dissous. Les valeurs disponibles à la date de cette étude sont mentionnées dans les tableaux et certains graphiques, à titre indicatif.

- **Campagne exceptionnelle DPSM/Minelis de janvier 2019**

Dans le cadre de sa mission de surveillance environnementale, le DPSM a mandaté le prestataire Minelis pour réaliser une campagne exceptionnelle de prélèvements d'eaux superficielles et de sédiments sur l'ensemble du bassin versant de l'Orbiel et de ses affluents (cf. Illustration 18). Les prélèvements d'eau ont concerné notamment l'arsenic total et dissous. Pour les éléments dissous, les échantillons ont été filtrés à 0,45 µm et acidifiés sur place. Une fois prélevés, les échantillons sont envoyés par transporteur express au laboratoire d'analyse Eurofins agréé COFRAC. Le laboratoire indique une incertitude analytique de 20 % sur les résultats en arsenic total et dissous pour cette campagne.

- **Étude Horizons (1999-2000)**

Engagée par le Syndicat Intercommunal pour l'Aménagement Hydraulique des Bassins de l'Orbiel et du Trappel (SIAHBOT), cette « étude pour un bilan environnemental dans la vallée de l'Orbiel » a été réalisée par le bureau d'études Horizons en 3 phases successives (synthèse bibliographique, campagne d'analyses et campagne complémentaire).

Concernant les eaux superficielles, entre 15 et 20 échantillons ont été prélevés à chaque campagne de hautes, moyennes et basses eaux en 1999. Il n'est pas précisé si les échantillons ont été filtrés ou non. Les résultats seront donc considérés comme étant des concentrations totales de chaque élément. Ne seront considérés dans la présente note que les résultats sur les ruisseaux de Malabau, Gourg Peyris et Ru Sec, aucune donnée plus récente n'étant disponible sur ces ruisseaux avant la crue en l'état actuel des connaissances, en dehors de données très ponctuelles.

- **Données DPSM/Minelis (2017)**

Aucune surveillance n'est actuellement prévue sur les ruisseaux du Gourg Peyris et du Ru Sec. Cependant, une campagne ponctuelle a été réalisée en mai 2017 dans le but de caractériser l'influence de la verse de l'Atelier sur la qualité de ces ruisseaux (nommés « DPSM 2017 » en Illustration 18). Ces prélèvements ont été réalisés par le bureau d'études Minelis, prestataire du DPSM en charge de la surveillance environnementale au moment de ces prélèvements. Les prélèvements et analyses ont suivi le même protocole que ceux réalisés dans le cadre de la surveillance mensuelle.

- **Étude ICF (2008)**

Cette étude réalisée à la demande de la DRIRE Languedoc-Roussillon a concerné l'étude de pollution et des risques présentés par les 6 sites miniers dits « exclus ». Les 6 sites concernés par l'étude sont les suivants : arséniate de chaux et plage B3, mine de Malabau, mine de Nartau, site de Peyre-Brune, verse de l'Atelier, verse de Ramèle.

Sur les eaux superficielles, des données ponctuelles ont été collectées en 2007 et sont disponibles sur le ruisseau de Malabau, ainsi que sur le ruisseau du Grésillou. Seules les données sur le ruisseau de Malabau seront exploitées dans la présente note, les données de surveillance mensuelle du DPSM sur le Grésillou ayant été privilégiées.

- **Données de débit**

Concernant les données de débit de l'Orbiel, deux stations de suivi sont disponibles sur la base de données HYDRO ([www.hydro.eaufrance.fr](http://www.hydro.eaufrance.fr)) en amont à Lastours (station n° Y1415010 jusqu'en 2011 et Y1415005 à partir de 2012) et en aval à Bouilhonnac - Villedubert (station n° Y1415020). À noter que la station de suivi à Lastours avant 2011 présentait systématiquement des débits supérieurs à ceux de la station aval de Villedubert, ce qui n'est plus le cas depuis l'implantation de la nouvelle station de mesure. Ainsi, les débits de Lastours avant 2011 ne seront pas considérés dans la présente note.



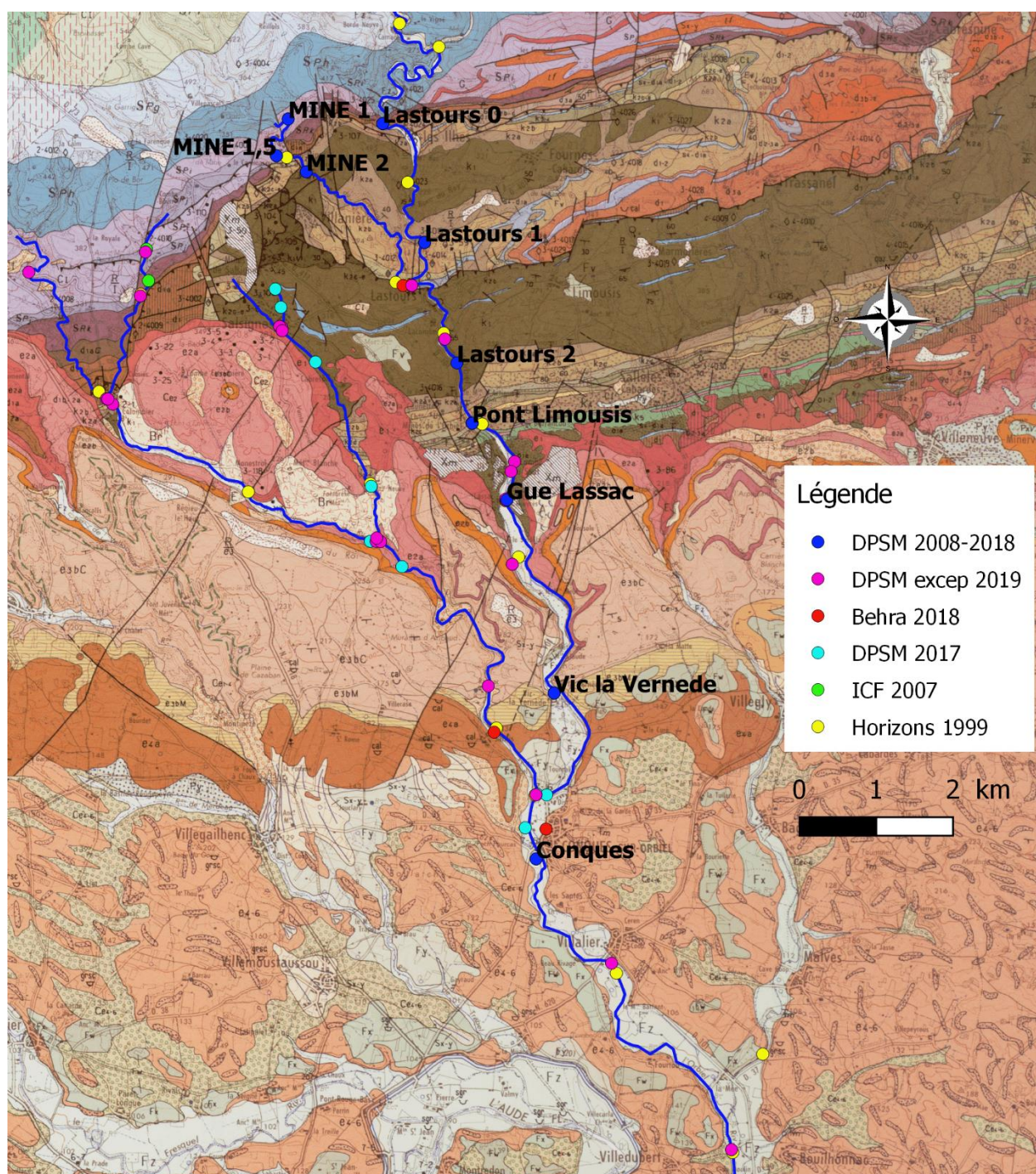


Illustration 18 - Localisation des points de prélèvements d'eaux superficielles dans la vallée de l'Orbiel.

## 3.2. DÉTERMINATION DES VALEURS DE RÉFÉRENCE

### 3.2.1. Fond géochimique local

La station Lastours 0 est la station située la plus en amont du réseau de surveillance du BRGM sur la qualité des eaux de l'Orbiel. Cette station peut être considérée comme représentative du fond géochimique local car *a priori* située à l'écart de toute influence minière connue (y compris les travaux de Bordeneuve).

Le graphique suivant (Illustration 19) présente l'évolution des concentrations moyennes mensuelles calculées sur la période 2008-2018 en arsenic total au point de prélèvement Lastours 0. Les concentrations ont varié depuis 2008 entre la limite de quantification du laboratoire (5 µg/L) et 52 µg/L en novembre 2014. Les concentrations moyennes oscillent entre 5 et 10 µg/L tout au long de l'année. Il en est de même pour l'arsenic dissous, dont la concentration maximale enregistrée est de 13 µg/L en août 2014.

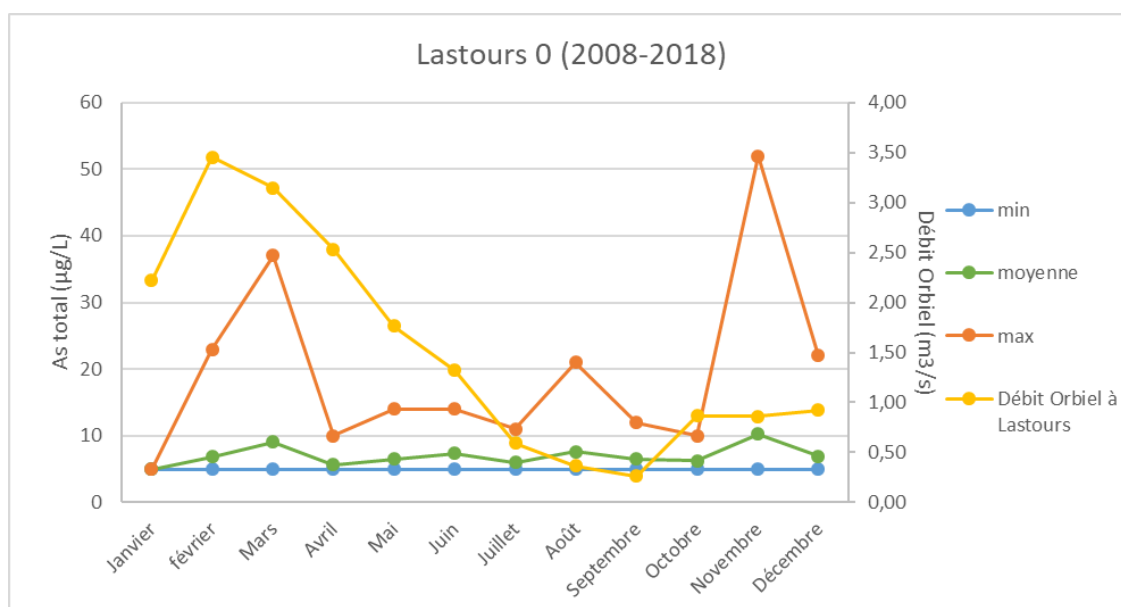


Illustration 19 - Variation des concentrations moyennes au point Lastours 0.

Sur le Grésillou, la station MINE 1 constitue également le point de référence amont de tous travaux miniers (Nartau et Ramèle). Le graphique suivant (Illustration 20) présente l'évolution des concentrations moyennes mensuelles calculées sur la période 2008-2018 en arsenic total au point MINE 1. Les concentrations ont varié depuis 2008 entre la limite de quantification du laboratoire (5 µg/L) et 34 µg/L en mars 2011. Les concentrations moyennes oscillent entre 5 et 10 µg/L tout au long de l'année, sachant que le ruisseau est majoritairement à sec entre juillet et octobre.



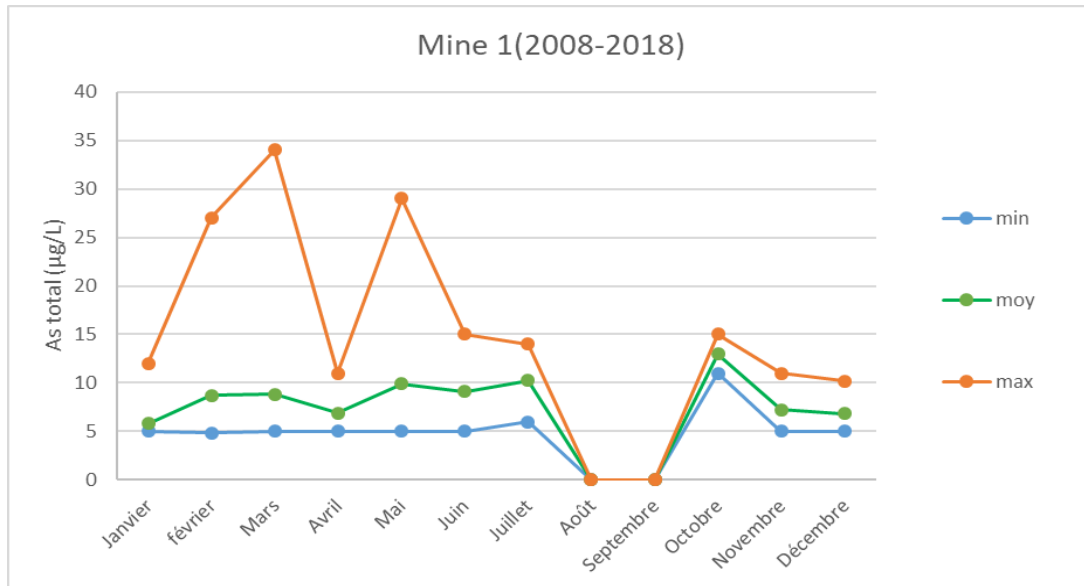


Illustration 20 - Variation des concentrations moyennes au point MINE 1.

Sur le Ru Sec, le point de prélèvement ponctuel amont (RS1) de janvier 2019 indiquait un résultat de 7 µg/L en arsenic total et 4 µg/L en arsenic dissous.

Ainsi, il peut être retenu des concentrations de 5 à 10 µg/L comme valeurs de référence dans les eaux superficielles du bassin versant de l'Orbiel, tout en gardant en mémoire qu'elles peuvent ponctuellement dépasser les 50 µg/L.

### 3.2.2. Valeurs réglementaires

En matière de seuils réglementaires pour l'arsenic dans les eaux, les seuils existants sont les suivants :

- seuil de potabilité : 10 µg/L (Annexe I de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine modifié par l'arrêté du 4 août 2017 et par l'arrêté du 9 décembre 2015) ;
- seuil de potabilisation : 100 µg/L (Annexe II de l'arrêté du 11 janvier 2007 relatif aux limites de qualité des eaux brutes et des eaux destinées à la consommation humaine modifié par l'arrêté du 4 août 2017) ;
- seuil pour l'abreuvement des animaux d'élevage : 60 µg/L (critères de qualité (valeurs d'alerte et valeurs à risques) définis par l'ANSES dans son guide « État des lieux des pratiques et recommandations relatives à la qualité sanitaire de l'eau d'abreuvement des animaux d'élevage » de décembre 2010).

Il est à noter que ces valeurs réglementaires ne s'appliquent pas à la qualité des eaux de l'Orbiel puisqu'aucun de ces usages n'est recensé sur ce dernier. Le seul usage potentiel serait éventuellement un usage d'irrigation de jardins potagers, mais ce dernier semble être davantage réalisé par le biais de puits privés.

Aucune valeur réglementaire sur l'arsenic concernant l'usage d'irrigation n'existe en France.

L'ancien SEQ-Eau (système d'évaluation de la qualité des eaux) mentionnait une valeur de 100 µg/L pour l'usage d'irrigation à ne pas dépasser pour atteindre une eau de bonne qualité. Le SEQ n'a pas de valeur réglementaire. Il est progressivement abandonné du fait de la transcription de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, n° 2000/60/CE) et de la notion de bon état qui en découle.

### 3.3. RÉSULTATS ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES

#### 3.3.1. Avant la crue d'octobre 2018

La surveillance du DPSM consiste à réaliser des prélèvements d'eaux superficielles mensuellement sur le Grésillou et sur l'Orbiel.

Sur l'Orbiel, le graphique suivant (Illustration 21) présente l'évolution des concentrations moyennes mensuelles le long du cours d'eau entre 2008 et 2018, ainsi que le débit moyen mensuel de ce dernier (à la station de Villedubert).

En période de hautes eaux, il est observé une faible et progressive augmentation des concentrations en amont de la combe du Saut (entre Lastours 0 et Pont de Limousis) puis une augmentation plus notable des concentrations à partir du Gué Lassac, qui se retrouvent jusqu'en aval à Conques-sur-Orbiel (dernier point de suivi).

En période de basses eaux, l'augmentation des concentrations à partir du Gué Lassac est beaucoup plus marquée. Les concentrations diminuent ensuite progressivement jusqu'à Conques-sur-Orbiel, tout en restant relativement élevées.

Il est à noter l'augmentation des concentrations entre Vic-la-Vernède et Conques-sur-Orbiel entre décembre et mai, démontrant probablement un apport en arsenic en provenance du Ru Sec sur cette période de l'année.

À titre indicatif, les concentrations moyennes restent toutefois inférieures à la valeur réglementaire sur les eaux brutes (100 µg/L) ainsi qu'à l'ancienne valeur du SEQ-Eau pour l'usage d'irrigation (100 µg/L) sur l'ensemble de l'Orbiel.

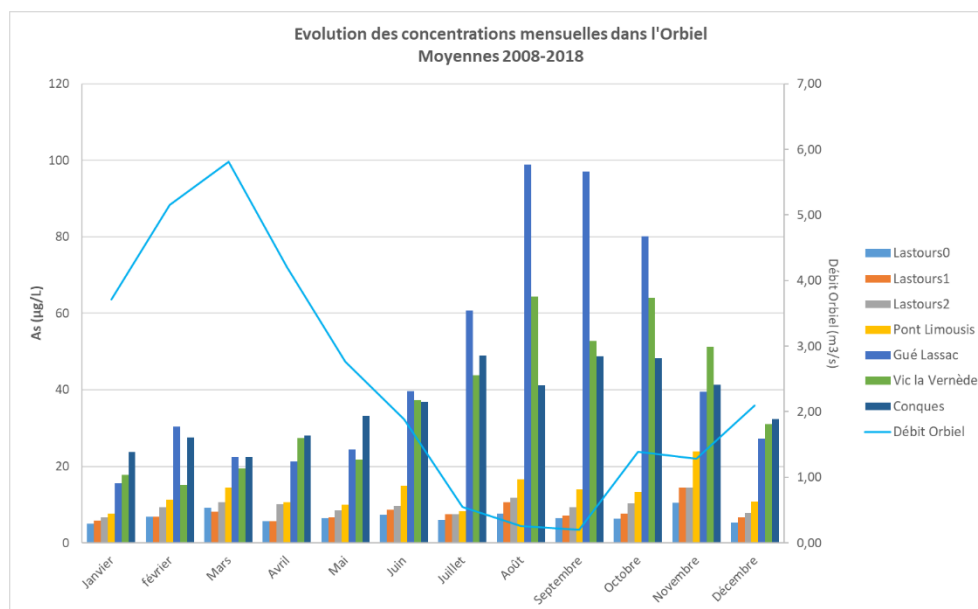
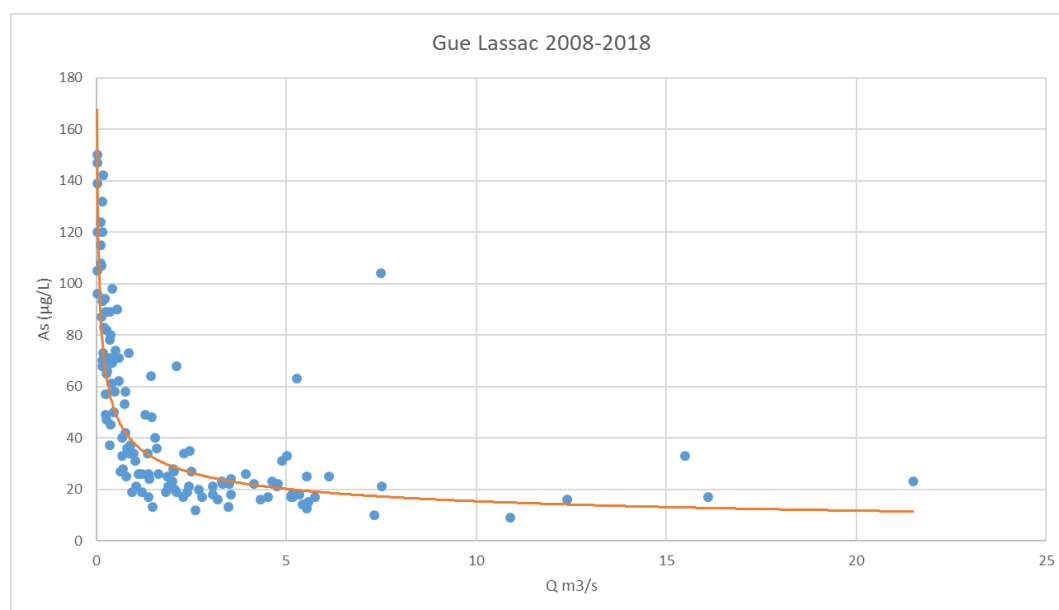


Illustration 21 - Évolution des concentrations moyennes mensuelles le long de l'Orbiel avant la crue de 2018.

Les concentrations en aval de la Combe du Saut (Gué Lassac) sont inversement proportionnelles au débit de l'Orbiel. Le graphique suivant (Illustration 22) présente les concentrations relevées au Gué Lassac en fonction du débit de l'Orbiel, une corrélation débit/concentration peut être observée (courbe orange).

Ce phénomène laisse supposer un apport continu et constant en arsenic dans l'Orbiel au niveau de la Combe du Saut (lagune d'infiltration des eaux de la station notamment), plus ou moins dilué en fonction du débit de ce dernier.



*Illustration 22 - Corrélation entre les concentrations en arsenic au Gué Lassic et le débit de l'Orbiel.*

Le graphique suivant (Illustration 23) présente l'évolution des concentrations en arsenic total et dissous au Gué Lassic depuis 2008, avant la crue de 2018. Ce graphique indique que les concentrations en arsenic total et dissous sont du même ordre de grandeur. Il confirme également l'influence du débit de l'Orbiel sur les concentrations (inversement proportionnelles).

Cependant, la tendance des concentrations « désaisonnalisées » (courbe verte sur l'illustration 23 - calculée par la méthode des moyennes glissantes) indique une légère tendance à la baisse avec un passage d'une moyenne de 60 µg/L en 2008 à 40 µg/L en 2018.

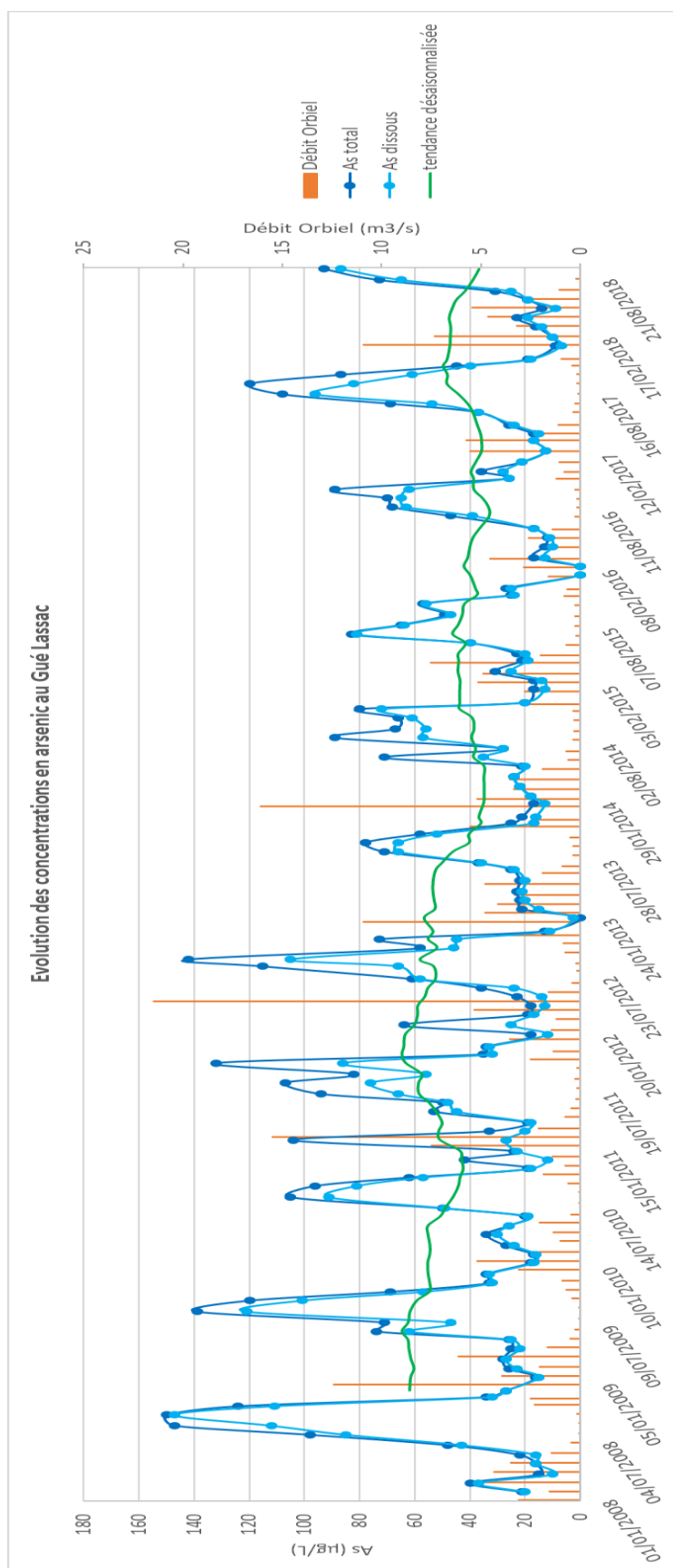


Illustration 23 - Évolution des concentrations en arsenic total et dissous au Gué Lassac entre 2008 et 2018.

Sur le Grésillou, le graphique suivant (Illustration 24) présente l'évolution des concentrations moyennes mensuelles le long du cours d'eau entre 2008 et 2018, ainsi que le débit moyen mensuel de ce dernier (jaugeage sur site le jour des prélèvements). À noter que pour une meilleure lisibilité des faibles concentrations, les valeurs moyennes de juin et juillet du point Mine 2 n'apparaissent pas dans le graphique. Elles sont respectivement de 1 550 et 3 275  $\mu\text{g/L}$ , lorsque de l'eau a été disponible pour le prélèvement.

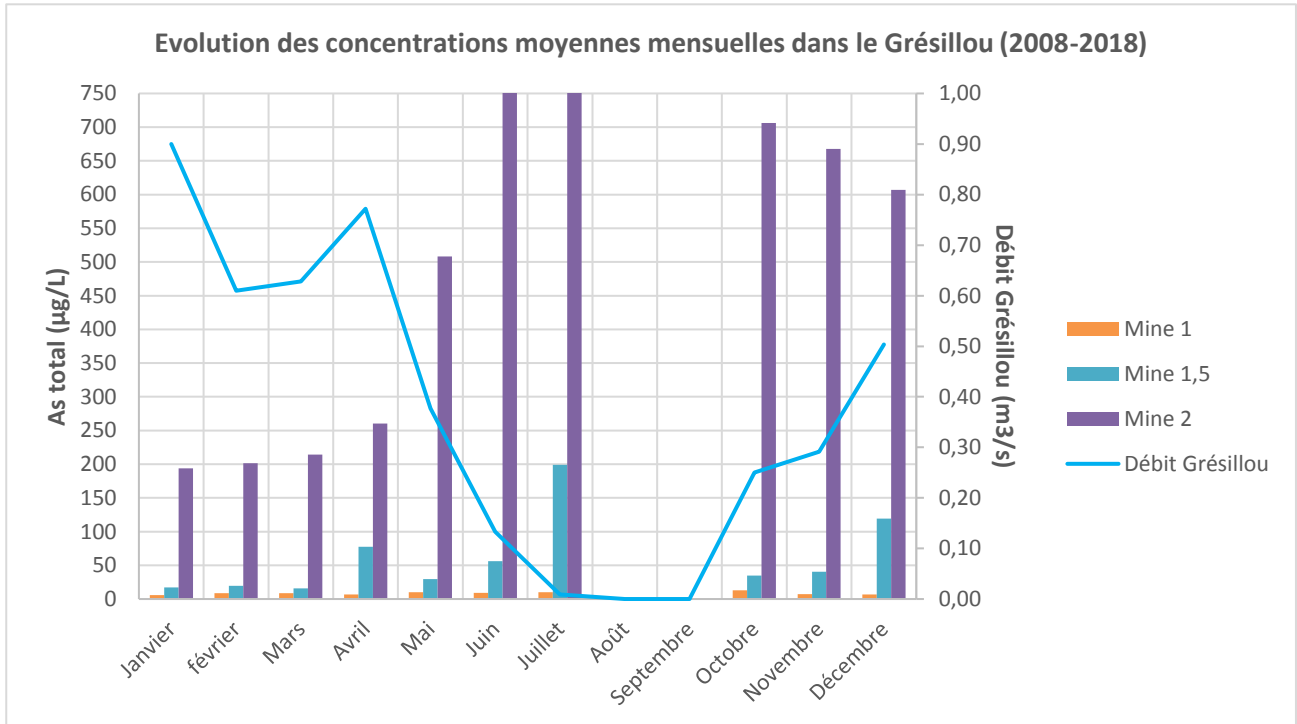


Illustration 24 - Évolution des concentrations moyennes mensuelles dans le Grésillou.

Peu de données sont disponibles pour les mois de juin à novembre car le cours d'eau est majoritairement à sec lors des prélèvements. Les résultats précédents indiquent cependant que la principale contribution en arsenic dans le Grésillou provient du site de Ramèle (Mine 2) où une ancienne usine de traitement de minerai était présente avant de devenir une verse à stériles.

En période de hautes eaux (janvier à avril), les concentrations moyennes en aval du site sont de l'ordre de 200 à 250  $\mu\text{g/L}$ . En revanche, en période de basses eaux, lorsque le Grésillou coule, les concentrations peuvent être très élevées en aval du site (jusqu'à 4,6  $\text{mg/L}$ ). Ces fortes concentrations ne génèrent cependant pas d'impact marqué sur la qualité des eaux de l'Orbiel principalement du fait de la dilution importante assurée par ce cours d'eau (cf. résultats à « Lastours 1 » ci-avant). L'arsenic est principalement présent sous forme d'arsenic dissous.



### 3.3.2. Après la crue d'octobre 2018

#### Le Grésillou

Les données disponibles post-crue d'octobre 2018 sont présentées dans les tableaux suivants.

| As total µg/L          | DPSM       |            |            |            |
|------------------------|------------|------------|------------|------------|
|                        | 24/10/2018 | 26/11/2018 | 18/12/2018 | 28/01/2019 |
| Débit Grésillou (m3/s) | 1,5        | 0,75       | 1,25       | 0,73       |
| Mine 1 (GRE 1)         | 11         | 11         | 8          | 5          |
| Mine 1,5 (GRE 2)       | 25         | 57         | 19         | 15         |
| Mine 2 (GRE 3)         | 322        | 525        | 108        | 66         |

Illustration 25 - Résultats d'analyses post-crue en arsenic total (µg/L) sur le Grésillou.

| As dissous µg/L         | DPSM       |            |            |            | Behra 2018 |
|-------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                         | 24/10/2018 | 26/11/2018 | 18/12/2018 | 28/01/2019 | 12/11/2018 |
| Mine 1 (GRE 1)          | 6          | <5         | 8          | 5          | -          |
| Mine 1,5 (GRE 2)        | 21         | <5         | 19         | 12         | -          |
| Mine 2 (GRE 3)          | 320        | 44         | 90         | 62         | -          |
| Amont confluence Orbiel | -          | -          | -          | -          | 87         |

Illustration 26 - Résultats d'analyses post-crue en arsenic dissous (µg/L) sur le Grésillou.

Ces résultats sont conformes, et même inférieurs aux concentrations moyennes couramment rencontrées avant la crue sur ce ruisseau.

À noter que lors des prélèvements de janvier 2019, le Grésillou ne rejoignait pas l'Orbiel au niveau de sa confluence habituelle à Lastours. Il se perdait par infiltration avant la confluence. Cependant, la valeur de « Behra 2018 » est du même ordre de grandeur que celles relevées au point Mine 2.

#### Malabau

Les données ante et post-crue disponibles sur ce ruisseau sont des données ponctuelles. Elles sont présentées dans le tableau ci-après.

| Source      | Horizons 1999 |            |             | ICF 2007   |            | DPSM 2019  |
|-------------|---------------|------------|-------------|------------|------------|------------|
| Date        | 04/05/1999    | 30/06/1999 | 10/08/1999  | 23/02/2007 | 10/05/2007 | 28/01/2019 |
| Débit (L/s) | -             | 0,7        | Filet d'eau | 28,6       | 18,6       | 120        |
| MAL1        | -             | -          | -           | 14         | -          | 5,14       |
| MAL2/ER17   | 560           | 70         | 30          | 25         | 39         | 45,9       |
| MAL3        | -             | -          | -           | -          | -          | 59,3       |

Illustration 27 - Résultats d'analyses en arsenic total (µg/L) disponibles sur le ruisseau de Malabau.

Ces données ne mettent pas en évidence de différence notable avant et après la crue. Elles sont du même ordre de grandeur et montrent une forte variation des concentrations en aval de l'ancienne usine de traitement de minerai.

## Le Gourg Peyris

Les données *ante et post-crue* disponibles sur ce ruisseau sont des données ponctuelles. Elles sont présentées dans le tableau ci-après.

| Source                         | Horizons 1999 | DPSM 2017  | DPSM 2019  |
|--------------------------------|---------------|------------|------------|
| Date                           | 04/05/1999    | 18/05/2017 | 28/01/2019 |
| GP1 (amont)                    | -             | -          | 66         |
| GP2 (aval confluence Entrebuc) | -             | -          | 109        |
| Cimetière                      | -             | 100        | -          |
| Métairie Neuve / ER11          | 175           | 72         | -          |
| GP3 (amont confluence Ru Sec)  | -             | -          | 43         |

*Illustration 28 - Résultats d'analyses en arsenic total (µg/L) disponibles sur le Gourg Peyris.*

Ces données ne montrent pas de différence notable avant et après la crue de 2018. Elles montrent que le ruisseau présente des concentrations supérieures au fond géochimique local dès sa partie amont en lien avec les anciens travaux miniers de Salsigne.

## Le Ru Sec

Les données *ante et post-crue* disponibles sur ce ruisseau sont des données très ponctuelles. Elles sont présentées dans le tableau ci-après.

| Source                                  | Horizons 1999 |            |            | DPSM 2017  | Behra 2018 | DPSM 2019  |
|-----------------------------------------|---------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| Date                                    | 04/05/1999    | 30/06/1999 | 10/08/1999 | 18/05/2017 | 12/11/2018 | 28/01/2019 |
| Débit (m³/s)                            | 1,06          | 0,156      | 0,044      | -          | -          | 1,3        |
| RS1(amont)                              | -             | -          | -          | -          | -          | 7,3        |
| RS3 / ER18<br>(amont Malabau)           | 40            | 36         | 70         | -          | -          | 44,8       |
| RS4 (aval Malabau)                      | -             | -          | -          | -          | -          | 52,3       |
| ER12 (Monestrol)                        | 148           | 39         | 55         | -          | -          | -          |
| RS5 / n° 7<br>(amont Gourg<br>Peyris)   | -             | -          | -          | 43         | -          | 53,3       |
| RS6 / n° 8<br>(aval Gourg Peyris)       | -             | -          | -          | 40         | -          | 67,6       |
| RS7 (Raissac)                           | -             | -          | -          | -          | -          | 68,1       |
| Salitis / ER13                          | 180           | 45         | 55         | -          | 100        |            |
| RS8 / n° 9 (amont<br>confluence Orbiel) | -             | -          | -          | 40         | -          | 79,6       |

*Illustration 29 - Résultats d'analyses disponibles en arsenic total (et dissous pour Behra 2018) en µg/L sur le Ru Sec.*

Ces données ne montrent pas de différence notable avant et après la crue d'octobre 2018. Leur caractère très ponctuel ne permet pas de conclure sur la part attribuable des différentes sources potentiellement contributrices aux concentrations en arsenic observées (mine de Villardonnell, de Malabau, de Salsigne et activité viticole en aval), d'autant que ces contributions sont très probablement dépendantes du régime hydraulique du ruisseau.

## L'Orbiel

Les résultats des prélèvements réalisés post-crue sont présentés dans les tableaux ci-après (Illustrations 30 et 31).

| As total µg/L        | DPSM       |            |            |            |
|----------------------|------------|------------|------------|------------|
|                      | 24/10/2018 | 26/11/2018 | 18/12/2018 | 28/01/2019 |
| Débit Orbiel (m³/s)  | 1,78       | 0,775      | 1,62       | 4,9        |
| Lastours 0 / OR1     | < 5        | 8          | 22         | 3,16       |
| Lastours 1 / OR2     | 8          | 11         | 13         | 6,53       |
| OR3                  | -          | -          | -          | 6,75       |
| Lastours 2 / OR4     | 11         | 56         | 31         | 7,35       |
| Pont Limousis / OR5  | 17         | 21         | 67         | 7,74       |
| OR 6                 | -          | -          | -          | 8,03       |
| Gué Lassac / OR7     | 33         | 68         | 63         | 15,5       |
| Vic La Vernède / OR8 | 33         | 58         | 33         | 18,4       |
| Conques / OR9        | 48         | 74         | 60         | 26,5       |
| OR10 / Villalier     | -          | -          | -          | 24,7       |
| OR11 / Villedubert   | -          | -          | -          | 19,7       |

Illustration 30 - Résultats d'analyses post-crue en arsenic total sur l'Orbiel.

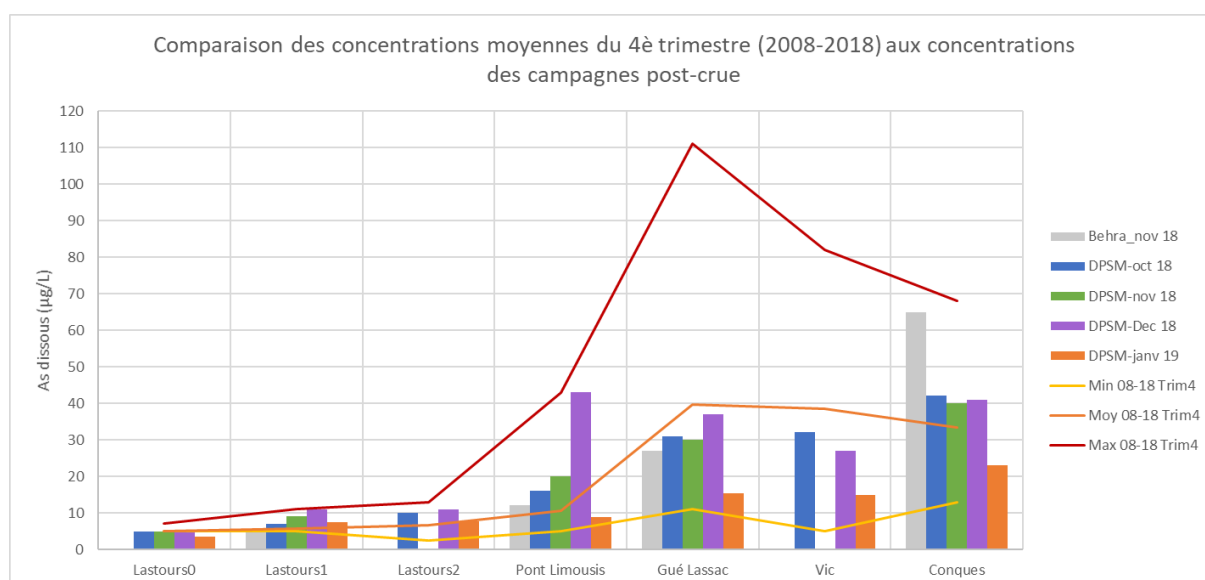
| As dissous µg/L              | Behra 2018 | DPSM       |            |            |            |
|------------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|
|                              | 12/11/2018 | 24/10/2018 | 26/11/2018 | 18/12/2018 | 28/01/2019 |
| Débit Orbiel (m³/s)          | 0,852      | 1,78       | 0,775      | 1,62       | 4,9        |
| Lastours 0 / OR1             | -          | < 5        | < 5        | < 5        | 3,59       |
| Orbiel Amont/Lastours 1/ OR2 | 4,9        | 7          | 9          | 11         | 7,36       |
| OR3                          | -          | -          | -          | -          | 6,44       |
| Lastours 2 / OR4             | -          | 10         | < 5        | 11         | 7,66       |
| Pont Limousis / OR5          | 12         | 16         | 20         | 43         | 8,85       |
| OR6                          | -          | -          | -          | -          | 9,03       |
| Gué Lassac / OR7             | 27         | 31         | 30         | 37         | 15,4       |
| Vic La Vernède / OR8         | -          | 32         | < 5        | 27         | 14,9       |
| Conques / OR9                | 65         | 42         | 40         | 41         | 23         |
| OR10 / Villalier             | -          | -          | -          | -          | 24,1       |
| OR11 / Villedubert           | -          | -          | -          | -          | 20,6       |

Illustration 31 - Résultats d'analyses post-crue en arsenic dissous sur l'Orbiel.

Ces résultats montrent des concentrations du même ordre de grandeur que les concentrations couramment rencontrées dans le cadre de la surveillance, y compris les valeurs « Behra 2018 ». On observe une nette diminution des concentrations en janvier 2019 en lien avec l'augmentation du débit de ce dernier.

Le graphique ci-après (Illustration 32) présente les résultats des campagnes post-crue confrontés aux données moyennes 2008-2018 du 4<sup>ème</sup> trimestre (octobre à décembre) pour les points surveillés mensuellement. Les minimums et maximums rencontrés sont également indiqués.

Ainsi, les résultats des campagnes post-crue ne montrent pas de différence notable par rapport aux concentrations couramment rencontrées dans le cadre de la surveillance depuis 2008.



*Illustration 32 - Comparaison des concentrations moyennes (2008-2018) du 4<sup>ème</sup> trimestre aux concentrations des campagnes post-crue dans l'Orbiel.*





## 4. Mare d'eaux stagnantes du Gué Lassac

Lors de la crue du 15 octobre 2018, les sols à proximité du Gué Lassac (au pied du pilier de la passerelle) ont été affouillés, mettant à nu des eaux stagnantes, à proximité immédiate de l'Orbiel (cf. Illustration 33). Rapidement, des flocs orangés sont apparus dans cette mare (cf. Illustration 34).



*Illustration 33 - Localisation de l'affouillement à proximité de l'Orbiel au Gué Lassac.*



*Illustration 34 - Photographie de la mare d'eau stagnante au Gué Lassac et de ses flocs orangés (source : La Dépêche du Midi du 22/01/2019).*

Le DPSM a fait procéder par le bureau d'études Minelis à des prélèvements d'eau et de flocs orangés dans cette mare le 1<sup>er</sup> novembre 2018. Des sédiments ont également été prélevés en bord de mare (cf. Illustration 36). Le 12 novembre 2018, Ph. Behra a procédé à des prélèvements d'eau et de sédiments/flocs orangés (cf. Illustration 35) pour réaliser l'analyse de l'arsenic.

Par ailleurs, dans le cadre de la campagne exceptionnelle de janvier 2019 sur les eaux superficielles et les sédiments du bassin versant de l'Orbiel, le DPSM a mandaté le bureau d'étude Minelis pour refaire des prélèvements d'eau et de sédiments dans cette mare. Ils ont été réalisés le 30 janvier 2019. Il est intéressant de noter que lors de ces prélèvements, les flocs orangés avaient disparu.



*Illustration 35 - Réalisation des prélèvements d'eau et de sédiments dans la mare d'eau stagnante par Ph. Behra (Source : La Dépêche du Midi du 07/12/2018).*



*Illustration 36 - Localisation des prélèvements des différents types de « sédiments » réalisés dans la mare du Gué Lassac.*





Illustration 37 - Prélèvement de flocs orangés par le bureau d'étude Minelis le 01/11/2018.

Les résultats sont les suivants :

| Eau               | DPSM 2018  | Behra 2018 | DPSM 2019  |
|-------------------|------------|------------|------------|
| Date              | 01/11/2018 | 12/11/2018 | 28/01/2019 |
| As total (µg/L)   | 736        | -          | 143        |
| As dissous (µg/L) | 713        | 470        | 149        |

| Sédiments/flocs orangés | DPSM 2018  | Behra 2018 |
|-------------------------|------------|------------|
| Date                    | 01/11/2018 | 12/11/2018 |
| As total (mg/kg)        | -          | 30 970     |
| As total (µg/L)         | 48 300     | -          |
| As dissous (µg/L)       | 473        | -          |

| Sédiments bord de mare | DPSM 2018  | DPSM 2019  |
|------------------------|------------|------------|
| Date                   | 01/11/2018 | 28/01/2019 |
| As total (mg/kg)       | 324        | 286        |

Illustration 38 - Résultats d'analyses d'eaux, de sédiments et de flocs orangés dans la mare d'eau stagnante au Gué Lassarac.

Compte tenu de la concentration en arsenic observée dans l'eau de cette mare, il s'agit très probablement de l'eau de la nappe alluviale d'accompagnement de l'Orbiel qui a été mise à nu par ces affouillements lors de la crue. En effet, l'illustration 40 suivante présente la localisation des piézomètres proches de cette mare et utilisés dans le cadre de la surveillance environnementale du site par le DPSM.

La concentration en arsenic dissous retrouvée dans la mare lors des prélèvements de Ph. Behra est proche de celles couramment rencontrées dans les piézomètres de la nappe de l'Orbiel, notamment du PB1 situé en aval direct de cette mare. Le tableau suivant (Illustration 39) présente les concentrations moyennes retrouvées en 2018 dans ces piézomètres ainsi que dans la lagune d'infiltration en sortie de la station de traitement.

| As total (µg/L) |              |
|-----------------|--------------|
| Piézomètre      | Moyenne 2018 |
| AD12            | 91           |
| AD10            | 59           |
| PB1             | 402          |
| PB2             | 271          |
| PB3             | 44           |
| AD7             | 1 482        |
| AD9             | 75           |
| AD16            | 10 815       |
| Pz8             | 69           |
| BP11            | 8 193        |
| Lagune          | 1 657        |

*Illustration 39 - Concentrations moyennes en arsenic total rencontrées dans les piézomètres et la lagune d'infiltration en 2018.*

Concernant les sédiments avec floccs orangés de cette mare, ce ne sont pas des sédiments entraînés par la crue, mais des précipitations d'oxy-hydroxides de fer qui co-précipitent l'arsenic, en lien avec l'oxydation des eaux souterraines. L'érosion par l'Orbiel a localement « mis à nu » la nappe, avec formation de mares stagnantes où les oxydes précipitent et concentrent l'arsenic. La teneur élevée en arsenic retrouvée dans ces floccs orangés par M. Behra n'est donc pas aberrante compte tenu de ce phénomène de précipitation et concentration de l'arsenic.

Les valeurs retrouvées dans les sédiments en bord de mare sont conformes à celles observées dans les sédiments de ce secteur de l'Orbiel présentées précédemment (cf. §2.3.2).

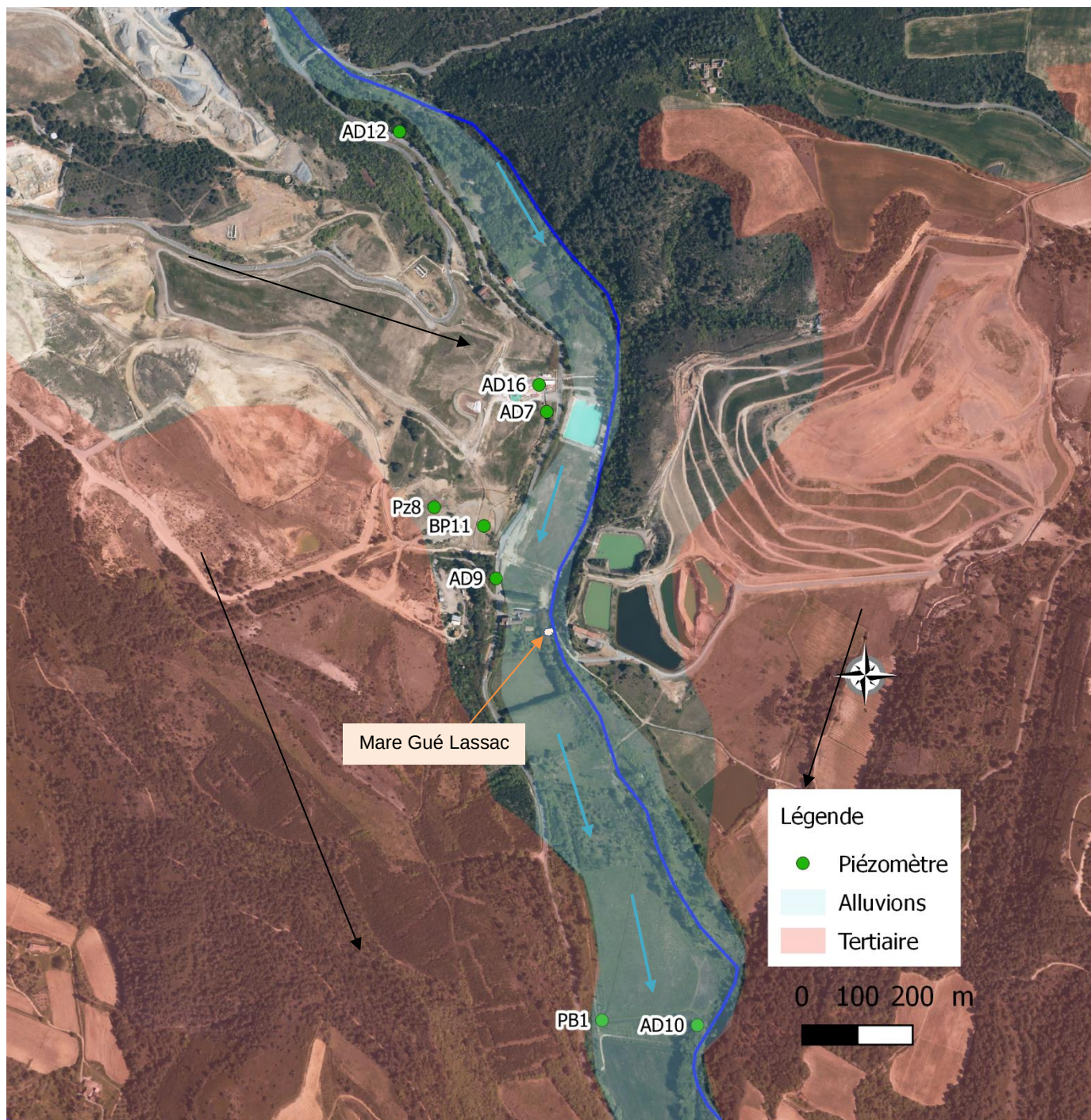


Illustration 40 - Localisation des piézomètres à l'ouest proche de l'Orbiel, de la mare du Gué Lassac et sens d'écoulement des eaux souterraines en fonction de la géologie du secteur.





## 5. Verse de Nartau

### 5.1. APPROCHE GÉOMORPHOLOGIQUE

L'examen de la stabilité de la verse de Nartau lors des intempéries exceptionnelles d'octobre 2018, et la vérification quant à un éventuel déversement en masse dans le Grésillou de matériaux pollués issus de son érosion, est basée sur une approche purement géomorphologique à partir de levés de terrain et de comparaison de photographies prises depuis le sol.

En effet, aucune topographie récente de précision n'étant disponible, reflétant la morphologie précise de la verse avant crue, il n'a pas été possible de procéder à une estimation détaillée du volume de résidus érodés. Néanmoins, l'approche retenue permet de tirer des conclusions claires et sans équivoque.

### 5.2. ÉROSION EN SURFACE DU TALUS DE LA VERSE

L'examen des photographies disponibles avant et après la crue et les intempéries majeures d'octobre 2018, et leur comparaison, ne montre pas de différence significative pour toute la partie supérieure de la verse de Nartau (cf. Illustration 41 vs Illustration 42). Les signes d'érosion restent très modestes et n'attestent pas de départ en masse de matériaux.

De plus, il convient de remarquer que les teintes visibles en surface de la verse sont similaires avant et après les épisodes d'octobre, ce qui démontre que la croûte superficielle de la verse n'a pas été entraînée en masse par les fortes pluies. Néanmoins, comme partout, il peut exister des nuances de teintes en fonction de l'éclairage et de l'humidité des sols, sans que cela soit le signe d'une éventuelle érosion superficielle des terrains.

Rappelons par ailleurs, que des clichés historiques des activités minières du secteur indiquent que cette verse est présente sous cette forme actuelle depuis plus d'un siècle et que des phénomènes d'encroûtements ferrugineux (hard pan) sont nettement visibles, jouant un rôle de stabilisation des matériaux.



*Illustration 41 - Vue générale de la partie supérieure de la verse avant crue (23/05/2018).*



*Illustration 42 - Vue générale de la partie supérieure de la verse après crue (21/03/2019).*

Concernant la partie inférieure de la verse, la comparaison des clichés pris avant et après les intempéries d'octobre 2018 montre que l'essentiel de l'amas de résidus miniers n'a pas fait l'objet de phénomènes d'érosion majeur (cf. Illustration 43 vs Illustration 44 et Illustration 45).



*Illustration 43 - Vue générale de la partie inférieure de la verse et de sa protection de pied avant crue (23/05/2018).*





*Illustration 44 - Vue générale de la partie inférieure de la verse et de sa protection de pied après crue (17/10/2018).*



*Illustration 45 - Vue générale de la verse et de sa protection de pied après crue (21/03/2019).*

Cependant, la partie droite, en regardant la verse de face, a été affectée par du ravinement superficiel d'épaisseur centimétrique à pluri-décimétrique sur plusieurs dizaines de mètres de hauteur et quelques mètres de largeur (cf. Illustration 46 vs Illustration 47 et Illustration 48).





*Illustration 46 - Vue détaillée de la partie inférieure de la verse avant crue (23/05/2018).*



*Illustration 47 - Vue détaillée de la partie inférieure de la verse après crue (17/10/2018).*





Illustration 48 - Vue détaillée de la partie inférieure de la verse après crue (21/03/2019).

### 5.3. PRODUITS D'ÉROSION PROVENANT DE LA SURFACE DE LA VERSE

Les produits issus de l'érosion de la partie droite de la verse se sont accumulés au pied de celle-ci au niveau d'une petite banquette aménagée à cet effet (cf. Illustration 48, Illustrations 51 et 52). Les matériaux ont à peine atteint les limites du fossé (cf. Illustration 51). À noter que le volume approximatif des matériaux accumulés est compatible avec le volume de l'arrachement (environ 100 m<sup>3</sup>), ce qui tend à démontrer que l'essentiel des matériaux entraînés en pied de verse est resté en place sur la petite banquette. De même, il n'a pas été constaté de traces significatives d'entraînement des produits d'érosion dans le fossé en pied de verse.



Illustration 49 - Fossé entre le pied de verse et la digue - avant crue (23/05/2018).





*Illustration 50 - Fossé entre le pied de versé et la digue - avant crue (19/11/2015).*



*Illustration 51 - Fossé entre le pied de versé et la digue - après crue (20/03/2019).*



*Illustration 52 - Pied de versant et fossé après crue (21/03/2019).*

Par ailleurs, il est intéressant de constater que quelques jours après les intempéries, les laisses de crue encore nettement visibles sous la crête des gabions mettaient clairement en évidence que l'eau n'avait pas submergé la digue au droit de la zone de stockage des produits d'érosion issus de la versant (cf. Illustration 44, Illustrations 53 et 54). Par contre, plus en aval du fait du profil en long des gabions, la digue s'est retrouvée submergée et contournée par l'eau dans sa partie terminale (cf. chapitre suivant).



*Illustration 53 - Vue de la partie inférieure de la versant après crue (17/10/2018).*



Laisses de crue



*Illustration 54 - Vue des laisses de crue (17/10/2018).*

#### **5.4. ÉTAT DES GABIONS**

En partie terminale de la digue au-delà du pied de verse, du fait du profil en long de l'ouvrage, les gabions ont été submergés, comme en témoignent les laisses de crue, et contournés par effet vortex (cf. Illustrations 55 et 56). Les dernières cages de gabions ont été endommagées et sous-cavées par l'arrière (phénomène d'érosion régressive), sans pour autant que la digue ne cède complètement. Par ailleurs quelques cages en pied de digue ont été éventrées (cf. Illustration 57).



*Illustration 55 - Gabions endommagés par la crue en partie terminale de la digue (17/10/2018).*





*Illustration 56 - Gabions endommagés par la crue en partie terminale de la digue (21/03/2019).*



*Illustration 57 - Cage de gabions éventrée par la crue (17/10/2018).*

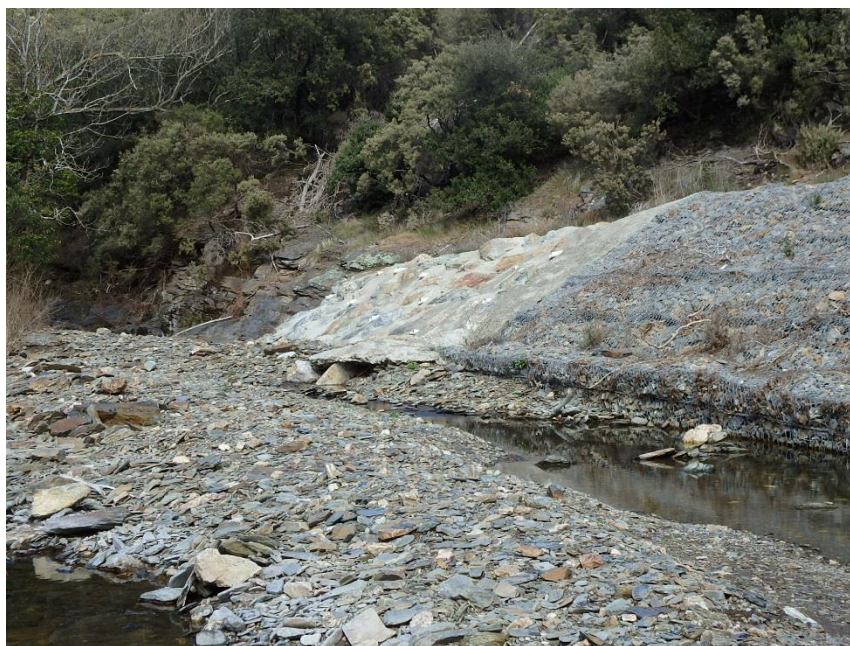


## 5.5. SOUS-CAVAGE DE LA PROTECTION DE PIED

Un sous-cavage localisé de la digue de protection a été constaté, en particulier sans sa partie amont au niveau de la section en enrochements bétonnés. À noter cependant que cette anomalie avait déjà été constatée avant crue et que les intempéries d'octobre 2018 ne semblent pas avoir accentué le phénomène (cf. Illustrations 58 et 59).



*Illustration 58 - Sous-cavage au niveau des enrochements bétonnés - avant crue (23/05/2018).*



*Illustration 59 - Sous-cavage au niveau des enrochements bétonnés - après crue (21/03/2019).*

## 6. Conclusions

Les différentes données disponibles concernant les concentrations en arsenic avant et après la crue d'octobre 2018 mettent en évidence que cette dernière n'a globalement pas eu d'impact sur la qualité des eaux superficielles et des sédiments de l'Orbiel et de ses affluents. En effet, à l'exception des sédiments de l'Orbiel en aval proche du Grésillou, l'ensemble des valeurs observées sur les sédiments et les eaux superficielles sont du même ordre de grandeur avant et après la crue.

Concernant les sédiments, chaque campagne réalisée était une campagne ponctuelle. Le manque de reproductibilité des données peut rendre difficile leur interprétation. Les observations formulées sont donc entachées d'incertitudes. Cela démontre la difficulté d'interpréter ces données très hétérogènes tant en terme de protocole de prélèvements et d'analyse que de localisation. Elles permettent cependant les conclusions suivantes :

- la qualité des sédiments des affluents de l'Orbiel (Grésillou, Gourg Peyris, Malabau, Ru Sec sur sa partie amont) est significativement impactée par les anciennes activités minières (mines de Villardonnell, Malabau, Salsigne, Nartau et Ramèle) sans que cela n'entraîne un impact notable sur les sédiments de l'Orbiel, hormis peut-être en aval proche de la confluence avec le Grésillou ;
- un impact des anciennes activités industrielles de la Combe du Saut est observé sur la qualité des sédiments de l'Orbiel en aval de ce site jusqu'en aval de Conques-sur-Orbiel ;
- une contribution de l'activité viticole est probablement à l'origine de l'augmentation des teneurs en arsenic dans les sédiments de l'Orbiel dans son bassin versant aval (Villalier) ;
- à Villedubert, en aval éloigné, les teneurs rencontrées sont de l'ordre de grandeur du bruit de fond géochimique local ;
- la crue de 2018 n'a pas eu d'effet observable sur la qualité des sols et jardins inondés au droit des échantillons prélevés, par rapport la situation qui prévalait avant les intempéries.

Concernant les eaux superficielles, les conclusions suivantes peuvent être formulées :

- la qualité des eaux superficielles de l'Orbiel est impactée par l'ancien site industriel de la Combe du Saut ;
- à titre indicatif, les concentrations moyennes en arsenic en aval du site restent cependant inférieures à la valeur réglementaire sur les eaux brutes potabilisables (annexe II de l'arrêté du 11/01/2007) et à l'ancienne valeur guide du SEQ-Eau pour l'usage d'irrigation (100 µg/L) ;
- les concentrations en arsenic en aval du site sont inversement proportionnelles au débit du cours d'eau. La tendance « désaisonnalisée » des données indique cependant une baisse des concentrations moyennes depuis 2008 (environ de 60 à 40 µg/L) ;
- la crue de 2018 n'a pas eu d'effet observable sur la qualité des eaux superficielles de l'Orbiel et de ses affluents.

Concernant la mare d'eau stagnante du Gué Lassac, les affouillements provoqués par la crue ont mis à nu la nappe alluviale d'accompagnement de l'Orbiel. La concentration en arsenic retrouvée dans cette mare est cohérente avec celles rencontrées dans les piézomètres de la surveillance les plus proches. Par ailleurs, l'oxydation de ces eaux souterraines mises à nu a provoqué la précipitation d'oxy-hydroxydes de fer (flocs orangés) qui co-précipitent et concentrent l'arsenic. Il n'est donc pas aberrant de retrouver des teneurs élevées en arsenic dans ces précipités.

Par ailleurs, sur la base d'une analyse morphologique à partir de levés de terrain et de clichés photographiques, il peut être affirmé que les intempéries d'octobre 2018 n'ont pas provoqué de déstabilisation en masse de la verse de Nartau, ni même d'importants phénomènes d'érosion superficiels qui n'auraient pas pu être maîtrisés. Seuls des ravinements localisés en partie droite de la verse ont été constatés, générant l'entraînement et l'accumulation d'environ 100 m<sup>3</sup> en pied de l'amas de résidus miniers. *A priori*, la quasi-totalité de ces produits d'érosion est resté en place sur une petite banquette prévue à cet effet et ne s'est pas déplacée dans le Grésillou car la digue n'a pas été submergée par la crue dans cette section d'ouvrage.

Néanmoins, plus en aval, au niveau de la partie terminale au-delà de la verse, la digue a été submergée et contournée par la crue. Quelques gabions ont été endommagés sans pour autant que la digue de protection ne soit totalement ruinée. De même en amont, la carapace de protection en enrochements bétonnés est restée en place malgré un sous-cavage marqué, mais qui avait déjà été constaté avant la crue. Ces désordres feront l'objet de travaux de remise en état et de confortement.

En conséquence, l'ouvrage de protection du pied de la verse de Nartau a parfaitement joué son rôle en prévenant les phénomènes de sape et d'érosion de la base de l'amas de résidus miniers. Malgré quelques figures d'érosion superficielle, le volume de déchets miniers ayant rejoint le Grésillou est resté très réduit, limitant d'autant la pollution additionnelle qui aurait pu être générée dans le cours d'eau.

## 7. Bibliographie

**Audion A.-S., Gourdier S.** (2012) - Sites miniers satellites de Salsigne. Études des aléas mouvements de terrain sur les concessions de Malabau, Pujol, Lastours, La Caunette, Salsigne, Villanière et Villardonnel. Rapport final. BRGM/RP-60247-FR, 119 p., 37 fig., 31 tabl. 36 photos, 9 pl. h.t., 4 ann.

**BURGEAP** (2002) - Site de la Combe du Saut, Diagnostic détaillé de la pollution du site et étude de projet de réhabilitation, Tomes 1 à 7, réf. rapports de RAv. 1056 à RAv. 1062.

**HORIZONS** (1999) - Étude pour un bilan environnemental dans la vallée de l'Orbiel, Rapport intermédiaire de phase 2, Étude n° HA20.

**HORIZONS** (2000) - Étude pour un bilan environnemental dans la vallée de l'Orbiel, Résultats de la phase 3, Étude n° HA20.

**ICF Environnement, Scetauroute** (2007 et 2008) - Étude de la pollution et des risques présentés par 6 sites miniers acquis par l'État et proposition de travaux à réaliser. Rapports de phase 1, phase 2 et phase 3 n° AIX/05/063-ID.

**INERIS** (2018) - Synthèse des valeurs réglementaires pour les substances chimiques, en vigueur dans l'eau, les denrées alimentaires et dans l'air en France au 31 décembre 2017, Rapport INERIS-DRC-17-164559-10404A.

**Melleton J, Girardeau I.** (2019) - Fond géochimique dans le secteur des anciennes mines d'or de Salsigne (Aude) : apports des données de l'Inventaire minier. BRGM/RP-68771-FR, 83 p., 42 fig., 29 tabl.

**MINELIS** (2018) - Contrôle environnemental post intempéries du 15 octobre 2018, rapport DPSM-SAL-e-1811\1

**MINELIS** (2019) - Campagne prélèvements eaux superficielles et sédiments 2019, Bassin versant Orbiel et affluents, rapport DPSM-SAL-b-1902\1.





Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**  
3, avenue Claude-Guillemin  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34 - [www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)

**Département Prévention et Sécurité Minière**  
UTAM Sud  
Puits Yvon Morandat  
13120 - Gardanne - France  
Tél. : 04 42 65 46 20