



RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

Document public

**Modélisation hydrogéologique  
de la nappe alluviale du Bevinco  
(Haute-Corse)  
Rapport de la phase 1 : modélisation  
géologique 3D et schéma  
hydrogéologique conceptuel**

Rapport final

**BRGM/RP-67551-FR**

Mars 2021

1.89 3740.46 -625.5





# Modélisation hydrogéologique de la nappe alluviale du Bevinco (Haute-Corse) Rapport de la phase 1 : modélisation géologique 3D et schéma hydrogéologique conceptuel

Rapport final

**BRGM/RP-67551-FR**  
Mars 2021

Étude réalisée dans le cadre des opérations  
de Service public du BRGM

**M. Geneviev, H. Tissoux, A. Portal, B. Bourguine, N. Frissant, F. Mathieu, R. Martin**  
Avec la collaboration de  
**L. Arnaud, F. Maldan, T. Gutierrez**

**Vérificateur :**

Nom : Luc ARNAUD  
Fonction : Hydrogéologue  
Date : 10/03/2021  
Signature :



**Approbateur :**

Nom : Anthony REY  
Fonction : Directeur régional BRGM  
Corse  
Date : 06/04/2021  
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)

## Votre avis nous intéresse

Dans le cadre de notre démarche qualité et de l'amélioration continue de nos pratiques, nous souhaitons mesurer l'efficacité de réalisation de nos travaux.

Aussi, nous vous remercions de bien vouloir nous donner votre avis sur le présent rapport en complétant le formulaire accessible par cette adresse :

<https://forms.office.com/r/yMgFcU6Ctg> ou par ce code :



**Mots-clés** : Nappe du Bevinco, Étang de Biguglia, Plaine de la Marana-Casinca, Haute-Corse, Nappe alluviale, Géophysique électrique, Dépôts alluvionnaires, Intrusions salines, Modélisation géologique, Modélisation hydrogéologique.

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

**Genevier M., Tissoux H., Portal A., Bourguine B., Frissant N., Mathieu F. Martin R. coll. Arnaud L., Maldan F., Gutierrez T. (2021)** – Modélisation hydrogéologique de la nappe alluviale du Bevinco (Haute-Corse). Rapport de la phase 1. Rapport final. BRGM/RP-67551-FR, 250 p., 139 ill., 10 tabl., 9 ann.

## Synthèse

La Communauté d'Agglomération de Bastia (CAB) gère, par le biais de sa régie publique *Acqua Publica*, l'approvisionnement en eau potable des cinq communes de l'agglomération (Furiani, Bastia, Ville di Pietrabugno, San Martino di Lota et Santa Maria di Lota) représentant 29 000 abonnés. L'eau distribuée dans le réseau provient notamment de la prise d'eau de surface sur le Bevinco dans le Lancone et des six puits du champ captant implantés sur la nappe alluviale du Bevinco à l'aval.

Acqua Publica souhaite augmenter ses prélèvements dans l'hydrosystème du Bevinco (rivière et aquifère) tout en respectant le maintien d'un débit réglementaire dans la rivière et éviter par des prélèvements excessifs toute contamination saline dans l'aquifère. Acqua Publica a besoin de connaître les débits qu'elle peut prélever.

L'étude hydrogéologique engagée pour répondre à ces questions a été réalisée par le BRGM et financée par Acqua Publica, L'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, l'Office de l'Environnement et le BRGM.

L'étude réalisée se décline en deux phases :

- phase 1 : amélioration de la compréhension de la structure, de la géométrie et du fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère alluvial pour pouvoir élaborer son schéma hydrogéologique conceptuel ;
- phase 2 : modélisation hydrogéologique de l'aquifère pour pouvoir simuler différents scénarios d'exploitation afin de (i) définir les débits d'eau mobilisables sans entrainer d'impact jugé inacceptable sur la rivière ou la nappe (intrusions salines), (ii) définir un système de surveillance (indicateurs de gestion).

Le présent rapport porte sur la première phase.

Les actions engagées pour élaborer le schéma conceptuel hydrogéologique de l'aquifère du Bevinco ont été les suivantes :

- étude des faciès des alluvions en présence par des prospections sur le terrain et l'analyse des données de sondage disponibles ;
- réalisation de onze profils de tomographie électrique en complément des quatre profils datant de 2009 pour l'étude de la géométrie des différentes terrasses alluviales, de leur faciès (sableux ou argileux) et des intrusions salines ;
- réalisation de cinq piézomètres répartis dans les secteurs dépourvus d'informations géologique et hydrogéologique de l'aquifère ;
- élaboration d'un modèle géologique 3D à partir des données de la synthèse géologique et de la géophysique ;
- instrumentation de dix ouvrages pour suivre en continu la piézométrie, la température et la conductivité électrique de l'aquifère ;
- réalisation de plusieurs campagnes de jaugeage de la rivière ainsi que de campagnes piézométriques ;
- réalisation de campagnes de nivellement pour niveler la rivière, les ouvrages suivis, et les points d'intérêt.

L'ensemble de ces actions et le travail d'équipe mené entre les différentes spécialités a permis de définir la géométrie et la structure de l'aquifère ainsi que son fonctionnement hydrogéologique. Un schéma hydrogéologique conceptuel a été élaboré (cf. chapitre 9 de ce rapport) et peut être décrit ainsi :

- l'aquifère du Bevinco s'étend de Casatorra jusqu'au Lido de la Marana (et se poursuit en mer, sans plus d'informations disponibles), sur une superficie de 7 km<sup>2</sup>. Ce sont les alluvions graveleuses et sableuses qui constituent ce réservoir aquifère (horizon noté Fy12) ;
- la présence de limons (Fy3l) peu perméables à l'affleurement sur la majeure partie de l'extension de l'aquifère en rive droite du Bevinco induit la mise en captivité de la nappe. Celle-ci se traduit par la présence de « bollari » (nom donné aux résurgences artésiennes) au niveau du champ captant d'Acqua Publica mais également plus au nord au lieu-dit Bocca. L'épaisseur de limons est la plus importante dans le secteur du champ captant et atteint une dizaine de mètres, tandis qu'elle est plus réduite au nord et se limite à 5 m ;
- la nappe alluviale du Bevinco est principalement alimentée en eau par l'infiltration de la rivière à son entrée dans la plaine au contact des alluvions sableuses Fy3z sur lesquelles elle s'écoule. Celles-ci sont directement en contact avec les alluvions graveleuses Fy12 sous-jacentes constituant l'aquifère et permettent ainsi son alimentation. Son débit d'infiltration vers la nappe est d'environ 100 à 200 l/s en période de moyennes eaux et diminue jusqu'à une quarantaine de litres par secondes en basses eaux. Le débit de la rivière s'infiltré alors totalement et son écoulement de surface est interrompu en aval ;
- en aval du seuil, les alluvions sableuses Fy3z qui bordent la rivière ne sont plus en contact avec l'aquifère, elles en sont séparées par la formation de limons Fy3l peu perméables. Cette formation limite donc les échanges entre la rivière et l'aquifère en aval du seuil. La rivière ne s'infiltré plus vers l'aquifère mais de faibles apports de la nappe vers la rivière sont identifiés ;
- l'aval de la rivière est également impacté par le rentrant salé en provenance de l'Etang en période d'étiage, lorsque le débit de la rivière sur cette portion devient inférieur à environ 25 l/s. Ce rentrant salé se limite au « banc de galets » (cf. Illustration 124) qui agit comme un seuil hydraulique, malgré le fait que l'altitude du lit de la rivière soit inférieure au 0 m NGF en amont de ce point. Grâce à la présence de limons peu perméables au contact du lit de la rivière sur cette portion, l'eau salée ne s'infiltré pas vers la nappe ;
- l'alimentation de l'aquifère par la rivière se fait principalement en direction de l'est, vers le champ captant. C'est dans ce secteur, au sud du Fossé de Borgogna, que l'épaisseur de l'aquifère est la plus importante. Les profils géophysiques ont en effet révélé une épaisseur pouvant aller de 30 à 60 m. La charge hydraulique de l'aquifère y est élevée et permet de maintenir le biseau salé sur la bordure littorale, au droit du Lido. Celui-ci est cependant susceptible de pouvoir migrer vers l'intérieur des terres en période d'étiage lorsque la charge hydraulique de l'aquifère diminue sous l'effet de forts prélèvements et qu'elle est maintenue inférieure au 0 m NGF pendant plusieurs mois (retour d'expérience des années 70-80). La conductivité électrique de l'aquifère est généralement comprise entre 300 et 400 µS/cm dans le secteur du champ captant. En revanche, une hausse de la salinité est observée de façon quasi-systématique sur les deux puits nord du champ captant (puits 7 et 8) lors de sa mise en route. Cette contamination saline apparaît liée à un phénomène de drainance verticale descendante des limons impactés par la salinité du Fossé de Borgogna vers l'aquifère. Le débordement de l'Etang (Illustration 124) lors des crues engendre la salinisation des limons en bordure de l'Etang. La charge hydraulique des limons se maintenant inférieure à celle de l'aquifère dans ce secteur un peu éloigné du champ captant (Pz1), aucun phénomène de drainance descendante n'est observé et cette salinité se limite aux limons pour ce secteur. Dans sa deuxième moitié sud, le canal de la Réserve draine l'aquifère via les passées sableuses des limons et par collecte directe de ses débordements par les bollari (ensuite acheminées par des canaux dans les champs). La salinité de l'eau

du canal est ainsi beaucoup plus faible dans cette partie sud, à l'approche de la station de Petriccia. L'Étang qui réceptionne l'eau de ces canaux est donc indirectement alimenté par les eaux souterraines de l'aquifère du Bevinco ;

- comme mis en évidence par les profils géophysiques puis les sondages, le secteur nord de l'aquifère est marqué par des caractéristiques différentes de la partie sud qui vient d'être évoquée. Le Fossé de Borgogna, sans en être à l'origine ni même a priori la conséquence, marque la limite géographique de ces deux compartiments. Outre une épaisseur de limons plus réduite, ce secteur se caractérise également par une épaisseur de l'aquifère beaucoup plus faible. L'horizon graveleux aquifère ne fait que 5 m d'épaisseur au niveau de Pz5. La terrasse alluviale Fy12 n'est constituée que d'alluvions argileuses plus en profondeur. Du fait d'échanges limités entre la rivière et l'aquifère sur l'aval, ce secteur de l'aquifère est peu alimenté. Sa charge hydraulique est faible (niveau piézométrique moyen de 0.28 m NGF à Pz5) et engendre la pénétration du biseau salé. La conductivité électrique de ce compartiment est donc plus élevée et se situe entre 500 à 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  jusqu'à Bocca puis dépasse 10 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sur l'extrême nord. Dans ce secteur la charge hydraulique des limons est également inférieure à celle de l'aquifère, mais l'aquifère étant salinisé, il génère des remontées de sel permanentes qui induisent des difficultés d'exploitation agricoles dans l'extrême nord. La salinisation généralisée des limons et de l'aquifère dans ce secteur explique également la salinité élevée de la portion nord du canal de la Réserve ;
- outre les bollari, l'exutoire de l'aquifère est donc situé en mer, en aval du Lido où il a été identifié par Pz4.

Une carte et de deux coupes hydrogéologiques interprétatives ont été élaborées afin d'illustrer ce schéma hydrogéologique conceptuel (chapitre 9 de ce rapport).

La suite de cette première phase de l'étude correspond à la construction du modèle hydrogéologique maillé à partir duquel cinq scénarios d'exploitation de l'hydrosystème du Bevinco seront simulés (rapport à venir : Arnaud *et al.*, 2021 référencé BRGM/RP-69935-FR).



# Sommaire

<b>1. Introduction .....</b>	<b>17</b>
1.1. CONTEXTE GÉNÉRAL .....	17
1.1.1. Contexte de déséquilibre quantitatif de la masse d'eau souterraine et objectifs du SDAGE, du SAGE et du Contrat de milieu de l'Étang de Biguglia .....	17
1.1.2. Prélèvements sur l'hydrosystème du Bevinco par Acqua Publica.....	18
1.1.3. Nécessité d'un modèle hydrogéologique de la nappe du Bevinco comme outil de gestion de la ressource en eau de l'hydrosystème .....	19
1.2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE .....	20
<b>2. Bref rappel théorique : qu'est-ce qu'une nappe alluviale ? .....</b>	<b>23</b>
<b>3. Présentation générale de la zone d'étude.....</b>	<b>27</b>
3.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE.....	27
3.2. OCCUPATION DES SOLS.....	32
3.3. CONTEXTE CLIMATIQUE .....	32
3.4. CADRE GÉOLOGIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE.....	34
3.4.1. La Plaine de la Marana-Casinca .....	34
3.4.2. Le Bevinco.....	34
3.4.3. Les alluvions du Bevinco.....	34
3.5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE GÉNÉRAL.....	37
3.5.1. Fonctionnement hydrogéologique général .....	37
3.5.2. Prélèvements sur l'hydrosystème du Bevinco .....	41
3.5.3. Intrusions salines.....	43
<b>4. Géométrie et lithologie des alluvions du Bevinco .....</b>	<b>45</b>
4.1. RECONNAISSANCE DES FACIÈS.....	46
4.1.1. Reconnaissances de terrain 2009 et 2017 .....	47
4.1.2. Conclusions .....	60
4.2. LES DONNÉES DE SONDAGE ET LEUR RECODAGE .....	61
4.2.1. Sélection des sondages .....	61
4.2.2. Recodage .....	62
<b>5. Reconnaissance géophysique de la géométrie des formations alluviales par tomographie de résistivité électrique .....</b>	<b>65</b>
5.1. OBJECTIFS ET STRATÉGIE D'INVESTIGATION.....	65
5.2. PROGRAMME ET VOLUME DES INVESTIGATIONS .....	65
5.2.1. Personnel mobilisé et chronogramme d'intervention.....	65

5.2.2. Plan d'implantation des profils électriques .....	65
5.3. TOMOGRAPHIE DES RÉSISTIVITES ÉLECTRIQUES.....	66
5.3.1. Matériel mis en œuvre.....	67
5.3.2. Acquisitions des données.....	67
5.3.3. Traitement et inversion des données .....	69
5.3.4. Traitement des mesures avec le logiciel X2IPI.....	70
5.3.5. Inversion des données avec le logiciel RES2DINV .....	71
5.4. RÉSULTATS : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES COUPES GÉOÉLECTRIQUES	72
5.4.1. Clé d'interprétation des coupes .....	72
5.4.2. Influence marine .....	74
5.5. RÉSULTATS : DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES PROFILS.....	80
5.5.1. Secteur amont du Bevinco .....	80
5.5.2. Partie centrale de la plaine alluviale .....	82
5.5.3. La zone aval du Bevinco .....	87
5.5.4. Le lido .....	90
<b>6. Élaboration du modèle géologique 3D .....</b>	<b>91</b>
6.1. FORMATIONS MODÉLISÉES .....	91
6.2. DONNEES UTILISÉES.....	92
6.2.1. Limites de l'aquifère.....	93
6.2.2. Modèle numérique de terrain.....	93
6.2.3. Sondages .....	94
6.2.4. Coupes géophysiques interprétées .....	95
6.2.5. Carte géologique .....	96
6.2.6. Observations de terrain .....	96
6.3. MÉTHODE DE MODÉLISATION.....	96
6.3.1. Résumé de la méthode .....	96
6.3.2. Nombre de données « exactes » de base des formations utilisé .....	99
6.3.3. Contraintes d'inégalité .....	100
6.3.4. Points de « forçage ».....	101
6.3.5. Vérification et finalisation du modèle géologique .....	103
6.4. RÉSULTATS.....	104
<b>7. Synthèse des connaissances sur le fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère au début de l'étude .....</b>	<b>115</b>
7.1. IDENTIFICATION DES HORIZONS AQUIFÈRES DE LA PLAINE DU BEVINCO... 115	
7.1.1. Horizon aquifère supérieur : horizon actuellement exploité.....	115
7.1.2. Horizon inférieur : jugé moins intéressant que l'horizon supérieur.....	115
7.2. RECHARGE DE L'AQUIFÈRE .....	117
7.3. EXUTOIRES DE L'AQUIFÈRE .....	117

7.3.1. Les bollari .....	118
7.3.2. Les canaux de drainage de la Réserve .....	118
7.3.3. La mer .....	118
7.4. CARACTÉRISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE L'AQUIFÈRE .....	118
7.5. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION DE L'AQUIFÈRE ET DES INTRUSIONS SALINES.....	119
<b>8. Étude du fonctionnement hydrogéologique de l'hydrosystème .....</b>	<b>123</b>
8.1. LES QUESTIONS QUI SE POSENT SUR LE FONCTIONNEMENT DE L'HYDROSYSTÈME .....	123
8.2. INVENTAIRE DES DONNÉES DISPONIBLES .....	124
8.2.1. Données de précipitations et d'évapotranspiration.....	124
8.2.2. Suivi hydrométrique du Bevinco et influences.....	124
8.2.3. Suivi piézométrique DCE.....	128
8.2.4. Données de prélèvements.....	128
8.2.5. Données sur l'Étang de Biguglia .....	132
8.3. INSTRUMENTATION ET SUIVI DE LA ZONE D'ÉTUDE .....	132
8.3.1. Suivi piézométrique des eaux souterraines.....	132
8.3.2. Suivi de l'Étang de Biguglia .....	139
8.4. CAMPAGNES DE NIVELLEMENT.....	140
8.5. CAMPAGNES DE JAUGEAGES DIFFÉRENTIELS DU BEVINCO .....	145
8.6. CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES.....	154
8.7. CAMPAGNES DE MESURE DE LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE .....	157
8.8. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES FLUCTUATIONS PIÉZOMÉTRIQUES ET DE CONDUCTIVITE ÉLECTRIQUE .....	163
8.8.1. Hydrodynamique de l'aquifère.....	163
8.8.2. Approximation de la position du biseau salé .....	167
8.8.3. Comparaison de la charge hydraulique des limons à celle de l'aquifère.....	168
8.8.4. Étude de l'origine de l'augmentation de la salinité sur le champ captant .....	169
8.8.5. Deux aquifères différents sur le Lido .....	175
8.8.6. Fluctuations de la température de l'aquifère .....	176
<b>9. Schéma hydrogéologique conceptuel de la nappe du Bevinco .....</b>	<b>179</b>
<b>10. Conclusion et perspectives.....</b>	<b>185</b>
<b>11. Bibliographie .....</b>	<b>187</b>

## Liste des illustrations

Illustration 1 :	Hydrosystème du Bevinco et localisation des prélèvements. ....	19
Illustration 2 :	Représentation simplifiée d'une nappe alluviale (Daum et al., 1997 dans Vernoux et al., 2010). ....	23
Illustration 3 :	Échanges nappe-rivière. A : la nappe alimente la rivière – B : la rivière alimente la nappe (Winter et al., 1998). ....	24
Illustration 4 :	Influence d'un pompage sur le flux d'eau entre la nappe et la rivière (Daum et al., 1997 dans Vernoux et al., 2010). ....	25
Illustration 5 :	Volumes d'eau souterraine drainés de 2006 à 2009 par les canaux (Orofino et al., 2010). ....	28
Illustration 6 :	Localisation de l'aquifère alluvial du Bevinco dans la plaine de la Marana-Casinca....	30
Illustration 7 :	Délimitation de l'aquifère alluvial du Bevinco et localisation du système de drainage de l'Étang de Biguglia. ....	31
Illustration 8 :	Vue sur la plaine du Bevinco depuis les hauteurs du secteur Capannule / Ammandulu. ....	32
Illustration 9 :	Normales de la station météo de Bastia-Poretta (n°20148001) (source : Météo France). ....	33
Illustration 10 :	Précipitations enregistrées à la station de Bastia-Poretta sur la période de 1981 à 2010 (Météo France). ....	33
Illustration 11 :	Modèle d'emboîtement des terrasses alluviales de la plaine de la Marana-Casinca au niveau du Bevinco (coupe schématique SE- NW au centre de la plaine du Bevinco) (Extrait du rapport BRGM d'Orofino S. et al. (2010)). ....	35
Illustration 12 :	Carte géologique harmonisée au 1/50 000 de la zone d'étude présentant les différentes terrasses alluviales visibles à l'affleurement. ....	36
Illustration 13 :	Relief de la zone d'étude à partir des relevés LiDAR de l'IGN (maille 1 m) de 2013. ...	37
Illustration 14 :	Fluctuations piézométriques de la nappe du Bevinco au droit du piézomètre de Casatorra (11071X0062/CASATO) entre 1986 et 2020 (source : ADES, <a href="https://ades.eaufrance.fr">https://ades.eaufrance.fr</a> ). ....	38
Illustration 15 :	Fluctuations piézométriques au piézomètre DCE Chiaragginco (11072X0063/PZ) ainsi qu'au piézomètre de Casatorra, entre 2016 et 2017 (pas de temps horaire). ....	39
Illustration 16 :	Seuil de la salle des fêtes de Biguglia (passage à gué) (le 28/02/2017).....	40
Illustration 17 :	Seuil de Casatorra (le 28/02/2017). ....	40
Illustration 18 :	Volumes annuels prélevés de 1997 à 2017 sur la prise du Lancone, les forages d'Acqua Publica et ceux de la CCMG (données AE RMC). ....	42
Illustration 19 :	Prise d'eau du Lancone vue du dessus. ....	42
Illustration 20 :	Localisation des points d'observation sur le terrain de 2017, des profils de tomographie de résistivité électrique et des sondages BSS. ....	46
Illustration 21 :	Lentille conglomératique au sein des alluvions anciennes Fx à paléosol rouge-orange (secteur de Cardicelli, rive droite du Golo). ....	48
Illustration 22 :	Dépôts cartographiés en Fx sur la butte d'Arbuceta, le long de la ligne de chemin de fer. ....	48
Illustration 23 :	Alluvions Fy1 assez anciennes à paléosol rouge orange à alternance de couches de sable argileux et de couches constituées d'un mélange de galets colmatés dans une matrice argileuse. (Chiosu Novu, entre le Bevinco et Pietre Turchine). ....	49
Illustration 24 :	Alluvions Fy1 observées à la faveur d'un sondage à Petrosa. ....	50

Illustration 25 : Alluvions Fy2 dans un champ du secteur de Broncole en rive gauche du Golo : noter la présence de nombreux galets de granite et rhyolite. ....	51
Illustration 26 : Alluvions Fy2 ou colluvions d'alluvions Fy2 au niveau de l'hippodrome (Casatorra, point d'observation 2). ....	52
Illustration 27 : Alluvions Fy2 observées dans la partie amont du canal de Petrelle (points d'observation 13 et 12). ....	53
Illustration 28 : Contact en coupe entre les alluvions Fy2 et les alluvions Fy3 qui les surmontent. ....	54
Illustration 29 : Contact en plan entre les alluvions Fy2 et Fy3 dans la partie aval du canal de Petrelle (photo T. Guttierrez). ....	54
Illustration 30 : Alluvions Fy2 dans le lit du Bevinco, sous environ 1 m de limons sableux gris Fy3/Fz (point d'observation 8). ....	55
Illustration 31 : Alluvions Fy2 dans le lit du Bevinco, sous environ 4 m de limons gris et de limons sableux Fy3/Fz.....	56
Illustration 32 : Affleurement dans les alluvions cartographiées en Fy2 au niveau de la station de pompage de Petriccia (point d'observation 4). ....	56
Illustration 33 : Contact entre les Fy2 et les Fz au niveau du virage vers le nord du Bevinco (point d'observation 15). ....	57
Illustration 34 : Colluvions de Fy2 déposées très récemment sur des alluvions actuelles du Bevinco (point d'observation 15). ....	58
Illustration 35 : Lentille graveleuse (paléochenal) dans les alluvions Fy3 observées dans le canal de Petrelle.....	59
Illustration 36 : Alluvions très récentes à actuelles (Fy3-z) dans le cours du Bevinco (point d'observation 7, Illustration 20).....	59
Illustration 37 : Sédiments actuels déposés lors de crues (point d'observation 14). ....	60
Illustration 38 : Localisation des sondages BSS consultés pour préparer la modélisation géologique. ....	61
Illustration 39 : Liste des sondages BSS consultés pour préparer la modélisation géologique, coordonnées et profondeurs atteintes. ....	62
Illustration 40 : Protocole de recodage des niveaux alluviaux décrits dans les sondages en termes de lithostratigraphie et de lithologie pour produire une pile standard.....	63
Illustration 41 : Localisation des profils de tomographie de résistivité électrique réalisés dans le cadre de cette étude. Les profils antérieurs (2009) ainsi que les sondages de reconnaissances utilisés pour le calage des résultats électriques sont également indiqués. Coordonnées en m, RGF 1993 Lambert 93.....	66
Illustration 42 : Schéma des protocoles de mesure utilisés pour cette étude. L'agencement des électrodes en surface permet d'obtenir des données à des positions et profondeurs différentes permettant de construire une image 2D du sous-sol.....	68
Illustration 43 : Exemple d'une pseudo-section de résistivité apparente visualisée avec X2IPI après filtrage PROSYS. Le logiciel X2IPI permet d'incorporer la topographie aux données (en haut à droite).....	70
Illustration 44 : Filtrage des données par fenêtre glissante sur les données. À gauche, la décomposition des données brutes permettant d'isoler le signal dû aux hétérogénéités de surface, à droite le signal résultant du traitement.....	70
Illustration 45 : Pseudo-sections des données brutes (haut) et filtrées (bas) avec le logiciel X2IPI.....	71
Illustration 46 : Campagne de mesures de conductivité électrique ( $\sigma=1/\rho$ ) dans le Bevinco du 08/07/2016. ....	75
Illustration 47 : Coupes géoélectriques des profils ERT1, ERT10 et ERT11 situés dans le secteur sud-ouest, en amont du Bevinco. ....	77

Illustration 48 : Coupes géoélectriques des profils ERT2, ERT3, ERT4, ERT5, PD, PE et PG situés dans la partie centrale de la zone d'étude.....	78
Illustration 49 : Coupes géoélectriques des profils ERT5, ERT6, ERT7, ERT8 et ERT9 situés dans la partie nord de la zone d'étude. ....	79
Illustration 50 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT1.....	80
Illustration 51 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT10.....	80
Illustration 52 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT11.....	81
Illustration 53 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT4.....	82
Illustration 54 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT3.....	82
Illustration 55 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT2.....	83
Illustration 56 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil PD.....	84
Illustration 57 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil PE.....	84
Illustration 58 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil PG.....	85
Illustration 59 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT5.....	86
Illustration 60 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT6.....	87
Illustration 61 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT8.....	88
Illustration 62 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT7.....	88
Illustration 63 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT9.....	89
Illustration 64 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil PC.....	90
illustration 65: Pile lithostratigraphique modélisée.....	92
Illustration 66 : Localisation des levés bathymétriques.....	94
Illustration 67 : Principe de fonctionnement du logiciel GDM-MultiLayer.....	97
Illustration 68 : Limites d'extension maximale introduites dans le calcul du modèle géologique 3D....	99
Illustration 69 : Principe des points de forçage (ou points de contrainte). ....	102
Illustration 70 : Cote du toit de Fx (ou du substratum). ....	104
Illustration 71 : Vue 3D de la base de Fy12 (toit de Fx ou des formations plus anciennes). ....	105
Illustration 72 : Localisation des 4 coupes verticales dans le modèle.....	106
Illustration 73 : Coupes verticales dans le modèle géologique 3D. Les points fuchsia sont les intersections avec les profils géophysiques interprétés. La légende des couleurs est disponible à l'illustration 65. ....	107
Illustration 74 : Épaisseur (en m) des formations fluvio-marines affleurantes sur le Lido et arbitrairement modélisées jusqu'à la moitié de l'Étang. ....	109
Illustration 75 : Épaisseur (en m) des formations Fy3z (sables, terre végétale, limons sableux).....	110
Illustration 76 : Épaisseur (en m) de la formation Fy3l (limons, tourbe).....	111
Illustration 77 : Épaisseur (en m) de la formation Fy3s (sables, galets, sables limoneux) ; .....	112
Illustration 78 : Épaisseur (en m) de la formation Fy2a (argiles, sables et graviers à matrice très argileuse). ....	113
Illustration 79 : Épaisseur (en m) de la formation Fy12, l'aquifère principal, constituée de galets, graviers et sables.....	114
Illustration 80 : Localisation des sondages réalisés lors de la campagne de reconnaissance de 1970. ....	116

Illustration 81 : Chronique piézométrique au piézomètre DCE Casatorra entre 1986 et 2020 et mesures de conductivité électrique entre 1977 et 1998 sur les piézomètres « Dolesi ouest » et « Dolesi est ».	121
Illustration 82 : Positionnement de la station limnimétrique de la DREAL et des infrastructures de prélèvement sur la rivière (les pointillés rouges ne correspondent pas au tracé effectif de la conduite d'adduction entre la prise d'eau et l'usine de traitement).	125
Illustration 83 : Débit journalier du Bevinco mesuré à la station limnimétrique du Lancone entre 2016 et 2019 (l'échelle verticale du débit est en logarithme) et niveau piézométrique journalier au piézomètre DCE de Casatorra (11071X0062/CASATO).	126
Illustration 84 : Schéma du réseau d'adduction de l'eau prélevée à la prise du Lancone vers l'usine de traitement.	127
Illustration 85 : Volume journalier moyen prélevé sur la prise du Lancone pour chaque jour de la semaine calculé sur la période 2009-2015.	128
Illustration 86 : Volumes journaliers moyens en sortie du réservoir d'Olmata di Tuda sur 2018 fournis par la commune (3 forages + source).	129
Illustration 87 : Localisation et dénomination des captages d'alimentation en eau potable présents sur la nappe du Bevinco.	130
Illustration 88 : Schéma de fonctionnement de Suariccia I.	131
Illustration 89 : Liste des piézomètres utilisés dans le cadre de l'étude et leurs caractéristiques. Le code couleur utilisé dans la dernière colonne est le même que dans le modèle géologique 3D.	134
Illustration 90 : Localisation des piézomètres avec leur nom sur fond de la carte géologique élaborée dans le cadre de l'étude.	135
Illustration 91 : Localisation des piézomètres de l'étude avec les niveaux qu'ils captent.	136
Illustration 92 : Photographies du mini-piézomètre "LIM5" implanté à proximité immédiate de Pz5.	137
Illustration 93 : Photographies du mini-piézomètre "LIM1" implanté à proximité immédiate de Pz1.	138
Illustration 94 : Photographie du système de suivi du niveau de l'étang mis en place sur le ponton du Fortin.	139
Illustration 95 : Détails de la sonde installée pour le suivi du niveau de l'étang au Fortin.	140
Illustration 96 : Localisation des transects nivelés dans la rivière, le Fossé de Borgogna et le canal de drainage de la réserve. Identification du linéaire de la rivière dont l'altitude du fond est inférieure au 0 m NGF.	142
Illustration 97 : Profil altitudinal en long du Bevinco à partir des données de nivellement (octobre 2016 et juillet 2018) depuis le début des dépôts alluvionnaires jusqu'à son embouchure dans l'étang de Biguglia.	143
Illustration 98 : Embouchure du Fossé de Borgogna dans l'Étang de Biguglia le 1er mars 2019.	143
Illustration 99 : Photographies de la campagne de nivellement de 2016.	144
Illustration 100 : Carte de la localisation des sites de jaugeage du Bevinco.	147
Illustration 101 : Résultats des sept campagnes de jaugeages réalisées entre 2016 et 2019.	148
Illustration 102 : Résultats des quatre campagnes de jaugeages de basses eaux.	149
Illustration 103 : Émergence de la nappe dans le lit de la rivière en aval du seuil de Casatorra, le 04/10/2016.	150
Illustration 104 : Relation entre le débit à l'entrée de la plaine et le débit d'infiltration.	151
Illustration 105 : Relation entre le niveau piézométrique de la nappe au piézomètre DCE Casatorra et le débit d'infiltration.	152
Illustration 106 : Répartition de l'altitude de la nappe au piézomètre DCE Casatorra en fonction du débit de la rivière à la station DREAL pour les débits compris entre 0 et 10 m <sup>3</sup> /s.	153

Illustration 107 : Zoom de la répartition de l'altitude de la nappe au piézomètre DCE Casatorra en fonction du débit de la rivière à la station DREAL pour les débits compris entre 0 et 0.2 m <sup>3</sup> /s. ....	153
Illustration 108 : Fossé drainant les bollari du champ captant d'Acqua Publica le 01/03/2019. ....	155
Illustration 109 : Carte piézométrique de la nappe du Bevinco du 18/07/2017 en conditions de très basses eaux. ....	156
Illustration 110 : Carte piézométrique de la nappe du Bevinco en conditions de basses eaux le 27/08/2019 et de moyennes eaux le 01/03/2019. ....	157
Illustration 111 : Évolution du débit du Bevinco et de sa conductivité électrique le long de son linéaire lors des campagnes du 31/05/2017 et du 27/08/2019. ....	158
Illustration 112 : Pôles de conductivité électrique des différents compartiments de l'hydrosystème du Bevinco avec les variations saisonnières. ....	160
Illustration 113 : Conductivité électrique du canal de la Réserve au droit de l'aquifère du Bevinco..	161
Illustration 114 : Mesures de conductivité dans le Fossé de Borgogna au niveau de la passerelle de la réserve comparées à la situation hydrique de la nappe. ....	162
Illustration 115 : Chroniques piézométriques acquises sur les différents ouvrages équipés de la zone d'étude entre le 01/01/2017 et le 01/09/2019. ....	164
Illustration 116 : Zoom sur les chroniques piézométriques sur l'aquifère entre le 01/04 et le 01/09/2019. ....	164
Illustration 117 : Comparaison du signal piézométrique de Pz1, Pz2, Pz4 au niveau marin de juin à août 2019. ....	165
Illustration 118 : Comparaison du signal piézométrique de Pz5 au niveau marin et au débit du Bevinco de janvier à mai 2019. ....	166
Illustration 119 : Coupe schématique perpendiculaire au littoral selon Ghyben-Herzberg (Frissant et al., 2009). ....	167
Illustration 120 : Comparaison des signaux piézométriques et de la conductivité de Pz1, Pz5 et Lim1 et Lim5 de décembre 2018 à août 2019. ....	169
Illustration 121 : Chroniques piézométriques et de conductivité électrique sur le puits 7 de Suariccia III, Pz1 et Pz2 entre juin et décembre 2020 et teneurs en chlorures mesurées par Acqua Publica du 18/09 au 09/11/2020. ....	171
Illustration 122 : Localisation des trous à la tarière (T1, T2, T3) réalisés sur le champ captant le 11/12/2020 et photographie des échantillons de limons bruns sur T2 extraits. ....	172
Illustration 123 : Éléments de contexte du phénomène de contamination saline de Suariccia III. Les tirets bleus représentent le canal de drainage des bollari du champ captant vers le Fossé de Borgogna. Les flèches jaunes représentent le trajet possible de l'eau salée entre le canal et le champ captant. ....	174
Illustration 124 : Comparaison du signal piézométrique de la nappe du Lido à celle du niveau marin et de l'aquifère sur Pz4 entre janvier et août 2019. Les flèches vertes et noires montrent respectivement des minima et maxima du niveau marin qui se répercutent sur la nappe du Lido. ....	175
Illustration 125 : Coupe perpendiculaire du biseau salé dans un aquifère insulaire. ....	176
Illustration 126 : Fluctuations de température de la nappe sur les différents piézomètres suivis entre octobre 2016 et décembre 2019. ....	177
Illustration 127 : Fluctuations de la température et du niveau de la nappe à Casatorra entre 2015 et 2018. Les périodes de forte vidange de l'aquifère lors des étiages 2016 et 2017 sont signalées par les barres verticales en tirets noirs. ....	178
Illustration 128 : Délimitation des deux compartiments de l'aquifère du Bevinco présentant des caractéristiques différentes. ....	181

Illustration 129 : Coupe hydrogéologique interprétative sud-ouest nord-est de l'aquifère du Bevinco en période de moyennes eaux. ....	182
Illustration 130 : Coupe hydrogéologique interprétative est-ouest de l'aquifère du Bevinco en période de moyennes eaux. ....	183
Illustration 131 : Principe de la mesure en courant électrique continu.....	191
Illustration 132 : Disposition générale d'électrodes où A et B sont les électrodes de courant, M et N, les électrodes de potentiel ( $0 < \theta, \Phi < \pi$ ) .....	192
Illustration 133 : Configuration dipôle-dipôle .....	193
Illustration 134 : Configuration de Schlumberger .....	193
Illustration 135 : Configuration de Wenner.....	193
Illustration 136 : Principe de construction d'une pseudo-section pour un dispositif Wenner.....	194
Illustration 137 : Résultats complets (en images) d'une inversion. En haut la pseudo-section de résistivité apparente mesurée. En bas, le modèle de résistivité issu de l'inversion. Au centre, la pseudo-section de résistivité calculée sur la base du modèle de résistivité. L'erreur (RMS) constitue la différence entre les deux premières pseudo-sections (ici 4.4 %). ....	195
Illustration 138 : Résultat de l'inversion de la figure 7 avec la topographie. ....	195

## Liste des tableaux

Tableau 1 : Caractéristiques des profils d'acquisition et statistiques sur les données avant et après traitement. ....	68
Tableau 2 : Clé d'interprétation des coupes géoélectriques sur la base de la lithostratigraphie géologique recodée (Illustration 40). ....	73
Tableau 3 : Caractéristiques de la grille modèle.....	93
Tableau 4 : Forages utilisés pour la construction du modèle géologique.....	95
Tableau 5 : Nombre de points fournissant la cote « exacte » de la base des formations, pour chaque type de données.....	100
Tableau 6 : Nombre de points fournissant des données d'inégalité, pour chaque type de données et pour chaque surface à modéliser. ....	101
Tableau 7 : Nombre de points de forçage introduits pour la construction du modèle .....	103
Tableau 8 : Conditions hydriques de réalisation des campagnes de jaugeages et influences par les prélèvements.....	146
Tableau 9 : Calcul du débit d'infiltration de la rivière vers la nappe et du pourcentage que cela représente par rapport au débit à l'entrée de la plaine.....	151
Tableau 10 : Conditions des cartes piézométriques établies. ....	154

## Liste des annexes

Annexe 1 : Principe de la méthode du panneau électrique.....	189
Annexe 2 : Fiche technique station LUCI.....	197
Annexe 3 : Paramètres d'inversion des données électriques (logiciel RES2DINV).....	199
Annexe 4 : Coupes lithologiques des forages ayant servi au calage des coupes de résistivité.....	201
Annexe 5 : Tableau de synthèse des éléments cartographiques et bibliographiques recueillis sur les terrasses et alluvions du Bevinco et des plaines côtières de l'Est de la Corse .....	209
Annexe 6 : Localisation des points d'observations géologiques (2016) .....	213
Annexe 7 : Données de sondage .....	217
Annexe 8 : Cartes piézométriques établies.....	235
Annexe 9 : Diagraphies de conductivité électrique dans les forages et puits .....	243

# 1. Introduction

## 1.1. CONTEXTE GÉNÉRAL

### 1.1.1. Contexte de déséquilibre quantitatif de la masse d'eau souterraine et objectifs du SDAGE, du SAGE et du Contrat de milieu de l'Étang de Biguglia

Le bassin versant de l'étang de Biguglia fait l'objet d'un SAGE (Schéma d'aménagement et de gestion des eaux) approuvé en avril 2014, ayant donné lieu à un contrat d'étang (2014-2018), qui identifie comme enjeu majeur la mise en œuvre d'une gestion quantitative durable de la ressource en eau sur ce territoire.

Dans le cadre de l'état des lieux du bassin de Corse de 2015, la masse d'eau des alluvions de la plaine de Marana-Casinca qui contient l'aquifère du Bevinco (Illustration 6) a été définie en mauvais état quantitatif, en raison d'un déséquilibre lié à des sollicitations qui excèdent la recharge et de problèmes d'intrusion saline. Le SDAGE 2016-2021 fixe un objectif d'atteinte du bon état de cette masse d'eau à 2021. L'état médiocre de cette dernière ne correspond pas à une dégradation de l'état par rapport à 2009, mais à une amélioration de la connaissance. L'analyse succincte des données de prélèvements (fichier des redevances de l'AE RMC) et de recharge (débit des cours d'eau en amont de la Plaine de la Marana-Casinca) par le BRGM dans le cadre d'un appui aux administrations auprès de l'Agence en 2016 a mis en évidence un ratio prélèvements / recharge qui apparaissait élevé sur la période d'étiage : les prélèvements autorisés sur les ouvrages de la CCMG et ceux d'Acqua Publica représentaient en période d'étiage normal 47% du débit de la rivière en amont de l'aquifère.

En parallèle de ce constat préliminaire et du souhait d'Acqua Publica d'optimiser ses prélèvements dans l'hydrosystème du Bevinco, en étudiant les marges de prélèvements supplémentaires envisageables, la réalisation d'une étude de modélisation hydrogéologique de la nappe du Bevinco pour disposer d'un outil de gestion de la ressource en eau a été inscrite dans les objectifs du Contrat de milieu de l'Étang de Biguglia – Bevinco (2014 – 2015).

Cette action (numérotée 1-5 au contrat d'étang) s'inscrit dans le cadre du SAGE de l'étang de Biguglia (mesure 8), de l'objectif « Equilibre quantitatif de la ressource » du Contrat ainsi que dans le cadre de l'orientation fondamentale 1 « Assurer l'équilibre quantitatif de la ressource » du SDAGE du bassin de Corse et des objectifs environnementaux fixés sur chacun des milieux de l'hydrosystème. Sur ce dernier aspect, il s'agit d'assurer le rétablissement du bon état quantitatif de la masse d'eau souterraine de la Marana-Casinca, le maintien du bon état du Bevinco, et de ne pas générer de pression supplémentaire sur l'étang de Biguglia (en mauvais état écologique).

Le Contrat de milieu prévoit également que les résultats de l'étude de modélisation, ainsi que les autres études prévues pour l'amélioration des connaissances sur le territoire du SAGE (notamment définition du débit biologique du Bevinco), alimentent la réflexion autour de la définition future d'un plan de gestion de la ressource. Il s'agit de l'action 1-2 du Contrat qui vise à mobiliser les membres de la CLE (Commission Locale de l'Eau), au premier rang desquels les gestionnaires de la ressource (ainsi que les Offices, les Services de l'Etat et l'Agence de l'Eau), pour parvenir à définir un plan de gestion en concertation et une maîtrise d'ouvrage adaptée de ce plan. Selon l'instruction gouvernementale de 2019, ce plan devra prendre la forme d'un Projet de Territoire pour la Gestion de l'Eau (PTGE), dont les modalités de mise en œuvre sont fixées par délibération 19/380 AC de l'Assemblée de Corse.

### 1.1.2. Prélèvements sur l'hydrosystème du Bevinco par *Acqua Publica*

La Communauté d'agglomération de Bastia (CAB) gère, par le biais de sa régie publique *Acqua Publica*, l'approvisionnement en eau potable des cinq communes de l'agglomération (Furiani, Bastia, Ville di Pietrabugno, San Martino di Lota et Santa Maria di Lota) représentant 29 000 abonnés. L'eau distribuée dans le réseau a quatre origines différentes :

- des aménées gravitaires (prises d'eau et sources) qui approvisionnent essentiellement les petits hameaux de montagne ;
- la prise d'eau sur le Bevinco située dans le défilé du Lancone (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) qui est la principale ressource de l'agglomération lorsque le débit de la rivière est suffisamment important et en dehors de la période d'interdiction définie par l'arrêté préfectoral (de la deuxième semaine de juillet à la deuxième semaine d'octobre incluse) ;
- le raccordement au réseau d'eau brute de l'Office d'équipement hydraulique de Corse (OEHC) qui permet de recourir aux eaux en provenance du Golo (principalement pendant la période d'étiage lorsque la prise du Lancone ne peut être utilisée et en complément ponctuel des autres ressources) ;
- six forages dans l'aquifère alluvial du Bevinco (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**) qui sont principalement mobilisés dans les périodes de transition et qui constituent la principale source d'appoint à la prise d'eau et l'eau brute. L'aquifère est également exploité par la Communauté de Communes Marana-Golo (CCMG) au travers de trois forages (**Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

*Acqua Publica* souhaite augmenter ses prélèvements dans l'hydrosystème du Bevinco (rivière et aquifère) tout en respectant les objectifs environnementaux du SDAGE, le maintien d'un débit réglementaire dans la rivière et éviter par des prélèvements excessifs toute contamination saline dans l'aquifère. *Acqua Publica* a besoin de connaître les débits qu'elle peut prélever dans le respect de ces objectifs environnementaux.

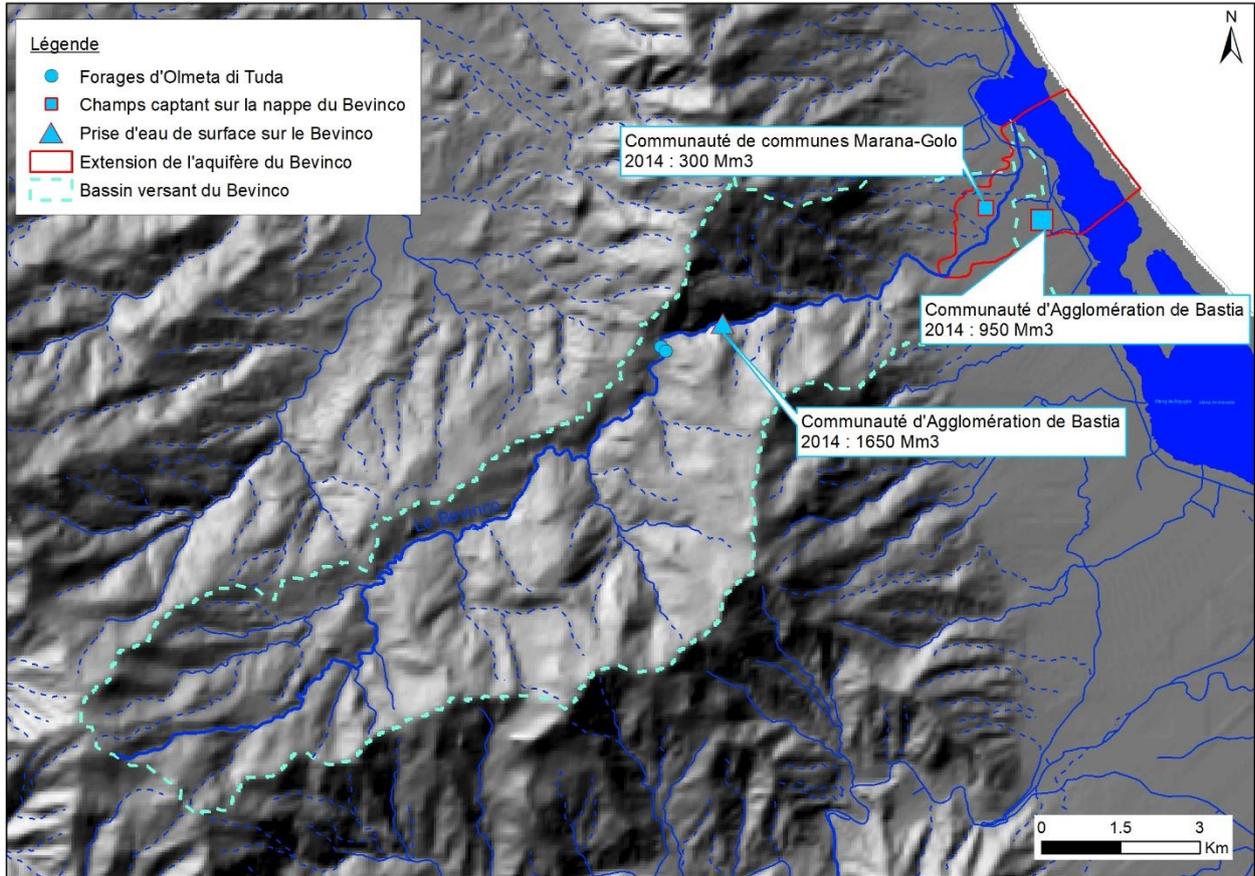


Illustration 1 : Hydrosystème du Bevinco et localisation des prélèvements.

### 1.1.3. Nécessité d'un modèle hydrogéologique de la nappe du Bevinco comme outil de gestion de la ressource en eau de l'hydrosystème

Compte tenu du niveau de fiabilité attendu et de la complexité physique du milieu, la mise au point d'un outil de gestion de la ressource en eau du Bevinco ne peut passer que par une amélioration du modèle conceptuel de la structure et du fonctionnement de l'aquifère associée à une modélisation numérique de la nappe. Différents scénarios d'exploitation devront être définis et simulés avec le modèle pour estimer les impacts quantitatifs et qualitatifs des prélèvements sur les milieux (variation des niveaux d'eau au droit des champs captants, variation de débit dans la rivière, évolution de la salinité de l'aquifère). Le débit prélevable sera évalué sur la base des besoins en eau et des contraintes hydrauliques définies par ailleurs (débit réglementaire dans le Bevinco, salinité au droit des champs captants).

Enfin, l'amélioration de connaissance apportée par cette étude pourra être mise à profit pour perfectionner le suivi de la ressource et/ou envisager de modifier les modalités des prélèvements actuels et futurs (localisation des champs captants, débits pompés, etc.).

## 1.2. OBJECTIFS DE L'ÉTUDE

Les objectifs de l'étude menée par le BRGM en partenariat avec Acqua Publica, l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse et l'Office de l'Environnement de la Corse sont de :

- définir les débits d'eau qui pourraient être mobilisés dans la rivière du Bevinco et dans la nappe alluviale sans entrainer d'impact jugé inacceptable sur le débit de la rivière, la salinité et les niveaux piézométriques dans la nappe alluviale ;
- définir un système de surveillance des nappes et des indicateurs de gestion (seuils de référence : crise, alerte, vigilance) portant sur la minéralisation des eaux et/ou les niveaux piézométriques et/ou les niveaux d'eau dans la rivière.

Pour répondre à ces objectifs, l'étude menée par le BRGM vise à faire l'acquisition de connaissances sur la structure de l'aquifère et sur son fonctionnement hydrogéologique. L'étude se compose ainsi des étapes et travaux suivants :

- acquisition de connaissances sur la structure géologique de l'aquifère par des investigations géophysiques, des prospections de terrain et la réalisation de nouveaux forages pour ainsi pouvoir modéliser la structure de l'aquifère en 3D ;
- acquisition de connaissances sur le fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère consistant en la définition des relations nappe – rivière, la caractérisation des intrusions salines, l'étude de la dynamique de la nappe (piézométrie et détermination des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère) et l'analyse de l'impact des prélèvements sur la nappe. Les moyens mis en œuvre pour y parvenir sont la réalisation de campagnes de jaugeages différentiels du Bevinco, des campagnes de mesure des niveaux d'eau et de la conductivité électrique dans les différents compartiments de l'hydrosystème, le suivi piézométrique en continu de la nappe en différents secteurs, l'inventaire des prélèvements sur l'hydrosystème et la réalisation de pompages d'essai (finalement non réalisés du fait d'une incompatibilité des installations hydrauliques du champ captant d'Acqua Publica) ;
- synthèse hydrogéologique et élaboration du modèle hydrogéologique conceptuel à partir de l'ensemble des éléments de connaissance acquis ;
- modélisation de l'aquifère consistant à :
  - construire le modèle numérique à partir du modèle géologique 3D,
  - caler le modèle en hydrodynamique (niveaux de nappe + débits du Bevinco) et en transport de masse standard des chlorures, sans prise en compte des effets densitaires, pour une première tentative de modélisation des intrusions salines,
  - exploiter le modèle par la simulation de différents scénarii d'exploitation de l'aquifère.

Le présent rapport constitue le rapport de l'étape 2<sup>1</sup> et présente les travaux et investigations menés pour élaborer le schéma hydrogéologique conceptuel de la nappe du Bevinco. Il se compose des éléments suivants :

- un bref rappel théorique sur la notion de nappe alluviale ;
- une présentation générale de la zone d'étude ;

---

<sup>1</sup> Le rapport de l'étape 1 concerne les résultats de la campagne de forages (Genevier, 2019).

- l'étude de la géométrie et de la lithologie des alluvions du Bevinco ;
- les investigations géophysiques menées par tomographie de résistivité électrique pour la reconnaissance de la géométrie des formations alluviales : les résultats et interprétations ;
- l'élaboration du modèle géologique 3D ;
- la synthèse des connaissances hydrogéologiques de l'aquifère à partir de la bibliographie existante au démarrage de l'étude ;
- l'étude du fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère à partir des campagnes de mesures réalisées et des suivis en continu mis en place ;
- le bilan des travaux réalisés sous forme d'un schéma hydrogéologique conceptuel du fonctionnement de l'aquifère.



## 2. Bref rappel théorique : qu'est-ce qu'une nappe alluviale ?

Une nappe alluviale (Illustration 2) est une nappe d'eau souterraine qui circule dans des formations géologiques récentes qui sont constituées de graviers, de sable, d'argile et de galets qui ont été déposés dans les plaines par les cours d'eau lors des dernières glaciations. C'est une nappe qui accompagne le cours des fleuves et des rivières. Elle est aussi parfois appelée « nappe d'accompagnement de cours d'eau ».

Ces nappes sont principalement alimentées en eau par l'infiltration de la rivière. Dans une moindre part, elles sont également alimentées par les précipitations qui tombent directement au droit des dépôts d'alluvions et par la vidange des nappes contenues dans les formations géologiques encaissantes (dans le cas de la nappe du Bevinco, il s'agit des formations des Schistes Lustrés).

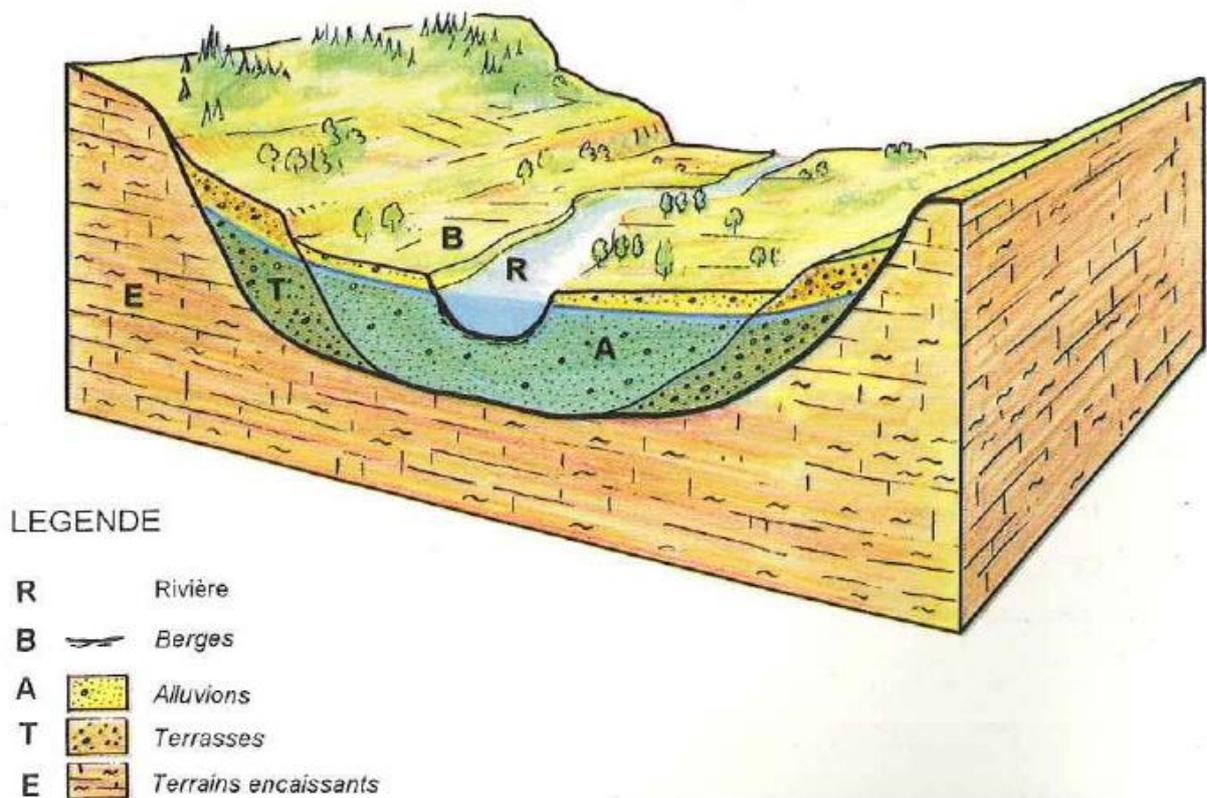


Illustration 2 : Représentation simplifiée d'une nappe alluviale  
(Daum et al., 1997 dans Vernoux et al., 2010).

Une nappe alluviale se caractérise par une interaction forte entre la rivière et la nappe. On considère trois cas de relation hydrodynamique entre la nappe et la rivière :

- la nappe est en relation avec la rivière et l'alimente (Illustration 3, A) ; le niveau piézométrique est supérieur à l'altitude du plan d'eau ; la rivière constitue pour la nappe une limite imposée à condition de potentiel ;

- la nappe est en relation avec la rivière qui l'alimente (Illustration 3, B) ; le niveau piézométrique est inférieur à l'altitude du plan d'eau ; la rivière constitue pour la nappe une limite à condition de flux ;
- pas d'échange entre la rivière et l'aquifère (domaine non aquifère, rivière avec des berges colmatées ou infiltration totale de la rivière vers la nappe et il n'y a plus d'écoulements de surface).

Ces trois types de relation peuvent se rencontrer le long d'un même cours d'eau. Et pour une même portion de rivière, ces relations peuvent changer dans le temps en fonction des conditions hydrologiques et hydrogéologiques.

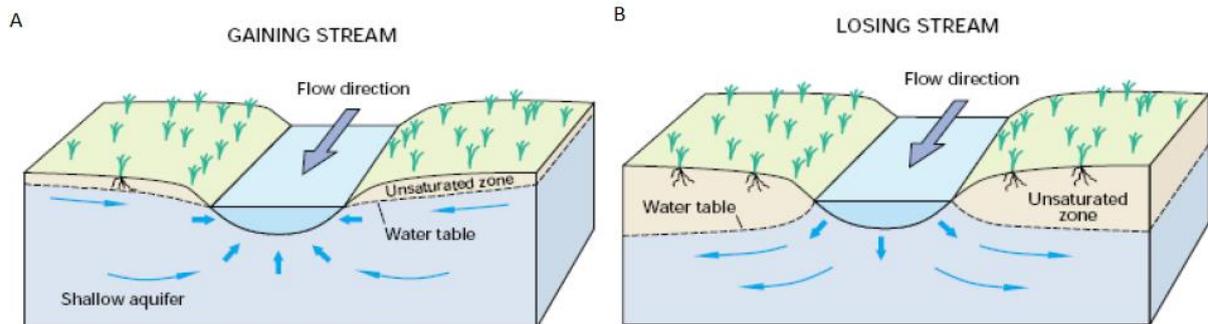


Illustration 3 : Échanges nappe-rivière. A : la nappe alimente la rivière – B : la rivière alimente la nappe (Winter et al., 1998).

Les flux d'eau entre la nappe et la rivière peuvent être influencés par des aménagements anthropiques, notamment par des pompages en nappe (Illustration 4) :

- dans le cas où la nappe est drainée par la rivière, le flux d'eau de la nappe à la rivière peut être réduit (a), voire supprimé (et conduire localement à un assèchement de la rivière) ou inversé et c'est alors la rivière qui alimente en partie le pompage (b) ce qui induit une diminution du débit de la rivière pouvant aller jusqu'à son assèchement ;
- dans le cas où la rivière alimente la nappe, le flux d'eau de la rivière à la nappe peut être augmenté alors que le débit qui alimentait la nappe avant le pompage est diminué (c).

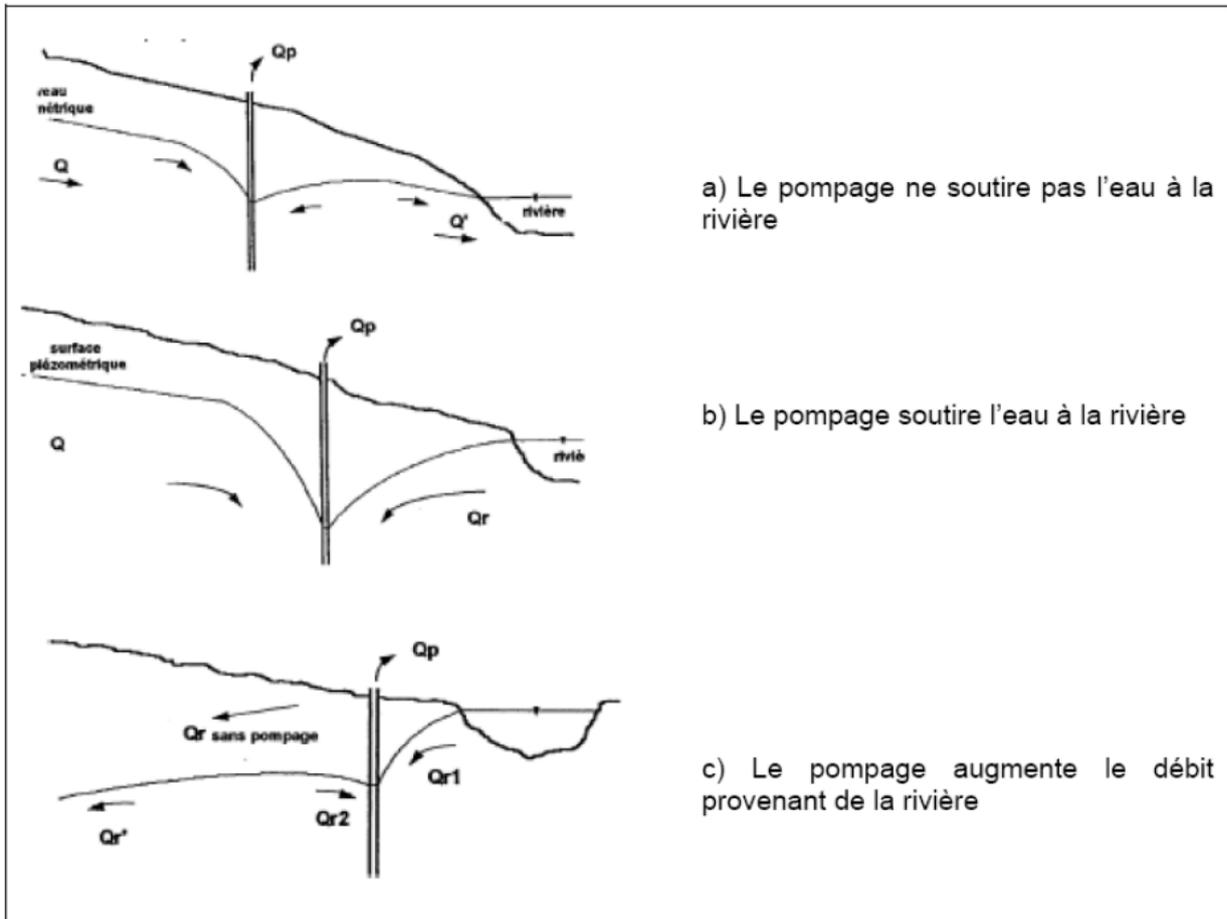


Illustration 4 : Influence d'un pompage sur le flux d'eau entre la nappe et la rivière (Daum et al., 1997 dans Vernoux et al., 2010).



## 3. Présentation générale de la zone d'étude

### 3.1. CONTEXTE GÉOGRAPHIQUE

La nappe alluviale du Bevinco se situe dans la partie nord de la plaine alluviale de la Marana-Casınca (Illustration 6). Cette plaine est située dans le département de la Haute-Corse, au sud de Bastia. Elle forme la façade littorale de la région bastiaise, s'allongeant suivant une bande d'une trentaine de kilomètres avec une largeur maximale de 7,5 km. De forme triangulaire, cette plaine présente un relief monotone et plat entaillé par plusieurs cours d'eau. Les principaux sont, du nord vers le sud : le Bevinco, le Mormorana, le Golo (le fleuve le plus long de l'île) et le Fium'Alto.

Le cours d'eau du Bevinco prend sa source sur les pentes orientales du Monte Reghia di Pozzo (1 469 m d'altitude), sur la commune de Lento. Son parcours se termine dans l'étang de Biguglia.

L'aquifère alluvial du Bevinco (Illustration 7), alimenté par le Bevinco et objet de la présente étude, se situe sur la commune de Biguglia dont les principaux lieux-dits sont Ceppes-Arbucceta au nord, Casatorra au centre et Chiosu novu au sud.

L'étang de Biguglia constitue la plus vaste zone humide de Corse (1 450 hectares sur 11 kilomètres de long). Séparé de la mer Tyrrhénienne par un étroit lido n'excédant pas un kilomètre de large, l'étang est relié à la mer par un grau de faible largeur au nord et le canal de Fossone à son extrémité sud. Cette réserve naturelle est notamment inscrite sur la liste des zones humides d'importance internationale au titre de la Convention de Ramsar, eu égard à son intérêt écologique reconnu. L'eau y est saumâtre. La salinité de l'étang dépend de la part d'eau douce apportée par les cours d'eau (principalement le Bevinco) : à l'étiage elle devient pratiquement nulle, l'étang est alors principalement constitué d'eau de mer.

L'étude des interactions de l'Étang de Biguglia avec les eaux de surface et les eaux souterraines menée en 2010 par le BRGM (Orofino *et al.*, 2010) présente le fonctionnement de l'étang et de ses canaux.

Un réseau de canaux a été creusé en bordure de l'étang afin de drainer les terrains adjacents (Illustration 7). Ce système est constitué de cinq réseaux de drainage indépendants les uns des autres. Chaque réseau comporte une station de pompage de laquelle partent généralement deux canaux principaux de drainage longeant l'étang, l'un vers le nord et l'autre vers le sud.

Ces canaux principaux peuvent présenter des ramifications constituées d'autres canaux de drainage. Ce système de drainage a été mis en place pour répondre à la double nécessité d'assécher des terrains humides afin d'étendre les terres agricoles et de contribuer à la démoustication. En pratique, de nos jours, les stations de pompage permettent de maintenir un niveau d'eau dans les canaux environ 90 cm plus bas que le niveau de l'étang. En période de hautes eaux, alors que la plaine est inondée, les pompages permettent d'évacuer l'eau vers l'étang et d'assécher les terres. À l'étiage, ces mêmes pompages permettent principalement d'assécher la bordure ouest de l'étang, et en particulier les casiers situés entre les canaux principaux de drainage et l'étang.

Le lancement des pompes de chaque station s'effectue automatiquement à l'aide de poires de niveaux. Les niveaux d'eau dans les canaux ne sont pas suivis mais les heures de fonctionnement de chaque pompe sont comptabilisées mensuellement par la Réserve de l'Étang. Les volumes pompés peuvent ainsi être déduits en utilisant le débit de chaque pompe, présenté dans le tableau ci-dessous (Orofino *et al.*, 2010). Chaque station est équipée de deux pompes.

Station	Le Fort	Petriccia	Quercile	Fornali	Giunchetta
Pompe 1 (m <sup>3</sup> /h)	1100	1100	1050	720	720
Pompe 2 (m <sup>3</sup> /h)	1100	2000	720	720	2520

L'aquifère du Bevinco est concerné par le réseau de canaux relié à la station de Petriccia (Illustration 7).

Le tableau ci-après présente les volumes moyens d'eau souterraine drainés entre 2006 et 2009 et pompés vers l'étang par chaque station. Ces volumes varient d'une année à l'autre mais représentent globalement quelques dizaines de millions de mètres cubes chaque année. Ils varient également entre la période d'étiage et la période de hautes eaux, les volumes d'eau pompés étant environ quatre fois supérieurs en hiver sur la station de Petriccia.

Ces valeurs ne doivent pas seulement être considérées en l'état. En effet, afin de pouvoir comparer les réseaux de drainage entre eux, les longueurs de canaux n'étant pas les mêmes, il convient de raisonner sur des volumes « spécifiques », c'est-à-dire liés au linéaire de drains (canal principal et canaux) de chaque réseau. Ainsi, le réseau de Petriccia contribue de façon moyenne au volume total d'eau drainée.

	Le Fort	Petriccia	Quercile	Fornali	Giunchetta	Volume Total par année (m <sup>3</sup> )
2006	9079400	3943200	2610450	3682080	3528360	22843490
2007	7449200	3656500	2592720	3775680	4394880	21868980
2008	9688800	7903200	6931170	6254640	7513560	38291370
2009	10928500	4346300	6106620	8257680	6018480	35657580
Volume pompé moyen interannuel par station (m <sup>3</sup> )	9286475	4962300	4560240	5492520	5363820	
Longueur de canaux de drainage par station (m)	7514	4169	1645	2534	7013	
Volume spécifique moyen (m <sup>3</sup> /m de canaux)	1236	1190	2772	2168	765	8131
Pourcentage de contribution de chaque station au volume total (%)	15	15	34	27	9	100

Illustration 5 : Volumes d'eau souterraine drainés de 2006 à 2009 par les canaux (Orofino et al., 2010).

### **Fonctionnement du grau de l'étang :**

Une étude complète sur le fonctionnement du grau a été réalisée par le BCEOM en 2006. Cette étude décrit le grau comme le principal vecteur des échanges avec la mer. Le renouvellement des eaux de l'étang par la mer y est estimé à 5 % par jour, mais ces apports resteraient principalement dans la partie nord de l'étang du fait des faibles courants. Le mélange avec le reste de l'étang se ferait essentiellement par diffusion.

Le grau a une tendance naturelle à se reboucher régulièrement du fait, principalement, des apports sédimentaires marins. Seules de fortes crues (au moins annuelles) ou une houle de plusieurs mètres peuvent l'ouvrir naturellement. Il nécessite donc d'être ouvert mécaniquement de manière régulière. Cette ouverture est souhaitable et/ou nécessaire pour le maintien de l'équilibre de la lagune, et notamment dans les cas suivants :

- pour permettre l'alevinage ;
- pour éviter l'eutrophisation en période estivale ;
- pour éviter une submersion en cas de crue concomitante avec une houle empêchant l'ouverture naturelle du grau.

Dans la pratique, les techniciens de la réserve naturelle de l'étang essaient de maintenir le grau ouvert tout au long de l'année afin de favoriser les échanges d'eau et ainsi préserver la biodiversité de ce milieu. L'état du grau est ainsi observé et consigné lors du suivi du niveau de l'étang. Une intervention mécanique sur le grau est alors commandée dès que celui-ci est fermé. Selon les années, ce sont entre 25 et 75 jours d'intervention d'engins qui sont nécessaires au maintien de l'ouverture du grau.

Ainsi, en période d'étiage sévère (par exemple en 2016 et 2017), lorsque les apports d'eau par le Bevinco deviennent nuls, la salinité de l'étang (au moins dans sa partie nord), est équivalente à celle de la mer.

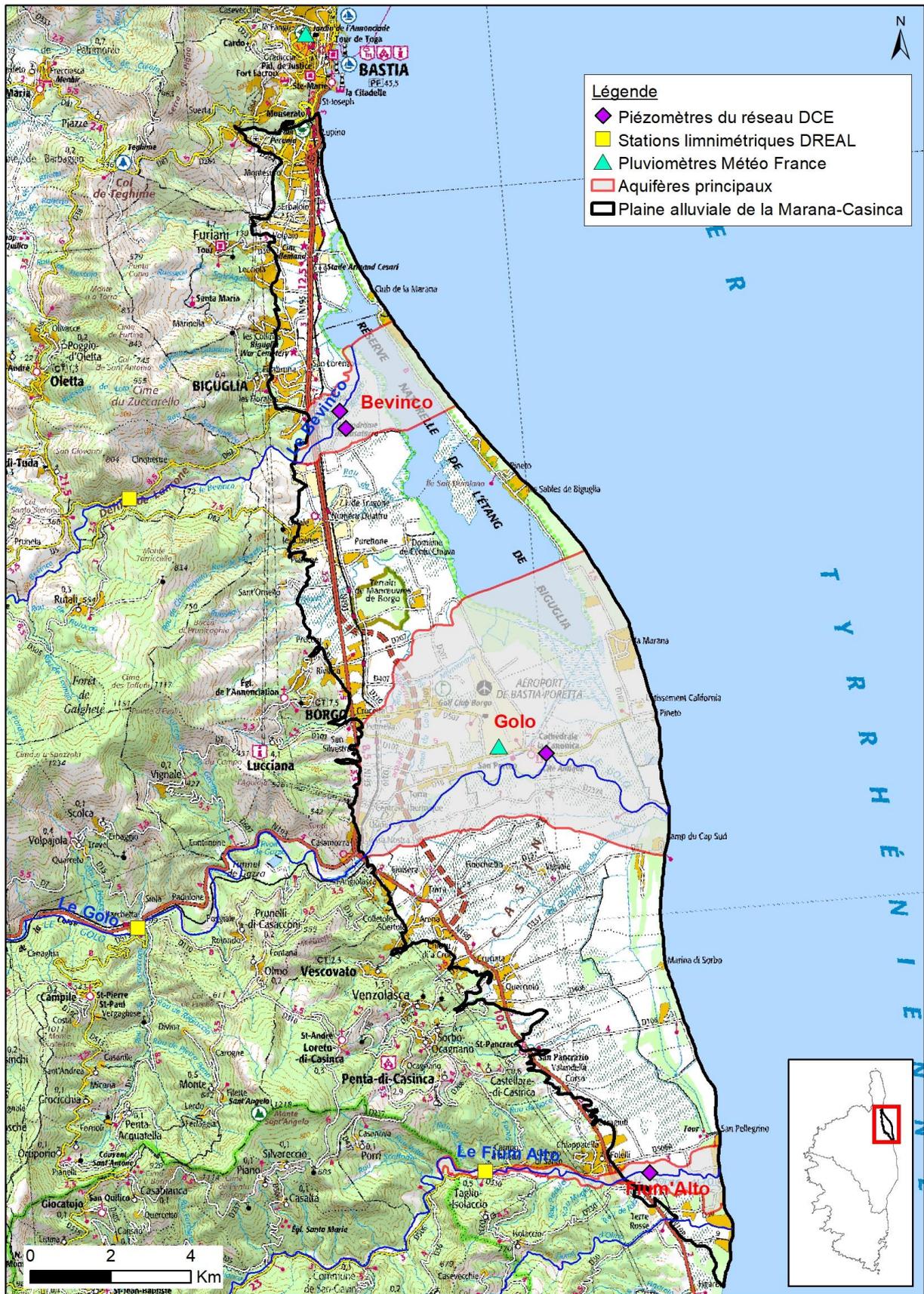


Illustration 6 : Localisation de l'aquifère alluvial du Bevinco dans la plaine de la Marana-Casinca.

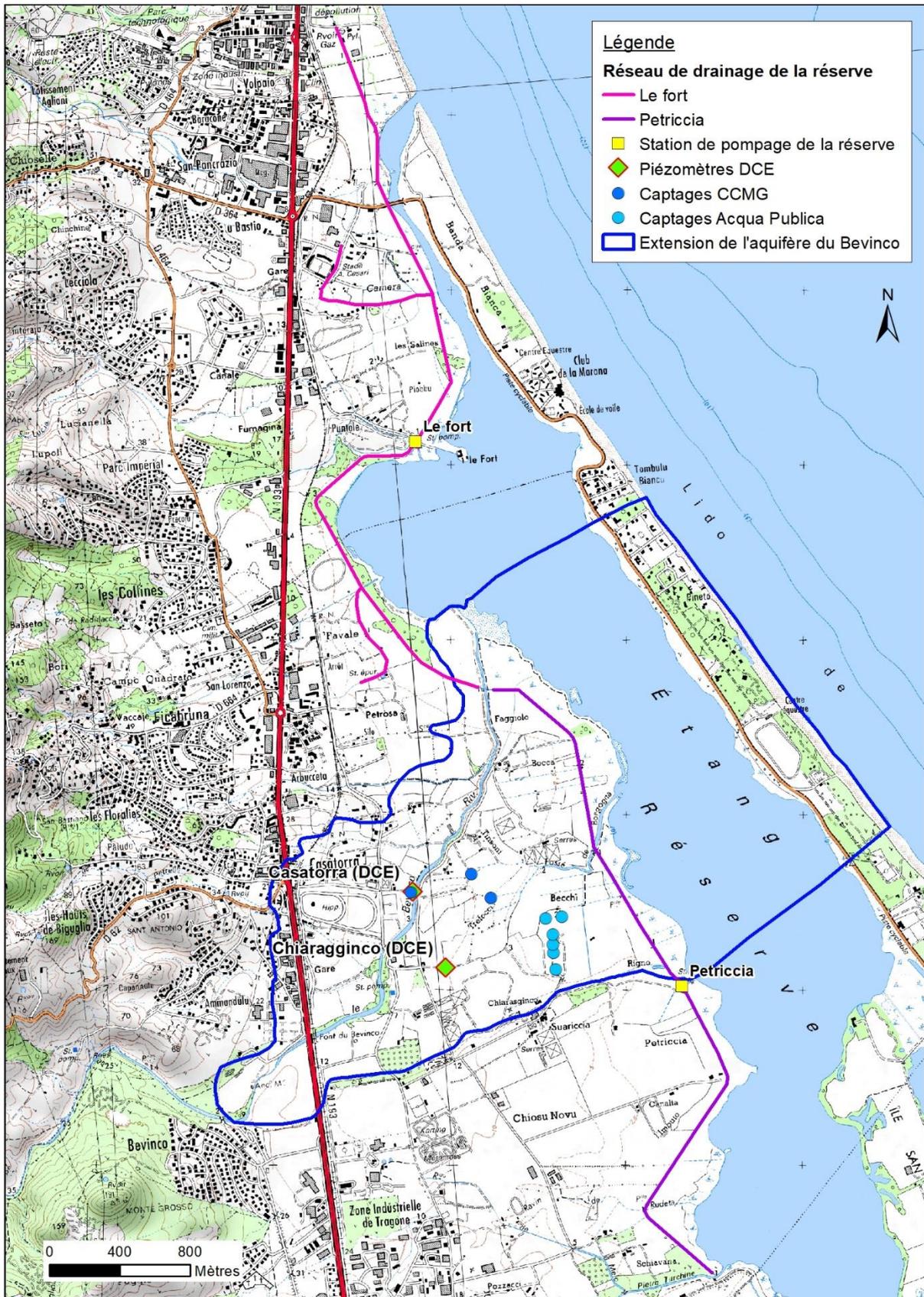


Illustration 7 : Délimitation de l'aquifère alluvial du Bevinco et localisation du système de drainage de l'Étang de Biguglia.

### 3.2. OCCUPATION DES SOLS

La majeure partie de la zone d'étude, c'est-à-dire au droit de l'aquifère (délimité sur l'illustration 7) et excluant l'étang, correspond à des surfaces agricoles principalement exploitées pour du maraichage (Illustration 8). L'urbanisation est très limitée et se concentre aux abords immédiats de la route territoriale.



Illustration 8 : Vue sur la plaine du Bevinco depuis les hauteurs du secteur Capannule / Ammandulu.

### 3.3. CONTEXTE CLIMATIQUE

La région de Bastia est soumise à un climat de type méditerranéen. La partie haute du bassin versant du Bevinco (au-delà de 800 m d'altitude) est également soumise à une composante alpine.

Le climat méditerranéen qui s'exerce sur la région présente les principales caractéristiques suivantes :

- une période de sécheresse de deux à trois mois en moyenne en été, accompagnée de fortes chaleurs. Cette période de sécheresse peut s'étendre jusqu'à cinq mois, de juin à octobre, et correspond ainsi à la période de basses eaux dans l'hydrosystème ;
- une période de pluie principale en automne, marquée par des épisodes orageux intenses. Les premiers épisodes de pluies intenses interviennent en septembre-octobre et s'étendent jusque novembre-décembre. Ils se forment dans le même contexte que les épisodes dit « cévenols » lorsque les masses d'air en altitude se refroidissent alors que la mer Méditerranée a une température encore élevée. Généralement, des dépressions centrées vers l'Espagne engendrent des vents de secteur sud-ouest à sud-est, vents

chauds et humides qui s’élèvent au contact du relief vers les masses d’air froid en développant des cellules orageuses ;

- une période de pluies plus faibles en hiver, plus ou moins marquée selon les années ;
- une deuxième période de pluies au printemps peu marquée par des épisodes de pluies intenses ;
- un ensoleillement et des températures généreuses, par rapport au reste de la France, ainsi qu’un nombre de jours de pluie plus restreint.

Le cumul annuel moyen de précipitations enregistré à la station de Bastia-Poretta (10 km au sud de Biguglia) est d’environ 800 mm sur la période 1981-2010 (Illustration 9 et Illustration 10).

En hiver la composante alpine domine sur la partie haute du bassin versant du Bevinco avec un nombre de jours de gel significatif, de fortes amplitudes thermiques, des inversions thermiques en fond de vallée, des effets de foehn, des brises de pente et des chutes de neige conséquentes. En été, les fortes températures, la sécheresse, les précipitations irrégulières à fort caractère orageux démontrent une composante méditerranéenne dominante.

Température minimale moyenne (1981-2010)	Température maximale moyenne (1981-2010)	Température moyenne (1981-2010)	Précipitations annuelles moyennes (1981-2010)	Nombres de jours avec précipitations (1981-2010)	Durée d'ensoleillement sur 1 an (1991-2010)
11,5 °C	20.6 °C	16.0 °C	799.3 mm	67 j	2 579.3 h

Illustration 9 : Normales de la station météo de Bastia-Poretta (n°20148001) (source : Météo France).

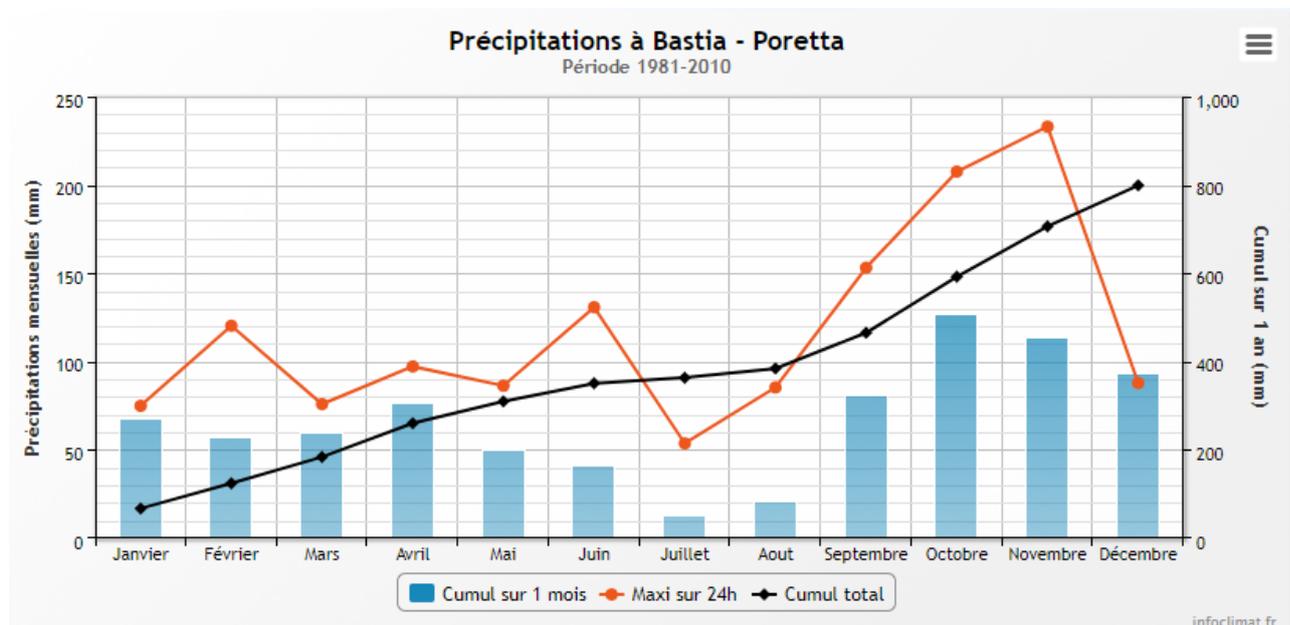


Illustration 10 : Précipitations enregistrées à la station de Bastia-Poretta sur la période de 1981 à 2010 (Météo France).

### **3.4. CADRE GÉOLOGIQUE ET GÉOMORPHOLOGIQUE**

#### **3.4.1. La Plaine de la Marana-Casinca**

La plaine de la Marana-Casinca est bordée à l'ouest par la série des schistes lustrés de la Corse alpine qui forme un massif montagneux. La plaine est constituée de dépôts du Quaternaire (100 à 150 m d'épaisseur) correspondants essentiellement aux alluvions du Golo et du Bevinco, mais aussi de torrents secondaires. La plupart de ces cours d'eau sont issus de la zone des schistes lustrés, excepté le Golo qui prend sa source dans les formations rhyolitiques du complexe du Monte Cinto dans le Niolu pour ensuite s'écouler sur les granodiorites et les monzogranites du massif cristallin corse. La plaine est marquée par une série de vallonnements constitués par ces dépôts alluvionnaires.

#### **3.4.2. Le Bevinco**

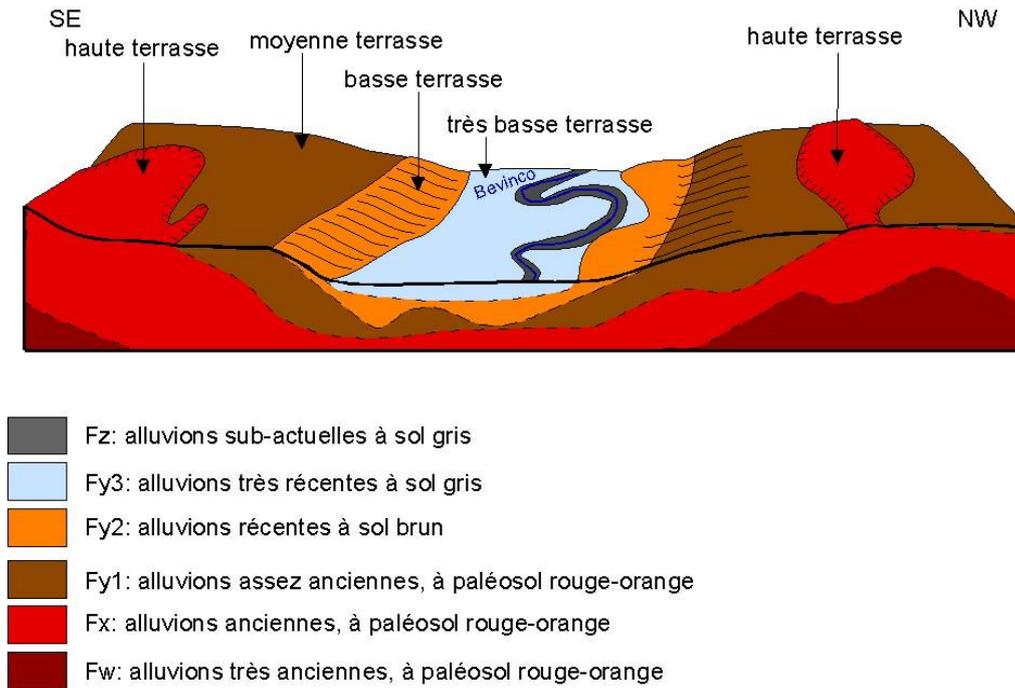
Le système étudié ici concerne le Bevinco, petit fleuve de 28 km de long avec un bassin versant de 53 km<sup>2</sup>. Le fleuve possède un régime torrentiel, sa charge sédimentaire observée actuellement est très importante, principalement des sables et galets de 20 à 30 cm environ. À titre d'illustration, lors de la crue de novembre 2016, un dépôt de plusieurs décimètres a été observé dans ses affluents (20 à 50 cm déposés en un seul épisode).

Le cours d'eau présente un bassin versant amont très encaissé dans le massif des Schistes Lustrés, composé principalement de schistes, calcschistes, cipolins, prasinites (métabasaltes et métagabbros) et serpentinites. Il traverse la chaîne côtière au travers d'un canyon : le Lancone pour déboucher dans une plaine plate très étroite (entre 2 et 7 km). Cette plaine est composée de dépôts alluviaux formant une rupture morphologique brutale entre les parties amont et aval du fleuve.

#### **3.4.3. Les alluvions du Bevinco**

Les dépôts alluviaux du Quaternaire se font sous formes de « terrasses » sous contraintes climatiques (cycles glaciaires / interglaciaires) et tectoniques. En contexte de surrection, les terrasses seront « étagées », les plus anciennes étant localisées aujourd'hui à une altitude relative plus élevée que les plus récentes, avec un talus marqué entre deux niveaux successifs. Lorsque ce déboisement n'est pas complet, on parle alors de terrasses « emboîtées ». Enfin, en contexte de subsidence, les terrasses sont alors empilées, les plus récentes se déposant sur les précédentes. C'est également le cas des alluvions actuelles à faible compétence érosive.

Au niveau de la plaine de la Marana, les alluvions du Bevinco forment un système de terrasses dit « emboîtées », les alluvions les plus récentes s'incisant dans les alluvions déposées aux cycles précédents (Illustration 11).



*Illustration 11 : Modèle d'emboîtement des terrasses alluviales de la plaine de la Marana-Casinca au niveau du Bevinco (coupe schématique SE- NW au centre de la plaine du Bevinco ) (Extrait du rapport BRGM d'Orofino S. et al. (2010)).*

Sept niveaux d'alluvions du Quaternaire ont été décrits et notés Fv à Fz du plus ancien au plus récent (Lahondère *et al.*, carte géologique 1107 de Vescovato). Cette notation sera conservée pour la suite des travaux pour garantir la continuité avec les travaux antérieurs.

Sur la zone d'étude, seuls les trois niveaux d'alluvions les plus récentes (Fy2, Fy3 et Fz) sont présents à l'affleurement (Illustration 12). Les alluvions plus anciennes (Fy1 et Fx) sont présentes uniquement en sondage. Néanmoins, afin de pouvoir les reconnaître dans le cadre de la réinterprétation des sondages, ces niveaux Fx et Fy1 ont été observés sur le terrain, à proximité immédiate de la zone d'étude (voir partie 4.1).

L'incision des dépôts post-Fy1 dans les dépôts de Fy1 et antérieurs est particulièrement marquée sur la bordure sud de la zone d'étude avec un décalage en altitude d'environ 5 m (cf. modèle numérique de terrain sur l'illustration 13).

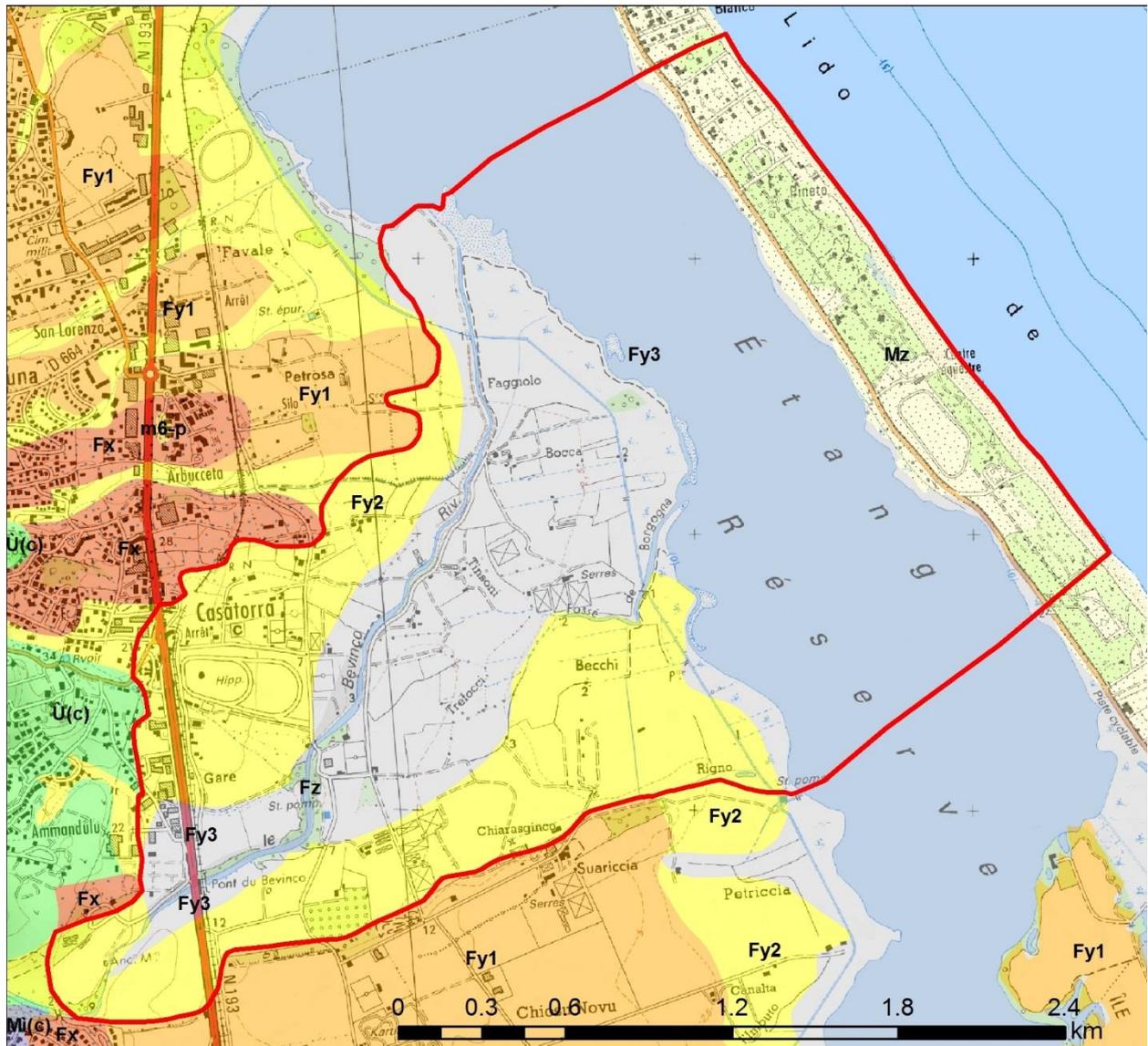


Illustration 12 : Carte géologique harmonisée au 1/50 000 de la zone d'étude présentant les différentes terrasses alluviales visibles à l'affleurement.

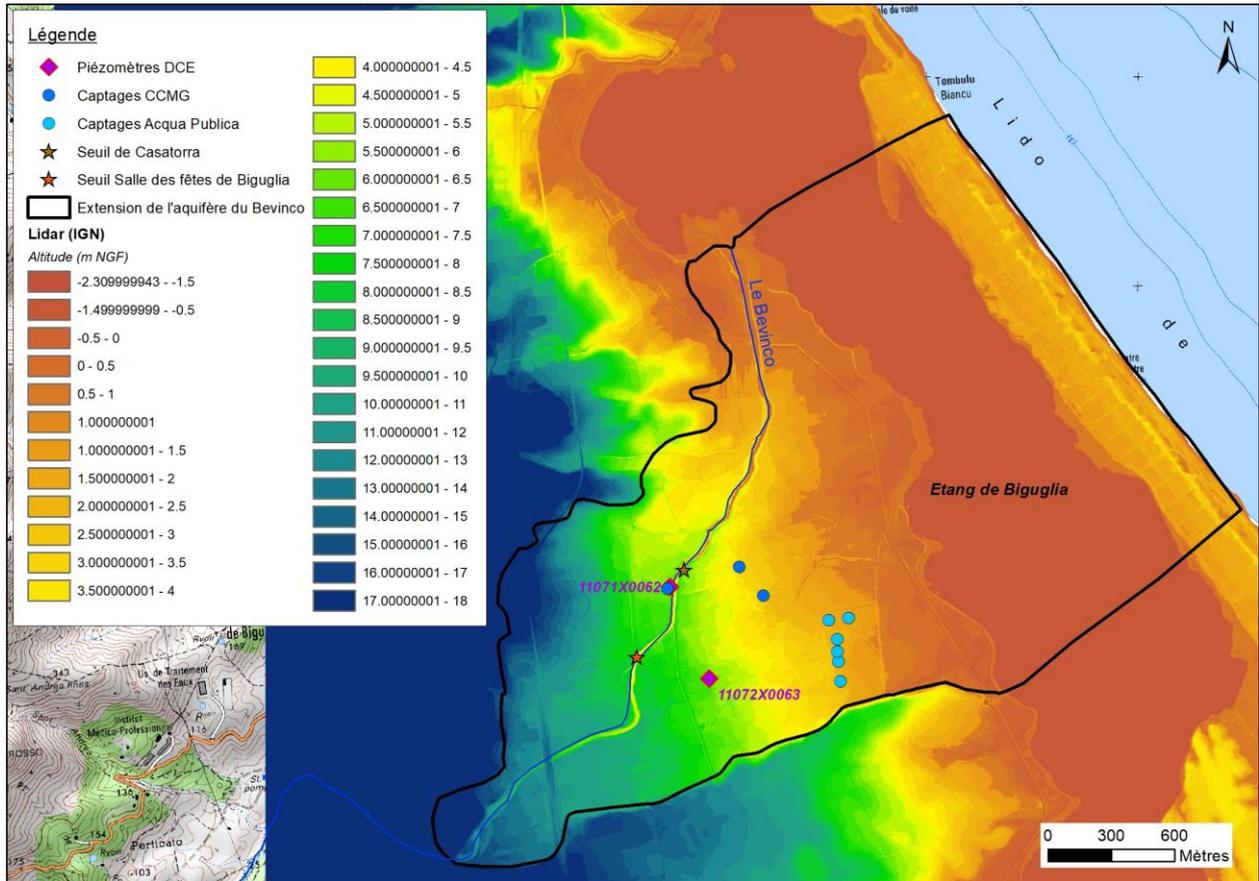


Illustration 13 : Relief de la zone d'étude à partir des relevés LiDAR de l'IGN (maille 1 m) de 2013.

### 3.5. CONTEXTE HYDROGÉOLOGIQUE GÉNÉRAL

#### 3.5.1. Fonctionnement hydrogéologique général

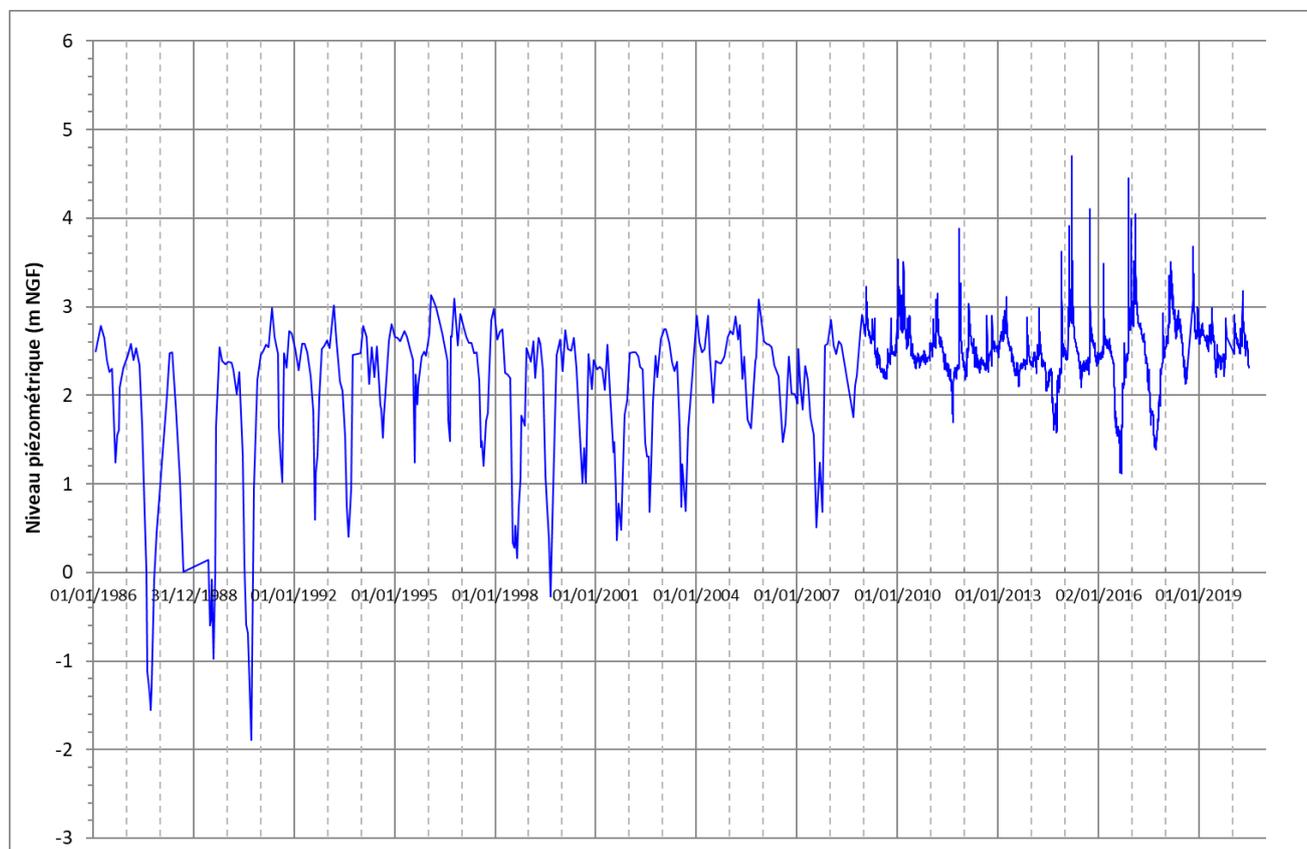
L'aquifère alluvial du Bevinco est constitué des dépôts alluvionnaires les plus récents : Fz, Fy3 et Fy2.

L'aquifère alluvial du Bevinco est principalement alimenté par l'infiltration partielle, voire totale à l'étiage, du Bevinco à son débouché dans la plaine (en amont de la route territoriale, au pied du lotissement « Bevinco »), au contact des alluvions perméables.

Les sédiments des alluvions Fy3, dont l'extension en surface est plus importante que ce qu'indique la carte géologique (Illustration 12) et couvre une partie importante de la rive droite du Bevinco, ont la particularité d'être limoneux et donc peu perméables. Leur épaisseur tend à augmenter vers l'aval (5 m en amont du Bevinco) et ce plus particulièrement dans le secteur des « Bollari », aux lieux-dit Becchi et Bocca avec plus de 15 m de limons argileux gris (forage 11072X0004/RIGNO). Ces limons provoquent la mise en charge de la nappe induisant, durant une grande partie de l'année, un artésianisme important au niveau du champ captant d'Acqua Publica (Illustration 13). C'est donc la terrasse Fy2 qui constitue l'aquifère principal exploité. Dans ce secteur, sous les alluvions récentes (Fy2 et Fy3), se situent des alluvions anciennes (Fy1) entre 33 et 49 m de profondeur environ, constituées d'une alternance rapide de niveaux à graviers avec des niveaux d'argiles, puis d'une série uniformément argileuse jusqu'à 60 m de profondeur. Les faibles charges hydrauliques mesurées dans les niveaux Fy1 et les essais peu concluants menés au début des années 70, ont démontré la faible alimentation de ces niveaux et le peu d'intérêt qu'ils représentent pour l'exploitation.

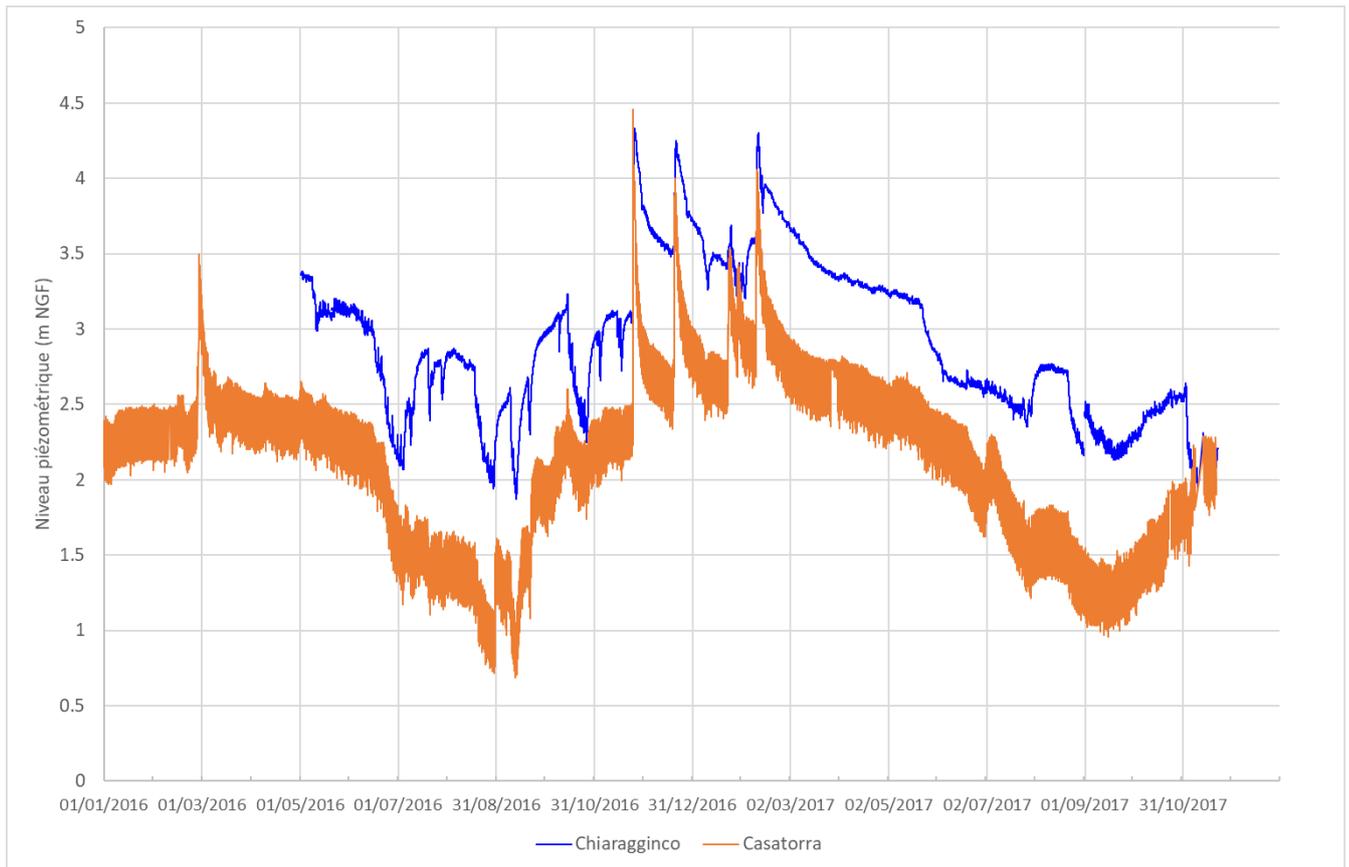
Il est supposé que l'horizon limoneux Fy3 se prolonge sous l'étang de Biguglia ainsi que les Fy2. La présence de Fy3 sous l'étang expliquerait ainsi son existence en constituant un substratum peu perméable. L'exutoire de l'aquifère Fy2 serait alors situé en mer, au-delà du lido.

Les fluctuations piézométriques de la nappe sont suivies par un piézomètre faisant partie du réseau DCE (1071X0062/CASATO) qui est implanté au lieu-dit Casatorra à proximité immédiate du Bevinco, en rive gauche (Illustration 13). Il est également situé à proximité immédiate d'un forage exploité pour l'AEP par la Communauté de communes de la Marana-Golo (ex-SIVOM). Cette exploitation engendre la formation d'un cône de rabattement lors de la mise en marche de la pompe, que le piézomètre de Casatorra enregistre. La chronique de cet ouvrage s'étend de 1986 à aujourd'hui (Illustration 14). Les mesures étaient mensuelles de 1986 à 2009 et sont horaires depuis 2009. Malgré l'influence du forage AEP sur le piézomètre, la chronique enregistrée permet de voir que la nappe se caractérise par une cyclicité annuelle avec des fluctuations annuelles qui varient de 1 m à 2,50 m. La nappe présente une faible inertie et une dynamique rapide, caractéristiques des aquifères alluviaux de Corse.



*Illustration 14 : Fluctuations piézométriques de la nappe du Bevinco au droit du piézomètre de Casatorra (11071X0062/CASATO) entre 1986 et 2020 (source : ADES, <https://ades.eaufrance.fr>).*

Dans le cadre du réseau piézométrique DCE, un nouveau piézomètre (11072X0063/PZ) a été implanté sur la nappe dans un secteur dépourvu de forages exploités et suffisamment éloigné de la rivière. Ce piézomètre, nommé Chiaragginco (Illustration 13), a été implanté en novembre 2015 et enregistre les fluctuations piézométriques de la nappe depuis mai 2016 (Illustration 15).



*Illustration 15 : Fluctuations piézométriques au piézomètre DCE Chiaragginco (11072X0063/PZ) ainsi qu'au piézomètre de Casatorra, entre 2016 et 2017 (pas de temps horaire).*

Il existe deux seuils sur le cours du Bevinco dans la plaine (localisation sur l'illustration 13) :

- le seuil dit de la salle des fêtes de Biguglia (Illustration 16) (référéncé ROE51047), c'est celui qui constitue le passage à gué. L'eau transite par des buses. Ce seuil induit une petite chute d'eau d'environ 0.50 m de dénivelé. Le lit de la rivière en amont immédiat du passage à gué est régulièrement desengravé par les services municipaux. Le programme de mesures du schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE) du Bassin Corse (2016-2021) prévoit l'aménagement d'un ouvrage qui contraint la continuité écologique (espèces ou sédiments) ;
- le seuil de Casatorra (Illustration 17) (référéncé ROE52719), est situé en aval du piézomètre éponyme. Il a été implanté à l'origine pour les besoins d'irrigation et d'abreuvement. Il induit une chute d'eau d'environ 1 m de dénivelé. Le programme de mesure du SDAGE prévoit l'aménagement ou la suppression de cet ouvrage pour rétablir la continuité écologique sur la rivière.

Le rôle de ces seuils sur la nappe, et en particulier celui de Casatorra à l'aval, sera analysé dans le cadre de cette étude.



*Illustration 16 : Seuil de la salle des fêtes de Biguglia (passage à gué) (le 28/02/2017).*



*Illustration 17 : Seuil de Casatorra (le 28/02/2017).*

### 3.5.2. Prélèvements sur l'hydrosystème du Bevinco

Le Bevinco et sa nappe d'accompagnement sont sollicités par les prélèvements suivants (localisation sur l'illustration 1 et l'illustration 7) :

- la prise d'eau de surface du Lancone, gérée par Acqua Publica (Illustration 19). L'arrêté de Déclaration d'Utilité Publique (DUP) du 27 janvier 2010 stipule que tout prélèvement au niveau de la prise est interdit de la deuxième semaine de juillet à la deuxième semaine d'octobre incluse et qu'en dehors de cette période les prélèvements effectués devront garantir le respect du débit réservé du Bevinco, soit un débit instantané de 63 l/s ;
- en amont de la prise gérée par Acqua Publica, implantés dans le lit mineur du Bevinco, la commune d'Olmata di Tuda exploite trois forages. L'arrêté de DUP du 6 novembre 2003 stipule que le pompage autorisé est de 9 m<sup>3</sup>/h sur une période maximum de 12 heures sur 24 sur chacun des deux ouvrages qui datent de 1989 (11071X0070/CHIARA et 11071X0071/CHIARA). D'après l'arrêté, les pompes ne fonctionnant pas en même temps, le volume cumulé autorisé pour les deux forages est de 108 m<sup>3</sup>/j avec un débit instantané de 2.5 l/s. Afin de respecter le débit réservé du Bevinco qui localement atteint 53.5 l/s, tout prélèvement est interdit dès que le débit instantané du cours d'eau est inférieur à 56 l/s. Un ouvrage supplémentaire a été réalisé en 2007 (11071X0124/CHIARA) ; l'arrêté de DUP n'a pas été mis à jour. Ainsi, actuellement, les pompes en place sont respectivement de 15, 20 et 10 m<sup>3</sup>/h. Il est à noter que la commune rencontre régulièrement des difficultés d'approvisionnement en eau potable en période d'étiage et que les débits autorisés sont régulièrement dépassés. Le prélèvement peut ainsi parfois atteindre jusqu'à 10 l/s à l'étiage ;
- le champ captant d'Acqua Publica situé au lieu-dit Suariccia, implanté dans la partie captive de la nappe et constitué de 6 puits répartis en deux unités : Suariccia I (4 puits) et Suariccia III (2 puits). L'arrêté du 27 janvier 2010 stipule que le débit maximal autorisé est de 100 m<sup>3</sup>/h pour chacun des six puits et que le pétitionnaire doit prendre soin d'ajuster la durée de prélèvement afin d'éviter toute remontée du biseau salé ;
- les trois forages exploités par la CCMG (Suariccia 1, Suariccia 2 et Suariccia 3), répartis dans la plaine, pour lesquels le volume autorisé sur chacun dans l'arrêté du 13 juillet 2010 est de 900 m<sup>3</sup>/j en débit de pointe et 100 000 m<sup>3</sup> en moyenne annuelle avec un prélèvement total ne dépassant pas 50 m<sup>3</sup>/h (1 200 m<sup>3</sup>/j).

Exceptés les prélèvements réalisés sur les deux forages d'Olmata di Tuda dont les volumes ne sont pas comptabilisés, les volumes des autres prélèvements sont recensés par l'AE RMC pour la redevance et sont disponibles sur le site du SIE Corse. Les données de volumes de 1997 à 2017 sont présentées dans l'illustration 18 et montrent que :

- les prélèvements sur les trois forages de la CCMG varient peu d'une année à l'autre et sont en moyenne de 251 milliers de m<sup>3</sup> par an avec un minimum atteint de 173 (en 2000) et un maximum atteint de 344 milliers de m<sup>3</sup> (en 2007). Le volume de 1997 n'a pu être précisé car cette année-là, le fichier regroupait l'ensemble des prélèvements de la CCMG sur une même ligne (cela intégrait notamment les volumes prélevés sur le champ captant du Golo) ;
- les prélèvements par Acqua Publica (CAB) sur la prise et le champ captant sont variables d'une année à l'autre et ont atteint un maximum de 3 032 milliers de m<sup>3</sup> sur la prise (en 2009) et 1 664 sur le champ captant (en 2007). Les volumes prélevés sur la prise du Lancone sont tributaires de l'hydraulicité du Bevinco. En outre, la CAB complète les prélèvements faits sur le Bevinco et sa nappe par des achats d'eau en provenance du Golo auprès de l'OEHC.

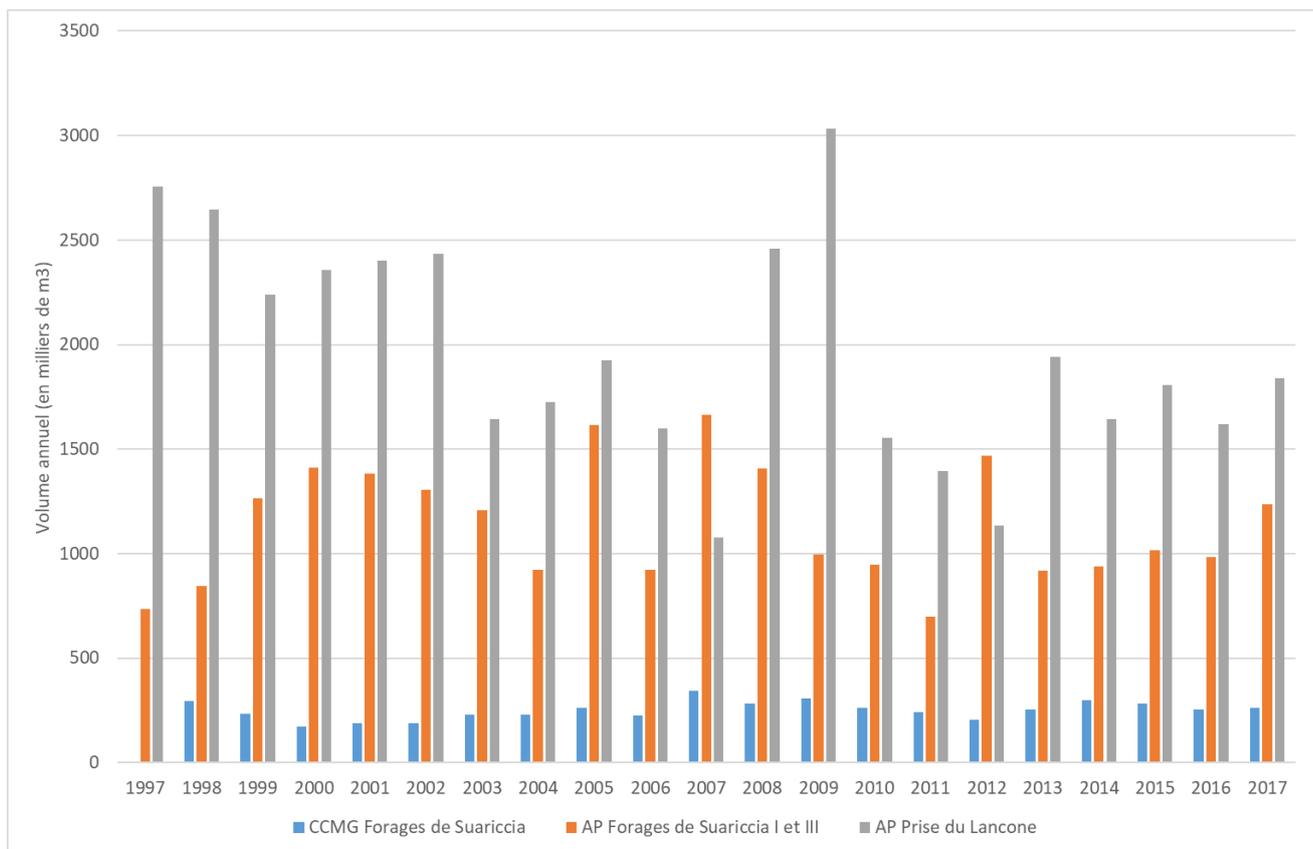


Illustration 18 : Volumes annuels prélevés de 1997 à 2017 sur la prise du Lancone, les forages d'Acqua Publica et ceux de la CCMG (données AE RMC).



Illustration 19 : Prise d'eau du Lancone vue du dessus.

### 3.5.3. Intrusions salines

Comme évoqué dans l'étude des interactions entre l'étang de Biguglia, les eaux souterraines et les eaux de surface (Orofino *et al.*, 2010), il existe différents types d'intrusions salines sur l'hydrosystème du Bevinco :

- les intrusions salines du niveau supérieur Fy3 limoneux par le débordement de l'étang en période de crue. Lors de ces épisodes les eaux saumâtres de l'étang débordent vers les canaux et au-delà vers l'ouest et salinisent les terrains de surface ;
- les intrusions salines par le rentrant salé dans le lit du Bevinco. Les eaux saumâtres, voire salées à la fin de la période d'étiage, de l'étang remontent en effet dans la rivière à la faveur de la diminution de son débit ;
- les intrusions salines impactant directement la nappe exploitée. Ce phénomène a été observé par le passé sur le champ captant d'Acqua Publica mais l'origine du phénomène par le biseau salé reste hypothétique.



## 4. Géométrie et lithologie des alluvions du Bevinco

Cette synthèse rend compte de la connaissance mise à jour sur les dépôts du Quaternaire du Bevinco (alluvions et terrasses) et plus largement des dépôts du Quaternaire de l'est de la Corse. Elle a été réalisée à partir des éléments suivants :

- **bibliographie** : principalement la notice de la carte géologique à 1/50 000 (carte 1107), les travaux d'Odette Conchon (thèse de 1975 et série de publications de cette auteure), complété par la publication de Forzoni *et al.* (2015) et du rapport BRGM RP-59068-FR (Orofino *et al.*, 2010) ;
- **sondages de la BSS** existants et celui suivi par le BRGM en 2015 (dénommé Chiaragginco, 11072X0063/PZ) ;
- **cartes géologiques à 1/50 000** : Bastia, Vescovato, Cervione, Pietra di Verde et Ghisonaccia et la carte harmonisée de la Corse. Sur la bordure est de la Corse, les terrasses du Quaternaire ont été étudiées par Odette Conchon (cartes géologiques 1107 et 1115) et Marie Dominique Loye Pilot (cartes géologiques 1111, 1115 et 1119) ;
- **profils géophysiques** : 1970, 2009 et 2016 (réalisés pour cette étude) ;
- **cartographies et observations de terrain** réalisées par le BRGM dans le cadre de cette étude et en 2009 (Orofino *et al.*, 2010) (Illustration 20).

## Légende

- Emplacement des forages (BSS)
- Observation de terrain 2017
- Panneau électriques 2009
- Panneaux électriques 2016

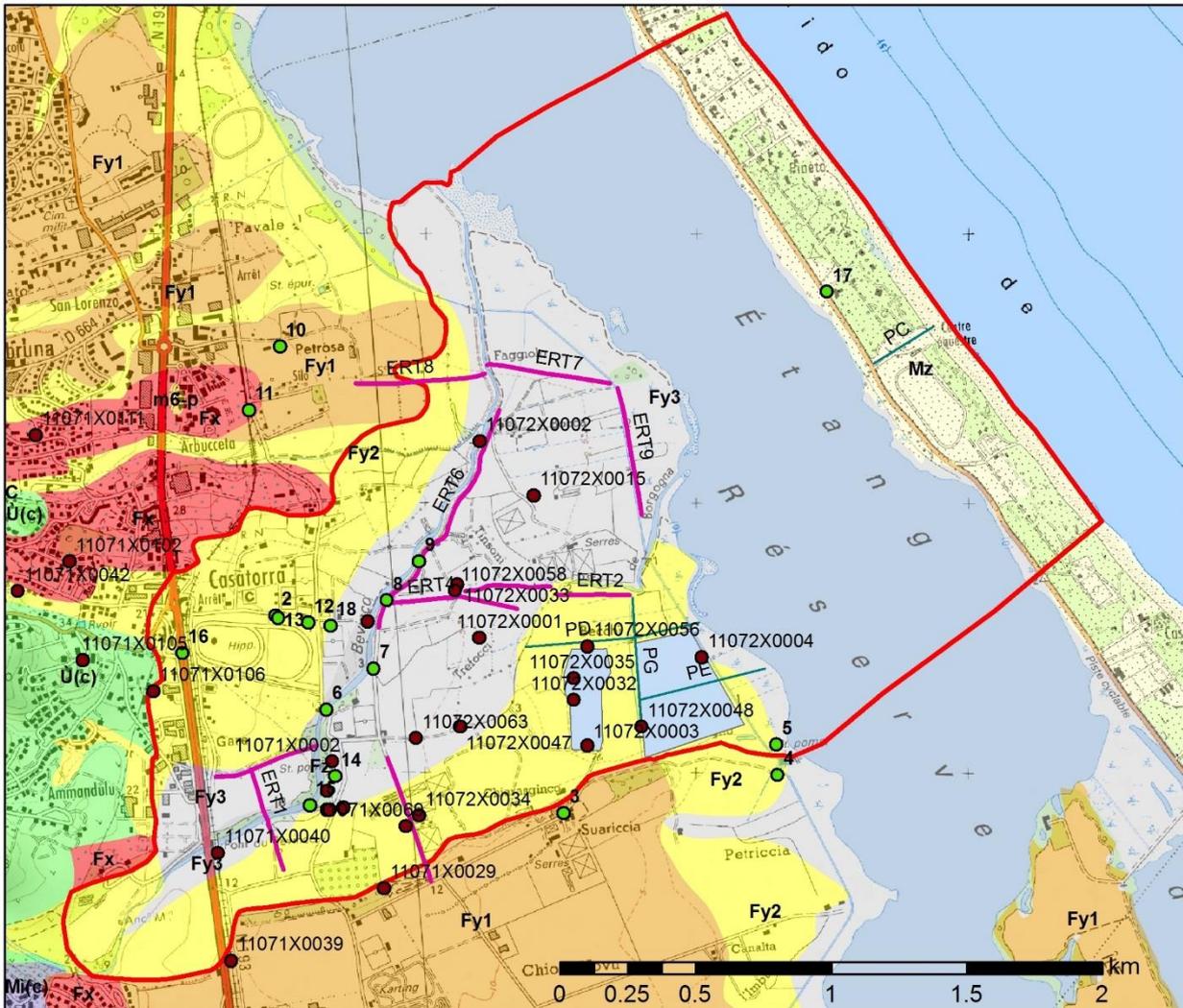


Illustration 20 : Localisation des points d'observation sur le terrain de 2017, des profils de tomographie de résistivité électrique et des sondages BSS.

### 4.1. RECONNAISSANCE DES FACIÈS

Toutes les alluvions fluviales observées, quel que soit leur âge, sont constituées de graviers, galets ou blocs sans stratification, emballés dans une matrice plus ou moins abondante, sablo-limoneuse parfois argileuse, donnant des lentilles dépourvues de galets. L'étude des forages issus de la BSS ainsi que les observations de terrain mettent l'accent sur des discontinuités lithologiques à toutes échelles (passages latéraux de faciès). L'hétérogénéité de la sédimentation avec alternance de zones argileuses, conglomératiques ou sableuses est caractéristique de cônes torrentiels et de dépôts fluviaux de crues. Pour l'ensemble des alluvions, les galets sont hétérométriques en amont, mieux triés à l'aval. La granulométrie des galets ne semble pas varier d'une vallée à l'autre du Bevinco au Golo.

Néanmoins, il est possible de distinguer les différentes formations alluviales en fonction de leur âge à partir du degré d'altération de la matrice et des éléments grossiers qui composent le sédiment. Cette classification a été utilisée par O. Conchon pour établir une chronologie relative des formations du Quaternaire en Corse (Lahondère *et al.*, 1994). Dans le cadre des études hydrogéologiques dans la plaine de la Marana, notamment sur les interactions entre les eaux souterraines, les eaux de surface et l'étang de Biguglia (RP-59068-FR\_2010) et ce travail, différentes missions de terrain ont été réalisées afin de reconnaître les différents faciès d'alluvions présents dans la zone d'étude, tant en surface qu'en profondeur. Cette reconnaissance est indispensable pour comprendre les données des sondages et en définir des niveaux « repères » qui seront interprétés ultérieurement en termes d'aquifère, de mur ou de toit.

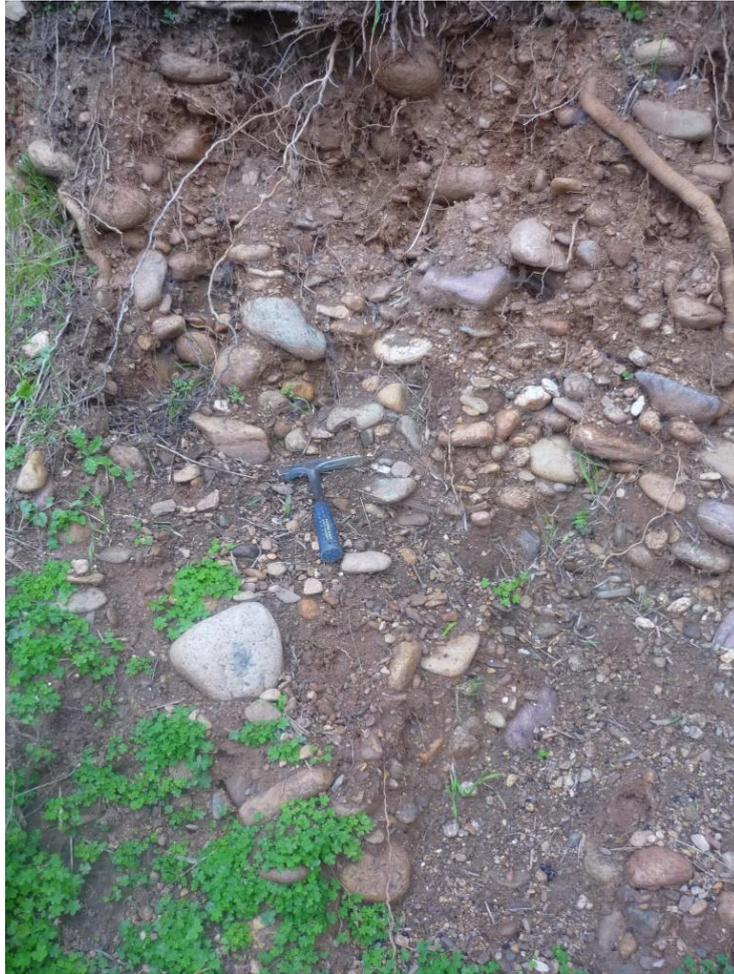
#### **4.1.1. Reconnaissances de terrain 2009 et 2017**

En 2009, l'étude a porté sur les formations alluviales du Bevinco mais également du Golo. Dans le cadre de cette étude, ce sont uniquement les alluvions du Bevinco qui ont été observées (Illustration 20 et Annexe 5).

##### **a) Alluvions anciennes**

- **Fv à Fx : alluvions anciennes à paléosol rouge-orange (hautes terrasses)**

Ces alluvions présentent des galets de granites et de schistes altérés parfois pulvérulents. Les galets de diabase présentent un cortex d'altération plus ou moins développé. La matrice est le plus souvent sablo-argileuse, fine et imperméable. Au sein de la série s'intercalent, de façon générale, des bancs et lentilles de conglomérats aux dimensions importantes (Illustration 21).



*Illustration 21 : Lentille conglomératique au sein des alluvions anciennes Fx à paléosol rouge-orange (secteur de Cardicelli, rive droite du Golo).*

En rive gauche du Bevinco (point d'observation 11, Illustration 20), on observe un dépôt d'alluvions Fx similaire à un dépôt en masse ou à un dépôt remanié (Illustration 22). Il n'y a aucune organisation des éléments grossiers ni structure sédimentaire. La matrice est argilo-sableuse de couleur variable de rouge à jaune et marron. Ces argiles sableuses bariolées contiennent sur cet affleurement des éléments grossiers en moindre quantité que dans les Fy1 mais de plus grosse taille. Ils sont hétérométriques entre gros et très gros blocs, peu émoussés.



*Illustration 22 : Dépôts cartographiés en Fx sur la butte d'Arbucceta, le long de la ligne de chemin de fer.*

- **Fy1 : alluvions assez anciennes, à paléosol rouge-orange (moyenne terrasse)**

Ces alluvions correspondent aux plus jeunes alluvions rubéfiées. Elles présentent une forte proportion de galets de gabbro à grain moyen pulvérulents. Les galets de schistes sont altérés, de couleur rouille mais non friables, les galets de diabase sont peu altérés, sans cortex. La matrice de ces alluvions est le plus souvent argilo-limoneuse (Illustration 23) . Les particules fines proviennent en partie de l'altération des galets au cours des temps géologiques. Les alluvions Fy1 présentent des indices d'imperméabilité.



*Illustration 23 : Alluvions Fy1 assez anciennes à paléosol rouge orange à alternance de couches de sable argileux et de couches constituées d'un mélange de galets colmatés dans une matrice argileuse. (Chiosu Novu, entre le Bevinco et Pietre Turchine).*

En 2017, les alluvions Fy1 ont été observées en dehors de la zone d'étude, en rive gauche du Bevinco, à Petrosa (point d'observation 10, Illustration 20). Des sondages d'environ 1.20 m de profondeur ont été réalisés à la pelleuse dans un champ (Illustration 24). Il a été observé des éléments hétérométriques décimétriques à millimétriques dans une matrice argileuse marron franc. Les cailloutis sont globalement aplatis et quadrangulaires, en position plane. La fraction grossière est dominante et la matrice argileuse minoritaire. Il n'y a pas de stratification visible.



*Illustration 24 : Alluvions Fy1 observées à la faveur d'un sondage à Petrosa.*

D'un point de vue géomorphologique, les alluvions Fy1 forment en rive droite un talus qui présente un décroché d'environ 2 m (visible sur le lidar, Illustration 13) avec les alluvions Fy2 qui sont incisées dans cette formation Fy1 (point d'observation 3 - Ferme Anthony Dolesi, Illustration 20). Ce talus disparaît vers l'est en pente douce jusqu'au bord de l'étang de Biguglia au niveau de la station de pompage. Il marque la limite sud de la zone d'étude.

#### **b) Alluvions récentes**

- **Fy2 : alluvions récentes à sols bruns (basse terrasse)**

Au sein de ces alluvions, dans le secteur du Bevinco, les galets sont très peu altérés, la matrice est brune, sablo-argileuse. En aval, près du littoral où les différentes alluvions s'entrecroisent, l'alluvion à sol brun recouvre les alluvions anciennes à paléosol rouge. Les alluvions Fy2 sont très développées dans le secteur du Golo. Elles servent de support à l'aéroport de Bastia-Poretta. Les galets granitiques et rhyolitiques y sont très nombreux (Illustration 25). Ces alluvions sont largement exploitées dans ce secteur. Elles sont utilisées pour granulats sur une épaisseur allant jusqu'à une quinzaine de mètres.



*Illustration 25 : Alluvions Fy2 dans un champ du secteur de Broncole en rive gauche du Golo : noter la présence de nombreux galets de granite et rhyolite.*

Dans la plaine du Bevinco, les alluvions Fy2 ont été observées en 2017 à plusieurs endroits. À partir de l'hippodrome de Casatorra, ces alluvions peuvent être observées le long de la route qui passe au nord de l'hippodrome (point d'observation 2, Illustration 20), mais aussi le long du canal de Petrelle, canal artificiel récemment creusé qui longe ce même hippodrome avec une orientation ouest-est jusqu'à sa confluence avec le Bevinco (points d'observation 13, 12 et 18, Illustration 20). Ces Fy2 peuvent également être observées dans le lit actuel du Bevinco, vers l'aval (points d'observation 8 et 9, Illustration 20), et enfin au niveau de la station de pompage (point d'observation 4, Illustration 20)

Dans le secteur de l'hippodrome (point d'observation 2, Illustration 20), sur le bord de la route, le talus a été décrit dans le rapport de 2010 (Orofino *et al.*) comme étant des alluvions Fy2. Le sédiment est composé d'une argile sableuse marron-jaune avec des éléments grossiers dont la position primaire ne peut pas être assurée. À cet endroit, les alluvions semblent potentiellement remaniées ou colluvionnées, et affectées par une pédogénèse (Illustration 26). Elles constituent néanmoins un équivalent aux Fy2 décrites juste derrière dans le canal de Petrelle (point d'observation 13), avec qui elles présentent des similitudes de matrice.



*Illustration 26 : Alluvions Fy2 ou colluvions d'alluvions Fy2 au niveau de l'hippodrome (Casatorra, point d'observation 2).*

En longeant le canal de Petrelle, sur sa partie amont, c'est-à-dire le long de l'hippodrome et jusqu'au chemin d'Acolaghia (points d'observation 13 et 12, Illustration 20), on peut observer en section des alluvions dont la description correspond à des Fy2. 2,60 m d'affleurement environ sont visibles :

- la base visible de la section est une argile jaune, sans éléments grossiers (50 cm) (1) ;
- on trouve, au-dessus, un niveau graveleux avec des éléments plutôt plats dans une matrice sablo-limoneuse jaune-marron, proche de celle de Fy1 (2) ;
- au sommet se trouve un limon brun-jaune pouvant résulter d'une pédogénèse (3).

Les éléments grossiers présentent globalement une absence d'organisation qui fait penser à un dépôt de type torrentiel mais localement l'orientation des galets pourrait indiquer un paléocourant vers l'ouest (Illustration 27).



*Illustration 27 : Alluvions Fy2 observées dans la partie amont du canal de Petrelle (points d'observation 13 et 12).*

À l'est du chemin d'Acolaghia, les alluvions Fy2 sont recouvertes par les alluvions Fy3 (point d'observation 18, Illustration 20). Le contact entre les deux formations est bien visible (Illustration 28) et en accord avec la limite de la carte géologique à 1/50 000. En période d'étiage, l'eau qui coule sur les Fy2, localement imperméables, disparaît au contact des Fy3 plus perméables (Illustration 29, photos T. Gutierrez 2016). En janvier 2017, le fond du canal étant recouvert d'alluvions actuelles grossières déposées par la dernière crue, il n'est plus possible d'observer ce contact en plan (Illustration 35).



Illustration 28 : Contact en coupe entre les alluvions Fy2 et les alluvions Fy3 qui les surmontent.



Illustration 29 : Contact en plan entre les alluvions Fy2 et Fy3 dans la partie avale du canal de Petrelle (photo T. Gutierrez).

Dans le lit actuel du Bevinco (point d'observation 8), à une faible profondeur (environ 1 m), ces alluvions Fy2 sont visibles sous forme d'un niveau de galets hétérométriques dans une matrice marron clair argileuse (Illustration 30). La couleur et l'aspect de ces alluvions, couplés au fait que la notice de la carte géologique de Vescovato indique que les alluvions récentes, Fy3-z, ne sont pas argileuses, exclue d'y rattacher cette formation. Très localement les galets sont jointifs et la matrice est absente, de l'eau en sourd.



Illustration 30 : Alluvions Fy2 dans le lit du Bevinco, sous environ 1 m de limons sableux gris Fy3/Fz (point d'observation 8).

À quelques dizaines de mètres en aval, un effondrement de la route le long du Bevinco (point d'observation 9, Illustration 20) laisse apparaître une séquence de 4 à 5 m qui ne peut qu'être observée depuis le haut par manque d'accès (Illustration 31). On y retrouve, à la base, la même succession Fy2/Fy3-z mais avec un niveau d'oxydation à la base de Fy3-z pouvant être un paléosol. Le tout est surmonté de 2,60 m d'un limon sableux brun à intercalations (passées, lentilles, lits) de gravillons sableux.



*Illustration 31 : Alluvions Fy2 dans le lit du Bevinco, sous environ 4 m de limons gris et de limons sableux Fy3/Fz.*

Enfin, au niveau de la station de pompage de Petriccia (point d'observation 4, Illustration 20), une petite tranchée à la pelleuse au niveau de la station de pompage montre un matériel contenant une proportion importante de galets (Illustration 32) qui n'est plus visible vers le nord (point d'observation 5, Illustration 20) ainsi qu'une matrice marron rougeâtre et qui ne sont pas décrits à cette profondeur dans les sondages situés dans la plaine. Ces alluvions sont attribuées à Fy2 mais il ne faut pas exclure la possibilité d'un remaniement de Fy1 (anthropique ou naturel) suggéré par la topographie en forme de « glaciaire » de ces derniers à l'emplacement de la station de pompage (cf. morphologie sur les données du LiDAR, Illustration 13).



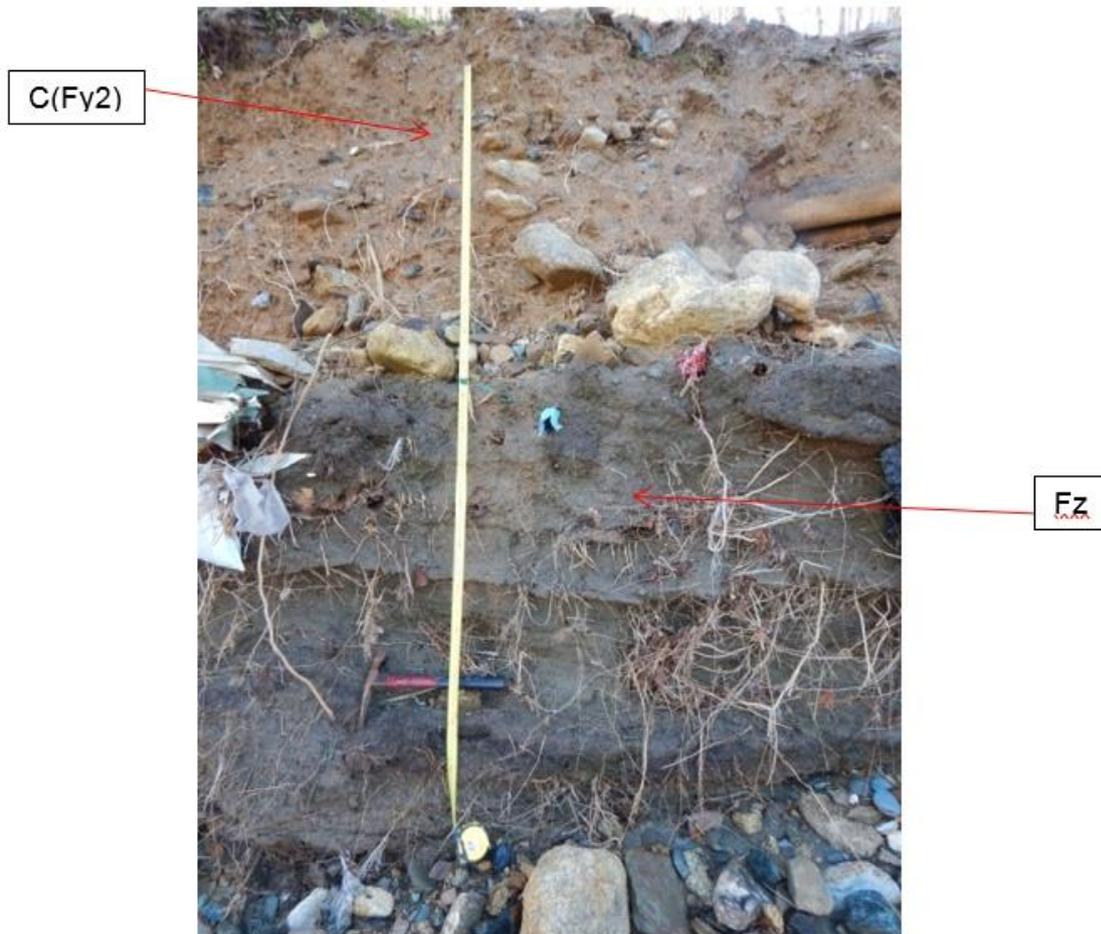
*Illustration 32 : Affleurement dans les alluvions cartographiées en Fy2 au niveau de la station de pompage de Petriccia (point d'observation 4).*

Le contact entre les Fy2 et les Fz est représenté sur la carte géologique au point d'observation 15 (Illustration 20, virage vers le nord du Bevinco). Celui-ci est marqué par un grand dénivelé entre la rive droite (Fy2), constituée d'un sédiment plus argileux et marron, et la rive gauche (Fz) en contrebas, au niveau du cours d'eau, constituée de sables et galets gris. Ce contact montre clairement l'incision du Bevinco dans les Fy2.



*Illustration 33 : Contact entre les Fy2 et les Fz au niveau du virage vers le nord du Bevinco (point d'observation 15).*

Au niveau de ce contact, la présence de ce dénivelé entraîne la production de colluvions de Fy2 (CFy2) que l'on retrouve localement sur les alluvions récentes (Illustration 34).



*Illustration 34 : Colluvions de Fy2 déposées très récemment sur des alluvions actuelles du Bevinco (point d'observation 15).*

**Fy3 : alluvions très récentes, à sol gris (très basse terrasse) et Fz : alluvions subactuelles, à sol gris (lit majeur).**

Au sein des alluvions Fy3, les galets ne sont pas altérés, la matrice est le plus souvent sableuse grise. En amont, des cônes torrentiels déposés sur les alluvions anciennes sont formés essentiellement de galets et blocs. En aval, dans le secteur en rive gauche du Golo, la matrice de ces alluvions correspond à des sables grossiers, bien triés, relativement pauvres en argiles et silts. En aval, dans le secteur du Bevinco, on distingue des limons d'inondation de fin de crue gris bien classés. Sur l'île de San Damiano, un sable vaseux forme ces alluvions. L'abondance de galets de schistes fournissant des éléments fins pourrait expliquer la différence lithologique entre les alluvions Fy3 du Golo et du Bevinco. Des sondages ont mis en évidence la présence de ces alluvions sableuses sous la dune formant le lido de la Marana (Dominici, 1982, 1983). Le fond de l'étang de Biguglia est probablement constitué par ces alluvions Fy3.

Les alluvions Fz forment le lit majeur des cours d'eau. Il est à noter qu'au niveau de l'embouchure du Bevinco dans l'étang il est observé, sur la base des photos aériennes (cf. Géoportail, comparaison des campagnes de photo 1950-1965 / 2016), un alluvionnement (extension de la plaine alluviale par colmatage de l'étang). Ce colmatage pourrait avoir débuté par les apports des alluvions Fy3 et se poursuivrait actuellement avec les alluvions Fz. Dans la zone d'étude, les alluvions Fy3 et Fz, du fait de leur grande ressemblance et caractéristiques, ont été la plupart du temps regroupées en Fy3-z.

Comme vu ci-dessus, les alluvions Fy3 ont été observées en coupe, sur les bords du fossé, dans le canal de Petrelle (Illustration 28, Illustration 29). Ces alluvions sont globalement limoneuses, toutefois, au niveau du point d'observation 18 (Illustration 20), on observe dans ces limons gris-brun une lentille épaisse et localisée de galets et graviers, avec des éléments plus grossiers au centre de la lentille et plus petits latéralement (Illustration 35). Cette lentille peut faire penser à un chenal qui serait orienté plus ou moins perpendiculairement au canal, et qui donc constituerait un drain ancien plus ou moins parallèle au cours actuel du Bevinco (orienté vers le nord-est).



*Illustration 35 : Lentille graveleuse (paléochenal) dans les alluvions Fy3 observées dans le canal de Petrelle.*

Dans le lit actuel du Bevinco, les alluvions très récentes à actuelles sont constituées de plusieurs mètres de limons gris, plus ou moins sableux (Illustration 30, Illustration 31). Localement, ces limons présentent des intercalations décimétriques de galets et gravillons, parfois fortement oxydés à la base de la séquence (Illustration 36).



*Illustration 36 : Alluvions très récentes à actuelles (Fy3-z) dans le cours du Bevinco (point d'observation 7, Illustration 20).*

Les alluvions actuelles (Fz) peuvent avoir localement des épaisseurs importantes, notamment à l'occasion d'épisodes de crues (point d'observation 14, Illustration 20 et Illustration 37).



*Illustration 37 : Sédiments actuels déposés lors de crues (point d'observation 14).*

#### **4.1.2. Conclusions**

Les observations de terrain ont permis de reconnaître différents faciès d'alluvions présents dans la zone d'étude. Ces faciès ont également été observés à la faveur des sondages réalisés depuis de nombreuses années sur la zone, avec toute la difficulté qu'il existe à travailler sur ces données parcellaires. En effet, la lecture des données de sondages géologiques ne permet pas toujours d'identifier la nature argileuse ou sableuse de la matrice. De même les descriptions sont souvent limitées (couleur grise ou jaune uniquement, nature des éléments non évoquée, passages argileux non relevés car peu visibles suivant certaines méthodes de foration). La conclusion présentée ici a pour objet de permettre de reconnaître les différents faciès à partir des données de sondages existantes. Ainsi, certains regroupement « lithostratigraphiques » ont été proposés. Ces regroupements sont en revanche sans incidence sur la donnée « lithologique », nécessaire pour établir ensuite des potentiels aquifères, et se traduisent de la manière suivante :

- les alluvions récentes à actuelles, regroupées en Fy3-z car il n'est pas possible de les distinguer ici. Elles ont été observées le long du cours du Bevinco et dans le canal de Petrelle. Elles se caractérisent clairement par leur couleur grise (alluvions non oxydées) et sont limoneuses, graveleuses ou sableuses.

les limons, localement sableux, sont souvent traversés de racines et intercalés de lits de gravillons, interrogeant sur leur potentiel d'imperméabilité.

- les alluvions Fy2 se distinguent très clairement des alluvions Fy3 et Fz par le caractère oxydé de la matrice. Elles présentent, au moins au canal de Petrelle, un niveau argileux jaune très compact à leur sommet, qui pourra servir de niveau repère dans les descriptions de sondages.

La présence d'argile jaune compacte localement au sommet actuel des Fy2 (les Fy2 ont été vraisemblablement érodées par la mise en place des Fy3) interroge sur le toit de l'aquifère appelé « Fy2 ». Est-il constitué de cette argile jaune ou des épaisseurs importantes de limons décrits dans Fy3-z (ou les deux) ?

- les alluvions Fy1 peuvent se distinguer à l'affleurement des Fy2 par une légère différence de teinte de la matrice et par le degré d'altération des éléments grossiers en se référant aux travaux de O. Conchon. En sondage, il est à prévoir que les degrés d'altération ne soient pas visibles et/ou pas notés à partir des cuttings. De même, la couleur de la matrice en sondage n'a certainement pas permis de faire de distinction entre les deux niveaux.

Dans les descriptions ci-après, les alluvions Fy1 et Fy2 seront regroupées, dans l'attente de données nouvelles permettant de les distinguer.

- les alluvions Fx sont bariolées et argileuses. Difficiles à reconnaître en sondages, nous leur attribuerons les passes décrites comme contenant des argiles rouges, ou alors les passes très argileuses à argiles jaunes. Il est impossible de dire ici si nous englobons alors les Fw qui n'affleurent pas dans les environs. La très grande argilosité de ces dépôts implique qu'ils sont considérés comme imperméables.

## 4.2. LES DONNÉES DE SONDRAGE ET LEUR RECODAGE

### 4.2.1. Sélection des sondages

35 sondages présentant des données géologiques utilisables ont été compilés et étudiés dans ce travail. Parmi ces sondages, 19 sont localisés dans la zone d'étude (Illustration 38) et les autres sont à proximité immédiate.

Il est à noter que la répartition de ces sondages est inégale sur le territoire investigué, avec notamment une absence d'information sur les alluvions Fy2 en rive gauche et sur les formations localisées sous l'étang. Cette absence de données constituera une absence de contrainte pour la modélisation géologique.

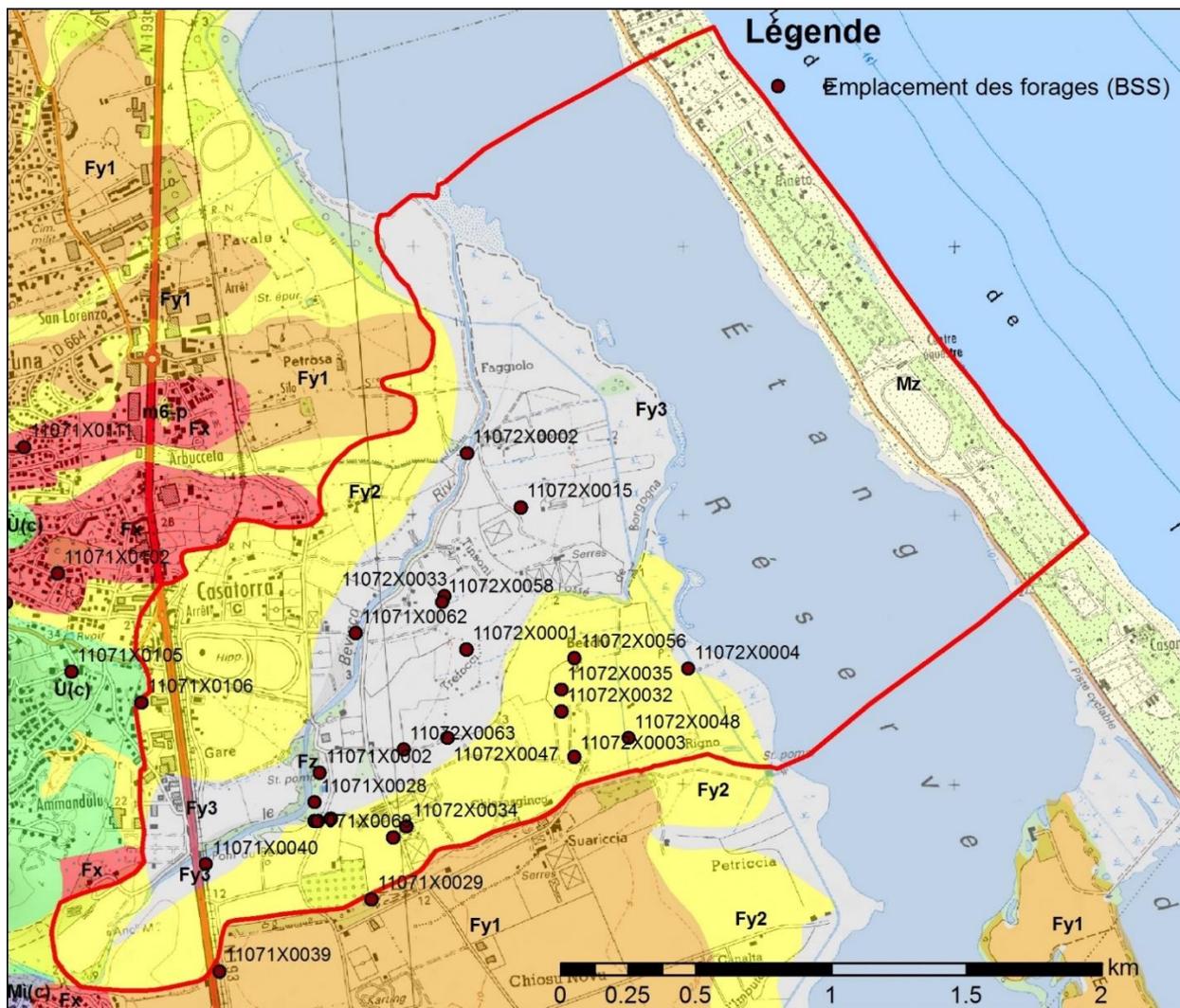


Illustration 38 : Localisation des sondages BSS consultés pour préparer la modélisation géologique.

Dans la zone				en dehors de la zone			
Numéro BSS	prof. atteinte (m)	X (L93)	Y (L93)	Numéro BSS	prof. atteinte (m)	X (L93)	Y (L93)
11071X0001	17.00	1228764	6189717	11071X0013	16.00	1226070	6189611
11071X0002	23.00	1228784	6189897	11071X0029	58.70	1228974	6189426
11071X0003	60.00	1228774	6189717	11071X0039	10.00	1228412	6189157
11071X0028	59.00	1228764	6189787	11071X0042	15.00	1227624	6190530
11071X0030	44.80	1228824	6189727	11071X0102	23.00	1227814	6190640
11071X0040	10.00	1228363	6189557	11071X0105	56.00	1227864	6190274
11071X0062	19.30	1228916	6190418	11071X0107	40.00	1227310	6191537
11071X0069	23.00	1229054	6189656	11071X0111	41.00	1227690	6191111
11071X0106	45.00	1228124	6190159	11071X0148	15.00	1226755	6189950
11072X0001	30.25	1229326	6190357	11071X0149	12.00	1226777	6189935
11072X0002	60.00	1229327	6191088	11071X0150	11.00	1226760	6189976
11072X0003	7.00	1229725	6189956	11071X0151	15.00	1226775	6189982
11072X0004	35.00	1230147	6190285	11071X0154	9.00	1227541	6187506
11072X0015	33.50	1229527	6190887	11071X0155	9.00	1227529	6187528
11072X0032	1.00	1229676	6190126				
11072X0033	20.50	1229246	6190557				
11072X0034	24.00	1229104	6189696				
11072X0035	19.00	1229676	6190206				
11072X0047	1.00	1229255	6190027				
11072X0048	1.00	1229926	6190026				
11072X0056	28.50	1229726	6190326				
11072X0058	19.00	1229236	6190532				
11072X0063	25.50	1229094	6189984				

*Illustration 39 : Liste des sondages BSS consultés pour préparer la modélisation géologique, coordonnées et profondeurs atteintes.*

#### 4.2.2. Recodage

Les sondages sélectionnés ont été recodés de manière à préparer la modélisation géologique. Un sondage de référence, combinant les données lithostratigraphiques et lithologiques a été créé.

Dans le détail, le protocole suivant a été appliqué (Illustration 40).

- 1) À chaque « passe » décrite dans les sondages BSS, une lithostratigraphie a été attribuée : ACTUEL ; Fz ; Fy3-z ; Fy1-2 ; Fx ; ANTE (pour ce qui est anté-Quaternaire, soit le socle) ; QUAT (pour le Quaternaire indifférencié) ; IMPRECIS (pour ce qui ne peut pas être interprété) ;
- 2) Pour chacune de ces passes, la lithologie a été indiquée. C'est elle qui va conditionner la perméabilité des formations.

Les passes Fz et Fy3-z ont été codées en limoneux (l) ou sableux (s) en fonction de la lithologie dominante décrite dans les sondages. Les passes Fy1-2 argileuses ou argilo-sableuses ont été codées en (a), les passes Fy1-2 sableuses, graveleuses, sablo-graveleuses ou sablo-argileuses ont été laissées sans indications spécifiques (donc Fy1-2).

Les passes Fx, toujours argileuses ou argilo-marneuses ont également été laissées en simple Fx.

- 3) Lorsqu'une succession de ces passes se répète, ces passes ont été numérotées, du sommet vers la base. Pour Fz et Fy3, du haut vers le bas : Fzs ; Fy3-zs ; Fy3-zl1 ; Fy3-zs2 ; Fy3-zl2. Pour Fy1-2, les successions argileuses et sableuses n'ont pas été numérotées. En effet, les lentilles argileuses dans Fy1-2 sont complexes, difficiles à modéliser entre deux sondages. Seule la présence d'une passe argileuse immédiatement sous les Fy-z3 a été distinguée et nommée Fy1-2a1. Elle constitue en effet un possible niveau imperméable entre les alluvions plus perméables en Fy-z3 et Fy1-2.

Lithostrati. ->	Lithologie	->	Pile standard
Fz	Fzs	sables, terre végétale, limons sableux	Fzs
			Fy3-zs
			Fy3-zl1
Fy3-z	Fy3-zs	sables, galets, sables limoneux	Fy3-zs2
	Fy3-zl	limons, tourbes	Fy3-zl2
			Fy3-zs3
			Fy1-2a1
Fy1-2	Fy1-2	Galet, gravier, sable, rare matrice argileuse	Fy1-2
	Fy1-2a	Argiles, sables et graviers à matrice très argileuse	Fy1-2a
			Fy1-2
			Fy1-2a
Fx	Fx	Argiles rouges, jaunes compactes parfois à galets	Fx
ANTE	ANTE	Schistes, serpentines	ANTE

*Illustration 40 : Protocole de recodage des niveaux alluviaux décrits dans les sondages en termes de lithostratigraphie et de lithologie pour produire une pile standard.*

Le tableau avec la totalité des sondages recodés est disponible en Annexe 7 . Il est à noter que sur ces 19 sondages, 12 reconnaissent les alluvions Fx et pourront être utilisés pour la modélisation de la base de Fy12.

#### Ce qu'il faut retenir de l'étude géologique :

L'étude géologique a permis d'identifier les différents faciès des terrasses alluviales de la plaine du Bevinco et de faire le lien entre les observations de terrain et les observations en forage. Chaque niveau alluvial a été recodé pour disposer d'une pile lithostratigraphique standard qui constitue la connaissance de base de la structure géologique de l'aquifère.

Ainsi, l'aquifère principal correspond au niveau Fy12 qui est constitué de galets, graviers, sable et d'une rare matrice argileuse. Les niveaux Fz et Fy3zs, plus récents et qui sont de nature majoritairement sableuse, sont également aquifères. Le niveau Fy3l correspond aux limons bien connus de la rive droite du Bevinco qui sont de faible perméabilité et qui engendrent les fameux « bollari » par mise en captivité de l'aquifère Fy12 sous-jacent. Le substratum de l'aquifère Fy12 correspond au niveau Fx qui est très argileux et donc très peu perméable.



## **5. Reconnaissance géophysique de la géométrie des formations alluviales par tomographie de résistivité électrique**

### **5.1. OBJECTIFS ET STRATÉGIE D'INVESTIGATION**

L'objectif de l'étude géophysique est la caractérisation géométrique de l'aquifère du fleuve Bevinco par la méthode de la tomographie de résistivité électrique. Les résultats de cette étude contribueront à l'élaboration d'un modèle géologique 3D de cet aquifère.

L'imagerie électrique vise plus particulièrement à la caractérisation du mur et du toit de la formation Fy1-2.

Aux vues des objectifs à atteindre, l'imagerie par tomographie électrique a été choisie. Les principes de la méthode sont présentés en Annexe 1.

Cette technique est parfaitement adaptée aux problématiques de caractérisation des aquifères (Loke *et al.*, 2013 et références citées). L'applicabilité de cette méthode à la caractérisation géométrique de l'aquifère sablo-graveleux du Bevinco a d'ailleurs été démontrée lors d'une précédente étude, réalisée en 2009/2010 (Orofino *et al.*, 2010).

### **5.2. PROGRAMME ET VOLUME DES INVESTIGATIONS**

#### **5.2.1. Personnel mobilisé et chronogramme d'intervention**

La campagne de mesures électriques s'est déroulée du 27/06/2016 au 09/07/2016 mise en place et replis compris. Huit jours ont été consacrés à l'acquisition des mesures. Cette campagne de mesures a été effectuée par des ingénieurs géophysiciens du BRGM.

L'intervention sur le terrain a été précédée d'une phase de permittage (autorisations d'accès auprès de la population, localisation des canalisations métalliques) réalisée par le BRGM.

Certains secteurs particulièrement inaccessibles ont nécessité un débroussaillage qui a été réalisé par les agents en charge des levés géophysiques.

Les interprétations des coupes géoélectriques ont été précisées en 2019 afin de lever des ambiguïtés persistantes, sur la base des données géologiques et hydrogéologiques actualisées par les cinq nouveaux forages réalisés en 2018 (Genevier, 2019). Un travail d'échanges au sein de l'équipe du projet, constituée des géophysiciens, géologues et hydrogéologues, a permis la construction du modèle géologique conceptuel.

#### **5.2.2. Plan d'implantation des profils électriques**

L'illustration 41 indique la localisation des profils ERT réalisés sur la plaine du Bevinco. Les profils géophysiques existants (Orofino *et al.*, 2010) ainsi que la position des sondages dont les logs géologiques ont permis l'interprétation des coupes géoélectriques y sont également représentés.

L'implantation a été réalisée en fonction des objectifs géologiques et hydrogéologiques en tenant compte des contraintes de terrain, notamment la présence d'un grand nombre de canalisations métalliques (Illustration 41). Les profils sont répartis de façon aléatoire sur des

tronçons rectilignes (bords de chemins, bords de canaux, bords de parcelles), évitant au mieux les propriétés privées. Le cas échéant, des demandes d'accès auprès des propriétaires ont été formulées.

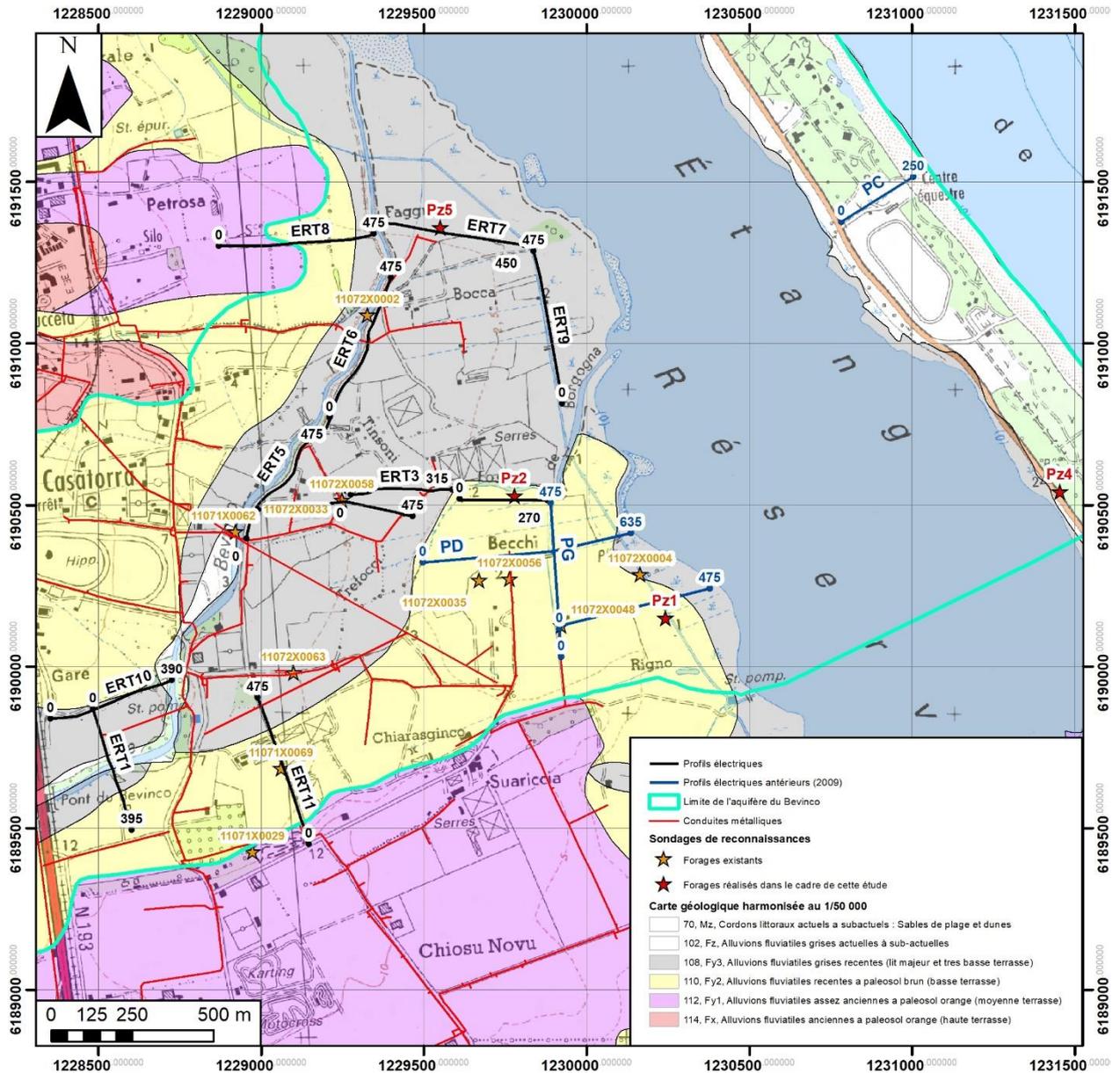


Illustration 41 : Localisation des profils de tomographie de résistivité électrique réalisés dans le cadre de cette étude. Les profils antérieurs (2009) ainsi que les sondages de reconnaissances utilisés pour le calage des résultats électriques sont également indiqués. Coordonnées en m, RGF 1993 Lambert 93.

### 5.3. TOMOGRAPHIE DES RÉSISTIVITÉS ÉLECTRIQUES

L'ERT (Electrical Resistivity Tomography – Tomographie de résistivité électrique) consiste à caractériser la répartition de la résistivité électrique dans le sous-sol à partir de mesures réalisées en surface le long d'un dispositif linéaire. Une description plus détaillée de la tomographie de résistivité électrique est présentée en Annexe 1. La mise en œuvre et le traitement des données électriques ont été réalisés en suivant les recommandations du Code de Bonne Pratique de Géophysique Appliquée (1992) de l'AGAP.

### 5.3.1. Matériel mis en œuvre

L'acquisition des tomographies électriques a été réalisée à l'aide d'un résistivimètre Syscal-Pro (Iris Instruments, France) connecté à 6 flûtes de 16 électrodes, soit 96 électrodes métalliques régulièrement espacées de 5 mètres sur 475 m. L'énergie provenait d'une batterie externe.

Le matériel utilisé comprend :

- 1 Syscal Pro ;
- 6 flûtes de 16 traces avec une inter-trace de 5 m ;
- 96 électrodes ;
- 96 cordons ;
- 3 massettes ;
- 1 claie de portages ;
- 1 transporteur à chenilles ;
- 2 batteries de voiture 110 Ah ;
- 4 connecteurs de flûtes ;
- 1 GPS différentiel Trimble ;
- 2 micro-ordinateurs portables ;
- 1 véhicule.

### 5.3.2. Acquisitions des données

#### a) Dispositifs et protocoles

Les acquisitions ERT ont été réalisées le long de linéaires constitués de 96 électrodes métalliques, séparées d'une distance (espace inter-électrode) de 5 m pour une longueur totale de 475 m. Cette configuration offre une profondeur d'investigation d'environ 80 m ce qui est parfaitement adapté aux objectifs. En effet, la base de l'aquifère est estimée en moyenne à une trentaine de mètres de profondeur (la présence de paléo-chenaux est néanmoins suspectée).

Onze tomographies de résistivité (7 à 9 étaient prévues contractuellement) ont été réalisées sur la zone d'étude (Illustration 41). Le linéaire total d'acquisition est de 4 695 m. Le traitement, l'inversion et l'interprétation des 3 tomographies réalisées dans la plaine du Bevinco lors de la campagne 2009 ont été repris et les résultats ont été intégrés à la présente étude. Les caractéristiques et les statistiques des différentes tomographies de résistivité électrique sont données dans le Tableau 1.

Profil	Date acquisition	Orientation	Longueur (m)	Dispositif retenu	Nombre de mesures brutes	Nombre de mesures retenues	Pourcentage des données conservées
ERT1	05/07/2016	SE - NW	395	DD	1690	1200	71.0
ERT2	30/06/2016	W - E	270	WS	1390	675	48.6
ERT3	29/06/2016	W - E	315	WS	932	899	96.5
ERT4	29/06/2016	W - E	475	DD	2218	2035	91.7
ERT5	28/06/2016	SW - NE	475	WS	1904	1198	62.9
ERT6	04/07/2016	SW - NE	475	DD	2031	1714	84.4
ERT7	01/07/2016	W - E	475	WS	1772	1599	90.2
ERT8	02/07/2016	W - E	475	WS	1904	1891	99.3
ERT9	01/07/2016	SE - NW	475	WS	1904	1630	85.6
ERT10	05/07/2016	W - E	390	WS	1359	1238	91.1
ERT11	06/07/2016	SE - NW	475	WS	1865	1686	90.4
PC	2009	W-E (Lido)	250	WS			
PD	2009	W - E	635	WS			
PE	2009	W - E	475	WS			
PG	2009	N - S	475	WS			

Tableau 1 : Caractéristiques des profils d'acquisition et statistiques sur les données avant et après traitement.

Deux protocoles d'acquisition ont été mis en œuvre dans le cadre de cette étude. Un protocole correspond à un agencement géométrique des électrodes d'injection et de réception utilisées pour réaliser les mesures. Il en existe plusieurs, chacun présentant des avantages et des inconvénients, notamment en ce qui concerne l'amplitude du signal, la profondeur d'investigation et la résolution. Les deux protocoles utilisés sont (Illustration 42) :

- **le dispositif dipôle-dipôle (DD)** qui donne une très bonne résolution des terrains de subsurface et des discontinuités verticales. Il a une sensibilité limitée aux effets latéraux (structures parallèles au profil, ravines ou crêtes parallèles au profil). En revanche, le rapport signal/bruit décroît rapidement avec la profondeur ce qui limite sa profondeur d'investigation ;

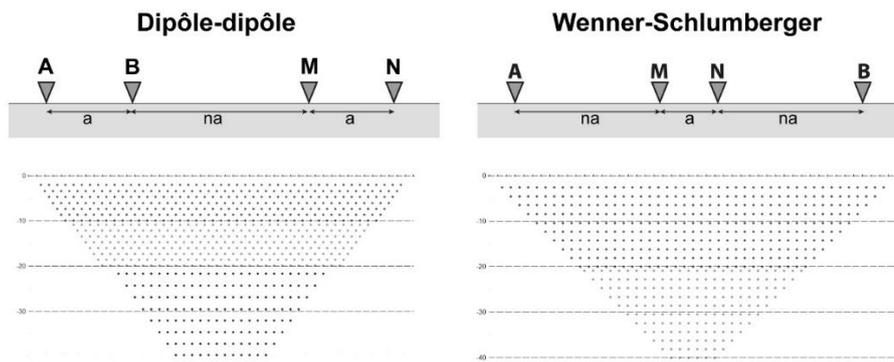


Illustration 42 : Schéma des protocoles de mesure utilisés pour cette étude. L'agencement des électrodes en surface permet d'obtenir des données à des positions et profondeurs différentes permettant de construire une image 2D du sous-sol.

- **le dispositif Wenner-Schlumberger (WS)** qui est beaucoup plus intégrant et, de ce fait, plus sensible aux effets latéraux. La résolution au niveau des horizons de subsurface est moins bonne et celle des structures plus globale. Son intérêt majeur est la profondeur d'investigation atteinte (de l'ordre de 80 m pour un dispositif de 475 m de long) grâce à un meilleur rapport signal/bruit.

### **b) Paramètres d'acquisition**

Les électrodes ont été plantées après réalisation d'un avant-trou. Elles ont ensuite été arrosées d'eau salée (200 g/l) afin d'avoir un contact optimal avec le sol. Cette précaution a permis d'obtenir des résistances de prise généralement inférieures à 1 kOhm sur l'ensemble des profils.

Pour toutes des tomographies et pour chaque protocole employé, les paramètres d'acquisition suivants ont été utilisés :

- durée des créneaux d'injection : 0,5 s ;
- nombre de cycle de mesures : 3 à 6 (3 si  $Q < 0,5 \%$ , 6 si  $Q > 0,5 \%$ ) ;
- déviation standard :  $Q < 0,5 \%$  ;
- tension d'injection : 400 V.

### **c) Positionnement des profils**

Les profils d'acquisition ont été positionnés (coordonnées X, Y dans le système Lambert 93) grâce à un GPS Trimble GeoXH 6000 associé à une antenne externe de type Tornado. Ce récepteur permet de capter les satellites GPS ainsi que les satellites GLONASS (en moyenne entre 14 et 20 satellites).

Les valeurs obtenues ont été corrigées en post-traitement, à l'aide des éphémérides de l'IGN (base fixe de LUCI – Santa Lucia Di Moriani, voir détail en Annexe 2), située à environ 27 km de la zone d'étude. Ce post-traitement permet d'aboutir à une précision en X, Y de l'ordre de 10 cm (dans les conditions optimales d'utilisation).

La précision sur les levés altimétriques (Z) est fonction de la couverture végétale et du relief. Les valeurs de Z qui étaient affectées d'une précision anormalement élevée et qui paraissent aberrantes (par rapport au MNT et par rapport aux observations de terrain) ont été rejetées et n'ont donc pas été prises en compte dans la construction du profil topographique. La précision finale sur Z est de l'ordre de quelques dizaines de centimètres en absolu.

## **5.3.3. Traitement et inversion des données**

### **a) Filtrage des mesures avec le logiciel PROSYS**

Les données brutes ont été filtrées avec le logiciel PROSYS selon les critères de qualité suivants :

- pour le dispositif dipôle-dipôle :  $V > 0.2 \text{ mV}$  et  $Q < 5 \%$  ;
- pour le Wenner-Schlumberger (le signal est plus puissant) :  $V > 0.5 \text{ mV}$  et  $Q < 5 \%$ .

Ce type de filtrage est cohérent avec les caractéristiques instrumentales fournies par le constructeur, et sont conformes aux recommandations de l'AGAP. Le volume de données conservé après traitement sous PROSYS est indiqué dans le Tableau 1.

### 5.3.4. Traitement des mesures avec le logiciel X2IPI

Les données ont été ensuite traitées avec le logiciel commercial X2IPI (Bobatchev, 1999) qui permet d'atténuer les artefacts liés aux hétérogénéités de subsurface, dans le but de retrouver une réponse 2D plus claire du signal électrique attribué aux structures auscultées.

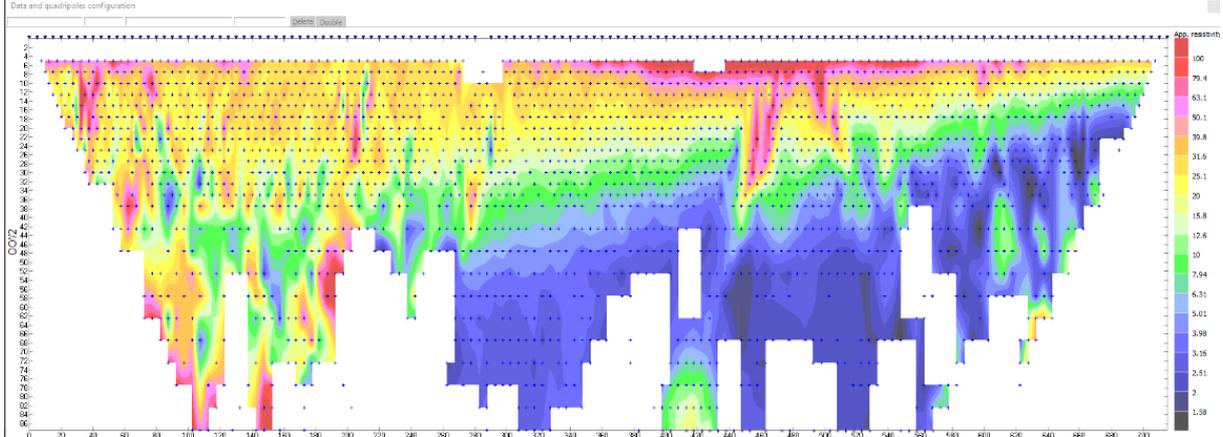
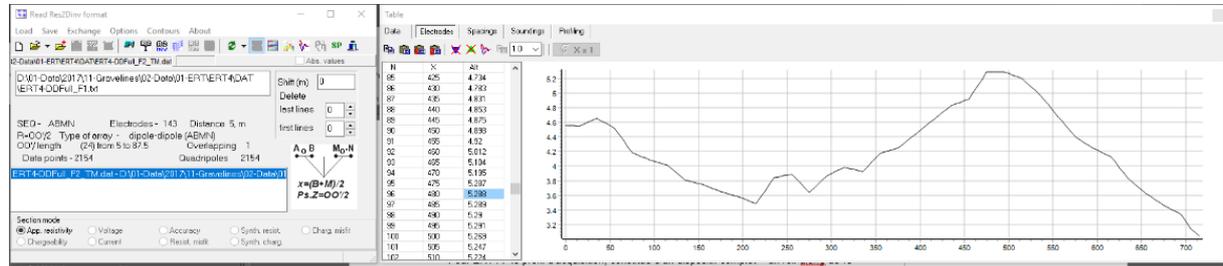


Illustration 43 : Exemple d'une pseudo-section de résistivité apparente visualisée avec X2IPI après filtrage PROSYS. Le logiciel X2IPI permet d'incorporer la topographie aux données (en haut à droite).

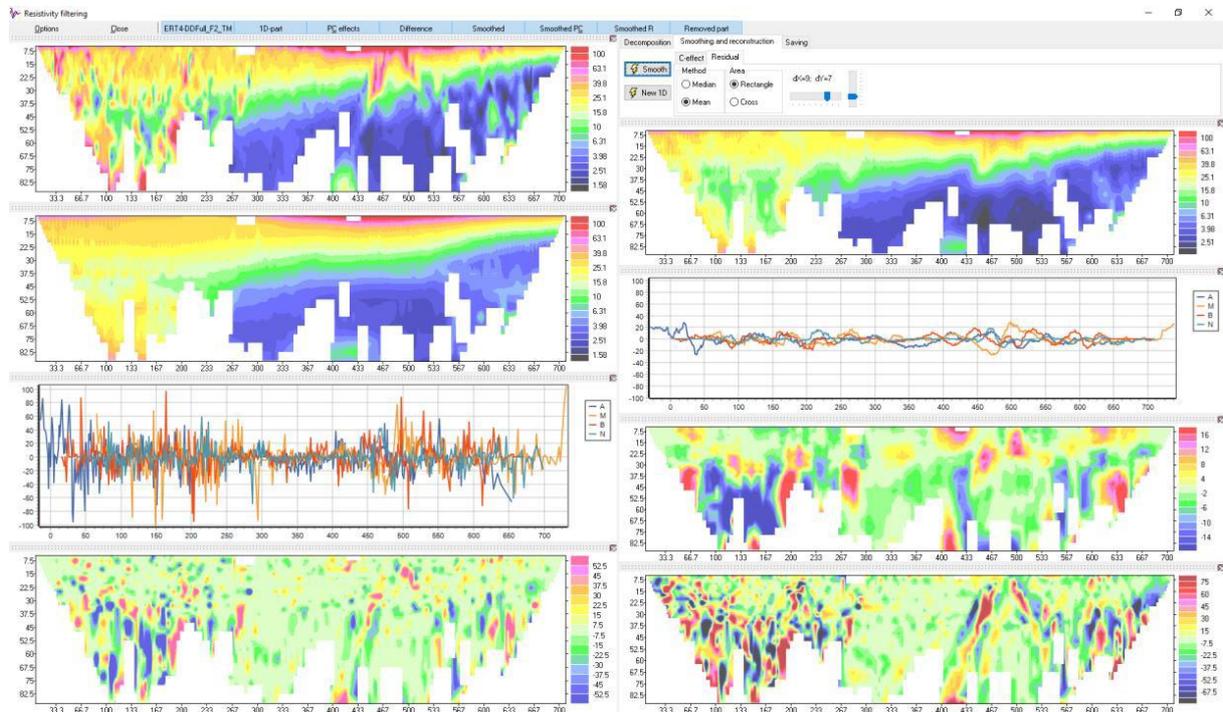


Illustration 44 : Filtrage des données par fenêtre glissante sur les données. À gauche, la décomposition des données brutes permettant d'isoler le signal dû aux hétérogénéités de surface, à droite le signal résultant du traitement.

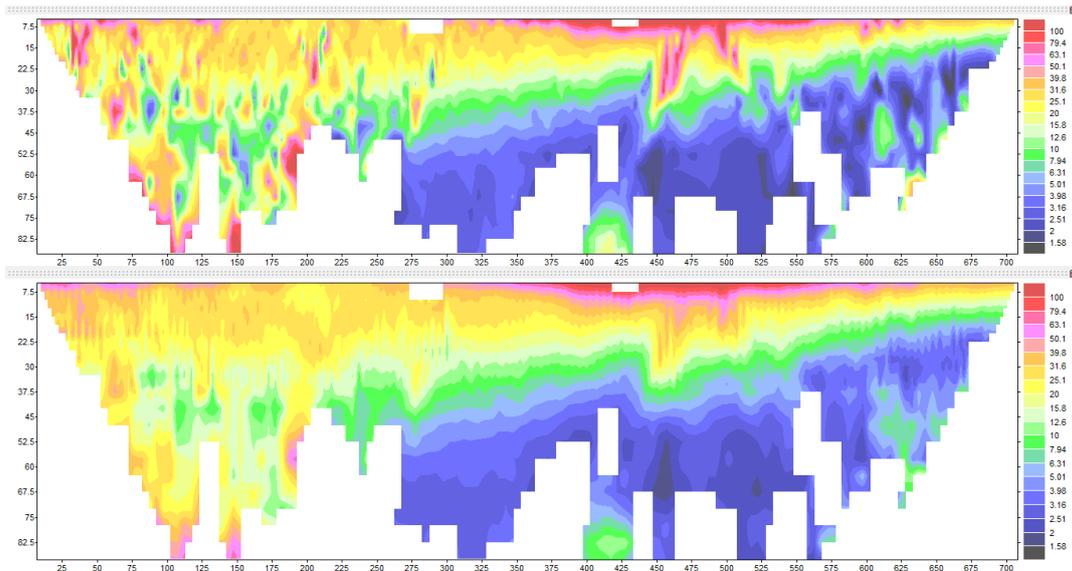


Illustration 45 : Pseudo-sections des données brutes (haut) et filtrées (bas) avec le logiciel X2IPI.

### 5.3.5. Inversion des données avec le logiciel RES2DINV

Après analyse et filtrage des données brutes, tous les jeux de données ont été inversés avec le logiciel commercial RES2DINV (Loke & Barker 1996).

En effet, afin d'obtenir une image représentant les distributions spatiales de la résistivité réelle (et non plus apparente) en fonction de la profondeur, il est nécessaire d'inverser la pseudo-section. Cette inversion est réalisée suivant un processus itératif qui tente de minimiser l'écart entre la pseudo-section mesurée et une pseudo-section recalculée à partir d'un modèle de résistivité électrique. Ce modèle est modifié à chaque itération jusqu'à ce que les données mesurées et calculées atteignent une corrélation acceptable ou jusqu'à ce qu'aucune nouvelle amélioration ne soit possible. Ce processus d'inversion a été formalisé mathématiquement et implémenté dans le programme de traitement RES2DINV (Ponton, 2008 d'après Loke, 1994 ; Loke and Baker 1996).

Les coupes géoélectriques issues de l'inversion ont ensuite été utilisées pour l'interprétation en termes de géologie et de structures. Elles fournissent des informations quantitatives permettant de caractériser l'origine des différentes anomalies mises en évidence : résistivité, géométrie et profondeur. Les résultats de l'inversion sont présentés sous forme d'une coupe de la distribution des résistivités calculées le long du profil en fonction de l'altitude. La topographie est prise en compte dans les inversions.

Quelles que soient les performances des algorithmes de convergence, en l'absence d'étalonnage (résistivité étalonnée, profondeur des interfaces géoélectriques) les résultats fournis par l'inversion ne sont pas définis de manière univoque (il y a plusieurs solutions satisfaisant au même jeu de données). Cette indétermination ne peut être évaluée qu'en testant différentes solutions ou en contraignant l'inversion au moyen de paramètres (résistivités, épaisseurs, profondeurs) obtenus par d'autres moyens (autre méthode géophysique, diagraphies, forages, observations des affleurements ...).

Pour chaque dispositif, des paramètres d'inversion ont été testés de manière à obtenir une bonne convergence de la solution et une erreur minimale d'ajustement du modèle aux mesures. Les résultats de ces tests ont permis de sélectionner 2 ensembles de paramètres (Annexe 3) qui sont :

- standard horizontalisé (STDH) : minimisation de l'erreur quadratique, inversion lissée. Associée à un facteur d'anisotropie (*filter ratio*) de 0,3, cette inversion permet de privilégier les structures horizontales et la continuité des horizons géoélectriques ;
- robuste (ROBH) : minimisation de l'erreur en valeur absolue, limites plus franches entre les différents horizons, adaptée aux milieux contrastés, facteur d'anisotropie (*filter ratio*= 0.3).

Les coefficients d'ajustement (RMS) des résultats d'inversion sont présentés, pour chaque dispositif et pour chaque jeu de paramètres, sur la coupe géoélectrique correspondante.

#### 5.4. RÉSULTATS : PRÉSENTATION GÉNÉRALE DES COUPES GÉOÉLECTRIQUES

La présentation et l'interprétation des profils géoélectriques s'appuient sur :

- (1) Les connaissances de la géologie locale déduites de la carte géologique harmonisée au 1/50 000 (feuille de Vescovato, n°1107; Lahondère *et al.*, 1994) ;
- (2) De l'analyse des ouvrages recensés dans la Banque de données du Sous-Sol (BSS) vérifiés et des sondages de reconnaissance réalisés en 2018 dans le cadre de ce projet (Genevier, 2019) ;
- (3) Des connaissances sur le fonctionnement hydrogéologique du site ;
- (4) Le modèle géologique 3D pour venir lever les dernières ambiguïtés d'interprétation sur certaines coupes géoélectriques (travail d'incrémentation modèle géologique – profils géophysiques pour alimenter l'un de l'autre alternativement).

##### 5.4.1. Clé d'interprétation des coupes

L'ensemble des coupes géoélectriques a été interprété sur la base des logs de sondages situés à proximité des profils géophysiques et décrits suivant la lithostratigraphie recodée telle que présentée à la section 4.2.

Les premières observations ont permis de diviser le secteur en deux parties distinctes : la **plaine alluviale hors influence marine** et la **plaine sous influence marine**.

Dans le secteur hors influence marine, la synthèse des calages par sondage a permis d'établir le schéma géoélectrique suivant :

- un terrain superficiel très résistant, dont les résistivités sont comprises entre 200 et 600 Ohm.m, assimilée aux Fy3-z regroupant des sables, galets et sables limoneux. Cette couverture est très présente dans le secteur sud-ouest (ERT1, ERT10 et ERT11, Illustration 47) ainsi que le long du Bevinco (ERT4 et ERT5, Illustration 48) où son épaisseur diminue rapidement en s'éloignant des berges (ERT4). Ce niveau devient discontinu vers l'aval (ERT5) jusqu'à ne plus être présent ;
- un terrain sous-jacent conducteur (20 Ohm.m < résistivité < 40 Ohm.m) qui correspondent aux limons noir-verts très argileux nommés Fy3-zl. Cet horizon est continu avec une épaisseur moyenne de quelques mètres (<10m). On remarque un épaissement de cet horizon vers l'étang de Biguglia (PD, PG, PE, Illustration 48) ;

Les niveaux Fy3-z et Fy3-zl se situent à la même altitude. Les profils ERT11 (Illustration 47), ERT4 (Illustration 48) et ERT6 (Illustration 49) mettent en évidence, localement, l'interface entre ces deux niveaux et leur agencement géométrique l'un par rapport à l'autre.

- l'horizon suivant est résistant (entre 40 et 200 Ohm.m). Il est présent vers l'aval (absent des profils ERT1, ERT10 et ERT11, Illustration 47) et correspond aux Fy3s (sables et graviers). Son mur n'est généralement pas identifiable car le plus souvent confondu avec le toit de l'aquifère Fy12 (résistant lui aussi, voir description ci-après) ;

Géologie		Géoélectrique		
Stratigraphie	Stratigraphie simplifiée	Spécificité géoélectrique	Gamme de résistivité	Profils concernés
FLM	FLM		Intrusion saline 	PC
Fz	Fy3-z			ERT1, ERT4 ERT5, ERT10, ERT11
Fy3z		Invasion saline de surface + intrusion saline 		ERT6, ERT 8 ?  ERT7
Fy3l	Fy3-zl			ERT2, ERT3, ERT4, ERT6, ERT7, ERT11 PD, PE, PG
		Invasion saline de surface et/ou intrusion saline 		ERT2, ERT6, ERT7, PD, PE, PG
Fy3s	Fy3s			ERT2, ERT3, ERT4, PD, PE, PG
		Invasion saline de surface et/ou intrusion saline 		ERT6 (ERT2 ? et PE ?)
Fy2a	Fy2a			ERT1, ERT7, ERT10, ERT11
Fy2	Fy12			Tous
Fy12a		Intrusion saline 		ERT6, ERT7, ERT8, ERT9, PC, PE
Fy1		Passes argileuses (niveaux lenticulaires ou quasi continus) – Fy12a 		ERT5, ERT6, ERT7, ERT8, ERT10, PD, PE, PG
Fx	Fx			ERT3, ERT4, ERT6, ERT11

Tableau 2 : Clé d'interprétation des coupes géoélectriques sur la base de la lithostratigraphie géologique recodée (Illustration 40).

- localement, un horizon d'une résistivité intermédiaire (30 à 50 Ohm.m), correspondant au niveau argileux des Fy2a, est identifié, en lentilles discontinues en partie amont (ERT1, ERT11 et ERT10 sur l'illustration 47), et de manière plus continue vers l'aval (ERT6 et ERT7 sur l'illustration 49). Vers l'aval, du fait de l'influence marine (voir section suivante), ce niveau apparaît relativement « résistant ». On constate cependant que sa signature électrique est constante sur l'ensemble des profils. Cette relative baisse de la résistivité est essentiellement due à la présence de forts conducteurs dans ce secteur due à l'influence marine (les argiles de Fy2a, imperméables, ne sont pas sensibles à l'influence marine) ;

- le terrain sous-jacent, présent sur l'ensemble des profils, est résistant (de 40 à 600 Ohm.m). Il correspond au Fy12 aquifère, constitué d'alluvions sablo-graveleuses à passages argileux. L'épaisseur de ce niveau est difficile à contraindre, sa signature électrique étant souvent confondue avec celle des Fy3z sus-jacentes (en l'absence des lentilles conductrices de Fy2a).

Le mur de cet horizon est visible sur plusieurs profils ; il varie globalement entre -35 m d'altitude à l'ouest (ERT1, ERT3, ERT11, ERT4, ERT5, ERT6, ERT8) et -50 m d'altitude à l'est (ERT2, ERT9 PD, PE, PG). Les profils ERT8 (Illustration 49) et ERT10 (Illustration 47) indiquent une variation significative du mur de Fy12 d'ouest en est, avec un approfondissement moyen de 30 m vers l'est.

Des irrégularités (creux et crêtes) sont également observées sur certains profils (ERT11, PE et ERT9). Elles pourraient indiquer la présence d'un paléo-rivage. Cependant, le manque de continuité dans les levés géophysiques, ainsi que l'absence de logs de calage au droit de ces irrégularités et la perte de résolution des modèles géophysiques avec la profondeur ne permettent pas de conclure précisément sur l'origine de ces variations du mur des Fy12.

- l'horizon géoélectrique le plus profond observé a une signature conductrice (de 15 Ohm.m à 40 Ohm.m) et correspond aux alluvions anciennes, sablo-graveleuses à forte matrice argileuse, indiquées Fx.

#### 5.4.2. Influence marine

L'influence marine sur la zone d'étude est due à trois phénomènes différents (voir section 3.5.3) :

- une invasion salée de surface consécutive aux débordements des canaux de drainage lors des crues et à une stagnation des eaux saumâtres sur les dépôts Fy3-zs et Fy3-zl ;
- un phénomène de rentrant salé en période d'étiage, visible au niveau des alluvions aquifères Fz du Bevinco (faible pression hydraulique de la nappe des Fz contenues dans l'entité Fy3z) ainsi qu'au niveau des alluvions Fy3s ;
- un phénomène de biseau salé *sensu stricto* dû à une pression hydraulique de la nappe des Fy12 insuffisante (secteur nord).

##### a) Invasion salée de surface (débordement)

Ce phénomène affecte exclusivement les dépôts alluvionnaires Fy3-zs et Fy3-zl. Il est localisé sur la bordure est de la plaine, le long de l'étang de Biguglia. La limite d'extension de cette invasion salée est subparallèle au canal de drainage. La formation aquifère Fy12 ne semble pas être impactée par cette invasion salée. Cette invasion se traduit par une forte diminution de la résistivité avec des terrains affichant des valeurs inférieures à 20 Ohm.m (Tableau 2).

Ce phénomène d'invasion salée de surface a été mis en évidence sur les tomographies suivantes (Illustration 48 et Illustration 49) :

- PE abscisses 140 à 475 m ;
- PD abscisses 380 à 635 m ;
- PG abscisses 10 à 190 m puis 300 à 475 m (débordement via le Fossé de Borgogna) ;
- ERT2 abscisses 200 à 250 m ;
- ERT9 sur la totalité du profil ;
- ERT7 abscisses 0 à 340 m.

**b) Phénomène de rentrant salé**

Ce phénomène a été mis en évidence dans la partie avale du Bevinco où l'absence d'écoulement dans le fleuve favorise une remontée de l'eau salée dans le lit de la rivière depuis l'Étang de Biguglia vers l'amont. Cette eau salée s'infiltré ensuite dans les dépôts alluvionnaires perméables de surface (Fy3-zs).

Le rentrant salé est observé au niveau des tomographies suivantes (Illustration 49) :

- ERT6 abscisses 270 à 475 m ;
- ERT7 abscisses 0 à 50 m ;
- ERT8 abscisses 390 à 475 m ;

Cette invasion salée a été validée par des mesures de conductivité électrique de l'eau dans le Bevinco réalisées de façon concomitante aux mesures géophysiques (Illustration 46). Les mesures montrent que la conductivité électrique de l'eau augmente à partir de la moitié nord du profil géophysique ERT6, témoignant d'un mélange d'eau douce avec de l'eau salée.

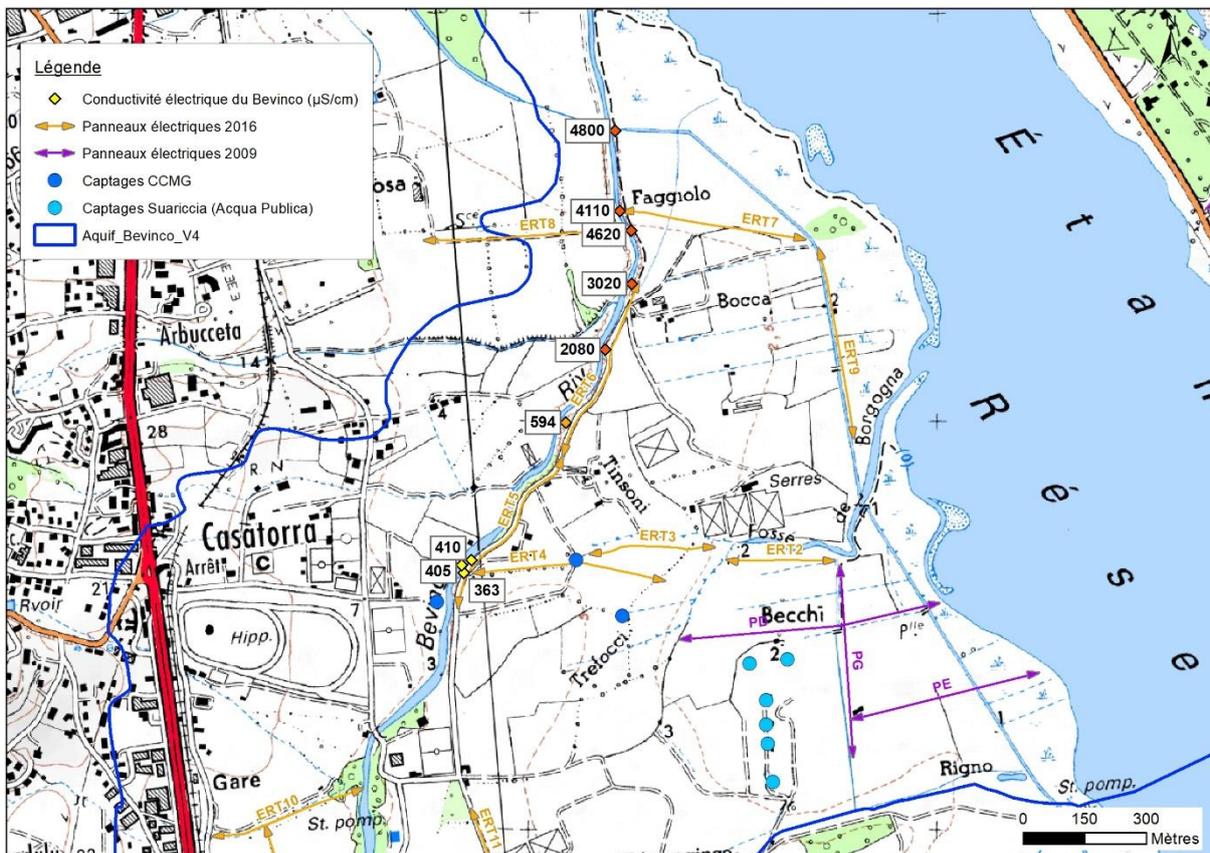


Illustration 46 : Campagne de mesures de conductivité électrique ( $\sigma=1/\rho$ ) dans le Bevinco du 08/07/2016.

**c) Biseau salé sensu stricto**

La géométrie de l'interface eau douce-eau salée (biseau salé) doit être relativement complexe au niveau de la zone d'étude du fait de l'empilement d'horizons alluvionnaires de perméabilités différentes.

Ce biseau salé est suspecté au niveau des tomographies suivantes :

- PE : partie est de la coupe jusqu'à l'abscisse 300 m. Il n'est cependant pas exclu une influence du canal de drainage dont l'eau saumâtre qui y circule est susceptible de pouvoir s'infiltrer vers les limons ;
- PD : extrémité est de la coupe jusqu'à l'abscisse 550 m ;

Il est plus clairement identifié sur les profils :

- ERT6 : extrémité nord-est à parti de l'abscisse 450 m ;
- ERT9 : extrémité nord de la coupe jusqu'à l'abscisse 360 m ;
- ERT7 : l'intégralité de la coupe est affectée par le biseau salée ;
- ERT8 : à partir de l'abscisse 380 m en surface, avec une géométrie plongeant vers l'ouest.

La spatialisation de l'information concernant ce biseau salé montre que celui-ci serait approximativement parallèle au rivage de l'étang de Biguglia.

L'objectif de l'étude géophysique est la caractérisation géométrique de l'aquifère du Bevinco par la méthode de la tomographie de résistivité électrique. Les résultats de cette étude contribuent ensuite à l'élaboration du modèle géologique 3D de l'aquifère.

Les coupes géoélectriques obtenues correspondent, après traitement, à une image en 2D de la distribution spatiale de la résistivité dans le sol sur des profondeurs pouvant aller jusqu'à 60 m, en fonction de la longueur du profil déployé. Ces coupes ont été ensuite interprétées en terme de géologie sur la base des logs de sondages situés à proximité des profils géophysiques et décrits suivant la pile lithostratigraphique standard établie dans le cadre de l'étude géologique (chapitre précédent).

Les premières observations des coupes géoélectriques obtenues ont permis de diviser le secteur en deux parties distinctes : la plaine alluviale hors influence marine et la plaine sous influence marine. L'influence marine se traduit par des valeurs de résistivité très faibles (on parle alors de niveaux conducteurs).

Ensuite, la synthèse du calage des logs géologiques existants sur les coupes géoélectriques a permis de déterminer les gammes de résistivité représentatives de chaque niveau alluvial, d'une part hors influence marine et d'autre part sous influence marine. Ainsi, les niveaux sableux se traduisent par des valeurs de résistivités élevées. C'est le cas notamment de l'aquifère principal Fy12 et des niveaux sableux récents codés Fy3s ou Fy3z. Ces mêmes niveaux apparaissent cependant très conducteurs lorsqu'ils sont envahis par l'eau de mer. Les niveaux argileux se traduisent quant à eux par des valeurs de résistivité très faibles et correspondent donc à des niveaux conducteurs. C'est le cas notamment du niveau limoneux Fy3l, du substratum de l'aquifère codé Fx ou des lentilles d'argiles dispersées dans l'aquifère et codées Fy2a. Il s'agit alors de faire la part entre la présence effective d'argiles et l'envahissement par l'eau salée. L'utilisation des logs de conductivité électrique de l'eau réalisés en forage en complément des logs géologiques disponibles sont une aide précieuse pour identifier l'origine des valeurs de résistivité observées.

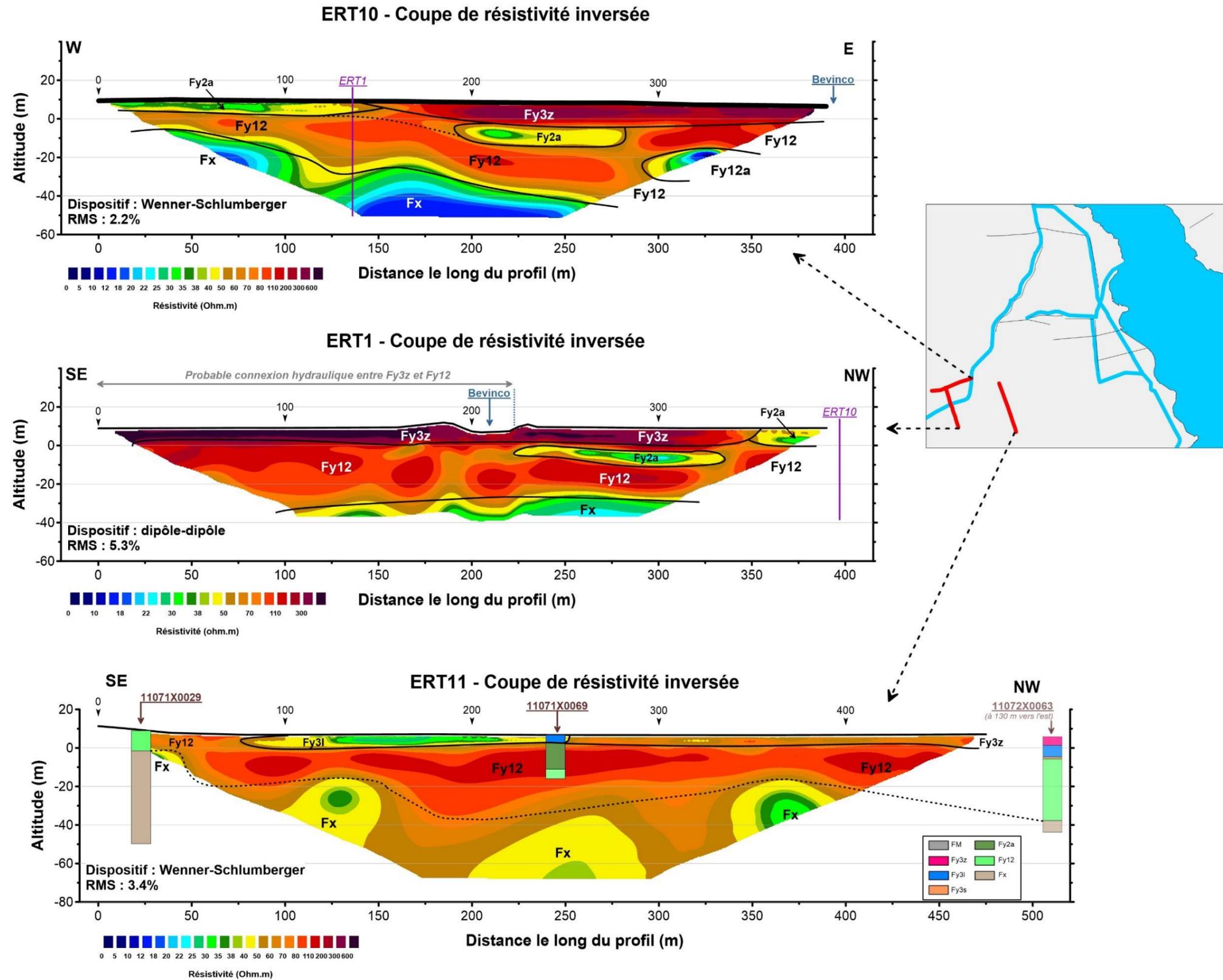


Illustration 47 : Coupes géoélectriques des profils ERT1, ERT10 et ERT11 situés dans le secteur sud-ouest, en amont du Bevinco.

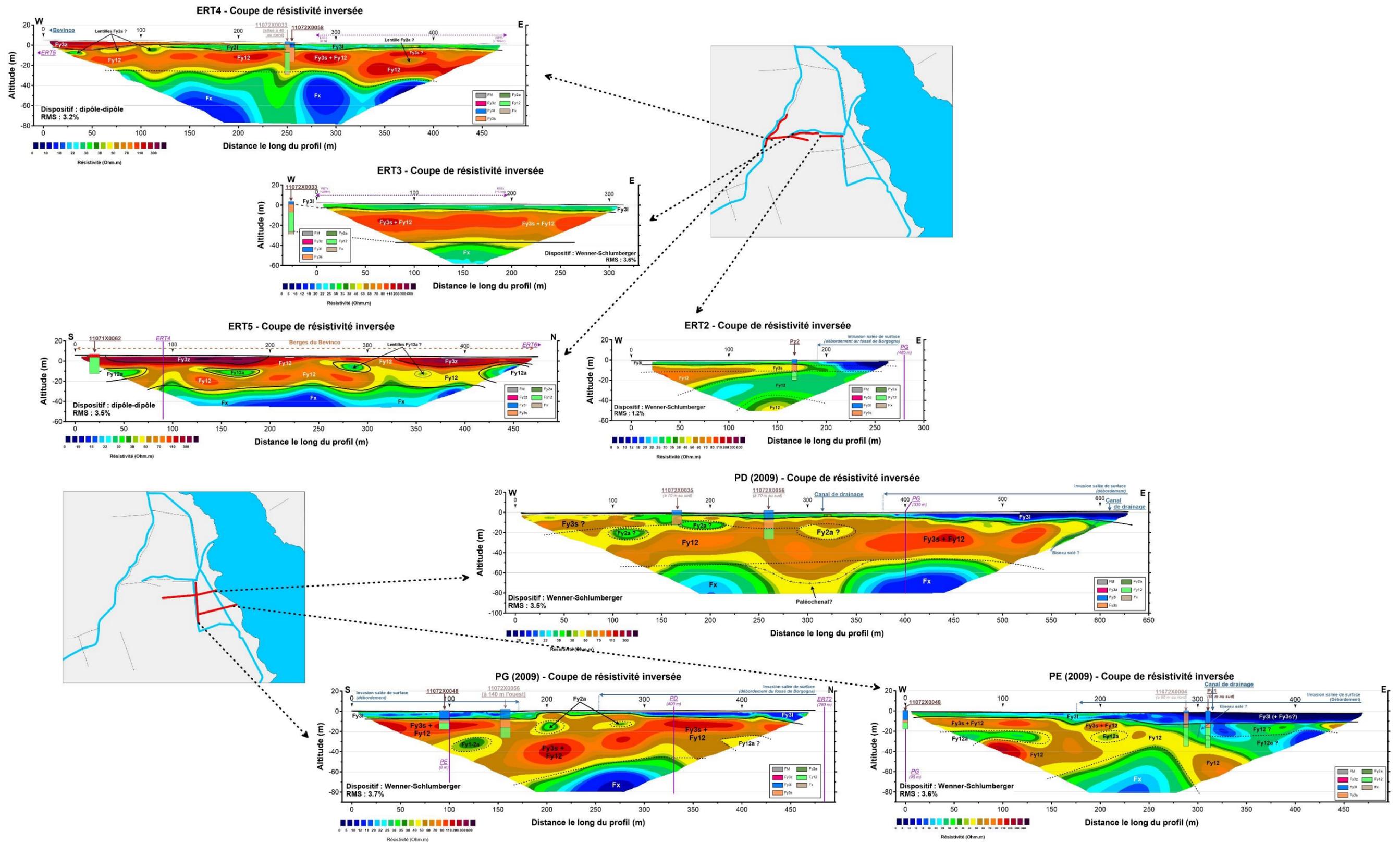


Illustration 48 : Coupes géoélectriques des profils ERT2, ERT3, ERT4, ERT5, PD, PE et PG situés dans la partie centrale de la zone d'étude.

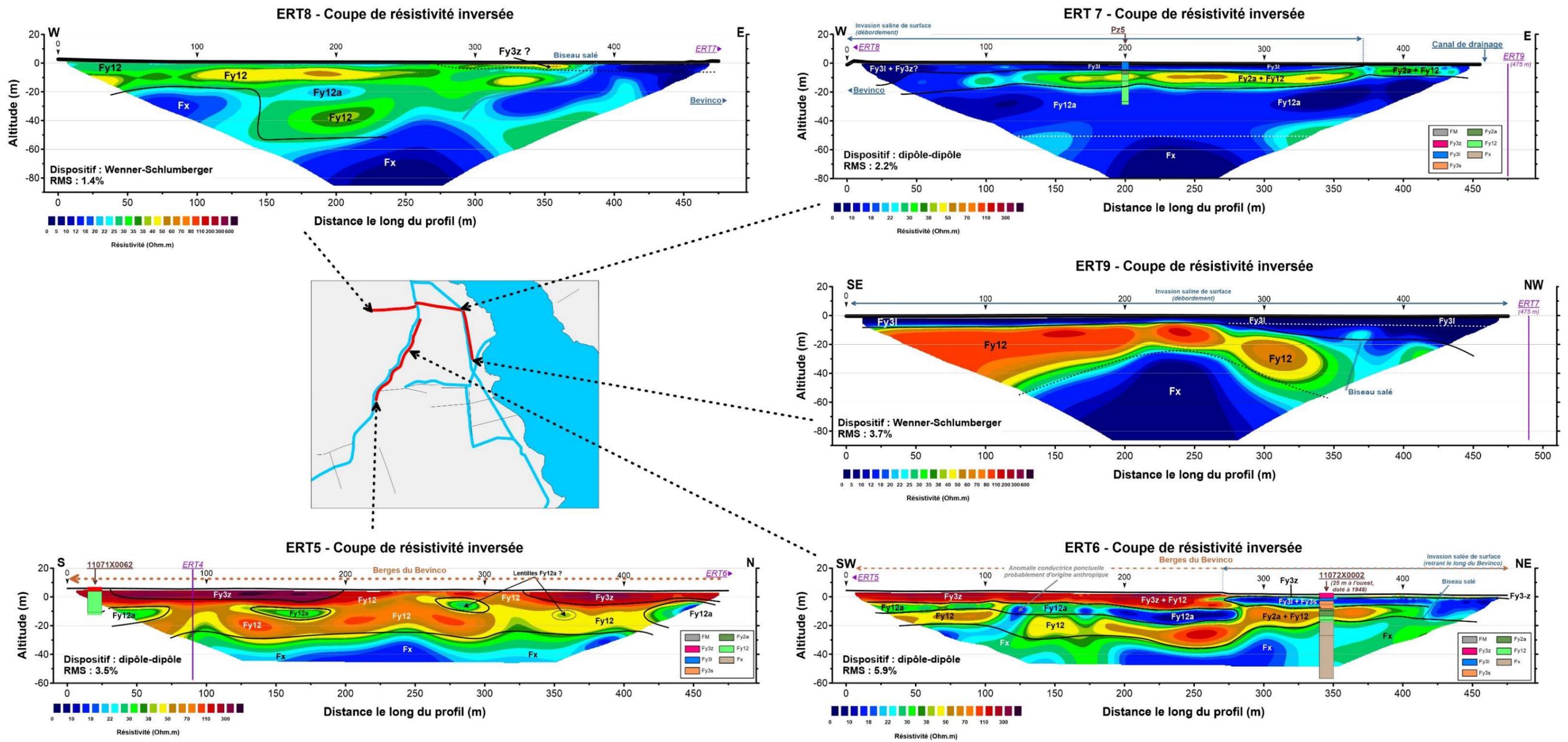


Illustration 49 : Coupes géoélectriques des profils ERT5, ERT6, ERT7, ERT8 et ERT9 situés dans la partie nord de la zone d'étude.

## 5.5. RÉSULTATS : DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES PROFILS

### 5.5.1. Secteur amont du Bevinco

#### a) ERT1

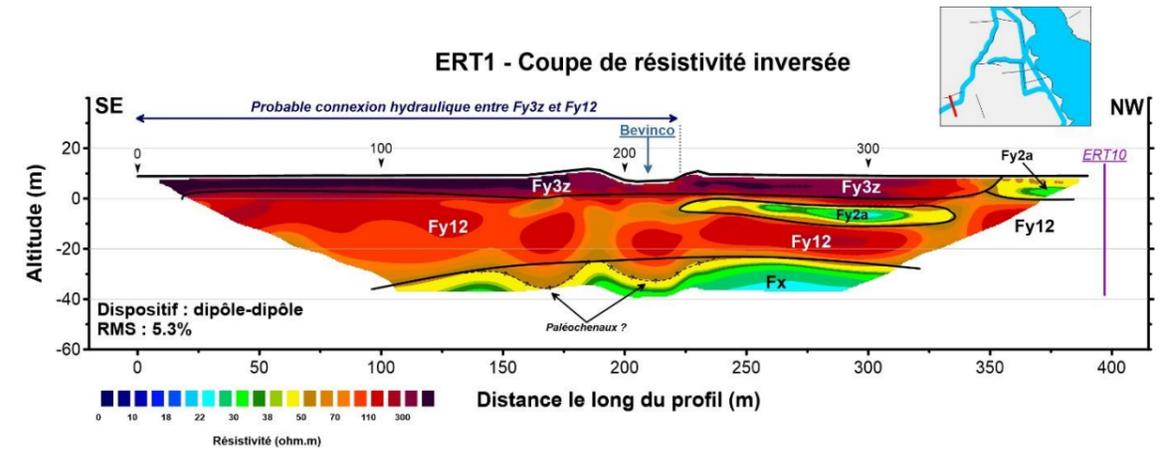


Illustration 50 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT1.

- les alluvions récentes Fy3z sont en position affleurante sur presque toute la longueur du profil ;
- en rive droite du Bevinco, l'absence de l'horizon imperméable Fy2a impliquerait une connexion hydraulique entre l'aquifère de surface Fy3z et l'aquifère Fy12 ;
- la présence de deux paléochenaux entaillant le toit des alluvions Fx est suspectée mais nécessite des informations complémentaires (e.g. logs géologiques de calage) afin d'être vérifiée.

#### b) ERT10

Ce profil est l'un des deux profils électriques situés en rive gauche du Bevinco (Illustration 51).

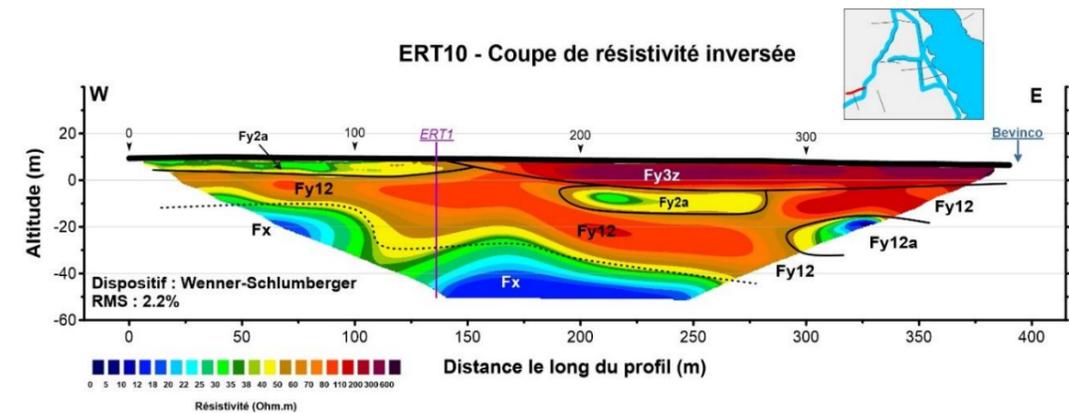


Illustration 51 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT10.

- les alluvions récentes Fy3z sont en position affleurante entre les abscisses 140 et 390 m ;
- il est possible que les alluvions Fy3z soient en contact avec l'aquifère Fy12 (absence des dépôts Fy2a) entre les abscisses 295 et 390 m ;
- les alluvions Fy2a sont en position affleurante entre 0 et 140 m ;
- l'épaisseur de l'aquifère Fy2 varie entre 7 et 27 m.

**c) ERT11**

Ce profil bénéficie de la présence de trois sondages dont les logs ont été utilisés pour le calage de la coupe (Illustration 52) : 11071X0029, 11071X0069 et 11072X0063. Ce dernier, situé à 130 m à l'est du profil, est pris en compte avec davantage de réserve.

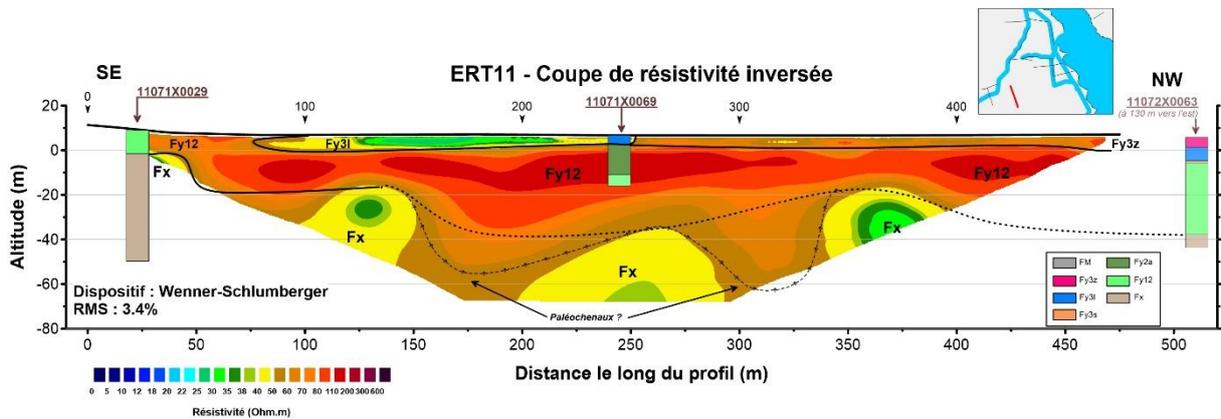


Illustration 52 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT11.

- les alluvions limoneuses Fy3l sont en position affleurante entre 100 m et 250 m de distance le long du profil. Vers le nord-ouest elles sont remplacées par les alluvions Fy3z ;
- à l'extrémité SE de la coupe, la formation aquifère Fy12 est en position sub-affleurante entre les abscisses 0 et 100 m. C'est le seul endroit sur l'ensemble de la zone investiguée en géophysique où ces dépôts occupent une telle position ;
- deux paléo-chenaux pourraient entailler les alluvions anciennes Fx. Cependant, la faible signature conductrice de ces dépôts dans ce secteur ainsi que la perte de résolution due à la profondeur inhérente à la méthode ERT ne permettent pas de trancher sur la présence ou non de ces paléo-chenaux. Des informations complémentaires sont nécessaires pour conclure définitivement sur la géométrie exacte du toit des Fx sur ce secteur.

Dans le secteur amont du Bevinco, les alluvions récentes Fy3z sont directement en contact avec l'aquifère principal Fy12 (il n'y a pas de niveaux argileux Fy2a intermédiaire). Cette géométrie est propice à une infiltration directe de la rivière vers l'aquifère. L'aquifère Fy12 présente une épaisseur d'environ 7 à 27 m dans cette zone amont.

### 5.5.2. Partie centrale de la plaine alluviale

#### a) ERT4

Deux sondages situés sur (11072X0058) ou à proximité (11072X0033) permettent de caler les lithologies le long de ce profil (Illustration 53).

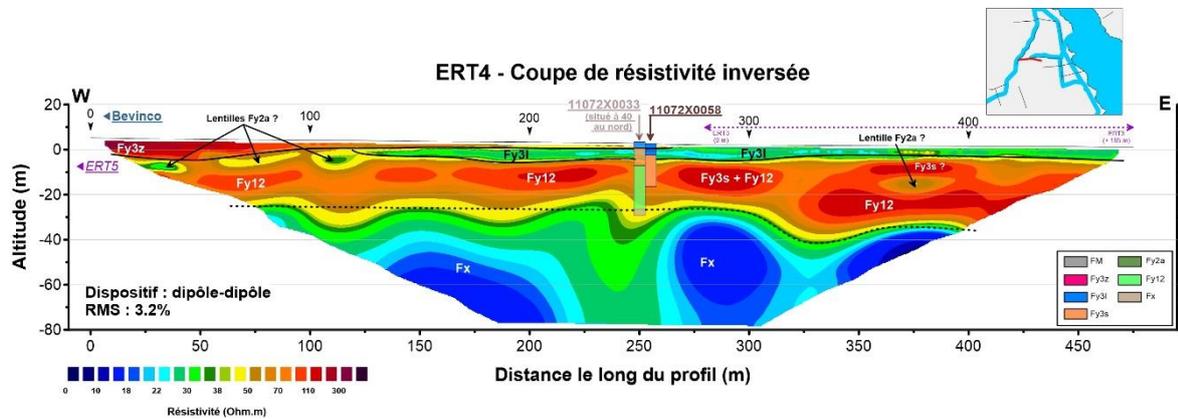


Illustration 53 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT4.

- présence des alluvions récentes F3z en rive droite du Bevinco sur une largeur d'environ 200 m ;
- le niveau Fy12a apparaît très discontinu. Une connexion hydraulique entre Fy3z et Fy12 est donc envisageable ;
- mise en évidence d'un horizon conducteur intermédiaire autour de 375 m (altitude de -15 m). Cette lentille pourrait correspondre à Fy2a venant séparer localement les Fy3z des Fy12 (ces dernières ayant une signature électrique équivalente) ;
- le toit des Fx, calé grâce au log du forage 11072X0033, semble ici très irrégulier.

#### b) ERT3

Le profil ERT 3 bénéficie de la présence du forage 11072X033 pour l'interprétation géologique (Illustration 54).

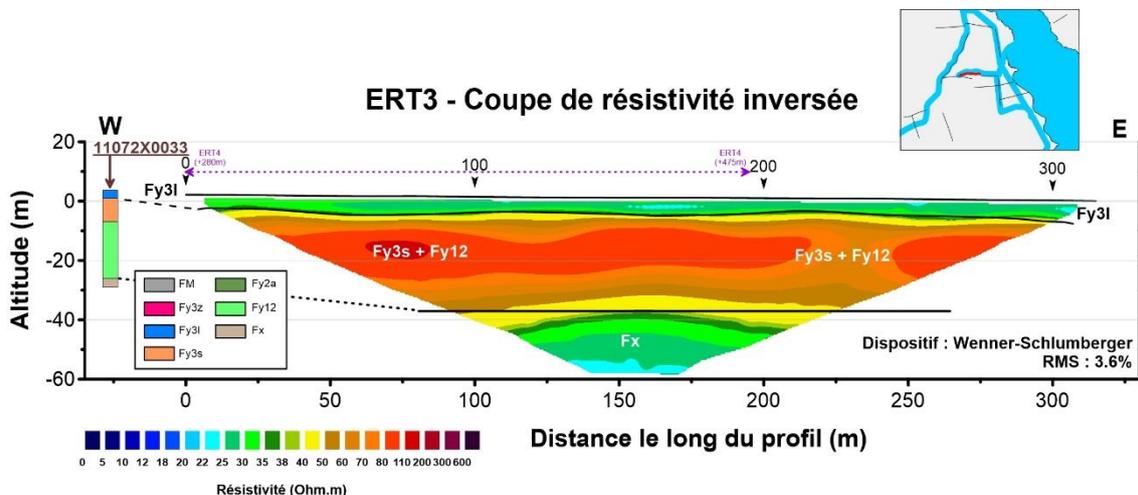


Illustration 54 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT3.

Le seul point marquant au niveau de cette coupe est l'homogénéité des horizons géoélectriques. Le log géologique disponible confirme bien la signature électrique équivalente pour Fy3s et Fy12.

**c) ERT2**

Dans le cadre de cette étude, un piézomètre a été réalisé le long du profil en 2018 (Pz2, rapport BRGM RP-68641-FR). Le log géologique associé a permis d'interpréter la coupe de l'illustration 55 ci-après. Ce profil longe le côté sud du Fossé de Borgogna.

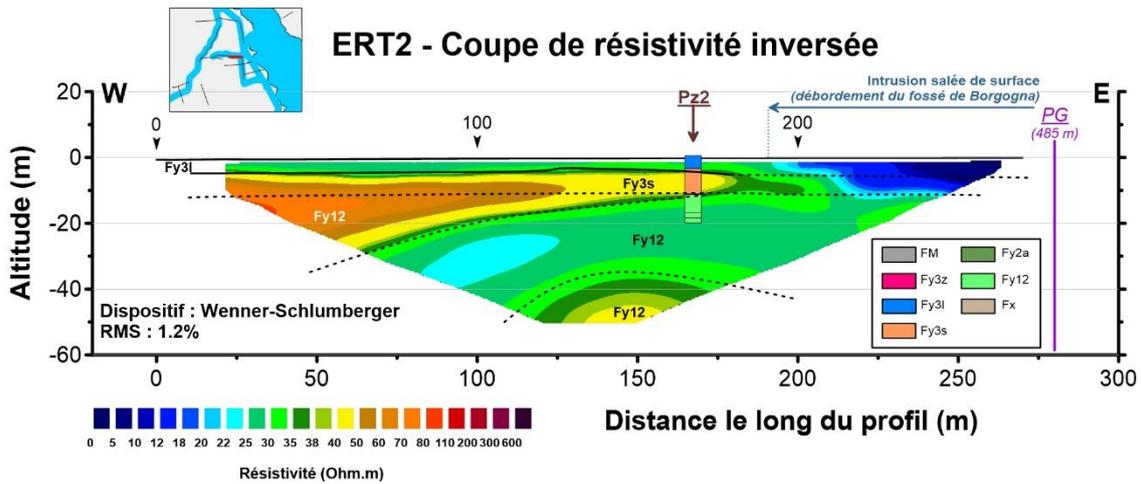


Illustration 55 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT2.

- en surface, les limons affleurants sont influencés par une intrusion salée. Cette dernière pourrait être liée à des débordements du Fossé de Borgogna le long du profil. L'intrusion affecte également les alluvions sous-jacentes (Fy3s). Dans ce secteur est du profil, le toit et le mur de Fy3l et Fy3s ont été calés à partir (1) du forage Pz2 et (2) du degré de pénétration de l'intrusion salée vers l'ouest. En effet, l'intrusion montre une géométrie en « marches d'escalier inversées », avec une pénétration de l'eau salée plus importante en surface : 80 m d'intrusion entre 0 et -5 m d'altitude contre 60 m d'intrusion au-delà de -5 m d'altitude en profondeur ;
- le profil met en évidence une passe très argileuse (« lentille » ?) au sein de Fy12 dont le toit remonterait progressivement d'ouest en est. La présence d'une intrusion salée à l'est perturbe fortement cette partie du profil électrique rendant la localisation des interfaces lithologiques délicates. En revanche, la présence d'une zone plus argileuse dans les Fy12 est confirmée par le log géologique du Pz2 ainsi que les venues d'eau observées lors de la foration qui indiquent des débits plus faibles en profondeur sur cet ouvrage (Genevier, 2019).

**d) PD**

Ce profil, acquis en 2009, a été réinterprété sur la base des informations géologiques et hydrogéologiques actualisées et grâce à la présence de deux sondages (11072X0035 et 11072X0056) situés à 70 m au sud du dispositif (Illustration 56).

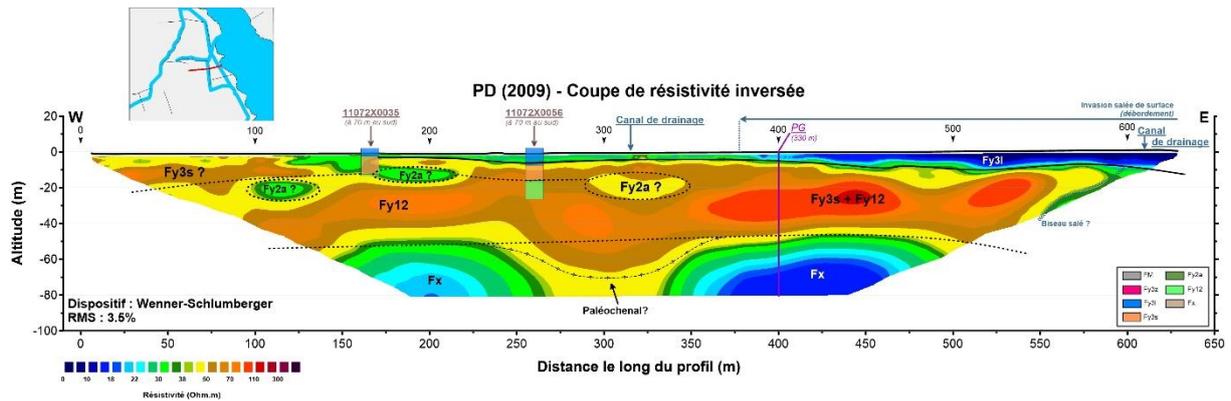


Illustration 56 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil PD.

- la formation alluvionnaire Fy3l est en position sub-affleurante sur l'ensemble de la coupe. A l'extrémité est, entre les abscisses 380 et 635 m, ces alluvions sont affectées par une invasion salée de surface reliée au débordement de l'Etang en période de hautes eaux. Vers l'ouest, la signature électrique de Fy3l (légèrement plus résistante) ne permet plus de les distinguer des Fy3s sous-jacentes ;
- au niveau de cette tomographie, la présence d'un horizon intermédiaire un peu plus conducteur (résistivité 30 à 50 Ohm.m) a été mis en évidence au sein de la formation aquifère Fy12. Ce niveau discontinu est interprété comme des lentilles argileuses Fy2a ;
- une invasion saline de type biseau salé pourrait apparaître à l'extrémité est de la coupe (abscisse 550 m) en profondeur. La position sur le profil et le manque de profondeur d'investigation dans cette zone ne permettent pas une affirmation sur cette observation.

e) PE

Ce profil a également été acquis en 2009 (Illustration 57). Il est réinterprété aujourd'hui grâce aux sondages 11072X048, 11072X0004 (situé à 95 m au nord du dispositif) et enfin au Pz1 réalisé en 2018 dans le cadre de la présente étude (Genevier, 2019).

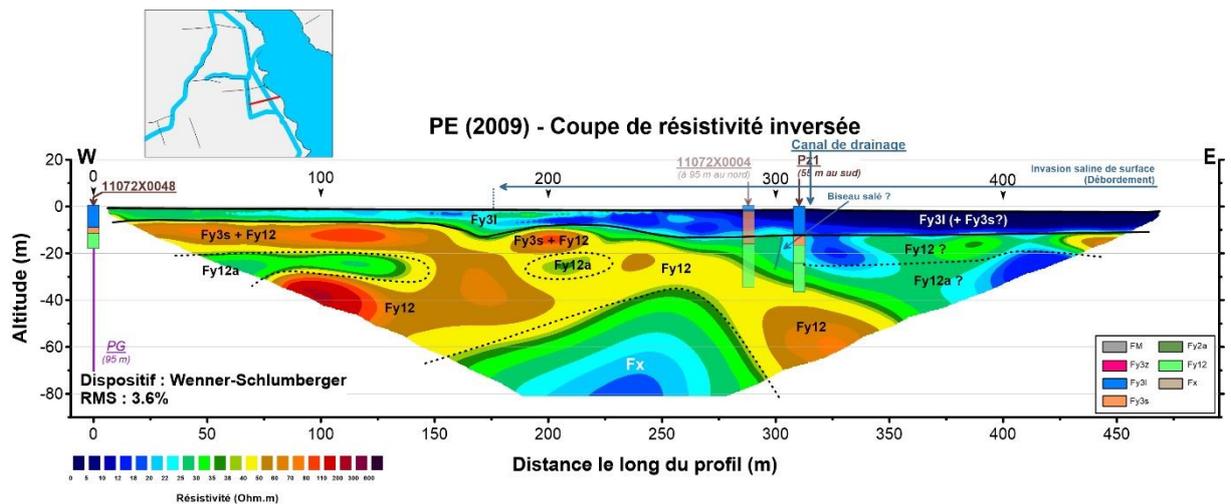


Illustration 57 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil PE.

- les alluvions Fy3l sont présentes sur l'ensemble de la coupe en position sub-affleurante. Elles sont affectées par une invasion salée de type débordement entre les abscisses 140 et 475 m ;
- la présence d'alluvions Fy3s vers l'est (à partir du sondage Pz1) est envisageable. Cependant, l'intrusion salée ne permet pas d'affirmer cette hypothèse, les alluvions Fy3s

perméables étant soumises à cette influence marine (leur résistivité serait alors confondue avec celle des Fy3l sus-jacentes) ;

- un horizon intermédiaire conducteur (Fy2a) a également été mis en évidence au sein de la formation aquifère Fy12, sous forme lenticulaire ;
- le toit de Fx semble remonter au centre de la coupe (altitude de -30 m dans un secteur où l'altitude moyenne du toit de cet horizon est autour de -50 m d'altitude). Bien que cette observation géophysique nécessite d'être vérifiée, une remontée de Fx pourrait témoigner de la présence d'un paléo-rivage dans ce secteur ;
- la localisation du biseau salé reste relativement indéterminée et est supposément identifiée autour de l'abscisse 300 m. Il affecterait les alluvions Fy12 les plus poreuses. En profondeur, la résistivité apparente des Fy12 pourrait témoigner d'un faciès plus argileux et/ou de la présence d'une nappe non affectée par l'influence marine.

### f) PG

Ce profil de 2009 a été réinterprété sur la base des informations géologiques et hydrogéologiques actualisées et grâce à la présence de deux sondages : 11072X0048 et 11072X0056, situés à 140 m à l'ouest du dispositif (Illustration 58).

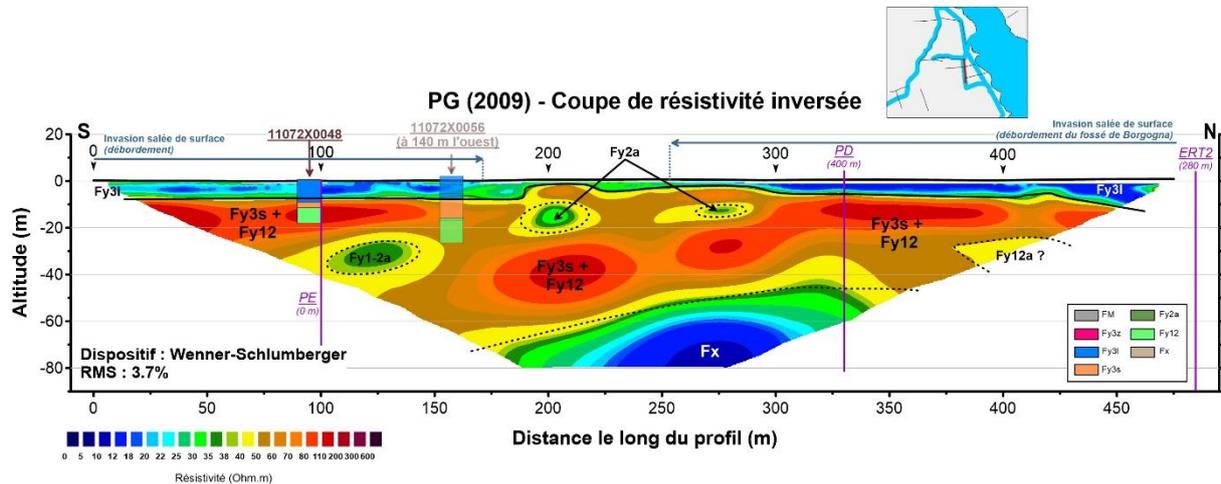


Illustration 58 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil PG.

- les alluvions Fy3l sont en position sub-affleurante sur l'ensemble de la coupe. Elles semblent affectées par une invasion salée de type débordement au sud et au nord ;
- l'épaisseur de la formation aquifère Fy3s+Fy12 est particulièrement importante (30 à 60 m). Des lentilles conductrices de Fy2a et Fy12a sont identifiées autour de 125 m, 200 m et 275 m d'abscisses ;
- le toit de Fx semble plonger vers le sud, jusqu'à une altitude de -70 m.

### g) ERT5

Le profil ERT5 a été acquis sur les berges, en rive droite du Bevinco. Un seul forage, 11071X0062, situé en rive gauche, est disponible pour l'interprétation de cette coupe (Illustration 59).

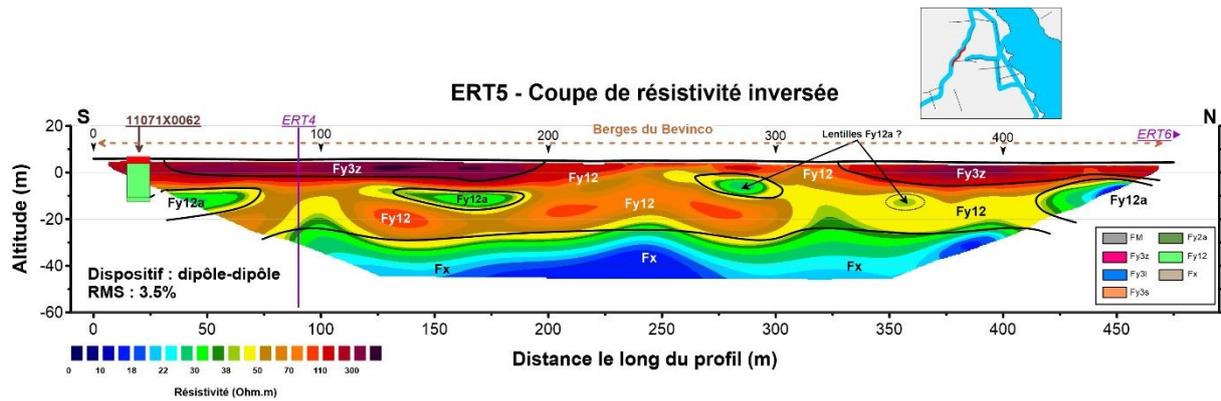


Illustration 59 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT5.

- les alluvions Fy3z sont affleurantes sur la majeure partie du linéaire (de 25 à 200 m, puis de 325 à 475 m d'abscisses) ;
- des lentilles conductrices associées à Fy12a sont également identifiées sur l'ensemble de la coupe ;
- l'épaisseur des alluvions Fy12 varie de 20 à 30 m. Elles sont en contact avec les alluvions Fy3z aux endroits où le niveau d'alluvions argileuses Fy12a n'est pas continu ;
- les alluvions anciennes Fx, très bien marquées dans ce secteur (très conductrices) ont un toit plutôt irrégulier mais dont l'altitude moyenne de -35 m est cohérente avec les autres données du secteur.

Dans la partie centrale de la plaine alluviale, les coupes géoélectriques montrent qu'aux abords du Bevinco, l'aquifère Fy12 fait 20 à 30 m d'épaisseur. Il est surmonté des alluvions récentes sableuses Fy3z qui sont des dépôts localisés aux abords de la rivière.

L'aquifère Fy12 s'amincit dans l'axe du Fossé de Borgogna et n'est plus que de 10 m d'épaisseur, cependant, au centre de la plaine il atteint jusqu'à 70 m d'épaisseur.

Les limons Fy3l sont présents sur toute l'étendue de la partie centrale de la plaine et recouvrent l'aquifère Fy12. Ces dépôts s'épaississent vers l'aval et atteignent une dizaine de mètres d'épaisseur.

Des lentilles d'argile Fy2a sont présentes au sein de l'aquifère principal Fy12 et à l'interface entre les dépôts récents Fy3z et l'aquifère à proximité de la rivière.

Le toit du substratum (Fx) de l'aquifère Fy12 est irrégulier et semble affecté de paléo-chenaux voire d'un paléo-rivage.

Les limons Fy3l de surface sont affectés d'intrusions salines à proximité de l'étang et du Fossé de Borgogna par débordement en période de hautes eaux.

La présence du biseau salé sur l'extrémité est des profils, aux abords immédiats de l'étang, est envisagée, mais n'est pas confirmée (la définition d'un profil est très faible sur ses extrémités).

### 5.5.3. La zone aval du Bevinco

#### a) ERT6

Le profil ERT6 se situe sur les berges du Bevinco, en rive droite. Un seul forage, 11072X0002, a permis l'interprétation de cette coupe (Illustration 60).

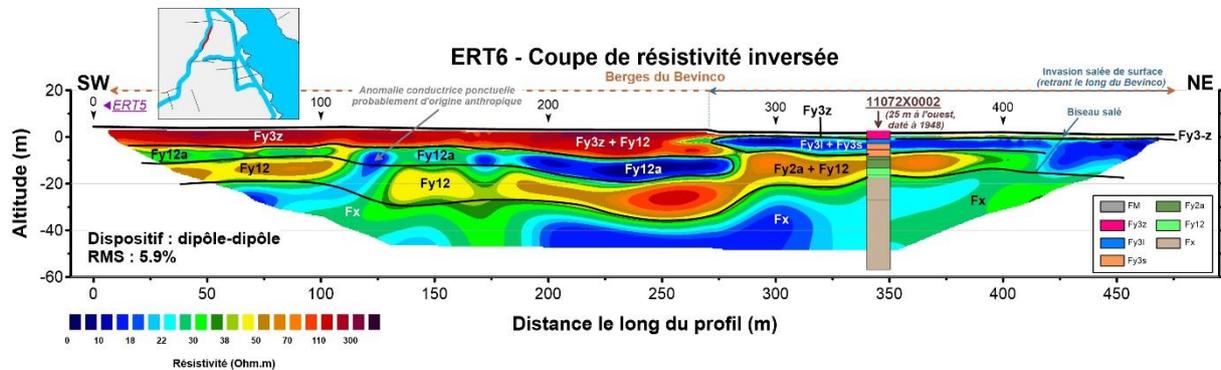


Illustration 60 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT6.

- présence des alluvions Fy3z entre 0 et 275 m d'abscisse calées à partir des données du profil ERT5. L'épaississement de cet horizon à partir de 200 m pourrait s'expliquer par la présence d'alluvions Fy12 en sus (même signature électrique). Au-delà de 275 m d'abscisse, le forage indique la présence de limons Fy3l ainsi que d'alluvions Fy3s. Entre 250 et 275 m d'abscisse on peut observer l'agencement de Fy3z et Fy3l ; ces derniers, conducteurs, forme une lentille qui viendrait s'intercaler entre les Fy3z superficielles et les Fy12 ;
- les alluvions Fy3s sont envahies d'eau salée dans le secteur aval (abscisses 265 à 475 m). Le phénomène de rentrant salé qui affecte les alluvions Fz est également confirmé par les mesures de conductivité électrique de l'eau dans le cours du Bevinco qui ont été faites de manière synchrone à ce profil électrique (carte de l'illustration 46) ;
- les Fy12a conductrices sont clairement identifiées entre 0 et 275 m d'abscisses et forment un niveau continu ;
- en aval de l'abscisse 400 m, les alluvions Fy12 semblent sous influence marine de type biseau salé ;
- il est à noter une remontée de Fx au niveau de l'abscisse 300 m correspondant approximativement au biseautage des dépôts Fy3 ;
- l'anomalie conductrice au niveau de Fy3, centrée sur l'abscisse 125 m, et la discontinuité conductrice au sein de Fy12, pourraient avoir une origine anthropique (ancienne canalisation métallique ?)

#### b) ERT8

Le profil ERT8 est localisé en rive gauche du Bevinco. L'interprétation de cette coupe, en terme de lithologie, reste délicate en l'absence de forage. Elle n'est basée que sur les signatures électriques déjà identifiées et la carte géologique au 1/50 000. L'influence marine accentue les difficultés d'interprétation.

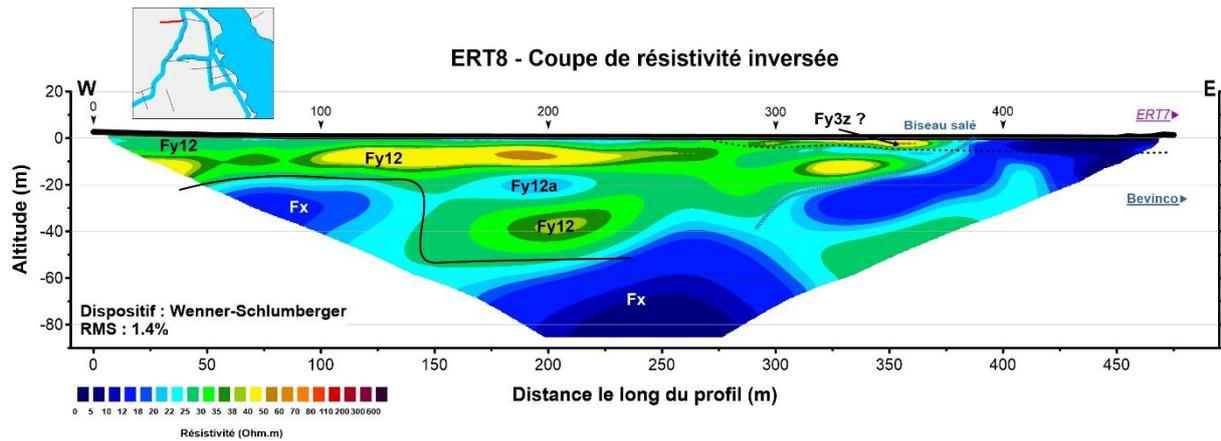


Illustration 61 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT8.

- les Fy12 sont affleurantes sur la moitié ouest du profil (entre 0 et 260 m d'abscisse) ;
- à partir de 260 m, la présence de Fy3z en surface est suspectée. Ces formations sont affectées par une invasion salée de surface de type rentrant salé entre les abscisses 380 et 475 m ;
- le biseau salé sensu stricto est identifié à l'extrémité est de la coupe. Une influence latérale de cette invasion salée en profondeur est envisageable ;
- le toit des Fx montre un décrochage net vers 150 m d'abscisse, passant d'une altitude de -20 m environ à l'ouest, à -50 m vers l'est.

### c) ERT7

Le profil ERT7 (Illustration 62), le plus aval de la zone d'étude, est interprété sur la base du log géologique obtenu au droit du piézomètre Pz5 réalisé dans le cadre de cette étude (rapport BRGM RP-68641-FR).

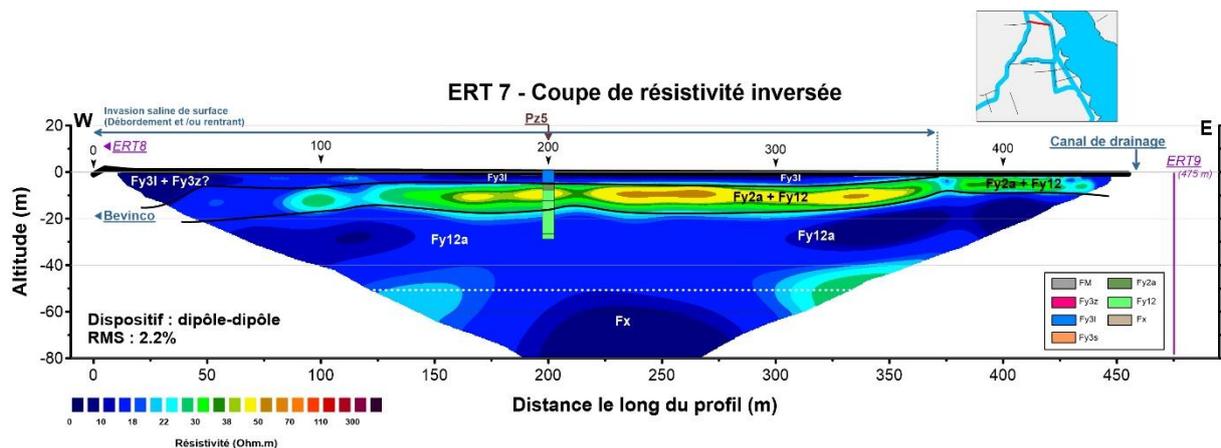


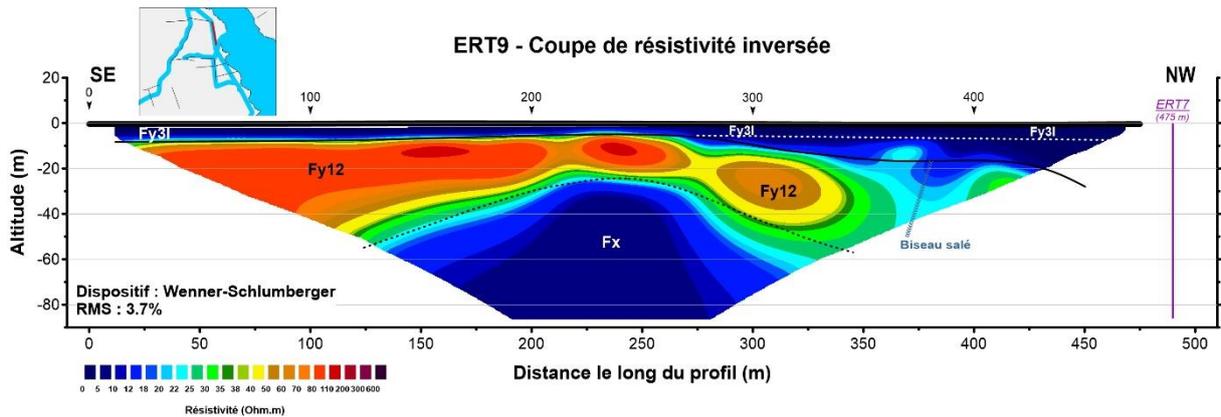
Illustration 62 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT7.

- les formations limoneuses Fy3l affleurent sur la presque totalité du profil (de 0 à 375 m d'abscisse). Leur très faible conductivité électrique provient d'une invasion salée de surface (débordement et/ou rentrant). Entre 0 et 50 m d'abscisse, le sur-épaississement de ces formations superficielles conductrices pourrait correspondre à la présence, près du Bevinco, de Fy3z affectées par le sel ;

- les formations Fy2a et Fy12 apparaissent résistantes dans ce contexte. Il s'agit d'une résistivité relative, due à la très forte conductivité électrique des formations affectées par l'influence marine. En réalité, leur signature est la même que sur les autres profils où elles sont identifiées. Leur faible perméabilité (argilosité importante) fait barrage aux intrusions salées. A partir de 376 m d'abscisse, les Fy2a et Fy12 deviennent affleurantes ;
- les alluvions sous-jacentes, Fy12a et Fx, apparaissent très conductrices. L'influence marine sur ces deux horizons pourraient contribuer au signal électrique observé.

**d) ERT9**

Le profil ERT9 se trouve le long du canal de drainage (Illustration 63).



*Illustration 63 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil ERT9.*

- le phénomène d'invasion salée de type débordement affecte l'intégralité des dépôts superficiels qui correspondent aux formations limoneuses Fy3l. Le mur des Fy3l est mal contraint au nord-ouest, à cause de l'influence marine ;
- la présence du biseau salé est mise en évidence sur la partie nord-ouest de la coupe (abscisse 400 m). Elle semble affecter la partie supérieure des Fy12 ;
- le toit des alluvions anciennes Fx montre des variations significatives d'altitude (de -50 m à -35 m) qui restent à confirmer. Ces variations pourraient témoigner de la présence d'un paléo-rivage.

Dans l'extrémité nord et nord-est de la plaine alluviale, les coupes géoélectriques montrent qu'en aval du seuil de Casatorra, il existe un niveau continu d'argiles Fy2a entre les dépôts récents Fy3z qui bordent la rivière et l'aquifère principal Fy12. Cet horizon très peu perméable isole donc l'aquifère de la rivière dans cette zone.

L'épaisseur de l'aquifère Fy12 se réduit dans le coin nord-est et se limite à une dizaine de mètres. Il est surmonté de 5 à 10 m de limons Fy3l.

Au contact de la rivière dans sa portion aval, les limons Fy3l sont salinisés car impactés par le rentrant salé de l'étang dans le lit de la rivière. A proximité de l'étang, les limons sont également salinisés, en lien avec le débordement de l'étang en périodes de hautes eaux.

L'extrémité nord nord-est de l'aquifère Fy12 est affectée du biseau salé.

#### 5.5.4. Le lido

Le profil PC se situe sur le lido qui sépare l'Etang de Biguglia de la mer. Le log du piézomètre Pz4 réalisé dans le cadre de cette étude (BRGM RP-68641-FR) et situé à 1 km au sud du dispositif a été utilisé pour l'interprétation de cette coupe (Illustration 64).

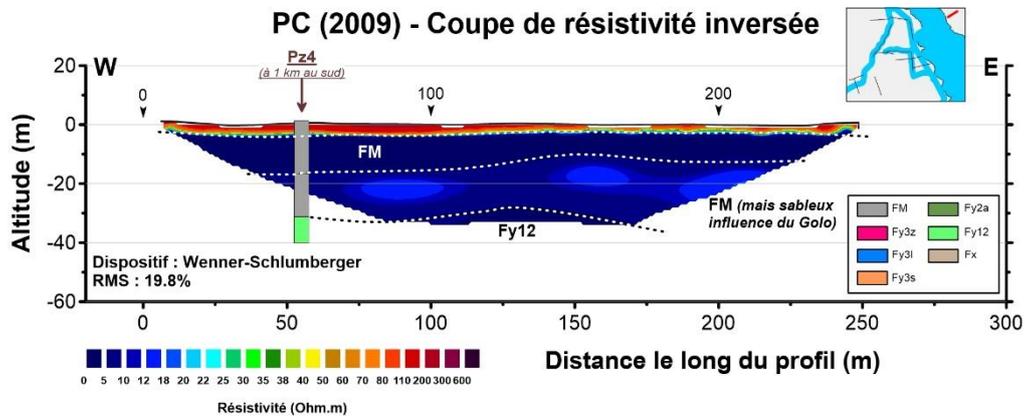


Illustration 64 : Coupe de distribution des résistivités électriques le long du profil PC.

- l'intégralité de la zone est sous influence marine rendant la distinction des unités lithologiques présentes très délicate ;
- de la subsurface à environ -35 m d'altitude, les lithologies sont des formations fluviomarines provenant du remaniement par la mer des dépôts du Bevinco et du Golo (ce dernier est situé plus au sud). Ces faciès n'étant pas détaillés dans le modèle géologique, leur description fine d'un point de vue géoélectrique ne sera pas réalisée ;
- les formations superficielles, résistantes, correspondraient à des dépôts fluviomarins composés de sables très fins. La présence d'eau douce observée dans des puits situés à proximité du profil électrique confirme le signal géoélectrique observé ; ces terrains ne sont pas affectés par l'eau de mer ;

Les formations alluvionnaires du Bevinco semblent présentes au-delà de -35 m d'altitude en moyenne, mais la précision sur la position du toit de cet horizon est assez faible (perte de résolution à cette profondeur et forte perturbation des résistivités électriques due à l'influence marine).

Sur le Lido, le seul profil géoélectrique disponible ne permet que d'identifier la couche de sable fin de surface contenant de l'eau douce et exploitée par quelques puits. Son épaisseur est d'environ 5 m. Au-delà, en profondeur, les intrusions salines perturbent fortement le signal électrique qui n'est plus interprétable.

## 6. Élaboration du modèle géologique 3D

### 6.1. FORMATIONS MODÉLISÉES

La liste des formations modélisées est indiquée à l'illustration 65.

**FLM** : La formation notée « FLM » (pour fluvio-marine) regroupe les alluvions du Golo et les apports marins qui ont été rencontrés sur le Lido (Pz4). Elle est considérée comme peu perméable. Elle n'affleure que sur le Lido.

**Fy3z** : Les alluvions actuelles du Bevinco (notées Fz sur la carte géologique) sont regroupées avec la partie supérieure de la terrasse Fy3, considérée comme perméable. Au sud de la zone, les colluvions (galets, graviers, sables) observées sur les deux sondages (11071X0001-SUARRI, 11071X0030-BIGUG3) sont regroupées avec cette formation.

**Fy3I et Fy3s** : Le reste de la terrasse Fy3 est subdivisé en deux :

- une partie supérieure limoneuse (**Fy3I**), considérée comme peu perméable, correspondant au code Fy3-zl1 mentionné sur l'illustration 40 ;
- une partie inférieure sableuse (**Fy3s**), considérée comme aquifère, regroupant les codes Fy3-zs2, Fy3-zs1 et Fy3-zl2 mentionnés sur l'illustration 40. Concernant la lithologie Fy3-zl2, elle est présente uniquement sur 4 sondages : 1107-2X-0001, 1107-2X-0032, 1107-2X-0035 et 1107-2X-0036, avec des épaisseurs relativement réduites (respectivement 2.25m, 4.9m, 2m et 2m), sous forme d'argiles peu sableuses ou tourbes, entre les niveaux sableux Fy3-zs2 et Fy3-zs1. Ce niveau Fy3-zl2 semblant très localisé (les forages 32, 35 et 36 sont très proches), il n'a pas été individualisé dans le modèle.

**Fy2a et Fy12** : Fy1 et Fy2 ne pouvant être distinguées sur les profils géophysiques (même signature électrique résistante), ces deux formations sont regroupées. Pour tenir compte d'un niveau argileux pouvant être présent au sommet de Fy2 et susceptible de séparer le niveau aquifère Fy3 de l'aquifère principal Fy12, une couche argileuse (Fy2a) est créée au sommet de Fy2. Celle-ci n'est toutefois pas présente sur tout le domaine d'étude, comme on le verra. Elle correspond au code Fy1-2a1 mentionné sur l'illustration 40.

En plus du niveau argileux Fy2a au sommet des dépôts Fy2, des passées argileuses sont présentes sur certains sondages à l'intérieur des terrasses Fy2+Fy1 (Fy12). On en distingue également quelques-unes sur certains profils géophysiques. Ces passées argileuses semblent localisées, et peut-être lenticulaires, et ne peuvent être reliées d'un sondage à l'autre. Elles n'ont donc pas été modélisées faute d'informations ou d'hypothèses fiables sur leur extension. Le pourcentage de ces faciès argileux au sein de la terrasse Fy2 + Fy1 a toutefois été calculé afin d'en étudier l'éventuelle répartition spatiale et de paramétrer les propriétés hydrodynamiques de l'aquifère.

**SUB** : la terrasse Fx à la base a été regroupée avec les affleurements de socle ou de terrains sédimentaires en bordure ouest de la zone d'étude. Elle forme la base (imperméable) du système aquifère.

Pile litho-stratigraphique modélisée			Regroupements pour le modèle, à partir des codes « pile standard » montrés sur l'illustration 40
Formation	Type surface	Description	
FLM	EROD	Formation Fluvio marine (ensemble alluvions du Golo + apports marins) - imperméable	Affleure sur le Lido
Fy3z		Ensemble Fzs + sommet de Fy3 (Fy3-zs) + colluvions - perméable	Fy3z = « Fzs » + « Fy3-zs »
Fy3l	EROD	Fy3l: Limons Fy3-zl1 - imperméables	Fy3l = « Fy3-zl1 »
Fy3s	EROD	Fy3s: sables Fy3-zs2 + Fy3-zs1 (aquifère) + intercalaires Fy3-zl2	Fy3s = « Fy3s2 » + « Fy3s1 » + « Fy3-zl2 »
Fy2a	EROD	Niveau d'argile au sommet de Fy12 (Fy1-2a1)	Fy2a = « Fy1-2a1 »
Fy12	EROD	Ensemble Fy1 + Fy2 (aquifère) + lentilles argileuses intercalaires Fy1-2a d'extension limitée	Fy12 = « Fy1-2 » + « Fy1-2a »
SUB	EROD	Ensemble indifférencié à la base de Fy1-2: Alluvions Fx ou formations sous-jacentes (imperméable)	SUB = « ANTE » + « Fx »

illustration 65: Pile lithostratigraphique modélisée

La pile lithostratigraphique à modéliser comprend donc 7 « formations ». Pour les modéliser les cotes de la base de chaque couche sont interpolées à partir des données disponibles, soit six surfaces à interpoler (base de FLM, base de Fy3z, etc... jusqu'à la base de Fy12). La surface supérieure du modèle est modélisée par le modèle numérique de terrain (ou la surface du fond de l'étang sous l'étang).

## 6.2. DONNEES UTILISÉES

Les données suivantes ont été compilées et réunies afin de contribuer à la construction du modèle :

- les limites de l'aquifère ;
- le modèle numérique de terrain (maille 1 m) et les informations bathymétriques de l'étang ;
- les sondages disponibles sur la zone d'étude et à sa périphérie ;
- les profils géophysiques interprétés ;
- la carte géologique harmonisée (et vectorisée) existante à 1/50 000 ;
- les observations de terrain.

En plus de ces données, on dispose bien sûr de toutes les études et connaissances précédentes.

Ces données ont été décrites dans les chapitres précédents de ce rapport. Quelques précisions complémentaires sont apportées ci-après.

### 6.2.1. Limites de l'aquifère

Celles-ci sont reportées notamment sur l'illustration 12. Elles correspondent principalement aux limites d'affleurement de la terrasse Fy2 par rapport aux formations plus anciennes réputées non aquifères.

### 6.2.2. Modèle numérique de terrain

Un modèle numérique de terrain couvrant l'ensemble de la zone d'étude a été constitué en combinant :

- un MNT LiDAR (maille 1m), à terre, acquis par l'IGN, datant de 2013 ;
- le MNT IGN de maille 25 m en dehors de l'emprise du MNT LiDAR ;
- les levés bathymétriques au droit de l'étang de Biguglia [Source : Valerie Orsoni et Corinne Tomasino (2015) Bathymétrie de l'étang de Biguglia, Synthèse et cartographie Rapport Ifremer (2015, ODE/LITTORAL/LER-PAC/15/06), Illustration 66].

Le trait de côte et les limites de l'étang de Biguglia ont été digitalisés sur le fond topographique de l'IGN au 1/25 000 et mis en cohérence par rapport aux levés LiDAR ou bathymétriques.

La cote du fond de l'eau a été estimée à partir des levés bathymétriques, à l'intérieur de la zone ainsi digitalisée. Le long du trait de côte, la cote du fond de l'eau (et de la surface de l'eau) a été fixée à 0 m NGF.

Le MNT à terre et la cote du fond de l'eau ont ensuite été réunis en une seule grille de maille 10x10 m. Dans chaque maille, l'altitude moyenne de la surface topographique ou du fond de la mer a été calculée (par moyenne mobile à partir de la grille LiDAR, ou par interpolation à partir des levés bathymétriques).

La maille de 10x10 m a été choisie car elle permet de conserver une précision suffisante sans trop pénaliser les temps de calcul pour la simulation hydrodynamique finale.

Paramètres de la Grille Modèle	Origine (coin inférieur gauche de la maille inférieure gauche) - Lambert93 (m)	Taille de la maille (m)	Nombre de mailles
Selon X	1 227 680	10	440
Selon Y	6 188 970	10	388

Tableau 3 : Caractéristiques de la grille modèle.

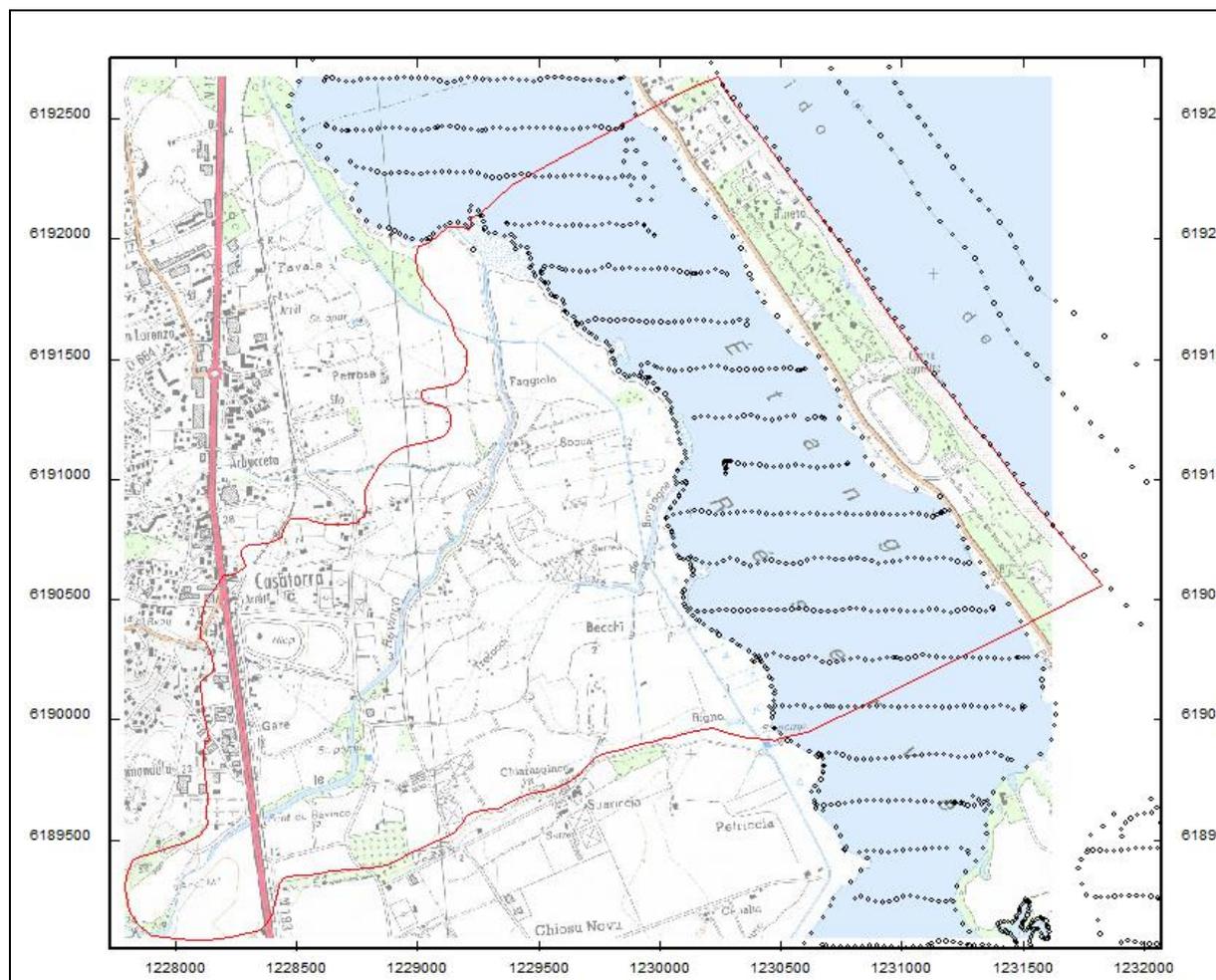


Illustration 66 : Localisation des levés bathymétriques.

### 6.2.3. Sondages

Les sondages et leur recodage sont présentés section 4.2.

Parmi les 35 sondages disponibles, seuls 28 sondages sont réellement exploitables pour la construction du modèle géologique. Les sept autres ne peuvent être exploités en raison de descriptions imprécises ou n'apportant aucune information sur les formations à modéliser. La liste des 28 sondages exploitables est fournie Tableau 4.

Les cotes altitudinales des débuts de forage ont fait l'objet d'une comparaison avec le MNT. Ceci a permis de relever quelques erreurs, qui ont été corrigées après examen des dossiers de sondages originaux. Lorsque la cote indiquée était manifestement erronée, on a attribué à la cote de départ du sondage la valeur du MNT LiDAR.

Les cotes altitudinales des bases des différentes formations rencontrées par les forages servent d'entrée à l'interpolation de ces surfaces « base ».

Sondage	Profondeur totale (m)	XL93 (m)	YL93 (m)	Z (m NGF)	Première formation	Dernière formation
11071X0001	17	1 228 811	6 189 682	8.74	Fy3z	Fy12
11071X0002	23	1 228 798	6 189 789	9.25	Fy3z	Fy12
11071X0003	60	1 228 774	6 189 717	8.85	imprécis	Fx
11071X0028	59	1 228 777	6 189 787	9.1	Fy3z	Fx
11071X0029	58.7	1 228 972	6 189 449	7.8	imprécis	Fx
11071X0030	44.8	1 228 824	6 189 727	8.5	Fy3z	Fx
11071X0062	19.3	1 228 917	6 190 418	6.47	Fy3z	Fy12
11071X0069	23	1 229 062	6 189 684	7	Fy3z	Fy12
11072X0001	30.25	1 229 358	6 190 384	3.4	Fy3l	Fy12
11072X0002	60	1 229 312	6 191 088	3.5	Fy3z	Fx
11072X0003	50	1 229 726	6 189 972	2.4	Fy3l	Fx
11072X0004	35	1 230 161	6 190 291	0.5	Fy3l	Fy12
11072X0015	33.5	1 229 527	6 190 887	1.12	Fy3l	Fx
11072X0032	17	1 229 710	6 190 173	2.7	Fy3l	Fy12
11072X0033	32.8	1 229 246	6 190 557	3.4	Fy3l	Fx
11072X0034	24	1 229 104	6 189 696	6.5	Fy3z	Fy12
11072X0035	15.5	1 229 671	6 190 264	2	Fy3l	Fy12
11072X0047	60	1 229 255	6 190 027	5.15	imprécis	Fx
11072X0048	18.5	1 229 922	6 190 127	0.8	imprécis	Fy12
11072X0056	28.5	1 229 763	6 190 271	1.7	Fy3l	Fy12
11072X0058	19	1 229 246	6 190 517	4	Fy3l	
11072X0063	49.5	1 229 102	6 189 986	6	Fy3z	Fx
11072X-S3	60	1 229 701	6 190 087	2.4	Fy3l	Fx
Pz1	36.7	1 230 242	6 190 149	0.2	Fy3l	Fy12
Pz2	20.5	1 229 779	6 190 527	0.6	Fy3l	Fy12
Pz3	41.5	1 228 658	6 190 450	7.7	Fy12	Fx
Pz4	41.5	1 231 454	6 190 541	1.4	FLM	Fy12
Pz5	29.7	1 229 551	6 191 359	0.8	Fy3l	Fx

Tableau 4 : Forages utilisés pour la construction du modèle géologique.

#### 6.2.4. Coupes géophysiques interprétées

Ces coupes ont été présentées dans le chapitre 5 de ce rapport. Les surfaces interprétées le long de ces profils sont numérisées après géo-référencement en 3D des profils géophysiques. Là encore les points le long de ces profils fournissent les coordonnées (X, Y, Z) des différentes interfaces à modéliser.

Il est à préciser que la coupe géophysique ERT2 n'a pas été utilisée dans le modèle en tant que donnée d'entrée car l'interprétation des variations de résistivité qui y sont observées en terme de faciès géologiques présente des incertitudes qu'il n'a pas été possible de lever. En revanche, la coupe géologique du sondage Pz2 réalisé dans le cadre de cette étude et implanté au droit de la coupe géophysique ERT2 a bien été prise en compte.

### **6.2.5. Carte géologique**

La carte géologique harmonisée vectorisée est représentée Illustration 12. Les contacts entre deux formations affleurantes fournissent des points de passage de la base de la formation la plus récente. Par exemple, un contact sur la carte géologique entre les terrasses Fy2 et Fx fournit un point (X, Y, Z) de passage de la base de Fy2, la cote Z de ce contact étant la cote topographique.

Ainsi, les contacts pertinents de la carte géologique ont été digitalisés. Il s'agit principalement des contacts entre Fx ou le substratum et les terrasses plus récentes (Fy2 en particulier). Les contacts entre Fy3 et Fy2 ou entre Fy3 et Fz n'ont été pris en compte que partiellement car, comme évoqué section 3.5, les investigations menées dans le cadre de cette étude ont montré que l'extension de Fy3 ou Fz est plus importante que celle indiquée par la carte géologique (notamment en rive droite et dans la partie amont de la zone d'étude).

### **6.2.6. Observations de terrain**

Les observations de terrain décrites à la section 4 ont servi à l'interprétation des forages et ont également été utilisées pour affiner le modèle (par exemple pour limiter l'extension de certaines terrasses en fonction de ce qui avait été observé sur le terrain).

## **6.3. MÉTHODE DE MODÉLISATION**

### **6.3.1. Résumé de la méthode**

La méthode de modélisation utilisée est développée en détail dans le rapport BRGM/RP-66461-FR (Bourguin, 2018).

Elle est basée sur l'utilisation du logiciel GDM MultiLayer®, développé par le BRGM depuis près de 20 ans (<http://gdm.brgm.fr>).

Schématiquement, cet outil permet de gérer de façon relativement automatisée tout le processus de modélisation, depuis la compilation des données, leur intégration, les tests de cohérence des différentes données, le choix des paramètres de calcul, jusqu'à l'interpolation des interfaces entre formations et la création de documents de synthèses (logs de sondages, coupes, cartes isohypses ou isopaques, représentations 3D du modèle).

Dans notre cas, les interfaces interpolées sont les bases des différentes formations modélisées.

Les cotes altitudinales de ces bases de formation sont obtenues :

- à partir de la cote altitudinale des bases de formation le long des sondages ;
- à partir de ces mêmes cotes numérisées sur les profils géophysiques interprétés ;
- à partir des points de contact de la carte géologique (le Z étant égal à la cote topographique) ;
- le cas échéant, à partir de points d'observation sur le terrain.

Ces cotes altitudinales sont interpolées par krigeage pour chaque interface.

L'interpolation est limitée, le cas échéant, à l'intérieur de la limite d'extension maximale de la formation (voir ci-après).

Les surfaces interpolées obtenues pouvant localement se croiser, elles sont découpées entre elles, en donnant priorité à la surface la plus récente. En effet, s’agissant de terrasses alluviales emboîtées, les terrasses les plus récentes ont incisé les terrasses antérieures.

Le processus d’interpolation et d’intersection des surfaces est automatisé dans le logiciel. Dans le cas où la solution automatique conduit à une incohérence géométrique ou géologique, le modélisateur géologue peut intervenir et introduire des points de « forçage ». Ceci peut se produire dans les zones mal contraintes faute de donnée de forage ou de coupes géophysiques.

Le modèle géologique est vérifié par le tracé de coupes dans différentes directions, par le tracé de cartes d’épaisseur, par des visualisations 3D. Les zones de surépaisseur ou sous épaisseur sont vérifiées grâce à des coupes verticales et des points de forçage sont introduits si nécessaire.

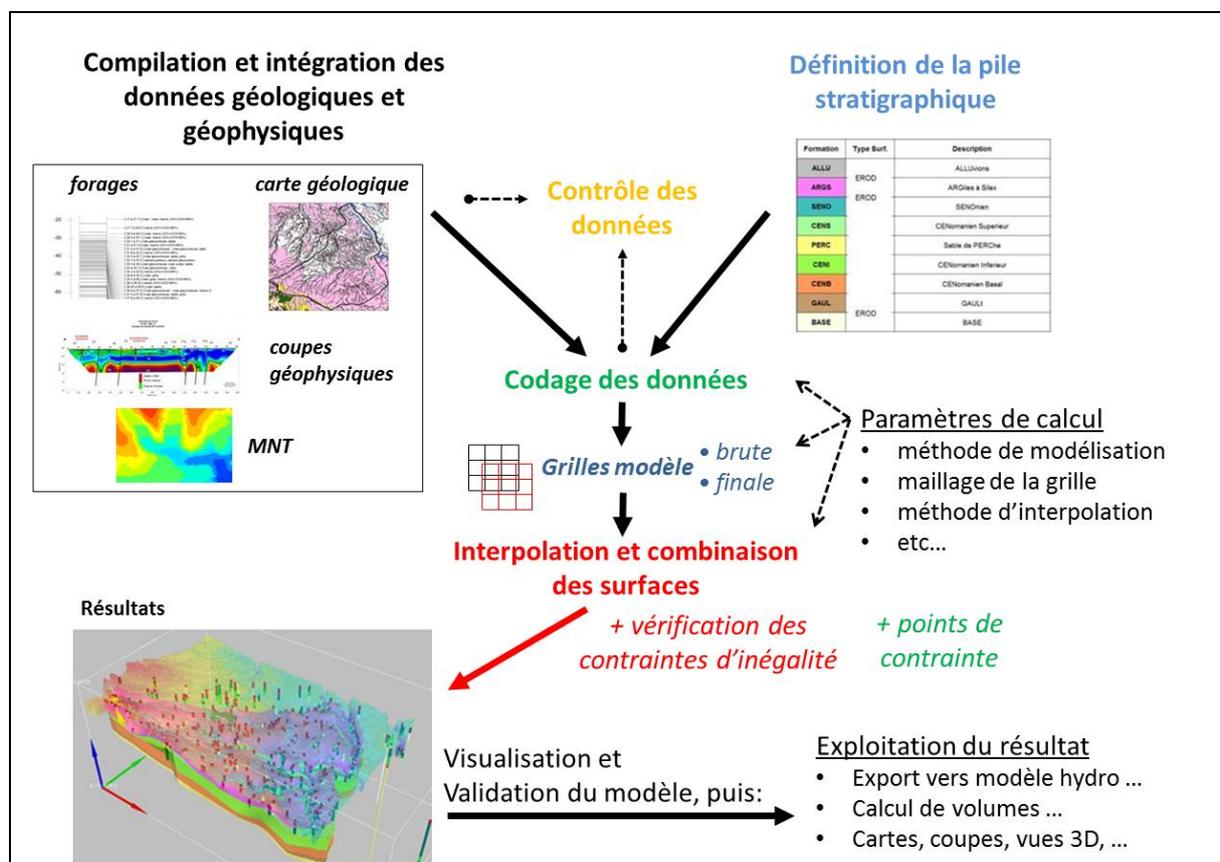


Illustration 67 : Principe de fonctionnement du logiciel GDM-MultiLayer.

Lors de la construction du modèle, la zone d’existence de chaque « formation » peut être limitée par un contour d’extension maximale. Par exemple, la formation « Fy12 » ne pourra être présente qu’à l’intérieur de la limite cartographique fournie par la carte géologique (ou plutôt elle ne pourra pas exister là où existe une formation plus ancienne comme Fx ou le substratum rocheux).

Dans le cas présent, des limites d’extension maximales ont été introduites (Illustration 68) :

- pour la formation FLM : la formation « fluvi marine » FLM n’est rencontrée qu’en sondage et sur les profils géophysiques du Lido. La limite d’extension ouest de FLM a été placée de façon purement arbitraire au milieu de l’étang de Biguglia ;

- pour la formation Fy3z, la limite d'extension choisie intègre la limite d'extension de Fz de la carte géologique, le contact Fy2-Fy3 de la carte géologique en rive gauche et à l'est du profil ERT1. À l'ouest du profil ERT1 et en rive droite, il a été modifié par rapport à la carte géologique pour englober les zones où cette formation avait été rencontrée en forage ou sur les coupes géophysiques ;
- pour la formation Fy3l, le contour d'extension maximale se base en partie sur des limites d'affleurements géologiques et sur la présence ou non de la formation en forage ou sur les coupes géophysiques ;
- pour la formation Fy3s, l'extension est limitée en partie par les contours de la carte géologique et par l'indication de présence ou d'absence de la formation en sondage ou sur les coupes géophysiques ;
- aucune limite d'extension explicite n'a été introduite pour Fy2a (niveau d'argile au sommet de Fy12). Cette formation voit son extension limitée de fait par l'interpolation des surfaces de base (et donc l'érosion) de la terrasse Fy3, ainsi que par la prise en compte des contraintes d'inégalités (voir ci-après) ;
- de même aucune limite d'extension maximale n'est fixée pour Fy12 dans la mesure où la limite de modélisation elle-même exclue les zones d'affleurement de Fx ou du substratum.

Notons que même si une limite d'extension maximale est fixée, la formation peut ne pas exister localement à l'intérieur de cette limite si elle se biseaute ou si elle est érodée en certains endroits (à l'intérieur de cette limite).

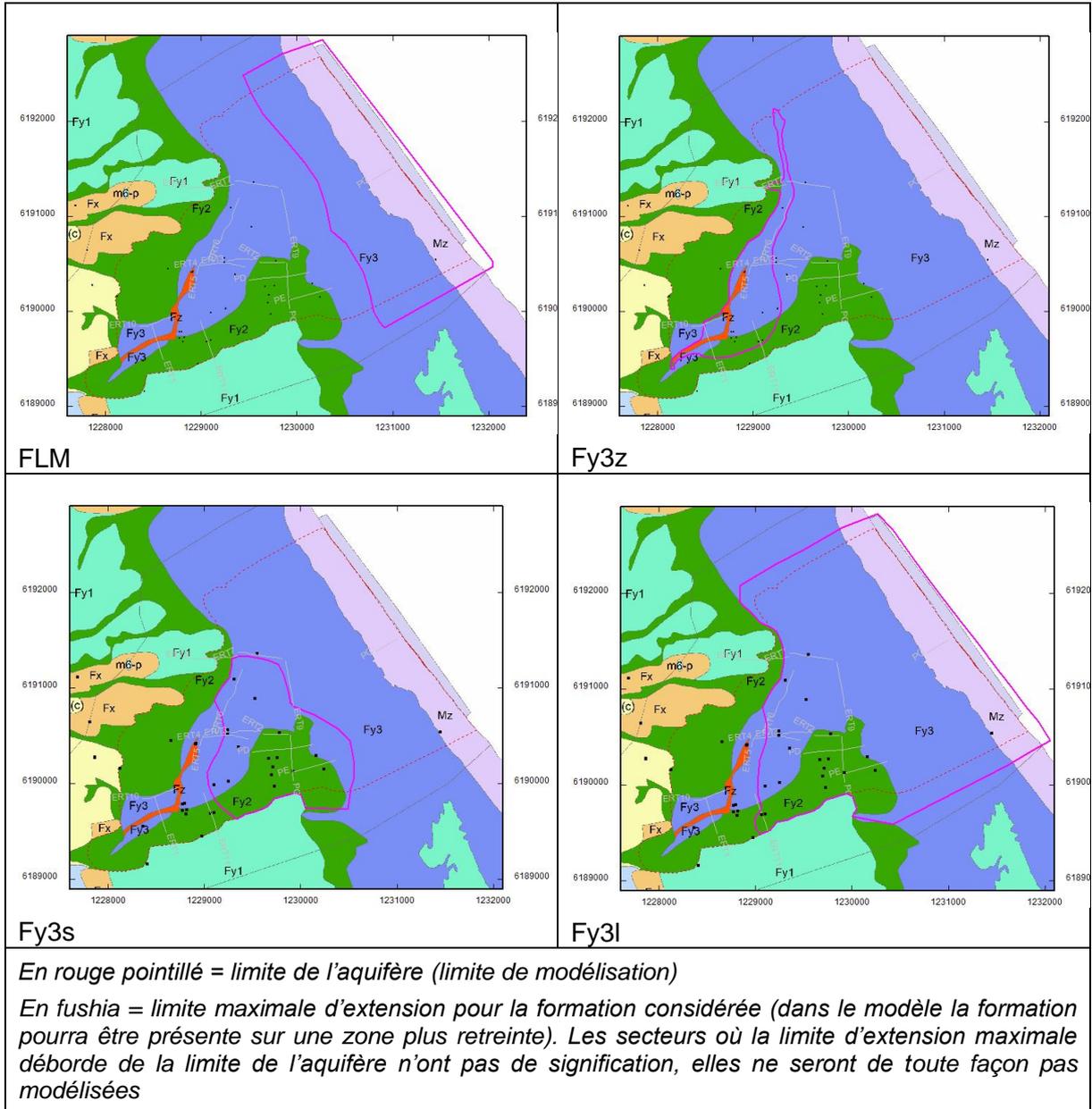


Illustration 68 : Limites d'extension maximale introduites dans le calcul du modèle géologique 3D.

### 6.3.2. Nombre de données « exactes » de base des formations utilisé

Le Tableau 5 fournit le nombre de points de données de chaque type (forages, coupes géophysiques, contacts géologiques, total des trois) fournissant la cote dite « exacte » de la base des formations, ceci pour chaque surface modélisée.

Il apparaît que ce sont les coupes géophysiques interprétées et les contacts de la carte géologique qui fournissent le plus de données, les premiers en profondeur, les seconds en surface.

Il est à noter que les points de contact sont rentrés en moyenne tous les 25 m le long des profils géophysiques. La distance peut être plus grande si l'interface est relativement régulière ou un peu plus petite pour préciser certains détails.

Au total on dispose d'un nombre assez important de données. Ceci étant, ces données ne sont pas réparties uniformément sur la zone, puisque souvent localisées au droit de quelques profils et le long de contacts. Il n'y a quasiment aucune donnée à l'aval, permettant de contraindre le modèle sous l'étang ou sous la partie nord du Lido.

Surface modélisée	Nombre de données de chaque type			
	Forages	Coupes géophysiques	Contacts géologiques	Total
Base de FLM	1	6		7
Base de Fy3z	11	86	133	230
Base de Fy3l	16	138	18	172
Base de Fy3s	14	77	9	100
Base de Fy2a	10	74	0	84
Base de Fy12	13	141	63	217

Tableau 5 : Nombre de points fournissant la cote « exacte » de la base des formations, pour chaque type de données.

Ces données sont dites « exactes », par rapport au données « d'inégalités » ci-après.

### 6.3.3. Contraintes d'inégalité

En plus des points de passage « exacts » des bases des formations le long des forages, coupes géophysiques et contacts géologiques, des « contraintes d'inégalité » sont fournies par ces mêmes données.

Les données (ou contraintes) d'inégalités sont en fait des contraintes sur la cote « minimale » ou « maximale » que peut prendre chaque interface modélisée lorsque celle-ci n'a pas été rencontrée au droit du point considéré.

Ainsi un forage se terminant dans la terrasse Fy12 sans avoir atteint la base de cette terrasse, fournit une contrainte d'inégalité du type «  $Z_{base\ de\ Fy12} < Z_{fin\ de\ forage}$  ». Dans ce cas l'interpolation de la base de Fy12 au droit de ce forage doit passer sous la fin du forage pour que l'inégalité soit respectée.

De même un forage commençant dans la formation « Fy3s » indique que les formations Fy3l et Fy3z ne sont pas présentes en ce point, donc que les surfaces d'érosion à la base de Fy3l et Fy3z n'ont pas incisé Fy3s en ce point : leur cote est donc virtuellement au-dessus de la cote de départ du forage, ce qui donne une inégalité du type : «  $Z_{surface\ d'érosion} > Z_{début\ forage}$  ».

D'autres contraintes d'inégalité peuvent être fournies par les tronçons de sondages pour lesquels l'interprétation est incertaine : on ne sait pas exactement dans quelle terrasse on se situe mais on sait qu'on est au-dessous ou en-dessous d'un niveau particulier.

Le Tableau 6 fournit le nombre total de points fournissant des données d'inégalité. Bien souvent, ces points sont en plus grand nombre que le nombre de points de passage « exacts » des surfaces (notamment lorsque sont modélisées des surfaces d'érosion). En réalité, tous

ces points ne sont pas significatifs car l'algorithme comptabilise les points situés en dehors des limites d'extension des formations.

Quoiqu'il en soit, la procédure de modélisation va vérifier que les surfaces interpolées à partir des points de passage « exacts » du Tableau 5 est compatible avec toutes les contraintes d'inégalité du Tableau 6 (sous réserve d'être situé dans la limite d'extension maximale de la formation considérée).

Surface modélisée	Nombre de données d'inégalité de chaque type			
	Forages	Coupes géophysiques	Contacts géologiques	Total
Base de FLM	29	516	223	768
Base de Fy3z	19	436	90	545
Base de Fy3l	14	384	72	470
Base de Fy3s	15	392	63	470
Base de Fy2a	19	195	63	277
Base de Fy12	16	225	0	241

Tableau 6 : Nombre de points fournissant des données d'inégalité, pour chaque type de données et pour chaque surface à modéliser.

#### 6.3.4. Points de « forçage »

Lorsque la surface interpolée ne respecte pas une contrainte d'inégalité, il convient d'introduire un point de « forçage », de façon à contraindre l'algorithme à construire une surface géologiquement et géométriquement cohérente.

L'illustration 69 explique ce principe. Les deux sondages de droite et gauche fournissent une donnée « exacte » de la base de la terrasse Fy12. Le sondage central n'atteint pas la terrasse Fx. L'interpolation à partir des 2 sondages fournissant une donnée exacte recoupe le sondage central et ne respecte pas l'inégalité (Illustration 69 – a).

Après vérification que les interprétations des forages étaient correctes, une donnée supplémentaire nommée « point de forçage » doit être introduite. Par exemple (Illustration 69 – b) un point est introduit sous la fin du forage central. Il peut s'agir par exemple de l'interprétation d'un chenal de Fy12 passant à la verticale du forage, l'existence de ce chenal pouvant être suggérée par d'autres considérations géologiques.

Des points de forçage peuvent également être introduits lorsque les données disponibles contraignent mal le modèle, et conduisent à des résultats peu réalistes d'un point de vue géologique.

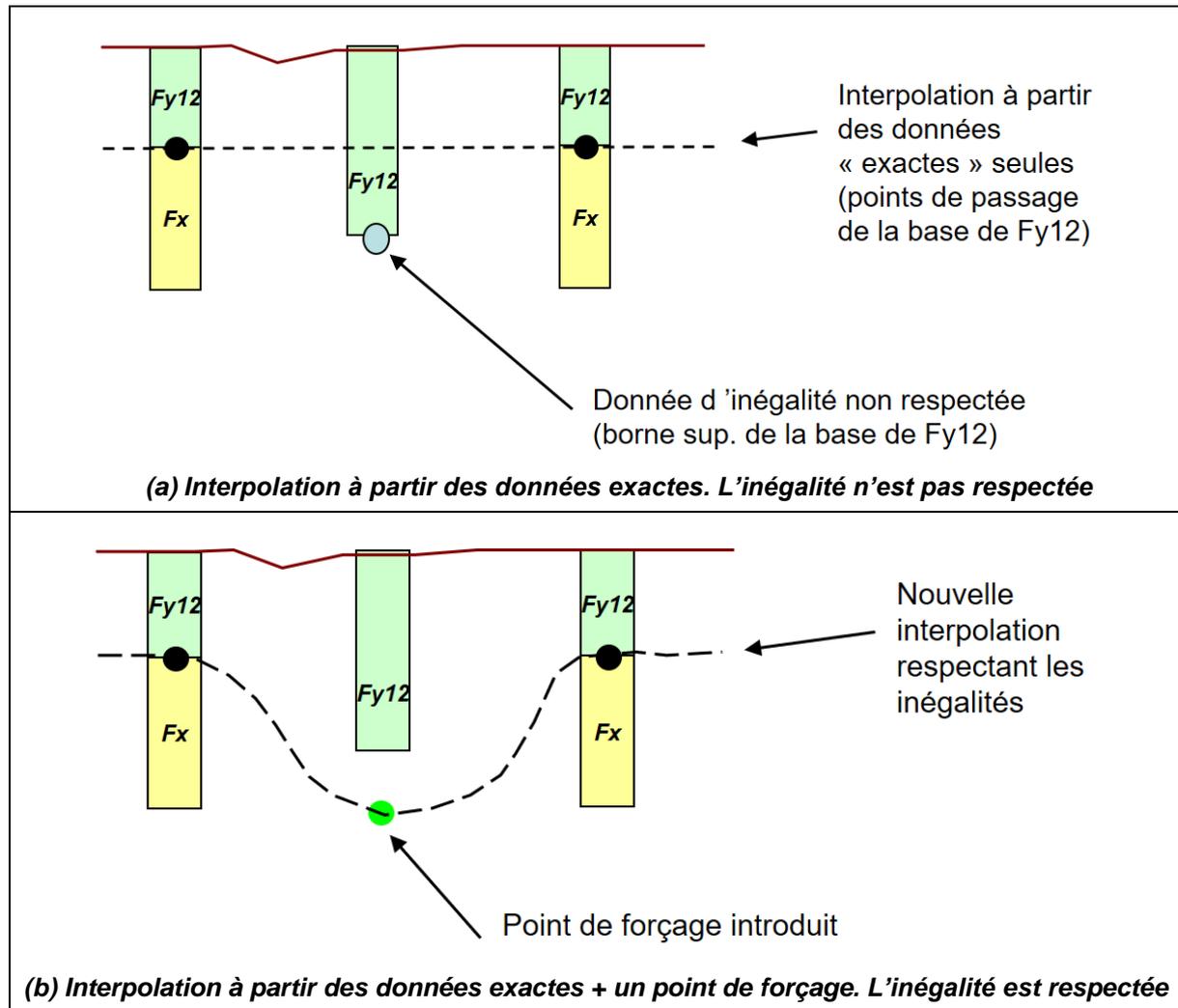


Illustration 69 : Principe des points de forçage (ou points de contrainte).

Pour la modélisation de l'aquifère du Bevinco, il a ainsi été nécessaire d'introduire les points de forçage indiqués Tableau 7 ci-après.

Certains de ces points ont été introduits pour respecter des contraintes d'inégalité. C'est le cas principalement de la base de Fy2a.

D'autres l'ont été pour obtenir un modèle géologique jugé plus réaliste. Ainsi, un certain nombre de points de contrainte ont été introduits pour générer un chenal de Fy12 en rive gauche du Bevinco. L'existence d'un tel chenal est suggérée par le profil géophysique ERT10 en amont, le sondage PZ3 puis le profil ERT8 en aval, sur lesquels une épaisseur importante de Fy12 est identifiée.

Surface modélisée	Nombre de points de forçage introduits
Base de FLM	20
Base de Fy3z	3
Base de Fy3l	17
Base de Fy3s	15
Base de Fy2a	46
Base de Fy12	35

Tableau 7 : Nombre de points de forçage introduits pour la construction du modèle.

### 6.3.5. Vérification et finalisation du modèle géologique

Une fois les points de forçage introduits pour vérifier les contraintes d'inégalité, d'autres points de forçage (ou points d'interprétation) peuvent être introduits pour affiner le modèle, générer des biseaux progressifs, rendre un chenal plus continu, etc.

Ces points sont introduits par numérisation sur des coupes verticales, après restitution du premier modèle sur des coupes, cartes isopaques, vues 3D.

## 6.4. RÉSULTATS

Le modèle géologique est visualisé de l'illustration 70 à l'illustration 79.

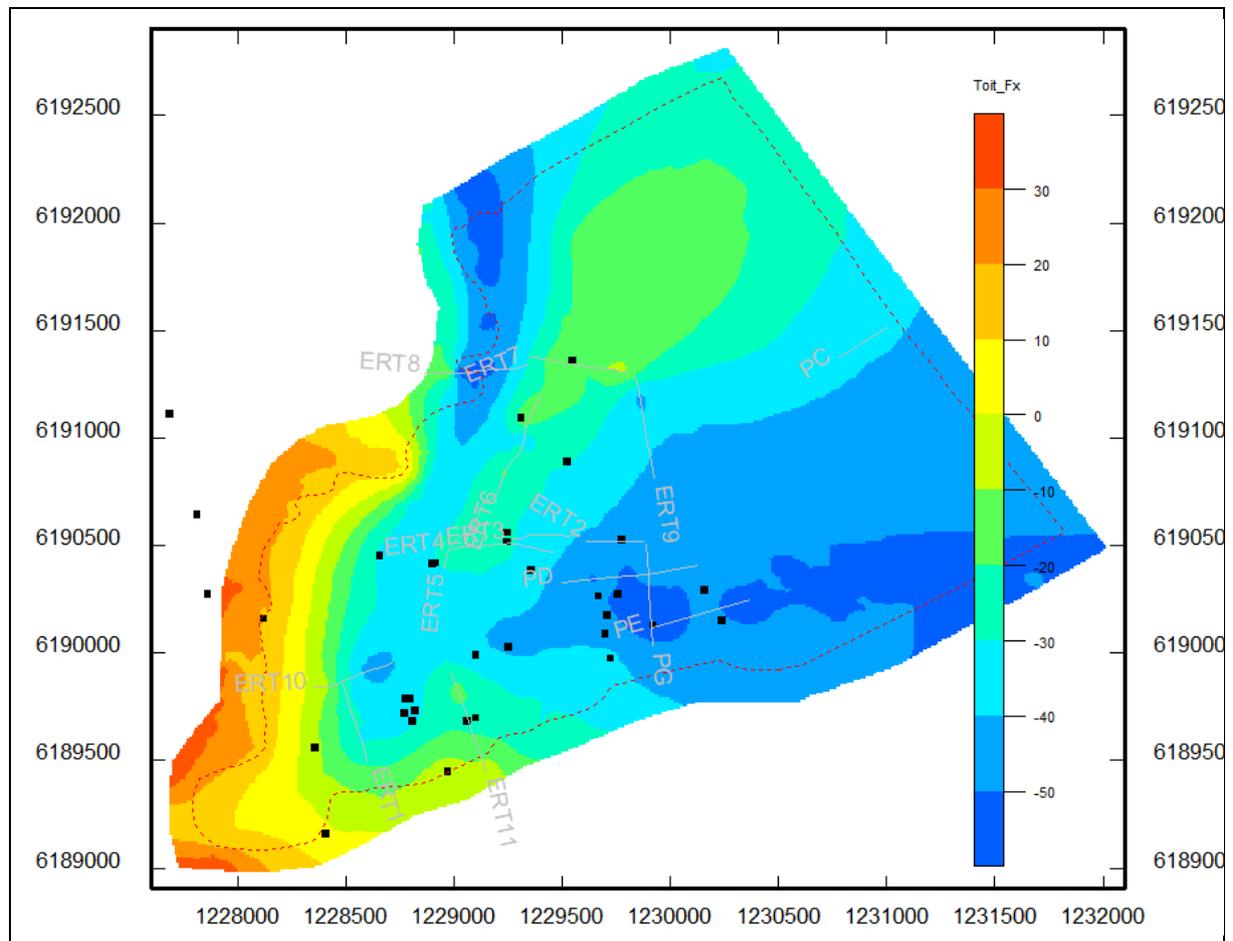


Illustration 70 : Cote du toit de Fx (ou du substratum).

L'illustration 70 permet de visualiser la cote du toit de Fx (autrement dit la base de la terrasse Fy1+Fy2). Cette base de Fy12 descend jusqu'à la cote -50 à presque -60 m NGF. D'après cette carte, deux chenaux semblent se dessiner. Le premier au sud. Il est imagé par quelques sondages, ainsi que par les profils PE et PG, avec un prolongement vers le sondage Pz4 situé sur le Lido (qui n'atteint cependant pas la base de ce chenal présumé). Le second est situé en rive gauche du Bevinco. Comme indiqué précédemment, la terrasse Fy12 y affiche une forte épaisseur sur les profils ERT10 et ERT8, ainsi que sur le forage Pz3. Le prolongement nord de ce chenal (au nord de ERT8) n'est pas attesté par une donnée factuelle, mais résulte d'une interprétation entrée dans le modèle, le chenal restant grossièrement parallèle à l'axe actuel du Bevinco.

L'illustration 72 montre quant à elle une vue 3D de la géométrie de la base de Fy12, avec report des sondages et des profils géophysiques interprétés.

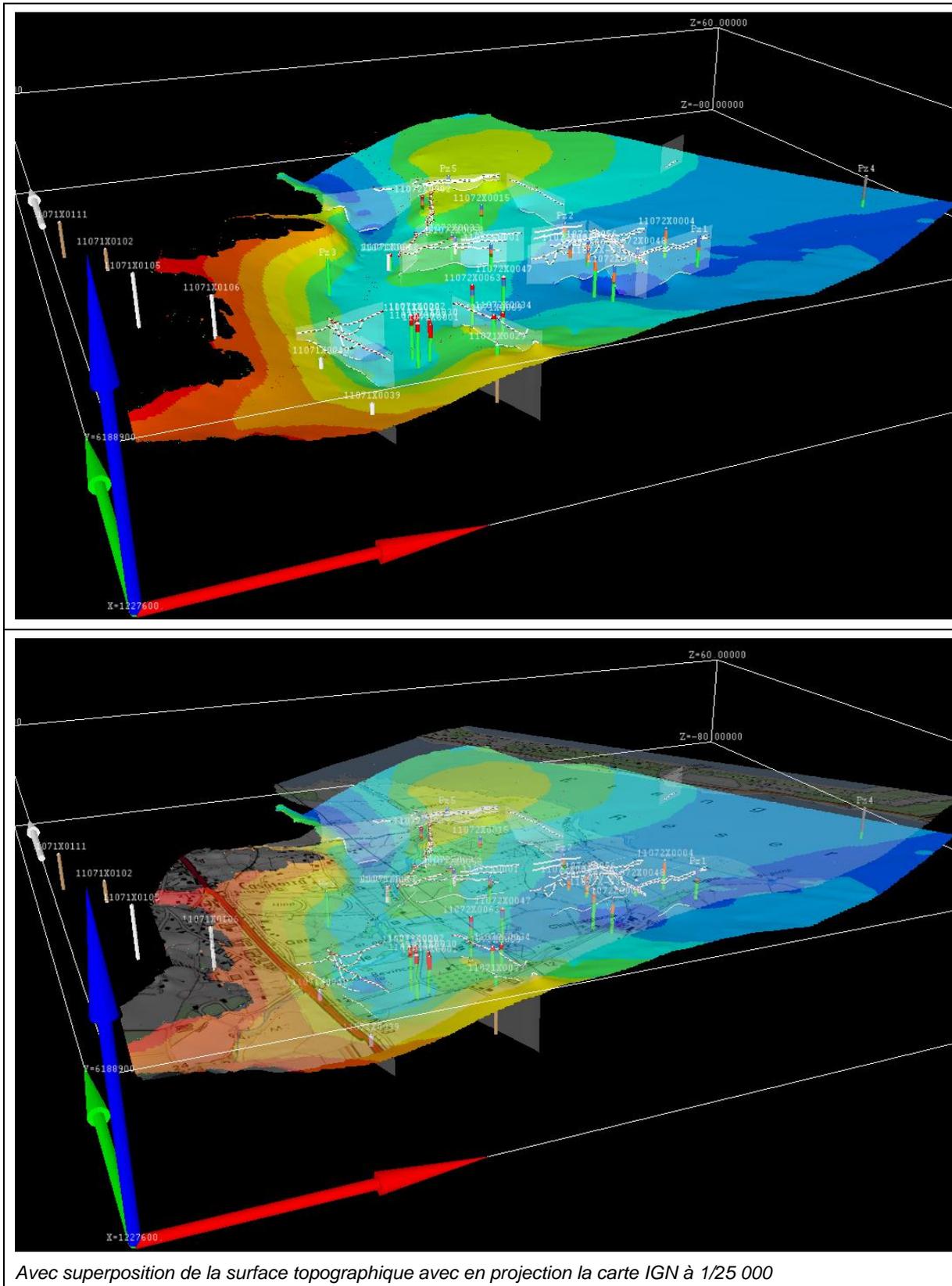


Illustration 71 : Vue 3D de la base de Fy12 (toit de Fx ou des formations plus anciennes).

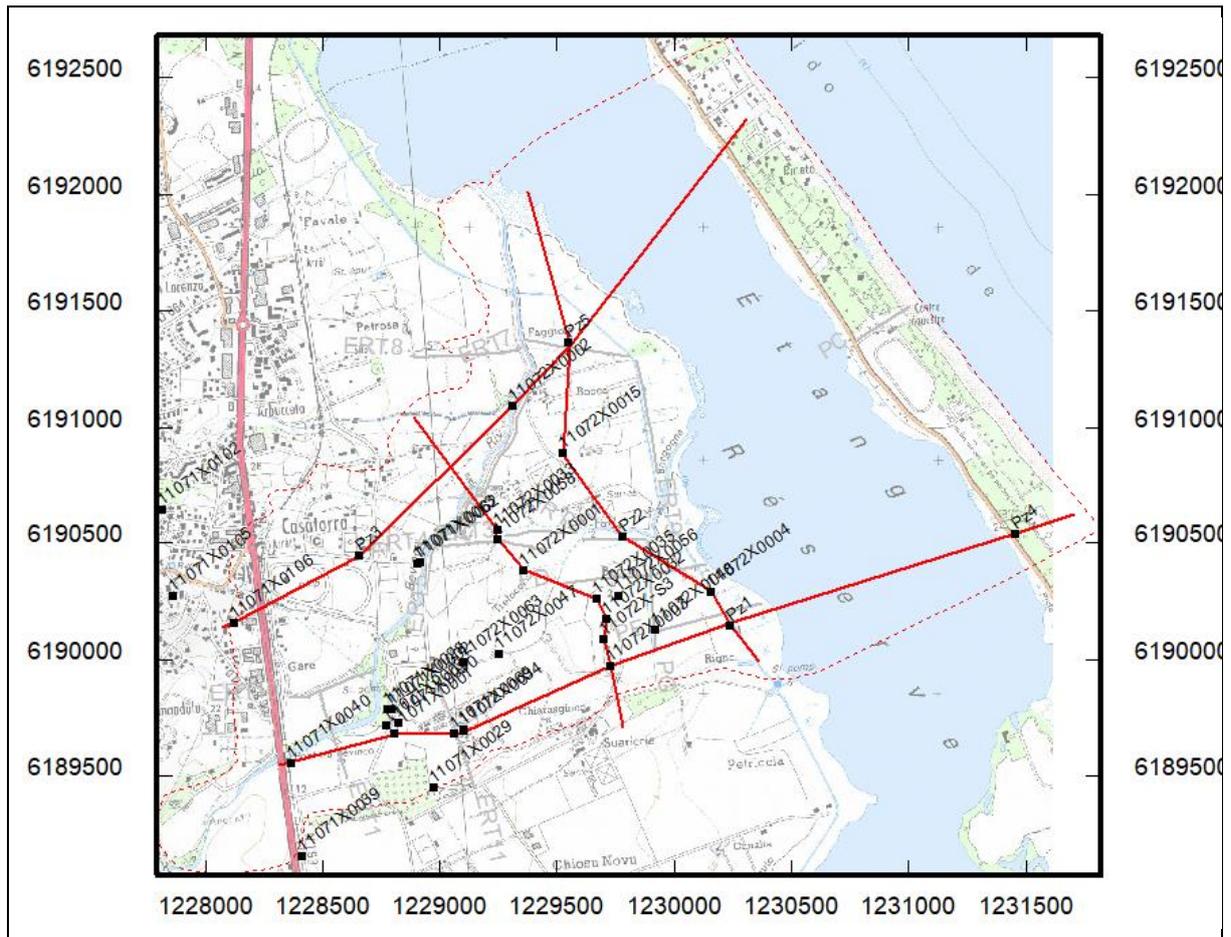


Illustration 72 : Localisation des 4 coupes verticales dans le modèle.

Un autre moyen de visualiser les résultats du modèle géologique 3D est d'en extraire des coupes verticales passant par quelques directions ou sondages clés.

Ainsi, deux coupes ouest-est et deux coupes nord-sud ont été tracées. La localisation de ces coupes est donnée dans l'illustration 72. Les coupes elles-mêmes sont fournies illustration 73.

Sur ces coupes sont visualisés les logs de sondages disponibles, les intersections avec les profils géophysiques interprétés (points fuchsia), ainsi que le modèle géologique.

Toutes ces coupes respectent l'intégralité des données disponibles.

Sur les deux coupes ouest-est, il est à noter le relèvement de la base de Fx ainsi que de la diminution de l'épaisseur des formations fluvi-marines entre la première coupe, située plus au sud, et la seconde, située plus au nord. Le relèvement de la base des Fx est visible en bout de profil géophysique ERT7. La diminution d'épaisseur des formations fluvi-marines peut sans doute s'expliquer par la diminution de la contribution des apports du Golo, situé plus au sud et donc apportant moins de matériaux au nord.

Du fait du relèvement de la base de Fx vers le nord, la terrasse Fy12 semble se pincer. Ceci est plausible géologiquement parlant mais les géométries obtenues dans le coin nord-est du modèle restent mal contraintes faute de données, et doivent donc être considérées comme relativement hypothétiques.

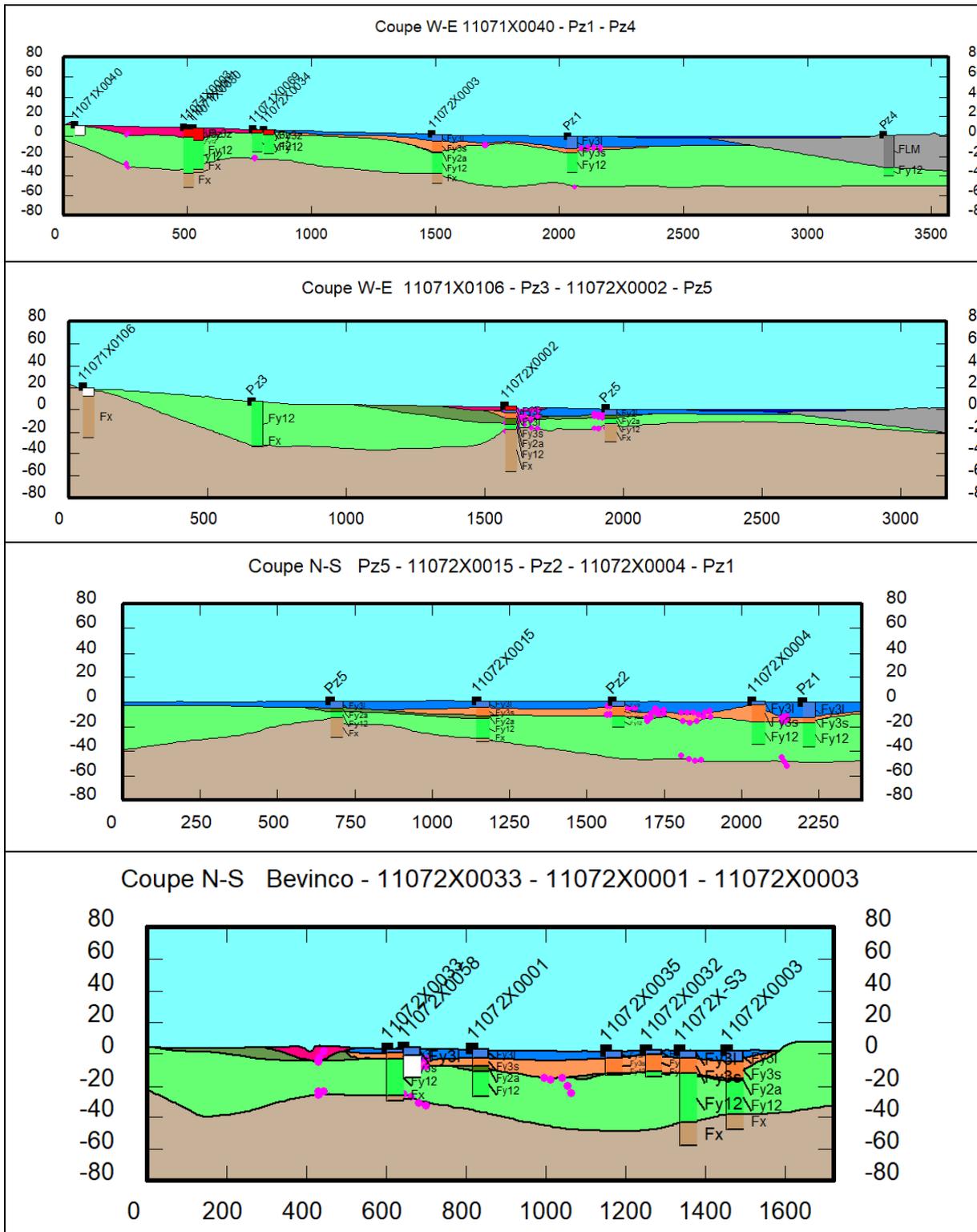


Illustration 73 : Coupes verticales dans le modèle géologique 3D. Les points fuchsia sont les intersections avec les profils géophysiques interprétés. La légende des couleurs est disponible à l'illustration 65.

Le modèle géologique en 3D a été réalisé à partir de l'ensemble des logs géologiques et de l'interprétation des profils géoélectriques. Il permet de visualiser la géométrie des différents niveaux alluviaux de la pile lithostratigraphique standard.

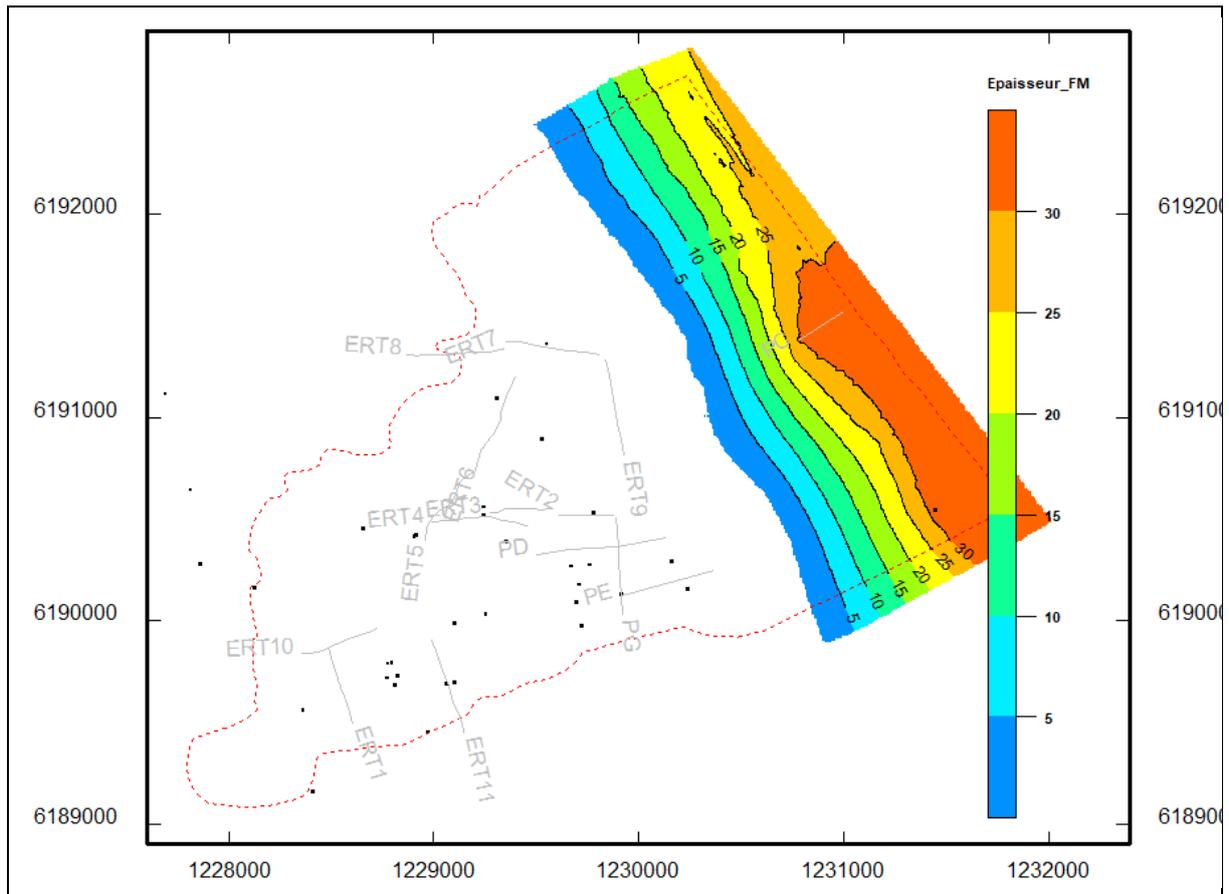
Le modèle illustre la présence de deux paléo-chenaux du Bevinco, le premier dans l'axe de l'écoulement actuel de la rivière et le second dans l'axe du champ captant d'Acqua Publica. Ils sont bien visibles sur l'illustration 70. Ces paléo-chenaux, qui correspondent à un surcreusement du substratum argileux Fx, sont séparés par une remontée du toit de ce substratum dans le coin nord-est de l'aquifère, ce qui explique la faible épaisseur de l'aquifère Fy12 le surmontant.

Les différentes coupes géologiques produites à partir du modèle 3D permettent également de visualiser cette géométrie en 2D selon différents axes.

Enfin, des cartes d'épaisseur des différentes formations modélisées peuvent être produites (Illustration 74 à Illustration 79).

Ces cartes permettent de localiser l'extension et les épaisseurs attendues des différentes formations.

Les épaisseurs attestées (fournies par des données de sondage ou des profils géophysiques) peuvent être considérées comme relativement fiables. Les épaisseurs importantes (ou faibles) localisées loin des données résultent de la différence entre deux surfaces interpolées successives. Compte tenu des incertitudes possibles dans les interpolations/interprétations, ces épaisseurs doivent être considérées comme indicatives d'une tendance uniquement.



*Illustration 74 : Épaisseur (en m) des formations fluvio-marines affleurantes sur le Lido et arbitrairement modélisées jusqu'à la moitié de l'Etang.*

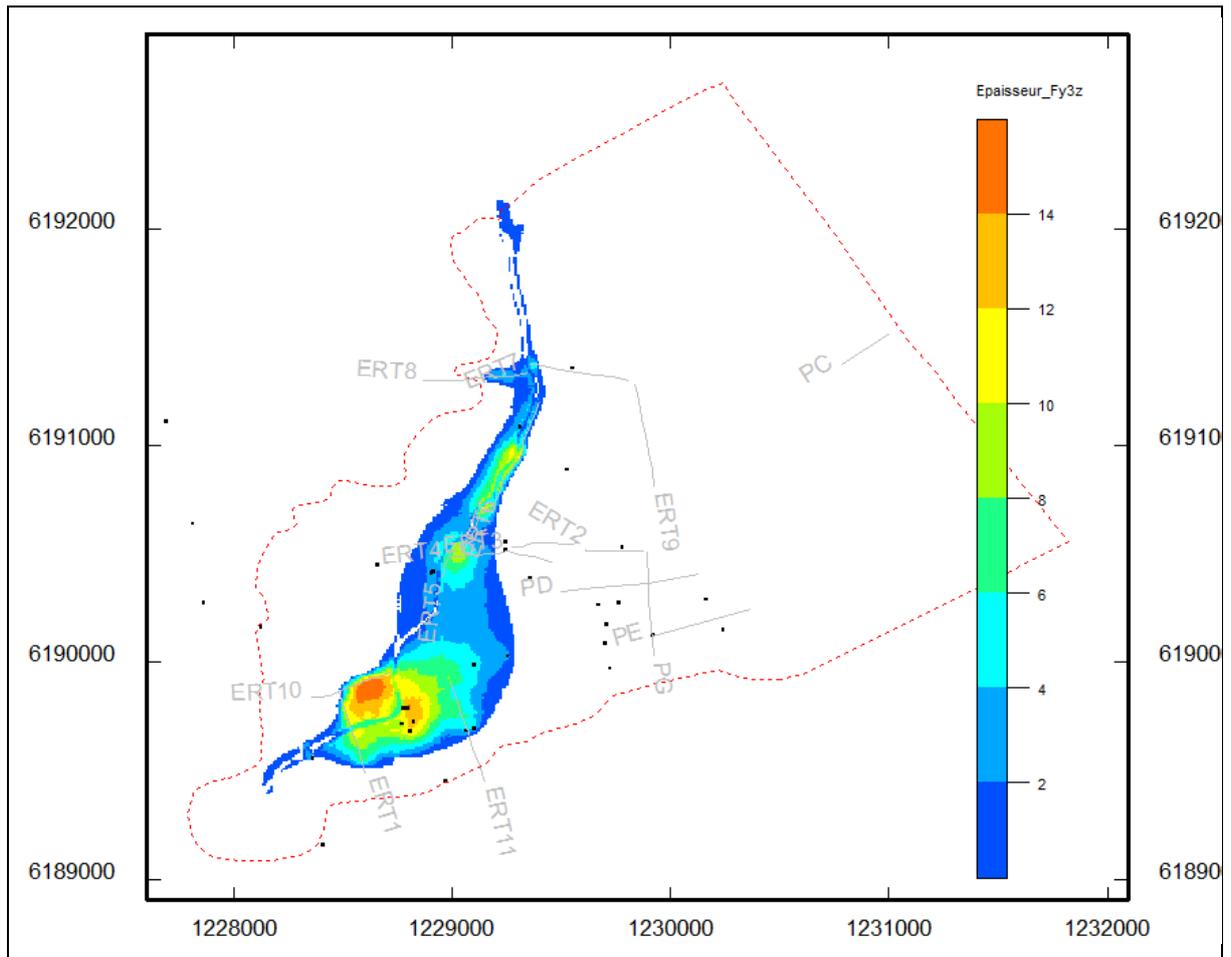


Illustration 75 : Épaisseur (en m) des formations Fy3z (sables, terre végétale, limons sableux).

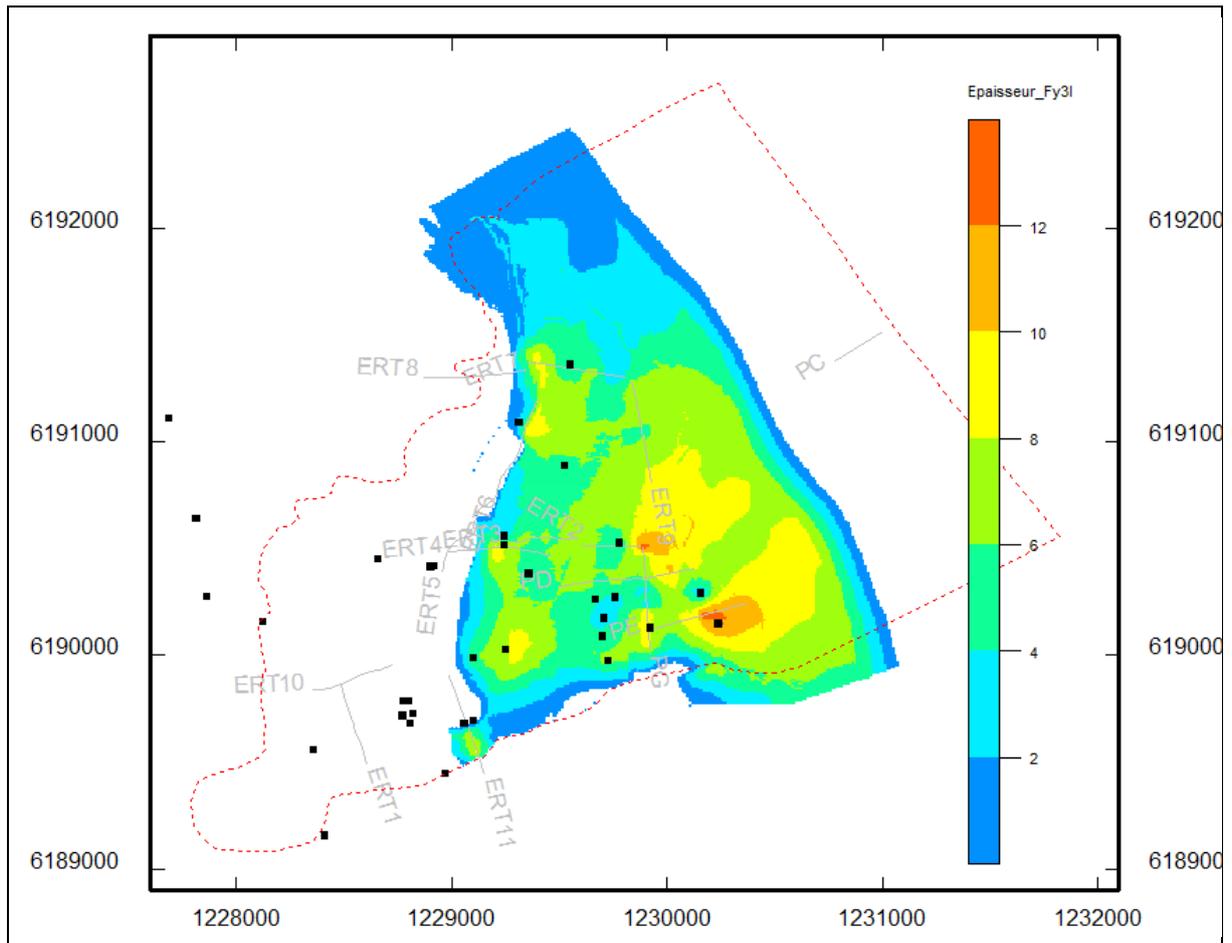


Illustration 76 : Épaisseur (en m) de la formation Fy3l (limons, tourbe).

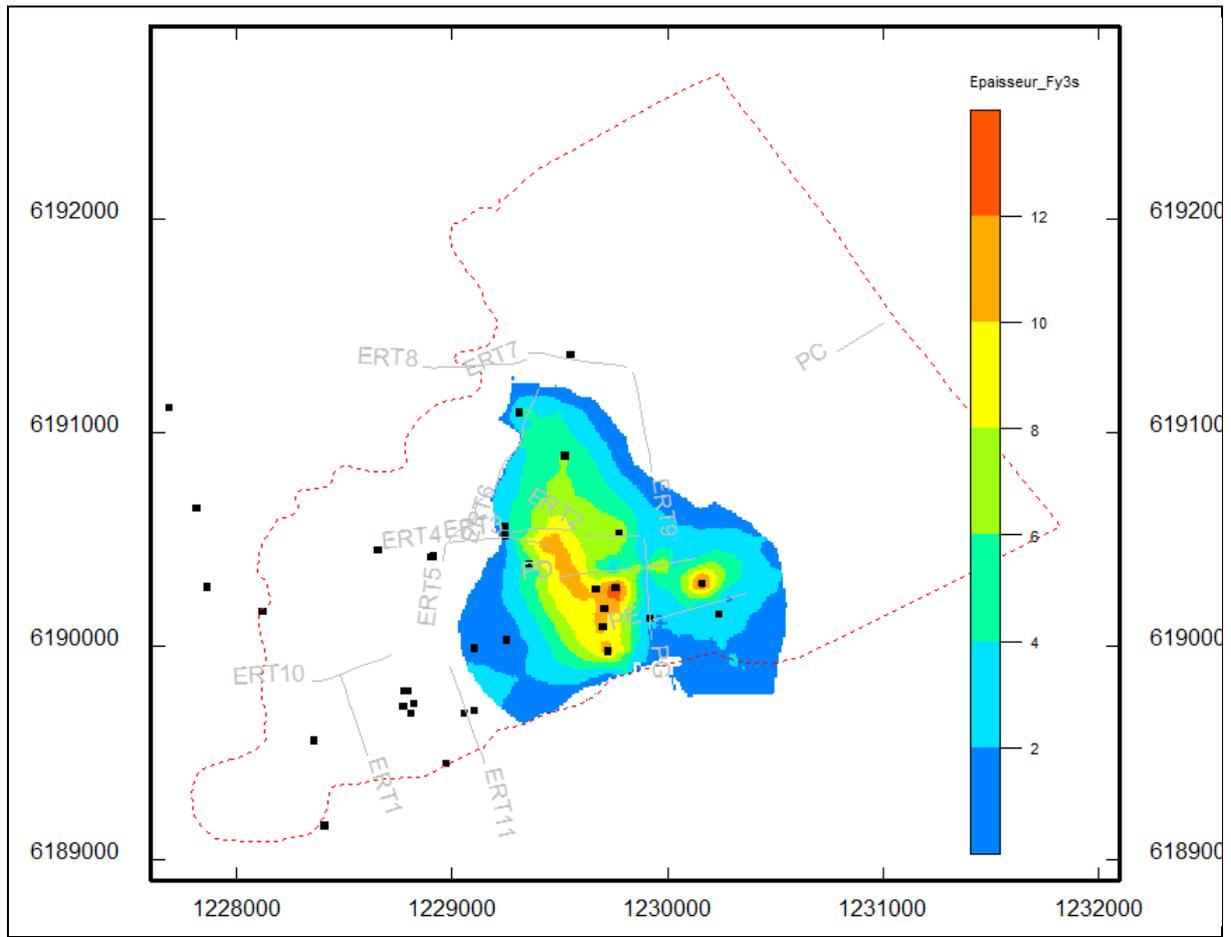


Illustration 77 : Épaisseur (en m) de la formation Fy3s (sables, galets, sables limoneux) ;

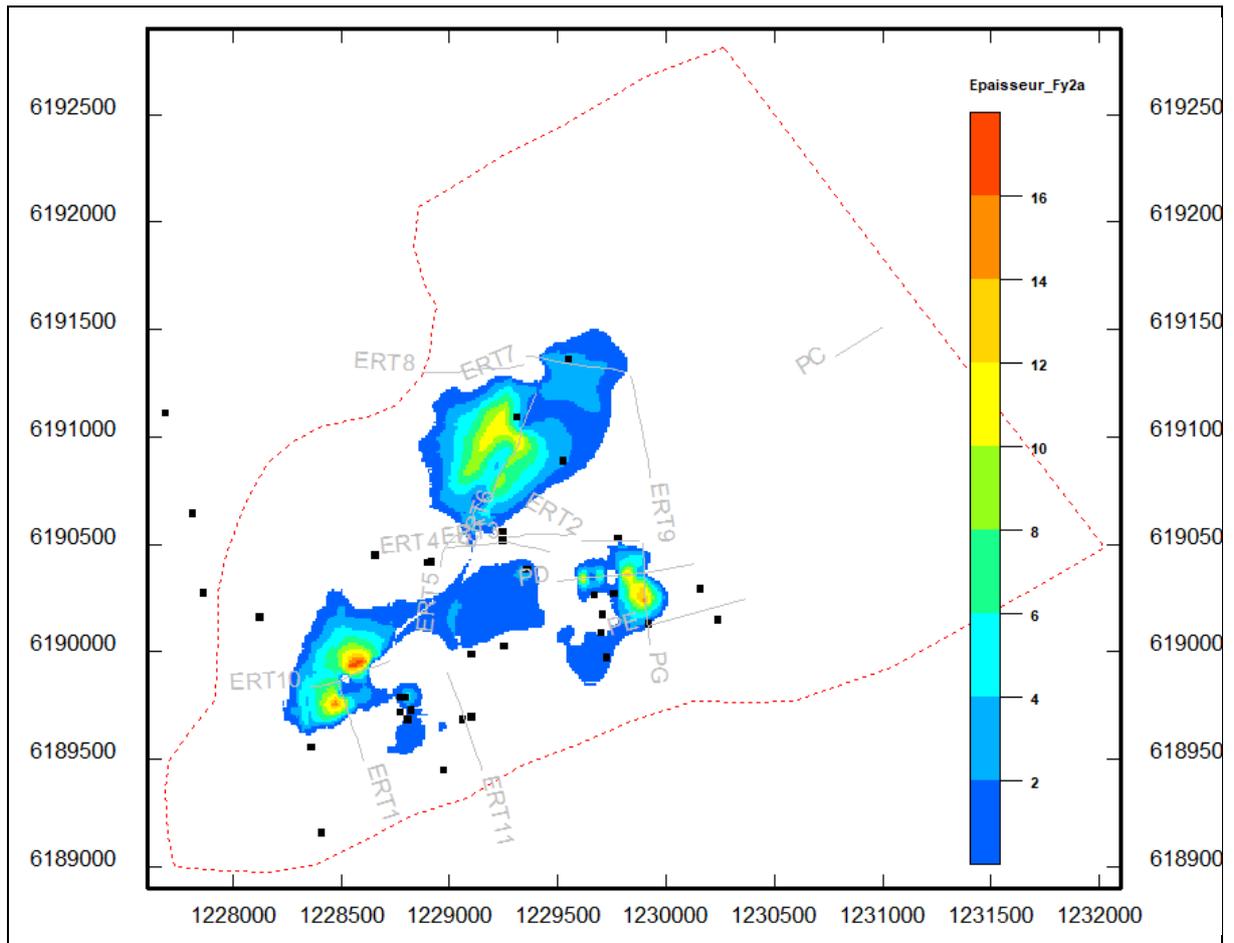


Illustration 78 : Épaisseur (en m) de la formation Fy2a (argiles, sables et graviers à matrice très argileuse).

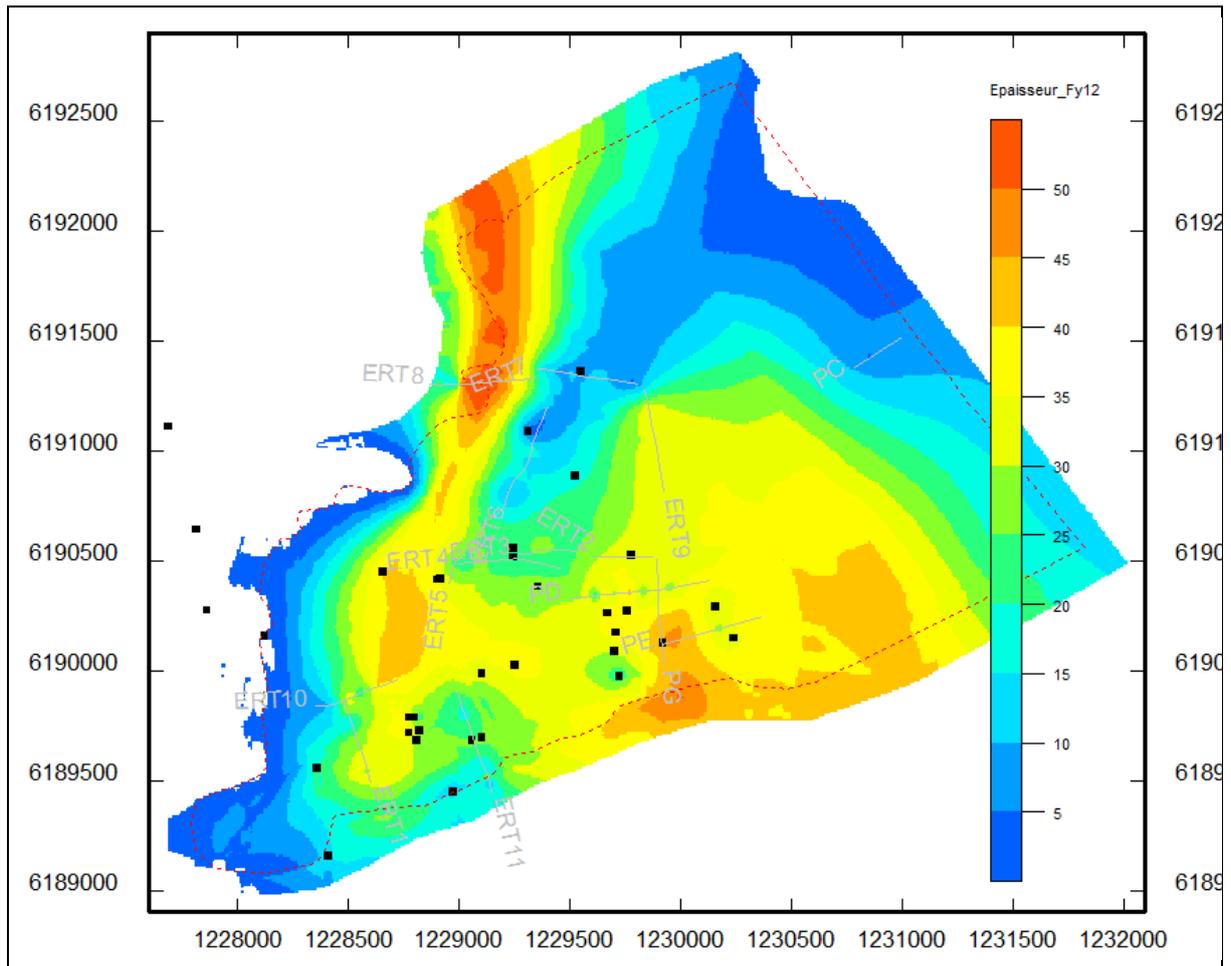


Illustration 79 : Épaisseur (en m) de la formation Fy12, l'aquifère principal, constituée de galets, graviers et sables.

À partir du modèle géologique 3D, des cartes de chacun des niveaux alluviaux ont été produites. Elles représentent l'extension spatiale et l'épaisseur de chacun d'entre eux.

Ces cartes montrent notamment que :

- les alluvions sableuses récentes Fy3z sont localisées aux abords de la rivière ;
- les limons Fy3l ne sont pas présents en rive gauche du Bevinco, mais le sont sur toute sa rive droite et s'épaississent vers l'aval (vers l'étang) ;
- les niveaux argileux Fy2a sont présents sous forme de lentilles au centre de la plaine et peuvent atteindre 10 m d'épaisseur ;
- l'aquifère Fy12 s'étend sur toute la zone d'étude et présente une épaisseur plus importante dans l'axe de l'écoulement actuel du Bevinco et dans l'axe du champ captant qui peut atteindre une cinquantaine de mètres. Son épaisseur est de moins de 10 m dans le coin nord-est au lieu-dit Bocca. L'aquifère est présent sous le Lido, dans l'axe de la paléo-vallée du champ captant, au lieu-dit Casone.

## **7. Synthèse des connaissances sur le fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère au début de l'étude**

Ce chapitre est une synthèse de la bibliographie existante sur la nappe du Bevinco au démarrage de l'étude. Ce chapitre permet donc de faire le point sur l'état initial des connaissances du fonctionnement hydrogéologique de la nappe du Bevinco.

### **7.1. IDENTIFICATION DES HORIZONS AQUIFÈRES DE LA PLAINE DU BEVINCO**

#### **7.1.1. Horizon aquifère supérieur : horizon actuellement exploité**

Les premiers sondages réalisés pour évaluer la présence d'une nappe exploitable dans la plaine du Bevinco datent de 1948. Quatre sondages ont été réalisés pour la Ville de Bastia (11071X0028, 11071X0029, 11072X0002, 11072X0003). Ils confirment la présence d'un horizon exploitable dans les vingt premiers mètres, celui qui est encore actuellement exploité par la CCMG et Acqua Publica.

Cet horizon aquifère supérieur correspond donc à la couche Fy3s et aux premiers mètres de Fy12 sous-jacent (illustration 65).

#### **7.1.2. Horizon inférieur : jugé moins intéressant que l'horizon supérieur**

D'après M. Morati (1980) la découverte de niveaux aquifères en-dessous du niveau principal est faite dès les premières études (sondages de 1948) mais ces niveaux ont de suite été considérés comme n'étant pas dignes d'intérêt pour l'exploitation.

D'après l'étude menée par J. Putallaz (1972), ces niveaux aquifères sont redécouverts et la même conclusion est formulée. Ainsi, le compte-rendu de la campagne de reconnaissance des niveaux inférieurs de la plaine du Bevinco menée entre juin et octobre 1970 par le BRGM pour le compte de la DDA (Direction Départementale de l'Agriculture) apporte quelques précisions sur les caractéristiques hydrodynamiques de ces niveaux. Cinq piézomètres ont été réalisés dans la plaine et présentent les caractéristiques suivantes (leur localisation sur l'illustration 80) :

- sondage B<sub>1</sub>IV de 18.50 m de profondeur (11072X0048) ;
- sondage B<sub>2</sub>II de 60 m de profondeur (11072X0047) ;
- sondage B<sub>3</sub>II de 16 m de profondeur (également enregistré sous le numéro BSS 11072X0047) ;
- sondage B<sub>2</sub>I de 60 m de profondeur (11071X0003) ;
- sondage B<sub>2</sub>III de 60 m de profondeur (11072X0032).

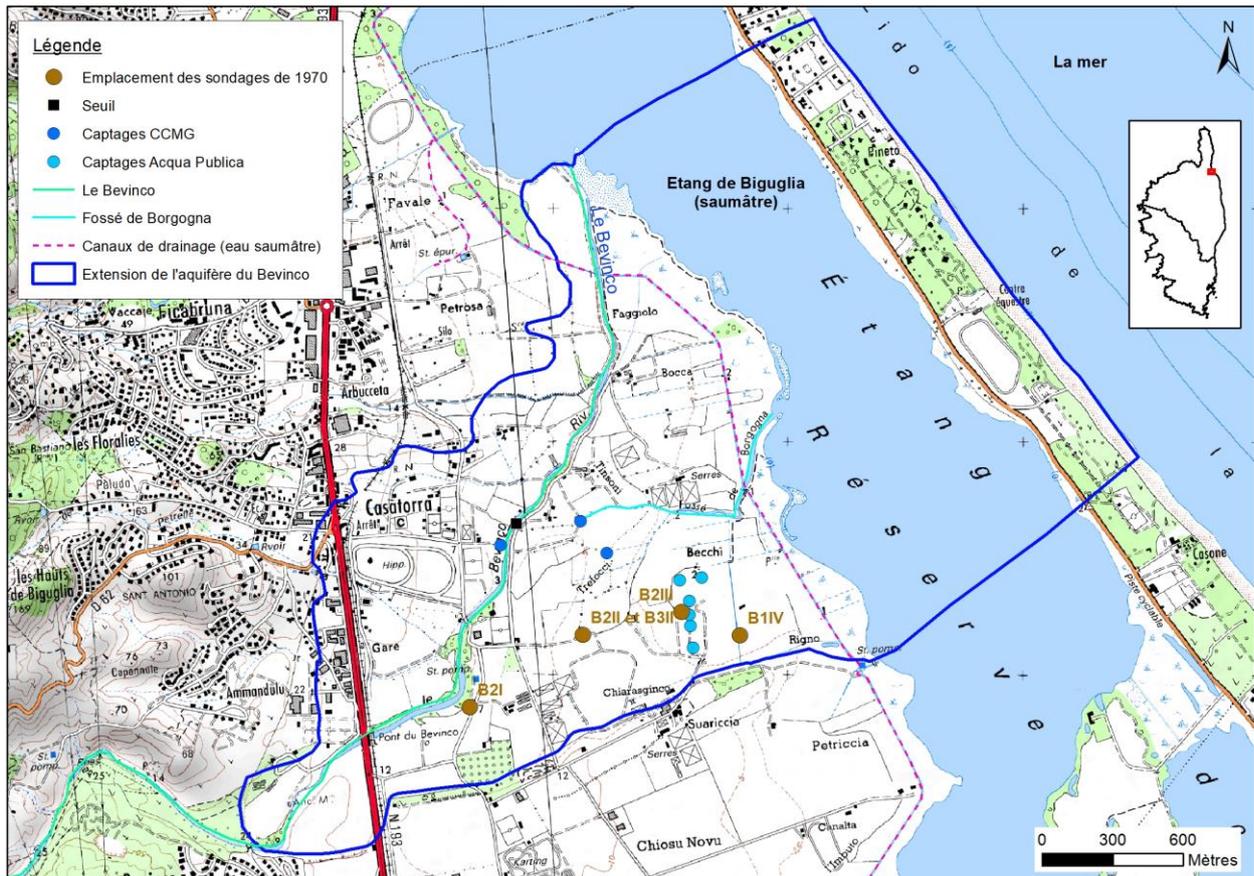


Illustration 80 : Localisation des sondages réalisés lors de la campagne de reconnaissance de 1970.

La synthèse des coupes de ces ouvrages présentée dans le rapport situe les alluvions anciennes entre 20 et 60 m de profondeur et constituées d'intercalations de bancs ou de lentilles d'argile jaunâtre, compacte, dure, de graviers à blocs et de sable à matrice plus ou moins argileuse. Cet horizon correspond donc à la partie inférieure de la couche Fy12 du modèle géologique 3D réalisé dans la présente étude. A partir de ces ouvrages et du suivi piézométrique qui y a été mené, le contexte hydrogéologique de ces niveaux inférieurs a été précisé :

- sous le premier horizon conducteur<sup>2</sup> exploité existent deux autres horizons formés de strates ou de lentilles conductrices, plus ou moins étendus et imbriqués, séparés par des niveaux ou lentilles d'argile ;
- ces deux horizons conducteurs inférieurs sont bien développés entre le sondage B<sub>2</sub>II et le sondage B<sub>2</sub>III. Ils sont situés entre les profondeurs de 25 et 48 m. Leur puissance respective est de 6 m sur B<sub>2</sub>II et 8 m sur B<sub>2</sub>III. Au niveau du sondage B<sub>2</sub>I, partie amont de la nappe, la proportion des niveaux argileux augmente notablement et la méthode de perforation utilisée (battage) n'a pas permis de dégager une stratigraphie fine. L'examen conjoint des échantillons récupérés et de la diagraphie gamma ray nous mène à interpréter la série comprise entre 33 et 49 m de profondeur comme une succession d'alternance rapide de graviers plus ou moins conducteurs et de niveaux d'argile ;
- dans l'ensemble la proportion d'argile est plus forte dans les horizons inférieurs que dans le supérieur ;

<sup>2</sup> Un horizon conducteur est un horizon de bonne conductivité hydraulique, c'est-à-dire présentant une bonne perméabilité.

- entre 49 et 60 m, profondeur maximale d'investigation, la série est uniformément très argileuse ;
- **la piézométrie de l'horizon supérieur accuse une altimétrie légèrement supérieure (quelques décimètres) à celle de l'horizon inférieur**, sauf ponctuellement aux abords même de la station de pompage Suariccia I d'Acqua Publica. En novembre, c'est-à-dire à la fin d'une décrue particulièrement sévère, les horizons inférieurs accusaient en B<sub>2</sub>II une surcharge de 20 cm. Ces différences de charge hydraulique entre l'horizon supérieur et l'inférieur indique une moins bonne alimentation de l'horizon inférieur ;
- il a été admis, en raison de l'impossibilité de développer les piézomètres, que les pompages d'essai à faible débit effectués en B<sub>2</sub>II et B<sub>2</sub>III (donc sur les niveaux conducteurs inférieurs) ont donné des valeurs de transmissivité sous estimées. Les valeurs moyennes obtenues (interprétation des descentes et remontées confondues) sont :
  - pour B<sub>2</sub>III :  $7.10^{-4}$  m<sup>2</sup>/s,
  - pour B<sub>2</sub>II :  $7.10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s.

La description des pompages d'essai menés sur ces deux ouvrages n'a pas été retrouvée. Les débits de pompage et la durée des essais ne sont pas connus. Les informations lacunaires disponibles sur l'horizon inférieur ne fournissent qu'une caractérisation partielle de ses propriétés hydrodynamiques.

## 7.2. RECHARGE DE L'AQUIFÈRE

Depuis les toutes premières études il apparaît évident pour l'ensemble des auteurs que la principale recharge de l'aquifère provient de l'infiltration de la rivière dans la partie amont de la plaine. Cette infiltration est généralement décrite comme étant dans la zone comprise entre la route nationale 193 et le virage à 90° que forme la rivière au voisinage de la salle des fêtes de Biguglia. Cependant il n'y a jamais eu de délimitation exacte de la zone d'infiltration ni de sa dynamique ou des volumes concernés. Seule la modélisation de 1993 simulera une infiltration via une différence de charge entre le niveau de l'aquifère et une ligne d'eau dans la rivière mesurée en décembre 1991. Le rapport ne mentionne cependant pas de débit d'infiltration obtenu.

Mise à part la recharge par la rivière aucune autre source d'alimentation n'est mentionnée à l'exception des schistes au niveau de Biguglia. En effet, J. Putallaz en 1972 estime au regard des débits du Bevinco au Lancone qu'il peut exister des écoulements dans les zones altérées des schistes de l'ordre du litre/seconde/km<sup>2</sup> en période d'étiage (donnée confirmée par les résultats de l'évaluation du potentiel aquifère des formations alpines de Corse, Geneviev *et al.*, 2013). Cependant, cette alimentation est qualifiée de négligeable en comparaison de celle de la rivière.

Enfin, J. Putallaz estime qu'une partie de l'eau d'irrigation est susceptible de se réinfiltrer vers l'aquifère.

## 7.3. EXUTOIRES DE L'AQUIFÈRE

Trois exutoires ont été définis au gré des études réalisées : les bollari, les canaux de drainage de la Réserve et la mer.

### 7.3.1. Les bollari

Plusieurs hypothèses ont été élaborées concernant la formation des « bollari » que sont les émergences de la nappe localisées sur la partie aval de l'aquifère, proche de l'Étang de Biguglia, aux lieux-dits « Becchi » (correspondant actuellement à l'emplacement du champ captant d'Acqua Publica) et « Bocca ».

Dans l'étude de 1970 d'Arvois, trois hypothèses sont avancées :

- au moment où commençaient à se déposer les limons qui constituent l'horizon supérieur mettant en charge la nappe, l'eau se mettait en charge, mais du fait de cette charge, la zone d'émergence est restée libre, empêchant en ce point tout dépôt de limons, au fur et à mesure de l'alluvionnement ;
- les bollaris s'alignant sur un axe de direction sensiblement nord-sud, une zone d'affaissement, correspondant à l'étang actuel, aurait pu se produire provoquant ainsi une déchirure dans les limons et la formation de ces sources, exutoires de la nappe (hypothèse avancée par G. Denizot) ;
- ces bollaris pourraient être des exutoires des niveaux conducteurs inférieurs qui communiquent avec les supérieurs et les réalimentent à la faveur de la discontinuité des formations limoneuses les séparant.

C'est cette dernière hypothèse qui semble la plus pertinente et que la présente étude confirme.

### 7.3.2. Les canaux de drainage de la Réserve

L'étude de l'interaction de l'Étang avec les eaux souterraines et les eaux de surface (Orofino *et al.*, 2010) a mis en évidence le drainage de la nappe par le canal de la Réserve menant à la station de Petriccia. Il est notamment noté de fortes dilutions sur la deuxième moitié du canal menant à la station avec des apports d'eaux douces importants dans le secteur des bollari. L'évaluation des volumes d'eau souterraine concernés n'a pas été faite.

### 7.3.3. La mer

Alors que la géologie sous l'aquifère est inconnue et que les connexions avec l'étang ont rapidement été exclues (J. Putallaz, 1972), une connexion avec la mer ne l'a jamais été, sous forme d'un biseau salé, elle est suggérée par les importantes intrusions salines de la fin des années 1980 et est l'objet de la modélisation de 1993 (chapitre 7.5).

## 7.4. CARACTÉRISTIQUES HYDRODYNAMIQUES DE L'AQUIFÈRE

D'après le rapport d'Arvois 1970, des essais de nappe ont été menés sur un puits de Suariccia I (pas de précision sur quel puits en particulier) en mai 1953 et juillet 1965 et sur un puits de Suariccia II (à côté de la salle des fêtes de Biguglia) en novembre 1965.

Concernant Suariccia I, implanté sur la partie captive de la nappe, pour un débit de 180 m<sup>3</sup>/h, la transmissivité calculée est de 4,3.10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>/s en mai 1953 et de 1,6.10<sup>-2</sup> et 4,3.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s (selon le piézomètre d'observation) en juillet 1965. Le coefficient d'emmagasinement calculé est de 6,2.10<sup>-3</sup> et 3,1.10<sup>-3</sup> en juillet 1965. Il est à noter que la durée de l'essai réalisé en mai 1953 n'est pas indiquée et elle n'est que de 2h15 pour l'essai de juillet 1965. Ces conditions ne permettent pas une estimation fiable des paramètres hydrodynamiques de l'aquifère.

Concernant Suariccia II, implanté sur la partie libre de la nappe, proche de la zone d'infiltration, les deux essais réalisés de 40h à 80 m<sup>3</sup>/h et de 48h à 88 m<sup>3</sup>/h donnent des valeurs de transmissivité et de coefficient d'emmagasinement homogènes comprises respectivement entre 3.3 et 5.10<sup>-2</sup> m<sup>2</sup>/s et 2.7 et 3.2.

Dans la BSS, les données brutes d'un essai mené sur le puits 7 de Suariccia II en 1969 sont disponibles. Ces données brutes sont exploitées dans la phase de modélisation de la présente étude (rapport à venir).

## 7.5. HISTORIQUE DE L'EXPLOITATION DE L'AQUIFÈRE ET DES INTRUSIONS SALINES

L'exploitation de l'aquifère est relativement récente, la date de réalisation d'un ouvrage la plus ancienne connue est 1948 et correspond à un forage à l'endroit duquel se situe actuellement le forage n° 1 du champ captant d'Acqua Publica (ouvrage le plus au sud, Illustration 7). Suite à ce forage, on recense quelques puits agricoles et l'ouvrage n° 2 du champ captant d'Acqua Publica dans les années 1950. C'est dans les années 1960 et 1970 que la grande majorité des ouvrages AEP et agricoles de la plaine seront réalisés. A la suite de ces deux décennies on observe une baisse importante des ouvrages réalisés, seuls les ouvrages de la CCMG, quelques ouvrages particuliers et d'exploration seront réalisés après 1980.

Trois principaux événements sont responsables de cet historique d'implantation des ouvrages. Tout d'abord l'activité dans la plaine se développe suite à l'achèvement en 1943 par les américains des canaux de drainage et des stations de pompage qui assèchent les zones basses de la plaine. L'objectif des américains est militaire, en asséchant les zones humides et en pulvérisant de grandes quantités de DDT ils éradiquent les moustiques vecteurs de la malaria. Débarrassés des moustiques ils peuvent ainsi construire les bases aériennes nécessaires pour la campagne d'Italie. Cet événement a pour conséquence d'ouvrir la plaine au développement de l'agriculture et de l'urbanisme. Parallèlement à la mise en culture de ces nouvelles terres de nombreux puits sont créés. Enfin, à partir du milieu des années 1970 le développement du réseau « d'eau brute » dans la plaine va progressivement pousser les agriculteurs à stopper l'utilisation de leurs puits.

Les volumes prélevés sont à l'image de l'historique ci-dessus, la croissance la plus rapide des prélèvements s'effectue dans les années 1960 et 1970. En 1972, J. Putallaz estime les prélèvements annuels sur la nappe à 1 950 000 m<sup>3</sup> pour la Communauté d'Agglomération de Bastia, 500 000 m<sup>3</sup> pour la CCMG (ex-SIVOM) et 150 000 m<sup>3</sup> pour les agriculteurs.

Acqua Publica a inauguré en 1972 l'usine de traitement d'eau du Lancone qui lui permet de traiter jusqu'à 900 m<sup>3</sup> d'eau du Bevinco ou du Golo toutes les heures. La CAB a également exploité entre 1964 et 1979 un champ captant (Suariccia II) de deux ouvrages de 100 m<sup>3</sup>/h à proximité de la salle des fêtes de Biguglia. Ces deux ouvrages auraient été abandonnés suite à la chute du niveau de l'eau sous la pompe lors de l'étiage de 1979.

En 1989 à l'occasion d'un forage de recherche d'eau, C. Pasquier réalise un rapport où il estime que les prélèvements sur la nappe atteignent approximativement 15 000 m<sup>3</sup> par jour en été. La grosse différence avec l'estimation de 1972 repose sur les volumes prélevés par l'agriculture. Les quelques puits d'agriculteur qui ont été équipés de débitmètre montrent en effet que dans les années 1980 les plus productifs d'entre eux fournissaient plus de 100 000 m<sup>3</sup> sur la saison. C. Pasquier cite aussi la **présence d'intrusions salines au niveau du champ captant d'Acqua Publica lors des étiages de 1985, 1987 et 1988**. La fin des années 1980 est particulièrement mémorable, marquée par une sécheresse au niveau national et local.

Aucune donnée de suivi de la salinité ou des débits de pompage n'a pu être récupérée auprès des exploitants sur cette période.

Ces intrusions salines ont cependant été ponctuellement suivies par la DIREN entre 1977 et 1998 via des logs de conductivités électriques dans les piézomètres « Dolesi ouest » et « Dolesi est » situés à l'aval du champ captant d'Acqua Publica (localisation sur l'illustration 90). Dans le graphique ci-après ont été reportées les mesures de conductivité faites sur ces deux ouvrages à respectivement 14 et 15 m de profondeur (points de la colonne d'eau représentatifs des contaminations observées). Les mesures réalisées lors des étiages de 1985, 1986, 1987, 1989 et 1990 montrent une contamination saline de ces ouvrages avec des valeurs supérieures à 1 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Elles correspondent à des niveaux particulièrement bas mesurés sur le piézomètre historique de Casatorra (11071X0062). Ils étaient inférieurs à 0 m NGF et ont pratiquement atteints -2 m NGF en 1990.

Depuis 1991, la conductivité électrique mesurée dans ces bollaris ne dépasse plus les 600 à 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  grâce à la diminution de l'exploitation du champ captant d'Acqua Publica au profit de l'achat d'eau brute du Golo auprès de l'OEHC.

En effet, une première convention, signée en février 1991, stipule que le District de Bastia peut se faire livrer sur l'usine du Lancone 800 000  $\text{m}^3$  d'eau brute par an. À partir de 1991, le taux de chlorures maximum (250  $\text{mg}/\text{l}$ ) ne sera plus dépassé. En janvier 2000, une nouvelle convention est signée (valable jusqu'au 31/12/2011), fixant le volume livré à 1,5 millions de  $\text{m}^3$  car les 800 000  $\text{m}^3$  ne suffisaient plus. En cas de besoin, ce volume peut même être dépassé, ce qui fut le cas par exemple lors de la canicule de 2003.

Conjointement à cette nouvelle répartition de l'approvisionnement en eau de la CAB, les agriculteurs ont abandonné l'usage de leurs puits au profit du réseau d'eau brute de l'OEHC implanté dans la plaine.

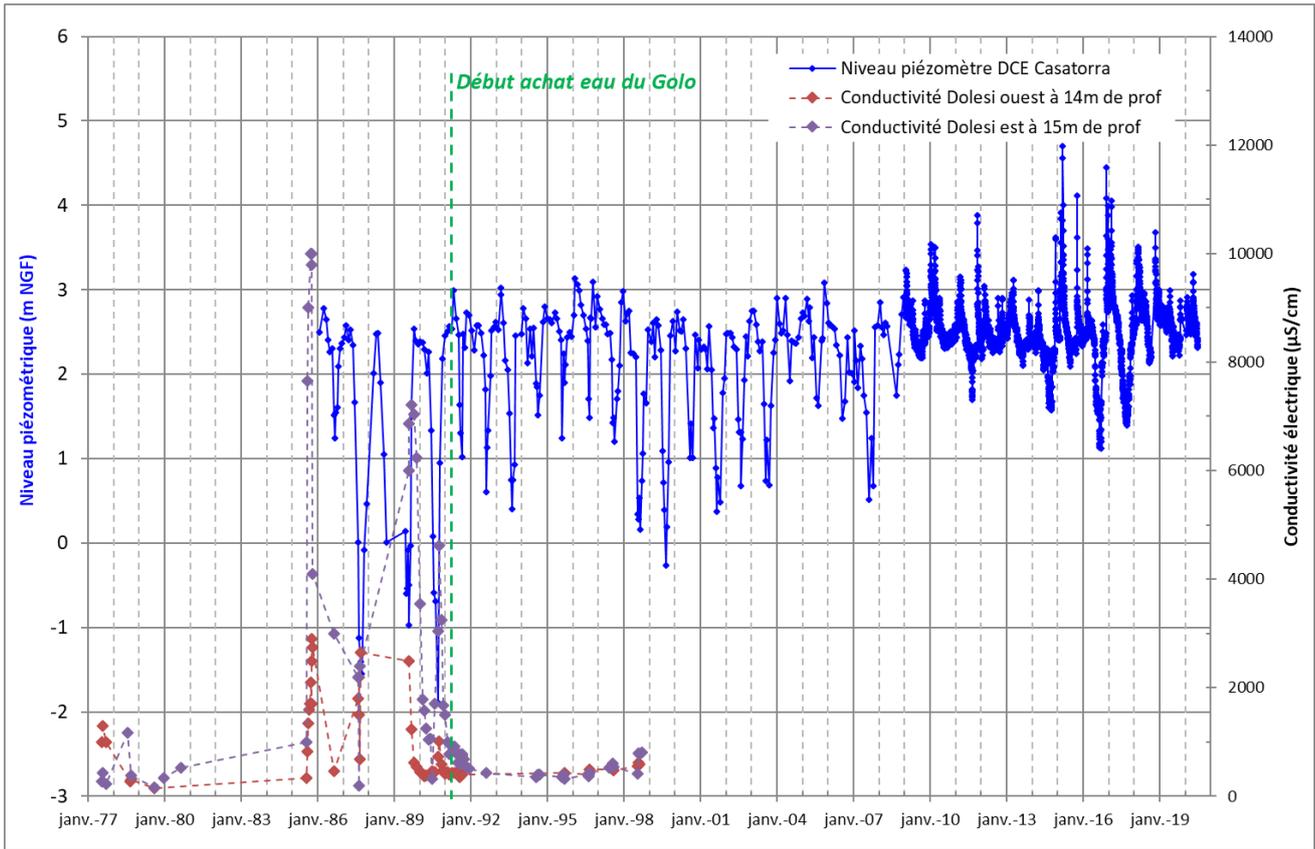


Illustration 81 : Chronique piézométrique au piézomètre DCE Casatorra entre 1986 et 2020 et mesures de conductivité électrique entre 1977 et 1998 sur les piézomètres « Dolesi ouest » et « Dolesi est ».

En 1993, une première modélisation de l’aquifère est réalisée par le BRGM (J. Barbut, 1993). Dans cette modélisation les auteurs calculent un débit maximum d’exploitation de 170 m<sup>3</sup>/h (4000 m<sup>3</sup>/jour) sur les ouvrages de la CCMG en l’absence de prélèvements sur le champ captant d’Acqua Publica. Sur les puits d’Acqua Publica les prélèvements maximums calculés sont de 75 m<sup>3</sup>/h (1800 m<sup>3</sup>/jour) en l’absence de prélèvements sur les ouvrages de la CCMG. L’utilisation de cette étude est limitée car les modélisations ont été réalisées en régime permanent<sup>3</sup>, sans cumuler les prélèvements par les deux exploitants.

D’après les données issues du fichier des redevances de l’Agence de l’Eau Rhône Méditerranée Corse disponibles sur le site internet SIE Corse (Système d’information sur l’eau), les prélèvements moyens sur la période 1998-2017 sont de :

- 251 milliers de m<sup>3</sup> sur les trois ouvrages de la CCMG ;
- 1 138 milliers de m<sup>3</sup> sur le champ captant d’Acqua Publica ;
- et 1 963 milliers de m<sup>3</sup> d’eau de surface sur la prise du Lancone.

Ces volumes sont bien inférieurs à ceux qui sont signalés par Putallaz en 1972, en cohérence avec le report d’une partie des prélèvements sur le Golo.

<sup>3</sup> Il est atteint lorsque les paramètres qui régissent le milieu sont stables et ne varient plus dans le temps. Il s’exprime par exemple par l’atteinte d’un niveau piézométrique stabilisé une fois des pompages à débit fixe mis en route. Le régime permanent fait opposition au régime transitoire qui correspond à un état de l’aquifère non stabilisé, par exemple lorsque le niveau de la nappe continue de baisser et n’est pas encore stabilisé après la mise en route de pompages.

Les prélèvements agricoles et particuliers sur la nappe sont considérés comme négligeables actuellement. Aujourd'hui les deux champs captant ont fait l'objet de déclaration d'utilité publique (DUP) pour l'établissement des différents périmètres de protection et la définition des autorisations de prélèvement. Les trois ouvrages de la CCMG sont ainsi limités à 45 m<sup>3</sup>/h, 900 m<sup>3</sup> par jour et 1 200 m<sup>3</sup> les jours de pointe dans la limite de 100 000 m<sup>3</sup> par an. Pour Acqua Publica, les volumes autorisés sont de 100 m<sup>3</sup>/h pour chacun des six puits.

Concernant la prise d'eau de surface du Lancone, la DUP stipule que tout prélèvement est interdit de la deuxième semaine de juillet à la deuxième semaine d'octobre incluse et qu'en dehors de cette période les prélèvements effectués devront garantir le respect du débit réservé (dixième du module), soit un débit instantané de 63 l/s.

Avant les possibilités d'achat d'eau en provenance du Golo pour alimenter le territoire de la CAB en 1991, le champ captant d'Acqua Publica a subi des intrusions salines par remontée du biseau salé dans les années 70 et 80 pendant les périodes d'étiage. Ces intrusions salines correspondent à un niveau piézométrique inférieur au 0 m NGF sur le piézomètre DCE historique de Casatorra.

## 8. Étude du fonctionnement hydrogéologique de l'hydrosystème

La connaissance de la structure de l'aquifère dont le fonctionnement hydrodynamique doit être modélisé est un préalable au travail de modélisation. Les chapitres 4, 5 et 6 précédents présentent les investigations menées en géologie de terrain, géophysique et modélisation géologique pour élaborer le modèle 3D de la structure géologique de l'aquifère.

Le deuxième préalable à la réalisation d'un modèle hydrogéologique est la compréhension du fonctionnement hydrogéologique de l'aquifère.

De nombreuses investigations et instrumentations ont été réalisées pour améliorer la compréhension de l'aquifère et sont présentées dans ce chapitre.

Seul le pompage d'essai initialement envisagé n'a pas pu être mené, les installations hydrauliques du champ captant d'Acqua Publica ne le permettant pas.

### 8.1. LES QUESTIONS QUI SE POSENT SUR LE FONCTIONNEMENT DE L'HYDROSYSTÈME

Un certain nombre de questions se posent sur le fonctionnement de l'hydrosystème du Bevinco (la rivière, la nappe alluviale et l'étang). Elles sont présentées ci-après :

- quelle est la nature des échanges entre la rivière et la nappe dans la plaine ? est-ce que la relation évolue de façon spatiale de l'amont vers l'aval et évolue-t-elle dans le temps (différences hautes eaux / étiage) ? quel est le débit d'infiltration de la rivière vers la nappe et celui-ci varie-t-il au cours de l'année ?
- quel est le rôle du seuil de Casatorra sur la piézométrie de la nappe et sur les relations nappe-rivière ?
- quelle est l'extension de la partie captive de l'aquifère ?
- existe-t-il des nappes distinctes dans chaque terrasse alluviale (chaque couche géologique) ou peut-on considérer qu'il n'y a qu'une seule nappe sur l'étendue de la zone d'étude ?
- comment réagit la nappe aux différentes sollicitations (recharge par les crues de la rivière, pompages) dans les différents secteurs (partie captive / partie libre) ?
- l'aquifère se prolonge-t-il sous l'étang et le lido ? où se situe son exutoire ?
- quels sont les différents pôles de minéralisation (salinité) de la zone d'étude et comment la minéralisation évolue au cours de l'année hydrologique ?
- y-a-t-il une relation entre la nappe et les canaux de la réserve ? entre la nappe et le Fossé de Borgogna ? entre la nappe et l'étang ?
- quelle est la dynamique de salinisation de l'aquifère ? d'où provient le sel qui a déjà été observé dans l'aquifère dans les années 80 ? est-ce le biseau salé en provenance de la mer ou le sel provient-il de l'étang ?
- quel est le tronçon maximal de rentrant salé dans le lit de la rivière ? c'est-à-dire, jusqu'où, depuis l'aval vers l'amont, le fond du lit de la rivière présente une altitude inférieure au 0 m NGF ?

## **8.2. INVENTAIRE DES DONNÉES DISPONIBLES**

### **8.2.1. Données de précipitations et d'évapotranspiration**

Aux abords de la zone d'étude il existe deux pluviomètres (localisation sur l'illustration 6) :

- celui du Fango (n° 20033015), à Bastia à 26 m d'altitude, au nord de la zone d'étude. Il enregistre les précipitations journalières depuis 2016 et n'enregistre pas l'évapotranspiration ;
- celui de l'aéroport de Poretta (n° 20148001) à Lucciana à 10 m d'altitude, situé au sud de la zone, dans l'emprise de l'aquifère du Golo. Il enregistre notamment les précipitations journalières depuis 1948 et l'évapotranspiration journalière (calcul par la méthode Penman-Monteith) depuis 1956.

Ce sont donc les données météorologiques du pluviomètre de l'aéroport qui seront utilisées dans le cadre de cette étude afin de bénéficier d'une chronique suffisamment longue. L'inconvénient de cette station située en plaine est de ne pas être représentative des hauteurs du bassin versant du Bevinco. Ces données ne permettront donc pas d'évaluer le gradient altitudinal des précipitations entre les hauteurs du bassin versant (où sont générés les ruissellements à l'origine des crues de la rivière) et la plaine.

### **8.2.2. Suivi hydrométrique du Bevinco et influences**

#### **a) Station limnimétrique de la DREAL**

Le débit de la rivière du Bevinco est suivi en continu par la DREAL à la station limnimétrique du Lancone, à Olmeta di Tuda (localisation sur l'illustration 6 et l'illustration 82 ci-après). Elle est située à 209 m d'altitude, bien en amont des dépôts alluvionnaires de la plaine, au droit des formations ophiolitiques de la Corse alpine.

La chronique de débit est élaborée par la DREAL à partir de (1) la chronique de suivi en continu de la hauteur d'eau au niveau de la prise d'eau d'Acqua Publica et (2) de la ou les courbes de tarage établies par la réalisation de jaugeages de la rivière (cette courbe définit la relation entre le débit et la hauteur d'eau mesurés). Les jaugeages ne sont pas réalisés à proximité immédiate de la prise d'eau où sont suivies les hauteurs d'eau mais plus en amont, à proximité de la route du Col de Santo Stefano (Illustration 82). Ainsi, cela signifie que les débits mesurés ne prennent pas en compte les prélèvements effectués sur les forages d'Olmeta di Tuda (principalement à l'étiage) situés entre la prise et le site de jaugeage, sur les rives du Bevinco. Cela induit une surestimation du débit associé à la station limnimétrique. A l'étiage, les prélèvements effectués sur ces forages sont susceptibles de soustraire jusqu'à 10 l/s au cours d'eau (estimation fournie par la DDTM 2B).

La station existe depuis 1959 mais les données de débit sont qualifiées de correctes à partir de 1970. Ces données sont disponibles sur le site de la Banque HYDRO (extrait de la chronique disponible sur l'illustration 83).

En outre, entre la station et le début des dépôts alluvionnaires constituant l'aquifère, il existe plusieurs affluents du Bevinco ainsi que le trop-plein d'un brise charge de la conduite d'adduction d'eau de la prise à l'usine.

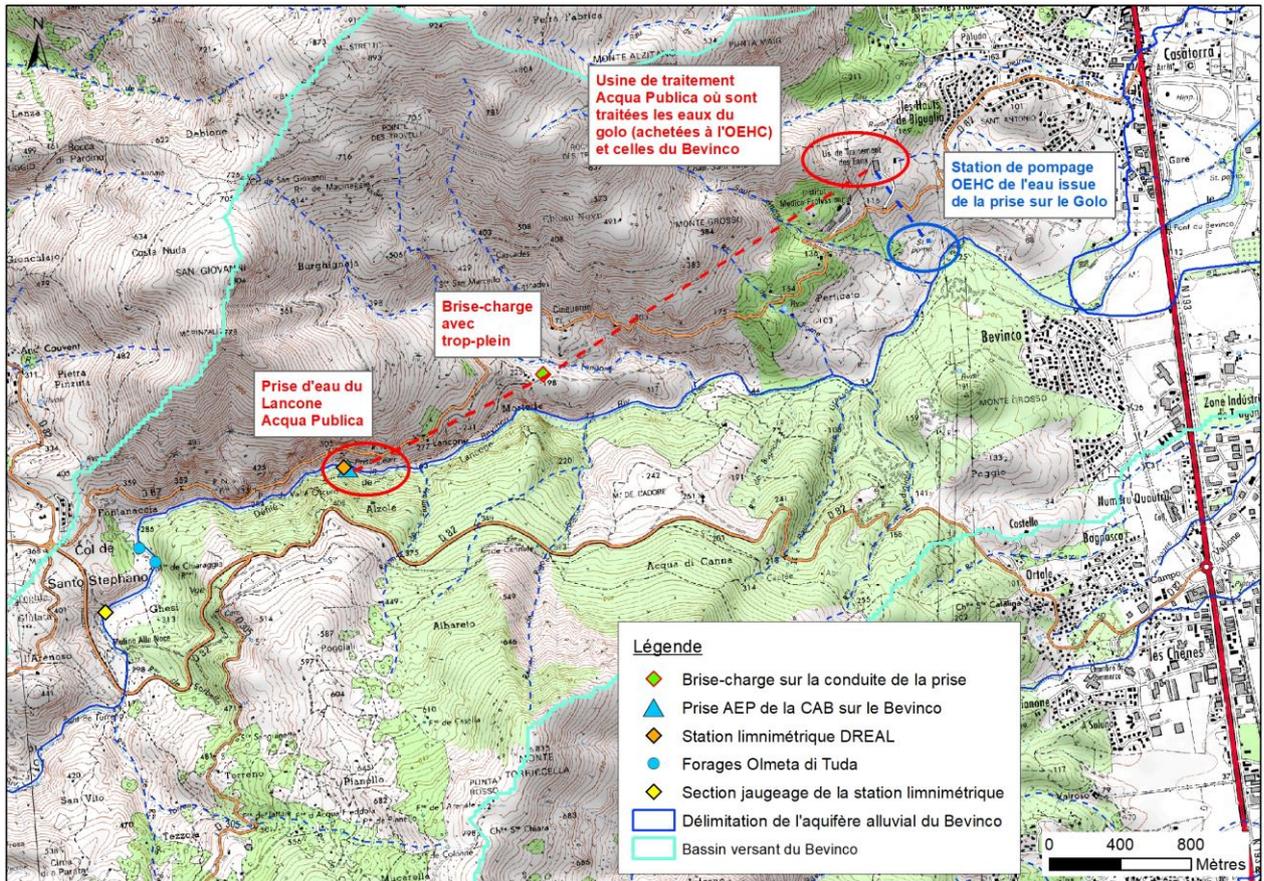
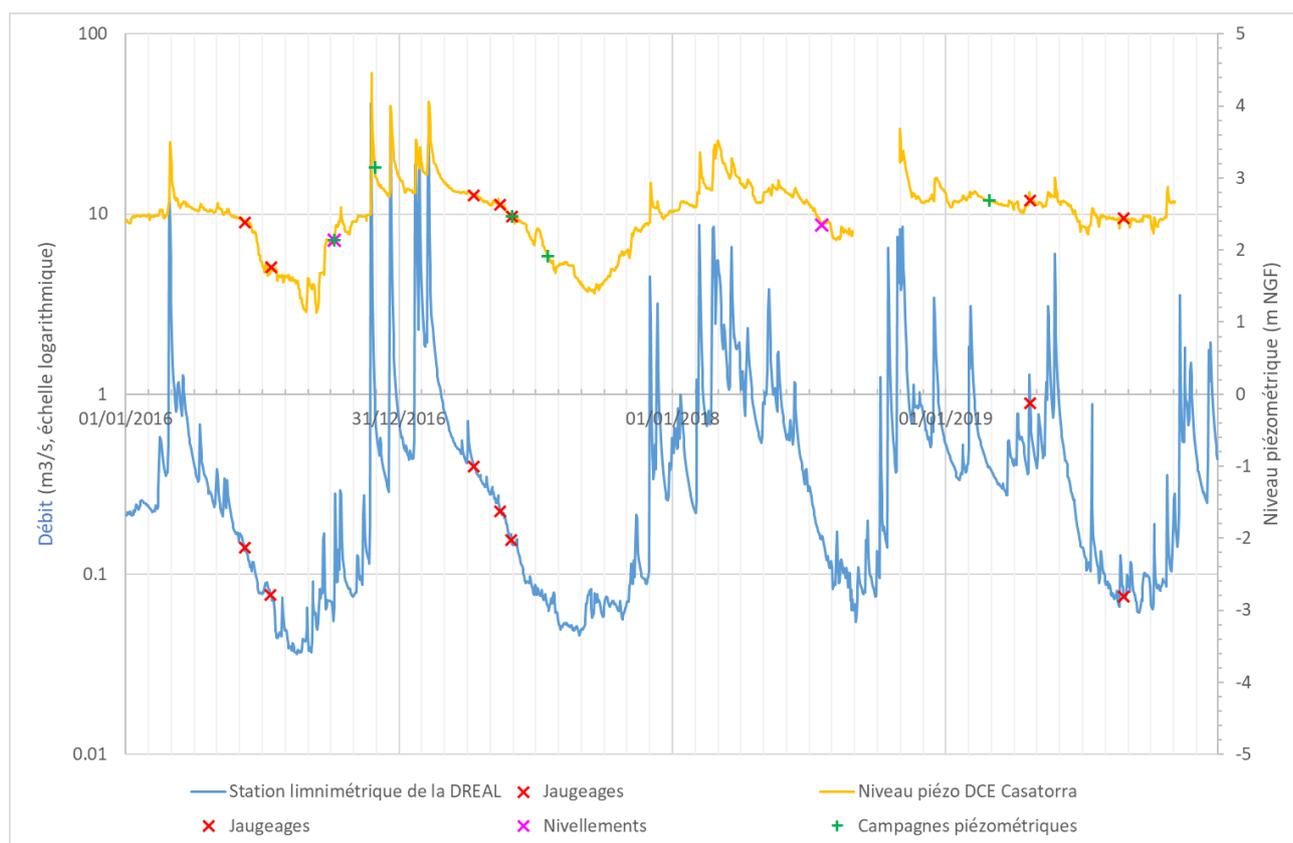


Illustration 82 : Positionnement de la station limnimétrique de la DREAL et des infrastructures de prélèvement sur la rivière (les pointillés rouges ne correspondent pas au tracé effectif de la conduite d'adduction entre la prise d'eau et l'usine de traitement)..



*Illustration 83 : Débit journalier du Bevinco mesuré à la station limnimétrique du Lancone entre 2016 et 2019 (l'échelle verticale du débit est en logarithme) et niveau piézométrique journalier au piézomètre DCE de Casatorra (11071X0062/CASATO).*

### **b) Fonctionnement de la prise AEP de surface du Lancone et implications sur l'estimation du débit à l'entrée de la plaine**

La prise est gérée par Acqua Publica. L'eau est prélevée au niveau de la grille installée dans l'échancrure du barrage. La restitution du débit réservé se fait via un orifice calibré pour ce débit.

L'eau captée est acheminée par une conduite en fonte jusqu'à l'usine de traitement du Lancone (Illustration 82 et Illustration 84).

La vanne contrôlant la prise d'eau sur le Bevinco est située à l'usine. Donc lorsqu'il n'y a plus d'eau prélevée à la prise du Lancone, le tuyau d'adduction jusqu'à l'usine reste plein d'eau permettant l'usage du poteau incendie situé à côté de l'usine, en cas de besoin.

Sur le parcours de la conduite se situe un brise-charge avec trop-plein qui rejette l'eau dans le ruisseau de Fangone, affluent en rive gauche du Bevinco. Ce trop-plein déverse en permanence, excepté pendant les périodes d'étiage prononcé de la rivière. Lors d'une visite réalisée le 27/07/2016, il déversait environ 10 l/s. Il semble donc que même lorsque l'eau du Bevinco n'est pas utilisée, la totalité du débit ne soit pas restituée en aval de la prise uniquement mais qu'il l'est en deux points du cours d'eau : en aval direct de la prise + dans le Fangone via le trop-plein du brise-charge.

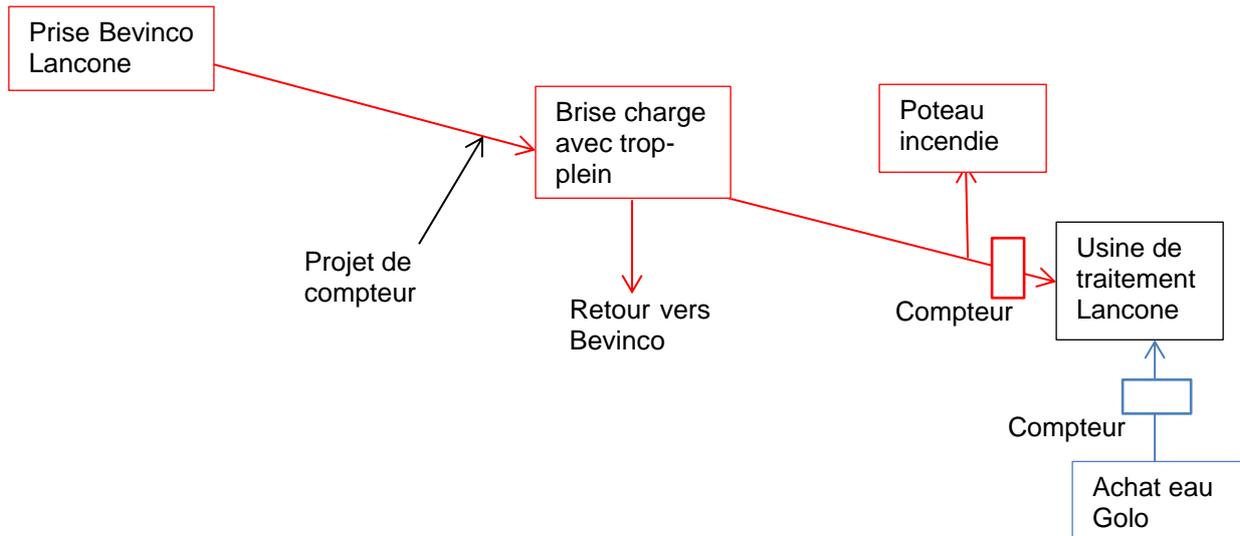


Illustration 84 : Schéma du réseau d'adduction de l'eau prélevée à la prise du Lancone vers l'usine de traitement

- Implications du brise-charge et son trop-plein sur l'estimation du débit de la rivière à l'entrée de la plaine :

Que ce soit sur les périodes où la prise d'eau n'est pas utilisée ou celles où elle l'est, ce retour au cours d'eau via le trop-plein du brise-charge n'a pas d'implication sur la connaissance du débit du Bevinco à l'entrée de la plaine car mis à part les autres affluents, pour le connaître il suffit de faire débit DREAL - débit prélèvement via le compteur en entrée d'usine.

La station de pompage située derrière le lotissement d'Ammandulu, en bordure de piste, est une station appartenant à l'OEHC qui pompe de l'eau en provenance du Golo. Cette eau est acheminée vers l'usine de traitement du Lancone.

### c) *Suivi du débit du Bevinco dans la plaine*

Au démarrage de l'étude il a été envisagé l'installation d'une station temporaire de mesure du débit de la rivière dans la plaine, au droit des dépôts alluvionnaires, afin de pouvoir caler le modèle hydrogéologique de façon fiable en termes de débit au droit de l'aquifère (et pas seulement en termes de charge hydraulique). Le seuil de Casatorra est apparu comme le seul site envisageable pour l'installation d'un dispositif à moindre coût qui aurait pu se matérialiser par la réalisation d'un canal type « venturi » dans le seuil, associé à une sonde de pression pour le suivi de la hauteur d'eau en continu. Ce dispositif aurait permis un suivi a priori fiable pour la période d'étiage (période la plus critique de l'aquifère donc la plus pertinente pour répondre aux questions de l'étude). Ce projet a cependant été abandonné du fait du problème de propriété du seuil.

Dans le cadre d'une étude qui a été lancée début 2019 par la Réserve de l'Etang de Biguglia sur les flux de polluants entrant dans l'étang, il est envisagé l'installation d'une station de mesure du débit du Bevinco au niveau du pont de la route territoriale, au droit de la zone d'infiltration. De telles données pourraient être très utiles à la présente étude pour caler le modèle hydrogéologique, même si la chronique disponible serait courte.

### 8.2.3. Suivi piézométrique DCE

Le chapitre 3.5.1 présente les deux piézomètres du réseau DCE existant sur la nappe du Bevinco.

En complément, il est à noter que le piézomètre le plus ancien, dénommé Casatorra (11071X0062, Illustration 7 et Illustration 83), présente des niveaux ponctuels inférieurs à 0 m NGF en 1987, 1989 et 1990 en corrélation avec les problèmes d'intrusion saline connus sur l'aquifère ces années-là.

### 8.2.4. Données de prélèvements

#### a) Eau de surface : prise du Lancone d'Acqua Publica

Le compteur de la prise du Lancone situé à l'entrée de l'usine (schéma de l'illustration 84) comptabilise l'eau prélevée sur la prise moins ce qui est déversé au trop-plein du brise-charge et moins ce qui est utilisé en cas d'incendie au niveau du poteau incendie (événements rares). Dans la mesure où le trop-plein rejoint le ruisseau de Fangone qui rejoint ensuite le Bevinco, cette perte est sans conséquence sur l'estimation in fine du débit du Bevinco en aval de la prise.

Les relevés du compteur permettant de déduire les volumes prélevés sont consignés à une fréquence globalement journalière par Acqua Publica. Les données fournies au format papier ont été saisies sous Excel et sont disponibles de 2009 à mars 2019. Pour les jours sans donnée (week-ends, jours fériés, etc.), une interpolation linéaire a été faite pour combler ces lacunes à partir des relevés du compteur aux dates encadrant la période lacunaire. Outre ces lacunes ponctuelles, les données sont absentes pour deux périodes importantes : du 23/11/2011 au 13/02/2012 et du 17/04/2012 au 13/06/2012.

Depuis avril 2019, un compteur volumétrique a été installé sur la prise (au départ de la conduite, et non plus à l'arrivée à l'usine). Il permet de comptabiliser les volumes prélevés au pas de temps 30 min.

Les prélèvements d'eau sur le Bevinco accusent une forte saisonnalité (Illustration 85). La prise constitue la ressource principale et prioritaire d'Acqua Publica. Les prélèvements les plus importants ont lieu au printemps et résultent d'une bonne hydraulicité de la rivière à cette période conjuguée à une demande un peu plus élevée qu'en hiver. Les prélèvements en hiver sont également importants. En été et à l'automne ils sont beaucoup plus faibles du fait d'une hydraulicité beaucoup moins favorable de la rivière et de l'interdiction de prélever entre la 2<sup>ème</sup> semaine de juillet et la 2<sup>ème</sup> semaine d'octobre incluse.

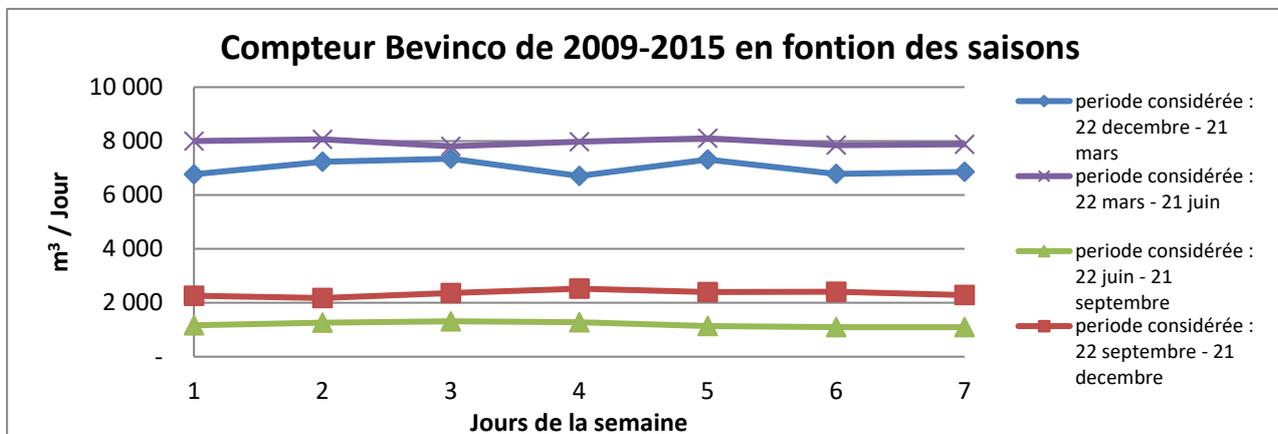


Illustration 85 : Volume journalier moyen prélevé sur la prise du Lancone pour chaque jour de la semaine calculé sur la période 2009-2015.

**b) Eau de surface : forages de la commune d'Olmata di Tuda**

Les trois forages d'Olmata di Tuda sont implantés dans des dépôts d'alluvions de faible extension et de faible épaisseur localisés aux abords de la rivière du Bevinco, dans le Lancone (Illustration 82). Ils sont profonds de 6 à 8.60 m.

Les prélèvements effectués sur ces ouvrages sont considérés impactant sur les eaux de surface (le Bevinco) étant donnés leur localisation à proximité directe de la rivière et le fait que les dépôts d'alluvions dans lesquels ils sont implantés ne peuvent être considérés comme un véritable aquifère.

Les volumes d'eau pompés par ces ouvrages ne sont pas comptabilisés par la commune. Un seul compteur présent en sortie du réservoir est relevé périodiquement par la commune depuis 2018 (Illustration 86). En outre, ce réservoir étant également alimenté par une source, ces volumes ne sont pas uniquement représentatifs des prélèvements effectués sur la rivière. Seuls les volumes de juillet et août sont uniquement issus des trois forages car la source était tarie. Le volume maximum relevé en 2018 concerne le mois d'août et représente un débit instantané de 3 l/s. 2018 ayant été une année humide, ce débit est susceptible d'être plus important en période d'étiage sévère (jusqu'à 10 l/s d'après la DDTM).

Période	Volume journalier moyen en sortie du réservoir sur 2018 (m <sup>3</sup> /jour)
Janvier	~ 60
Février	~ 60
Mars	~ 60
Avril	~ 80
Mai	~ 100
Juin	~ 150
Juillet	~ 220
Août	~ 260
Septembre	~ 150
Octobre	~ 80
Novembre	~ 70
Décembre	~ 70

*Illustration 86 : Volumes journaliers moyens en sortie du réservoir d'Olmata di Tuda sur 2018 fournis par la commune (3 forages + source).*

**c) Eaux souterraines : les trois forages de la CCMG**

Les trois forages de la CCMG sont équipés ainsi :

- Suariccia 1 : pompe de 40 m<sup>3</sup>/h ;
- Suariccia 2 : pompe de 45 m<sup>3</sup>/h ;
- Suariccia 3 : pompe de 40 m<sup>3</sup>/h qui débite à environ 30 m<sup>3</sup>/h en réalité car elle est ancienne.

Pendant la période de pointe, ces ouvrages fonctionnent environ 15 heures par jour. Ils sont exploités tout au long de l'année.

Les données de volumes prélevés hebdomadaires sont disponibles sur la période 2009 à juillet 2017 mais la CCMG n'a pas été mesure de fournir les données récentes.

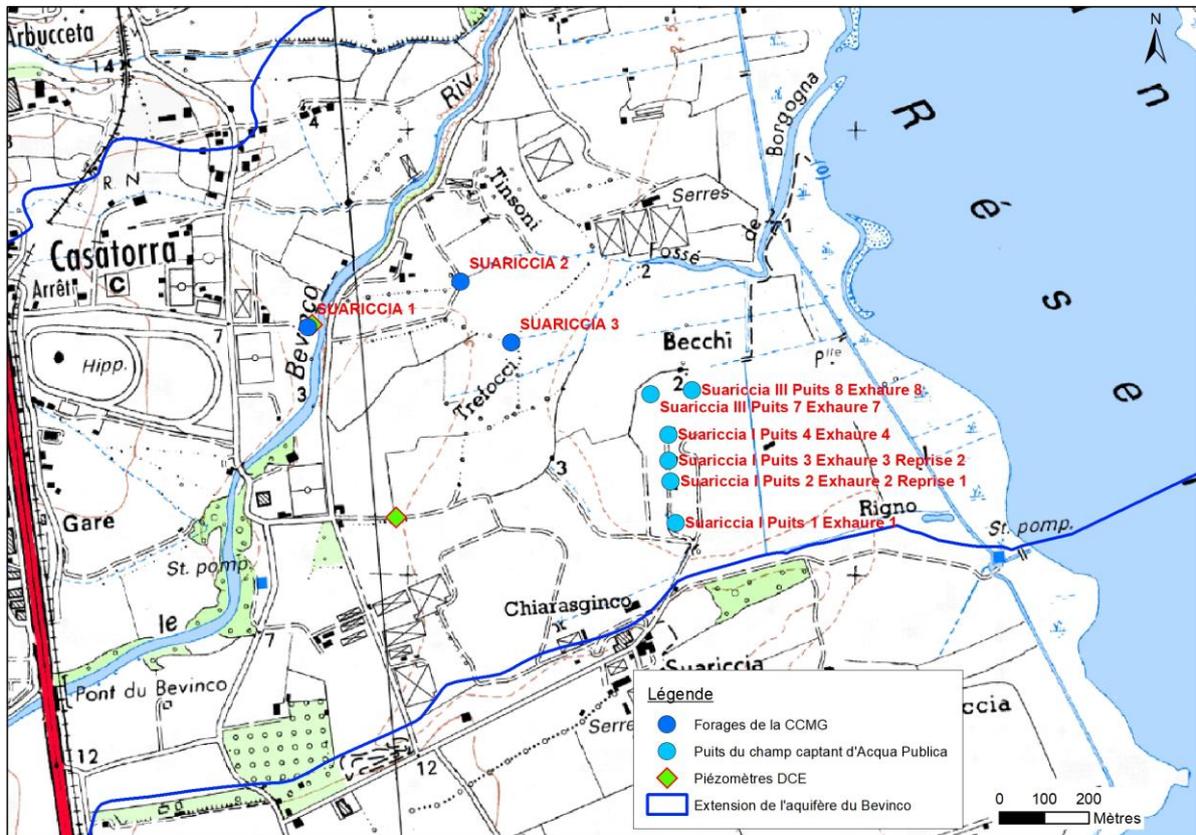


Illustration 87 : Localisation et dénomination des captages d'alimentation en eau potable présents sur la nappe du Bevinco.

#### d) **Eaux souterraines : le champ captant d'Acqua Publica**

Ce champ captant se compose de six puits répartis en deux unités distinctes :

- Suariccia I (cf. Illustration 87 et Illustration 88) :
  - composé des puits numérotés 1 à 4,
  - débit autorisé de 100 m<sup>3</sup>/h chacun,
  - le puits 1 et le puits 4 sont équipés d'une pompe chacune réglée sur 100 m<sup>3</sup>/h,
  - le puits 2 et le puits 3 sont également chacun équipés d'une pompe de 100 m<sup>3</sup>/h ainsi que d'une pompe chacun réglée sur 400 m<sup>3</sup>/h,
  - les puits 2 et 3 servent alternativement de reprise pour l'envoi de l'eau de l'ensemble des quatre puits vers le réseau,
  - les quatre puits sont ainsi reliés aux puits 2 et 3 de telle sorte que l'eau prélevée est envoyée sur le réseau via l'un de ces deux puits. Si c'est le puits 2 qui sert de reprise (reprise n°1), les puits 1, 3 et 4 viennent l'alimenter de 100 m<sup>3</sup>/h, la pompe de 400 m<sup>3</sup>/h utilisée pour la reprise permet donc d'ajouter 100 m<sup>3</sup>/h en provenance du puits 2. Si c'est le puits 3 qui sert de reprise (reprise n°2), ce sont les puits 1, 2 et 4 qui viennent alimenter le puits 3 duquel 400 m<sup>3</sup>/h est prélevé.

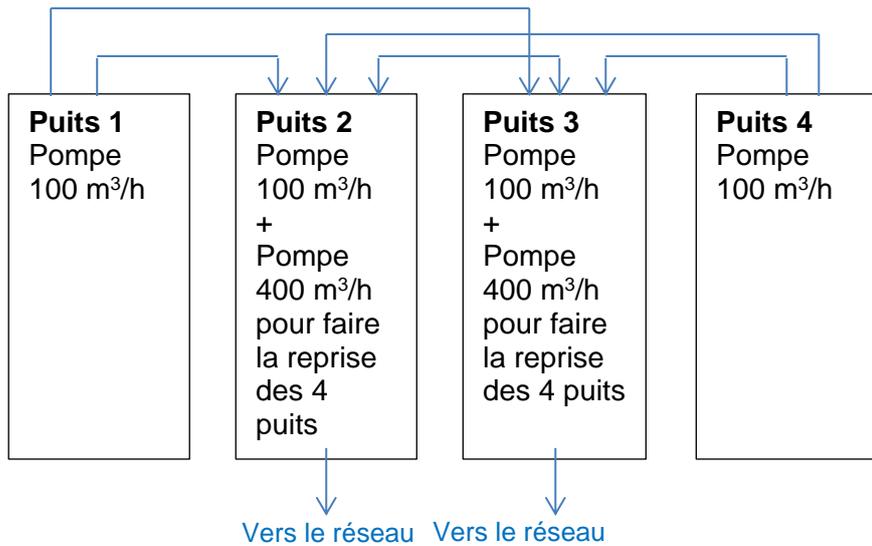


Illustration 88 : Schéma de fonctionnement de Suariccia I.

- Suariccia III :

- composé des puits 7 et 8,
- débit autorisé de 100 m³/h chacun,
- ils sont tous deux reliés à une bache de laquelle l'eau part vers le réseau,
- la bache est située à proximité immédiate (au nord) du puits 4 de Suariccia I.

Les volumes prélevés sur Suariccia I d'une part, et Suariccia III d'autre part, ont été consignés sur papier par Acqua Publica. Les relevés ont une fréquence hebdomadaire. Ils ont été saisis dans Excel pour la période 2009 à mars 2019. Du fait du fonctionnement du champ captant, il n'est pas possible de connaître le volume journalier pompé sur chaque puits indépendamment les uns des autres à partir des données disponibles, les volumes ont été comptabilisés à l'échelle de l'unité de pompage (I et III).

Depuis avril 2019, des compteurs volumétriques ont été installés sur les puits de reprise 2 et 3 de Suariccia I et sur la sortie de la bache récupérant les prélèvements sur les puits 7 et 8 de Suariccia III. En outre, l'ensemble des six ouvrages du champ captant a été équipé de compteurs horaires qui permettent de reconstituer les débits prélevés par ouvrage à partir des débits connus des pompes. L'information est disponible au pas de temps 30 min, depuis juillet 2019.

La mise en route du champ captant dépend du jonglage entre les différentes ressources dont Acqua Publica dispose. La rivière du Bevinco est la prioritaire, puis le champ captant et enfin l'eau du Golo. En hiver, Acqua Publica est amené à utiliser le champ captant lorsqu'il y a un problème à l'usine du Lancone pour traiter l'eau du Bevinco ou si des travaux particuliers sont effectués. Sur la fin du printemps, généralement si le champ captant est sollicité c'est pour venir compléter l'eau du Bevinco dont le débit baisse et ne permet plus de satisfaire complètement la demande. Dans ce cas-là, c'est Suariccia III qui est utilisé si le complément nécessaire est inférieur ou égal à 200 m³/h, et c'est Suariccia I qui sera utilisé si c'est un besoin compris entre 200 et 400 m³/h. Typiquement, à l'approche de l'été, lorsque le débit du Bevinco diminue sous le débit réservé, Acqua Publica aura tendance à mettre Suariccia I et III en route

de façon simultanée pour ne pas basculer trop tôt sur le Golo. Il y a donc des périodes où le champ captant donne 600 m<sup>3</sup>/h. Les chlorures sont surveillés en permanence via des tests sur bandelettes à la sortie de Suariccia I et Suariccia III. Un suivi de la qualité de l'eau comprenant les chlorures est également effectué par l'ARS conformément à la réglementation (code de la Santé Publique) sur les mêmes points. La gamme normale de concentration relevée tourne autour de 20 à 30 mg/l. S'il est observé une augmentation et que les teneurs évoluent rapidement vers les 45 – 50 mg/l le prélèvement est stoppé sur le champ captant et Acqua Publica bascule sur l'eau du Golo. La limite autorisée des chlorures est à 200 mg/l mais Acqua Publica préserve cette ressource comme secours pendant l'été en cas d'avarie sur l'usine pour traiter l'eau du Golo (la prise du Bevinco n'est pas autorisée entre le 15/07 et le 15/10, peu importe le débit de la rivière).

### **8.2.5. Données sur l'Étang de Biguglia**

La Réserve de l'Étang de Biguglia réalise le suivi de plusieurs paramètres sur l'étang qui sont utiles à l'étude :

- le niveau d'eau du plan d'eau mesuré sur trois échelles limnimétriques réparties dans l'étang. Ces données permettront de comparer le niveau de l'étang avec celui de l'aquifère Fy12 et celui de la couche de limons Fy3I ;
- la salinité mensuelle du plan d'eau et la conductivité électrique ;
- l'état d'ouverture ou de fermeture du grau de l'étang. Cette information permet d'expliquer les fluctuations du niveau d'eau de l'étang observées.

## **8.3. INSTRUMENTATION ET SUIVI DE LA ZONE D'ÉTUDE**

### **8.3.1. Suivi piézométrique des eaux souterraines**

#### ***a) Forages, puits et piézomètres***

Les ouvrages suivis en continu par une sonde de pression (suivi du niveau d'eau, de la température, et parfois de la conductivité électrique) ou utilisés de façon ponctuelle sont listés dans l'illustration 89 et localisés sur les cartes de l'illustration 90 et de l'illustration 91.

Outre les deux piézomètres du réseau piézométrique DCE déjà suivis, plusieurs ouvrages préexistants sur la zone ont pu être équipés pour suivre la nappe en continu. Ainsi, en octobre 2016, trois puits et un piézomètre ont été équipés. Ensuite, en juillet 2018 les piézomètres Pz3 et Pz5<sup>4</sup> réalisés dans le cadre de la première campagne de foration de l'étude en mai 2018 ont été équipés. Les trois piézomètres Pz1, Pz2 et Pz4 réalisés lors de la deuxième campagne de foration de septembre 2018 ont été équipés en novembre 2018.

Les piézomètres Pz1, Pz2, Pz4 et Pz5 étant artésiens et pour lesquels il était à craindre un jaillissement, ils ont été équipés d'une tête de puits étanche (bride) et de vannes (Illustration 92 et Illustration 93). Cette opération d'équipement particulier a été sous-traitée à la société Hydroservices.

---

<sup>4</sup> Le rapport de fin de travaux décrivant le déroulé du chantier de chacun des cinq piézomètres, les informations géologiques et hydrogéologiques collectées et les caractéristiques finales de ces ouvrages est référencé BRGM/RP-68641-FR (Genevier, 2019).

Enfin, un puits préexistant sur le Lido de la Marana, à proximité du piézomètre Pz4, et captant la nappe de surface de la formation fluvio-marine (notée FLM précédemment dans le rapport) a été équipé d'une sonde piézométrique en mars 2019 afin de pouvoir comparer les fluctuations de cette nappe avec celles de l'aquifère du Bevinco capté par Pz4. La sonde permet également le suivi de la conductivité électrique.

Sur les douze ouvrages suivis, huit sont équipés de sonde qui mesurent également la conductivité électrique. L'ensemble des douze ouvrages est équipé d'un système de télétransmission permettant la réception des données à distance.

L'ensemble des ouvrages suivis est réparti de façon relativement homogène sur la zone d'étude et ils captent les trois terrasses alluviales constituées de matériaux perméables et donc aquifères : Fy3z, Fy3s et Fy12 (la terrasse aquifère principale).

En complément, six ouvrages sont utilisés de façon ponctuelle. Ils n'ont pas été retenus pour l'équipement par des sondes de suivi continu car ils présentent quelques inconvénients :

- les « buse amont » et « buse aval » sont des puits qui ont été réalisés au droit de bollari dans le secteur nord de l'aquifère. Ils ne sont distants l'un de l'autre que de quelques mètres. La paroi de la « buse aval » est percée au niveau du sol ce qui induit le débordement de l'eau en continu. Cette eau est évacuée par un fossé creusé qui rejoint ensuite le canal de drainage de la réserve. Le niveau d'eau de ces deux « buses » qui constitue donc un niveau de débordement est jugé influencé et non représentatif de la charge hydraulique réelle de l'aquifère à cet endroit. Ces deux ouvrages ne sont donc pas utilisés pour réaliser les cartes piézométriques, mais le débit de débordement, qui constitue une exhaure de l'aquifère, est mesuré lors des visites de terrain ;
- le « puits sel » n'a pas été équipé car il était pompé ponctuellement par son propriétaire, induisant une influence directe du niveau d'eau. Le niveau de la nappe y est cependant mesuré lors des visites de terrain et vient compléter le jeu de données disponible pour l'établissement des cartes piézométriques ;
- le piézomètre « Dolesi ouest » qui est artésien jaillissant a été équipé par le propriétaire du champ dans lequel il est implanté d'un tube coudé qui permet d'évacuer l'eau d'exhaure dans un fossé longeant le champ. Cette installation interdit toute mesure du niveau d'eau. En revanche, le débit d'exhaure peut être mesuré lors des visites de terrain lorsque l'ouvrage est jaillissant ;
- le piézomètre « Dolesi est » n'a pas pu être équipé car la tête de l'ouvrage est détériorée. La tête en béton constituant sa partie terminale n'est plus solidaire du tube de l'ouvrage et ne permet plus d'y insérer une sonde. Cet ouvrage est également artésien jaillissant mais son état ne permet pas de mesurer le débit d'exhaure de la nappe car le débordement ne peut être canalisé. Cette eau est évacuée dans le canal de drainage de la réserve situé à proximité immédiate ;
- le « puits Rao » est situé dans une propriété dont l'accès est plus difficile que les autres ouvrages et présente une faible profondeur qui limitaient l'intérêt de son équipement.

Nom ouvrage	Type d'ouvrage	Numéro BSS	X en L93	Y en L93	Altitude (m NGF)	Point nivelé	Date nivellement	Distance point nivelé / repère de mesure	Profondeur	Suivi piézo continu	Début du suivi	Suivi de la conductivité	Début suivi conductivité	Niveau capté par l'ouvrage et secteur nappe
DCE Casatorra	Piézomètre	11071X0062	1228916.52	6190417.71	6.90	repère	05/10/2016	0.00	19.00	oui	30/01/1986	oui	21/08/2017	Fy3z + Fy12 Partie libre
DCE Chiaragginco	Piézomètre	11072X0063	1229102.00	6189985.44	6.62	repère	05/04/2016	0.00	49.50	oui	02/05/2016	oui	25/04/2017	Fy12 Partie semi-captive
Suariccia II	Puits	11071X0001	1228806.78	6189685.29	9.77	bord-beton	05/10/2016	-0.14	15.50	oui	21/10/2016	non		Fy3z + Fy12 Partie libre
CCMG	Piézomètre	11072X0009	1229362.68	6190374.12	4.12	bord-tubage	05/10/2016	0.02	9.70	oui	21/10/2016	non		Fy3s Partie libre
Tinsoni	Puits	11072X0008	1229091.09	6190578.94	6.33	bord-beton	05/10/2016	-0.14	9.40	oui	21/10/2016	non		Fy3z Partie libre
Suariccia III puits 7	Puits	11072X0035	1229670.92	6190263.74	2.46	plaque-inox	05/10/2016	-0.17	16.00	oui	21/10/2016	oui	17/07/2018	Fy3s Partie captive
Pz1	Piézomètre	BSS003FKDE	1230242.48	6190147.16	1.32	repère	18/12/2018	0.00	34.20	oui	28/11/2018	oui	28/11/2018	Fy3s + Fy12 Partie captive
Pz2	Piézomètre	BSS003FKDI	1229775.21	6190523.69	2.05	repère	18/12/2018	0.00	21.70	oui	29/11/2018	oui	29/11/2018	Fy3s + Fy12 Partie captive
Pz3	Piézomètre	BSS003FKES	1228661.50	6190449.12	7.78	repère	19/07/2018	0.00	42.00	oui	26/07/2018	non		Fy12a Partie libre argileuse
Pz4	Piézomètre	BSS003FKDM	1231453.97	6190541.88	2.85	repère	18/12/2018	0.00	42.70	oui	30/11/2018	oui	30/11/2018	Fy12 Partie captive
Pz5	Piézomètre	BSS003FKFM	1229543.84	6191360.38	0.98	dalle béton	19/07/2018	1.27	31.00	oui	26/07/2018	oui	26/07/2018	Fy12 Partie captive
Etang au Fortin	Suivi étang		1229184.57	6192884.31						oui	30/11/2016	non		
Casone	Puits	11072X0016	1231758.95	6190448.86	2.13	Sol lidar 2013		0.43	3.30	oui	01/03/2019	oui	01/03/2019	FM Nappe perchée du Lido
LIM5	Tube PVC	Non déclaré	1229543.50	6191365.51	0.81	Sol d'après nivellement Pz5		1.00	2.00	oui	23/04/2019	non		Fy3I Nappe libre des limons
LIM1	Tube PVC	Non déclaré	1230241.85	6190149.40	-0.07	Sol d'après nivellement Pz1		0.73	2.00	oui	25/04/2019	non		Fy3I Nappe libre des limons
Buse amont	Puits	Non déclaré	1229538.02	6190803.20	2.48	bord-beton	05/10/2016	0.00	4.60	non				Fy3s Partie captive
Buse aval	Puits	Non déclaré	1229547.45	6190806.10	1.90	bord-beton	05/10/2016	0.00	5.50	non				Fy3s Partie captive
Puits sel	Puits	11072X0005	1229386.40	6191141.70	3.21	bord-beton	01/09/2008	0.00	9.00	non				Fy3s Partie libre
Dolesi ouest	Piézomètre	11072X0048	1229921.10	6190124.80					18.50	non				Fy3s + Fy12 Partie captive
Dolesi est	Piézomètre	11072X0004	1230165.13	6190284.86	0.42	Sol lidar 2013		0.30	35.00	non				Fy3s + Fy12 Partie captive
Puits Rao	Puits	11071X0004	1228788.30	6190470.96	6.04	Sol lidar 2013		0.08	6.90	non				

Illustration 89 : Liste des piézomètres utilisés dans le cadre de l'étude et leurs caractéristiques. Le code couleur utilisé dans la dernière colonne est le même que dans le modèle géologique 3D.

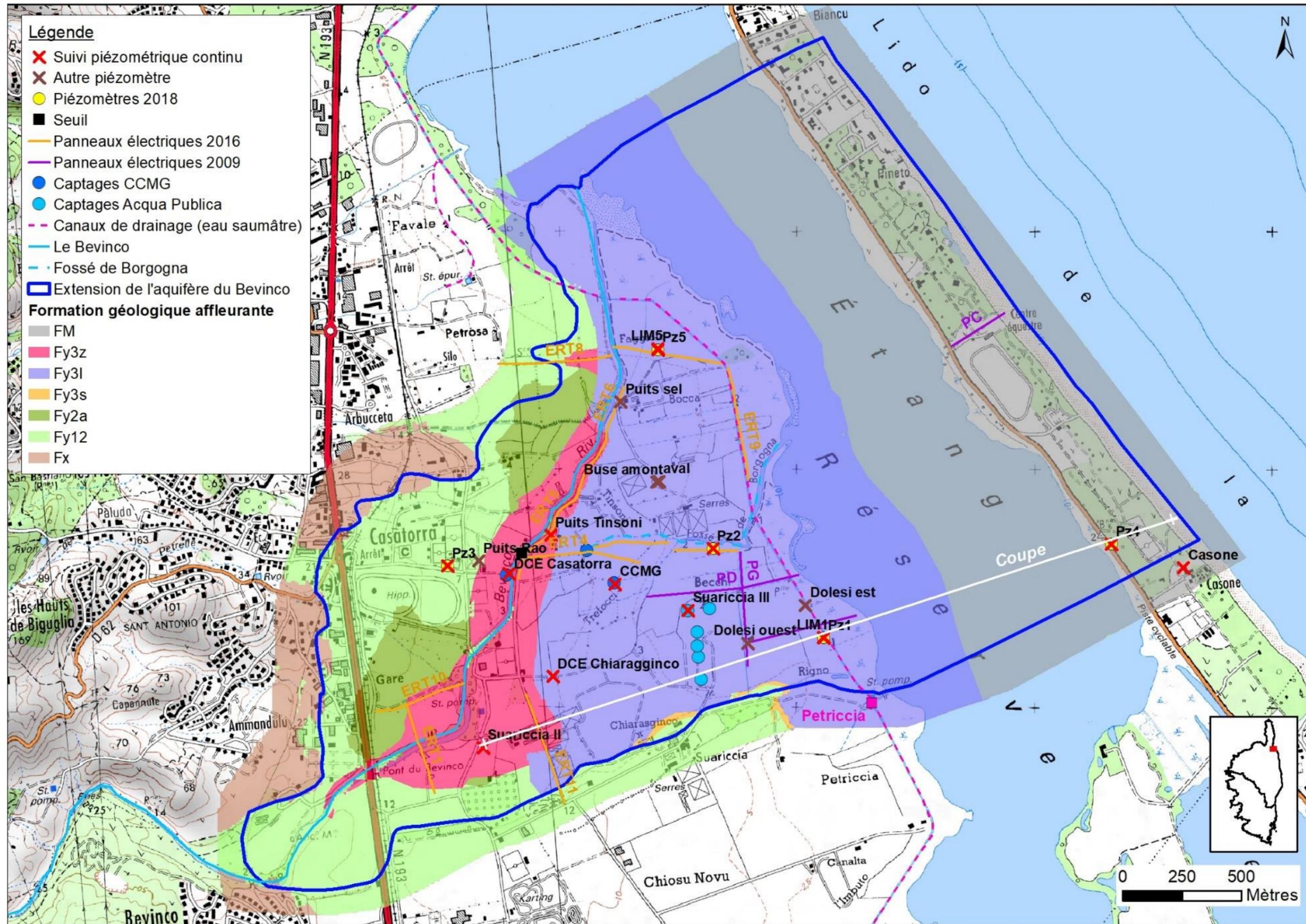


Illustration 90 : Localisation des piézomètres avec leur nom sur fond de la carte géologique élaborée dans le cadre de l'étude.

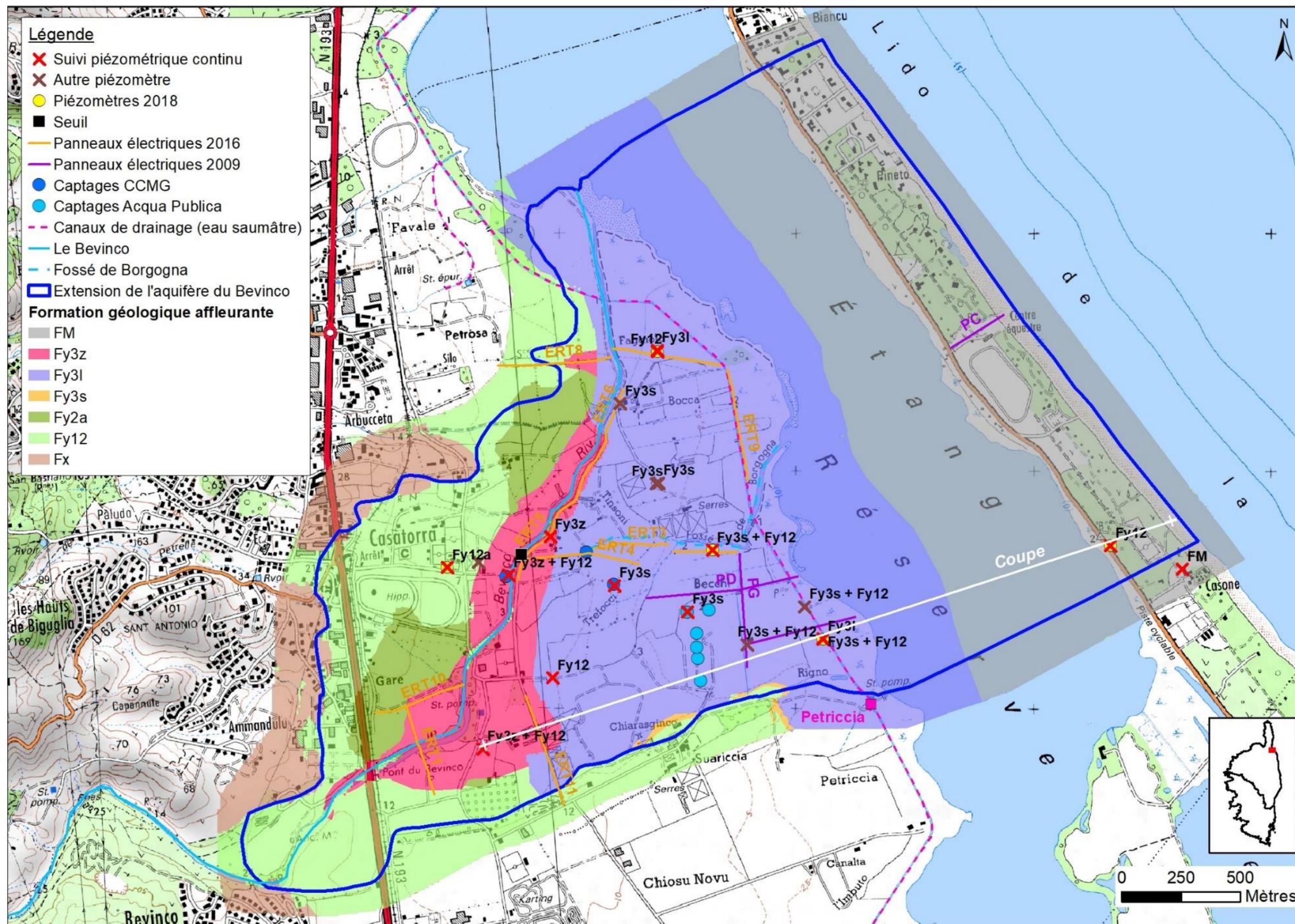


Illustration 91 : Localisation des piézomètres de l'étude avec les niveaux qu'ils captent.

**b) Suivi complémentaire : tubes crépinés dans les limons *Fy3I***

Les résultats de la foration des piézomètres Pz1, Pz2 et Pz5 en 2018 (Genevier, 2019) ont suggéré la présence d'une nappe perchée au sein des limons (*Fy3I*) qui surmontent l'aquifère principal et le rendent captif. En outre, les observations en cours de foration ont montré que les limons forés étaient salés.

Afin de pouvoir comparer la charge hydraulique et la conductivité électrique de la nappe perchée des limons à celles de l'aquifère principal, deux mini-piézomètres ont été réalisés dans les limons aux abords immédiats de Pz5 d'une part (LIM5) et de Pz1 d'autre part (LIM1) en avril 2019 (Illustration 89). Ces deux petits ouvrages ont été réalisés à la tarière à main avec laquelle la profondeur de deux mètres par rapport au sol a pu être atteinte. Des tubes en PVC d'une longueur totale de 3 m pour chaque piézomètre (1 m plein environ dépassant du sol et 2 m crépinés dans le sol) ont pu y être foncés à la masse. Des bouchons de fond ont été vissés au bout de la colonne de tubes et constituent le fond de chacun des deux mini-piézomètres.

En complément des douze autres suivis piézométriques existants, ils ont été équipés d'une sonde de pression pour suivre en continu les fluctuations de la nappe perchée des limons.



*Illustration 92 : Photographies du mini-piézomètre "LIM5" implanté à proximité immédiate de Pz5.*



*Illustration 93 : Photographies du mini-piézomètre "LIM1" implanté à proximité immédiate de Pz1.*

### 8.3.2. Suivi de l'Étang de Biguglia

Dès octobre 2016 une sonde de pression a également été installée dans l'étang, au Fortin, afin de suivre les fluctuations du niveau du plan d'eau dans cette partie nord et pouvoir les comparer à celles de la nappe.

La chronique obtenue n'est cependant pas satisfaisante. Il est observé une forte dérive qui semble être provoquée par l'encroustement très rapide du capteur de la sonde par des coquillages.

Ces données ne pourront donc pas être utilisées. Ce sont les relevés ponctuels réalisés par la réserve sur leurs trois échelles qui seront utilisés.



Illustration 94 : Photographie du système de suivi du niveau de l'étang mis en place sur le ponton du Fortin.

Gaine contenant le câble de la sonde fixée le long du ponton :



Fixation du surplus de câble et du capteur de la sonde au bout du ponton :



Avant nettoyage de la sonde (le 20/07/2018) :



Après nettoyage de la sonde (le 20/07/2018) :



*Illustration 95 : Détails de la sonde installée pour le suivi du niveau de l'étang au Fortin.*

#### 8.4. CAMPAGNES DE NIVELLEMENT

Afin de pouvoir comparer les mesures de niveaux d'eau entre elles, il est nécessaire de niveler les ouvrages. Les différents niveaux d'eau peuvent ainsi être exprimés en mètres NGF. Un certain nombre de points bas nécessitent également un nivellement tels que le fond de la rivière du Bevinco, le fond du Fossé de Borgogna et les canaux de drainage de la réserve.

Couplés aux mesures de profondeur du niveau d'eau, ces nivellements permettent le calcul des niveaux piézométriques, la conception des cartes piézométriques et la définition des sens d'écoulement, notamment entre la rivière et la nappe.

Par ailleurs, les données topographiques du profil longitudinal du Bevinco aident à évaluer les intrusions possibles des eaux saumâtres de l'étang de Biguglia le long du Bevinco (rentrant salé) et du Fossé de Borgogna. Cette information est importante dans la réflexion sur la détermination des origines possibles des intrusions salines dans l'aquifère.

Enfin, les nivellements réalisés dans les cours d'eau sont nécessaires à la réalisation du modèle hydrogéologique. Ils complètent le modèle numérique de terrain utilisé (LiDAR 2013 de l'IGN) dont la précision dans les cours d'eau est mauvaise.

Ainsi, deux campagnes de nivellement ont été menées par le BRGM avec un GPS différentiel Trimble R10 de précision centimétrique connecté au réseau Actisat via la 3G (réseau de bases dispersées sur la Corse géoréférencées permettant de s'affranchir de bases fixes qu'il est nécessaire de recalculer pour chaque point à niveler) :

- la première a eu lieu les 4 et 5 octobre 2016, au cours de laquelle les forages et puits existants ont été nivelés. Plusieurs profils en travers ont également été réalisés dans la rivière, le Fossé de Borgogna et les canaux de drainage de la réserve à l'aide du canoë emprunté à l'IFREMER ;
- la seconde a eu lieu les 18 et 19 juillet 2018 avec la réalisation de profils complémentaires dans la rivière et sur les deux nouveaux piézomètres Pz3 et Pz5.

Les transects réalisés dans la rivière et le Fossé renseignent sur la largeur de la section d'écoulement, l'altitude du point le plus bas de la section (donnée minimum, pour certains transects, plusieurs points ont été pris le long de la section) et la nature du fond (sableux, graveleux ou limoneux). Ce dernier aspect est également une donnée d'entrée du modèle hydrogéologique, la nature du fond des cours d'eau ayant un impact sur le colmatage du lit et donc les échanges nappe-rivière (les limons auront tendance à limiter les échanges tandis que les galets à les favoriser). Ainsi, sur l'ensemble du linéaire de la rivière dans la plaine le lit du cours d'eau est constitué de sable et/ou galets, seule la portion terminale des 300 derniers mètres correspond à des limons vaseux.

Le nivellement des nouveaux piézomètres Pz1, Pz2 et Pz4 a été réalisé le 18 décembre 2018.

Au total, 37 transects ont été réalisés dans la rivière et cinq dans le Fossé de Borgogna (Illustration 96).

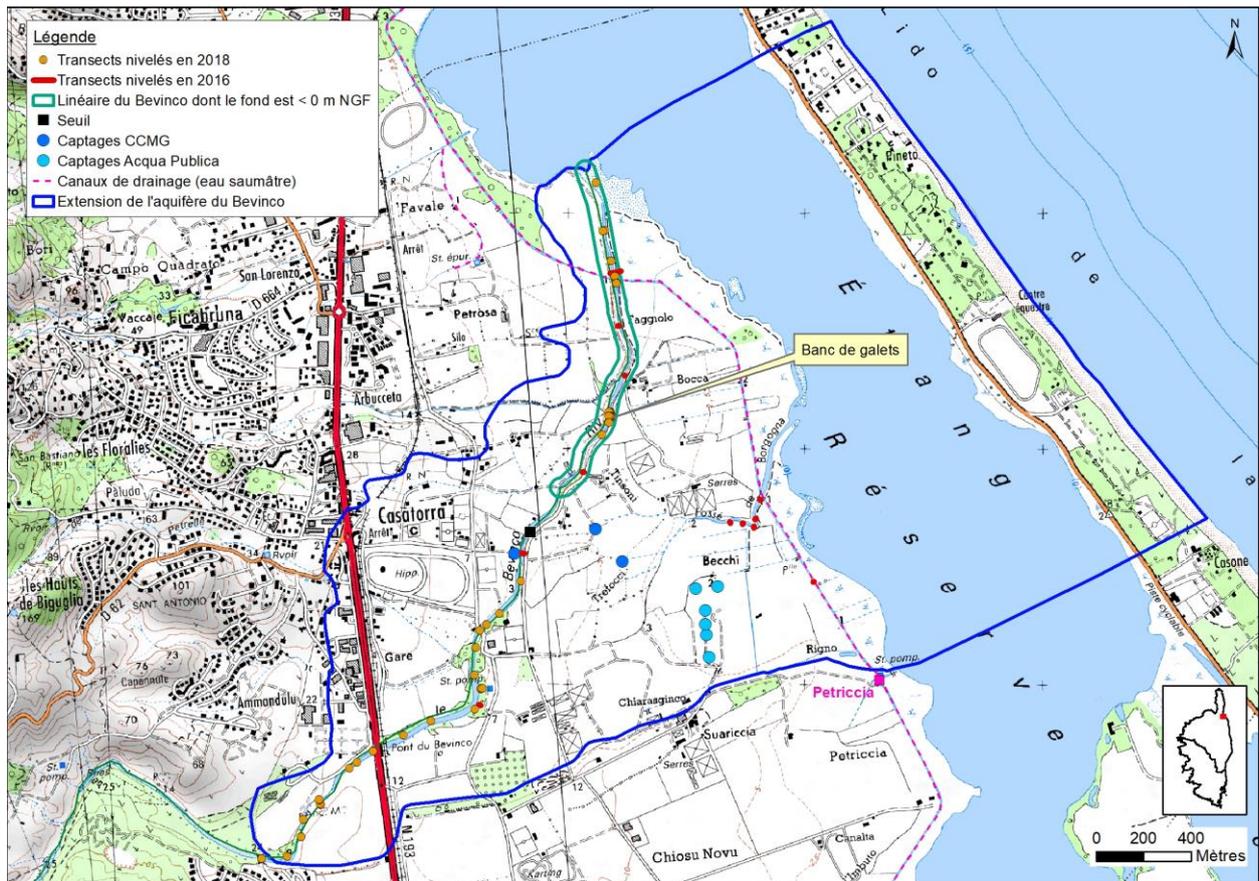


Illustration 96 : Localisation des transects nivelés dans la rivière, le Fossé de Borgogna et le canal de drainage de la réserve. Identification du linéaire de la rivière dont l'altitude du fond est inférieure au 0 m NGF.

Le report de l'altitude minimale de chaque transect réalisé dans la rivière sur l'illustration 97 ci-après permet d'identifier la portion de la rivière dont le fond du lit est inférieur au 0 m NGF. Exception faite du « banc de galets » (Illustration 99), celle-ci débute en aval du seuil de Casatorra et s'étend jusqu'à l'embouchure, sur environ 1500 m de longueur. Il est à préciser que le banc de sable situé à l'abscisse 3400 m, au début de la réserve, était présent lors de la campagne de nivellement de 2016 mais ne l'était plus en 2018 suite visiblement à un curage du lit du Bevinco par la réserve. En revanche, le « banc de galets » s'est maintenu au même emplacement depuis 2016, le début de la présente étude, malgré les crues qui se sont produites.

D'après les mesures de conductivité électrique faites à l'étiage lors de la campagne de nivellements de 2016 (Illustration 97), c'est la présence du « banc de galets », qui matérialise la remontée du fond de la rivière dans ce secteur, qui limite la remontée de l'eau saumâtre en provenance de l'étang vers l'amont.

Les cinq transects réalisés dans le Fossé de Borgogna sont localisés sur la portion en amont du canal de drainage. Les mesures indiquent que le fond se situe autour de -1.7 m NGF et qu'il remonte à -1.3 m NGF au niveau du transect le plus à l'amont. Ce dernier transect correspond au point le plus amont auquel il a été possible d'accéder par canoë (la morphologie des rives du Fossé et la végétation interdisent un accès par la terre). La visite de l'embouchure du Fossé de Borgogna le 1<sup>er</sup> mars 2019 a permis de constater que le fond du Fossé remonte au niveau de son embouchure. La tranche d'eau à ce niveau n'est plus que d'environ 40 à 50 cm.

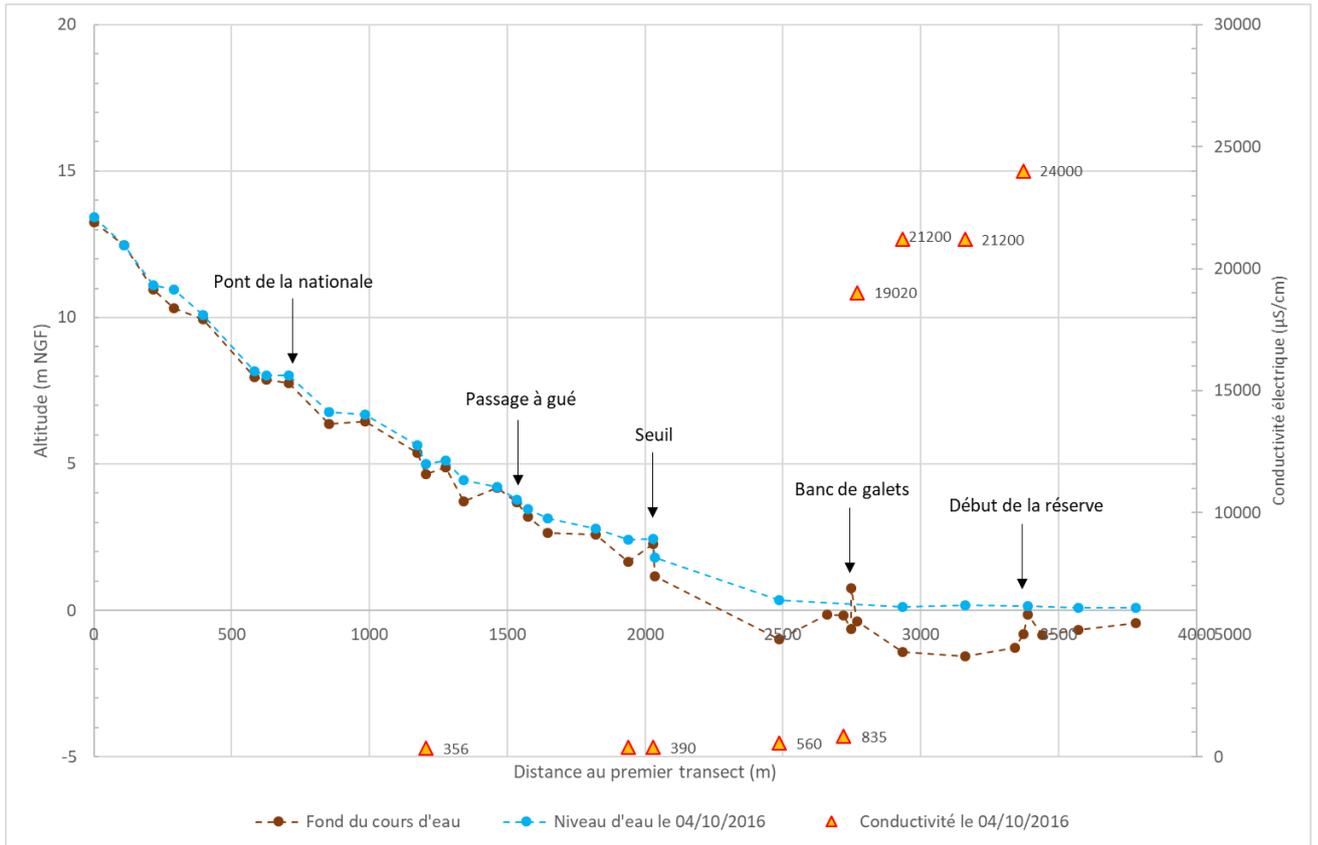


Illustration 97 : Profil altitudinal en long du Bevinco à partir des données de nivellement (octobre 2016 et juillet 2018) depuis le début des dépôts alluvionnaires jusqu'à son embouchure dans l'étang de Biguglia.



Illustration 98 : Embouchure du Fossé de Borgogna dans l'Étang de Biguglia le 1er mars 2019.

Nivellement du Fossé de Borgogna :



Nivellement dans la rivière (section entre le seuil de Casatorra et le « banc de galets ») :



Nivellement au niveau du « banc de galets » :



*Illustration 99 : Photographies de la campagne de nivellement de 2016.*

Les nivellements du fond du lit du Bevinco montrent qu'il est inférieur au 0 m NGF environ 200 m en aval du seuil de Casatorra jusqu'à son embouchure dans l'étang, donc sur environ 1 500 m de long.

La position maximale du rentrant salé de l'étang dans le lit de la rivière est matérialisée par un petit banc de galets.

Ces données de nivellement sont également destinées à la modélisation de la rivière dans le modèle hydrogéologique 3D pour représenter au mieux la géométrie du lit et la tranche d'eau.

## 8.5. CAMPAGNES DE JAUGEAGES DIFFÉRENTIELS DU BEVINCO

Les campagnes de jaugeages différentiels avaient quatre objectifs principaux :

- caractériser les relations entre la nappe et la rivière : sur une seule campagne, plusieurs mesures de débit de la rivière sont effectuées de l'amont vers l'aval afin de quantifier les variations de débit et identifier les portions de la rivière où la rivière alimente la nappe (diminution du débit de l'amont vers l'aval) et celles où la nappe alimente la rivière (augmentation du débit de l'amont vers l'aval) ;
- identifier la zone d'infiltration de la rivière vers la nappe, cette portion assurant l'alimentation principale de la nappe et étant donc la plus sensible face aux éventuelles pollutions ;
- quantifier le débit d'infiltration de la rivière vers la nappe selon plusieurs situations hydriques de l'hydrosystème ;
- contribuer au calage du modèle hydrogéologique en termes de débits.

Sept campagnes ont été réalisées entre 2016 et 2019. Elles sont pointées sur la chronique de débit du Bevinco à la station limnimétrique de la DREAL sur l'illustration 83. Les conditions hydriques de réalisation de ces campagnes de jaugeages et les influences par les prélèvements de surface et sur le champ captant d'Acqua Publica sont détaillées dans le tableau ci-après. L'influence par les prélèvements sur les trois forages de la CCMG est jugée négligeable car les débits prélevés sont bien moindres.

Campagne	Situation hydrique	Influences par les prélèvements
08/06/2016	Basses eaux	Prélèvements sur la prise de surface + sur le champ captant d'AP ce jour-là.
13/07/2016	Très basses eaux, rivière à sec sur sa portion aval	Pas de prélèvement à la prise de surface. Champ captant d'AP a tourné du 16/06 au 09/07/2016 et au 13/07, niveau piézo de la nappe était encore un peu influencé.
10 et 11/04/2017	Moyennes eaux	Prélèvements à la prise de surface. Pas de prélèvement sur le champ captant d'AP.
15 et 16/05/2017	Basses eaux	Pas de prélèvement sur le champ captant d'AP depuis 3 mois, prélèvements sur la prise de surface.
31/05/2017	Basses eaux	Prélèvements sur le champ captant d'AP depuis une semaine + prélèvements sur la prise de surface.

24/04/2019	Hautes eaux, en phase de décrue suite petite crue 2 jours auparavant (donc état transitoire de l'hydrosystème).	Pas de prélèvement sur la prise de surface, pompage sur le champ captant d'AP depuis la veille (à l'arrêt entre 6h et 13h).
27/08/2019	Basses eaux	Pas de prélèvement sur la prise (arrêté préfectoral), pas de prélèvement sur le champ captant d'AP depuis 4 jours.

*Tableau 8 : Conditions hydriques de réalisation des campagnes de jaugeages et influences par les prélèvements.*

Les sites de jaugeage de chaque campagne sont localisés sur l'illustration 100. Les sections de jaugeage ont été choisies en fonction de la morphologie du lit de la rivière qui évolue au cours des saisons (action des crues), et en fonction de la situation hydrique (des sections peuvent être plus adaptées en hautes eaux qu'en basses eaux, et inversement).

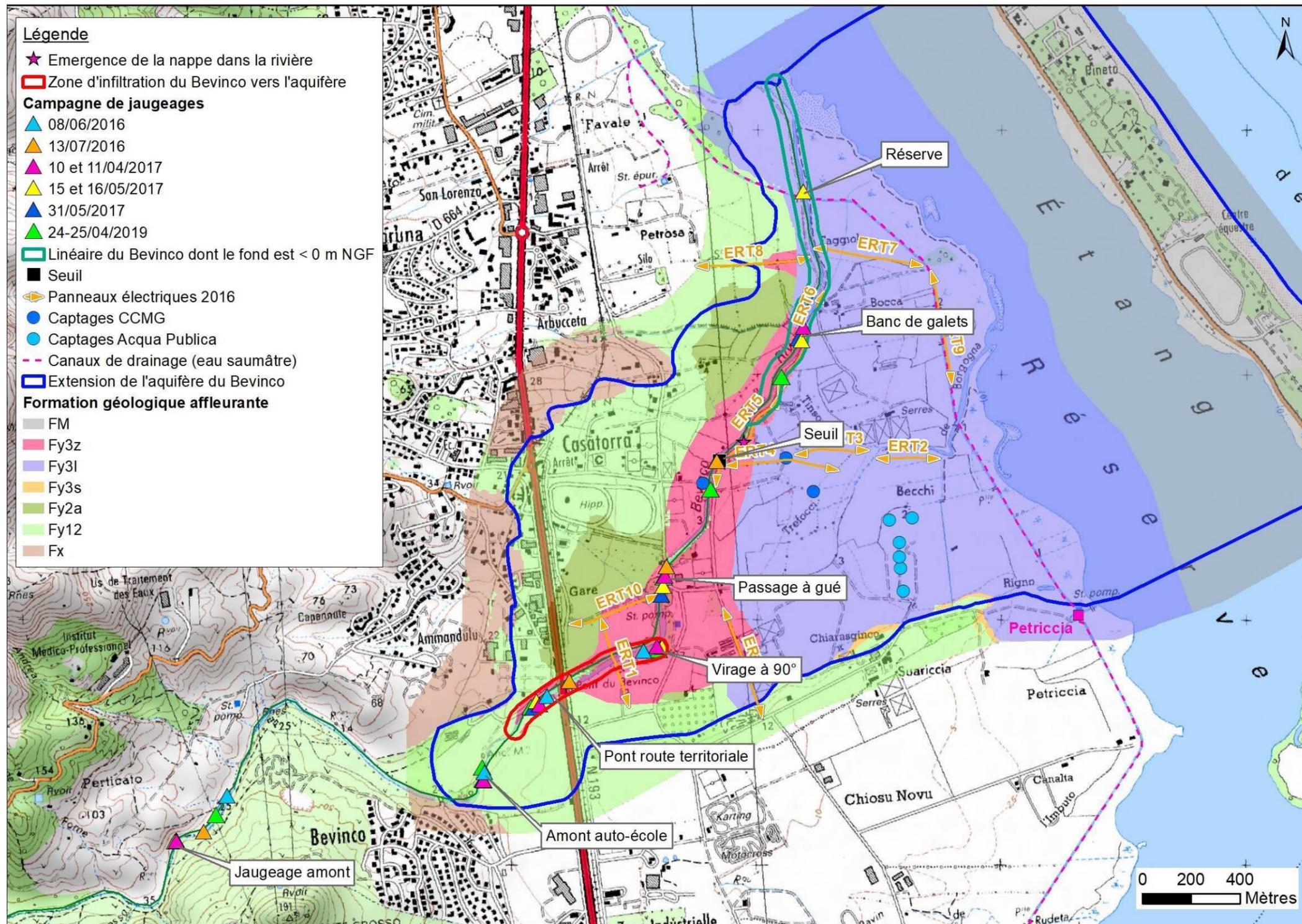


Illustration 100 : Carte de la localisation des sites de jaugeage du Bevinco.

Les mesures des campagnes de 2016 et 2017 ont principalement été réalisées avec un courantomètre électromagnétique (modèle OTT MF pro) avec en complément une mesure réalisée par la méthode de dilution du sel. Les mesures de la campagne de 2019 ont été réalisées par un courantomètre acoustique (modèle OTT ADC). La fiabilité des appareils a été vérifiée par un contrôle en usine.

Les résultats des sept campagnes sont reportés dans le graphique de l'illustration 101 qui présente les débits mesurés en fonction de la distance à la section la plus amont dénommée « jaugeage amont ». Un deuxième graphique (Illustration 102) a été réalisé avec les seules campagnes de basses eaux afin de dilater l'échelle verticale et pouvoir mieux apprécier les variations de débit. Les débits enregistrés par la station limnimétrique de la DREAL ne sont pas reportés dans ces graphiques. Les mesures ont systématiquement été réalisées de l'amont vers l'aval, exceptée la mesure de la campagne du 24/04/2019 située en amont immédiat du seuil qui a été faite après la dernière (celle de la section « banc de galets »).

Les résultats de la campagne du 10 et 11 avril 2017 ne sont pas du tout cohérents avec ceux des cinq autres campagnes. Il est très probable que le rythme de prélèvement à la prise de surface ait influencé les mesures. Cette campagne est donc écartée de l'analyse menée ci-après.

La campagne du 24/04/2019 ayant été réalisée lors d'une phase de décrue de la rivière, les deux dernières mesures de la journée apparaissent influencées (inférieures à ce qui pourrait être attendu en dehors d'une phase de décrue).

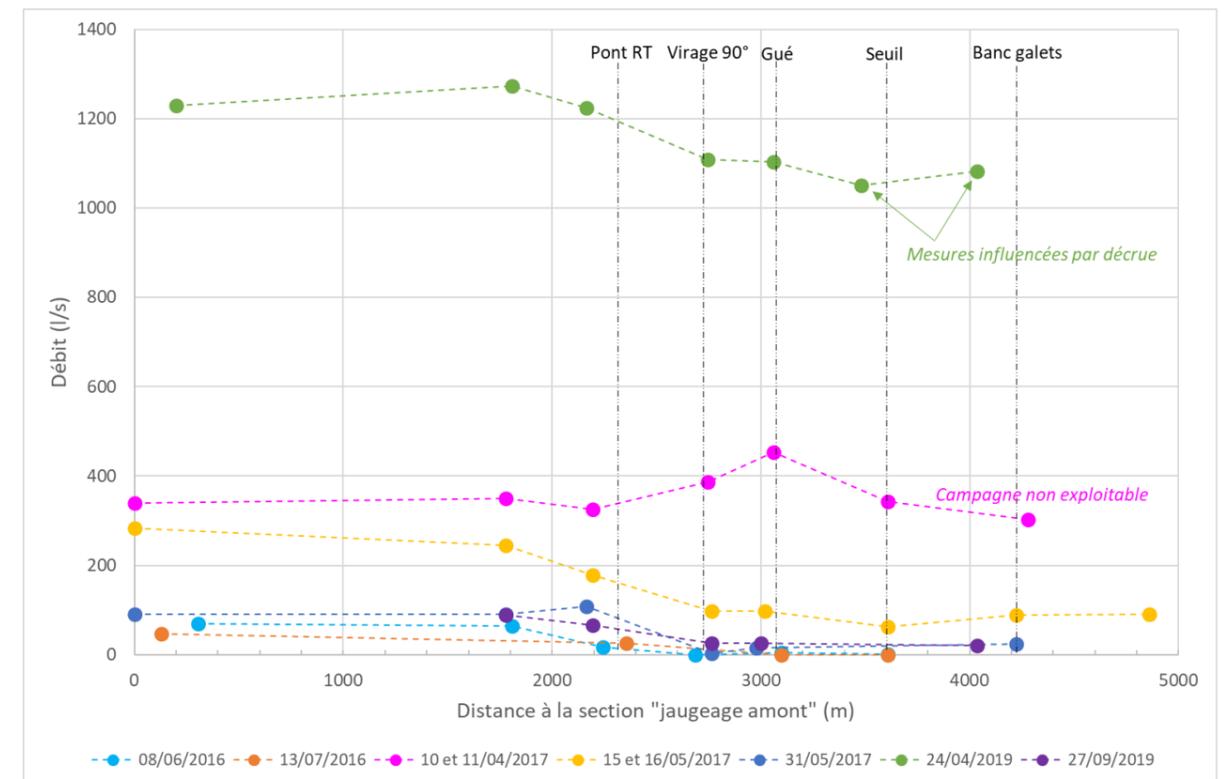


Illustration 101 : Résultats des sept campagnes de jaugeages réalisées entre 2016 et 2019.

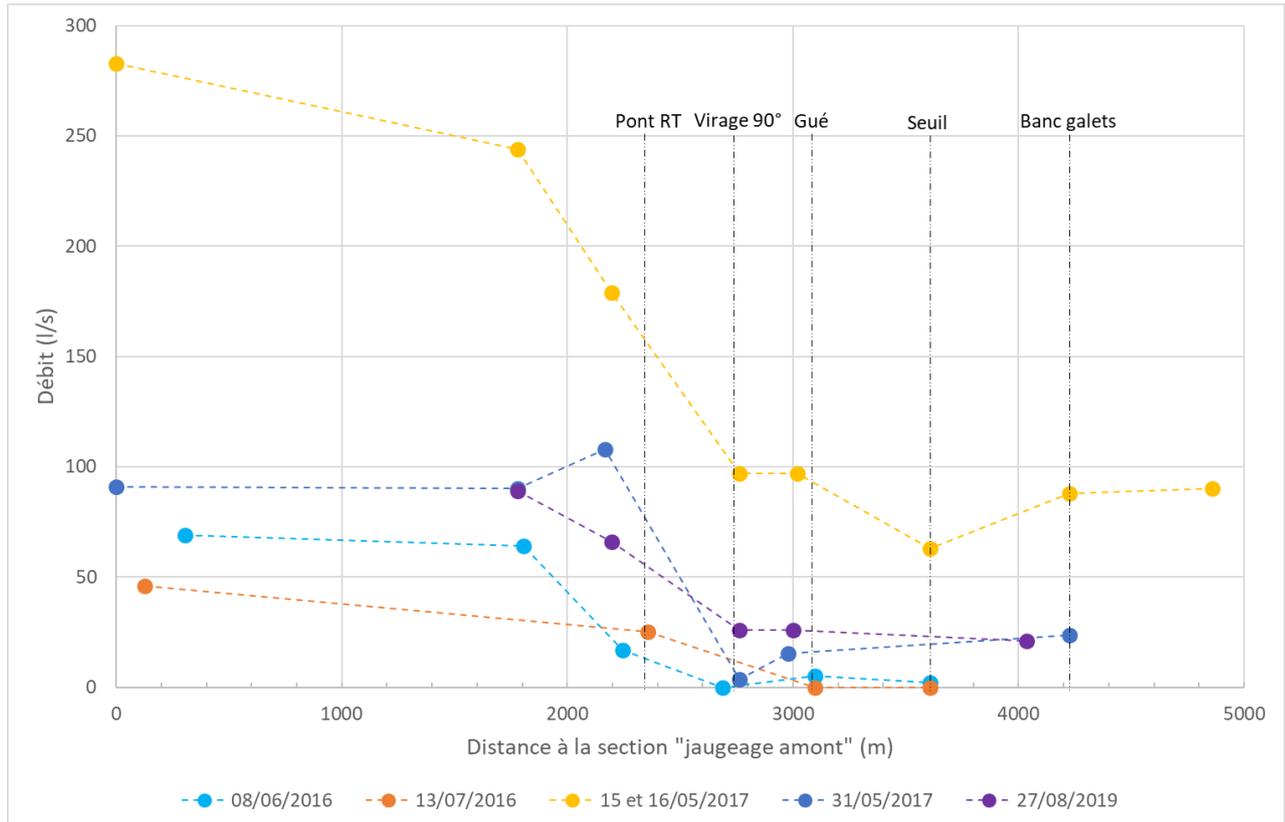


Illustration 102 : Résultats des quatre campagnes de jaugeages de basses eaux.

- **Relations nappe-rivière et zone d'infiltration :**

Outre la campagne d'avril 2017, l'évolution des débits de l'amont de la plaine vers l'aval montre que le débit de la rivière diminue à partir de l'amont du pont de la route territoriale jusqu'à la section « virage à 90° » puis reste à peu près stable sur l'aval. Les campagnes du 08/06/2016 et du 31/05/2017, qui correspondent à des périodes de basses eaux, montrent une petite augmentation du débit entre la section « virage à 90° » et le « passage à gué » tandis que ce n'est pas le cas pour les campagnes moyennes eaux du 15/05/2017 et du 24/04/2019 et celle du 27/08/2019 où il est observé un débit identique entre les deux sections. Cette augmentation sur les campagnes de basses eaux n'est pas attribuée à une réalimentation de la rivière par la nappe entre les deux sections mais à la présence d'écoulements de subsurface non mesurables sur la section « virage à 90° » en période de basses eaux qui induisent un débit mesuré plus faible qu'il n'est en réalité.

Ainsi, ces mesures mettent en évidence **le tronçon sur lequel la rivière s'infiltré vers la nappe et qui s'étend de l'amont du pont de la route territoriale au virage à 90° de la rivière, soit sur 650 m de long environ** (Illustration 100). De façon cohérente, le début de la zone d'infiltration correspond au début de l'affleurement de la terrasse alluviale Fy3z, terrasse constituée de dépôts sableux jugés très perméables.

L'évolution spatiale des débits mesurés en aval de la zone d'infiltration ne mettent pas en évidence de zone d'alimentation de la rivière par la nappe sur l'aval. Il est tout de même à noter qu'une émergence de la nappe (environ 1 l/s) a été observée dans le lit de la rivière, en aval du seuil, le 04/10/2016, en période d'étiage (Illustration 100 et Illustration 103). Cette observation traduit le fait que la nappe a tendance à alimenter la rivière en aval du seuil, mais par de faibles débits.

Ce comportement sur l'aval de la rivière s'explique par la géologie. Les panneaux électriques réalisés montrent qu'en aval du seuil de Casatorra, l'horizon de sable Fy3z repose sur l'horizon d'argile noté Fy2a (visibles sur ERT4, 5 et 6, respectivement Illustration 53, Illustration 59 et Illustration 60). Celui-ci isole donc la rivière de l'aquifère principal Fy12 et limite voire interdit son alimentation par la rivière. D'après les données de la géophysique, l'horizon d'argile n'est probablement pas totalement continu, dans les premières centaines de mètres en aval du seuil.



*Illustration 103 : Émergence de la nappe dans le lit de la rivière en aval du seuil de Casatorra, le 04/10/2016.*

Les jaugeages ont montré que de l'entrée du Bevinco dans la plaine (terrain de l'auto-école) jusqu'au virage à 90°, la rivière s'infiltrait vers l'aquifère. Ce comportement est cohérent avec le fait que les formations sableuses récentes Fy3z qui bordent la rivière sont directement en contact avec l'aquifère Fy12 graveleux.

En aval du seuil de Casatorra, la nappe a tendance à alimenter la rivière, mais les apports sont faibles.

- **Débit d'infiltration de la rivière vers la nappe**

Le débit d'infiltration de la rivière vers la nappe a été calculé pour chaque campagne ainsi :

$$\text{Débit d'infiltration} = \text{débit « amont auto-école »} - \text{débit « passage à gué »}$$

Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau et le graphique suivants :

	Débit "amont auto-école" (l/s)	Débit infiltration (l/s)	% Débit infiltration / Débit entrée plaine
08/06/2016	64	59	92%
13/07/2016	46	46	100%
16/05/2017	244	147	60%
31/05/2017	90	74.5	83%
24/04/2019	1274	170	13%
27/08/2019	89	63	71%

Tableau 9 : Calcul du débit d'infiltration de la rivière vers la nappe et du pourcentage que cela représente par rapport au débit à l'entrée de la plaine.

Ces données montrent que le débit d'infiltration de la rivière vers la nappe est variable. Pour les campagnes réalisées, il varie de 46 l/s (situation d'étiage, la totalité du débit s'infiltre) à 170 l/s (conditions de hautes eaux). Il représente également une part variable du débit total de la rivière (de 13 à 100 %). Le report dans un graphique du débit de la section « amont auto-école », correspondant au débit de la rivière à l'entrée de la plaine, en fonction du débit d'infiltration calculé (Illustration 104), montre qu'une relation linéaire s'établit entre ces deux variables pour les campagnes de basses et moyennes eaux (coefficient de détermination de 0.99). La campagne de jaugeage d'avril 2019 en hautes eaux s'en écarte et montre que le débit maximal d'infiltration était atteint au moment des mesures, dans les conditions hydrodynamiques du moment. Il était de 170 l/s. Il est à noter que ces données n'excluent pas la survenance de débits d'infiltration instantanés plus élevés, notamment lors de la première crue qui suit un étiage, la nappe présentant un état de remplissage très bas sur ce type de période.

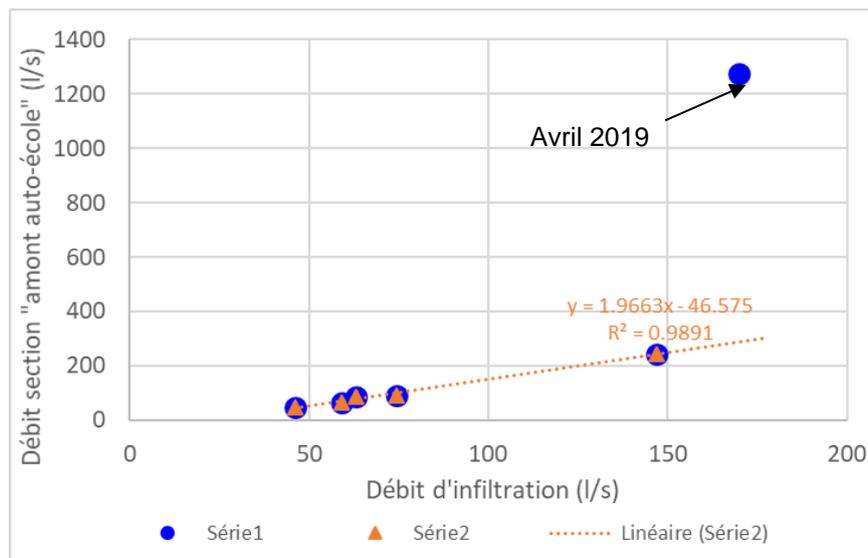


Illustration 104 : Relation entre le débit à l'entrée de la plaine et le débit d'infiltration.

L'illustration 105 ci-après montre qu'il s'établit une relation linéaire entre le niveau de la nappe au piézomètre DCE Casatorra et le débit d'infiltration (coefficient de détermination de 0.99), excepté pour le jeu de données de la campagne d'étiage du 13/07/2016 qui s'écarte de la tendance générale du fait de l'assèchement total de la rivière. Ainsi, lorsque le débit d'infiltration devient inférieur à 50 l/s, le niveau de la nappe chute. Le débit de la rivière ne suffit plus à soutenir son niveau. La rivière et la nappe se déconnectent.

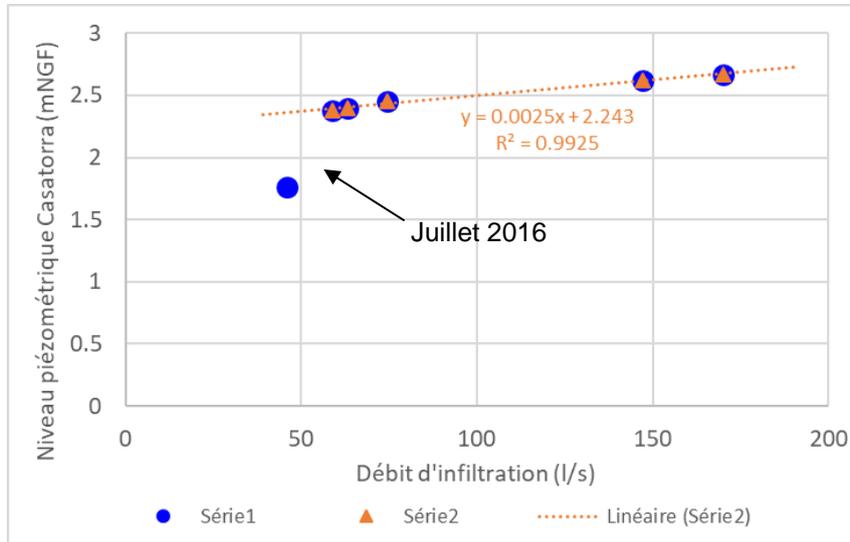


Illustration 105 : Relation entre le niveau piézométrique de la nappe au piézomètre DCE Casatorra et le débit d'infiltration.

En complément, la répartition de l'altitude de la nappe au piézomètre DCE Casatorra en fonction du débit de la rivière mesuré à la station de la DREAL (Illustration 106 et Illustration 107) montre qu'en-dessous de 85 l/s (mesurés à la station DREAL, donc valeur tributaire des erreurs de mesure et de la courbe de jaugeage de la DREAL), le niveau de la nappe baisse plus rapidement. Cela signifie que le débit de 85 l/s mesuré à la station DREAL équivaut approximativement au débit d'infiltration de 50 l/s calculé au niveau de la plaine. A titre de comparaison, lors de la campagne du 13/07/2016, le débit d'infiltration mesuré par le BRGM par jaugeage était de 46 l/s (infiltration totale de la rivière) et la station hydrométrique de la DREAL mesurait 77 l/s.

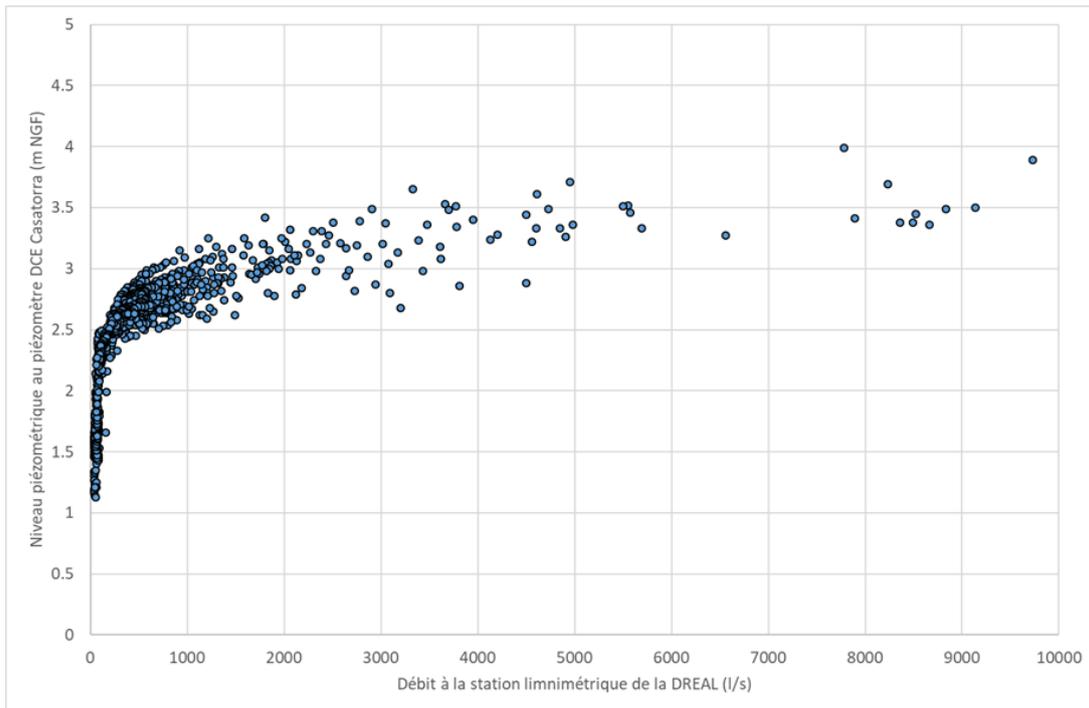


Illustration 106 : Répartition de l'altitude de la nappe au piézomètre DCE Casatorra en fonction du débit de la rivière à la station DREAL pour les débits compris entre 0 et 10 m<sup>3</sup>/s.

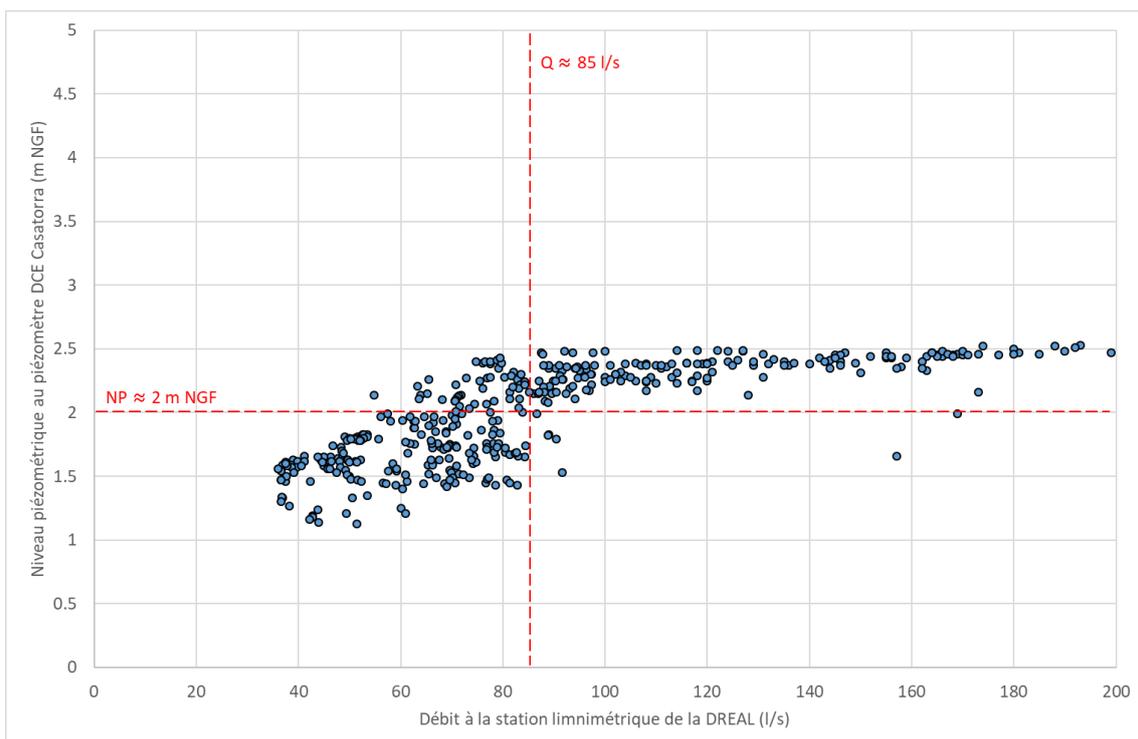


Illustration 107 : Zoom de la répartition de l'altitude de la nappe au piézomètre DCE Casatorra en fonction du débit de la rivière à la station DREAL pour les débits compris entre 0 et 0.2 m<sup>3</sup>/s.

Le débit d'infiltration de la rivière vers la nappe mesuré lors des campagnes de jaugeage varie de 46 l/s (très basses eaux) à 170 l/s (hautes eaux). En-dessous d'un débit d'infiltration de 50 l/s (représentant la totalité de l'écoulement de la rivière), le niveau de la nappe chute et la rivière et la nappe se déconnectent. Ce débit de 50 l/s d'infiltration dans la plaine équivaut à un débit de 85 l/s mesuré à la station limnimétrique DREAL du Lancone.

## 8.6. CAMPAGNES PIÉZOMÉTRIQUES

Les campagnes piézométriques réalisées avaient pour but de dessiner la topographie de la surface de la nappe pour diverses conditions hydrologiques afin d'identifier ses axes d'écoulement, l'impact des pompages et fournir des éléments supplémentaires pour l'étude de la relation nappe-rivière.

Six cartes piézométriques ont été dressées dans diverses conditions (Illustration 83). Le tableau ci-après résume ces conditions.

Date	Situation hydrique	Influences sur la nappe	Niveau piézométrique à DCE Casatorra (m NGF)	Gradient hydraulique
05/10/2016	Basses eaux	Pas de prélèvement de surface, champ captant d'AP à l'arrêt depuis le 23/09/2016 (niveaux piézos encore un peu influencés).	2.14	2.9 ‰
29/11/2016	Hautes eaux	Pas de prélèvement à la prise de surface ni sur le champ captant.	3.15	4.1 ‰
01/06/2017	Basses eaux	Pompages sur le champ captant d'AP + très probable prélèvement sur la prise de surface.	2.47	3.5 ‰
18/07/2017	Très basses eaux	Pas de prélèvement à la prise de surface, pompages sur le champ captant d'AP.	1.92	4.4 ‰
01/03/2019	Moyennes eaux	Prélèvement sur la prise de surface, pas de pompages sur le champ captant d'AP.	2.69	3.3 ‰

Tableau 10 : Conditions des cartes piézométriques établies.

Les cartes ci-après présentent les isopièzes tracés pour les campagnes du 18/07/2017 (Illustration 109), du 01/03/2019 et du 27/08/2019 (Illustration 110). En 2019, davantage de données étaient disponibles, grâce aux cinq piézomètres réalisés en 2018, et ont permis d'élaborer des isopièzes sur une superficie de la nappe plus importante.

Les autres cartes piézométriques établies sont disponibles à l'Annexe 8.

Ces différentes cartes mettent en évidence les éléments suivants :

- deux axes d'écoulement de la nappe sont identifiés : un premier orienté sud-ouest / nord-est dans l'axe de la rivière, et un second ouest sud-ouest / est nord-est dans l'axe de la paléo-vallée, en direction du champ captant d'Acqua Publica ;
- la nappe est alimentée par la rivière sur sa partie amont, entre l'amont du pont de la route territoriale et le seuil de Casatorra, comme vu avec les jaugeages ;
- la nappe alimente la rivière sur l'aval, même si les apports peuvent être faibles en période d'étiage et ne pas générer d'écoulement continu de la rivière (la rivière présente alors des flaques d'eau plus ou moins grandes sans écoulements visibles, mais des sous-écoulements sont probables) ;

- le débordement de l'aquifère par les différents bollari est matérialisé par la localisation de l'isopièze 2 m NGF au niveau du champ captant sur les cartes du 26/11/2016, du 01/03/2019 et même pour celle du 27/08/2019 (en période de basses eaux mais la situation était au-dessus de la moyenne). L'isopièze 2 m NGF est rigoureusement positionnée au même endroit sur ces trois campagnes, marquant le débordement. Celui-ci était effectivement visible sur le terrain au niveau du champ captant et sur le piézomètre « Dolesi ouest » (Illustration 108) ;
- logiquement, le gradient hydraulique de la nappe diminue sur la partie aval, au niveau de sa partie captive (correspondant à l'extension des limons notés « Fy3l » (Illustration 110)).

Le gradient hydraulique moyen de la nappe sur chaque campagne a été calculé (Tableau 10) et montre que celui-ci est de l'ordre de quelques pour mille et varie entre 2.9 et 4.4 ‰. Le jeu de données disponible montre que plus les niveaux dans l'hydrosystème sont hauts et plus il est élevé, mais qu'il est également élevé en conditions de basses eaux lorsque le champ captant est en marche et génère une dépression piézométrique.



Illustration 108 : Fossé drainant les bollari du champ captant d'Acqua Publica le 01/03/2019.



Illustration 109 : Carte piézométrique de la nappe du Bevinco du 18/07/2017 en conditions de très basses eaux.

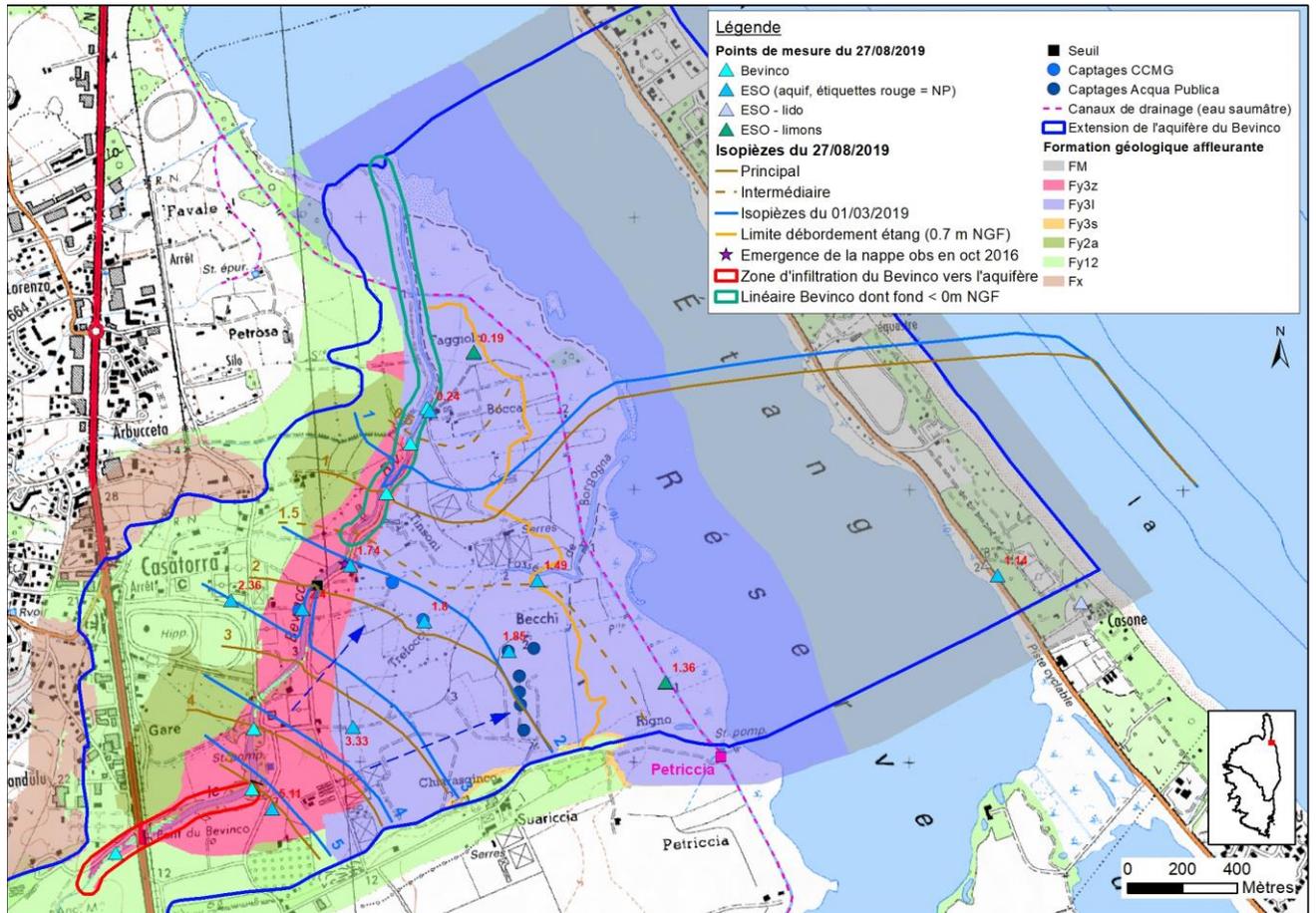


Illustration 110 : Carte piézométrique de la nappe du Bevinco en conditions de basses eaux le 27/08/2019 et de moyennes eaux le 01/03/2019.

Les cartes piézométriques montrent que la nappe présente deux axes principaux d'écoulement : le premier orienté sud-ouest nord-est dans l'axe du Bevinco, et le second ouest sud-ouest / est nord-est en direction du champ captant d'Acqua Publica. Le gradient hydraulique de la nappe est de l'ordre de quelques pour mille (varie entre 2.9 et 4.4 ‰). Le débordement de l'aquifère par les bollari du champ captant est matérialisé par l'isopièze 2 m NGF à cet endroit.

## 8.7. CAMPAGNES DE MESURE DE LA CONDUCTIVITÉ ÉLECTRIQUE

Les campagnes de mesures piézométriques et de jaugeages ont systématiquement été l'occasion de faire des mesures de la conductivité électrique des eaux. Des mesures ont été faites dans les différents compartiments de l'hydrosystème : la rivière, les eaux souterraines (via les piézomètres, les forages et les bollari), les canaux de drainage et l'étang. Les mesures réalisées ont été reportées sur les cartes piézométriques (Illustration 109 et annexe 8).

- **La rivière**

Les mesures montrent que la conductivité de la rivière se situe globalement entre 300 et 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans la plaine, au droit de la zone d'infiltration, mais qu'elle peut descendre jusqu'à 250  $\mu\text{S}/\text{cm}$  lors des phases de hautes eaux, suite à des épisodes pluvieux (comme le 29/11/2016 par exemple).

La partie aval de la rivière est impactée par le rentrant salé en provenance de l'Étang de Biguglia en période de basses eaux, comme mis en évidence lors des campagnes de nivellement (Illustration 97). Le fond de la rivière présente en effet une altitude inférieure au 0 m NGF environ 300 m en aval du seuil de Casatorra et permet ainsi la remontée de l'eau de l'étang depuis l'aval lorsque le débit du Bevinco devient faible voire nul. L'eau salée de l'étang s'arrête au banc de galets qui constitue une remontée du fond de la rivière au-dessus de l'altitude 0 m NGF. L'illustration 111 présente les conductivités électriques mesurées dans la rivière ainsi que le débit lors des campagnes du 31/05/2017 et du 27/08/2019. Ainsi, malgré un débit non nul dans la rivière au niveau du banc de galets (un peu plus de 20 l/s lors des deux campagnes), l'eau salée de l'étang était parvenue à remonter dans le lit de la rivière jusqu'à ce point.

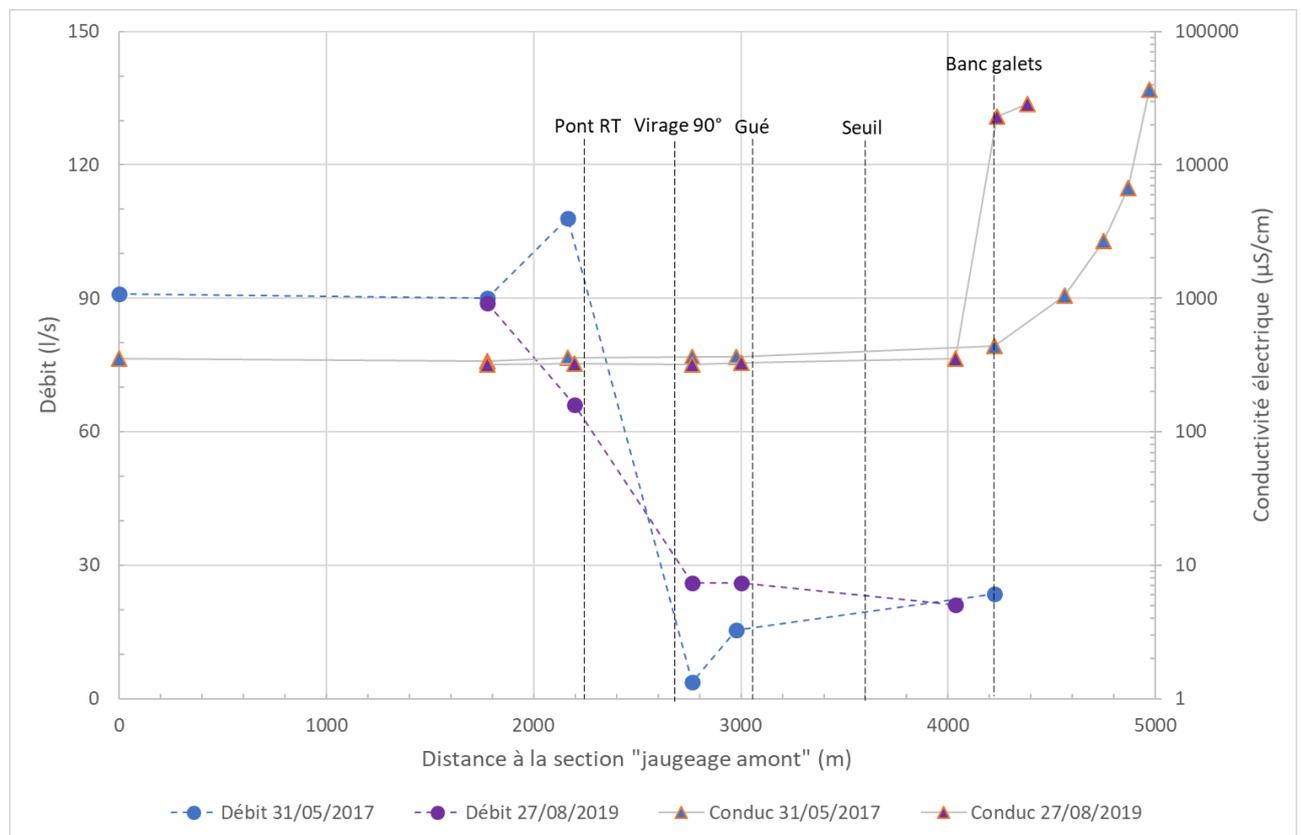


Illustration 111 : Évolution du débit du Bevinco et de sa conductivité électrique le long de son linéaire lors des campagnes du 31/05/2017 et du 27/08/2019.

- **L'aquifère**

La conductivité électrique de l'aquifère varie dans le temps et l'espace.

Différents secteurs peuvent être délimités en fonction de la gamme des valeurs observées et de leur origine dans les conditions actuelles d'exploitation (Illustration 112 et diagraphies à l'Annexe 9) :

- en rive gauche du Bevinco, les alluvions argileuses des horizons Fy12 et Fy2a engendrent une minéralisation élevée de la nappe dont les valeurs sont situées entre 700 et 1000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Elle s'explique par la faible perméabilité de ces horizons qui engendre des temps de séjour longs de l'eau au contact de l'argile ;
- en rive droite, entre la zone d'infiltration et la limite formée par le seuil et le Fossé de Borgogna, les valeurs de conductivité rencontrées s'échelonnent globalement entre 290 et 520  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La conductivité augmente pendant les périodes d'étiage. Ce secteur n'est a priori pas influencé par des intrusions salines ;
- la zone du champ captant d'Acqua Publica qui s'étend jusqu'au canal de la Réserve se caractérise par une gamme de conductivité de 340 à 550  $\mu\text{S}/\text{cm}$  environ. Ce secteur de la nappe est fortement marqué par son caractère captif. La mise en route du champ captant en période d'étiage est susceptible d'engendrer des intrusions salines sur les puits nord (Suariccia III, puits 7 et 8). Ce point particulier est discuté au chapitre 8.8.4) ;
- la conductivité de l'aquifère présente des valeurs sensiblement plus élevées dans le secteur compris entre Tinsoni et Bocca où elle se situe globalement entre 500 et 720  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ce secteur est marqué par une sensible influence marine, en particulier sur le « puits sel » situé à quelques dizaines de mètres du Bevinco. L'eau de la nappe au droit de ce puits se minéralise cependant peu au regard des valeurs de conductivité rencontrées dans la rivière aux abords immédiats lors des phases de rentrant salé. Cela s'explique par la géologie dans ce secteur où la rivière n'alimente plus la nappe du fait de la présence des horizons de limons (Fy3I) et d'argiles (Fy2a) qui limitent les échanges (Illustration 60, Illustration 73) ;
- l'extrême nord de la nappe où se situe Pz5 est quant à lui marqué par la présence du biseau salé (la zone de diffusion entre l'eau de mer et l'eau douce de la nappe) avec des valeurs de conductivité qui varient entre 10 000 et 19 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  tout au long de l'année (en face des crépines). La diagraphie réalisée en avril 2019 sur toute la colonne d'eau (Annexe 9) montre que la conductivité diminue vers la profondeur à partir de -15 m NGF. D'après la coupe géologique de l'ouvrage (Genevier *et al.*, 2019), la teneur en argiles des dépôts augmente beaucoup au-delà de -14 m NGF et explique la différence de pénétration du biseau salé. La présence du biseau salé dans ce secteur de l'aquifère est également attestée par les profils électriques réalisés (Illustration 49) ;
- le piézomètre Pz4 implanté sur le Lido a rencontré l'aquifère qui est également impacté par le biseau salé avec des valeurs situées entre 11 000 et 13 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La charge hydraulique plus élevée dans l'aquifère dans l'axe de la paléo-vallée qui s'étend du virage à 90° du Bevinco au champ captant et jusqu'au Lido explique la pénétration moins marquée du biseau salé au niveau de Pz4 qu'au niveau de Pz5. En effet pour ce dernier, la charge hydraulique est faible (toujours située inférieure à 1 m NGF) et ne suffit pas à repousser le biseau salé. Il est intéressant de noter que les diagraphies réalisées dans Pz4 (Annexe 9) ne montrent pas de stratification de la conductivité électrique (en face des crépines), ce qui signifie que l'on se trouve au sein de la zone de diffusion et que le mélange eau douce/eau salée se fait de façon homogène sur cette portion de l'aquifère.

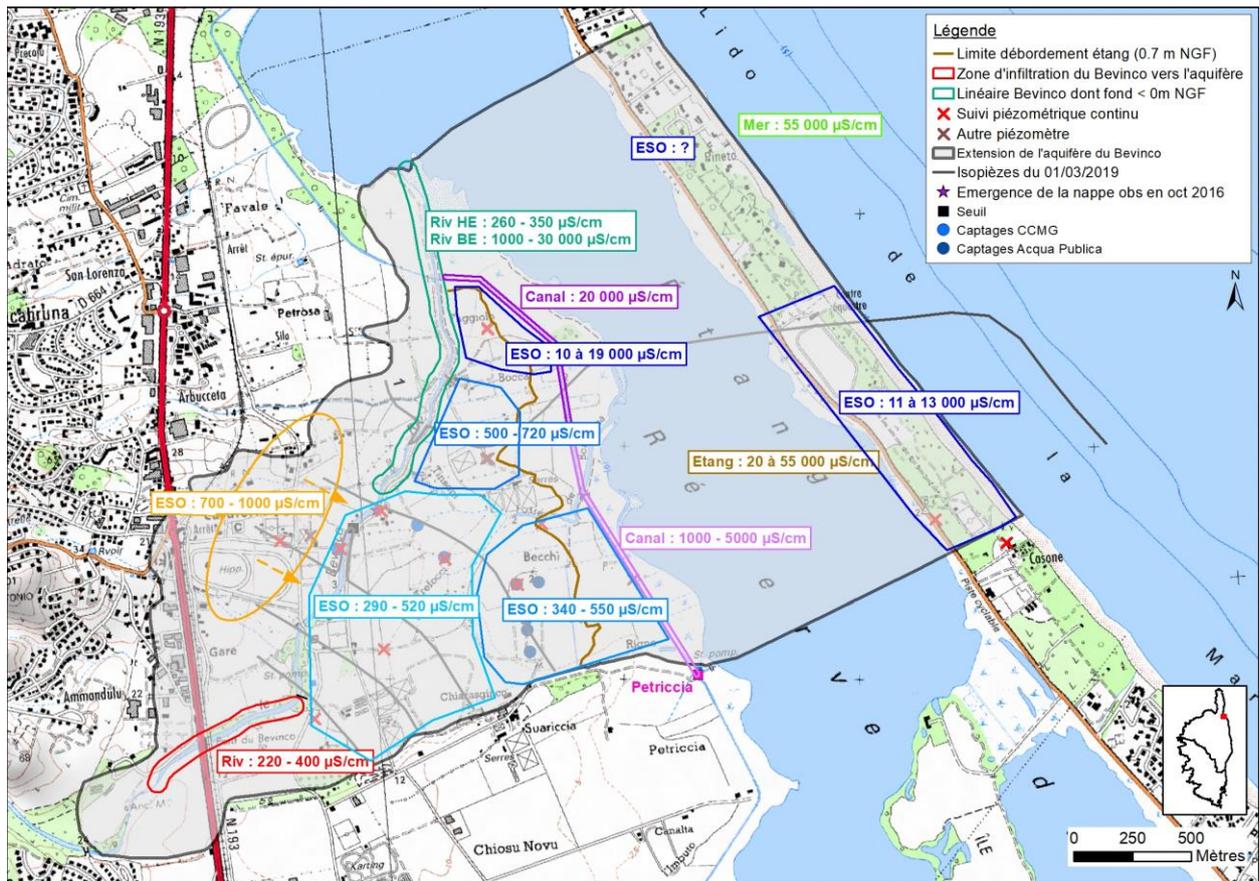


Illustration 112 : Pôles de conductivité électrique des différents compartiments de l'hydrosystème du Bevinco avec les variations saisonnières.

- **Les canaux de la Réserve et l'Étang**

Des mesures de conductivité électrique ont été réalisées dans le canal de la Réserve lors des différentes campagnes de mesures. Leur report dans le graphique de l'illustration 113 montre qu'il existe des différences marquées entre la portion nord du canal et la portion sud, quel que soit la saison :

- la portion nord du canal, du Bevinco jusqu'à l'arrivée du fossé drainant les « buse amont » et « buse aval » entre Bocca et le Fossé de Borgogna, est marquée par des conductivités élevées entre 15 000 et 20 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ;
- à l'aval (et donc au sud) de l'arrivée de ce fossé, la conductivité du canal chute et se situe globalement entre 2 000 et 5 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ;
- le Fossé de Borgogna n'a aucune influence sur le canal, ce dernier en étant totalement isolé (le canal passe sous le Fossé via une canalisation). Les mesures réalisées montrent d'ailleurs que les valeurs élevées de conductivité qui ont pu être mesurées dans le Fossé lors de certaines campagnes ne se répercutent pas sur celles du canal ;
- une deuxième dilution s'opère ensuite au niveau du débouché du fossé drainant le champ de Monsieur Dolesi (lieu-dit Rigno sur la carte) et la conductivité se situe alors entre 1 000 et 2 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Les deux fossés mentionnés qui induisent une dilution des eaux du canal drainent des exutoires de l'aquifère (bollari). Il est cependant intéressant de noter que cette dilution s'opère également en période d'étiage (campagne du 18/07/2017), alors que le champ captant est en

marche depuis plusieurs semaines engendrant le rabattement du niveau de la nappe et l'assèchement des exutoires (bollari) dans le secteur du champ captant. Cela signifie que le canal, sous l'action des pompages de la station de Petriccia, draine l'aquifère directement et pas uniquement ces fossés. C'est d'ailleurs cohérent avec les résultats de l'étude de 2010 (Orofino *et al.*, 2010).

Les différences de minéralisation observées entre les portions nord et sud du canal montrent donc que dans les deux cas l'aquifère est drainé et que c'est la présence du biseau salé dans le nord qui induit une minéralisation qui se maintient élevée (Illustration 112).

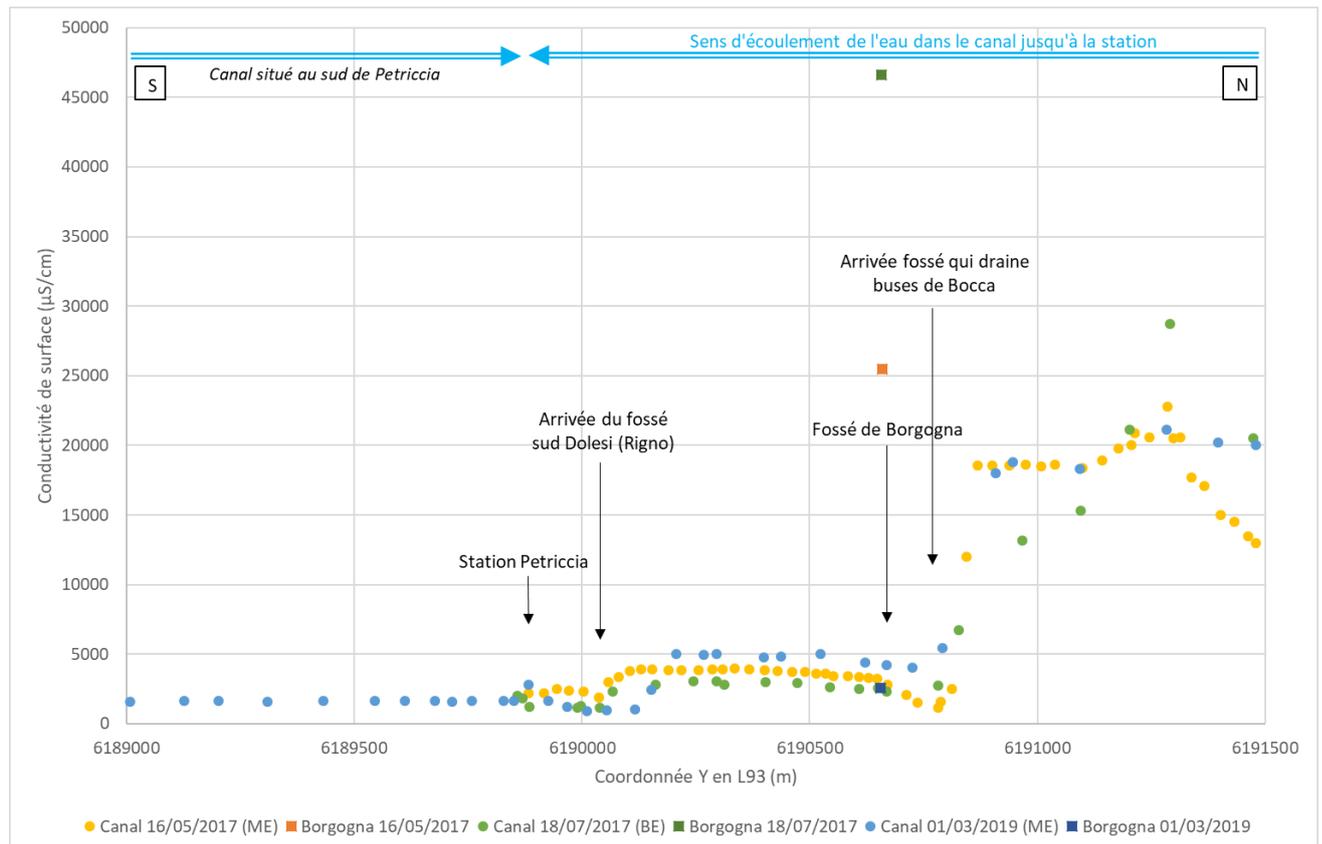


Illustration 113 : Conductivité électrique du canal de la Réserve au droit de l'aquifère du Bevinco.

- **Le Fossé de Borgogna**

Le Fossé de Borgogna ne fait pas partie du système des canaux de la réserve drainés par les stations de pompage, il en est isolé. Quelques fossés de drainage des terrains agricoles alentours et des bollaris du champ captant l'alimentent et il débouche dans l'étang de Biguglia.

Les mesures de conductivité électrique qui ont été effectuées au niveau de la passerelle sont présentées dans le graphique ci-après. La comparaison de ces relevés à la situation de la nappe via les chroniques piézométriques montre qu'en période de basses eaux, la conductivité est élevée et comparable à celle de l'Etang. En période de hautes ou moyennes eaux, la conductivité est plus faible ; elle était par exemple de 1600 µS/cm le 29/11/2016 suite à la crue majeure du Bevinco du 24/11.

Le Fossé a été parcouru en canoë en octobre 2016 lors de la campagne de nivellement et il a fait l'objet de prospections à terre sur sa partie amont pour chercher l'existence d'une source l'alimentant. Aucun indice n'a été identifié. Son alimentation en eau repose donc a priori sur :

- la remontée de l'eau salée de l'étang par son embouchure, à la faveur de l'altitude du fond du Fossé qui se situe à -1.7 m NGF sur sa partie amont (et environ -0.50 m NGF à son embouchure) ;
- l'apport en eau douce par les canaux de drainage et notamment celui qui évacue l'eau du débordement des bollari du champ captant. C'est cet apport d'eau douce qui fait la différence dans la salinité de l'eau du Fossé : en période de hautes et moyennes eaux ces apports sont importants et permettent de diluer l'eau salée qui remonte de l'étang.

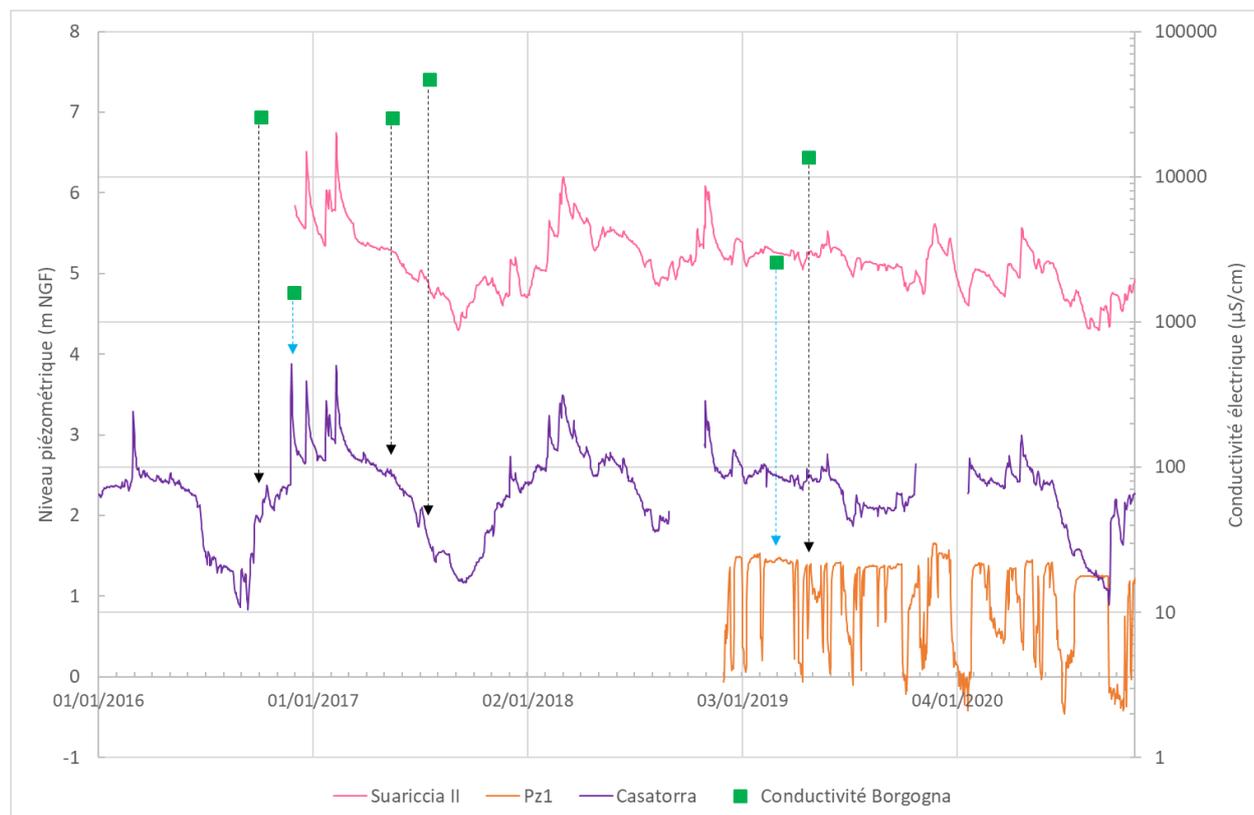


Illustration 114 : Mesures de conductivité dans le Fossé de Borgogna au niveau de la passerelle de la réserve comparées à la situation hydrique de la nappe.

La portion aval de la rivière est impactée par le rentrant salé en provenance de l'étang lorsque le débit est compris entre 0 et environ 20 l/s. Le « banc de galets » constitue la limite aval de remontée de l'eau salée.

L'illustration 112 présente les différents pôles de minéralisation de l'aquifère et de la rivière. La conductivité électrique de la rivière varie de 220 à 400  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans la zone d'infiltration et se traduit par des valeurs globalement comprises entre 300 et 550  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans la majeure partie de l'aquifère. Elle est beaucoup plus élevée dans le coin nord-est de l'aquifère (lieu-dit Bocca) et au droit du Lido qui sont deux secteurs impactés par le biseau salé, avec des valeurs comprises entre 10 000 et 19 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Le canal de la réserve, sous l'action des pompages de la station de Petriccia, draine l'aquifère. La portion nord du canal présente une salinité beaucoup plus élevée (15 000 à 20 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) du fait de la présence du biseau salé dans l'aquifère, contrairement à la portion sud (2 000 à 5 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) qui bénéficie d'apports d'eau douce de l'aquifère non impacté par le biseau.

Le Fossé de Borgogna est alimenté par l'étang et présente donc une conductivité comparable (20  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), sauf ponctuellement en périodes de hautes et moyennes eaux lorsqu'il bénéficie d'une dilution par les eaux issues du débordement des bollari du champ captant.

## **8.8. ANALYSE PRÉLIMINAIRE DES FLUCTUATIONS PIÉZOMÉTRIQUES ET DE CONDUCTIVITE ÉLECTRIQUE**

### **8.8.1. Hydrodynamique de l'aquifère**

En complément des photographies ponctuelles qu'apportent les cartes piézométriques réalisées suite aux relevés de terrain sur l'ensemble des ouvrages disponibles, les sondes installées sur dix ouvrages permettent de disposer de chroniques sur la durée de l'étude pour l'analyse des fluctuations inter saisonnières.

Les Illustration 115 et Illustration 116 présentent les chroniques acquises sur les différents ouvrages. Plusieurs observations peuvent être formulées :

- le niveau le plus haut sur l'aquifère correspond à sa partie amont, dans la zone d'infiltration de la rivière vers la nappe (suivie par le puits « Suariccia II ») ;
- le niveau le plus bas sur l'aquifère correspond à l'extrême nord, suivi par Pz5. Les pompages en période estivale peuvent cependant induire des niveaux inférieurs sur le piézomètre « CCMG » et sur celui du Lido (Pz4) qui peuvent être inférieurs au 0 m NGF ;
- les périodes pendant lesquelles la rivière est à sec dans la plaine (infiltration totale de son débit en amont du virage à 90°) se traduisent par des niveaux bas sur la nappe et sont notamment bien identifiables sur Suariccia II, DCE Casatorra, Tinsoni et « CCMG » ;
- le signal piézométrique des suivis de la partie captive de la nappe se caractérisent par un niveau haut qui varie peu (Pz1, Pz2, Pz4, Chiaragginco) et qui matérialise le débordement de l'aquifère par les bollari ;
- la mise en route du champ captant se répercute sur l'ensemble des ouvrages suivis. Il influence donc tout l'aquifère ;
- l'exploitation des trois forages de la CCMG engendre également une influence sur le niveau de la nappe, mais de façon plus localisée. C'est notamment visible sur les suivis de « CCMG », DCE Casatorra et Tinsoni.

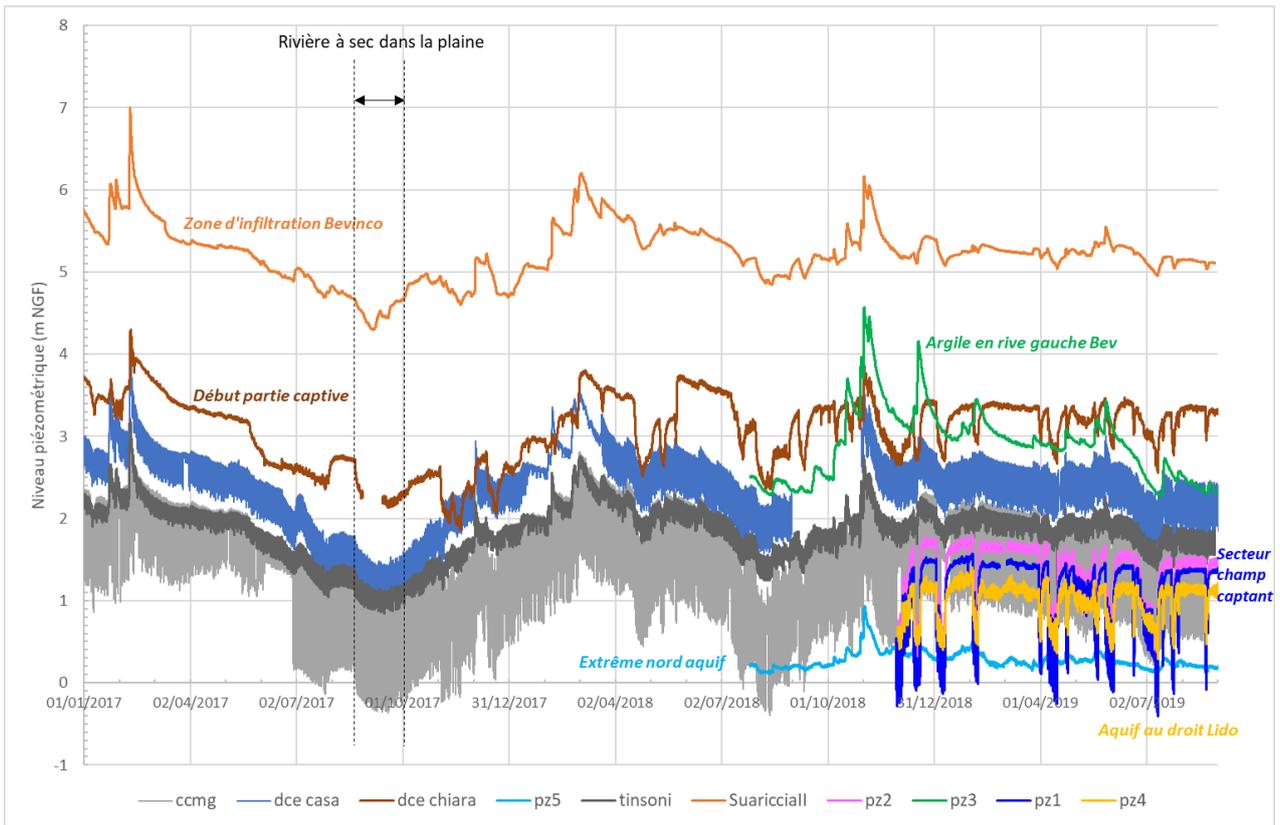


Illustration 115 : Chroniques piézométriques acquises sur les différents ouvrages équipés de la zone d'étude entre le 01/01/2017 et le 01/09/2019.

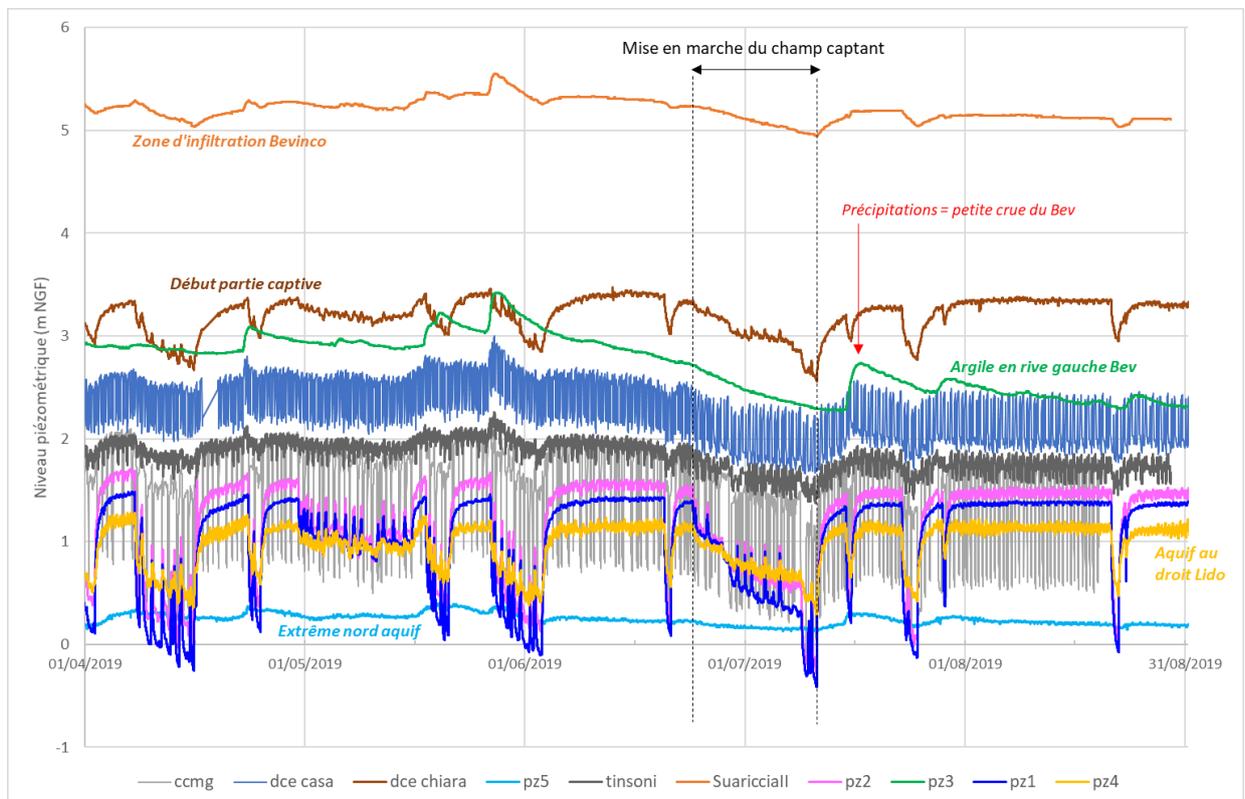


Illustration 116 : Zoom sur les chroniques piézométriques sur l'aquifère entre le 01/04 et le 01/09/2019.

La marée influence les fluctuations piézométriques de l'aquifère dans sa partie captive (Illustration 117 et Illustration 118), que ce soit au nord (Pz5) ou au sud (Pz1, Pz2 et Pz4) :

- dans la partie sud de l'aquifère, dans l'axe de la paléo-vallée, le signal piézométrique de Pz1, Pz2 et Pz4 est marqué par la marée (influence visible au pas de temps horaire). Il est le plus marqué sur Pz4 qui est le plus en aval avec des fluctuations horaires de l'ordre de 10 à 15 cm. Sur Pz2, l'amplitude est de l'ordre de la dizaine de centimètres, tandis que sur Pz1 il est d'environ 3 cm. La différence d'amplitude constatée entre Pz1 et Pz2 qui sont pourtant situés à une distance comparable du littoral vient probablement du fait que l'épaisseur de l'aquifère est plus faible au niveau de Pz2, favorisant la propagation du signal de la marée ;
- dans la partie nord, le signal piézométrique de Pz5 est très faiblement marqué par le signal horaire de la marée, cependant il l'est par les phases de Syzygie : lorsque le marnage (amplitude de la marée) passe par un maximum, la marée est dite de vive-eau. Elle correspond aux phases de nouvelle et de pleine lune appelées syzygie. Elle s'explique par les effets conjugués de la Lune et du Soleil. Ces phases ont une période de 15 jours environ. La marée de vive-eau de début mars 2019 qui n'était pas conjuguée à des précipitations et une crue de la rivière met bien en évidence ce phénomène sur la chronique piézométrique de Pz5 où la hausse du niveau marin se traduit par une hausse de la nappe dans ce secteur.



Illustration 117 : Comparaison du signal piézométrique de Pz1, Pz2, Pz4 au niveau marin de juin à août 2019.

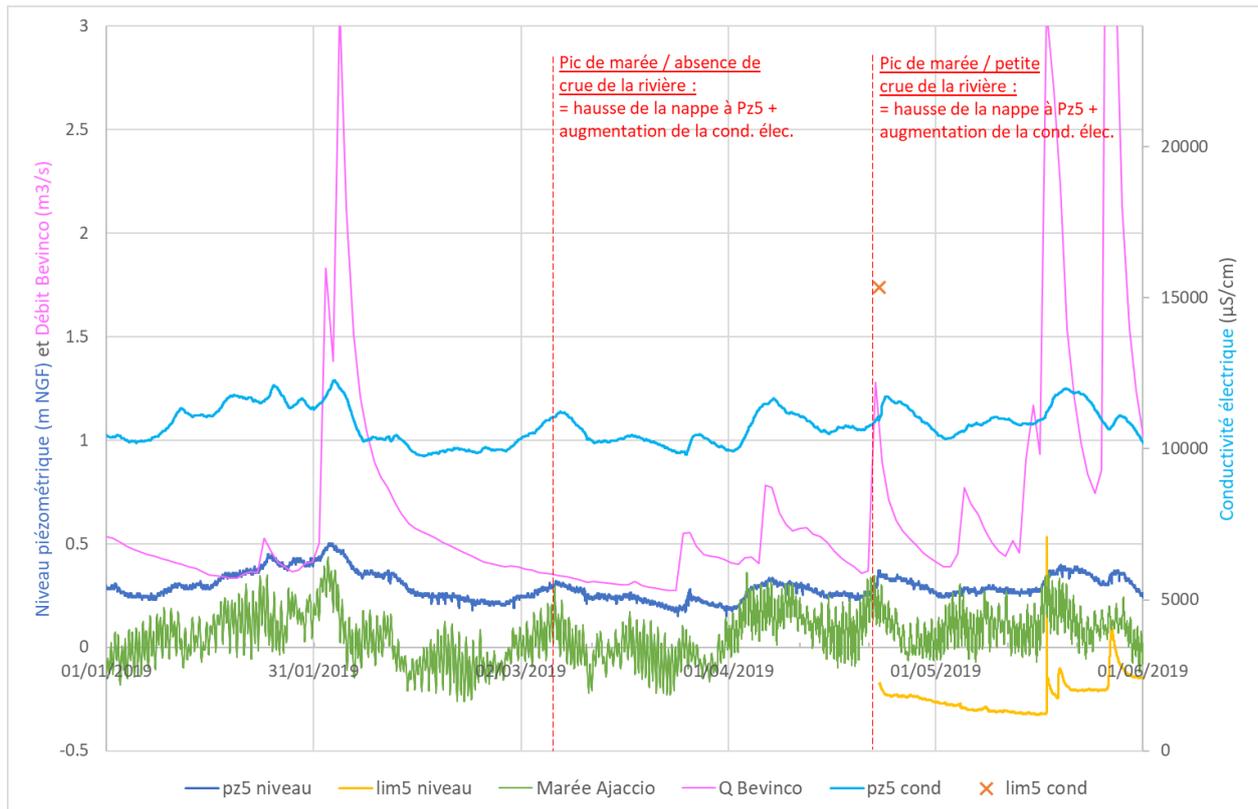


Illustration 118 : Comparaison du signal piézométrique de Pz5 au niveau marin et au débit du Bevinco de janvier à mai 2019.

Le suivi de la conductivité électrique sur ces différents piézomètres montre qu'elle varie entre 13 000 et 14 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sur Pz4 sur les périodes non influencées par les pompages sur le champ captant (Illustration 117). La mise en marche du champ captant induit une baisse de la conductivité au droit de Pz4 qui peut ainsi atteindre 11 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Pz4 est donc implanté dans la zone de transition entre l'eau douce de l'aquifère et le biseau salé en provenance de la mer (pour mémoire, l'eau de mer est à environ 55 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ).

Sur Pz5, la conductivité électrique varie entre 10 000 et 19 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ses fluctuations suivent celles du niveau piézométrique qui elles-mêmes suivent celles du niveau marin. Ainsi, de façon logique, lorsque le niveau marin augmente, le niveau de l'aquifère à Pz5 augmente et la conductivité également. Pz5 est ainsi également implanté dans la zone de transition entre l'eau douce et le biseau salé.

Les suivis piézométriques en continu montrent le niveau le plus haut de l'aquifère correspond à la zone d'infiltration de la rivière vers la nappe et le niveau le plus bas au secteur de l'extrême nord.

La mise en route du champ captant se répercute sur toute l'extension de l'aquifère, que ce soit en rive gauche ou en rive droite, ainsi qu'au niveau du Lido. L'influence des trois forages de la CCMG est plus localisée.

Le signal piézométrique de l'aquifère est impacté par les fluctuations horaires de la marée dans la partie captive, dans l'axe de la paléo-vallée du champ captant. Cela se répercute cependant uniquement sur la piézométrie et non sur la salinité de l'aquifère. En revanche, dans le secteur nord (Pz5), la piézométrie est impactée par les fluctuations bimensuelles de la marée (phénomène de syzygie) et cela se répercute sur la salinité qui varie en parallèle (elle augmente lors des phases de pics de marée). Le piézomètre Pz4 du Lido et le piézomètre Pz5 de l'extrême nord (Bocca) sont tous deux implantés dans la zone de transition du biseau salé.

### 8.8.2. Approximation de la position du biseau salé

La relation mathématique Ghyben-Herzberg qui repose sur l'équilibre des pressions exercées par l'eau douce et salée propose une relation simple pour déterminer la forme et la position théorique du biseau salé à partir des densités et des pressions relatives (Illustration 119).

Les hypothèses permettant d'appliquer cette formulation sont les suivantes :

- les deux fluides ne sont pas miscibles ;
- les deux fluides sont en équilibre hydrostatique dans un milieu homogène et poreux, dans un aquifère unique ;
- leur contact est supposé être représenté par une interface nette.

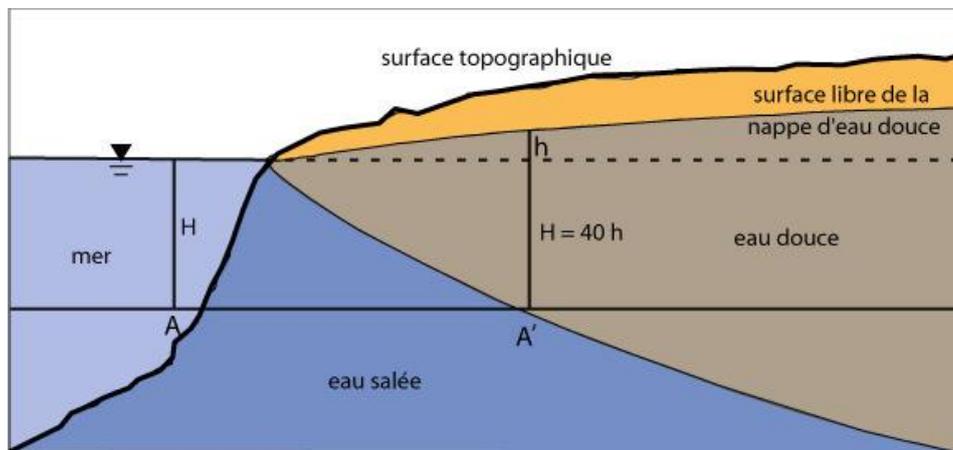


Illustration 119 : Coupe schématique perpendiculaire au littoral selon Ghyben-Herzberg (Frissant et al., 2009).

Ainsi, sur une ligne horizontale AA', l'égalité des pressions de l'eau salée et de l'eau douce s'écrit :

$$H \cdot d_s = (H + h) \cdot d$$

Avec  $d_s$  la masse volumique de l'eau salée

$d$  la masse volumique de l'eau douce

$h$  la hauteur d'eau douce au-dessus du niveau de la mer en un point A

$H$  la hauteur de l'interface

Si  $d$  est égal à 1, on a :

$$H \cdot (d_s - 1) = h$$

et

$$H = \frac{h}{d_s - 1}$$

La masse volumique de l'eau de mer varie en fonction de sa salinité. Pour une concentration équivalente de NaCl de 36 g/l, elle est égale à 1,025. Cette valeur représente la moyenne de salinité des mers et des océans.

Aussi, si  $d_s = 1,025$ , on a :

$$H = \frac{h}{0,025} = 40h$$

Cela signifie qu'en un point quelconque de la nappe, l'interface entre l'eau douce et l'eau salée se situe sous le niveau de la mer à une profondeur égale à 40 fois l'élévation du niveau de la nappe au-dessus du niveau de la mer.

Ainsi, au droit de Pz4 où le niveau piézométrique non influencé est d'environ 1.1 m NGF, la position théorique de l'interface eau douce / eau salée est de -44 m NGF.

Au droit de Pz5 où le niveau piézométrique moyen est de 0.28 m NGF, la position théorique de l'interface est de -11.20 m NGF.

Ces valeurs sont tout à fait cohérentes avec les conductivités électriques élevées rencontrées au droit de ces ouvrages qui marquent la zone de transition (de mélange) qui surmonte le biseau salé à proprement parler.

Au droit de Pz1 où des intrusions salines n'ont pas été enregistrées à ce jour (capteur de la sonde situé à environ -22.68 m NGF) et où le niveau non influencé est d'environ 1.25 m NGF, la position théorique de l'interface se situe à -50 m NGF (le fond de l'ouvrage est à -32 m NGF).

### **8.8.3. Comparaison de la charge hydraulique des limons à celle de l'aquifère**

En complément de l'analyse ci-avant concernant le biseau salé, les suivis piézométriques mis en place dans les limons surmontant l'aquifère à Pz1 et Pz5 (les tubes crépinés « Lim1 » et « Lim5 », Illustration 120) renseignent sur la position de la charge hydraulique des limons par rapport à celle de l'aquifère sur ces deux secteurs. Dans les deux cas, la charge hydraulique de l'aquifère est supérieure à celle des limons. Cela signifie que les effets de drainance verticale d'un horizon à l'autre se font de manière ascendante (de l'aquifère vers les limons).

Dans le cas du secteur de Pz1, ce sont les débordements de l'étang qui salinisent les limons. Leur charge hydraulique étant plus faible que celle de l'aquifère, ils ne seraient pas en position de contaminer l'aquifère.

Cependant, dans le cas du secteur de Pz5 qui n'est pas tout à fait dans l'emprise du débordement de l'étang, c'est bien l'aquifère, envahi par le sel toute l'année, qui maintient une salinité élevée dans les limons (sa charge hydraulique est supérieure aux limons). Cela explique les difficultés de l'agriculteur avec les remontées de sel dans le coin extrême nord de son terrain alors que l'étang n'y déborde pas directement.

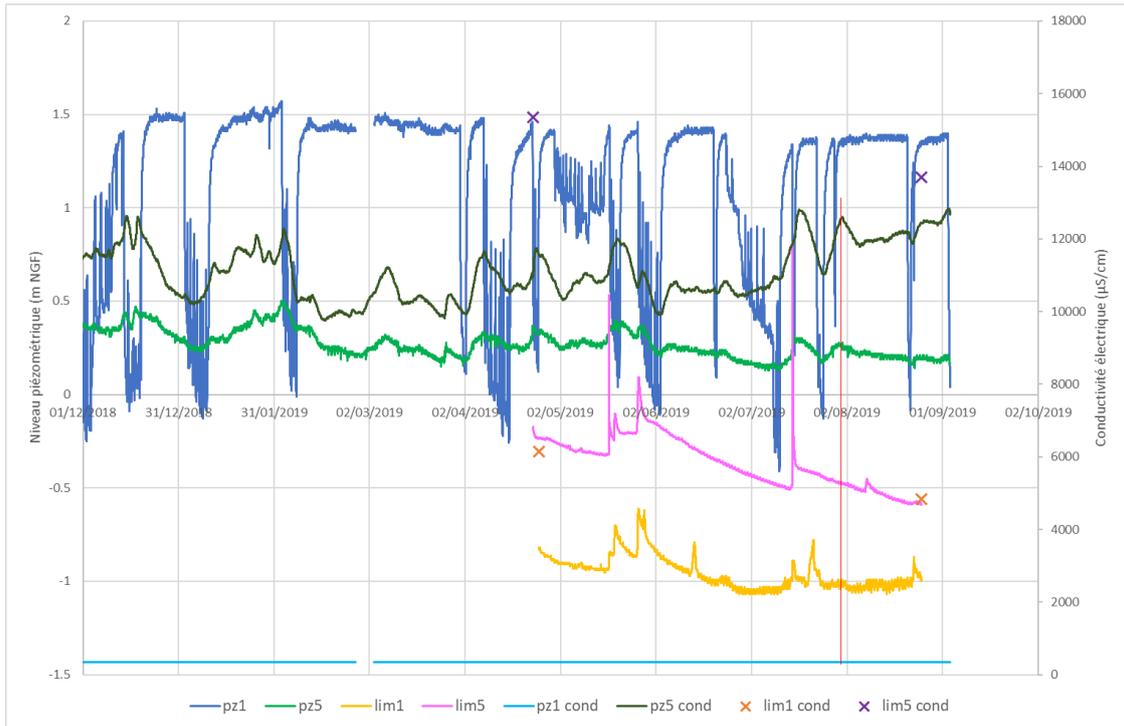


Illustration 120 : Comparaison des signaux piézométriques et de la conductivité de Pz1, Pz5 et Lim1 et Lim5 de décembre 2018 à août 2019.

Les limons du secteur extrême nord (Bocca) sont salinisés par l’aquifère sous-jacent envahi par le biseau salé par phénomène de drainage verticale ascendante, sous l’impulsion de la différence de charge hydraulique entre les deux horizons (difficultés d’exploitation agricole).

#### 8.8.4. Étude de l’origine de l’augmentation de la salinité sur le champ captant

- **Pompage forcé sur le champ captant**

Un pompage intensif a été organisé avec Acqua Publica sur le champ captant du 18/09 au 14/10/2020. L’objectif était de tenter d’enregistrer une évolution de la salinité sur les sondes de suivi récemment mises en place (Pz1 et Pz2 en particulier) afin d’améliorer la simulation des concentrations en chlorures par le modèle hydrogéologique. Le but de l’opération n’était pas d’engendrer une contamination saline majeure de la nappe mais de générer une petite tendance à l’augmentation de la conductivité électrique sur les piézomètres en aval du champ captant, témoignant d’une sensible progression du biseau salé.

L’opération a été menée avec une surveillance quotidienne par le BRGM de la conductivité électrique et du niveau d’eau sur les sondes installées sur Pz1, Pz2 et le puits 7 de Suariccia III. Acqua Publica a réalisé des tests chlorures par bandelettes chaque jour à la sortie de Suariccia I (intégrant les puits 1, 2, 3 et 4) et à la sortie de Suariccia III (intégrant les puits 7 et 8).

Au démarrage du test, le 18/09, le niveau de la nappe était au plus bas et en situation d'étiage prononcé (cf. chronique piézométrique de « DCE Casatorra » sur l'illustration 121 ci-après). Des précipitations se sont cependant produites du 20 au 22/09 et à partir du 15/10. Elles ont engendré une petite crue de la rivière (le débit est passé de 56 l/s le 19/09 à 213 l/s le 22/09) et une hausse de la nappe. Les conditions hydriques n'étaient donc pas idéales pour générer une augmentation de la salinité dans l'aquifère en aval du champ captant.

L'illustration 121 ci-après présente la piézométrie au droit du champ captant (puits 7 de Suariccia III) et de Pz1 ainsi que la conductivité électrique. Les chroniques de Suariccia III sont lacunaires du fait d'un problème technique sur la sonde.

La mise en route du pompage a généré une légère hausse de la conductivité électrique sur le puits 7 de 363 à 386  $\mu\text{S}/\text{cm}$  entre le 18/09 et le 13/10. Aucune variation n'a été constatée sur Pz1 qui s'est maintenu à 347  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ni sur Pz2 qui était à 388  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Cette petite hausse sur le puits 7 est faible au regard des valeurs de conductivité atteinte en juin et juillet 2020 (jusqu'à 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  le 21/07, illustration 121) ou même le 06/12. Les mesures de chlorures effectuées par Acqua Publica montrent une hausse de 30 à 200 mg/l sur Suariccia III entre le 18/09 et le 19/10 et une valeur stable sur Suariccia I. La réduction des pompages génère ensuite une baisse instantanée des chlorures. Il est à noter que les teneurs en chlorures mesurées sont élevées au regard de la conductivité enregistrée sur le puits 7 ; la salinité provient donc a priori surtout du puits 8 (non instrumenté).

L'augmentation de la salinité constatée paraît difficilement corrélable à une pénétration du biseau salé dans l'aquifère du fait d'une réponse non homogène sur les différents puits du champ captant et de l'absence d'impact enregistré par les sondes de Pz1 et Pz2. Les capteurs de ces sondes sont respectivement situés à -22.68 m NGF et -13.95 m NGF, donc bien qu'aucune diagraphie n'ait été réalisée dans les ouvrages au pic de chlorures, il apparaît très peu probable que le biseau salé ait impacté le champ captant sans impacter les piézomètres en aval et à proximité.

Une hypothèse expliquant cette hausse des chlorures localisée à Suariccia III pourrait être le drainage des limons sus-jacents eux-mêmes salinisés. Pour explorer cette hypothèse, des trous à la tarière ont été réalisés sur le champ captant le 11/12/2020 afin de mesurer la conductivité électrique de l'eau contenue dans les limons.

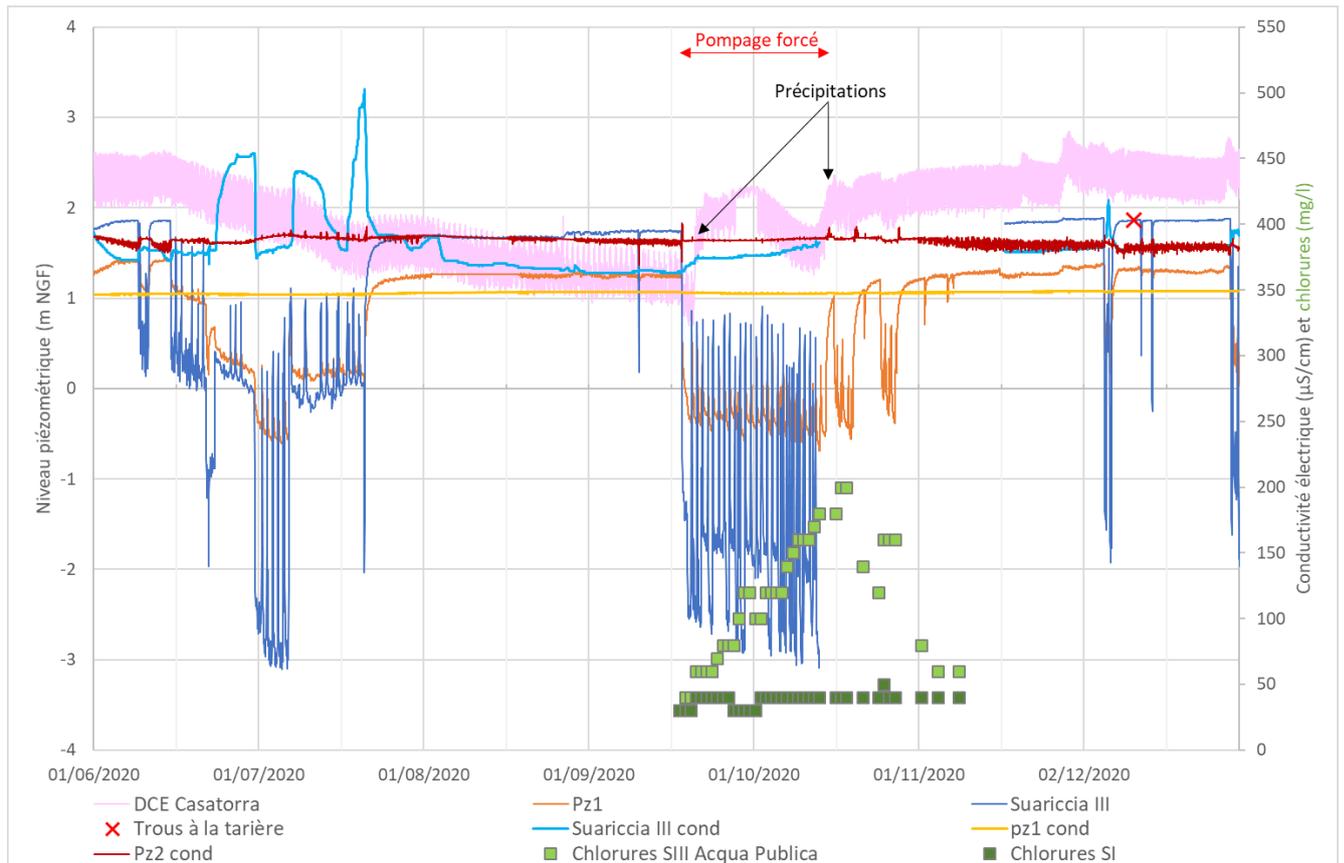


Illustration 121 : Chroniques piézométriques et de conductivité électrique sur le puits 7 de Suariccia III, Pz1 et Pz2 entre juin et décembre 2020 et teneurs en chlorures mesurées par Acqua Publica du 18/09 au 09/11/2020.

- **Sondages à la tarière sur le champ captant**

Trois trous ont été réalisés, dispersés sur le champ captant (Illustration 122). Ils mesurent entre 60 cm et 1 m de profondeur. L'eau a été atteinte à ces profondeurs et au contact de passées sableuses dans les limons bruns.



*Illustration 122 : Localisation des trous à la tarière (T1, T2, T3) réalisés sur le champ captant le 11/12/2020 et photographie des échantillons de limons bruns sur T2 extraits.*

Le niveau d'eau est ensuite remonté dans les trous et s'est stabilisé à environ 20 à 30 cm de profondeur. Les conductivités électriques mesurées sur ces colonnes d'eau sont les suivantes :

Trou	Conductivité électrique ( $\mu\text{S/cm}$ )
T1	330 (profondeur) à 360 (surface)
T2	300 (profondeur) à 475 (surface)
T3	500 (profondeur) à 715 (surface)

Ces valeurs sont faibles au regard des concentrations en chlorures mesurées sur Suariccia III lors du pompage, en particulier sur T1 et T2 qui sont proches des puits 7 et 8.

L'hypothèse d'une salinisation de l'aquifère sollicité par les puits de Suariccia III par drainage des limons sus-jacents salinisés est donc rejetée.

- **Hypothèse formulée : influence du Fossé de Borgogna sur les puits nord du champ captant**

Une autre hypothèse peut être formulée pour expliquer l'augmentation des chlorures sur les puits de Suariccia III : la sollicitation par pompage de l'eau du Fossé de Borgogna qui remonte dans les canaux de drainage situés entre le Fossé et le champ captant (localisation sur l'illustration 123).

Plusieurs indices viennent étayer cette hypothèse :

- lorsque le champ captant est en marche, les puits 7 et 8 qui sont artésiens et débordent hors sollicitation (bollari), ne débordent plus, leur niveau est rabattu par pompage ;
- les canaux de drainage qui évacuent ces eaux de débordement de l'aquifère vers le Fossé de Borgogna (cf. localisation sur l'illustration 123) ne reçoivent donc pas d'eau pendant ces périodes de pompage ;
- sans arrivée d'eau dans ces canaux, l'eau salée du Fossé de Borgogna pénètre dans la portion nord-sud du canal de drainage (cf. campagnes de conductivité électrique au paragraphe 8.7 et illustration 123) ;
- les pompes sur les puits du champ captant rabattent le niveau de la nappe dont la charge peut atteindre -2 à -3 m NGF sur le puits 7. La charge de l'aquifère se retrouve ainsi sur ces périodes inférieure à la charge hydraulique des limons au droit du champ captant (environ -1 m NGF sur LIM1 et susceptible d'être comprise entre 0 et -1 m NGF autour du champ captant qui est en amont) ;
- les puits du champ captant présentent a priori des défauts d'étanchéité. L'horizon Fy3I des limons est donc susceptible de ne pas être totalement isolé de l'aquifère Fy12 au contact des puits ;
- dans ces conditions, un phénomène de drainance verticale descendante des limons vers l'aquifère est susceptible de se produire et les limons salés situés au contact du canal de drainage nord-sud peuvent contaminer l'eau captée par les puits 7 et 8, le canal étant situé dans l'emprise de leur cône de rabattement. Il est alors logique que le puits 8 soit plus impacté par la contamination saline que le puits 7 puisqu'il est plus proche du canal de drainage et du Fossé de Borgogna.

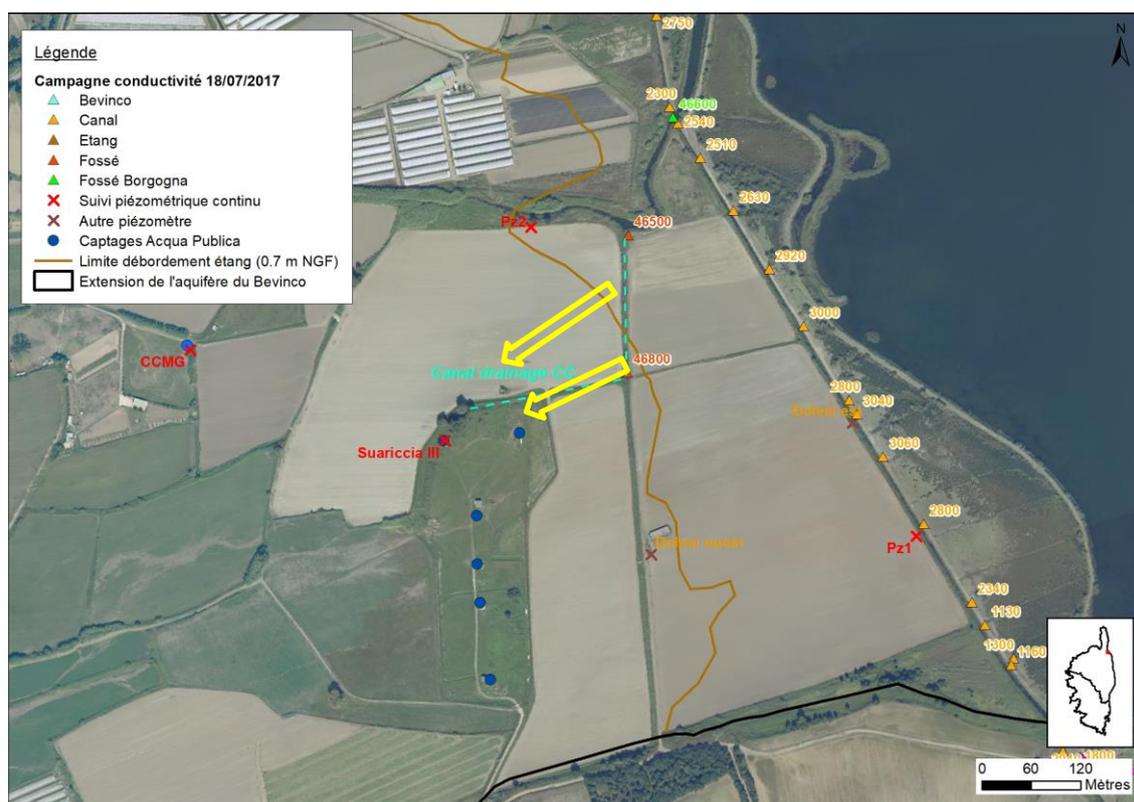


Illustration 123 : Éléments de contexte du phénomène de contamination saline de Suariccia III. Les tirets bleus représentent le canal de drainage des bollari du champ captant vers le Fossé de Borgogna. Les flèches jaunes représentent le trajet possible de l'eau salée entre le canal et le champ captant.

Cette hypothèse pourrait être vérifiée en renouvelant une opération de pompage intensif sur plusieurs semaines en période de basses eaux et en menant les mesures et analyses suivantes :

- suivi de l'état des écoulements dans le canal de drainage et le Fossé de Borgogna avant, pendant et après l'opération de pompage ;
- suivi de la conductivité électrique dans le Fossé, le canal de drainage et les puits 7 et 8 directement et éventuellement dans le puits 4 ;
- réalisation de diagraphies de conductivité dans Pz1 et Pz2 sur toute la hauteur de l'ouvrage afin de compléter le suivi continu qui est localisé à une profondeur donnée (capteur de la sonde) ;
- réalisation d'environ trois campagnes de prélèvement d'eau sur Pz1, Pz2, puits 7, puits 8, Fossé de Borgogna, canal de drainage et sur la mer avant et pendant le pompage avec analyse des éléments chimiques majeurs (Na, K, Ca, Mg, Cl, SO<sub>4</sub>, HCO<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub>) et des isotopes stables de l'eau ( $\delta^{18}\text{O}$  et  $\delta^2\text{H}$ ) afin d'identifier la provenance de l'eau salée captée par les puits 7 et 8. Les isotopes du Bore ( $\delta^{11}\text{B}$ ) constitueraient également un co-traceur intéressant puisqu'ils peuvent marquer des sources anthropiques de salinisation telles que les eaux usées et la salinisation d'origine agricole (irrigation), et permettraient ainsi de distinguer avec certitude l'origine de l'augmentation des chlorures (Kloppmann *et al.*, 2011).

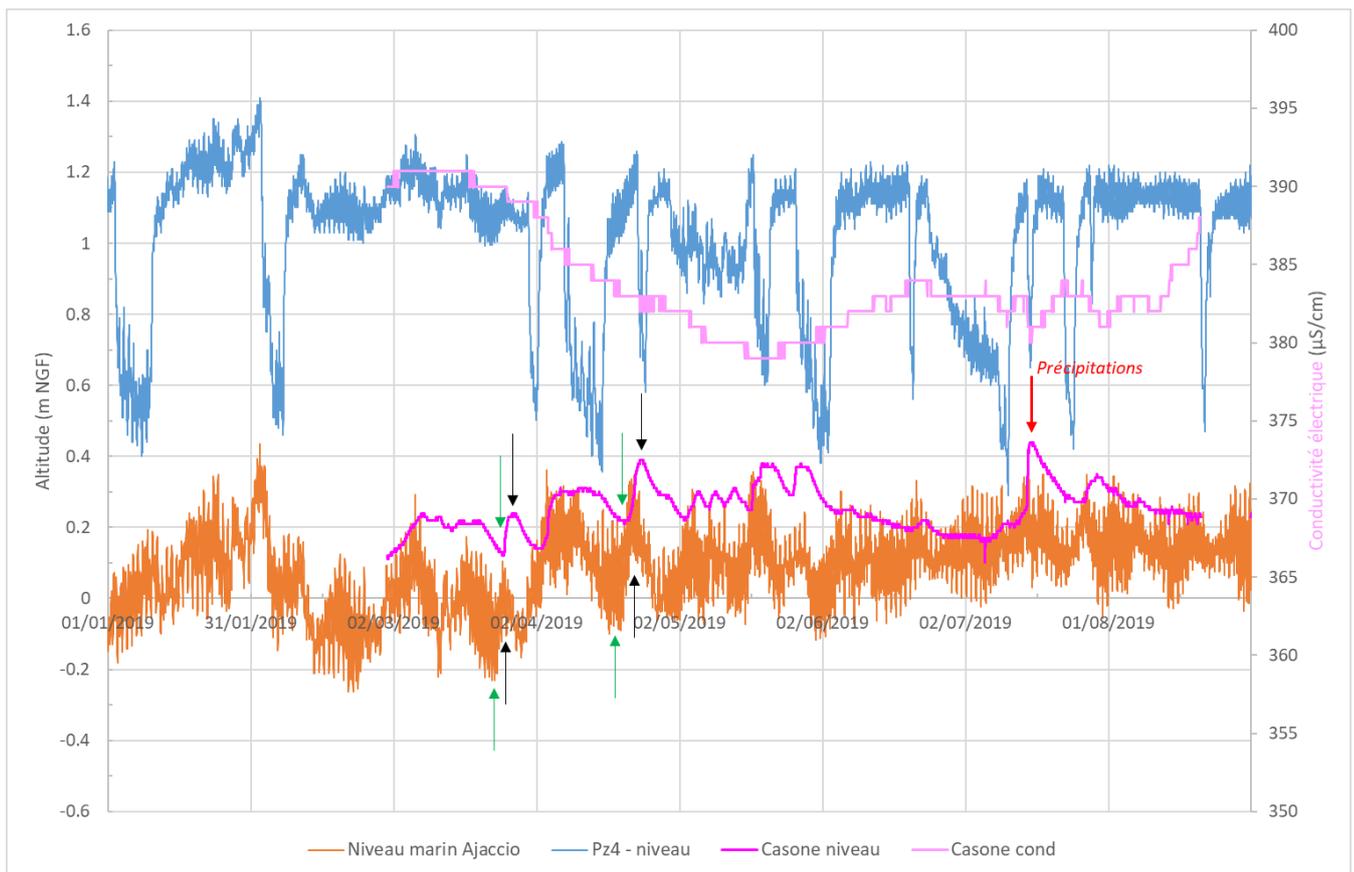
Les puits nord du champ captant (puits 7 et 8 de Suariccia III) subissent des augmentations de salinité lors de leur mise en route probablement sous l'influence du Fossé de Borgogna, par drainance verticale descendante des limons qu'il impacte.

### 8.8.5. Deux aquifères différents sur le Lido

Sur le Lido, en complément du suivi piézométrique sur Pz4, un suivi a été mis en place au puits Casone (Illustration 90) afin de comprendre s'il existe un seul et même aquifère au sein du Lido ou si deux aquifères peuvent être distingués et comment réagit l'un vis-à-vis de l'autre.

Le graphique de l'illustration 124 ci-après montre que :

- le puits Casone capte une nappe superficielle dont le signal est différent de celui de l'aquifère du Bevinco capté par Pz4 ;
- la charge hydraulique de la nappe superficielle du Lido est inférieure à celle de l'aquifère du Bevinco ;
- la charge hydraulique de la nappe du Lido est supérieure au niveau marin la plupart du temps, excepté lors de certains épisodes de vive-eau ;
- le niveau de la nappe du Lido fluctue en fonction du niveau marin (cf. flèches vertes et noires du graphique) et des précipitations ;
- la conductivité électrique de la nappe du Lido dans le secteur suivi varie peu et se situe entre 380 et 390  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sur la période étudiée.



*Illustration 124 : Comparaison du signal piézométrique de la nappe du Lido à celle du niveau marin et de l'aquifère sur Pz4 entre janvier et août 2019. Les flèches vertes et noires montrent respectivement des minima et maxima du niveau marin qui se répercutent sur la nappe du Lido.*

La nappe superficielle du Lido correspond à une lentille d'eau douce (Illustration 125) surnageant sur le biseau salé par différence de densité (l'eau salée étant plus dense).

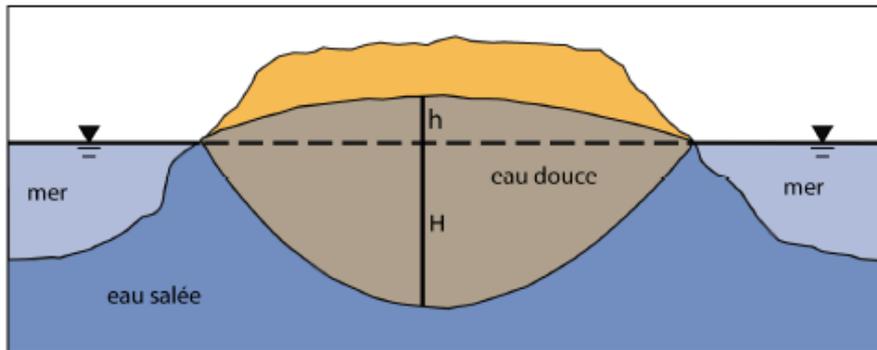


Illustration 125 : Coupe perpendiculaire du biseau salé dans un aquifère insulaire.

Le Lido est le siège d'une nappe d'eau souterraine superficielle déconnectée de l'aquifère Fy12 du Bevinco sous-jacent. Son niveau fluctue en fonction des précipitations et du niveau marin. Sa charge est inférieure à celle de l'aquifère Fy12.

#### 8.8.6. Fluctuations de la température de l'aquifère

Les sondes piézométriques de suivi continu installées suivent également la température de l'eau. Les capteurs des sondes ayant été placés en face des crépines des ouvrages, les mesures sont a priori représentatives de l'eau de l'aquifère.

L'illustration 126 ci-après montre que la température de l'aquifère varie au cours de l'année hydrologique et au sein de l'aquifère. Trois comportements de la température peuvent être identifiés :

- les piézomètres de Suariccia II et Casatorra présentent des variations annuelles marquées dont l'amplitude est de l'ordre de la dizaine de degrés. Le minima se produit entre mars et avril et le maxima entre septembre et octobre. Une variation saisonnière de la température des eaux souterraines peut traduire un processus d'advection et une infiltration continue d'eau de surface dont la température est influencée par la température de l'air (Birk *et al.*, 2004). Les variations observées dans la nappe au droit de ces deux ouvrages marquent donc leur positionnement dans l'emprise directe de la zone d'infiltration de la rivière vers l'aquifère ;
- à l'inverse, les piézomètres implantés sur la partie captive de l'aquifère (Pz1, Pz2, Pz4 et Pz5) présentent une température très stable au cours du cycle hydrologique. Il est à noter que la valeur de la température se situe globalement autour de 17 °C. Pz3, qui suit l'aquifère en rive gauche du Bevinco, dans un horizon argileux, présente le même type de comportement et se situe proche de 17 °C également. Il n'est pas influencé de façon directe par l'infiltration de la rivière. Chiaragginco et Suariccia III (puits 7), qui sont plus en amont de Pz1 et Pz2, présentent également une température stable bien qu'une faible variation annuelle de 0.5 °C soit visible sur la chronique de Suariccia III. Ainsi, l'aquifère n'est pas (ou pratiquement pas) impacté par l'infiltration de la rivière dans ces secteurs non plus ;
- CCMG et Tinsoni, situés à la transition entre les parties libre et captive de l'aquifère, présentent des comportements intermédiaires aux deux précédemment décrits. CCMG montre une fluctuation saisonnière dont les minima et maxima sont décalés par rapport à Suariccia II et Casatorra d'environ 3 mois et un signal beaucoup plus atténué (variations inter saisonnières de 1 °C).

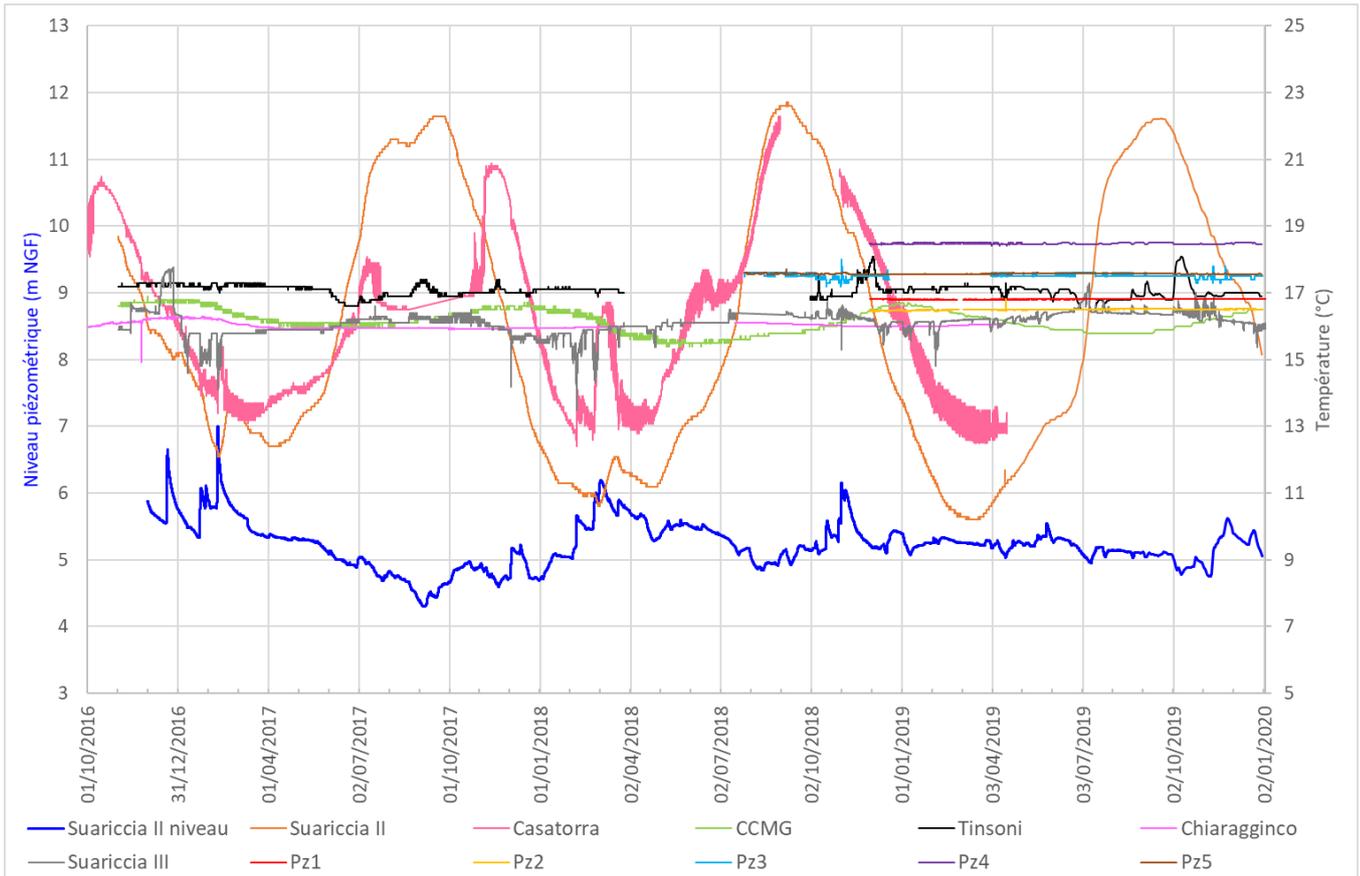
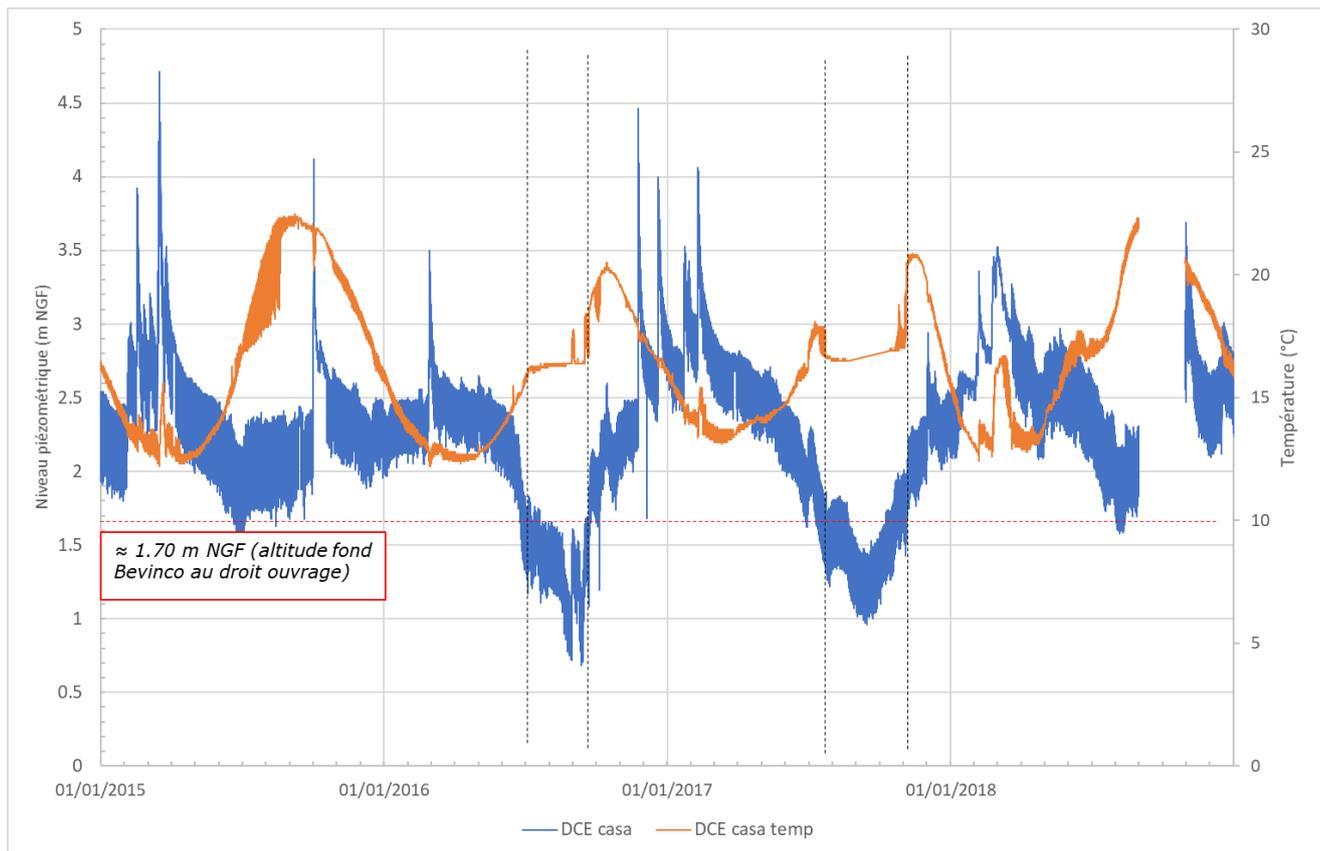


Illustration 126 : Fluctuations de température de la nappe sur les différents piézomètres suivis entre octobre 2016 et décembre 2019.

En complément, d'après l'illustration 127, il est intéressant de noter que lors des phases de forte vidange de l'aquifère (étiages 2016 et 2017), la tendance inter saisonnière des fluctuations de la température sur Casatorra s'interrompt. La température se stabilise alors autour de 17 °C, soit la température annuelle observée dans la partie captive de l'aquifère. Ces variations marquent un changement dans le mode d'alimentation de l'aquifère au droit de Casatorra : en effet, ces phases de chute du niveau de la nappe correspondent à des périodes d'assèchement de la rivière dans la plaine. Le niveau de la nappe devient d'ailleurs inférieur à 1.70 m NGF, soit l'altitude du fond de la rivière à proximité immédiate du piézomètre (Illustration 97). Ces observations montrent qu'au droit de Casatorra, lors de ces phases de forte vidange, l'aquifère n'est plus alimenté par la rivière.



*Illustration 127 : Fluctuations de la température et du niveau de la nappe à Casatorra entre 2015 et 2018. Les périodes de forte vidange de l'aquifère lors des étiages 2016 et 2017 sont signalées par les barres verticales en tirets noirs.*

Les piézomètres Suariccia II et Casatorra sont marqués par des variations de température de forte amplitude d'environ 10°C du fait de leur positionnement dans l'emprise directe de la zone d'infiltration de la rivière vers l'aquifère.

Sur la partie captive, la température de l'aquifère est stable et se situe globalement autour de 17°C.

Sur les piézomètres CCMG et Tinsoni situés à l'interface entre les parties libre et captive, une fluctuation saisonnière de très faible amplitude (1°C) est observée, avec cependant un déphasage d'environ 3 mois par rapport à la zone d'infiltration.

## 9. Schéma hydrogéologique conceptuel de la nappe du Bevinco

L'aquifère du Bevinco s'étend de Casatorra jusqu'au Lido de la Marana (et se poursuit en mer, sans plus d'informations disponibles), sur une superficie de 7 km<sup>2</sup>. Ce sont les alluvions graveleuses et sableuses qui constituent ce réservoir aquifère (horizon noté Fy12).

La présence de limons (Fy3l) peu perméables à l'affleurement sur la majeure partie de l'extension de l'aquifère en rive droite du Bevinco induit la mise en captivité de la nappe. Celle-ci se traduit par la présence de bollari (nom donné aux résurgences artésiennes) au niveau du champ captant d'Acqua Publica mais également plus au nord au lieu-dit Bocca. L'épaisseur de limons est la plus importante dans le secteur du champ captant et atteint une dizaine de mètres, tandis qu'elle est plus réduite au nord et se limite à 5 m.

La nappe alluviale du Bevinco est principalement alimentée en eau par l'infiltration de la rivière à son entrée dans la plaine au contact des alluvions sableuses Fy3z sur lesquelles elle s'écoule. Celles-ci sont directement en contact avec les alluvions graveleuses Fy12 sous-jacentes constituant l'aquifère et permettent ainsi son alimentation. L'infiltration de la rivière se produit sur son tronçon qui va du terrain de l'auto-école jusqu'au virage à 90° vers le nord, en passant par la route territoriale. Son débit d'infiltration vers la nappe est d'environ 100 à 200 l/s en période de moyennes eaux et diminue jusqu'à une quarantaine de litres par secondes en basses eaux. Le débit de la rivière s'infiltre alors totalement et son écoulement de surface est interrompu en aval.

En aval du seuil, les alluvions sableuses Fy3z qui bordent la rivière ne sont plus en contact avec l'aquifère, elles en sont séparées par la formation de limons Fy3l peu perméables. Cette formation limite donc les échanges entre la rivière et l'aquifère en aval du seuil. La rivière ne s'infiltre plus vers l'aquifère mais de faibles apports de la nappe vers la rivière sont identifiés.

L'aval de la rivière est également impacté par le rentrant salé en provenance de l'Etang en période d'étiage, lorsque le débit de la rivière sur cette portion devient inférieur à environ 25 l/s. Ce rentrant salé se limite au « banc de galets » (Illustration 128) qui agit comme un seuil hydraulique, malgré le fait que l'altitude du lit de la rivière soit inférieure au 0 m NGF en amont de ce point. Grâce à la présence de limons peu perméables au contact du lit de la rivière sur cette portion, l'eau salée ne s'infiltre pas vers la nappe.

L'alimentation de l'aquifère par la rivière se fait principalement en direction de l'est, vers le champ captant. C'est dans ce secteur, au sud du Fossé de Borgogna, que l'épaisseur de l'aquifère est la plus importante. Les profils géophysiques ont en effet révélé une épaisseur pouvant aller de 30 à 60 m. La charge hydraulique de l'aquifère y est élevée et permet de maintenir le biseau salé sur la bordure littorale, au droit du Lido. Celui-ci est cependant susceptible de pouvoir migrer vers l'intérieur des terres en période d'étiage lorsque la charge hydraulique de l'aquifère diminue sous l'effet de forts prélèvements et qu'elle est maintenue inférieure au 0 m NGF pendant plusieurs mois (retour d'expérience des années 70-80). La conductivité électrique de l'aquifère est généralement comprise entre 300 et 400 µS/cm dans le secteur du champ captant. En revanche, une hausse de la salinité est observée de façon quasi-systématique sur les deux puits nord du champ captant (puits 7 et 8) lors de la mise en route du champ captant. Cette contamination saline apparaît liée à un phénomène de drainance verticale descendante des limons impactés par la salinité du Fossé de Borgogna vers l'aquifère. Le débordement de l'Etang (Illustration 128) lors des crues engendre la salinisation des limons en bordure de l'Etang. La charge hydraulique des limons se maintenant inférieure à celle de l'aquifère dans ce secteur un peu éloigné du champ captant (Pz1), aucun

phénomène de drainance descendante n'est observé et cette salinité se limite aux limons pour ce secteur.

Dans sa deuxième moitié sud, le canal de la Réserve draine l'aquifère via les passées sableuses des limons et par collecte directe de ses débordements par les bollari (ensuite acheminées par des canaux dans les champs). La salinité de l'eau du canal est ainsi beaucoup plus faible dans cette partie sud, à l'approche de la station de Petriccia. L'Etang qui réceptionne l'eau de ces canaux est donc indirectement alimenté par les eaux souterraines de l'aquifère du Bevinco.

Comme mis en évidence par les profils géophysiques puis les sondages, le secteur nord de l'aquifère est marqué par des caractéristiques différentes de la partie sud qui vient d'être évoquée (Illustration 128). Le Fossé de Borgogna, sans en être à l'origine ni même a priori la conséquence, marque la limite géographique de ces deux compartiments. Outre une épaisseur de limons plus réduite, ce secteur se caractérise également par une épaisseur de l'aquifère beaucoup plus faible. L'horizon graveleux aquifère ne fait que 5 m d'épaisseur au niveau de Pz5. La terrasse alluviale Fy12 n'est constituée que d'alluvions argileuses plus en profondeur. Du fait d'échanges limités entre la rivière et l'aquifère sur l'aval, ce secteur de l'aquifère est peu alimenté. Sa charge hydraulique est faible (niveau piézométrique moyen de 0.28 m NGF à Pz5) et favoriserait la pénétration du biseau salé. La conductivité électrique de ce compartiment est donc plus élevée et se situe entre 500 à 700  $\mu\text{S}/\text{cm}$  jusqu'à Bocca puis dépasse 10 000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  sur l'extrême nord. Dans ce secteur la charge hydraulique des limons est également inférieure à celle de l'aquifère, mais l'aquifère étant salinisé, il génère des remontées de sel permanentes qui induisent des difficultés d'exploitation agricoles dans l'extrême nord. La salinisation généralisée des limons et de l'aquifère dans ce secteur explique également la salinité élevée de la portion nord du canal de la Réserve.

Outre les bollari, l'exutoire de l'aquifère est donc situé en mer, en aval du Lido où il a été identifié par Pz4.

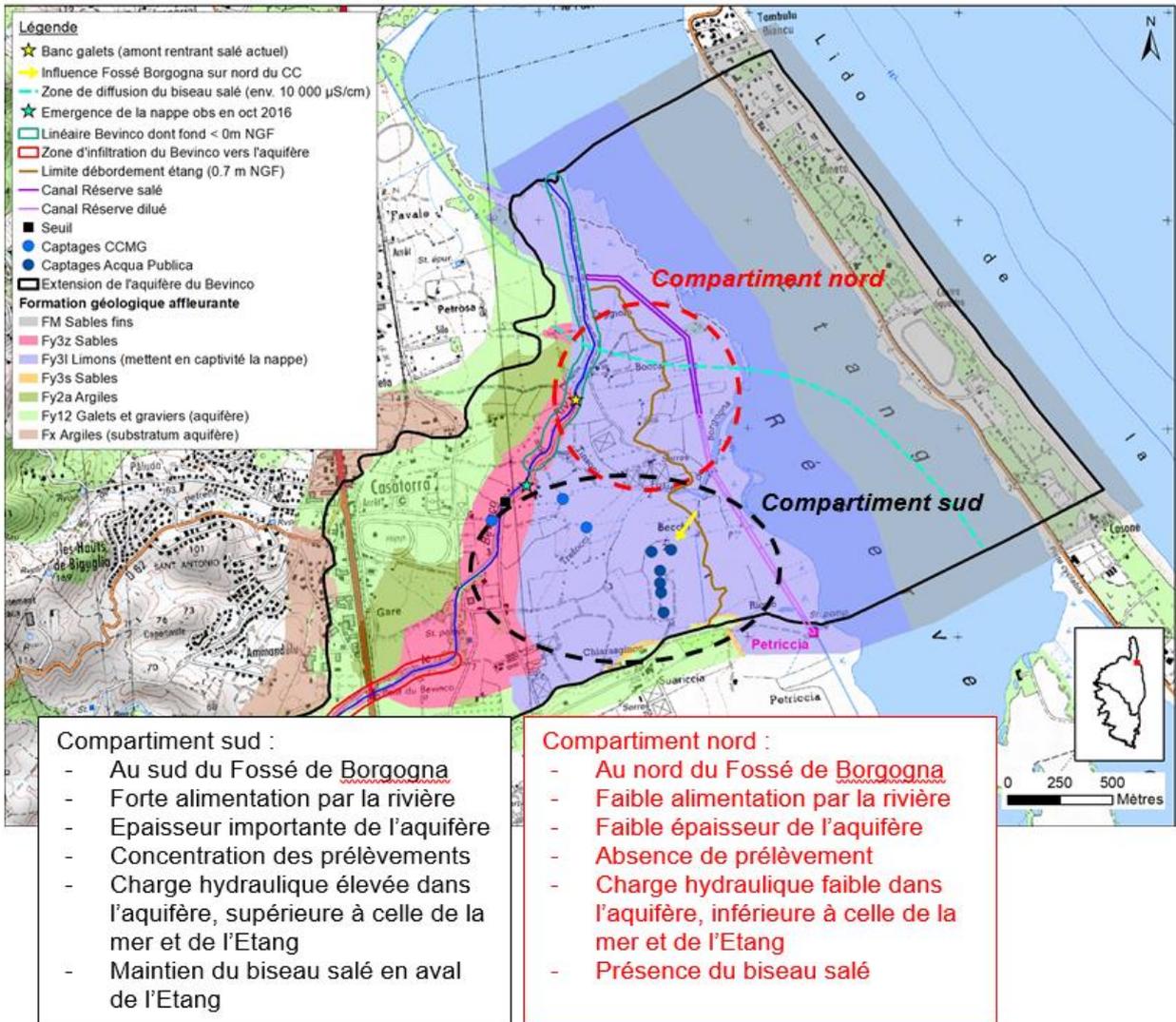


Illustration 128 : Délimitation des deux compartiments de l'aquifère du Bevinco présentant des caractéristiques différentes.

Deux coupes interprétatives à l'échelle ont été réalisées afin de représenter le fonctionnement hydrogéologique de ces deux compartiments :

- une coupe sud-ouest nord-est le long du Bevinco depuis sa zone d'infiltration jusqu'à l'Étang ;
- une coupe est-ouest dans le compartiment sud, qui va du Bevinco jusqu'au Lido en passant par le champ captant d'Acqua Publica.

Pour ces deux coupes, deux situations ont été présentées : en période de moyennes eaux (relevés du 1<sup>er</sup> mars 2019) et en période de basses eaux (relevés du 18 juillet 2017).

Ces coupes sont présentées ci-après.

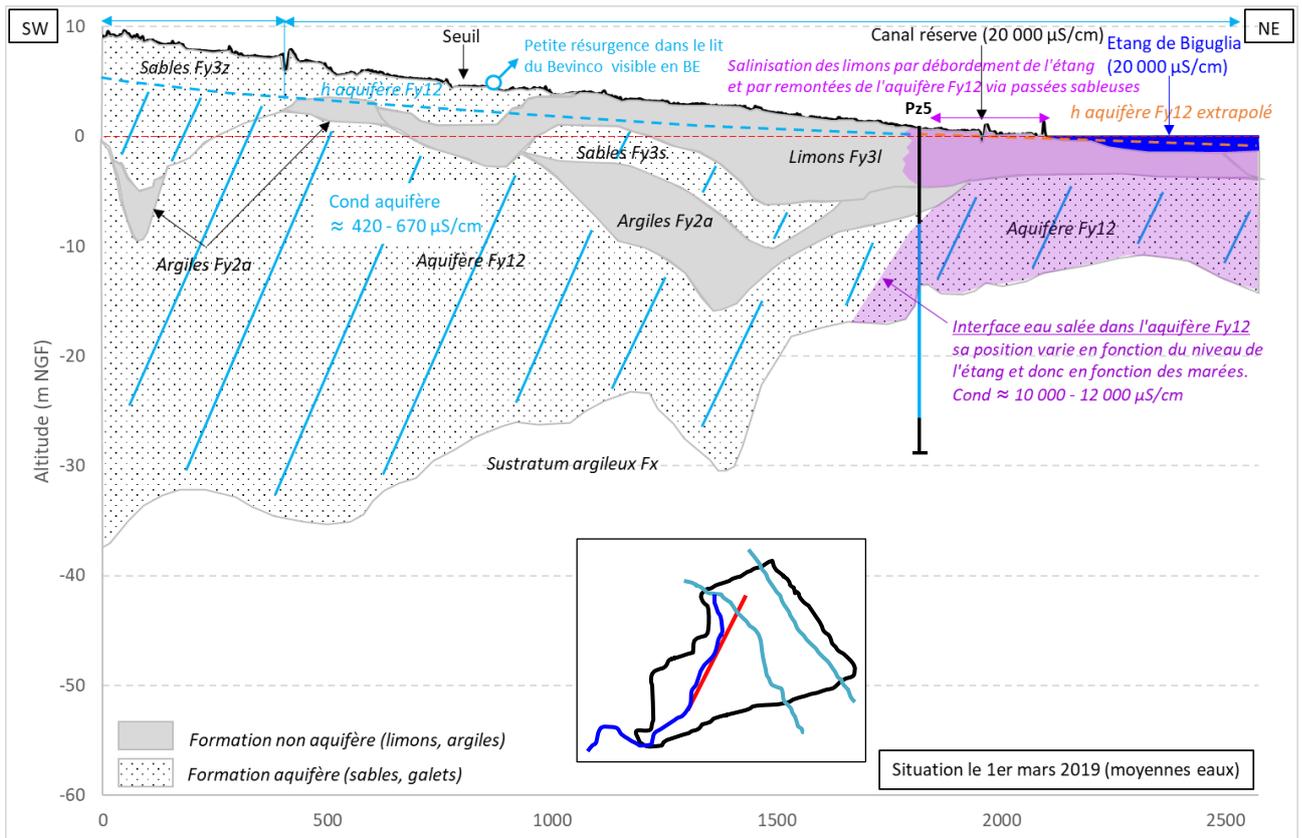


Illustration 129 : Coupe hydrogéologique interprétative sud-ouest nord-est de l'aquifère du Bevinco en période de moyennes eaux.

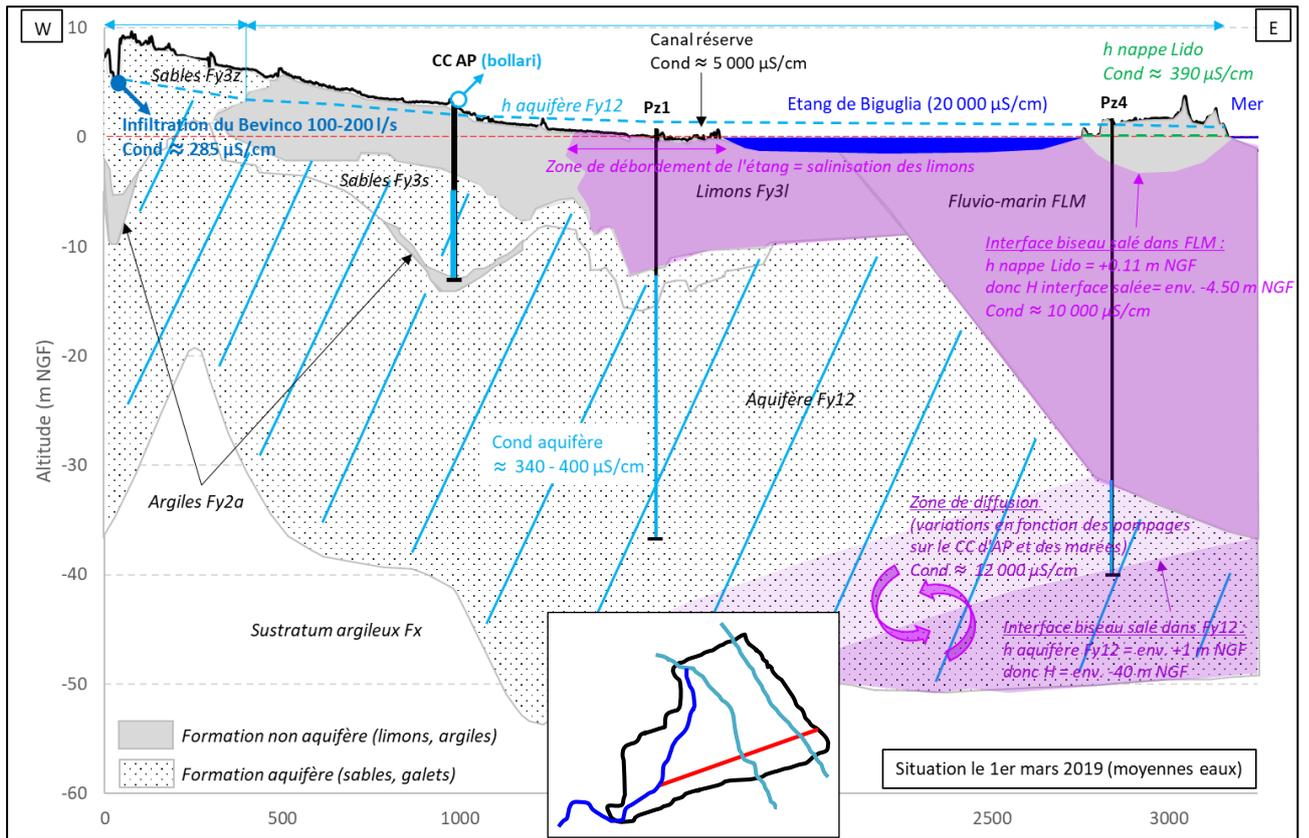


Illustration 130 : Coupe hydrogéologique interprétative est-ouest de l'aquifère du Bevinco en période de moyennes eaux.



## 10. Conclusion et perspectives

La première phase de l'étude de modélisation hydrogéologique de la nappe du Bevinco a consisté à améliorer la compréhension du fonctionnement de l'aquifère à partir de la mise en œuvre d'investigations et de mesures via une large palette des domaines des géosciences.

Les actions engagées ont été les suivantes :

- étude des faciès des alluvions en présence par des prospections sur le terrain et l'analyse des données de sondage disponibles ;
- réalisation de onze profils de tomographie électrique en complément des quatre profils datant de 2009 pour l'étude de la géométrie des différentes terrasses alluviales, de leur faciès (sableux ou argileux) et des intrusions salines ;
- réalisation de cinq piézomètres répartis dans les secteurs dépourvus d'informations géologique et hydrogéologique de l'aquifère ;
- élaboration d'un modèle géologique 3D à partir des données de la synthèse géologique et de la géophysique ;
- instrumentation de douze ouvrages pour suivre en continu la piézométrie, la température et la conductivité électrique de l'aquifère ;
- réalisation de plusieurs campagnes de jaugeages différentiels de la rivière ainsi que de campagnes piézométriques ;
- réalisation de campagnes de nivellement pour niveler la rivière, les ouvrages suivis, et les points d'intérêt.

L'ensemble de ces actions et le travail d'équipe mené entre les différentes spécialités a permis de définir la géométrie et la structure de l'aquifère ainsi que son fonctionnement hydrogéologique. Un schéma hydrogéologique conceptuel a été élaboré et est décrit dans le chapitre 9 de ce rapport à l'aide d'une carte et de deux coupes hydrogéologiques interprétatives.

Il persiste néanmoins quelques inconnues dont les principales sont :

- les investigations de terrain ont montré la complexité du contexte géologique local avec une très forte hétérogénéité des faciès lithologiques au sein d'un même dépôt alluvionnaire et une absence d'information au droit de l'Étang de Biguglia. La géométrie du modèle géologique n'est ainsi pas contrainte par des observations de terrain sur une part importante de son emprise (sous l'étang et au-delà au nord) ;
- au-delà de la géologie, la zone couverte par l'étang, et plus largement le coin nord de la zone d'étude, sont concernés par de nombreuses inconnues : piézométrie, échanges étang-eaux souterraines, salinité des eaux souterraines, etc. ;
- la dynamique de salinisation des deux puits nord du champ captant, bien que supposée liée au Fossé de Borgogna, n'est pas totalement cernée et mériterait de plus amples investigations (analyses chimiques et isotopiques dans un protocole maîtrisé de pompage intensif).

La suite de cette première phase de l'étude correspond à la construction du modèle hydrogéologique maillé à partir duquel cinq scénarios d'exploitation de l'hydrosystème du Bevinco doivent être simulés. Le travail de modélisation va se dérouler en plusieurs étapes :

- construction du modèle hydrogéologique numérique impliquant notamment la définition du nombre de couches (à partir du modèle géologique 3D), la définition de la taille des mailles et la régionalisation des données d'hydrodynamique (perméabilité, transmissivité, etc.) ;
- mise en forme des données d'entrée du modèle (reconstitution d'une chronique de débit à l'entrée de la plaine, volumes de prélèvement sur la prise du Lancone et les forages au pas de temps le plus fin possible, chroniques piézométriques, volumes de sortie de l'aquifère tels que le débordement par les bollari et le drainage par les canaux de la Réserve, etc.) ;
- calage du modèle en régime permanent à partir des données issues des campagnes piézométriques et limnimétriques. Cette première étape a notamment pour objectif d'ajuster la distribution des valeurs de perméabilité attribuées a priori aux différents aquifères, et de cerner les valeurs moyennes de la recharge et du ruissellement ;
- calage du modèle en régime transitoire, avec un pas de temps de calcul journalier et sur une période suffisamment longue pour prendre en compte les principales situations, moyennes et extrêmes, connues de l'aquifère. Cette phase de calage consiste à rechercher les valeurs des paramètres qui caractérisent le fonctionnement hydraulique du système (perméabilité, coefficient d'emmagasinement, paramètres de recharge, perméabilité de colmatage du cours d'eau, dispersivité, etc.) qui permettent la meilleure adéquation possible entre les observations (les chroniques) et les valeurs calculées. Le calage se fait par une approche essais-erreurs pour reproduire les dynamiques observées, aussi bien en termes de niveaux piézométriques que de débits du cours d'eau. Il s'agit ici d'une étape très importante de la modélisation dont dépendra la fiabilité du modèle de prévision ;
- calage du modèle en transport de masse (calage des chlorures) pour simuler les intrusions salines dans l'aquifère : cette phase de la modélisation s'effectuera de façon similaire au calage en hydrodynamique, les mesures de niveau d'eau étant remplacées par des mesures de conductivité électrique, traduites en concentrations en chlorures à partir d'une courbe de corrélation entre les deux variables. Des allers-retours entre l'hydrodynamique et le transport de masse sont à prévoir.

Après les phases de calage et de validation, le modèle sera utilisé en tant qu'outil d'aide à la décision :

- définition de cinq scénarios d'exploitation en concertation par les membres du comité de pilotage de l'étude ;
- simulation des scénarios avec le modèle ;
- analyse des résultats et définition des débits mobilisables sur l'hydrosystème du Bevinco et de sa nappe sans entraîner d'impact jugé inacceptable sur le débit de la rivière, les niveaux piézométriques et la salinité de l'aquifère. Un système de surveillance sera défini et consistera en l'établissement de seuils de référence portant sur les niveaux d'eau dans la nappe et/ou le débit de la rivière et/ou la minéralisation.

## 11. Bibliographie

**Arvois R.** (1970) – Nappes aquifères des plaines alluviales de Marana-Casinca. Rapport 70-SGN-196-PRC. 81 p., 13 cartes.

**Barbut J. et Garnier J.L.** (1993) – Étude sur les possibilités aquifères de la nappe alluviale du Bevinco (Haute-Corse). Simulation sur modèle mathématique. Rapport BRGM/R-37489-CSC-4S-93. 17 p.

**Birk, S., Liedl, R., & Sauter, M.** (2004) - Identification of localised recharge and conduit flow by combined analysis of hydraulic and physico-chemical spring responses (Urenbrunnen, SWGermany). Journal of hydrology, 286(1–4), 179–193.

**Bobatchev, A.**, (1999) - X2IPI.

**Bourgine B.** (2019) - MultiLayer. Manuel de référence 2018. BRGM/RP-66461-FR, 306 p., 229 ill.

**BRGM**, Programme d'inventaire de ressources hydrauliques et d'études hydrogéologiques en corse (1967), rapport DSGR-67-A36, 11p., 3 ann., 1 ill.

**Daum J.R., Durand F.** (1997) - Méthodes d'évaluation de l'impact des prélèvements réalisés dans les nappes d'accompagnement sur les eaux superficielles associées, rapport BRGM/RR-38586-FR.

**Dominici R.** (1999) - Enquête géologique réglementaire relative à l'alimentation en eau potable du SIVOM de la Marana (Haute-Corse), 1999, 38p., 51 ill., 3 ann.

**Frissant N.** (2008) - Avis sur le dossier d'autorisation de prélèvement en milieu naturel – champ captant de Suariccia – Commune de Biguglia – Haute-Corse. Rapport BRGM/RP-56437-FR. 26 p., 6 ill., 1 ann.

**Genevier M., Dewandel B., Frissant N. coll. Bodéré G.** (2013) - Ressource en eau souterraine dans les formations métamorphiques alpines de Corse. Phase 2 : Evaluation et cartographie du potentiel en eau souterraine. Rapport final. BRGM/RP-63031-FR, 105 p., 48 ill., 6 ann.

**Genevier M.** (2019) - Modélisation hydrogéologique de la nappe alluviale du Bevinco (Haute-Corse). Résultats de la campagne de réalisation de cinq piézomètres. Rapport de fin de travaux. Rapport final. BRGM/RP-68641-FR, 112 p., 43 ill., 5 ann.

**Kloppmann W., Bourhane A., Asfirane F.** (2011) - Méthodologie de diagnostic de l'origine de la salinité des masses d'eau. Emploi des outils géochimiques, isotopiques et géophysiques. Rapport BRGM/RP-60026-FR.

**Lahondère, J.-C., Lahondère, D., Conchon, O.**, (1994) - Vescovato, carte géologique de la France à 1/50 000, n°1107. BRGM Ed.

**Lahondère J.C., Conchon O., Lahondère D., Dominici R., Vautrelle C.** (1994) - Notice explicative, Carte géol. France (1/50 000), feuille Vescovato (1107). Orléans : BRGM, 67 p. Carte géologique par J.C Lahondère, O. Conchon, D. Lahondère (1994).

**Loke, M.H., Chambers, J.E., Rucker, D.F., Kuras, O., Wilkinson, P.B.,** (2013) - Recent developments in the direct-current geoelectrical imaging method. *J. Appl. Geophys.* 95, 135-156. <https://doi.org/10.1016/j.jappgeo.2013.02.017>

**Morati M.** (1980) - (cabinet Blasini), Rapport géologique sur un projet d'établissement de périmètres de protection de puits destinés à l'alimentation en eau potable de la ville de Bastia, 1980, 23p., 11ill

**Orofino, S., Winckel, A., Frissant, N., Blondel, A., Prognon, C., Lanini, S.,** (2010) - Étude des interactions entre les eaux souterraines, les eaux de surface et l'étang de Biguglia - Rapport final - Tranche 1, rapport BRGM/RP-59068-FR, 150 p., 87 ill., 3 ann.

**Pasquier C.,** (1989) - Syndicat intercommunal de la Marana Forage de recherche d'eau 1989, 6p., 8 ann.

**Putallaz. J.** (1972) - Eaux souterraines de la plaine du Bevinco (Corse). Rapport BRGM/72-SGN-184-PRC. 24 p., 12 pht., 9 cartes.

**SIGES** Seine-Normandie (Système d'information pour la gestion des eaux souterraines en Seine-Normandie) : <http://sigessn.brgm.fr/>

**Vernoux J F., Lions J., Petelet-Giraud E., Seguin J.J., Stollsteiner P., Lalot E.** (2010) – Contribution à la caractérisation des relations entre eau souterraine, eau de surface et écosystèmes terrestres associés en lien avec la DCE, rapport BRGM/RP-57044-FR, 207 p., 91 ill., 1 ann.

**Winter T.C., Harvey J.W., Franke O.L.** (1998) – Ground water and surface water, a single resource. U.S. Geological Survey Circular 1139, Denver, Colorado.

## **Annexe 1**

# **Principe de la méthode du panneau électrique**



La tomographie électrique (ERT pour Electrical Resistivity Tomography) est une méthode géophysique permettant d'obtenir la distribution de la résistivité électrique des matériaux (roches ou structures) en profondeur (2D et 3D selon le dispositif d'acquisition mis en place) à partir de mesures de potentiel électrique en surface. Les termes « panneau électrique » ou « tomographie électrique » sont utilisés pour qualifier une prospection électrique (initialement basée sur quatre électrodes) automatisée le long d'un profil multi-électrodes (2D) ou sur une surface (3D). Ce type d'acquisition présente l'avantage de fournir des résultats fiables en 2D ou 3D, et d'être rapidement mis en œuvre.

Le principe de base de la prospection électrique est d'injecter dans le sol un courant électrique d'intensité  $I$  entre deux électrodes A et B et de mesurer la différence de potentiel  $\Delta V$  induite entre une autre paire d'électrodes M et N (Illustration 131).

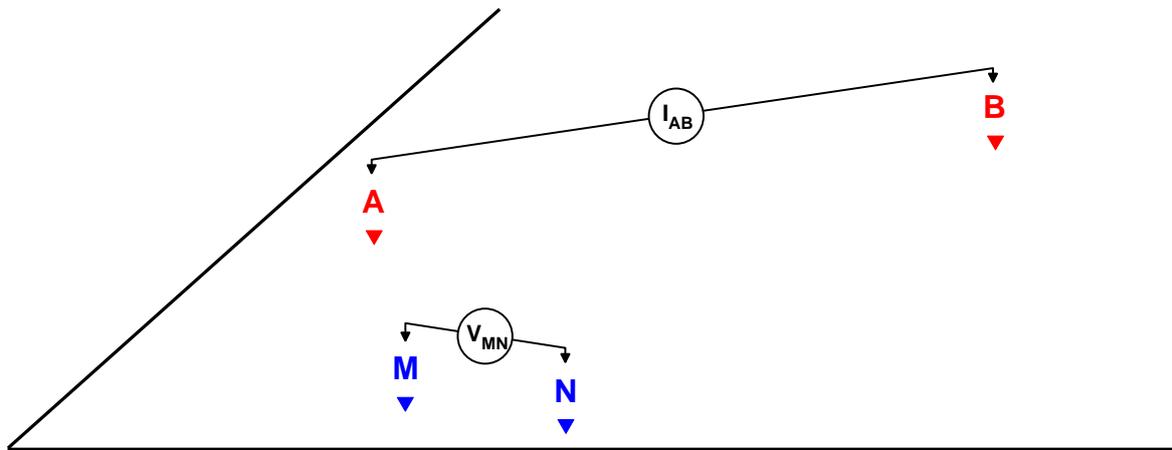


Illustration 131 : Principe de la mesure en courant électrique continu

À partir de la valeur du courant injecté  $I$ , de la mesure de la différence de potentiel  $\Delta V$  et de l'écartement entre les différentes électrodes, on peut déterminer la **résistivité électrique apparente** du sous-sol sur base de la loi d'Ohm :

$$\rho_{app} = K \times \frac{\Delta V}{I}$$

où  $K$  est un facteur dépendant de la géométrie du dispositif de mesure (Illustration 132) :

$$K = 2\pi \times \left[ \frac{1}{r_{11}} - \frac{1}{r_{12}} - \frac{1}{r_{21}} + \frac{1}{r_{22}} \right]^{-1}$$

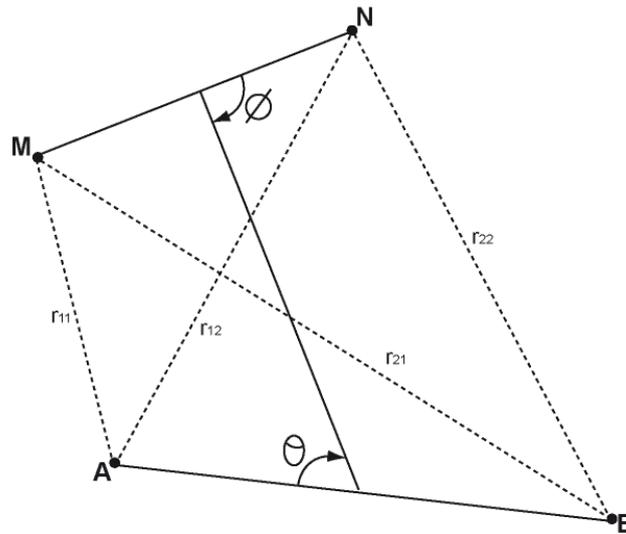


Illustration 132 : Disposition générale d'électrodes où A et B sont les électrodes de courant, M et N, les électrodes de potentiel ( $0 < \theta, \Phi < \pi$ )

La résistivité apparente d'un terrain hétérogène correspond à la résistivité d'un terrain homogène qui, pour une configuration identique des électrodes et un même courant injecté, donnerait la même mesure  $\Delta V$ . Elle est fonction de la résistivité, de la géométrie des diverses couches et de la disposition des électrodes. Il existe plusieurs dispositifs d'électrodes utilisés en pratique : Schlumberger, Wenner, dipôle-dipôle, pôle-pôle, etc.

- **Dispositifs d'électrodes / configurations d'acquisition**

Une configuration d'acquisition est une manière d'agencer géométriquement les électrodes de courant (AB) et de potentiel (MN) (soit les quadripôles ABMN) en surface. Il en existe plusieurs, chacune présentant avantages et inconvénients. Les différences majeures entre ces configurations sont la distribution des lignes de courant électrique dans le sol et donc la forme des équipotentielles en surface ainsi que la valeur du coefficient géométrique K qui conditionnera les valeurs du courant minimal I à injecter pour mesurer un potentiel électrique minimal U fiable. Selon les équipements utilisés, certains dispositifs sont également plus rapides (dipôle-dipôle) à acquérir que d'autres (Schlumberger) grâce à des acquisitions multi-voies (plusieurs mesures de  $\Delta V$  pour une injection de courant).

Pour la configuration Wenner, par exemple, la profondeur d'investigation est estimée égale à la moitié du plus grand écartement utilisé entre deux électrodes successives mais elle peut varier suivant la nature des terrains et leur résistivité. L'écartement entre électrodes détermine donc la profondeur d'investigation ainsi que les résolutions horizontale et verticale. Par rapport aux autres configurations, le dispositif Wenner rend les structures plus facilement reconnaissables sur la pseudo-section.

D'une manière générale, la mise en œuvre d'au moins deux configurations d'électrodes permet dans la plupart des contextes de mieux appréhender la géométrie des différents corps en présence. Ci-dessous sont présentées trois configurations souvent mises en œuvre avec les équipements automatisés actuels.

**Le dispositif dipôle-dipôle** donne une très bonne résolution des terrains de subsurface et pour les discontinuités verticales. Dans cette configuration, le rapport signal/bruit décroît rapidement et la profondeur d'investigation se réduit également (Illustration 133).

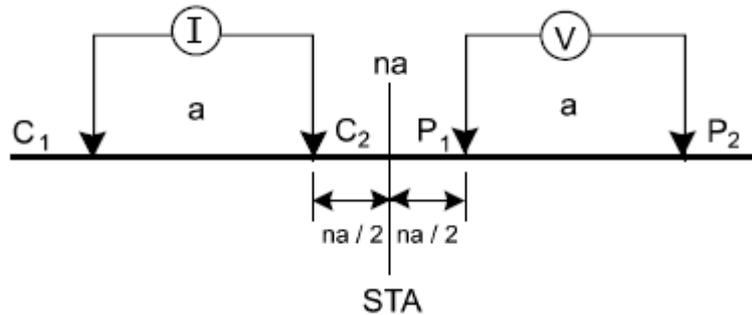


Illustration 133 : Configuration dipôle-dipôle

**Le dispositif Schlumberger** est plus intégrant et, de ce fait, plus sensible aux effets latéraux. La résolution au niveau des horizons de sub-surface est moins bonne et celle des structures plus globale. Son intérêt majeur est la profondeur d'investigation atteinte grâce à un meilleur rapport signal/bruit (Illustration 134).

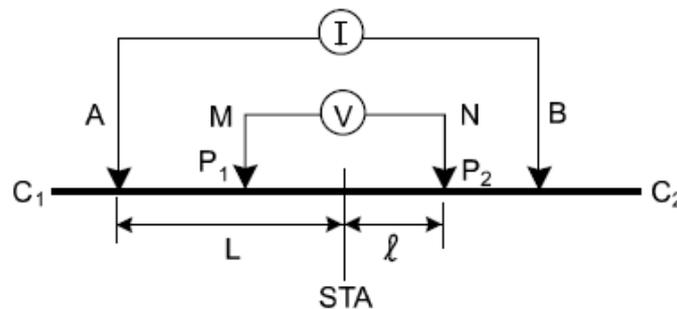


Illustration 134 : Configuration de Schlumberger

**Le dispositif Wenner** est un dispositif présentant la particularité d'avoir trois espacements identiques entre les quatre électrodes. Avec ce dispositif, les résistivités apparentes sont moins affectées par les variations latérales superficielles (Illustration 135).

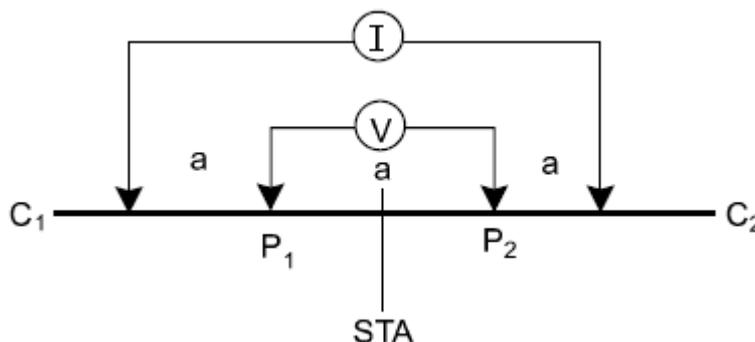


Illustration 135 : Configuration de Wenner

### Construction d'une pseudo-section de résistivité apparente

Après filtrage des données brutes de résistivité apparente (mesurées sur le terrain) sur la base de critère de qualité, de courant émis ou de potentiel mesuré (logiciels Iris Instruments et X2ipi), celles-ci sont agencées de manière à obtenir une coupe (pseudo-section) de résistivité apparente du sous-sol. Cette dernière est construite (automatiquement) en reportant la valeur de la résistivité apparente mesurée au centre du dispositif et à une profondeur dépendant de

l'écartement entre les électrodes. Cette représentation conduit à une image pour laquelle les valeurs de résistivité (puisqu'apparentes) et celles de profondeur ne sont pas correctes (Illustration 136).

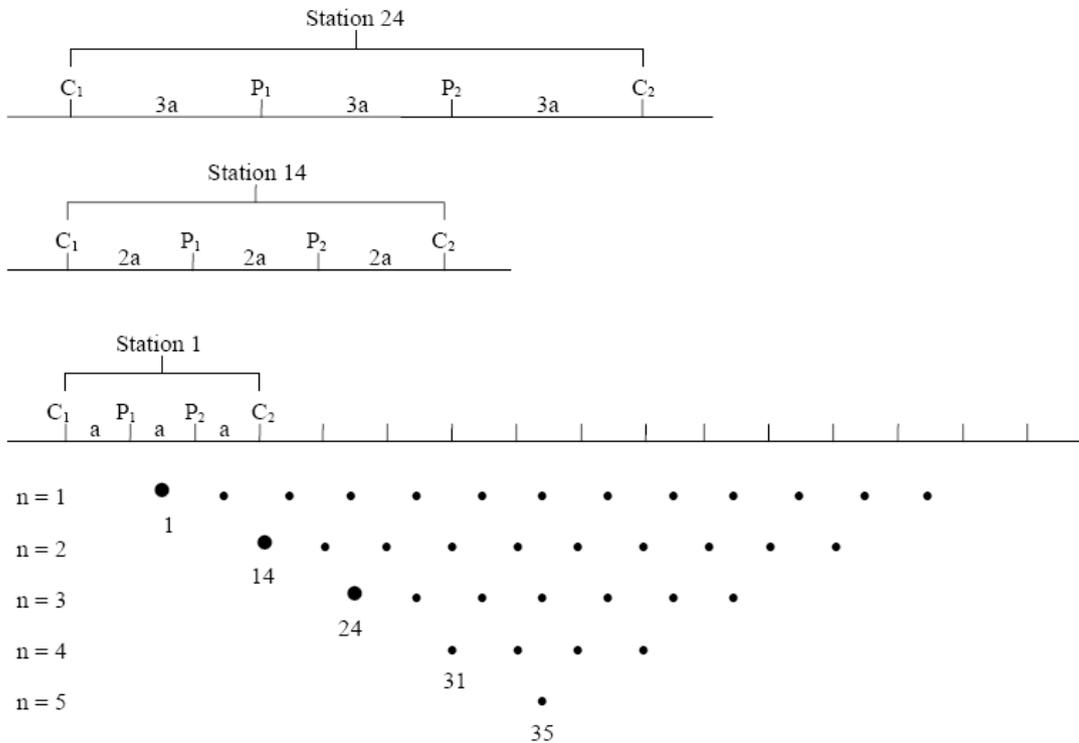


Illustration 136 : Principe de construction d'une pseudo-section pour un dispositif Wenner

### Traitement et inversion des données

Afin d'obtenir une image quantitative représentant les variations de résistivité réelle (et non apparente) en fonction de la vraie profondeur, il est nécessaire d'inverser la pseudo-section (Illustration 137). Cette étape est réalisée à l'aide du logiciel Res2DInv (Loke & Barker). Cette inversion des données est réalisée suivant un processus itératif qui tente de minimiser l'écart entre la pseudo-section de résistivités apparentes mesurées et une pseudo-section recalculée à partir d'un modèle de résistivité électrique. Ce modèle est modifié à chaque itération jusqu'à ce que les données mesurées et calculées atteignent une concordance acceptable ou jusqu'à ce qu'aucune nouvelle amélioration ne soit possible. Afin de prendre en compte les morphologies rencontrées, la topographie de chaque profil est incluse lors de l'inversion (Illustration 138).

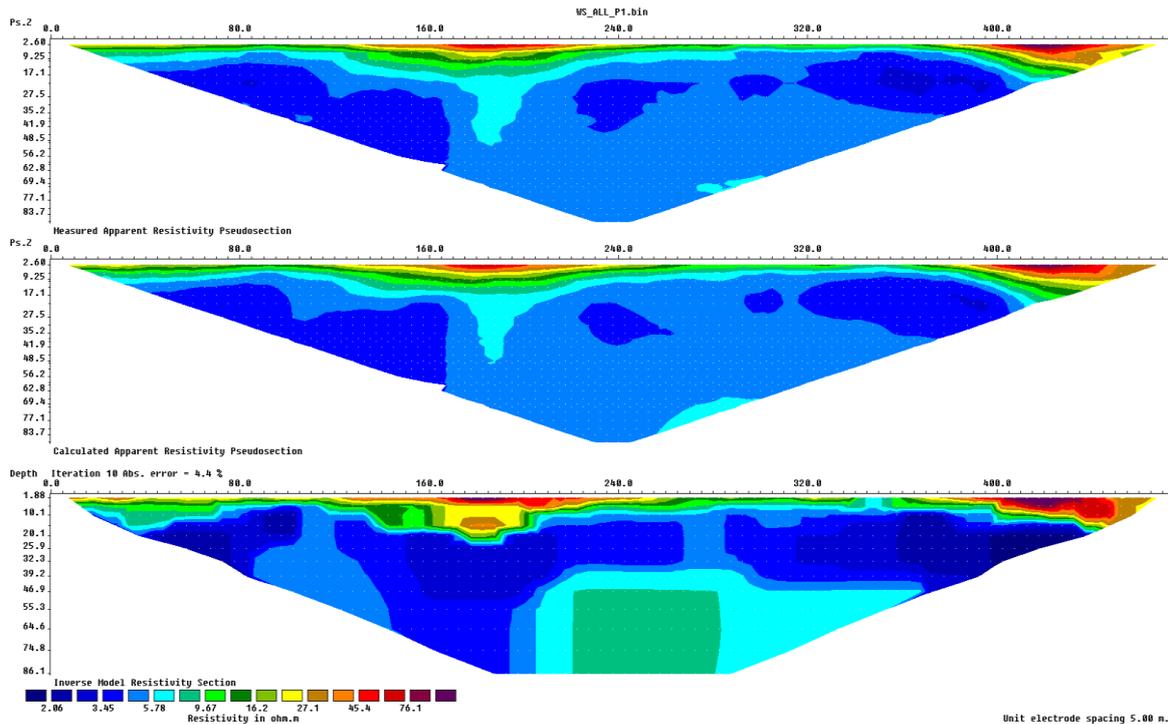


Illustration 137 : Résultats complets (en images) d’une inversion. En haut la pseudo-section de résistivité apparente mesurée. En bas, le modèle de résistivité issu de l’inversion. Au centre, la pseudo-section de résistivité calculée sur la base du modèle de résistivité. L’erreur (RMS) constitue la différence entre les deux premières pseudo-sections (ici 4.4%).

La section de résistivité « vraie » (illustration du bas de la Illustration 137), résultat de l’inversion, sera ensuite utilisée pour l’interprétation. Elle fournit des informations quantitatives permettant de caractériser l’origine des différentes anomalies mises en évidence : résistivité, géométrie des horizons, profondeur, pendage. Les résultats de l’inversion sont présentés sous forme d’une coupe semblable à celle de résistivité apparente présentant la distribution des résistivités calculées le long du profil en fonction de la profondeur. Cela pour les différentes configurations d’acquisition choisies.

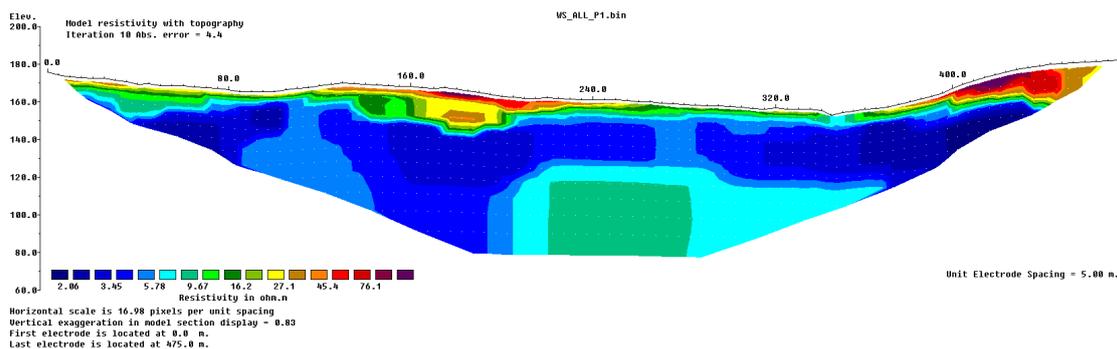


Illustration 138 : Résultat de l’inversion de la figure 7 avec la topographie.

Pour chaque cas, des paramètres d’inversion sont choisis de manière à optimiser la réponse du modèle en incluant une information « a priori ».

Quelles que soient les performances des algorithmes de convergence, en l’absence d’étalonnage (résistivité étalonnée, profondeur des interfaces géoélectriques) les paramètres fournis par l’inversion ne sont pas définis de manière univoque (il y a plusieurs solutions satisfaisant au même jeu de données) et sont soumis à des principes d’équivalence. Cette indétermination ne peut être évaluée qu’en testant différentes solutions ou en contraignant

l'inversion au moyen de paramètres (résistivités, épaisseurs, profondeurs) obtenus par d'autres moyens (autre méthode géophysique, diagraphies, forages, observations de terrain).

### **Applications**

La tomographie électrique proche surface (< 100m) s'applique globalement à toutes les sciences environnementales dans des domaines divers et variés.

- **Hydrogéologie (épaisseur d'aquifère), profondeur du substratum, identification d'invasions salines en milieu côtier ;**
- Volcanologie : identification des zones de fortes altérations hydrothermales ;
- **Géologie : identification de contact géologique ou tectonique ;**
- Environnement : suivi de panache de contamination dans le sol ou dans un aquifère ;
- Risques naturels : délimitation de la base de glissements de terrain ;
- Dans le domaine minier (associée à des mesures de polarisation provoquée (PP)), pour mettre en évidence des corps minéralisés ;
- En archéologie pour l'identification de structures enterrées ;
- Risques naturels : recherche de cavités en proche surface ;
- Géotechnique : qualité de fondations.

# Annexe 2

## Fiche technique station LUCI

### LUCI - Santa Lucia Di Moriani

Identité de la station >> | Coordonnées de la station >> | Équipement de la station >> | Qualité du site >> | Qualité des données >> | Séries temporelles >>

#### Identité de la station

Renseignements		Logsheets *	
Acronyme	LUCI	luci_20160201 (actuel)	
Nom	Santa Lucia Di Moriani	* fiches signalétiques au standard international	
Numero DOMES	19918M001		
Mise en service	16/07/2010		
Classe >>	GCPR	Dernières infos	
Constellations suivies	GPS+GLONASS	Aucune info recente !	
Liste des observables	C1L1S1P2L2S2	<a href="#">Voir l'historique</a>	
Session d'enregistrement	1h		
Cadence d'enregistrement	1s		
Propriétaire	ACTIPLAN		
Gestionnaire	ACTIPLAN		
Autres Réseaux	ACTISAT		



#### Coordonnées de la station

Debut validité	Fin validité	Jeux de coordonnées			
18/06/2010	en cours	Systeme	RGF93		
		Cartésiennes	X	Y	Z
			4653100.631 m	781238.631 m	4277435.852 m
		Géographiques	Longitude	Latitude	Hauteur
			09° 31' 51.09669" E	42° 23' 10.61191" N	63.720 m
		En projection (Lambert-93)	E	N	Altitude (IGN 1979)
	1238040.178 m	6165186.725 m	13.40 m		
Hauteur d'antenne	0.0000 m	Statut de stabilité	Groupe : B		

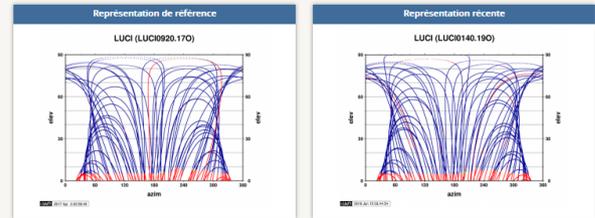
#### Équipement de la station

Le tableau ci-dessous prend uniquement en compte la marque et le modèle des équipements. Pour avoir des informations plus précises (numéro de série, de firmware...) veuillez consulter le [logsheet](#)

Récepteur			Antenne		
Installé le	Retiré le	Marque et modèle	Installé le	Retiré le	Marque et modèle
15/02/2010	en cours	TRIMBLE NetR8	15/02/2010	en cours	TRIMBLE TRM55971.00



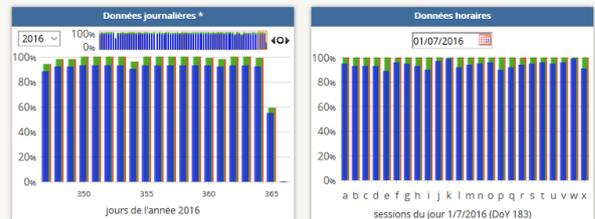
#### Qualité du site



Représentation graphique des satellites GPS enregistrés par la station pour un jour donné. En abscisse, l'azimut et, en ordonnée, l'élévation des satellites.

- Le satellite n'a pas été capté
- Le satellite a été capté en mono-fréquence
- Le satellite a correctement été capté en bi-fréquence (sur L1 et sur L2)

#### Qualité des données

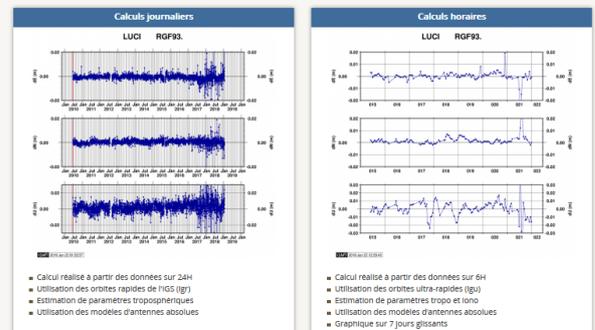


Représentation graphique du pourcentage des observations reçues par rapport à celles attendues.

- Pourcentage d'observations reçues pour un angle de coupure de 15°
- Pourcentage d'observations reçues pour un angle de coupure de 10°
- Pourcentage d'observations reçues pour un angle de coupure de 3°

\* Les graphiques journaliers sont interactifs. Il est possible, dans le graphique principal, de déplacer horizontalement l'affichage (via un Cliquer-Glisser) et de zoomer ou de zoomer (via la molette). Il est également possible, dans le graphique d'aperçu, de choisir la zone qui sera visible dans le graphique principal (créer une sélection en surbrillance via un Cliquer-Glisser).

#### Séries temporelles



Ecart en mètres sur les composantes Est(dE), Nord(dN) et hauteur ellipsoïdale(dU) rapportées aux coordonnées publiées, dans le système indiqué.



## Annexe 3

# Paramètres d'inversion des données électriques (logiciel RES2DINV)

```

Inversion settings
Initial damping factor (0.01 to 1.00)
0.1500
Minimum damping factor (0.001 to 0.75)
0.0300
Line search option (0=Never, 1=Sometimes, 2=Always)
2
Convergence limit for relative change in RMS error in percent (0.1 to 20)
1.0000
Minimum change in RMS error for line search in percent (0.5 to 100)
0.5000
Number of iterations (1 to 30)
7
Vertical to horizontal flatness filter ratio (0.25 to 4.0)
0.3000
Model for increase in thickness of layers(0=default 10, 1=default 25, 2=user defined)
2
Number of nodes between adjacent electrodes (2 or 4)
4
Flatness filter type, Include smoothing of model resistivity (0=model changes only,1=directly on model)
1
Reduce number of topographical datum points? (0=No,1=Yes. Recommend leave at 0)
0
Carry out topography modeling? (0=No,1=Yes)
1
Type of topography trend removal (0=Average,1=Least-squares,2=End to end)
1
Type of Jacobian matrix calculation (0=Quasi-Newton, 1=Gauss-Newton, 2=Mixed)
2
Increase of damping factor with depth (1.0 to 2.0)
1.0200
Type of topographical modeling (0=None, 1=No longer supported so do not use, 2=uniform distorted FEM,
3=underwater, 4=damped FEM, 5=FEM with inverse Swartz-Christoffel)
2
Robust data constrain? (0=No, 1=Yes)
0 ou 1
Cutoff factor for data constrain (0.0001 to 0.1)
0.0100
Robust model constrain? (0=No, 1=Yes)
0 ou 1
Cutoff factor for model constrain (0.0001 to 1.0)
0.0010
Allow number of model parameters to exceed datum points? (0=No, 1=Yes)
1
Use extended model? (0=No, 1=Yes)
0
Reduce effect of side blocks? (0=No, 1=Slight, 2=Severe, 3=Very Severe)
2
Type of mesh (0=Normal,1=Fine,2=Finest)
2
Optimise damping factor? (0=No, 1=Yes)
1
Time-lapse inversion constrain (0=None,1=Least-squares,2=Smooth,3=Robust)
0
Type of time-lapse inversion method (0=Simultaneous,1=Sequential)
0
Thickness of first layer (0.25 to 1.0)
0.7500
Factor to increase thickness layer with depth (1.0 to 1.25)
1.0500
USE FINITE ELEMENT METHOD (YES=1,NO=0)
1
WIDTH OF BLOCKS (1=NORMAL WIDTH, 2=DOUBLE, 3=TRIPLE, 4=QUADRUPLE, 5=QUINTIPLE)
1
MAKE SURE BLOCKS HAVE THE SAME WIDTH (YES=1,NO=0)
1
RMS CONVERGENCE LIMIT (IN PERCENT)
1.000
USE LOGARITHM OF APPARENT RESISTIVITY (0=USE LOG OF APPARENT RESISTIVITY, 1=USE RESISTANCE VALUES, 2=USE
APPARENT RESISTIVITY)
0
TYPE OF IP INVERSION METHOD (0=CONCURRENT,1=SEQUENTIAL)
0
PROCEED AUTOMATICALLY FOR SEQUENTIAL METHOD (1=YES,0=NO)

```

## Modélisation hydrogéologique de la nappe du Bevinco - rapport de phase 1

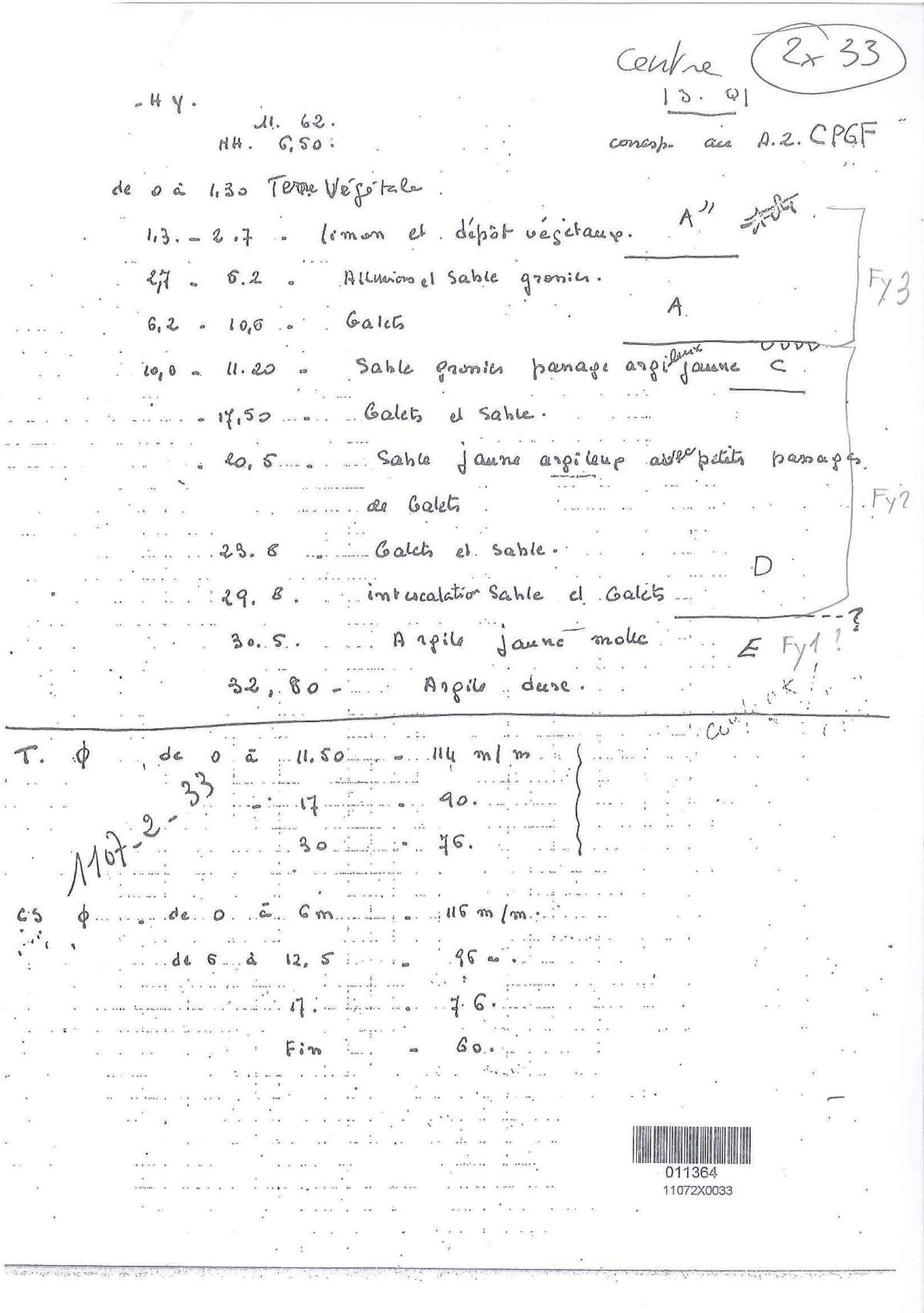
```
0
IP DAMPING FACTOR (0.01 to 1.0)
0.150
USE AUTOMATIC IP DAMPING FACTOR (YES=1,NO=0)
0
CUTOFF FACTOR FOR BOREHOLE DATA (0.0005 to 0.02)
0.00100
TYPE OF CROSS-BOREHOLE MODEL (0=normal,1=halfsize)
0
LIMIT RESISTIVITY VALUES (0=No,1=Yes)
1
Upper limit factor (10-50)
20.000
Lower limit factor (0.02 to 0.1)
0.050
Type of reference resistivity (0=average,1=first iteration)
0
Model refinement (1.0=Normal,0.5=Half-width cells)
1.00
Combined Combined Marquardt and Occam inversion (0=Not used,1=used)
0
Type of optimisation method (0=Gauss-Newton,2=Incomplete GN)
2
Convergence limit for Incomplete Gauss-Newton method (0.005 to 0.05)
0.010
Use data compression with Incomplete Gauss-Newton (0=No,1=Yes)
0
Use reference model in inversion (0=No,1=Yes)
0
Damping factor for reference model (0.0 to 0.3)
0.05000
Use fast method to calculate Jacobian matrix. (0=No,1=Yes)
1
Use higher damping for first layer? (0=No,1=Yes)
0
Extra damping factor for first layer (1.0 to 100.0)
2.50000
Type of finite-element method (0=Triangular,1=Trapezoidal elements)
0
Factor to increase model depth range (1.0 to 5.0)
1.000
Reduce model variations near borehole (0=No, 1=Yes)
0
Factor to control the degree variations near the boreholes are reduced (2 to 100)
5.0
Factor to control variation of borehole damping factor with distance (0.5 to 5.0)
1.0
Floating electrodes survey inversion method (0=use fixed water layer, 1=Incorporate water layer into the
model)
0
Resistivity variation within water layer (0=allow resistivity to vary freely,1=minimise variation)
1
Use sparse inversion method for very long survey lines (0=No, 1=Yes)
0
Optimize Jacobian matrix calculation (0=No, 1=Yes)
0
Automatically switch electrodes for negative geometric factor (0=No, 1=Yes)
1
Force resistance value to be consistant with the geometric factor (0=No, 1=Yes)
0
Shift the electrodes to round up positions of electrodes (0=No, 1=Yes)
0
Use difference of measurements in time-lapse inversion (0=No,1=Yes)
1
Use active constraint balancing (0=No,1=Yes)
0
Type of active constraints (0=Normal,1=Reverse)
0
Lower damping factor limit for active constraints
0.4000
Upper damping factor limit for active constraints
2.5000
Water resistivity variation damping factor
4.0000
```

## **Annexe 4**

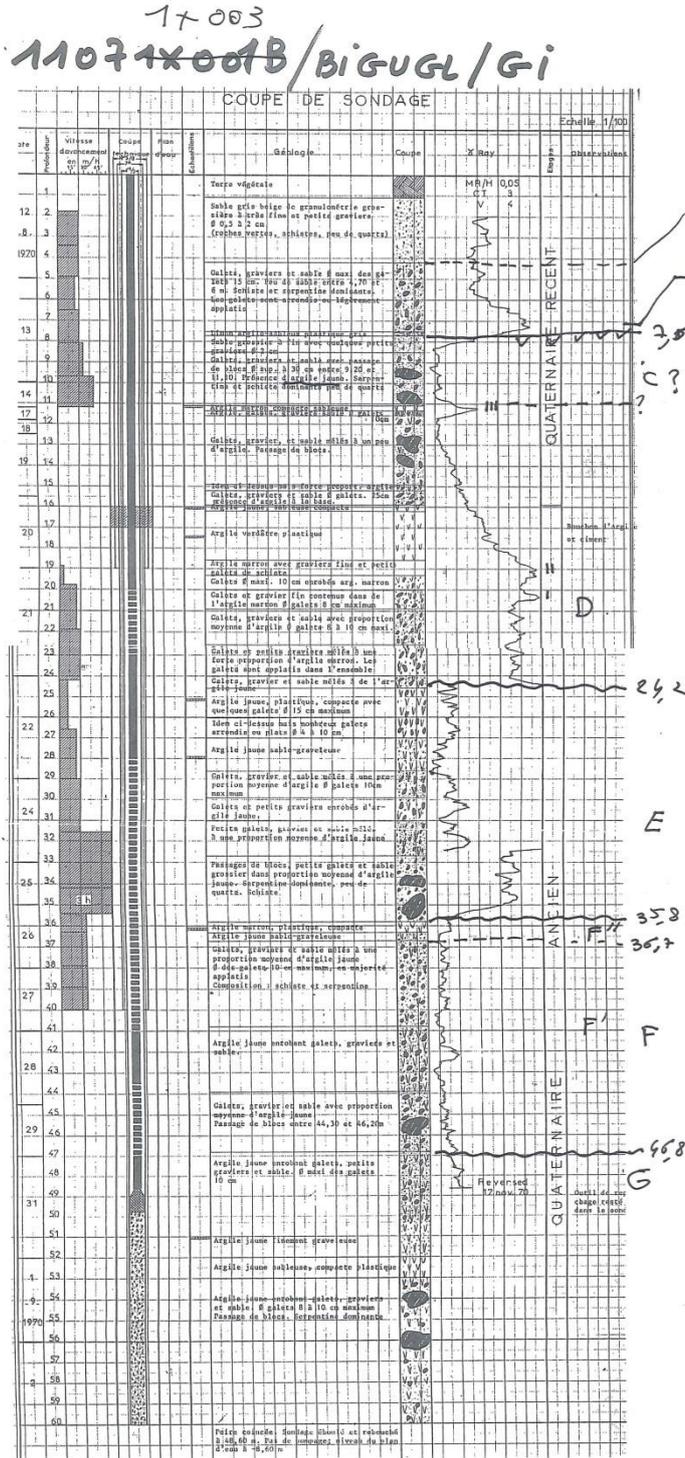
### **Coupes lithologiques des forages ayant servi au calage des coupes de résistivité**



Ouvrage 11072X0033 :



Ouvrage 11071X0003 :



Ouvrage 11071X0062 :

- 2 -

Centre ~~W~~ W

1x 62

INTRODUCTION

A la demande du Syndicat Intercommunal de la Marana, l'Entreprise WEBER a exécuté du 20 au 22 Janvier 1986, sous le contrôle du S.R.A.E., un sondage de recherche d'eau dans la nappe alluviale rive gauche du Bevinco, en aval de Casatorra.

L'implantation a été décidée en fonction de notre connaissance générale de cette nappe et d'une étude géophysique par sondages électriques réalisés par le GETAP (rapport du 22 Juillet 1985).

Le sondage a été réalisé au marteau-fond-de-trou avec tubage à l'avancement, méthode ODEX. Il a subi, après équipement un développement par l'Entreprise, puis un essai de pompage par le S.R.A.E. de 3 heures chacun.

1) - SONDAGE VESCOVATO NW 79-0 :

- Coordonnées Lambert : X = 582,80

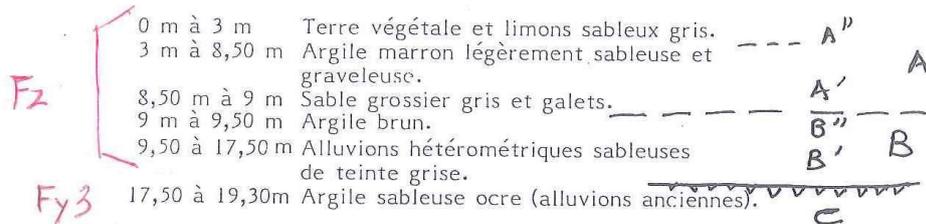
Y = 260,53

Z = 5 m env.

- Situation (fig.1) : En bordure rive gauche du Bevinco, 750 m à l'Ouest du carrefour de Casatorra, immédiatement au Sud d'un petit canal de drainage.

- Profondeur : 19,3 m.

- Coupe lithologique :



Le débit air-lift obtenu en pied de tubage ODEX a augmenté de 2,4 m<sup>3</sup>/h à 9,9 m<sup>3</sup>/h de 8,50 m à 17,50 m, les alluvions les plus perméables et les plus grossières paraissant se situer à la base de 15 m à 17,50 m.

- Equipement PVC Ø 103 mm :

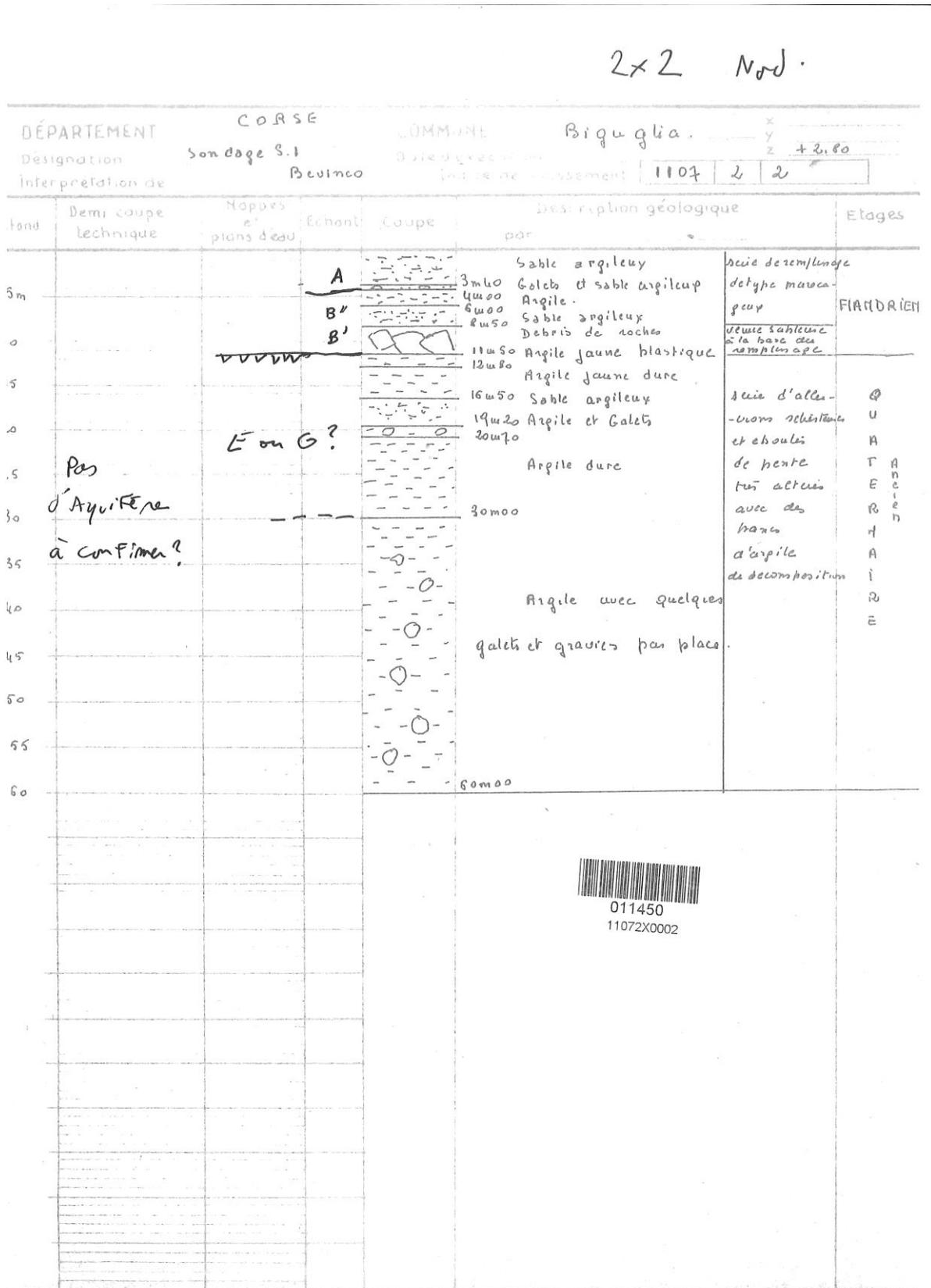
0 m à 7,50 m Tube lisse.  
7,50 m à 18 m Tube crépiné.  
18 m à 19,30m Tube lisse.



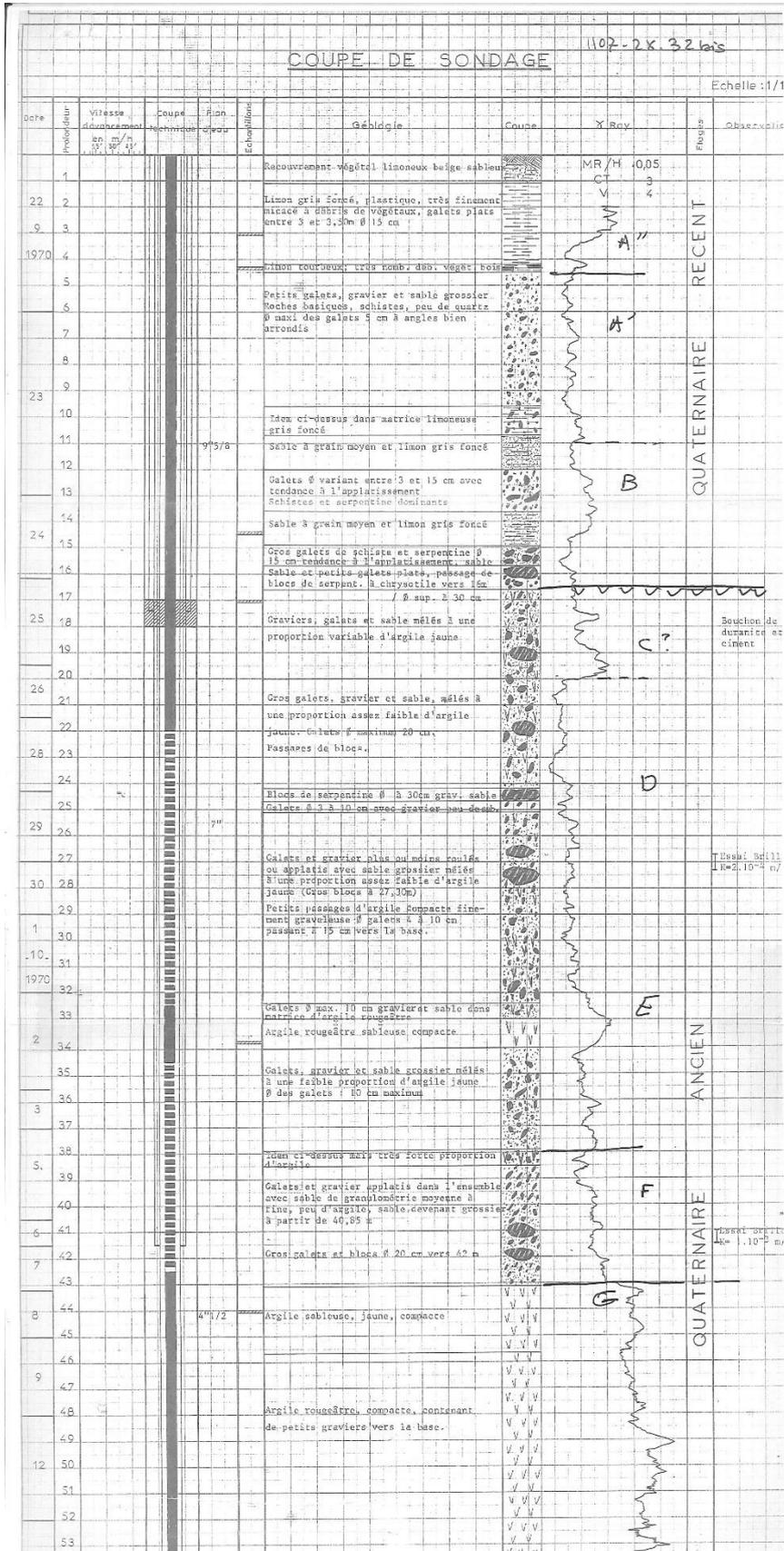
11084  
11082

.../...

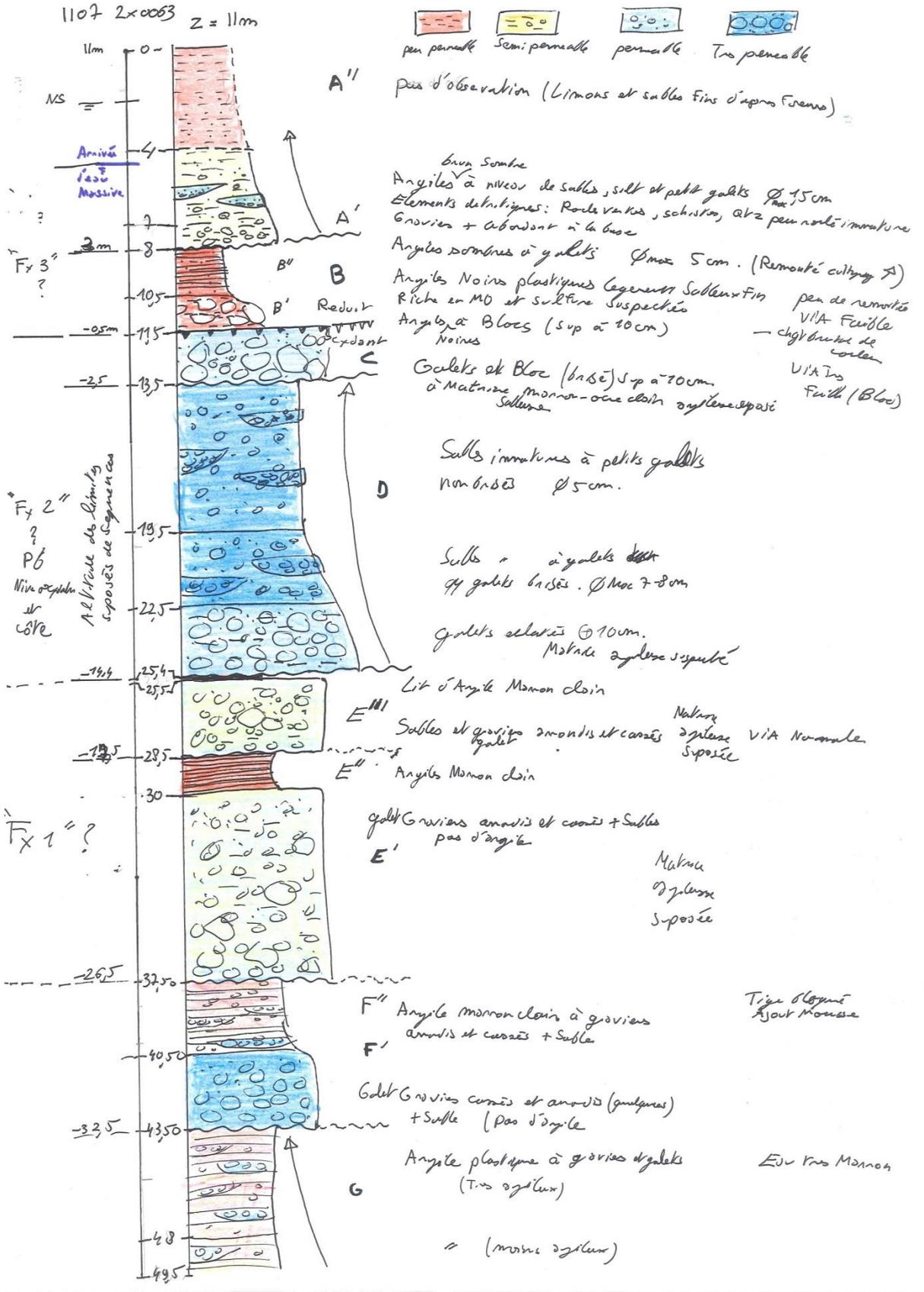
Ouvrage 11072X0002 :



Ouvrage 11072x0032 :



Ouvrage 11072X0063 :



## **Annexe 5**

# **Tableau de synthèse des éléments cartographiques et bibliographiques recueillis sur les terrasses et alluvions du Bevinco et des plaines côtières de l'Est de la Corse**



		1104	1107	1111	1115	1119								Datations						Caractéristiques (Conchon, notice carte 1107)					
		Bastia	Vescovato	Cervione	Pietra di Verde	Ghisonaccia																			
		Jean Claude LAHONDERE	Odette CONCHON	Marie Dominique LOYE PILOT	Odette CONCHON - MD LOYE PILOT	Marie Dominique LOYE PILOT																			
		Levés : 1960-1979	Levés : 1984-1990	Levés : 1977-1991	1965-72 (OC) - 1976-85 (MDLP)	Levés : 1968-1972																			
Niveaux (Cochon, 99)	Nom carte géologique	Publié : 1983	Publié : 1994	Publié : 1994	Publié : 1980	Publié : 1976	Description (d'après carte géologique)	Indications particulières (structurale, interstade)	Forzoni et al (2015)	Conchon (1999) - Stade 016/018 en bleu	Conchon (these p333)	Notice 1119 (1977) - datation C14 sur Cerastoderma - Possibilité d'erreur par pollution C actuel (Age serait alors plus vieux)	Etat des galets de roches vertes	Etat des galets de roches Schistes	Mx argileux	Couleur matrice	Couleur sec (Charte Munsell)	Fraction argileuse (inf. à 2 microns)	Fraction silto-graveleuse (sup. à 50 microns)						
N7	Sables de plages et cordon littoraux	Fy-z	D	Mz	Mz2	Mz																			
	Alluvions gris du lit majeur		Fz	Fz	Fz2	Fz	Sables gris, galets et dépôts organiques de marais	Sédiment marins (durant interstades à +2, +5 m (Cochon, 99))		Holocene - Stade 1	Tardiglaciaire et Holocene	Actuel (Holocene)					gris								
G7										Dryas I (Wurm sup.) - Stade 2															
N6 G6	Alluvions gris des basses terrasses		Fy3	Fy	Fz1	Fy	Galets non altéré à matrice sableuses	3-6 m (1111) - '+5 au dessus du lit (Golo à Casamozza)	Holocene (post 10k an)	Wurm sup. - Stade 2	Wurm récent	Holocene	Cortex d'altération absent			rare		gris	négligeable	99%					
N5 - G5	Alluvions brunifiées récentes des basses terrasses		Fy2	Fx	Fy2	Fx	Alluvions à matrice brun clair	+15-20 au dessus du lit (Golo à Casamozza)	36-65k an (Wurm)	Wurm moy. - Stade 3	Wurm moyen	Wurm IV			ill - kao - chl - mon	brun	10 YR 5/4 (brun jaunatre)	30%	37%						
N4	Alluvions rubéfiées peu altérées		Fy1	Fw	Fy1	Fw	Alluvions à paléosol rouge vif à rouge-orange, Galets de schistes altéré mais non friable Roche vertes altéré sur qq mm	proche zone littorale (1111), Alt 10 m (1111)	80-110k an (Wurm anciens, 3 phases)	"Wurm inf." - Stade 4	Wurm ancien	Wurm III	Cortex d'altération absent à millimétrique	Altéré (rouille) non friable	ill 50% - kao 20% - ver 30%	Rouge-orange	10 YR 6/6 (jaune brunatre)	16%	61%						
Inter N4					Mv-w (?)		Sédiment marins (durant interstades à +2, +12, +20 +40 m (Cochon, 1999 : 3 oscillations))		Stade 5		Urbino (??) - inter-Wurm III														
N3 - G3	Alluvions rubéfiées altérées	Fy	Fx	Fv	Fx	Fv	Alluvions à matrice rouge-orange à galets plus petits, Schistes très altéré (pulvérulent), roches vertes altéré sur 1 à qq cm	Fx (Golo) : +40 m au dessus du lit (amont Casamozza) - -25 m sous le lit canonica (Poretta) : Subsidence		Stade 6	Riss	Wurm II	Cortex d'altération centimétrique	Altéré pulvérulent	ill 30% - kao 60% - ver 10%	Rouge-orange	7.5 YR 6/6 (jaune rougeatre)	33%	48%						
							Sédimentation lagunaire interglaciaire type Urbino-Vadina (Cochon, 1999)	Sédiment marins à +3, +28 (Urbino), +20 et +40 m (Cochon, 99, soulèvement supposé)		(Urbino) - Stade 7															
N2	Alluvions très rubéfiées		Fw	Fu	Fw	Fu	Alluvions à très gros galet (50 cm) à matrice argileuse rouge orange à jaune ocre et galet de roche verte altéré avec cortex épais 3-4 cm	Fw à la cote -43 m (sous la plaine du Bevinco) - subsidence (1107, Cochon 1977)		Stade 8 ?	Mindel	Riss ou Wurm I ?	Cortex d'altération important		ill 40% - kao 60% -	Rouge-orange	7.5 YR 6/6 (jaune rougeatre)	41%	38%						
N1	Alluvions très rubéfiées et coulée de débris		Fv	Ft	Fv	Ft	Blocs grossiers à matrice argileuse rouge à galets altéré pulvérulents	Fv à la cote -28 m (Sous la plaine du Bevinco) - Subsidence (1107, Cochon 1977)		Stade 10 ?	Günz	Riss ou Mindel ?	Pulvérulent		nr	Rouge brique									
	Formation de Casatora		m6-p	p2	p		Conglomérats alluviaux et colluviaux (blocs anguleux) très rubéfiés à matrice limono-argileuse importante à niveaux argileux violacés et paléosols fersialitiques	Couches basculés à fort pendage Nord (30-45°) affecté de failles Normales et recoupé par failles inverses sub meridienne (cad N-S) (1107)							nr	Rouge à violacé									
	Pliocene inf.					p1a	Marnes sableuses et sables marins																		



## **Annexe 6**

# **Localisation des points d'observations géologiques (2016)**



POINT	X	Y	description	1ère interprétation
1	9,423417	42,61496	vue sur la zone	substrat
2	9,441425	42,61951	alluvions ou colluvions hippodrome	Fy2 ou C(Fy2)
3	9,453583	42,612144	limite des alluvions	Fy1/Fy2 ou Fy1/Fy3
4	9,463315	42,612835	plaine d'inondation-station de pompage	
5	9,463357	42,61386	plaine d'inondation	
6	9,443357	42,616237	lit du Bevinco-passage à gué	
7	9,445618	42,617478	lit du Bevinco	Fy3-Fz
8	9,446468	42,619712	lit du Bevinco -Seuil	Fy3-Fz sur Fy2
9	9,448052	42,626428	lit du Bevinco - Effondrement	Fy3-Fz sur Fy2
10	9,442628	42,628455	alluvions hors zone	Fy1
11	9,448	42,626428	alluvions hors zone	Fx
12	9,442873	42,61918	Canal de Petrelle est	Fz sur Fy2
13	9,44154	42,619417	Canal de Petrelle ouest	Fy3-Fz sur Fy2
14	9,443507	42,613992	coude du Bevinco	C(Fy2) sur Fy3
15	9,442275	42,613098	lit du Bevinco	
16	9,437112	42,618505	étagements vers le sud	
17	9,467298	42,6288	alluvions de la lagune	
18	9,443848	42,619015	limite entre les Fy2 et Fy3	Fy3 sur Fy2



## **Annexe 7**

### **Données de sondage**



indice	design.	XL93	YL93	z_sol	Zdeb	Zfin	strati	lithologie
11071X0001	SUARRI	1228764	6189717	8.5	0	3	ACTUEL	TERRE ET GRAVIERS
11071X0001	SUARRI	1228764	6189717	8.5	3	7	ACTUEL	GRAVIERS, GROS CAILLOUX
11071X0001	SUARRI	1228764	6189717	8.5	7	9.5	ACTUEL	GRAVIERS, BOIS ET GROS CAILLOUX
11071X0001	SUARRI	1228764	6189717	8.5	9.5	12.4	ACTUEL	GRAVIERS, CAILLOUX
11071X0001	SUARRI	1228764	6189717	8.5	12.4	13.2	Fy1-2a1	ARGILE
11071X0001	SUARRI	1228764	6189717	8.5	13.2	14	Fy1-2	GRAVIERS
11071X0001	SUARRI	1228764	6189717	8.5	14	16.5	Fy1-2	GRAVIERS, GROS CAILLOUX
11071X0001	SUARRI	1228764	6189717	8.5	16.5	17	Fy1-2a	ARGILE
11071X0002	SUARIC	1228784	6189897	10	0	7.5	Fzs	TERRES ARGILEUSES
11071X0002	SUARIC	1228784	6189897	10	7.5	15	Fy3-zs	GALET MOYENNEMENT À TRÈS SABLEUX AVEC GROS GALETS ARGILEUX
11071X0002	SUARIC	1228784	6189897	10	15	15.7	Fy1-2a1	ARGILE JAUNE SABLEUSE
11071X0002	SUARIC	1228784	6189897	10	15.7	18	Fy1-2a1	ARGILE JAUNE PLASTIQUE
11071X0002	SUARIC	1228784	6189897	10	18	21.8	Fy1-2a1	ARGILE ROUGE COMPACTE
11071X0002	SUARIC	1228784	6189897	10	21.8	22.6	Fy1-2	DÉBRIS DE SCHISTES ARGILEUX
11071X0002	SUARIC	1228784	6189897	10	22.6	23	Fy1-2	SCHISTES TRÈS DUR
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	0	1	ACTUEL	TERRE VÉGÉTALE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	1	4.2	Fy3-zs	SABLE GRIS-BEIGE GROSSIER À FIN À PETITS GRAVIERS D 0.5-2 CM
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	4.2	4.7	Fy3-zs	GALET, GRAVIER ET SABLES (D <sub>MAX</sub> 15 CM)
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	4.7	6	Fy3-zs	GALET, GRAVIER SANS SABLES (D <sub>MAX</sub> 15 CM)
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	6	7.5	Fy3-zs	GALET, GRAVIER ET SABLES (D <sub>MAX</sub> 15 CM)
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	7.5	7.6	Fy3-zs	"LIMONS" ARGILO-SABLEUX PLASTIQUES GRIS
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	7.6	9.2	Fy3-zs	SABLE GROSSIER À FIN À PETITS GRAVIERS D 2 CM
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	9.2	11.1	Fy1-2a1	BLOC, GALET, GRAVIER ET SABLES - RARE MATRICE ARGILEUSE JAUNE (NIVEAU EAU STAT -8.6 M)
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	11.1	11.3	Fy1-2a1	ARGILE SABLEUSE MARRON COMPACTE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	11.3	11.6	Fy1-2a1	ARGILE SABLEUSE À GALETS ET GRAVIERS (D 10 CM)

11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	11.6	14.9	Fy1-2	BLOCS, GALET, GRAVIER ET SABLE - RARE MATRICE ARGILEUSE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	14.9	15.2	Fy1-2	BLOC, GALET, GRAVIER ET SABLE À MATRICE ARGILEUSE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	15.2	15.9	Fy1-2a	GALET, GRAVIER ET SABLE À MATRICE ARGILEUSE CROISSANTE À LA BASE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	15.9	16.2	Fy1-2a	ARGILE SABLEUSE JAUNE COMPACTE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	16.2	18.6	Fy1-2a	ARGILE VERDATRE PLASTIQUE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	18.6	19.3	Fy1-2a	ARGILE MARRON AVEC GRAVIERS ET PETITS GALETS DE SCHISTES
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	19.3	20	Fy1-2	GALET (D <sub>MAX</sub> 10 CM) À MATRICE ARGILEUSE MARRON
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	20	20.9	Fy1-2	GALET, GRAVIER (D <sub>MAX</sub> 8 CM) À MATRICE ARGILEUSE MARRON
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	20.9	22.5	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLE (D <sub>MAX</sub> 10 CM) À MATRICE ARGILEUSE EN PROPORTION MOYENNE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	22.5	24	Fy1-2	GALET ET GRAVIER APLATIS À MATRICE ARGILEUSE EN PROPORTION IMPORTANTE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	24	26	Fy1-2a	GALET, GRAVIER ET SABLE (D <sub>MAX</sub> 15 CM) À MATRICE ARGILEUSE JAUNE PLASTIQUE IMPORTANTE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	26	27	Fy1-2a	GALET, GRAVIER ET SABLE (D <sub>MAX</sub> 4-10 CM ARRONDIS) À MATRICE ARGILEUSE JAUNE PLASTIQUE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	27	28.5	Fy1-2a	ARGILE JAUNE SABLO-GRAVELEUSE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	28.5	32.7	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLE (D <sub>MAX</sub> 10 CM) À MATRICE ARGILEUSE EN PROPORTION MOYENNE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	32.7	35.8	Fy1-2	BLOC, GALET, GRAVIER ET SABLE À MATRICE ARGILEUSE JAUNE EN PROPORTION DÉCROISSANTE BASE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	35.8	36.2	Fy1-2a	ARGILE MARRON PLASTIQUE COMPACTE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	36.2	36.7	Fy1-2a	ARGILE JAUNE SABLO-GRAVELEUSE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	36.7	40.8	Fy1-2	GALET APLATIS, GRAVIER ET SABLES À MATRICE ARGILEUSE MOYENNE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	40.8	43.9	Fy1-2a	ARGILE JAUNE À GALETS, GRAVIERS ET SABLES
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	43.9	44.3	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLES À MATRICE ARGILEUSE MOYENNE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	44.3	46.2	Fy1-2	PASSAGE À BLOCS

11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	46.2	46.8	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLES À MATRICE ARGILEUSE MOYENNE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	46.8	51	Fx	ARGILE JAUNE À GRAVIERS, GALETS ET SABLES (D <sub>MAX</sub> 10 CM)
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	51	52	Fx	ARGILE JAUNE FINEMENT GARVELEUSE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	52	53	Fx	ARGILE JAUNE SABLEUSE COMPACTE PLASTIQUE
11071X0003	BIGUGL	1228774	6189717	9.25	53	60	Fx	ARGILE JAUNE À BLOCS GALETS, GRAVIERS ET SABLES (D <sub>MAX</sub> 8-10 CM)
11071X0013	FALESC	1226070	6189611	220	0	14	IMPRECIS	GALETS DE SCHISTE LUSTRE
11071X0013	FALESC	1226070	6189611	220	14	16	ANTE	SCHISTE LUSTRE SUR FOND ROCHEUX
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	0	2.4	Fzs	TERRE ARGILEUSE
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	2.4	7	Fy3-zs	SABLE ET GROS GALETS
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	7	8	Fy3-zs	SABLE ARGILEUX
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	8	10.2	Fy3-zs	SABLE PEU ARGILEUX ET GROS GALETS
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	10.2	10.5	Fy1-2a1	ARGILE JAUNE
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	10.5	16.3	Fy1-2	SABLE PEU ARGILEUX, GALETS ET BLOCS
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	16.3	16.4	Fy1-2a	ARGILE JAUNE
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	16.4	22.3	Fy1-2	SABLE ARGILEUX ET BLOCS
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	22.3	30	Fy1-2	SABLE ARGILEUX ET GALETS
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	30	32.5	Fy1-2	SABLE PEU ARGILEUX ET GALETS
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	32.5	34.5	Fy1-2	SABLE FIN ET GALETS
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	34.5	45.5	Fy1-2	SABLE GROS ET GALETS
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	45.5	46	Fx	ARGILE JAUNE
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	46	50	Fx	SABLE ET GALETS
11071X0028	BIGUGL	1228764	6189787	9.65	50	59	Fx	ARGILE ET GALETS
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	0	1.4	IV	SOL ?
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	1.4	4.4	Fy1-2	TERRE ARGILEUSE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	4.4	5.2	Fy1-2	SABLE FIN AVEC PETITS GALETS
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	5.2	5.96	Fy1-2	GROS GALETS ET SABLE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	5.96	6.4	Fy1-2	GROS SABLE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	6.4	9.75	Fy1-2	ARGILE GRISE TRES SABLEUSE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	9.75	9.8	Fy1-2	GROS SABLE ARGILEUX ET GALETS

11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	9.8	10.1	Fy1-2	BLOCS CALCAIRE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	10.1	10.5	Fy1-2	SABLE ET GALETS
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	10.5	11.8	Fx	ARGILE JAUNE GRASSE ET PETITS GALETS, PEU DE SABLE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	11.8	15.5	Fx	ARGILE JAUNE ET GROS GALETS
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	15.5	17.4	Fx	ARGILE JAUNE, GALETS ET SABLE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	17.4	25.2	Fx	ARGILE JAUNE GRASSE, GALETS ET PEU DE SABLE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	25.2	31.1	Fx	ARGILE JAUNE GRASSE, PETITS GALETS AVEC PLUS DE SABLE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	31.1	35.5	Fx	ARGILE GRISE DURE, GALETS MOYENS, SABLE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	35.5	39.25	Fx	ARGILE JAUNE, GROS GALETS ET SABLE
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	39.25	40.5	Fx	ARGILE JAUNE SABLEUSE ET PETITS GALETS
11071X0029	BIGUG2	1228974	6189426	9.65	40.5	58.7	Fx	ARGILE JAUNE, PETITS GALETS ET GROS SABLE
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	0	0.4	ACTUEL	GALETS ET SABLE
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	0.4	2.7	ACTUEL	TERRE VEGETALE
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	2.7	3.3	Fy3-zs	GALETS
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	3.3	5.2	Fy3-zs	ALLUVIONS
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	5.2	6.2	Fy3-zs	GALETS
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	6.2	6.9	Fy3-zs	SABLE ARGILEUX
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	6.9	12.8	Fy3-zs	GALETS GROSSIERS, SABLE
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	12.8	13.3	Fy1-2	SABLE GROSSIER ARGILEUX
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	13.3	15.6	Fy1-2	GALETS ET SABLE
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	15.6	16.4	Fy1-2	BLOCS AVEC FISSURES REMPLIES D'ARGILE
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	16.4	16.7	Fy1-2	GALETS ET SABLE
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	16.7	18.8	Fy1-2a	ARGILE JAUNE ET SABLE FIN
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	18.8	19.7	Fy1-2	GALETS ET SABLE
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	19.7	26.6	Fy1-2a	LIMON ARGILEUX, QUELQUES GALETS
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	26.6	34.5	Fy1-2	GALETS ET SABLE
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	34.5	35.3	Fy1-2	GROS BLOCS

11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	35.3	37.6	Fy1-2	GALETS ET SABLE
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	37.6	38.8	Fy1-2	GALETS AVEC PASSAGE DE SABLE ARGILEUX
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	38.8	41.2	Fy1-2	GALETS ET SABLE GROSSIER
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	41.2	41.8	Fy1-2	GALETS ET SABLE GROSSIER, PASSAGE ARGILEUX
11071X0030	BIGUG3	1228824	6189727	9.5	41.8	44.8	Fx	ARGILE JAUNE
11071X0039	DEVIAT	1228412	6189157	11.4	0	0.4	ACTUEL	TERRE
11071X0039	DEVIAT	1228412	6189157	11.4	0.4	10	IV	PRE/SCHISTE, ALTERE EN-SOCLE/GRAVIER/GALET
11071X0040	PONT	1228363	6189557	12	0	0.8	ACTUEL	PRE/TERRE/GALET
11071X0040	PONT	1228363	6189557	12	0.8	10	IV	PRE/SCHISTE, ALTERE/GALET
11071X0062	CASATO	1228916	6190418	6	0	3	Fzs	TERRE VÉGÉTALE ET LIMONS SABLEUX GRIS
11071X0062	CASATO	1228916	6190418	6	3	8.5	Fy3-zs	ARGILE MARRON LÉGÈREMENT SABLEUSE ET GRAVELEUSE
11071X0062	CASATO	1228916	6190418	6	8.5	9	Fy3-zs	SABLE GROSSIER GRISET GALETS
11071X0062	CASATO	1228916	6190418	6	9	9.5	Fy1-2a1	ARGILE BRUNE
11071X0062	CASATO	1228916	6190418	6	9.5	17.5	Fy1-2	ALLUVIONS HÉTÉROMÉTRIQUES SABLEUSES À TEINTE GRISE
11071X0062	CASATO	1228916	6190418	6	17.5	19.3	Fy1-2a	ARGILE SABLEUSE OCRE (ALLUVIONS ANCIENNES)
11071X0069	SUARIC	1229054	6189656	7	0	4	Fy3-zl1	TERRE VÉGÉTALE
11071X0069	SUARIC	1229054	6189656	7	4	8	Fy1-2a1	ALLUVIONS ARGILO-SABLEUSE À GALETS
11071X0069	SUARIC	1229054	6189656	7	8	17	Fy1-2	SABLES ET GALETS
11071X0069	SUARIC	1229054	6189656	7	17	18	Fy1-2	ALLUVIONS SABLO-ARGILEUSE À GALETS
11071X0069	SUARIC	1229054	6189656	7	18	23	Fy1-2a	ALLUVIONS ARGILEUSES PEU PERMÉABLES
11071X0102	CASATO	1227814	6190640	35	0	7.5	Fx	TERRE ARGILEUSE
11071X0102	CASATO	1227814	6190640	35	7.5	15	Fx	GALETS À MATRICE SABLEUSE (1 PASSAGE PEU ÉPAIS À MATRICE ARGILEUSE DE 1 M ENVIRON)
11071X0102	CASATO	1227814	6190640	35	15	15.7	Fx	ARGILE JAUNE SABLEUSE
11071X0102	CASATO	1227814	6190640	35	15.7	18	Fx	ARGILE JAUNE PLASTIQUE
11071X0102	CASATO	1227814	6190640	35	18	21.8	Fx	ARGILE ROUGE COMPACTE
11071X0102	CASATO	1227814	6190640	35	21.8	22.6	ANTE	DÉBRIS SCHISTE ARGILEUX

11071X0102	CASATO	1227814	6190640	35	22.6	23	ANTE	SCHISTE TRÈS DUR
11071X0105	CASATO	1227864	6190274	42	0	3.1	IMPRECIS	TERRE ARGILEUSE TRES COMPACTE
11071X0105	CASATO	1227864	6190274	42	3.1	56	ANTE	SCHISTE SERPENTINE (HUMIDE A 42M)
11071X0106	CASA	1228124	6190159	18	0	7.8	IMPRECIS	MATERIAUX ARGILEUX COMPACTS
11071X0106	CASA	1228124	6190159	18	7.8	41	ANTE	SCHISTES SAINS PRESENCE DE FRACTURES -(A 17M = 360L/HEURE)
11071X0106	CASA	1228124	6190159	18	41	45	ANTE	SCHISTE VERT, AVEC IMPORTANTE ZONE FRACTURE
11071X0111	GIANSI	1227690	6191111	28	0	10	Fx	MARNES GRISES COMPACTES
11071X0111	GIANSI	1227690	6191111	28	10	20	Fx	ARGILES ROUGE À GRAVIERS
11071X0111	GIANSI	1227690	6191111	28	20	32	Fx	ARGILES À GROS GRAVIERS
11071X0111	GIANSI	1227690	6191111	28	32	35	Fx	MARNES GRISES
11071X0111	GIANSI	1227690	6191111	28	35	41	Fx	ARGILES JAUNES AVEC GRAVILLONS
11071X0148	LANCO	1226755	6189950	138	0	6	ACTUEL	REMBLAIS
11071X0148	LANCO	1226755	6189950	138	6	9.5	ANTE	SERPENTINE MARRON TENDRE
11071X0148	LANCO	1226755	6189950	138	9.5	15	ANTE	SERPENTINE MOYENNEMENT RAIDE
11071X0149	LANCO	1226777	6189935	138	0	2.3	ACTUEL	LIMON ARGILEUX A PETIT BLOCS DE SERPENTINE
11071X0149	LANCO	1226777	6189935	138	2.3	8.5	ACTUEL	LIMON ARGILEUX A BLOCS EPARS
11071X0149	LANCO	1226777	6189935	138	8.5	10	ANTE	SERPENTINE TRES FRACTUREE
11071X0149	LANCO	1226777	6189935	138	10	12	ANTE	SERPENTINE RAIDE
11071X0150	LANCO	1226760	6189976	142	0	2	ACTUEL	LIMON ARGILEUX A PETITS BLOCS DE SERPENTINE
11071X0150	LANCO	1226760	6189976	142	2	5	ANTE	SERPENTINE
11071X0150	LANCO	1226760	6189976	142	5	11	ANTE	SERPENTINE ALTEREE A MOYENNEMENT RAIDE
11071X0151	LANCO	1226775	6189982	142	0	6.2	ACTUEL	REMBLAIS
11071X0151	LANCO	1226775	6189982	142	6.2	9	ANTE	SERPENTINE TRES ALTEREE HUMIDE
11071X0151	LANCO	1226775	6189982	142	9	15	ANTE	SERPENTINE ASSEZ RAIDE
11071X0154	SP1	1227541	6187506	98	0	0.2	ACTUEL	REMBLAIS
11071X0154	SP1	1227541	6187506	98	0.2	9	ANTE	SCHISTE GRIS VERT DUR, A PASSAGES ALTERES, AVEC PETITE ARRIVEE D'EAU A 7.6
11071X0155	SP2	1227529	6187528	98	0	1.6	ANTE	SCHISTE GRIS VERT ARGLEUX

11071X0155	SP2	1227529	6187528	98	1.6	4.5	ANTE	SCHISTE MARRON TRES ALTERE ARGILEUX, ARRIVEE D'EAU A 3M
11071X0155	SP2	1227529	6187528	98	4.5	8	ANTE	SCHISTE GRIS VERT TRES TENDRE
11071X0155	SP2	1227529	6187528	98	8	9	ANTE	SCHISTE GRIS VERT TENDRE
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	0	0.5	Fy3-z1	TERRE VEGETALE
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	0.5	1	Fy3-z1	TERRE LEGEREMENT ARGILEUSE
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	1	2.5	Fy3-z1	AGGLOMERES ARGILEUX
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	2.5	4.5	Fy3-z1	ARGILE NOIRE
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	4.5	5.6	Fy3-z1	SABLE GROSSIER AVEC QUELQUES PELLICULES ARGILEUSES
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	5.6	7.25	Fy3-zs2	SABLE, GRAVIERS ET GALETS
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	7.25	9.5	Fy3-zl2	AGGLOMERES ARGILEUX (ARGILE VERTE)
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	9.5	10.5	Fy3-zs3	GALETS, GRAVIERS ET SABLE
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	10.5	12.75	Fy1-2a1	ALLUVIONS PLUS OU MOINS COLMATEES (COULEUR JAUNE)
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	12.75	14	Fy1-2a1	AGGLOMERES TRES ARGILEUX (ARGILE JAUNE)
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	14	14.6	Fy1-2	ALLUVIONS LEGEREMENT COLMATEES
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	14.6	15.8	Fy1-2a	ALLUVIONS COMATEES
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	15.8	17.6	Fy1-2a	AGGLOMERES TRES ARGILEUX (COULEUR ROUGE)
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	17.6	19	Fy1-2	ALLUVIONS NETTEMENT MOINS COLMATEES
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	19	21	Fy1-2a	ALLUVIONS COLMATEES (COULEUR JAUNE)
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	21	21.4	Fy1-2	BLOCS
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	21.4	21.65	Fy1-2	SABLE ARGILEUX (JAUNE)
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	21.65	23.6	Fy1-2	ALLUVIONS (GROS GALETS LEGEREMENT COLMATES)
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	23.6	24.3	Fy1-2	ALLUVIONS (PETITS GALETS LEGEREMENT COLMATES)
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	24.3	26.7	Fy1-2a	ARGILE JAUNE QUELQUES GALETS
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	26.7	28.5	Fy1-2a	ALLUVIONS TRES COLMATEES (ARGILE JAUNE)
11072X0001	FOSSSES	1229326	6190357	3.4	28.5	30.25	Fy1-2a	SABLE GROSSIER COLMATE (ARGILE JAUNE)
11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	0	3.4	Fzs	SABLE ARGILEUX

11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	3.4	4	Fy3-zs	GALETS ET SABLE ARGILEUX
11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	4	6	Fy3-zl1	ARGILE
11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	6	8.5	Fy3-zs2	SABLE ARGILEUX
11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	8.5	11.5	Fy3-zs2	DEBRIS DE ROCHES
11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	11.5	12.8	Fy1-2a1	ARGILE JAUNE
11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	12.8	16.5	Fy1-2a1	ARGILE JAUNE DURE
11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	16.5	19.2	Fy1-2	SABLE ARGILEUX
11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	19.2	20.7	Fy1-2a	ARGILE ET GALETS
11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	20.7	30	Fx	ARGILE DURE
11072X0002	BEVINC	1229327	6191088	2.8	30	60	Fx	ARGILE AVEC QUELQUES GALETS ET GRAVIERS
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	0	7	Fy3-zl1	LIMON NOIRATRE AVEC SABLE
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	7	7.5	Fy3-zs2	PETIT GALET, GRAVIER, SABLE
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	7.5	8.5	Fy3-zs2	SABLES ET GRAVIERS
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	8.5	9.5	Fy3-zs2	GALETS, GROS GRAVIERS UN PEU DE SABLE
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	9.5	10.6	Fy3-zs2	GALET ET GRAVIERS (40%), SABLE (60 %)
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	10.6	11	Fy3-zs2	GRAVIERS
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	11	12.5	Fy3-zs2	GROS GALET, SABLE (10 %)
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	12.5	15	Fy3-zs2	GROS GALET
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	15	16.1	Fy3-zs2	TRÈS GROS GALETS AVEC SABLE
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	16.1	17.1	Fy3-zs2	TRÈS GROS GALETS AVEC TRÈS PEU DE SABLE
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	17.1	17.5	Fy3-zs2	GROS BLOC DE CALCAIRE
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	17.5	17.75	Fy3-zs2	SABLE ET PETITS GRAVIERS
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	17.75	19.1	Fy1-2a1	ARGILES JAUNATRES AVEC GRAVIERS ET SABLES
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	19.1	21.3	Fy1-2	ARGILE JAUNATRE (30%) AVEC SABLES ET GRAVIERS (70%)
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	21.3	22.4	Fy1-2	ARGILE (20%) ET SABLES (80%)
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	22.4	23	Fy1-2	SABLE ARGILEUX
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	23	24.1	Fy1-2a	ARGILE JAUNATRE AVEC SABLE ET GRAVIERS

11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	24.1	25	Fy1-2	ARGILE JAUNATRE (20%) AVEC SABLE (50%) ET GRAVIERS (30%)
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	25	26	Fy1-2	ARGILE (20%) AVEC SABLES ET GRAVIERS (80%)
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	26	29.05	Fy1-2	GROS GALETS ET SABLE
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	29.05	40	Fy1-2	GROS GALETS ET SABLE À MATRICE ARGILEUSE (10%)
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	40	41.5	Fx	ARGILE JAUNE
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	41.5	43.7	Fx	BLOC (ROCHE VERTE, GABBRO ?)
11072X0003	SUARIC	1229725	6189956	3	43.7	50	Fx	ARGILE JAUNE COMPACTE
11072X0004	RIGNO	1230147	6190285	0.5	0	0.7	Fy3-zl1	LIMON
11072X0004	RIGNO	1230147	6190285	0.5	0.7	2.5	Fy3-zl1	SABLE VASEUX
11072X0004	RIGNO	1230147	6190285	0.5	2.5	7.1	Fy3-zs2	GRAVIER FIN, VASEUX
11072X0004	RIGNO	1230147	6190285	0.5	7.1	13.5	Fy3-zs2	GRAVIER VASEUX
11072X0004	RIGNO	1230147	6190285	0.5	13.5	16.5	Fy3-zs2	GRAVIER GRIS
11072X0004	RIGNO	1230147	6190285	0.5	16.5	35	Fy1-2	ALLUVIONS ARGILEUSES
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	0	1.1	Fy3-zl1	TERRE VEGETALE
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	1.1	5.4	Fy3-zl1	LIMON ET DEPOTS DE VEGETAUX
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	5.4	6.8	Fy3-zs2	ALLUVIONS FINES, SABLE JAUNATRE
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	6.8	11.7	Fy3-zs2	GROS GALETS ET SABLE JAUNE GROSSIER
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	11.7	14.2	Fy1-2a1	ARGILE JAUNE ET GALETS
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	14.2	15	Fy1-2	SABLE GROSSIER
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	15	17	Fy1-2	GALETS ENROBES D'ARGILE JAUNE
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	17	18.5	Fy1-2	GALETS ET SABLE
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	18.5	19.8	Fy1-2	GALETS
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	19.8	21.2	Fy1-2	GALETS LEGEREMENT COLMATES
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	21.2	22.1	Fy1-2a	ARGILE JAUNE
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	22.1	23	Fy1-2	SABLE GROSSIER ET GRAVIER
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	23	23.7	Fy1-2	GALETS ET SABLE
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	23.7	24.5	Fy1-2a	ARGILE JAUNE
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	24.5	26.6	Fy1-2	ARGILE GRISE ET GALETS
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	26.6	30.5	Fy1-2	GALETS

11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	30.5	32.5	Fx	ARGILE JAUNE, MOLLE
11072X0015	7Q	1229527	6190887	1.12	32.5	33.5	Fx	ARGILE DURE
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	0	1.1	Fy3-zl1	RECOUVREMENT VÉGÉTAL LIMONEUX BEIGE SABLEUX
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	1.1	3	Fy3-zl1	LIMON GRIS FONCÉ PLASTIQUE FINEMENT MICACÉ À DÉBRIS DE VÉGÉTAUX
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	3	3.5	Fy3-zl1	NIVEAUX DE GALETS PLATS (D 15 CM)
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	3.5	4.2	Fy3-zl1	LIMON GRIS FONCÉ PLASTIQUE FINEMENT MICACÉ À DÉBRIS DE VÉGÉTAUX
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	4.2	4.5	Fy3-zl1	LIMON TOURBEUX À TRÈS NOMBREUX DÉBRIS DE VÉGÉTAUX ET DE BOIS
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	4.5	9.6	Fy3-zs2	PETIT GALET, GRAVIER ET SABLE GROSSIER (RV, SCH), DMAX 5 CM BIEN ARRONDIS)
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	9.6	10.7	Fy3-zs2	PETIT GALET, GRAVIER ET SABLE GROSSIER À MATRICE LIMONEUSE GRIS FONCÉ
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	10.7	12	Fy3-zs2	SABLE À GRAINS MOYEN ET LIMON GRIS FONCÉ
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	12	13.6	Fy3-zs2	GALETS(SCH ET SERP APLATIS, D 3-15 CM)
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	13.6	14.9	Fy3-zs2	SABLE À GRAINS MOYEN ET LIMON GRIS FONCÉ
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	14.9	15.7	Fy3-zs2	GROS GALET APLATI DE SCHISTES ET SERPENTINITES (D15 CM) À MATRICE SABLEUSE
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	15.7	16.6	Fy3-zs2	SABLE ET GALET PLAT À BLOCS DE SERPENTINITE À CHRYSOTILE (D SUP. À 30 CM)
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	16.6	20	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLES À MATRICE ARGILEUSE JAUNE EN PROPORTION VARIABLE
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	20	24.2	Fy1-2	BLOC, GALET (D20), GRAVIER ET SABLE MÉLÉS À UNE FAIBLE MATRICE ARGILEUSE JAUNE (GR BAS)
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	24.2	24.7	Fy1-2	BLOCS DE SERPENTINITE (D30CM) À MATRICE DE GRAVIERS ET SABLES
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	24.7	25.1	Fy1-2	GALETS (D 3-10 CM) À MATRICE DE GRAVIERS
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	25.1	32.4	Fy1-2	GALET, GRAVIER (D4-15) ET SABLE GROSSIER À BLOCS À MATRICE RARE ARGILEUSE JAUNE (GR BAS)

11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	32.4	33.2	Fy1-2	GALET (D 10 CM), GRAVIER ET SABLE À MATRICE RARE ARGILEUSE ROUGEATRE (PIC GR)
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	33.2	34	Fy1-2a	ARGILE ROUGEATRE SABLEUSE COMPACTE
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	34	37.9	Fy1-2	GALET, GRAVIER (DMAX 10 CM) ET SABLE À BLOCS À FAIBLE MATRICE ARGILEUSE JAUNE (GR MOY)
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	37.9	38.5	Fy1-2	GALET, GRAVIER (DMAX 10 CM) ET SABLE À BLOCS À FORTE MATRICE ARGILEUSE JAUNE (GR ?)
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	38.5	40.85	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLE FIN À MOYEN
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	40.85	41	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLE GROSSIER
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	41	43.1	Fy1-2	GROS GALET ET BLOVS
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	43.1	45.7	Fx	ARGILE SABLEUSE JAUNE COMPACTE
11072X0032	SUARIC	1229676	6190126	2.6	45.7	60	Fx	ARGILE ROUGEATRE COMPACTE À PETITS GRAVIERS À LA BASE
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	0	1.3	Fy3-zl1	TERRE VÉGÉTALE
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	1.3	2.7	Fy3-zl1	LIMONS ORGANIQUE
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	2.7	6.2	Fy3-zs2	ALLUVIONS ET SABLES GROSSIERS
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	6.2	10.6	Fy3-zs2	GALETS
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	10.6	11.2	Fy1-2	SABLES GROSSIERS À PASSAGE ARGILEUX JAUNES
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	11.2	17.5	Fy1-2	GALETS ET SABLES
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	17.5	20.5	Fy1-2	SABLES JAUNES ARGILEUX AVEC PETITS PASSAGES DE GALETS
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	20.5	23.8	Fy1-2	GALETS ET SABLES
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	23.8	29.8	Fy1-2	INTERCALATIONS SABLES ET GALETS
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	29.8	30.5	Fx	ARGILE JAUNE MOLLE
11072X0033	TINSON	1229246	6190557	3.7	30.5	32.8	Fx	ARGILE DURE
11072X0034	CHIARA	1229104	6189696	6.5	0	4.5	Fy3-zl1	TERRE VEGETALE
11072X0034	CHIARA	1229104	6189696	6.5	4.5	5.2	Fy1-2s	GALETS
11072X0034	CHIARA	1229104	6189696	6.5	5.2	6.1	Fy1-2s	ALLUVIONS FINES
11072X0034	CHIARA	1229104	6189696	6.5	6.1	24	Fy1-2s	BLOCS, GALETS ET SABLE
11072X0035	SUARI	1229676	6190206	2	0	0.5	Fy3-zl1	LIMONS
11072X0035	SUARI	1229676	6190206	2	0.5	4.5	Fy3-zl1	TOURBE, ARGILE NOIRE COMPACTE

11072X0035	SUARI	1229676	6190206	2	4.5	7.5	Fy3-zs2	SABLES GRIS, PEU DE GRAVIER
11072X0035	SUARI	1229676	6190206	2	7.5	9.5	Fy3-zl2	TOURBE ET ARGILES COMPACTES
11072X0035	SUARI	1229676	6190206	2	9.5	11.5	Fy3-zs3	SABLE GRIS, PETITS GRAVIERS
11072X0035	SUARI	1229676	6190206	2	11.5	12.6	Fy3-zs3	SABLES GRIS, PEU DE GRAVIER
11072X0035	SUARI	1229676	6190206	2	12.6	13	Fy3-zs3	ARGILE NOIRE COMPACTE
11072X0035	SUARI	1229676	6190206	2	13	14	Fy3-zs3	SABLE GRIS, PETITS GRAVIERS
11072X0035	SUARI	1229676	6190206	2	14	14.5	Fy3-zs3	GROS GALETS
11072X0035	SUARI	1229676	6190206	2	14.5	15.5	Fy1-2	TRÈS GROS GALETS
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	0	1.5	ACTUEL	TERRE VÉGÉTALE ET SABLE JAUNE À GRAINS MOYEN
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	1.5	1.8	Fy3-zs	SABLE JAUNATRE GROSSIER
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	1.8	2.1	Fy3-zs	SABLE GROSSIER À PETIT GALETS PLUS OU MOINS ROULÉ
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	2.1	2.8	Fy3-zs	SABLE JAUNATRE À GRAIN MOYEN ET GALETS MÉLANGÉS À DE L'ARGILE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	2.8	5	Fy3-zl1	LIMON VERDATRE TRÈS ARGILEUX, PLASTIQUE, MICACÉ À RARES PETITS GRAVIERS
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	5	5.6	Fy3-zl1	LIMON NOIRATRE LEGEREMENT SABLEUX ET FINEMENT MICACÉ À DÉBRIS DE VÉGÉTAUX
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	5.6	6.2	Fy3-zl1	LIMON NOIRATRE LEGEREMENT SABLEUX MICACÉ À DÉBRIS DE VÉGÉTAUX ET PETITS GRAVIERS
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	6.2	8.3	Fy3-zl1	GALET, GRAVIER ET SABLE À MATRICE LÉGÈREMENT LIMONEUSE DMAX 10 CM CROISSANT BASE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	8.3	10	Fy3-zl1	LIMON NOIRATRE À ASPECT TOURBEUX À NOMBREUX DÉBRIS DE VÉGÉTAUX
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	10	10.2	Fy3-zl1	VASE NOIRATRE À PETITS GRAVIERS
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	10.2	13	Fy1-2	GROS GALET, GRAVIER ET SABLE VERDÂTRE (SERP, DMAX 15 CM) RARE MATRICE ARGILEUSE JAUNE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	13	14.9	Fy1-2	GROS GALET, GRAVIER ET SABLE VERDÂTRE, MATRICE ARGILEUSE JAUNE CROISSANTE VERS LA BASE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	14.9	15.3	Fy1-2a	ARGILE JAUNE À PETITS GALETS ET GRAVIERS (GR ÉLEVÉ)
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	15.3	20.5	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLE VERDÂTRE (DMAX 15 CM) RARE MATRICE ARGILEUSE JAUNE

11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	20.5	22	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLE VERDÂTRE (DMAX 15 CM) À MATRICE ARGILEUSE JAUNE PLUS FORTE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	22	24.1	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLE VERDÂTRE (DMAX 15 CM) RARE MATRICE ARGILEUSE JAUNE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	24.1	27.2	Fy1-2a	GALET, GRAVIER ET SABLE VERDÂTRE HÉTÉROMÉTRIQUE À TRÈS FORTE MATRICE ARGILEUSE JAUNE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	27.2	28.3	Fy1-2a	ARGILE JAUNE COMPACTE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	28.3	33.6	Fy1-2a	GALET, GRAVIER ET SABLE À TRÈS FORTE MATRICE ARGILEUSE JAUNE (GR ELEVÉ)
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	33.6	39.4	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLE VERDÂTRE (20 CM) À MATRICE ARGILEUSE JAUNE (GR DÉCROISANT BASE)
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	39.4	41	Fy1-2a	GALET, GRAVIER ET SABLE VERDÂTRE À FORTE MATRICE ARGILEUSE JAUNE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	41	44.3	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLE (SERP-SCH-QTZ ?) À FAIBLE MATRICE ARGILEUSE JAUNE (GR BAS)
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	44.3	45.2	Fy1-2	GROS GALETS ET SABLES
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	45.2	45.7	Fy1-2	BLOCS (SERPENTINITE ?)
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	45.7	45.8	Fy1-2	GROS GALETS ET SABLES
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	45.8	47.7	Fy1-2	GALET, GRAVIER ET SABLE À FAIBLE MATRICE ARGILEUSE JAUNE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	47.7	50.7	Fx	ARGILE JAUNE COMPACTE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	50.7	53.4	Fx	GALET, GRAVIER ET SABLE À FORTE PROPORTION DE MATRICE ARGILEUSE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	53.4	54.4	Fx	ARGILE JAUNE À PETITS GRAVIERS
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	54.4	56.2	Fx	GALET, GRAVIER ET SABLE À TRÈS FORTE PROPORTION DE MATRICE ARGILEUSE JAUNE
11072X0047	BELLIN	1229255	6190027	5.15	56.2	60	Fx	GALET, GRAVIER ET SABLE À FORTE MATRICE ARGILEUSE ET NIVEAU D'ARGILE COMPACTE À GRAVIERS
11072X0048	DOLESI	1229926	6190026	0.6	0	1	ACTUEL	TERRE VÉGÉTALE GRISE LIMONEUSE
11072X0048	DOLESI	1229926	6190026	0.6	1	2.6	Fy3-zl1	LIMON ARGILEUX GRIS, QUELQUES DÉBRIS VÉGÉTAUX
11072X0048	DOLESI	1229926	6190026	0.6	2.6	4.4	Fy3-zl1	LIMON ARGILEUX GRIS LÉGÈREMENT SABLEUX, QQ DÉBRIS VÉGÉTAUX
11072X0048	DOLESI	1229926	6190026	0.6	4.4	4.7	Fy3-zl1	LIMON NOIR, ASPECT TOURBEUX, VÉGÉTAUX

11072X0048	DOLESI	1229926	6190026	0.6	4.7	5.2	Fy3-zl1	LIMON NOIR, À PASSÉES SABLEUSES ET DÉBRIS COQUILLERS (LAGUNAIRE?)
11072X0048	DOLESI	1229926	6190026	0.6	5.2	9.2	Fy3-zl1	LIMON ARGILEUX NOIR, ASPECT TOURBEUX, VÉGÉTAUX, DÉBRIS COQUILLERS
11072X0048	DOLESI	1229926	6190026	0.6	9.2	10.6	Fy3-zs2	GALETS, GRAVIERS ET SABLES DANS UNE MATRICE ARGILEUSE
11072X0048	DOLESI	1229926	6190026	0.6	10.6	12	Fy3-zs2	GALETS (D:0,7-3CM), GRAVIERS ET SABLES DANS UNE MATRICE PEU ARGILEUSE
11072X0048	DOLESI	1229926	6190026	0.6	12	17.5	Fy3-zs2	GALETS (DMAX 20 CM) HÉTÉROLITHIQUES (SCHISTES, GRANITES, SERPENTINE), GRAVIERS, SABLES, AQUIFÈRE
11072X0048	DOLESI	1229926	6190026	0.6	17.5	18.5	Fy1-2	GALETS ET GRAVIERS DANS MATRICE ARGILEUSE JAUNE
11072X0056	SUARIC	1229726	6190326	2	0	3.5	Fy3-zl1	LIMONS, ARGILES
11072X0056	SUARIC	1229726	6190326	2	3.5	7.5	Fy3-zs2	SABLE GRIS
11072X0056	SUARIC	1229726	6190326	2	7.5	9.5	Fy3-zl2	ARGILE COMPACTE
11072X0056	SUARIC	1229726	6190326	2	9.5	13	Fy3-zs3	SABLE GRIS
11072X0056	SUARIC	1229726	6190326	2	13	13.5	Fy3-zs3	ARGILES NOIRES
11072X0056	SUARIC	1229726	6190326	2	13.5	14.5	Fy3-zs3	SABLE GRIS
11072X0056	SUARIC	1229726	6190326	2	14.5	18	Fy3-zs3	GALETS
11072X0056	SUARIC	1229726	6190326	2	18	19	Fy1-2a1	ARGILE JAUNE AVEC DÉBRIS SCHISTEUX
11072X0056	SUARIC	1229726	6190326	2	19	28.5	Fy1-2	SCHISTES ALTÉRÉS (?) OU ALLUVIONS ANCIENNES
11072X0058	SUER	1229236	6190532	4	0	3	Fy3-zl1	TERRE ARGILEUSE
11072X0058	SUER	1229236	6190532	4	3	5	Fy3-zl1	TOURBE?
11072X0058	SUER	1229236	6190532	4	5	19	Fy3-zs2	GALETS, GRAVIERS, SABLES
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	0	4.5	Fy3-zs	SABLES ET LIMONS
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	4.5	7	Fy3-zl1	ARGILE À SABLE ET SILT ET PETITS GRAVIERS PEU ROULÉS DE DIAMÈTRE 1.5 CM. COULEUR BRUN SOMBRE. GRAVIERS PLUS ABONDANTS À LA BASE.
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	7	8	Fy3-zl1	ARGILE SOMBRE À GALETS DE DIAMÈTRE 5 CM.
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	8	10.5	Fy3-zl1	ARGILE NOIRE PLASTIQUE LÉGÈREMENT SABLEUSE. RICHE EN MATIÈRE ORGANIQUE (SULFURE SUSPECTÉ).
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	10.5	11.5	Fy3-zs2	BLOCS (DIAMÈTRE SUPÉRIEUR À 10 CM) DANS UNE MATRICE ARGILEUSE NOIRE.

11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	11.5	13.5	Fy1-2	GROS GALETS DE DIAMÈTRE SUPÉRIEUR À 10 CM DANS UNE MATRICE SABLEUSE OCRE CLAIR.
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	13.5	19.5	Fy1-2	SABLE À GALETS NON BRISÉS DE DIAMÈTRE 5 CM.
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	19.5	22.5	Fy1-2	SABLE À GALETS DE DIAMÈTRE 7 À 8 CM
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	22.5	25.4	Fy1-2	SABLE À GALETS DE DIAMÈTRE 10 CM
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	25.4	25.5	Fy1-2a	LIT D'ARGILE MARRON
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	25.5	28.5	Fy1-2	SABLE À GALETS ROULÉS DE DIAMÈTRE 2 À 4 CM ET GALETS DE DIAMÈTRE 10 CM.
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	28.5	30	Fy1-2a	ARGILE MARRON CLAIR
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	30	37.5	Fy1-2	SABLE À GALETS ROULÉS DE DIAMÈTRE 2 À 4 CM ET GALETS DE DIAMÈTRE 10 CM.
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	37.5	40.5	Fy1-2	SABLE ET ARGILE À GALETS ROULÉS DE DIAMÈTRE 2 À 4 CM ET GALETS DE DIAMÈTRE 10 CM.
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	40.5	43.5	Fy1-2	SABLE À GALETS ROULÉS DE DIAMÈTRE 2 À 4 CM ET GALETS DE DIAMÈTRE 10 CM.
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	43.5	48	Fx	SABLE ET ARGILE EN PROPORTION IMPORTANTE À GALETS DE DIAMÈTRE 10 CM.
11072X0063	PZ	1229094	6189984	6	48	49.5	Fx	SABLE ET ARGILE À GALETS DE DIAMÈTRE 10 CM.

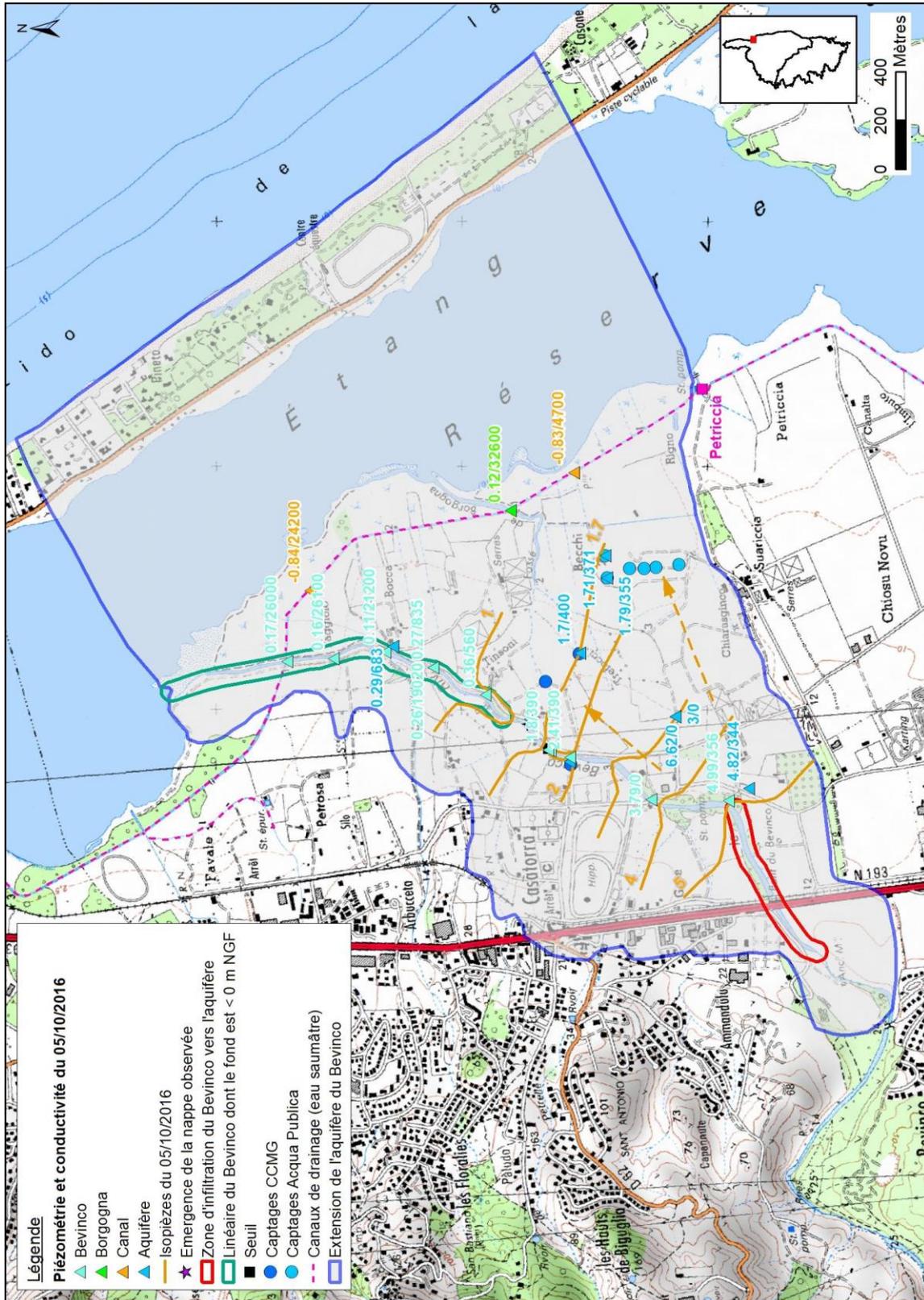


## **Annexe 8**

### **Cartes piézométriques établies**

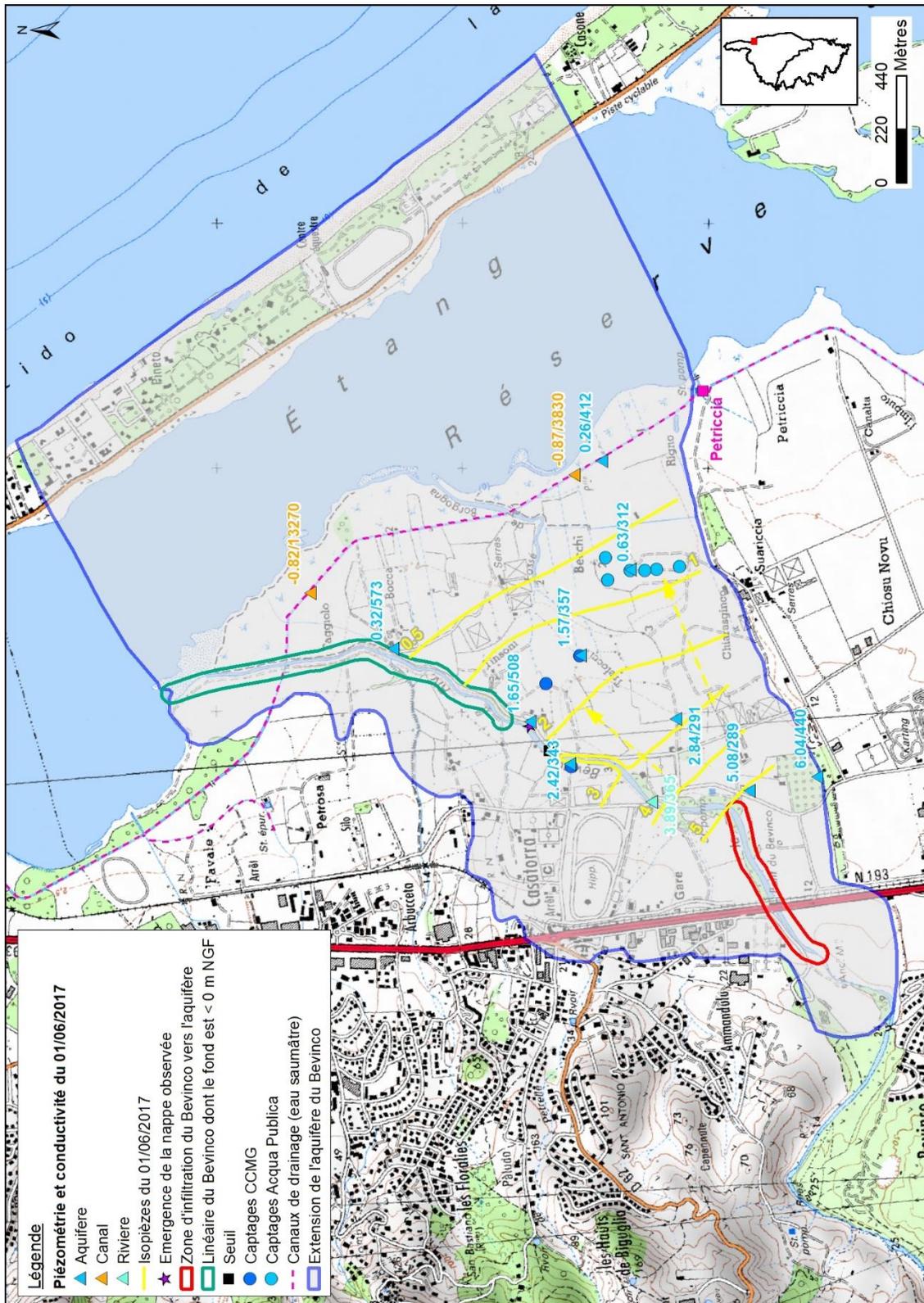


Situation le 05/10/2016, en basses eaux :

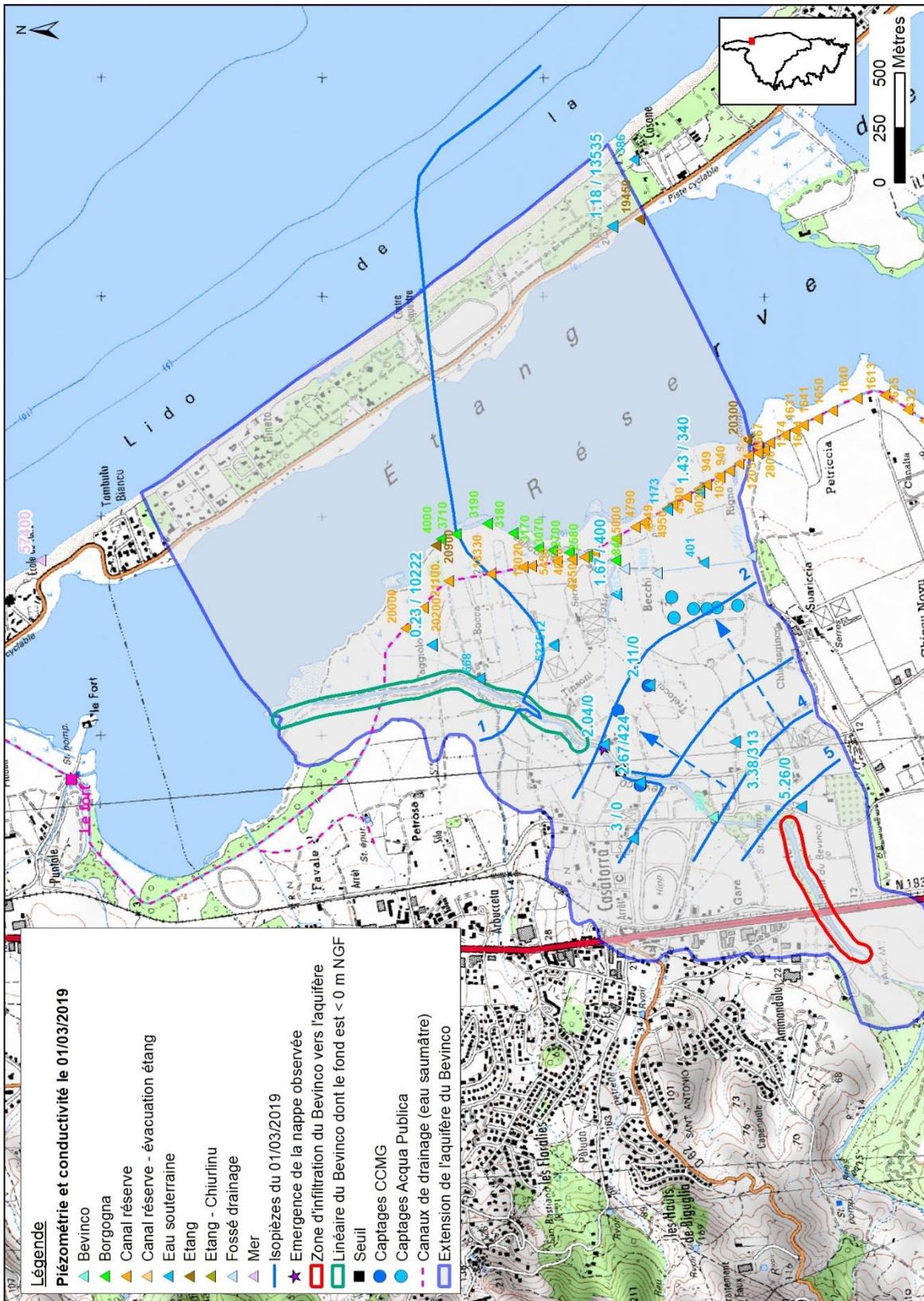




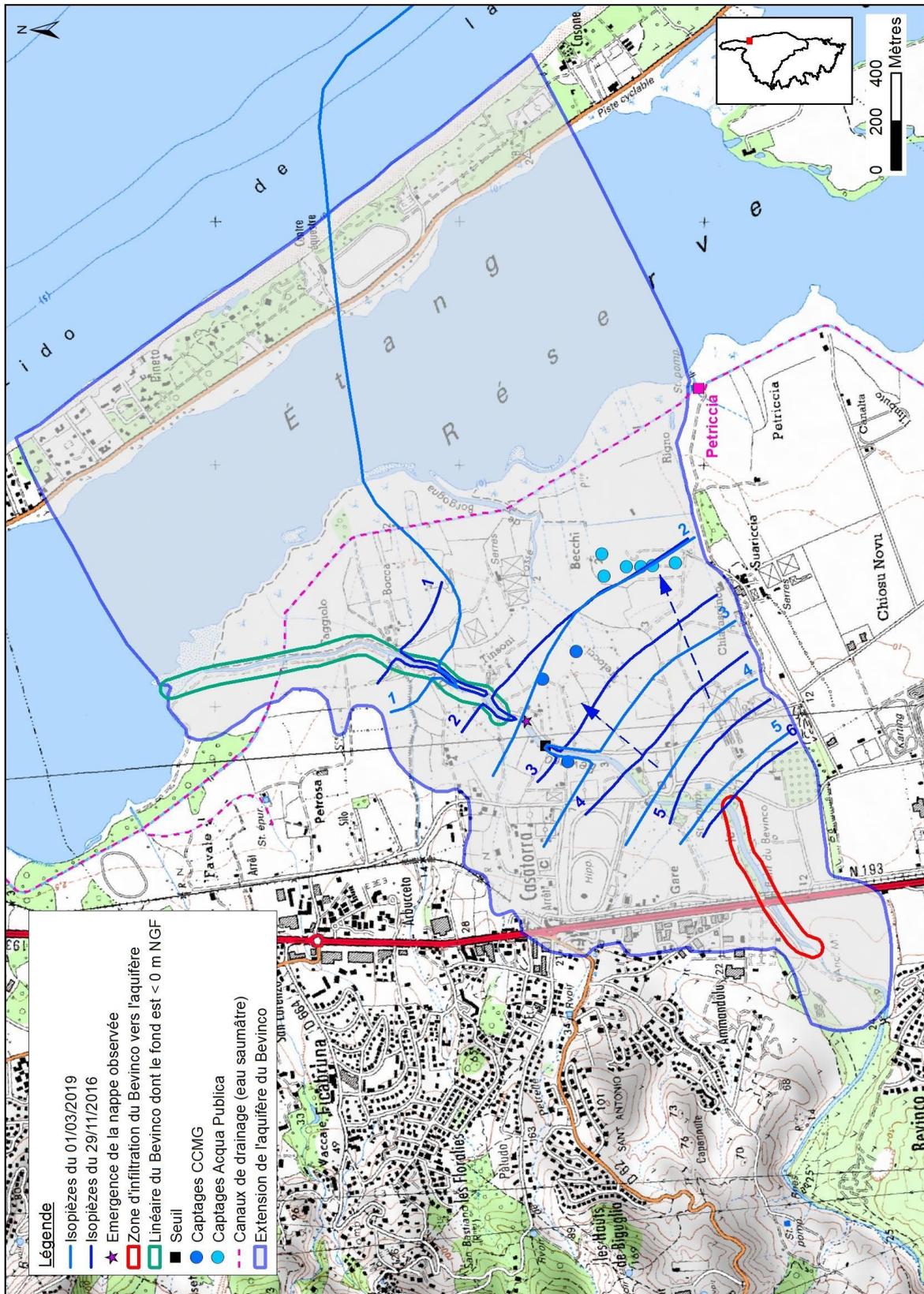
Situation le 01/06/2017, en basses eaux :



Situation le 01/03/2019, en moyennes eaux :



Comparaison des situations du 29/11/2016 et du 01/03/2019 :

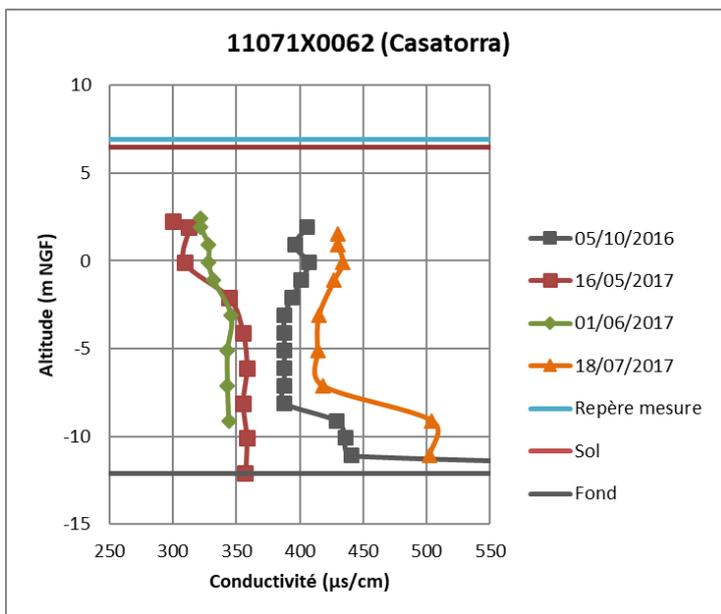
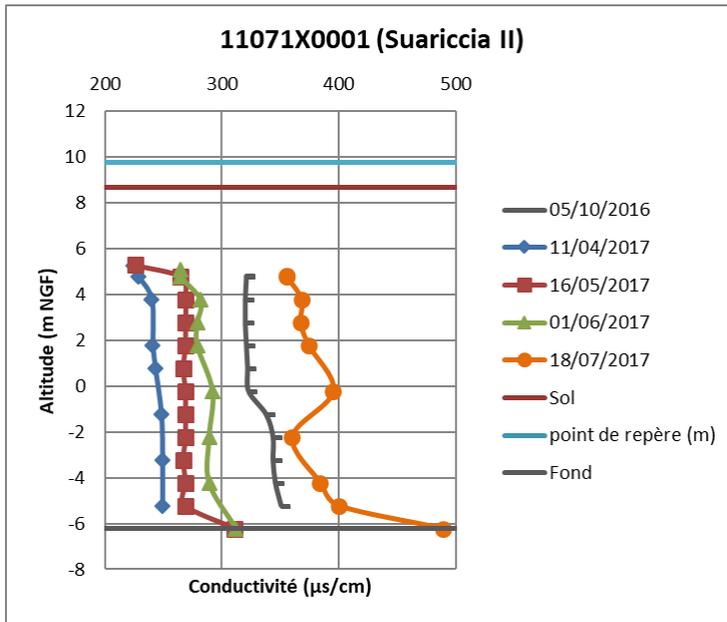


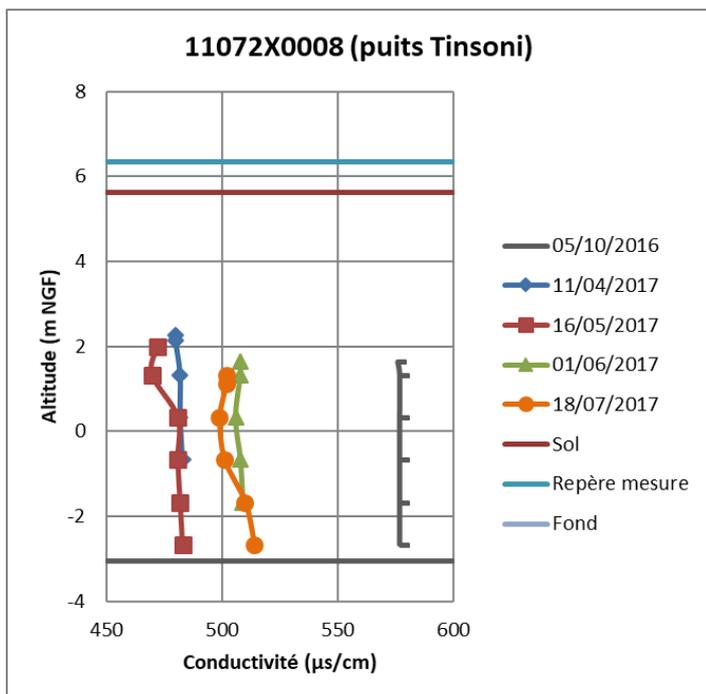
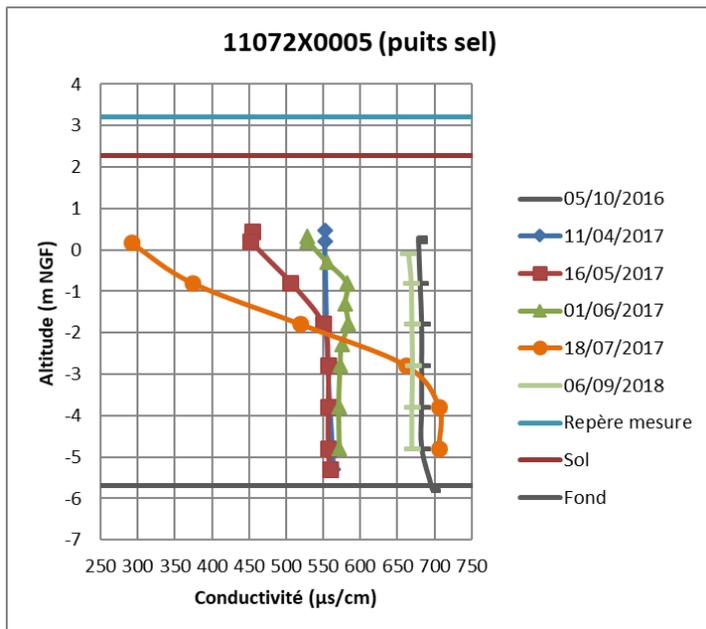


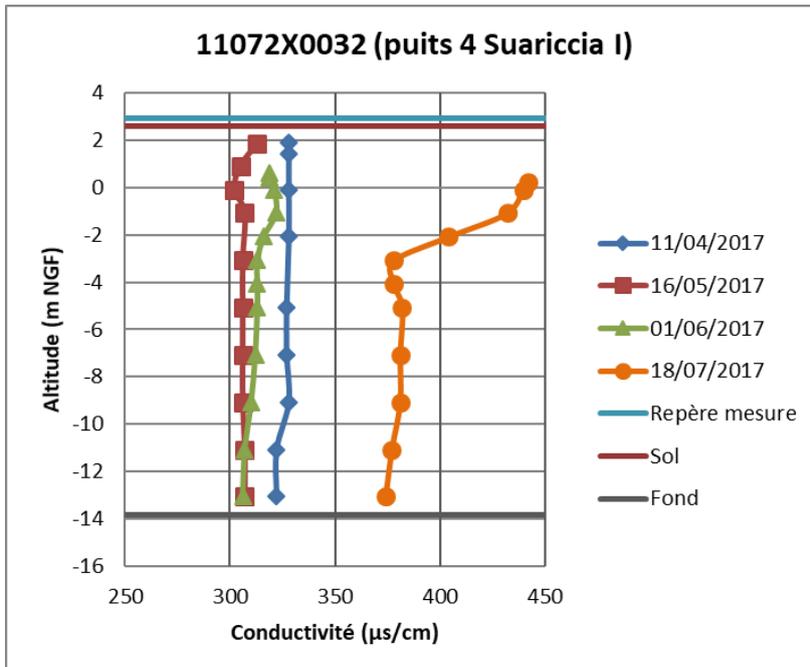
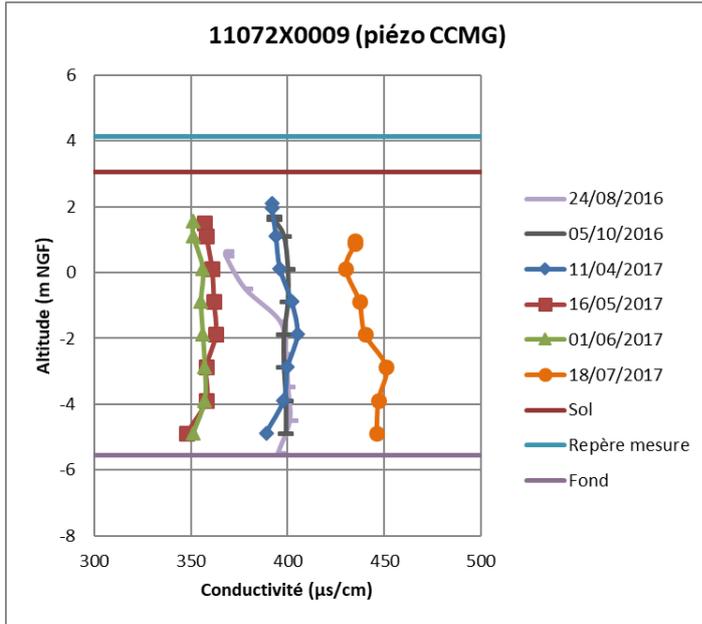
## **Annexe 9**

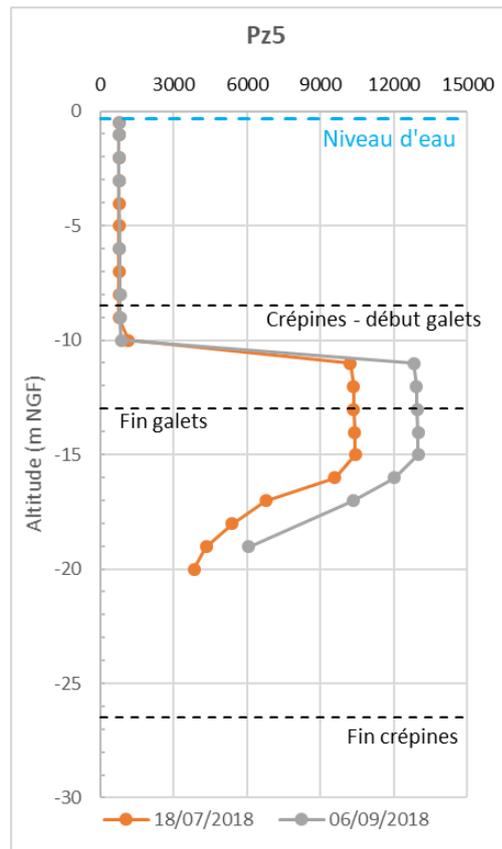
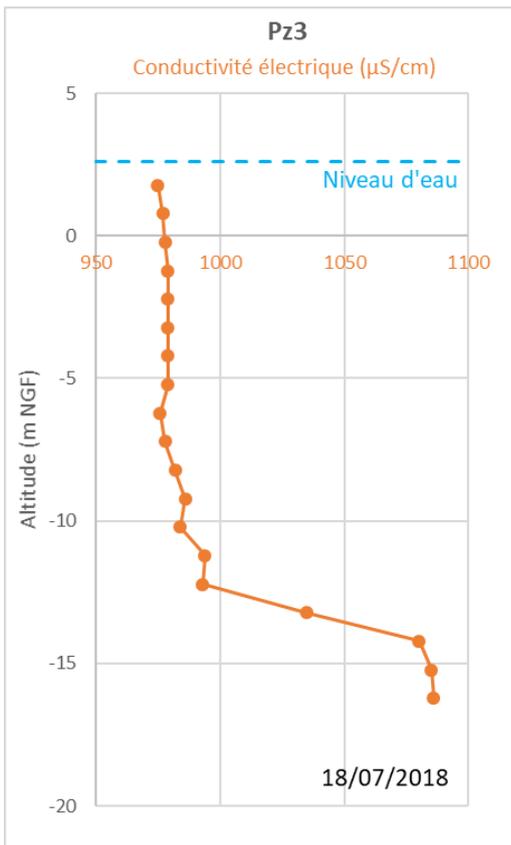
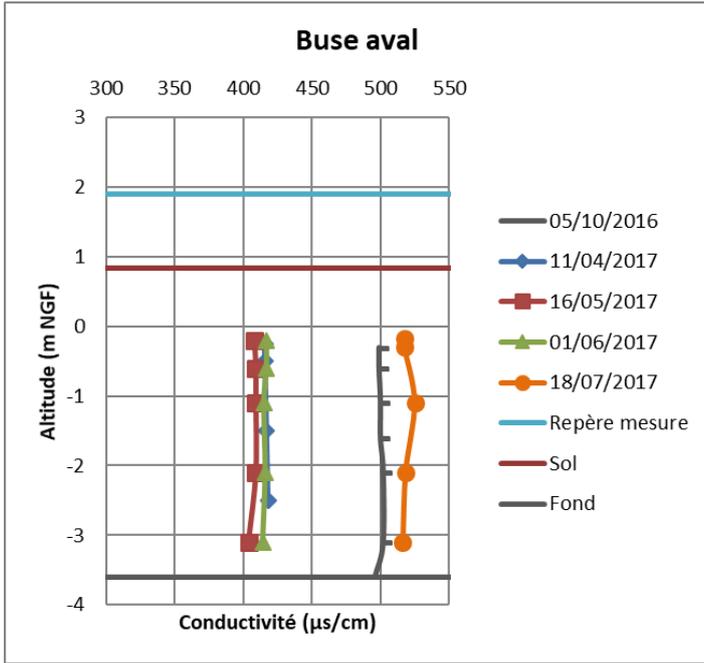
# **Diagraphies de conductivité électrique dans les forages et puits**

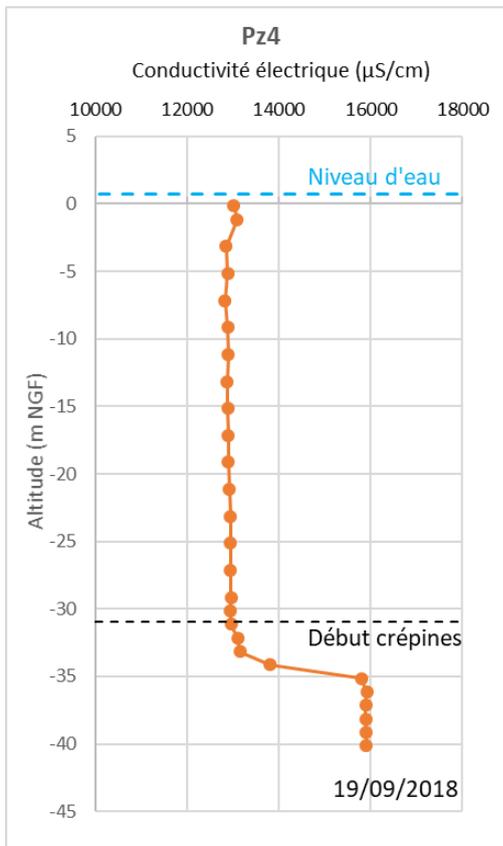
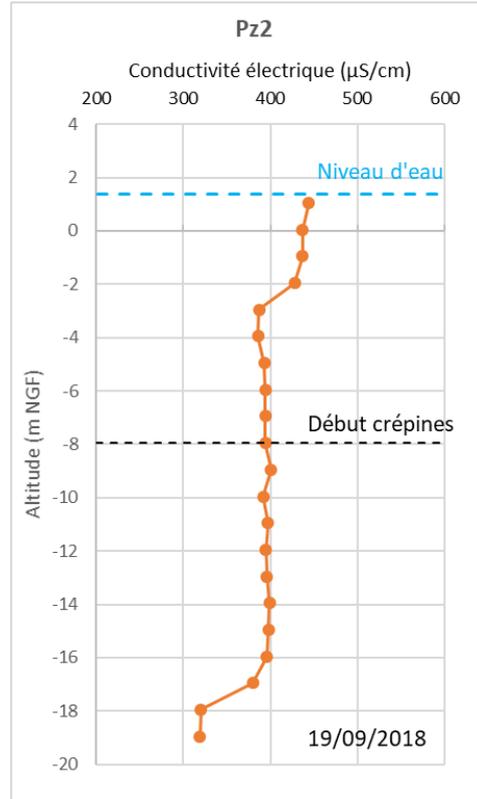
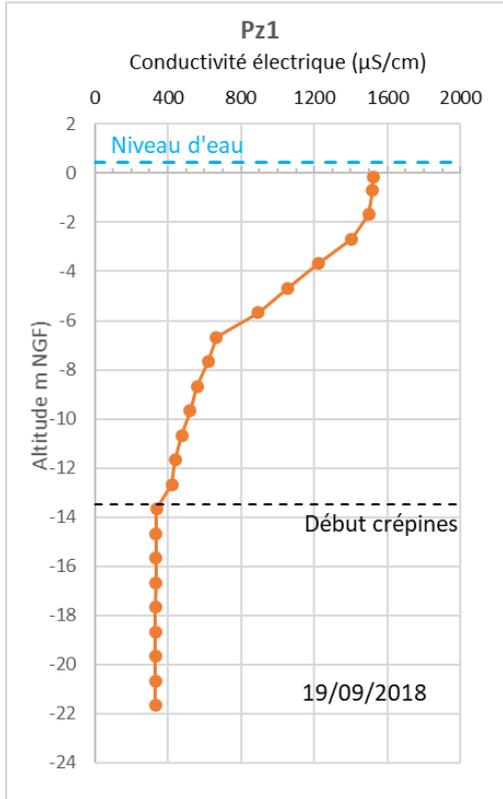


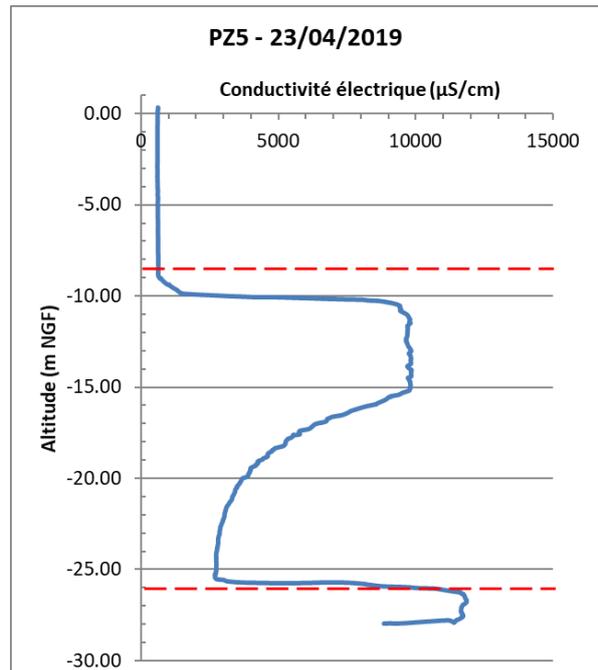
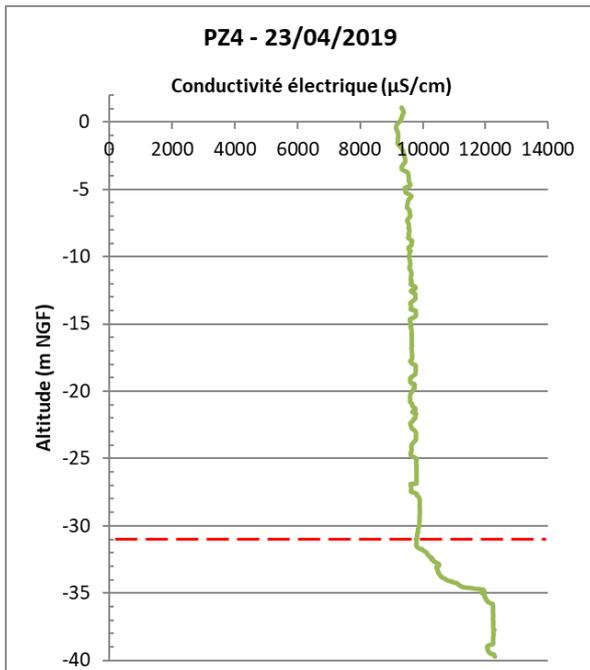














**RÉPUBLIQUE  
FRANÇAISE**

*Liberté  
Égalité  
Fraternité*



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

**Centre scientifique et technique**

3, avenue Claude-Guillemain  
BP 36009  
45060 – Orléans Cedex 2 – France  
Tél. : 02 38 64 34 34 –

**Direction Régionale du BRGM en Corse**

Immeuble Agostini  
ZI de Furiani  
20600 – Bastia - France  
Tél. : 04 95 58 04 33

[www.brgm.fr](http://www.brgm.fr)