



# **PROJET GEOPULSE**

**SAINT-PIERRE-ROCHE (63)**

**DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE  
TRAVAUX MINIERS DE GEOTHERMIE PROFONDE**

**MEMOIRE EN REPONSE A L'AVIS DE L'AUTORITE ENVIRONNEMENTALE**

**AVIS DELIBERE N°2020-69 ADOPTE LE 20/01/2021**

**FEVRIER 2021**



## PREAMBULE

La société GEOPULSE, filiale à 50% de TLS Geothermics et à 50% de Storengy SAS, développe un projet de production d'énergie par géothermie sur la commune de Saint-Pierre-Roche dans le Puy-de-Dôme. Ce projet est localisé sur la zone du Permis Exclusif de Recherche dit de « Sioule-Miouze » dont GEOPULSE est titulaire depuis novembre 2020.

Le projet vise, à terme, à exploiter la ressource géothermale à l'aide d'un, voire deux doublets constitués chacun d'un puits producteur et d'un puits injecteur à une profondeur cible maximale de 3658 m vertical, ce qui correspond à 4000 m mesurés, et de convertir cette énergie en électricité avec possibilité de valorisation de la chaleur résiduelle.

Le projet est réalisé en plusieurs étapes successives :

1. Forage d'un puits d'exploration
2. Selon les résultats, forage d'un 1 voire 3 puits supplémentaire(s)
3. Construction une centrale de production d'énergie
4. Exploitation de la centrale de production d'énergie

Les différentes phases évoquées ci-dessus requièrent différentes autorisations. Les forages mentionnés aux étapes 1 et 2 ci-dessus nécessitent le dépôt d'une **demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers**. Cette demande a été déposée en février 2020 auprès de la Préfecture du Puy-de-Dôme. Les étapes 3 et 4 impliqueront notamment le dépôt d'un permis de construire, le suivi de la procédure Installations Classées pour la Protection de l'Environnement ainsi qu'une demande de concession au titre du code minier.

L'instruction de la demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers pour les forages de GEOPULSE prévoit la consultation de l'Autorité environnementale (Ae). Ainsi, le Conseil général de l'environnement et du développement durable (CGEDD) a été saisi par le préfet de département du Puy-de-Dôme le 26 octobre 2020, a rendu son avis et l'a mis à disposition du maître d'ouvrage, de l'autorité décisionnaire et du public le 20 janvier 2021.

Selon l'Ae, les principaux enjeux environnementaux du projet sont les suivants :

- la préservation de la biodiversité ;
- la limitation des nuisances sonores ;
- la limitation des émissions de gaz à effet de serre ;
- la prise en compte du paysage ;
- la prise en compte des risques de sismicité induite.

Ce mémoire rédigé par le pétitionnaire apporte les éléments de réponse et compléments aux recommandations faites par l'Autorité environnementale et aux principaux enjeux ciblés dans son avis. Il s'inscrit bien dans le cadre de l'instruction de la demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers nécessaire aux forages de GEOPULSE.

Les recommandations de l'Ae et les réponses du pétitionnaire ont été regroupées par thèmes et enjeux pour faciliter la lecture du document.

### Note de lecture

Dans le présent document, les observations de l'Autorité environnementale sont *en caractères bleus*, les éléments apportés par le pétitionnaire sont en caractères noirs.

## SOMMAIRE

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | CHOIX DE LA LOCALISATION DU PROJET .....  | 5  |
| 1.1.   | ETAPE 1 : SELECTION DE LA ZONE D'INTERET SUR LA BASE DE CRITERES GEOLOGIQUES .....                                | 5  |
| 1.2.   | ETAPE 2 : SELECTION DES ZONES AYANT DES ELEMENTS GEOTHERMIQUES FAVORABLES AU SEIN DE LA ZONE D'ETUDE 6            |    |
| 1.3.   | ETAPE 3 : CHOIX D'UN SITE FAVORABLE POUR IMPLANTER DES PUIITS GEOTHERMIQUES.....                                  | 7  |
| 2.     | ANALYSE DES INCIDENCES DU PROJET.....   | 14 |
| 2.1.   | ANALYSE DES INCIDENCES EN PHASE EXPLOITATION LIEES A LA CENTRALE DE PRODUCTION .....                              | 15 |
| 2.1.1. | PROTECTION DES EAUX SUPERFICIELLES – LA MIOUZE .....  | 15 |
| 2.1.2. | PRESERVATION DE LA BIODIVERSITE .....   | 16 |
|        | • INCIDENCE NATURA 2000 .....   | 16 |
|        | • FAUNE .....   | 18 |
|        | • FAUNE EN LIEN AVEC LES MILIEUX AQUATIQUES.....  | 18 |
|        | • MILIEU HUMAIN .....   | 18 |
| 2.2.   | ANALYSE DES INCIDENCES LIEES A LA LIGNE DE RACCORDEMENT AU RESEAU ELECTRIQUE .....                                | 19 |
| 2.3.   | SUIVI DU PROJET, DE SES INCIDENCES, DES MESURES ET DE LEURS EFFETS .....  | 19 |
| 3.     | PRESERVATION DE LA BIODIVERSITE .....   | 19 |
| 4.     | LIMITATION DES NUISANCES SONORES .....  | 24 |
| 5.     | EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE .....   | 26 |
| 6.     | INTEGRATION PAYSAGERE .....   | 29 |
| 7.     | COMPATIBILITE DES RISQUES INDUSTRIELS AVEC LA SECURITE PUBLIQUE .....   | 30 |
| 7.1.   | REVISION DE LA QUALIFICATION DES RISQUES INDUSTRIELS EN FONCTION DES PHASES DU PROJET DE GEOTHERMIE PROFONDE..... | 30 |
| 7.2.   | LE RISQUE DE DEVERSEMENT ACCIDENTEL – DEBORDEMENT EN SURFACE .....  | 32 |
| 7.3.   | LE RISQUE DE FUITE D'EAU GEOTHERMALE SALEE .....  | 32 |
| 7.4.   | LE RISQUE D'EXPOSITION A LA RADIOACTIVITE NATURELLE .....   | 33 |
| 7.5.   | LE RISQUE SANITAIRE DE PRODUCTION DE GAZ GEOTHERMAUX – ÉMANATION DE GAZ DISSOUS.....                              | 34 |
| 7.6.   | LE RISQUE DE SISMICITE INDUITE .....  | 35 |
| 7.7.   | CONCLUSION.....   | 39 |
|        | ANNEXES.....  | 40 |



## TABLE DES ILLUSTRATIONS

|  |    |
|--|----|
| Figure 1 : Identification des zones d'intérêt géologique au sein du PER de la Sioule .....   | 6  |
| Figure 2 : Extraits d'analyses géologiques menées sur le PER de la Sioule.....   | 6  |
| Figure 3: Localisation des potentielles intersections de failles justifiant le choix du site.....  | 7  |
| Figure 4 : Mutation partielle du permis exclusif de recherche de la Sioule avec l'identification d'un permis exclusif de recherche Sioule-Miouze.....  | 7  |
| Figure 5 : Positionnement des failles géologiques (en grisé sur la figure de gauche) .....   | 8  |
| Figure 6 : Carte sur les sites naturels répertoriés issue de l'étude d'impact du dossier DAOT .....  | 9  |
| Figure 7 : Carte sur l'alimentation en eau potable extraite de l'étude d'impact du dossier DAOT .....  | 10 |
| Figure 8 : Cartographie du contexte patrimonial issue de l'étude d'impact du dossier DAOT.....   | 11 |
| Figure 9 : Carte indiquant les zones d'habitation autour du projet issue de l'étude d'impact du dossier DAOT.....  | 12 |
| Figure 10 : Sites étudiés dans la zone à proximité du hameau de Prades .....   | 13 |
| Figure 11 : Sites étudiés dans la zone au sud du hameau de Massagette .....  | 13 |
| Figure 12 : Cartographie des chiroptères issue de l'étude d'impact du dossier de DAOTM .....   | 17 |
| Figure 13 : Cartographie des zones humides autour du projet issue de l'étude d'impact du dossier DAOTM .....   | 21 |
| Figure 14 : Résultats des mesures bruit réalisées par AIROPTA en 2019 et identification des sources sonores .....  | 25 |
| Figure 15 : Tableau extrait du rapport DRS-16-157477-00515A de l'INERIS sur les émissions carbonees liées aux principales sources d'énergie d'après leurs ACV (d'après ADEME, 2010 excepté * Hirschberg et al., 2015)..... | 27 |
| Figure 16 : Figures extraites du rapport BRGM/RP-60965-FR de 2011 présentant les résultats ACV d'émissions CO <sub>2</sub> eq/kWh des études de cas de géothermie profonde en comparaison à d'autres technologies .....    | 28 |
| Figure 17 : Matrice d'appréciation des risques liés à la géothermie profonde selon la méthodologie de l'INERIS dans son rapport DRS-16-157477-00515A du 10/07/2017 .....   | 30 |
| Figure 18 : Classification des risques liés à la géothermie profonde pour le projet Geopulse en fonction de la probabilité de survenue et de la gravité des conséquences d'un accident. ....                               | 32 |

## 1. CHOIX DE LA LOCALISATION DU PROJET

Page 13 de l'avis : « *L'Ae recommande de présenter l'analyse des variantes examinées à l'échelle de la zone du permis de recherche ainsi que les raisons, notamment environnementales, qui ont conduit au choix du parti retenu.* »

La démarche de choix du site au sein du permis exclusif de recherche est présentée p.14 et suivantes de l'étude d'impact – Pièce 8 du dossier.

Concernant le choix du site d'implantation du projet au sein du PER Sioule-Miouze, il résulte du croisement de différents critères :

- Profil géologique le plus favorable,
- Absence de milieux naturels et de site remarquables ou protégés,
- Éloignement des zones habitées,
- Proximité avec un réseau électrique sur lequel se raccorder,
- Disponibilité foncière,
- Accessibilité pour les poids-lourds pour limiter les travaux et nuisances.

En complément des éléments apportés dans l'étude d'impact, les étapes aboutissant au choix de la zone du projet sont détaillées ci-après.

### 1.1. ETAPE 1 : SELECTION DE LA ZONE D'INTERET SUR LA BASE DE CRITERES GEOLOGIQUES

Le permis exclusif de recherches de la Sioule est un territoire de 795 km<sup>2</sup>. Ce territoire répond au concept de gisement géothermique ciblé au départ par le pétitionnaire et se caractérise par la présence de grandes failles visibles en surface et profondément enracinées dans la croûte terrestre à plus de 10 km de profondeur (failles dites « crustales »). Ces failles sont perméables et doivent permettre la remontée de fluide chaud naturellement présent dans le sous-sol et créer ainsi un système géothermal.

Le permis couvre principalement trois grandes zones d'intérêt d'un point de vue géologique.

Le pétitionnaire a initié son travail exploratoire dès 2015 sur l'ensemble du permis et suite aux premiers travaux, s'est rapidement concentré sur l'une de ces 3 zones (en rouge ci-dessous) qui rassemblait les meilleurs critères géologiques : une faille crustale (faille de Pontgibaud), des intersections avec d'autres failles (augmentant potentiellement la perméabilité locale) et un lien, mis en évidence par l'imagerie géophysique, avec une chambre magmatique résiduelle de la Chaîne des Puys.

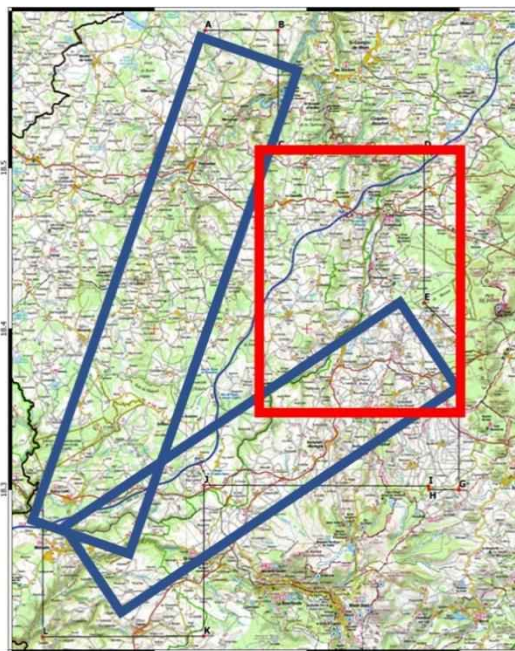


Figure 1 : Identification des zones d'intérêt géologique au sein du PER de la Sioule

## 1.2. ETAPE 2 : SELECTION DES ZONES AYANT DES ELEMENTS GEOTHERMIQUES FAVORABLES AU SEIN DE LA ZONE D'ETUDE

A la suite des travaux d'acquisition de connaissances géologiques, géophysiques et géochimiques, des modèles géologiques du sous-sol ont été construits et des modèles géophysiques réalisés à l'échelle de la zone d'étude en rouge sur la figure 1 (300 km<sup>2</sup>). Des exemples d'analyses menées sur le PER sont affichés ci-dessous.

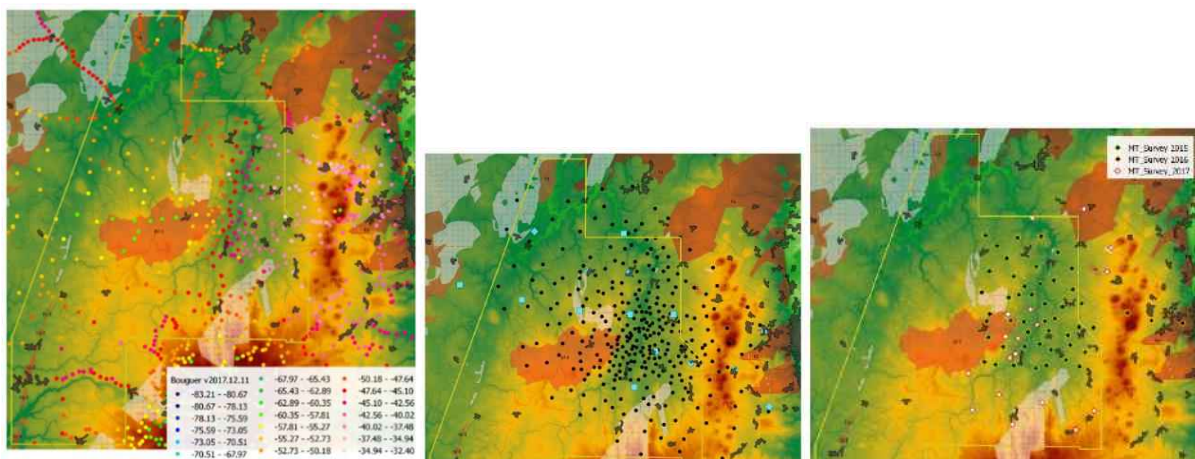


Figure 2 : Extraits d'analyses géologiques menées sur le PER de la Sioule.

Ces études ont conduit à resserrer la zone d'intérêt vers un périmètre restreint de 52km<sup>2</sup> où des indices de température plus élevée en profondeur ont été relevés (notamment une variation de conductivité électrique à 2/3km de profondeur, la présence d'une chambre magmatique à 10/12 km de profondeur, etc.). Cette zone restreinte abrite ainsi, selon les mesures et les modèles, les éléments favorables à l'existence d'une ressource géothermique à des profondeurs raisonnables pour un projet économique.



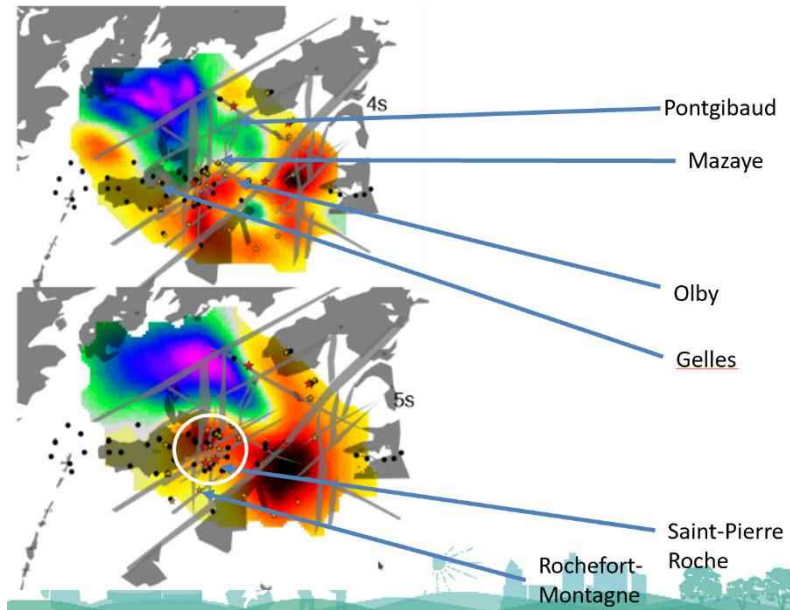


Figure 3 : Localisation des potentielles intersections de failles justifiant le choix du site

### 1.3. ETAPE 3 : CHOIX D'UN SITE FAVORABLE POUR IMPLANTER DES PUIXS GEOTHERMIQUES

On notera que cette zone restreinte de 52 km<sup>2</sup> a fait l'objet de la création et du transfert d'un nouveau PER dit PER Sioule-Miouze au bénéfice de la société projet Geopulse SAS (filiale de TLS Geothermics et Storengy) qui porte désormais le projet (procédure dite de « mutation partielle » du Permis Exclusif de Recherche initial au titre du code minier)

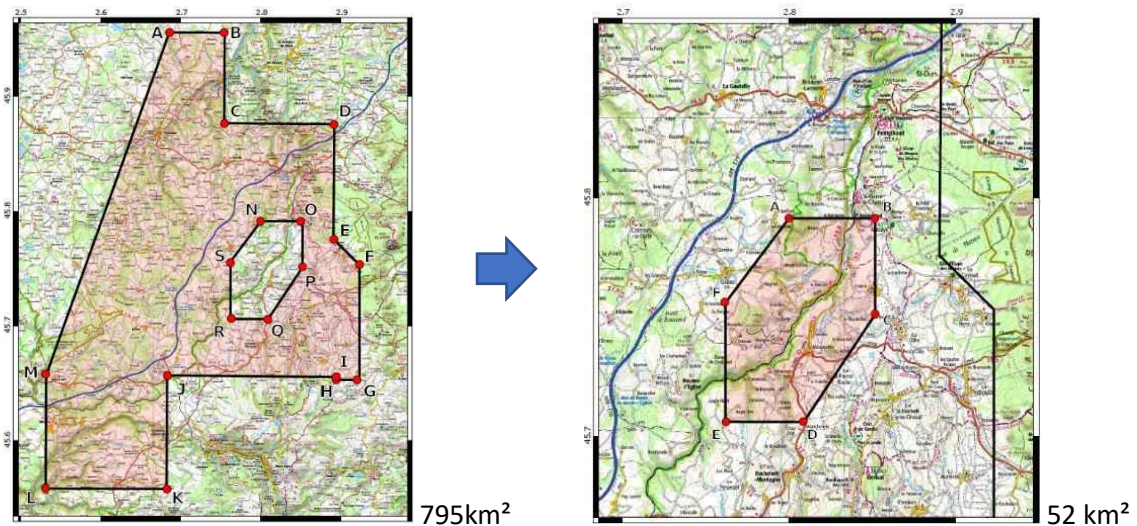


Figure 4 : Mutation partielle du permis exclusif de recherche de la Sioule avec l'identification d'un permis exclusif de recherche Sioule-Miouze.

Ainsi, au sein de ce périmètre, la recherche d'un site favorable dans l'environnement des hameaux de Prades, Massagettes, Massage et le bourg de Saint-Pierre-Roche a été discuté en prenant en considération les critères suivants :

- a) **Critères géologiques**, et notamment la distance et l'azimut de forage par rapport aux failles (représentées en grisé ci-dessous)



Figure 5 : Positionnement des failles géologiques (en grisé sur la figure de gauche)



## b) Critères environnementaux et patrimoniaux

- éloignement des zones environnementales sensibles (Natura 2000, zones de protection de biotope, zones humides, réserves naturelles)

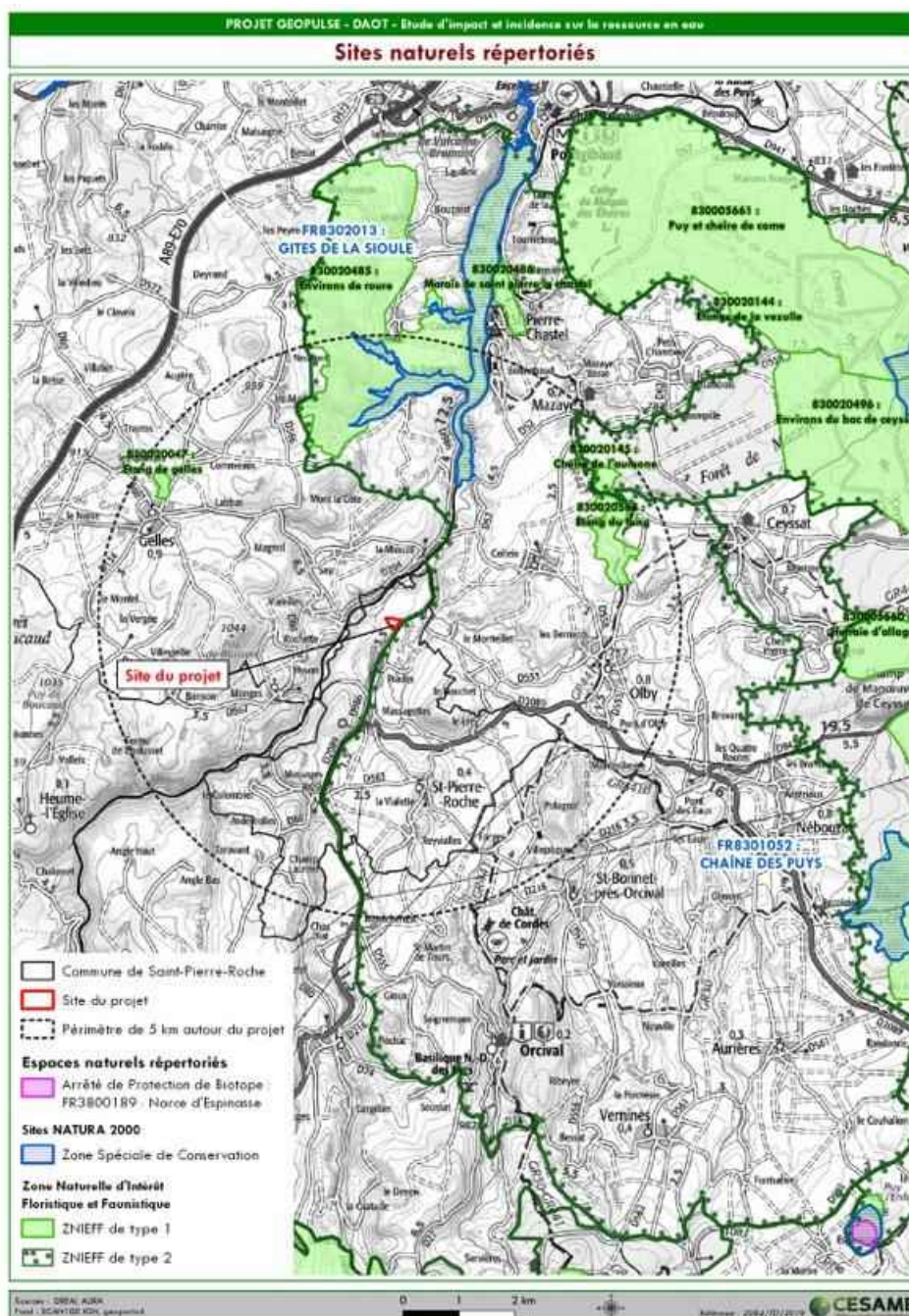


Figure 6 : Carte sur les sites naturels répertoriés issue de l'étude d'impact du dossier DAOT

- Implantation en dehors des périmètres de captages d'eau potable

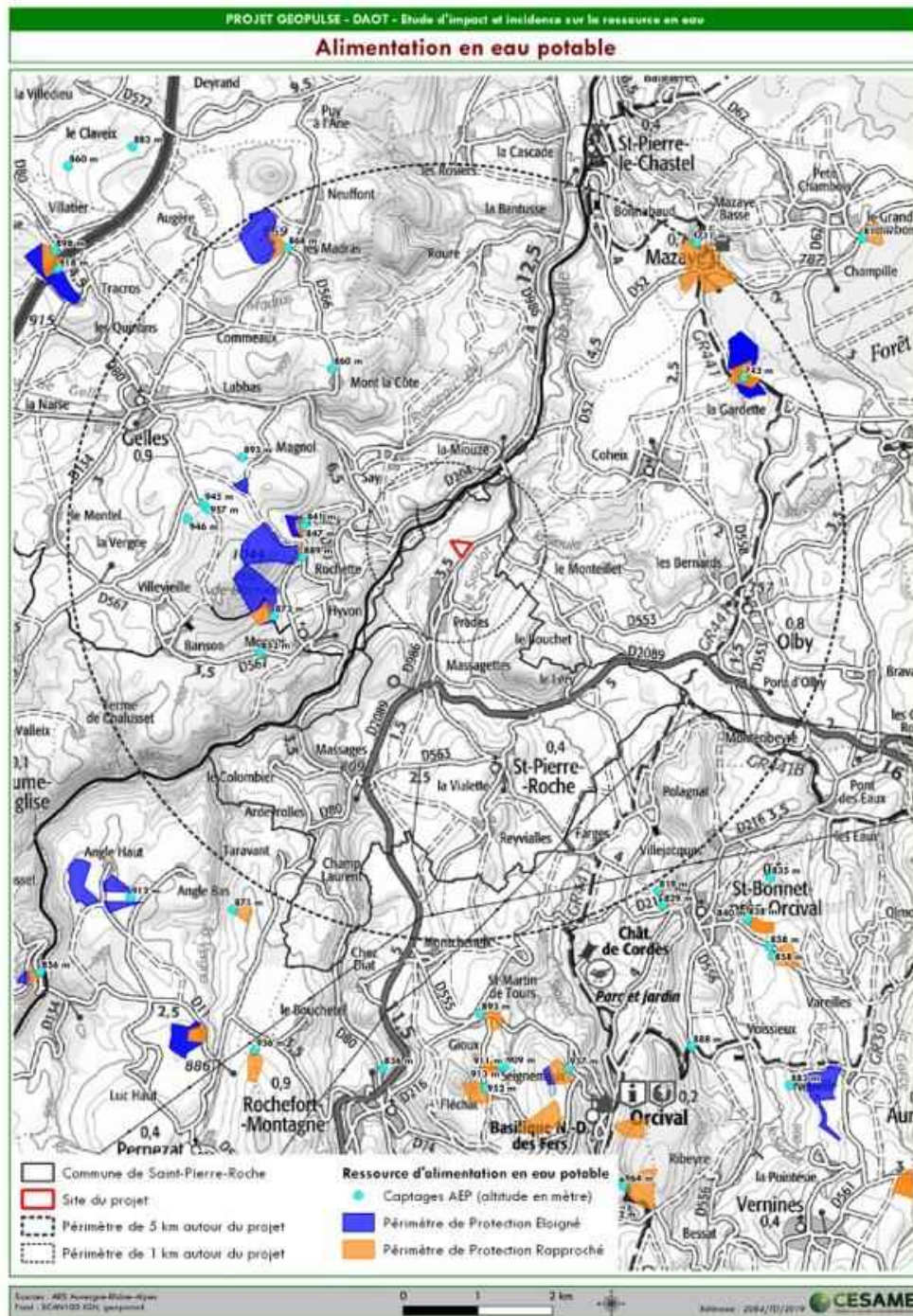


Figure 7 : Carte sur l'alimentation en eau potable extraite de l'étude d'impact du dossier DAOT



- Implantation en dehors du site UNESCO « Chaîne des Puy – Faille de Limagne)

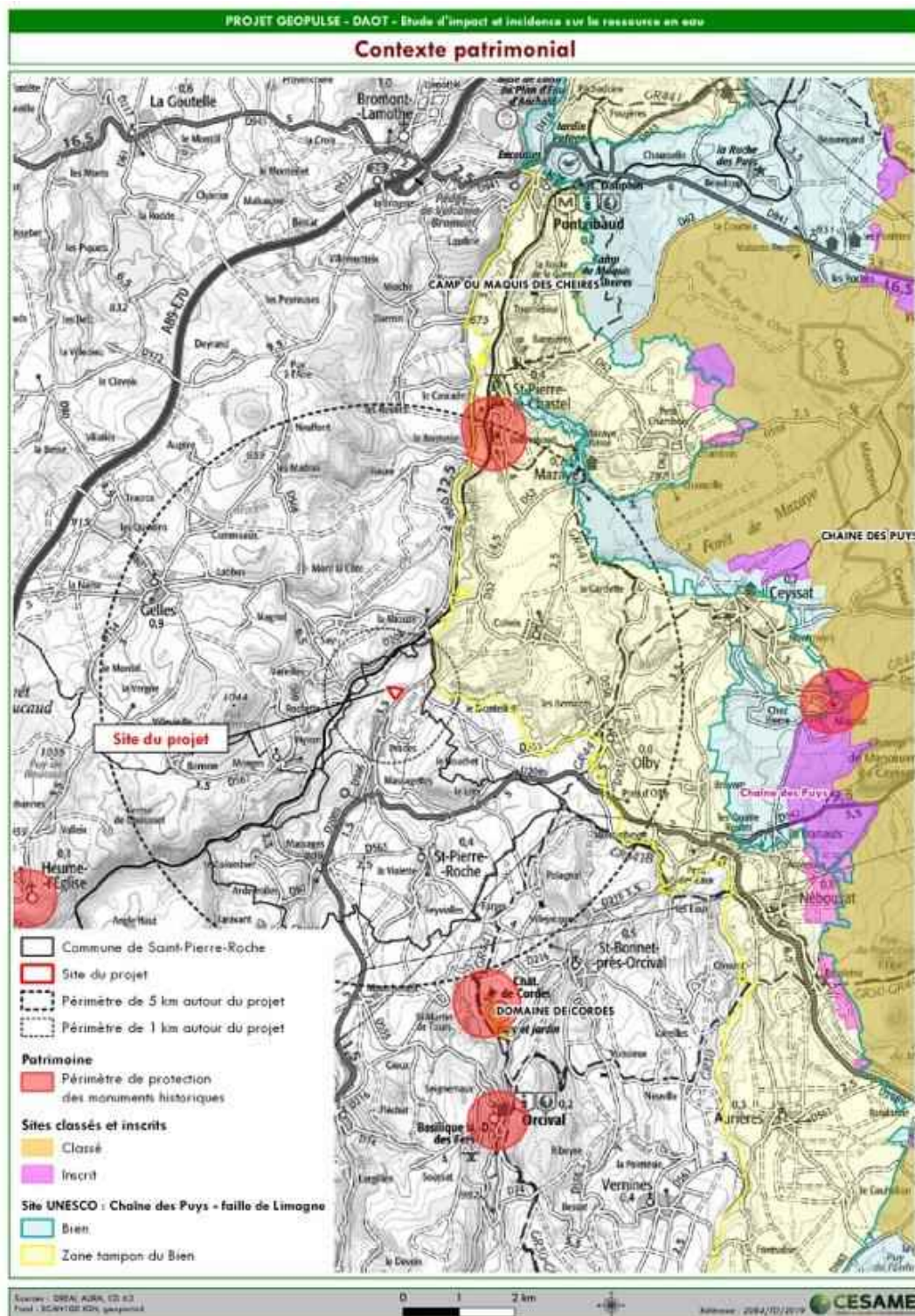


Figure 8 : Cartographie du contexte patrimonial issue de l'étude d'impact du dossier DAOT



c) Critère de distance par rapport aux habitations

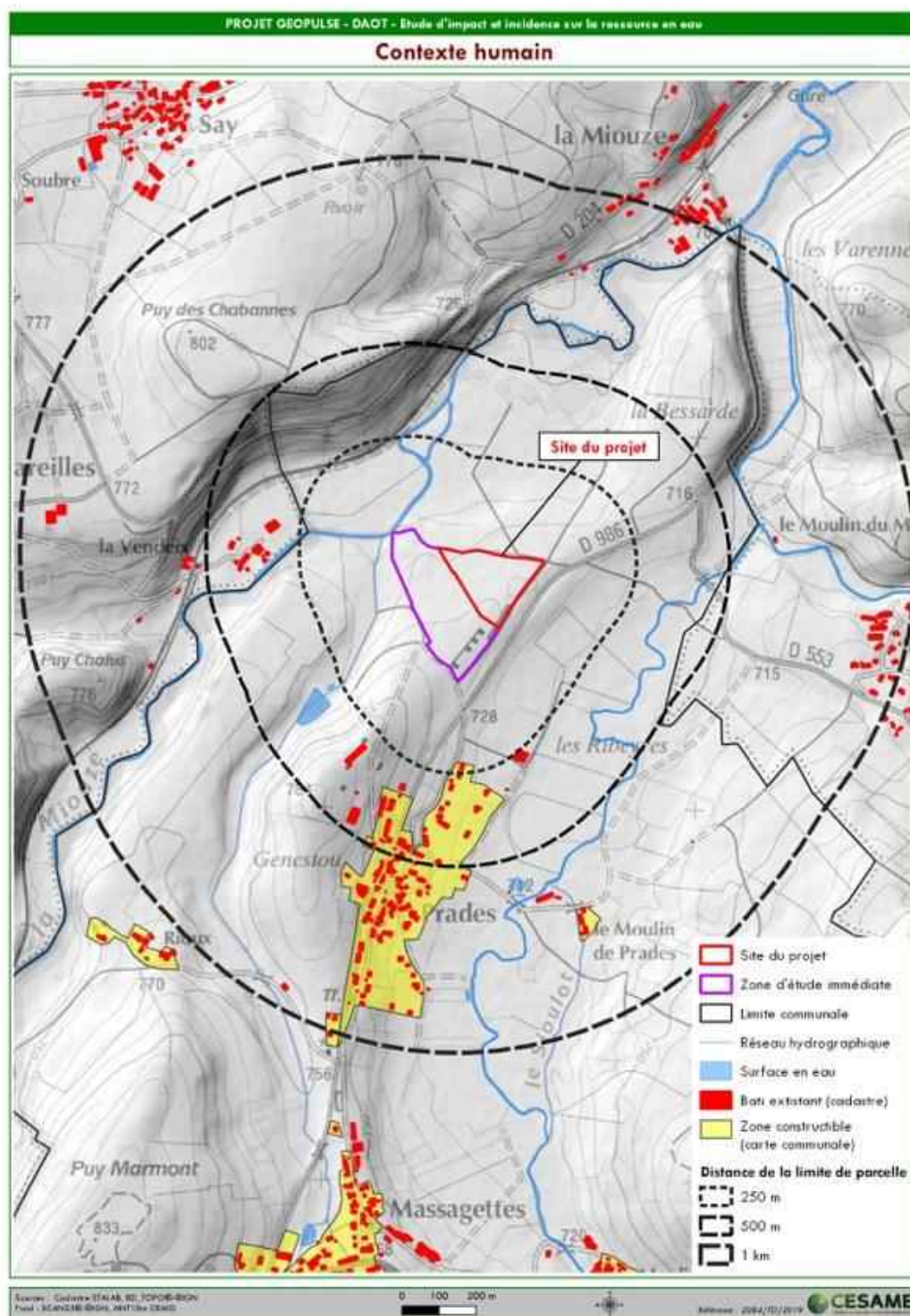


Figure 9 : Carte indiquant les zones d'habitation autour du projet issue de l'étude d'impact du dossier DAOT

d) Critère de distance par rapport au poste de raccordement électrique

e) Critère de disponibilité foncière

Ainsi, sur la base de l'ensemble de ces critères, plusieurs sites ont été investigués en coordination avec la mairie de Saint-Pierre-Roche et les propriétaires de terrain. **Le nombre d'options s'est avéré extrêmement limité en raison de l'absence de terrains de minimum 2 à 3 ha disponibles sur la zone recherchée.**

Les sites étudiés sont représentés par des numéros sur les 2 cartes ci-après.

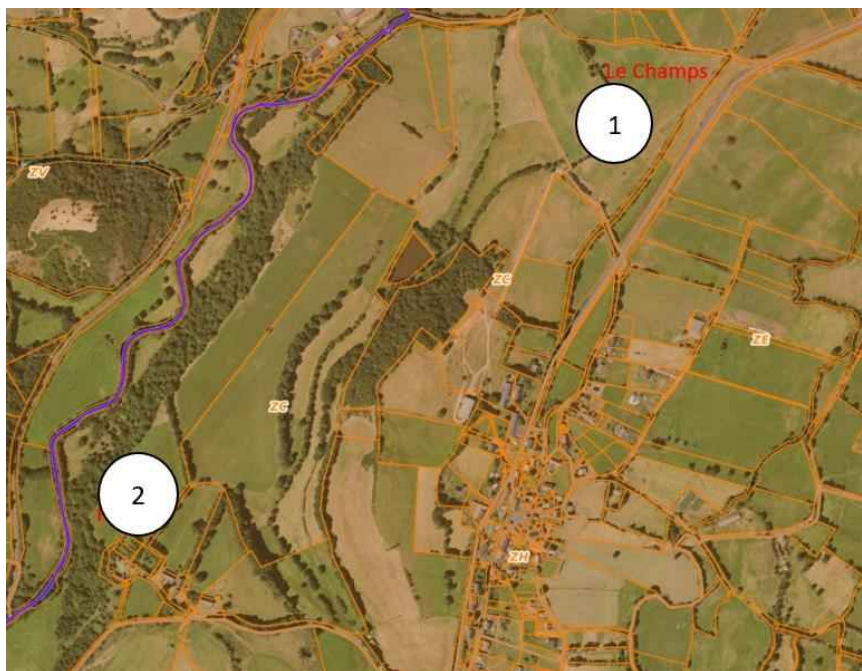


Figure 10 : Sites étudiés dans la zone à proximité du hameau de Prades

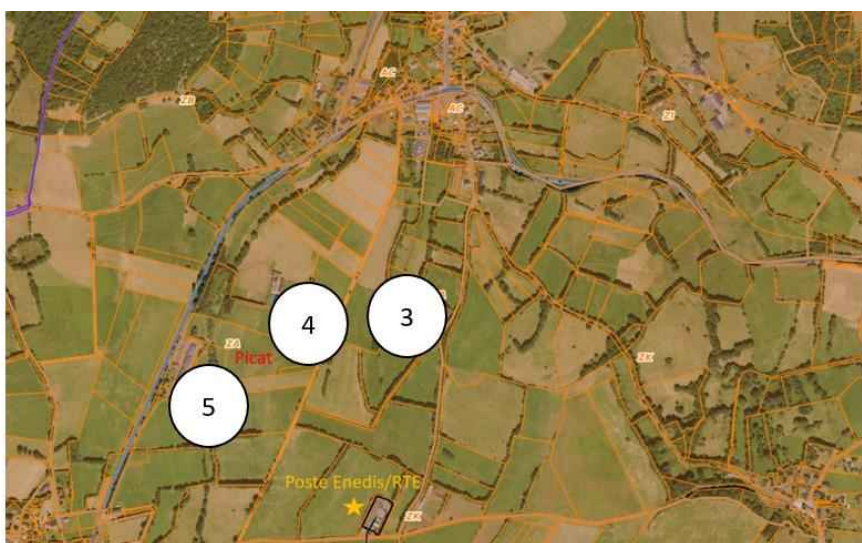


Figure 11 : Sites étudiés dans la zone au sud du hameau de Massagette

Les sites 3 à 5 retenus initialement présentaient, après étude approfondie, une difficulté technique d'un point de vue géologique en raison de l'angle qui aurait été nécessaire pour les puits pour atteindre la cible géologique. Ainsi, le risque d'impossibilité technique nous a donc conduit à écarter finalement cette zone malgré sa proximité avec le poste de raccordement électrique. En outre, le site 4 présentait également l'inconvénient de la proximité immédiate avec une ferme et le site 3 a été jugé peu favorable d'un point de vue environnemental en raison de la présence de nombreuses haies qu'il aurait fallu détruire. Enfin, le site 5 (zone d'activité Piquat) était à proximité d'une zone humide recensée lors de la dernière évolution de la carte communale.

Concernant la zone à proximité du hameau de Prades, deux sites ont été initialement identifiés comme potentiellement disponibles et réunissant l'ensemble des critères : le site de Rioux (identifié 2 ci-dessus) sur un terrain d'au moins 2 hectares. Finalement, les propriétaires de cette parcelle n'ont pas souhaité poursuivre les discussions. De plus, quelques habitations étaient assez proches (c'est un hameau).

Enfin, le site du Champ s'est avéré intéressant du point de vue géologique et réunissant a priori l'ensemble des critères (éloigné des habitations, impact visuel modéré car situé derrière une butte et la crête avec une haie d'arbre, prairie de fauche avec un risque limité concernant les enjeux floristiques, etc.).

La surface de la parcelle (plus de 8 hectares) a également permis d'optimiser le choix d'implantation par rapport aux contraintes environnementales étudiées en détail par la suite (3 hectares pour la phase chantier, puis 1.8 hectares pour la phase exploitation). Les variantes pour le positionnement du projet au sein des parcelles retenues et les raisons du choix du parti retenu sont explicitées p.17 de l'étude d'impact.

## 2. ANALYSE DES INCIDENCES DU PROJET

*Pages 7-8 de l'avis : « L'Ae recommande de faire porter l'étude d'impact sur le projet d'ensemble comprenant la réalisation des forages exploratoires, la construction de la centrale de production électrique, le raccordement au réseau électrique et le fonctionnement de l'installation de production. »*

Les différentes phases du projet sont bien considérées dans l'étude d'impact- Pièce 8 du dossier (cf. § 3.5, 3.6 et 3.7 p. 17 et suivantes de l'étude d'impact pour ce qui concerne la présentation du projet, § méthodologie générale p.152). Il est toutefois précisé que, concernant la phase exploitation (raccordement, construction de l'unité de production et fonctionnement de cette unité), il ne s'agit que d'une pré-analyse au regard des éléments disponibles à ce stade.

Le plan préliminaire d'implantation présenté dans le dossier précise les installations de surface prévues, à savoir une unité de production d'énergie incluant des échangeurs de chaleur et des aéroréfrigérants. A ce jour, il s'agit de données préliminaires car le dimensionnement définitif des installations nécessite de connaître les caractéristiques précises du fluide géothermal, et donc d'avoir les résultats des essais des forages d'exploration, et notamment du premier forage. Le projet de construction de la centrale électrique fera l'objet d'une nouvelle procédure administrative au titre de la législation des installations classées pour la protection de l'environnement, du code de l'urbanisme par la demande d'un permis de construire, mais également dans le cadre du code minier par une demande de concession.



Malgré cela, l'étude d'impact distingue bien, dans les différents paragraphes analysant les impacts (p.151 et suivantes), la phase « travaux miniers » (avec ses différentes étapes) et la phase « exploitation » (avec ses différentes étapes).

Les tableaux présentés p.237 et suivantes de l'étude d'impact prennent bien en compte l'ensemble du projet (phase de travaux miniers et phase d'exploitation de la ressource).

## 2.1. ANALYSE DES INCIDENCES EN PHASE EXPLOITATION LIEES A LA CENTRALE DE PRODUCTION

L'Autorité environnementale recommande :

- « de compléter l'analyse des incidences de la phase chantier en précisant les incidences liées à la construction de la centrale de production électrique et à la ligne de raccordement au réseau électrique. » (page 13 de son avis) ;
- « de compléter l'étude d'impact par une analyse des incidences de la phase d'exploitation et d'appliquer la démarche d'évitement, de réduction et de compensation à la conception du projet et aux choix techniques effectués. » (page 17 de son avis) ;
- « de compléter l'analyse des incidences du projet sur la biodiversité durant la phase d'exploitation. » (page 18 de son avis) ;
- « de compléter l'analyse des incidences Natura 2000 afin de prendre en compte la phase exploitation. » (page 20 de son avis).

L'étude d'impact du dossier de demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers mentionne que « Le détail des équipements d'exploitation (unité de production et raccordement) et l'analyse détaillée de leurs impacts sur l'environnement feront l'objet d'une mise à jour de la présente étude d'impact lorsque le projet sera décidé ». En effet, il est important de rappeler que la phase exploitation de la centrale de production d'énergie fera l'objet d'une nouvelle évaluation environnementale par la mise à jour de l'étude d'impact dans le cadre des procédures administratives qui seront engagées pour autoriser sa construction et son exploitation.

Afin de répondre aux recommandations de l'Autorité environnementale, en complément des éléments déjà intégrés à l'étude d'impact, des précisions peuvent être apportées concernant les principales sensibilités identifiées pour le projet.

### 2.1.1. PROTECTION DES EAUX SUPERFICIELLES – LA MIOUZE

Comme précisé p.163 et suivantes de l'étude d'impact, **le bassin de rétention des eaux pluviales réalisé dès la phase travaux miniers (= forages) sera maintenu lors des travaux de construction de la centrale et de façon durable pendant toute son exploitation.** Cet ouvrage permettra de réguler les débits d'eaux pluviales (débit de fuite limité à 3,5 l/s soit 0,7% du QMNA5 de la Miouze) mais aussi d'en assurer un prétraitement par décantation. Il sera précédé d'un débourbeur/déshuileur ce qui permettra un abattement significatif de la pollution véhiculée par les matières en suspension. Le dimensionnement du bassin sera vérifié et adapté si besoin à la future surface imperméabilisée.

Le rejet final des eaux pluviales en sortie du bassin de rétention du site ne se fera pas directement dans la Miouze mais de façon diffuse dans un fossé, si possible borgne, pour favoriser l'infiltration.

**En phase d'exploitation, seules les eaux de ruissellement sont rejetées en passant par le bassin de rétention des eaux pluviales, avec un unique point de rejet au droit du projet, en aval de la parcelle ZD 104. L'infiltration sera privilégiée. Un dispositif d'obturation sera installé en sortie de bassin pour contenir toute pollution accidentelle sur le site.**

### 2.1.2. PRESERVATION DE LA BIODIVERSITE

- Incidence Natura 2000

Comme précisé dans l'étude d'impact, les incidences négatives seront toujours présentes en phase d'exploitation mais avec une intensité plus faible qu'en phase forage (activité réduite autour du site, bruit plus faible, éclairage limité au sol).

**Certaines mesures de réduction retenues pour la phase travaux miniers seront reconduites pour la phase de construction et d'exploitation de la centrale de production et notamment :**

- La réalisation des travaux de terrassement entre mi-août et début mars,
- L'évitement strict des alignements d'arbres et des haies et l'absence d'abattage de gros arbres à cavités susceptibles d'abriter des gîtes de chauves-souris arboricoles (comme les Murins), permettant de réduire au mieux le risque de mortalité pour ces espèces – Aucun abattage n'est prévu dans le cadre du projet. L'accès au site sera le même qu'en phase travaux miniers.
- La limitation de la pollution lumineuse avec un éclairage réduit au maximum et orienté vers le sol. Des zones d'ombre seront préservées en bordure de site.

Les investigations réalisées concernant les Chiroptères (principal enjeu lié au site Natura 2000 FR8302013 « Gîtes de la Sioule ») montrent une activité surtout importante (notamment en transit – cf. carte p.88 de l'étude d'impact) le long de la haie principale en limite est et au niveau de la Miouze.

La partie du site où est envisagée la centrale est surtout utilisée en zone de chasse diffuse (cf. Cartographe de la figure 12 page suivante).

En phase d'exploitation, le projet entraînera une perte brute de territoire de chasse, compensée par les mesures de réduction et de compensations (mesures agro-environnementales et reconstitution de prairies naturelles) prévues au niveau des zones agricoles périphériques.

Comme mentionné en conclusion p. 178 de l'étude d'impact, le projet n'aura ainsi pas d'incidence significative sur les espèces et habitats d'intérêt communautaire ayant justifié la désignation du site Natura 2000 ZSC FR8302013 « Gîtes de la Sioule » ; il ne remet pas en cause leur état de conservation aussi bien en phase travaux miniers qu'en phase exploitation de la ressource.

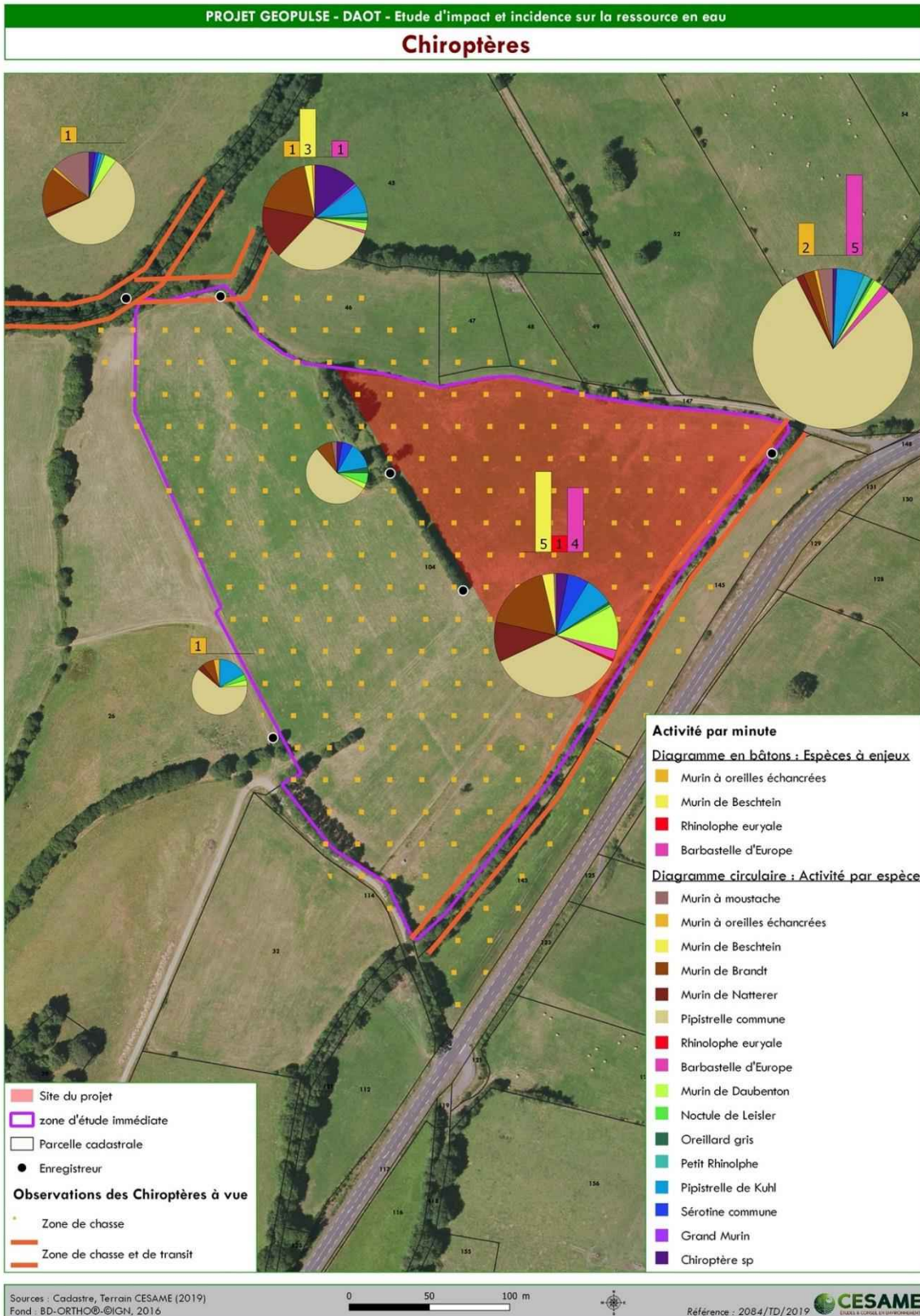


Figure 12 : Cartographie des chiroptères issue de l'étude d'impact du dossier de DAOTM

- Faune

Comme indiqué p. 183 de l'étude d'impact, les incidences potentielles en phase « exploitation de la ressource » seront les suivantes :

- Une perte définitive d'habitats due à la présence de l'unité. Pour certaines espèces, cet impact est minoré par le fait que l'unité peut présenter des opportunités nouvelles de gîtes.
- Un dérangement lié à la présence humaine et à la circulation, mais essentiellement en journée.

L'activité sera toutefois plus réduite qu'en phase forage et essentiellement en journée ce qui limite les risques d'incidence forte sur la faune.

**Pour les Chiroptères**, il est mentionné que les incidences du projet seront très faibles à modérées (suivant les espèces) compte tenu des mesures de réduction qui seront engagées (cf. mesures présentées ci-dessus en lien avec Natura 2000, complétées par la mise en place de mesures de gestion agro-environnementale sur les parcelles à proximité, notamment au nord).

**Pour les oiseaux**, les incidences résiduelles en phase exploitation sont qualifiées de faible pour la plupart des espèces identifiées, sauf pour le Milan Royal (modérée) et la Pie-Grièche grise (forte).

Des mesures compensatoires sont ainsi proposées avec notamment ces deux espèces comme cible, mais ces mesures seront également bénéfiques à la plupart des autres espèces présentes. Ces mesures sont précisées dans le dossier de demande de dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces protégées (p. 137 et suivantes de ce dossier – cf. extrait du dossier de dérogation repris en annexe 1).

- Faune en lien avec les milieux aquatiques

En phase d'exploitation, le projet n'aura aucune incidence sur la Miouze : aucun prélèvement dans le cours d'eau, aucun rejet lié à l'activité, gestion adaptées des eaux de ruissellement (cf. précédemment). Il n'aura donc aucune incidence sur la faune piscicole.

Concernant la loutre, la centrale sera éloignée du cours d'eau. Le risque de dérangement dû au bruit, à la fréquentation humaine et à la lumière pourra perdurer mais de façon plus modérée qu'en phase « travaux miniers » (présence humaine nocturne très limitée, éclairage réduit).

Les haies, bosquets et alignements à l'ouest et sud-ouest de la future centrale permettront de réduire les effets (lumière notamment) en bordure de Miouze.

L'incidence sur la loutre ne sera pas significative.

- Milieu humain

Le bruit constitue la principale sensibilité. Dans le cadre de la démarche ERC (Evitement, Réduction, Compensation), une nouvelle étude de modélisation des émissions sonores sera réalisée pour définir les niveaux de bruit et émergences sonores potentielles relatifs à la centrale de production d'électricité, ainsi que des mesures d'atténuation du bruit si nécessaire. Cette étude sera menée dès la phase de conception de l'unité. L'ensemble des éléments sera intégré dans la mise à jour de l'étude d'impact à réaliser pour le dossier réglementaire relatif à la législation des installations classées pour la protection de l'environnement.



Le trafic sera bien plus faible en phase d'exploitation de la ressource qu'en phase travaux et ne générera pas de nuisances significatives, essentiellement les véhicules des opérateurs, et exceptionnellement des engins plus lourds pour la maintenance annuelle notamment.

## 2.2. ANALYSE DES INCIDENCES LIEES A LA LIGNE DE RACCORDEMENT AU RESEAU ELECTRIQUE

Page 15 de l'avis : « *L'Ae recommande de préciser les incidences potentielles du projet sur la biodiversité liées au raccordement au poste de transformation électrique de « Saint-Pierre-Roche ».* »

Le raccordement du projet au réseau électrique sera réalisé par le gestionnaire du réseau de distribution électrique ENEDIS. A cette étape du projet, aucune investigation naturaliste n'a été engagée sur l'emprise du tracé possible (lequel doit encore être défini).

Comme précisé dans l'étude d'impact, ce tracé empruntera essentiellement des bords de chemins et routes, où les enjeux en termes de biodiversité sont plutôt faibles.

Un diagnostic environnemental sera conduit par ENEDIS pour identifier d'éventuelles sensibilités qu'il s'agira de prendre en compte dans le cadre des travaux. Cette expertise permettra le cas échéant d'ajuster le tracé pour éviter des sensibilités majeures.

Les impacts éventuels de ces travaux seront surtout liés au dérangement et nuisances occasionnés par les travaux de terrassements (bruit, poussières ...) et perturbation temporaire du trafic en quelques points.

## 2.3. SUIVI DU PROJET, DE SES INCIDENCES, DES MESURES ET DE LEURS EFFETS

Page 20 de l'avis : « *L'Ae recommande de compléter le dispositif de suivi par des mesures acoustiques et des informations plus précises sur le contenu et la durée du suivi dans le cas de la biodiversité et de prévoir un suivi des mesures d'accompagnement agro-environnementales.* »

### 1. Réponse du pétitionnaire :

Une campagne de mesures de bruit sera réalisée au démarrage du premier forage afin de vérifier la conformité des émissions sonores du projet et l'efficacité des mesures d'atténuation mises en œuvre.

Les suivis en matière de biodiversité et de mesures agro-environnementales sont présentés de façon plus détaillée dans le dossier de demande de dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces protégées (p. 137 et suivantes de ce dossier – fiches mesures en annexe 1 du présent mémoire).

## 3. PRESERVATION DE LA BIODIVERSITE

Page 11 de l'avis : « *L'Ae recommande de compléter l'analyse des habitats naturels, de la faune et de la flore en prenant en compte un cycle biologique complet et de compléter les informations relatives aux zones humides.* »

Calendrier de prospections retenu pour le diagnostic faune/flore :

La mission a démarré fin février 2019. Un pré-diagnostic a été rapidement engagé en mars (12/03/2019 – passage d'un écologue), une note de cadrage a été éditée par la suite, suivie d'une réunion avec la



DREAL (réunion le 29/04/2020) au cours de laquelle le planning des prospections a notamment été présenté et argumenté (sur la base des enjeux identifiés).

#### Informations relatives aux zones humides

Dans l'étude d'impact, un paragraphe spécifique traite des zones humides (p. 82).

Les investigations réalisées ont pointé un habitat humide sur les berges de la Miouze, en limite aval de la parcelle (Ripisylve CB: 44). L'étude de végétation a également mis en évidence la présence de plusieurs habitats humides pro parte (p).

Pour conclure sur la nature humide de la zone, une expertise des sols ou des espèces végétales conformément aux modalités des annexes 1 et 2.1 doit être réalisée en complément.

Comme mentionné dans l'étude d'impact, nous avons utilisé le critère « espèces végétales » en réalisant huit relevés phytosociologiques sur des placettes de végétation représentatives de chaque habitat pro-partie (annexés à l'étude d'impact).

- Les relevés 1 à 6 sont localisés sur la prairie de fauche mésophile submontagnarde 38.23. Cet habitat recouvre plus de 80% de la zone d'étude.
- Le relevé 7 est représentatif de la prairie pâturée 38.1.
- Le relevé 8 est représentatif de la haie boisée ou (Haie arborescente issue de la Chênaie-Frênaie 41.2).
- Le relevé 5 en bordure de prairie est également représentatif de la Haie arbustive à Prunelliers 31.811.
- Le relevé 9 dans le bois anthropique (un habitat non humide ni pro-partie).

Pour l'ensemble de ces relevés, une seule espèce de zone humide, la Reine des prés, a été identifiée au niveau des relevés 5 et 9. Celle-ci n'est pas assez abondante pour qualifier une zone humide.

Les données de l'inventaire zones humides réalisé par l'EP Loire ont été disponibles et nous ont été communiquées en octobre 2020, soit après le dépôt de l'étude d'impact. Les zones humides inventoriées sont reprises sur la carte ci-après.

Cet inventaire confirme l'absence de zone humide sur le périmètre du projet.

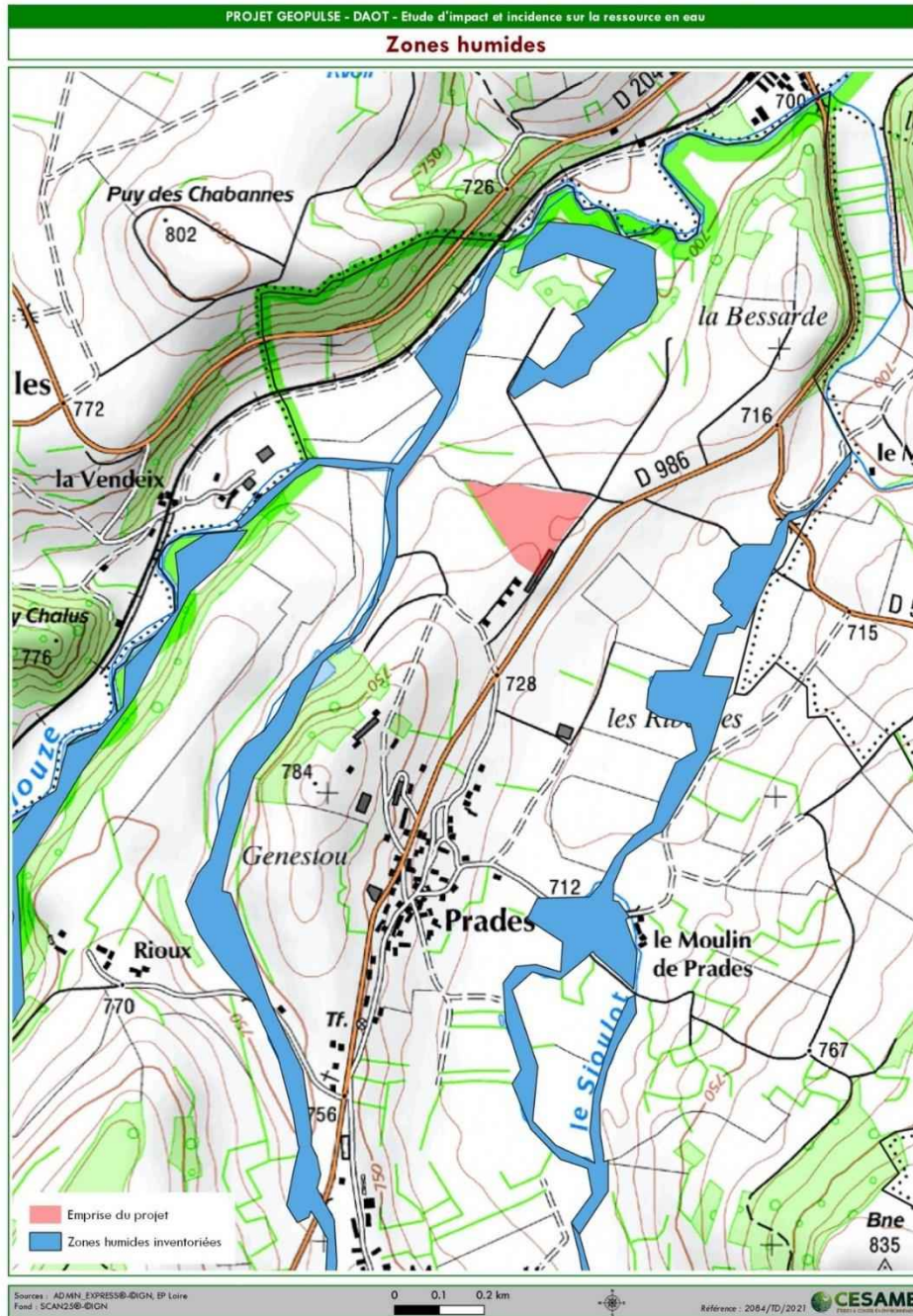


Figure 13 : Cartographie des zones humides autour du projet issue de l'étude d'impact du dossier DAOTM

Page 14 de l'avis : « *L'Ae recommande de définir plus précisément les mesures d'évitement, de réduction et de compensation, et leur suivi dans le temps, notamment celles envisagées en faveur du Milan royal et de la Pie-grièche grise.*

*S'agissant des périodes d'arrêt des travaux, elle recommande d'expliquer pourquoi le pétitionnaire envisage de déroger à cette mesure pour les travaux initiaux et les travaux de remise en état et de prévoir le cas échéant des mesures d'évitement, de réduction ou de compensation complémentaires. »*

La mesure d'évitement est présentée page 224 de l'étude d'impact.

Elle correspond au positionnement du projet dans la parcelle retenue : l'éloignement par rapport à la rivière permet un évitement a priori significatif de l'impact sur la Loutre d'Europe.

Les mesures de réduction sont présentées au fil du texte dans la partie 5° relative à l'analyse des incidences puis synthétisées p.225 et suivantes de l'étude d'impact.

Elles sont détaillées dans le dossier de demande de dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces protégées (p. 137 et suivantes de ce dossier – cf. extrait repris en annexe 1).

Les mesures de suivis en lien avec ces mesures sont également détaillées dans ce même dossier (cf. p.175 et suivantes et en annexe 1 du présent mémoire).

La mise en place d'une **placette d'alimentation** a pour objet de compenser la perte de territoire de chasse pour le Milan royal, aussi bien en hiver qu'en saison de reproduction. L'espèce est relativement tolérante à l'activité humaine et les individus nicheurs sur site sont habitués à une présence continue (nidification au sein du lycée agricole, en bordure immédiate du village de Prades). La réactivation de la placette d'alimentation vise à fidéliser le couple sur site pendant la durée des travaux, et à le maintenir tout au long de l'année malgré le dérangement occasionné par les travaux.

La placette existe, est matérialisée et semble pouvoir être efficace, sous condition d'être alimentée avec des déchets/carcasses compatibles avec les habitudes du Milan royal, ce qui ne semble pas toujours avoir été le cas lors de sa gestion passée par le lycée agricole.

Pour la mise en œuvre des mesures agro-environnementales, des premières réunions ont été engagées avec les exploitants agricoles présents sur les périmètres proposés (réunion en juillet 2020 et en janvier 2021).

Les acteurs locaux (LPO Aura, Chambre d'Agriculture du Puy-de-Dôme et Groupement Technique Vétérinaire d'Auvergne) ont aussi été mobilisés dès début janvier 2021.

Concernant le calendrier des travaux, la période de « repos environnemental » est comprise entre début avril et début septembre. Les travaux de terrassement pourront donc démarrer à partir du mois de septembre.

Il est mentionné p. 191 « *Seuls des travaux de terrassement et de montage / démontage de la machine de forage pourront avoir lieu dès septembre la première année (terrassement) et se prolonger après le 15 mars, le chantier restant interrompu chaque année entre avril et septembre* ».

Le planning considéré par le pétitionnaire s'inscrit bien dans ce cadre.

La première année, les terrassements peuvent commencer à partir du 1<sup>er</sup> septembre. Seules quelques interventions d'approvisionnement en matériel uniquement pourront être engagées à partir de mi-août.

La fin de forage est programmée pour fin février. Ce planning intègre d'ores et déjà des aléas de travaux. En cas d'aléas supplémentaires, une fin de forage à mi-mars n'engendrerait pas d'impact supplémentaire. Le démontage de la machine de forage interviendrait avant le 1er avril. En cas d'aléas de travaux très importants qui engendreraient une fin de forage après le 15 mars, un constat serait établi (notamment en matière d'enjeu écologique), pour le cas échéant définir la procédure la moins impactante permettant de finaliser les opérations en cours.

Parmi les aléas de forage qui peuvent impacter le planning prévu, on peut évoquer :

- Des pertes de matières en cours de forage (fluides, cimentation, etc.) qui nécessiterait un temps supplémentaire pour palier l'aléa (temps pour palier à ces pertes, réalisation d'une cimentation complémentaire, etc.) ;
- Un coincement de garniture de forage dû à des instabilités de terrain ;
- La gestion d'une venue de gaz ou de vapeur en prenant le temps nécessaire au contrôle de puits, etc.

Cette liste est indicative et non exhaustive. Elle permet de comprendre les imprévus que l'on peut rencontrer lors d'un forage et qui nécessitent de prendre le temps d'y palier en toute sécurité.

Les événements listés ci-dessus seront anticipés et le design du puits, des fluides de forage et des moyens employés sont choisis afin de réduire au maximum leur probabilité d'occurrence.

Par ailleurs, différentes phases d'essais sont prévues après réalisation des forages :

- Les trois premières phases de tests sont prévues dans la continuité du forage, avec le RIG encore en place. Elles nécessitent une activité 24 h / 24 et seront réalisées au plus tard au mois de mars (conformément au planning prévisionnel).

- Dans les deux mois suivant le forage, le puits est laissé « au repos ». Sur cette période, des mesures ponctuelles sont prévues (5 à 6 mesures). Elles seront réalisées en journée et ne nécessitent pas de matériel lourd (présence sur quelques heures d'un véhicule léger avec dispositifs de mesures). Ces interventions ponctuelles, réalisées de jour, n'auront aucune incidence significative notamment en termes de biodiversité.

- La dernière phase de test (tests de production) nécessite le montage d'un RIG mobile avec une activité sur site 24 h / 24. Elle doit intervenir :

- au moins deux mois après la fin du forage (pour que la température d'équilibre soit retrouvée) soit fin mai pour un forage terminé fin mars),
- et au moins 1 mois avant l'engagement du forage suivant (durée nécessaire pour exploiter les résultats des tests et décider ou non de poursuivre les investigations).

Sur la base d'un repli du RIG de forage au plus tard au mois de mars, et d'un montage de RIG en octobre pour un démarrage du forage suivant en novembre (nécessaire pour finaliser l'étape de forage au plus tard fin février), cette dernière phase de test doit donc être réalisée entre juin et fin août.

Pour tenir compte des enjeux en termes de biodiversité, elle sera programmée à partir de mi-août. Des mesures seront prises pour réduire les incidences potentielles, notamment une réduction au maximum de l'éclairage.

Ce dérangement très temporaire (6 jours de tests en continu) et tardif n'aura pas d'incidence significative notamment en termes de biodiversité, et plus spécifiquement concernant l'avifaune et les Chiroptères (très faible potentialité de gîte sur la zone du projet, territoire de chasse déjà altéré par les travaux de forage ...).

Enfin, pour la construction de la centrale, les travaux de terrassement pourront également débuter à partir de la mi-août, sans générer d'impact significatif.

Concernant la remise en état du site en cas d'abandon du projet, il est en effet mentionné qu'elle pourra intervenir au mois d'avril.

L'objectif sera de permettre, au plus tôt après démantèlement des installations de forage, la reconstitution d'une prairie naturelle favorable à la grande majorité des espèces qui utilisent actuellement le site.

Les nuisances occasionnées par ces travaux seront très temporaires, les travaux ne seront réalisés que de jour aux horaires normaux de travail. Le dérangement ne sera pas significatif ; les incidences en termes de biodiversité seront positives par rapport à la phase chantier. Aucune mesure compensatoire ne s'impose pour ces travaux de remise en état.

#### 4. LIMITATION DES NUISANCES SONORES

Page 15 de l'avis : « *L'Ae recommande de justifier le choix de l'indice L50 pour la définition des valeurs maximales de bruit durant la phase chantier et de compléter les mesures d'évitement et de réduction afin de limiter les émissions acoustiques à un niveau acceptable pour l'ensemble des habitations concernées. Elle recommande aussi de justifier la conformité de l'ensemble du projet au décret du 30 août 2016.* »

Le dossier de demande d'ouverture de travaux miniers (DAOTM) s'inscrit dans le cadre du code minier et répond notamment, concernant les travaux miniers, aux exigences du décret n°2016-1303 du 4 octobre 2016 et de l'arrêté du 14 octobre 2016, tous deux relatifs aux travaux de recherches par forage et d'exploitation par puits de substances minières. Pour rappel, le contexte réglementaire est précisé dans la pièce 1 chapitre 6 du dossier de DAOTM.

Concernant le bruit, l'article 27 de l'arrêté du 14 octobre 2016 précité mentionne :

*« Avant le début des travaux, une évaluation préalable des niveaux sonores et de leur impact sur les populations riveraines est réalisée et l'exploitant met en place les moyens nécessaires afin d'atteindre le niveau sonore le plus bas qu'il est raisonnablement possible d'atteindre.*

*L'évaluation est proportionnée à l'importance de l'impact prévisible et à la durée du chantier.*

*Toutes les dispositions adéquates sont prises pour réduire les vibrations induites par les activités au niveau le plus bas possible.* »



Il en résulte que le code minier ne définit pas de valeurs limites réglementaires. Par conséquent, par expérience du bureau d'étude acoustique missionné pour ce dossier, il a été jugé pertinent de retenir le référentiel ICPE pour l'analyse de l'ensemble du projet compte tenu de la typologie des activités afin de garder une cohérence dans le référentiel choisi de la phase forage jusqu'à la phase d'exploitation ultérieure.. Ce référentiel définit des niveaux d'émergence ainsi que des émissions maximales en limite de propriété, ainsi qu'une méthodologie à appliquer pour mesurer les niveaux sonores du projet et leur impact potentiel

Pour mesurer les niveaux sonores liés au projet, une campagne de mesures a été menée pour définir le bruit de fond (Rapport sur les mesures réalisées par AIROPTA en annexe 3). Les résultats de cette campagne réalisée en 2019 sont les suivants :

| Périodes et conditions                   | Points de mesures | Niveaux sonores   |            |            | Sources sonores identifiées  |
|--|-------------------|-------------------|------------|------------|--|
|  |                   | LEQ global en dBA | L50 en dBA | L90 en dBA | Dues à l'environnement   |
| <b>JOUR<br/>-<br/>Bruit<br/>RESIDUEL</b> | 2                 | 44,4              | 37,4       | 28,3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Insectes et oiseaux</li> <li>Travaux agricoles</li> <li>Trafic routier (RD986)</li> </ul> |
|  | 3                 | 51,4              | 42,2       | 34,2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Trafic routier (RD204)</li> <li>Travaux agricoles</li> <li>Insectes et oiseaux</li> </ul> |
|  | 4                 | 42,0              | 39,6       | 38,8       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rivière</li> <li>Travaux agricoles</li> <li>Insectes et oiseaux</li> </ul>                |
| <b>NUIT<br/>-<br/>Bruit<br/>RESIDUEL</b> | 2                 | 36,8              | 24,9       | 22,3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Insectes et oiseaux</li> <li>Trafic routier (RD986)</li> </ul>                            |
|  | 3                 | 45,9              | 33,6       | 32,6       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Trafic routier (RD204)</li> <li>Insectes et oiseaux</li> <li>Rivière</li> </ul>           |
|  | 4                 | 41,2              | 38,8       | 38,4       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rivière</li> <li>Insectes et oiseaux</li> </ul>   |

Figure 14 : Résultats des mesures bruit réalisées par AIROPTA en 2019 et identification des sources sonores

Ainsi, selon le référentiel retenu, si la différence LAeq – L50 est supérieure à 5 dB(A), l'indicateur acoustique L50 est utilisé conformément à l'annexe 2.5.b de l'arrêté du 23/01/97 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement. Dans le cas contraire le niveau sonore LAeq est utilisé.

Compte tenu des valeurs mesurées, c'est donc l'indice L50 qui a été retenu. (et donc des valeurs nettement plus basses et contraignantes, notamment en ZER2 au niveau du village de Prades 37,4dB au lieu de 44,4dB notamment le jour et 24,9dB au lieu de 36,8dB la nuit).

Pour tenir compte de l'avis de l'Autorité environnementale, le pétitionnaire réalisera une modélisation acoustique complémentaire sur la base des équipements retenus après appel d'offres. En effet, pour mémoire, les modélisations acoustiques ont été réalisées en retenant une machine de forage avec des émissions sonores majorantes. Cette nouvelle modélisation sera réalisée avant dépôt du programme des travaux de forage. La conformité par rapport au décret n°2006-1099 du 31 août 2006 sera confirmée et les dispositifs détaillés pour atténuer les émissions seront précisés.

## 5. EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE

L'autorité environnementale mentionne qu'il serait « utile de fournir des informations sur les émissions de gaz à effet de serre liées à la production de l'électricité compte tenu de l'objectif affiché pour le projet de contribuer à la réduction des émissions de gaz à effet de serre. Selon la base carbone de l'Ademe, ces émissions sont en moyenne de 55 gCO<sub>2</sub>e/kWh au niveau national et les émissions moyennes de l'électricité produite à partir de ressources géothermiques seraient en moyenne de 45 gCO<sub>2</sub>e/kWh » (page 11 de son avis) et recommande de :

- « **quantifier les émissions de gaz à effet de serre générées par la phase chantier** » (page 16 de son avis) ;
- « **préciser:**
  - **les émissions de gaz à effet de serre prévues durant la phase d'exploitation;**
  - **ainsi que les émissions évitées par le projet en prenant en compte l'ensemble du cycle de vie (phases chantier et exploitation) et en utilisant une référence nationale pour le contenu moyen du kWh d'électricité produit.** » (page 18 de son avis).

La géothermie profonde est une source d'énergie renouvelable et non intermittente qui peut contribuer à la transition mondiale vers un mix énergétique moins carboné et moins émetteur de gaz à effets de serre comme le précise le rapport d'étude DRS-16-157477-00515A du 10/07/2017 de l'INERIS<sup>1</sup>.

Hors contexte accidentel, les principales émissions de gaz liées à une exploitation géothermique sont liées au dégazage du fluide géothermal. Un tel dégazage se produit, par exemple, lors des essais de production, opérations pendant lesquelles du fluide géothermal est pompé et stocké dans un bassin temporaire en surface. Ces essais se déroulent sur une période limitée, allant de quelques jours à quelques semaines.

En ce qui concerne le bilan carbone, la géothermie profonde bénéficie d'un bilan fortement positif : les émissions totales de CO<sub>2</sub> calculées sur toute la vie d'un projet géothermique varient entre 17 et 60 g/kWh produit, soit un à deux ordres de grandeur de moins que le pétrole ou le charbon. L'impact carbone de la géothermie profonde est nettement plus faible que celui des énergies fossiles.

Selon l'INERIS, en compilant les données de huit projets de géothermie en Suisse, aux Etats-Unis et en Allemagne, Hirschberg et al. (2015) ont estimé que les émissions totales de gaz à effet de serre pendant toute la vie d'un projet, calculées par une Analyse du Cycle de Vie (ACV), varient de 17 à 60 g/kWh pour le CO<sub>2</sub>. Cette valeur est un peu plus élevée que d'autres sources d'énergie renouvelable mais elle est nettement inférieure à celle due aux combustibles fossiles, voire même au nucléaire (voir Tableau du rapport de l'INERIS repris ci-après).

---

<sup>1</sup> Rapport d'étude DRS-16-157477-00515A du 10/07/2017 de la Direction des Risques du Sol et du Sous-sol de l'INERIS sur l'état des connaissances sur les risques, impacts et nuisances potentiels liés à la géothermie profonde  
PROJET GEOPULSE- DEMANDE D'AUTORISATION D'OUVERTURE DE TRAVAUX MINIERES DE GEOTHERMIE PROFONDE- MEMOIRE EN REPONSE A L'AVIS  
DE L'AUTORITE ENVIRONNEMENTALE

| Source d'énergie | Emissions (gCO <sub>2</sub> /kWh) |
|------------------|-----------------------------------|
| Eolien           | 9-10                              |
| Hydroélectrique  | 10-13                             |
| Solaire thermal  | 13                                |
| Biomasse         | 14-41                             |
| Géothermal*      | 17-60*                            |
| Nucléaire        | 66                                |
| Gaz naturel      | 443                               |
| Pétrole          | 664-778                           |
| Charbon          | 960-1050                          |

Figure 15 : Tableau extrait du rapport DRS-16-157477-00515A de l'INERIS sur les émissions carbonées liées aux principales sources d'énergie d'après leurs ACV (d'après ADEME, 2010 excepté \* Hirschberg et al., 2015)

Par ce tableau, nous pouvons constater que les émissions carbonées relatives à la géothermie sont faibles par rapport aux centrales thermiques de production d'électricité et proches des niveaux d'émissions des autres énergies renouvelables.

Au cours de la phase chantier, les principales émissions de gaz à effet de serre sont liées à la phase de foration car il est généralement nécessaire de faire appel à des moteurs thermiques pour réaliser les forages, l'acheminement du matériel, le montage des installations, etc.

Afin d'apporter des compléments relatifs aux recommandations de l'AE sur les émissions de gaz à effet de serre générées par le projet en prenant en compte l'ensemble du cycle de vie, notamment lors de la phase chantier, nous nous baserons sur le rapport BRGM/RP-60965-FR de décembre 2011<sup>2</sup>, dans lequel le BRGM, en collaboration avec l'ADEME, se penche sur la mise au point d'une méthodologie d'évaluation des impacts environnementaux adaptée à la filière EGS<sup>3</sup> et basée sur l'analyse du cycle de vie.

Cette étude apporte des résultats sur la performance environnementale des systèmes géothermiques EGS en considérant différents scénarios reflétant plusieurs options réalistes de conception basés sur dix études de cas.

Il en résulte que la géothermie profonde, malgré le besoin relativement important d'énergie et de matériau requis pour la construction des infrastructures, montre des performances environnementales comparables à celles des autres énergies renouvelables sur leur cycle de vie, et les impacts environnementaux sont nettement inférieurs à ceux des centrales électriques conventionnelles, notamment concernant les émissions carbonées, comme le montrent les graphiques ci-dessous (extraits du rapport du BRGM 2011).

<sup>2</sup> Rapport BRGM/RP-60965-FR de décembre 2011 sur l'éco-conception de centrales géothermique EGS par la méthodologie ACV

<sup>3</sup> « Enhanced Geothermal Systems » - ou Systèmes Géothermiques Stimulés, correspondant à la géothermie profonde des réservoirs fracturés, semblable au projet Geopulse, qui vise à capter des fluides géothermaux présents dans des réservoirs naturellement fracturés.



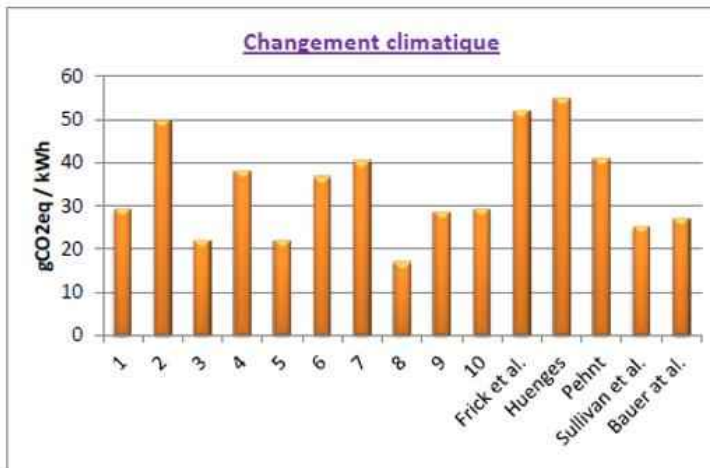


Figure 24 - Résultats des dix études de cas : changement climatique.

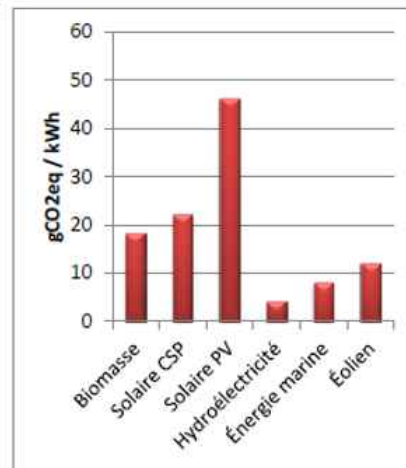


Figure 25 - Résultats ACV d'autres technologies (Moomaw et al., 2011).

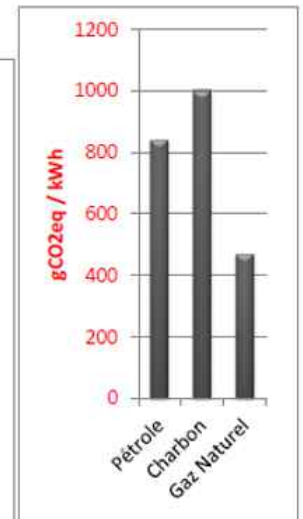


Figure 16 : Figures extraites du rapport BRGM/RP-60965-FR de 2011 présentant les résultats ACV d'émissions CO<sub>2</sub> eq/kWh des études de cas de géothermie profonde en comparaison à d'autres technologies

Les émissions de gaz à effet de serre résultant des 10 études de cas sont dans un intervalle de 16,9 à 49,8 gCO<sub>2</sub>eq/kWh et sont comparables à ceux observés lors de la veille bibliographique réalisée par le BRGM dans le cadre de son étude. Les performances environnementales de la géothermie profonde – EGS – sont comparables à celles des autres énergies renouvelables et largement meilleures que celles des technologies traditionnelles, quand bien même des combustibles fossiles sont utilisés lors des opérations de forage<sup>4</sup>. Dans le cadre de Geopulse, le choix d'un RIG capable de se connecter au réseau électrique sera privilégié.

Pour finir, concernant les émissions de gaz à effet de serre évitées, le bilan varie selon le référentiel utilisé. Afin de répondre à la recommandation de l'Autorité environnementale, les calculs d'émissions évitées estimées en fonction du référentiel sont les suivantes :

- 596 tonnes de CO<sub>2</sub>e évitées selon le référentiel français ;
- 10 040 tonnes de CO<sub>2</sub>e évitées selon le référentiel européen proposé par l'Ae, et de 15 000 tonnes de CO<sub>2</sub>e évitées selon le facteur du mix moyen européen indiqué sur la base Carbone de l'Ademe.

Les hypothèses prises pour les calculs sont :

- Une centrale géothermique de 5 MWe fonctionnant 8000 heures, avec un facteur d'émission de 0,045 kgCO<sub>2</sub>e/kWh (donnée Base carbone de l'Ademe) ;
- Un facteur du mix énergétique de la France continentale de 0,0599 kgCO<sub>2</sub>e/kWh (Base carbone de l'Ademe pour 2020) ;
- Un facteur du mix énergétique européen de 0,296 kgCO<sub>2</sub>e/kWh comme suggéré par l'Autorité environnementale dans son avis, ainsi que le facteur indiqué dans la base Carbone de l'Ademe pour le mix moyen de production d'électricité en Europe de 0,420 kgCO<sub>2</sub>e/kWh.

<sup>4</sup> A noter que la machine de forage et les têtes de forage ne sont pas incluses dans le calcul de leur étude. La quantité de combustible et ciment pour la préparation du site est également négligée.

## 6. INTEGRATION PAYSAGERE

Page 19 de l'avis : « *L'Ae recommande de fournir des informations sur les dimensions et l'aspect des unités de production d'électricité et des équipements annexes et d'analyser d'ores et déjà les conditions de leur intégration paysagère en cohérence avec le patrimoine environnemental du secteur.* »

Le site de projet s'implante dans un espace rural, agricole et bocager, principalement dédié à l'élevage, et identitaire du territoire. Du fait de la forte présence de linéaires végétaux, le projet sera relativement isolé et peu visible dans le paysage proche. En effet, les haies bocagères, les alignements, les boisements, et les ripisylves des cours d'eau, cloisonnent les perceptions autour du site.

Depuis la départementale 986, passant à l'Est du périmètre de projet, une haie bocagère filtre les vues. **Ainsi, hors période de présence du RIG, les installations en fin de forage seront quasiment imperceptibles. En revanche, lors des périodes de forage, le RIG, d'une hauteur de 30-45 m, émergera de la haie et sera d'autant plus visible que les arbres n'auront plus leur feuillage entre novembre et mars** (période définie pour les forages afin de respecter les périodes de « repos environnemental »). **C'est pour cela que l'étude d'intégration paysagère du projet est centrée sur la phase chantier de forage.**

Hors période de forage, les aménagements au sol (plate-forme, base vie, zone de stockage...) seront moins visibles, car largement masqués par la végétation périphérique.

L'impact visuel et paysager en phase de travaux miniers sera donc modéré à fort, mais sur une courte durée (périodes de 3 à 4 mois essentiellement en hiver pour la machine de forage, sur une période de 4 ans environ pour l'ensemble du chantier).

Pour rappel, afin de limiter l'impact des installations, des mesures paysagères ont été envisagées. La première des mesures a été le choix d'un site adapté et constitue la base des mesures d'évitement :

- Site en dehors des zones à enjeux paysagers (monuments historiques, site UNESCO « Chaîne des Puys - Faille de Limagne » et sa zone tampon...).
- Absence de chemin de randonnée notamment sur les abords du site.
- Préservation des haies et bosquets existants autour du site.
- Eloignement du projet du cours d'eau la Miouze.

**Un complément au volet intégration paysagère du chantier de forage réalisé par l'Atelier Détroit en janvier 2021 est en annexe 2A.**

Pour ce qui est de la phase exploitation, du fait de la forte présence de linéaires végétaux, le projet devrait être peu visible dans le paysage proche. Les haies et bosquets existants autour du site seront préservés.

**Une étude préliminaire d'intégration paysagère réalisée par TLS Geothermics sur la base d'une centrale de 5 à 6 MW est en annexe 2B.**

Une nouvelle évaluation environnementale sur le principe ERC (Evitement/Réduction/Compensation) sera réalisée pour le volet intégration paysagère lors de la conception de la centrale de production, et sera intégrée dans la mise à jour de l'étude d'impact.

## 7. COMPATIBILITE DES RISQUES INDUSTRIELS AVEC LA SECURITE PUBLIQUE

Page 21 de l'avis : « En cas de de fuite, l'eau géothermale sera confinée dans la cave puis évacuée en filière adaptée. La capacité de stockage et la justification du dimensionnement ne sont pas fournies dans le dossier, elles devraient être précisées. [...]

Une matrice des risques est établie en croisant ces deux paramètres et conduit à une qualification du risque selon trois niveaux; acceptable, tolérable, non acceptable[...]

Le dossier ne précise pas les références méthodologiques utilisées. La qualification du niveau d'acceptabilité en fonction de l'occurrence et de la gravité ne semble pas pertinente. [...]









Compte tenu des éléments présentés, l'affirmation selon laquelle «aucun risque industriel majeur n'est identifié sur le projet» n'est pas suffisamment étayée et démontrée.

**L'Ae recommande de revoir la qualification des risques industriels, en fonction de leur occurrence et de leur gravité et, le cas échéant, d'adopter des mesures complémentaires pour permettre de les éviter ou de les réduire. »**

### 7.1. REVISION DE LA QUALIFICATION DES RISQUES INDUSTRIELS EN FONCTION DES PHASES DU PROJET DE GEOTHERMIE PROFONDE

Afin de répondre à la recommandation de l'autorité environnementale, l'évaluation des risques industriels liés à la géothermie profonde et identifiés dans le cadre du projet Geopulse en partie 5 du dossier de DAOTM a été détaillée par phase projet en se basant sur la méthodologie du rapport d'étude DRS-16-157477-00515A de l'INERIS du 10/07/2017<sup>5</sup> dont les critères d'appréciation des risques sont présentés ci-dessous.

Tableau 6. Critères d'appréciation des risques-impacts-nuisances liés à la géothermie profonde

| Probabilité   |  | Gravité   |  |
|---|--|---|--|
|  | P0 : peu plausible et jamais observé.  |  | G0 : pas de gêne ressentie ni d'impact notable sur les biens ou l'environnement  |
|  | P1 : peu probable avec les techniques ou pratiques récentes mais déjà observé au moins une fois. |  | G1 : gêne limitée, impact environnemental de faible intensité ou peu étendu <sup>a</sup>   |
|  | P2 : probable sur la durée de vie du système même avec des techniques ou pratiques récentes.     |  | G2 : gêne significative, impact chronique sur la santé, dommages non structurels <sup>b</sup> aux biens, impact environnemental d'intensité et d'étendue significatives <sup>c</sup> |
|  | P3 : très probable, peut même se produire plusieurs fois pendant la durée de vie du système.     |  | G3 : atteinte à la sécurité des personnes, dommages structurels aux biens, impact environnemental d'intensité et d'étendue importantes <sup>d</sup>                                  |

<sup>a</sup> limité à l'emprise du site ou de l'ordre de la dizaine de mètres alentour

<sup>b</sup> qui ne portent pas atteinte à l'intégrité globale des bâtiments ou infrastructures

<sup>c</sup> de l'ordre de quelques dizaines à centaines de mètres autour du site

<sup>d</sup> au-delà de plusieurs centaines de mètres autour du site

Figure 17 : Matrice d'appréciation des risques liés à la géothermie profonde selon la méthodologie de l'INERIS dans son rapport DRS-16-157477-00515A du 10/07/2017

<sup>5</sup> Rapport d'étude DRS-16-157477-00515A de l'INERIS du 10/07/2017 sur l'état des connaissances sur les risques, impacts et nuisances potentiels liés à la géothermie profonde

Comme précisé dans le dossier, le niveau de risque et, par conséquent, son degré d'acceptabilité est déterminé par la combinaison de la probabilité de survenue de l'accident et la gravité de ses conséquences.

Il s'exprime au travers d'une nouvelle matrice qui combine les deux précédentes et identifie trois niveaux de risques :

- Risque faible, dit acceptable, en jaune clair ;
- Risque moyen, dit modéré, en jaune foncé ;
- Risque élevé, dit non acceptable, en orange.

Afin de compléter l'évaluation des risques réalisée dans le cadre de notre demande d'autorisation d'ouverture de travaux miniers pour le projet Geopulse, il nous paraît utile de proposer une nouvelle évaluation par phase projet en se basant sur la méthodologie présentée ci-dessus (issue du rapport de l'INERIS précité) pour les risques potentiels spécifiques à la géothermie, à savoir :

- Déversement accidentel de produit (ou Fuite/débordement en surface), nommé « Dév » ;
- Fuite d'eau géothermale salée, nommé « FuiteGeo » ;
- Exposition à la radioactivité naturelle, nommé « Rad » ;
- Emanation de gaz (ou émission de gaz dissous), nommé « Gaz » ;
- Sismicité induite, nommé « SisInd ».

L'appréciation qualitative permettant de comparer les risques proposés dans le rapport de l'INERIS est une appréciation générique, qui n'a pas vocation à se substituer à l'analyse spécifique qui doit être réalisée dans le contexte de chaque site. C'est pourquoi, pour chaque risque identifié, les phénomènes potentiellement engendrés sont explorés. Et pour chaque phénomène, les mesures adaptées de prévention, de protection ou d'intervention sont décrites (cf. pièce 5 du dossier de DAOTM).

Ce complément d'analyse de risques s'est appuyé sur le rapport de l'INERIS de 2017 précité, sur l'expérience de STORENGY, de l'ensemble de la profession, mais également sur la nature du projet, le contexte géologique, les techniques et méthodes de forage et d'essais prévus, les dispositifs de surveillance, etc.

La classification des risques listés précédemment, en fonction des critères de probabilité de survenue et de gravité des conséquences d'un accident, est présentée dans les matrices ci-après.

| Forage                   |    | Probabilité de survenue |              |     |    |
|--------------------------|----|-------------------------|--------------|-----|----|
|                          |    | P0                      | P1           | P2  | P3 |
| Gravité des conséquences | G0 |                         | Rad          |     |    |
|                          | G1 |                         | SisInd       | Dév |    |
|                          | G2 |                         | FuitGeo/ Gaz |     |    |
|                          | G3 |                         |              |     |    |

| Essais                   |    | Probabilité de survenue |              |            |    |
|--------------------------|----|-------------------------|--------------|------------|----|
|                          |    | P0                      | P1           | P2         | P3 |
| Gravité des conséquences | G0 |                         | Rad          |            |    |
|                          | G1 |                         |              | Dév/SisInd |    |
|                          | G2 |                         | FuitGeo/ Gaz |            |    |
|                          | G3 |                         |              |            |    |

| Exploitation             |    | Probabilité de survenue |             |    |    |
|--------------------------|----|-------------------------|-------------|----|----|
|                          |    | P0                      | P1          | P2 | P3 |
| Gravité des conséquences | G0 |                         |             |    |    |
|                          | G1 | Dév                     | SisInd/ Rad |    |    |
|                          | G2 | Fuite Geo               | Gaz         |    |    |
|                          | G3 |                         |             |    |    |

Figure 18 : Classification des risques liés à la géothermie profonde pour le projet Geopulse en fonction de la probabilité de survenue et de la gravité des conséquences d'un accident.

## 7.2. LE RISQUE DE DEVERSEMENT ACCIDENTEL – DEBORDEMENT EN SURFACE

En complément de l'analyse des risques présentée dans le chapitre 1.6 de la pièce 5 du DAOTM notamment concernant la gestion du risque de déversement de produits, on peut indiquer que le dispositif de fabrication de boues de forage est un système qui fonctionne en circuit fermé et qui ne génère aucun rejet d'effluents vers le milieu naturel. Les risques de remontée de boue dans le forage sont contrôlés.

Par ailleurs, en cas de déversement accidentel, la présence d'un bassin équipé d'une vanne de fermeture permet également d'empêcher tout rejet vers le milieu naturel (eaux superficielles) en cas d'incident et de déversement en surface.

**Le risque de déversement accidentel est classé en probabilité (P2) gravité (G1) en phases forage et essais, et en probabilité (P0) gravité (G1) en phase exploitation.**

## 7.3. LE RISQUE DE FUITE D'EAU GEOTHERMALE SALEE

[Page 14 de l'avis](#) : « Il serait par ailleurs utile de préciser et de justifier la capacité de la cave destinée à stocker temporairement le fluide géothermal, en cas de fuite. »

Comme précisé dans le chapitre 1.7 de la pièce 5, chaque tête de puits sera équipée en permanence pendant les phases de forage des niveaux potentiellement éruptifs de bloc d'obturation de puits – BOP (obturateurs de sécurité) permettant une fermeture d'urgence. Les paramètres de forage et de boues sont constamment surveillés permettant une identification rapide d'une venue ou d'une éruption.

Dans le cas très improbable de fuite d'eaux géothermales aux environs de la tête de puits (quantité très faible du fait des moyens de sécurité en place), les caves récupéreront naturellement les fluides qui seront pompés et évacués pour traitement.

Concernant la phase exploitation, l'analyse de risque est présentée aux chapitres 2.2 et 2.3 de la pièce 5.

**Le risque de fuite d'eau géothermale salée est classé en probabilité (P1) gravité (G2) pour les phases de forage et essais, et en probabilité (P0) gravité (G2) en phase exploitation.**

#### 7.4. LE RISQUE D'EXPOSITION A LA RADIOACTIVITE NATURELLE

Les opérations de géothermie profonde ne génèrent pas en elles-mêmes de radioactivité mais elles conduisent à faire remonter en surface deux types de matériaux potentiellement radioactifs d'origine profonde :

- Des déblais de forage : il s'agit de volumes de matériaux limités (de l'ordre de 20 m<sup>3</sup> par kilomètre foré), produits pendant une phase relativement courte ;
- Le fluide géothermal, produit en plus grande quantité et pendant une plus longue période.

Le phénomène redouté est une exposition au rayonnement radioactif des travailleurs. Comme précisé dans l'analyse du chapitre 1.8 de la pièce 5 du dossier de DAOTM, « L'eau souterraine peut présenter une radioactivité naturelle. Elle est due à la présence de certains radionucléides naturels et dépend de la nature géologique des terrains traversés, du temps de contact, de la température et de la solubilité des éléments rencontrés. Le granite contient des radionucléides qui sont lessivés par la saumure.

Toutefois, la radioactivité des fluides géothermaux reste généralement très faible en particulier lorsqu'ils circulent, du fait de la faible solubilité et la faible concentration de ces particules dans le fluide. En revanche, ce risque peut s'intensifier lorsque ces particules s'accumulent, se concentrent et se fixent en formant des précipités au niveaux des installations de surfaces ce qui est possible en phase d'exploitation mais peu probable en phase de forage.

La concentration sera mesurée au moment des essais via la mesure de « débits de dose » sur l'eau géothermale, unité référence pour la réglementation en matière de radioprotection (1mSv par an) à l'aide d'un radiamètre. »

Par ailleurs, concernant la phase exploitation de la centrale de production, des éléments sont également précisés dans le paragraphe 2.4 de la pièce 5 sur le risque environnemental et sanitaire généré par la géochimie de l'eau lors de la phase exploitation et notamment que « Le phénomène redouté est une exposition au rayonnement radioactif des travailleurs au travers du potentiel dépôts de radionucléides dans les filtres.

Le granite contient des radionucléides lessivés par la saumure. Le rayonnement naturel est dû à la précipitation de phases minérales néoformées de type sulfates et sulfures. Le colmatage pourrait alors se former dans les installations de surface en raison de la baisse de température comme cela est observé sur le site de Rittershoffen en Alsace. L'expérience en Alsace témoigne d'une faible radioactivité des dépôts sur les parois de divers équipements.

Dans un délai de six mois suivant le démarrage des travaux d'exploitation, il sera réalisé une caractérisation des substances susceptibles de contenir des radionucléides conformément à la réglementation (rayonnement gamma, 40K, 238U et 232TH). Cette caractérisation radiologique sera



réalisée par des organismes accrédités par le Comité français d'accréditation (COFRAC). Le résultat de cette caractérisation sera comparé aux valeurs limites d'exemption pour les radionucléides naturels fixées dans le tableau 1 de l'annexe 13-8 du code de la santé publique afin de conclure sur le caractère SRON (Substances radioactive d'Origine Naturelle).

Si une ou plusieurs des concentrations d'activité en radionucléides naturels dépassent la valeur limite d'exemption, la substance concernée est une substance radioactive d'origine naturelle.

Si des dépôts radioactifs sont identifiés, des règles de protection spécifiques pour les travailleurs et pour l'élimination seront mises en place : ces dépôts seront alors classés NORM (Matières radioactives naturelles) et nécessiteront l'intervention de l'ANDRA (Agence nationale de gestion des déchets radioactifs). L'évacuation sera assurée par un organisme accrédité conformément à la réglementation.

Conformément à la réglementation, les dépôts de minerais ou de déchets qui contiennent des substances radioactives au sens de l'article L. 542-1-1 du code de l'environnement, mais ne relèvent pas de la nomenclature des installations classées, feront l'objet d'une surveillance par l'exploitant. Les règles et procédures de protection spécifiques pour les travailleurs sont décrites dans la pièce 7 du présent dossier. [...]»

**Le risque d'exposition à la radioactivité naturelle est classé en probabilité (P1) et gravité (G0) pour les phases forage et essai, et en probabilité (P1) gravité (G1) en phase exploitation de la centrale de production.**

## 7.5. LE RISQUE SANITAIRE DE PRODUCTION DE GAZ GEOTHERMAUX – ÉMANATION DE GAZ DISSOUS

[Page 17 de l'avis](#) : « Le risque d'éruption de gaz en provenance du puits de forage est aussi évoqué. Plusieurs mesures sont envisagées mais elles sont renvoyées à des études ultérieures. Il serait nécessaire de préciser les mesures prises pour réduire ce risque. »

Comme précisé dans le chapitre 1.9 de la pièce 5 du DAOTM, les phénomènes redoutés sont l'intoxication, l'asphyxie ou des dommages matériels liés à l'émanation de gaz géothermaux qui nécessitent des modes opératoires adaptés.

Le risque de venue de gaz est limité dans ce sous-sol, néanmoins tous les dispositifs de mesure et de contrôle de venue seront mis en place. En complément de l'analyse de risque présentée dans la pièce 5 du dossier, nous pouvons préciser que les équipements prévus lors du forage notamment comprendront :

- Des détecteurs de gaz au niveau de la goulotte de sortie de puits (flow line), tamis vibrateurs, quartier boue, plancher de forage. Une redondance de ces détecteurs est assurée par la société de mudlogging<sup>6</sup> en plus des équipements de l'entreprise de forage ;
- Des capteurs de température et de poids de boue au niveau des flow lines ;
- Des détecteurs de niveau de liquide dans les bacs à boue, avec alarme, redondance des détecteurs et enregistrement des données ;

---

<sup>6</sup> Technicien en charge de la surveillance des paramètres du forages et plus spécifiquement du fluide de forage plus communément boue de forage « mud » en anglais

- Des détecteurs de débits au niveau de la goulotte avec alarme et enregistrement des données ;
- Des compteurs de coups des pompes de forage.
- Un système de mesure des potentielles différences de volume en cours de manœuvre des tiges.

En plus de ces moyens de sécurité, le personnel est formé pour analyser les changements de paramètres de forage indiquant une potentielle venue.

Des contrôles du niveau de puits à l'arrêt seront mis en place au moindre signe de potentielle venue et avant toute opération spécifique pouvant potentiellement entraîner des venues. Ces contrôles, d'une durée minimale de 15 minutes, devront perdurer jusqu'à ce que le puits soit stable. Le moindre doute entraînera la fermeture du puits par un obturateur.

Les moyens mis en œuvre pour répondre à un risque de venue sont repris dans la pièce 7 – dossier Santé Sécurité – Chapitre 2.3.2 « exposition aux risques » du dossier de DAOTM.

Il convient de rappeler également que le design du puits et le choix des fluides et équipements de forage sont réalisés afin de limiter au maximum les venues du puits.

Chaque tête de puits sera équipée en permanence pendant les phases de forage des niveaux potentiellement éruptifs de bloc d'obturation de puits – BOP (obturateurs de sécurité) permettant une fermeture d'urgence en toutes circonstances. Le personnel qui intervient pendant le forage et qui pilote les opérations est habilité et qualifié. Il est formé à repérer et à agir sur les paramètres de forage de façon à contrôler la situation, pour maintenir la pression et éviter l'éruption de tous fluides en surface.

Dans le cas précis de Geopulse (PER Sioule Miouze) aucune zone de surpression ou de potentielle source de venue n'est identifiée. Pour autant, du fait du caractère exploratoire du projet, le risque de venue sera considéré pour l'ensemble des opérations et les mesures de prévention appliquées telles que précisé ci-dessus.

**Le risque d'émanation de gaz est par conséquent classé en probabilité (P1) et gravité (G2) pour toutes les phases du projet.**

## 7.6. LE RISQUE DE SISMICITE INDUITE

En complément des éléments transmis dans la pièce 5 du dossier de DAOTM, nous précisons en introduction les définitions des termes suivants :

**Séisme induit** : activité sismique générée par une activité humaine qui ne serait jamais apparue sans l'intervention de l'homme.

**Microséisme** : tout type d'activité sismique de très faible magnitude, généralement inférieure à 2. Cette magnitude correspond à peu près à la magnitude à partir de laquelle un évènement naturel ou induit peut-être ressenti par les populations en surface.

*« Comme beaucoup d'activités anthropiques induisant des changements de contraintes dans le sous-sol (...), la géothermie profonde peut occasionner des relâchements dynamiques de contraintes («séismes»), dont les ondes peuvent parfois être ressenties en surface.*



On distingue généralement les « séismes » (dont les ondes sont ressenties en surface) et les « microséismes » (dont les ondes sont mesurables par des capteurs mais non ressenties par l'homme). La limite entre les deux se situe généralement autour d'une magnitude de 2.

(...) Il est courant de faire la distinction entre les séismes « induits », c'est-à-dire directement liés aux activités anthropiques concernées (en l'occurrence les opérations de géothermie) et les séismes « déclenchés », c'est-à-dire qui auraient éventuellement eu lieu de façon naturelle mais dont l'apparition a été favorisée par ces activités. » Extrait du rapport INERIS édité en 2017 (DRS-16-157477-00515A).

**Les séismes induits de type G2 et G3 sont rares sur des projets de géothermie profonde, ils sont liés à la fois à des contextes géologiques et des opérations spécifiques.**

Les séismes induits par des projets de géothermie dans le monde ont très rarement provoqué des dégâts de catégorie G3 comme à Pohang (Corée du Sud, 2017). Quelques-uns ont engendré des dégâts non-structuraux de catégorie G2 comme à Bâle (Suisse, 2006) ou plus récemment à Vendenheim (France, Alsace, 2020). Ces projets ont ciblé des contextes géologiques et des systèmes géothermiques bien spécifiques avec des roches à de grandes profondeurs<sup>7</sup> (de l'ordre de 5 km), peu perméables<sup>8</sup>, sans circulation d'eau préexistante et qui ont enregistré au cours de l'injection programmée de fluide (lors des opérations de stimulation hydraulique ou d'essais d'injection dans les forages), des surpressions importantes à l'origine de la sismicité induite observée.

**Le système géothermique ciblé par le projet Geopulse est naturellement perméable, c'est un autre contexte géologique.**

Il est important de souligner que le projet Geopulse vise à exploiter un contexte géologique très différent des projets cités précédemment: une zone du sous-sol moins profonde (3 km) dans laquelle l'eau circule déjà naturellement avec perméabilité<sup>9</sup> préexistante qui permet de remonter du fluide chaud à une profondeur modérée, ces zones étant formées par des failles anciennes naturellement très perméables. La circulation d'eau préexistante au sein de ces systèmes permet de facto de minimiser l'accumulation des contraintes (forces) mais aussi des surpressions lors des essais et en exploitation car ce sont des systèmes qui présentent une propension à absorber et relâcher rapidement les pressions par nature.

Le contexte géologique visé dans le projet Geopulse est un analogue des sites de géothermie exploités depuis des années sans problèmes majeurs de sismicité aux USA (Basin & Range) mais aussi en Turquie. Ces systèmes par failles sont répandus et exploités dans le monde, pas encore en France.

L'ensemble des mesures et des études géologiques réalisées en amont a conduit à identifier des éléments indépendants et concordants permettant d'implanter les puits dans ces zones spécifiques perméables, ces failles anciennes qui constituent l'objectif visé par le projet Geopulse et le futur « réservoir géothermique », comme cela est précisé dans le chapitre 1 du présent mémoire pour justifier le choix de la localisation de la parcelle.

---

<sup>7</sup> La profondeur influe sur l'accumulation des forces dans le sous-sol et sur sa perméabilité.

<sup>8</sup> La perméabilité de la roche est une caractéristique propre et représente sa capacité à laisser circuler un fluide sous l'effet d'un différentiel de pression. Plus une roche est perméable, moins on applique de surpression pour pouvoir y injecter du fluide.

<sup>9</sup> La perméabilité de la roche est sa capacité à laisser circuler un fluide sous l'effet d'un différentiel de pression. Plus une roche est perméable, moins on applique de surpression pour pouvoir y injecter du fluide.

La probabilité d'un événement de sismicité induite (P1) est justifiée du fait du contexte géologique du réservoir géothermique visé par le projet Geopulse sur les phases de forage et exploitation.

**Les opérations prévues dans le cadre du projet Geopulse, ne sont pas dimensionnées pour être à l'origine de surpressions importantes au moment du forage, des essais (stimulation) et de l'exploitation.**

Du fait de la nature même de la cible géothermique visée par le projet Geopulse, aucune opération de fracturation hydraulique n'a été prévue, elle est en effet totalement exclue des pratiques qui seront mises en œuvre sur toutes les phases du projet, du forage à l'exploitation en passant par les essais. Si les zones ciblées par le projet n'étaient pas suffisamment perméables, à l'issue des phases de forages et d'essais, le système géothermique ne serait pas qualifié pour être exploité et le projet serait interrompu à l'issue de l'exploration du sous-sol et abandonné sans être mis en exploitation.

Par ailleurs, le projet Géopulse prévoit de mettre en place les mesures opérationnelles suivantes, recommandées dans le rapport INERIS de 2017, de façon de permettre de mieux maîtriser ce risque, notamment :

- « maintenir la pression d'injection en dessous d'un certain seuil (à adapter pour chaque site), (...);
- mettre en place un réseau efficace de surveillance microsismique permettant d'analyser les données en quasi-temps réel et de modifier en conséquence les paramètres d'injection ; »

Un réseau de surveillance microsismique avec système d'alerte en temps réel, sera mis en place, comme précisé dans le dossier de DAOTM, notamment dans la pièce 5. Il permettra pendant l'ensemble des phases de forage, d'essai et d'exploitation d'ajuster les opérations (donc les pressions appliquées au réservoir) en fonction des seuils de magnitudes microsismiques atteints, selon une procédure de type « Traffic Light System ». Les effets d'un séisme, à magnitude égale, dépendant du site, ces seuils sont en cours d'étude par un organisme indépendant reconnu, l'INERIS, afin de les adapter au site du projet. Cette procédure a pour but d'éviter tout événement de gravité supérieure à G1 sur l'ensemble des phases de forage, d'essais et d'exploitation.

**Les opérations prévues dans le cadre du projet Geopulse ne sont pas calibrées pour induire des surpressions importantes au moment du forage.**

Aucun désordre constaté, et aucun risque de type G2 ou G3 de sismicité induite précédemment cités n'a eu lieu au cours des opérations de forage. En effet, même s'il existe quelques cas où du fait du poids de la colonne du fluide de forage, des effets similaires peuvent être induits, ils demeurent très rares. Le fluide de forage a une densité préalablement calculée qui est maîtrisée dans le cadre d'un projet de géothermie : la densité est un paramètre clef qui est mesuré et contrôlé en continu pendant le forage par les opérateurs de muddlogging<sup>10</sup>.

De plus, dans le cadre de de Geopulse, la densité du fluide prévue pour le projet a été dimensionnée de façon à ce qu'une pression maîtrisée de quelques bar s'applique sur la roche forée, juste adaptée pour maintenir et pouvoir contrôler les fluides qui sont présents dans la roche en place, dans le forage, comme cela est classiquement pratiqué pour un forage standard, sans fracturer la roche.

---

<sup>10</sup> Technicien en charge de la surveillance des paramètres du forages et plus spécifiquement du fluide de forage plus communément boue de forage « mud » en anglais.

Les évènements de sismicité induites n'ont pas lieu au moment du forage, mais consécutivement à la mise en œuvre d'opérations de stimulation hydraulique ou d'injection de fluide sous pression par les opérateurs lors des essais.

Les premiers indices sur la présence de zones naturellement perméables, visées par le projet Geopulse, seront appréhendés au moment du forage par les différents paramètres mesurés en temps réel (surveillance du volume de fluide de forage, poids sur l'outils, etc..). Le calcul de la perméabilité, et la qualification d'une ressource géothermique, seront effectivement réalisées à la suite de la mise en œuvre des essais de production/injection et de l'analyse de l'ensemble des informations et des mesures collectées au cours des forages.

**La gravité d'un événement de sismicité induite a de ce fait été positionnée en (G1) pendant la phase de forage.**

**Les opérations prévues dans le cadre du projet Geopulse, ne sont pas dimensionnées pour induire des surpressions importantes au moment des essais.**

Des opérations de nettoyage de puits, classiquement réalisées pour les forages d'eau, sont prévues dans le cadre du projet, par la mise en œuvre d'une circulation de fluide chimique spécifique et adapté au besoin. Ces opérations sont plus couramment appelées acidification ou stimulation chimique, avant les essais de production et d'injection. Ces opérations sont classiquement réalisées sur tous les forages de géothermie profonde en France et à l'international. Ces opérations seront monitorées et suivies, en particulier pour contrôler la modération de la pression lors de ces phases.

Les essais d'injection qui permettront de pouvoir mesurer et calculer la perméabilité du sous-sol seront réalisés avec un pilotage et un monitoring de la pression exercée, de façon à conserver une maîtrise des opérations sans exercer des pressions au-delà des valeurs seuils préalablement fixées. Les essais de production et d'injection instrumentés permettront de mesurer plus précisément la perméabilité des zones les plus prometteuses par les mesures simultanées de pression et de débit.

Ces opérations de nettoyage de puits et d'essais seront ainsi effectuées suivant les recommandations :

- « *maintenir la pression d'injection en dessous d'un certain seuil (à adapter pour chaque site), (...);*
- *mettre en place un réseau efficace de surveillance microsismique permettant d'analyser les données en quasi-temps réel et de modifier en conséquence les paramètres d'injection ; »*

Il est en effet prévu pour les essais d'injectivité de ne pas excéder une limitation de la surpression maximum appliquée correspondant à un gradient de pression de 1,15, qui représente une valeur dans la limite basse (par rapport à celui déjà utilisé pour d'autres applications sous-sol) et avec une implémentation très progressive. **Aucune stimulation hydraulique ne sera mise en œuvre.**

**La probabilité d'un événement de sismicité induite lors de la phase des essais est de (P2).** Cette estimation reste tout de même majorante dans le contexte du projet Geopulse.

**La gravité d'un événement de sismicité induite a été de ce fait positionnée en (G1) pendant la phase d'essais.**

**Les opérations prévues dans le cadre du projet Geopulse, ne sont pas dimensionnées pour induire des surpressions importantes au moment de l'exploitation.**

La poursuite du projet et son exploitation seront validées à l'issue d'une analyse des informations collectées au cours de la phase exploratoire (forage, essais) et également au regard des informations de microsismicité mesurées au cours de ces différentes phases.

La phase d'exploration devra notamment confirmer la présence et l'exploitation possible d'une zone naturellement perméable. A l'issue du projet, l'exploitation du système géothermique confirmé et validé sera mise en œuvre dans les conditions d'exploitation prédéfinies de débits et de pression validés à l'issue de la période exploratoire.

**La probabilité d'un événement de sismicité induite en phase exploitation est réduite (P1) et sa gravité est de l'ordre de (G1).**

## 7.7. CONCLUSION

Afin de répondre aux recommandations de l'Autorité environnement, une analyse complémentaire des risques liés à la géothermie a été effectuée en se basant sur les critères d'appréciation proposés dans le rapport de l'INERIS de 2017 et en détaillant par phases projet. Il en résulte qu'aucun risque industriel majeur n'est identifié sur le projet GEOPULSE.



## ANNEXES

### **Annexe 1**

Fiches mesures de réduction, mesures compensatoires et mesures d'accompagnement (source : dossier de demande de dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces protégées déposé pour le projet Geopulse en 2020).

---

# MESURES DE REDUCTION – IMPACTS RESIDUELS

---

# 1. MESURES DE REDUCTION SUR LA FLORE PROTEGEE

---

**Compte-tenu du faible impact sur la flore protégée (aucune espèce protégée identifiée sur l'emprise du projet) et les habitats, aucune mesure spécifique de réduction des incidences n'est préconisée.**

Cependant, à l'issue de la phase chantier, les mesures destinées à réduire les impacts sur la faune contribueront à une meilleure remise en état des habitats du site (Cf. ci-après).

**Néanmoins, les mesures de réduction vis-à-vis de l'introduction, dissémination d'espèces exotiques envahissantes devront être mises en œuvre. Elles sont rappelées ci-dessous :**

La phase de chantier constitue une phase sensible vis-à-vis des espèces exotiques envahissantes (EEE). La mise à nu de terrains est susceptible de favoriser la colonisation de ces espaces par une végétation pionnière, et notamment le développement de ces plantes exotiques, plus particulièrement la Renouée du Japon. Ce phénomène est favorisé par les apports de terre, introduction fortuite provenant de sites contaminés, par le biais des engins de chantier mal nettoyés et pour les besoins du chantier (apports de terre de remblais).

Il n'a pas été identifiée de station d'espèces exotiques envahissantes sur le site du projet.

Les travaux ne devraient pas nécessiter d'apports de matériaux extérieurs (notamment terre végétale) pouvant favoriser l'introduction d'EEE sur le site.

Les entreprises qui interviendront sur le site (notamment en phase terrassement) feront l'objet d'une information spécifique sur ce point. Il s'agira notamment de garantir un parfait nettoyage des engins de chantier lors de leur première arrivée sur le site, en particulier les véhicules équipés de chenilles, mais aussi les roues et les passages de roues pour les camions et autres véhicules utilitaires.

En cas d'apparition d'une station d'EEE suite aux travaux, un protocole d'intervention adapté sera rapidement engagé pour éviter toute propagation.

## 2. MESURE DE REDUCTION CONCERNANT LA FAUNE PROTEGEE

| MR1   | Préparation du chantier  |                  |                       |
|---|--|------------------|-----------------------|
| Type de mesure  | Mesure de réduction  |                  |                       |
| Espèces protégées ciblées   | Toutes les espèces protégées présentes sur la zone, principalement les chiroptères et les oiseaux  |                  |                       |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure   |  |                  |                       |
| Objectif de la mesure   | Limiter le dérangement de la faune (dérangement, perturbation des corridors de déplacement).   |                  |                       |
| <b>Description de la mesure</b>   |  |                  |                       |
| <p>Les zones les plus sensibles vis-à-vis de la faune protégée et proches des emprises du chantier seront si nécessaire balisées (nécessité d'une prospection par un écologue préalablement à la mise en œuvre des travaux). Pendant la phase de terrassement, l'accent sera mis sur la bonne préservation des haies jouxtant le site. Les mesures suivantes seront appliquées : balisage des emprises, sensibilisation des intervenants.</p> <p>Après les travaux, la présence de flaques ou d'ornières résiduelles est possible. Au cours du printemps suivant elles pourraient être colonisées, avec un risque d'écrasement ultérieur d'individus. Le comblement des flaques et ornières après chantier permettra d'éviter ce risque (cf. MR2)</p> |  |                  |                       |
| Localisation de la mesure   | Toute la zone de travaux   |                  |                       |
| Période de mise en œuvre  | Avant démarrage des travaux (travaux de destruction ou perturbation des milieux naturels à réaliser entre septembre et mars – cf. MR 3).                 |                  |                       |
| Contrôle et suivi   | L'écologue en charge du suivi environnemental du projet assurera la sensibilisation des intervenants ainsi que le contrôle du respect des prescriptions. |                  |                       |
| <b>Montant prévisionnel</b>   |  |                  |                       |
| Actions   | Coût unitaire  | Coût global / an | Coût global sur 5 ans |
| Intervention d'un écologue en début et fin de chantier  | 650 € /j   |                  | -                     |
| Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel  | Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS  |                  |                       |



| MR2   | Adaptation du calendrier des opérations  |
|---|--|
| Type de mesure                                    | Mesure de réduction  |
| Espèces protégées ciblées                         | Toutes les espèces animales protégées présentes sur la zone, principalement :<br>– les 40 espèces d'oiseaux protégées contactées sur le site ou à proximité directe, et notamment celles à enjeu majeur (Milan royal, Pie-grièche grise), et celles à fort enjeu (Pie-grièche écorcheur, Bruant jaune),<br>– Les 15 espèces de chiroptères fréquentant le site ou ses alentours. |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure | Amphibiens, autres espèces protégées   |
| Objectif de la mesure                             | Limiter le dérangement de la faune (perturbation de la nidification, des corridors de déplacement) et la mortalité potentielle d'individus (jeunes notamment - perturbation de la nidification).   |

### Description de la mesure

Afin d'empêcher la reproduction des espèces sur les emprises pendant le chantier, et ainsi limiter le risque de destruction directe d'espèce, les travaux impactant les habitats naturels favorables à la faune seront réalisés en dehors de la période de reproduction de la faune, soit entre septembre et février. Ces travaux peuvent être les terrassements nécessaires à l'aménagement ou des travaux préalables permettant de libérer l'emprise de toute végétation (débroussaillage, abattage d'arbres, etc.).

Les différentes étapes de la phase de travaux miniers seront réalisées selon le calendrier prévisionnel ci-dessous (établi sur 4 années) :

| Année           | Julier | Août | Sept.                                 | Oct.                      | Nov.                       | Déc. | Janv. | Févr. | Mars                      | Avril | Mai | Juin |  |
|-----------------|--------|------|---------------------------------------|---------------------------|----------------------------|------|-------|-------|---------------------------|-------|-----|------|--|
| 2021-2022       |        |      | terrassement et montage de la machine |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type d'activité |        |      | activité forte en journée             |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| 2022-2023       |        |      |                                       | montage                   | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       | activité forte en journée | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| 2023-2024       |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 2         |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 3         |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 4         |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 5         |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 6         |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 7         |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 8         |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 9         |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 10        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 11        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 12        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 13        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 14        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 15        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 16        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 17        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 18        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 19        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 20        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 21        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 22        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 23        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 24        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 25        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 26        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 27        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 28        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 29        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 30        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 31        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 32        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 33        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 34        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 35        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 36        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 37        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 38        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 39        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 40        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 41        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 42        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 43        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 44        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 45        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 46        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 47        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 48        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 49        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |
| Année 50        |        |      |                                       |                           | forage                     |      |       |       | démontage                 |       |     |      |  |
| type            |        |      |                                       |                           | activité modérée 24 h / 24 |      |       |       | activité forte en journée |       |     |      |  |

En particulier, aucun travail de nuit ne sera effectué durant la période d'activité des chiroptères (entre les mois d'avril et septembre). Les forages seront arrêtés au plus tard fin février.

Seuls des travaux de terrassement et de montage / démontage de la machine de forage pourront avoir lieu dès septembre la première année (terrassement) et se prolonger après début mars, le chantier des forages restant interrompu chaque année entre avril et septembre.

Toutefois, en cas de résultats négatif lors des phases de test et d'abandon du projet, la remise en état du site pourra intervenir au mois d'avril.

Le calendrier de réalisation de l'unité de production (pour exploiter dans un premier temps le premier doublet en cas de résultats positifs) puis le second à terme si le potentiel est suffisant n'est pas calé à ce stade du projet. Il sera précisé lors de l'actualisation de l'étude d'impact nécessaire pour l'instruction de la demande relative à l'unité de production.

Ce calendrier permet de limiter considérablement les incidences sur les chiroptères, notamment les effets négatifs liés au travail nocturne et à l'éclairage du RIG. Il permet aussi de limiter les incidences sur l'avifaune (respect des périodes de nidification du Milan royal et des passereaux) et les risques de destruction d'individus pour les reptiles et les amphibiens.

|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Localisation de la mesure</b> | Toute la zone de travaux  |
| <b>Période de mise en œuvre</b>  | Durant toute la réalisation du projet (phase de travaux miniers)  |
| <b>Contrôle et suivi</b>         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Contrôle des dates des interventions visant à supprimer les habitats naturels</li> <li>- Contrôle et suivi de l'abattage des gros arbres.</li> </ul> <p>L'écologue en charge du suivi environnemental du projet assurera la sensibilisation des intervenants ainsi que le contrôle du respect des prescriptions.</p> |

| <b>Montant prévisionnel</b>                   |  |                         |                              |
|---|--|-------------------------|------------------------------|
| <b>Actions</b>                                | <b>Coût unitaire</b>                     | <b>Coût global / an</b> | <b>Coût global sur 5 ans</b> |
| Adaptation du planning du chantier            | Intégré au coût du projet                |                         |                              |
| Intervention d'un écologue                    | 650 € /j                                 |                         | -                            |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b> | <i>Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS</i> |                         |                              |

| <b>MR3</b>   | <b>Limitation de la pollution lumineuse</b>   |
|--|---|
| <b>Type de mesure</b>  | <b>Mesure de réduction</b>  |
| <b>Espèces protégées ciblées</b>   | <p><b>Toutes les espèces animales présentes sur la zone, principalement :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Les 15 espèces de chiroptères fréquentant le site ou ses alentours.</li> <li>– les 40 espèces d'oiseaux protégées contactées sur le site ou à proximité directe, et notamment celles à enjeu majeur (Milan royal, Pie-grièche grise), et celles à fort enjeu (Pie-grièche écorcheur, Bruant jaune)</li> </ul>  |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure  | Amphibiens, autres espèces protégées  |
| <b>Objectif de la mesure</b>   | <p>Limiter le dérangement de la faune lors des opérations nocturnes. La limitation maximale du halo lumineux permettra :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– De réduire l'effet barrière provoqué par l'éclairage nocturne en particulier pour les mammifères,</li> <li>– De réduire l'effet perturbant l'orientation des oiseaux,</li> <li>– De réduire les « spots » lumineux nocturnes qui agissent comme attracteurs en particulier pour les oiseaux,</li> <li>– D'éviter l'illumination des haies et des arbres qui conservent ainsi leur fonction de corridors de déplacement, de zone de prospection alimentaire et d'abri pour la faune locale.</li> </ul> |
| <b>Description de la mesure</b>  |   |
| <p>Lors des opérations nocturnes de forage, le système d'éclairage adopté visera à limiter au maximum la pollution lumineuse au-delà des limites strictes du chantier : éclairages directifs respectant les niveaux lumineux réglementaires sur le chantier. Des « zones sombre » seront conservées autour du chantier ; elles permettront de ne pas interrompre la fonction de corridor des haies et boisements alentours..</p> <p>Pour cela seront privilégiés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– les éclairages directifs avec un flux lumineux orienté vers le sol,</li> <li>– et les éclairages de plus basse intensité requise par les besoins du chantier.</li> </ul> <p>La limitation maximale du halo lumineux permettra ainsi :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– de réduire l'effet barrière provoqué par l'éclairage nocturne en particulier pour les mammifères,</li> <li>– de réduire l'effet perturbant l'orientation des oiseaux,</li> <li>– de réduire les « spots » lumineux nocturnes qui agissent comme attracteurs en particulier pour les oiseaux,</li> <li>– d'éviter l'illumination des haies et des arbres qui conservent ainsi leur fonction de corridors de déplacement, de zone de prospection alimentaire et d'abri pour la faune locale.</li> </ul> |   |
| <b>Localisation de la mesure</b>   | Toute la zone de travaux  |
| <b>Période de mise en œuvre</b>  | Durant toute la réalisation du projet (phase de travaux miniers)  |
| <b>Contrôle et suivi</b>   | L'écologue en charge du suivi environnemental du projet assurera la sensibilisation des intervenants ainsi que le contrôle du respect des prescriptions.  |

| <b>Montant prévisionnel</b>                   |  |                         |                              |
|---|--|-------------------------|------------------------------|
| <b>Actions</b>                                | <b>Coût unitaire</b>                     | <b>Coût global / an</b> | <b>Coût global sur 5 ans</b> |
| Réduction / adaptation de la lumière          | Non évalué – intégré au projet           |                         |                              |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b> | <i>Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS</i> |                         |                              |



| <b>MR4</b>   |  | <b>Limitation des pollutions sonores</b> |  |
|--|--|--|--|
| <b>Type de mesure</b>  | <b>Mesure de réduction</b>   |  |  |
| <b>Espèces protégées ciblées</b>   | Tous les groupes, plus particulièrement les oiseaux protégés, mais aussi la Loutre   |  |  |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure  | Amphibiens, autres espèces protégées   |  |  |
| <b>Objectif de la mesure</b>   | Limiter le dérangement de la faune par les bruits de chantier lors des travaux exploratoires temporaires.  |  |  |
| <b>Description de la mesure</b>  |  |  |  |
| Le choix des motorisations se fera en tenant compte des émissions de bruit.  |  |  |  |
| Les installations, en particulier lors des phases de forage seront dotées de dispositifs d'insonorisation dans le but de limiter au maximum les émissions et les émergences sonores. |  |  |  |
| <b>Localisation de la mesure</b>   | Toute la zone de travaux   |  |  |
| <b>Période de mise en œuvre</b>  | Durant toute la réalisation du projet (phase de travaux miniers)   |  |  |
| <b>Contrôle et suivi</b>   | Hors période de forage : Vérification pendant le chantier des différents aménagements par le chef de chantier.<br>En période de forage : Mesure de bruit en phase d'exploration. |  |  |

| <b>Montant prévisionnel</b>                   |                                   |                         |                              |
|---|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------|
| <b>Actions</b>                                | <b>Coût unitaire</b>              | <b>Coût global / an</b> | <b>Coût global sur 5 ans</b> |
| Réduction des émissions sonores               | Non évalué – intégré au projet    |                         |                              |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b> | Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS |                         |                              |

| MR5  |  | Gestion des amphibiens  |                  |                       |
|--|--|---|------------------|-----------------------|
| <b>Type de mesure</b>  |  | <b>Mesure de réduction</b>  |                  |                       |
| <b>Espèces protégées ciblées</b>   |  | <b>Amphibiens – Notamment le Crapaud calamite et l'Alyte accoucheur, contactés sur la zone d'étude rapprochée, qui pourraient occasionnellement fréquenter d'éventuelles ornières créées.</b> |                  |                       |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure  |  |   |                  |                       |
| <b>Objectif de la mesure</b>   |  | Éviter l'installation d'amphibiens dans la zone de chantier / Limiter l'attractivité de la zone de chantier pour les amphibiens.  |                  |                       |
| Description de la mesure   |  |   |                  |                       |
| <p>Même si les enjeux sont faibles et les incidences prévisibles limitées, des mesures simples seront adoptées pour réduire le risque de destruction directe d'amphibiens pouvant coloniser le chantier (hors période hivernale) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Mise en place en périphérie du projet d'une clôture à maille très fine,</li> <li>– Comblement systématique avant et pendant les travaux des trous/ornières/dépressions au sol générant des flaques d'eau pour éviter d'attirer des amphibiens dans les aires d'évolution des engins (en évitant toute destruction d'individus). Les zones les plus sensibles vis-à-vis de la faune protégée et proches des emprises du chantier seront si nécessaire balisées (nécessité d'une prospection par un écologue préalablement à la mise en œuvre des travaux).</li> </ul> <p>L'écologue en charge du suivi environnemental du projet assurera la sensibilisation des intervenants ainsi que le contrôle du respect des prescriptions.</p> |  |   |                  |                       |
| <b>Localisation de la mesure</b>   |  | Toute la zone de travaux .<br>« Cf. carte Périmètre de mise en œuvre des mesures de réduction MR5, MR6, MR7, MR8 »  |                  |                       |
| <b>Période de mise en œuvre</b>  |  | Avant réalisation des travaux – Puis entre fin février à septembre durant toute la réalisation des travaux miniers  |                  |                       |
| <b>Contrôle et suivi</b>   |  | Réalisation d'un suivi écologique du chantier, avec si nécessaire transfert d'individus vers un site d'accueil (qui reste à définir).   |                  |                       |
| Montant prévisionnel   |  |   |                  |                       |
| Actions  |  | Coût unitaire   | Coût global / an | Coût global sur 5 ans |
| Clôture à maille très fine anti amphibiens (≈ 750 m)   |  | 15 000 €  | 15 000 €         |                       |
| Intervention d'un écologue en début et fin de chantier<br>Jusqu'à 12 interventions par an, pendant 5 ans (mais couplé avec autres missions)  |  | 350 € /i  | 3 500 €          | 17 500 €              |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b>  |  | Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS   |                  |                       |

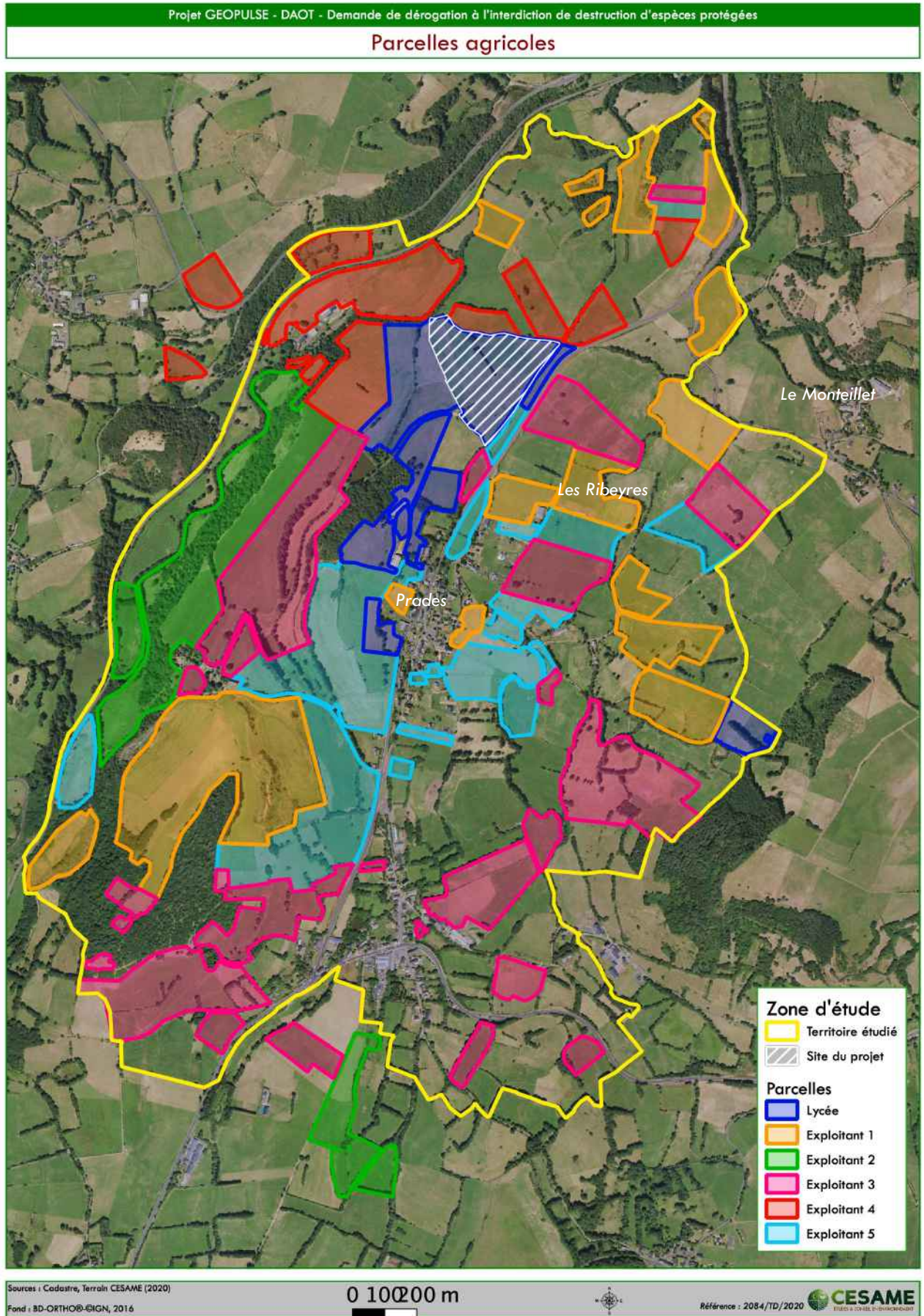
| <b>MR6</b>   |   | <b>Renforcement des habitats et des fonctionnalités écologiques des haies et ripisylves</b> |                              |  |
|--|---|---|------------------------------|--|
| <b>Type de mesure</b>  | <b>Mesure de réduction</b>  |   |                              |  |
| <b>Espèces protégées ciblées</b>   | <b>Chiroptères, Loutre, Bruant jaune, Pie-Grièche écorcheur</b>   |   |                              |  |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure  | Autres oiseaux du bocage  |   |                              |  |
| <b>Objectif de la mesure</b>   | Renforcer le rôle de corridor écologique des haies et alignements et ainsi limiter l'effet barrière éventuel et temporaire dû à l'activité en période exploratoire. Maintien du transit des espèces terrestres et des chauves-souris. |   |                              |  |
| <b>Description de la mesure</b>  |   |   |                              |  |
| <p>Le renforcement des fonctionnalités écologiques des haies et ripisylves existantes pourrait comprendre :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le doublement de la haie à l'est (soit coté projet soit à l'est du chemin) avec plantation d'une haie arborescente composée d'essences locales dès le début de la phase exploratoire,</li> <li>- Le renforcement de la ripisylve le long du petit cours d'eau au sud-ouest affluent de la Miouze.</li> </ul> <p>Pour un linéaire de 800 m environ.</p> <p>Il s'agira ensuite de procéder à un suivi et à un entretien régulier les premières années pour faciliter la reprise et le développement de ces deux haies.</p> <p>La mission haie Auvergne pourra être associée en amont et dans le cadre du suivi.</p> |   |   |                              |  |
| <b>Localisation de la mesure</b>   | Ripisylve du ruisseau affluent de la Miouze, haie en limite nord du site.<br>Cf. carte « Périmètre de mise en œuvre des mesures de réduction MR5, MR6, MR7, MR8 »   |   |                              |  |
| <b>Période de mise en œuvre</b>  | Permanente - Dès la mise en œuvre des travaux miniers (terrassements)   |   |                              |  |
| <b>Contrôle et suivi</b>   | Cf. suivi environnemental (reprise et développement des plantations – suivi faune)  |   |                              |  |
| <b>Montant prévisionnel</b>  |   |   |                              |  |
| <b>Actions</b>   | <b>Coût unitaire</b>  | <b>Coût global / an</b>   | <b>Coût global sur 5 ans</b> |  |
| Doublement de la haie à l'est  | 3 000 €   | 3 000 €   | -                            |  |
| Renforcement / restauration de la ripisylve existante le long du cours d'eau   | 4 000 €   | 4 000 €   |                              |  |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b>  | Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS<br>Opérateurs associés : Lycée agricole, Mission haie Auvergne  |   |                              |  |

| MR7  | Gestion agro-environnementale des milieux agricoles environnants  |
|--|---|
| Type de mesure   | Mesure de réduction   |
| Espèces protégées ciblées  | Pie-Grièche Grise   |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure  | Autres oiseaux du bocage (dont Bruant jaune, Pie-grièche écorcheur,) Chiroptères (dont Rhinolophe euryale), Milan Royal   |
| Objectif de la mesure  | Améliorer la qualité écologique du milieu pour les espèces faunistiques à forte patrimonialité via un entretien adapté des habitats agricoles environnant (gestion agro-environnementale des prairies notamment au nord). |
| <b>Description de la mesure</b>  |   |
| <p><u>Cette mesure découle d'un premier travail de terrain (analyse du contexte environnemental, des pratiques agricoles) ayant permis de définir un périmètre cohérent de mise en œuvre, et de premiers échanges avec les exploitants concernés (réunion et enquêtes réalisés durant l'été 2020) pour échanger sur les mesures prévues.</u></p> <p>Il s'agira de mettre en œuvre une animation agro-environnementale sur un vaste territoire agricole en périphérie du projet, afin de pérenniser et/ou faire évoluer durablement les pratiques agricoles dans le but d'améliorer les conditions d'habitats et d'alimentation pour les différentes espèces protégées impactées par le projet (dont en priorité celles listées ci-dessus). Compte tenu des espèces cibles, l'amélioration/ l'évolution des pratiques agricoles pourra se faire selon deux axes :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La gestion du parasitisme des troupeaux (volet « ressource alimentaire ») : en effet, les insectes coprophages (coléoptères et diptères) constituent une ressource alimentaire importante (voire principale) pour les espèces ciblées. Or, leur nombre peut être significativement diminuer suite à l'utilisation d'antiparasitaires toxiques.</li> <li>- Une adaptation de la gestion des parcelles (fauche, pâtures, gestion des haies, bosquets...) afin d'améliorer les conditions d'habitat pour notamment l'espèce cible (Pie Grièche Grise) mais aussi pour d'autres espèces (volet habitat), mais également la ressource alimentaire (prairies pâturées).</li> </ul> <p>La mesure reposera <b>dans un premier temps</b> sur la <b>réalisation d'une étude détaillée destinée à préciser les mesures opérationnelles qui seront engagées</b>. Cette étude comprendra notamment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– La réalisation d'un audit parasitaire du troupeau et des pratiques sur les parcelles ciblées (pâturage, fauche),</li> <li>– La réalisation d'un état des lieux des pratiques agricoles (assolement, pratiques culturales, pâtures), et de la gestion des éléments naturels associés (arbres, alignements, haies, bosquets ...) – Pour partie réalisée dans le cadre du pré-diagnostic conduit durant l'été 2020</li> </ul> <p>Elle aura pour objectifs :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– De définir le plan de prévention du parasitisme adapté à l'élevage, en lien avec l'objectif environnemental visé,</li> <li>– De proposer les adaptations possibles dans la gestion des parcelles (période de pâture, fauche, adaptation de la fertilisation), avec évaluation des implications au niveau de l'exploitation (technique, financière ...),</li> <li>– De proposer des mesures/modes de gestion adaptés pour les éléments naturels (haies, arbres, bosquets) afin de préserver/renforcer la qualité des habitats pour les espèces cibles,</li> <li>– Et de façon globale de préciser les conditions techniques et financières de mise en œuvre des mesures pertinentes et le protocole de suivi adapté permettant d'évaluer la bonne mise en œuvre et l'efficacité des mesures engagées.</li> </ul> <p>La mise en place effective des mesures retenues sera réalisée dans un second temps après validation du programme opérationnel et contractualisation/conventionnement avec les acteurs/opérateurs concernés.</p> <p><u>Cette mesure sera engagée avec l'appui d'un opérateur/gestionnaire de territoire local (ou prestataire) qui assurera dans un premier temps le suivi, la coordination et l'animation de l'étude détaillée, puis dans un second temps le suivi de la bonne mise en œuvre des actions proposées ainsi que l'animation de territoire auprès des exploitants agricoles notamment.</u></p> |   |



|                                  |   |
|----------------------------------|---|
| <b>Localisation de la mesure</b> | Étude détaillée sur environ 250 ha de surfaces agricoles (5 exploitants ainsi que le Lycée agricole de Rochefort-Montagne concernés, <b>déjà contactés durant l'été 2020 (réunion, enquête) et intéressés par la démarche</b> ) - cf. carte « Parcelles agricoles » p. suivante et carte « Périmètre de mise en œuvre des mesures de réduction MR5, MR6, MR7, MR8 »   |
| <b>Période de mise en œuvre</b>  | Étude agro-environnementale détaillée : hiver 2021,<br>Mise en œuvre des mesures :<br>- après validation des conclusions de l'étude détaillée et accord des propriétaires / exploitants - contractualisation : mars 2021,<br>- engagement des mesures : fin d'été 2021- dès démarrage des travaux,<br>- si nécessaire accompagnement sur une période de 5 à 10 ans pour une mise en œuvre durable (avec comme objectif qu'elles soient à terme intégrées pratiques culturales et systèmes d'exploitation des agriculteurs concernés). |
| <b>Contrôle et suivi</b>         | Surface d'habitats agricoles faisant l'objet d'une gestion<br>Suivis des espèces faunistiques protégées (cf. mesures de suivi)  |

| <b>Montant prévisionnel</b>  |  |   |                              |
|--|--|---|------------------------------|
| <b>Actions</b>   | <b>Coût unitaire</b>   | <b>Coût global / an</b>                       | <b>Coût global sur 5 ans</b> |
| <b>Étude détaillée</b>   |  |   |                              |
| <b>Gestion du parasitisme</b> : Audit parasitaire, définition du plan de prévention et suivi (base de 6 exploitants)   | 2 000 €/exploitant   | 12 000 €                                      |                              |
| <b>Pratiques agricoles</b> : Réalisation d'un diagnostic détaillé des pratiques agricoles – Proposition de mesures d'amélioration - implications au niveau de l'exploitation (technique, financière ...) – Base de 3 j/ exploitation - 6 exploitations | 1 800 €/exploitation   | 10 800 €                                      |                              |
| <b>Pilotage de l'étude</b> : Animation / pilotage local pour suivi/coordination de l'étude détaillée.  |  | 15 000 €                                      |                              |
| <b>Mise en place effective des mesures</b>   |  |   |                              |
| Accompagnement du suivi sanitaire des exploitations  | 2 000 €/ exploitation/an   | Suivant nombre d'exploitations concernées     |                              |
| Compensation pour mise en place des mesures agricoles<br>Adaptation des pratiques agricoles (hors parasitisme) sur les parcelles retenues -  | Non chiffrée à ce stade (à préciser suite au diagnostic agricole)  |   |                              |
| Suivi environnemental des parcelles (notamment diversité floristique, insectes <u>dont coprophages</u> , micromammifères) et du/des couples de PGG   | 600 €/j  | Suivant modalités de suivi proposées          |                              |
| Restitution / conseil/ sensibilisation auprès des éleveurs impliqués mais aussi des autres exploitants proches (pour éventuellement étendre les mesures) – Partenariat local   | 600 €/j  | A préciser dans le cadre de l'étude détaillée |                              |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b>  | Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS<br>Opérateurs associés : GTV Auvergne, Chambre d'agriculture 63, LPO, CEN, Chauves-souris d'Auvergne, Lycée agricole |   |                              |



Carte 17 : Mesures de réduction MR7 - Îlots agricoles des exploitants contactés à l'été 2020



|   |   |                         |                              |
|---|---|-------------------------|------------------------------|
| <b>MR8</b>  | <b>Mise en place et approvisionnement d'une placette d'alimentation pour le Milan Royal</b>   |                         |                              |
| <b>Type de mesure</b>   | <b>Mesure de réduction</b>  |                         |                              |
| <b>Espèces protégées ciblées</b>  | <b>Milan royal</b>  |                         |                              |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure   | -   |                         |                              |
| <b>Objectif de la mesure</b>  | Augmenter/préserver l'attractivité alimentaire du site pour le Milan royal pour le maintenir sur le site.   |                         |                              |
| <b>Description de la mesure</b>   |   |                         |                              |
| <p>Le Lycée agricole de Rochefort-Montagne bénéficiait d'une autorisation pour une zone de nourrissage sur la parcelle (ZI 53 lieu-dit Prades selon l'arrêté DDPP/PPAE/2013/n°160 du 2 octobre 2013). Afin d'habituer au mieux le couple nicheur aux perturbations engendrées par le projet et de tenter de maintenir la présence du Milan royal sur son aire de reproduction une placette d'équarrissage pourra être mise en place à proximité du site (sous réserve d'autorisation sanitaire). Le terrain de l'ancienne zone de nourrissage pourrait aussi être réutilisé. La placette devra être approvisionnée au minimum plusieurs semaines avant le début des travaux. L'approvisionnement se fera toutes les semaines durant toute la phase de travaux miniers et les années suivantes. A long terme, cette placette d'équarrissage pour le Milan royal pourra être maintenue.</p> |   |                         |                              |
| <b>Localisation de la mesure</b>  | Site actuel (ZI 53 lieu-dit Prades selon l'arrêté DDPP/PPAE/2013/n°160 du 2 octobre 2013) ou autre site plus favorable cf. carte « Périmètre de mise en œuvre des mesures de réduction MR5, MR6, MR7, MR8 » |                         |                              |
| <b>Période de mise en œuvre</b>   | Approvisionnement plusieurs semaines avant le début des travaux, puis toutes les semaines durant toute la phase de travaux miniers et les années suivantes  |                         |                              |
| <b>Contrôle et suivi</b>  | Suivi du Milan royal sur le secteur   |                         |                              |
| <b>Montant prévisionnel</b>   |   |                         |                              |
| <b>Actions</b>  | <b>Coût unitaire</b>  | <b>Coût global / an</b> | <b>Coût global sur 5 ans</b> |
| Mise en place de la placette d'équarrissage   | 2 000 €   | 2 000 €                 | 2 000 €                      |
| Gestion de la placette (1 j/mois)   | Suivant opérateur   | ≈ 2 000 €               | 10 000 €                     |
| <b>Suivi et animation de la mesure</b>  |   |                         |                              |
| Suivi du couple nicheur de Milan royal à proximité du projet  | Cf. suivi environnemental   |                         |                              |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b>   | Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS<br>Opérateurs associés : LPO, Lycée agricole  |                         |                              |



**Carte 18 : Périmètre de mise en œuvre des mesures de réduction MR5, MR6, MR7, MR8**



| <b>MR9</b>   |   | <b>Remise en état de milieux prairiaux</b> |                              |  |
|--|---|--|------------------------------|--|
| <b>Type de mesure</b>  | <b>Mesure de réduction</b>  |  |                              |  |
| <b>Espèces protégées ciblées</b>   | <b>Toutes espèces protégées fréquentant le site</b>   |  |                              |  |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure  | -   |  |                              |  |
| <b>Objectif de la mesure</b>   | Restaurer partiellement les habitats prairiaux présents et leur intérêt pour les espèces faunistiques protégées                                     |  |                              |  |
| <b>Description de la mesure</b>  |   |  |                              |  |
| <p>Il s'agira de restaurer les habitats prairiaux dégradés durant la phase de forage.<br/>                     La terre végétale décapée en début de chantier et stockée en andains sera régalée sur les surfaces décapées.<br/>                     Un semis d'espèces prairiales (à caler avec le Lycée agricole qui pourra ré-exploiter le terrain) sera effectué pour restaurer une prairie naturelle.</p> |   |  |                              |  |
| <b>Localisation de la mesure</b>   | Sur l'emprise de la plateforme de forage en cas d'exploitation de la ressource (≈ 1 ha).<br>Sur toute l'emprise remaniée en cas d'abandon du projet |  |                              |  |
| <b>Période de mise en œuvre</b>  | Permanente - Après les forages, une fois la plateforme de forage retirée.   |  |                              |  |
| <b>Contrôle et suivi</b>   | Cf. suivi environnemental (suivi des habitats, de la diversité floristique)   |  |                              |  |
| <b>Montant prévisionnel</b>  |   |  |                              |  |
| <b>Actions</b>   | <b>Coût unitaire</b>  | <b>Coût global / an</b>                    | <b>Coût global sur 5 ans</b> |  |
| Épandage/régalage la terre végétale décapée et stockée en andains – réalisation de semi prairiaux  | 2 000 €   | 2 000 €                                    | -                            |  |
| <b>Suivi et animation de la mesure</b>   |   |  |                              |  |
| Suivi des habitats et de la flore  | Cf. suivi environnemental   |  |                              |  |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b>  | Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS<br>Opérateurs associés : Lycée agricole   |  |                              |  |



| <b>MR10</b>   |   | <b>Implantation de gîtes à Chiroptères</b>                            |                                     |                              |
|---|---|---|-------------------------------------|------------------------------|
| <b>Type de mesure</b>   | <b>Mesure de réduction</b>  |   |                                     |                              |
| <b>Espèces protégées ciblées</b>  | <b>Chiroptères</b>  |   |                                     |                              |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure   | -   |   |                                     |                              |
| <b>Objectif de la mesure</b>  | Augmenter/préserver l'attractivité pour les Chiroptères.  |   |                                     |                              |
| <b>Description de la mesure</b>   |   |   |                                     |                              |
| Si les tests sur le forage sont concluants, il s'agira d'implanter de gîtes à Chiroptères en façade des futurs bâtiments. Les dispositifs seront définis en fonction du parti architectural retenu, et des espèces ciblées. |   |   |                                     |                              |
| <b>Localisation de la mesure</b>  | Au niveau du bâtiment d'exploitation (en façade).   |   |                                     |                              |
| <b>Période de mise en œuvre</b>   | Permanente - Après les forages, une fois le bâtiment d'exploitation construit (si tests favorables) |   |                                     |                              |
| <b>Contrôle et suivi</b>  | Cf. suivi environnemental (suivi chiroptères plus ciblés au niveau du bâtiment)                     |   |                                     |                              |
| <b>Montant prévisionnel</b>   |   |   |                                     |                              |
|   | <b>Actions</b>  | <b>Coût unitaire</b>  | <b>Coût global / an</b>             | <b>Coût global sur 5 ans</b> |
|   | Gîte à Chiroptères  | 100 à 200 € par gîte  | A chiffrer (suivant nombre et type) | -                            |
| <b>Suivi et animation de la mesure</b>  |   |   |                                     |                              |
|   | Suivi des Chiroptères au droit et à proximité du projet   | Cf. suivi environnemental   |                                     |                              |
|   | <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b>   | Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS<br>Opérateurs associés : à préciser |                                     |                              |

---

# MESURES COMPENSATOIRES

---

La mesure compensatoire proposée (MC1 - Amélioration des habitats sur un territoire favorable à la Pie-Grièche Grise) cible plus spécifiquement la Pie-Grièche Grise, espèce protégée pour laquelle l'impact résiduel reste significatif après mise en œuvre des mesures d'évitement et de réduction déclinées dans les pages précédentes.

Cette mesure a pour objectif d'améliorer un territoire potentiellement favorable à cette espèce dans la continuité du territoire actuellement occupé par un couple de Pie-Grièche grise et qui sera pour partie impacté par le projet.

**Elle vise donc à compenser la perte de territoire liée au projet et permettre le maintien dans ce secteur du couple de Pie-Grièche grise actuellement présent sur la zone d'étude.**

Le territoire visé par la mesure compensatoire MC1 couvre environ 85 ha, pour un territoire impacté (de façon partielle) évalué à environ 50 ha sur la base de nos observations et des quelques données historiques.

La mesure MC1 vient renforcer la mesure MRZ qui vise à mettre en place des mesures agro-environnementales favorables à la Pie-Grièche Grise (mais aussi d'autres espèces protégées) sur les milieux agricoles environnants. L'étude détaillée pour définir les mesures appropriées portera sur une surface agricole d'environ 250 ha.

# 1. JUSTIFICATION DE LA MESURE COMPENSATOIRE MC1

Cette mesure vise donc à compenser les impacts du projet sur le couple de Pie-Grièche grise présent sur le site d'étude. **Elle vient en complément de la mesure de réduction MR7 « Gestion agro environnementale des milieux agricoles environnants ».** L'analyse qui suit concerne ces deux mesures.

Pour élaborer au mieux les contours de cette mesure en lien avec des espaces agricoles (cas également de la mesure MR7), 5 exploitants et le Lycée agricole de Rochefort Montagne ont été sollicités (réunion début juillet 2020 et enquêtes spécifiques sur les pratiques) ; ils exploitent une surface importante (≈ 250 ha au total) au sein d'un périmètre d'environ 450 ha s'étendant au sud et à l'est du projet principalement (cf. Carte 17 : Mesures de réduction MR7 - Îlots agricoles des exploitants contactés à l'été 2020).

Au cours de cette réunion, le projet, ses impacts, et les mesures proposées (dont le contenu et les objectifs des mesures MR7 et MC1 leur ont été présentés). **Ces exploitants se sont montrés intéressés pour poursuivre la démarche.**

Un parcours de terrain de ce vaste territoire a également été réalisé pour identifier un ou plusieurs secteurs potentiellement favorables pour constituer un territoire pour le couple de Pie-Grièche grise impacté par le projet. Différents critères ont été analysés (en lien avec les caractéristiques des territoires favorables à la Pie-Grièche grise). L'analyse est illustrée par le tableau ci-dessous (évaluation par secteur) et la carte ci-après.

| Prades : Potentialités d'accueil pour la Pie-Grièche grise |                                     |               |          |               |       |                                |                         |
|--|-------------------------------------|---------------|----------|---------------|-------|--------------------------------|-------------------------|
| Secteur (cf carte)   | Ouverture du paysage et dérangement | présence de:  |          |               |       | Observations Pie Grièche grise | potentialités d'accueil |
|  |                                     | Arbres isolés | Prairies | Zones humides | Haies |                                |                         |
| 1  | oui                                 | oui           | oui      | oui           | oui   | oui (CESAME)                   |                         |
| 2  | non                                 | oui           | oui      | non           | oui   | non                            |                         |
| 3  | oui                                 | non           | oui      | non           | oui   | non                            |                         |
| 4  | non                                 | oui           | oui      | oui           | oui   | non                            |                         |
| 5  | oui                                 | oui           | oui      | oui           | non   | non                            |                         |
| 6  | oui                                 | oui           | oui      | oui           | oui   | non                            |                         |
| 7  | oui                                 | oui           | oui      | non           | oui   | non                            |                         |
| 8  | non                                 | oui           | oui      | oui           | oui   | non                            |                         |
| 9  | non                                 | oui           | oui      | non           | oui   | non                            |                         |
| 10   | oui                                 | oui           | oui      | oui           | non   | non                            |                         |
| 11   | oui                                 | oui           | oui      | non           | non   | non                            |                         |
| 12   | non                                 | non           | oui      | oui           | oui   | non                            |                         |
| 13   | oui                                 | non           | oui      | non           | oui   | non                            |                         |
| 14   | oui                                 | non           | oui      | non           | oui   | non                            |                         |
| 15   | non                                 | non           | oui      | oui           | non   | non                            |                         |
| 16   | oui                                 | oui           | oui      | oui           | oui   | oui (historique)               |                         |
| 17   | non                                 | non           | oui      | non           | non   | non                            |                         |
| 18   | oui                                 | oui           | oui      | non           | oui   | non                            |                         |
| 19   | non                                 | oui           | oui      | non           | non   | non                            |                         |
| 20   | oui                                 | oui           | oui      | non           | oui   | non                            |                         |

De cette première analyse, il ressort les éléments suivants :

- Le secteur le plus favorable se trouve à l'est de la route (secteur 6). En l'associant aux secteurs 5, 8 et 7, un territoire cohérent et potentiellement favorable pour la Pie-grièche grise se dessine ;
- Sur ce périmètre, des améliorations peuvent être apportées pour le rendre plus attractif : plantation/densification de haie, plantation/densification de bosquet, entretien adapté de haies, restauration/amélioration de zones humides.

Des échanges ont également eu lieu avec la LPO Auvergne-Rhône-Alpes. Leurs données sur les Pies-grièches grises (cf. cartes ci-après), complétées par les observations de CESAME et du Lycée agricole, permettent de mieux cerner l'attractivité du secteur pour l'espèce en nidification, et d'en préciser l'historique entre 2000 et 2020.

De 2006 au moins à 2020, un vaste secteur bordé par la Miouze, à l'ouest et comprenant le site d'implantation des forages, jusqu'à la Sioule au nord et approximativement le hameau du Monteillet à l'est est fréquenté par l'espèce en période de reproduction. L'espèce est observée et possiblement nicheuse de part et d'autre de la route RD 986 entre 2015 et 2020

L'espèce est régulière et connue à l'ouest de la D986 sans que l'on puisse savoir depuis quand (Lycée agricole). Elle est présente et nicheuse en 2019 et 2020 (CESAME). Malgré une absence de données précises pendant 8 ans de 2007 à 2014 on peut estimer que ce vaste secteur est ou a été régulièrement occupé.

Les données LPO effectuées en 2006 (9 données) localisent précisément un site de nid à l'est de la D986 sur le secteur des Ribeyres par deux observations concordantes (code atlas 14 « adulte entrant occupant ou quittant un site de nid... »). Cette donnée montre que ce site était un cœur de territoire en 2006. Elles sont appuyées par une autre donnée (Code 8 : comportement laissant supposer la présence de jeunes »). Si en 2006 toutes les données sont localisées à l'est du Sioulot, il n'y en a plus qu'une seule depuis 2015. Depuis cette date toutes les données LPO sont faites en bordure de la Route nationale. L'espèce n'est plus observée à l'est du Sioulot, et ce malgré un effort de prospection soutenu de la part de la LPO dans ce secteur.

L'absence de données au niveau du Sioulot depuis, et particulièrement depuis 2015 plaide pour un abandon de la nidification sur ce secteur, notamment à l'est du Sioulot.

**Il est donc possible que le territoire favorable à l'est de la D986 ait été déserté mais la présence de l'espèce entre 2015 et 2020 montre la bonne attractivité du secteur dans son ensemble.**

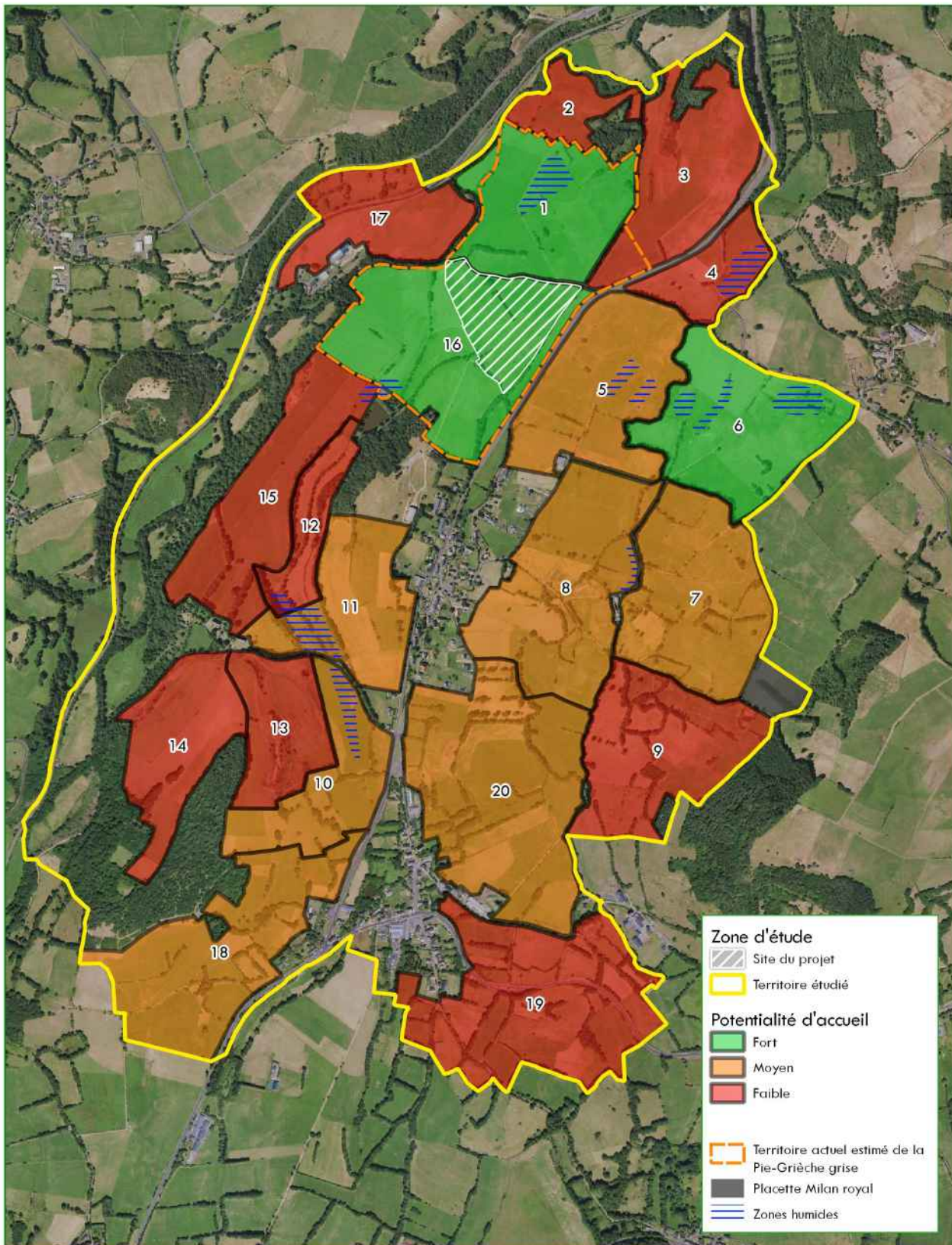
**C'est la raison pour laquelle ce site a été retenue pour mettre en œuvre la mesure MC1.**

Enfin, le référent du Groupement Technique Vétérinaire (GTV) Auvergne a été contacté pour préciser les actions à engager dans le cadre de la maîtrise du parasitisme des troupeaux en respectant l'environnement, dans la suite du projet EleVE (Éleveurs-vétérinaires-environnement) mis en œuvre auprès de plusieurs exploitants agricoles dans des zones ciblées à forts enjeux environnementaux répartis dans l'ancienne région Auvergne.



PROJET GEOPULSE - DAOT - Demande de dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces protégées

Potentialités d'accueil pour la Pie-grièche grise



Sources : Cadastre, Terrain CESAME (2020)  
 Fond : BD-ORTHO ©IGN, 2016

0 100 200 m



Référence : 2084/1D/2019 **CESAME**  
 ETUDES & TRAVAUX D'ENVIRONNEMENT

Carte 19 : MC1 - Potentialité d'accueil pour la Pie-Grièche grise



Dans le cadre de la mise en œuvre des mesures de réduction et de compensation, il est donc possible de distinguer :

- Un **vaste périmètre correspondant à l'ensemble du territoire étudié** (≈ 450 ha dont 250 ha de surfaces agricoles exploitées par les 5 exploitants contactés et le Lycée agricole de Rochefort-Montagne) sur lequel différentes actions pourront avoir des effets positifs sur la Pie-Grièche grise mais aussi sur les autres espèces impactées par le projet (oiseaux, chiroptère surtout). **Les actions à l'échelle de ce périmètre sont reprises dans la mesure de réduction MR7.**
- Un périmètre correspondant au **territoire favorable pour la Pie-Grièche Grise** (secteurs 5 à 8) couvrant **environ 85 ha** (pour un territoire impacté d'environ 50 ha), objet de la **mesure de compensation MC1.**

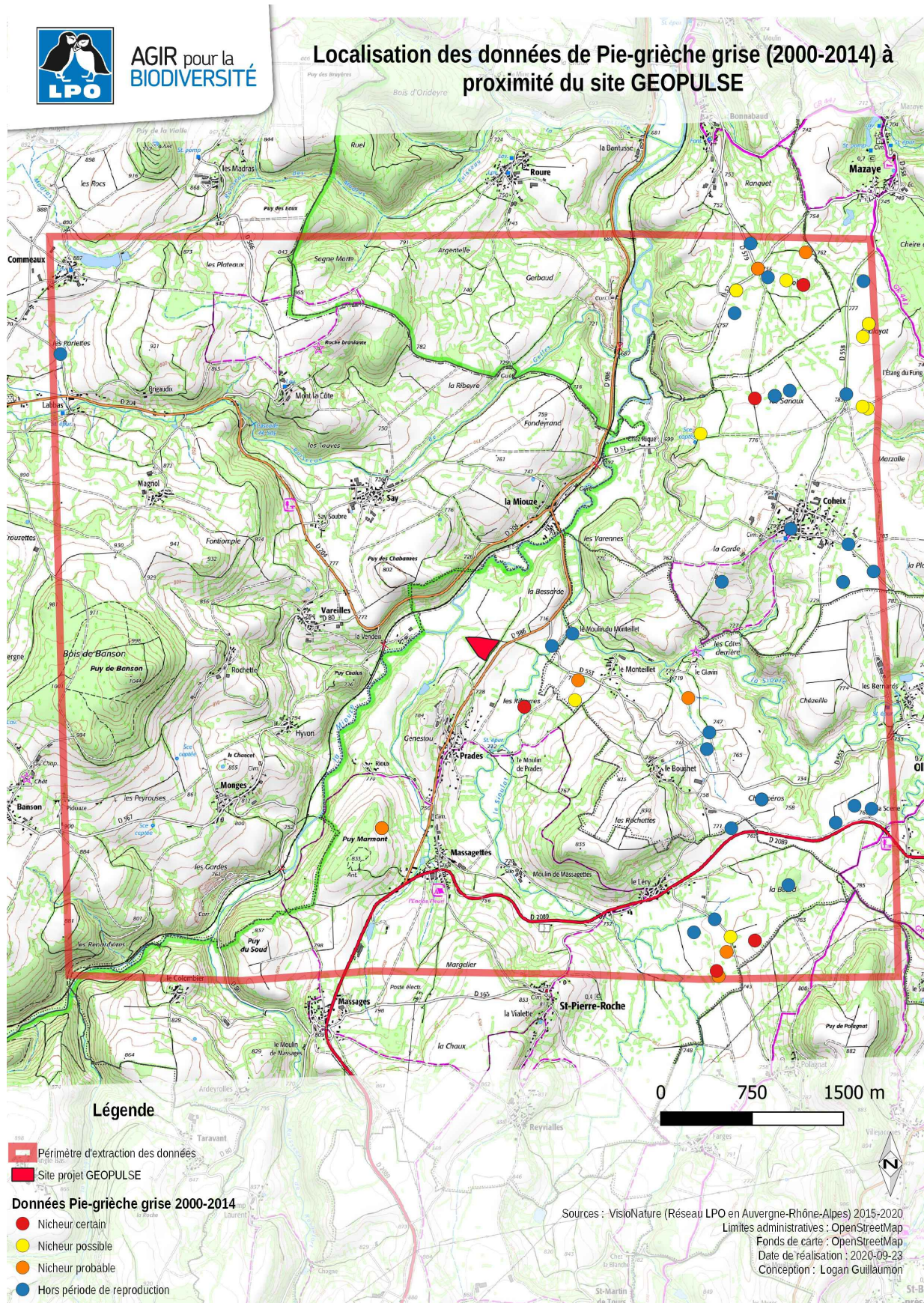
Notons que les actions relatives à la gestion du parasitisme concerneront tout le troupeau de chaque exploitation ; leurs effets pourront donc se faire sentir sur l'ensemble des parcelles pâturées, y compris celles localisées en dehors de deux périmètres visés par les mesures MR7 et MC1.





AGIR pour la  
 BIODIVERSITÉ

### Localisation des données de Pie-grèche grise (2000-2014) à proximité du site GEOPULSE



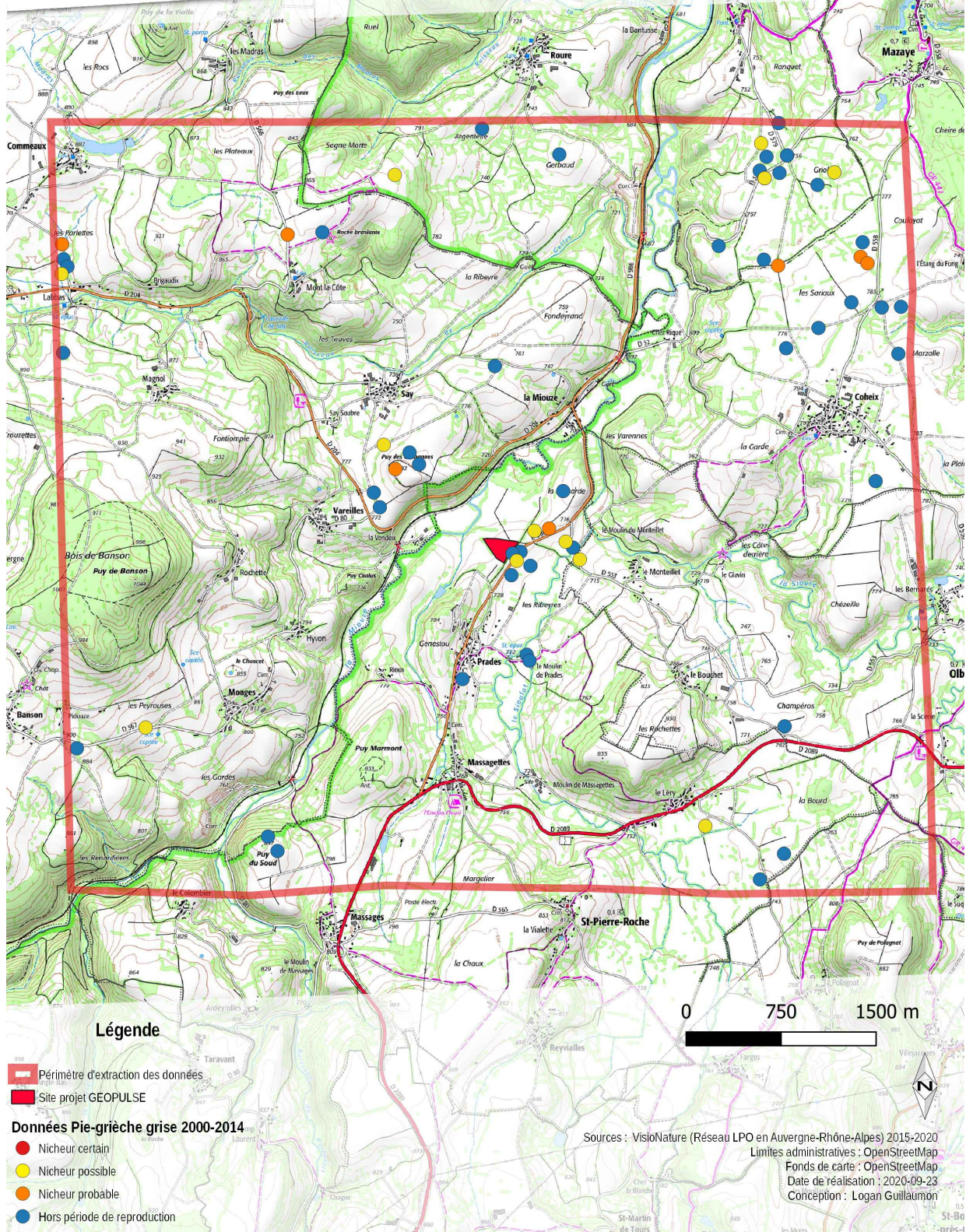
Carte 20 : Localisation des données de Pie-Grèche grise 2000-2014 (source : LPO AuRA)





AGIR pour la  
BIODIVERSITÉ

### Localisation des données de Pie-grèche grise (2015-2020) à proximité du site GEOPULSE



Carte 21 : Localisation des données de Pie-Grèche grise 2015-2020 (source : LPO AuRA)



## 2. PRESENTATION DE LA MESURE COMPENSATOIRE MC1

|  |   |
|--|---|
| <b>MC1</b>   | <b>Amélioration des habitats sur un territoire favorable à la Pie-Grièche Grise</b>   |
| <b>Type de mesure</b>  | <b>Mesure de réduction</b>  |
| <b>Espèces protégées ciblées</b>   | <b>Pie-Grièche Grise</b>  |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure  | Autres oiseaux du bocage (dont Bruant jaune, Pie-grièche écorcheur,) Chiroptères (dont Rhinolophe euryale)  |
| <b>Objectif de la mesure</b>   | Améliorer un territoire potentiellement favorable à la Pie-Grièche grise <b>dans la continuité du territoire du couple présent sur la zone d'étude pour faciliter son maintien dans ce secteur.</b> |
| <b>Description de la mesure</b>  |   |
| <p>En complément des actions relatives à la gestion du parasitisme des troupeaux, et à l'amélioration des pratiques agricoles et de gestion des parcelles telles que décrites dans la mesure MR7, il s'agira de mettre en place des <b>mesures d'amélioration de la qualité des habitats</b> sur un territoire agricole d'environ 85 ha situé à l'Est du projet de l'autre côté de la RD 986 (cf. carte ci-après). Ce territoire a été défini de la façon suivante (cf. § précédent) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Surfaces agricoles dans la continuité du territoire supposé du couple de Pie-Grièche grise présent sur le site du projet,</li> <li>- Expertise globale des surfaces agricoles concernées par la mesure MR7 pour identifier le périmètre a priori le plus favorable à l'espèce compte tenu de ses préférences.</li> <li>- Prise en compte des données relatives à l'espèce (source : LPO Auvergne Rhône-Alpes).</li> </ul> <p>Le pré-diagnostic établi sur le périmètre proposé a permis de cibler les actions suivantes afin d'améliorer la qualité des habitats « éléments de paysage » (<u>à finaliser suite au diagnostic détaillé des pratiques et des enjeux du site à intégrer dans l'étude détaillée de la MR7</u>) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Plantation / renforcement de 1500 à 2000 m de haies,</li> <li>- Renforcement, création de 3 ou 4 massifs/bosquets (300 m<sup>2</sup>/bosquet)</li> </ul> <p>Une action pourra également être prévue pour améliorer la qualité et la fonctionnalité des zones humides présentes sur le périmètre en fonction des altérations constatées (valorisation des données de l'inventaire zones humides en cours dans le cadre du SAGE Sioule, conduit par le EP Loire).</p> <p>Le suivi environnemental sera ciblé sur :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- L'évolution des habitats ayant fait l'objet d'une intervention (suivi de la reprise des végétaux dans les haies, bosquets, et éventuellement des zones humides restaurées),</li> <li>- Le couple de Pie-Grièche grise présent actuellement surtout à l'ouest de la RD986 (d'après les observations récentes) pour notamment évaluer son maintien effectif sur ce territoire sur l'ensemble de l'année.</li> </ul> <p>La mise en place effective de la mesure sera réalisée dans un second temps après validation du programme opérationnel (suivant conclusions de l'étude détaillée inclus dans la MR7) et contractualisation/conventionnement avec les acteurs/opérateurs concernés. Cette mesure sera engagée avec l'appui d'un opérateur/gestionnaire de territoire local (ou prestataire) au moyen d'une convention qui sera établie d'ici juin 2021.</p> |   |
| <b>Localisation de la mesure</b>   | <b>Cf. carte ci-après</b> – Périmètre de 85 ha environ défini selon l'analyse présentée en annexe.  |

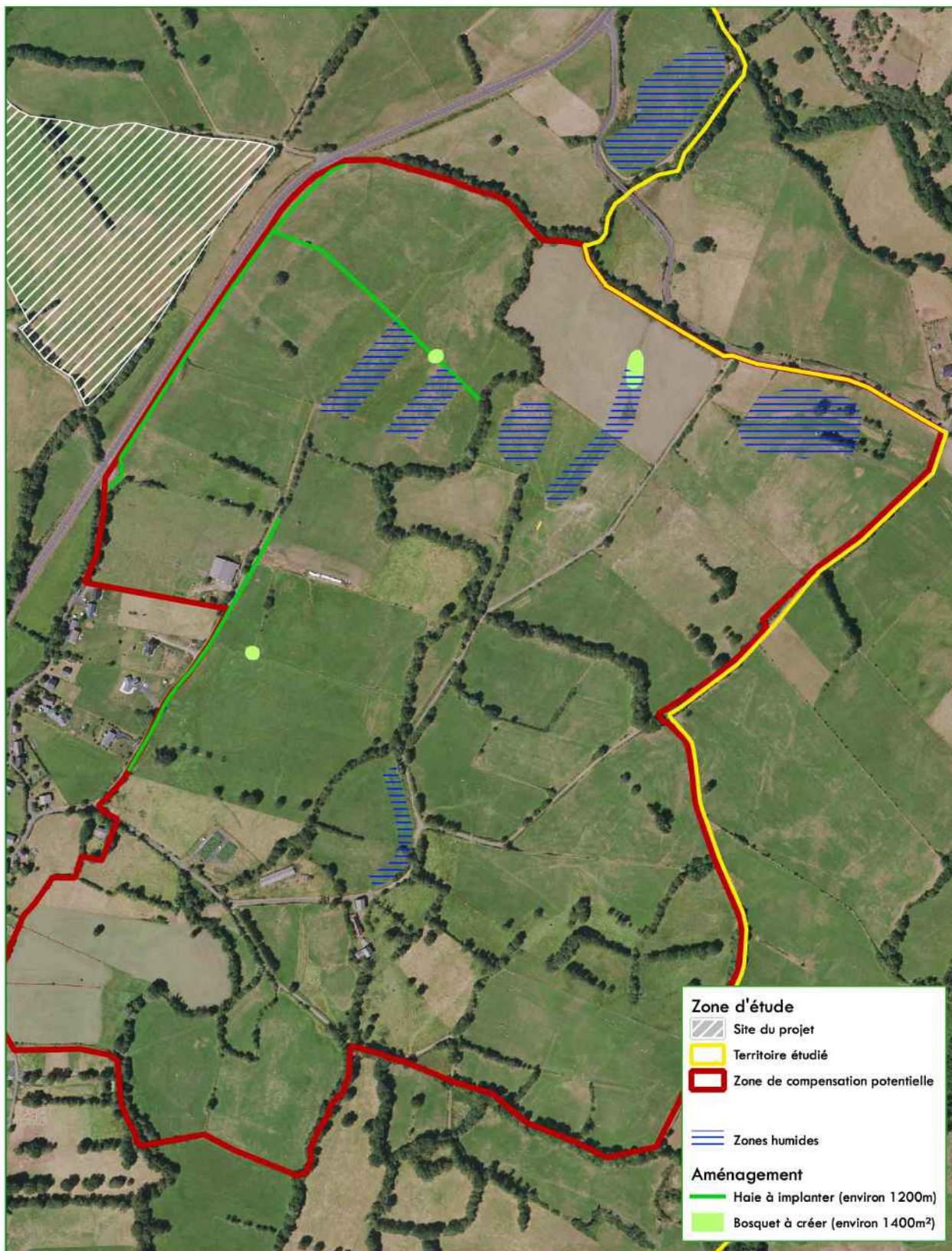
|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| <b>Période de mise en œuvre</b> | <p>Étude agro-environnementale détaillée : hiver 2021 (cf. MR7)</p> <p>Mise en œuvre des mesures :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- après validation des conclusions de l'étude détaillée et accord des propriétaires / exploitants (contractualisation : mars 2021),</li> <li>- engagement des mesures : à partir de fin d'été 2021 - dès démarrage des travaux,</li> <li>- si nécessaire accompagnement sur une période de 5 à 10 ans pour une mise en œuvre durable (avec comme objectif qu'elles soient à terme intégrées pratiques culturales et systèmes d'exploitation des agriculteurs concernés).</li> </ul> |
| <b>Contrôle et suivi</b>        | <p>Surface/linéaires des haies, bosquets et zones humides ayant fait l'objet d'intervention</p> <p>Suivi du couple de Pie-Grièche Grise présent actuellement sur la zone d'étude.</p>   |

| <b>Montant prévisionnel</b>   |   |                         |                              |
|---|---|-------------------------|------------------------------|
| <b>Actions</b>  | <b>Coût unitaire</b>  | <b>Coût global / an</b> | <b>Coût global sur 5 ans</b> |
| <b>Gestion du parasitisme</b><br>(Audit parasitaire, définition du plan de prévention et suivi)   | Cf. mesure MR7  |                         |                              |
| <b>Adaptation des pratiques agricoles et de la gestion des parcelles</b><br>Diagnostic détaillé des pratiques agricoles et des possibilités/contraintes pour la mise en place des mesures proposées<br>Adaptation des pratiques agricoles (hors parasitisme) sur les parcelles retenues - Compensation pour mise en place des mesures agricoles | Cf. mesure MR7  |                         |                              |
| <b>Renforcement des éléments de paysage pour améliorer les conditions d'habitat</b>   |   |                         |                              |
| Mesures complémentaire à MR7 et concernant les surfaces incluses dans le périmètre retenu pour restaurer un territoire favorable à la Pie-Grièche Grise<br>- Renforcement /plantation de haies (base 1,5 km) et bosquets (base 1 200 m <sup>2</sup> )<br>- Zones humides : à définir suivant état   | 10 €/ml de haie<br>2 €/m <sup>2</sup> bosquet   | 15 000 €<br>2 400 €     | 17 400 € (+ entretien)       |
| <b>Suivi et animation de la mesure</b>  |   |                         |                              |
| Suivi environnemental des parcelles (notamment diversité floristique, insectes <u>dont coprophages</u> , micromammifère) et du/des couples de PGG (base 5 j/an)   | Cf. MR7   |                         |                              |
| Restitution / conseil/ sensibilisation auprès des éleveurs impliqués mais aussi des autres exploitants proches (pour éventuellement étendre les mesures) dans le cadre du partenariat local (cf. MR7)   |   |                         |                              |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b>   | <p><i>Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS</i><br/>Opérateurs associés : LPO, mission haie Auvergne (pourra être associée en amont pour les plantations), GTV Auvergne, CEN Auvergne, EP Loire</p> |                         |                              |



Projet GEOPULSE - DAOT - Demande de dérogation à l'interdiction de destruction d'espèces protégées

### Mesure de compensation MC1 - Périmètre et propositions d'aménagement



Sources : Cadastre, Terrain CESAME (2020)  
Fond : BD-ORTHO@IGN, 2016

0 100 200 m



Référence : 2084/TD/2020 **CESAME**  
ETUDES & CONSEILS ENVIRONNEMENTAUX

Carte 22 : Mesure de réduction MC1 – Périmètre et propositions d'aménagements

---

# MESURE D'ACCOMPAGNEMENT

---

**La mesure d'accompagnement MA1 « Restauration d'un territoire potentiellement favorable à la Pie-Grièche Grise » visera à restaurer un territoire où l'espèce a été rarement observée et où a priori elle ne se reproduit pas.**

**Il s'agira ainsi d'augmenter l'attractivité d'un territoire pour l'espèce, au sein de la population de Pie-Grièche grise, afin de faciliter l'installation d'un couple supplémentaire.**

Elle vient compléter les mesures MR7 et MC1 qui doivent permettre de réduire et compenser l'impact du projet sur le couple de Pie-Grièche grise dont le territoire sera impacté par le projet.

# 1. JUSTIFICATION DE LA MESURE D'ACCOMPAGNEMENT MA1

Le site pressenti pour la mesure MA1, proposé par la LPO Auvergne-Rhône-Alpes, se trouve à l'Est du village de Prades, aux alentours du lieu-dit du Bouchet.

Cet ensemble de parcelles représente **environ 150 ha**. **Ce territoire, proche de la zone du projet et positionné au sein de la population de Pies-Grièches grises sur ce secteur**, a été identifié sur la base :

- De ses caractéristiques physiques et agro-environnementales : relief et tête de bassin versant avec des pentes relativement modestes, paysage agricole de prairies semi-ouvert à ouvert, avec encore des arbres, haies et bosquets, et la présence de zones humides,
- Des données de suivi de la LPO qui révèlent une utilisation historique de ce territoire pas la Pie-Grièche grise, mais un abandon depuis quelques années (cf. Carte 20 et Carte 21).

En effet, ces données montrent qu'un couple Pie grièche grise en période de nidification a été observé au lieu-dit « le Glavin », en 2013. Il n'est pas possible de savoir si ce secteur était occupé antérieurement mais des prospections effectuées par la LPO entre 2015 et 2020 n'ont pas permis de recontacter l'espèce, qui est donc supposée avoir déserté ce site. Il semble donc que l'espèce ait abandonné plusieurs zones d'apparence favorables entre 2006 et 2020 à l'est est du Sioulot, vers le Bouchet et le Glavin, d'où la pertinence de retenir ce site pour cette mesure d'accompagnement.

## La mesure MA1 consistera :

- dans un premier temps, à réaliser un pré-diagnostic agro-environnemental du périmètre proposé afin d'en évaluer l'attractivité effective pour la Pie Grièche grise, d'identifier les éventuelles causes d'abandon par l'espèce, et de juger de l'opportunité et de la possibilité d'y engager d'éventuelles mesures agro-environnementales (premier contact avec les exploitants agricoles concernés),
- dans un second temps, en fonction des conclusions de la pré-étude, d'engager une étude détaillée pour proposer, en concertation avec les acteurs locaux et les exploitants, les mesures agro-environnementales adaptées pour restaurer l'attractivité de ce secteur et permettre l'installation d'un nouveau couple et les conditions de mises œuvre de ces mesures (conventions, accompagnement technique et financier).

Il est proposé d'engager cette mesure en deux temps avec :

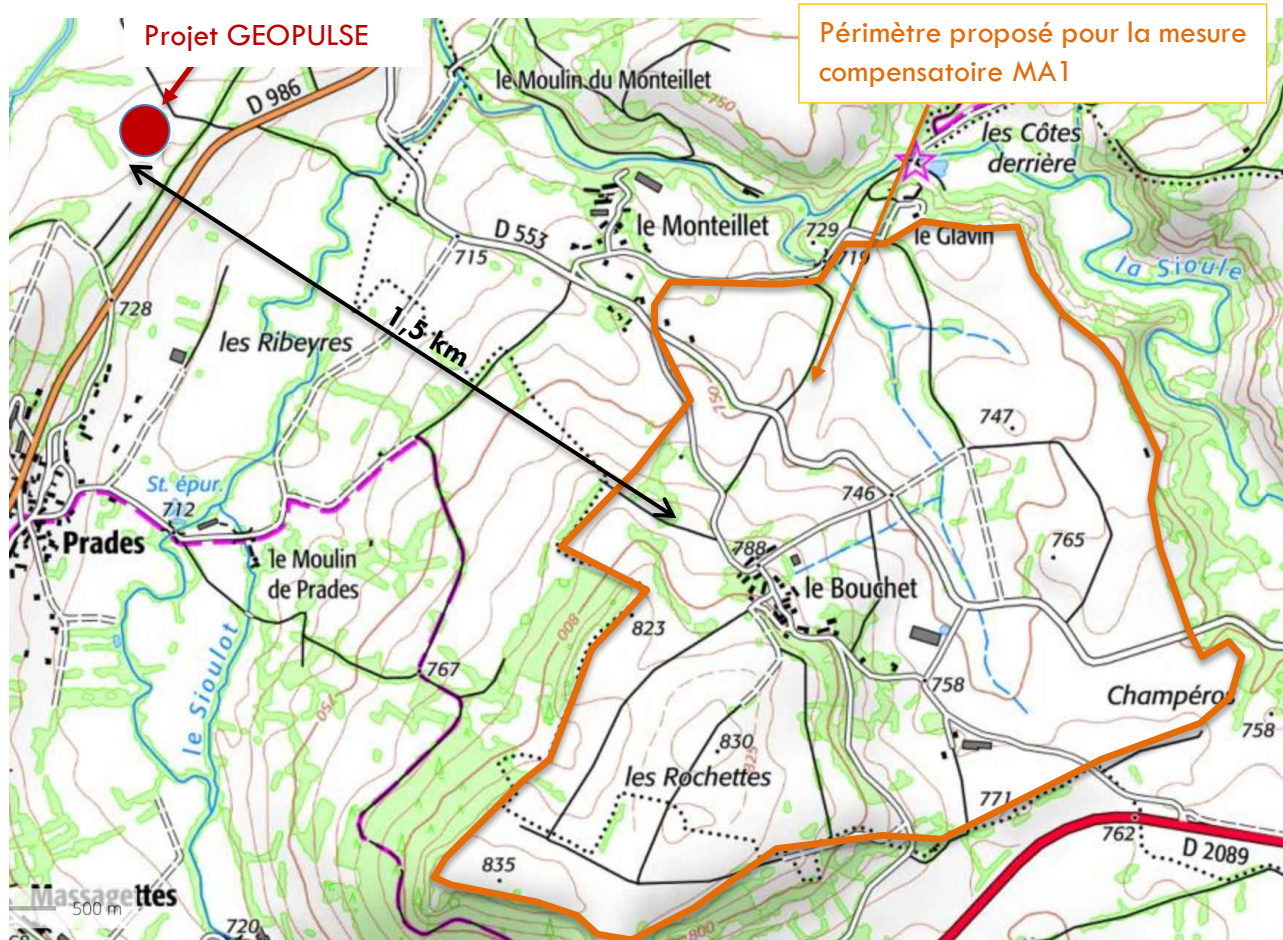
- La réalisation du pré-diagnostic au premier semestre 2021,
- La réalisation de l'étude détaillée à l'automne 2021 ce qui permettra de bénéficier et de valoriser le retour d'expérience de la mesure MC1 (objectif de contractualisation avec les exploitants pour fin mars 2021).

## 2. PRESENTATION DE LA MESURE D'ACCOMPAGNEMENT MA1

|  |   |
|--|---|
| <b>MA1</b>   | <b>Restauration d'un territoire potentiellement favorable à la Pie-Grièche Grise</b>  |
| <b>Type de mesure</b>  | <b>Mesure d'accompagnement</b>  |
| <b>Espèces protégées ciblées</b>   | <b>Pie-Grièche Grise</b>  |
| Autres espèces protégées bénéficiant de la mesure  | Autres oiseaux du bocage (dont Bruant jaune, Pie-grièche écorcheur,) Chiroptères  |
| <b>Objectif de la mesure</b>   | Restaurer l'attractivité d'un territoire potentiellement favorable à la Pie-Grièche grise, pour faciliter l'installation d'un nouveau couple.   |
| <b>Description de la mesure</b>  |   |
| <p>Dans la logique des mesures de réduction MR7 et de la mesure compensatoire MC1, cette mesure comprendra :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- dans un premier temps une pré-étude agro-environnementale destinée à évaluer l'intérêt/la potentialité de la zone vis-à-vis de la Pie-Grièche grise (avec analyse historique de l'évolution des habitats et pratiques agricoles pour identifier les facteurs qui ont pu conduire à un abandon par l'espèce), et l'opportunité/la possibilité d'y engager des actions (notamment acceptabilité par les exploitants avec première prise de contact),</li> <li>- dans un second temps, la réalisation d'une <b>étude détaillée destinée à préciser</b>, en concertation avec les exploitants agricoles concernés et les partenaires locaux, <b>les mesures opérationnelles qui pourront être engagées</b> pour restaurer/améliorer les conditions d'habitats et de nourrissage pour l'espèce cible.</li> </ul> <p>Les actions et mesures de gestion pertinentes seront ensuite engagées sur toute ou partie du secteur étudié, sur la base d'un cadre contractuel et d'un accompagnement technique et financier qui sera défini à l'issue de l'étude détaillée.</p> |   |
| <b>Localisation de la mesure</b>   | <b>Cf. carte ci-après</b> – Périmètre d'étude de 150 ha environ, situé autour du lieu-dit le Bouchet, à un peu plus d'1 km à l'est du projet.   |
| <b>Période de mise en œuvre</b>  | <p>Pré-étude agro-environnementale : 1<sup>er</sup> semestre 2021<br/> Étude agro-environnementale détaillée : automne-hiver 2021-2022<br/> Mise en œuvre des mesures :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- après validation des conclusions de l'étude détaillée et accord des propriétaires / exploitants (contractualisation : fin d'hiver/printemps 2022),</li> <li>- engagement des mesures : printemps/été 2022,</li> <li>- si nécessaire accompagnement sur une période de 5 à 10 ans pour une mise en œuvre durable (avec comme objectif qu'elles soient à terme intégrées pratiques culturales et systèmes d'exploitation des agriculteurs concernés).</li> </ul> |
| <b>Contrôle et suivi</b>   | <p>Surface/linéaires des haies, bosquets et zones humides ayant fait l'objet d'intervention<br/> Suivi du couple de Pie-Grièche Grise présent actuellement sur la zone d'étude.</p>   |



| Montant prévisionnel   |  |                  |                       |
|--|--|------------------|-----------------------|
| Actions  | Coût unitaire  | Coût global / an | Coût global sur 5 ans |
| Pré-étude agro-environnementale  | 2 400 €  | 2 400 €          | -                     |
| Étude agro-environnementale détaillée :<br>- Diagnostic des pratiques agricoles (base de 4 exploitants), audit parasitaire, définition du plan de prévention et suivi ...<br>- Analyse des données et proposition de mesures | 17 000 €   | 17 000 €         | -                     |
| Mise en place des mesures et suivi (yc parasitaire)  | Non chiffré (suivant résultats de l'étude détaillée)   |                  |                       |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b>  | Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS<br>Opérateurs associés : GTV Auvergne, LPO, mission haie Auvergne (pourra être associée en amont pour les plantations) |                  |                       |



Carte 23 : Périmètre proposé pour la mesure compensatoire MA1 (fond : Geoportail)



---

# SUIVI

---

Compte tenu de la nature du projet, des enjeux identifiés, des incidences pressenties sur les espèces protégées et des mesures proposées, un **suivi environnemental** du projet et des mesures sera mis en place.

Il visera **plusieurs objectifs** :

- **Prendre en compte au mieux les enjeux** avérés dès le démarrage des travaux, et vérifier la bonne mise en œuvre des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées,
- **Évaluer « en continu » l'incidence réelle des travaux** (et ainsi établir un retour d'expérience intéressant pour ce type de projet en milieu agricole et naturel), en ciblant plus spécifiquement les espèces protégées à enjeux pour lesquelles des mesures de réduction et de compensation sont nécessaires : Loutre, Oiseaux (dont Milan royal, Pie-Grièche grise, mais aussi Pie-Grièche écorcheur, Bruant jaune...), Chiroptères.
- **Établir un constat post-travaux** et évaluer l'efficacité des mesures engagées.

Le suivi reposera :

- Sur la **réalisation d'investigations naturalistes avant travaux**, sur le site et à proximité. Ces inventaires cibleront plus spécifiquement les espèces faunistiques à enjeux (oiseaux et chiroptères), mais aussi les amphibiens. Ils permettront d'identifier et de délimiter d'éventuels périmètres à protéger, et de conseiller le porteur du projet (et les entreprises qui interviendront) sur les mesures à adopter pour limiter les incidences directes sur la faune notamment par destruction d'individus.
- Sur un **suivi pendant les travaux** à raison de quelques prospections ciblées notamment en phase de forage (et surtout en sortie d'hiver – début de printemps). Ces suivis pourraient permettre de mieux évaluer l'incidence réelle sur les espèces à forts enjeux, mais aussi de préciser la conduite à tenir et les précautions à prendre en cas de prolongation de la durée des forages après le mois de mars (en cas de nécessité technique de prolonger les travaux).
- Sur un **suivi post-travaux sur quelques années consécutives**, selon le protocole mis en œuvre pour l'état initial.

Le **périmètre du suivi écologique** couvrira l'emprise du projet, mais aussi, de façon détaillée pour ce qui est des espèces protégées à plus forts enjeux :

- Le **périmètre ciblé par la mesure MC1** « Amélioration des habitats sur un territoire favorable à la Pie-Grièche Grise », inclus dans le précédent,
- Le **périmètre visé par la mesure MA1** « Restauration d'un territoire potentiellement à la Pie-Grièche Grise » si cette mesure est mise en œuvre.

Il sera **étendu au périmètre visé par la mesure MR7** « Gestion agro-environnementale des milieux agricoles environnants » pour ce qui est du suivi :

- Des pratiques agricoles et de leurs évolutions,
- De la diversité floristique des prairies et l'évaluation de la biomasse de coprophages dans les bouses sur les parcelles concernées par des mesures agro-environnementales.

| Montant prévisionnel du suivi   |   |                  |                        |
|---|---|------------------|------------------------|
| Actions   | Coût unitaire   | Coût global / an | Coût global sur 10 ans |
| Suivi des espèces protégées (notamment oiseaux à forts enjeux, Chiroptères) – 10 j/an durant 10 ans | 600 €   | 6 000 €          | 60 000 €               |
| Suivi floristique des parcelles agricoles (5 j/an)  | 600 €   | 3 000 €          | 30 000 €               |
| Suivi coprophage (5 j/an)   | 600 €   | 3 000 €          | 30 000 €               |
| <b>Opérateur / Maître d'ouvrage potentiel</b>   | Maîtrise d'ouvrage : GEOPULSE SAS<br>Opérateurs associés : LPO, CEN, Lycée agricole, Bureau d'étude |                  |                        |

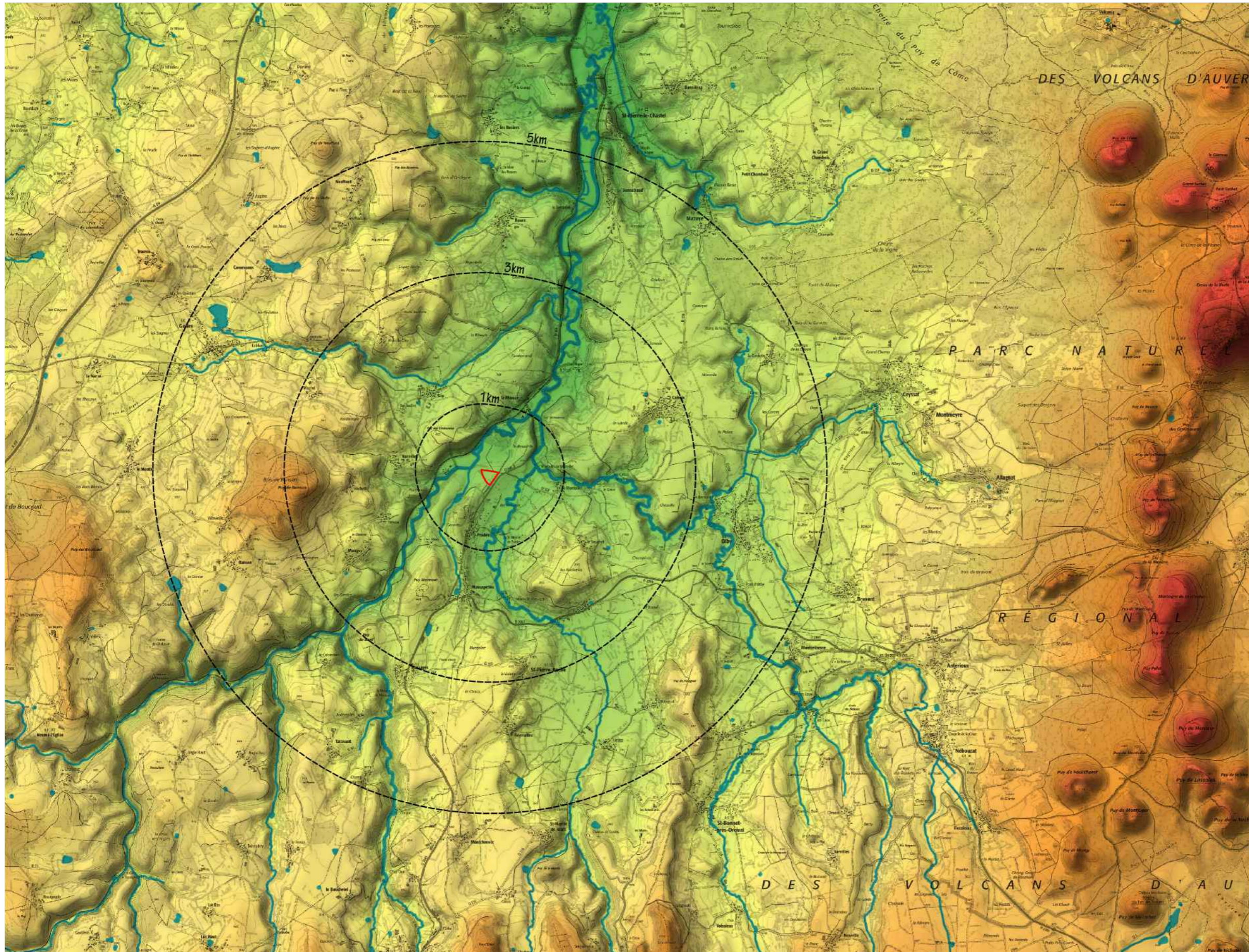
## **Annexe 2**

Annexe 2A : Compléments paysagers sur la phase forage et puits – Atelier Détroit – Janvier 2021

Annexe 2B : Etude préliminaire d'intégration paysagère – TLS Geothermics – Janvier 2021



# 1.1-Topographie / hydrographie

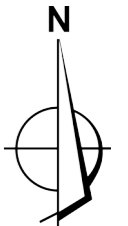


**LÉGENDE :**

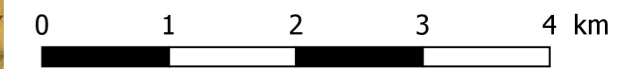
- Site d'étude
- Rayon 1-3-5km
- Surface d'eau
- Cours d'eau

**Altimétrie :**

- 600m
- 750m
- 900m
- 1050m
- 1200m
- 1350m
- 1500m

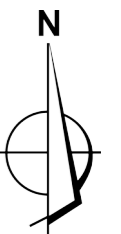
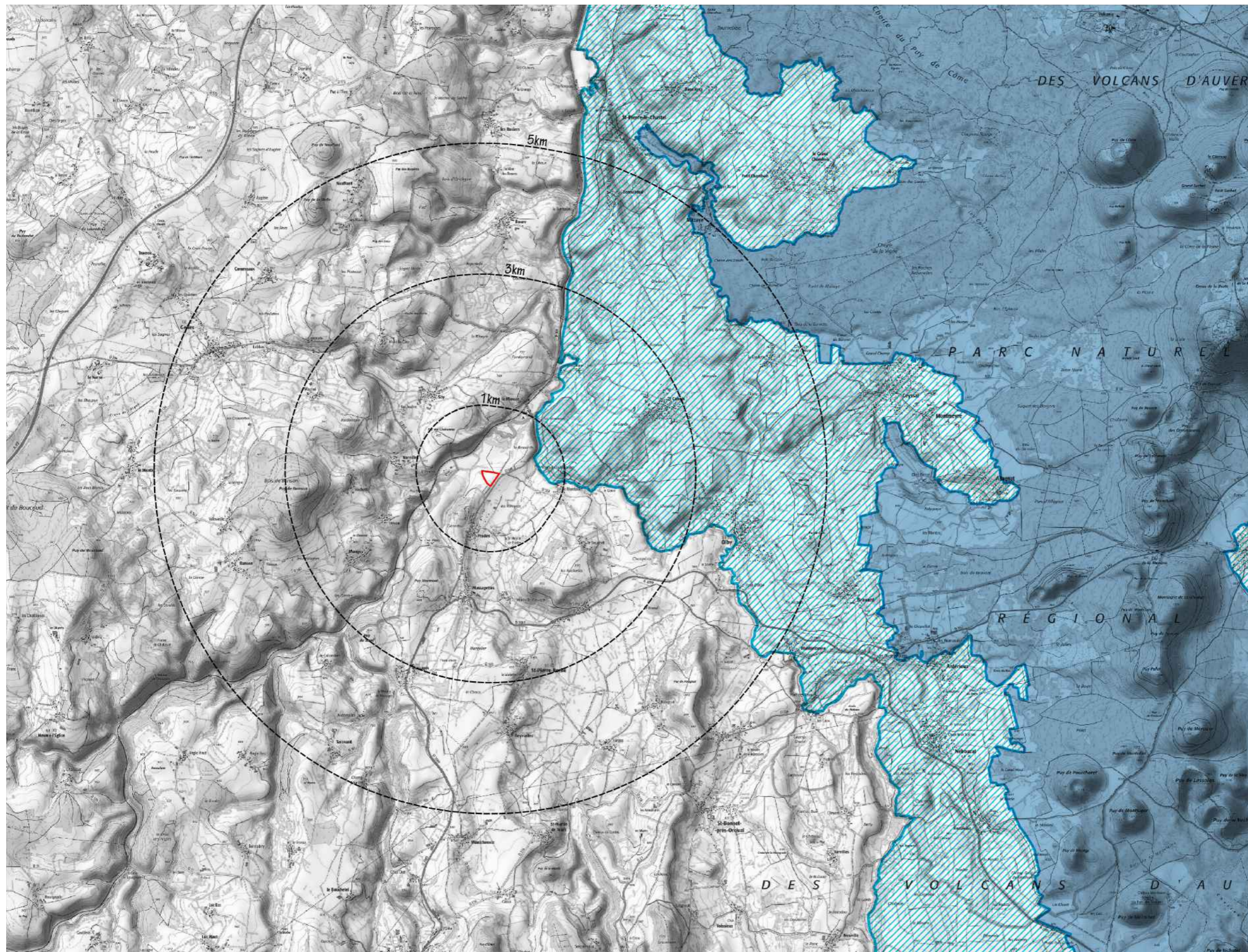


Echelle : 1/ 60 000ème

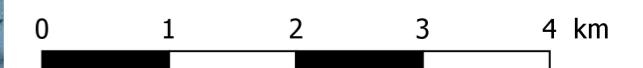




## 1.2-Site UNESO : Chaîne des Puys - Faille de la Limagne

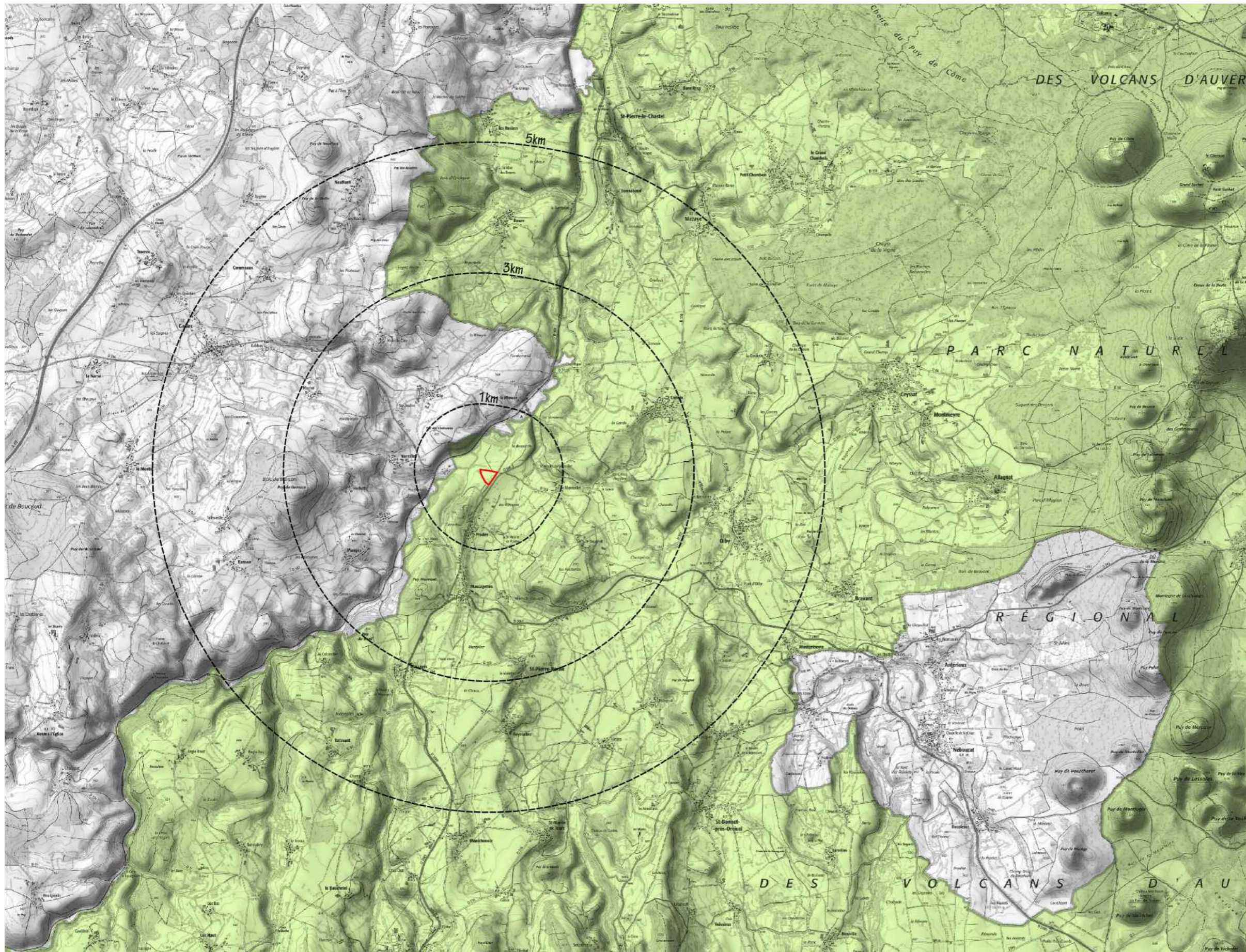


Echelle : 1/ 60 000ème






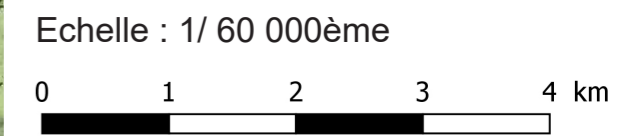
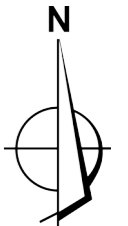


# 1.3-Parc Naturel Régional des Volcans d'Auvergne



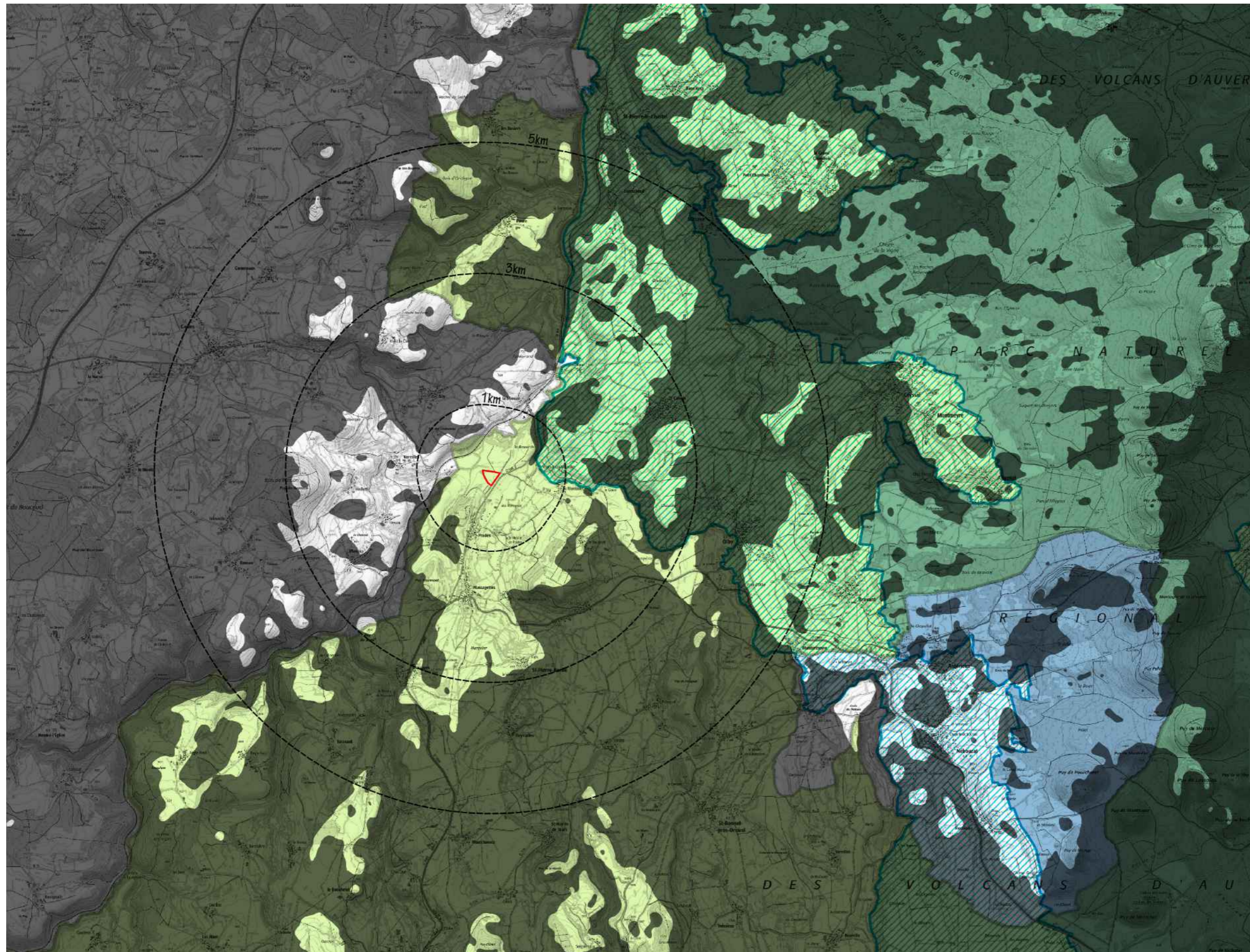
**LÉGENDE :**

-  Site d'étude
-  Rayon 1-3-5km
-  PNR des Volcans d'Auvergne





## 1.5-Visibilité avec RIG - PNR et Bien UNESCO

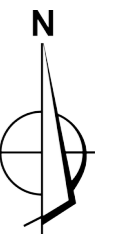


### LÉGENDE :

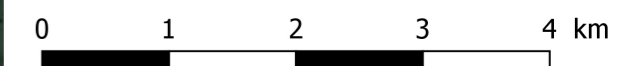
- Site d'étude
- Rayon 1-3-5km
- PNR des Volcans d'Auvergne
- Bien UNESCO : Chaîne des Puys - Faille de la Limagne
- Zone tampon du Bien UNESCO

### Visibilité potentielle de l'installation avec RIG

- Installation potentiellement visible
- Installation non visible du fait de la topographie

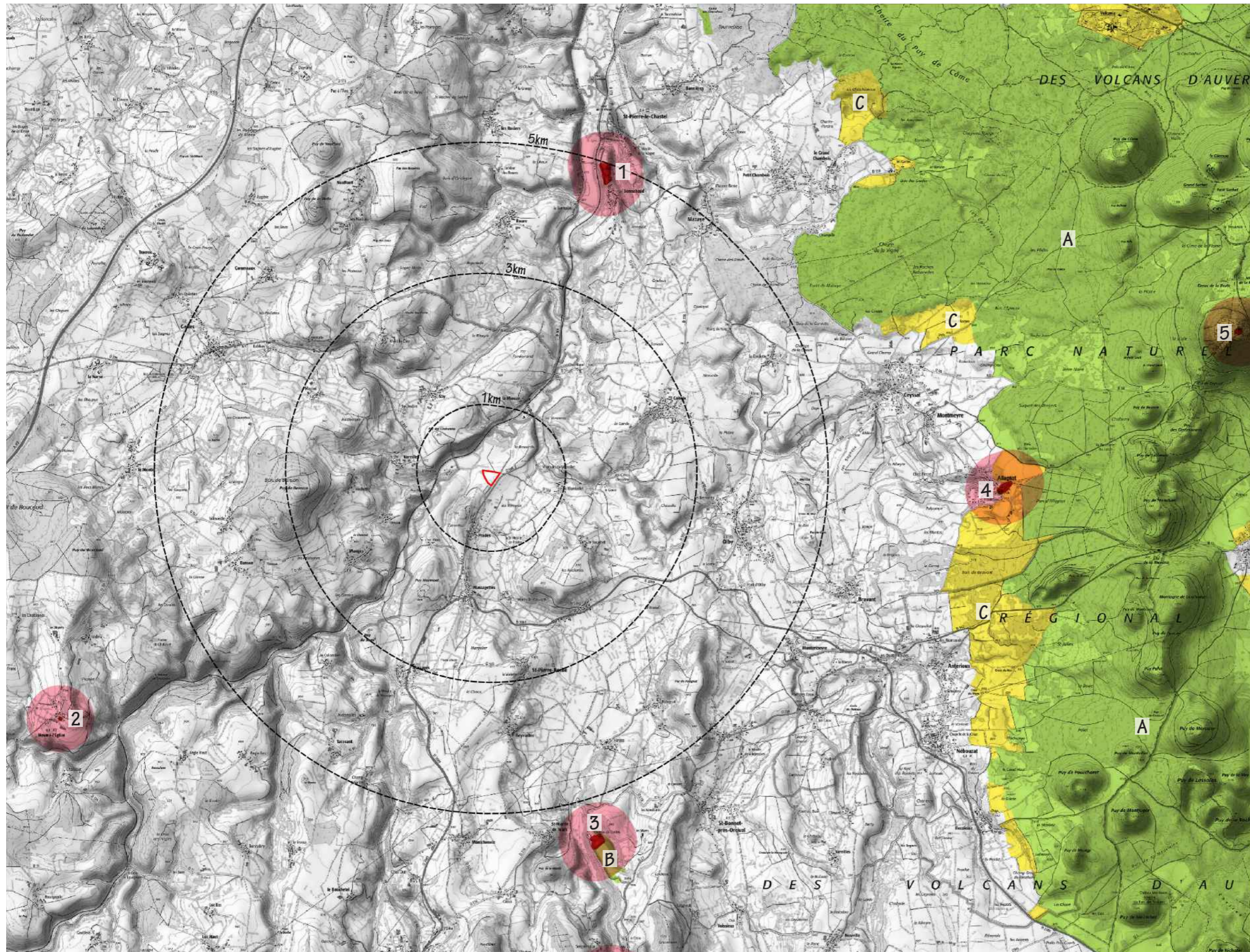


Echelle : 1/ 60 000ème





## 1.6-Monuments et Sites institutionnalisés

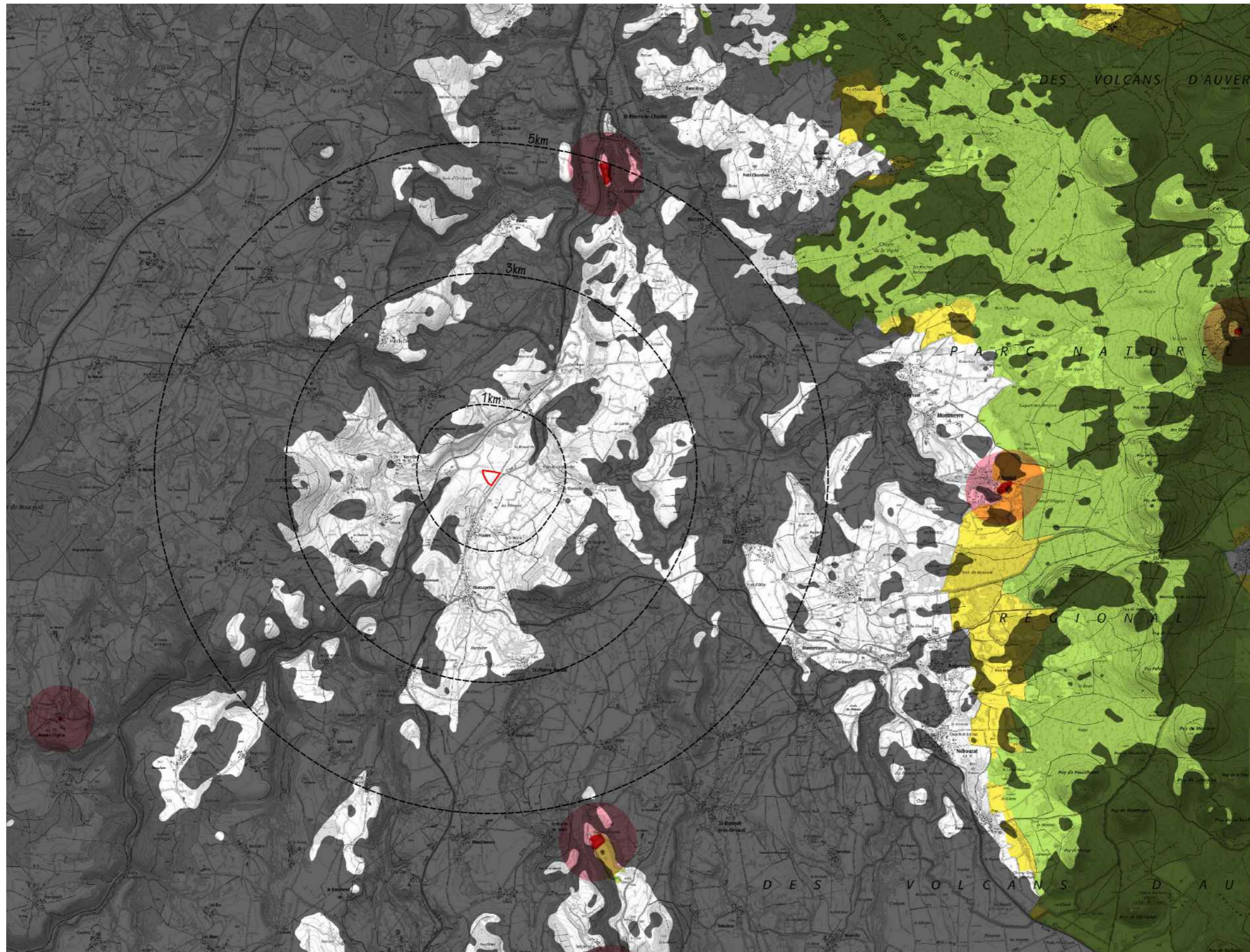


### LÉGENDE :

- Site d'étude
- Rayon 1-3-5km
- Site classé :
  - A - Chaîne des Puy
  - B - Domaine des Cordes
- Site inscrit
  - C - Chaîne des Puy
- Monument historique et aire de protection :
  - 1 - Château de Bonnebaud / Inscrit
  - 2 - Eglise Sainte-Anne / Classé
  - 3 - Château de Cordès / Partiellement classé
  - 4 - Château d'Allagnat / Inscrit
  - 5 - Temple de Mercure / Classé



## 1.7-Visibilité avec RIG - Monuments et sites

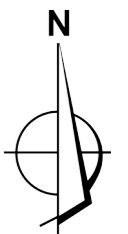


**LÉGENDE :**

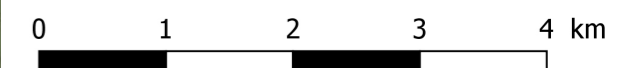
- Site d'étude
- Rayon 1-3-5km
- Site classé
- Site inscrit
- Monument historique et aire de protection

Visibilité potentielle de l'installation avec RIG

- Installation potentiellement visible
- Installation non visible du fait de la topographie

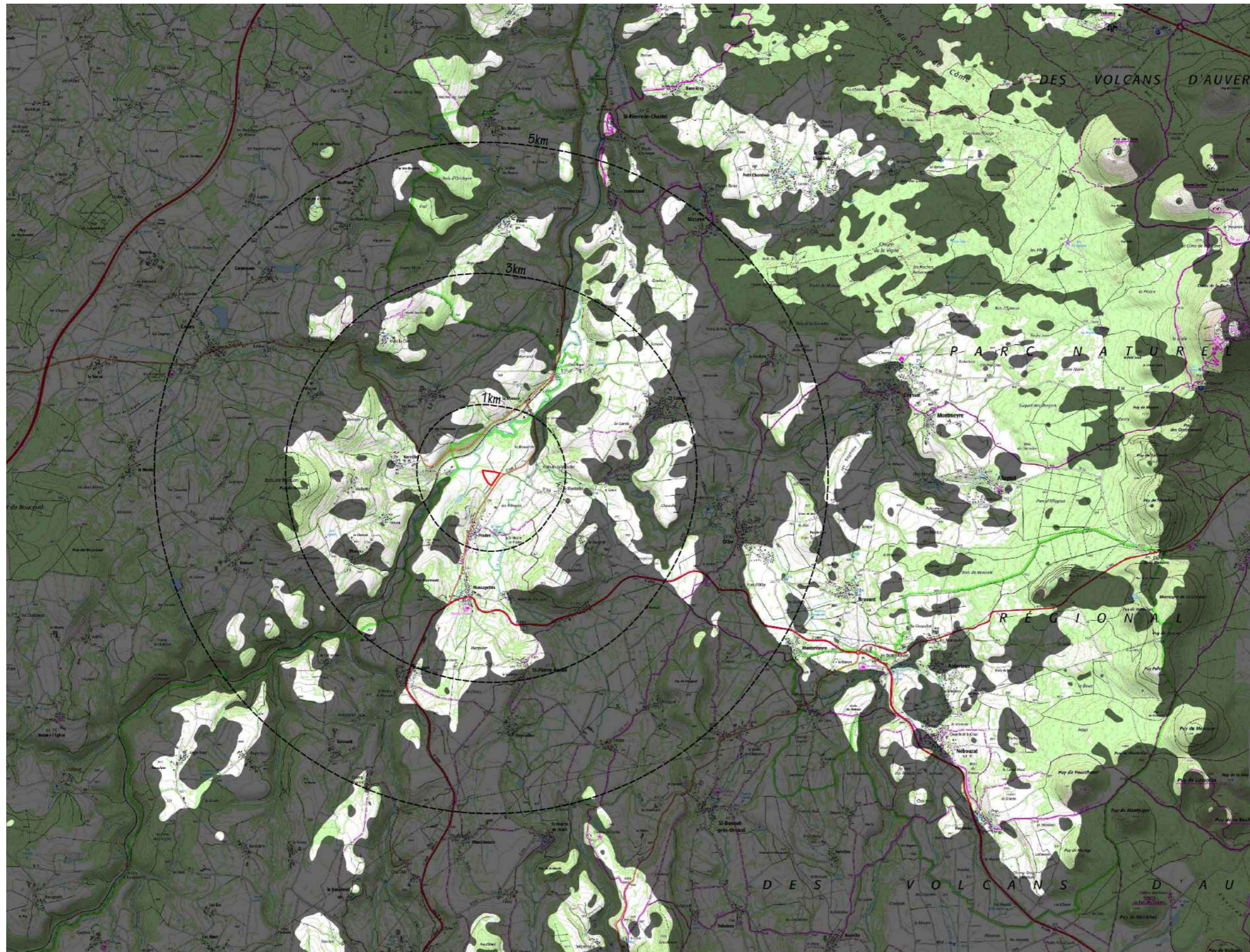


Echelle : 1/ 60 000ème





## 1.8-Visibilité potentielle avec RIG

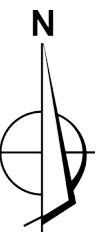


### LÉGENDE :

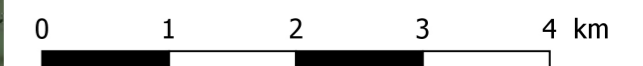
- Site d'étude
- Rayon 1-3-5km
- Visibilité potentielle de l'installation avec RIG
- Installation potentiellement visible
- Installation non visible du fait de la topographie

Nota : la visibilité potentielle ne prend en compte que la topographie. En réalité, la densité des masques boisés réduit fortement la visibilité réelle des installations. A l'Est, les Puys et leur socle sont largement couverts de forêts. Tandis qu'autour du site et sur les plateaux Ouest, les haies bocagères cloisonnent les perceptions.

La visibilité potentielle de la carte ci-contre est calculée avec un RIG de 43-44m de haut.

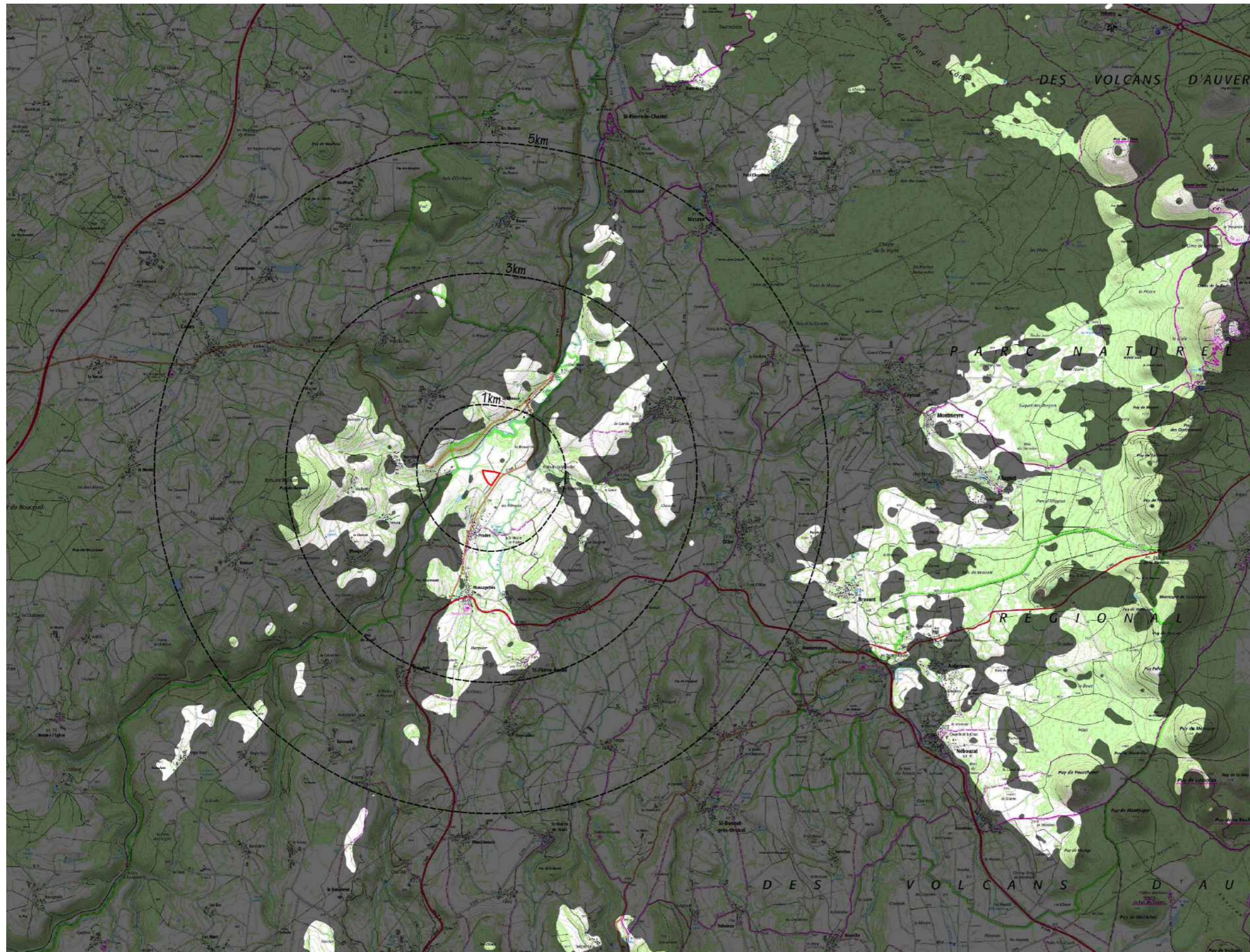


Echelle : 1/ 60 000ème





## 1.9-Visibilité potentielle sans RIG



### LÉGENDE :

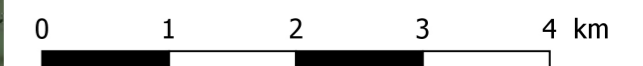
- Site d'étude
- Rayon 1-3-5km
- Visibilité potentielle de l'installation sans RIG
- Installation potentiellement visible
- Installation non visible du fait de la topographie

Sans RIG la visibilité est fortement réduite dans le rayon de 5km. D'autant plus si les nombreux masques végétaux sont pris en compte, et notamment les haies bocagères autour du site.

Au-delà du rayon des 5km, la visibilité potentielle se concentre au niveau de la chaîne des Puys à l'Est. Dans ce secteur largement boisé, seul le sommet de quelques puys offre des panoramas vers le site de projet : puy de Dôme, puy de Côme, puy de Pelat, puy de Lassolas... Ces reliefs étant à plus de 10 km du site, l'impact du projet sera très faible, voire nul lors des périodes sans RIG.

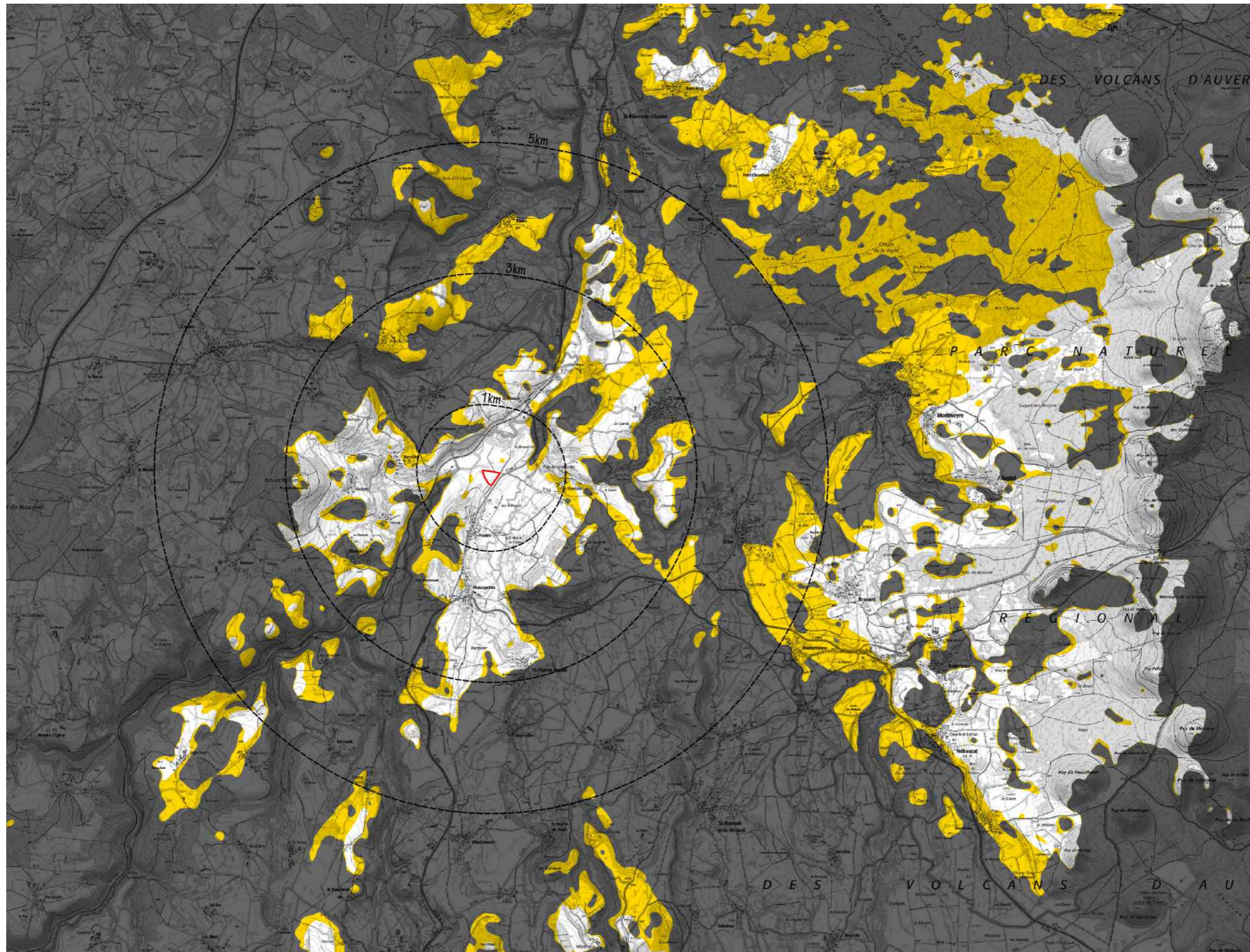


Echelle : 1/ 60 000ème



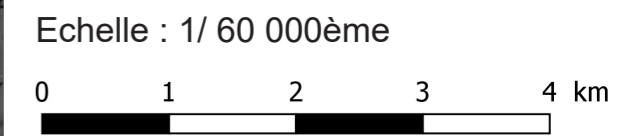
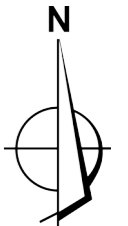


## 1.10-Visibilité potentielle différence



**LÉGENDE :**

- Site d'étude
- Rayon 1-3-5km
- Visibilité potentielle de l'installation avec / sans RIG
- Installation potentiellement visible
- RIG potentiellement visible
- Installation non visible du fait de la topographie





## 2.1-Perceptions proches



Emplacement vues 1/2000ème

Du fait de la forte présence des linéaires végétaux, le projet sera peu visible dans le paysage proche. En effet, les haies bocagères, les alignements, les boisements, et les ripisylves des cours d'eau, cloisonnent les perceptions autour du site. Depuis la départementale 986, passant à l'Est du périmètre de projet, une haie bocagère filtre les vues. Ainsi, hors période de présence du RIG, les installations seront quasiment imperceptibles. Par contre, lors des périodes de forage, le RIG émergera de la haie et sera d'autant plus visible que les arbres n'auront plus leur feuillage (entre novembre et mars).



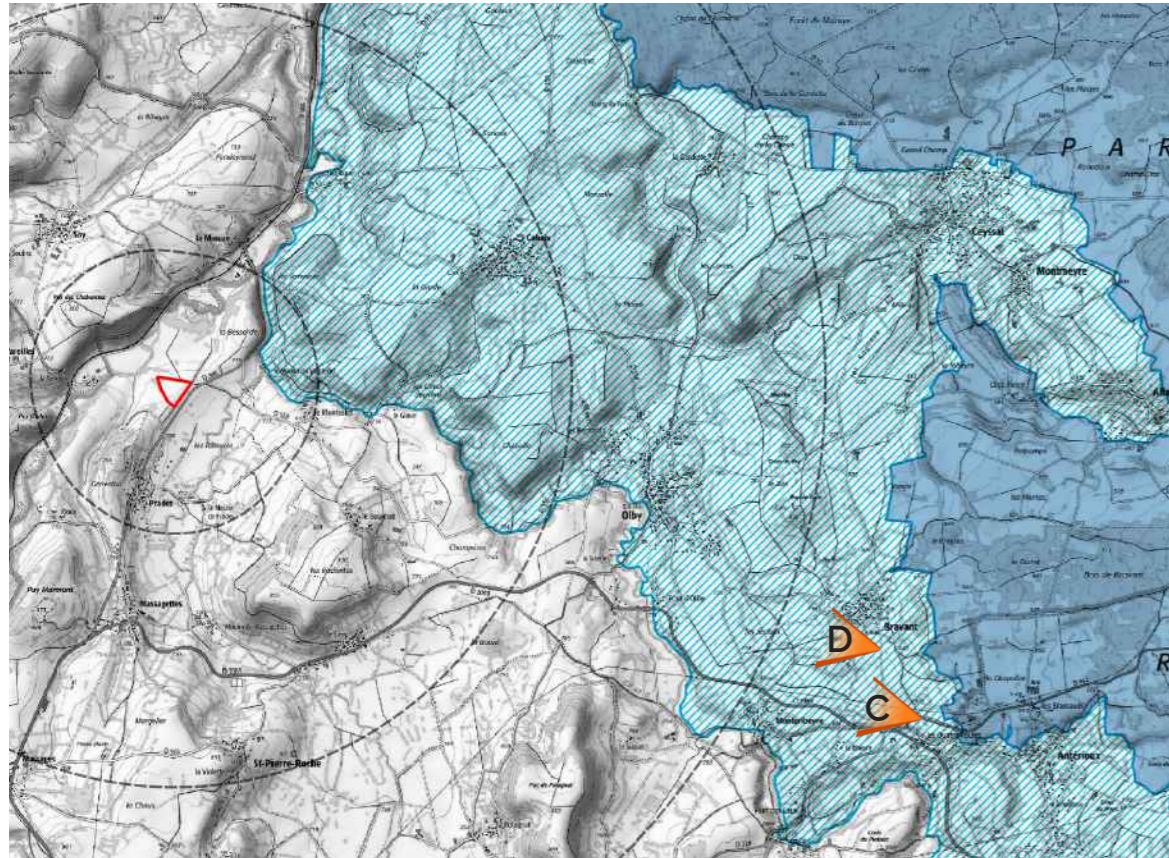
Vue A : depuis la départementale au Nord-Est, à l'entrée du site - vue google street view



Vue A : depuis la départementale au Sud - vue google street view



## 2.2-Perceptions lointaines : zone tampon UNESCO



Emplacement vue 1/60 000ème



**Nota :** Sur les photos, le site de projet est indiqué avec une surélévation de 43-44m de haut, correspondant à la hauteur maximale du RIG. Ainsi, en réalité, les installations seront bien moins visibles que les figurés rouges, en particulier hors période de présence du RIG.



Vue C - depuis la D 942 : entre Antérioux et Monteribeyre, la route descend du plateau et s'oriente face au périmètre projet. Si le site en lui-même est masqué par les composantes arborées, le RIG pourra apparaître au-dessus des linéaires bocagers.



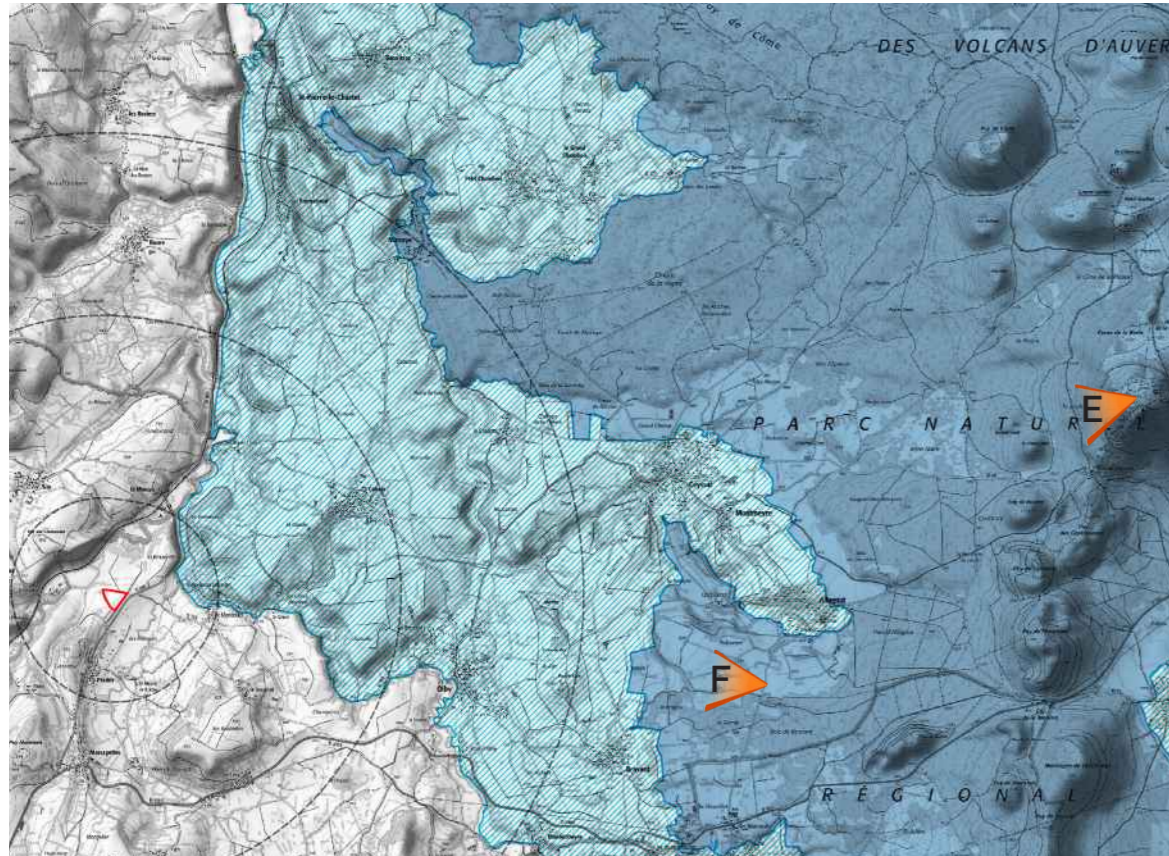
Zoom 70m plus loin



Vue D - depuis les abords de Bravant : des panoramas s'ouvrent à la faveur des ondulations du relief. Le site est alors perceptible entre les masques bâtis et végétalisés. Cependant comme précédemment les terrains du projet seront masqués par les linéaires bocagers, et seules les installations les plus hautes pourront apparaître.



## 2.3-Perceptions lointaines : site UNESCO



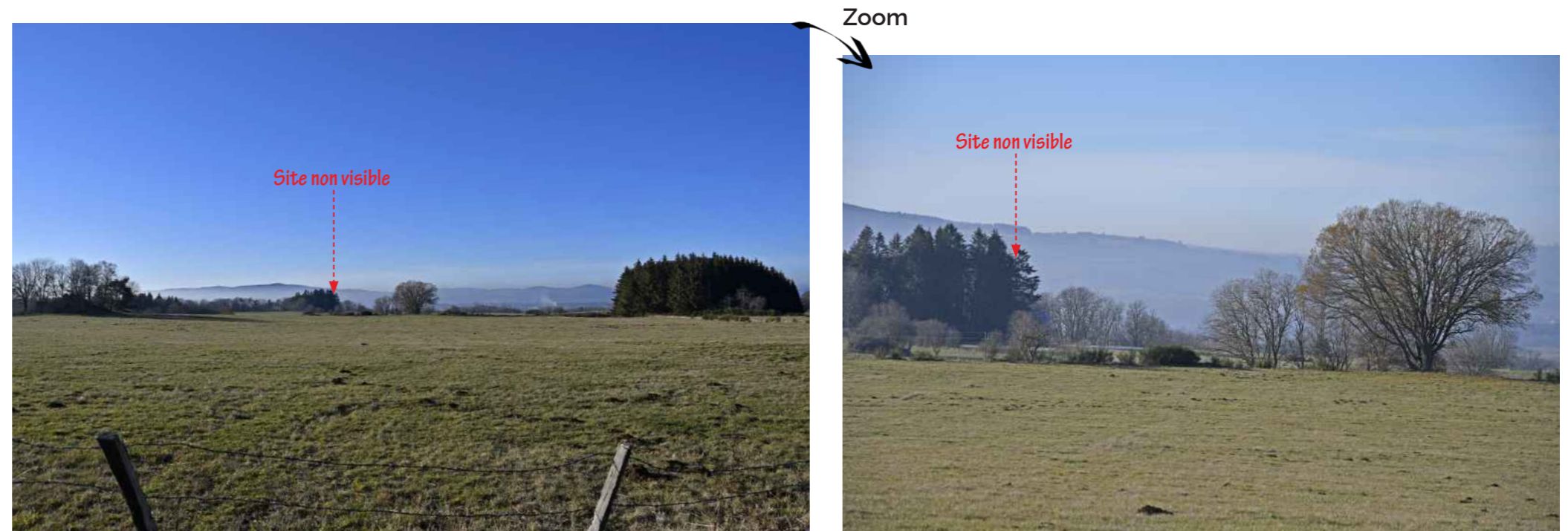
Emplacement vue 1/60 000ème

### LÉGENDE :

- Site d'étude
- Rayon 1-3-5km
- Bien UNESCO : Chaîne des Puys -Faille de la Limagne
- Zone tampon du Bien UNESCO



Vue E - depuis le sommet du Puy de Dôme : à plus de 10km, les installations seront anecdotiques par rapport au panorama se déployant sur 360° au sommet du Puy. Le projet sera difficilement perceptible à l'œil nu, en particulier lorsqu'il n'y aura pas le RIG. A cette distance, les surfaces de prairies, les aires techniques en graves, et les bassins ne se différencieront pas des parcelles cultivées ou forestières alentours. En outre, brume fréquente dans la région limitera encore les perceptions.



Vue F - depuis le plateau agricole d'Allagnat : en dépit des ouvertures paysagères créées par les prairies, le site de projet est occulté par les linéaires arborées en arrière-plan. Cette configuration est fréquente au sein du site UNESCO, où les composantes boisées sont prédominantes.



## 3.1 Situation générale



Le site de projet s'implante dans un espace rural, agricole et bocager, principalement dédié à l'élevage, et identitaire du territoire. Le relief dans le périmètre proche présente une succession de collines et de vallons, où les prairies dominantes créent une ambiance semi-ouverte, cloisonnée par les nombreuses haies. En arrière-plan les coteaux boisés, les rebords des plateaux et surtout la chaîne des Puys à l'Est referment les horizons. Les ondulations topographiques, couplées à l'importance des linéaires boisés autour du site, tendent à insérer les installations dans le paysage. En effet, le périmètre d'étude est encadré de haies bocagères, d'alignements, de bosquets, des ripisylves de la Miouze et de ses affluents...

Ainsi, le projet sera relativement isolé, restant peu visible depuis le territoire proche. Seul le mat du RIG, d'une hauteur de 43-44m, présentera une gêne visuelle importante. Il créera un point d'appel vertical surprenant, d'autant plus qu'il sera en place de novembre à mars, quand les arbres auront majoritairement perdu leur feuillage. Son effet sera accentué par l'éclairage nocturne des installations.

Hors période de forage, les aménagements au sol (plate-forme, base vie, zone de stockage...) seront moins visibles, car largement masqués par la végétation périphérique. Les installations de chantiers (bungalows, RIG, engins...) auront disparus. En vision « plongeante », depuis les reliefs environnants, le chantier restera toutefois perceptible par rapport aux parcelles de prairies adjacentes

L'impact visuel et paysager en phase de travaux miniers sera donc modéré à fort, mais sur une courte durée (périodes de 3 à 4 mois essentiellement en hiver pour la machine de forage, sur une période de 4 ans environ pour l'ensemble du chantier).

Pour limiter l'impact des installations, des mesures paysagères ont été envisagées. La première des mesures a été le choix d'un site adapté et constitue la base des mesures d'évitement :

- Site en dehors des zones à enjeux paysagers (monuments historiques, site UNESCO « Chaîne des Puys - Faille de Limagne » et sa zone tampon...).
- Absence de chemin de randonnée notamment sur les abords du site.
- Préservation des haies et bosquets existants autour du site représentant la trame verte.
- Eloignement du projet du cours d'eau la Miouze représentant la trame bleue.



Alignement de frênes en limite Ouest



Haies bocagères en bordure Est du site

Echelle : 1/2000ème



## 3.2 Plan masse avec RIG



### LÉGENDE INSTALLATIONS :

- 1 - Plateforme de forage - grave stabilisée
- 2 - RIG de forage géothermique, hauteur totale 43m, en place seulement 4 périodes de 4 mois étalées sur 4 ans, incidence temporaire
- 3 - Bassins de stockage d'eaux géothermales étanches, liner noir, talus enherbés
- 4 - Bassin d'orage étanche, liner noir, talus enherbés
- 5 - Cuve incendie 120m<sup>3</sup>, acier blanc
- 6 - Base vie, concassé stabilisé + algecos de teinte neutre, hauteur max. 4m, lieu de vie et bureaux
- 7 - Parking : stationnement et retournement des véhicules - grave stabilisée
- 8 - Zone de stockage du matériel, des tubulaires, et des produits de base - concassé stabilisé
- 9 - Clôture existante
- 10 - Clôture projet (hauteur ?/ teinte?)



### 3.3 Plan masse précis sans RIG



#### LÉGENDE MESURES PAYSAGÈRES :

- A - Maintien et entretien de la prairie de fauche
- B - Préservation du petit bois mixte mêlant des espèces ornementales de feuillus et conifères
- C - Préservation et entretien de l'alignement de frênes têtards
- D- Maintien de la haie bocagère arborée mêlant chênes et frênes
- E - Conservation de la haie arbustive à prunelliers et des quelques arbres qui la ponctue
- F - Préservation des talus et fossés existants
- G - Maintien du sentier agricole existant
- H - Surface remise en état agricole, en cas de résultats favorables menant à la construction d'une centrale. En cas de résultats défavorables, l'ensemble du site sera remis en état agricole (épendage de terre végétale stockée in-situ et semi-prairiaux)
- I - Intégration de la base vie (couleur adaptée, hauteur limitée, pose des algecos sans fondation)
- J- Décalage de l'entrée pour préserver la haie et les arbres remarquables

#### Autres mesures :

- Utilisation de granulats locaux aux teintes neutres (gris beige) pour les plateformes
- Evitement des couleurs vives pour les installations (acier blanc ou gris de préférence)
- Nivellement du site, réduction des déblais/ remblais par un projet respectant la topographie
- Végétalisation des talus
- Aucun abatage d'arbre, de haie ou de boisement
- Limitation de la pollution lumineuse nocturne : éclairage directif, maintien de zones sombres autour du chantier...

#### LÉGENDE INSTALLATIONS :

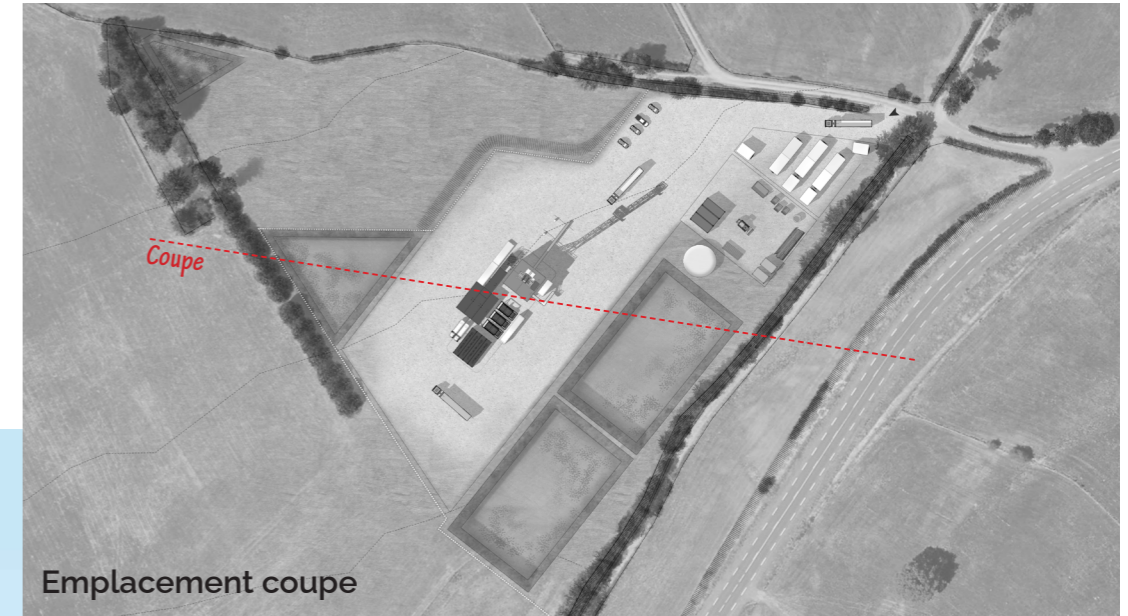
- 1 - Plateforme de forage
- 2 - Têtes de forage
- 3 - Bassins de stockage d'eaux géothermales
- 4 - Bassin d'orage étanche
- 5 - Cuve incendie
- 6 - Base vie
- 7 - Parking
- 8 - Zone de stockage du matériel
- 9 - Clôture existante
- 10- Clôture projet

0 10 30 50m

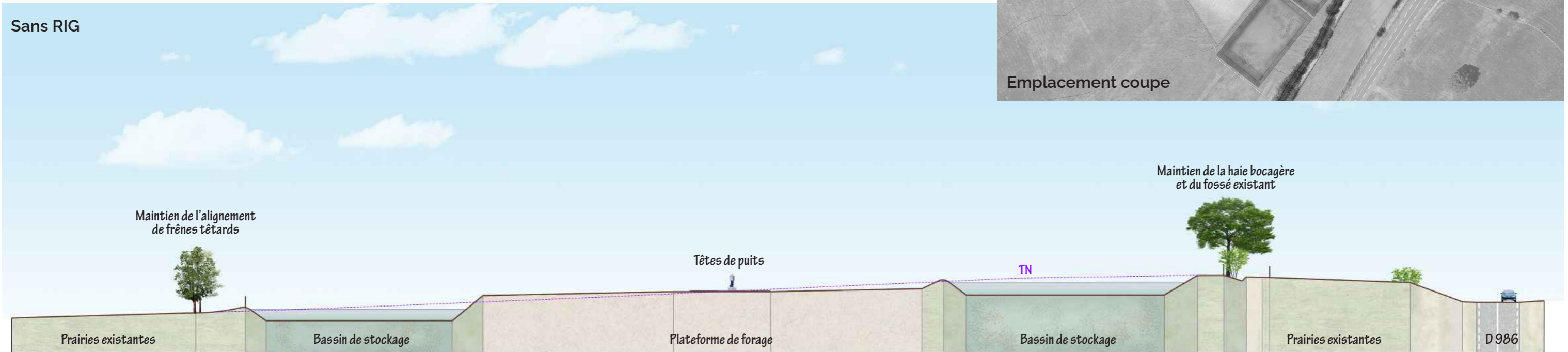
Echelle : 1/1000ème



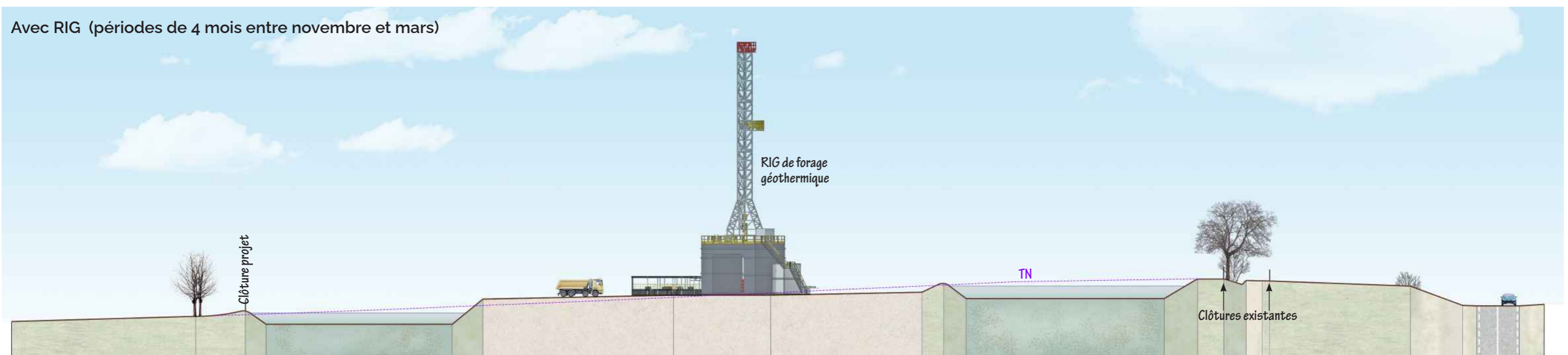
### 3.4 Coupes de principe



Sans RIG



Avec RIG (périodes de 4 mois entre novembre et mars)



Echelle : 1 / 700ème



# Analyse Paysagère Préliminaire

## Projet Geopulse

Coupes avec  
une centrale de 5 à 6MW

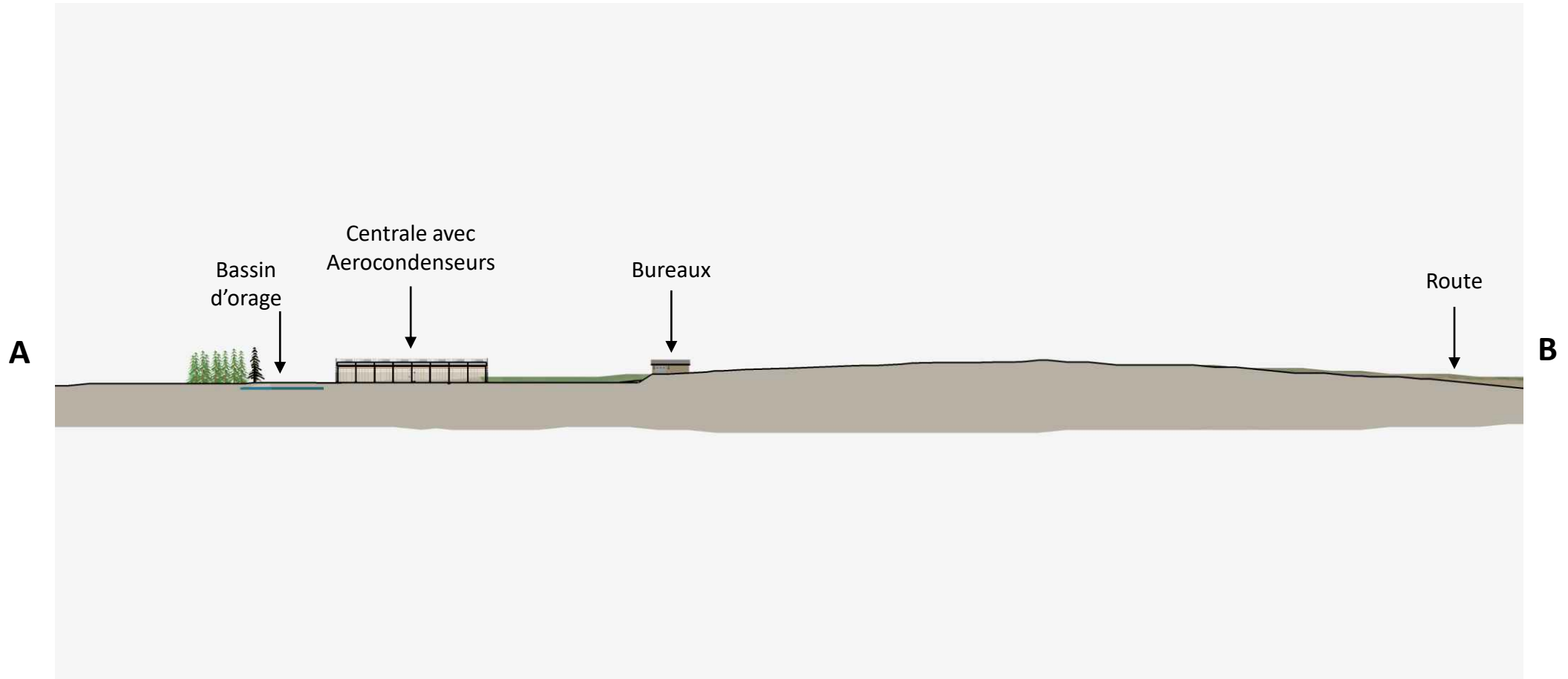


# Vue générale aérienne et coupes

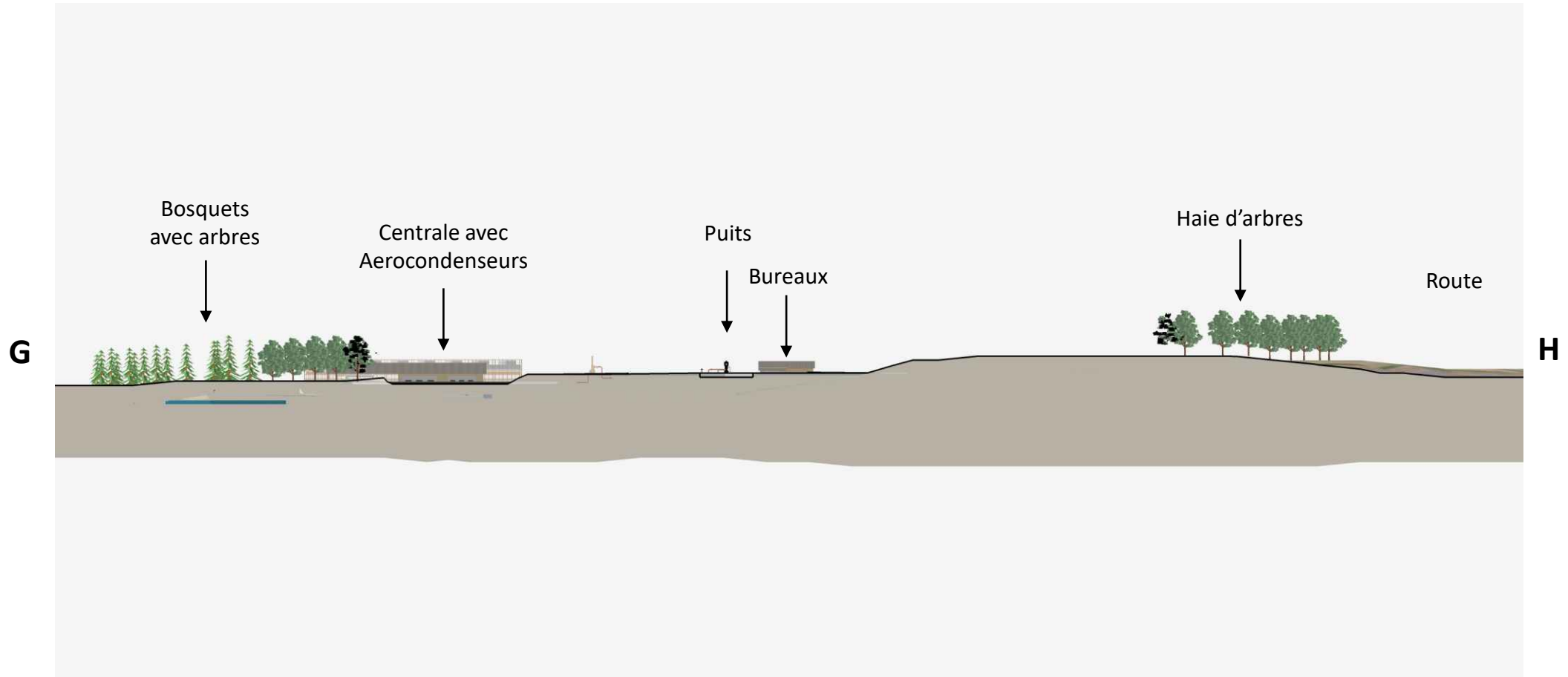




# Coupe AB, depuis le Sud

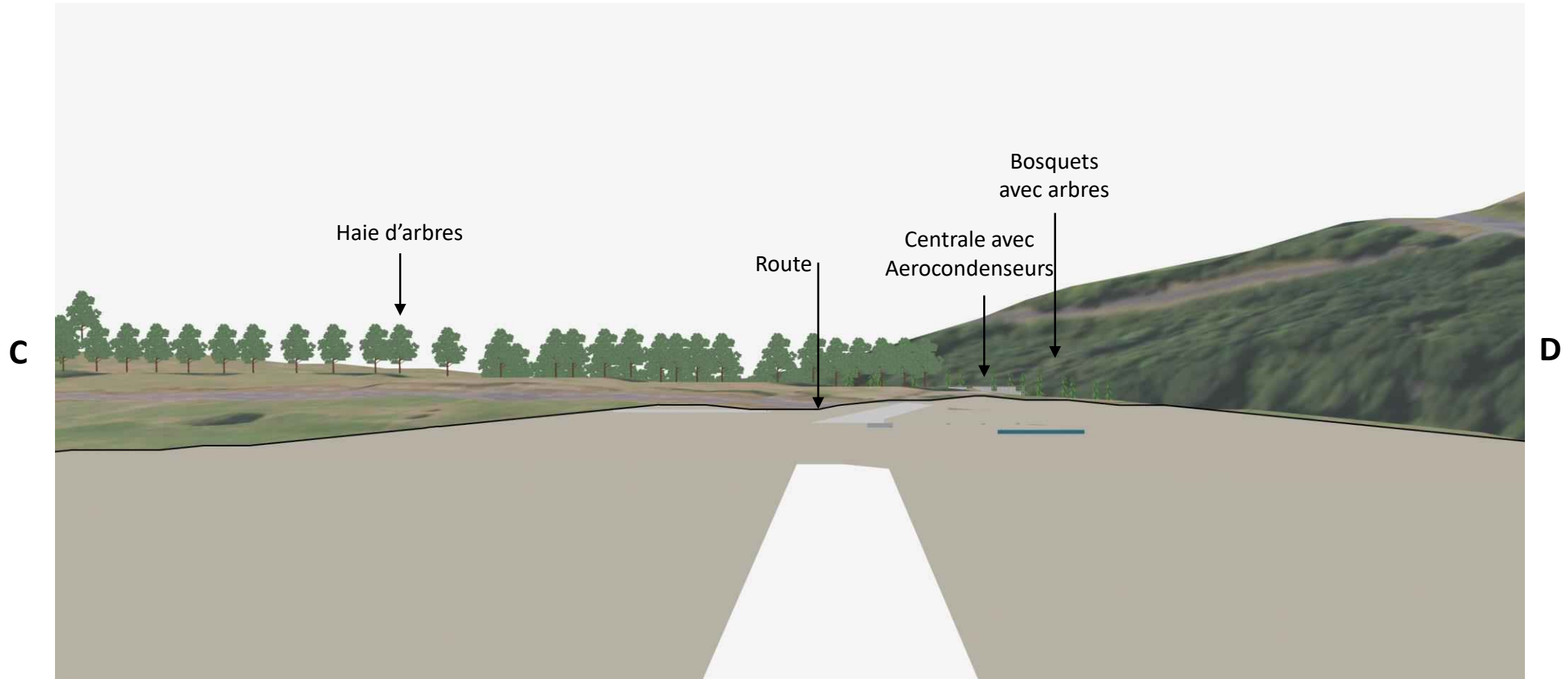


# Coupe GH, depuis le Sud

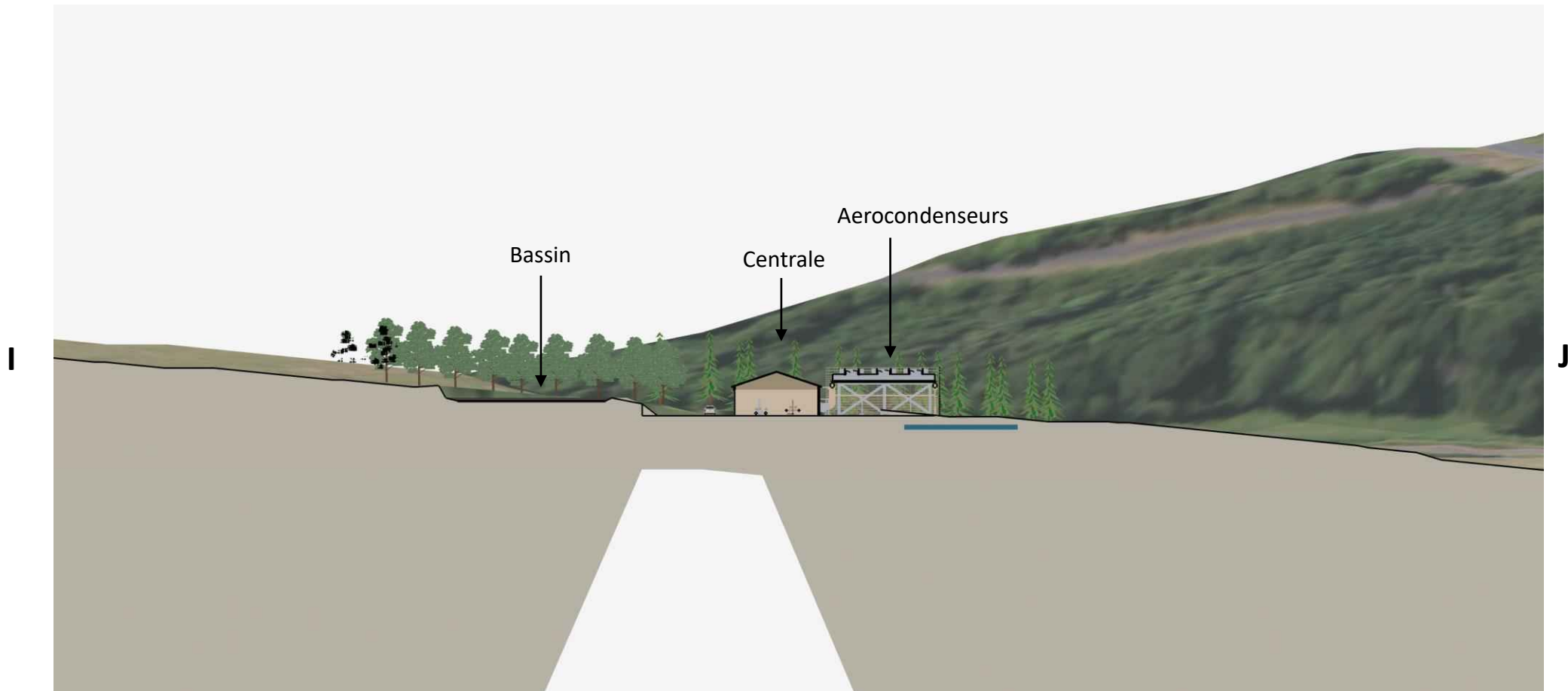




# Coup CD, depuis l'Est, entrée du site par RD

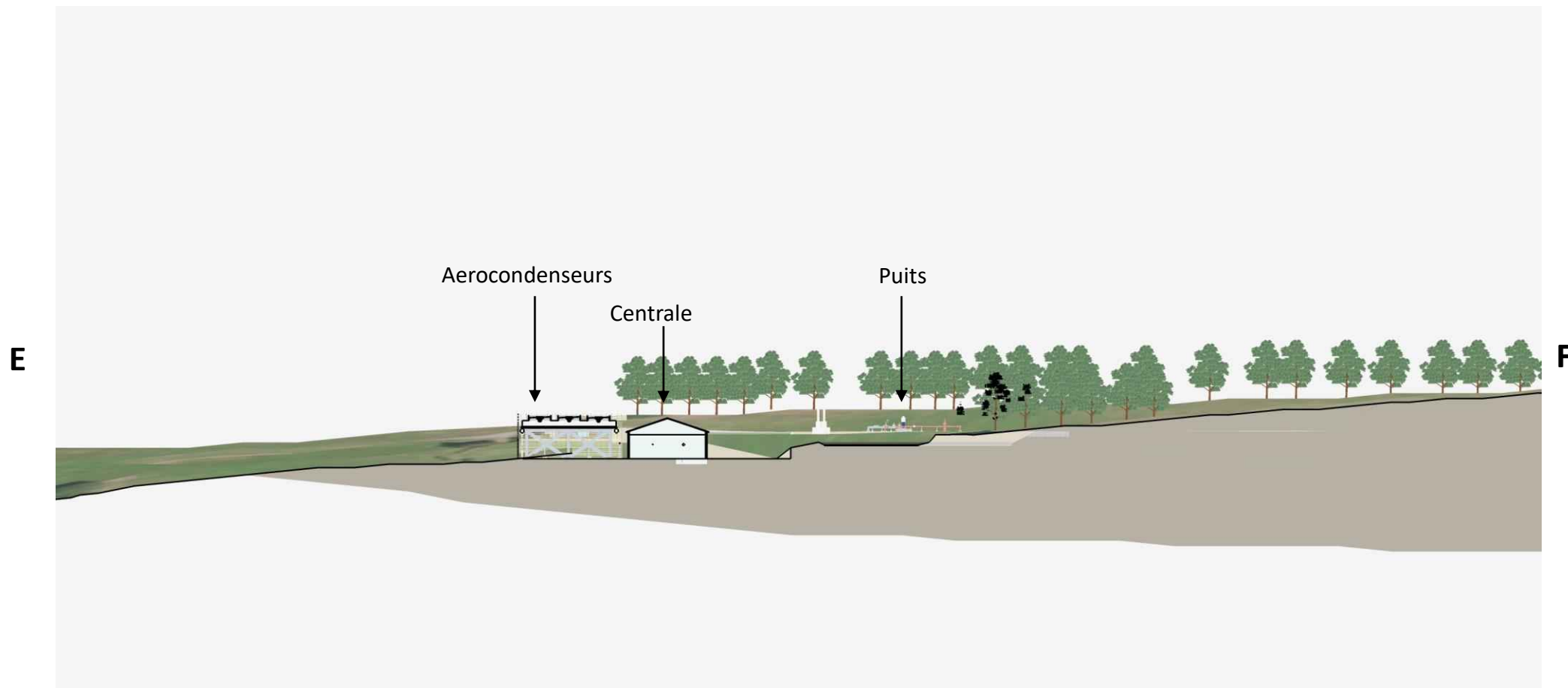


# Coup CD, depuis l'Est

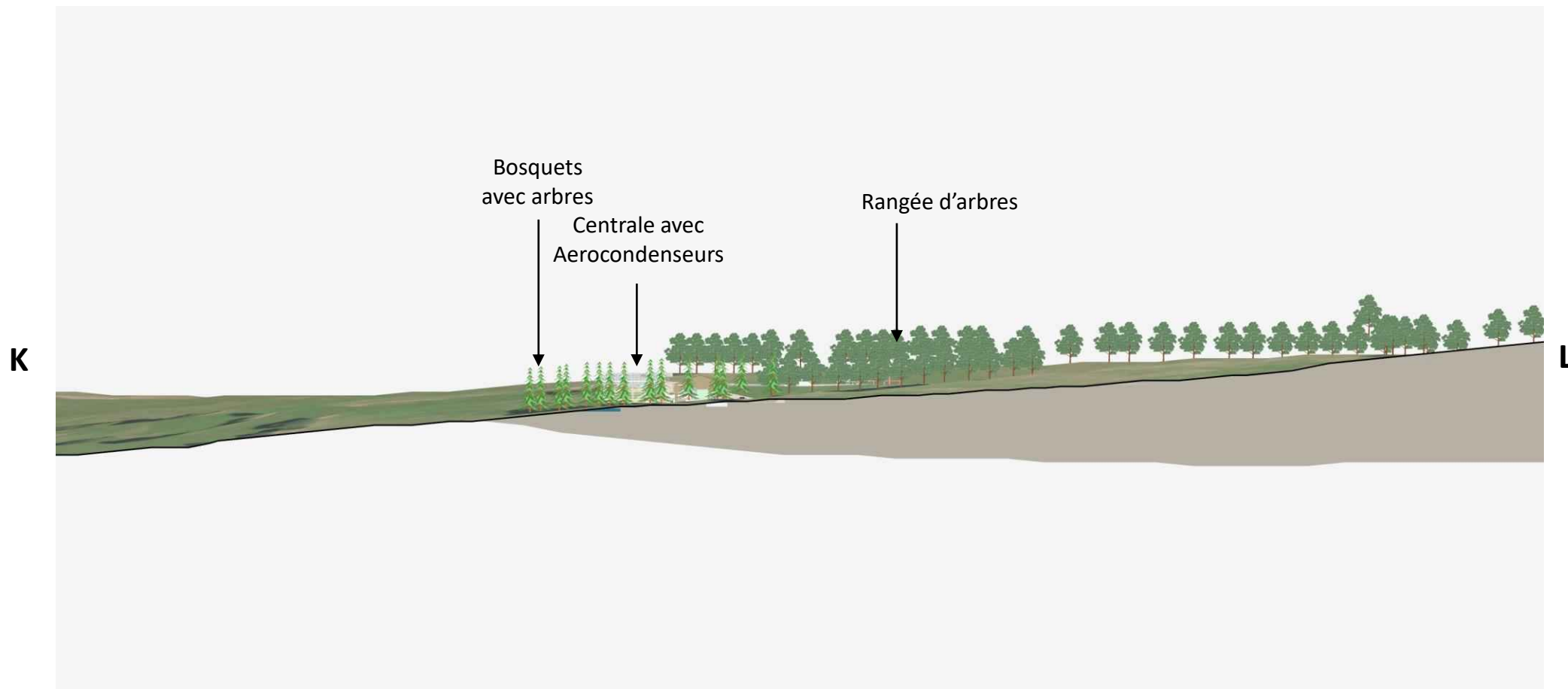




# Coupe EF, depuis l'Ouest

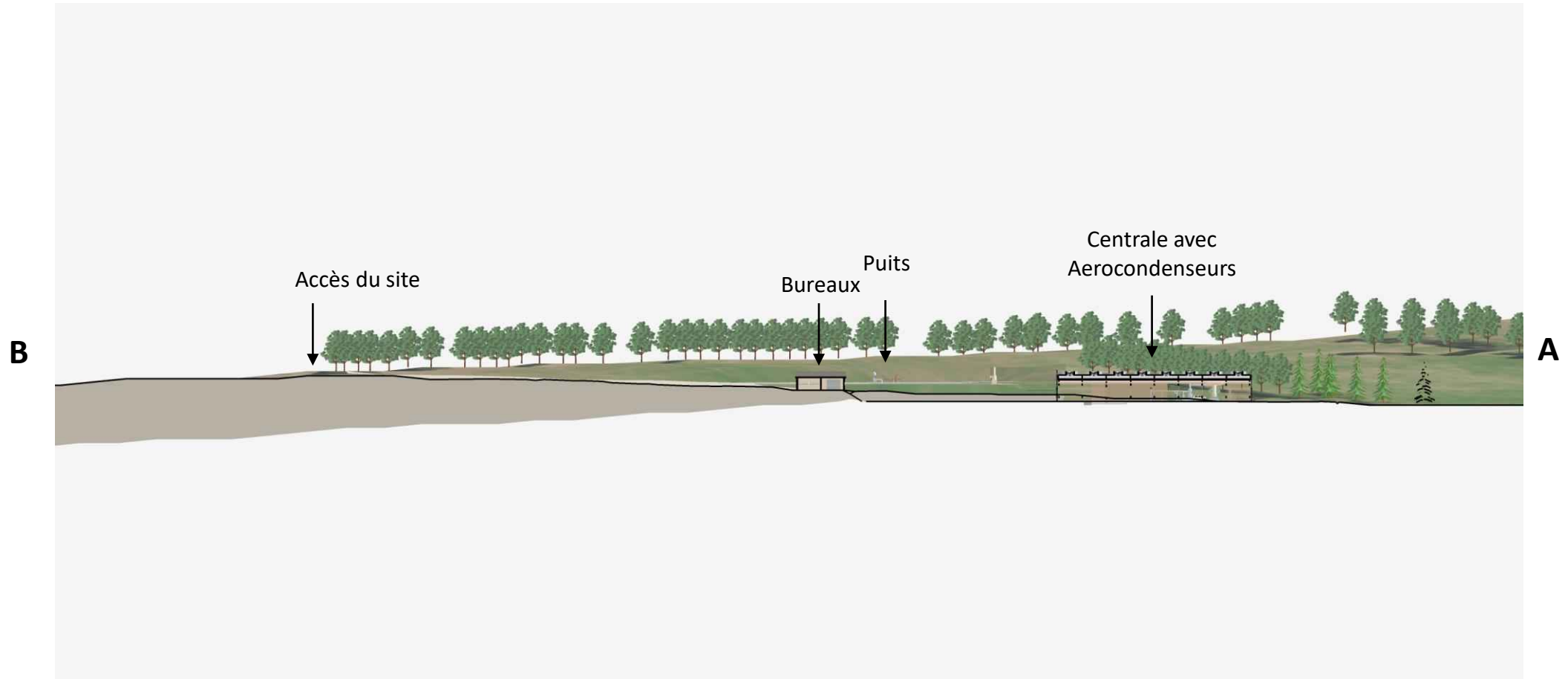


# Coupe KL, depuis l'Ouest





# Coupe BA, depuis le Nord



### **Annexe 3**

GEOPULSE – Saint Pierre Roche - Etude acoustique d'état initial en vue de la création d'une nouvelle station de géothermie – Rapport d'étude acoustique version V1 du 23/09/19.



**CESAME 42  
ZA du Parc – Secteur Gampille  
42490 FRAISSES**

ATTN:

**Mr Thierry DROIN**  
Directeur d'études

V/Réf : Projet Geopulse de St-Pierre-Roche (63)  
N/Réf : 1901 AI 025  
Objet : Projet d'étude d'impact acoustique dans le cadre  
d'un forage profond sur le Puy de Dôme.

Saint-Etienne,  
Le 23 septembre 2019

Monsieur,

Dans le cadre de votre commande citée en référence et suite aux dernières interventions de Mr Serge GOUNON, acousticien, et de Mr Jérôme GOULEME, technicien, en Juillet 2019, nous vous adressons ci-après, notre rapport de mesure d'état acoustique initial, relatif au site de Saint-Pierre-Roche.

Vous en souhaitant bonne réception, et restant à votre disposition pour tout renseignement complémentaire.

Nous vous prions de croire, Monsieur, à l'expression de nos sentiments dévoués.

LE SERVICE TECHNIQUE

Roche la Molière,  
le 23/09/2019.

# GEOPULSE

- Saint Pierre Roche (63) -

*Projet :*

Etude acoustique d'état initial en vue de la création  
d'une nouvelle station de géothermie

*Document :*

Rapport d'étude acoustique  
Version V1 en date du 23/09/19



*Numéro d'affaires :*

**1901 AI 025**

*Chargé d'affaire : Mr Serge GOUNON / Mr Enzo DENIS*

Tél : 04 77 32 33 34

Fax : 04 77 21 19 75

E-mail : [sg@airopta.com](mailto:sg@airopta.com) / [ed@airopta.com](mailto:ed@airopta.com)



# SOMMAIRE

|  |                  |
|--|------------------|
| 1. Objectif de cette mission.....                                    | p. 2             |
| 2. Situation actuelle.....   | p. 3             |
| 3. Règlementation.....   | p. 4 et 5        |
| 4. Méthode de mesure.....  | p. 6             |
| 5. Appareils de mesure.....  | p. 7             |
| 6. Conditions de mesure.....   | p. 8 à 9         |
| 7. Résultats des mesures – Analyses statistiques.....                | p. 10 à 11       |
| 8. Définition des niveaux sonores ambiants maximums admissibles..... | p. 12            |
| 9. Bilan acoustique.....   | p. 13            |
| <br><b>ANNEXES.....</b>  | <br><b>p. 16</b> |

## 1. OBJECTIF DE CETTE MISSION

1.1. À la demande de la société GEOPULSE, représentée par M. Thierry DROIN, nous avons procédé à une campagne de mesure acoustique d'état initial au droit des habitations les plus proches du projet de forage en profondeur à Saint-Pierre-Roche (63).

### 1.2. Elle avait pour but :

- ↪ De quantifier la situation sonore initiale, avant implantation de l'activité, de façon à avoir un référentiel pour la définition des précautions acoustiques
- ↪ De définir les objectifs en termes de niveaux sonores maximum admissibles suivant l'arrêté du 23 janvier 1997, relatif à la limitation des bruits émis par les ICPE.

### 1.3. On trouvera ci-après le rapport complet de cette intervention, avec :

- ↪ les conditions de mesure,
- ↪ les résultats de mesure,
- ↪ notre analyse des résultats.



## 2. SITUATION ACTUELLE

### 2.1 Le projet est prévu dans une zone rurale vallonnée et est environné par :

- Une rivière (*la Miouze*) qui coule au Nord du projet.
- Des habitations, dont la plus proche sera située à environ 200 m du projet.
- Des routes départementales (RD986 et RD 204) assez circulées en journée.
- Une voie ferrée le long de la rivière (très peu fréquentée)

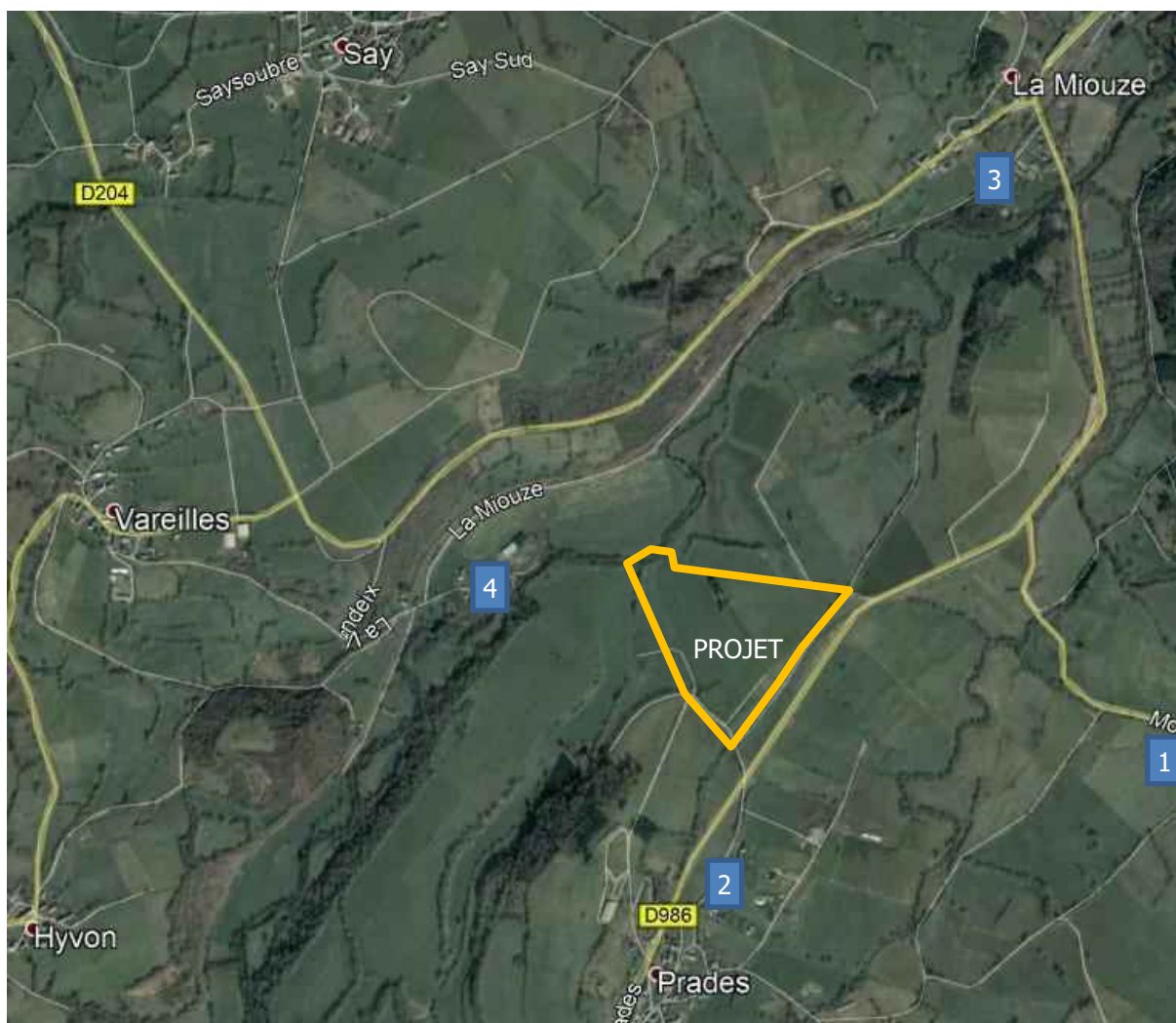


Figure 1: Vue aérienne, de l'emplacement du projet

### 2.2 La situation projetée prévoit un fonctionnement continu de la future station. Il est donc nécessaire de caractériser les niveaux sonores sur la période diurne (7h-22h) et la période nocturne (22h-7h).

### 3. RÉGLEMENTATION

#### 3.1. Textes réglementaires pris en référence :

Les installations concernées relèvent de la réglementation relative aux installations classées pour la protection de l'environnement (loi du 19 juillet 1976) soumises à déclaration.

Les mesurages ont été réalisés dans le cadre des textes suivants :

- Arrêté du 23 janvier 1997 relatif à la limitation des bruits émis dans l'environnement par les installations classées pour la protection de l'environnement.
- NFS 31.010 de décembre 1996, relative à la caractérisation et au mesurage des bruits dans l'environnement

#### 3.2. Prescriptions complémentaires selon l'arrêté ministériel du 23 Janvier 1997 :

##### a) Niveaux de bruits limites (en dB(A))

- Le niveau d'évaluation ne devra pas excéder du fait de l'établissement les seuils fixés par le tableau ci-dessous :

| PERIODE  | Niveaux de bruit<br>ambient admissibles<br>en limite de propriété |
|--|---|
| <b>JOUR</b><br>Admissible pour la période allant de 7h à 22h sauf dimanche et jours fériés           | 70 dB(A) maximum  |
| <b>NUIT</b><br>Admissible pour la période allant de 22h à 7h ainsi que les dimanches et jours fériés | 60 dB(A) maximum  |

##### b) Zone à émergence règlementée

Les différents types de zone à émergence règlementée sont définis ci-après :

- L'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, existant à la date de l'arrêté d'autorisation de l'installation et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse),



- Les zones constructibles définies par des documents d'urbanisme opposables aux tiers et publiés à la date de l'arrêté d'autorisation.
- L'intérieur des immeubles habités ou occupés par des tiers, qui ont été implantés après la date de l'arrêté d'autorisation dans les zones constructibles, définies ci-dessus et leurs parties extérieures éventuelles les plus proches (cour, jardin, terrasse), à l'exclusion de celles des immeubles implantés dans les zones destinées à recevoir des activités artisanales ou industrielles.

### c) Contrôle de l'émergence

L'émergence est définie par la différence entre les niveaux de pression acoustique continus équivalents pondérés A (Leq dBA) du bruit ambiant, comportant le bruit perturbateur, et du bruit résiduel (bruit de fond), constitué par l'ensemble des bruits habituels.

Dans certaines situations, cet indicateur n'est pas suffisamment adapté. Ces situations se caractérisent par la présence de bruits intermittents, porteurs de beaucoup d'énergie, mais qui ont une durée d'apparition suffisamment faible pour ne pas présenter, à l'oreille, d'effet de « masque » du bruit de l'installation. Une telle situation se rencontre normalement lorsqu'il existe un trafic très discontinu.

**Dans le cas où la différence LAeq – L50 est supérieure à 5 dBA, on utilise comme indicateur d'émergence, la différence entre les indices fractiles L50 calculés sur le bruit ambiant et le bruit résiduel.**

→ Le niveau d'évaluation ne devra pas excéder du fait de l'établissement les seuils fixés par le tableau ci-dessous :

| PERIODE  | <b>Emergences admissibles</b><br>Pour des niveaux sonores compris entre 35 et 45dB(A) | <b>Emergences admissibles</b><br>Pour des niveaux sonores ambiants supérieurs à 45dB(A) |
|--|---|---|
| <b>JOUR</b><br>Admissible pour la période allant de 7h à 22h sauf dimanche et jours fériés           | + 6 dB(A)   | + 5 dB(A)   |
| <b>NUIT</b><br>Admissible pour la période allant de 22h à 7h ainsi que les dimanches et jours fériés | + 4 dB(A)   | + 3 dB(A)   |

Les émergences admissibles fixées dans le tableau ci-dessus doivent être respectées en limite de la zone à émergences réglementée par rapport à l'établissement classé.

d) **Tonalité marquée**

Dans le cas où le bruit particulier de l'établissement est à tonalité marquée, de manière établie ou cyclique, sa durée d'apparition ne peut excéder 30% de la durée de fonctionnement de l'établissement dans chacune des périodes diurne ou nocturne, définie dans le tableau ci-dessus.



## 4. MÉTHODE DE MESURE

### 4.1 Normes

Les mesures ont été effectuées conformément aux directives de la **Norme NFS 31 010 de Décembre 1996**, « caractérisation et mesurage des bruits de l'environnement ».

La méthode utilisée est la méthode dite d'expertise.

### 4.2 Pour chaque point pris en référence, il a été effectué simultanément :

- ✓ 1 analyse statistique pour mise en évidence des paramètres suivants :
  - Leq en dBA (niveau global moyen sur la durée totale de la mesure),
  - Indices fractiles L1 – L10 – L50 – L90, c'est-à-dire, le niveau sonore atteint pendant 1, 10, 50 et 90% du temps,
  
- ✓ 1 analyse par tiers d'octaves, pour la recherche des éventuelles tonalités marquées (ceci pour la période de référence : JOUR (7h – 22h) et NUIT (22h - 7h).

### 4.3 Installation

Les appareils ont été installés à poste fixe, à 1,50 m du sol, avec le micro protégé par une bonnette anti – vent.

### 4.4 Période d'observation

Pour chaque zone de mesurage considérée, la période d'observation (durée de mesurage) est de 8h pour le jour et la période entière pour la nuit. Cette durée est jugée suffisante pour être représentative de l'état initial actuel.

## 5 APPAREILS DE MESURE

### 4.1 Matériel utilisé

Pour ces relevés, nous avons utilisé du matériel conforme aux normes en vigueur, à savoir :

- ↗ 1 sonomètre intégrateur de type 01dB - FUSION - n°11767 avec analyseur spectral en temps réel incorporé.
- ↗ 2 sonomètres intégrateur 01dB type SOLO, N° 65500 et 11310 avec analyseur spectral en temps réel incorporé.
- ↗ 1 calibrateur 01dB CAL 21 de classe 1.
- ↗ Logiciel de dépouillement et d'analyse 01 dB-Trait.
- ↗ Bonnettes anti-vent.
- ↗ Trépieds.

### 4.2 Caractéristiques

Les caractéristiques des appareils de mesure figurent sur la fiche technique n° 1.

### 4.3 Vérifications des appareils

Ils font l'objet de vérifications périodiques, suivant les indications de la norme NFS 31.010 :

- ↗ Par le laboratoire 01DB, tous les 2 ans.
- ↗ Par un auto-contrôleur normalisé, tous les 6 mois.

Par ailleurs, le calibrage des appareils a été vérifié avant et après les mesures, aucune dérive supérieure aux tolérances normatives n'a été constatée.



## 6 CONDITIONS DE MESURE

Les relevés ont été effectués dans les conditions suivantes :

### 6.1 Date :

**Durée des mesures sur site** : Pose du jeudi 11 juillet à 15h au 12 juillet 2019 9h.

### 6.2 Points de mesure :

Voir implantation des points sur les fiches techniques n° 3 à 6 jointes (plans et planches photographiques).

Au nombre de 3, ils sont répartis ainsi.

↪ **Point 2** Habitation à 200 m au Sud du projet, lieudit Les Prades.

↪ **Point 3** Habitation à 800 m au Nord du projet, Route de Gelles (RD204), lieudit La Miouze.

↪ **Point 4** Habitation à 450 m à l'Ouest du projet, lieudit la Vendeix.

Ces habitations sont les plus proches du projet et font parties de la ZER à considérer pour le projet.

La zone d'habitation repérée en 1 est plus éloignée et n'a donc pas été retenue comme point dimensionnant.

### 6.3 Conditions de fonctionnement :

Actuellement aucune installation n'existe. La situation est donc conforme aux conditions de réalisation d'un état initial.

#### 6.4 Conditions météorologiques :

##### Elles peuvent influencer sur le résultat :

- ↪ Par une action sur le microphone, par exemple en cas de vent ( $V > 5$  m/s).
- ↪ Par modification de la propagation du son.

##### Elles ont été vérifiées à l'aide de :

- ↪ Relevé météo France

##### Les indications relevées sont regroupées dans le tableau ci-après :

| Date     | Période | Temps                             | Vent         | Température °C | Codifications selon NFS 31-010  |
|----------|---------|-----------------------------------|--------------|----------------|---|
| 11/07/19 | JOUR    | Ciel ensoleillé<br>Surfaces sèche | Nul à faible | 26°C           | U3 T1 (effets météo conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore) |
| 11/07/19 | NUIT    | Ciel dégagé<br>Surfaces sèche     | Nul à faible | 19°C           | U3 T4 (effets météo conduisant à un renforcement du niveau sonore )           |
| 12/07/19 | JOUR    | Ciel ensoleillé<br>Surfaces sèche | Nul à faible | 23°C           | U3 T1 (effets météo conduisant à une atténuation très forte du niveau sonore) |



## 7 RÉSULTATS DES MESURES – ANALYSES STATISTIQUES

### 7.1 Présentation des résultats :

On trouvera les résultats des analyses statistiques sur les fiches n° 8 à 9, jointes en annexes.

Pour chaque point sont indiqués les paramètres suivants, repérés sur le modèle ci-dessous :

- ↔ Repère 1 : Conditions de mesures.
- ↔ Repère 2 : Horaire et durée de mesure.
- ↔ Repère 3 : Niveau équivalent continu, noté LEQ, en dBA.
- ↔ Repère 4 : Niveaux maximum et minimum enregistrés pendant la mesure.
- ↔ Repère 5 : Indices fractiles L90, L50.
- ↔ Repère 6 : Graphique de l'évolution temporelle du signal.

Point de mesure : 10A

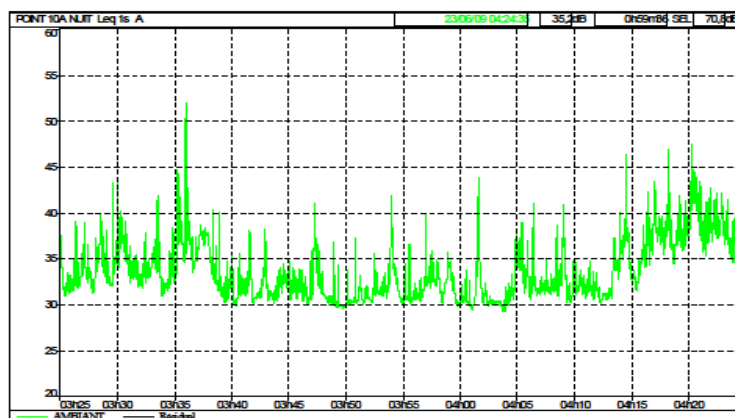
Période : NUIT

Résultats :

Conditions : BRUIT AMBIANT

| Fichier        | POINT 10A NUIT.CMG |       |       |      |      |      |      |      |
|----------------|--------------------|-------|-------|------|------|------|------|------|
| Début          | 23/06/09 03:25:00  |       |       |      |      |      |      |      |
| Fin            | 23/06/09 04:24:36  |       |       |      |      |      |      |      |
| Voie           | Type               | Pond. | Unité | Leq  | Lmin | Lmax | L90  | L50  |
| POINT 10A NUIT | Leq                | A     | dB    | 35,2 | 29,2 | 51,9 | 30,3 | 32,6 |

Evolution temporelle :



## 7.2 Résultats et sources sonores identifiés en période JOUR

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-après.  
Toutes les valeurs indiquées sont en dBA.

| Périodes et conditions                    | Points de mesures | Niveaux sonores   |             |            | Sources sonores identifiées  |
|---|-------------------|-------------------|-------------|------------|--|
|   |                   | LEQ global en dBA | L50 en dBA  | L90 en dBA | Dues à l'environnement   |
| <b>JOUR</b><br>-<br><b>Bruit RESIDUEL</b> | <b>2</b>          | 44,4              | <b>37,4</b> | 28,3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Insectes et oiseaux</li> <li>Travaux agricoles</li> <li>Trafic routier (RD986)</li> </ul> |
|   | <b>3</b>          | 51,4              | <b>42,2</b> | 34,2       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Trafic routier (RD204)</li> <li>Travaux agricoles</li> <li>Insectes et oiseaux</li> </ul> |
|   | <b>4</b>          | 42,0              | <b>39,6</b> | 38,8       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rivière</li> <li>Travaux agricoles</li> <li>Insectes et oiseaux</li> </ul>                |
| <b>NUIT</b><br>-<br><b>Bruit RESIDUEL</b> | <b>2</b>          | 36,8              | <b>24,9</b> | 22,3       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Insectes et oiseaux</li> <li>Trafic routier (RD986)</li> </ul>                            |
|   | <b>3</b>          | 45,9              | <b>33,6</b> | 32,6       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Trafic routier (RD204)</li> <li>Insectes et oiseaux</li> <li>Rivière</li> </ul>           |
|   | <b>4</b>          | 41,2              | <b>38,8</b> | 38,4       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Rivière</li> <li>Insectes et oiseaux</li> </ul>   |

## 7.3 Notre analyse :

- ✓ Le trafic routier local sur les RD, les travaux agricoles en journée ainsi que les bruits de la nature constituent le bruit résiduel dans l'ensemble du secteur. Pour le point 4 (et 3 dans une moindre mesure), la présence de la rivière constitue la source de bruit principale du bruit de fond du site.
- ✓ Les mesures ont été réalisées en période estivale. A cette période de l'année, la présence d'insecte en soirée favorise une hausse des niveaux sonores, de l'ordre de 45 dB(A). Ces périodes n'ont pas été retenues dans l'analyse (point 3 et point 4). Cette démarche s'inscrit dans une volonté de protection des riverains.
- ✓ Les niveaux sonores mesurés dans la zone sont relativement faibles, ce qui indique potentiellement une importante sensibilité du projet vis-à-vis du risque bruit.



#### 7.4 Valeurs retenues :

L'indicateur à retenir comme référence pour des analyses réglementaires est le LAEQ lorsque la LAEQ et le L50 est inférieure à 5 dB(A).

Cependant ces valeurs doivent servir de référence pour le dimensionnement acoustique du projet, il est vivement recommandé d'utiliser l'indice fractile L50 comme niveau de référence. En effet cet indicateur, qui intègre mieux le risque de gêne permet de limiter les variations du niveau sonore limité à la saisonnalité ou encore à des activités particulières.

## 8 DÉFINITION DES NIVEAUX SONORES AMBIANTS MAXIMUMS ADMISSIBLES

8.1 À partir des valeurs de bruit résiduel retenues comme référence, nous avons calculé les niveaux sonores maximums admissibles aux points de mesures selon la réglementation.

### 8.2 Niveau sonore ambiant maximum - Période JOUR :

| Points de mesures | Indicateur retenu | Résiduel retenu en dBA | Critère réglementaire | Niveau seuil en dBA | Niveau sonore ambiant maximum admissible en dBA |
|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|---|
| 2                 | L50               | 37,4                   | Emergence             | Résiduel+6          | 43,4  |
| 3                 | L50               | 42,2                   | Emergence             | Résiduel+5          | 47,2  |
| 4                 | L50               | 39,6                   | Emergence             | Résiduel+6          | 45,6  |

### 8.2 Niveau sonore ambiant maximum - Période NUIT :

| Points de mesures | Indicateur retenu | Résiduel retenu en dBA | Critère réglementaire | Niveau seuil en dBA | Niveau sonore ambiant maximum admissible en dBA |
|-------------------|-------------------|------------------------|-----------------------|---------------------|---|
| 2                 | L50               | 24,9                   | Emergence             | Résiduel+4          | 29,9  |
| 3                 | L50               | 33,6                   | Emergence             | Résiduel+4          | 37,6  |
| 4                 | L50               | 38,8                   | Emergence             | Résiduel+4          | 42,8  |

\* selon l'arrêté du 23 janvier 1997, pour des niveaux sonores inférieurs à 35 dB(A), le critère d'urgence ne s'applique pas. Or sur ce point et au vu du niveau sonore très faible, il est fortement recommandé de limiter le niveau sonore ambiant à 30 dBA afin de contrôler la future gêne sonore.



## 9 BILAN ACOUSTIQUE

Une campagne de mesure réalisée du 11 au 12 juillet 2019 a permis de caractériser la situation initiale.

Ce secteur est relativement calme de jour comme de nuit.

Ces mesures ont permis d'établir un constat de la situation initiale, elles seront prise en compte comme référentiel pour l'étude d'impact acoustique du site.

Fait à Saint-Etienne,  
Le 23 septembre 2019

LE SERVICE TECHNIQUE

# ANNEXES

## Fiches n :

- 1 : Caractéristiques des appareils de mesures
- 2 : Glossaire
- 3 à 6 : Emplacements des points de mesure
- 7 à 9 : Analyses statistiques – période JOUR et NUIT
- 10 à 12 : Analyses spectrales– période JOUR et NUIT



**CLIENT :** PROJET GEOPULSE DE ST-PIERRE-ROCHE (63)

**OBJET :** ETUDE ACOUSTIQUE ENVIRONNEMENTALE 2019

**DATE :** 01/08/2019

**FICHE TECHNIQUE N°1**

## CARACTERISTIQUES DES APPAREILS DE MESURES

| SONOMETRE |               | Réponse en fréquences |         |         | Mode de mesurage |       |         | Intégration | Dynamique | Histogramme | Conformité aux normes des sonomètres |                                   |   |
|-----------|---------------|-----------------------|---------|---------|------------------|-------|---------|-------------|-----------|-------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---|
|           |               | Linéaire              | Pondéré | Filtre  | Eff              | Crête | Retenue |             |           |             | NFS 3100<br>9<br>Classe              | CEI6004<br>NFS 31 10<br>Catégorie |   |
| ★         | SOLO          | 65500                 | +       | A, C    | 1/3oct, 1/1oct   | F,S   | +       | Max         | Leq       | 50dB        | +                                    | 1                                 | 1 |
| ★         | SOLO          | 11310                 | +       | A, C    | 1/3oct, 1/1oct   | F,S   | +       | Max         | Leq       | 50dB        | +                                    | 1                                 | 1 |
|           | 01dB SIP 95 S | 10809                 | +       | A, C    | 1/3oct, 1/1oct   | F,S   | +       | Max         | Leq       | 50dB        | +                                    | 1                                 | 1 |
|           | 01dB SIP 95   | 991280                | +       | A, C    | 1/3oct, 1/1oct   | F, S  | +       | Max         | Leq       | 50dB        | +                                    | 1                                 | 1 |
|           | 01dB SIP 95   | 98 11 06              | +       | A, C    | 1/3oct, 1/1oct   | F, S  | +       | Max         | Leq       | 50dB        | +                                    | 1                                 | 1 |
| ★         | FUSION        | 111767                | +       | A,B,C,Z | 1/3oct, 1/1oct   | F,S,I | +       |             | Leq       |             |                                      | 1                                 | 1 |
|           | CUBE          | 11064                 | +       | A,B,C,Z | 1/3oct, 1/1oct   | F,S,I | +       |             | Leq       |             |                                      | 1                                 | 1 |
|           | FUSION        | 10719                 | +       | A,B,C,Z | 1/3oct, 1/1oct   | F,S,I | +       |             | Leq       |             |                                      | 1                                 | 1 |

### CALIBRATEURS

|  |      |                             |
|--|------|-----------------------------|
| <input type="checkbox"/> AKSUD type 5113 |      | ★ CEL type 284 ou CAL 21    |
| Niveau sonore nominal                    | 94dB | Niveau sonore nominal 114dB |
| Fréquence nominale                       | 1KHz | Fréquence nominale 1KHz     |
| Classe                                   | 2    | Classe 1                    |

### ENREGISTREUR MAGNETIQUE

|  |           |
|--|-----------|
| <input type="checkbox"/> MARANTZ type CP 284 |           |
| 2 pistes de modulation d'amplitude           |           |
| Vitesse nominale                             | 4,75 cm/s |

### ANEMOMETRE

|                 |   |
|-----------------|---|
| ★ TESTO T425    |   |
| Vitesse d'air-- | 0 à 3m/s, résolution 0,01m/s<br>3 à 30m/s, résolution 0,1m/s<br>Changement de gamme automatique           |
| Température--   | -20 à 100°C, résolution 0,1°  |
| Précision-----  | Vitesse d'air ± 2% de la mesure<br>Température ± 0,2°C de la mesure<br>Compensation en température 0-60°C |
| Affichage-----  | Alphanumérique 8 caractères   |
| Sonde-----      | Crayon Ø 10mm, L 300mm, cordon 1,5m   |

### ENREGISTREURS GRAPHIQUES

|   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> BRUEL & KJAER type 2305 / 2306 |   |
| Gamme de fréquences                                     | 1.6 à 20000 Hz                              |
| Gamme dynamique   | 25 ou 50 dB                                 |
| Sensibilité   | AC log 5mV eff<br>DC log 10 mV<br>Lin 15 mV |
| SEIKO i.i. type DPU 414                                 |   |
| Imprimante thermique                                    | 8x320 points/ligne                          |
| Vitesse d'impression                                    | 52,5 cps                                    |

### THERMOMETRE

|                  |  |
|------------------|--|
| ★ TESTO T625     |  |
| Plage de mesures | RH : 10 - 95 %<br>°C : 0 - 60<br>°F : 32 - 140 |
| Résolution       | RH : 0.1 %<br>°C : 0.1<br>°F : 0.1             |
| Précision        | RH : ± 2 %<br>°C : ± 0.4<br>°F : ± 0.8         |

### TACHIMETRE

|   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Concorde CTE   |  |
| Affichage : 5 chiffres rouge lumineux de 3 à 99 999 t/mn                          |  |
| Portée du rayon lumineux : 1 m  |  |
| Précision : 0.05%   |  |
| Base de temps : 0.8 sec (20 sec à 3 t/mn)   |  |
| Mémoire de la dernière mesure.  |  |
| Adaptateur se fixant sur le tachimètre pour mesure en m/mn ou en t/mn par contact |  |
| Six différentes fonctions peuvent être choisies - t/mn : de 3 à 99 999            |  |
| - m/mn : de 0.3 à 19 999  |  |
| - feet/mn : de 0.3 à 19 999   |  |

### THERMOMETRE

|                                  |                     |
|----------------------------------|---------------------|
| <input type="checkbox"/> KIMOKTE |                     |
| Bi - métallique                  |                     |
| Précision                        | ± 1 % de l'échelle  |
| Tambour                          | Ø 92 mm             |
| Mouvement                        | Horlogerie à quartz |

## GLOSSAIRE

- **Le Décibel A dBA :** La lettre A signifie que le décibel est pondéré pour tenir compte de la différence de sensibilité de l'oreille à chaque fréquence (elle atténue les basses fréquences).

- **Le niveau de bruit équivalent continu LEQ :**

En considérant un bruit variable perçu pendant une durée T, le LEQ représente le niveau de bruit qui aurait été produit avec la même énergie que le bruit réellement perçu pendant cette durée.

$$LAeq = 10 \cdot \text{LOG} [\sum Ti/To 10^{(0.1 \cdot LAeqi)}]$$

**LAeq :** Niveau de bruit équivalent en dB(A) global.

**LAeqi :** Niveau de bruit équivalent en dB(A) phase élémentaire.

**Ti/To :** Proportion en temps de la phase élémentaire.

**n :** Nombre de phases élémentaires.

**Le Leq s'exprime en dB.**

- **Bruit particulier :** Composante du bruit ambiant qui peut être identifiée spécifiquement et que l'on désire distinguer du bruit ambiant, notamment parce qu'il est l'objet d'une requête.  
Ce peut être, par exemple, un bruit dont la production ou la transmission est inhabituelle dans une zone résidentielle ou un bruit émis ou transmis dans une pièce d'habitation du fait du non-respect des régies de l'art de la construction ou des règles de bon usage des lieux d'habitation.

- **Bruit résiduel (bruit de fond) :**

Bruit ambiant, en l'absence du (des) bruit(s) particulier(s), objet(s) de la requête considérée.

Ce peut être, par exemple, dans un logement, l'ensemble des bruits habituels provenant de l'extérieur et des bruits intérieurs correspondant à l'usage normal des locaux et équipements.

- **Bruit ambiant :**

Bruit total existant dans une situation donnée pendant un intervalle de temps donné. Il est composé de l'ensemble des bruits émis par toutes les sources proches et éloignées.

- **Emergence :**

Modification temporelle du niveau du bruit ambiant induite par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier. Cette modification porte sur le niveau global ou le niveau mesuré dans une bande quelconque de fréquence.



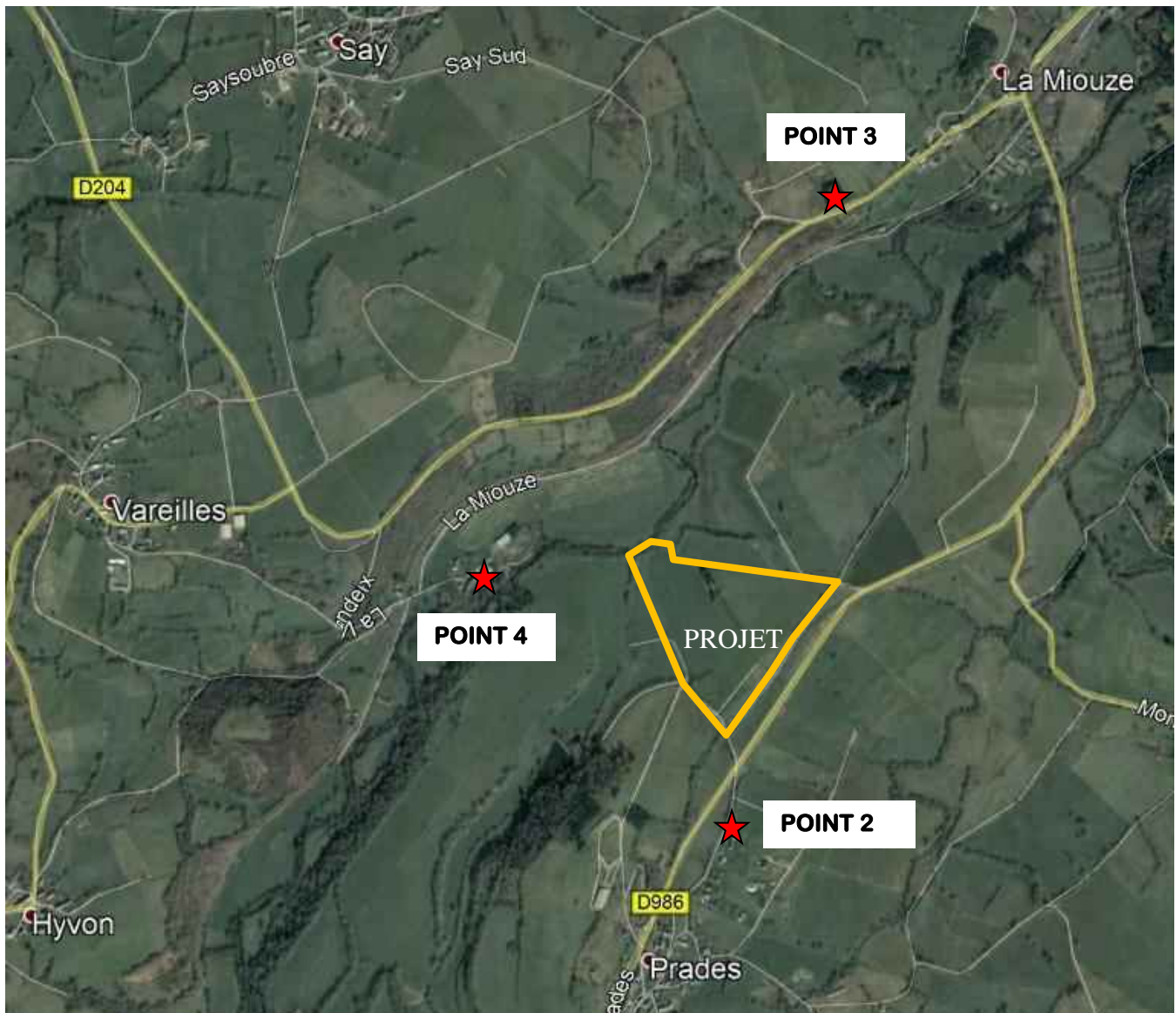
**CLIENT :** PROJET GEOPULSE DE ST-PIERRE-ROCHE (63)

**OBJET :** ETUDE ACOUSTIQUE ENVIRONNEMENTALE 2019

**DATE :** 01/08/2019

**FICHE TECHNIQUE N°3**

### EMPLACEMENTS DES POINTS DE MESURE



**CLIENT :** PROJET GEOPULSE DE ST-PIERRE-ROCHE (63)

**OBJET :** ETUDE ACOUSTIQUE ENVIRONNEMENTALE 2019

**DATE :** 01/08/2019

**FICHE TECHNIQUE N°4**

**EMPLACEMENTS DES POINTS DE MESURE**

**Point 2**

**coté INFRASTRUCTURE**



**Point 2**

**coté ENVIRONNEMENT**





**CLIENT :** PROJET GEOPULSE DE ST-PIERRE-ROCHE (63)

**OBJET :** ETUDE ACOUSTIQUE ENVIRONNEMENTALE 2019

**DATE :** 01/08/2019

**FICHE TECHNIQUE N°5**

**EMPLACEMENTS DES POINTS DE MESURE**

**Point 3**

**coté INFRASTRUCTURE**



**Point 3**

**coté ENVIRONNEMENT**





**CLIENT :** PROJET GEOPULSE DE ST-PIERRE-ROCHE (63)

**OBJET :** ETUDE ACOUSTIQUE ENVIRONNEMENTALE 2019

**DATE :** 01/08/2019

FICHE TECHNIQUE N°6

## EMPLACEMENTS DES POINTS DE MESURE

### Point 4

### coté INFRASTRUCTURE



### Point 4

### coté ENVIRONNEMENT





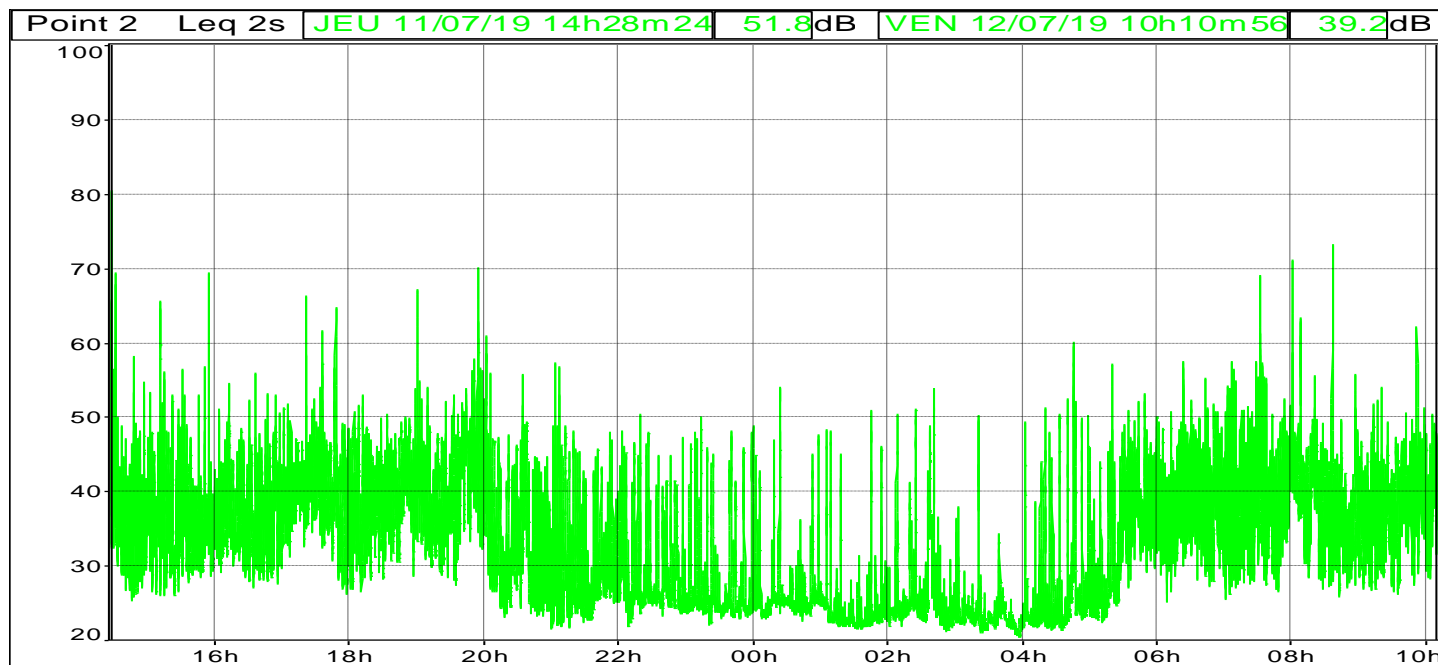
**CLIENT :** PROJET GEOPULSE DE ST-PIERRE-ROCHE (63)  
**OBJET :** ETUDE ACOUSTIQUE ENVIRONNEMENTALE 2019  
**DATE :** 01/08/2019

FICHE TECHNIQUE N°7

## ANALYSE STATISTIQUE DES NIVEAUX SONORES

**Point de mesure : 2**  
**Résultats :**

**Période : JOUR et NUIT**  
**Conditions : BRUIT RESIDUEL**



|                   |                   |       |       |           |      |      |
|-------------------|-------------------|-------|-------|-----------|------|------|
| Fichier           | ZER2.CMG          |       |       |           |      |      |
| Lieu              | Point 2           |       |       |           |      |      |
| Type de données   | Leq               |       |       |           |      |      |
| Pondération       | A                 |       |       |           |      |      |
| Unité             | dB                |       |       |           |      |      |
| Début             | 11/07/19 14:30:00 |       |       |           |      |      |
| Fin               | 12/07/19 10:10:00 |       |       |           |      |      |
| Période           | Jour (7h-22h)     |       |       |           |      |      |
| Tranches horaires | jour              | 07:00 | 22:00 | K = 0 dBA |      |      |
|                   | Lxx               | Leq   | Lmin  | Lmax      | L90  | L50  |
|                   | dB                | dB    | dB    | dB        | dB   | dB   |
| Niveau            | 44,4              | 44,4  | 21,3  | 73,4      | 28,3 | 37,4 |
| Période           | Nuit (22h-7h)     |       |       |           |      |      |
| Tranches horaires | NUIT              | 22:00 | 07:00 | K = 0 dBA |      |      |
|                   | Lxx               | Leq   | Lmin  | Lmax      | L90  | L50  |
|                   | dB                | dB    | dB    | dB        | dB   | dB   |
| Niveau            | 36,8              | 36,8  | 20,3  | 60,8      | 22,3 | 24,9 |

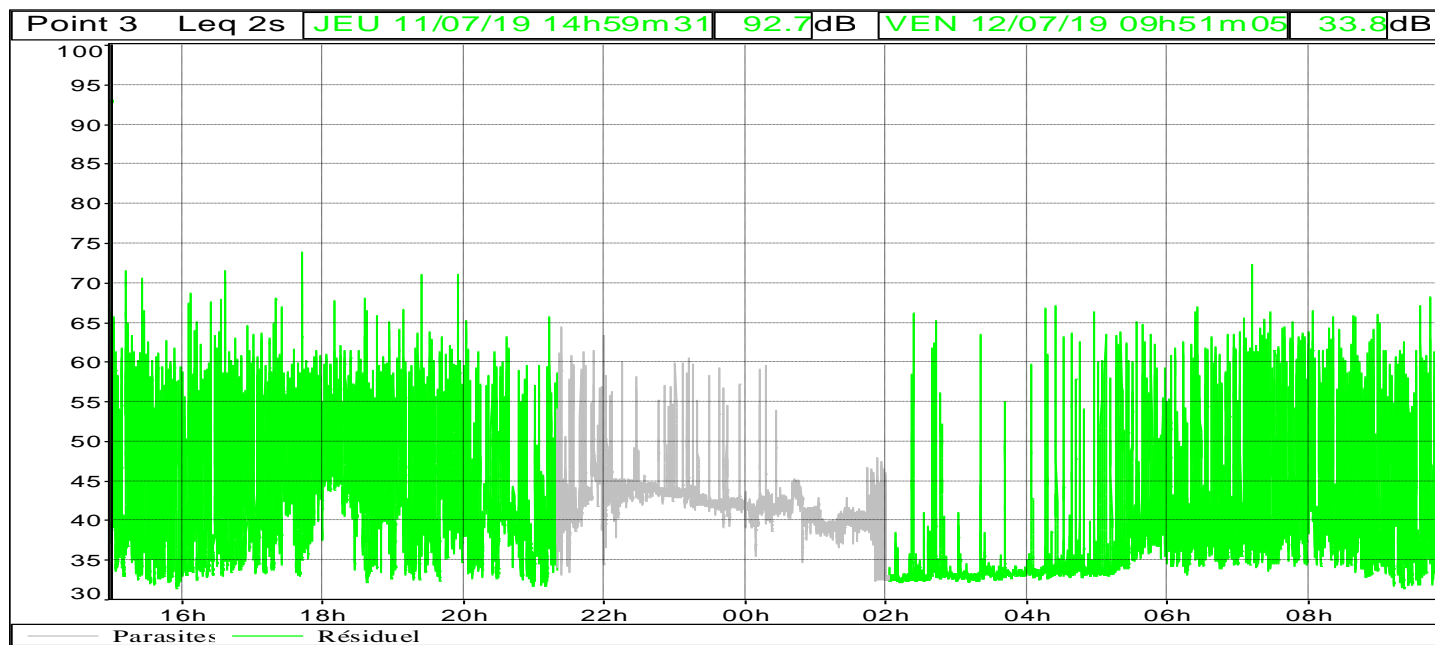
**ANALYSE STATISTIQUE DES NIVEAUX SONORES**

**Point de mesure : 3**

**Période : JOUR et NUIT**

**Résultats :**

**Conditions : BRUIT RESIDUEL**



|                   |                   |       |       |           |      |      |
|-------------------|-------------------|-------|-------|-----------|------|------|
| Fichier           | ZER3.CMG          |       |       |           |      |      |
| Lieu              | Point 3           |       |       |           |      |      |
| Type de données   | Leq               |       |       |           |      |      |
| Pondération       | A                 |       |       |           |      |      |
| Unité             | dB                |       |       |           |      |      |
| Début             | 11/07/19 15:01:47 |       |       |           |      |      |
| Fin               | 12/07/19 09:51:07 |       |       |           |      |      |
| Période           | Jour (7h-22h)     |       |       |           |      |      |
| Tranches horaires | jour              | 07:00 | 22:00 | K = 0 dBA |      |      |
|                   | Lxx               | Leq   | Lmin  | Lmax      | L90  | L50  |
|                   | dB                | dB    | dB    | dB        | dB   | dB   |
| Niveau            | 51,4              | 51,4  | 31,1  | 76,4      | 34,2 | 42,2 |
| Période           | Nuit (22h-7h)     |       |       |           |      |      |
| Tranches horaires | nuit              | 22:00 | 07:00 | K = 0 dBA |      |      |
|                   | Lxx               | Leq   | Lmin  | Lmax      | L90  | L50  |
|                   | dB                | dB    | dB    | dB        | dB   | dB   |
| Niveau            | 45,9              | 45,9  | 32,0  | 69,0      | 32,6 | 33,6 |



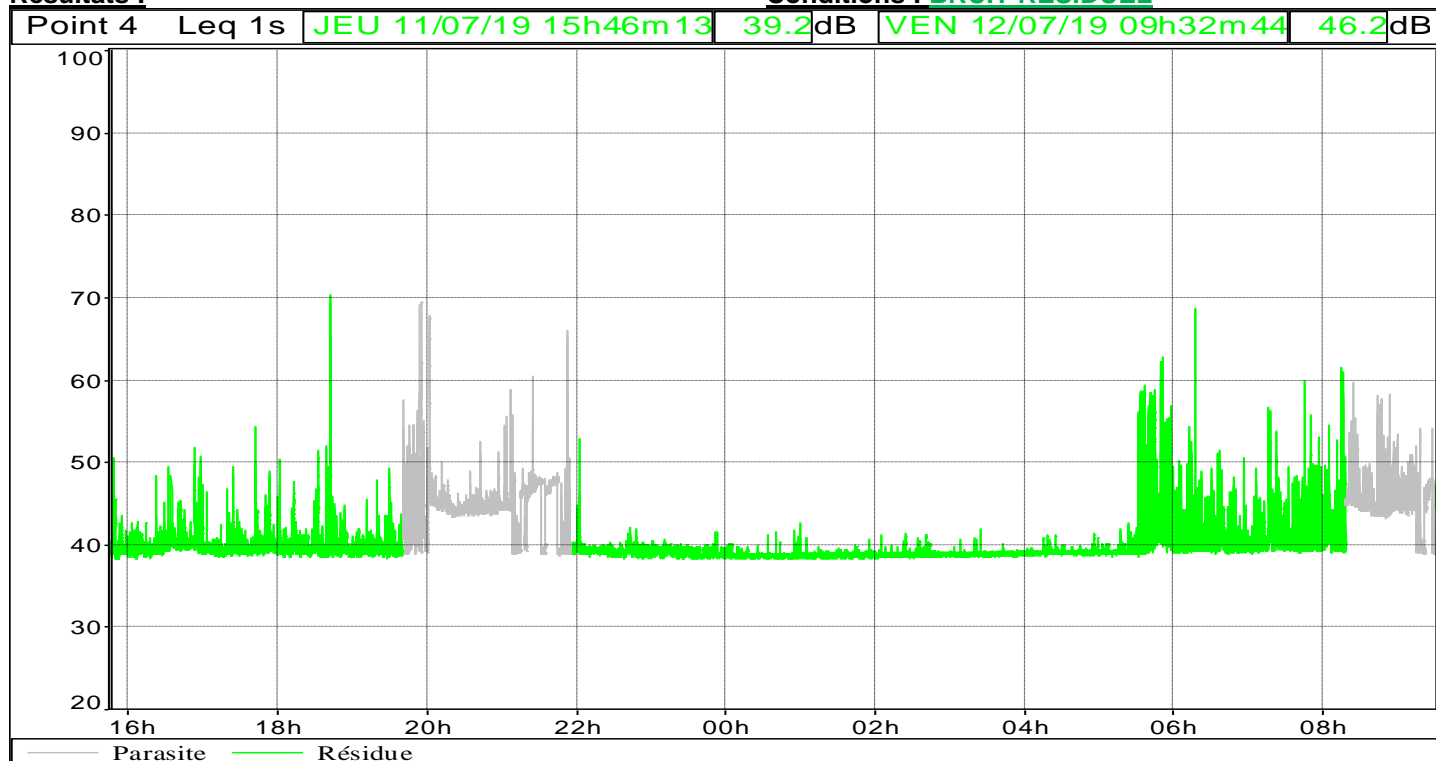
**ANALYSE STATISTIQUE DES NIVEAUX SONORES**

Point de mesure : 4

Période : JOUR et NUIT

Résultats :

Conditions : BRUIT RESIDUEL



|                   |                   |       |       |           |      |      |
|-------------------|-------------------|-------|-------|-----------|------|------|
| Fichier           | ZER4.CMG          |       |       |           |      |      |
| Lieu              | Point 4           |       |       |           |      |      |
| Type de données   | Leq               |       |       |           |      |      |
| Pondération       | A                 |       |       |           |      |      |
| Unité             | dB                |       |       |           |      |      |
| Début             | 11/07/19 15:46:13 |       |       |           |      |      |
| Fin               | 12/07/19 09:32:45 |       |       |           |      |      |
| Période           | Jour (7h-22h)     |       |       |           |      |      |
| Tranches horaires | jour              | 07:00 | 22:00 | K = 0 dBA |      |      |
|                   | Lxx               | Leq   | Lmin  | Lmax      | L90  | L50  |
|                   | dB                | dB    | dB    | dB        | dB   | dB   |
| Niveau            | 42,0              | 42,0  | 38,2  | 70,3      | 38,8 | 39,6 |
| Période           | Nuit (22h-7h)     |       |       |           |      |      |
| Tranches horaires | nuit              | 22:00 | 07:00 | K = 0 dBA |      |      |
|                   | Lxx               | Leq   | Lmin  | Lmax      | L90  | L50  |
|                   | dB                | dB    | dB    | dB        | dB   | dB   |
| Niveau            | 41,2              | 41,2  | 38,2  | 68,7      | 38,4 | 38,8 |

CLIENT : PROJET GEOPULSE DE ST-PIERRE-ROCHE (63)

OBJET : ETUDE ACOUSTIQUE ENVIRONNEMENTALE 2019

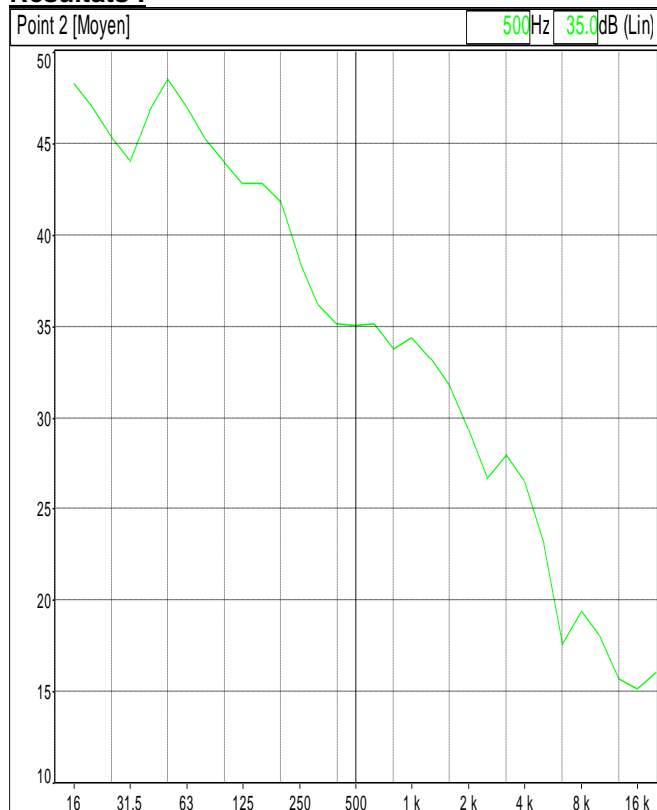
DATE : 01/08/2019

FICHE TECHNIQUE N°10

## ANALYSE STATISTIQUE PAR BANDE D'OCTAVE

Point de mesure : **2**

Résultats :



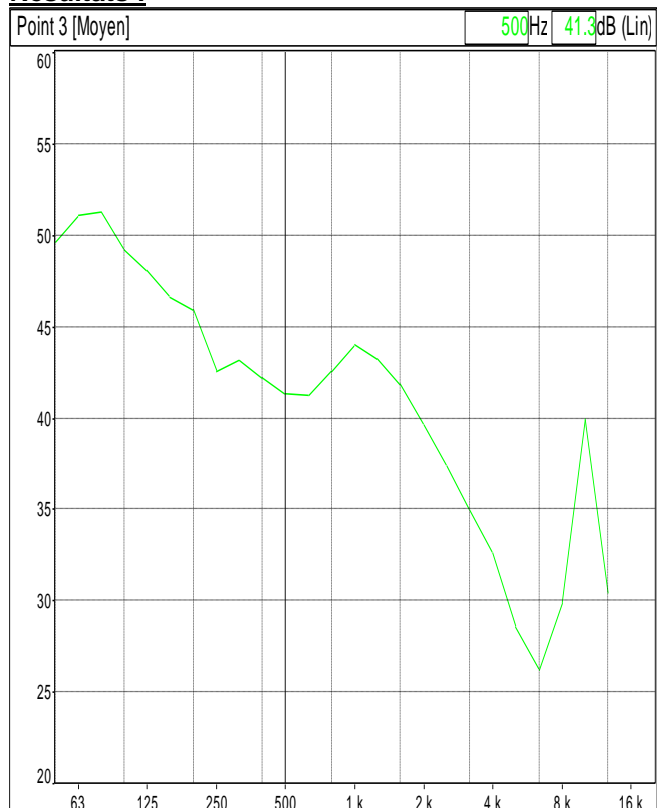
Période : **JOUR**

Conditions : **BRUIT RESIDUEL**

| Fichier                     |           | ZER2.CMG               |                        |                     |
|-----------------------------|-----------|------------------------|------------------------|---------------------|
| Début                       |           | 11/07/19 14:26:48      |                        |                     |
| Fin                         |           | 12/07/19 10:13:22      |                        |                     |
| Source                      |           | Jour                   |                        |                     |
| Lieu                        | Niveau dB | Tonalité marquée D1 dB | Tonalité marquée D2 dB | Tonalité permise dB |
| Point 2 [ 1/3 Oct 16Hz ]    | 48,1      |                        | 1,4                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 20Hz ]    | 47,6      |                        | 2,7                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 25Hz ]    | 45,5      | -2,4                   | -0,3                   |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 31.5Hz ]  | 44,1      | -2,6                   | -4,2                   |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 40Hz ]    | 47,0      | 2,1                    | -1,3                   |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 50Hz ]    | 49,4      | 3,6                    | 2,5                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 63Hz ]    | 46,8      | -1,5                   | 0,3                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 80Hz ]    | 47,0      | -1,3                   | 2,7                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 100Hz ]   | 45,8      | -1,1                   | 3,8                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 125Hz ]   | 42,1      | -4,4                   | 0,7                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 160Hz ]   | 41,8      | -2,5                   | 2,3                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 200Hz ]   | 40,8      | -1,2                   | 4,2                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 250Hz ]   | 37,5      | -3,9                   | 2,4                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 315Hz ]   | 35,5      | -4,0                   | 0,3                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 400Hz ]   | 34,6      | -2,0                   | -1,3                   | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 500Hz ]   | 35,7      | 0,6                    | 0,1                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 630Hz ]   | 36,1      | 0,9                    | 0,9                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 800Hz ]   | 34,9      | -1,0                   | 0,2                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 1kHz ]    | 35,4      | -0,2                   | 2,2                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 1.25kHz ] | 33,8      | -1,4                   | 2,2                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 1.6kHz ]  | 32,4      | -2,3                   | 2,6                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 2kHz ]    | 30,6      | -2,6                   | 0,5                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 2.5kHz ]  | 28,8      | -2,8                   | -1,7                   | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 3.15kHz ] | 31,2      | 1,4                    | 3,1                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 4kHz ]    | 29,8      | -0,3                   | 6,8                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 5kHz ]    | 25,1      | -5,4                   | 6,0                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 6.3kHz ]  | 19,0      | -9,1                   | 0,6                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 8kHz ]    | 19,2      | -3,8                   | 2,7                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 10kHz ]   | 17,5      | -1,6                   | 2,7                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 12.5kHz ] | 15,2      | -3,2                   | 0,5                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 16kHz ]   | 14,4      | -2,1                   |                        |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 20kHz ]   | 15,0      | 0,2                    |                        |                     |

Point de mesure : **3**

Résultats :



Période : **JOUR**

Conditions : **BRUIT RESIDUEL**

| Fichier                     |           | ZER3.CMG               |                        |                     |
|-----------------------------|-----------|------------------------|------------------------|---------------------|
| Début                       |           | 11/07/19 14:59:31      |                        |                     |
| Fin                         |           | 12/07/19 09:51:06      |                        |                     |
| Source                      |           | jour                   |                        |                     |
| Lieu                        | Niveau dB | Tonalité marquée D1 dB | Tonalité marquée D2 dB | Tonalité permise dB |
| Point 3 [ 1/3 Oct 50Hz ]    | 48,9      |                        | -1,2                   |                     |
| Point 3 [ 1/3 Oct 63Hz ]    | 50,1      |                        | 1,2                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 80Hz ]    | 50,0      | 0,5                    | 3,1                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 100Hz ]   | 47,5      | -2,6                   | 2,0                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 125Hz ]   | 46,3      | -2,6                   | 2,1                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 160Hz ]   | 44,5      | -2,4                   | 2,0                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 200Hz ]   | 43,8      | -1,7                   | 2,9                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 250Hz ]   | 40,6      | -3,6                   | -0,3                   | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 315Hz ]   | 41,2      | -1,3                   | 0,8                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 400Hz ]   | 40,6      | -0,3                   | 0,2                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 500Hz ]   | 40,2      | -0,7                   | -1,3                   | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 630Hz ]   | 40,6      | 0,2                    | -2,6                   | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 800Hz ]   | 42,3      | 1,9                    | -1,2                   | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 1kHz ]    | 43,9      | 2,4                    | 1,6                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 1.25kHz ] | 43,0      | -0,2                   | 2,4                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 1.6kHz ]  | 41,5      | -2,0                   | 3,2                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 2kHz ]    | 39,3      | -3,0                   | 3,3                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 2.5kHz ]  | 36,9      | -3,7                   | 2,8                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 3.15kHz ] | 34,7      | -3,6                   | 3,1                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 4kHz ]    | 33,3      | -2,7                   | 5,7                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 5kHz ]    | 28,7      | -5,4                   | 1,3                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 6.3kHz ]  | 26,0      | -5,6                   | -9,6                   |                     |
| Point 3 [ 1/3 Oct 8kHz ]    | 28,5      | 0,9                    | -7,1                   |                     |
| Point 3 [ 1/3 Oct 10kHz ]   | 38,1      | 10,7                   |                        |                     |
| Point 3 [ 1/3 Oct 12.5kHz ] | 28,9      | -6,7                   |                        |                     |



CLIENT : PROJET GEOPULSE DE ST-PIERRE-ROCHE (63)

OBJET : ETUDE ACOUSTIQUE ENVIRONNEMENTALE 2019

DATE : 01/08/2019

FICHE TECHNIQUE N°11

## ANALYSE STATISTIQUE PAR BANDE D'OCTAVE

Point de mesure : 4

Résultats :



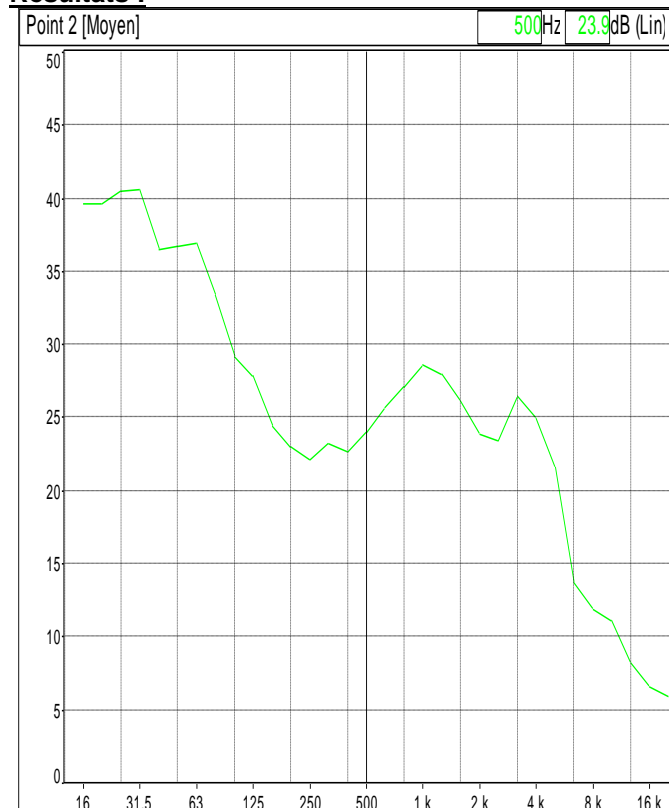
Période : JOUR

Conditions : BRUIT RESIDUEL

| Fichier                     |           | ZER4.CMG               |                        |                     |
|-----------------------------|-----------|------------------------|------------------------|---------------------|
| Début                       |           | 11/07/19 15:41:53      |                        |                     |
| Fin                         |           | 12/07/19 09:35:38      |                        |                     |
| Source                      |           | Jour                   |                        |                     |
| Lieu                        | Niveau dB | Tonalité marquée D1 dB | Tonalité marquée D2 dB | Tonalité permise dB |
| Point 4 [ 1/3 Oct 63Hz ]    | 36,2      |                        | 1,2                    | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 80Hz ]    | 35,9      |                        | 1,9                    | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 100Hz ]   | 33,9      | -2,1                   | -0,1                   | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 125Hz ]   | 34,0      | -1,0                   | 0,4                    | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 160Hz ]   | 34,1      | 0,1                    | 1,8                    | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 200Hz ]   | 33,0      | -1,0                   | 0,9                    | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 250Hz ]   | 31,5      | -2,1                   | -1,7                   | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 315Hz ]   | 32,7      | 0,4                    | -0,6                   | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 400Hz ]   | 33,7      | 1,6                    | 1,1                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 500Hz ]   | 32,9      | -0,3                   | 1,2                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 630Hz ]   | 32,3      | -1,0                   | 1,2                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 800Hz ]   | 30,9      | -1,7                   | -0,2                   | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 1kHz ]    | 31,2      | -0,5                   | 0,2                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 1.25kHz ] | 31,1      | 0,0                    | 0,4                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 1.6kHz ]  | 30,9      | -0,2                   | 1,0                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 2kHz ]    | 30,6      | -0,4                   | 0,7                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 2.5kHz ]  | 29,1      | -1,6                   | -1,3                   | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 3.15kHz ] | 30,6      | 0,7                    | 1,8                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 4kHz ]    | 30,2      | 0,3                    | 5,4                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 5kHz ]    | 26,7      | -3,7                   | 4,9                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 6.3kHz ]  | 21,2      | -7,6                   | 1,1                    |                     |
| Point 4 [ 1/3 Oct 8kHz ]    | 22,3      | -2,5                   |                        |                     |
| Point 4 [ 1/3 Oct 10kHz ]   | 15,7      | -6,1                   |                        |                     |

Point de mesure : 2

Résultats :



Période : NUIT

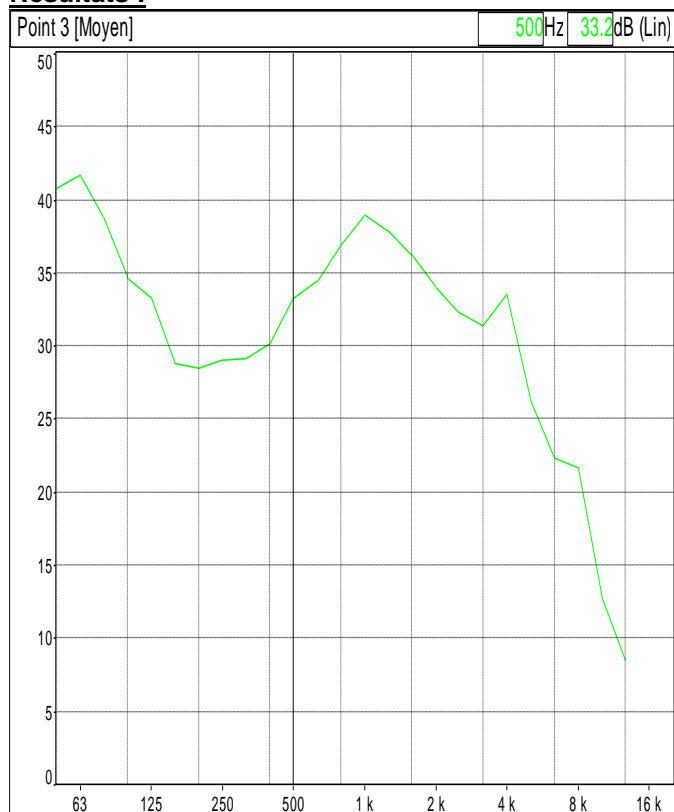
Conditions : BRUIT RESIDUEL

| Fichier                     |           | ZER2.CMG               |                        |                     |
|-----------------------------|-----------|------------------------|------------------------|---------------------|
| Début                       |           | 11/07/19 14:26:48      |                        |                     |
| Fin                         |           | 12/07/19 10:13:22      |                        |                     |
| Source                      |           | Nuit                   |                        |                     |
| Lieu                        | Niveau dB | Tonalité marquée D1 dB | Tonalité marquée D2 dB | Tonalité permise dB |
| Point 2 [ 1/3 Oct 16Hz ]    | 39,9      |                        | -0,1                   |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 20Hz ]    | 39,7      |                        | -0,7                   |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 25Hz ]    | 40,3      | 0,5                    | 1,3                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 31.5Hz ]  | 40,5      | 0,5                    | 3,7                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 40Hz ]    | 36,6      | -3,8                   | -0,4                   |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 50Hz ]    | 36,9      | -2,1                   | 1,3                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 63Hz ]    | 37,1      | 0,3                    | 5,2                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 80Hz ]    | 33,4      | -3,6                   | 4,5                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 100Hz ]   | 29,5      | -6,1                   | 2,7                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 125Hz ]   | 28,1      | -3,8                   | 4,0                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 160Hz ]   | 24,9      | -4,0                   | 2,1                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 200Hz ]   | 23,2      | -3,6                   | 0,3                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 250Hz ]   | 22,4      | -1,7                   | -0,7                   | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 315Hz ]   | 23,4      | 0,6                    | 0,0                    | 10,0                |
| Point 2 [ 1/3 Oct 400Hz ]   | 22,7      | -0,2                   | -2,3                   | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 500Hz ]   | 24,0      | 0,9                    | -2,5                   | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 630Hz ]   | 25,7      | 2,3                    | -2,3                   | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 800Hz ]   | 27,1      | 2,1                    | -1,2                   | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 1kHz ]    | 28,6      | 2,1                    | 1,5                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 1.25kHz ] | 27,9      | -0,1                   | 2,8                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 1.6kHz ]  | 26,1      | -2,2                   | 2,4                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 2kHz ]    | 23,8      | -3,3                   | -1,6                   | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 2.5kHz ]  | 23,5      | -1,6                   | -2,5                   | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 3.15kHz ] | 26,7      | 3,0                    | 2,9                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 4kHz ]    | 25,2      | -0,2                   | 5,9                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 5kHz ]    | 21,6      | -4,4                   | 8,6                    | 5,0                 |
| Point 2 [ 1/3 Oct 6.3kHz ]  | 13,9      | -9,9                   | 2,3                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 8kHz ]    | 11,9      | -7,4                   | 1,9                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 10kHz ]   | 11,2      | -1,8                   | 3,6                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 12.5kHz ] | 8,3       | -3,3                   | 2,0                    |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 16kHz ]   | 6,6       | -3,4                   |                        |                     |
| Point 2 [ 1/3 Oct 20kHz ]   | 5,9       | -1,7                   |                        |                     |

**ANALYSE STATISTIQUE PAR BANDE D'OCTAVE**

**Point de mesure : 3**

**Résultats :**



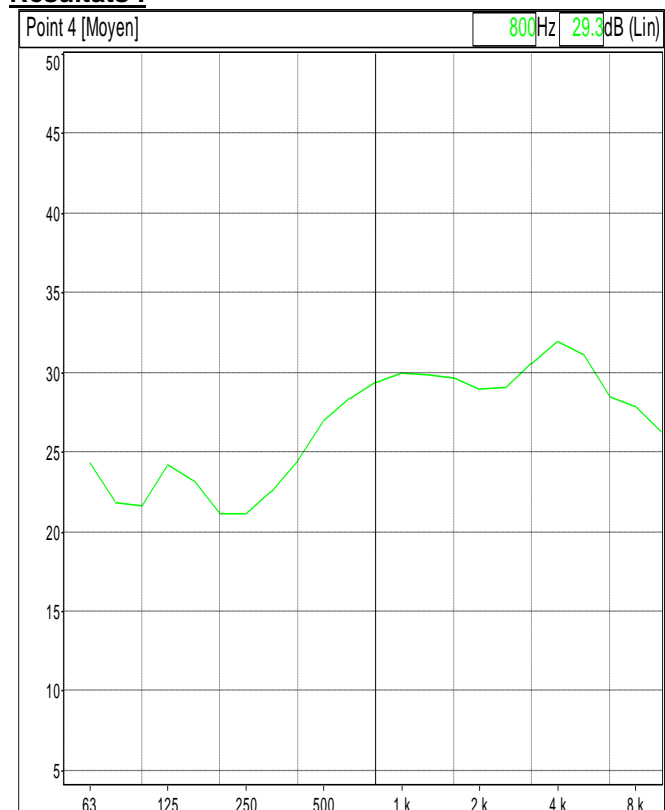
**Période : NUIT**

**Conditions : BRUIT RESIDUEL**

| Fichier                     |           | ZER3.CMG               |                        |                     |
|-----------------------------|-----------|------------------------|------------------------|---------------------|
| Début                       |           | 11/07/19 14:59:31      |                        |                     |
| Fin                         |           | 12/07/19 09:51:06      |                        |                     |
| Source                      |           | nuit                   |                        |                     |
| Lieu                        | Niveau dB | Tonalité marquée D1 dB | Tonalité marquée D2 dB | Tonalité permise dB |
| Point 3 [ 1/3 Oct 50Hz ]    | 40,8      |                        | 0,4                    |                     |
| Point 3 [ 1/3 Oct 63Hz ]    | 41,6      |                        | 4,5                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 80Hz ]    | 38,7      | -2,6                   | 4,7                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 100Hz ]   | 34,6      | -5,8                   | 2,9                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 125Hz ]   | 33,4      | -3,7                   | 4,7                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 160Hz ]   | 28,9      | -5,1                   | 0,1                    | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 200Hz ]   | 28,5      | -3,2                   | -0,6                   | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 250Hz ]   | 29,0      | 0,3                    | -0,7                   | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 315Hz ]   | 29,1      | 0,3                    | -2,9                   | 10,0                |
| Point 3 [ 1/3 Oct 400Hz ]   | 30,2      | 1,1                    | -3,7                   | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 500Hz ]   | 33,3      | 3,6                    | -2,6                   | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 630Hz ]   | 34,5      | 2,5                    | -3,5                   | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 800Hz ]   | 37,0      | 3,1                    | -1,4                   | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 1kHz ]    | 38,9      | 3,0                    | 1,8                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 1.25kHz ] | 37,9      | -0,1                   | 2,7                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 1.6kHz ]  | 36,2      | -2,2                   | 3,0                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 2kHz ]    | 34,0      | -3,1                   | 2,2                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 2.5kHz ]  | 32,2      | -3,0                   | -0,4                   | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 3.15kHz ] | 31,4      | -1,8                   | 0,2                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 4kHz ]    | 33,5      | 1,7                    | 8,7                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 5kHz ]    | 26,4      | -6,2                   | 4,4                    | 5,0                 |
| Point 3 [ 1/3 Oct 6.3kHz ]  | 22,4      | -8,8                   | 3,3                    |                     |
| Point 3 [ 1/3 Oct 8kHz ]    | 21,6      | -3,2                   | 10,5                   |                     |
| Point 3 [ 1/3 Oct 10kHz ]   | 12,8      | -9,2                   |                        |                     |
| Point 3 [ 1/3 Oct 12.5kHz ] | 8,4       | -10,7                  |                        |                     |

**Point de mesure : 4**

**Résultats :**



**Période : NUIT**

**Conditions : BRUIT RESIDUEL**

| Fichier                     |           | ZER4.CMG               |                        |                     |
|-----------------------------|-----------|------------------------|------------------------|---------------------|
| Début                       |           | 11/07/19 15:41:53      |                        |                     |
| Fin                         |           | 12/07/19 09:35:38      |                        |                     |
| Source                      |           | Nuit                   |                        |                     |
| Lieu                        | Niveau dB | Tonalité marquée D1 dB | Tonalité marquée D2 dB | Tonalité permise dB |
| Point 4 [ 1/3 Oct 63Hz ]    | 24,5      |                        | 2,2                    | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 80Hz ]    | 22,4      |                        | -1,3                   | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 100Hz ]   | 22,3      | -1,2                   | -2,1                   | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 125Hz ]   | 24,8      | 2,5                    | 1,8                    | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 160Hz ]   | 24,0      | 0,3                    | 2,3                    | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 200Hz ]   | 21,7      | -2,7                   | -0,6                   | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 250Hz ]   | 21,7      | -1,3                   | -2,1                   | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 315Hz ]   | 22,8      | 1,1                    | -3,2                   | 10,0                |
| Point 4 [ 1/3 Oct 400Hz ]   | 24,6      | 2,3                    | -3,1                   | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 500Hz ]   | 27,0      | 3,2                    | -1,8                   | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 630Hz ]   | 28,3      | 2,3                    | -1,3                   | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 800Hz ]   | 29,3      | 1,6                    | -0,5                   | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 1kHz ]    | 29,8      | 1,0                    | 0,1                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 1.25kHz ] | 29,8      | 0,2                    | 0,6                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 1.6kHz ]  | 29,6      | -0,2                   | 0,7                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 2kHz ]    | 28,9      | -0,8                   | -0,8                   | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 2.5kHz ]  | 28,9      | -0,3                   | -2,3                   | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 3.15kHz ] | 30,4      | 1,5                    | -1,1                   | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 4kHz ]    | 31,9      | 2,2                    | 1,9                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 5kHz ]    | 31,1      | -0,1                   | 2,9                    | 5,0                 |
| Point 4 [ 1/3 Oct 6.3kHz ]  | 28,5      | -3,0                   | 1,2                    |                     |
| Point 4 [ 1/3 Oct 8kHz ]    | 27,9      | -2,1                   |                        |                     |
| Point 4 [ 1/3 Oct 10kHz ]   | 26,7      | -1,5                   |                        |                     |