

Annexe 3 Relevé relatif à la flore

Relevé effectué par Léa CHARBONNIER les 16/06/2020, 19/03/2021, 14/04/2021 et 12/05/2021.

La nomenclature est conforme au référentiel taxonomique TAXREF v9.0 (Inventaire National du Patrimoine Naturel, 2015).

| Famille | Nom latin | Nom vernaculaire | Statut de protection | Autres Statuts |
|----------------|--|--|----------------------|----------------|
| Poaceae | <i>Anisantha madritensis</i> (L.) Nevski, 1934 | Brome de Madrid | | |
| Plantaginaceae | <i>Antirrhinum majus</i> subsp. <i>latifolium</i> (Mill.) Bonnier & Layens, 1894 | Muflier | | |
| Asparagaceae | <i>Aphyllanthes monspeliensis</i> L., 1753 | Aphyllanthe de Montpellier | | |
| Fabaceae | <i>Bituminaria bituminosa</i> (L.) C.H.Stirt., 1981 | Trèfle bitumeux, Trèfle bitumineux | | |
| Poaceae | <i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) P.Beauv., 1812 | Brachypode rameux | | |
| Poaceae | <i>Bromus hordeaceus</i> L., 1753 | Brome mou | | |
| Poaceae | <i>Catapodium rigidum</i> (L.) C.E.Hubb., 1953 | Pâturin rigide, Desmazérie rigide | | |
| Caprifoliaceae | <i>Centranthus ruber</i> (L.) DC., 1805 | Centranthe rouge, Valériane rouge | | |
| Asteraceae | <i>Cichorium intybus</i> L., 1753 | Chicorée sauvage | | |
| Cistaceae | <i>Cistus albidus</i> L., 1753 | Ciste blanc, Ciste mâle à feuilles blanches | | |
| Cistaceae | <i>Cistus salviifolius</i> L., 1753 | Ciste à feuilles de sauge, Mondré | | |
| Ranunculaceae | <i>Clematis vitalba</i> L., 1753 | Clématite des haies, Herbe aux gueux | | |
| Brassicaceae | <i>Clypeola jonthlasi</i> L., 1753 | Clypéole jonthlasi | | |
| Primulaceae | <i>Coris monspeliensis</i> L., 1753 | Coris de Montpellier | | |
| Fabaceae | <i>Coronilla juncea</i> L., 1753 | Coronille à tige de jonc, Coronille à allure de Jonc | | |
| Fabaceae | <i>Coronilla scorpioides</i> (L.) W.D.J.Koch, 1837 | Coronille scorpion | | |
| Asteraceae | <i>Cota tinctoria</i> (L.) J.Gay ex Guss., 1844 | Anthémis des teinturiers, Cota des teinturiers | | |
| Rubiaceae | <i>Crucianella latifolia</i> L., 1753 | Crucianelle à feuilles larges | | |
| Asteraceae | <i>Crupina vulgaris</i> Cass., 1817 | Crupine commune, Crupine vulgaire | | |
| Poaceae | <i>Dactylis glomerata</i> L., 1753 | Dactyle aggloméré, Pied-de-poule | | |
| Asteraceae | <i>Dittrichia viscosa</i> (L.) Greuter, 1973 | Inule visqueuse | | |
| Apiaceae | <i>Eryngium campestre</i> L., 1753 | Chardon Roland, Panicaud champêtre | | |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia exigua</i> L., 1753 | Euphorbe fluette | | |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia helioscopia</i> L., 1753 | Euphorbe réveil matin, Herbe aux verrues | | |
| Euphorbiaceae | <i>Euphorbia serrata</i> L., 1753 | Euphorbe dentée | | |
| Apiaceae | <i>Foeniculum vulgare</i> Mill., 1768 | Fenouil commun | | |
| Cistaceae | <i>Fumana laevipes</i> (L.) Spach, 1836 | Hélianthème à feuilles étroites | | |
| Plantaginaceae | <i>Globularia alypum</i> L., 1753 | Turbith | | |
| Cistaceae | <i>Helianthemum hirtum</i> (L.) Mill., 1768 | Hélianthème hérissé | | |
| Asteraceae | <i>Helichrysum stoechas</i> (L.) Moench, 1794 | Immortelle des dunes, Immortelle jaune | | |

| | | | | |
|----------------|--|---|--|--|
| Orchidaceae | <i>Himantoglossum robertianum</i> (Loisel.) P.Delforge, 1999 | Orchis géant, Orchis à longues bractées, Barlie | | |
| Fabaceae | <i>Hippocrepis ciliata</i> Willd., 1808 | Fer à cheval cilié, Hippocrépis cilié | | |
| Cupressaceae | <i>Juniperus phoenicea</i> L., 1753 | Genévrier de phénicie, Lycien | | |
| Asteraceae | <i>Lactuca perennis</i> L., 1753 | Laitue vivace, Lâche | | |
| Linaceae | <i>Linum strictum</i> L., 1753 | Lin raide, Lin droit | | |
| Primulaceae | <i>Lysimachia linum-stellatum</i> L., 1753 | Astérolinon | | |
| Fabaceae | <i>Medicago orbicularis</i> (L.) Bartal., 1776 | Luzerne orbiculaire | | |
| Poaceae | <i>Melica ciliata</i> L., 1753 | Mélique ciliée | | |
| Asparagaceae | <i>Muscari comosum</i> (L.) Mill., 1768 | Muscari à toupet, Muscari chevelu | | |
| Asparagaceae | <i>Muscari neglectum</i> Guss. ex Ten., 1842 | Muscari à grappes, Muscari négligé | | |
| Amaryllidaceae | <i>Narcissus dubius</i> Gouan, 1773 | Narcisse douteux | | |
| Orobanchaceae | <i>Odontites luteus</i> (L.) Clairv., 1811 | Euphrase jaune, Odontitès jaune | | |
| Poaceae | <i>Oloptum miliaceum</i> (L.) Röser & Hamasha, 2012 | Piptathère faux Millet | | |
| Fabaceae | <i>Ononis minutissima</i> L., 1753 | Bugrane très grêle | | |
| Orchidaceae | <i>Ophrys lupercalis</i> Devillers & Devillers-Tersch., 1994 | Ophrys des Lupercales, Ophrys brun, Ophrys précoce | | |
| Orchidaceae | <i>Ophrys passionis</i> Sennen, 1926 | Ophrys de la passion | | |
| Asteraceae | <i>Pallenis spinosa</i> (L.) Cass., 1825 | Pallénis épineux | | |
| Papaveraceae | <i>Papaver rhoeas</i> L., 1753 | Coquelicot | | |
| Pinaceae | <i>Pinus halepensis</i> Mill., 1768 | Pin d'Alep, Pin blanc, Pin blanc de Provence | | |
| Fagaceae | <i>Quercus coccifera</i> L., 1753 | Chêne Kermès | | |
| Resedaceae | <i>Reseda phyteuma</i> L., 1753 | Réséda raiponce | | |
| Rhamnaceae | <i>Rhamnus alaternus</i> L., 1753 | Nerprun Alaterne, Alaterne | | |
| Fabaceae | <i>Robinia pseudoacacia</i> L., 1753 | Robinier faux-acacia, Carouge | | |
| Lamiaceae | <i>Rosmarinus officinalis</i> L., 1753 | Romarin, Romarin officinal | | |
| Rutaceae | <i>Ruta angustifolia</i> Pers., 1805 | Rue à feuilles étroites | | |
| Fabaceae | <i>Scorpiurus muricatus</i> L., 1753 | Chenillette à fruits portant des pointes, Chenillette sillonnée | | |
| Crassulaceae | <i>Sedum album</i> L., 1753 | Orpin blanc | | |
| Crassulaceae | <i>Sedum ochroleucum</i> Chaix, 1785 | Orpin à pétales droits | | |
| Crassulaceae | <i>Sedum sediforme</i> (Jacq.) Pau, 1909 | Orpin blanc jaunâtre, Orpin de Nice, Sédum de Nice | | |
| Asteraceae | <i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn., 1791 | Chardon marie, Chardon marbré | | |
| Fabaceae | <i>Spartium junceum</i> L., 1753 | Genêt d'Espagne, Spartier à tiges de jonc | | |
| Poaceae | <i>Stipa offneri</i> Breistr., 1950 | Stipe d'Offner | | |
| Lamiaceae | <i>Thymus vulgaris</i> L., 1753 | Thym commun, Farigoule | | |
| Asteraceae | <i>Tyrimnus leucographus</i> (L.) Cass., 1826 | Tyrimne à taches blanches | | |
| Fabaceae | <i>Ulex parviflorus</i> Pourr., 1788 | Ajonc à petites fleurs, Ajonc de Provence | | |
| Rubiaceae | <i>Valantia muralis</i> L., 1753 | Vaillantie des murs | | |
| Fabaceae | <i>Vicia parviflora</i> Cav., 1801 | Vesce à petites fleurs, Vesce à fleurs lâches | | |

Annexe 4 Relevé relatif aux invertébrés

Relevé effectué par Quentin DELFOUR le 08/07/2020 et Livia VALLEJO le 21/05/2021.

| Ordre | Famille | Espèce | Statuts de protection | Enjeu Zone d'Étude | Liste rouge nationale | Liste rouge PACA |
|-------------|---------------|--|-----------------------|--------------------|-----------------------|------------------|
| Coleoptera | Chrysomelidae | Chrysomèle du Romarin <i>Chrysolina americana (Linnaeus, 1758)</i> | | Très faible | | |
| | Coccinellidae | Coccinelle à 7 points <i>Coccinella septempunctata Linnaeus, 1758</i> | | Très faible | | |
| | Melyridae | Malachie à deux points <i>Malachius bipustulatus (Linnaeus, 1758)</i> | | Très faible | | |
| Hemiptera | Cicadidae | Cigale grise <i>Cicada orni Linnaeus, 1758</i> | | Très faible | | |
| | | Cigale plébéienne <i>Lyristes plebejus (Scopoli, 1763)</i> | | Très faible | | |
| | Pyrrhocoridae | Gendarme <i>Pyrrhocoris apterus (Linnaeus, 1758)</i> | | Très faible | | |
| Hymenoptera | Apidae | Abeille domestique <i>Apis mellifera Linnaeus, 1758</i> | | Très faible | | |
| | Scoliidae | Scolie des jardins <i>Megascolia maculata (Drury, 1773)</i> | | Très faible | | |
| | Vespidae | <i>Polistes gallicus (Linnaeus, 1767)</i> | | Très faible | | |
| Lepidoptera | Geometridae | Brocatelle d'or <i>Camptogramma bilineata (Linnaeus, 1758)</i> | | Très faible | | |
| | | Panthère <i>Pseudopanthera macularia (Linnaeus, 1758)</i> | | Très faible | | |
| | Hesperiidae | Hespérie de la Houque <i>Thymelicus sylvestris (Poda, 1761)</i> | | Très faible | LC | LC |
| | | Hespérie du Chiendent <i>Thymelicus acteon (Rottemburg, 1775)</i> | | Très faible | LC | LC |
| | Lycaenidae | Collier-de-corail <i>Aricia agestis (Denis & Schiffermüller, 1775)</i> | | Très faible | LC | LC |
| | | Thécla de l'Yeuse <i>Satyrrium ilicis (Esper, 1779)</i> | | Très faible | LC | LC |
| | Nymphalidae | Chevron blanc <i>Hipparchia fidia (Linnaeus, 1767)</i> | | Très faible | LC | LC |
| | | Mélitée orangée <i>Melitaea didyma (Esper, 1778)</i> | | Très faible | LC | LC |
| | | Ocellé rubané <i>Pyronia bathseba (Fabricius, 1793)</i> | | Très faible | LC | LC |
| | | Silène <i>Brintesia circe (Fabricius, 1775)</i> | | Très faible | LC | LC |
| | | Sylvain azuré <i>Limenitis reducta Staudinger, 1901</i> | | Très faible | LC | LC |
| | | Vanesse des Chardons <i>Vanessa cardui (Linnaeus, 1758)</i> | | Très faible | LC | LC |

| Ordre | Famille | Espèce | Statuts de protection | Enjeu Zone d'Étude | Liste rouge nationale | Liste rouge PACA |
|------------|----------------|--|-----------------------|--------------------|-----------------------|------------------|
| | Papilionidae | Flambé <i>Iphiclides podalirius</i> (Linnaeus, 1758) | | Très faible | LC | LC |
| | Pieridae | Citron de Provence <i>Gonepteryx cleopatra</i> (Linnaeus, 1767) | | Très faible | LC | LC |
| | | Marbré-de-vert <i>Pontia daplidice</i> (Linnaeus, 1758) | | Très faible | LC | LC |
| | | Piérade de la Rave <i>Pieris rapae</i> (Linnaeus, 1758) | | Très faible | LC | LC |
| | | Piérade des Biscutelles <i>Euchloe crameri</i> Butler, 1869 | | Très faible | LC | LC |
| | | Souci <i>Colias crocea</i> (Geoffroy in Fourcroy, 1785) | | Très faible | LC | LC |
| | Sphingidae | Moro-Sphinx <i>Macroglossum stellatarum</i> (Linnaeus, 1758) | | Très faible | | |
| Mantodea | Mantidae | Mante religieuse <i>Mantis religiosa</i> (Linnaeus, 1758) | | Très faible | | |
| Neuroptera | Ascalaphidae | Ascalaphe ambré <i>Libelloides longicornis</i> (Linnaeus, 1764) | | Très faible | | |
| | | Ascalaphe souffré <i>Libelloides ictericus</i> (Charpentier, 1825) | | Faible | | |
| | Myrmeleontidae | <i>Euroleon nostras</i> (Geoffroy in Fourcroy, 1785) | | Très faible | | |
| | | Fourmillion longicorne <i>Distoleon tetragrammicus</i> (Fabricius, 1798) | | Très faible | | |
| | | Grand Fourmilion <i>Palpares libelluloides</i> (Linnaeus, 1764) | | Faible | | |
| Odonata | Gomphidae | Gomphe à crochets <i>Onychogomphus uncatu</i> (Charpentier, 1840) | | Très faible | LC | LC |
| Orthoptera | Acrididae | Caloptène ochracé <i>Calliptamus barbarus</i> (O.G. Costa, 1836) | | Très faible | | LC |
| | | <i>Chorthippus biguttulus</i> (Linnaeus, 1758) | | Très faible | | LC |
| | | <i>Chorthippus brunneus</i> (Thunberg, 1815) | | Très faible | | LC |
| | | <i>Chorthippus vagans</i> (Eversmann, 1848) | | Très faible | | LC |
| | | Criquet des Ibères <i>Ramburiella hispanica</i> (Rambur, 1838) | | Très faible | | LC |
| | | Criquet des mouillères <i>Euchorthippus declivus</i> (Brisout de Barneville, 1848) | | Très faible | | LC |
| | | Criquet égyptien <i>Anacridium aegyptium</i> (Linnaeus, 1764) | | Très faible | | LC |
| | | Criquet marocain <i>Dociostaurus maroccanus</i> (Thunberg, 1815) | | Très faible | | LC |
| | | Criquet noir-ébène <i>Omocestus rufipes</i> (Zetterstedt, 1821) | | Très faible | | LC |

| Ordre | Famille | Espèce | Statuts de protection | Enjeu Zone d'Étude | Liste rouge nationale | Liste rouge PACA |
|--|----------------|--|-----------------------|--------------------|-----------------------|------------------|
| | | Criquet pansu <i>Pezotettix giornae</i> (Rossi, 1794) | | Très faible | | LC |
| | | <i>Euchorthippus elegantulus</i> Zeuner, 1940 | | Très faible | | LC |
| | | OEdipode rouge <i>Oedipoda germanica</i> (Latreille, 1804) | | Très faible | | LC |
| | | OEdipode turquoise <i>Oedipoda caerulea</i> (Linnaeus, 1758) | | Très faible | | LC |
| | Pyrgomorphidae | Criquet printanier <i>Pyrgomorpha conica</i> (Olivier, 1791) | | Très faible | | LC |
| | Tettigoniidae | Barbitiste languedocien <i>Barbitistes fischeri</i> (Yersin, 1854) | | Très faible | | LC |
| | | Decticelle côtière <i>Platycleis affinis</i> Fieber, 1853 | | Très faible | | LC |
| | | Decticelle des roselières <i>Pholidoptera femorata</i> (Fieber, 1853) | | Très faible | | LC |
| | | Grande Sauterelle verte <i>Tettigonia viridissima</i> (Linnaeus, 1758) | | Très faible | | LC |
| | | Phanéoptère liliacé <i>Tylopsis lilifolia</i> (Fabricius, 1793) | | Très faible | | LC |
| Phanéoptère méridional <i>Phaneroptera nana</i> Fieber, 1853 | | | Très faible | | LC | |
| Scolopendromorpha | Scolopendridae | Scolopendre ceinturée <i>Scolopendra cingulata</i> Latreille, 1789 | | Faible | | |

Légende

| | |
|------------------|---|
| CCDH2 | Directive 92/43/CEE (Directive européenne dite Directive Habitats-Faune-Flore) - Annexe II |
| CCDH4 | Directive 92/43/CEE (Directive européenne dite Directive Habitats-Faune-Flore) - Annexe IV |
| IBE2 | Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Convention de Berne) - Annexe II |
| IBE3 | Convention relative à la conservation de la vie sauvage et du milieu naturel de l'Europe (Convention de Berne) - Annexe III |
| NI2 | Liste des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection - Article 2 |
| NI3 | Liste des insectes protégés sur l'ensemble du territoire et les modalités de leur protection - Article 3 |
| RI11 | Liste des insectes protégés en région Île-de-France - Article 1 |
| znieff PACA [DS] | Déterminante stricte znieff Provence-Alpes-Côte-d'Azur |
| znieff PACA [R] | Espèce remarquable znieff Provence-Alpes-Côte-d'Azur |

| Les catégories de l'UICN pour la Liste rouge | | |
|--|-----------------------------------|--|
| Espèces disparues : | Espèces menacées de disparition : | Autres catégories : |
| EX : Eteinte au niveau mondial | CR : En danger critique | NT : Quasi menacée (espèce proche du seuil des espèces menacées ou qui pourrait être menacée si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises) |
| EW : Eteinte à l'état sauvage | EN : En danger | LC : Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition est faible) |
| RE : Disparue au niveau national, régional ou départemental | VU : Vulnérable | DD : Données insuffisantes (espèce pour laquelle l'évaluation n'a pas pu être réalisée faute de données suffisantes) |

Annexe 5 Relevé relatif aux amphibiens

Relevés effectués par Auxence FOREAU les 17/06, 29/06 et 17/09/2020 et par Amanda XERES le 10/05/2021.

| Espèce | 17/06/2020 | 23/06/2020 | 29/06/2020 | 17/09/2020 | 10/05/2021 | Statuts de protection | Enjeu Zone d'Étude | Liste rouge mondiale | Liste rouge européenne | Liste rouge nationale | Liste rouge PACA | Liste rouge Rhône-Alpes | Liste rouge Midi-Pyrénées | Liste rouge Languedoc-Roussillon |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | | | | | | | | | | | | | | |
| Rainette méridionale <i>Hyla meridionalis</i> (Böttger, 1874) | | ✓ | | | | CDH4 IBE2 NAR2 | Faible | LC | LC | LC | LC | LC | LC | LC |

Annexe 6 Relevé relatif aux reptiles

Relevés effectués par Auxence FOREAU les 17/06, 29/06 et 17/09/2020 et par Amanda XERES le 10/05/2021.

| Espèce | | | | | | Statuts de protection | Enjeu Zone d'Étude | Liste rouge mondiale | Liste rouge européenne | Liste rouge nationale | Liste rouge PACA | Liste rouge Rhône-Alpes | Liste rouge Midi-Pyrénées | Liste rouge Languedoc-Roussillon |
|---|------------|------------|------------|------------|------------|-----------------------|--------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|------------------|-------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| | 17/06/2020 | 23/06/2020 | 29/06/2020 | 17/09/2020 | 04/06/2021 | | | | | | | | | |
| Lézard des murailles <i>Podarcis muralis (Laurenti, 1768)</i> | ✓ | | | | | CDH4 IBE2 NAR2 | Faible | LC | LC | LC | LC | LC | LC | LC |
| Tarente de Maurétanie <i>Tarentola mauritanica (Linnaeus, 1758)</i> | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | IBE3 NAR3 | Faible | LC | LC | LC | LC | | | LC |

Annexe 7 Relevé relatif aux oiseaux

Relevé effectué par Antoine PUJOL le 16/06/2020 et par Sébastien CABOT le 20/04/2021. Ce relevé a été complété par les observations de Léa CHARBONNIER et Erwann THEPAUT les 16/06/2020 et 17/09/2020 et tient compte des observations recueillies dans le cadre des suivis menés par la LPO depuis 2008.

| Espèce | Observations du 16 juin 2020 au 20 avril 2021 (et incluant les données LPO) | Statut biologique sur la zone d'étude | Importance de la zone d'étude approfondissement | Enjeu Zone d'étude approfondissement | Enjeu de conservation au niveau régional PACA Nicheurs | Liste rouge UE 27 (2015) (a) | Liste rouge FRANCE Nicheurs (2016) (a) | Liste rouge PACA Nicheurs (2016) (a) | Statuts de protection |
|--|---|---------------------------------------|---|--------------------------------------|--|------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|
| Circaète Jean-le-Blanc (<i>Circaetus gallicus</i>) | 1 | Nalim | Faible | Modéré | Fort | LC | LC | LC | NO3, CDO1, IBO2, IBE2 |
| Faucon pèlerin (<i>Falco peregrinus</i>) | 1 | Tra/Nalim | Faible | Modéré | Fort | LC | LC | EN | NO3, CDO1, IBO2, IBE2 |
| Grand-duc d'Europe (<i>Bubo bubo</i>) | 3 | Nc | Modérée | Modéré | Modéré | LC | LC | LC | NO3, CDO1, IBE2 |
| Monticole bleu (<i>Monticola solitarius</i>) | 2 | Npr | Modérée | Modéré | Modéré | LC | LC | NT | NO3, IBE2 |
| Epervier d'Europe (<i>Accipiter nisus</i>) | x | Nalim | Faible | Faible | Faible | LC | LC | LC | NO3, IBO2, IBE2 |
| Milan noir (<i>Milvus migrans</i>) | 1 | Nalim | Faible | Faible | Faible | LC | LC | LC | NO3, CDO1, IBO2, IBE2 |
| Faucon crécerelle (<i>Falco tinnunculus</i>) | 1 | Nalim | Faible | Faible | Faible | LC | NT | LC | NO3, IBO2, IBE2 |
| Engoulevent d'Europe (<i>Caprimulgus europaeus</i>) | 2 | Nalim | Faible | Faible | Faible | LC | LC | LC | NO3, CDO1, IBE2 |
| Fauvette pitchou (<i>Sylvia undata</i>) | x | Npo | Modérée | Faible | Faible | NT | EN | LC | NO3, CDO1, IBE2 |
| Tichodrome échelette (<i>Tichodroma muraria</i>) | x | Alim/Hiv | Modérée | Faible | Faible | LC | NT | LC | NO3, IBE3 |
| Faucon hobereau (<i>Falco subbuteo</i>) | x | - | Très faible | Très faible | Modéré | LC | LC | LC | NO3, IBO2, IBE2 |
| Guêpier d'Europe (<i>Merops apiaster</i>) | x | Migr | Très faible | Très faible | Modéré | LC | LC | LC | NO3, IBO2, IBE2 |
| Martinet à ventre blanc (<i>Tachymarptis melba</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Modéré | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Martin-pêcheur d'Europe (<i>Alcedo atthis</i>) | x | - | Très faible | Très faible | Modéré | VU | VU | LC | NO3, CDO1, IBE2 |
| Hirondelle de rochers (<i>Ptyonoprogne rupestris</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Modéré | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Tarier des prés (<i>Saxicola rubetra</i>) | x | Halte migr | Faible | Très faible | Modéré | LC | VU | VU | NO3, IBE2 |
| Traquet motteux (<i>Oenanthe oenanthe</i>) | x | Halte migr | Faible | Très faible | Modéré | LC | NT | LC | NO3, IBE2 |
| Grand Corbeau (<i>Corvus corax</i>) | 2 | Nalim | Très faible | Très faible | Faible | LC | LC | LC | NO3, IBE3 |
| Héron cendré (<i>Ardea cinerea</i>) | x | - | Très faible | Très faible | Faible | LC | LC | LC | NO3, IBE3 |

| Espèce | Observations du 16 juin 2020 au 20 avril 2021 (et incluant les données LPO) | Statut biologique sur la zone d'étude | Importance de la zone d'étude approfondissement | Enjeu Zone d'étude approfondissement | Enjeu de conservation au niveau régional PACA Nicheurs | Liste rouge UE 27 (2015) (a) | Liste rouge FRANCE Nicheurs (2016) (a) | Liste rouge PACA Nicheurs (2016) (a) | Statuts de protection |
|---|---|---------------------------------------|---|--------------------------------------|--|------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|
| Alouette lulu (<i>Lullula arborea</i>) | 1 | Nprox | Faible | Très faible | Faible | LC | LC | LC | NO3, CDO1, IBE3 |
| Troglodyte mignon (<i>Troglodytes troglodytes</i>) | 1 | - | Très faible | Très faible | Faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Hirondelle de fenêtre (<i>Delichon urbicum</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Faible | LC | NT | LC | NO3, IBE2 |
| Linotte mélodieuse (<i>Linaria cannabina</i>) | x | Hiv | Faible | Très faible | Faible | LC | VU | VU | NO3, IBE2 |
| Tarier pâtre (<i>Saxicola rubicola</i>) | x | Nprox | Faible | Très faible | Faible | LC | NT | VU | NO3, IBE2 |
| Canard colvert (<i>Anas platyrhynchos</i>) | x | - | Nulle | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | C, IBO2, IBE3 |
| Perdrix rouge (<i>Alectoris rufa</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | NT | C, IBE3 |
| Faisan de Colchide (<i>Phasianus colchicus</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | C, IBE3 |
| Tourterelle turque (<i>Streptopelia decaocto</i>) | x | Npo | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | C, IBE3 |
| Accenteur mouchet (<i>Prunella modularis</i>) | x | Hiv | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Bergeronnette des ruisseaux (<i>Motacilla cinerea</i>) | x | - | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Bergeronnette grise (<i>Motacilla alba</i>) | x | Npo | Modérée | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Goéland leucophaea (<i>Larus michahellis</i>) | x | Tra | Très faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE3 |
| Rougequeue noir (<i>Phoenicurus ochruros</i>) | x | Npo | Modérée | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Martinet noir (<i>Apus apus</i>) | x | Nalim | Très faible | Très faible | Très faible | LC | NT | LC | NO3, IBE3 |
| Pigeon ramier (<i>Columba palumbus</i>) | x | Npo | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | C |
| Pic vert (<i>Picus viridis</i>) | x | - | Très faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Fauvette mélanocéphale (<i>Sylvia melanocephala</i>) | x | Npo | Modérée | Très faible | Très faible | LC | NT | LC | NO3, IBE2 |
| Gobemouche noir (<i>Ficedula hypoleuca</i>) | x | Halte migr | Très faible | Très faible | Très faible | LC | VU | - | NO3, IBO2, IBE2 |
| Pouillot de Bonelli (<i>Phylloscopus bonelli</i>) | x | Nprox | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Fauvette à tête noire (<i>Sylvia atricapilla</i>) | x | Nprox | Très faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Rougegorge familier (<i>Erithacus rubecula</i>) | x | Nprox | Très faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |

| Espèce | Observations du 16 juin 2020 au 20 avril 2021 (et incluant les données LPO) | Statut biologique sur la zone d'étude | Importance de la zone d'étude approfondissement | Enjeu Zone d'étude approfondissement | Enjeu de conservation au niveau régional PACA Nicheurs | Liste rouge UE 27 (2015) (a) | Liste rouge FRANCE Nicheurs (2016) (a) | Liste rouge PACA Nicheurs (2016) (a) | Statuts de protection |
|--|---|---------------------------------------|---|--------------------------------------|--|------------------------------|--|--------------------------------------|-----------------------|
| Mésange à longue queue (<i>Aegithalos caudatus</i>) | x | Nprox | Très faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE3 |
| Merle noir (<i>Turdus merula</i>) | x | Nprox | Très faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | C, IBE3 |
| Grive musicienne (<i>Turdus philomelos</i>) | x | Nprox | Très faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | C, IBE3 |
| Mésange bleue (<i>Cyanistes caeruleus</i>) | x | Nprox | Très faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Grive draine (<i>Turdus viscivorus</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | C, IBE3 |
| Roitelet à triple bandeau (<i>Regulus ignicapilla</i>) | x | Nprox | Très faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Choucas des tours (<i>Corvus monedula</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3 |
| Mésange huppée (<i>Lophophanes cristatus</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Mésange charbonnière (<i>Parus major</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Grimpereau des jardins (<i>Certhia brachydactyla</i>) | x | Nprox | Très faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE3 |
| Geai des chênes (<i>Garrulus glandarius</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | C |
| Serin cini (<i>Serinus serinus</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | VU | LC | NO3, IBE3 |
| Pie bavarde (<i>Pica pica</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | C |
| Corneille noire (<i>Corvus corone</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | C, IBE3 |
| Pinson des arbres (<i>Fringilla coelebs</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE3 |
| Verdier d'Europe (<i>Chloris chloris</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | VU | LC | NO3, IBE2 |
| Bruant zizi (<i>Emberiza cirulus</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | LC | LC | NO3, IBE2 |
| Chardonneret élégant (<i>Carduelis carduelis</i>) | x | Nalim | Faible | Très faible | Très faible | LC | VU | LC | NO3, IBE2 |

Légende

N.B : les espèces inscrites en rouge n'ont été observées que lors des suivis menés par la LPO

Observation

Effectifs : **X** = quelques (inférieur à 10 individus ou 5 couples), **XX** = nombreux (supérieurs à 10 individus ou 5 couples), **Cple** = couple(s), **M** = male(s), **F** = femelle(s), **Juv** = Juvénile(s), **Fam** = famille(s), **Cht** = chant, **Ind** = individu(s)

Statut de protection

C : espèce chassable.

Protection nationale : liste nationale des Oiseaux protégés sur l'ensemble du territoire métropolitain, Arrêté du 29/10/2009 (J.O. du 05/12/2009). **NO3** = Espèce et son habitat protégé ; **PN4** = Espèce protégée sans son habitat.

CDO1 : espèce d'intérêt communautaire, inscrite à l'annexe I de la **directive Oiseaux** CE 79/409.

IBO2 : espèce inscrite à l'annexe II de la **convention de Bonn** (1979).

IBE2 / IBE3 : espèce inscrite à l'annexe II ou III de la **convention de Berne** (1979).

Statut biologique

Npo : Nicheur possible

Npr : Nicheur probable

Nc : Nicheur certain

Nalim : Nicheur hors de la zone d'étude exploitée pour l'alimentation

Nprox : Nicheur à proximité

Migr : Migrateur actif

Halte migr : En halte migratoire

Hiv : Hivernant

Tra : En transit

Nicheur possible

1. Espèce observée durant la saison de reproduction dans un habitat favorable à la nidification.
2. Mâle chanteur (ou cris de nidification) en période de reproduction.

Nicheur probable

3. Couple observé dans un habitat favorable durant la saison de reproduction.
4. Territoire permanent présumé en fonction de l'observation de comportements territoriaux ou de l'observation à huit jours d'intervalle au moins d'un individu au même endroit.
5. Parades nuptiales.
6. Fréquentation d'un site de nid potentiel.
7. Signes ou cris d'inquiétude d'un individu adulte.
8. Plaque incubatrice sur un oiseau tenu en main.
9. Construction d'un nid ou creusement d'une cavité.

Nicheur certain

10. Adulte feignant une blessure ou cherchant à détourner l'attention.
11. Nid utilisé récemment ou coquille vide (œuf pondu pendant l'enquête).
12. Jeunes fraîchement envolés (nidicoles) ou poussins (nidifuges).
13. Adultes entrant ou quittant un site de nid laissant supposer un nid occupé (incluant les nids situés trop haut ou les cavités et nichoirs dont le contenu n'a pas pu être examiné) ou adulte en train de couvrir.
14. Adulte transportant des sacs fécaux ou de la nourriture pour les jeunes.
15. Nid avec œuf(s).
16. Nid avec jeune(s) (vu ou entendu).

Codes comportementaux et statuts de reproduction définis d'après l'EOAC (European Ornithological Atlas Committee).

Statut de conservation

| Listes rouges Europe, UE 27, France, PACA | |
|---|--|
| RE | Disparue au niveau national, régional ou départemental |
| CR | En danger critique |
| EN | En danger |
| VU | Vulnérable |
| NT | Quasi menacée |
| LC | Préoccupation mineure |
| DD | Données insuffisantes |
| NA | Non applicable |
| NA ^a | Introduite |

| | |
|-----------------|---|
| NA ^b | Occasionnelle ou marginale |
| NA ^c | Présente non significativement en hivernage ou de passage |
| NA ^d | Présente non significativement en hivernage ou de passage (données insuffisantes) |
| NE | Non évaluée |

*w : évaluations basées sur les données hivernales

Sources : UICN France, MNHN, LPO, SEOF & ONCFS, 2016 ; BirdLife International, 2015 ; LPO PACA & CEN PACA, 2016

Annexe 8 Relevé relatif aux mammifères

Relevé effectué par Solène BAILLET le 03 et 04 juin 2021 et Erwann Thepaut le 23 juin 2020 et 17 septembre 2020.

| FAMILLE/espèce | Statut de protection | Liste rouge France (IUCN 2017) |
|---|----------------------|--------------------------------|
| CANIDAE | | |
| Renard roux <i>Vulpes vulpes</i> | | LC |
| ERINACEIDAE | | |
| Hérisson d'Europe <i>Erinaceus europaeus</i> | PN | LC |
| LEPORIDAE | | |
| Lièvre d'Europe <i>Lepus europaeus</i> | | LC |
| MUSTELIDAE | | |
| Blaireau européen <i>Meles meles</i> | | LC |
| SCIURIDAE | | |
| Ecureuil roux <i>Sciurus vulgaris</i> | PN | LC |
| SUIDAE | | |
| Sanglier <i>Sus scrofa</i> | | LC |
| VIVERRIDAE | | |
| Genette commune <i>Genetta genetta</i> | PN ; DH5 | LC |
| VESPERTILIONIDAE | | |
| Murin à oreilles échancrées <i>Myotis emarginatus</i> | PN ; DH2 ; DH4 | LC |
| Petit Murin <i>Myotis blythii</i> | PN ; DH2 ; DH4 | NT |
| Grand Murin <i>Myotis myotis</i> | PN ; DH2 ; DH4 | LC |
| Murin de Daubenton <i>Myotis daubentonii</i> | PN ; DH4 | LC |
| Sérotine commune <i>Eptesicus serotinus</i> | PN ; DH4 | NT |
| Noctule de Leisler <i>Nyctalus leisleri</i> | PN ; DH4 | NT |
| Pipistrelle pygmée <i>Pipistrellus pygmaeus</i> | PN ; DH4 | LC |
| Pipistrelle commune <i>Pipistrellus pipistrellus</i> | PN ; DH4 | NT |
| Pipistrelle de Kuhl <i>Pipistrellus kuhlii</i> | PN ; DH4 | LC |
| Vespère de Savi <i>Hypsugo savii</i> | PN ; DH4 | LC |
| Oreillard gris <i>Plecotus austriacus</i> | PN ; DH4 | LC |
| MOLOSSIDAE | | |
| Molosse de Cestoni <i>Tadarida teniotis</i> | PN ; DH4 | NT |

Protection Nationale PN (19 novembre 2007)

Directive Habitats

| | |
|-----|---|
| DH2 | Espèces d'intérêt communautaire dont la conservation nécessite la désignation de Zones Spéciales de Conservation (habitats d'espèces) |
| DH4 | Espèces d'intérêt communautaire strictement protégées sur l'ensemble du territoire européen |
| DH5 | Espèces d'intérêt communautaire dont le prélèvement dans la nature et l'exploitation sont susceptibles de faire l'objet de mesures de gestion |

Liste rouge France (IUCN)

| | |
|-----------|---|
| CR | En danger critique d'extinction |
| EN | En danger |
| VU | Vulnérable |
| NT | Quasi menacée (espèces proches du seuil des espèces menacées ou qui pourraient être menacées si des mesures de conservation spécifiques n'étaient pas prises) |
| LC | Préoccupation mineure (espèce pour laquelle le risque de disparition de France est faible) |
| DD | Données insuffisantes (espèce pour laquelle l'évaluation n'a pu être réalisée faute de données suffisantes) |
| NA | Non applicable (espèce non soumise car : (a) introduite dans la période récente ou (b) présente en France uniquement de manière occasionnelle) |

Espèces menacées

Annexe 9 Limites techniques et scientifiques liées à l'étude de la biodiversité

Etant donnée la grande diversité des milieux et l'importante richesse spécifique des groupes taxonomiques étudiés, il est très difficile, voire impossible, de réaliser un inventaire exhaustif de la zone d'étude à moins d'un effort considérable et encore. Il s'agit davantage d'une vision globale mais imprécise de la zone d'étude.

Le problème majeur de tous les protocoles d'inventaires ou de suivis d'espèces est la **détection**. En effet, la difficulté rencontrée lorsque l'on étudie la biodiversité sur le terrain est que les individus ou les espèces ne sont pas tous détectables avec la même facilité et ne sont donc pas nécessairement toutes détectés. Un grand nombre de facteurs vont influencer cette détection des espèces, par exemple :

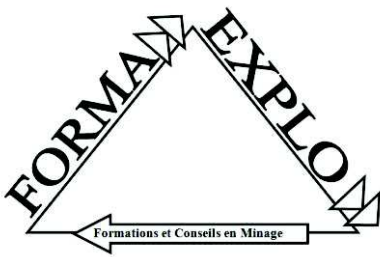
- Leur biologie, éthologie et écologie (rythme d'activité saisonnier (=phénologie) ou journalier (diurne/nocturne), localisation des zones plus ou moins denses en végétation, comportement cryptique, discrétion, taille, etc.),
- L'effet observateur potentiellement très fort (expérience relative, a priori sur les espèces et familiarité plus ou moins forte avec certaines, fatigue, temps de prospection réalisé, etc.),
- Les conditions météorologiques (précipitations, température, vent, lune, etc.).

Annexe 9 : Etude des vibrations sur les habitations (FORMA-EXPLO)



NOTE DE SYNTHÈSE VIBRATIONS
Approfondissement cote 185m NGF
CEMEX GRANULATS RHÔNE
MÉDITERRANÉE
Site d'Auriol (13)

N/Réf : FE 19-21



Contexte

La société CEMEX GRANULATS RHÔNE MÉDITERRANÉE a sollicité FORMA-EXPLO pour la rédaction d'une note de synthèse des vibrations dans le cadre d'un projet d'approfondissement.

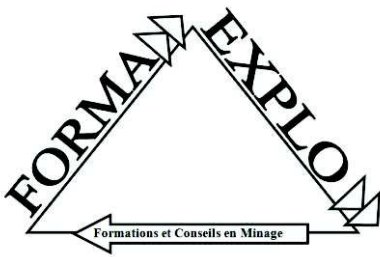
Ce projet définit une zone d'extraction avec des paliers d'une hauteur de 15m de la cote 230 à la cote 185m NGF comme présentée dans l'annexe 1 de la présente note.

FORMA-EXPLO est en charge de la surveillance des vibrations sur le site d'Auriol depuis le 1^{er} avril 2019 avec un dispositif de mesure installé dans l'environnement proche de la carrière.

Surveillance des vibrations

Pendant la période de surveillance, du 1^{er} janvier au 31 décembre 2020, des signaux de vibrations ont été enregistrés sur 6 points de mesure fixes, comme suit.





Les mesures de vibrations ont permis de définir les coefficients de propagation sur chaque point pour les différents paliers concernés par le projet d'approfondissement en fonction de la Loi de Chapot, à l'exception du palier 200/185 encore non exploité.

$$V = K \left(\frac{D}{\sqrt{Q}} \right)^{-1.8}$$

Avec :

V = vitesse particulière en mm/s.

K = coefficient de propagation.

D = distance en mètre entre le tir et le point de mesure.

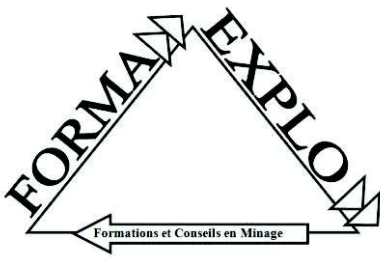
Q = charge unitaire instantanée d'explosif en kg.

| Emplacement | Distance moyenne | K moyen 230/225 | K moyen 215/210 | K moyen 205/200 | Vitesse brute moyenne | Surpression aérienne moyenne |
|-------------|------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|------------------------------|
| Selli | 688 m | 5432 | **** | 4249 | 0,5 mm/s | 107 dBL |
| Bassano | 721 m | **** | **** | **** | < 0,5 mm/s | **** |
| Bedino | 572 m | **** | 3415 | 2759 | 0,5 mm/s | 108 dBL |
| Thibaudau | 403 m | 5649 | 4748 | 3517 | 1,2 mm/s | 111 dBL |
| Centre | 285 m | 2858 | 4564 | 2278 | 1,6 mm/s | 117 dBL |
| Ravel | 479 m | **** | 3454 | **** | 0,7 mm/s | 110 dBL |

Comme l'indique le tableau récapitulatif ci-dessus, les sismographes installés chez Mme Bedino et MM. Selli et Ravel, n'ont pas enregistré de dépassement du seuil de déclenchement, fixé à 0,5 mm/s, lors des tirs effectués sur certains paliers, dont l'étage 205/200, concerné par le projet d'approfondissement chez Mme Bedino et M. Ravel.

Pour l'ensemble du système de surveillance de vibrations, le palier inférieur est celui présentant le coefficient de propagation le plus faible, soit une diffusion moindre des vibrations imputables aux tirs de mines effectués sur le site d'Auriol.

Le sismographe installé chez M. Bassano n'a quant à lui enregistré aucun dépassement du seuil de déclenchement pendant la période de surveillance 2020. La distance par rapport aux tirs de mines effectués sur le site d'Auriol étant plus importante que celle des autres emplacements, des valeurs de vibrations systématiquement inférieures à 0,5 mm/s sont tout à fait cohérentes avec les coefficients de propagation calculés.



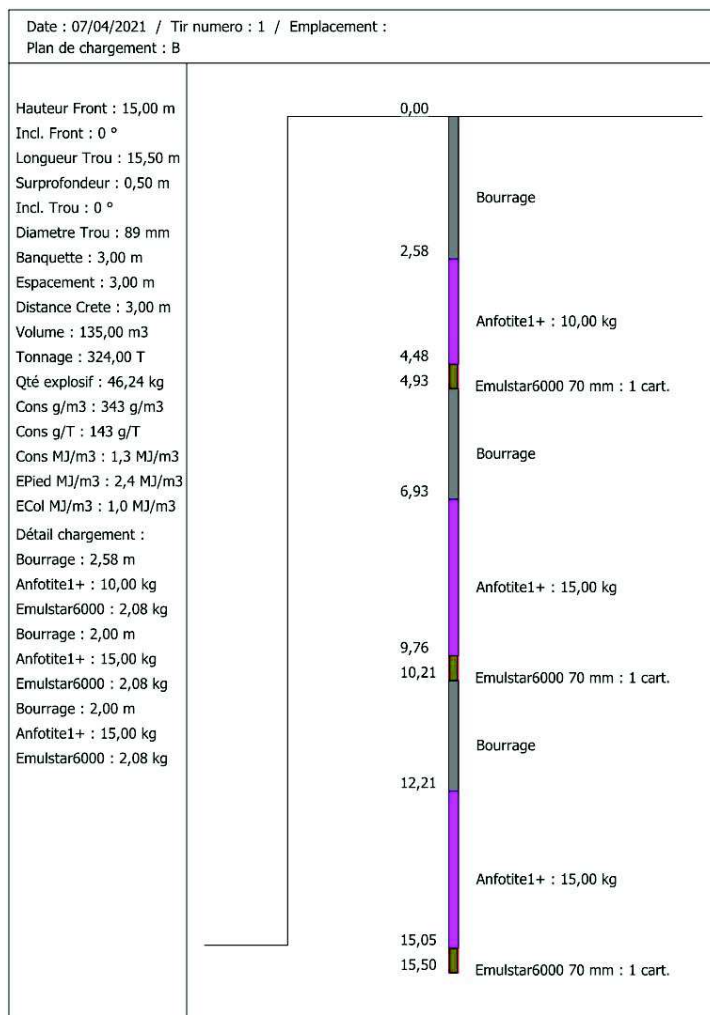
Palier 200/185, estimation des vibrations

Paramètres de tir

La méthode d'exploitation couramment utilisée sur le site CEMEX d'Auriol comprend aujourd'hui 7 paliers de 5 m, situés entre les cotes 235 et 205 m NGF, pour une cote terminale de 200 m NGF.

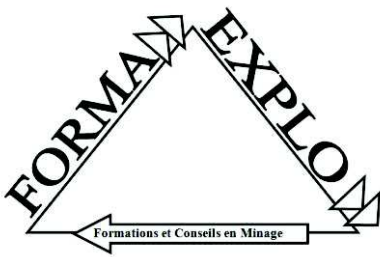
Le présent projet d'approfondissement propose l'exploitation de 3 fronts de 15 m, entre la cote 230 et la cote 185 m NGF.

Avec un volume de production égal, les tirs de mines comporteront un nombre de trous inférieur à ceux effectués actuellement. La hauteur de 15 m permettra d'utiliser la technique de la tri-détonation afin de respecter les charges unitaires employées à ce jour. Les plans de chargement évolueront donc comme suit :



Avec une charge unitaire moyenne de 22,8 kg constatée pendant la période de surveillance 2020, l'évolution de la hauteur des fronts, passant de 5 à 15 m, permet d'estimer une charge unitaire maximale de 17,1 kg en tri-détonation.

Ce plan de chargement type permet donc de prévoir une réduction de la charge unitaire par rapport à la méthode d'extraction actuelle et sera la base de calcul pour les prévisions des vibrations engendrées par les tirs effectués sur le palier 200/185.



Prévision des vibrations, palier 200/185

Compte tenu des éléments fournis par la société CEMEX GRANULATS RHÔNE MÉDITERRANÉE et des mesures effectuées dans l'environnement du site d'Auriol au cours de la période de surveillance 2020, il est possible d'estimer les vibrations engendrées par les tirs de mines effectués sur le palier 200/185, concerné par le projet d'approfondissement, en proposant comme référence le coefficient de propagation du palier 205/200.

| Emplacement | Distance minimale estimée | Charge unitaire maximale estimée | K moyen 205/200 | Vitesse maximale brute estimée 200/185 | Vitesse maximale brute 2020 | Surpression aérienne estimée 200/185 |
|-------------|---------------------------|----------------------------------|-----------------|--|-----------------------------|--------------------------------------|
| Selli | 600 m | 17,1 kg | 4249 | 0,4 mm/s | 0,6 mm/s | 107 dBL |
| Bassano | 690 m | 17,1 kg | **** | < 0,5 mm/s | < 0,5 mm/s | **** |
| Bedino | 510 m | 17,1 kg | 2759 | 0,5 mm/s | 0,6 mm/s | 108 dBL |
| Thibaudau | 350 m | 17,1 kg | 3517 | 1,2 mm/s | 2 mm/s | 111 dBL |
| Centre | 210 m | 17,1 kg | 2278 | 1,9 mm/s | 3,6 mm/s | 117 dBL |
| Ravel | 410 m | 17,1 kg | 3025 | 0,8 mm/s | 1,3 mm/s | 110 dBL |

Concernant le point de mesure situé chez M. Ravel pendant la période de surveillance 2020, l'estimation est basée sur un coefficient de propagation moyen, au vu de l'absence d'enregistrements sur le front 205/200.

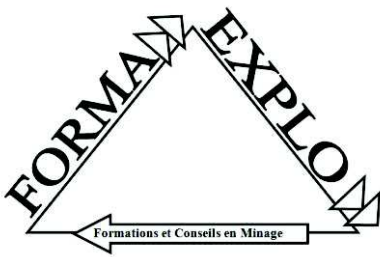
L'estimation présentée ci-dessus permet de confirmer l'absence de valeurs supérieures à 3 mm/s, seuil d'alerte du site CEMEX d'Auriol, sur l'ensemble des points de mesures et confirme la possibilité d'exploiter des fronts de taille d'une hauteur de 15m sans augmenter les valeurs de vibrations enregistrées sur le site d'Auriol à ce jour.

Au cours de la période de surveillance, une baisse des surpressions enregistrées ayant été constatées sur les fronts inférieurs du site CEMEX d'Auriol, la valeur moyenne annuelle est ici proposée comme estimation et demeure très inférieure à 125 dBL.

Vitesse maximale brute enregistrée sur le point de mesure Centre culturel :

Lors du tir 2004, le 27 février 2020, le capteur situé au centre culturel a détecté une vitesse maximale brute de 3,6 mm/s, 3,5 mm/s après application de la pondération. Il s'agit du seul dépassement de la valeur d'alerte fixée à 3 mm/s pour le site CEMEX d'Auriol au cours de l'exercice 2020.

Ce tir a été effectué sur le front 215/210, non concerné par les présentes estimations pour le front 200/185, avec une charge unitaire de 18,4 kg, inférieure à la moyenne des charges unitaires utilisées en 2020 (22,8 kg).

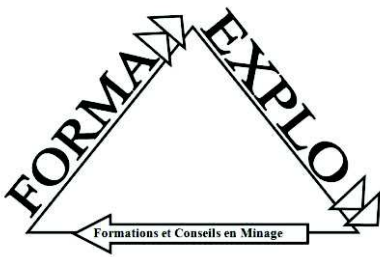


Avec une valeur brute de 3,6 mm/s, le coefficient de propagation est égal à 7172, soit 2,5 fois supérieur à la moyenne calculée sur le point de mesure situé au centre culturel d'Auriol.

Lors du tir suivant, n°2005, effectué le 03 mars 2020 sur le même front 215, les valeurs enregistrées, tout en restant plus élevées que la moyenne annuelle, ne montrent pas une hausse aussi importante, 1,9 mm/s en vitesse brute maximale pour le centre culturel, avec des distances plus faibles et une charge unitaire supérieure de 2kg par rapport à celle employée dans le tir 2004.

Compte tenu d'un phénomène unique pour l'exercice 2020, la constatation d'une hausse des coefficients de propagation pour l'ensemble des points de mesure situés au Sud et à l'Est du site d'exploitation et de valeurs beaucoup plus faibles lors du tir suivant situé à proximité et sur le même front, une anomalie géologique ne peut être retenue comme hypothèse.

Avec les informations à disposition, ainsi que les valeurs enregistrées sur le même front de taille, il convient de proposer comme hypothèse la plus probable, une dispersion des temps d'explosion due à l'imprécision pyrotechnique des détonateurs électriques utilisés. Ce phénomène connu peut en effet engendrer des cumuls de charge de façon très ponctuelle, en fonction de l'orientation des tirs de mines par rapport aux points de mesure.



Conclusion

Compte tenu des éléments fournis par la société CEMEX GRANULATS RHÔNE MÉDITERRANÉE et des mesures effectuées dans l'environnement du site d'Auriol au cours de la période de surveillance 2020, le projet d'approfondissement comprenant l'exploitation d'un front de taille jusqu'à la cote 185 m NGF sur une hauteur de 15 m par tirs de mines ne semble pas générer de valeurs de vibrations supérieures à celles mesurées actuellement.

Dans le cadre d'un dossier d'approfondissement définitif, il conviendra de :

- Confirmer les distances minimales exactes avec les points de mesures situés dans l'environnement du site d'Auriol, en fonction du phasage prévu,
- Affiner les coefficients de propagation moyens de chaque point de mesure avec des valeurs enregistrées pendant la période de surveillance 2021 sur le front 205/200,
- Proposer un système de surveillance des vibrations adapté à la zone d'extraction concernée.

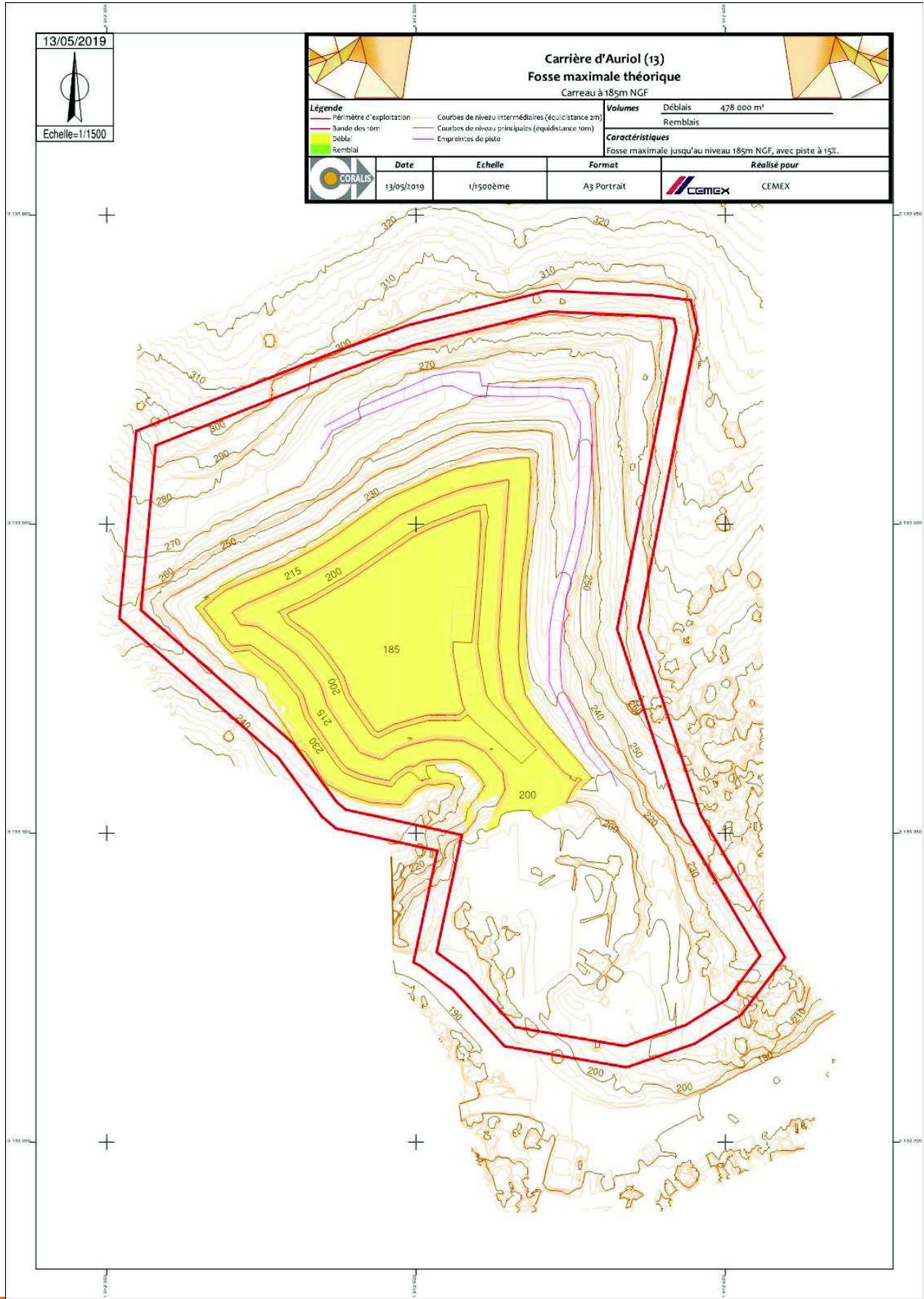
Matthias BERT


FORMA - EXPLO
7 rue Sainte Thérèse
26000 VALENCE
SIRET : 521 528 232 00049



ANNEXE

Projet d'approfondissement



Annexe 10 : Etude des vibrations sur la falaise Sainte-Croix (CEREMA)

Etude vibratoire - Carrière d'AURIOL

Impact des tirs de mines sur la stabilité de la falaise



RAPPORT D'ÉTUDE

Septembre 2022

Le Cerema est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique, présent partout en métropole et dans les Outre-mer grâce à ses 26 implantations et ses 2 400 agents. Détenteur d'une expertise nationale mutualisée, le Cerema accompagne l'État et les collectivités territoriales pour la transition écologique, l'adaptation au changement climatique et la cohésion des territoires par l'élaboration coopérative, le déploiement et l'évaluation de politiques publiques d'aménagement et de transport. Doté d'un fort potentiel d'innovation et de recherche incarné notamment par son institut Carnot Clim'adapt, le Cerema agit dans 6 domaines d'activités : Expertise & ingénierie territoriale, Bâtiment, Mobilités, Infrastructures de transport, Environnement & Risques, Mer & Littoral.

Site web : www.cerema.fr

Etude vibratoire - Carrière d'AURIOL

Impact des tirs de mines sur la stabilité de la falaise

Septembre 2022

Commanditaire : CEMEX – Christophe BARRAS

Auteurs : Cédric REBOURG et Lisa ZAHARIAS

Responsable du rapport :

| |
|--|
| Cédric REBOURG - Département Risques Infrastructures et Matériaux - Groupe Risques Naturels |
| Tél. : +33(0)4 72 14 32 44 – portable : +33(0)6 64 03 35 68 |
| Courrier : cedric.rebourg@cerema.fr |
| Cerema Centre Est Adresse : 25 avenue F. Mitterrand – 69500 BRON |

Historique des versions du document

| Version | Date | Commentaire |
|---------|----------|---|
| V1 | 05/09/22 | Rédaction par Lisa Zaharias et Cédric Rebourg |

Références

N° d'affaire : 22-CE-0243

Devis n° DE-2022-0011688 du 21/03/2022

| Nom | Service | Rôle | Date | Visa |
|----------------|------------------------|-------------------------|------|------|
| REBOURG Cédric | Cerema Centre-Est/DRIM | Auteur principal | | |
| ZAHARIAS Lisa | Cerema Med / DRN | Contributeur | | |
| ROJAT Fabrice | Cerema Centre-Est/DRIM | Relecteur | | |
| GIRARDY Cédric | Cerema Centre-Est/DRIM | Valideur | | |

Résumé de l'étude

Les objectifs de cette étude, commandée par Cemex Granulats Rhône Méditerranée, sont de définir si les tirs de mines réalisés dans le périmètre de la carrière d'Auriol ont un impact sur la stabilité de la falaise Sainte-Croix qui surplombe plusieurs zones d'habitation. Pour cela, le Cerema a procédé à une analyse géologique de la falaise avant de définir un seuil de vitesses de vibrations à respecter. Enfin, les mesures de vitesses de vibrations réalisées par le carrier ont été analysées afin de définir un éventuel impact de celles-ci sur la stabilité de la falaise.

5 à 10 mots clés à retenir de l'étude

| | |
|---------------|------------------------|
| Carrière | Stabilité |
| Vibrations | Falaise |
| Tirs de mines | Ouvrages de protection |
| Géologie | |

Statut de communication de l'étude

Les études réalisées par le Cerema sur sa subvention pour charge de service public sont par défaut indexées et accessibles sur le portail documentaire du Cerema. Toutefois, certaines études à caractère spécifique peuvent être en accès restreint ou confidentiel. Il est demandé de préciser ci-dessous le statut de communication de l'étude.

- Accès libre : document accessible au public sur internet
- Accès restreint : document accessible uniquement aux agents du Cerema
- Accès confidentiel : document non accessible

Cette étude est capitalisée sur la plateforme documentaire [CeremaDoc](https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx), via le dépôt de document : <https://doc.cerema.fr/depot-rapport.aspx>

SOMMAIRE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCTION..... | 7 |
| 2. CONTEXTES GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE..... | 8 |
| 2.1. Contexte géographique..... | 8 |
| 2.2. Contextes géologique et géomorphologique..... | 9 |
| 2.2.1. La carrière..... | 9 |
| 2.2.1. La falaise..... | 9 |
| 3. ANALYSE DE LA STABILITÉ DE LA FALAISE..... | 11 |
| 3.1. Recherche documentaire : PPR et mouvements historiques..... | 11 |
| 3.2. Ouvrages de protection existants..... | 11 |
| 3.2.1. Écrans de filets pare-blocs..... | 11 |
| 3.2.2. Ancrages / boulons..... | 13 |
| 3.2.3. Barrières statiques..... | 13 |
| 3.2.4. Grillages..... | 14 |
| 3.2.5. Ceinturage par câbles..... | 15 |
| 3.2.6. Filets plaqués..... | 15 |
| 3.2.7. Synthèse..... | 16 |
| 3.3. État de la falaise..... | 16 |
| 3.3.1. Secteur 1..... | 16 |
| 3.3.2. Secteur 2..... | 18 |
| 3.3.3. Synthèse..... | 21 |
| 4. ANALYSE DES RÉSULTATS DES MESURES DE VITESSES DE VIBRATIONS..... | 22 |
| 4.1. Méthodologie..... | 22 |
| 4.2. Position des capteurs..... | 22 |
| 4.3. Analyse des vitesses de vibrations au niveau des habitations..... | 23 |
| 4.4. Analyse des vitesses de vibrations dans la falaise..... | 24 |
| 4.5. La définition d'un seuil de vitesses de vibrations..... | 25 |
| 4.6. Avis sur l'impact des vibrations sur la stabilité de la falaise..... | 25 |
| 5. CONCLUSIONS..... | 27 |

Table des illustrations

| | |
|---|----|
| Illustration 1: plan de situation de la carrière et de la falaise Sainte-Croix (source : geoportail.gouv.fr)..... | 7 |
| Illustration 2 : situation géographique de la carrière (source : geoportail.gouv.fr)..... | 8 |
| Illustration 3 : calcaires (A) et dolomies (B) observés sur la falaise de Sainte-Croix..... | 9 |
| Illustration 4: extrait de la carte géologique Aubagne-Marseille n°XXXI-XXXII-45 (source : info-terre.brgm.fr)..... | 10 |
| Illustration 5 : extrait du PPR de la commune d'Auriol (2012)..... | 12 |
| Illustration 6 : localisation des écrans pare-blocs au pied de la falaise de Sainte-Croix (source : Géoportail)..... | 12 |
| Illustration 7 : falaise de Sainte-Croix avec écrans de filets (partie Ouest, date : 25/03/2011)..... | 13 |
| Illustration 8 : falaise de Sainte-Croix avec écrans de filets (partie Est, date : 25/03/2011)..... | 13 |
| Illustration 9 : exemples d'ancrages de confortement observés sur le secteur 1 (à gauche) et le secteur 2 (à droite)..... | 13 |
| Illustration 10 : barrière statique (secteur 1)..... | 14 |
| Illustration 11 : grillage 1 avec tendeur à droite (secteur 1)..... | 14 |
| Illustration 12 : grillage 2 (secteur 1)..... | 15 |
| Illustration 13 : filets plaqués impasse des Capriers (A) et rue Rassart (B)..... | 16 |
| Illustration 14 : types d'affleurements sur le secteur 1 (vue depuis la D45b)..... | 17 |
| Illustration 15 : stéréogramme (canevas de Wulf hémisphère supérieur)..... | 17 |
| Illustration 16 : types d'affleurements sur le secteur 2 (source : vue satellite Google complétée par photos Cerema)..... | 18 |
| Illustration 17 : piton rocheux observé sur le secteur 2..... | 19 |
| Illustration 18 : compartiment identifié sur la parcelle AC 0523 (secteur 2)..... | 20 |
| Illustration 19 : compartiment rue Rassart (secteur 2)..... | 20 |
| Illustration 20 : plan d'implantation des capteurs de mesures de vibration..... | 23 |
| Illustration 21 : photographies du capteur P1 (source : carrière Cemex)..... | 24 |

1. INTRODUCTION

La société CEMEX Granulats Rhône Méditerranée exploite une carrière de roche massive calcaire sur la commune d'Auriol (voir illustration 1), dans le département des Bouches du Rhône (13), conformément à l'Arrêté Préfectoral du 2 avril 2008. Une falaise rocheuse se situe dans l'environnement proche de la carrière (« falaise Sainte-Croix » de l'article 15. de l'Arrêté Préfectoral). Cette falaise est scindée en deux parties, de part et d'autre de la RD45b, et surplombe plusieurs zones d'habitation. À l'heure actuelle, la société CEMEX a lancé les études nécessaires à la prolongation et au renouvellement/extension de son autorisation préfectorale.

L'extraction de la roche dans la carrière d'Auriol est réalisée par minage. L'utilisation de l'explosif génère des vibrations qui se propagent dans l'environnement de la carrière. Autour de cette carrière, on trouve de nombreux enjeux sensibles aux vibrations :

- des habitations,
- et la falaise Sainte-Croix.

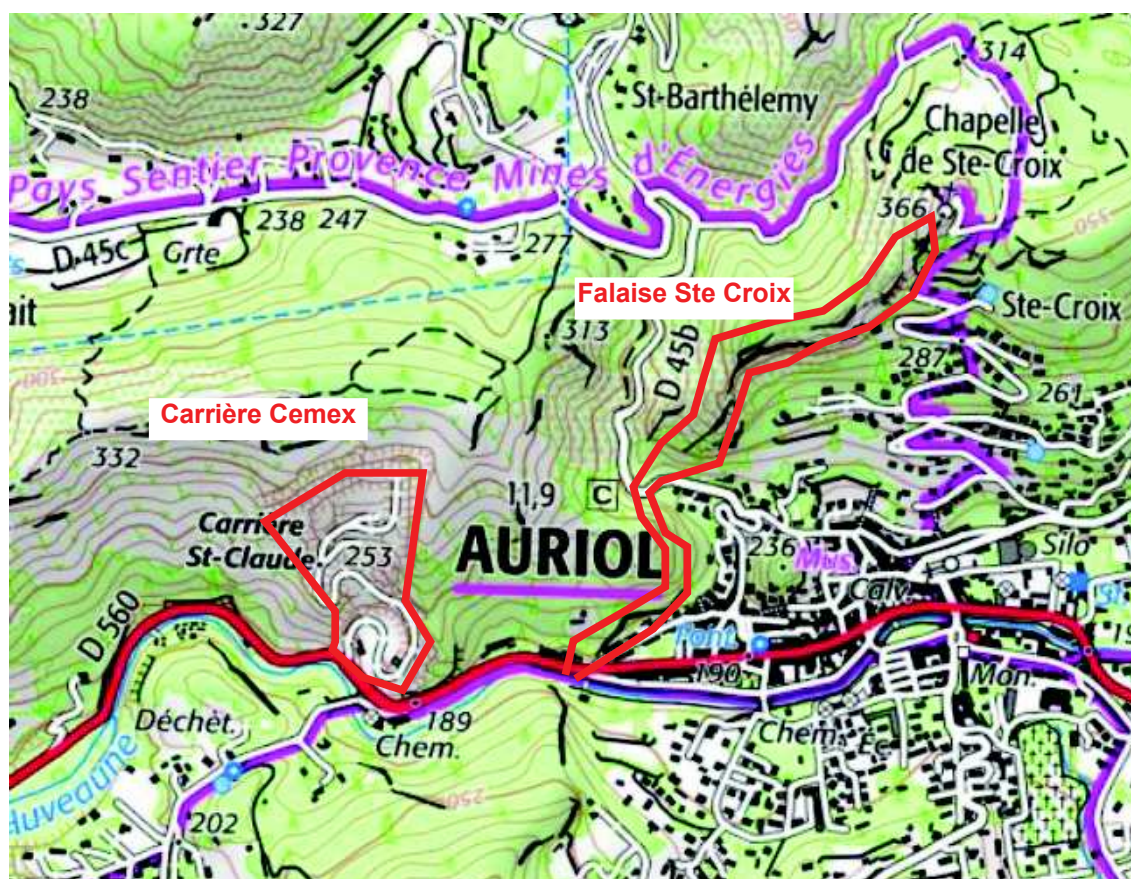


Illustration 1: plan de situation de la carrière et de la falaise Sainte-Croix (source : geoportail.-gouv.fr)

L'entreprise CEMEX a sollicité le Cerema Centre-Est, Département Risques Infrastructures et Matériaux (DRIM), afin de rédiger une **étude sur l'impact des tirs de mines sur la stabilité de la falaise Sainte-Croix**, telle que demandé dans l'Arrêté Préfectoral de 2008.

L'étude du Cerema consiste donc à :

- analyser la stabilité de la falaise et identifier les dispositifs actuels de protection contre les chutes de blocs,
- analyser les résultats des mesures de vitesses de vibrations fournis par le client,
- se prononcer sur l'impact de ces vibrations sur la stabilité de la falaise.

2. CONTEXTES GÉOGRAPHIQUE ET GÉOLOGIQUE

2.1. Contexte géographique

La ville d'Auriol se situe dans le département des Bouches-du-Rhône, à environ 20 km à l'est-nord-est de Marseille et à 25 km au sud-est d'Aix-en-Provence (voir illustration 2).

La carrière s'ouvre sur la rive droite du fleuve côtier « l'Huveaune », à l'entrée Ouest de la ville d'Auriol. Elle se trouve dans un petit massif calcaire situé entre les contreforts de la montagne Sainte-Baume au Sud et la montagne de Regagnas au Nord. Ce massif prend naissance à une altitude de 200 m NGF environ et culmine à 366 m NGF du côté de la Chapelle de Sainte-Croix.

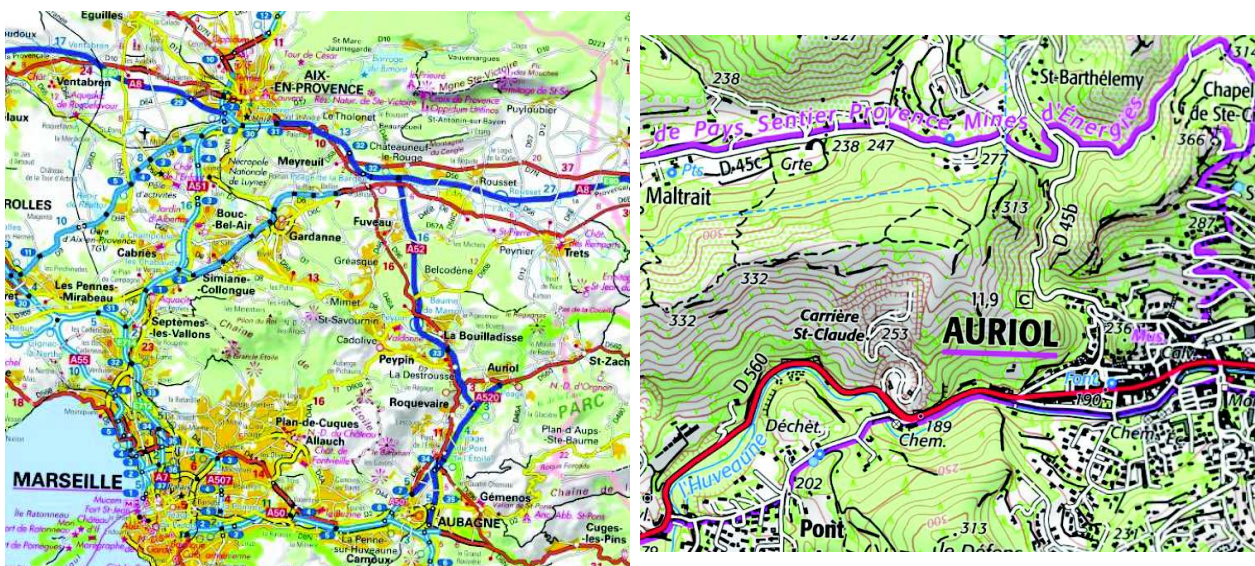


Illustration 2 : situation géographique de la carrière (source : geoportail.gov.fr)

2.2. Contextes géologique et géomorphologique

2.2.1. La carrière

Au niveau de la carrière, les formations susceptibles d'être rencontrées sont :

→ n_3 : formation de l'Hauterivien. Celle-ci montre des faciès très variés selon les secteurs, mais qui sont généralement constitués de calcaires : calcaires compacts, à chailles, noduleux, dolomitiques, etc → j_{9b} : formation du Portlandien Supérieur. Elle est constituée de calcaires zoogènes blancs et de calcaires dolomités.

2.2.1. La falaise

Les versants et falaises des secteurs d'étude sont globalement orientés NNE-SSW (suivant la direction de failles notables représentées sur l'illustration 4) et surplombent une dépression orientée E-W correspondant à la vallée de l'Huveaune.

Du NE au SW on trouve :

- j_{7-8} : calcaires fins du Kimméridgien ;
- j_{9a} : dolomies et calcaires biodétritiques du Portlandien Inférieur ;
- j_{9aD} : dolomies massives grises du Portlandien Inférieur ;
- j_{9b} : calcaires zoogènes blancs et calcaires dolomités du Portlandien Supérieur.

Ces lithologies ont été observées sur site par le Cerema (illustration 3).

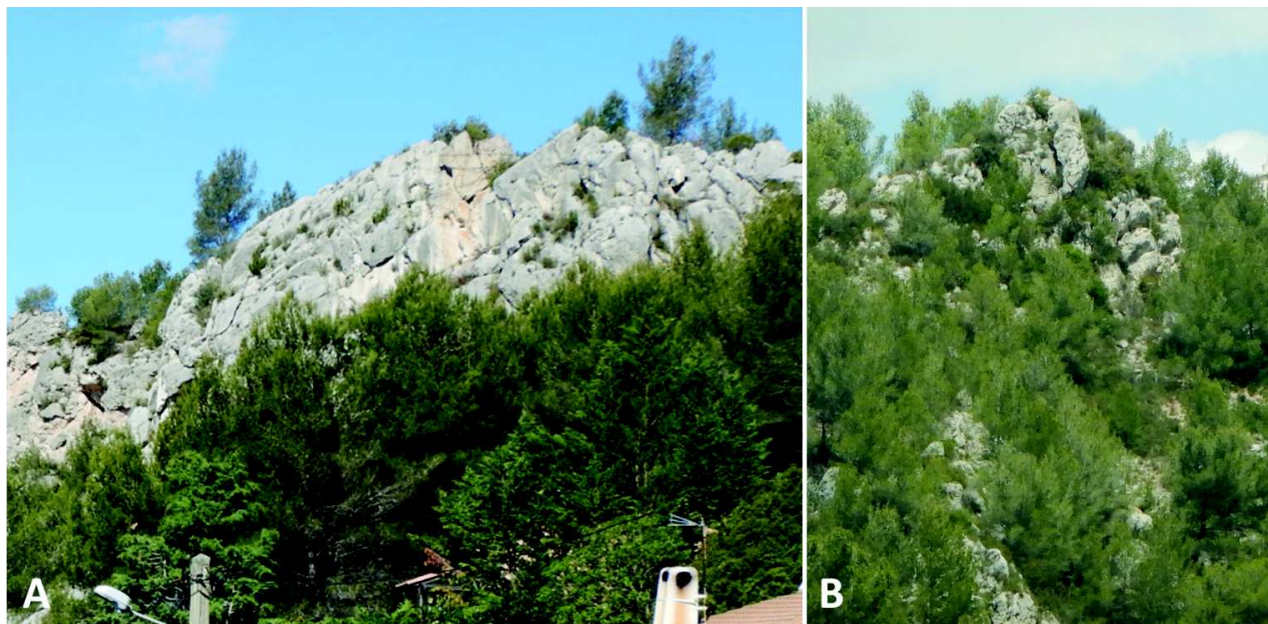


Illustration 3 : calcaires (A) et dolomies (B) observés sur la falaise de Sainte-Croix

Sur le secteur 1 (quartier Sainte-Croix), on trouve une falaise bien dessinée et fracturée qui culmine à la chapelle de Sainte-Croix à 366 m ; son altitude diminue en allant vers le SW. La hauteur moyenne de la falaise est de 20 mètres. Au pied de la falaise, le versant est aménagé en restanques jusqu'aux habitations (pente moyenne comprise entre 15° et 20°).

Le secteur 2 présente des pointements rocheux ponctuels plutôt massifs (dolomie) dans le versant et, en pied, des affleurements rocheux qui ont été talutés pour installer des habitations le long des rues Rassart, Coulette et de la Cluée.

Une carte des pentes, illustrant ces morphologies, est disponible en Annexe A.

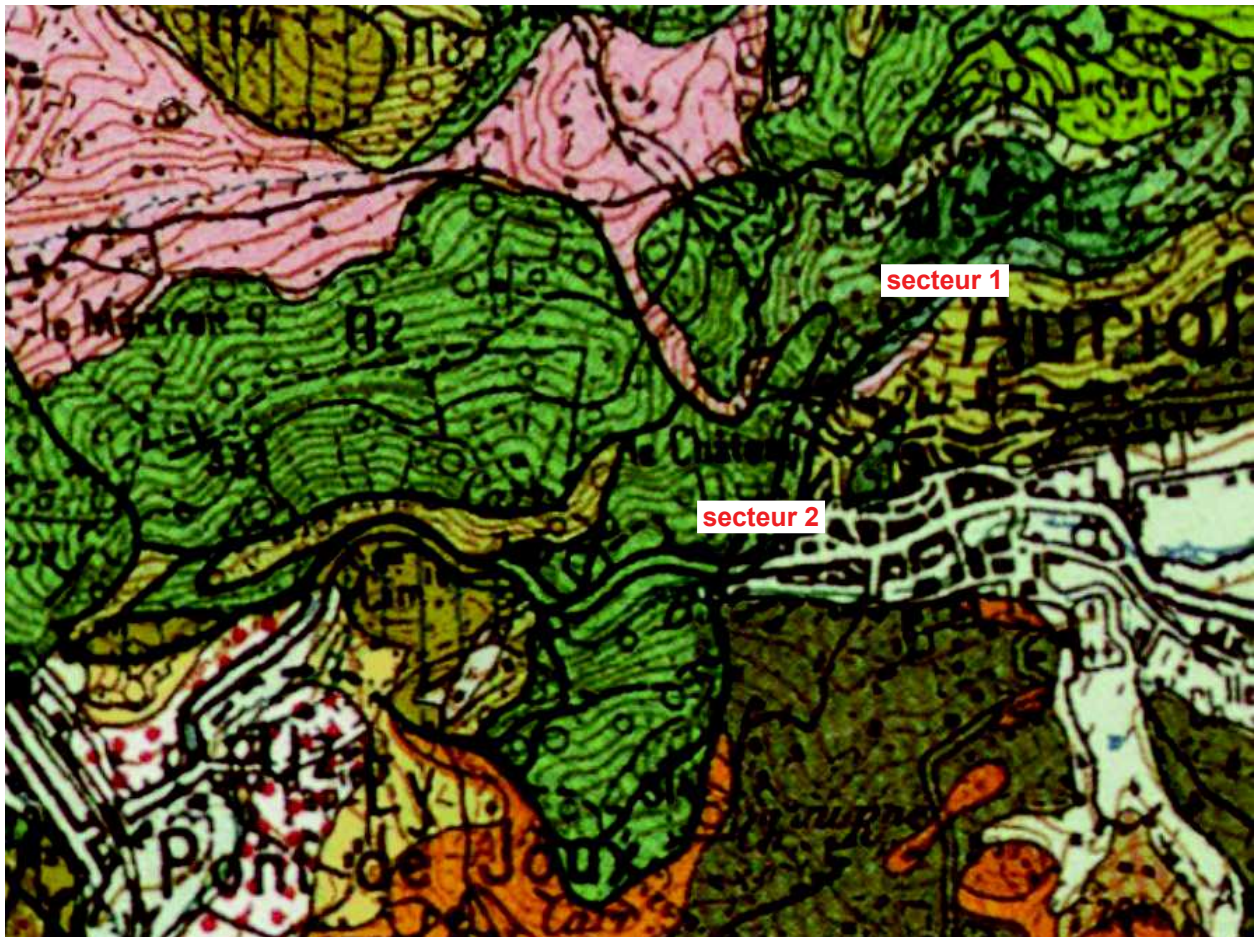


Illustration 4: extrait de la carte géologique Aubagne-Marseille n°XXXI-XXXII-45 (source : infoterre.brgm.-fr)

3. ANALYSE DE LA STABILITÉ DE LA FALAISE

3.1. Recherche documentaire : PPR et mouvements historiques

Le PPR mouvement de terrain de la commune d'Auriol identifie le secteur 1 comme une zone de contraintes fortes pour des phénomènes de chute de blocs (R-Cb) et le secteur 2 en zone de contraintes faibles pour les mêmes phénomènes (B-Cb) (illustration 5).

À ce jour, trois événements de type chute de blocs sont recensés sur la base de données mouvements de terrain du BRGM (BD MVT) sur la zone d'étude :

- secteur 1 : deux événements dans le quartier de Sainte-Croix datés des années 1980 (janvier 1981 et 1989), dont un de volume 2 m³, (fiches n°10 000 030 et n°22 100 214).
- secteur 2 : aucun éboulement n'est recensé dans la base de données BDMVT. Un éboulement rue Rassart a été signalé par l'un des propriétaires de la rue ; il a eu lieu en avril 2022 et concerne un volume ~0,1 m³. Un éboulement détaché d'une falaise à l'ouest de la carrière en bordure immédiate de la RD560 est recensé dans BDMVT (fiche n°61 300 677, date : 16/01/2013, volume total : 12 m³, mécanisme : rupture d'un surplomb).

3.2. Ouvrages de protection existants

Plusieurs ouvrages de protection contre les chutes de blocs ont été identifiés sur site. Toutefois, sans plan de récolement à disposition et avec des observations de terrain limitées (observations depuis la crête ou le pied de falaise, en pédestre), ce relevé ne peut être exhaustif et les ouvrages ne peuvent être localisés et caractérisés avec précision. **Ceci ne constitue pas une inspection détaillée des ouvrages**, mais plutôt une vue d'ensemble des ouvrages observés sur place.

3.2.1. Écrans de filets pare-blocs

Quatre lignes d'écrans de filets pare-bloc sont identifiées sur le secteur 1, au pied de la falaise de Sainte-Croix (traits bleus, illustration 6). Ces ouvrages semblent plutôt récents (existants en mars 2011) et en bon état général ; ils ne sont pas ou peu remplis de blocs ou cailloux.

On notera que :

- deux des ouvrages ont été installés à proximité immédiate des habitations (cercles en pointillés blancs, illustration 6) : celui au Nord est implanté à environ 7 m de distance de la maison (en pointillés blancs sur l'illustration 6), et l'extrémité Est de celui au Sud se situe à l'amont du jardin et d'une construction (en pointillés blancs sur l'illustration 6),
- la ligne d'écran la plus à l'Est est positionnée relativement proche de la falaise,
- les longueurs de recouvrement entre ouvrages à leurs extrémités sont inexistantes.

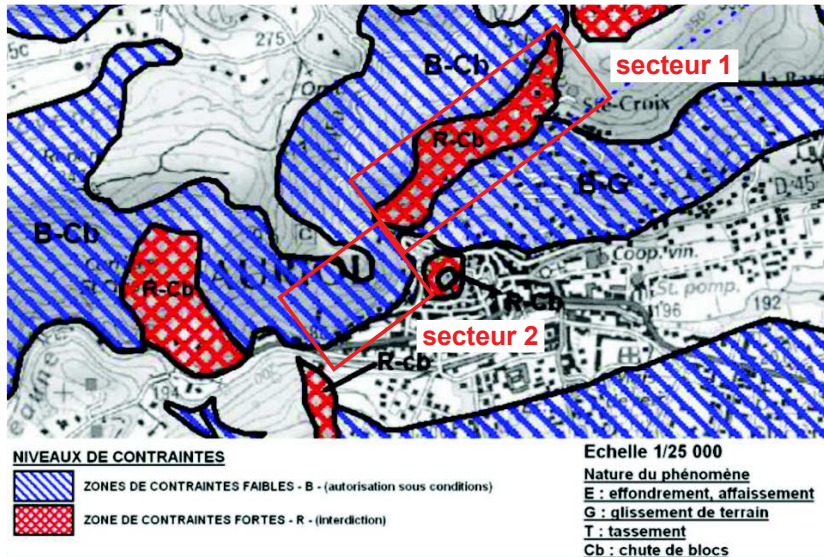


Illustration 5 : extrait du PPR de la commune d'Auriol (2012)



Illustration 6 : localisation des écrans pare-blocs au pied de la falaise de Sainte-Croix (source : Géoportail).



Illustration 7 : falaise de Sainte-Croix avec écrans de filets (partie Ouest, date : 25/03/2011)



Illustration 8 : falaise de Sainte-Croix avec écrans de filets (partie Est, date : 25/03/2011)

3.2.2. Ancrages / boulons

Des ancrages / boulons de confortement ont été observés ponctuellement sur les deux secteurs (illustration 9).



Illustration 9 : exemples d'ancrages de confortement observés sur le secteur 1 (à gauche) et le secteur 2 (à droite)

3.2.3. Barrières statiques

Une barrière statique a été observée sur le secteur 1, en amont d'un des écrans présentés au §2.2.1.

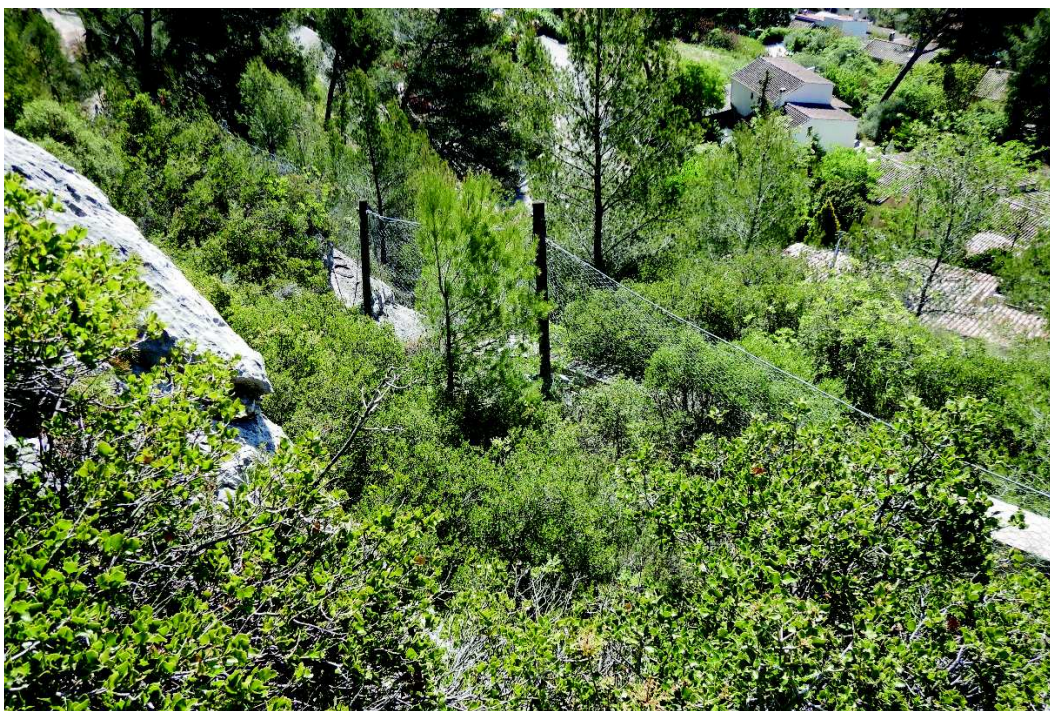


Illustration 10 : barrière statique (secteur 1)

3.2.4. Grillages

Plusieurs grillages ont été observés sur le secteur 1. Ces ouvrages permettent de contenir des éléments allant jusqu'à 0,25 m³.

Le premier (illustration 11) est ancien : il présente une conception complexe (nombreux câbles tendus) et un niveau avancé de corrosion.



Illustration 11 : grillage 1 avec tendeur à droite (secteur 1)

Le deuxième grillage (illustration 12) aurait été installé en 2021 d'après le bon de commande fourni par la mairie ; il apparaît effectivement récent.



Illustration 12 : grillage 2 (secteur 1)

3.2.5. Ceinturage par câbles

D'après un devis fourni par la mairie, un bloc situé en amont de la propriété Osswald (secteur 1) a été sécurisé par ceinturage au moyen de câbles.

3.2.6. Filets plaqués

Un filet plaqué a été observé au bout de l'impasse des Capriers sur la falaise de Sainte-Croix (secteur 1, illustration 13A), un autre rue Rassart (secteur 2, illustration 13B).

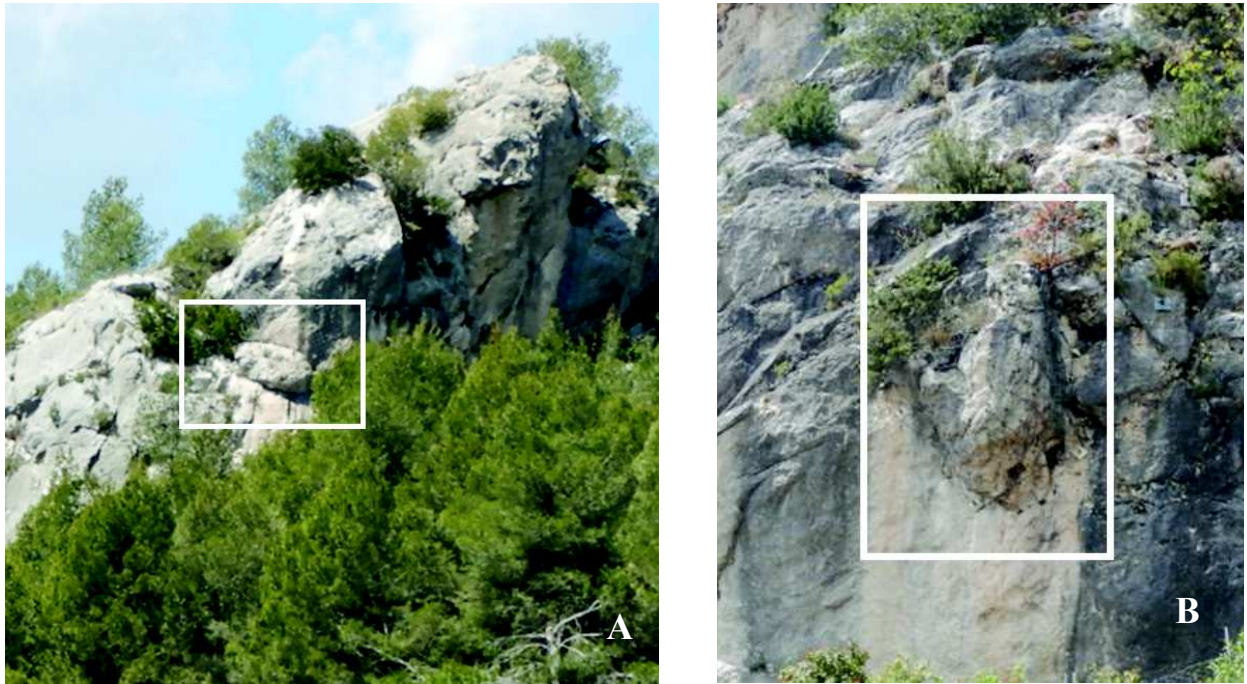


Illustration 13 : filets plaqués impasse des Capriers (A) et rue Rassart (B)

3.2.7. Synthèse

La protection des enjeux existants au pied des falaises par les ouvrages observés sur le terrain n'est pas complète et peut être mise en défaut par certains mouvements de terrain.

3.3. État de la falaise

3.3.1. Secteur 1

La falaise de Sainte-Croix (secteur 1), d'orientation globale NE-SW, est une falaise calcaire sur sa moitié Est et son extrémité Ouest, et de calcaires dolomitiques au milieu (illustration 14).

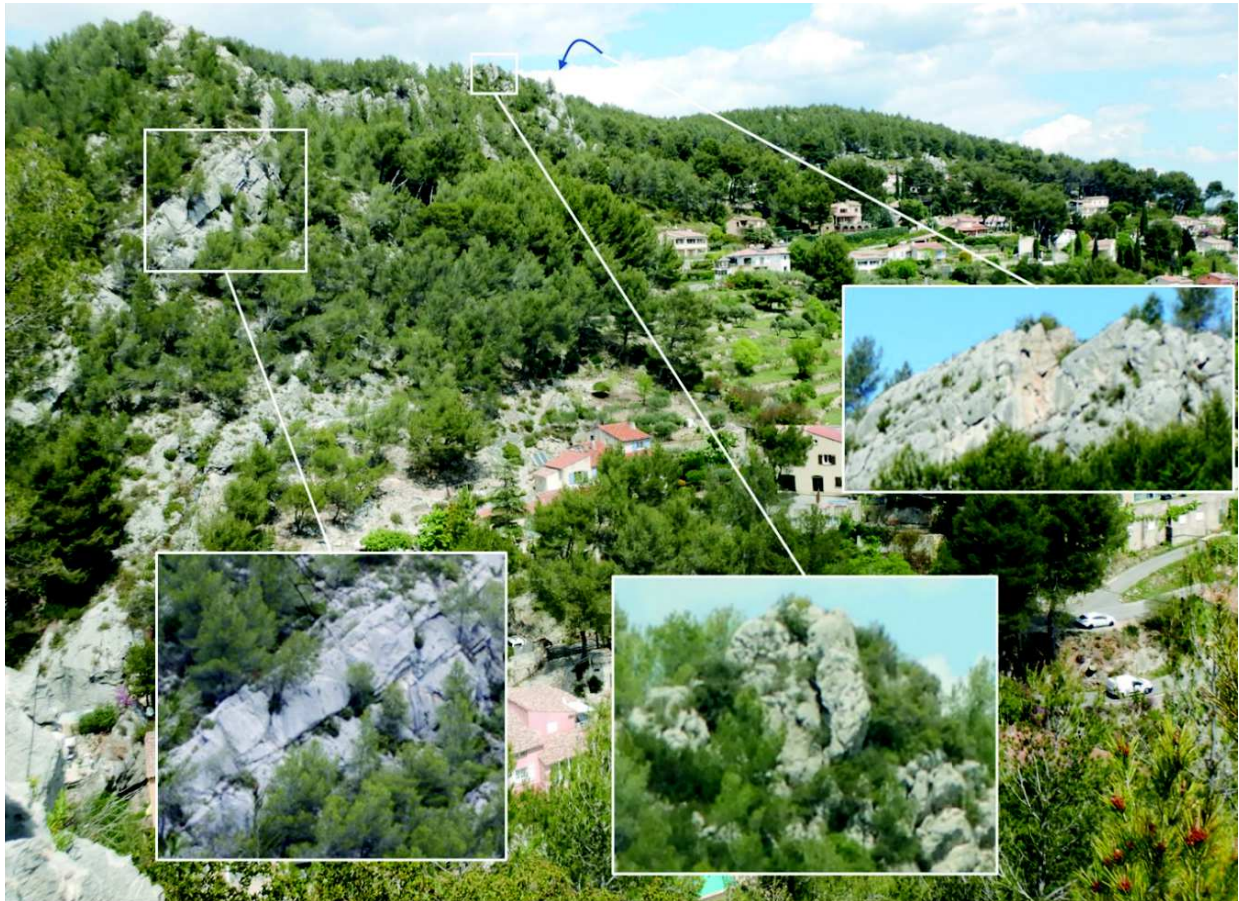


Illustration 14 : types d'affleurements sur le secteur 1 (vue depuis la D45b)

Sur la partie calcaire, la roche est dure et relativement fracturée. Les mesures de pendage (reportées dans le stéréogramme ci-dessous) ont permis d'identifier :

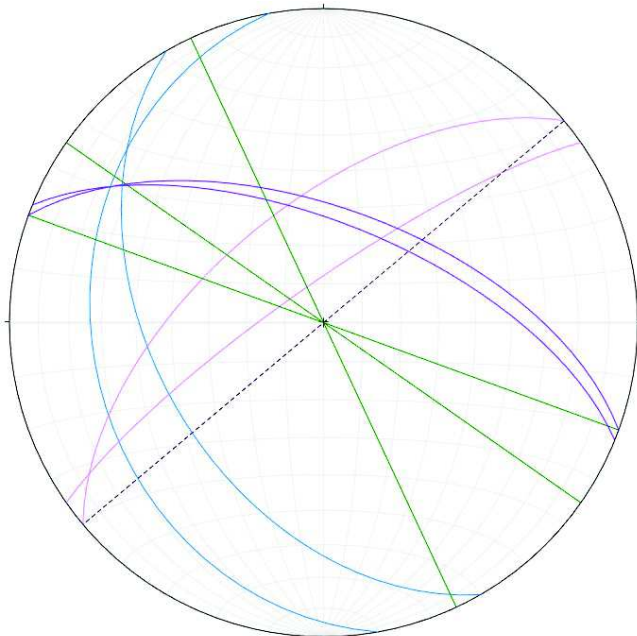


Illustration 15 : stéréogramme (canevas de Wulf hémisphère supérieur)
portée en pointillés (moyenne : N50°E).

- les plans de stratification (en **bleu**) : **N170-27°W**, direction favorable vis-à-vis de la stabilité en grand des falaises, mais qui permet toutefois la mise en surplomb d'éléments. La stratification dessine des bancs métriques à plurimétriques ;
- des fractures **N50-60°NW** (en **rose**), parallèles au versant (localement plus redressées), délimitant des compartiments en arrière ;
- des fractures **N110 à N155**, **subverticales** et perpendiculaires au versant (en **vert**), délimitant des compartiments latéralement ;
- des fractures **~N110-60°N** (en **violet**), obliques par rapport au versant ;
- l'orientation globale du versant est re-

– Les compartiments que l'on observe sur la partie calcaire sont de type « écaille en paroi », « bloc isolé » ou « surplomb », générés par le système des discontinuités naturelles précédemment décrit. Ces éléments se détachent par fatigue mécanique (cycles de gel-dégel). Le développement dans les anfractuosités du système racinaire d'arbres ou d'arbustes et l'effet de cliquet (lorsque des cailloux et petits blocs viennent se coincer dans les fractures arrière) peuvent constituer des facteurs aggravants menant à la rupture.

Sur la partie calcaire dolomitique (dolomite + calcite), la stratification et la fracturation sont moins visibles du fait de la nature de la roche. Celle-ci se désagrège sous forme d'écailles en paroi ou de colonnes par érosion de la calcite, celle-ci étant moins compétente que la dolomite (on parle d'érosion différentielle).

Sur le secteur 1, la falaise de Sainte-Croix présente donc des compartiments rocheux potentiellement instables et susceptibles de se propager aux enjeux sur toute son extension. Elle présente néanmoins une activité plus forte sur les parties Est et en son milieu qu'en partie Ouest.

3.3.2. Secteur 2

La colline en amont des rues Rassart, Coulette et de la Cluée (secteur 2) présente les mêmes formations géologiques que celles rencontrées dans le secteur 1, mais de manière plus ponctuelle : on retrouve un morceau de barre rocheuse calcaire en partie haute, des pitons rocheux dolomités dans le versant et du calcaire dolomitisé en pied de versant, derrière les habitations (illustration 16).



Illustration 16 : types d'affleurements sur le secteur 2 (source : vue satellite Google complétée par photos Cerema)

Ce secteur n'est pas protégé mis à part quelques ancrages ponctuels et un filet plaqué sécurisant un bloc sur la partie talutée en pied de versant.

Plusieurs compartiments sont notables :

- un piton rocheux dolomitisé de volume conséquent ($>100 \text{ m}^3$) présentant un plan basal défavorable (illustration 17) ;



Illustration 17 : piton rocheux observé sur le secteur 2

- un compartiment (appelé compartiment A) situé rue Rassart, sur la parcelle AC 0523 en amont du jardin et de la maison, que l'on peut subdiviser en 3 blocs (illustration 18).

Il présente une zone cicatricielle fraîche suite à un éboulement récent.

Le bloc 1 est dorénavant mis en surplomb et présente une fracture arrière traversante et ouverte avec de la végétation qui se développe en partie sommitale. Son volume est estimé à $0,1 \text{ m}^3$ et sa rupture est évaluée sur le très court terme (délai d'occurrence inférieur à 2 ans).

Le bloc 2, de volume estimé $0,2 \text{ m}^3$, est mis en surplomb du fait de la présence d'un sous-cavage à son pied. Il est décollé sur tout le pourtour par une fissure d'ouverture millimétrique. Le toit de la cavité est constitué d'une roche très friable, altérée par la circulation de l'eau.

Le bloc 3, de volume $\sim 1 \text{ m}^3$, est totalement décollé de la falaise et repose en pied sur le bloc 2 au-dessus du sous-cavage.



Illustration 18 : compartiment identifié sur la parcelle AC 0523 (secteur 2)

- un autre compartiment rue Rassart (appelé compartiment B), situé sous une antenne directement à l'aplomb de maisons et dont le plan basal est très défavorable. Son volume est estimé à 0,3 m³



Illustration 19 : compartiment rue Rassart (secteur 2)

3.3.3. Synthèse

Le présent rapport commandé par l'entreprise CEMEX n'a pas pour objet de dresser des préconisations sur la mise en sécurité des falaises visitées. Néanmoins, les observations effectuées montrent que de nombreux aléas rocheux existent, indépendamment des effets vibratoires faisant l'objet de la section suivante. Ces aléas sont répartis sur tout le linéaire de falaises. La protection des enjeux existants au pied des falaises par les ouvrages observés sur le terrain n'est pas complète et peut être mise en défaut par certains mouvements de terrain. Une démarche de sécurisation plus générale sous pilotage de la commune et en concertation avec les propriétaires privés permettrait de réduire les risques rocheux résiduels.

4. ANALYSE DES RÉSULTATS DES MESURES DE VITESSES DE VIBRATIONS

4.1. Méthodologie

L'analyse de la propagation des vibrations dans l'environnement de la carrière a été réalisée à partir des données fournies par le carrier et l'expert en vibrations, M. BERT, société FORMA-EX-PLO. Ces données consistent en :

- la date des tirs,
- la charge unitaire maximale de chaque tir,
- la position des capteurs, la distance au tir et les résultats des mesures des vibrations et surpressions aériennes.

Les données couvrent les années 2020, 2021 et premier semestre 2022, pour un total de 85 tirs instrumentés.

Lors de la visite sur site du 4 mai 2022, il a pu être vérifié le mode de mise en place des capteurs, notamment sur la falaise. Les capteurs sont scellés au plâtre sur les structures instrumentées, conformément aux exigences des normes NF E90-020.

Les résultats issus de ces mesures peuvent donc être utilisés pour cette analyse.

Les fichiers de synthèse des mesures utilisés dans le cadre de cette étude sont fournis en annexe B.

4.2. Position des capteurs

Plusieurs capteurs de mesure des vitesses de vibrations ont été positionnés autour de la carrière ces dernières années. Dans le cadre de cette étude, nous avons retenu les mesures réalisées en 2020, 2021 et 2022. La position des capteurs utilisés dans le cadre de cette étude est donnée en illustration 20. Sur celle-ci, les capteurs positionnés sur des habitations sont en jaune, les capteurs positionnés sur la falaise sont en rose (F1 à F5 dans le secteur 1 et P1 à P9 dans le secteur 2).

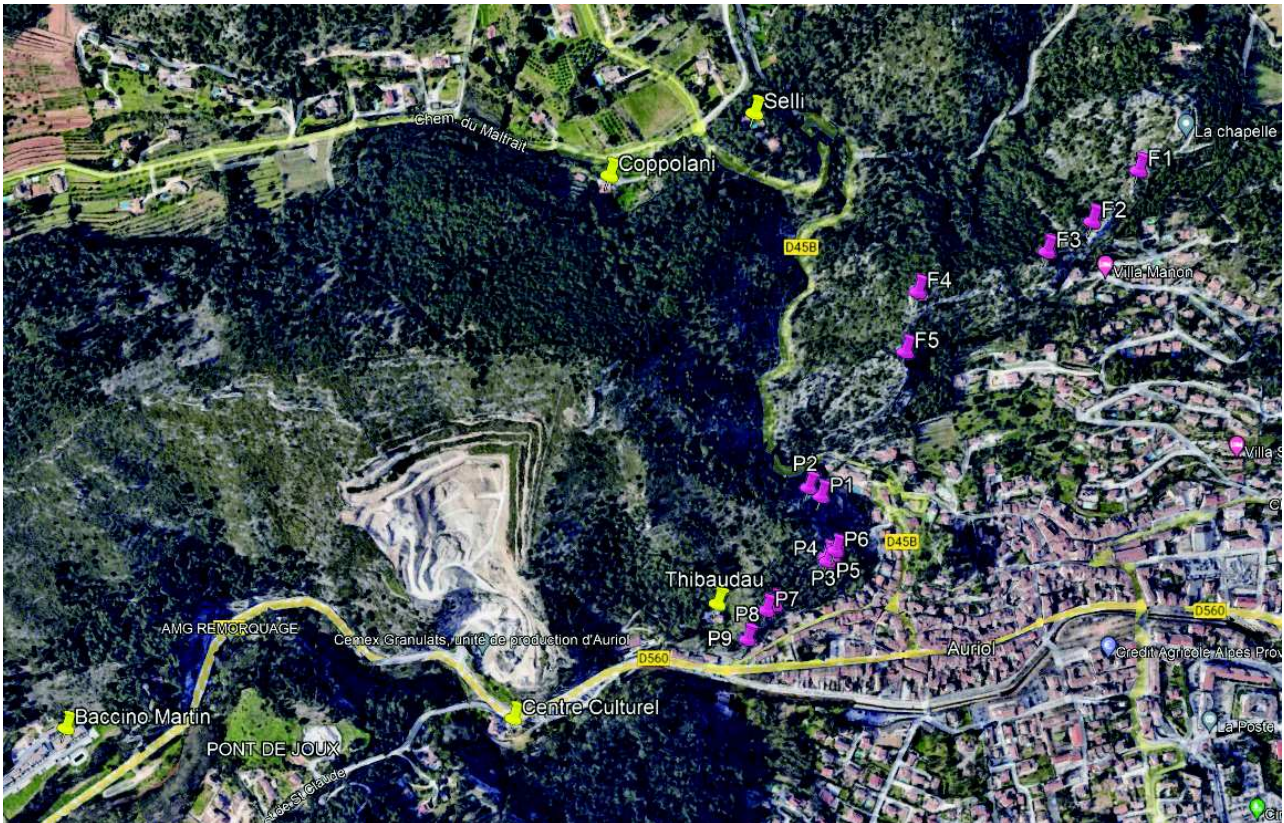


Illustration 20 : plan d'implantation des capteurs de mesures de vibration

4.3. Analyse des vitesses de vibrations au niveau des habitations

Les résultats des mesures de vibrations sur les habitations montrent des vitesses comprises entre 0,4 et 3,6 mm/s. Les vitesses les plus élevées sont enregistrées sur le capteur placé au niveau du centre culturel, en face de la carrière.

On observe également des vitesses de l'ordre de 1 à 2 mm/s sur le capteur « Baccino Martin » qui peuvent être dues à la position de l'habitation à l'arrière des fronts, zone où les vibrations ont tendance à être les plus élevées lors d'un tir.

Ces mesures permettent de définir une loi de propagation des vibrations dont les paramètres vont dépendre de :

- la distance D (en m) entre le tir et le capteur,
- la charge unitaire maximale instantanée Q (en kg),
- un coefficient propre à chaque site (coefficient K) qui intègre la géologie, la fracturation, le relief...

Cette loi de propagation des vibrations selon P. Chapot s'écrit :

$$V \text{ (en mm/s)} = K \times (D / \sqrt{Q})^{-1,8}$$

La loi de propagation majorante propre au site est donnée en annexe C. Elle peut s'écrire sous la forme :

$$V \text{ (en mm/s)} = 5000 \times (D / \sqrt{Q})^{-1,8}$$

4.4. Analyse des vitesses de vibrations dans la falaise

Dès la fin de l'année 2021, la carrière a mis en œuvre des capteurs sur la falaise, d'abord au niveau du lotissement Sainte-Croix puis en se rapprochant de la carrière (F1 à F5 dans le secteur 1). Enfin, suite à la visite sur site des agents du Cerema, des capteurs ont été posés sur la partie de la falaise située entre la carrière et la route départementale 45B (P1 à P9 dans le secteur 2).

Les résultats de ces mesures montrent des vitesses :

- comprises entre 0,2 et 0,8 mm/s pour la partie de la falaise située entre la RD45B et la chapelle Sainte-Croix (capteurs F1 à F5),
- comprises entre 0,2 et 7,3 mm/s pour la partie de la falaise située entre la carrière et la RD45B (capteurs P1 à P9).

Deux valeurs dépassent 2 mm/s (2,3 et 7,3 mm/s). Ces deux valeurs ont été enregistrées sur le capteur P1 pourtant situé à plus de 500 m des tirs, ce qui est anormalement élevé au regard des autres résultats sur des capteurs situés à des distances équivalentes.

Sur la photo de la position du capteur (voir illustration 21) on observe que celui-ci se trouve sur un bloc fracturé. Cette position du capteur au sommet d'un bloc partiellement découplé de la falaise en arrière explique sans doute pourquoi les vibrations sont plus élevées sur ce point de mesure. Un maintien du suivi des vibrations au niveau de ce point est recommandé jusqu'à la vérification des conditions de propagation jusqu'aux enjeux et son éventuel traitement actif définitif (boulonnage ou filet plaqué-ancré en fonction de son volume effectif). Il est en effet probable que les vibrations dégradent progressivement l'état de stabilité précaire du bloc.

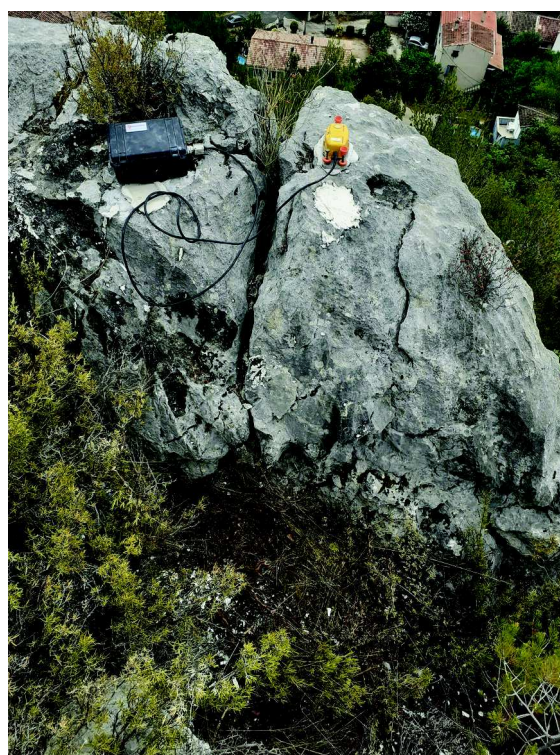
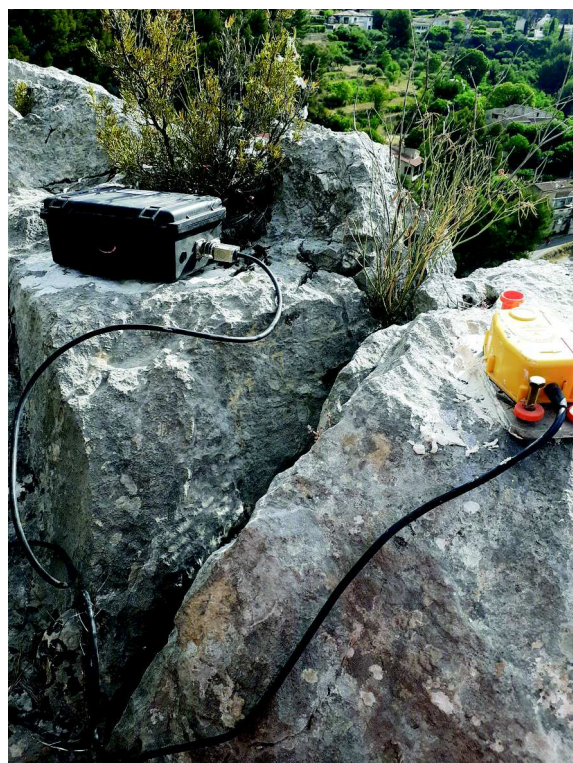


Illustration 21 : photographies du capteur P1 (source : carrière Cemex)

À l'identique de ce qui a été fait pour les mesures de vibrations sur les habitations, il est possible de définir une loi de propagation des vibrations au niveau de la falaise.

La loi de propagation majorante propre au site de la falaise Sainte-Croix est donnée en annexe D. Elle peut s'écrire sous la forme :

$$V_{\text{(en mm/s)}} = 10\,000 \times (D / \sqrt{Q})^{-1,8}$$

4.5. La définition d'un seuil de vitesses de vibrations

La définition de seuils de vibrations sur des falaises n'est pas aisée, car il n'existe pas de texte réglementaire pour ces ouvrages et les retours d'expérience sont peu nombreux.

Cependant, après analyse géologique de la falaise et sur la base de quelques retours d'expériences du Cerema, un seuil de 15 mm/s pourrait être fixé. En effet, ces dernières années quelques seuils de vitesses de vibrations ont été définis sur des falaises qui présentaient des instabilités importantes. Au regard de ces éléments, il est donc proposé :

- un **seuil maximal absolu de 15 mm/s** sur la falaise,
- un **seuil conseillé de 10 mm/s**.

Le seuil absolu est une valeur qu'il ne faut pas dépasser.

Le seuil conseillé est une valeur maximale à viser lors de la conception des plans de tir. Des dépassements de ce seuil sont admis s'ils sont peu nombreux (2 à 3 dépassements annuels ou moins de 10 % des tirs)

Le respect de ces seuils n'exclut pas la chute de pierres ou petits blocs hors moment des tirs. La météorologie (pluviométrie, gel/dégel...) est un paramètre important sur les instabilités de ces falaises. Les vibrations générées par les tirs pourraient avoir tendance à accélérer les effets de ces phénomènes sans qu'il soit possible de quantifier l'impact lié aux vibrations.

4.6. Avis sur l'impact des vibrations sur la stabilité de la falaise

L'analyse des effets des vibrations sur la falaise Sainte-Croix a été réalisée en scindant en deux celle-ci :

- le secteur 1 situé entre la RD45B et la chapelle Sainte-Croix,
- le secteur 2 situé entre la carrière et la RD45B (secteur 2).

Pour rappel, la chute de blocs ou de pierres ne peut être attribué à un tir que si celle-ci a lieu de manière concomitante et simultanée à un tir. En dehors de ces tirs, ces instabilités rocheuses peuvent avoir des causes de déclenchement très différentes (géologie, fracturation, météorologie, etc.)

Impact des vibrations sur la stabilité du secteur 1

Au regard des résultats obtenus lors du suivi vibratoire réalisé depuis fin 2021, les vibrations générées par les tirs de mines de la carrière ne devraient pas dépasser 1 mm/s sur cette partie de la falaise. Ces niveaux de vibrations ne sont pas susceptibles à eux seuls de déstabiliser des blocs ou pierres dans cette falaise. La pose de capteurs de contrôle sur cette partie de la falaise ne paraît pas nécessaire vu les niveaux vibratoires attendus.

L'impact des vibrations générées par les tirs de mines sur la stabilité de cette partie de la falaise est donc quasi-nul.

Impact des vibrations sur la stabilité du secteur 2

Au regard des résultats obtenus lors du suivi vibratoire en 2022, les vibrations générées par les tirs de mines dans la carrière devraient rester en dessous du seuil conseillé de 10 mm/s. En utilisant la loi de propagation des vibrations définie dans le paragraphe 3.4. il est possible d'estimer que ce seuil ne serait pas dépassé pour une distance entre le tir et la falaise supérieure à 235 m (charge unitaire maximale de 25 kg). Or la falaise en surplomb des habitations se situe aux alentours de 375 à 500 m.

Il conviendrait toutefois de maintenir quelques points de contrôle sur cette falaise afin de vérifier le respect de ce seuil, notamment au niveau du piton rocheux de l'illustration 17 (P3 à P6) et vers P1. En cas de dépassement du seuil, il conviendrait de réaliser une visite d'observation de la falaise afin de vérifier qu'aucun événement de type chute de pierres ou blocs ait eu lieu.

Une analyse de l'évolution du spectre de fréquences de ces capteurs peut être judicieuse, car les fréquences dues aux tirs sur ces sites sont susceptibles d'évoluer avec l'augmentation de l'instabilité du bloc ou du piton.

L'impact des vibrations générées par les tirs de mines sur la stabilité de cette partie de la falaise reste cependant très faible voire négligeable. Le maintien d'un système de surveillance sur P1 et le piton (P3 à P6) permettra de vérifier l'évolution des vibrations et leurs fréquences lors des tirs. Cette surveillance est à maintenir jusqu'au traitement définitif de ces deux compartiments potentiellement instables après vérification des conditions de propagation jusqu'aux enjeux.

5. CONCLUSIONS

Dans le cadre de la réalisation des études nécessaires à la prolongation et au renouvellement/extension de l'autorisation préfectorale de la carrière d'Auriol, l'entreprise CEMEX a sollicité le Cere-ma Centre-Est, Département Risques Infrastructures et Matériaux (DRIM), afin de rédiger **une étude sur l'impact des tirs de mines sur la stabilité de la falaise**.

Cette étude a consisté à :

- mener une analyse de la stabilité actuelle de la falaise en identifiant des zones potentiellement instables et en recensant les divers ouvrages de protection,
- mener une analyse des mesures de vibrations réalisées par le carrier et son sous-traitant afin de définir la propagation des vibrations dans l'environnement de la carrière et définir l'impact de ces vibrations sur la stabilité de la falaise.

Les observations effectuées montrent que de nombreux aléas rocheux existent, indépendamment des effets vibratoires faisant l'objet de la section suivante. Ces aléas sont répartis sur tout le linéaire de falaises. La protection des enjeux existants au pied des falaises par les ouvrages observés sur le terrain n'est pas complète et peut être mise en défaut par certains mouvements de terrain. Une démarche de sécurisation plus générale sous pilotage de la commune et en concertation avec les propriétaires privés permettrait de réduire les risques rocheux résiduels.

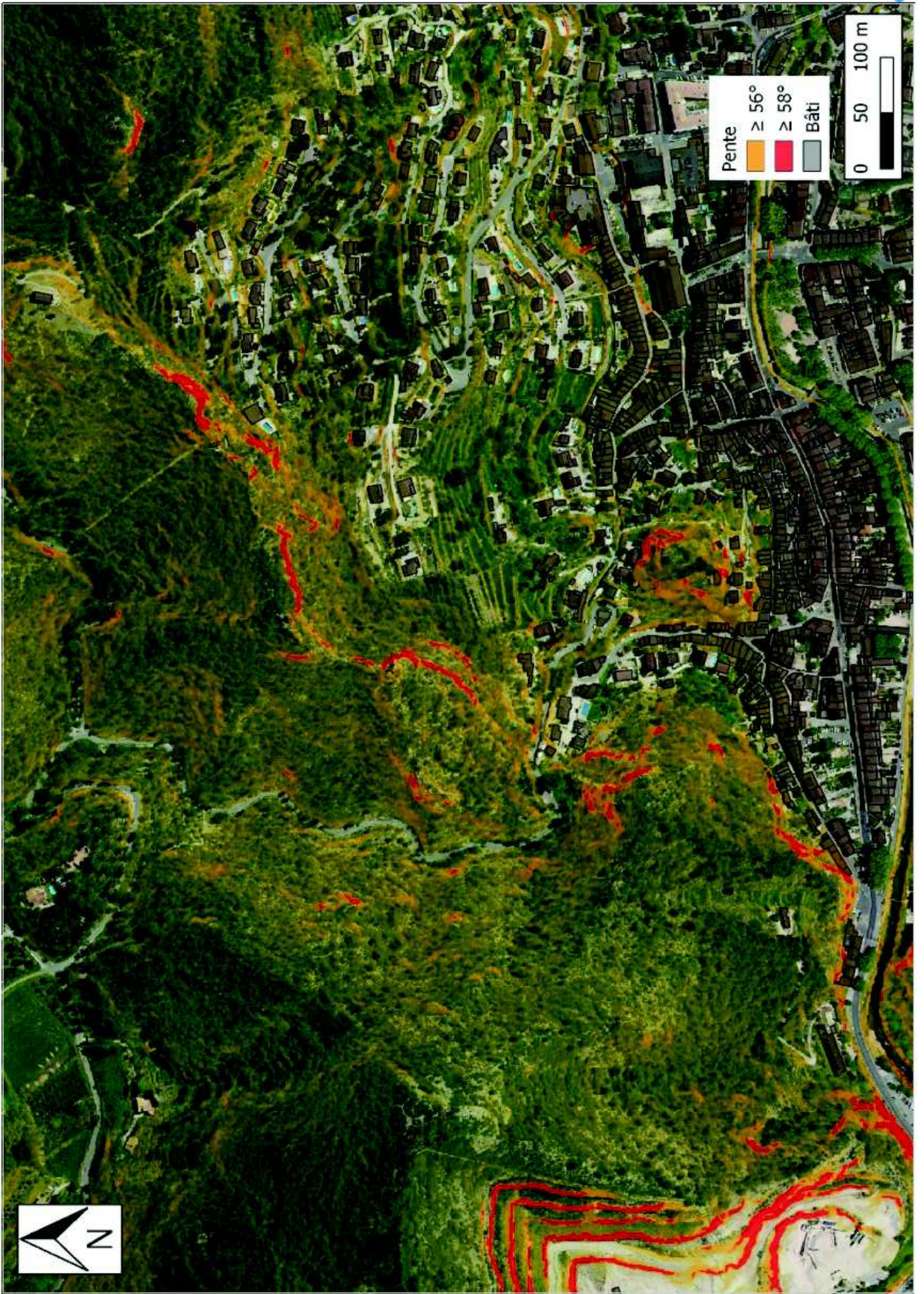
L'analyse des données existantes a également permis, au regard des instabilités recensées, de définir un seuil de vitesses des vibrations générées par les tirs de mines dans la carrière. Sur la base de nos retours d'expérience dans le domaine, celui-ci peut être fixé à 10 mm/s ce qui est plutôt prudent vis-à-vis de la stabilité de la falaise.

Au regard des résultats des mesures de vibrations, il apparaît que l'impact des tirs de mines sur la stabilité de la falaise est négligeable, voire quasi-nul. Il conviendra toutefois de maintenir un dispositif de surveillance vibratoire uniquement sur la partie de la falaise située entre la carrière et la route RD45B. Au-delà de cette route, les vibrations mesurées lors des tirs sont trop faibles pour avoir un quelconque impact sur la stabilité de cette falaise.

Il est important de rappeler que des chutes de blocs ou de pierres ne peuvent être attribuées aux tirs de mines que si ceux-ci ont lieu au moment du tir. En dehors des tirs, d'autres paramètres interviennent dans le risque de déstabilisation d'éléments de la falaise, notamment la géologie, la fracturation du massif, la météorologie (pluviométrie, phénomène de gel/dégel...).

Annexes

Annexe A – Carte des pentes sur la commune d'Auriol



Annexe B – Tableaux de résultats des mesures de vibrations

Fiche de suivi des vibrations 2020



Date 05/02/2020
 Tir 2001
 Emplacement 220
 CUI max 23,56

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) | Suppression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|-------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** | **** | **** | 682 | 0,00 | 0 |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** | **** | **** | 725 | 0,00 | 0 |
| 202 | Guillemin | 2 | 14 | 1,9 | 113 | 1,8 | 505 | 104,04 | 8551 |
| 204 | Bedino | 0,5 | 16 | 0,5 | 110 | 4,4 | 578 | 119,08 | 2726 |
| 205 | Thibaudeau | 0,8 | 28 | 0,7 | 113 | 1,2 | 408 | 84,06 | 2330 |
| 206 | Centre | 1,6 | 26 | 1,5 | 120 | 4,5 | 293 | 60,36 | 2568 |
| 207 | Ravel | 0,7 | 27 | 0,7 | 113 | 1,7 | 485 | 99,92 | 2783 |

Fiche de suivi des vibrations 2020



Date 11/02/2020
Tir 2002 Electronique
Emplacement 220
CUI max 21,3

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) | Surpression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|-------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** | **** | **** | 682 | 0,00 | 0 |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** | **** | **** | 725 | 0,00 | 0 |
| 202 | Guillemin | 1,9 | 37 | 1,5 | 115 | 1,4 | 505 | 109,42 | 8895 |
| 204 | Bedino | < 0,5 | **** | **** | **** | **** | 589 | 0,00 | 0 |
| 205 | Thibaudeau | 0,8 | 43 | 0,7 | 116 | 1,3 | 418 | 90,57 | 2665 |
| 206 | Centre | 1,5 | 28 | 1,3 | 120 | 1,3 | 300 | 65,00 | 2750 |
| 207 | Ravel | < 0,5 | **** | **** | **** | **** | 495 | 0,00 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 18/02/2020
Tir 2003
Emplacement 235
CUI max 20,45

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** |
| 202 | Guillemin | Abs | | |
| 204 | Bedino | 0,5 | 13 | 0,5 |
| 205 | Thibaudeau | 1,1 | 27 | 1,1 |
| 206 | Centre | 1,6 | 21 | 1,5 |
| 207 | Ravel | 0,5 | 12 | 0,5 |



| Suppression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | stance scalai | Coefficient K |
|-------------------|----------------|----------|---------------|---------------|
| **** | **** | 764 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 762 | 0,00 | 0 |
| | | 524 | 115,87 | #VALEUR ! |
| 110 | 2,3 | 590 | 130,47 | 3213 |
| 110 | 8,2 | 426 | 94,20 | 3933 |
| 116 | 2,3 | 236 | 52,19 | 1976 |
| 108 | 5,3 | 501 | 110,79 | 2394 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 27/02/2020
Tir 2004
Emplacement 215
CUI max 18,4

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** |
| 202 | Guillemin | Abs | **** | |
| 204 | Bedino | 0,6 | 18 | 0,6 |
| 205 | Thibaudeau | 1,6 | 31 | 1,4 |
| 206 | Centre | 3,6 | 28 | 3,5 |
| 207 | Ravel | 0,7 | 17 | 0,7 |



| Supression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | stance scalai | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|---------------|---------------|
| **** | **** | 671 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 708 | 0,00 | 0 |
| | | 489 | 114,00 | 0 |
| 106 | 4,1 | 563 | 131,25 | 3897 |
| 113 | 1,3 | 392 | 91,39 | 5416 |
| 120 | 1,5 | 292 | 68,07 | 7172 |
| 112 | 1,8 | 469 | 109,34 | 3272 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 03/03/2020
Tir 2005
Emplacement 215
CUI max 20,18

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** |
| 202 | Guillemin | Abs | | |
| 204 | Bedino | < 0,5 | **** | **** |
| 205 | Thibaudeau | 1,4 | 26 | 1,3 |
| 206 | Centre | 1,9 | 28 | 1,8 |
| 207 | Ravel | 0,7 | 26 | 0,7 |



| Suppression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 705 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 737 | 0,00 | 0 |
| | | 512 | 113,97 | #VALEUR ! |
| **** | **** | 583 | 0,00 | 0 |
| 112 | 1,5 | 414 | 92,16 | 4812 |
| 119 | 1,6 | 278 | 61,88 | 3189 |
| 110 | 1,6 | 491 | 109,30 | 3271 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 03/03/2020
Tir 2006
Emplacement 215
CUI max 21,2

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** |
| 202 | Guillemin | Abs | | |
| 204 | Bedino | 0,5 | 19 | 0,5 |
| 205 | Thibaudeau | 1,3 | 33 | 1,1 |
| 206 | Centre | 1,9 | 28 | 1,8 |
| 207 | Ravel | 0,9 | 26 | 0,8 |



| Suppression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 677 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 717 | 0,00 | 0 |
| | | 497 | 107,94 | #VALEUR ! |
| 106 | 7,1 | 571 | 124,01 | 2932 |
| 111 | 2 | 400 | 86,87 | 4017 |
| 117 | 1,6 | 292 | 63,42 | 3332 |
| 111 | 1,5 | 477 | 103,60 | 3818 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 02/06/2020
Tir 2007
Emplacement 210
CUI max 18,3

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** |
| 202 | Guillemin | Abs | | |
| 204 | Bedino | 0,4 | 14 | 0,4 |
| 205 | Thibaudeau | Abs | | |
| 206 | Centre | 2 | 26 | 1,8 |
| 207 | Ravel | 0,7 | 16 | 0,6 |



| Suppression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 687 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 726 | 0,00 | 0 |
| | | 504 | 117,82 | #VALEUR ! |
| 112 | 1,5 | 577 | 134,88 | 2729 |
| | | 407 | 95,14 | #VALEUR ! |
| 120 | 1,4 | 288 | 67,32 | 3906 |
| 111 | 2 | 484 | 113,14 | 3480 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 08/06/2020
Tir 2008
Emplacement 210
CUI max 20,45

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** |
| 202 | Guillemin | Abs | | |
| 204 | Bedino | < 0,5 | **** | **** |
| 205 | Thibaudeau | 1,2 | 26 | 1,1 |
| 206 | Centre | 1,6 | 25 | 1,4 |
| 207 | Ravel | 0,5 | 18 | 0,5 |



| Suppression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 696 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 736 | 0,00 | 0 |
| | | 513 | 113,44 | #VALEUR ! |
| **** | **** | 586 | 0,00 | 0 |
| 114 | 2,9 | 416 | 91,99 | 4111 |
| 119 | 2,4 | 288 | 63,69 | 2827 |
| 112 | 3,2 | 493 | 109,02 | 2325 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 24/06/2020
Tir 2009
Emplacement 210
CUI max 23,94

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,4 | 11 | 0,4 |
| 205 | Thibaudeau | 1,3 | 33 | 1,1 |
| 206 | Centre | 1,8 | 31 | 1,6 |
| 207 | Ravel | < 0,5 | **** | **** |



| Suppression (dB) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 682 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 692 | 0,00 | 0 |
| 106 | 5,7 | 539 | 110,16 | 1895 |
| 110 | 2,9 | 370 | 75,62 | 3130 |
| 113 | 3,3 | 265 | 54,16 | 2376 |
| **** | **** | 446 | 0,00 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 24/06/2020
Tir 2010
Emplacement 210
CUI max 28,12

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** |
| 204 | Bedino | < 0,5 | **** | **** |
| 205 | Thibaudeau | 1,7 | 26 | 1,5 |
| 206 | Centre | 2 | 24 | 1,8 |
| 207 | Ravel | < 0,5 | **** | **** |



| Suppression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 694 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 702 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 547 | 0,00 | 0 |
| 110 | 1,7 | 378 | 71,28 | 3680 |
| 114 | 1,7 | 259 | 48,84 | 2192 |
| **** | **** | 454 | 0,00 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 02/07/2020
Tir 2011
Emplacement 210
CUI max 28,5

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | 0,5 | 19 | 0,4 |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,6 | 10 | 0,6 |
| 205 | Thibaudeau | 2 | 19 | 1,9 |
| 206 | Centre | 1,5 | 22 | 1,4 |
| 207 | Ravel | 1,3 | 18 | 1,2 |



| Suppression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| 106 | 15,5 | 648 | 121,38 | 2821 |
| **** | **** | 701 | 0,00 | 0 |
| 108 | 6,3 | 565 | 105,83 | 2645 |
| 110 | 1,9 | 393 | 73,62 | 4588 |
| 112 | 2,6 | 313 | 58,63 | 2284 |
| 110 | 2,5 | 470 | 88,04 | 4115 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 06/07/2020
Tir 2012
Emplacement 210
CUI max 22,7

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | < 0,5 | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,4 | 12 | 0,4 |
| 205 | Thibaudeau | 1,1 | 21 | 1 |
| 206 | Centre | 1,1 | 35 | 1 |
| 207 | Ravel | 0,8 | 15 | 0,7 |



| Surpression (dB) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 657 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 701 | 0,00 | 0 |
| 106 | 8,4 | 561 | 117,75 | 2137 |
| 112 | 208 | 390 | 81,86 | 3054 |
| 114 | 2,1 | 303 | 63,60 | 1939 |
| 108 | 2,2 | 467 | 98,02 | 3072 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 29/07/2020
Tir 2013
Emplacement 210
CUI max 23,9

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | < 0,5 | **** | **** |
| 205 | Thibaudeau | 1,3 | 17 | 1,2 |
| 206 | Centre | 1 | 26 | 0,8 |
| 207 | Ravel | < 0,5 | **** | **** |



| Surpression (dB) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 664 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 700 | 143,19 | 0 |
| **** | **** | 557 | 0,00 | 0 |
| 110 | 1,4 | 386 | 78,96 | 3383 |
| 114 | 1,6 | 294 | 60,14 | 1594 |
| **** | **** | 463 | 0,00 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 04/08/2020
Tir 2014
Emplacement 210
CUI max 28,9

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | < 0,5 | **** | **** |
| 205 | Thibaudeau | 1,4 | 23 | 1,3 |
| 206 | Centre | 1,7 | 30 | 1,3 |
| 207 | Ravel | 0,7 | 19 | 0,7 |



| Suppression (dB) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 666 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 692 | 128,72 | 0 |
| **** | **** | 547 | 0,00 | 0 |
| 110 | 1,5 | 376 | 69,94 | 2929 |
| 113 | 1,4 | 285 | 53,01 | 2160 |
| 110 | 1,6 | 453 | 84,27 | 2048 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 12/08/2020
Tir 2015
Emplacement 210
CUI max 30,5

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | 0,6 | 30 | 0,5 |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,6 | 15 | 0,5 |
| 205 | Thibaudeau | 2 | 24 | 2 |
| 206 | Centre | 1,6 | 23 | 1,5 |
| 207 | Ravel | 0,8 | 14 | 0,7 |



| Suppression (dB) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| 108 | 5,4 | 680 | 123,13 | 3474 |
| **** | **** | 701 | 126,93 | 0 |
| 108 | 1,9 | 551 | 99,77 | 2379 |
| 108 | 1,3 | 381 | 68,99 | 4082 |
| 113 | 1,4 | 276 | 49,98 | 1828 |
| 108 | 1,8 | 458 | 82,93 | 2274 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 06/10/2020
Tir 2016
Emplacement 210
CUI max 26,06

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|----------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,5 | 28 | 0,4 |
| 205 | Thibaudeau | 1,2 | 21 | 1,1 |
| 206 | Centre | 1,8 | 28 | 1,7 |
| 207 | Ravel | ABS | **** | **** |



| Suppression (dB) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 688 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 733 | 143,59 | 0 |
| 111 | 1,6 | 586 | 114,79 | 2552 |
| 112 | 0,9 | 415 | 81,29 | 3291 |
| 117 | 1,4 | 295 | 57,79 | 2670 |
| **** | **** | 492 | 96,38 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 09/10/2020
Tir 2017
Emplacement 225
CUI max 20,84

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,4 | 25 | 0,4 |
| 205 | Thibaudeau | 1,2 | 30 | 1,1 |
| 206 | Centre | 2 | 35 | 1,6 |
| 207 | Ravel | ABS | **** | **** |



| Suppression (dB) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 704 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 750 | 164,29 | 0 |
| 110 | 1,4 | 599 | 131,21 | 2597 |
| 112 | 1,5 | 430 | 94,19 | 4290 |
| 120 | 1,4 | 293 | 64,18 | 3584 |
| **** | **** | 507 | 111,06 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 06/11/2020
Tir 2018
Emplacement 205
CUI max 23,76

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | 0,6 | 28 | 0,5 |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,4 | 18 | 0,4 |
| 205 | Thibaudeau | 1 | 24 | 1 |
| 206 | Centre | 1,3 | 32 | 1 |
| 207 | Ravel | ABS | **** | **** |



| Suppression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| 106 | 5,7 | 662 | 135,81 | 4144 |
| **** | **** | 715 | 146,68 | 0 |
| 108 | 1 | 575 | 117,96 | 2144 |
| 111 | 3,1 | 404 | 82,88 | 2839 |
| 116 | 2,5 | 309 | 63,39 | 2278 |
| **** | **** | 481 | 98,68 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 10/11/2020
Tir 2019
Emplacement 225
CUI max 20,73

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,4 | 15 | 0,4 |
| 205 | Thibaudeau | 0,9 | 28 | 0,8 |
| 206 | Centre | 1,4 | 34 | 1,2 |
| 207 | Ravel | ABS | **** | **** |



| Suppression (dB) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 713 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 762 | 167,36 | 0 |
| 106 | 8,6 | 609 | 133,76 | 2688 |
| 110 | 2,3 | 440 | 96,64 | 3369 |
| 117 | 1,5 | 294 | 64,57 | 2536 |
| **** | **** | 517 | 113,55 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 24/11/2020
Tir 2020
Emplacement 205
CUI max 20,83

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | 0,6 | 34 | 0,5 |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,6 | 19 | 0,6 |
| 205 | Thibaudeau | 1,6 | 25 | 1,5 |
| 206 | Centre | < 0,5 | **** | **** |
| 207 | Ravel | ABS | **** | **** |



| Suppression (dB) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| 106 | 6,8 | 660 | 144,61 | 4640 |
| **** | **** | 690 | 151,18 | 0 |
| 106 | 5 | 547 | 119,85 | 3309 |
| 110 | 1,2 | 376 | 82,38 | 4494 |
| **** | **** | 290 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 453 | 99,26 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 27/11/2020
Tir 2021
Emplacement 205
CUI max 20,88

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | 0,5 | 29 | 0,5 |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,5 | 7 | 0,5 |
| 205 | Thibaudeau | 1,1 | 29 | 1 |
| 206 | Centre | < 0,5 | **** | **** |
| 207 | Ravel | ABS | **** | **** |



| Suppression (dB) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| 104 | 12 | 670 | 146,63 | 3964 |
| **** | **** | 701 | 153,41 | 0 |
| 108 | 3,8 | 555 | 121,46 | 2824 |
| 110 | 1,1 | 385 | 84,25 | 3217 |
| **** | **** | 287 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 461 | 100,89 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

Date 30/11/2020
Tir 2022
Emplacement 230
CUI max 18,29

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|---------|-------------|---------------------|----------------|--------------------|
| 199 | Selli | 0,5 | 30 | 0,4 |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | < 0,5 | **** | **** |
| 205 | Thibaudeau | 1,3 | 24 | 1,2 |
| 206 | Centre | 1,6 | 32 | 1,5 |
| 207 | Ravel | ABS | **** | **** |



| Suppression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|-------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| 110 | 5,5 | 747 | 174,67 | 5432 |
| **** | **** | 778 | 181,92 | 0 |
| **** | **** | 616 | 0,00 | 0 |
| 110 | 1,3 | 449 | 104,99 | 5649 |
| 117 | 1,9 | 274 | 64,07 | 2858 |
| **** | **** | 525 | 122,76 | 0 |

Fiche de suivi des vibrations 2020

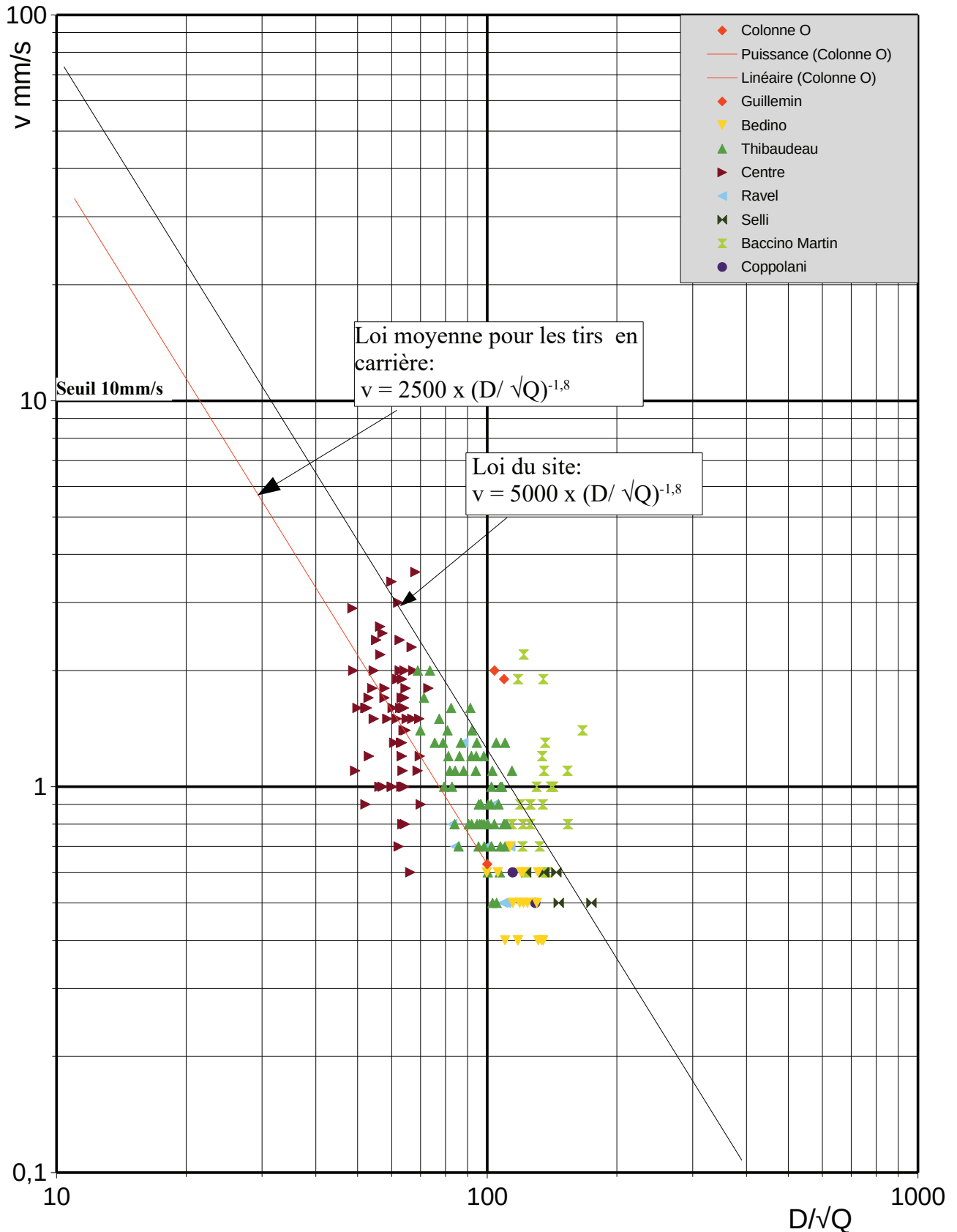
Date 30/11/2021
Tir 2023
Emplacement 225
CUI max 22,41

| Capteur | Emplacement | V. brute max (mm/s) | Fréquence (Hz) | V. pondérée (mm/s) |
|----------------|--------------------|----------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 199 | Selli | < 0,5 | **** | **** |
| 201 | Bassano | ABS | **** | **** |
| 204 | Bedino | 0,6 | 20 | 0,6 |
| 205 | Thibaudeau | 0,7 | 34 | 0,5 |
| 206 | Centre | 2 | 37 | 1,8 |
| 207 | Ravel | ABS | **** | **** |



| Supression (dBL) | Fréquence (Hz) | Distance | Distance scalaire | Coefficient K |
|------------------|----------------|----------|-------------------|---------------|
| **** | **** | 720 | 0,00 | 0 |
| **** | **** | 733 | 154,84 | 0 |
| 108 | 5 | 573 | 121,04 | 3368 |
| 110 | 5,6 | 406 | 85,76 | 2114 |
| 117 | 1,5 | 258 | 54,50 | 2670 |
| **** | **** | 482 | 101,82 | 0 |

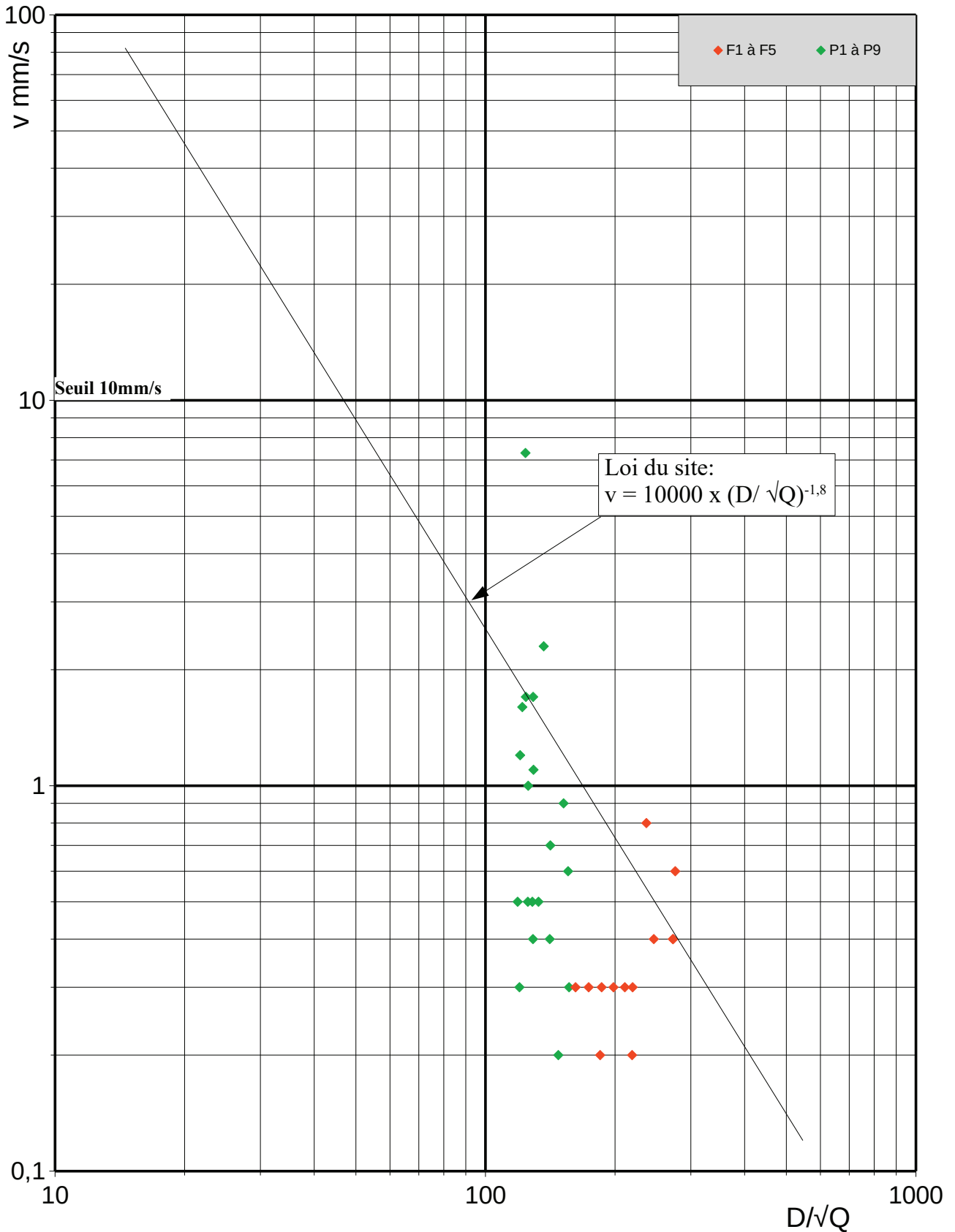
Annexe C – Loi de propagation des vibrations hors falaise



Annexe D – Loi de propagation des vibrations dans la falaise

Carrière d'AURIOL (13) Lois de propagation sur la falaise

Tirs de 2021 et 2022





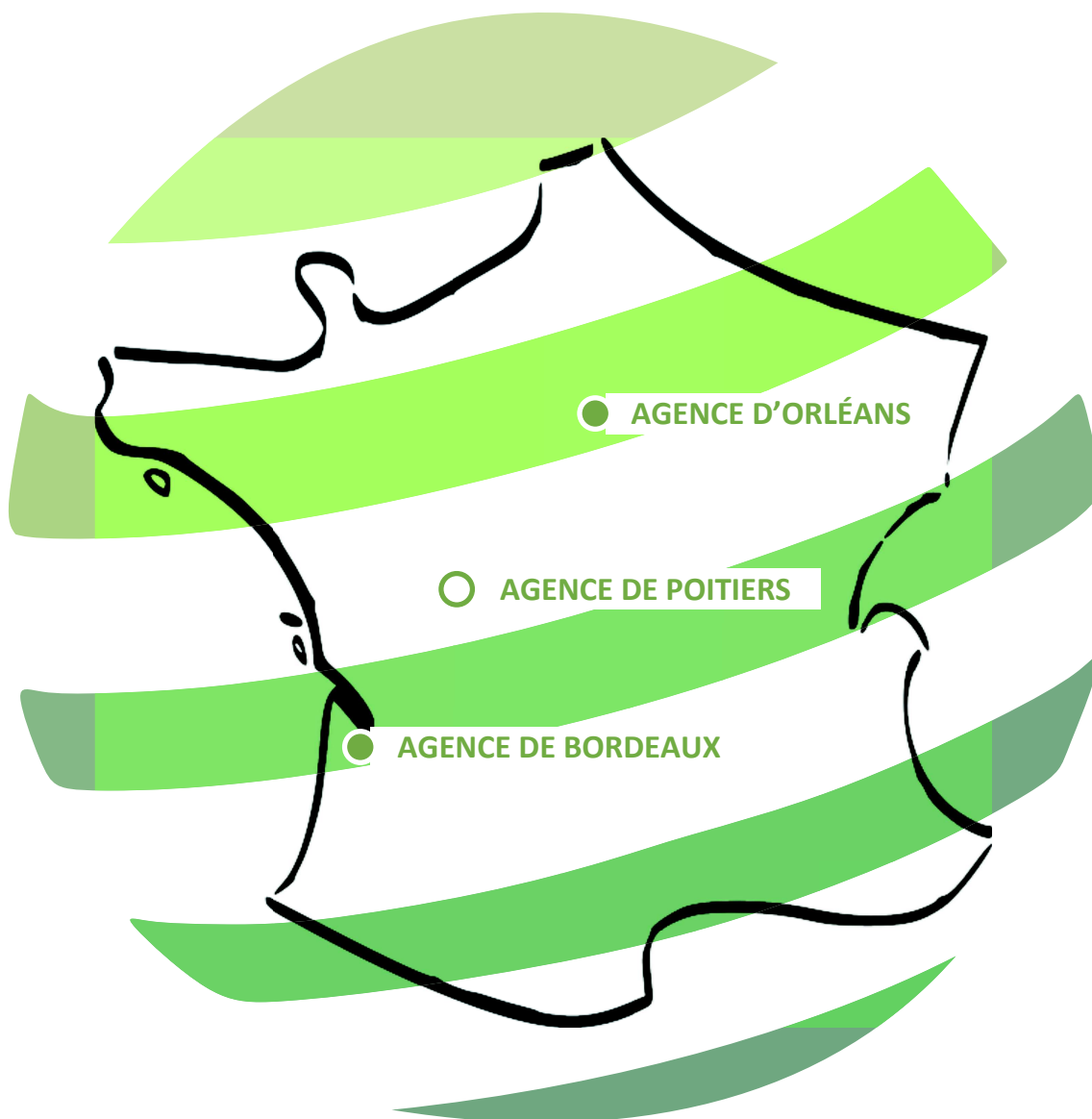
**RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*



Cerema

CLIMAT & TERRITOIRES DE DEMAIN



AGENCE D'ORLÉANS

183 rue de la Cornaillère
45 650 Saint-Jean-le-Blanc

02 38 56 80 42

AGENCE DE POITIERS

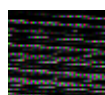
Zone d'Activité du Parc d'Anthyllis
86 340 Fleuré

06 23 06 49 45

AGENCE DE BORDEAUX

2 allée Isaac Newton
33 650 Martillac

05 56 84 28 51



TERRAexpertis
Études - Conseils - Assistance en Environnement

terraexpertis.com



Siège social : 2 rue du Verseau - 94 150 Rungis