IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

GRAVIERE “LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

PLAN D’EXTRACTION ET DEMANDE SIMULTANEE DE PERMIS D’EXPLOITER

MEMOIRE TECHNIQUE

Rapport n° 1257-MT-02 **Le 22 janvier 2026**

Grand-Mont 33
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 623 40 40

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 21 623 40 48

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch

TABLE DES MATIERES

1 INTRODUCTION 4

1.1 GENERALITES 4
1.2 DEMARCHE PARTICIPATIVE 5

2 DEMANDE DE PERMIS D'EXPLOITER 6

2.1 BASES LEGALES 6
2.2 EXPLOITANT ET MANDATAIRES 8

3 MEMOIRE TECHNIQUE 9

3.1 GEOLOGIE 9
3.1.1 Contexte géologique régional 9
3.1.2 Gravière 11
3.1.3 Convoyeur 14
3.2 HYDROGEOLOGIE 16
3.2.1 Contexte hydrogéologique régional 17
3.2.2 Réseau de mesures hydrogéologiques 18
3.2.3 Comportement de la nappe 18
3.2.4 Piézométrie et calcul des hautes eaux décennales 22
3.2.5 Sources et captages 23
3.3 HYDROLOGIE 24
3.4 CLIMATOLOGIE ET BILAN HYDROLOGIQUE 24
3.4.1 Précipitations 25
3.4.2 Ruissellement 26
3.4.3 Evapotranspiration 27
3.4.4 Infiltration et bilan 28
3.5 DANGERS NATURELS 29
3.5.1 Glissement de terrain 30
3.5.2 Chute de pierre 31
3.5.3 Inondations 32
3.6 DESCRIPTION DU PROJET 33
3.6.1 Périmètre du projet 33
3.6.2 Convoyeur a bande 34
3.6.3 Cotes d'exploitation 39
3.6.4 Volumes et durée d'exploitation 39
3.6.5 Stabilité des talus en déblai 41
3.6.6 Stabilité des talus en remblai 45
3.6.7 Conduite de l'exploitation 50
3.6.8 Remise en état de la gravière 52
3.6.9 Gestion des eaux météoriques pendant l'exploitation du site des Bulles 53
3.6.10 Alimentation en eau des installations 54
3.6.11 Gestion des eaux météoriques après remise en état du site des Bulles 57
3.6.12 Contraintes d'exploitation 61
3.6.13 Accès 63
3.7 DONNEES DE BASE CONCERNANT LE TRAFIC 64

3.7.1 Introduction et périmètre d'étude 64
3.7.2 Données du trafic de base 65
3.7.3 Hypothèses sur le transport 66
3.7.4 Répartitions du trafic de projet 68
3.7.5 Synthèses des TJM 69

4 MESURES ENVIRONNEMENTALES 73

4.1 PROTECTION DE L'AIR ET DU CLIMAT 73
4.2 PROTECTION CONTRE LE BRUIT ET LES VIBRATIONS 73
4.2.1 Bruit de l'exploitation de la gravière 73
4.2.2 Bruit du trafic routier 73
4.3 PROTECTION CONTRE LES RAYONNEMENTS NON IONISANTS 74
4.4 PROTECTION DES EAUX 75
4.4.1 Eaux souterraines (périmètre de la gravière) 75
4.4.2 Eaux souterraines (emprise du convoyeur) 78
4.4.3 Eaux de surface et espace réservé aux eaux (ERE) 81
4.5 PROTECTION DES SOLS 81
4.5.1 Suivi des travaux sur les sols 81
4.5.2 Succession des étapes et calendrier des travaux de la gravière 82
4.5.3 Modalités de décapage, stockage et remise en état de la gravière 83
4.5.4 Modalités de décapage, stockage et remise en état sur le tracé du convoyeur 89
4.5.5 Surfaces d'assolement 93
4.5.6 Erosion 96
4.5.7 Drainage des eaux météoriques de la gravière 97
4.6 SITES POLLUES 97
4.7 DECHETS, SUBSTANCES DANGEREUSES POUR L'ENVIRONNEMENT 97
4.8 ORGANISME DANGEREUX POUR L'ENVIRONNEMENT 98
4.9 CONSERVATION DE LA FORET 99
4.9.1 Défrichements 99
4.9.2 Dérogation des 10m à la lisière 99
4.9.3 Reboisement 100
4.9.4 Défrichement/reboisement précédent 100
4.10 PROTECTION DE LA NATURE 100
4.10.1 Mesures d'atténuation et compensations écologiques et paysagères pour l'exploitation de la gravière (La Boîte Verte Sàrl) 100
4.10.2 Mesures d'atténuation et de compensation écologiques et paysagères pour la réalisation du convoyeur (AMaibach Sàrl, complété par La Boîte Verte Sàrl en 2025) 104
4.10.3 Mesures d'atténuation et de compensation écologiques et paysagères pour tout le périmètre de la gravière et du convoyeur (AMaibach Sàrl, complété par La Boîte Verte Sàrl en 2025) 106
4.10.4 Plan d'entretien des mesures nature 109
4.10.5 Bilan des compensations écologiques et paysagères 109
4.11 PROTECTION DU PAYSAGE NATUREL ET SITE 111
4.12 PROTECTION DU PATRIMOINE BATI ET DES MONUMENTS, ARCHEOLOGIE 112
4.13 SYNTHESE DES MESURES INTEGREES AU PROJET 113

5 EXTRAIT DU REGISTRE DU COMMERCE 117

6 CONSTRUCTION 117

7 CONCLUSION 118

1 INTRODUCTION

1.1 Généralités

Le Plan directeur des carrières 2014 (PDCar) vise à assurer l'approvisionnement du Canton de Vaud en matériaux graveleux, essentiels à son essor. Il planifie ainsi la mise en œuvre d'une gravière sur le site n° 1222-005 situé sur le territoire de la commune la Chaux (Cossonay) aux coordonnées moyennes 2'525'250/1'162'800 (voir annexes n° 1257-1.1 et 1257-1.2).

La société Orllati Granulats & Béton SA projette l'exploitation d'une gravière sur ce site au lieu-dit "Les Bulles". Ce projet permettra l'extraction de quelques 1'300'000 m^3 de matériaux gravelo-sableux, sur une surface d'environ 25 ha, et sur une durée d'environ 10 ans. Le site permettra ensuite d'accueillir des matériaux d'excavation et de percement (env. 1'928'000 m^3), afin d'assurer son comblement et son réaménagement agricole qui garantira son retour à son utilisation initiale. La surface totale du Plan d'extraction, incluant les surfaces de stockage et les installations nécessaires, représente un peu plus de 30 ha. Entre les travaux préparatoires, l'exploitation et les remises en état, le site devrait être en activité sur une durée d'environ 16 ans. Cette durée peut varier en fonction de la conjoncture et de la demande en matériaux.

L'exploitation de la gravière "Les Bulles" sera coordonnée avec celle de la gravière de "Gratteloup" et de la décharge du "Grand-Marais", exploitées par la société Gratteloup SA, sur les communes de Senarclens, Cossonay et Grancy à quelques kilomètres à l'est du projet présenté dans ce dossier. Les entreprises concernées se sont mises d'accord sur un principe d'échange de volumes et sur l'utilisation conjointe d'un convoyeur à bande pour l'acheminement de 90% des matériaux (graviers et remblais) dès la seconde étape de la gravières "Les Bulles". Selon les demandes de la DGE, la portion de convoyeur permettant d'acheminer les matériaux du site "Les Bulles" à "Gratteloup" doit être prévue dans le présent projet. La suite du tracé sera présentée conjointement aux projets de Gratteloup SA, en cours d'élaboration.

Cette bande transporteuse (tronçon "Les Bulles" – "Gratteloup") se situera majoritairement en zone agricole mais traversera également de l'aire forestière et le PAC Venoge. A la sortie du périmètre de la gravière, le premier tronçon du convoyeur passera par voie aérienne au-dessus de la route de St-Denis, du cours d'eau du Veyron et en dessous d'une ligne à haute tension de Romande Energie. Le reste du tracé, d'environ 1.5 km, sera enterré jusqu'au site de "Gratteloup".

Le présent document constitue le mémoire technique du projet de gravière "Les Bulles".

1.2 Démarche participative

Le projet de gravière "Les Bulles" a été élaboré en étroite collaboration avec les Divisions géologie, sols déchets, et eaux souterraines de la Direction générale de l'environnement (DGE-GEODES), la Commune de La Chaux, ainsi que les propriétaires fonciers concernés par le projet. D'autres entités ont été consultées plus spécifiquement pour certains aspects du projet. On citera notamment des divisions eau, biodiversité et forêt de la Direction générale de l'environnement (DGE), la Direction générale de la mobilité et des routes (DGMR), le Comité de pilotage du PAC Venoge, Romande Energie ainsi que certaines communes environnantes.

Un Comité de pilotage (COPIL) a été mis sur pied, comprenant des représentants de la DGE-GEODES, de la Municipalité de La Chaux, des propriétaires fonciers, de l'entreprise exploitante (Orllati Granulats et Béton SA) et du bureau d'étude (Impact-Concept SA). Quatre premières séances du COPIL ont eu lieu les 22 mars 2017, 2 mai 2017, 24 mai 2017 et 22 juillet 2022. Lors de la troisième séance, un biologiste familier de la région a été intégré au COPIL.

Conformément aux directives de l'autorité compétente cantonale, il a tout d'abord été procédé à l'établissement d'une enquête préliminaire dans le but de déterminer les impacts que la réalisation du projet pourrait avoir sur l'environnement.

Le dernier REP pour l'étude d'impact (Impact-Concept SA, 22 septembre 2022) a été présenté à la Commission interdépartementale pour la protection de l'environnement (CIPE), le 4 octobre 2022. Dans ce cadre, l'ensemble des Services de l'Etat a pu prendre connaissance du projet et émettre des préavis dont il a été tenu compte dans le présent dossier.

Fort de la démarche participative et des préavis émis lors des séances CIPE, plusieurs sous - variantes du projet ont fait l'objet d'échanges complémentaires, en particulier avec la Commune, les propriétaires et différents services de l'Etat. La variante finale retenue a fait l'objet de plusieurs modifications, validées lors des séances de travail successives, afin de limiter les nuisances sonores et paysagères. Elle intègre également l'exploitation par convoyeur à bande dès l'étape 2 (dès la 6ème année d'exploitation) limitant ainsi significativement le trafic à travers les villages concernés.

Un Groupe de suivi (GSUIVI) a été organisé le 27 juin 2024. Il était notamment composé des membres du COPIL, de représentants du Conseil communal de La Chaux, de représentants des riverains et des communes voisines concernées par le projet, ainsi que de représentants de l'ARCAM et des associations de protection de l'environnement (WWF Vaud, Pro Natura Vaud, Helvetia Nostra et ATE). Il a été planifié en parallèle à la consultation par les services de l'Etat.

Enfin, conformément à l'article 3 LATC, une information publique sera organisée avant ou pendant la mise à l'enquête du projet.

2 DEMANDE DE PERMIS D'EXPLOITER

2.1 Bases légales

Les projets de gravière sont soumis à la loi vaudoise sur les carrières (LCar, 1988) et à son règlement d'application (RLCar, 2004). Ils doivent alors faire l'objet d'un Plan d'extraction (PEX) et d'une demande de permis d'exploiter. Les deux procédures sont menées simultanément. Sur proposition de la division GEODES de la Direction générale de l'environnement (DGE-GEODES), le convoyeur a été intégré dans le PEX.

La figure ci-dessous illustre la procédure type pour un tel projet.

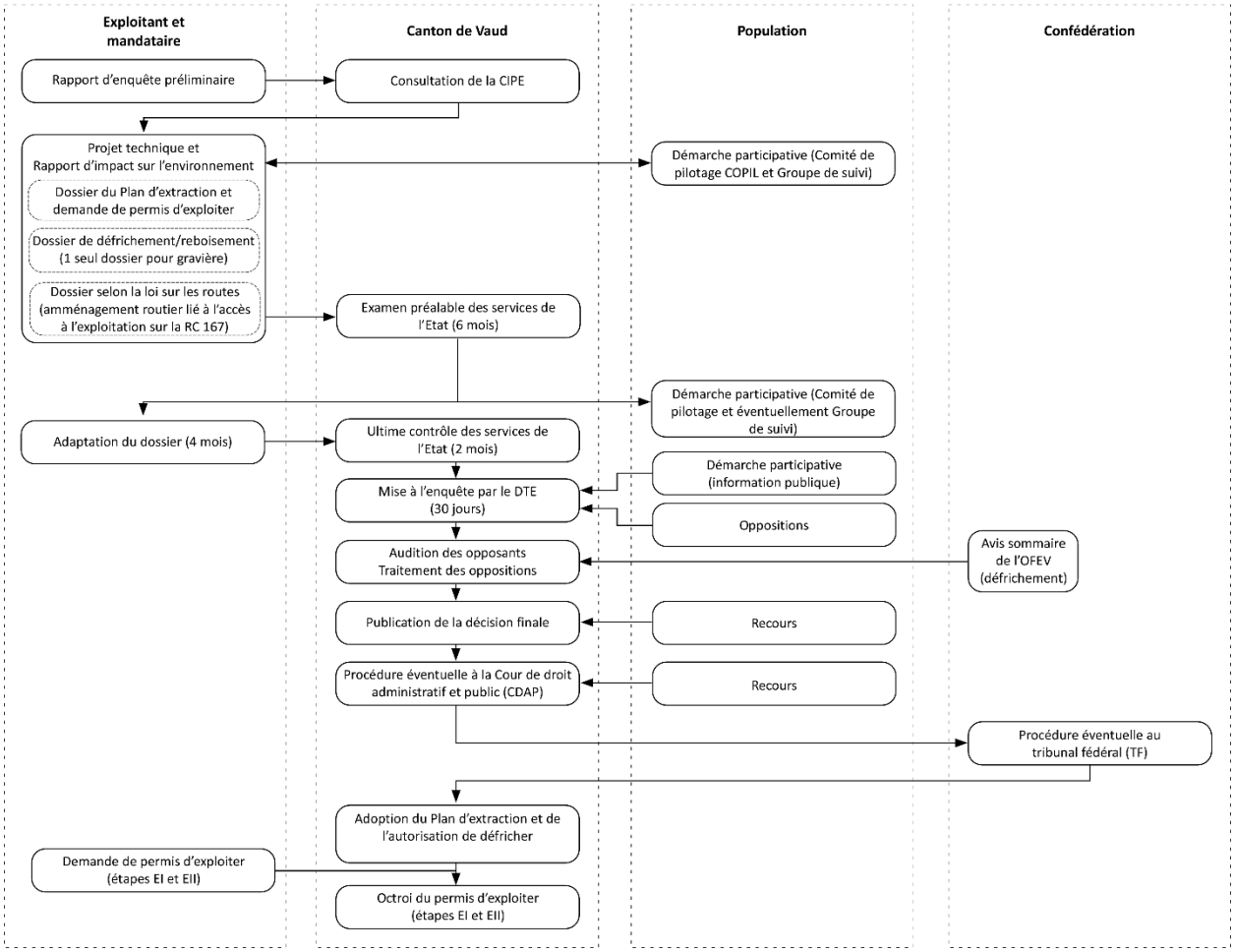


Figure 1 : Schéma type de la procédure

Dans le cas présent, l'établissement du Plan d'extraction doit également s'accompagner d'une demande de défrichement selon l'Ordonnance sur les forêts (OFo) du 30 novembre 1992 (art. 5 et 8) et la Loi forestière vaudoise (LVLfo) du 1er septembre 2018 (art. 16 et 17ss) car le site est partiellement affecté en aire forestière. Une modification de l'assiette des reboisements est également nécessaire. En effet, une mention de reboisement est inscrite au registre foncier pour un précédent dossier de défrichement/reboisement pas encore exécuté. Une modification de l'emprise de ce reboisement est nécessaire pour assurer la coordination paysagère du réaménagement.

De plus, selon l'Ordonnance fédérale relative à l'étude d'impact sur l'environnement (OEIE, 1988) et son Règlement cantonal d'application (RVOEIE, 1990), le projet doit être soumis à la procédure d'étude d'impact sur l'environnement (EIE), en raison d'un volume d'exploitation supérieur à 300'000 m^3 (installation n°80.3).

L'étape d'EIE se compose de deux phases :

- l'enquête préliminaire, qui se concrétise au travers d'un rapport d'enquête préliminaire (REP) et d'un cahier des charges précisant les prestations à réaliser lors de la seconde phase (OEIE, art.8) ;
- l'étude d'impact à proprement parler, qui se concrétise au travers d'un rapport d'impact sur l'environnement (RIE) tenant compte des éventuels préavis établis par les services spécialisés de l'environnement, en fin de première phase (OEIE, art.13).

Afin d'alimenter en eau les installations de traitement prévues sur le site, une coordination avec la Commune de La Chaux sera nécessaire pour permettre un raccordement au réseau d'eau potable. Par ailleurs, les éléments techniques permettant à l'inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI) d'octroyer une dérogation pour la construction du convoyeur à proximité de la ligne électrique sont présentés. L'alimentation électrique de l'installation (convoyeur et traitement des matériaux), selon la puissance totale nécessaire, pourra également faire l'objet d'une autorisation spéciale de l'ESTI.

De plus, un dossier routier est présenté simultanément dans la mesure où un aménagement routier directement lié à l'accès est nécessaire pour l'exploitation du gisement. Dans un premier temps et selon l'art. 10 de la loi sur les routes (LRou) du 10 décembre 1991, le dossier des aménagements routiers a été soumis à un examen préalable des services cantonaux. Ensuite, selon l'art. 13 de la LRou, le projet a été complété en vue d'être soumis à l'enquête publique.

Enfin, en ce qui concerne la traversée du PAC Venoge, le projet s'inscrit dans le cadre de l'art. 27 du règlement (ou l'art. 18 du règlement modifié prochainement soumis pour l'approbation). Une dérogation sera accordée dans le cadre de l'instruction du Plan d'Extraction et de la demande de permis d'exploiter pour ce projet reconnu d'intérêt public prépondérant d'importance cantonale et imposé par sa destination.

En ce qui concerne la remise en état du site et son remblayage, la Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE) du 7 octobre 1983 et l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) du 4 décembre 2015, fixent le type de matériaux accepté pour le comblement. Bien que de façon générale l'OLED ne s'applique pas aux sites d'extraction, c'est toutefois cette législation qu'il est d'usage d'appliquer, par analogie aux décharges, pour le volet relatif au comblement et à la remise en état. Nous relevons également qu'il s'agit, selon l'art. 19 al. 1 let. c de l'OLED d'une valorisation de matériaux, contrairement à la mise en décharge.

Seuls des matériaux d'excavation et de percement non pollués au sens de l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) seront mis en dépôt dans la gravière "Les Bulles".

Le chiffre 1 de l'annexe 5 de l'OLED précise que "*dans les décharges et les compartiments de type*

A, il est permis de stocker définitivement les déchets suivants, à condition qu'ils ne soient pas pollués par d'autres déchets :

a. les matériaux d'excavation et de percement qui satisfont aux exigences de l'annexe 3, ch. 1, pour autant que les fractions valorisables aient été retirées au préalable ;

b. les boues provenant du lavage du gravier issu du traitement des matériaux d'excavation et de percement selon la let. A ;

c. les matériaux terreux issus du décapage de la couche supérieure et de la couche sous-jacente du sol lorsqu'ils ne dépassent pas les valeurs indicatives selon les annexes 1 et 2 de l'OSol ;

d. le gravier retenu par les bassins de rétention de matériaux charriés".

Ce dossier propose l'établissement d'un plan d'extraction avec une demande de permis d'exploiter simultanée sur l'ensemble du périmètre de la première étape selon art. 19 RLCar. La deuxième étape sera conditionnée par la disponibilité du convoyeur.

2.2 Exploitant et mandataires

L'initiateur du projet et mandant est la société Orllati Granulats et Béton SA à Bioley-Orjulaz.

Le mandataire principal est le bureau Impact-Concept SA, au Mont-sur-Lausanne, bureau spécialisé dans les études en environnement et les études de planification. Le bureau Impact-Concept SA coordonne l'ensemble du projet. Il traite des aspects géologiques, les éléments relatifs à l'étude d'impact sur l'environnement et au projet technique de réaménagement.

Les bureaux La Boîte Verte Sàrl et A. Maibach Sàrl se chargent des aspects liés à la biologie et aux compensations écologiques. Le bureau Alpha-Géo - Ingénieurs et Géomètres SA traite des questions géométriques. Le bureau Xylon SA établi le dossier de défrichement/reboisement. La société UZUFLY est chargée d'établir les simulations paysagères.

3 MEMOIRE TECHNIQUE

3.1 Géologie

3.1.1 Contexte géologique régional

Le projet de gravière des Bulles se situe au cœur d'un paysage "drumlinique" typique du plateau. Les buttes morainiques plus ou moins allongées selon un axe globalement nord-sud (Figure 2) trahissent le sens d'écoulement du grand glacier du Rhône au dernier maximum glaciaire (env. 20'000 BP). Ce dernier a abandonné une épaisse moraine qui recouvre toute la région jusqu'aux contreforts du Jura et confère au paysage cette douceur caractéristique.

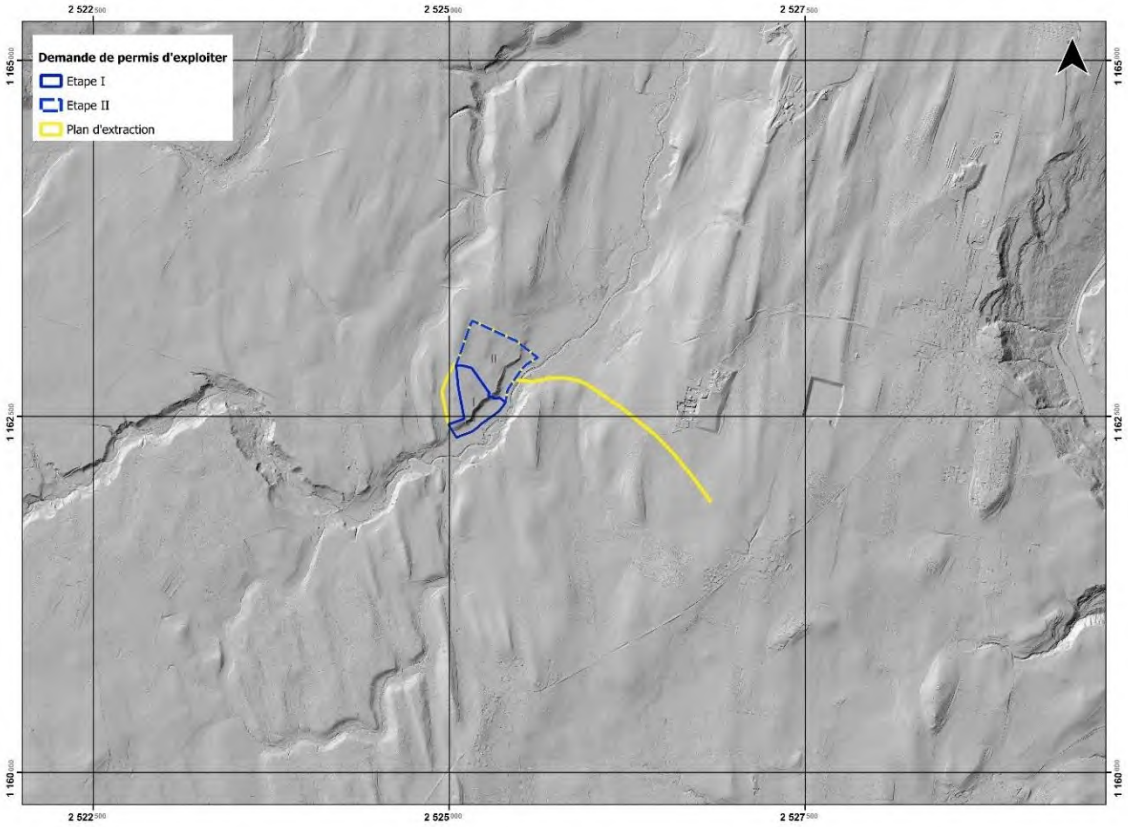


Figure 2: Paysage "drumlinique" mis en évidence par les images Lidar

La monotonie du paysage est rompue par la présence de la vallée du Veyron (Figure 2). Le cours d'eau a profondément entaillé la série quaternaire jusqu'à atteindre localement la molasse tertiaire formant le substratum rocheux de la région. La série quaternaire peut être subdivisée en 2 unités distinctes :

- **les dépôts glaciogéniques**. Il s'agit principalement de la moraine de fond, limono argileuse, très hétérogène en terme granulométrique. Les clastes qui la composent possèdent des indices d'émoussé très variables, la présence de galets striés n'est pas rare. Les moraines (au sens morphologique du terme) ou tills glaciaires répondent également à l'appellation de "dépôt glaciogénique" de même que les moraines d'ablation. Le terme "glaciogénique" regroupe l'ensemble des sédiments mis en place directement par la masse de glace ;

- **les dépôts périglaciaires.** Il s'agit de l'ensemble des matériaux d'origine glaciaire qui ont subi une mobilisation par le biais des eaux de fonte du glacier. Ils regroupent les formations fluvioglaciaires et glaciolacustres.

L'occurrence de dépôts lacustres et palustres dont le sommet est parfois marqué par un niveau de tourbe, a également été mentionnée par certains auteurs dans la région de Senarclens notamment. Bien qu'il ne soit présent que localement ce niveau indique l'occurrence d'un interstade chaud à un moment de l'histoire glaciaire de la région.

Le secteur est marqué par la présence de sillons plus ou moins bien développés mis en évidence par les cartes des résistivités électriques apparentes. Ces structures, de résistivité apparente élevée, s'étendent sur plusieurs kilomètres. Les trois structures principales sont les suivantes, d'est en ouest :

- le Bois du Sepey. Il s'agit de la plus grosse structure visible dans les environs. L'épaisse série quaternaire s'établit dans un large sillon qui s'étend de Senarclens à Dizy, sur une bande large de 1.5 km en moyenne, constituant la formation de Cossonay ;
- la formation des Bulles (la Chaux). Cette structure en apparence isolée est la plus petite de la région, elle s'étend depuis le nord de Saint-Denis jusqu'à Prévondavaux où elle semble rejoindre la structure de Cuarnens décrite ci-dessous ;
- le sillon de Cuarnens. Il prend naissance au sud de Mauraz et s'étend jusqu'aux environs de Prévondavaux, il présente un tracé sinueux.

Bien que l'origine de la paléovallée de Cuarnens n'a jamais été clairement identifiée, une filiation commune entre les graviers de Cossonay et le sillon de Cuarnens est envisageable d'après R. ARN (1984)[1]. Certains auteurs comme D. Aubert (1986), avancent l'hypothèse selon laquelle le sillon de Cuarnens serait un ancien affluent de la Venoge qui s'écoulait alors en direction du sud en suivant le relief jurassien. Une campagne de reconnaissance par tomographie électrique menée en 2015[2] apporte toutefois des éléments nouveaux. Il semblerait en effet que l'altitude de la base du remplissage graveleux du sillon s'abaisse en direction du nord, trahissant le sens d'écoulement du paléo-cours d'eau. On peut dès lors imaginer un lien entre le sillon et le glacier local jurassien qui s'épanchait à l'époque à travers le Mont Tendre via la cluse de Montricher. La proportion relativement importante d'éléments jurassiens dans les graviers du sillon a été montrée par R. ARN (1984)[3], cette observation appuie l'hypothèse soulevée plus haut.

Il en est tout à fait autrement pour les graviers de Cossonay dont l'origine alpine est franchement avérée. En ce qui concerne les graviers des Bulles, on pourrait y voir là une relique du remplissage de Cossonay isolée de la grande masse graveleuse par l'incision du Veyron, les altitudes des deux masses graveleuses étant voisines. La composition des graviers des Bulles semble par ailleurs avoir une tendance jurassienne, pouvant traduire une dilution de la masse d'origine alpine par des apports autochtones latéraux, via le sillon de Cuarnens. La mise à l'affleurement des graviers des Bulles apportera de nouveaux éléments qui permettront de mieux appréhender l'histoire géologique quaternaire de cette région complexe.

[1] Contribution à l'étude stratigraphique du Pléistocène de la région lémanique, thèse présentée à la Faculté des Sciences de l'Université de Lausanne.
[2] Impact-Concept SA (2015) – Campagne de reconnaissance par tomographie électrique sur la paléo-vallée de Cuarnens – Pour le compte de LMT SA

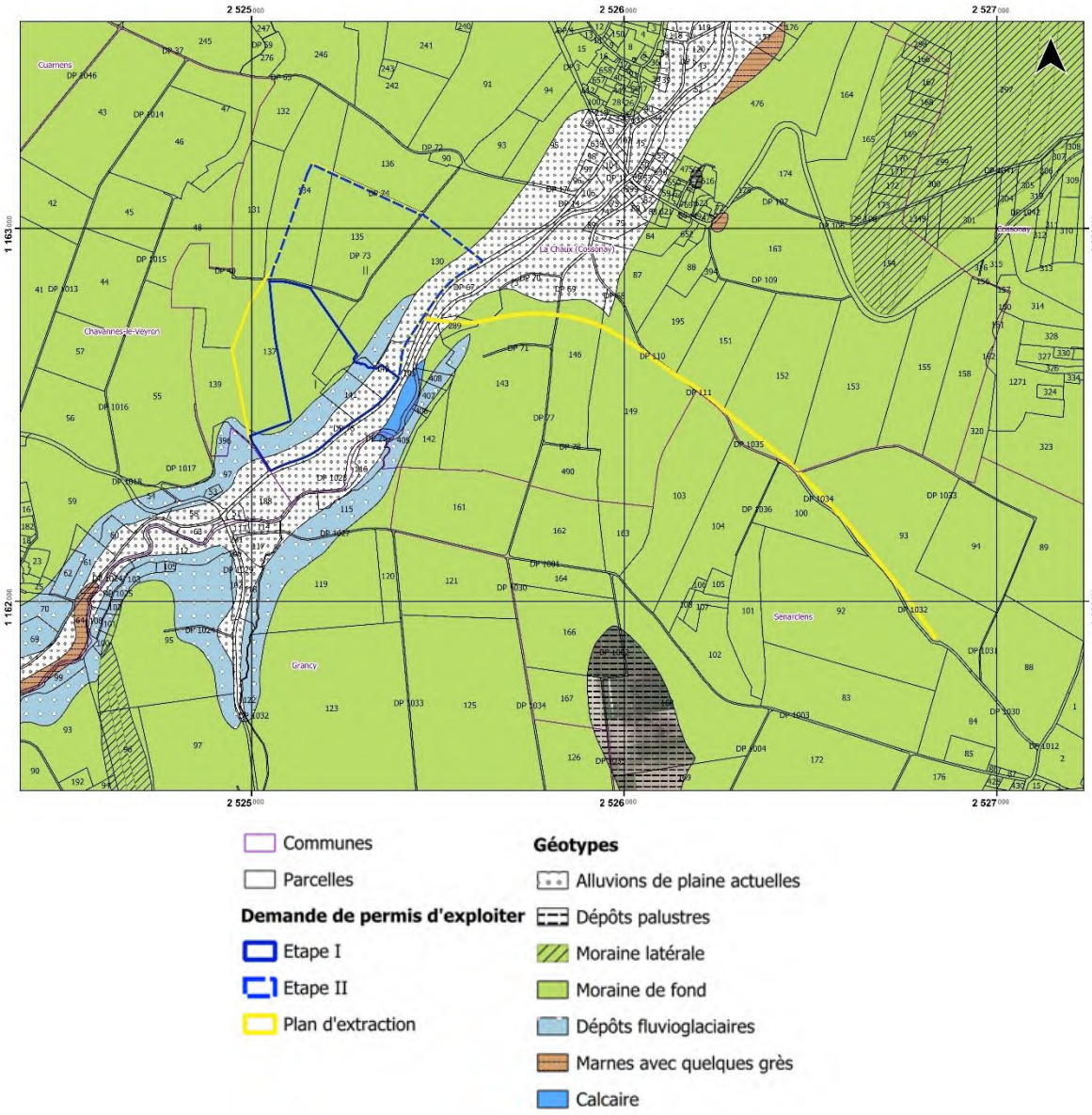


Figure 3 : Carte des géotypes

3.1.2 Gravière

Contexte géologique local et synthèse des reconnaissances du site des Bulles

Les conditions géologiques locales sont relativement bien connues, elles ont été mises à jour au travers de :

- 6 sondages électriques réalisés en 1985 (annexe n°1257-2.3) ;
- 6 sondages carottés réalisés en juillet 2015 (annexes n°1257-2.2a à f) ;
- 1 campagne de mesures radio-magnétotelluriques réalisée en 2015 (RMT) (annexe n°1257-2.5a à c).
- 2 panneaux électriques (ERT) réalisés en 2016 (annexe n°1257-2.4) ;
- 4 sondages carottés complémentaires réalisés en février 2021 (annexes n°1257-2.2g à j) ;
- 3 panneaux électriques (ERT) réalisés en octobre 2022 (annexe n°1257-2.4).

La position de l'ensemble de ces campagnes d'investigation figure en annexe n° 1257-2.1.

Succession des terrains

De manière générale, les reconnaissances menées au droit du gisement, soit sur le plateau des Bulles, montrent, depuis la surface, la succession des terrains suivante :

- **une moraine de fond supérieure** qui se présente comme un sédiment hétérogène et hétérométrique constitué de cailloux et graviers emballés dans une matrice sablo-limoneuse compacte. Elle est de couleur gris-brune. Des passées franchement graveleuses peuvent occurrer, les passages de blocs sont également fréquents. L'épaisseur de ces dépôts varie de 4 (Ch1510) à 10 m (Ch159 et 1511) ;

- **des sédiments fluvioglaciaires** qui présentent des faciès très irréguliers, fonction des avancées et reculs de la source des matériaux (le glacier) et de la compétence de l'eau qui les a charriés. On y trouve :
    - des graviers sableux peu limoneux, avec parfois quelques pierres de diamètre inférieur à 10 cm, ils représentent l'essentiel du gisement exploitable ;
    - des sables graveleux, parfois un peu indurés, rencontrés principalement au droit du forage Ch1510 (secteur ouest).

  L'épaisseur totale des alluvions fluvio-glaciaires rencontrés aux différents sondages varie à l'intérieur de la zone investiguée de 7.3 m au forage Ch 158 à 16.2 m au droit de Ch 159 (annexe n° 1257-2.2).

  Quelques rares intercalations de limons sableux indurés ont été rencontrées, leur épaisseur n'excède pas quelques dizaines de centimètres.

- **la moraine de fond inférieure**, constituée de limons plus ou moins sableux et/ou graveleux de couleur grisâtre, mentionnons toutefois qu'elle est moins graveleuse que la moraine de fond supérieure. La base de la formation n'a pas été atteinte ;
- **la molasse chattienne**, constituée d'un ensemble de grès et de marnes elle forme le substratum sur lequel repose l'ensemble de la série décrite plus haut. Elle n'a jamais été atteinte par les forages. En face du site des Bulles, sur la rive droite du Veyron, la molasse est affleurante. En extrapolant son altitude elle doit se situer à environ 30 m de profondeur au droit du site.

Le sondage Ch214, réalisé dans le cadre de la campagne de février 2021 en limite sud-ouest du périmètre, a révélé, directement sous les horizons pédologiques, la présence d'argiles sur 6m d'épaisseur (annexe n°1257-2.2j). Leur texture est plastique et ces matériaux sont assez homogènes en terme granulométrique. Ces terrains ont été attribués à des dépôts glacio-lacustres distaux ou à des dépôts palustres. Ces dépôts sont directement en contact avec une moraine de fond correspondant à la moraine de fond inférieure décrite au droit des sondages de la campagne 2015.

Enfin, les sondages Ch211 à 213, réalisés dans la plaine du Veyron lors de la campagne de 2021, ont quant à eux montré la présence d'environ 5m d'alluvions fluvioglaciaires de qualité médiocre surmontant une moraine de fond (annexes n°1257-2.2g à i). Le niveau d'eau s'y établi à faible profondeur (env. 2 à 5m sous le niveau du terrain naturel). Ces données sont concordantes avec les modèles géologique et hydrogéologique établis dans le cadre du dossier.

Morphologie du gisement

Les prospections directes, par sondage, renseignent sur la nature et la succession des terrains en profondeur mais que de manière sporadique sur leur extension latérale. Les prospections par méthodes géophysiques couvrantes (RMT et ERT) permettent, quant à elles, d'appréhender géométriquement les différents horizons.

Ainsi, la campagne ERT de 2016 avait permis de caractériser la moitié nord du périmètre, la limite ouest du gisement, l'épaisseur de la découverte et la morphologie du fond de la couche graveleuse exploitable avaient notamment pu être appréhendées.

En revanche, la moitié sud du périmètre n'avait, jusqu'en 2022, jamais fait l'objet de prospection ERT. En 2021, suite au constat de l'absence de matériaux graveleux exploitables au droit du sondage Ch214, la société Orllati Granulats & Béton SA a confié la réalisation de 3 nouveaux profils ERT à Impact-Concept SA. Ces profils ont été réalisés en octobre 2022 dans le but de préciser l'extension du gisement en bordure sud-ouest du périmètre (voir situation à l'annexe n°1257-2.1). Les panneaux ERT interprétés, exposés à l'annexe n°1257-2.4, montrent que l'extension de la couche résistive (>300 Ohm.m), assimilée aux sables et graviers exploitables, en direction de l'ouest, est bien plus limitée qu'anticipé. La limite du gisement se situe en fait à une centaine de mètres à l'est de la limite du périmètre. La masse graveleuse se retrouve pincée entre une masse électriquement conductrice stérile, assimilée aux dépôts glaciolacustres / palustres décrits au droit de Ch214 ou à la moraine de fond et le ressaut topographique marquant la limite du plateau des Bulles. Ceci induit une perte en volume exploitable conséquente par rapport au modèle initial (cf. chapitre 3.6.4).

Par ailleurs, le profil ERT PE1 (annexe n°1257-2.4) ainsi que la campagne de mesures RMT (annexe n°1257-2.5a à c) font apparaitre un secteur particulièrement résistant entre les sondages Ch159 et Ch1510. Des témoins de la présence de graviers cimentés (« béton naturel ») ont été rencontrés dans le talus au sud du site. Cette anomalie résistive pourrait correspondre à ce type de matériaux.

Les données géophysiques nous renseignent également sur l'épaisseur de la découverte. Elle semble être moindre, environ 2 à 6m au droit d'un couloir central d'une centaine de mètres de large qui s'étire selon l'orientation du gisement, soit NNE-SSW, et le traverse de part en part. De part et d'autre de ce couloir, les épaisseurs de découverte vont croissantes.

L'ensemble des campagnes de prospections (sondages carottés, sondages et panneaux électriques ERT et mesures RMT), ainsi que les observations de terrain, ont permis la réalisation, puis la mise à jour, de plusieurs coupes géologiques présentées aux annexes n° 1257-2.6a et b.

Caractéristiques des matériaux

Au total, 10 échantillons représentatifs des 2 principaux horizons, morainique et graveleux, décrits préalablement ont été prélevés sur différents tronçons de carotte, ils ont donné lieu à 8 analyses granulométriques réalisées par le laboratoire TFB de Puidoux (annexes n°1257-2.7a à h).

Les proportions des différentes fractions granulométriques des matériaux tout-venant ont été synthétisées dans les tableaux suivants :

Tableau 1: Classification granulométrique des échantillons prélevés en moraine.

Forages	Ch156/157/158	Ch157/158/159
Prof. Ech. (m/TN)	3-6/0.55-8.1/1-8	0.55-8.1/1-8/0.8-7.4
n° ech. TFB	63630	63631
Silt (%) <63µm	40.90	33.80
Sable (%) 0.63µm-2mm	30.1	28.20
Gravier (%) 2-16mm	14.00	24.00
Galet (%) >16mm	15.00	14.00

Tableau 2: Classification granulométrique des échantillons prélevés dans la formation fluvioglaciaire.

Forages	Ch156	Ch157	Ch158	Ch159	Ch1510	Ch1511
Prof. Ech. (m/TN)	10-23.5	8.1-16.4	10-15.8	10-26.2	10-15.8	10-22.3
n° ech. TFB	63632	63633	63634	63635	63636	63637
Silt (%) <63µm	14.5	10.2	15.9	14.2	15.9	16.1
Sable (%) 0.63µm-2mm	28.5	30.8	33.1	33.8	32.1	31.9
Gravier (%) 2-16mm	31.0	35.0	30.0	31.0	31.0	29.0
Galet (%) >16mm	26.0	24.0	21.0	21.0	21.0	23.0

La moraine de fond supérieure apparait comme un limon sablo-graveleux ou gravelo-sableux à priori peu intéressant en termes d'exploitation. La fraction fine (<63µm) varie de 34 à 41% environ.

Les matériaux fluvioglaciaires sont plus favorables pour l'exploitation, ils apparaissent comme des graviers sableux légèrement limoneux ou des sables graveleux légèrement limoneux. Leur fraction grossière (>63µm) est en moyenne de 85%. On notera que les matériaux présents au droit du forage Ch157 sont de qualité légèrement supérieure au reste du gisement exploré.

3.1.3 Convoyeur

Le premier tronçon du convoyeur, à la sortie de la gravière, est aérien pour traverser la route cantonale et le Veyron.

La partie souterraine du convoyeur traverse la zone agricole (en majorité en surface d'assolement) puis longe approximativement la route de Senarclens. Le tracé a été optimisé afin de respecter les contraintes techniques (rayon de courbure, couverture maximale) et de préserver les structures paysagères (arbres isolés, haies, etc.) tout en minimisant les impacts sur la zone agricole et les surfaces d'assolement.

La variante définitive de son tracé et de son profil en long sont illustrés à l'annexe n°1257-3.3. Globalement, son tracé s'étire sur quelques 1'720 m linéaires, dont :

- environ 1'500 m linéaires à l'est sont enterrés pour minimiser les nuisances et l'emprise au sol ;
- environ 220 m linéaires à l'ouest sont aériens pour permettre la traversée du Veyron et de la RC167.

On distinguera, depuis son origine côté gravière des Bulles, deux configurations différentes pour le tronçon dit « aérien » :

1. Une première section d'environ 90m lin. (distances cumulées 0-89.1m) hors-sol nécessaire pour franchir le cours du Veyron et la route cantonale. Au droit de la parcelle 289, l'élévation hors-sol sera par ailleurs suffisante pour permettre le passage du bétail sous l'ouvrage. Il s'agira d'une structure métallique autoportante reposant sur des appuis isolés de 7.74m à 28m d'entraxe (annexe n°1257-3.5a).

2. Une seconde section d'environ 137m lin. (distances cumulées 89.1-222.6m) semi-enterrée. Le radier de l'ouvrage reposera sur l'encaissant à environ 2m sous le terrain naturel (annexe n°1257-3.5b).

Concernant la partie enterrée, la profondeur moyenne de l'ouvrage (radier) se situera à environ 4.5 m par rapport au terrain naturel, et sera au maximum de 5 m. La galerie, composée d'éléments en béton préfabriqués, sera recouverte d'environ 1.5m de terrain (remblai + horizons pédologiques).

L'annexe n°1257-3.4 représente le profil en long du convoyeur augmenté de la géologie prévisionnelle au droit de l'ouvrage projeté. Les données de sondage disponibles se localisent principalement aux deux extrémités de l'ouvrage projeté.

Ainsi, les appuis isolés du tronçon hors-sol seront fondés sur des terrains fluvioglaciaires et alluvionnaires (voir Figure 3). La nature de ces matériaux est généralement variable latéralement et verticalement mais ils devraient avoir une forte composante sablo-graveleuse, à l'image des matériaux rencontrés au droit du sondage Ch211 situé à proximité. Il n'est toutefois pas exclu d'y trouver des terrains de moindre capacité portante comme des alluvions récents limoneux. Le type de fondation sera déterminé au regard de la nature effective de l'encaissant. Cependant, une charge de prédimensionnement de 350 kN (ELU) au droit de chaque pile a été communiquée par le bureau Fehlmann. Compte tenu d'une géométrie projetée pour la fondation (2.5m x 1.0 m), la pression au sol serait de l'ordre de 140 kPa. On peut ainsi s'attendre à ce que ce taux de travail soit admissible pour des fondations superficielles courantes sur semelles pour un sol alluvionnaire. Compte tenu des données piézométriques à disposition, il est par ailleurs très probable que les fondations soient, au moins une partie de l'année, noyées dans la nappe. Il en sera tenu compte lors du dimensionnement des fondations. Le projet technique de détail de l'ouvrage, nécessaire dès l'étape 2, sera réalisé dès obtention du permis d'exploiter de la première étape.

Concernant le tronçon enterré central (distances cumulées 222.6-1304.1m), les données indirectes acquises par trainé électrique suggèrent l'absence de matériaux aquifères au droit de l'ouvrage. Il est donc très probable que, sur ce tronçon, la fouille nécessaire à la pose de l'ouvrage soit entièrement ouverte en moraine. Il n'est toutefois pas exclu qu'au niveau des points bas du

tracé, soit entre les linéaires cumulés 356 et 551m (annexe n°1257-3.4), la fouille atteigne le toit du rocher molassique.

Le dernier tronçon enterré (distances cumulées 1304.1-1728.2m) est situé en bordure du gisement graveleux de Gratteloup. Néanmoins, le modèle géologique élaboré dans le cadre de ce projet suggère, même si nous ne pouvons pas l'écarter totalement, que la fouille ne devrait pas atteindre le toit de l'horizon graveleux aquifère.

3.2 Hydrogéologie

La zone d'exploitation des Bulles est située en quasi-totalité en secteur A_u de protection des eaux, aucune zone S de protection des eaux ne se trouve à proximité immédiate du site (Figure 4).

Le tracé du convoyeur à bandes se situe quant à lui, pour sa moitié est, au droit du secteur A_u de protection des eaux en lien avec l'aquifère du Bois du Sépey, et, pour sa moitié ouest, en secteur üB. Le tronçon aérien terminal, côté gravière, se retrouve, au même titre que la gravière, en secteur A_u. La Figure 4 montre, au nord-est du tracé, les zones S de protection des eaux du futur puits de Vigny. Leur dimensionnement a été réalisé sur la base d'une étude hydrogéologique au début des années 2000 par le GEOLEP. Cette étude avait été menée dans le but de fixer les limites du projet de gravière de Gratteloup afin qu'il ne rentre pas en conflit avec une exploitation future des eaux souterraines.

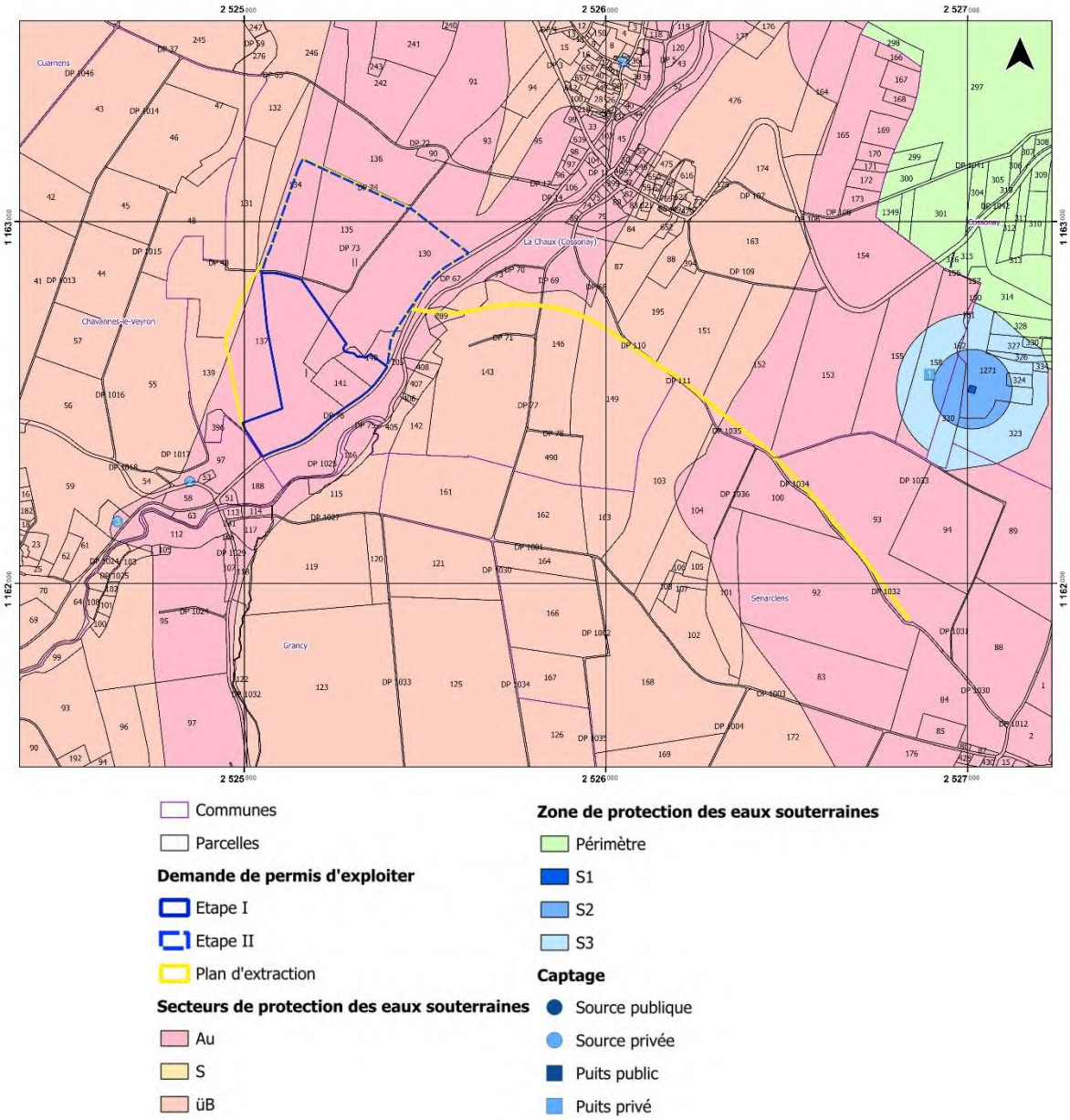


Figure 4 : Secteurs de protection des eaux et cours d'eaux.

3.2.1 Contexte hydrogéologique régional

La région de La Chaux est marquée par la présence locale d'aquifère graveleux plus ou moins bien développés et productifs, ils sont les suivants :

- le Bois du Sepey à Cossonay. Il s'agit du plus grand magasin aquifère à proximité du site des Bulles. La nappe qu'il renferme est exploitée localement pour l'alimentation en eau des communes voisines, il constitue une formidable ressource en eau potable pour la région ;

- le sillon de Cuarnens. Il s'étend de l'est de Montricher jusqu'à Prévondavaux (commune de La Chaux). Bien qu'il soit assez mal connu, il semblerait qu'il donne naissance aux sources de Prévondavaux qui exhaurent à la faveur du troncage du sillon par la vallée de

La Gèbre. Les sources de Prévondavaux sont exploitées par la ville de Lausanne pour l'eau potable ;

- Le site des Bulles. L'aquifère qu'il compose semble être le moins bien développé de la région, en effet aucune ressource majeure n'exploite cette nappe. Les forages réalisés dans le cadre de la reconnaissance du site montrent par ailleurs une nappe peu développée au doit du secteur.

3.2.2 Réseau de mesures hydrogéologiques

Le réseau d'observation comprend actuellement 9 piézomètres, le Ch1510 ayant été détruit par l'exploitant agricole en novembre 2017. Suite à la campagne de sondages de 2021, les piézomètres offrent aujourd'hui une bonne répartition à l'échelle du site de gravière. Ils permettent ainsi de suivre l'évolution des niveaux d'eaux souterraines et d'appréhender le comportement de la nappe au droit du site. Mentionnons toutefois qu'une incertitude demeure au droit de la limite sud-ouest du périmètre de la gravière. Ce point est plus largement abordé dans la suite de ce chapitre consacré à l'hydrogéologie.

Des mesures piézométriques sont réalisées à un rythme mensuel (annexe n° 1257-2.8) :

- depuis juillet 2015 au droit des ouvrages Ch156 à 1511 ;
- depuis mars 2021 sur les ouvrages Ch211 à 214.

3.2.3 Comportement de la nappe

Généralités

Les sables et graviers fluvioglaciaires qui se développent au droit du site sont perméables et donc aquifères. Le fond imperméable, constitué par la moraine de fond inférieure, intercepte les eaux qui percolent à travers la couche de gravier, l'eau s'écoule ensuite selon la morphologie du toit de l'imperméable, c'est-à-dire en direction du sud-est.

Au regard des données piézométriques de l'annexe n°1257-2.8, on remarque deux types de comportements représentatifs de deux contextes hydrodynamiques différents :

1. Le premier groupe est composé des piézomètres Ch158 et 1510, dits « amont ». Leur comportement est très monotone et les fluctuations de faibles amplitudes de leurs niveaux ressemblent à un bruit de fond difficilement corrélable aux précipitations. Il est ainsi raisonnable de penser que le niveau d'eau qui y est mesuré est représentatif de circulations ténues se produisant au toit de l'imperméable ;

2. Le second groupe correspond aux piézomètres Ch157, 159, 211 et 212 dits « aval », même si pour ce dernier le niveau d'eau a mis près d'une année pour se stabiliser, traduisant probablement un certain colmatage de la paroi du sondage (effet de peau) en cours de

travaux (nature argileuse de certains niveaux de l'encaissant). Le comportement de ce second groupe est représentatif d'une nappe à proprement parler, avec des fluctuations saisonnières de bonne amplitude (environ 2m), corrélées d'un ouvrage à l'autre et se faisant en réaction à une période pluvieuse. De manière générale, les hautes eaux s'opèrent entre janvier et avril et les basses eaux interviennent entre octobre et décembre. Ces ouvrages sont représentatifs de la nappe d'accompagnement du Veyron.

A noter que pour le piézomètre Ch158, il a été constaté un manque de cohérence entre les hypothèses faites concernant les écoulements souterrains marginaux, basées sur le suivi piézométrique à long terme, et la description géologique du forage, faisant état d'un réservoir relativement important d'environ 4 m de graviers saturés. Un nettoyage de l'ouvrage par airlift a été réalisé le 29 janvier 2025 afin de constater ou non une modification du niveau piézométrique. Les premières mesures ayant suivies le nettoyage du piézomètre ne font état d'aucun changement du niveau piézométrique, qui reste stable à une cote de 581 m.s.m., malgré la vérification de la fonctionnalité de l'ouvrage. L'hypothèse pouvant expliquer ce comportement piézométrique, plutôt caractéristique d'écoulements hypodermiques sur une surface étanche, serait la présence de niveau de graviers cimentés (« bétons naturels ») jouant le rôle de niveaux imperméables qui favorisent les écoulements hypodermiques, ralentissant l'infiltration des eaux en profondeur et empêchant alors le développement d'une nappe au sens strict. Ces niveaux cimentés sont régulièrement observés dans les exploitations de l'aquifère graveleux du Bois de Sépey, notamment en bordure de gisement.

Les piézomètres Ch156, 1511 et 213 semblent se situer à la frontière entre les deux groupes précédemment décrits. Bien que l'amplitude piézométrique y soit moindre que pour le second groupe, ils manifestent ponctuellement des pics lors des hautes eaux. En dehors des épisodes ponctuels de hautes eaux, ils atteignent vraisemblablement un niveau plancher auquel ils stagnent jusqu'au prochain épisode de hautes eaux. Il est ainsi probable qu'ils ne soient représentatifs de la nappe d'accompagnement du Veyron qu'en période de hautes eaux.

Le piézomètre Ch 214 est hors catégorie. Il a en effet été foré en dehors du gisement graveleux (cf. chapitre 3.1)) et son comportement est singulier.

A titre de comparaison, la piézométrie de la nappe du Bois du Sepey à Cossonay, mesurée au droit de l'ouvrage BSY géré par la section Mesures de la DGE-DIRNA-EAU, a été projetée sur le graphique piézométrique de l'annexe n°1257-2.8. De manière générale, la piézométrie de la nappe du Sepey est relativement bien corrélée avec celle de la nappe des Bulles, dont le second groupe précédemment décrit est représentatif. En effet, on constate que chaque aquifère présente la même évolution dans le temps, avec chaque pic de remontée ou de baisse qui est bien marqué. L'évolution piézométrique est liée directement aux précipitations, notamment en hiver qui marquent systématiquement les périodes de recharge des nappes. Les fortes pluies printanières ou estivales sont généralement moins marquées sur la piézométrie, en cause de l'augmentation des phénomènes d'évapotranspiration qui limitent la recharge efficace des aquifères. Bien que ces données mettent en évidence des systèmes aquifères comparables, ils n'en sont toutefois pas similaires et des différences sont à noter. On remarque par exemple que la piézométrie de la nappe des Bulles est plus réactive aux précipitations que celle du Sepey, qui est plus inertielle avec un retard en réaction aux précipitations de l'ordre de 3 mois environ. Cela se marque également sur les battements de la nappe, qui sont de l'ordre du mètre sur la nappe

des Bulles et de seulement 60 cm pour celle du Sepey. Ces différences s'expliquent notamment par la différence de taille des deux systèmes aquifères (cf. chapitre 3.1.1) et également par le positionnement des ouvrages de suivi piézométrique. En effet, dans le cas des Bulles, le périmètre d'extraction défini se positionne sur les bordures du système aquifère, qui par définition sont bien plus réactifs que le cœur de la nappe qui est plus inertiel. C'est ce que l'on peut supposer pour la nappe du Sepey, dont le système de suivi piézométrique est situé en plein cœur du sillon aquifère, large de près de 1.5 km. Ainsi, la comparaison avec la nappe du Sepey sert ici à comprendre et à vérifier la cohérence des données vis-à-vis du fonctionnement global du système aquifère, mais les deux systèmes ne peuvent être comparés en tout point.

En termes d'hydrodynamique, et compte tenu des données aujourd'hui disponibles sur les ouvrages existants, la localisation du seuil marquant la séparation entre les deux types de milieux, dont les deux groupes de piézomètres précédemment décrits sont représentatifs, n'est pas connue avec précision. En revanche, les deux campagnes de tomographie électrique de 2016 et 2022 (annexe n°1257-2.4) ont permis de définir la géométrie du fond imperméable au droit de la zone comprise entre les sondages amonts et les sondages avals.

En première approche, soit au stade du rapport d'enquête préliminaire (rapport n°/réf. : 1257-EP-02 du 22 septembre 2022), les niveaux d'eau entre les piézomètres amonts et avals avaient été basiquement triangulés. Le gradient qui en résultait était de l'ordre de 10%. De plus, en comparant ce premier modèle piézométrique au modèle du toit de l'imperméable obtenu par tomographie électrique, il apparaissait que la tranche de gravier saturée représentait une épaisseur de plusieurs mètres voir plus de 10m localement. Si l'on tient compte de la perméabilité des graviers aquifères estimée au chapitre suivant : « Estimation de la perméabilité des formations », le débit de la nappe sur l'emprise du projet serait de l'ordre de 10'000 à 40'000 l/min. Bien qu'il s'agisse d'un ordre de grandeur, cette estimation permet de se rendre compte que ce modèle n'est pas réaliste.

Ainsi, un second modèle a été élaboré. Celui-ci a été réalisé par extrapolation, à gradient constant, de la piézométrie de la nappe d'accompagnement du Veyron. La piézométrie de la nappe d'accompagnement du Veyron a été définie par interpolation entre les niveaux d'eau au droit des piézomètres avals et les cotes du fil de l'eau du Veyron. Le gradient y est de l'ordre de 2.5 à 3% en hautes eaux. Le plan ainsi obtenu a été prolongé en direction de l'ouest jusqu'à venir mourir contre le fond étanche dont la géométrie découle des données de tomographie électrique (voir chapitre 3.1.2). La piézométrie au-delà du seuil nappe / fond étanche, à l'ouest, correspond à la géométrie du fond étanche lui-même. L'annexe n°1257-2.9 représente la piézométrie de la nappe au sens strict (s.s.) et les isohypses des écoulements se produisant au toit de l'étanche, dans la zone d'alimentation. Pour ce second modèle, l'estimation du débit de la nappe selon les critères précédemment énoncés donne une valeur comprise entre 2'000 et 3'000 l/min. Cet ordre de grandeur est bien plus réaliste que celui obtenu dans la configuration du premier modèle.

Estimation de la perméabilité des formations

Sables et graviers fluvioglaciaires

La méthode de Hazen permet, sur la base de la courbe granulométrique des forages, de donner une estimation de la perméabilité des matériaux. Hazen a établi la relation suivante (1) :

$$K\ (m/s) = C1 * D_{10}\ (cm)^2 \qquad (1)$$

Avec :

- *K* le coefficient de perméabilité ;
- *C1* une constante de l'ordre de 100 à 150 ;
- D_{10} le diamètre de la fraction correspondant à 10% de l'échantillon.

Remarque : les matériaux fluvioglaciaires en question se trouvent en théorie en dehors du domaine de validité de la relation de Hazen. En effet, elle ne s'applique qu'à des sédiments homogènes granulométriquement, mais cette condition est très rarement respectée dans la nature. La valeur de perméabilité calculée est donc à considérer comme un ordre de grandeur.

Le D_{10} de l'ensemble des forages correspond globalement à 63 µm, soit une perméabilité théorique de 4.10^{-3} m/s. L'expérience sur d'autres sites avec une qualité de matériaux comparable montre qu'une valeur de 1.10^{-3} m/s est raisonnable. Cette valeur sera retenue pour la suite du raisonnement.

Moraine de fond supérieure

L'application de la méthode de Hazen pour la détermination de la perméabilité de la moraine de fond n'est pas applicable. Ce type de matériaux renferme en effet une proportion de limons (silts granulométriquement parlant) supérieur à 30%, le D_{10} n'est par conséquent pas connu.

Abu-Hassanein et al (1996)[4] donne de manière empirique la relation qui existe entre la résistivité électrique d'un matériaux argileux et sa perméabilité (Figure 5). La moraine de fond ne répond pas directement à la caractérisation "d'argile" au sens strict bien qu'elle renferme une grosse proportion de cette fraction granulométrique, elle était d'ailleurs appelée argile à blocaux par les anciens auteurs. La relation d'Abu-Hassanein est donc utilisée ici comme un ordre de grandeur de la perméabilité de la moraine de fond supérieure.

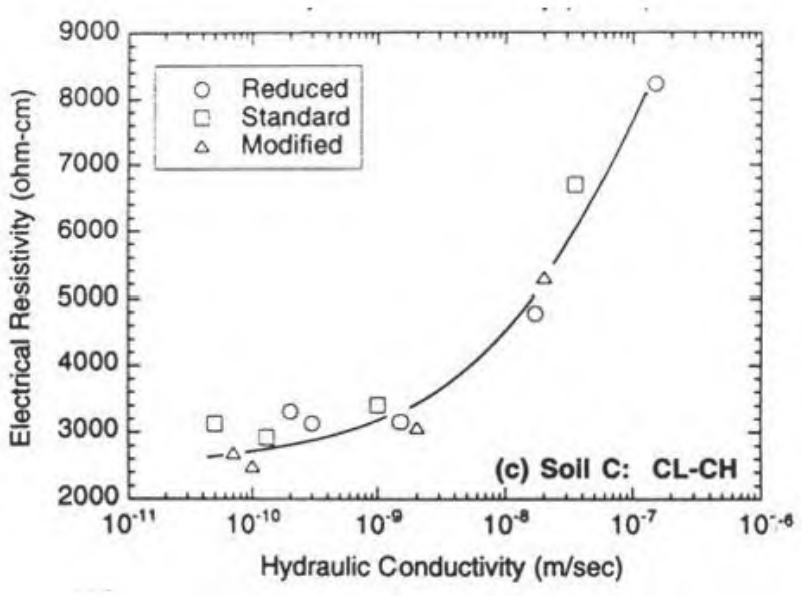


Figure 5 : Relation entre la perméabilité et la résistivité électrique (Abu-Hassanein et al 1996).

La résistivité électrique de la moraine de fond mesurée dans le cadre des campagnes de tomographie électrique se situe en moyenne un peu en dessous des 100 ohm.m. La perméabilité peut ainsi être estimée à une valeur se situant autour de 5.10^{-7} m/s. Cette valeur est cohérente avec celles que l'on trouve dans la littérature[3].

3.2.4 Piézométrie et calcul des hautes eaux décennales

Conformément aux exigences fédérales, la détermination des côtes du fond d'exploitation se base sur le niveau des hautes eaux décennales de la nappe, auquel s'ajoute une couche de matériaux d'au moins 2 m destinée à sa protection.

Afin de satisfaire à ses exigences, une analyse statistique des données piézométriques selon la loi d'ajustement statistique de Gumbel (annexe n°1257-2.10) a été entreprise afin de déterminer pour chaque piézomètre la cote des plus hautes eaux décennales.

Notons ici que les chroniques piézométriques au niveau des ouvrages Ch211 à 214 ne sont pas suffisantes pour que les niveaux décennaux calculés soient statistiquement représentatifs. Les calculs de l'annexe n°1257-2.10 relatifs à ce groupe de piézomètres sont donc à considérer comme des ordres de grandeur. Mentionnons encore que quand bien même les niveaux calculés ne sont pas représentatifs, à Ch211, 212 et 213, ils sont cohérents avec les chroniques plus anciennes du réseau de piézomètres posés en 2015 et permettent de contraindre localement la piézométrie et par conséquent d'obtenir un fond d'exploitation mieux étayé, plausible et réaliste.

La campagne de tomographie électrique 2022 a montré que la limite ouest du gisement est relativement éloignée du piézomètre Ch214. Son niveau décennal est donc donné à titre indicatif, il n'est pas représentatif de la nappe.

[3] L. Kiraly (1973) - NOTICE EXPLICATIVE DE LA CARTE HYDROGÉOLOGIQUE DU CANTON DE NEUCHATEL

Pour l'ancien réseau de piézomètres (Ch156 à 1511), la série de mesures comprend l'intervalle juillet 2015 – juin 2024, soit 9 années civiles. A l'exception de Ch1510 mesuré sur la période juillet 2015 – octobre 2017, soit un peu plus de 2 années civiles.

Pour les ouvrages réalisés en 2021, les chroniques ne couvrent actuellement que la période mars 2021 – juin 2024, soit près de 3.3 années civiles.

La DGE avait émis des doutes quant à la représentativité encore discutable des périodes de mesure lors de l'examen préalable. Toutefois, la mise à jour des calculs des hautes eaux décennales prend en compte la période automnale et hivernale 2023/2024, sur laquelle ont été enregistrée une pluviométrie relativement exceptionnelle. En effet, entre les mois de septembre et 2023 et janvier 2024, soit la période la plus favorable pour la recharge de la nappe, on observe un cumul de pluie de 622 mm sur 5 mois, soit un excédent pluviométrique de plus de 60 % vis-à-vis des normales 1990-2020. Malgré cette pluviométrie importante, les hautes eaux atteintes sur cette période ne définissent pas les maximas mesurés pour le réseau de suivi. Ces mesures permettent de conforter les calculs des hautes décennales, en montrant la capacité de la nappe des Bulles à conserver des niveaux de hautes eaux relativement stables malgré la survenue d'évènements pluvieux exceptionnelles.

La carte piézométrique illustrée à l'annexe n°1257-2.9 représente le nouveau modèle hydrogéologique décrit au chapitre 3.2.3.

Bien qu'elle ne représente pas une réalité physique puisqu'elle découle d'un calcul statistique, la piézométrie décennale a été adaptée au nouveau modèle de manière à servir de base pour la définition d'un fond d'exploitation plausible et réaliste

3.2.5 Sources et captages

Le cadastre cantonal des sources (CCS) répertorie quelques points d'eau à proximité du projet (Figure 4). Il s'agit pour les plus proches de captages privés (annexe n°1257-2.11) utilisés, selon le CCS, pour :

- l'arrosage ponctuel (524/162-1) ;
- l'abreuvage du bétail et l'alimentation d'une fontaine (524/162-2) ;
- en cas d'incendie (526/163-3) ;
- seule alimentation en eau de la ferme en l'absence de raccordement au réseau (524/162-3).

Certains ne sont plus utilisés et leurs eaux finissent au drainage (525/163-1 et 2).

Les captages d'intérêt public les plus proches sont ceux de Prévondavaux situés à environ 2 km au nord du projet de gravière et à une altitude voisine de la plaine du Veyron à proximité du périmètre du projet. Les sources de Prévondavaux captent les eaux qui exhaurent à la faveur de la profonde incision qu'inflige la vallée de la Gèbre à travers l'extrémité nord-est du sillon de Cuarnens (cf. chapitre 3.1.1), et de manière plus ou moins orthogonale. Les sources de Prévondavaux se situent toutes en rive gauche du cours de la Gèbre.

Les sources de Prévondavaux n'ont vraisemblablement aucun lien avec le périmètre du projet, de plus, la piézométrie de la nappe au droit du site traduit une direction d'écoulement opposée aux captages, soit vers le sud-est.

Evoquons ici la présence d'une source autrefois captée au pied du talus, en bordure de la plaine du Veyron. Cette source n'a pas été répertoriée au cadastre cantonal des sources, elle devait servir autrefois à l'alimentation de la fromagerie située de l'autre côté de la route cantonale. Nous ne disposons que de très peu d'information sur cette venue d'eau, on notera toutefois que la servitude associée à la prise d'eau date de 1898. La conduite d'adduction est probablement composée d'une coulisse en pierres sèches. Compte tenu de sa position et de son altitude, on peut supposer qu'elle capte des eaux superficielles associées au ruissellement hypodermique. Un sondage pédologique (S20) fait d'ailleurs apparaitre dans ce secteur un horizon limoneux très hydromorphe directement sous l'horizon A. Les sondages pédologiques S18 et S19 situés également dans la plaine font au contraire apparaitre un horizon graveleux en contact avec la terre végétale.

Le long du tracé du convoyeur, aucun ouvrage n'est recensé. On mentionnera à nouveau la présence des zones S du futur puits de Vigny à proximité du périmètre du projet de gravière de Gratteloup et du départ du convoyeur à l'est.

3.3 Hydrologie

Le site du présent projet se localise dans le bassin versant de la Venoge et du Veyron.

Le Veyron est situé à proximité immédiate du projet de gravière "Les Bulles". Il fait l'objet d'un Plan de protection (PAC Venoge). Le projet de gravière se maintient hors de la zone protégée des couloirs de la Venoge et du Veyron, afin de pas impacter la dynamique du cours d'eau et ses fonctions pour la biodiversité. Cette zone sera néanmoins traversée ponctuellement par le convoyeur aérien. L'espace réservés aux eaux (ERE) du Veyron est également traversé par le convoyeur aérien. La localisation du convoyeur et des piliers de soutènement a été définie de manière à minimiser les impacts sur cette surface (voir chapitre 3.6.2 et annexe n°1257-3.5a).

3.4 Climatologie et bilan hydrologique

Ce chapitre a pour objectif de définir le volume de précipitations qui participe à l'alimentation de la nappe et qui devra être garanti après le réaménagement ; ceci afin de proposer, au chapitre 3.6.9 une solution rationnelle pour y parvenir.

L'analyse menée dans le présent chapitre se base sur les données de la période 2013-2016. Les séries de données après 2016 sont incomplètes et ne permettent pas de prolonger l'analyse au-delà de cette période.

On peut schématiser le phénomène continu du cycle de l'eau en trois phases :

- les précipitations ;

- le ruissellement de surface et l'écoulement souterrain ;
- l'évapotranspiration (évaporation et transpiration des végétaux).

L'équation du bilan hydrologique sous sa forme la plus simple s'exprime de la manière suivante, pour une période et un bassin donné :

$$P = I + R + ETR \quad (2)$$

Avec :
P : précipitations sur la période (liquide et solide) (mm)
I : Infiltration profonde représentant la ressource accumulée à la fin de la période (mm)
R : ruissellement de surface et écoulements de subsurface (mm)
ETR : évapotranspiration réelle (mm)

Le bilan hydrologique de la région a été mené sur la base des données acquises à la station de Goumoëns, station la plus proche géographiquement et équipée d'une cellule de mesure du rayonnement (station Campbell). Ce paramètre permet le calcul de l'évapotranspiration potentielle (ETP).

L'altitude de la station de Goumoëns (610 m.s.m), voisine de celle du site des Bulles (590 m.s.m), et distante de 12 km, suppose que les paramètres climatiques rentrant en compte dans le calcul du bilan doivent être très voisins d'une station à l'autre. Ainsi, les proportions du bilan imputées à l'évaporation et au ruissellement hortonien horaire calculés à Goumoëns ont été appliquées au calcul du bilan du secteur des Bulles ramenées aux précipitations annuelles mesurées à Cossonay.

3.4.1 Précipitations

Les hauteurs de précipitation moyennes mensuelles interannuelles sur la période 1980 – 2017 à la station de Cossonay sont indiquées ci-dessous[4] :

Tableau 3: Précipitations mensuelles moyennes interannuelles (1980 – 2017) à la station de Cossonay.

Mois	jan	fev	mars	avr	mai	juin	juil	aôut	sept	oct	nov	dec
Moy. (mm)	**74**	**71**	**70**	**64**	**83**	**93**	**70**	**84**	**70**	**70**	**80**	**80**

Les totaux mensuels fluctuent autour de la valeur moyenne de 76 mm :

+ 22.8% pour juin ;
-15.5% pour avril.

La moyenne interannuelle de précipitations pour la même station s'élève à 947 mm sur la période 1980 – 2017.

Le calcul du bilan hydrique a été réalisé sur la période 2013 – 2016. Les précipitations annuelles à la station de Cossonay sur la période sont les suivantes [5] :

[4] Source : Météosuisse
[5] Source : Météosuisse

Tableau 4: Précipitations annuelles moyennes à la station de Cossonay.

Année	2013	2014	2015	2016
Moy. annuelle (mm)	1210	969	763	1007

3.4.2 Ruissellement

Le ruissellement sensu stricto correspond à la part d'eau qui chemine à la surface du sol au cours d'une pluie. Or, une part non négligeable de précipitations chemine quasi horizontalement dans les couches supérieures du sol pour réapparaitre à l'air libre à la rencontre d'un chenal d'écoulement. Ce type d'écoulement est appelé ruissellement de subsurface ou hypodermique. La présence d'une couche relativement imperméable à faible profondeur favorise ce genre d'écoulement[6].

Compte tenu de la faible perméabilité de la moraine présente en surface (environ 5.10^{-7} m/s, cf. chapitre 3.2.3), le ruissellement, correspondant à l'écoulement de surface et de subsurface, a été calculé selon la méthode de Horton[7]. Cette méthode traduit le fait que le ruissellement se produit lorsque la capacité d'infiltration du sol est dépassée (ruissellement hortonien), dans le cas présent c'est la couche la moins perméable du sol, la moraine, qui régit le phénomène.

Une perméabilité de 5.10^{-7} m/s (cf. chapitre 3.2.3), autorise un débit d'infiltration de 1.8 l/h/m^2.

Le calcul du ruissellement hortonien a été mené sur la base des données pluviométriques horaires à la station de Goumoëns[8]. Ainsi, le ruissellement se produit lorsque l'intensité de la pluie dépasse 1.8 mm/h. La somme des volumes horaires ruisselés au cours des années 2013 à 2016 figure dans le Tableau 5. Par ailleurs, à titre de comparaison, le calcul du ruissellement selon les prescriptions de la norme SNV 640 351 (évacuation des eaux des biens-fonds) figure également au Tableau 5.

Tableau 5: Calcul du ruissellement selon plusieurs méthodes.

	Prec. Goumoëns	R (normes)	R (Horton)
Unité	mm	mm	mm
2013	1036.6	207.3	315.0
2014	1033.6	206.7	274.8
2015	634.6	126.9	147.4
2016	949.8	190.0	221.6
moy	913.7	182.7	239.7
R/P	-	0.20	0.26

On constate que dans le cas du site des Bulles, le ruissellement selon la norme est sous-estimé de 6% par rapport au ruissellement hortonien calculé selon un pas de temps horaire. Le calcul

[6] Pr. MUSY A., 2005 - EPFL, Hydrologie Générale, chapitre 5 « l'infiltration et les écoulement ».
[7] Horton R., 1933 - The role of infiltration in the hydrologic cycle. American Geophysical Union Transactions 14.
[8] Source : agrométéo.ch

selon la norme ne tient pas compte de la perméabilité de l'encaissant, il s'agit d'avantage d'un ordre de grandeur. Par conséquent c'est le ruissellement hortonien qui sera utilisé dans la suite du raisonnement.

L'eau ruisselée selon le phénomène hortonien vient alimenter pour partie le réseau de drains agricoles situé au sud-ouest du site, et pour le reste chemine jusqu'au point bas du secteur représenté par la plaine du Veyron, où elle s'infiltre de manière diffuse dans les graviers présents à faible profondeur (cf. chapitre 3.1.2). Le ruissellement hypodermique peu réapparaitre ponctuellement à la faveur du talus qui court le long de la plaine du Veyron, des suintements peuvent même être visibles à certains endroits.

3.4.3 Evapotranspiration

Le terme d'évapotranspiration englobe l'évaporation directe de l'eau du sol et la transpiration des plantes. Ces deux phénomènes ont pour effet de rendre une partie de l'eau des précipitations à l'atmosphère.

Le calcul de l'évapotranspiration réelle (ETR), basé sur celui de l'évapotranspiration potentielle (ETP) [9] a été mené pour une réserve utile (RU) de 100 mm, correspondant à un sol épais[10].

Le calcul des ETR mensuels pour les années 2013 à 2016 est donné en annexe n°1257-2.11. Le tableau 8 suivant synthétise les sommes annuelles des ETR calculés à un pas de temps mensuel (ETR Σmens.) et donne également les ETR annuels calculés selon la méthode de Turc (ETR Turc) avec l'équation (3) :

$$ETR\ annu. = P / (0.9 + P^2 / L^2)^{½} \qquad (3)$$

Avec :
ETR annu. : Evapotranspiration réelle annuelle en mm
P : Précipitations annuelles en mm
L : fonction de la température (T en °C), $L = 0.05T^3 + 25T + 300$

Remarque : le calcul de l'évapotranspiration donné au tableau 8 vaut pour une culture à la végétation abondante, en pleine croissance et couvrant totalement un sol bien pourvu en eau. La température est le paramètre principal qui régit le calcul de l'ETP et donc celui de l'ETR. Ceci implique que lors des mois d'hiver, l'évapotranspiration calculée est quasi nulle.

[9] L'évapotranspiration potentielle est une valeur climatique représentant la quantité d'eau maximale que cède à l'atmosphère, par transpiration et par évaporation du sol, une culture à la végétation abondante, en pleine croissance et couvrant totalement un sol bien pourvu en eau. Elle est calculée selon la formule de Turc, en fonction de la température à 2m et du rayonnement (station Campbell).
[10] Selon FAL 1997

Tableau 6: Calcul de l'ETR à Goumoëns.

	Prec. Tot.	Temp. moy.	ETP	ETR (Turc)	ETR (Σmens.)
Unité	**mm**	**ºC**	**mm**	**mm**	**mm**
2013	1036.6	9.1	519.8	502.0	471.8
2014	1033.6	10.6	573.3	541.8	547.9
2015	634.6	10.7	606.1	458.1	442.5
2016	949.8	9.9	533.7	512.1	521.7
moy	913.7	10.1	558.2	503.5	496.0
ETR/P	-	-	-	0.55	0.54

On constate que les valeurs d'ETR annuels calculés selon la méthode de Turc et selon la méthode classique mensuelle sont très proches les unes des autres.

En moyenne, 54 % des précipitations sont restituées à l'atmosphère par évapotranspiration.

A titre de comparaison, le professeur MUSY du laboratoire d'écohydrologie de l'EPFL[11] donne une estimation de l'évapotranspiration à 57% du volume des précipitations en tenant compte de la latitude et de l'occupation du sol.

3.4.4 Infiltration et bilan

Connaissant désormais les paramètres de précipitations, de ruissellement et d'évapotranspiration, l'infiltration peut être déduite simplement en reformulant l'équation (2) exposée au début du présent chapitre :

$$I = P - (R + ETR) \qquad (4)$$

Le Tableau 7 suivant présente le bilan hydrologique de la région de Goumoëns.

Tableau 7: Calcul du bilan hydrologique à Goumoëns.

	Prec. Tot.	ETR (mens.)	R (Horton)	I (Horton)
Unité	**mm**	**mm**	**mm**	**mm**
2013	1036.6	471.85	315.0	249.75
2014	1033.6	547.92	274.8	210.88
2015	634.6	442.48	147.4	44.72
2016	949.8	521.66	221.6	206.54
moy	**913.65**	**495.98**	**239.70**	**177.97**
I / P	-	-	-	0.20

Le Tableau 8 ci-dessous résume les proportions moyennes de précipitations imputables à chacun des paramètres pour le respect de l'égalité du bilan hydrologique.

[11] Prof. MUSY A., EPFL, LABORATOIRE D'ECOHYDROLOGIE, 2005 - Hydrologie Générale

Tableau 8: Proportions moyennes de précipitations imputables à chaque paramètre du bilan hydrologique.

ETR	Ruiss.	Infiltr.	
% P	% P	% P	Somme
54.0	26.0	20.0	100.0

La distribution des quantités de précipitations aux différents paramètres apparait comme cohérente au regard du contexte local.

Le périmètre du Plan d'extraction du projet de gravière des Bulles occupe une superficie d'environ 30.1 ha, ainsi, en moyenne à l'échelle du site, les volumes d'eau en jeu en fonction des différents paramètres sont les suivants (Tableau 9) :

Tableau 9: Volumes en jeu pour le site des Bulles.

	ETR	R	I	Somme
l/an/m2	509	245	189	943
m3/an	153 000	74 000	57 000	284 000

La hauteur annuelle moyenne de précipitations à Cossonay est de 947 mm, ce qui équivaut à un volume précipité d'environ 284'000 m^3 à l'échelle du site.

Selon nos estimations, dans l'état actuel, le volume annuel qui s'infiltre directement au droit du site correspond à environ 57'000 m^3, le volume annuel qui ruissèle puis s'infiltre dans la plaine du Veyron est environ de 74'000 m^3. Le volume annuel total qui participe à l'alimentation de la nappe d'accompagnement du Veyron est ainsi de 131'000 m^3 environ.

Il est évident que les chiffres évoqués sont à considérer comme des ordres de grandeur permettant de dégrossir la problématique liée au bilan hydrologique. En aucun cas ils ont la prétention de refléter avec précision la réalité du terrain.

Dans la mesure où l'entier du volume de précipitations qui n'est pas évapotranspiré participe à l'alimentation de la nappe, il s'agira de le garantir après réaménagement. Le chapitre 3.6.9 propose une solution rationnelle pour y parvenir.

3.5 Dangers naturels

Les cartes de dangers naturels disponibles ont été principalement réalisées dans les zones urbaines et l'emprise du projet n'a probablement pas encore été étudiée en détail.

Néanmoins, les cartes indicatives des dangers font apparaitre des aléas de glissements de terrain, de chute de pierre et d'inondation dans l'emprise même de la gravière. Toutefois, ces cartes sont générées automatiquement par traitement informatique sur la base de la pente des talus, elles ne reflètent donc pas la réalité du terrain dans la mesure où elles ne découlent pas d'études in-situ. Notons enfin que la couche superficielle du talus qui peut être sujette à solifluction sera décapée, mettant ainsi fin au phénomène.

3.5.1 Glissement de terrain

La carte indicative des glissements de terrain spontanés présente une zone instable dans l'emprise du projet de gravière. Les glissements sont susceptibles de survenir sur le talus actuel, dû notamment, aux pentes importantes. Le projet prévoit de supprimer le talus actuel et d'en recréer un autre, un peu plus proche de la route. L'exploitation du site puis sa restitution n'auront pas d'impact négatif sur cette potentielle instabilité de terrain dans l'emprise ou sur les instabilités de la plaine alentour (Figure 6).

La carte indicative des glissements de terrain n'indique aucune zone problématique tout au long du tracé du convoyeur.

Des glissements de terrains permanents sont par contre répertoriés à l'est de la gravière et au sud du tracé du convoyeur, sur la rive gauche du *Veyron* mais aussi, à large échelle, au nord-ouest et au sud-ouest du projet. Seul le glissement à l'est est caractérisé comme étant actif, contrairement aux autres qui ne sont que peu actifs.

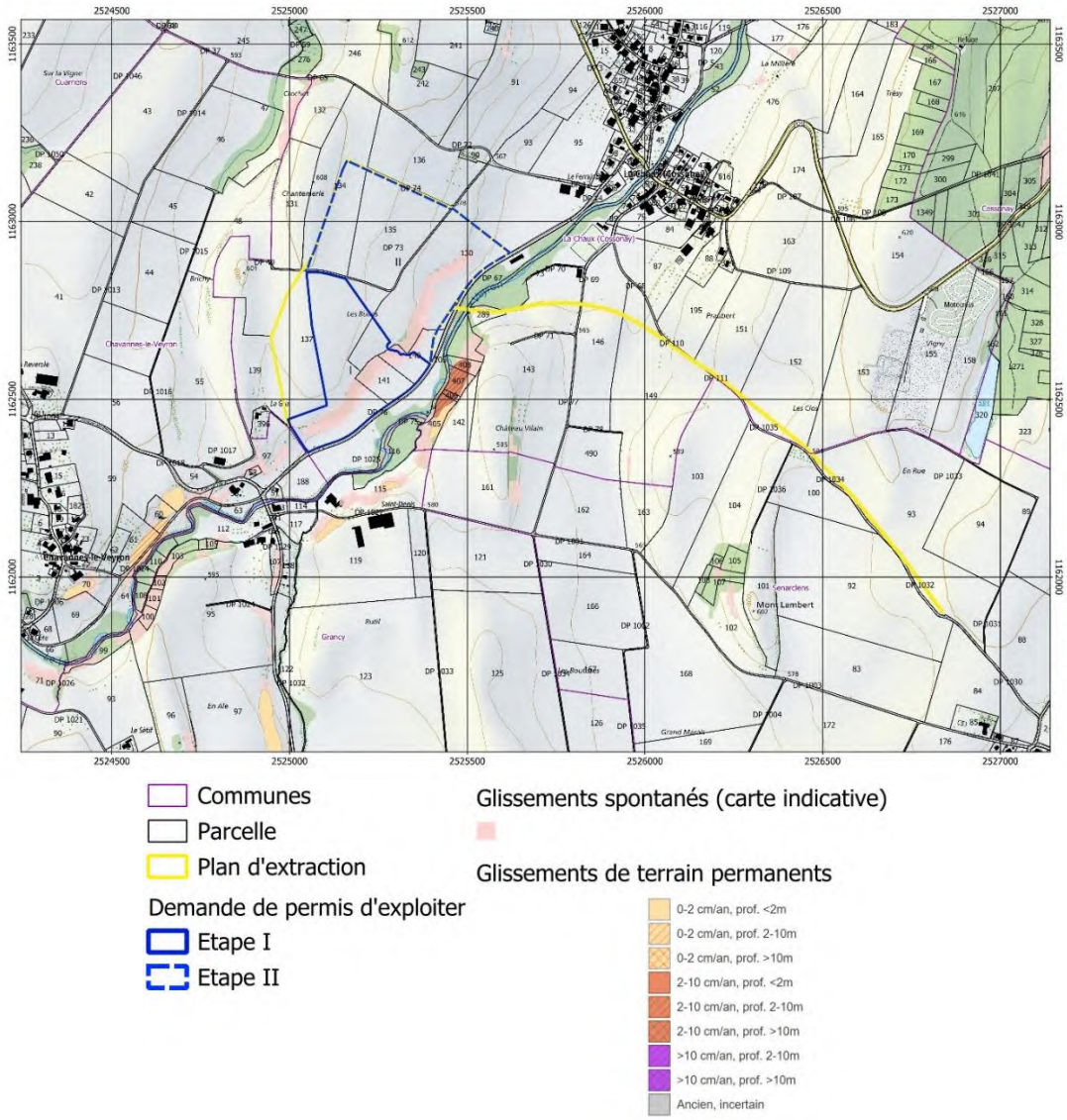


Figure 6 : Carte indicative des glissements de terrain spontanés et glissements de terrain permanents

3.5.2 Chute de pierre

La carte indicative des chutes de pierre présente une zone instable dans l'emprise du projet de gravière. Les chutes de pierres sont susceptibles de survenir sur le talus actuel notamment dans la forêt, dû notamment, aux pentes importantes. Le projet prévoit de supprimer le talus actuel et d'en recréer un autre, un peu plus proche de la route. L'exploitation du site puis sa restitution n'auront pas d'impact négatif sur ces instabilités dans l'emprise ou sur les instabilités de la plaine alentour (Figure 7).

La carte indicative des chutes de pierre n'indique aucune zone problématique le long du tracé du convoyeur.

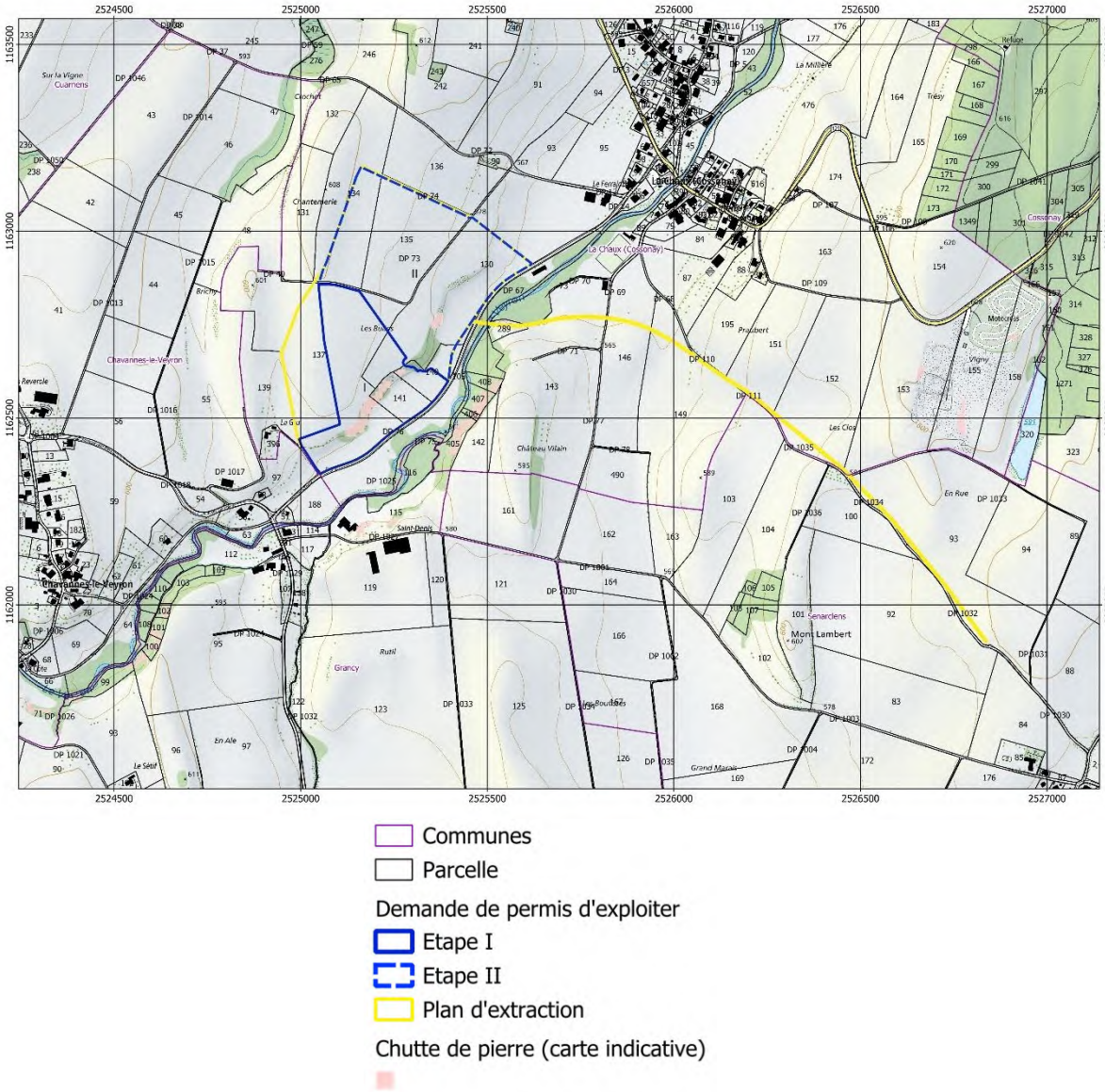


Figure 7 : Carte indicative des chutes de pierre

3.5.3 Inondations

La carte indicative des inondations par les crues présente une zone sujette dans l'emprise du projet de gravière, au sud. Les inondations sont susceptibles de survenir sur le plateau actuel entre le Veyron et la route dû à la présence de la rivière. Le projet prévoit une modification topographique durant l'exploitation et à son terme. Aucun changement ou influence sur le lit du Veyron n'aura lieu avant, pendant ou après l'exploitation. Par conséquent cette modification topographique ne devrait pas avoir d'impact sur ce risque dans l'emprise ou sur les risques pour le reste de la plaine (Figure 8).

La carte indicative des inondations par les crues indique une zone potentiellement sujette à l'inondation le long du tracé du convoyeur, lorsque celui-ci rejoint la gravière « Les Bulles ». Cette portion du convoyeur sera aérienne et sera hors d'atteinte du cours du Veyron. L'installation du convoyeur n'aura aucune influence sur les risques d'inondation que ce soit dans le périmètre du projet ou pour la totalité de la plaine.

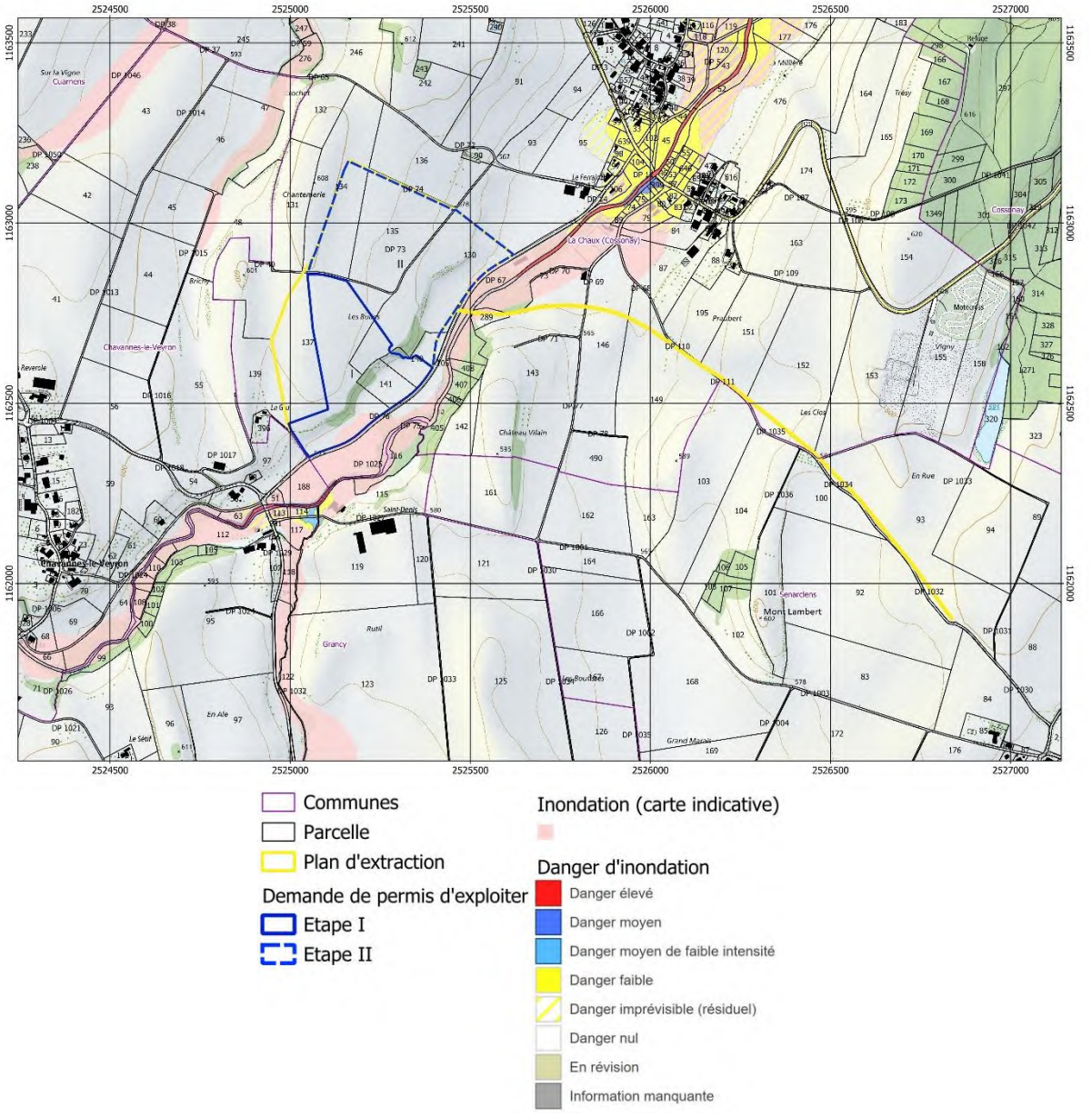


Figure 8 : Carte indicative des inondations par les crues et des dangers d'inondations par les crues

A proximité, il existe selon la carte synthétique des dangers naturels un risque élevé de crue lié au cours d'eau du *Veyron.* Il est très probable que ce risque se prolonge sur tout le tronçon du *Veyron* entre La Chaux et Saint-Denis, à l'est du projet et au croisement du tracé du convoyeur. Toutefois, nous pouvons apporter les éléments suivants :

- l'étude relative à l'élaboration de la carte des dangers représentée montre manifestement que les risques élevé et moyen se limitent au strict cours du Veyron dans les zones étudiées ;
- les zones inondables "Aquaprotect" (OFEV) représentent une vue d'ensemble sommaire, à échelle nationale, des zones potentiellement inondables lors de rares voire de très rares débits de crue. La base de données Aquaprotect fait apparaitre que la zone de plaine concernée par le remblaiement se situe théoriquement hors de portée d'une crue centennale, elle pourrait potentiellement être atteinte par une crue de temps de retour 250 ans ;
- la gravière sera environ 4 à 5 mètres plus haut que le lit du cours d'eau ;
- l'absence de levée de berge en bordure du Veyron laisse à penser que celui-ci ne sort que très rarement de son lit. En effet, les levées de berge, sorte de bourrelets d'accumulation sableuse, se forment au cours du débordement du cours d'eau par diminution de la compétence du courant lors de la sortie du lit ;
- les sols étudiés dans le cadre de la campagne de sondages pédologiques ne montrent aucun indice laissant penser qu'ils sont sujet à des crues récurrentes.

3.6 Description du projet

3.6.1 Périmètre du projet

Le périmètre proposé relatif au Plan d'extraction sur le site de la gravière comprend le périmètre d'exploitation (graviers et remblais) et les surfaces servant aux installations annexes (bureau, pont de pesage, stockage, trémie, concasseur primaire, crible, bande transporteuse, etc…), ainsi que les accès au site et les surfaces de stockage des sols. Sa délimitation se fonde principalement sur le potentiel du gisement, estimé sur la base des forages et relevés de terrain disponible. Il couvre ainsi une superficie d'environ 29.8 ha, dont la localisation est illustrée à l'annexe n° 1257-3.1. Selon les échanges avec la DGE-GEODES, le tracé du convoyeur est également compris dans le périmètre du PEX. La surface totale du PEX est d'environ 30.1 ha.

La demande simultanée de permis d'exploiter ne comprend que le périmètre d'exploitation, divisé en deux étapes consécutives. Le périmètre d'exploitation s'inscrit dans le périmètre du Plan d'extraction, dont il diffère par la soustraction des distances de sécurité à respecter vis-à-vis des contraintes territoriales (voir chap. 3.6.7 et 3.6.8), des zones destinées uniquement au stockage de terres végétales, de découverte, de la butte temporaire arborisée et de l'emprise du convoyeur. Il couvre ainsi une aire d'environ 25.6 ha, dont la localisation est également illustrée à l'annexe n° 1257-3.1.

En termes d'aménagement, le projet nécessite une affectation temporaire des sols, via l'approbation du projet de Plan d'extraction par les autorités, avec un retour automatique selon les affectations définies au chapitre 3.6.8 lors de la reconnaissance finale.

3.6.2 Convoyeur a bande

Généralités et coordination avec le site de « Gratteloup »

L'accès au site est prévu par la route pour les 5 premières années (première étape) puis sera essentiellement assuré par un convoyeur à bande tubulaire qui acheminera les matériaux jusqu'à la future gravière de Gratteloup sur une distance de près de 2 km, pour autant que cela soit économiquement supportable. Depuis ce site, un second convoyeur (aménagé dans le cadre du projet d'exploitation de Gratteloup SA et non présenté ici) permettra d'acheminer les matériaux jusqu'à la zone industrielle d'Aclens/Vufflens-la-Ville sur une distance de près de 6 km. Il est prévu que 90% des matériaux de remblais et de graviers soient acheminés par ces ouvrages. Les 10 % restants seront acheminés par la route. Ces volumes seront réservés pour des besoins locaux, pour des matériaux peu structurés ne pouvant être transportés par le convoyeur (matériaux fluants ou blocs de gros diamètres par exemple) ou pour les périodes d'entretien de l'ouvrage.

La technologie retenue de convoyeur à bande tubulaire permet le transport simultané de ces deux types de matériaux (brin montant / brin descendant), ce qui contribue pour une part importante à l'efficacité énergétique du système, la charge descendante générant de l'énergie.

L'essentiel du tracé sera enterré dans un tunnel de petite section (assimilable à une grosse conduite), mais certaines contraintes, notamment la traversée du Veyron et de la route cantonale, imposeront toutefois un premier tronçon aérien.

Figure 9 : Exemple de convoyeur tubulaire dans un tunnel

Dans un convoyeur tubulaire, la bande, après avoir reçu les matériaux, est refermée sur elle-même (Figure 9). Ceci permet d'une part une meilleure rétention de matériaux (pas de fuite, de

perte, ou d'émission de poussière) et donne d'autre part une meilleure capacité d'inflexion à la bande dans le plan horizontal, autorisant des rayons de courbure de l'ordre de 300 m. La capacité actuellement à l'étude permettra d'acheminer jusqu'à 300 à 500 tonnes de matériaux par heure, dans les deux sens, avec des vitesses variant de 2 à 5 m/s.

L'aménagement de cet ouvrage jusqu'au site de Gratteloup permettra de réduire les nuisances liées au trafic routier à travers les villages environnants. Les sociétés Gratteloup SA et Orllati Granulats & Béton SA s'alimenteront conjointement sur le site des Bulles afin de ne pas avoir deux fronts d'exploitation ouverts simultanément. Dès la fin de l'exploitation des Bulles, Orllati Granulats & Béton SA pourra récupérer, sur la gravière de Gratteloup, les volumes légués précédemment à Gratteloup SA.

La variante définitive du tracé du convoyeur, ainsi que son profil en long, sont illustrés à l'annexe n°1257-3.3. L'annexe n°1257-3.4 présente le profil en long de l'ouvrage augmenté de la géologie prévisionnelle tandis que la situation de détail et le profil en long du tronçon aérien figurent à l'annexe n°1257-3.5a et le profil-type en travers à l'annexe 1257-3.5b.

D'une manière générale, le tracé du convoyeur s'étire sur quelques 1'720 m linéaires, dont :

- environ 1'500 m linéaires à l'est seront enterrés pour minimiser les nuisances et l'emprise au sol ;
- environ 220 m linéaires à l'ouest sont aériens pour permettre la traversée du Veyron et de la RC167.

On distinguera, depuis son origine côté gravière des Bulles, deux configurations différentes pour le tronçon dit « aérien » :

1. Une première section d'environ 90 m lin. (distances cumulées 0-89.1 m) hors-sol nécessaire pour franchir le cours du Veyron et la route cantonale. Au droit de la parcelle 289, l'élévation hors-sol sera par ailleurs suffisante pour permettre le passage du bétail sous l'ouvrage. Il s'agira d'une structure métallique autoportante reposant sur des appuis isolés de 7 à 28 m d'entraxe (annexe n°1257-3.5a).
2. Une seconde section d'environ 137 m lin. (distances cumulées 89.1-222.6m) semi-enterrée. Le radier de l'ouvrage reposera sur l'encaissant à environ 2 m sous le terrain naturel (annexe n°1257-3.5b).

Au stade actuel, les principes constructifs évoqués dans le présent chapitre sont ceux d'une phase de projet de principe. Dans un second temps, lorsque des garanties seront suffisantes pour permettre au maitre d'ouvrage de se projeter et pour assurer la coordination des ouvrages avec le convoyeur de Gratteloup et la zone industrielle, la phase projet pourra être lancée et consolidée. Cet ouvrage ne sera nécessaire que pour l'exploitation de la seconde étape de la gravière des Bulles, dès la 6ème année d'exploitation.

Tronçon enterré

Concernant la partie enterrée, la profondeur moyenne de l'ouvrage (radier) se situera à environ 4.5 m par rapport au terrain naturel. La galerie, composée d'éléments en béton préfabriqués, sera recouverte d'environ 1.5 m de terrain (remblai + horizons pédologiques). Un rayon de

courbure maximum admissible a été fixé à 300 m par le fabriquant. Cette valeur doit être respectée dans les 3 dimensions. Ainsi, compte tenu de la géométrie imposée pour l'ouvrage et de la topographie du terrain à l'aplomb du tracé, la base de la galerie peut se trouver localement à 5.0m de profondeur par rapport au terrain naturel. L'épaisseur du recouvrement sera alors de l'ordre de 2.0m (voir annexe n° 1257-3.5b).

Une première vérification sommaire de la sécurité contre un soulèvement de la structure (poussée d'Archimède) a été réalisée sans tenir compte des facteurs de charge (pondération des forces). Par contre, de manière pessimiste, la résistance du terrain (forces de cisaillement) ainsi que les surcharges liées aux équipements intérieurs (structure de guidage, bande, réseaux, …) n'ont pas été considérées.

Ainsi, selon cette évaluation, le strict poids des éléments en béton, additionné du poids des terres le surplombant, est suffisant pour contrer la poussée d'Archimède. Le facteur de sécurité calculé est de l'ordre de 1.5 pour un niveau d'eau à fleur de la partie supérieure de la galerie, soit 3.0 m au-dessus du radier. Le facteur de sécurité devient inférieur à 1 pour une hauteur d'eau supérieure à 4.0 m (poids volumique déjaugé des terrains plus suffisant pour contrer la poussée hydraulique).

Il sera tenu compte de cet aspect dans le projet de réalisation de l'ouvrage. Toutes les dispositions seront prises pour éviter de porter atteinte à l'intégrité de l'ouvrage, du personnel, et des biens-fonds en surface.

Afin de permettre certaines opérations de maintenance et de garantir la sécurité des travailleurs opérant dans le tunnel, il sera nécessaire d'aménager deux à trois accès à l'ouvrage le long du tracé. Au stade du projet actuel, les emplacements de principe de ces accès ont été définis tous les 400 à 600 m et à proximité immédiate de chemins et routes existants afin de minimiser les emprises sur les SDA (voir annexes n°1257-3.3 et 3.4). Cette occurrence est largement suffisante du point de vue technique, mais l'étude précise de l'ouvrage pourrait faire évoluer cette disposition, notamment au regard des exigences de sécurité et des normes.

Le projet de réalisation tiendra compte des préconisations des normes SIA 196, 197 et 198 relatives aux ouvrages souterrains.

Tronçon aérien

Le plan et le profil de détail de la partie aérienne du convoyeur, réalisé par le bureau Fehlmann Ingénieurs Conseil SA, figurent à l'annexe n°1257-3.5a. Ce tronçon sera constitué d'une structure en treillis métallique autoportante permettant de supporter le dispositif de convoyage. Une coursive permettra en outre l'accès à l'ensemble du linéaire pour les opérations de maintenance. Cette structure reposera sur des palées d'environ 7 à 28 m d'entraxe et fondées sur des semelles isolées.

Les piliers de soutiens seront constitués d'un socle en béton de 2.5m de large, sur 1m de long, d'une hauteur de 1.10m. Ces socles seront enterrés de 80cm dans le sol (en dehors des horizons saturés de la nappe), laissant 30cm visibles au-dessus du sol. Les piliers seront séparés de 7m à

28m (enjambée du Veyron). La structure en treillis dans laquelle le convoyage se réalisera, mesurera 2m sur 2m (voir annexe n°1257-3.5a).

Plusieurs variantes ont été élaborées : la variante 1 conserve 5 appuis, dont trois situés dans l'espace réservé aux eaux (ERE) du Veyron et la variante 2 présente au total 4 appuis, avec seulement 2 piliers situés dans l'ERE (Figure 10 et Figure 11).

La suppression d'un pilier dans l'ERE est envisageable par rapport à la proposition initiale (variante 0). Ainsi, une variante (Variante 1) a été proposée. Dans celle-ci, la portée maximale est alors de 28 m. Les longueurs des profilés restent les mêmes (montants de 2 m de hauteur et diagonales de 2.8 m) mais leurs sections changent.

Supprimer un pilier supplémentaire augmente considérablement la portée maximale du convoyeur. Cette augmentation entraîne des efforts et déformations additionnels dans la structure qui nécessiterait d'être encore renforcée en augmentant l'aire des sections des profilés. Afin de réduire les déformations verticales et les contraintes dans les membrures, il serait nécessaire d'augmenter également la hauteur du convoyeur. Cela permettrait également d'avoir un élancement plus raisonnable.

Tableau 10 : Comparaison des variantes d'implantation du convoyeur aérien

Élément	Structure de base	Variante 1	Variante 2
Nombre de piliers	**6**	**5**	**4**
Portée max.	20m	28m	36m
Hauteur	2m	2m	2.5m
Profilés membrures	IPE 160	IPE 180	IPE 220 / HEA 200
Masse du convoyeur (sur 76 m)	230 kg/m	245 kg/m	300 kg/m

Il serait possible de réaliser la variante 2 (c'est-à-dire retirer deux piliers de la proposition de base), mais cela reviendrait à environ 30% de quantité d'acier en plus contre environ 7% pour la variante 1 (Tableau 10). Pour des raisons de proportionnalité ainsi que des raisons économiques, la suppression d'un pilier supplémentaire n'est pas suggérée. Le variante 1 a donc été retenue pour ce projet.

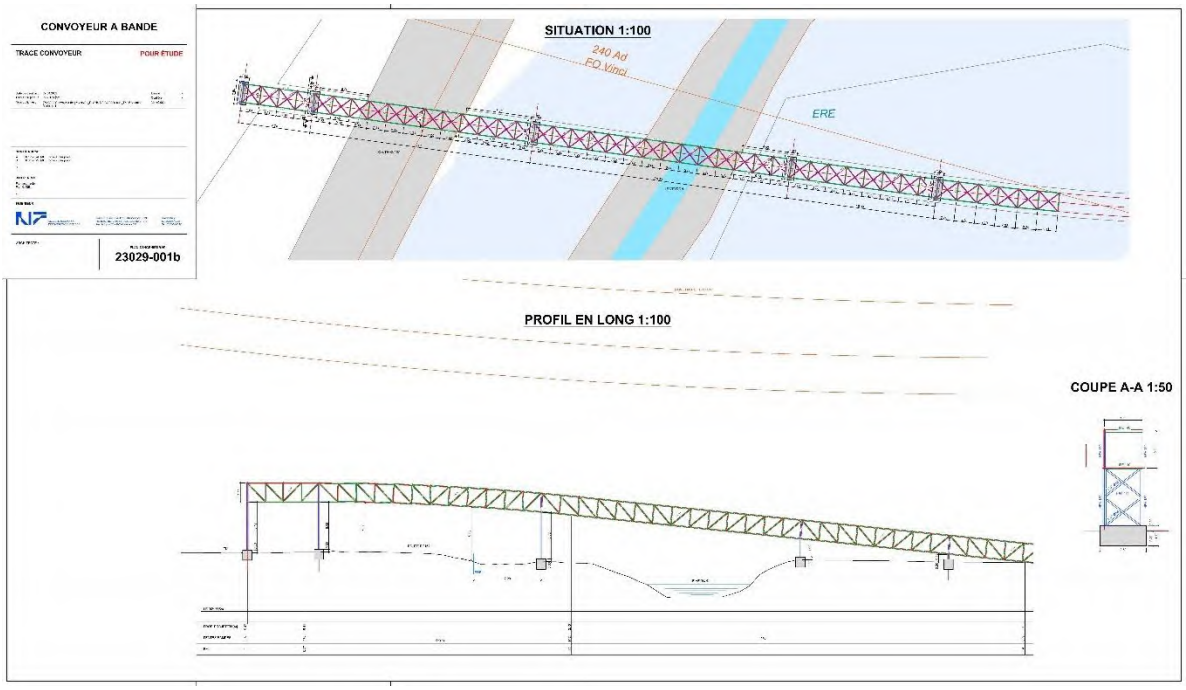


Figure 10: Tracé aérien du convoyeur à bandes, variante 1 (Fellmann)

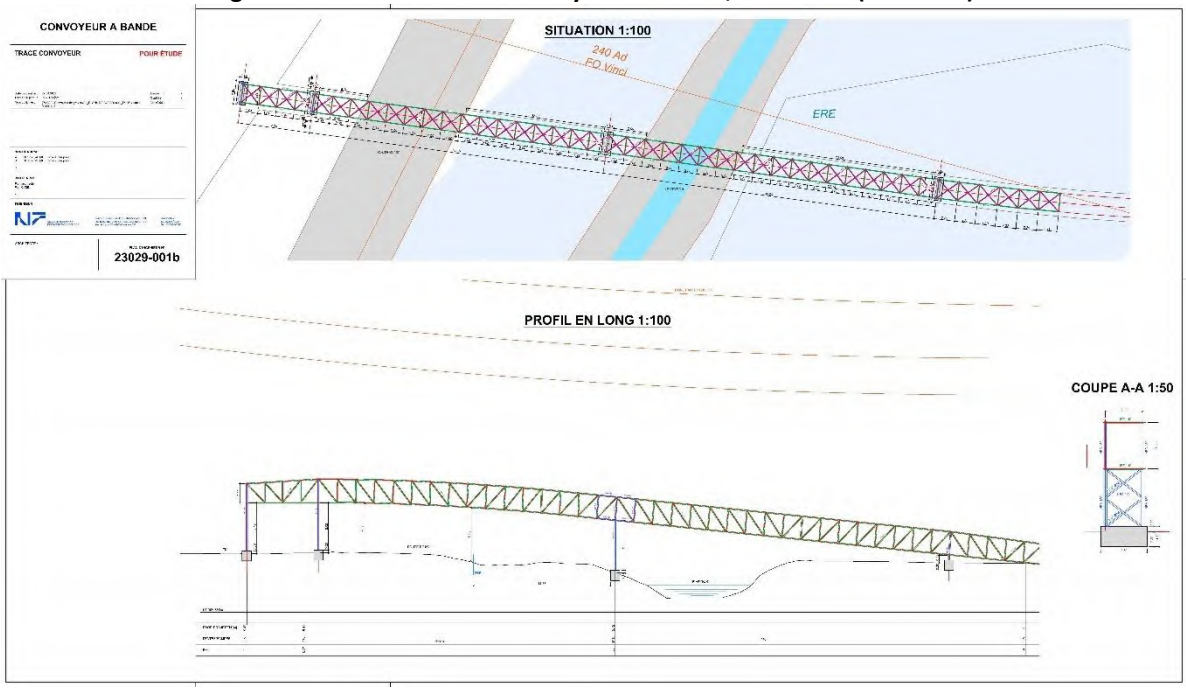


Figure 11 : Tracé aérien du convoyeur à bande, variante 2, non retenue (Fellmann)

Dans l'état actuel, la descente de charge au droit de chaque pile est estimée à 350 kN aux ELU. Compte tenu du prédimensionnement des fondations (annexe n°1257-3.5a), le taux de travail est de l'ordre de 140 kPa. Le taux de travail admissible de fondations superficielles courantes sur semelles isolées pour des alluvions graveleuses ou des graviers fluvioglaciaires est de l'ordre de 400 à 600 kPa. En revanche, il peut descendre à moins de 200 kPa dans le cas de sols argileux. Le projet technique de détail définira un dimensionnement précis au regard de la nature effective de l'encaissant de la fondation.

Démantèlement

Il était initialement prévu de ne démanteler que la partie aérienne de l'ouvrage et de conserver la partie enterrée pour d'autres usages (conduites, collecteurs, etc.). Toutefois, lors de la séance de la Commission Interdépartementale pour la Protection de l'environnement (CIPE) au stade de l'enquête préliminaire, la DGE-GEODES avait émis la remarque qu'à défaut d'une nouvelle procédure en vue de sa pérennisation, la partie enterrée devra également être démontée au vu du caractère temporaire du PEX et du permis LCar.

Ainsi, sans nouvelle procédure, la partie enterrée de l'ouvrage devra faire l'objet d'une dépose totale suivie d'une remise en état des terrains.

3.6.3 Cotes d'exploitation

Le projet se localise essentiellement en secteur A_u de protection des eaux. De ce fait, le fond d'exploitation doit maintenir une couche de protection d'au moins 2 m au-dessus du niveau naturel maximum décennal des eaux souterraines présentes (OEaux, annexe 2, chiffre 211, al. 3).

Comme évoqué en détail au chapitre 3.2.3, le modèle hydrogéologique qui a servi de base pour la définition des isopièzes décennales théoriques a été élaboré par extrapolation, à gradient constant, de la piézométrie de la nappe d'accompagnement du Veyron. La piézométrie de la nappe d'accompagnement du Veyron a été définie par interpolation entre les niveaux d'eau au droit des piézomètres avals et les cotes du fil de l'eau du Veyron. Le gradient y est de l'ordre de 2.5 à 3% en hautes eaux. Le plan ainsi obtenu a été prolongé en direction de l'ouest jusqu'à venir mourir contre le fond étanche. Au-delà de ce seuil, les écoulements se produisent à l'interface avec le fond étanche. La géométrie du fond étanche a été définie sur la base de données géophysiques indirectes, son degré de précision est donc tout relatif. Le fond effectif sera déterminé à l'avancement sur la base de sondages afin de respecter la règle des 2 m au-dessus du fond étanche et être conforme à la législation en tout point.

Le fond d'exploitation illustré à l'annexe n°1257-3.1 a été fixé :

- Au droit de la nappe au sens strict : 2 m au-dessus des isopièzes théoriques des hautes-eaux décennales établies selon la logique précédemment décrite ;
- Au droit de la zone d'alimentation : 2 m au-dessus du fond étanche (découlant du modèle géoélectrique).

Dans le secteur de la nappe s.s., le fond d'exploitation accuse, au même titre que la piézométrie décennale théorique, une pente de l'ordre de 2.5 à 3% en direction de l'est avec une certaine sinuosité.

3.6.4 Volumes et durée d'exploitation

Dans le cadre de cette étude, le volume d'exploitation projeté se fonde sur la prise en compte des éléments suivants :

- les données récoltées durant la campagne de forages ;
- un périmètre d'exploitation respectant les distances de sécurité imposées par le RLCar, soit 3 m pour les fonds voisins et 6 m des routes ;
- les cotes de fond d'exploitation fixées selon les hautes eaux décennales ;
- les pentes de talus dans la découverte et dans les graviers (voir chapitre 3.6.5).

Ainsi, le volume global d'exploitation atteint 1'300'000 m^3 de graviers. Ce volume exploitable comprend les graviers sableux, les sables graveleux et les sables grossiers à moyen. Les autres catégories de matériaux sont considérées comme stériles. Ces derniers (environ 1'087'000 m^3 de découverte et 230'000 m^3 de fines inexploitables inférieures à 0.63 µm) seront utilisés sur place pour remblayer les étapes précédemment exploitées. Il sera nécessaire d'importer 1'928'000 m^3 de matériaux de type A pour la remise en état du site.

La distribution des matériaux exploitables est relativement homogène sur l'ensemble du site étudié.

Sur la base d'un rythme d'exploitation d'environ 80'000 m^3/an après lavage pour la première étape (environ 5 ans) puis un rythme cumulé de 230'000 m^3/an pour répondre aux besoins des deux entreprises Orllati Granulats & Béton SA (80'000 m^3/an) et Gratteloup SA (150'000 m^3/an) dès la deuxième étape, la durée d'extraction des graviers peut être estimée à environ 9 ans. Le remblayage sera réalisé à un rythme maximal de 110'000 m^3/an lors de la première étape pour les besoins de l'entreprise Orllati Granulats & Béton SA. Le rythme cumulé avec les besoins de Gratteloup SA dès la 2ème étape sera de 260'000 m^3/an. Compte tenu des volumes importants de découverte à gérer dans les premières années et de la surface utilisée pour la zone des installations de traitement, le démarrage du comblement sera retardé par rapport au démarrage de l'exploitation de gravier. La durée totale de l'exploitation (extraction et comblement) peut ainsi être estimée à environ 16 ans après une première année de préparation sans exploitation.

L'ouverture du site est envisagée à l'horizon 2026 pour l'étape préparatoire. Ainsi l'exploitation des graviers va se poursuivre jusqu'en 2035 environ, le remblayage avec des matériaux d'excavation jusqu'en 2041 environ et la remise en état jusqu'en 2042 environ. Ce planning est indicatif et dépendra de l'évolution des besoins. Il constitue ici, un rythme maximal, utilisé pour la caractérisation des nuisances mais il pourrait être moins rapide, générant moins de nuisance mais dont la durée serait par conséquent plus longue. Ce planning de l'exploitation est présenté sous forme graphique à l'annexe n° 1257-3.6a. Le principe du déroulé de l'exploitation est illustré aux annexes 1257-3.6b et 3.6c. Un plan réalisé tous les deux ans sur toute la durée de l'exploitation a été réalisé de manière à présenter le déroulé de l'exploitation et des fronts d'extraction, de comblement et remise en état. A noter qu'il s'agit uniquement d'un principe et que l'orientation des différents fronts est susceptible de varier en cours de réalisation.

A noter que conformément à l'article 14 du règlement d'application de la loi sur les carrières, le présent plan d'extraction prévoit la valorisation d'une quantité limitée de matériaux d'excavation sains provenant de chantiers de la région. Ce traitement sur le site de la gravière "Les Bulles" répondra à une gestion rationnelle de ces matériaux et les nuisances induites par l'exploitation et le trafic demeureront acceptables.

3.6.5 Stabilité des talus en déblai

Géométrie des talus en déblai

Les sondages réalisés en 2015 et 2021 ont permis de définir la nature des terrains présents au droit du projet (cf. chapitre 3.1). Par ailleurs, les cotes d'exploitation sont définies au chapitre 3.6.3). En limite ouest du périmètre, les pentes des fronts seront imposées par la géométrie du gisement, soit en moyenne 2:3 (V/H), soit 34°. En limite nord, le gisement se prolonge au-delà du périmètre du projet, le front correspondant nécessite donc d'être dimensionné.

Le long du front nord, selon les données à disposition, la zone la plus critique en termes de stabilité (worst case) se situe au voisinage du profil géologique A-A' (Figure 12, voir situation à l'annexe n°1257-2.1). C'est en effet à cet endroit que le front de gravier sera le plus haut.

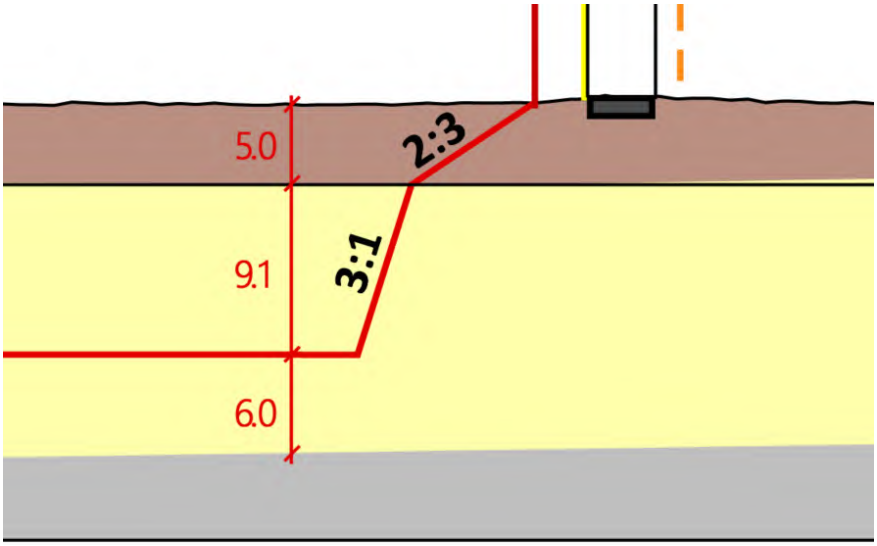


Figure 12 – Schéma du talus à 3:1 dans la configuration la plus défavorable en termes de stabilité (selon profil géologique A-A')

L'expérience d'exploitations similaires dans des contextes géologiques comparables montre qu'il est possible de réaliser des talus d'exploitation de pente 3:1 (V/H) soit 72°, compte tenu de la forte compacité des terrains. En première approche, les talus dans la moraine graveleuse supérieure avaient été fixés à 2:3, soit 34°. Partant de ce design, nous avons cherché à en évaluer la stabilité.

Les caractéristiques mécaniques des terrains ont été estimées au tableau 12. Elles ont été déterminées en tenant compte de :

- La nature des sols (levés de sondage, essais granulométriques en laboratoire, valeurs de résistivité) ;
- notre expérience sur d'autres sites dans des contextes comparables ;
- les valeurs types de la norme SN 670'010b.

L'excavation projetée répond à la définition d'un ouvrage de catégorie géotechnique 1. Ceci dans la mesure où le risque en matière de stabilité globale et de mouvement de terrain est faible et dans des conditions de terrain dont une expérience comparable locale a montré qu'elles sont

suffisamment simples pour que des méthodes de routine puissent être utilisées pour les calculs (expérience sur de nombreux autres sites en exploitation). Nous nous trouvons ainsi dans le domaine d'application de la norme SN 670'010b.

De plus, les talus en déblai dans les graviers et la découverte sont considérés comme temporaires. Ils ne subsisteront en effet que durant les quelques années de la phase chantier précédant le remblaiement.

Tableau 11: Paramètres géotechniques des terrains en présence.

Paramètre	Symbole	Unité	Moraine grav. sup.	Sables et graviers fluviogl.	Moraine de fond inf.
Poids volumique apparent	γ	kN/m^3	23	23	22
Angle de frottement effectif	φ'	°	31	35	28
Cohésion	c'	kN/m^2	20	12	20

Les caractéristiques géotechniques effectives sont données au Tableau 11 pour une consolidation normale.

La nappe est sans influence sur le calcul dans la mesure où elle se situe au maximum 2m sous le fond d'exploitation, elle n'a donc pas été prise en compte.

Le calcul mené avec le logiciel sSlope (méthode de tranches de Bishop), selon la configuration de la figure 13 et sur la base des données du tableau 12, montre que la stabilité du talus n'est pas assurée pour une pente de 3:1 soit 72° (Figure 13). Le schéma de la figure 14 montre néanmoins que les surfaces circulaires critiques se trouvent très proche de la surface du talus, il n'y a donc pas de risque d'instabilité générale.

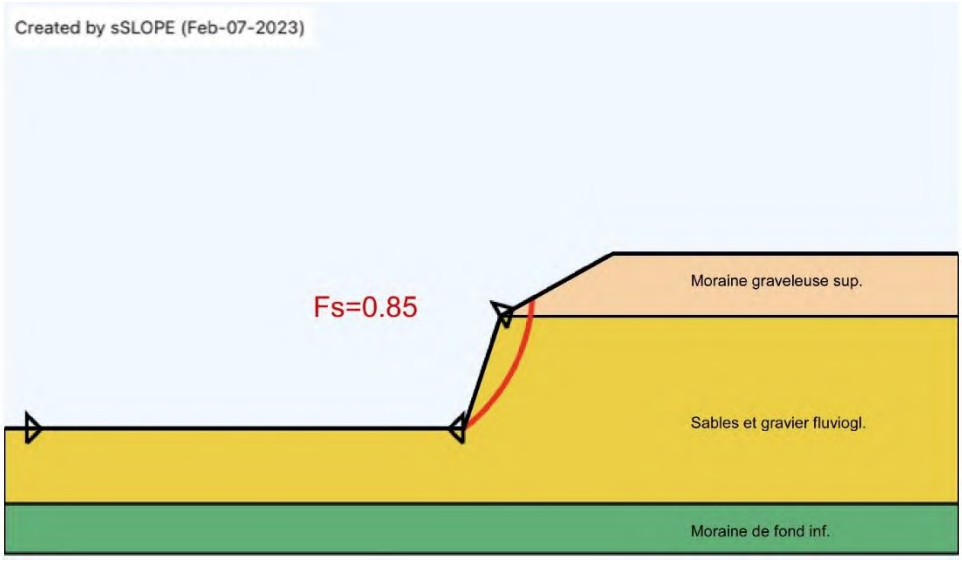


Figure 13 – Schéma illustrant le résultat du calcul inverse selon la méthode des tranches de Bishop (logiciel sSlope) pour un talus en gravier à 3:1

Cependant, afin d'éviter les instabilités locales sur les faces des talus, le calcul a été mené pour une seconde géométrie de talus à 2:1 soit 63°, tous paramètres égaux par ailleurs (Figure 14).

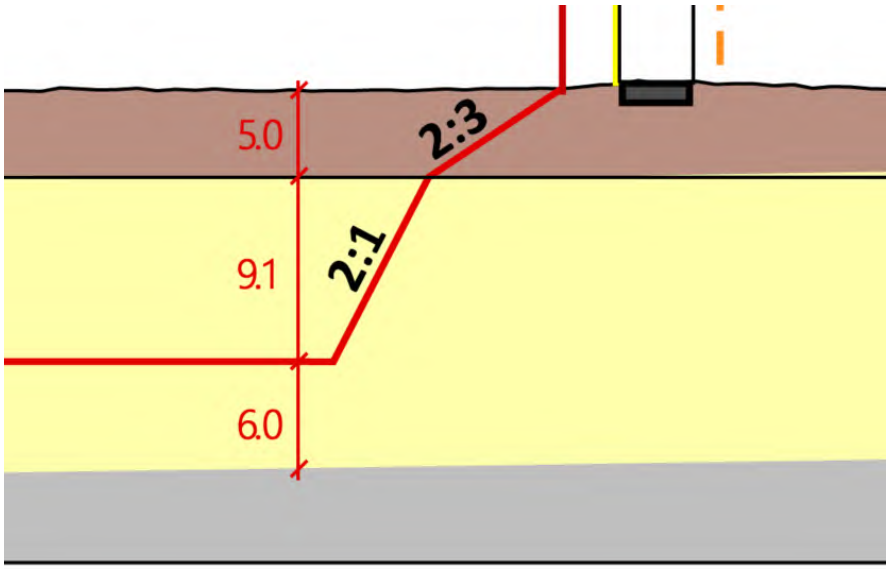


Figure 14 – Schéma du talus à 2:1 dans la configuration la plus défavorable en termes de stabilité (selon profil géologique A-A')

Le schéma illustrant le calcul dans la configuration de la figure 15 montre qu'une pente de 2:1, soit 63°, est admissible pour assurer la stabilité du talus (Figure 15). Les surfaces circulaires critiques se trouvent toujours très proches de la surface du talus.

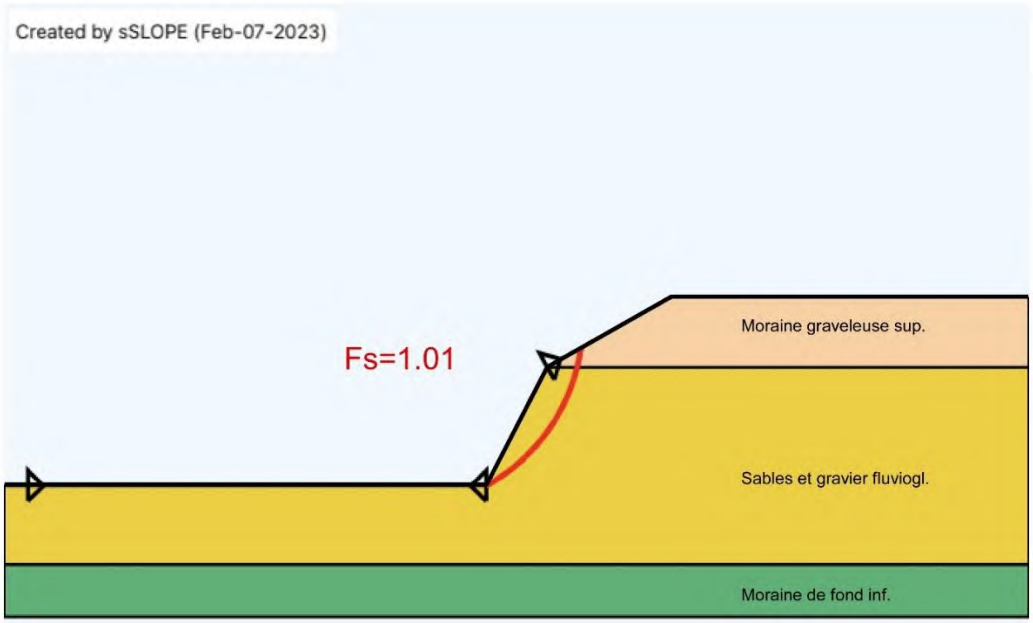


Figure 15 – Schéma illustrant le résultat du calcul inverse selon la méthode des tranches de Bishop (logiciel sSlope) pour un talus en gravier à 2:1

La stabilité des talus à 2:3 de la bordure ouest du périmètre, imposés par la géométrie du gisement, est donc assurée.

Règles de conception et mesures de protection et contre les instabilités de fronts

L'analyse qui précède montre qu'il est possible de réaliser des talus en déblai de pentes maximales :

- 2:1 (V/H), soit 63° dans les sables et graviers ;
- 2:3 (V/H), soit 34° dans la moraine supérieure.

Toutefois, il n'est pas exclu que des instabilités locales surviennent sur les faces des talus. Pour cette raison, nous préconisons la réalisation de talus tests pour les différentes formations concernées.

Au surplus, les précautions générales suivantes seront prises :

- distance de sécurité de 3 m depuis les fonds voisins et érection d'une barrière de sécurité en bordure des chemins présents en limite nord et sud du périmètre ;
- distance de 18 m par rapport au pilier de la ligne haute tension présent en bordure ouest du périmètre ;
- aucune extraction de gravier en dessous du niveau de la route cantonale ;
- accès aux pieds de fronts interdit à toute personne étrangère au site et le personnel évitera autant que possible d'y séjourner ;
- la pente du talus dans la découverte ne doit pas excéder 45° (OTConst, art. 104) ;
- la distance entre le pied de talus de la découverte et l'angle en tête de talus dans les graviers doit être d'au moins 1m (OTConst, art. 104) ;
- l'extraction depuis le haut doit être exécutée en gradins (OTConst, art. 106) ;
- le terrain résistant qui affleure ne peut être enlevé depuis le bas que si la hauteur du front de taille (paroi) ne dépasse pas le point que peut atteindre l'engin d'extraction à sa plus haute position de travail plus le diamètre de sa roue (OTConst, art. 106) ;
- les parois d'abattage ou d'extraction ne peuvent à aucun moment être sapées (OTConst, art. 107).

La société Orllati Granulats & Béton SA, porteuse du projet, de par son expérience, est la plus à même de prévenir la survenue de désordres et de garantir la sécurité des biens et des personnes sur son exploitation. Comme il le fait déjà aujourd'hui sur ses sites en exploitation, le porteur du projet surveillera son site de manière quotidienne.

Enfin, l'analyse menée dans le cadre de ce chapitre est basée sur une interprétation des données à disposition. Elle tient compte des connaissances géologiques actuelles du site des Bulles. Les sols étant par nature hétérogènes, des variations ont pu échapper à l'analyse géologique. La responsabilité incombe malgré tout à l'exploitant lui-même en cas d'atteinte à la sécurité des biens et des personnes.

Par ailleurs, un suivi géotechnique de stabilité sera mené conjointement à la phase de réalisation par un bureau spécialisé afin de contrôler les mouvements éventuels qui peuvent survenir le long des fronts d'excavation. Cette surveillance consistera en un contrôle visuel régulier des fronts

d'excavation allié éventuellement à l'analyse des mesures inclinométriques et au nivellement des différents ouvrages de manière périodique. Elle pourra notamment conduire à la réalisation de talus tests en début de chantier ou encore à l'aménagement de bermes à mi-pente.

3.6.6 Stabilité des talus en remblai

La mise en œuvre du remblai en bordure de route cantonale nécessite une attention particulière. Il s'agit en effet d'un talus dont la hauteur est considérée comme moyenne, composé de matériaux hétérogènes et dont la stabilité devra être assurée sur le long terme. Les préconisations données dans le présent chapitre ne se substitueront pas à une attention permanente de la part de l'exploitant.

Aptitude du sol support

Dans la mesure où l'extraction de gravier n'est pas possible au droit de la plaine du Veyron, le sol support est représenté par les terrains en place dont la nature a été reconnue par sondage (Ch211, 212 et 213). Il s'agit majoritairement de sables et de graviers lâches emballés dans une matrice limoneuse plus ou moins abondante. Leur épaisseur est de l'ordre de 5m et ils reposent directement sur une moraine de fond fortement compactée. La présence de matériaux à forte dominance argileuse a toutefois été rencontrée au droit du sondage Ch213 et Ch214 dans une moindre mesure. Ces terrains sont potentiellement compressibles et donc susceptibles d'induire des tassements différentiels ou un fluage à long terme. Ils ne sont toutefois présents que localement, sur une épaisseur faible (environ 2m) et reposent sur des matériaux de meilleure qualité (graviers sableux). Les sondages ayant été implantés au pied d'un talus naturel, les terrains à composante argileuse rencontrés proche de la surface du sol résultent probablement du colluvionnement du versant. Les sondages pédologiques S18 et S19 (annexe n°1257-6.3), plus éloignés du pied de talus, avaient d'ailleurs montré un horizon C encaissant composer de graviers sableux secs.

Dans cette configuration, aucune intervention sur le sol support ne semble nécessaire. Les tassements engendrés dans l'horizon argileux par le remblayage progressif de la décharge seront minimes compte tenu de leur faible épaisseur.

Toutefois, lors des travaux de décapage, des sondages à la pelle seront réalisés à l'avancement afin d'obtenir des informations sur l'emprise, l'épaisseur et les caractéristiques mécaniques identifiables in situ des matériaux argileux. Le cas échéant, si des épaisseurs plus importantes étaient observées, la substitution des terrains reste la solution la plus adaptée au présent contexte. Elle permettra d'extraire les sols argileux médiocres et de mettre en œuvre, en lieu et place de ces derniers, des matériaux de type A avec de meilleures caractéristiques mécaniques. Les matériaux argileux pourront alors être provisoirement stockés avant leur mélange avec les matériaux de remblaiement. Aucun volume additionnel ne sera sollicité.

Règles de conception du corps de remblai

Talutage

Le principe de réaménagement tel qu'établi à l'annexe n°1257-3.2 prévoit des talus de :

- Environ 14m de haut taluté à 66% ou 2:3, soit 34° au niveau des deux tiers nord (figure 16) ;
- Environ 15m de haut taluté à 50% ou 1:2, soit 27° le long du tiers sud (figure 17).

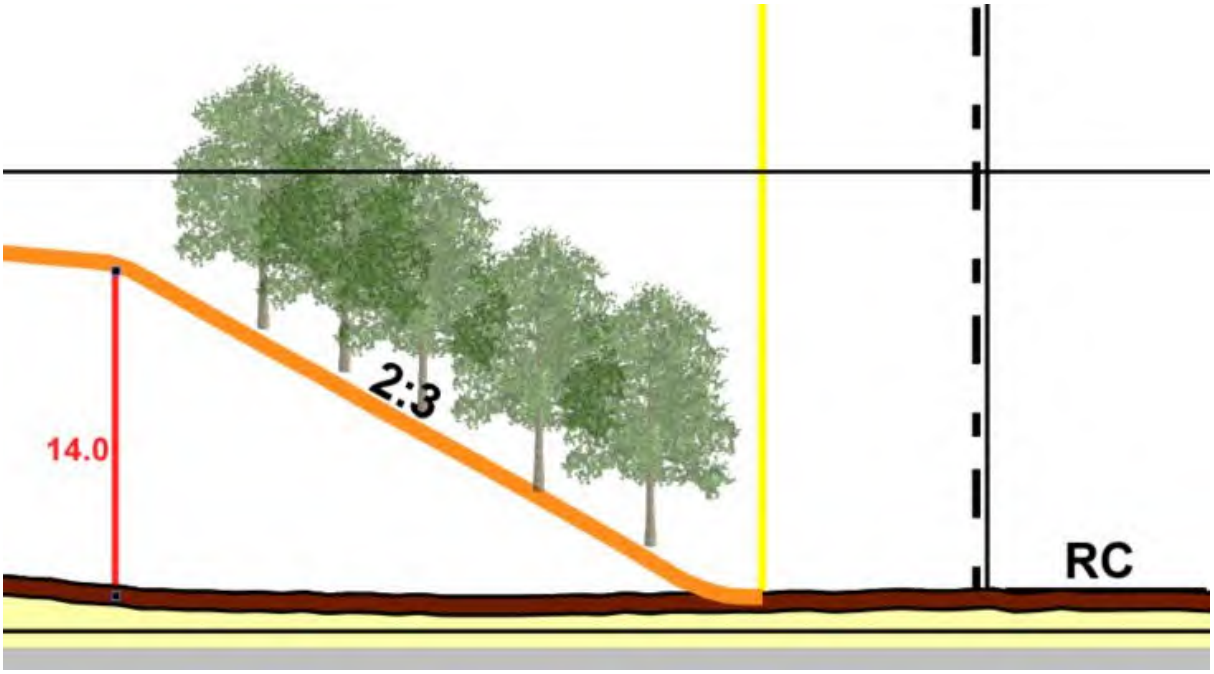


Figure 16 – Schéma du talus à 2:3 en remblai – Configuration représentative des 2/3 nord du talus (selon profil géologique C-C')

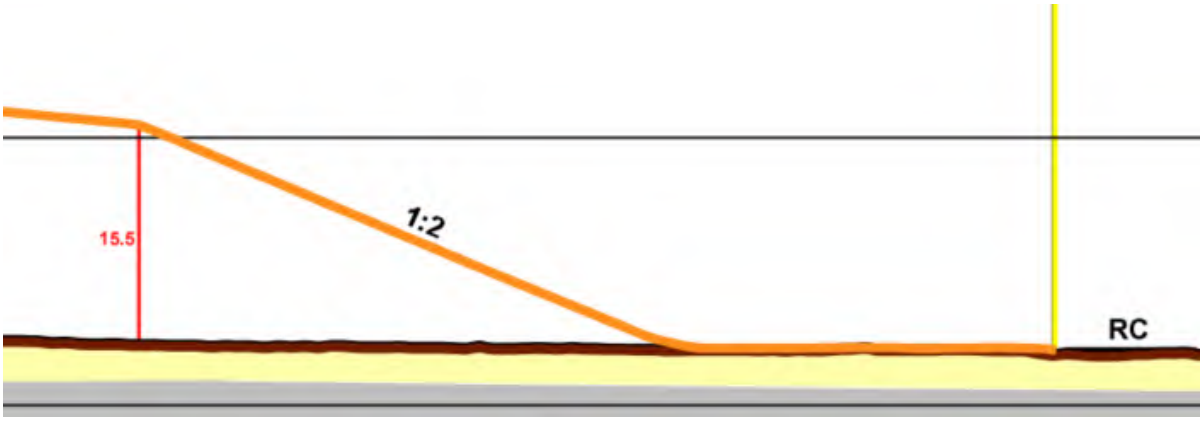


Figure 17 – Schéma du talus à 1:2 en remblai – Configuration représentative du 1/3 sud du talus (selon profil géologique E-E')

Pour la zone de remblayage, les caractéristiques mécaniques des terrains estimées figurent au tableau 13. Les caractéristiques des sables et graviers constituant le sol support ont été repris du tableau 12. Pour les remblais, il s'agit de matériaux hétérogènes mais majoritairement composés de moraine décompactée. Leurs caractéristiques peuvent donc être estimées selon les ordres de grandeur du tableau 13.

Tableau 12: Paramètres géotechniques des terrains en présence.

Paramètre	Symbole	Unité	Remblais	Sables et graviers fluviogl.	Moraine de fond inf.
Poids volumique apparent	γ	kN/m^3	19	23	22
Angle de frottement interne	φ'	°	28	35	28
Cohésion	c'	kN/m^2	5	12	20

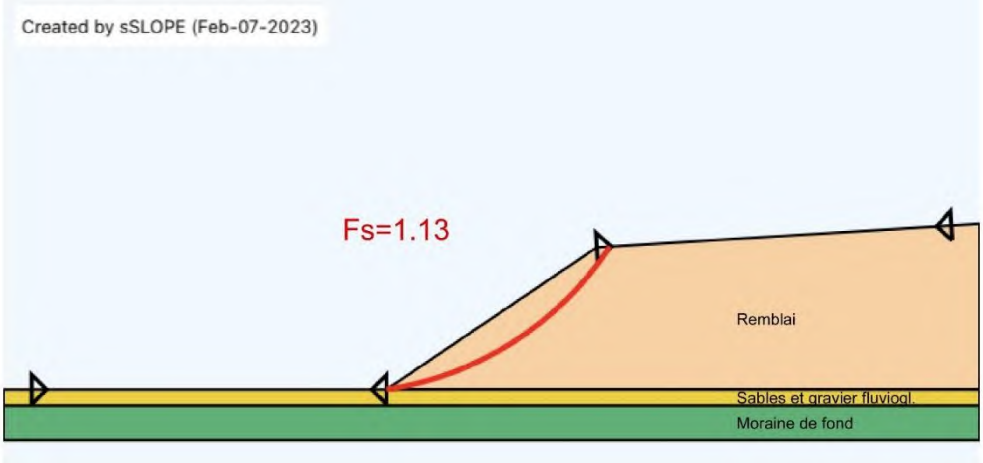


Figure 18 – Schéma illustrant le résultat du calcul inverse selon la méthode des tranches de Bishop (logiciel sSlope) pour un talus en remblai selon la configuration des deux tiers nord du linéaire

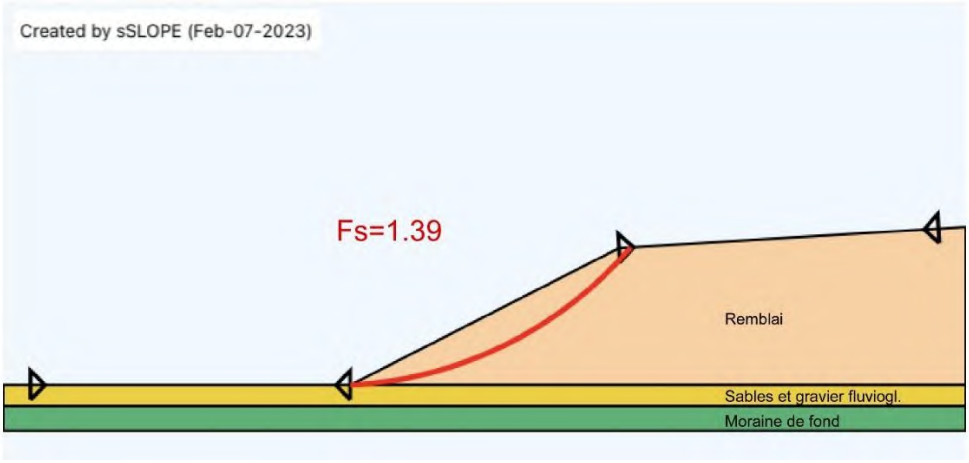


Figure 19 – Schéma illustrant le résultat du calcul inverse selon la méthode des tranches de Bishop (logiciel sSlope) pour un talus en remblai selon la configuration du tiers sud du linéaire

Le calcul sous sSlope selon les différentes configurations du remblai montre que les angles de talutage sont admissibles pour assurer la stabilité de l'ouvrage.

Base du remblai

Le chapitre 3.6.11 expose le principe de collecte des eaux de ruissellement en pied de talus dans le but de les infiltrer. Le dispositif de récolte des eaux permettra en outre de collecter les circulations hypodermiques s'opérant au sein du remblais et susceptible de compromettre la stabilité du talus.

Par mesure de précaution, un bon drainage de l'interface remblai / sol support sera mis en œuvre pour :

- Evacuer les eaux interstitielles durant le tassement du sol support ;
- Eviter la saturation progressive de la base du remblai par remontées capillaires ;
- Capter les eaux parasites issues d'écoulements divers.

Les drains pourront se présenter sous la forme de drain Flex agricoles enrobés d'un massif suffisant de matériaux perméables insensibles à l'eau. Ils seront disposés dans le sens de la pente et déboucheront dans le fossé prévu au chapitre 3.6.11. Il faudra prévoir un entraxe de l'ordre de la vingtaine de mètres de manière à en disposer suffisamment sur le linéaire remblayé. Attention toutefois à respecter une certaine garde d'eau entre l'exutoire des drains et le fond du fossé de manière à se prémunir d'une alimentation artificielle de la base du remblai via une mise en charge du fossé.

Concernant l'aléa inondation, la base de données Aquaprotect fait apparaitre que la zone de plaine concernée par le remblaiement se situe théoriquement hors de portée d'une crue centennale (cf. chapitre 3.5).

Noyau

Le noyau du remblai est en théorie moins sollicité par l'eau que les autres parties. L'eau en trop grande quantité est le moteur principal des désordres en remblai en induisant une diminution de la cohésion du matériau. Les matériaux de moindre qualité pourront y être stockés à condition de suivre les recommandations pour leur mise en œuvre. On évitera toutefois de monter le remblai en sandwich, alternant des matériaux de caractéristiques différentes. Cette configuration favorise en effet l'apparition de nappes perchées ou confinées. Les matériaux fins très humides (type boues de lavage) devront dans la mesure du possible être égouttés avant leur mise en œuvre dans le remblai.

Partie supérieure et talus

Il s'agira de restituer une topographie uniforme et de pente constante pour empêcher la formation de gouilles. La qualité de remise en état sera déterminante.

A terme, lors de la restitution des parcelles à l'agriculture, il faudra proscrire autant que possible les pratiques du type labours profonds et les sols laissés nus. Les pâtures représentent une utilisation du sol idéale pour la bonne tenue dans le temps de l'ouvrage en remblai.

En ce qui concerne les talus, leur végétalisation est indispensable pour éviter l'érosion et le ravinement. Dans les secteurs qui seront affectés à l'aire forestière, il faudra néanmoins éviter la venue d'arbres de grande taille. En effet, le réseau racinaire peut induire des déformations et même une déstabilisation en cas de renversement de l'arbre.

En cas de besoin avéré pour le recours à une berme à mi-pente (stabilité, accès, entretien, …), celle-ci devra avoir une pente aval (contre l'extérieur du remblai) suffisante pour permettre l'évacuation des eaux de ruissellement.

Règles de mise en œuvre des remblais

En pratique, le comblement de gravière se fait au bulldozer en poussant les matériaux dans le front de remblayage à mesure de l'arrivée des camions. Au voisinage du talus en bordure de RC, il faudra toutefois veiller à mettre en œuvre les matériaux de remblai par couches successives horizontales, d'épaisseur limitée et à les compacter par passes. En effet, le compactage augmente l'angle de frottement des matériaux et améliore donc leur stabilité. Ce procédé doit être appliqué sur au moins une vingtaine de mètres en partant du pied de talus et sur toute la hauteur de l'ouvrage. Le but recherché étant de créer un épaulement.

Entretien courant

L'entretien de la végétation consiste à faucher, débroussailler et éventuellement receper les jeunes arbres. Une végétation de taille modérée et bien enracinée est bénéfique à la bonne tenue des talus.

Le curage des fossés d'évacuation des eaux de ruissellement et de drainage devra être réalisé régulièrement. Les exutoires des drains dans le fossé devront être libres.

La présence d'animaux fouisseurs devra régulièrement être contrôlée. En cas de présence de nombreux terriers, des mesures d'éradication devront être prises.

L'entretien courant est également un bon moyen pour repérer l'apparition d'un désordre. Un spécialiste sera averti en cas de survenue d'un désordre, il pourra alors identifier le type de pathologie et mettre en place un plan d'action visant à empêcher l'évolution rapide dans un premier temps, puis à traiter le désordre dans un second temps.

Sur toute la durée d'exploitation, la société Orllati Granulats & Béton SA assurera l'entretien courant de l'ouvrage et interviendra en cas de désordre. A terme, ces tâches incomberont aux propriétaires des parcelles concernées.

L'analyse menée dans le cadre de ce chapitre est basée sur une interprétation des données à disposition. Elle tient compte des connaissances géologiques actuelles du site des Bulles. Les sols étant par nature hétérogènes, des variations ont pu échapper à l'analyse géologique. La responsabilité incombe au maitre d'ouvrage en cas d'atteinte à la sécurité des biens et des personnes.

Par ailleurs, un suivi géotechnique de stabilité sera mené conjointement à la phase de réalisation par un bureau spécialisé afin de contrôler les mouvements éventuels qui peuvent survenir le long des fronts de comblement. Cette surveillance consistera en un contrôle visuel régulier des fronts, allié éventuellement à l'analyse des mesures inclinométriques et au nivellement des différents ouvrages de manière périodique. Elle pourra notamment conduire à la réalisation de talus tests en début de chantier ou encore à l'aménagement de bermes à mi-pente.

3.6.7 Conduite de l'exploitation

Infrastructures

Le projet prévoit la mise en place d'installations de traitement des matériaux sur le site de la gravière (voir annexe n° 1257-3.1, 3.6b-c, 3.7a-c). L'emplacement des installations a été choisi de sorte qu'elles restent masquées pour les riverains situés à proximité, d'une part par la butte édifiée le long de la route cantonale et d'autre part, par les talus d'exploitation.

Les installations de traitement comprennent aussi l'interface de transport par la route et couvrent une surface d'environ 22'000 m^2 située à l'intérieur du périmètre du plan d'extraction et nécessiteront des travaux de terrassement pour la mise en place des installations sur le fond du carreau d'exploitation. La surface au niveau du carreau d'exploitation dédiée aux installations de traitement des graviers sera d'approximativement 20'000 m^2. La découverte servira à l'édification de la butte et les graviers seront exportés dans d'autres installations de l'entreprise exploitante jusqu'à ce que les installations soient fonctionnelles. Des surfaces supplémentaires seront utilisées temporairement pour la gestion des stocks intermédiaires de matériaux. Ces emprises évolueront en fonction des étapes en cours d'exploitation (annexe 1257-3.6b-c).

Une extension de la zone d'installations sera aménagée plus au nord-est, avant le début de l'étape 2, à l'arrivée du convoyeur pour gérer les flux de matériaux y transitant. D'environ 6'700 m^2, elle servira de zone de chargement et déchargement de la bande transporteuse. Une piste interne reliera cette zone aux installations de traitement des graviers.

Une surface de dégagement et d'accès, comprise dans les 22'000 m^2 de la zone d'installations de traitement, sera utilisée pour les installations telles que les cabanes de chantier, les installations de lavage et pesage des camions ou des espaces sécurisés qui permettront l'entretien des machines de chantier, strictement liées à l'exploitation de la gravière. Un espace administratif et d'accueil sera aussi aménagé sur cette zone.

Le traitement des matériaux graveleux primaires projeté sera réalisé dans des installations récentes et répondant à l'état de la technique. L'installation de lavage semi-mobile sera équipée d'un système d'épuration flexible, performant et économique, qui permettra de récupérer 80% des eaux. Les eaux utilisées lors du lavage des graviers et de l'extraction des boues seront ainsi majoritairement recyclées (circuit fermé). L'installation de traitement comprend un silo pour les eaux chargées de fines, de ce fait aucun bassin de décantation spécifique n'est prévu.

Les installations répondront aux dernières normes constructives en vigueur et seront à la pointe de la technologie en ce qui concerne les consommations en eau et en énergie. Les processus et flux de matériaux seront rationnalisés et les fractions de matière première valorisées seront maximales.

L'alimentation en eau des installations se fera par un raccord au réseau d'eau communal de La Chaux.

L'installation de traitement nécessitera une alimentation électrique à courant fort ou moyenne tension qui impliquera une génératrice, un transformateur ou une sous-station électrique qui fera l'objet d'une procédure parallèle.

Ces installations sont actuellement prévues pour une durée correspondant à la durée du projet présenté. Elles seront entièrement démontées lors de la fin de l'exploitation de l'étape 2.

Etapes d'exploitation

Un plan schématique du principe d'exploitation est présenté à l'annexe n° 1257-3.1.

L'exploitation est divisée en 2 étapes d'exploitation intégrant dans la première phase les travaux d'aménagement nécessaires à la mise en place des installations de traitement.

Les surfaces et les durées approximatives de chacune des étapes sont synthétisés dans le Tableau 13, ci-après

Tableau 13 : Surface et volumes par étapes.

	Etape 1	Etape 2	Zone de stockage	Convoyeur	Total
Durée de l'extraction des graviers (ans)	5	4			9
Surface (m^2)	94'800	161'200	40'200	5'200	301'400
Volume total à extraire (m^3)	940'400	1'684'300			2'624'700
Volume brut extrait : tout-venant (m^3)	544'400	992'600			1'537'000
Volume exploitable : lavé (m^3)	462'700	843'700			1'306'400
Volume total de comblement (m^3)	1'221'900	2'024'200			3'246'100
Volume de comblement externe (m^3)	744'300	1'183'700			1'928'000
Surface à restituer en zone agricole (m^2)	89'183	155'518	38'823	4'735	289'404
Surface à restituer en aire forestière (m^2)	5'573	4'582	0	78	10'233
Autre surface à restituer (DP)	0	2'128	0	244	2454

Durée totale de l'exploitation* (y.c. comblement) (années)	16**	11**			16

**calculée sur la base des rythmes maximaux autorisés*
*** durée indicative du premier décapage sur l'étape à la dernière remise en état de sol. Les étapes sont dimensionnées par rapport à la production de gravier sur 5 ans.*

Les étapes 1 et 2 intègrent la surface en bordure sud-est de la route cantonale qui ne fera pas l'objet d'une exploitation de graviers mais uniquement d'un comblement.

Les fonds de l'exploitation est présenté à l'annexe n° 1257-3.1.

Un calendrier indicatif du déroulement de l'exploitation est proposé à l'annexe n° 1257-3.6 Avec un démarrage en 2026, la remise en état du site devrait s'achever en 2042.

3.6.8 Remise en état de la gravière

L'emprise d'exploitation sera remblayée par étape, au fur et à mesure et à la suite de l'avancement des travaux d'extraction, avec des matériaux d'excavation et de percement non pollués (matériaux admissibles en décharge de type A). Les volumes de découverte extraits et non valorisables seront également restitués au comblement.

Une fois remblayées, les emprises annuelles d'exploitation feront l'objet d'une remise en état des sols (horizon A et B), conformément à leur occupation projetée (forêt ou agricole). Cette remise en état fera l'objet d'une surveillance régulière conduite par un spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (SPSC). Les mesures compensatoires prévues par le projet seront également réalisées au fur et à mesure de l'avancée de l'exploitation du site.

La topographie du réaménagement (voir annexe n° 1257-3.2) est proche du terrain naturel dans sa partie ouest tout en proposant des pentes moins mouvementées pour faciliter l'exploitation agricole du site au terme du projet. Dans la partie est, un nouveau talus, plus proche de la route cantonale, sera constitué pour recréer le coteau naturel, configuration notable du paysage local initial. Les profils des annexes n° 1257-2.6a et b présentent l'altitude du terrain après le réaménagement.

Le réaménagement futur de la gravière avec une topographie proche de l'état actuel permet de restituer la quasi-totalité des surfaces d'assolement (SDA).

Un volume supplémentaire de 1'928'000 m^3 de matériaux d'excavation externe sera nécessaire au réaménagement du site. Il est prévu d'exploiter le site encore 7 ans après la fin de l'extraction des graviers pour finir les comblements (dont la zone d'installations de traitement) et parfaire la remise en état des sols et les mesures de compensation écologiques.

Seuls les volumes de découvertes (in-situ), les boues de lavages des graviers et des matériaux d'excavation et de percement - au sens de l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED, janvier 2016) - seront mis en dépôt sur le site. Les synergies possibles avec les

excavations réalisées dans le cadre de projets régionaux seront favorisées, afin de minimiser les transports des matériaux.

Les matériaux d'excavation et de percement seront valorisés conformément à l'art. 19 de l'OLED :

"Les matériaux d'excavation et de percement satisfaisant aux exigences de l'annexe 3, ch. 1, (matériaux d'excavation et de percement non pollués) doivent autant que possible être valorisés intégralement comme suit :

a. comme matériaux de construction sur des chantiers ou dans des décharges ;
b. comme matières premières pour la fabrication de matériaux de construction ;
c. pour le comblement de sites de prélèvement de matériaux, ou
d. pour des modifications de terrain autorisées."

L'annexe 3, ch. 1 de l'OLED définit les exigences relatives aux matériaux d'excavation et de percement :

"Les matériaux d'excavation et de percement doivent être valorisés conformément à l'art. 19, al. 1 :
a. s'ils sont composés d'au moins 99 % en poids de roches meubles ou concassées et que le reste est constitué d'autres déchets de chantier minéraux ;
b. s'ils ne contiennent pas de substances étrangères telles que des déchets urbains, des biodéchets ou d'autres déchets de chantier non minéraux, et
c. si les substances qu'ils contiennent ne dépassent pas les valeurs limites suivantes (voir tableau teneurs totales, OLED Annexe 3, ch.1) ou si le dépassement n'est pas dû à l'activité humaine :"

La qualité des matériaux de remblayage fera l'objet d'une surveillance régulière.

3.6.9 Gestion des eaux météoriques pendant l'exploitation du site des Bulles

La pente du fond d'exploitation favorisera le ruissellement de l'eau sur le carreau de la gravière qui peut localement être rendu peu perméable par l'accumulation de fines liées à la circulation des engins. Cette eau pourra être récoltée et stockée pour une utilisation dans le processus de lavage du gravier, l'excédent sera infiltré d'une part dans les zones dédiées à l'infiltration (bassins itinérants sur le fond de l'exploitation) et d'autre part, si nécessaire dans l'ouvrage prévu au chapitre 3.6.10.

Les eaux de ruissellement issues de la zone des installations seront récupérées en priorité pour l'alimentation des installations de lavage du gravier. En période excédentaire, le surplus des eaux de ruissellement sera également infiltré, grâce à l'ouvrage prévu au chapitre 3.6.10. Avant infiltration, l'eau subira une rétention, une décantation et un déshuilage. Les eaux issues du processus de traitement des boues (floculation, décantation et pressage) seront elles aussi récupérées en priorité et remises dans le système. Comme mentionné au chapitre 4.4.1, leur bonne qualité, pauvre en monomères résiduels, n'implique aucun traitement autre qu'une décantation pour le rejet aux eaux souterraines. Mentionnons ici que la floculation des eaux chargées est nécessaire en amont du pressage, les eaux issues du pressage des boues sont claires, elles peuvent donc être infiltrées directement.

Les ouvrages prévus au chapitre 3.6.11, après remise en état, seront réalisés par étape au fil de la progression de l'exploitation.

La gestion des eaux sur la zone des installations sera régie par la Directive cantonale DCPE 872 relative à la gestion des eaux et des déchets de chantier (d'après la recommandation SIA/VSA 431). Cette directive fixe des normes minimales à respecter en tout temps, pour l'infiltration des eaux de chantier ou des eaux météoriques.

3.6.10 Alimentation en eau des installations

Principe

Le lavage des matériaux extraits nécessite une certaine quantité d'eau afin de les débarrasser de fines indésirables. Le recyclage des eaux de lavage et d'égouttage des stocks, allié à la récupération des eaux de ruissellement de la zone des installations et de l'exploitation, permettra de subvenir en grande partie aux besoins en eau pour le lavage des graviers. Toutefois, une alimentation auxiliaire en eau s'avère nécessaire pour certains processus de traitement (préparation du floculant et lavage des toiles de la presse à boues) et pour faire l'appoint en période de manque. L'alimentation auxiliaire sera assurée par le réseau d'eau sous pression communal.

Les éventuels besoins en eau des installations de lavage des roues des camions seront pourvus selon le même principe que les installations de lavage des graviers et seront négligeables par rapport à ces dernières et fonctionneront principalement en circuit fermé (recyclage de l'eau).

Gestion des eaux de ruissellement de la zone des installations des Bulles

Avec l'aménagement des installations de traitement, le coefficient de ruissellement (Cr) de la zone se verra significativement augmenté. Un plan de gestion des eaux de ruissellement de cette zone est par conséquent nécessaire.

Les eaux de ruissellement de la zone des installations, plus précisément de la zone des installations stricto sensu, de la zone de stockage des matériaux traités et d'une partie des accès et des dégagements, seront en priorité utilisées pour alimenter en eau l'installation de traitement des graviers. Le surplus sera infiltré dans un ouvrage spécialement conçu à cet effet.

Les eaux de ruissellement transiteront préalablement dans des dessableurs et des déshuileurs avant d'être stockées dans des bassins en attendant d'être réutilisées dans le processus de lavage. Ces bassins seront dimensionnés de façon à respecter le débit d'infiltration maximal de l'ouvrage annexe et de contenir un volume correspondant aux besoins de l'installation.

Le débit de pointe à la sortie de la zone des installations et le dimensionnement du bassin de rétention sont calculés en considérant les hypothèses suivantes :

- superficie du secteur contribuant à la production d'eaux claires : ≈ 30'000 m^2 (zone des installations stricto sensu ≈ 3'000 m^2, zone de stockage des matériaux graveleux, accès et dégagements ≈ 27'000 m^2) ;
- perméabilité moyenne de 1.10^{-3} m/s (cf. chapitre 3.2.3) ;
- coefficient de ruissellement (Cr) moyen : 0.54. Le Cr dépend essentiellement du type de sol, de sa couverture et de sa pente. Il indique quelle fraction des précipitations ne s'infiltre pas dans le sol et doit par conséquent être évacuée. Le Cr moyen correspond à la moyenne pondérée des Cr de la zone des installations de traitement stricto sensu (Cr = 0.9), de la zone de stockage des matériaux graveleux, des accès et dégagements (Cr = 0.5) ;
- facteur de sécurité de 1.5 ;
- temps de retour des précipitations : 5 ans. Les données de précipitation considérées sont celles des courbes IDF (Intensité - Durée - Fréquence) du plateau suisse, pour une altitude de 600 m ;
- aucun rejet aux eaux claires.

L'annexe n°1257-7.1 montre qu'en fonction des différents paramètres exposés plus haut et de la géométrie retenue pour l'ouvrage d'infiltration, le cas le plus défavorable en termes de volume à gérer concerne une pluie d'une durée de 5 min avec une intensité de 120 mm/h, produisant un volume d'eau à gérer d'environ 160 m^3 sur la durée de la pluie.

Remarquons que le résultat du calcul est plutôt pessimiste en termes de volume à gérer puisque le temps de concentration[12] , qui équivaut à 6 minutes dans le cas présent, n'a pas été pris en compte.

Comme évoqué précédemment, les eaux de ruissellement de la zone des installations seront utilisées en priorité comme eau de process pour le lavage du gravier. Des bassins seront créés afin de rendre cette eau disponible par pompage. Il ne s'agit toutefois pas de bassins d'orage mais de bassins de process. Ils ne sont donc pas pris en compte comme volume de rétention utile dans les calculs de dimensionnement de l'ouvrage d'infiltration.

Une géométrie d'ouvrage d'infiltration de : L=17m, l=6m, h=1.5m, permet l'infiltration d'environ 135 m^3 sur la durée de l'épisode et autorise la rétention de l'excédent, à savoir une vingtaine de mètres cubes (annexe n°1257-7.1). Un tel ouvrage d'infiltration suffit à lui seul à la gestion d'une pluie quinquennale.

L'ouvrage en lui-même sera de conception simple, il s'agira d'une fouille creusée dans le fond de l'excavation et remplie de boulets de classe granulaire 50/100 permettant de disposer d'un volume utile (porosité) de 25 à 35 %. L'ouvrage d'infiltration sera alimenté via un trop plein dans le bassin de stockage des eaux de process. Le libre choix du positionnement de l'ouvrage est laissé à l'exploitant.

[12] Le temps de concentration correspond au délai requis pour que toute la zone étudiée participe au ruissellement. Il est égal à l'addition du temps d'humectation (2 minutes), dépendant de la nature et de la végétalisation du sol, et du temps de ruissellement (3.5 minutes), dépendant de la pente moyenne du terrain et de la distance de ruissellement.

Une pluie de temps de retour supérieur à 5 ans engendrera un volume supérieur à la capacité d'infiltration de l'ouvrage, la crue s'évacuera alors gravitairement vers le Veyron.

Besoins en eau des installations et dimensionnement du bassin de rétention

Le rythme d'exploitation projeté est de l'ordre de 94'000 m³/an de matériaux bruts (lors de l'étape 2, avec un rythme de 230'000 m³/an, seuls les matériaux pour Orllati Granulats & Béton SA seront lavés sur site), sachant que 500 litres d'eau sont nécessaires au traitement de 1 m³ de gravier, environ 47'000 m³/an d'eau seront nécessaires.

Il est communément admis qu'une installation moderne de lavage du gravier recycle, en moyenne, l'eau de lavage à hauteur de 80% [13]. L'expérience de ces dernières années sur les installations de lavage de la gravière de Mont-de-Melley, montre que, dans les faits, le taux de recyclage d'une installation à la pointe se situe plutôt autour de 99%. Pour la suite du raisonnement, nous retiendrons l'hypothèse conservatrice des 80% de taux de recyclage. **9'400m³/an** soit 42.7 m³/j (sur 220 jours de travail par an) seront alors nécessaires afin de compenser les 20% de perte en eau au cours du processus de lavage (tableau 15).

Tableau 14: Besoins en eau de l'installation de lavage du gravier.

Rythme d'extraction de gravier		m³/an	94'000
Besoin en eau pour le lavage		m³ d'eau/ m³ de gravier	0.5
Taux de recyclage en eau des installations		%	80
Besoin en eau	- par an	m³/an	**9'400**
	- par jour (sur la base de 220 j/an)	m³/j	**42.7**
	- par minute (sur la base de 24h/jour)	l/min	29.7
	- par minute (sur la base de 8h/jour)	l/min	89

L'emprise de la zone des installations représente quelques 30'000 m² sur lesquels l'eau de ruissellement sera récoltée et stockée en bassin pour être introduite dans le processus de lavage. Ainsi, et si on considère un coefficient de ruissellement moyen pondéré de 0.54 sur la surface occupée par les installations (cf. sous-chapitre précédent), le volume annuel récupérable se situe autour des 15'000 m³ (pour des précipitations annuelles moyennes de 947 mm à Cossonay), couvrant théoriquement les besoins en eau.

Cependant, les précipitations sont par nature intermittentes et mal réparties au long de l'année. Pour cette raison, une alimentation auxiliaire, via le réseau d'eau sous pression communal, est nécessaire pour pallier aux périodes de déficit pluviométrique

Le volume raisonnable pour le bassin de rétention pourrait être de 300 m³. Un tel bassin de rétention devrait être en mesure de fournir une bonne partie de l'eau nécessaire au fonctionnement des installations. Il sera construit de manière temporaire sur la zone

[13] MINES ET CARRIERES, MAI 2014, N°214 – art. « L'eau dans l'industrie minérale ».

d'installation. On s'attend ainsi à ce que le prélèvement d'eau sur le réseau communal soit modéré.

3.6.11 Gestion des eaux météoriques après remise en état du site des Bulles

La remise en état du site des Bulles prévoit une reconstitution des horizons pédologiques et une remise en culture de l'ensemble des parcelles concernées. La couche superficielle du remblai sera ripée de manière à minimiser l'effet d'écran induit par la différence de perméabilité entre l'horizon pédologique B et les matériaux de comblement.

Les matériaux qui seront mis en remblai pour le réaménagement du site seront de nature comparable à la moraine de fond actuellement présente en surface sur le site. Leur perméabilité peut ainsi être estimée à environ 5.10^{-7} m/s (cf. chapitre 3.2) dans les faits, elle sera probablement sensiblement plus élevée compte tenu de la nature foisonnée des matériaux mis en remblai.

L'épaisseur du comblement peut localement atteindre 20 m d'épaisseur. Selon la loi de Darcy (expression 3), lorsque la hauteur de la colonne de matériaux augmente, la charge hydraulique augmente d'autant. Ainsi, l'épaisseur de matériaux de comblement ne joue pas de rôle sur le débit d'infiltration des eaux météoriques à travers la colonne de matériaux pourvu que leur perméabilité soit équivalente.

$$Q = K \,.\, A \,.\, h/l \qquad (3)$$

Avec :
Q : le débit filtrant à travers la section considérée ;
K : la perméabilité du matériau concerné ;
A : l'aire de la section perpendiculaire à la direction d'écoulement ;
h : la hauteur de la colonne de matériaux ;
l : la charge hydraulique

En revanche, le temps de percolation de la lame d'eau à travers la colonne de remblai se voit allongé après réaménagement par rapport aux conditions initiales. Ainsi, en théorie, une fois le régime permanent atteint, le débit de l'eau qui rejoint la nappe en percolant à travers le remblai devrait être identique à l'actuel. De manière schématique, et en tenant compte d'une perméabilité du remblai de 5.10^{-7} m/s, une lame d'eau qui s'abat sur le sol mettra jusqu'à 1.5 an pour rejoindre la nappe sous-jacente en percolant à travers 20 m de remblai. Gardons toutefois à l'esprit que le comblement se fait par étapes et que, tant que l'exploitation des matériaux n'est pas terminée, le déficit en eau lié à l'inertie hydraulique du remblai sera probablement largement compensé par l'infiltration préférentielle des eaux en fond d'exploitation.

Le remblaiement de la bordure ouest de la plaine du Veyron entrainera inévitablement une modification des conditions d'infiltration dans cette zone où le gravier est subaffleurant. En effet, cette zone participe à l'infiltration des eaux ruisselées en amont, son imperméabilisation entrainera automatiquement une exportation de l'eau vers l'aval. Le volume engendré devra être géré de manière rationnelle, le point suivant décrit le principe pour y parvenir.

Principe du dispositif

Le réaménagement de la gravière des Bulles est divisé en 2 bassins versants : A et B (annexe n° 1257-7.2). Ils correspondent grossièrement aux bassins versant topographiques actuels. Leurs caractéristiques sont décrites ci-dessous :

- **bassin versant A**. Le bassin versant A correspond à la quasi-totalité de la surface du site, sa superficie est d'environ 249'200 m^2. Il sera réaménagé en zone agricole avec une pente moyenne de 6 à 10%. Actuellement, les eaux issues du ruissellement s'infiltrent de manière diffuse en bas du talus, dans la plaine du Veyron. Afin de ne pas impacter l'alimentation de la nappe d'accompagnement du Veyron, en termes de débit, il est prévu de mettre en œuvre un fossé drainant au pied du talus en bordure de la route cantonale, hors du DP76 (annexe n°1257-7.2). Le fossé aura pour fonction de récolter les eaux de ruissellement et de les infiltrer dans les graviers présents à faible profondeur sous les horizons pédologiques. Une coupe type de l'ouvrages de drainage/infiltration tel qu'il est prévu est donnée en Figure 200, son dimensionnement fait l'objet du chapitre suivant ;
- **bassin versant B** correspond à la partie sud-ouest du site. Sa superficie est de 32'000 m^2. Il sera réaménagé en surface agricole possédant une pente moyenne de 5 %. Dans l'état actuel, ce bassin versant est équipé de drains agricoles qui acheminent ses eaux en direction du talweg qui borde le site au sud-ouest. Un collecteur est présent en fond de talweg, il achemine les eaux de drainage en direction du Veyron. En cas de dégât, le réseau de drains sera reconstitué après la remise en état du site.

Les bassins versants A et B représentent une surface totale de 292'000 m^2.

Prédimensionnement du fossé drainant/infiltrant

L'ouvrage de drainage/infiltration sera aménagé au pied du talus, sur des parcelles privées. Il correspond à un fossé doté d'un surcreusement de forme rectangulaire accueillant un massif de sable et de gravier (Figure 20).

Le fossé est conçu pour se drainer relativement rapidement tout en offrant un volume tampon pour la rétention des pics de précipitations. L'enherbement du fossé a pour intérêt de limiter le transfert des produits phytosanitaires et des composés azotés vers les eaux souterraines. Le lit de sable en tête de massif permet une filtration optimale des fines afin de se prémunir du colmatage de la partie infiltrante.

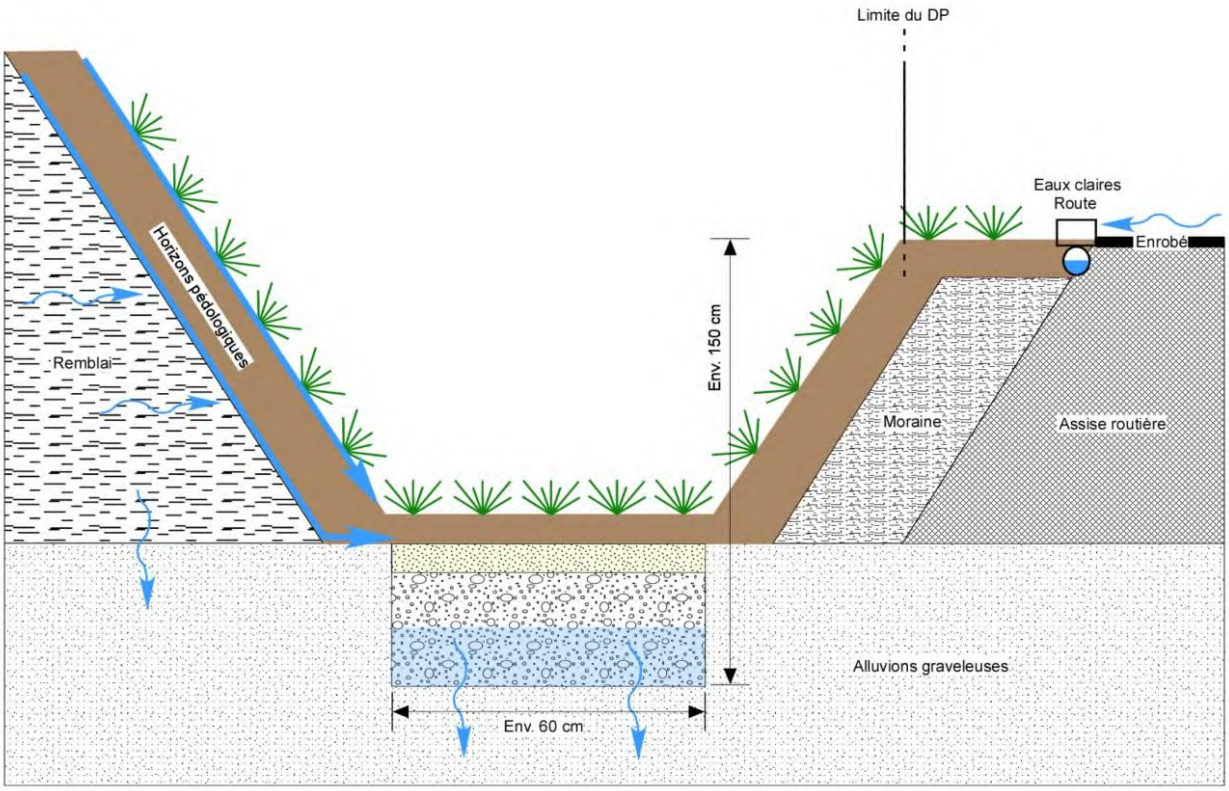


Figure 20: Coupe type schématique d'un fossé drainant enherbé avec canal d'infiltration.

Les dimensions et caractéristiques du fossé drainant sont les suivantes : longueur de 884 m, largeur de 160 cm environ, profondeur de 100 cm environ. Le massif drainant qui sera mis en place sous le fossé aura une largeur de 60 cm et une profondeur d'environ 50 cm. La pente moyenne du fossé est de 2 %.

De l'ouvrage d'infiltration, l'eau s'écoulera dans la formation graveleuse encaissante. Le niveau de la nappe se trouve à priori à quelques mètres sous le fond de l'ouvrage. Les données à disposition permettent d'estimer que la qualité des alluvions présentes au droit de la plaine du Veyron est à priori équivalente aux formations fluvioglaciaires recoupées par les forages. La perméabilité de ces alluvions, utilisée pour les calculs de prédimensionnement, peut par conséquent être estimée à environ 1.10^{-3} m/s. Toutefois, des sondages et des essais d'infiltration seront réalisés en cours de travaux afin de valider ces hypothèses. Au titre de marge de sécurité, la surface d'infiltration et le volume de rétention de l'ouvrage ont été affectés d'un facteur de sécurité de 1.5 (selon la norme SN 640 350).

Le débit de pointe à la sortie du bassin versant A a été calculé en considérant les hypothèses suivantes :

- superficie du secteur contribuant à la production d'eaux de ruissellement : 249'200 m^2 ;
- perméabilité moyenne de 1.10^{-3} m/s ;
- coefficient de ruissellement (Cr) : 0.26 ;
- facteur de sécurité de 1.5 (selon la norme SN 640 350);

- temps de retour des précipitations : 5 ans. Les données de précipitation considérées sont celles des courbes IDF (Intensité - Durée - Fréquence) du plateau suisse, pour une altitude de 600 m ;
- aucun rejet aux eaux claires.

L'annexe n°1257-7.3 montre qu'en fonction des différents paramètres exposés plus haut et de la géométrie retenue pour le fossé d'infiltration, le cas le plus défavorable en termes de volume à gérer concerne une pluie d'une durée de 10 min (équivalent au temps de concentration sur le bassin versant) avec une intensité de 96 mm/h, produisant un volume d'eau à gérer d'environ 1'100 m^3 sur la durée de la pluie.

Un fossé tel que décrit précédemment autorise en théorie un débit d'infiltration de 1'900 l/s environ (détail du calcul en annexe n° 1257-7.3). Le volume de rétention inhérent au fossé est de l'ordre de 1m^3/m linéaire. Compte tenu du profil en long du fossé, dicté par la topographie du terrain naturel, la portion de fossé permettant d'accueillir un tel volume représente 150 m linéaires environ. Le volume total de rétention du tronçon utile de fossé est ainsi de l'ordre de 150 m^3.

–
Ainsi, la modélisation de l'annexe n°1257-7.3 montre que l'ouvrage serait en mesure de gérer la totalité des eaux de ruissellement pour une pluie d'un temps de retour de 5 ans, dont la majorité serait infiltrée et ne resterait qu'environ 40 m^3 de rétention nécessaire, assuré par la capacité de rétention du fossé.

Des précipitations de temps de retour supérieur pourraient engendrer des crues qui dépasseraient potentiellement la capacité du fossé. Toutefois, compte tenu du volume de rétention du tronçon utile de fossé restant, soit environ 110 m^3, ce volume utile permettra une certaine marge de sécurité en cas de phénomène pluviométrique particulièrement intense.

L'aménagement de l'ouvrage d'infiltration est à la charge de l'exploitant. Dès la fin de l'exploitation, les travaux d'entretien de l'ouvrage d'infiltration seront à la charge du propriétaire foncier.

Approche empirique pour le dimensionnement définitif des aménagements hydrauliques

Le prédimensionnement de l'ouvrages hydraulique dont il est question plus haut dans le texte fait intervenir un certain nombre de paramètres (coefficients de ruissellement, perméabilité de l'encaissant, temps de concentration des eaux sur le bassin versant, …) dont l'estimation est basée sur des hypothèses. Ainsi, nous proposons d'avoir recours à une approche empirique qui pourrait être menée de la manière suivante :

Le fossé sera réalisé en parallèle des travaux d'accès et de l'aménagement de la butte parallèle à la route cantonale dont la mise en place produira des eaux de ruissellement qu'il sera nécessaire de gérer. Des sondages de reconnaissance des terrains, associés à des essais d'infiltration, seront réalisés en cours de travaux afin de valider les hypothèses prises en compte pour le prédimensionnement de l'ouvrage. Le fossé pourra également faire l'objet d'un suivi et

éventuellement être instrumentalisé afin de s'assurer que son dimensionnement est correct et qu'il parvient à gérer le ruissellement de manière efficace. La gestion des eaux de ruissellement pourra par conséquent être optimisée. Cela impliquera toutefois qu'une autorisation complémentaire selon l'article 12a LPDP devra être obtenue pour cet ouvrage en cours d'exploitation.

Compte tenu de la nature agricole des eaux collectées au niveau des différents ouvrages, avec tous les risques que celles-ci représentent en termes de qualité vis-à-vis des intrants utilisés par les exploitants, un contrôle de la qualité des eaux sera réalisé. A noter que la végétation extensive et la forêt qui prendront place sur le talus permettront d'abattre certains composés agricoles et constitueront une bande tampon efficace entre les zones d'exploitation agricole conventionnelle et la tranchée d'infiltration.

3.6.12 Contraintes d'exploitation

Diverses contraintes doivent être prises en compte dans l'exploitation du site. Celles-ci sont d'ordre technique ou légal. Elles sont décrites ci-dessous pour le périmètre de la gravière.

Ligne électrique et câble de télécommunications

Une ligne aérienne de haute tension, exploitée par la société "Romande Energie SA" et propriété des CFF, traverse le site dans un axe est-ouest se superposant aux parcelles n^{os} 134, 135 et 130 et au DP n^{o} 73 de la commune de La Chaux. Deux piliers sont situés dans le périmètre du projet. Une variante souterraine n'est techniquement pas possible et la surélévation de la ligne semble être une entreprise disproportionnée. Par conséquent, la ligne sera maintenue dans son état actuel, moyennant des aménagements autour des mâts et des restrictions d'exploitations autour de ceux-ci. Cela implique la perte d'environ 50'000 m^3 de graviers. Les épaisseurs exactes à laisser en place pour assurer la stabilité de la ligne seront définies lors de l'exploitation. La ligne restera en service en permanence. Si nécessaire, elle pourra exceptionnellement être mise hors tension, à condition que l'état du réseau le permette. Les travaux seront réalisés de manière à assurer l'intégrité de la ligne et la stabilité de ses fondations. Le personnel de Romande Energie pourra accéder en tout temps à la ligne pour l'entretenir. Une séance avec Romande Energie et les CFF a été réalisé le 27 novembre 2025, et une convention entre les partis sera établie. L'accord écrit des CFF au sens de l'article 18m, alinéa 1 de la Loi fédérale sur les chemins de fer est également en cours d'établissement et sera obtenu avant la délivrance du permis d'exploiter

Par ailleurs, il est prévu que la traversée du Veyron par le convoyeur aérien se fasse sous la ligne HT précitée. Dans l'emprise de la ligne (gabarit strict de la ligne additionné de 5 m de distance latérale par rapport au conducteur le plus à l'extérieur, OLEI), la partie sommitale du projet de convoyeur dans sa forme définitive respecte la distance directe minimale sous le conducteur inférieur qui est de 7 m additionnés de 1cm par kV, soit 7.20 m. Un projet de détail a été soumis à Romande Energie pour consultation de l'Inspection fédérale des installations à courant fort (ESTI). Au vu des éléments communiqués, l'ESTI a déclaré que le projet de convoyeur peut être considéré au même titre que la construction d'un candélabre (OLEI art. 42), ou d'une paroi de protection (OLEI art. 43). Ainsi, sous réserve du respect des articles 42 et 43 de l'OLEI, la

construction du convoyeur ne nécessite pas de dérogation à l'article 38 OLEI. Lors de la mise à l'enquête, Romande Energie enverra une lettre de mise en garde avec un dossier de sécurité pour la construction.

Une ligne, propriété de Swisscom SA, traverse le périmètre de la gravière du sud-ouest vers le nord-est.

L'exploitant garantit la pérennité de ces lignes durant l'exploitation de la gravière et à la fin du réaménagement.

Canalisations et conduites d'eau

Une conduite d'eau usée (PVC, Φ200) longe la route cantonale sur les parcelles n°s 130, 140 et 141, elle se prolonge ensuite sur le côté opposé de la route. Le pied du talus de réaménagement sera suffisamment éloigné de la route cantonale (10 m en moyenne) et de la conduite pour ne présenter aucun risque.

Un système de récolte des eaux de ruissellement de la route cantonale semble aussi être présent sur les DPs n°s 67 et 76 mais n'est pas mentionné sur les cartes des canalisations communales. Etant situé exclusivement sur les domaines publics, il ne sera pas touché par le projet.

La situation des servitudes, des drainages et canalisations pour les réseaux d'eaux et d'électricité présents dans le périmètre de la gravière est représentée à l'annexe n° 1257-1.3.

Compte tenu de la morphologie du réaménagement, la réalisation de nouveaux drainages agricoles ne sera a priori pas nécessaire. Un fossé de récolte des eaux de ruissellement sera cependant nécessaire au pied du talus du réaménagement final pour éviter que les eaux ne s'écoulent jusque sur la route cantonale. Cet aménagement est décrit au chapitre 3.6.11 du présent mémoire technique.

L'exploitant s'engage à ne jamais entraver le bon fonctionnement des canalisations et, au surplus, à garantir l'évacuation des eaux durant l'exploitation de la gravière ainsi qu'une fois le réaménagement terminé. En plus de garantir leur pérennité, l'exploitant s'engage à garantir leur accès pour de futures modifications ou réparations.

Si d'autres canalisations que celles mentionnées ci-dessus sont découvertes dans le périmètre du projet de la gravière lors des travaux, elles seront gérées de façon à assurer le maintien de leur fonctionnalité.

Droit de passage

Un droit de passage sur la parcelle n° 137 est inscrit au registre foncier pour permettre l'accès aux parcelles n°s 139 et 396.

Cet accès sera maintenu tout au long de l'exploitation de la gravière.

Chemins agricoles

Le domaine public n° 73 est un chemin agricole qui permet l'accès aux parcelles n° 48 (Chavannes-le-Veyron), n° 131 et la partie nord de la parcelle n° 137. Ce chemin sera interrompu dans le cadre de l'exploitation de l'étape 2. Il est possible d'accéder à la parcelle n° 48 par le domaine public n° 1015 de la Commune de Chavannes-le-Veyron. Pendant toute la durée d'interruption du tracé, un autre accès à la parcelle n° 131 sera garanti. Au terme du réaménagement, le chemin sera restitué selon son tracé initial et avec un revêtement similaire.

Au terme du projet, un remaniement parcellaire pourrait être réalisé en coordination avec les différents propriétaires afin de permettre une exploitation agricole du site rationnelle et un accès aisé à toutes les parcelles.

Servitudes dans l'emprise du convoyeur

Le convoyeur jusqu'à la gravière de Gratteloup est entièrement présent dans l'emprise du Plan d'extraction. Il coupe localement plusieurs collecteurs d'eaux claires ou des drainages dont la localisation n'est pas connue aujourd'hui. L'ensemble de ces réseaux seront maintenus en phase d'exploitation et ainsi immédiatement reconstitués lors de la création de l'ouvrage. Certains de ces réseaux sont néanmoins connus et recensés par une servitude inscrite au registre foncier. Ils sont reportés ci-dessous :

- Une canalisation (réservoir) est présente sur la parcelle n° 149. Sa localisation n'est pas connue.
- Un passage à pied et véhicule est présent sur les parcelles n° 72 et 289. L'accès sera maintenu jusqu'au convoyeur. Seul le passage à pied pourra être prolongé vers le sud pendant la phase d'exploitation jusqu'au démantèlement de la partie aérienne de l'ouvrage.
- Une canalisation d'électricité et de télécommunication traverse les parcelles n° 73, 105 et 143.
- Une conduite d'eau traverse les parcelles n° 73, 146, 151, 152 et 153.

Outre les servitudes inscrites au registre foncier, le convoyeur traversera plusieurs domaines publics qui ne seront perturbés que temporairement lors de la création et du démantèlement de l'ouvrage. La route cantonale 167 La Chaux-Saint-Denis (DP 67) sera traversée en aérien, avec un gabarit de 5m, tout comme le cours d'eau du Veyron (DP 66). Les chemins AF et agricoles (DP 69, 11, 111 et 1033) seront eux traversés en souterrain.

3.6.13 Accès

L'accès routier à la gravière s'effectuera depuis la RC 167-B-P, au sud-est de la zone destinée aux installations de traitement sur la parcelle n°141 et dans une moindre mesure sur la parcelle

n°140. Le projet d'aménagement réalisé par le bureau Alpha-Géo - Ingénieurs et Géomètres SA est présenté ci-dessous.

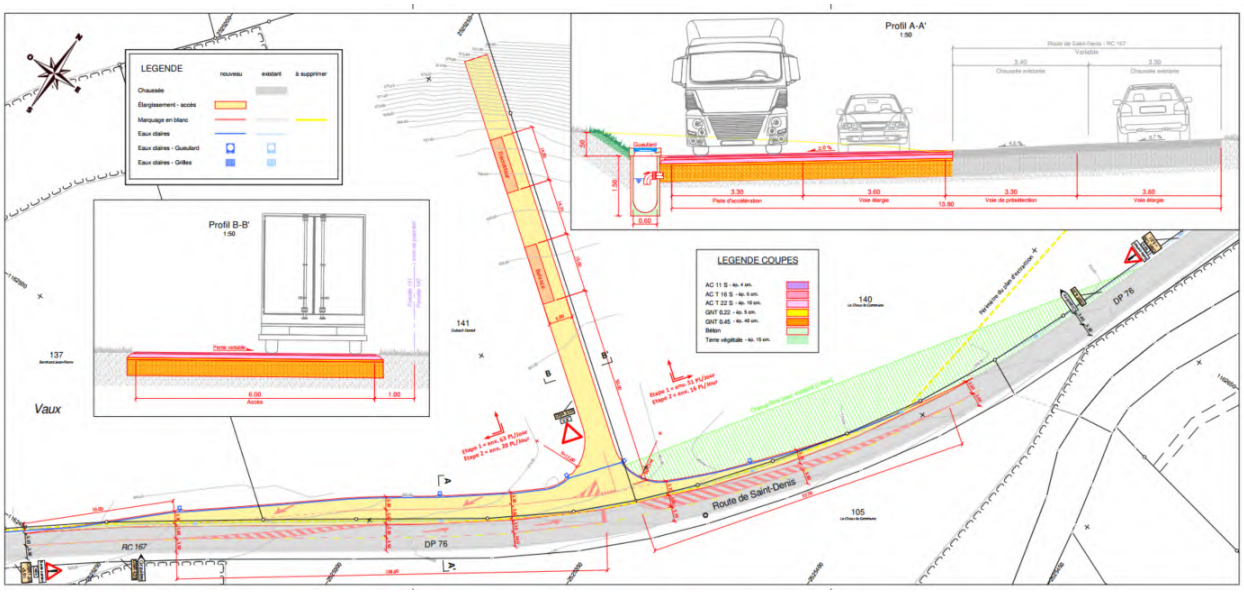


Figure 21: Accès à la gravière.

Cet aménagement routier nécessaire à l'accès au site fera l'objet d'un dossier simultané et d'une procédure selon la loi sur les routes.

A la fin de l'exploitation l'accès sera supprimé et remis en état.

3.7 Données de base concernant le trafic

3.7.1 Introduction et périmètre d'étude

Ce chapitre analyse le transport routier des matériaux extraits qui partent du site et des matériaux de comblement qui sont acheminés sur le site, en termes de charges et de répartitions sur le réseau routier. Il servira de base à l'évaluation des nuisances liées au trafic de projet, dans les domaines du bruit et de la qualité de l'air.

Le périmètre d'étude retenu se compose des principaux axes routiers, qui seront empruntés par le trafic poids lourds lié au projet.

Dans le cadre de cette étude, le périmètre a été partagé en tronçons homogènes, du point de vue des charges de trafic (trafic journalier moyen [TJM] identiques) et des vitesses autorisées.

L'étape 1 se caractérise par des transports uniquement par la route. Dès l'étape 2 et la mise en marche du tapis roulant, le trafic induit sur le site de la gravière va diminuer et se reporter sur la zone industrielle d'Aclens/Vufflens-la-Ville, raccordée au rail et à l'autoroute sans traversée de localité.

3.7.2 Données du trafic de base

Les TJM relatifs aux différents tronçons retenus proviennent des données de trafic de l'Etat de Vaud, basées sur différents recensements de la circulation du Service des Routes.

Pour l'ensemble des tronçons, les données sont celles issues des comptages cantonaux de 2022. Des tronçons ont fait l'objet de subdivisions pour prendre en compte un changement significatif de trafic après une intersection.

Des modifications ont été apportées aux TJM 2022 sur les tronçons suivants, pour différentes raisons détaillées ci-dessous :

- Tronçon 3-3' :

Un comptage dans le centre de Cottens en 2018 avait indiqué un TJM de plus de 6'900 véhicules, ce qui est significativement supérieur au TJM 2015 qui s'élevait à 3'500 véhicules et au TJM 2022 atteignant 3'300 véhicules. Le TJM 2018 semble plus réaliste car il comptabilise les véhicules en direction de Sévery (4'000 véhicules/j en 2015, RC 151-C-P). En effet, dans la détermination du TJM 2015, la route cantonale RC 171-B-P n'a pas été subdivisée à l'intersection avec la RC 151-C-P.

Malgré ce résultat, le TJM total 2022 n'a pas été augmenté, ce qui constitue une hypothèse pessimiste pour le calcul de l'impact sonore.

Concernant le trafic des poids lourds, qui n'a pas été recensé en 2018, le nombre de poids lourds a été déterminé en faisant la moyenne des ratios entre la somme des TJM des RC 30-B-P (tronçon 3-11) et 151-C-S (tronçon 3-4) par rapport au tronçon de Cottens centre (tronçon 3'-3) et entre la somme des TJM des RC 171-B-P (tronçon 2-3') et 151-C-P (route en direction de Sévery) par rapport au tronçon de Cottens centre (3'-3).

- Tronçon 7-8 :

Les TJM poids lourds 2022 du tronçon 7-8 (RC 151-B-P : Moulin du Choc – Route de Bremblens) ont été adaptés en raison d'une valeur aberrante. En effet, seul 15 poids lourds sont comptabilisés en 2022, alors que la valeur recensée en 2015 était de 1'280 et de 1'230 en 2010. Cette différence majeure n'est pas justifiable. Le nombre de poids lourds de l'année 2015 a donc été utilisé dans la modélisation.

Une augmentation de trafic de 0% par an entre 2022 et 2031 a été considérée pour la projection des données dans le temps. Il a été considéré que le trafic a tendance à se stabiliser au cours des années. Cette hypothèse est pessimiste du point de vue du bruit routier induit par le projet (impact sonore).

3.7.3 Hypothèses sur le transport

Etape 1

Transport de graviers

Les TJM induits par le transport de graviers se fondent sur les hypothèses suivantes :

- 80% de camions à 5 essieux et 20% de camions semis remorques, pour une capacité moyenne de transport d'environ 12.7 m^3 en place ;
- 220 jours d'exploitation par année.

Le rythme d'exploitation retenu dans le cadre de cette étude pour la première étape est de 80'000 m^3/an de matériaux traités et transportés. Il générera un peu plus de 28 camions par jour, soit 57 passages, sur 220 jours ouvrables annuels d'exploitation.

Transport de remblais

Les TJM induits par le transport de remblais se fondent sur les hypothèses suivantes :

- 100% de camions à 5 essieux, pour une capacité moyenne de transport d'environ 12.5 m^3 en place ;
- 220 jours d'exploitation par année.

Le remblayage de la gravière s'effectuera au fur et à mesure de l'avancement de l'extraction. Son rythme maximal d'environ 110'000 m^3/an sera légèrement supérieur à celui de l'exploitation des graviers sachant que la remise en état prévoit un comblement complémentaire par rapport au terrain naturel.

Une synergie d'environ 40 % entre le transport de gravier et de remblai est prévue sur l'ensemble des tronçons.

Le comblement générera donc également un peu plus de 28 camions par jour, soit 57 passages, sur 220 jours ouvrables annuels d'exploitation.

Bilan global des transports de l'étape 1

Au final et en moyenne annuelle ce seront un total de 114 passages qui seront générés par l'exploitation de la gravière et son comblement lors de l'étape 1.

Etape 2

La parcelle des installations dans la zone industrielle est raccordée au rail. A terme, l'objectif est de pouvoir acheminer par le train des matériaux graveleux et/ou des remblais jusqu'à/depuis le cœur des villes et des principaux gros chantiers d'infrastructure. Le transport par camion restera cependant nécessaire pour de nombreux chantiers, de plus petite taille ou non raccordés au rail.

Transport de graviers

Les TJM induits par le transport de graviers se fondent sur les hypothèses suivantes :

- 80% de camions à 5 essieux et 20% de camions semis remorques, pour une capacité moyenne de transport d'environ 12.7 m^3 en place ;
- 220 jours d'exploitation par année.

Le rythme d'exploitation retenu pour la seconde étape est de 230'000 m^3/an de matériaux extraits. Sur ce volume, 10 % sera transportés par camion depuis la gravière vers des chantiers locaux ou vers de la zone industrielle d'Aclens/Vufflens. Le solde des matériaux sera transporté par le convoyeur jusqu'aux installations de la zone industrielle. La majeure partie du trafic généré par l'exploitation de la gravière partira donc de la zone industrielle.

Le transport de graviers générera un peu plus de 8 camions par jour depuis la gravière, soit 17 passages, et 79 camions par jour depuis la zone industrielle, soit 158 passages sur 220 jours ouvrables annuels d'exploitation.

Transport de remblais

Les TJM induits par le transport de remblais se fondent sur les hypothèses suivantes :

- 100% de camions à 5 essieux, pour une capacité moyenne de transport d'environ 12.5 m^3 en place ;
- 220 jours d'exploitation par année.

Le remblayage de la gravière s'effectuera au fur et à mesure de l'avancement de l'extraction. Son rythme d'environ 260'000 m^3/an sera légèrement supérieur à celui de l'exploitation des graviers, sachant que la remise en état prévoit un comblement complémentaire par rapport au terrain naturel.

Une synergie d'environ 40 % entre le transport de gravier et de remblai est prévue uniquement sur les tronçons en direction de la zone industrielle.

Comme pour les graviers, 10 % des matériaux seront transportés par camion vers la gravière et le solde sera apporté par le convoyeur.

Le comblement générera donc un peu plus de 9 camions par jour en direction de la gravière, soit 19 passages, et 56 camions vers la zone industrielle, soit 112 passages sur 220 jours ouvrables annuels d'exploitation.

Bilan global des transports de l'étape 2

Au final et en moyenne annuelle se seront un total de 307 passages qui seront générés par l'exploitation de la gravière et son comblement lors de l'étape 2 (à partir/vers la gravière des Bulles et de la zone industrielle d'Aclens/Vufflens).

3.7.4 Répartitions du trafic de projet

Etape 1

Lors de l'étape 1 qui durera 5 ans, l'intégralité des matériaux transitera par la route. Seuls des matériaux exploités sur la gravière "Les Bulles" pour l'entreprise Orllati Granulats & Béton SA seront exportés ou importés.

La répartition des matériaux, et donc des TJM, sera la suivante :

- 55% vers le sud en direction du hameau de St-Denis ;
- 45% vers le nord en direction du village de La Chaux.

Le trafic se répartit dans les grandes lignes de la façon suivante :

- 32% vers la Côte dont 30 % en direction de Morges et l'entrée d'autoroute Morges-Ouest et 2% en direction d'Aubonne par la route de l'Etraz ;
- 28% vers l'ouest lausannois via Bussigny ;
- 27 % vers la jonction autoroutière de Cossonay ;
- Entre 2 et 4% vers des centres de développement régionaux, tels que L'Isle, La Vallée de Joux, Apples, Bière ou des chantiers locaux au nord-ouest du site (La Sarraz, Eclépens).

Les charges de trafic induites par l'exploitation de la gravière sont synthétisées sur le Plan de circulation de l'annexe n° 1257-4.1a et détaillées dans le tableau à l'annexe n° 1257-4.2a.

Etape 2

Lors de l'étape 2 qui durera 11 ans (4 ans d'extraction et comblement suivi de 6 ans de comblement et 1 an de remise en état), seuls 10 % des matériaux exploités emprunteront la route depuis le site de la gravière. Ces volumes seront réservés pour des besoins locaux, pour des matériaux peu structurés ne pouvant être transportés par le convoyeur (matériaux fluants ou blocs de gros diamètres par exemple) ou pour les périodes d'entretien de l'ouvrage.

Le périmètre d'étude est étendu au trafic généré par les matériaux du convoyeur depuis ou vers la zone industrielle d'Aclens-Vufflens.

Ainsi, depuis la gravière, le trafic se répartit de façon identique à l'étape 1 entre les différents tronçons pour alimenter les chantiers locaux et sans aucune synergie entre le transport des graviers et des remblais car trop complexe à mettre en place pour de petits chantiers. Il y aura cependant une exception pour les camions transportant les graviers bruts de la société Gratteloup SA dont l'ensemble est transporté jusqu'à la zone industrielle d'Aclens-Vufflens pour y être traité.

Concernant les matériaux qui transiteront par la zone industrielle, ils se répartiront sur les axes routiers de la façon suivante :

- 44 % en direction de la jonction autoroutière de Cossonay ;

- 33 % en direction de l'ouest lausannois ;
- 20 % en direction de Morges et de sa jonction autoroutière ;
- 3 % en direction de l'ouest pour alimenter des chantiers locaux.

Une synergie de 40% est considérée pour les camions qui transitent par la zone industrielle.

Les charges de trafic induites lors de l'étape 2 sont synthétisées sur le Plan de circulation de l'annexe n° 1257-4.1b et détaillées dans le tableau à l'annexe n° 1257-4.2b.

3.7.5 Synthèses des TJM

Etape 1

La synthèse du trafic global, attendu avec et sans projet sur les tronçons routiers retenus, est résumée dans le tableau ci-après, pour l'année 2026 et détaillé à l'annexe n° 1257-4.2a.

Le trafic de projet sollicitera significativement les axes reliant la gravière au village de Cottens, où il accroîtra jusqu'à environ 151.1 % TJM poids-lourds, selon le tronçon considéré. Cette augmentation restera toutefois faible, de +3.1 %, comparée au TJM total. En direction du nord, seuls les tronçons reliant la gravière à Cossonay verront leur TJM total augmenter de plus de 1 % (+1.9 % et 1.1 %).

Tableau 15: Trafic généré par l'exploitation de la gravière et son remblayage durant l'étape 1.

Tronçon	Route	TJM de base TOTAL 2026 [vhc/j]	TJM de base PL 2026 [vhc/j]	TJM projet PL 2026 [vhc/j]	TJM projet p.r. TJM base TOTAL [%]	TJM projet p.r. TJM base PL [%]
0 - 1	167-B-P	2700	75	63	2.3	83.6
1 - 2	166-C-S	1950	40	60	3.1	151.1
2 - 3'	171-B-P	3300	115	60	1.8	52.5
3' - 3	171-B-P	3300	85	60	1.8	70.8
3 - 4	171-B-P	6600	195	35	0.5	18.1
4 - 5	151-C-S	3900	145	29	0.7	19.7
5 – 6'	151-C-S	4400	145	29	0.6	19.7
6' - 6	151-C-S	3700	140	29	0.8	20.4
6 - 7	151-B-P	5000	215	32	0.6	14.8
7 - 8	151-B-P	11100	1280	32	0.3	2.5
8 - 9	151-B-P	10200	1525	32	0.3	2.1
9 - 10	151-B-P	11700	1100	32	0.3	2.9
3 - 11	171-B-P	6000	155	25	0.4	16.2
11 - 12	30-B-P	3800	90	23	0.6	25.3

12 - 13	30-B-P	3700	145	23	0.6	15.7
13 – 13'	67-B-P	3500	90	21	0.6	22.8
13' - 14	70-B-P	2900	80	21	0.7	25.7
14 – 15'	70-B-P	4500	150	21	0.5	13.7
15' – 15	70-B-P	4500	150	21	0.5	13.7
15 - 16	69-B-P	8800	290	21	0.2	7.1
4 - 17	75-C-P	2700	50	7	0.3	13.7
17 - 18	75-C-P	3800	80	7	0.2	8.6
18 - 19	75-C-P	300	195	7	0.2	3.5
19 - 20'	75-C-P	5800	245	7	0.1	2.8
20 - 20'	75-C-P	5800	245	7	0.1	2.8
6 - 21	77-B-P	4700	95	7	0.1	7.2
21 - 22	77-B-P	4900	185	7	0.1	3.7
11 - 35	66-C-S	2200	75	2	0.1	3.0
13 - 36	30-B-P	5600	100	2	0.0	2.3
1 - 34	166-B-P	3900	85	3	0.1	3.9
0 - 23	167-B-P	2700	75	51	1.9	68.4
23 - 24	165-B-P	4300	165	47	1.1	28.3
24 - 25	165-B-P	9900	245	44	0.4	18.1
25 – 26'	251-B-P	9900	245	34	0.3	13.9
26' – 26	251-B-P	14700	575	34	0.2	5.9
26 - 27	251-B-P	14300	575	31	0.2	5.4
27 - 28	317-B-P	12500	410	31	0.2	7.5
28 – 29'	317-B-P	14100	410	31	0.2	7.5
29' – 29	317-B-P	14300	420	31	0.2	7.3
25 - 30	173-B-P	4200	190	10	0.2	5.4
30 – 6''	173-B-P	5500	245	10	0.2	4.2
6'' – 6	173-B-P	5600	165	10	0.2	6.2
24 - 31	251-B-P	7800	325	3	0.0	1.0
23 - 32	165-C-P	2200	65	5	0.2	7.0
32 - 33	165-C-P	700	20	5	0.7	22.8

Etape 2

La synthèse du trafic global, attendu avec et sans projet sur les tronçons routiers retenus, est résumée dans le tableau ci-après, pour l'année 2031 et détaillé à l'annexe n° 1257-4.2b.

Dès l'étape 2, le trafic du projet sollicitera nettement moins les axes routiers de la région de La Chaux et les villages avoisinants par rapport à l'étape 1. Le tronçon avec l'augmentation la plus importante du TJM PL (+57.0 %) est la portion de route cantonale 77-B-P reliant Aclens au giratoire Crevel. Cette augmentation restera cependant très faible en comparaison du TJM total avec seulement +1.2 % de trafic en sus.

Sur les neuf tronçons dont l'augmentation du TJM total est supérieure à 1 %, seuls celui reliant Aclens au Moulin du Choc (6-7), celui reliant Aclens au giratoire Crevel (6-21) et celui conduisant à l'intersection de l'Avenue de Plan (21-22) passeront à proximité d'une zone d'habitation. Les autres emprunteront la RC 177-B-P qui contourne les localités.

Tableau 16: Trafic généré par l'exploitation de la gravière et son remblayage dès l'étape 2.

Tronçon	Route	TJM de base TOTAL 2031 [vhc/j]	TJM de base PL 2031 [vhc/j]	TJM projet PL 2031 [vhc/j]	TJM projet p.r. TJM base TOTAL [%]	TJM projet p.r. TJM base PL [%]
0 - 1	167-B-P	2700	75	75	0.7	26.3
1 - 2	166-C-S	1950	40	40	0.9	41.9
2 - 3'	171-B-P	3300	115	115	0.5	14.6
3' - 3	171-B-P	3300	85	85	0.5	19.6
3 - 4	171-B-P	6600	195	195	0.1	3.1
4 - 5	151-C-S	3900	145	145	0.2	4.1
5 – 6'	151-C-S	4400	145	145	0.2	6.0
6' - 6	151-C-S	3700	140	140	0.2	6.2
6 - 7	151-B-P	5000	215	215	1.5	34.1
7 - 8	151-B-P	11100	1280	1280	0.8	7.0
8 - 9	151-B-P	10200	1525	1525	0.9	5.9
9 - 10	151-B-P	11700	1100	1100	0.8	8.2
3 - 11	171-B-P	6000	155	155	0.2	6.9
11 - 12	30-B-P	3800	90	90	0.2	9.7
6 - 21	77-B-P	4700	95	95	1.2	57.0
21 - 22	77-B-P	4900	185	185	1.1	29.3
11 - 35	66-C-S	2200	75	75	0.1	2.7
1 - 34	166-B-P	3900	85	85	0.1	3.5
0 - 23	167-B-P	2700	75	75	0.6	21.7

23 - 24	165-B-P	4300	165	165	0.3	6.8
24 - 25	165-B-P	9900	245	245	0.1	3.3
25 - 30	173-B-P	4200	190	190	0.1	2.6
30 – 6''	173-B-P	5500	245	245	0.2	4.2
6'' - 6	173-B-P	5600	165	165	0.2	6.3
23 - 32	165-C-P	2200	65	65	0.2	7.7
32 - 33	165-C-P	700	20	20	0.7	25.0
7 - 37	177-B-P	5400	1070	1070	3.0	15.2
37 - 38	177-B-P	5400	1070	1070	2.2	11.1
38 - 39	177-B-P	6500	1080	1080	1.8	11.0
39 - 40	251-B-P	10700	845	845	1.1	14.1
40 - 41	177-B-P	5100	255	255	2.3	46.7
41 - 29	317-B-P	7800	215	215	1.5	55.4

A noter que le trafic généré par la gravière "Les Bulles" pourra potentiellement remplacer le trafic induit par des autres gravières du pied du Jura qui prendront fin dans quelques années, telle la gravière "Des Barbilles" (comprise dans les TJM 2015 mais aujourd'hui entièrement remise en état).

4 MESURES ENVIRONNEMENTALES

4.1 Protection de l'air et du climat

Les émissions de poussières liées à l'exploitation de la gravière proviennent du trafic sur le site, de l'extraction, du chargement/déchargement des matériaux et des opérations de manutention. Elles dépendent de paramètres très variables, tels que l'humidité ou la granulométrie des matériaux et sont difficiles à quantifier.

Dans le cas de la gravière "Les Bulles", des mesures de réduction des émissions à la source seront appliquées à titre préventif :

- Installation d'un décrotteur à la sortie de l'accès du site ;
- Nettoyage régulier des voies de communication revêtues, afin d'éviter la mouture des particules grossières en fines qui s'envolent avec le vent ;
- Arrosage des voies de communication et de leurs abords par temps sec ou à toute fin utile ;
- Dispersion de coagulants aux endroits sensibles si les mesures précédentes sont insuffisantes ;
- Ensemencement des sols stockés ;
- Réduction des volumes manipulés lors de fortes émissions ;
- Pour les habitations se trouvant à proximité de la gravière, il s'agira de vérifier que les valeurs limites d'immissions de poussières soient respectées à long terme. La valeur limite à surveiller est celle des retombées de poussières, limitée à 200 mg/m^2 par jour ;
- L'exploitation de la gravière respectera en outre les directives en vigueur.

4.2 Protection contre le bruit et les vibrations

4.2.1 Bruit de l'exploitation de la gravière

L'essentiel des travaux s'opérera exclusivement durant les heures diurnes[14] des jours ouvrables.

Le projet œuvre pour minimiser ses nuisances sonores, puisqu'il prévoit de :

- Disposer ses installations de traitement en fond d'exploitation, de sorte à bénéficier des effets d'obstacles induits par les talus d'exploitation ;
- Faire obstacle à la propagation de son bruit, via l'implantation de buttes.

4.2.2 Bruit du trafic routier

Le bruit induit par le trafic généré par le projet seront imperceptibles pour l'essentiel des tronçons étudiés. Les résultats des impacts sonores indiquent que l'accroissement des niveaux

[14] selon les plages horaires définies dans l'OPB

d'émission lié au projet est considéré comme imperceptible (inférieur à 0.5 dB(A)) sur l'ensemble des tronçons étudiés. Par conséquent, aucun de ces tronçons ne nécessite une étude des immissions au droit des locaux à usage sensible au bruit.

Les exigences de l'Ordonnance sur la protection contre le bruit (OPB) sont donc satisfaites pour le bruit lié au trafic routier.

4.3 Protection contre les rayonnements non ionisants

Le périmètre de la gravière est traversé par une ligne aérienne haute tension (HT) portée par des piliers en béton (voir annexe n° 1257-3.1) avec des conducteurs des CFF de 132 kV et des conducteurs de la Romande Energie de 20 kV.

Le tracé de la ligne électrique à haute tension (HT) traverse le site de la gravière et le convoyeur étant situé sous celle-ci pour la traversée du Veyron, le personnel travaillant à proximité sera exposé aux rayonnements non ionisants.

La présence de cette ligne nécessite la prise en compte de l'Ordonnance sur la protection contre le rayonnement non ionisant (ORNI, 23.12.1999), qui limite à 800 heures/an la durée d'exposition à des rayonnements supérieurs à la valeur limite d'immissions (VLI). Dans le cas présent, la VLI est respectée dès une distance d'environ 16 m au sol de l'axe de la ligne, en fonction de ses caractéristiques. Aucun travailleur ne devra donc séjourner plus de 800 heures/an dans la bande de 16 m de part et d'autre de l'axe de la ligne.

Pour l'exploitation de la gravière, les travaux préparatoires, l'extraction et le réaménagement progresseront par bandes, ce qui permettra de garantir un temps de séjour annuel des travailleurs le plus court possible et inférieur à 800 heures.

L'emplacement d'éventuels ouvrages annexes (baraque de chantier, etc.) devra être choisi en conséquence.

Concernant la phase de construction de la partie aérienne du convoyeur, la durée de celle-ci n'est pas connue avec précision mais le planning de chantier sera élaboré de sorte à respecter la limite de 800 heures/an dans le rayon des 16 m défini précédemment. A savoir qu'au plus proche, le convoyeur reste à une distance de 13 m du conducteur le plus bas.

On rappellera que la construction du convoyeur est soumise à l'Ordonnance sur les lignes électriques (OLEI) et doit respecter en particulier l'article 38 qui définit une distance directe minimale de 7.20 m.

Selon les règles relatives à la mise en œuvre des grues et des machines de chantier à proximité des lignes électriques aériennes (Directive sur les travaux à proximité de lignes aériennes, SUVA, février 2022), la zone dans un rayon de 4.5 m des conducteurs inférieurs est considérée comme une zone dangereuse, dans laquelle aucun engin ne doit pénétrer. Cette distance sera constamment maintenue entre la hauteur maximale des engins de chantier et le conducteur

inférieur de la ligne électrique - si besoin à l'aide de mesures - conformément aux règles de la SUVA relatives aux travaux à proximité de lignes aériennes.

Avec une distance de plus de 10 m entre le sommet du convoyeur et le conducteur le plus bas, les dumpers empruntant la rampe pour le chargement du convoyeur ne devraient pas pénétrer dans la zone dangereuse précédemment définie. Cet élément sera vérifié lors du projet définitif de construction du convoyeur.

4.4 Protection des eaux

4.4.1 Eaux souterraines (périmètre de la gravière)

Le chapitre 3.2 décrit en détail la situation du projet des Bulles vis-à-vis des eaux souterraines et des captages environnants. Il en ressort que la zone amont du site des Bulles, représentée par les piézomètres Ch156, 158 et 1510, ne montre pas un comportement traduisant la présence d'une nappe (stagnation des niveaux d'eau). On parlera plutôt de circulations ayant lieu à l'interface entre l'imperméable et le gravier aquifère. Par opposition, à l'aval, les piézomètres Ch157, 159, 211 et dans une moindre mesure Ch1511 et 213, traduisent la présence d'une nappe à proprement parler (annexe n°1257-2.9) avec des battements interannuels pouvant atteindre 1 à 2 m.

Les eaux souterraines qui transitent au droit du site rejoignent vraisemblablement la nappe d'accompagnement du Veyron qui se développe dans la plaine à l'est du site.

Il apparait également qu'aucune ressource d'intérêt public n'exploite actuellement les eaux souterraines en relation avec la nappe qui se développe au droit du site. Il n'en est pas moins que la nappe d'accompagnement du Veyron, colloquée en secteur Au de protection des eaux, représente une ressource potentielle intéressante pour l'avenir, il s'agit donc de la préserver en ne modifiant pas ses conditions d'alimentation.

Mesures de protections et impacts liés à l'extraction des matériaux graveleux

Le périmètre d'exploitation de gravier est quasi-entièrement situé en secteur A_u de protection des eaux (chapitre 3.2). De ce fait, le fond d'exploitation doit maintenir une couche de protection d'au moins 2 m au-dessus du niveau naturel maximum décennal des eaux souterraines présentes (OEaux, annexe 2, chiffre 211, al. 3).

Le chapitre 3.6.3 ainsi que l'annexe n°1257-3.1 montrent que cette condition de protection des eaux a été respectée lors de l'établissement du fond d'exploitation.

Par ailleurs :

- l'exploitation n'interceptera pas d'écoulement naturel pérenne, tout au plus elle pourra recouper quelques circulations hypodermiques ou chenaux superficiels à débit limité ;

- la pente du carreau et le fossé aval permettront l'évacuation partielle ou totale des eaux de ruissellement pendant la période d'exploitation, un ouvrage d'infiltration pourra se substituer au fossé si nécessaire ;
- toutes les mesures seront prises afin d'éviter une pollution accidentelle des eaux souterraines, par écoulements d'hydrocarbures par exemple ;
- l'extraction ne modifiera en rien l'écoulement de la nappe.

De cette manière, aucun impact lié à l'exploitation du gravier n'est attendu ni sur l'hydrodynamique ni sur la qualité des eaux souterraines.

Mesures de protections et impacts liés aux installations sur le site et aux engins de chantiers

De manière générale, la gestion des eaux sur la zone des installations sera régie par la Directive cantonale DCPE 872 relative à la gestion des eaux et des déchets de chantier (d'après la recommandation SIA/VSA 431). Cette directive fixe des normes minimales à respecter en tout temps, pour l'infiltration des eaux de chantier ou des eaux météoriques, et pour le rejet de ces eaux dans les eaux claires ou dans les eaux usées. De plus, l'évacuation des eaux sur le site de projet devra être conforme au règlement communal sur l'évacuation et l'épuration des eaux.

La mise en place des installations sur le site des Bulles n'aura à priori aucune influence sur la qualité des eaux de la nappe. En effet :

- les matériaux graveleux traités seront non pollués ;
- le processus de lavage n'impliquera aucune substance susceptible de polluer les eaux ;
- les installations de traitement se localiseront sur une surface étanche et raccordées à un bassin de rétention permettant de recycler l'eau pour le lavage du gravier.

Le décapage des horizons pédologiques, l'évacuation de la découverte et le décaissement d'une épaisseur importante de gravier non saturé augmente considérablement la vulnérabilité de la nappe au droit du site. Pour cette raison :

- les éventuels stockages de substances pouvant polluer les eaux, telles que huiles, floculants et carburants, seront réalisés sur des surfaces étanches et dans des containers adaptés et sous couvert, respectant ainsi les normes et les ordonnances en vigueur dans le domaine des eaux ;
- l'entretien, le lavage et l'approvisionnement en carburant des véhicules seront réalisés sur des surfaces sécurisées et raccordées à un système de décantation et déshuilage ;
- des produits absorbants seront stockés sur le site afin que des mesures immédiates puissent être entreprises en cas de déversements accidentels d'hydrocarbures ;
- les locaux accueillant les employés du site seront raccordés au réseau d'eaux usées ou à une fosse toutes eaux qui sera vidangée régulièrement.

A noter toutefois que ces aménagements peuvent se répercuter sur des modifications temporaires de la minéralisation de la nappe.

Les éventuels besoins en eau des débourbeurs des roues de camions, seront pourvus selon le même principe que les installations de lavage des graviers. Ces dernières fonctionneront en circuit fermé (recyclage de l'eau). Les matières qui en seront extraites (boues et eaux saturées de matières minérales) seront mises en décharge, dans le périmètre du comblement de la gravière, après vérification de leur conformité à l'OLED par l'analyse de certains paramètres chimiques (notamment les hydrocarbures) et physiques.

En ce qui concerne la qualité des eaux utilisées dans le processus de traitement des boues, la recommandation OFEFP 2001 "Elimination des matériaux d'excavation et déblais altérés par des floculants" stipule que le floculant utilisé pour le traitement des eaux de lavage des graviers doit contenir moins de 0.1% de monomères résiduels. Cette exigence n'a pas été reprise dans l'OLED (Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets du 4 décembre 2015). En effet, il a été admis que depuis 2001, tous les distributeurs de floculants se sont adaptés à cette exigence. Depuis 2015, la DGE-GEODES renonce, dans le cadre des rapports de surveillance des gravières, à la fourniture de l'attestation de la qualité des floculants utilisés pour les boues de lavage. On peut donc admettre que les eaux issues de ce processus ne nécessitent pas de mesures particulières en cas de rejet dans les eaux souterraines tel que prévu au chapitre 3.6.10.

Durant le comblement de la gravière, des bassins de rétention/décantation temporaires seront créés à l'aval des fronts d'exploitation, au fur et à mesure de leur avancement. Ils permettront de décanter les eaux ainsi collectées, avant de les acheminer dans les ouvrages finaux et de les réutiliser pour les besoins de l'installation de traitement ou de les réinfiltrer. Ces bassins assureront également un rôle de rétention, permettant de limiter la surcharge hydraulique des ouvrages finaux. Les positions, dimensions et configurations de ces bassins évolueront au fil de l'exploitation, en fonction de critères techniques, organisationnels et écologiques. Ainsi, étant donné leur caractère temporaire et évolutif, ils n'apparaissent pas sur les plans. Les paramètres physico-chimiques de leurs eaux, et notamment leur teneur en matières en suspension, seront vérifiés de façon régulière, afin de s'assurer que leurs rejets ne risquent pas de venir encrasser l'ouvrage d'infiltration. Dans la négative, des traitements supplémentaires seront appliqués.

Dans les conditions exprimées ci-dessus, les impacts sur les eaux souterraines seront nuls. A noter également que le fait de traiter les matériaux sur le site n'augmentera pas les risques pour les eaux. Toutefois, compte tenu de la problématique grandissante des micropolluants dans les eaux souterraines, des analyses régulières complètes des eaux rejetées par infiltration seront prévues afin d'assurer l'absence d'impact.

Remarque concernant les mesures de protections et impacts liés à la phase de chantier

Au niveau légal, le chantier devra respecter les prescriptions de la Loi et de l'Ordonnance sur la protection des eaux (LEaux 1991, OEaux, 1998), des instructions pratiques sur la protection des eaux souterraines (OFEV, 2004) et de la recommandation SIA 431 sur l'évacuation et le traitement des eaux de chantier (SIA, 1997). Toutes les mesures de précaution citées ci-dessus

liées à l'exploitation de la gravière seront appliquées durant la mise en œuvre des installations et de l'accès.

4.4.2 Eaux souterraines (emprise du convoyeur)

Le chapitre 3.2 décrit la situation du projet de convoyeur vis-à-vis des eaux souterraines et des captages environnants. Il en ressort que :

- Le tronçon enterré, situé en secteur Au de protection des eaux, pourrait potentiellement atteindre les graviers visés par le projet de gravière de Gratteloup et constituant une réserve aquifère plus en profondeur ;
- Le tronçon enterré puis aérien, situé en secteur üB, est peu susceptible de rencontrer un niveau aquifère ;
- Le tronçon aérien, en secteur Au, nécessitera des fondations isolées pouvant ponctuellement attendre un niveau de nappe.

Par ailleurs, aucune ressource d'intérêt public ou privé n'exploite actuellement les eaux souterraines en relation avec les aquifères potentiellement recoupés par le projet de convoyeur dans sa configuration actuelle. Pour autant, le principe de diligence s'applique et toutes les mesures décrites dans la suite du chapitre seront prises afin de préserver ces milieux.

Mesures de protections et impacts liés à la construction de l'ouvrage

Comme mentionné au chapitre 3.6.2, le tronçon enterré sera constitué d'éléments en béton préfabriqués de section carrée de dimensions hors tout 3 x 3 m. Les éléments viendront s'emboiter les uns dans les autres et seront jointés. De manière à maintenir une épaisseur de sol d'environ 1.5 m en surface, la profondeur de pose des éléments en béton sera de l'ordre de 4.5 m, et au maximum de 5 m localement (annexe n°1257-3.4 et 3.5b). Vraisemblablement, les éléments reposeront sur une couche de forme constituée de grave. Le type de grave et son épaisseur seront évalués au stade du projet de détail qui sera intégré au dossier d'enquête.

Ainsi, la partie enterrée de l'ouvrage, selon les données à disposition, devrait se situer majoritairement, et sur toute son emprise verticale, en moraine. Toutefois, depuis son origine, à l'est, les premiers 600 m de convoyeur, soit environ le tiers est du tronçon enterré, se trouvera en bordure du gisement graveleux de Gratteloup. Il n'est donc pas exclu que la fouille atteigne localement les graviers fluvioglaciaires dont le toit peut se trouver ponctuellement à des profondeurs de l'ordre de 4 m sous la moraine. Mentionnons également que, dans ce secteur, le niveau maximal décennal de la nappe, calculé dans le cadre du projet de gravière de Gratteloup, se situe à environ 16 m de profondeur par rapport au terrain naturel, donc bien en dessous de la cote minimale du projet de convoyeur.

La fouille sera étayée par blindage mobile, cette technique permet de limiter l'emprise de la tranchée au gabarit des ouvrages en béton préfabriqués, additionnée de l'espace nécessaire à la pose du blindage et d'une certaine marge pour y loger les éléments. Le chantier avancera progressivement en concentrant les opérations sur un linéaire de quelques dizaines de mètres.

Le remblayage du parafouille se fera avec les déblais extraits, soit des matériaux morainiques peu perméable. L'emploi de béton sera évalué dans le cadre du projet de détail au regard des risques d'affaissement de l'ouvrage.

Les eaux, provenant des précipitations et éventuellement des circulations hypodermiques, seront gérées en fond de fouille par pompage durant les travaux. Leur évacuation se fera conformément aux prescriptions de la Directive cantonale DCPE 872 relative à la gestion des eaux de chantier.

L'aménagement de regards d'accès sera nécessaire pour permettre les opérations de maintenance du convoyeur. L'entraxe de ces accès sera évalué dans le cadre du projet d'exécution de l'ouvrage mais leur nombre sera vraisemblablement de l'ordre de 2 à 3 unités sur le linéaire enterré. Une proposition d'implantation est présentée à titre indicatif sur l'annexe 1257-3.5a.

Ainsi, la mise en place de la galerie constituée d'éléments en béton n'aura aucune influence sur la qualité des eaux de nappe. En effet :

- au même titre qu'un chantier de terrassement classique, l'intervention des machines sera très ponctuelle, de même que la durée pendant laquelle la fouille restera ouverte ;
- les matériaux extraits lors de la creuse de la tranchée serviront au remblayage du parafouille. Leur perméabilité, bien que légèrement diminuée par foisonnement, sera du même ordre de grandeur qu'à l'origine ;
- la fouille n'entrera pas en conflit avec un niveau de nappe en secteur Au de protection des eaux.

Concernant la partie aérienne du convoyeur, dans l'état actuel du projet, 2 tronçons, dont les caractéristiques seront différentes, sont à considérer :

- Un premier tronçon, long d'environ 100 m, situé entre la lisière et l'entrée du convoyeur en souterrain, sera aménagé en subsurface. C'est-à-dire qu'il nécessitera le décapage des horizons pédologiques et reposera sur le toit de la moraine encaissante, moyennant la pose d'une couche de forme au même titre que le tronçon enterré ;
- Un second tronçon, de longueur équivalente, qui s'étire depuis la lisière en rive droite du Veyron jusqu'au périmètre de la gravière, sera composé d'une structure autoportante reposant sur des pieds dont l'entraxe est définie sur l'annexe 1257-3.5a. De même, le type de fondation nécessaire pour reprendre les descentes de charge (par ex. semelles isolées ou pieux) sera évalué dans le projet d'exécution aux regards de la qualité des matériaux en place.

Ainsi, la partie aérienne, de par son emprise au sol très limitée, n'aura aucun impact sur les eaux souterraines.

Au surplus, les mesures classiques suivantes seront respectées :

- les éventuels stockages de substances pouvant polluer les eaux, telles que les huiles et carburants, seront réalisés sur des surfaces étanches ou dans des containers adaptés, respectant ainsi les normes et les ordonnances en vigueur dans le domaine des eaux ;
- les opérations de maintenance, réparation et d'approvisionnement en carburant des machines seront réalisés en dehors des secteurs Au de protection des eaux ;
- des produits absorbants seront stockés sur le site afin que des mesures immédiates puissent être entreprises en cas de déversements accidentels d'hydrocarbures.

Impacts de la phase d'exploitation

Concernant la phase d'exploitation, il faut à nouveau distinguer les 3 tronçons précités dont la configuration diffère (annexe n°1257-3.4) :

- le tronçon enterré, d'environ 1'500 m linéaires, le long duquel l'étanchéité générale de la couche morainique supérieure, une fois la galerie posée et remblayée, sera rétablie, empêchant ainsi tout cheminement préférentiel vertical d'eaux superficielles vers les eaux souterraines via l'ouvrage ;
- le tronçon aérien de subsurface, d'environ 100 m linéaires, au droit duquel l'encaissant morainique demeurera affleurant directement sous la couche de forme. Compte tenu de sa situation en secteur üB de protection des eaux, aucun risque pour les eaux souterraines n'est à attendre au droit de ce tronçon ;
- le tronçon aérien hors sol, long d'environ 100 m linéaires, possédera des appuis isolés (voir chapitre 3.6.2). Ce tronçon n'intéressera que de manière très ponctuelle la nappe d'accompagnement du Veyron présente à faible profondeur.

En exploitation, la lubrification des différentes pièces mécaniques en mouvement nécessitera l'utilisation d'huiles et de graisses, néanmoins :

- sur le tronçon enterré, la galerie étant étanche, il n'y a aucun risque d'épanchement de matière polluante dans l'environnement ;
- une maintenance constante sera respectée sur toute la durée de vie l'ouvrage ;
- les quantités de fluides potentiellement polluants seront faibles ;
- toute avarie sera immédiatement détectée et l'intervention immédiate.

Les moyens à mettre en œuvre, la technologie employée et les détails techniques ne sont pas précisément connus au stade actuel.

Au-delà de l'aspect relatif à la protection des eaux, la problématique de la gestion des eaux de percolation devra être précisée. En effet, en fonction du type de fondation retenu pour l'ouvrage enterré, on peut s'attendre à ce qu'un certain volume d'eau, résultant du drainage des terrains environnants, circule préférentiellement au voisinage de l'ouvrage. Cette eau aura alors tendance à s'accumuler dans les points bas du tracé. Cet aspect sera également évalué dans le cadre du projet de détail.

Nous pouvons néanmoins, sur la base de éléments dont nous disposons au stade actuel, présumer que l'impact du convoyeur sur les eaux souterraines sera négligeable.

Impacts après démantèlement

Comme mentionné au chapitre 3.6.2, il était initialement prévu de démanteler uniquement la partie aérienne de l'ouvrage, toutefois, suite à l'enquête préliminaire, la DGE-GEODES a émis un avis contraire.

Ainsi, la partie enterrée de l'ouvrage devra faire l'objet d'une dépose totale suivie d'une remise en état.

Dans ce contexte, aucun impact sur les eaux souterraines n'est à attendre après la phase de démantèlement.

4.4.3 Eaux de surface et espace réservé aux eaux (ERE)

Le tracé aérien du convoyeur passe au-dessus du Veyron et coupe l'Espace Réservé au Eaux (ERE) du Veyron (situation sur les cartes des annexes du chapitre « Protection de la nature », annexes n^{o} 1257-5., 3, 6, 7, 8 et 9). L'ERE vise essentiellement à garantir la protection contre les crues et les fonctions naturelles des eaux superficielles. L'art. 41c de l'Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) rappelle « *Ne peuvent être construites dans l'espace réservé aux eaux que les installations dont l'implantation est imposée par leur destination et qui servent des intérêts publics, tels que les chemins pour piétons et de randonnée pédestre, les centrales en rivières et les ponts. ».* Le convoyeur traverse également le PAC Venoge (voir chapitre 3.3). Dans les deux cas, le convoyeur est forcé par sa destination vers la gravière des Bulles situées sur l'autre rive, de passer par-dessus le Veyron. De plus, ce projet de gravière représente un intérêt cantonal important étant inscrit au PDCar. Ce site permet d'alimenter le Canton en graviers en fonction des besoins et le transport par convoyeur réduit considérablement le transport par camion et les nuisances liées au transport routier.

Une attention particulière sera nécessaire pour s'assurer qu'aucun impact négatif ne soit porté au cours d'eau et à l'ERE durant la phase de réalisation qui semble la plus critique. Une démonstration claire que les impacts sur le cours d'eau et son espace biologique sont minimisés (variante du nombre de pilier, espacement, etc…) est présentée au chapitre 3.6.2. Le projet ne devrait pas impacter le Veyron durant les phases d'exploitation et de démantèlement.

4.5 Protection des sols

4.5.1 Suivi des travaux sur les sols

Les travaux de décapage et de remise en état feront l'objet d'un suivi pédologique par un spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (SPSC).

L'objectif de ce suivi est de permettre la réalisation du projet dans le respect des prescriptions légales de protection des sols :

- Ordonnance sur les atteintes portées aux sols (OSol) ;
- Manuel de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) "Sols et constructions, Etat de la technique et des pratiques" ;
- Norme VSS 640 581, concernant la protection des sols ;
- Directive cantonale DMP 863, concernant la protection des sols sur les chantiers ;
- Directives ASGB pour la remise en état des sites (ASGB 2021).

Les principes généraux sont les suivants :

- Bonne planification des travaux en amont (saison sèche dans la mesure du possible) ;
- Préparation des terrains (terrain bien enherbé et fauché dans la mesure du possible) ;
- Minimisation de l'emprise de la tranchée (fouille étroite dans la mesure du possible);
- Travaux en conditions sèches ;
- Utilisation de machines et de méthodes adaptées.

Les travaux pourront être interrompus en cas d'impossibilité d'assurer la protection des sols, en particulier en cas de pluie ou d'humidité excessive des sols, mais aussi en cas de techniques de travail inadaptées. Ces prescriptions sont à appliquer pour tous les travaux qui touchent les sols (décapage, stockage, remise en place et circulation sur les sols).

4.5.2 Succession des étapes et calendrier des travaux de la gravière

Les travaux de décapage et de remise en état feront l'objet d'un suivi pédologique comprenant l'engagement d'un spécialiste de la protection des sols sur les chantiers (SPSC) et d'un suivi tensiométriques adapté. Ils pourront être interrompus en cas de pluie ou de valeurs tensiométriques trop basses. L'annexe n° 1257-6.9 présente le cahier des charges du suivi pédologique pour ce type de chantier.

Il est prévu de fractionner les étapes d'exploitation définies au chapitre 3.6.4. Ces dernières seront subdivisées selon l'avancement de l'exploitation et des conditions météorologiques.

Une grande zone de stockage sera mise en place dès les premières années d'exploitation, à l'ouest de la zone d'extraction des graviers. En plus des matériaux terreux (horizons A et B), il sera nécessaire de stocker également près de 100'000 m^3 de découverte temporairement sur cette zone de stockage. Ces matériaux de découverte seront utiles pour combler la zone des installations à la fin de l'exploitation. Ils seront stockés sur l'horizon C. Les sols décapés à cette fin s'ajouteront aux volumes de terre à stocker sur le site. Des zones de stockages des terres seront également aménagées temporairement sur la surface de l'étape 2. La butte anti-bruit au nord du site sera composée également de matériaux terreux et peut être considérée comme zone de stockage temporaire pour des sols étant retirée au terme de l'exploitation. Toutes ces différentes zones permettront de stocker les sols décapés sur l'intégralité de l'étape 1, soit 75'000 m^3 libérant ainsi la place nécessaire pour la constitution de la butte en bordure de la RC, la construction des installations et un volume de graviers pour 1.5 ans d'exploitation. Une partie des terres pourront immédiatement être restituées sur le flanc de la butte (Figure 22). En cas de nécessité, il sera également possible de stocker des matériaux terreux sur le stock de découverte.

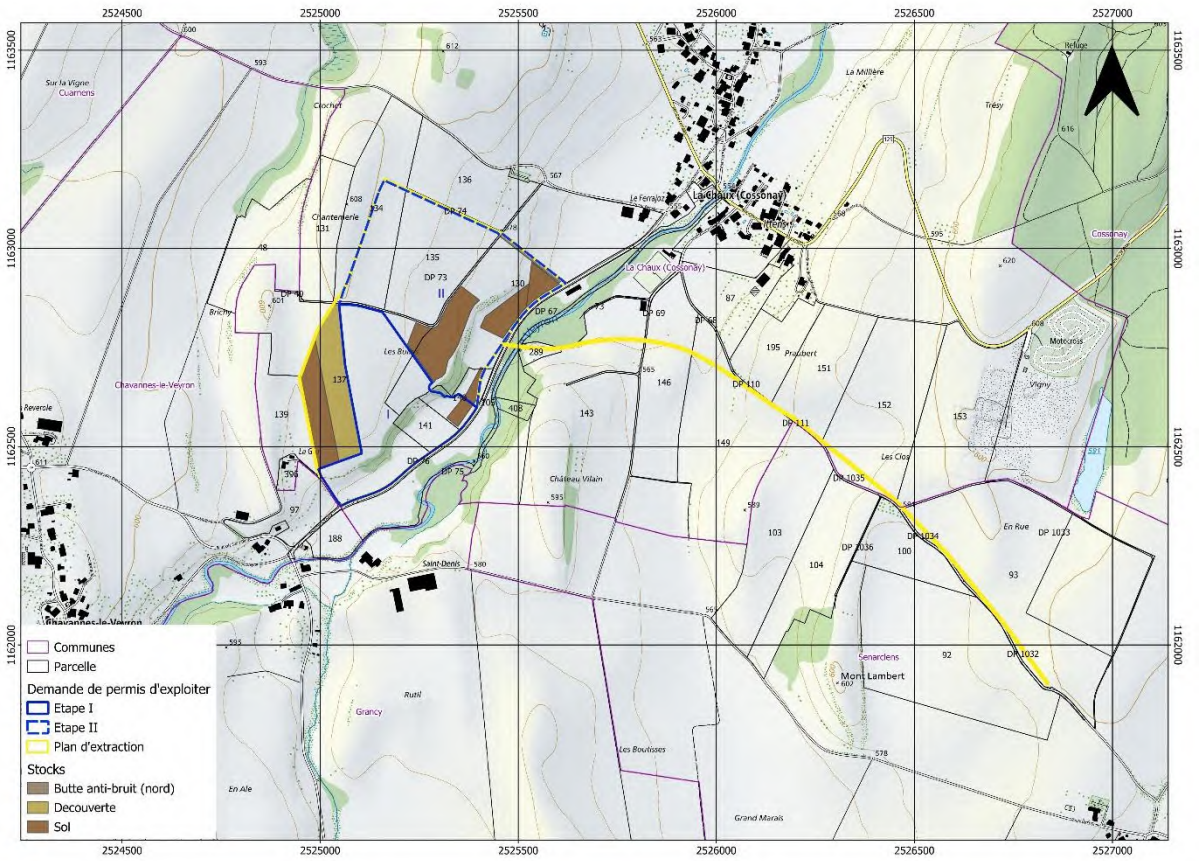


Figure 22 : Surface de stockage des matériaux terreux et de la découverte

Les terres des étapes annuelles suivant la première seront, si possible, directement réutilisées pour la restitution des étapes précédentes, sans stockage intermédiaire. Les matériaux terreux stockés à l'ouest du site, hors de la zone de permis d'exploiter, seront réutilisés en dernier pour la remise en état des zones d'installation à la fin de l'exploitation. En cas de besoin, des stockages temporaires pourront être réalisé sur les surfaces exploitées/comblées dans le périmètre.

Un volume supplémentaire d'horizon B sera soigneusement trié et stocké sur le site en vue des réaménagements, afin de reconstituer un profil de sol d'une épaisseur de 110 cm en place en zone agricole (à l'exception des talus où l'épaisseur reconstituée sera de 60 cm). Les talus de prairie maigre sera constitué d'une épaisseur maximale de 60cm d'horizon B/C drainant, sans horizon A. Des matériaux meubles devront également être prévus afin de reconstituer un profil de sol d'une épaisseur de 150 à 200 cm en aire forestière. Dans la mesure du possible l'apport extérieur d'horizon B et de matériaux meubles sera stocké directement sur le remblai nivelé au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation. Les modalités décrites ci-dessous s'appliquent également pour ces matériaux.

4.5.3 Modalités de décapage, stockage et remise en état de la gravière

Les sols en place seront décapés, stockés et remis en état conformément aux Directives ASGB pour la remise en état des sites (2021). La norme VSS SN 640 583, utilisée dans le domaine du génie civil fait également référence. Les mesures particulières sont décrites dans les paragraphes suivants.

Principe des travaux

Le projet implique le décapage préalable des sols en place sur l'emprise quasiment totale du projet, seul une zone de stockage à l'ouest ne sera pas décapée.

Toutes les terres seront réutilisées pour la remise en état et seront stockées préalablement sur le site, en tas distincts (horizon A et horizon B, sol forestier et sol agricole).

Des matériaux complémentaires seront apportés sur le site et stockés conformément aux principes établis ci-dessous, en vue de garantir un réaménagement conforme à l'affectation future du site (zone agricole exploitable en grandes cultures et aire forestière).

L'emprise générale du chantier (zone de roulement, de comblement et de stockage) sera réduite au maximum afin de limiter l'impact sur les sols voisins.

Les travaux pédologiques (décapage, remise en état) seront planifiés durant la période sèche afin de travailler sur des sols bien ressuyés, et en accord avec les mesures de protections de la natures (période de nidifications, etc.). Des mesures de succion du sol (tensiométriques) par un spécialiste de la protection des sols sur les chantiers permettront d'évaluer l'état d'humidité du sol et d'autoriser l'engagement des machines au cas par cas. Une interruption partielle ou totale du chantier devra être planifiée en cas de période pluvieuse ainsi que les quelques jours suivants.

VSS SN 640 583 (2000) :

5.2 Engagement adéquat des machines

[…]

Lors du choix des machines, on veillera dans tous les cas à minimiser le poids total, à réduire la pression au sol (< 0,5 bar) et à choisir des trains de roulement adéquats (chenilles larges et portantes). L'emploi de machines légères munies de chenilles pour terres noires doit en général être préféré à la pose de pistes en rondins, plaques mobiles en matériaux divers, pistes en gravier, etc. l'engagement des trax, camions et bennes à pneus devrait dans la mesure du possible être prévu sur des pistes en gravier ou dans des pistes excavées jusqu'au matériau parental (horizon C).

L'engagement des machines dépendra des forces de succion mesurées à l'aide de tensiomètres, du poids total de la machine considérée et de sa pression au sol. En dessous d'une force de succion de 10 centibars, il est strictement interdit de rouler sur le sol.

Les pelles mécaniques à chenilles seront utilisées pour le décapage et la remise en état. Celles-ci pourront opérer depuis l'horizon C dès que les valeurs tensiométriques sont supérieures à 6 cbar. En fonction de leur poids en ordre de marche et de leur pression au sol, elles pourront travailler depuis l'horizon A si les valeurs tensiométriques calculées selon la formule suivante sont respectées (minimum 10 cb) :

Force de succion [cbar] = 1.25 * poids [t] * pression au sol [kg/cm^2]

Epaisseurs et volumes de sols à décaper

Les données des profils à disposition indiquent des épaisseurs variables de sol de 30 cm à 100 cm de profond. Les horizons A et B seront systématiquement décapés et stockés en tas distincts. Selon les épaisseurs de sol disponibles sur le site, en moyenne 30 cm de terre végétale seront décapés et constitueront l'horizon A pour la remise en état du site. Le volume d'horizon A, lié à l'exploitation de la gravière, à décaper est estimé à environ 76'000 m^3. De même, l'épaisseur d'horizon B variant entre 15 et 65 cm (voir annexes n^{os} 1257-6.5 et 6.6), le volume de sous-couche à décaper, lié à la gravière, est d'environ 109'000 m^3. L'horizon B sera décapé jusqu'à l'apparition d'un niveau défavorable marqué par la présence soit d'un niveau de matériaux graveleux soit d'une couche présentant des indices d'hydromorphie marquée (taches de couleur rouille sur matrice grise-bleue), selon les indications du pédologue chargé du suivi du chantier.

Les sols forestiers seront séparés des sols agricoles afin d'être réutilisés exclusivement pour les futures aires forestières. Le volume d'horizon A forestier est estimé à 2'800 m^3 et le B forestier à 1'100 m^3.

Des volumes supplémentaires d'horizons B agricole et forestier, ou des matériaux d'excavation avec des propriétés similaires, seront nécessaires pour reconstituer des sols de 110 cm d'épaisseur pour les sols agricoles et 150 à 200 cm pour les sols forestiers. Les talus en prairie présenteront quant à eux une épaisseur de 60 cm. Ainsi, les volumes complémentaires à soigneusement trier et stocker sur le site en vue des réaménagements sont de 89'000 m^3 d'horizon B pour les surfaces agricoles et talus et 14'000 m^3 d'horizon B présentant les caractéristiques d'un horizon B forestier (voir Tableau 17). Dans la mesure du possible les apports extérieurs d'horizon B et de matériaux meubles seront stockés directement sur le remblai nivelé au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation. Les matériaux terreux importés devront être garantit exempts de plantes exotiques (racines, rhizomes ou graines). Les modalités décrites ci-dessous s'appliquent également pour ces matériaux (mise en place, hauteur et entretien des stocks).

Tableau 17 : Volume supplémentaires d'horizon B pour les remises en état

	Epaisseur HB sol agricole	Surface totale (m^2)	Volume B nécés. (m^3)	Volume B dispo (m^3)	Déficit HB
Agricole	0.8	246'700	197'000	108'000	**89'000**
Forestier	1.5	9'291	15'100	1'100	**14'000**

Les volumes de sols à décaper en fonction des étapes d'exploitation sont indiqués dans le tableau suivant (voir Tableau 18), avec la destination de ces terres :

Tableau 18: Volumes de sols à décaper.

	Surface agricole [m^2]	Surface forestière [m^2]	Zone agricole Volumes horizon A/ horizon B [m3]	Aire forestière Volumes horizon A / horizon B [m3]	Destination des terres
Etape 1 (installations et butte comprises)	89’140	5’614	28’200/ 34’300	1'700 / 700	Terre stockée temporairement sur site dans le périmètre d’exploitation en vue de la remise en état de la première étape annuelle de l'étape 1 et de la remise en état de la zone des installations ;
Etape 2	159’110	3’682	46'300 / 74'200	1’100 / 400	Remise en état des étapes annuelles précédentes sans stockage ;
TOTAL	**248’250**	**9'255**	**74'500 / 108'500**	**2'800 / 1'100**	

Les volumes de sols à décaper sont donnés pour des sols en place (non foisonnés).

Les machines utilisées présenteront une pression au sol la plus basse possible et un train de roulement adéquat (chenilles larges et portantes) afin d'éviter des tassements irréversibles. Tous les travaux de manipulation des sols seront réalisés à la pelle mécanique, en conditions sèches.

Les matériaux seront transportés par dumper à pneus ne roulant que sur des pistes (50 cm de gravier, plaque Durabase ou équivalent) ou sur l'horizon C ou par des petits dumpers à chenilles pouvant rouler sur le sol enherbé ou cultivé en conditions sèches. L'annexe n° 1257-6.7 présente le profil type des pistes de chantier à aménager. En aucun cas ces machines ne circuleront sur les stocks d’horizon A et B ou sur l'horizon B après décapage de l'horizon A.

Les décapages seront réalisés par bandes successives, à la pelle mécanique à chenilles, par prélèvement successif des horizons A et B, en une seule opération et en séparant les matériaux. L’utilisation d’un trax ou d’une chargeuse positionnée sur l’horizon C est envisageable. L’utilisation d’un scrapdozer ou d’un bulldozer est exclue.

Les pelles doivent être disposées sur le sol en place (enherbé) ou sur l’horizon C (moraine). En aucun cas elles ne circulent sur l’horizon B à récupérer. Les camions ou dumper ne circulent que sur l’horizon C.

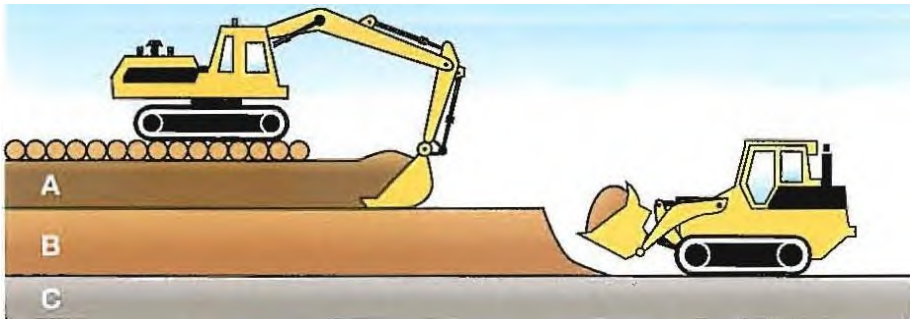


Figure 23 : Exemple de décapage depuis l'horizon A ou depuis l’horizon C (source : ASG 2011).

Zone de stockage des terres

Les terres décapées devront être stockées durant toute la durée des travaux, et ce conformément aux directives ASGB pour la remise en état des sites (2021). La surface hors du périmètre de la demande de permis d'exploiter, réservée pour le stockage est d'environ 38'000 m^2. Cette surface permet de stocker les terres (horizons A et B) décapées durant la première année de l'étape 1, à savoir ceux issus de la construction des installations mais aussi des matériaux de découverte. Les terres correspondant à l'exploitation de l'étape 1 représentent environ 75'000 m^3 et pourront être stockées en partie sur cette surface, sur les sols en place de l'étape 2 et en cas de nécessité sur le stock de découverte, qui représente une surface de 22'800 m^2. Une partie des terres sera directement réutilisée pour remettre en état la butte en parallèle de la route cantonale (définitive) ainsi que lors de la réalisation de la butte arborée anti-bruit au nord (temporaire). L'annexe 1257-6.8 présente le principe général de stockage des terres sur cette surface.

Les sols décapés seront entreposés sur l'horizon A en place, qui sera enherbé et préalablement fauché afin de présenter une couverture dense et résistante aux compactions. Il est possible aussi de décaper les surfaces de stockages qui sont dans le périmètre de comblement avant la mise en place des sols. Les surfaces remblayées pourront également servir de zones de stockage si nécessaire, avant que les sols ne soient remis en état. Aucun stockage ne sera réalisé sur les sols fraichement remis en état. Les horizons A et B seront stockés en dépôts étalés de hauteurs respectives de 2 m et 2.5 m. La couronne doit présenter une légère pente permettant l'évacuation des eaux météoriques. Les flancs des dépôts auront une pente régulière de 2 : 3. Compte tenu de la durée de stockage supérieure à 3 mois, les dépôts seront ensemencés avec un mélange à enracinement profond (luzerne, mélilot, trèfle violet). Les stocks seront régulièrement fauchés et entretenus (3-4 fois par an). Au minimum, une coupe annuelle d'entretien sera réalisée en automne. L'exploitant prendra les mesures nécessaires pour limiter l'apparition des néophytes envahissantes et des espèces agricoles indésirables (chardons, rumex, etc…) tout au long de l'année afin d'éviter la production de graines (voir annexe n° 1257-6.10).

Les matériaux de la découverte resteront sur site et devront être stockés sur l'horizon C uniquement et non sur les sols en places, qui devront par conséquent être décapés et stockés sur site.

VSS SN 640 583 (2000) :

4. Entreposage des matériaux terreux

L'entreposage des matériaux terreux […] est impératif dans les cas où une surface découverte doit être reconstituée […]. La couche supérieure du sol et le sous-sol doivent toujours être manipulés, entreposés et réutilisés séparément. Dans tous les cas où il est possible de réutiliser directement les matériaux terreux, on évitera de les entreposer.

Lors de l'entreposage des matériaux terreux, on observera les règles suivantes :
- Prévoir de réserver suffisamment de place pour l'entreposage
- La manipulation des matériaux terreux doit être la plus directe possible en limitant au maximum le nombre des interventions
- Les travaux ne seront effectués que lorsque les sols sont bien ressuyés

Remise en état du site

La remise en état du site nécessite les volumes de terres suivants :

Tableau 19: Volumes nécessaires à la remise en état.

	Volumes totaux [m^3]	Volumes à importer [m^3]
Horizon A agricole (récupéré in situ)	~ 74'000	0
Horizon A forestier (récupéré in situ)	~ 2'800	0
Horizon B agricole (récupéré in situ et complété par apport extérieur)	~ 108'000	~ 89'000
Sous-couche forestière (récupérée in situ et complétée par apport extérieur de matériaux meubles)	~ 1'100	~14'000

Pour la zone agricole, après le décompactage de la couche supérieure du remblai (matériaux d'excavation sains admis en décharge de type A), l'horizon B foisonné sera déposé sur environ 100 cm d'épaisseur (afin d'obtenir 80 cm après le raffermissement naturel des sols), puis l'horizon A sur environ 40 cm d'épaisseur (afin d'obtenir 30 cm après le raffermissement naturel des sols), à la pelle mécanique à chenilles, de manière à obtenir une couche de terre végétale de 110 cm 3 ans après la remise en état. L'horizon B sera constitué de matériaux décapés sur le site et complété par des matériaux provenant de l'extérieur. Ces matériaux de substitution de l'horizon B devront être constitués soit de terres brunes (horizon B pédologique) soit être soigneusement sélectionnés et triés parmi des matériaux de remblais, pour que leurs caractéristiques physiques et chimiques soient aussi semblables que possible à celles d'un horizon B naturel. Il sera tenu compte du foisonnement afin que l'épaisseur finale du sol soit, au minimum de 110 cm.

Pour les talus à réaménager en prairie maigre, un horizon B/C drainant de 40 à 50 cm est prévu (sans horizon A).

Pour les sols forestiers, une épaisseur de 150 à 200 cm de matériaux drainants est nécessaire pour le développement de la forêt. Cette couche de matériaux servira d'espace racinaire à la future forêt (conformément à la *Directive pour le reboisement des gravières désaffectées*, Association Suisse des Gravières et béton, ASG 1991). Ces matériaux seront constitués des sols décapés sur site et de matériaux meubles de la découverte du site (moraine graveleuse) si celle-ci répond à tous les critères de qualité. Dans le cas échant, les matériaux proviendront de l'extérieur après sélection et tri parmi les matériaux de remblais pour leur propriétés physiques (filtrants, secs et friables, ne formant aucune motte compacte).

Pour la remise en état, la mise en place de la sous-couche et de la terre végétale sera réalisée à la pelle mécanique en une seule opération, depuis l'horizon C, par bandes successives. En aucun cas les machines ne rouleront sur le sol remis en place. L'utilisation d'un bull-marais est envisageable pour égaliser l'horizon B puis l'horizon A (un seul passage en surface) si les

conditions particulièrement sèches le permettent (avec l'accord du pédologue SPSC). Toute autre utilisation pour déplacer les matériaux ou les mettre en place est exclue.

Figure 24 : Exemple de remise en état à la pelle mécanique depuis l'horizon C (source : ASG 2011).

Remise en culture

En zone agricole, la surface sera ensemencée avec un mélange pour prairie longue durée enrichi en luzerne et conservé ainsi au minimum pendant 3 ans, avec un travail minimal du sol, sans pâture, afin de permettre une bonne structuration du sol et du sous-sol. La réintroduction de la parcelle dans le cycle cultural sera possible dès la 4ème année avec le semi d'une céréale d'automne (voir annexe n° 1257-6.11). L'exploitant prendra les mesures nécessaires pour limiter l'apparition des néophytes envahissantes et des espèces agricoles indésirables (chardons, rumex, etc…).

Le talus en zone agricole sera ensemencé avec un mélange issu de fleurs de foins conformément aux recommandations des mesures natures (chapitre 4.10)) afin de recréer un milieu de type Prairie mi-sèche médioeuropéenne - *Mésobromion* digne de protection selon l'OPN. Aucune semi du commerce ne pourra être mis en place sur ces talus.

Un contrat de remise en culture sera conclu entre l'exploitant de la gravière et l'exploitant agricole afin d'offrir des garanties pour les défauts et de définir les restrictions agricoles lors des années qui suivent la restitution.

En aire forestière, immédiatement après la remise en état, la surface sera ensemencée avec un mélange herbeux défini conjointement avec l'inspecteur forestier, afin d'éviter la prolifération des néophytes envahissantes et des indésirables. Puis, en période adéquate (hiver) les nouvelles plantations pourront être réalisées.

4.5.4 Modalités de décapage, stockage et remise en état sur le tracé du convoyeur

Les sols en place seront décapés, stockés et remis en état conformément aux Directives ASGB pour la remise en état des sites (2021). La norme VSS SN 640 583, utilisée dans le domaine du génie civil fait également référence. Les mesures particulières sont décrites dans les paragraphes suivants.

Principe des travaux

Le projet de convoyeur implique le décapage préalable des sols en place sur l'emprise du tracé.

Toutes les terres (terre végétale et sous-couche) seront réutilisées pour la remise en état et seront stockées préalablement sur le site, en tas distincts (horizon A et horizon B).

L'emprise générale du chantier (zone de roulement et de stockage) sera réduite au maximum afin de limiter l'impact sur les sols voisins.

Engagement des machines et circulation

Les travaux seront planifiés de manière à minimiser les passages de machines sur le sol.

La circulation sur les sols est uniquement possible avec des machines à chenilles, en conditions sèches, sur l'horizon A en place, correctement enherbé et sec. Les machines engagées doivent être aussi légères que possible.

L'évaluation de l'humidité du sol par un spécialiste de la protection des sols sur les chantiers permettra d'autoriser l'engagement des machines au cas par cas. Une interruption partielle ou totale du chantier pourra être nécessaire en cas de période pluvieuse, ainsi que les quelques jours suivants.

VSS SN 640 583 (2000) :

5.2 Engagement adéquat des machines

[…]

Lors du choix des machines, on veillera dans tous les cas à minimiser le poids total, à réduire la pression au sol (< 0,5 bar) et à choisir des trains de roulement adéquats (chenilles larges et portantes). L'emploi de machines légères munies de chenilles pour terres noires doit en général être préféré à la pose de pistes en rondins, plaques mobiles en matériaux divers, pistes en gravier, etc. l'engagement des trax, camions et bennes à pneus devrait dans la mesure du possible être prévu sur des pistes en gravier ou dans des pistes excavées jusqu'au matériau parental (horizon C).

L'engagement des machines dépendra des forces de succion mesurées à l'aide de tensiomètres, du poids total de la machine considérée et de sa pression au sol. En dessous d'une force de succion de 10 centibars, il est strictement interdit de rouler sur le sol.

Force de succion [cbar] = 1.25 * poids [t] * pression au sol [kg/cm^2]

L'utilisation de plaques ou de pistes en grave (50 cm de grave sur un géotextile) sera nécessaire pour répartir les charges des camions pour le transport des éléments préfabriqués en béton et pour les mouvements de matériaux de terrassement

La circulation sur l'horizon B (sous-couche), sur les stocks de matériaux terreux (végétale, sous-couche) et sur des zones remises en état est interdite pour toutes les machines.

Les machines à pneus sont uniquement autorisées à circuler sur l'horizon C ou sur des pistes.

Les pistes seront réalisées seront les normes usuelles (50 cm de grave après roulement, sur géotextile, sur sol en place sec et enherbé, pose de la grave en une fois ; les machines ne circulent que sur la portion de piste déjà réalisée y.c. lors de la mise en place de la piste), de même que les zones d'installations de chantier sur lesquelles des charges lourdes pourraient s'exercer.

Modalités de décapage

De manière générale, les décapages seront réalisés en conditions sèches, à la pelle rétro à chenilles, en circulant sur l'horizon A enherbé et sec, ou sur l'horizon C ou une piste. Le décapage se fera en une seule opération, en séparant les horizons A, B et C.

Les décapages sur le tracé du convoyeur se feront progressivement avec l'avancée de l'installation du convoyeur. Les matériaux terreux décapés et stockés seront réutilisés pour remettre en état les sols rapidement.

Les épaisseurs de sols à décaper sont présentées aux annexes ci-jointes (annexe n° 1257-6.13 et 1257-6.14) et dans le tableau ci-dessous.

Epaisseurs et volumes de sols à décaper en zone agricole – tracé du convoyeur

Les données des profils à disposition indiquent des épaisseurs variables de sol de 25 cm à 90 cm de profond. Les horizons A et B seront systématiquement décapés et stockés en tas distincts. Le volume d'horizon à décaper, lié à la mise en place du convoyeur souterrain, est de 1'000 m^3 environ pour l'horizon A et de 2'000 m^3 pour l'horizon B. Les volumes de sols à décaper sont donnés pour des sols en place (non foisonnés).

L'horizon B sera décapé jusqu'à l'apparition d'un niveau défavorable marqué par la présence soit d'un niveau de matériaux graveleux (moraine) soit d'une couche présentant des indices d'hydromorphie marqués (taches de couleur rouille sur matrice grise-bleue), selon les indications du pédologue chargé du suivi du chantier.

Les décapages seront réalisés par bandes successives, à la pelle mécanique à chenilles, par prélèvement successif des horizons A et B, en une seule opération et en séparant les matériaux. L'utilisation d'un trax ou d'une chargeuse positionnée sur l'horizon C est envisageable. L'utilisation d'un scrapdozer ou d'un bulldozer est exclue.

Les pelles doivent être disposées sur le sol en place (enherbé) ou sur l'horizon C (moraine). En aucun cas elles ne circulent sur l'horizon B à récupérer. Les camions ou dumper ne circulent que sur l'horizon C ou les pistes.

Modalités de stockage

Les matériaux décapés seront en principe stockés en bord de fouille directement, de manière séparée pour les horizons A, B et C. Les horizons seront stockés en tas distincts, en andins d'une hauteur maximale de 2.0 m (horizon A) et 2.5 m (horizon B).

Les dépôts seront aménagés sur le sol en place. Le stockage ne devrait pas excéder trois mois puisque les remises en état se réaliseront en parallèle de l'avancée de l'installation du convoyeur. Toutefois, si la durée de stockage devait excéder 3 mois, ces dépôts devraient être ensemencés avec un mélange à enracinement profond (luzerne, trèfle violet) permettant le maintien de l'activité biologique, le ressuyage des matériaux et la limitation de la prolifération des espèces invasives. Dans ce cas, des mesures d'entretien des dépôts (fauche régulière et coupe de nettoyage à l'automne) serait mises en place afin de limiter l'apparition des néophytes envahissantes et des espèces agricoles indésirables (chardons, rumex, etc…).

VSS SN 640 583 (2000) :

4. Entreposage des matériaux terreux

L'entreposage des matériaux terreux […] est impératif dans les cas où une surface découverte doit être reconstituée […]. La couche supérieure du sol et le sous-sol doivent toujours être manipulés, entreposés et réutilisés séparément. Dans tous les cas où il est possible de réutiliser directement les matériaux terreux, on évitera de les entreposer.

Lors de l'entreposage des matériaux terreux, on observera les règles suivantes :
- Prévoir de réserver suffisamment de place pour l'entreposage
- La manipulation des matériaux terreux doit être la plus directe possible en limitant au maximum le nombre des interventions
- Les travaux ne seront effectués que lorsque les sols sont bien ressuyés

En aucun cas les véhicules ne rouleront sur les stocks d'horizon A ou d'horizon B. De manière générale, les travaux nécessaires en lien avec les stocks seront réalisés par des véhicules à chenilles uniquement, circulant sur le sol en place, enherbé et en conditions sèches.

Modalités de remise en état

La totalité des matériaux terreux sera réutilisée pour les remises en état au moment de la création du convoyeur à bandes.

La remise en état se fera à la pelle rétro à chenilles, en circulant sur l'horizon A enherbé et sec, ou sur l'horizon C ou une piste. La remise en place se fera en une seule opération, en restituant dans l'ordre les horizons C, B et A. Si des matériaux doivent être évacués (p.ex. pour compenser le volume du convoyeur), ces matériaux devront être pris dans l'horizon C uniquement. De même que les stocks, les surfaces remises en état devront être ensemencées immédiatement. Seul l'horizon C pourra être compacté ; les horizons A et B ne seront en aucun cas compactés. Une surépaisseur correspondant à un foisonnement d'environ 25% sera laissé en place. De même que pour les stocks, en aucun cas des véhicules ne pourront rouler sur les surfaces remises en état.

Les remises en état se feront de manière identique aux remises en état faites lors de création de conduites, l'épaisseur des sols correspondra aux sols en place. Les matériaux excédentaires doivent être évacués. Ils seront prélevés en profondeur. Les couches inférieures et supérieures doivent être intégralement remises en place. L'horizon inférieur puis l'horizon supérieur seront précautionneusement remis en place, sans compactage. Un léger bombement de la surface remblayée est alors parfaitement normal. La mise à niveau du terrain se fait ensuite par tassement naturel.

Modalités de remise en culture

Pour les surfaces remises en état, le principe général est d'ensemencer celles-ci avec une prairie à enracinement profond (avec trèfle et luzerne) pour une durée de trois ans au moins.

Les surfaces en prairie et pâturage touchées par l'aménagement du convoyeur seront semées par la technique de la fleur de foin. Aucun mélange grainier du commerce ne pourra être utilisé en remplacement. Ainsi, il faudra prévoir en amont de stocker les graines issues des moissonnages des pairies environnantes, au cas où la période de remise en état ne permet pas l'utilisation de la fleur de foin.

L'application concrète de ce principe pourra être définie par le SPSC dans le cadre du suivi, notamment pour les surfaces de petites tailles se situant au milieu de champs. Dans tous les cas, la conclusion d'un contrat de remise en culture (incluant en particulier les indemnités pour les dommages aux cultures) est recommandée.

Démantèlement du convoyeur à bande

Au terme de l'exploitation de la gravière et de l'utilisation du convoyeur, ce dernier sera démantelé. Le démantèlement suivra les mêmes phases de chantier que l'installation du convoyeur. Le même mesures et prescriptions seront à appliquer pour l'engagement des machines, les décapages, stockages, remises en état et remises en culture.

Il sera nécessaire de combler le déficit de matériaux d'excavation lié à l'enlèvement du convoyeur avec des matériaux de type A. Le stockage de matériaux terreux sera de courte durée, car ils seront réutilisés en parallèle de l'avancée du démantèlement du convoyeur à bande, comme lors son installation. L'intégralité des matériaux terreux sera à nouveau utilisée pour les remises en état.

4.5.5 Surfaces d'assolement

Actuellement, le site de la gravière est en grande majorité classé en surfaces d'assolement SDA (voir annexe n°1257-6.18a). Elles occupent environ 267'414 m^2 (244'007 m^2 de qualité I et 23'408 m^2 de qualité II) du périmètre du plan d'extraction, comprenant l'emprise de la gravière ainsi que l'emprise du convoyeur. Concernant le tracé de ce dernier, l'intégralité de la partie souterraine est située en surface d'assolement (SDA) de qualité I, soit environ 5'000 m^2. Au niveau du tronçon

aérien, la partie émergente sur la rive droite du Veyron ainsi que les piliers de soutien auront des emprises au sol qui sont classés en SDA de qualité I et II.

Une surface d'environ 2'324 m^2 hors du périmètre et une surface de 32'515 m^2 dans le périmètre, entre la route et le sommet du futur talus, seront déduit du bilan SDA final (annexe n°1257-6.18b). En effet, elles ne pourront plus être comptabilisées car les pentes seront supérieures à 18% sur le talus et les surfaces en pied de talus seront inférieures à 1ha et ne se situeront plus en continuité d'autres surfaces en SDA.

Cependant, le réaménagement futur de la gravière prévoit une reconstitution des sols de façon à permettre le retour à une affectation similaire, voire meilleure, à l'état actuel. Le talus actuel, qui n'est pas comptabilisé en SDA, sera remis en état en grande majorité en zone agricole compatible avec les surfaces d'assolement. Ainsi, au terme de l'exploitation, 30'790 m^2 de SDA de qualité I seront créées dans l'emprise du projet et de 19'612m^2 de SDA de qualité II seront réaménagés en SDA de qualité I. Il s'agit, en majorité des sols sur l'emprise du talus actuel (annexe n°1257-6.18c).

En prenant en considération les surfaces qui ne seront plus compatibles avec les critères SDA et les nouvelles surfaces créées et compatibles, le bilan sera quasiment compensé au terme de l'exploitation. En effet, le bilan total des SDA correspond par conséquent à une perte d'environ 4'049 m^2 à la fin du projet (Tableau 20 et annexe n°1257-6.18c).

Tableau 20 : Bilan des SDA.

		Total SDA [m2]	***SDA qualité 1 [m2]***	***SDA qualité 2 [m2]***
1	Emprise totale du projet sur les SDA	267 415	*244 007*	*23 408*
2	Coefficient d'utilisation des SDA	12.36		
	Volumes de comblement + extraction /emprise totale du projet sur les SDA			
3	Emprise définitive sur les SDA*	32 515	*31 593*	*922*
4	Emprise totale de SDA touchées temporairement	251 454	*230 701*	*20 753*
5	Emprise temporaire maximale sur les SDA (l'année la plus défavorable)	251 454	*230 701*	*20 753*
6	Coefficient d'emprise sur les SDA	1		
	Emprise temporaire maximale sur les SDA/Emprise totale de SDA touchée temporairement			
7	L'état final des SDA**	265 690	*262 817*	*2 873*
Gains /perte SDA * **		**-4 049**	***16 486***	***-20 535***

** Selon la méthodologie à appliquer (DGE, DGTL 1er février 2018), l'emprise définitive correspond aux surfaces qui étaient en SDA et qui ne le sont plus dans la situation finale. A l'inverse, les surfaces qui ne l'étaient pas et qui le deviennent ne sont pas comptabilisées ici et n'apparaissent que dans le bilan final.*

*** Dans le périmètre du PEX*

**** y.c. les surfaces perdues hors PEX, de 2'324m^2*

Les parcelles n°140 et n°141 sont concernées par cette perte définitive de SDA. Les parcelles sur lesquelles le convoyeur à bandes est situé ont un bilan neutre en termes de SDA, les surfaces seront remises en état de manière à correspondre à l'état initial (Tableau 21).

Tableau 21 : Bilan SDA par parcelle dans le périmètre du PEX

	N° de parcelles	SDA initiales Q1 [m²]	SDA initiales Q2 [m²]	SDA finales Q1 [m²]	SDA finales Q2 [m²]	Bilan SDA Q1 [m²]	Bilan SDA Q2 [m²]	Bilan Total [m²]
Gravière	137	88 235	11 053	97 126	2 650	8 891	-8 403	488
	134	27 557	0	27 557	0	0	0	0
	135	55 544	0	55 544	0	0	0	0
	130	51 058	12 132	65 114	0	14 056	-12 132	1 924
	140	8 942	0	6 454	0	-2 488	0	-2 488
	141	8 091	0	6 434	0	-1 657	0	-1 657
Convoyeur	289, 143, 146, 149, 151, 152, 153, 93	4 579	223	4 579	223	0	0	0
Total		**244 006**	**23 408**	**262 808**	**2 873**	**18 802**	**-20 535**	**-1 733**

Enfin, le projet permet une amélioration qualitative des SDA avec plus de 19'600 m² de SDA aujourd'hui caractérisées en **SDA de qualité II qui seront réaménagés en SDA de qualité I.**

Etant donné que le tracé du convoyeur est prévu sur une largeur de 3 mètres, nous considérons, par analogie avec les chemins agricoles, que les SDA séparées par le tracé du convoyeur inférieures à 1ha, ne sont pas décomptées.

Afin de déterminer l'emprise maximale sur les SDA, nous avons considéré que les SDA seront déclassées dès leur décapage et seront recomptabilisées en SDA dès la 4ème année qui suit leur remise en état. Ainsi le bilan des SDA ne prend pas en compte les surfaces fraîchement remises en état. Il est estimé que la 8ème année d'exploitation est la plus défavorable du point de vue de l'emprise maximale sur les SDA. La totalité de la surface aura été décapée en prévention de l'exploitation de la neuvième et dernière année d'exploitation, alors que les remises en état réalisées depuis la 5ème année d'exploitation ne sont pas encore recomptabilisées tout comme l'emprise du convoyeur, encore trop fraichement réaménagée. Ainsi, seules les surfaces réaménagées avant la 5ème année d'exploitation peuvent à nouveau être comptabilisées. Elles sont néanmoins de petite surface (inférieures à 1 ha) ou en pente (talus de plus de 18%). L'emprise maximale est ainsi égale à l'emprise totale touchée temporairement (voir annexe n°1257-6.18d). Nous avons considéré que les stocks de terre (horizons A et B), aménagés à la surface de sols existants dans des emprises dont la topographie ne sera pas modifiée ne sont pas décomptés des SDA.

Ainsi, la gravière "Les Bulles" implique le décapage, le stockage et la remise en état de près de 270'000 m² de sols. Le stockage de matériaux terreux et de découverte sur le site sera important. L'emprise temporaire sur les SDA sera également significative, avec une situation la plus défavorable lors de la huitième année d'exploitation. A terme, les SDA restituées couvriront une surface proche de la situation initiale et seront de meilleure qualité que les SDA actuellement recensées sur le site.

Le concept de réaménagement du site prévoit une remise en état des sols au fur et à mesure du comblement, avec une reconstitution des sols permettant un retour à l'affectation initiale et en

surfaces d'assolement. Néanmoins, les surfaces qui pourront être réaménagées les premières années sont faibles, jusqu'à que la place de travail soit suffisamment large pour exploiter le gisement de manière rationnelle. Ce n'est que dès la 2ème étape que les remises en état pourront suivre un rythme proche des travaux de décapage et de découverte.

4.5.6 Erosion

Effets du projet

La topographie prévue pour le réaménagement de la gravière implique quelques changements au niveau de la longueur et de la déclivité des pentes par rapport à la situation initiale. En effet, le réaménagement prévoit le déplacement du talus (coteau du vallon du Veyron) en direction du sud-est, plus proche du cours d'eau. Le talus étant maintenant situé plus loin du sommet de la pente, ce déplacement entraîne 2 conséquences :

- d'une part une augmentation de la longueur de la pente en amont ;
- et d'autre part une diminution de la déclivité (à noter que la déclivité moyenne de la pente réaménagée reste égale en moyenne (6 %), mais avec moins de sections raides, la fourchette étant maintenant de 8 à 12 % au plus raide).

Par ailleurs, le réaménagement prévoit des pentes un peu plus importantes, de l'ordre de 12 %, au nord-est, pour se raccorder au terrain naturel et au prolongement du talus hors périmètre du projet. On peut également noter que la surface du talus augmentera légèrement (voir annexe n° 1257-6.17d).

Les différentes modifications de topographie ont des effets contraires sur le risque d'érosion global au niveau du site, puisque les longueurs de pente moyenne augmentent alors que la déclivité diminue. La modélisation montre cependant que l'effet net est une diminution significative du risque d'érosion potentielle sur le site. En particulier, les zones de plus forte pente, situées dans la partie amont du site (en amont du talus initial), seront sensiblement couchées, et le risque y diminuera de manière marquée. Dans la situation réaménagée, seules quelques petites zones légèrement plus pentues, souvent proches des bords du périmètre et devant se raccorder au terrain naturel, garderont un risque moyen (avéré) d'érosion.

Mesures facultatives proposées

Comme indiqué ci-dessus, la réalisation du projet améliorera fortement la situation du site au niveau du risque d'érosion.

Dans le cadre du suivi pédologique du projet, des mesures de lutte contre l'érosion simples à mettre en œuvre et peu onéreuses, sélectionnées dans le document "Erosion - réduire les risques : cahier de fiches techniques" réalisé par l'Office fédéral de l'agriculture (OFAG) et l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) (voir annexe n° 1257-6.17f), seront proposées aux exploitants agricoles, afin de les sensibiliser si nécessaire davantage à cette problématique. Ces mesures, qui pourront être appliquées indépendamment du projet de gravière, sont les suivantes :

- **Assolement des cultures :** cette technique consiste à subdiviser au maximum les cultures (aussi entre exploitants voisins), afin de favoriser l'alternance de cultures et donc la structure du sol. Cette technique permet d'éviter une monoculture beaucoup plus sensible aux risques d'érosion ;
- **Date de semis** : cette méthode consiste à effectuer un semis précoce, à la fin de l'été, pour accélérer un recouvrement rapide de la parcelle et offrir une barrière à l'érosion grâce au feuillage et aux racines ;
- **Semis intercalaires** : cette pratique consiste à semer une espèce ou un mélange entre les lignes de la culture principale, afin d'éviter l'érosion dans les cultures sensibles, telles que les sarclées qui recouvrent lentement le sol ;
- **Semis sous-litière** : cette technique consiste à semer une culture principale sous un couvert de résidus végétaux (mulch), afin d'avoir un sol continuellement couvert par des végétaux. Cette technique permet, notamment dans le cas des sarclées, de diminuer l'impact des gouttes de pluie et d'améliorer l'infiltration de l'eau ;
- **Amendement organique** : l'apport de substances organiques permet une stabilisation active des sols par les macro- et micro-organismes vivants

4.5.7 Drainage des eaux météoriques de la gravière

Le réaménagement sur la partie nord-ouest du site, en zone agricole prévoit une remise en état du site avec des pentes régulières de 6 à 8 %. Cette déclivité suffisante ainsi que le décompactage de la surface des remblais permettent d'assurer un écoulement naturel des eaux météoriques et d'écarter tout risque d'accumulation d'eau. Pour l'ensemble du site, les éventuels défauts constatés dans les années qui suivent la remise en état seront corrigés selon les recommandations du pédologue.

4.6 Sites pollués

Selon le cadastre cantonal des sites pollués, aucune entité n'est recensée au droit du périmètre de projet ou dans les environs directs du site. Le site pollué répertorié le plus proche étant situé à plus de 850 m au nord-est du périmètre sur la parcelle n° 43 à La Chaux. De plus, le projet ne polluera pas le site en question.

4.7 Déchets, substances dangereuses pour l'environnement

Aucune installation gérant des quantités significatives de déchets ou substances dangereuses n'est recensée au droit et à proximité directe du site de projet.

Le stockage éventuel de liquides polluants sur le site se fera conformément aux directives cantonales DMP 733 et DMP 734 « Récipients sous abris ou en plein air contenant des liquides polluants ». Seul un stockage temporaire de carburants est envisagé.

Aucun impact notoire n'est donc à attendre dans ce domaine.

4.8 Organisme dangereux pour l'environnement

Aucune installation gérant des organismes dangereux pour l'environnement n'est recensée au droit et à proximité directe du site de projet.

Cependant les espèces envahissantes, néophytes, font partie intégrante des organismes dangereux pour l'environnement. Les mesures nécessaires seront prises, avant, pendant et après l'exploitation, pour éviter toute propagation de plantes néophytes sur les remblais, les stocks de terre et les remises en état.

4.9 Conservation de la forêt

4.9.1 Défrichements

Défrichement définitif

La zone d'exploitation envisagée nécessite le défrichement définitif de ces deux aires forestières soit un total de 9'255 m^2. Cependant le défrichement du massif nord n'interviendra que pour l'exploitation de l'étape 2 soit au plus tôt 5 ans après le début de l'exploitation.

L'annexe 4 de la circulaire n°1 de la division forêts de l'OFEV (2007) précise que l'efficacité de l'utilisation du sol - qui représente le ratio entre le volume utile de graviers et la surface à défricher - doit être supérieure à 15 m. Pour le présent projet, le volume de graviers (tout-venant) sous les aires forestières est d'environ 37'000 m^3. L'efficacité de l'extraction de graviers est donc de 4.0 m. Celle-ci se justifie cependant par la perte globale de près de 87'000 m^3 de graviers bruts et de 400'000 m^3 de volume de stockage pour matériaux de type A.

Selon les recommandations vaudoises sur les matériaux pierreux (RMP 601, 2008), la valeur d'efficacité s'avère fréquemment inférieure à 15 m dans le canton de Vaud, du fait de sa configuration géologique particulière. L'OFEV laisse alors le canton de Vaud procéder à une pesée de tous les intérêts en jeu et prendre une décision dans le sens de l'aménagement du territoire, en tenant compte d'une utilisation judicieuse du sol. Ainsi, un projet ayant une efficacité du sol inférieure à 15 m peut, de cas en cas, être approuvé par les autorités. Des projets disposant d'une efficacité d'environ 7 m ont de ce fait déjà été récemment autorisés dans le canton de Vaud.

Défrichement temporaire

La section aérienne du convoyeur passe au-dessus d'une aire forestière 18 LAT classée en tant que Zone protégée des couloirs de la Venoge et du Veyron. Elle passera sous la ligne à haute tension afin d'éviter au maximum la coupe d'arbres majeurs. Un défrichement temporaire de 80 m^2 (l'intégralité de l'aire forestière située sur le tracé du convoyeur dans le périmètre du Plan d'extraction PEX) sera nécessaire pour permettre ponctuellement l'installation et le démantèlement des poteaux de soutien et affecter temporairement le terrain pour le passage du convoyeur. L'ensemble de la surface sera temporairement défriché par le changement d'affectation. Le nombre de points d'appuis sera toutefois minimisé et leur localisation déterminée judicieusement pour limiter les impacts sur la forêt. Les impacts du convoyeur sur la forêt sont détaillés au chapitre 8.11.3 du RIE (1257-RI-02). Cette zone sera réaménagée à la fin de la période d'exploitation en coordination avec l'Inspecteur forestier et à la charge de l'exploitant.

4.9.2 Dérogation des 10m à la lisière

Une dérogation des 10 m à la lisière sera demandé pour l'établissement de l'étape 1. En effet, la limite de l'étape 1 se situe dans les 10m à la lisère. L'aire forestière en question ici se situe dans le PEX et sera par la suite entièrement défrichée lors de l'exploitation de l'étape 2.

De plus, une dérogation des 10 m à la lisière est également demandée pour le tracé du convoyeur.

4.9.3 Reboisement

La totalité des surfaces défrichées sera compensée sur le futur nouveau talus en bordure de route cantonale par la création de deux aires forestières de surface équivalente aux aires forestières initiales. Le réaménagement prévoit de déplacer le talus actuel vers l'est (voir chapitre 3.6.8. Le principe d'exploitation du site (voir annexe n° 1257-3.1) permet de réaliser une partie des compensations avant le défrichement de l'entier des surfaces forestières. En effet, pour l'étape 1, seul le massif sud devra être défriché entrainant une perte de 5'573 m^2 de forêt dès la première année. Cependant, la butte créée en bordure de route cantonale avec les matériaux de découverte sera directement remise en état et le futur massif sud pourra être partiellement planté. Ainsi, dès la deuxième ou 3ème année d'exploitation, une surface d'environ 5'500 m^2 sur la butte sera replantée et constituera une partie des futures aires forestières.

Les surfaces défrichées seront reboisées sur les mêmes parcelles avec une surface identique à la situation actuelle.
Le reboisement sera effectué en coordination avec l'Inspecteur forestier et avec des essences qui correspondent à la station et les plants seront d'écotype suisse. Il sera à la charge de l'exploitant.

En plus de replanter l'ensemble des surfaces forestières, mètre carré pour mètre carré, il est prévu de constituer plusieurs milieux naturels. De plus, 50 arbres isolés seront plantés pour se substituer à ceux actuellement présents. Ces mesures de compensation supplémentaires sont détaillées au chapitre 4.10.2.

4.9.4 Défrichement/reboisement précédent

Une modification de l'assiette des reboisements sera également nécessaire pour un précédent dossier de défrichement/reboisement dont la mention de reboisement dans l'emprise du site n'a pas encore été radiée du registre foncier. Il s'agit d'une surface de 900 m^2 située au sud du massif nord existant. Cette surface sera ainsi déplacée, au même titre que le petit massif nord, c'est-à-dire plus à l'est dans le futur talus remis en état.

4.10 Protection de la nature

4.10.1 Mesures d'atténuation et compensations écologiques et paysagères pour l'exploitation de la gravière (La Boîte Verte Sàrl)

Les mesures sont précisées aux annexes suivantes :

- *Carte des mesures de compensation et minimisation de la gravière en annexe n° 1257-5.6*
- *Fiches techniques des mesures de compensation en annexe n° 1257-5.10*

Au fur et à mesure du réaménagement de la gravière, certaines mesures de compensation pourront être réalisées alors que le reste de la gravière est encore en exploitation. Les mesures de compensation réalisables le seront alors aussi vite que techniquement possible (selon la météo, le réaménagement du sol, etc.).

Une fois le réaménagement des nouveaux biotopes terminés, ces derniers seront protégés par inscription à l'inventaire cantonal des biotopes d'importance locale.

Un suivi des mesures sera assuré par un bureau spécialisé en environnement et un rapport de suivi environnemental doit être communiqué chaque année à la DGE-BIODIV. Le plan d'entretien de chaque mesure de compensation écologique aménagée est précisé dans les fiches techniques de l'annexe n° 1257-5.10.

Mesure 0 : aménagement de milieux pionniers en phase d'exploitation (temporaire)

Durant l'exploitation, les surfaces temporairement inutilisées ou inexploitées seront, en accord avec l'exploitant ou le propriétaire et le biologiste en charge du suivi, aménagées et entretenues de sorte qu'elles puissent accueillir une faune et une flore diversifiées. Elles correspondent à des surfaces pionnières créées par l'exploitation et qui resteront en place suffisamment longtemps pour y accueillir une biodiversité d'intérêt (1 à 2 ans).

Ces surfaces inexploitées pourraient se faire coloniser par des espèces rares telles que guêpiers d'Europe et hirondelles de rivages dans les falaises, abeilles solitaires dans des petites parois sableuses, amphibiens dans des sur-profondeurs qui récoltent les eaux de pluies, etc. Il n'est à ce jour pas possible de prévoir quelles espèces viendront coloniser ces surfaces. De la même manière, la taille des surfaces variera ainsi que leurs emplacements, en fonction des fronts d'exploitation notamment. Ces surfaces ne seront pas conservées à la fin de l'exploitation. Elles retrouveront leurs affectations agricoles et/ou forestières.

Mesure 1 : création d'une butte paysagère arborisée temporaire

Une butte paysagère arborisée de 1'740 m^2 sera constituée sur une partie de la limite nord-est du périmètre. Son but sera de servir d'écran entre l'exploitation et le village de La Chaux. Des arbres et arbustes y seront plantés dès le début de l'exploitation pour constituer au plus vite cet écran. Cette butte sera transitoire et sera supprimée à la fin de l'exploitation.

Mesure 2 : Aménagement de prairies riches en espèces

1) Prairie mi-sèche *(Mésobromion)*

   Dès le début de l'exploitation, le talus créé le long de la route cantonale, plus ou moins sur la limite est du périmètre, sera aménagé comme prairie maigre. Ce talus aura une pente d'environ 2V / 3 H. Le talus sera ensemencé en utilisant la méthode de la fleur de foin ou la méthode de la moisson de graines. La prairie source pourrait être prélevée dans les parties maigres du pâturage extensif existant dans le coteau présent à l'intérieur du

périmètre (la partie nord du coteau ne sera pas touchée avant l'exploitation de l'étape 2) et une autre prairie maigre de la région.

Le talus sera mis en place dès le début de l'exploitation pour des questions paysagères (masquer le projet depuis la route) et pour gérer les matériaux de découverte sous forme d'andain. Le flanc ouest ne sera pas touché et lors du comblement de la gravière, la remise en état viendra s'appuyer sur le haut du talus.

2) Prairie de fauche *(Arrhenatherion)*

Au niveau d'une zone de dégagement nature (correspondant à la surface prise dans "les couloirs de la Venoge et du Veyron" tels que dénommés dans le PAC Venoge), une prairie de fauche de type *Arrhenatherion* sera ensemencée. Une prairie source riche en espèces sera utilisée pour un ensemencement par fleur de foin ou moisson de graines sur cette surface.

Les prairies maigres réaménagées feront l'objet d'une mise à jour de l'inventaire des prairies et pâturages secs selon le cahier des charges de la DGE-BIODIV pour cet inventaire et par un-e cartographe ayant suivi la formation SANU pour la cartographie de ces milieux (cela ne sera possible à priori que pour la prairie maigre car la prairie de fauche prévue ne sera pas une prairie sèche).

L'ensemencement de ces surfaces fera l'objet d'un suivi par un-e biologiste et un suivi de la reprise de la végétation sera assuré pendant 5 ans minimum après le semi.

Un contrôle 5 ans après la fin de la mise en place des mesures de compensation est demandé par la DGE-BIODIV. Un rapport devra être envoyé à la DGE-BIODIV comprenant les mesures de remplacement ou d'ajustement nécessaires pour les mesures nature qui n'auraient pas été mises en place ou n'auraient pas fonctionné.

Ce rapport précisera également que l'accès à la gravière réalisé entre les parcelles 140 et 141 pour y accéder aura bien été détruit et les sols réaménagés conformément au dossier.

Mesure 3 : plantation de haies et bosquets indigènes diversifiés

En compensation des buissons mésophiles et des ronciers actuellement présents sur le site, des haies indigènes et des bosquets diversifiés seront plantés.

Ceux-ci prendront place dans le talus prévu sur la limite est du périmètre. Une partie de ce talus étant constitué dès le début de l'exploitation, cela permettra donc de planter dès le début quelques haies et bosquets.

Mesure 4 : plantation de 50 arbres isolés et fruitiers hautes-tiges

Cinquante arbres indigènes en station et fruitiers hautes-tiges seront plantés en surface agricole. 40 d'entre eux permettront de remplacer les arbres abattus. Les 10 arbres supplémentaires serviront à compenser la perte de valeur transitoire due au fait que plusieurs arbres âgés seront abattus. 12 arbres seront plantés dès la délivrance du permis d'exploiter le long d'un chemin agricole entre l'exploitation et le village de La Chaux, améliorant l'intégration paysagère en plus de leur valeur écologique.

Les essences à planter sont précisées sur la carte de l'annexe n° 1257-5.6 et dans la liste d'essences de la mesure 4 de l'annexe n° 1257-5.10.

Chaque arbre isolé abattu devra être remplacé par la plantation de la même essence, comme demandé par la DGE-BIODIV. Nous conseillons une exception pour les frênes qui sont atteints d'une maladie, la chalarose et qui sont très fragiles pour cette raison. Nous devrons tout de même tenir compte des souhaits des exploitants. Les vergers de fruitiers hautes-tiges seront uniquement composés de variétés indigènes anciennes et adaptées à la région, telles que celles recensées par la fondation Pro Specie Rara ou par Retropomme.

Mesure 5 : reboisement de compensation

Pour remplacer l'aire forestière touchée (9'255 m^2), une surface équivalente sera entièrement replantée d'arbres selon les indications de l'inspecteur forestier. Les essences choisies devront correspondre à la station et les plants seront indigènes d'écotype suisse.

Précisons ici que l'aire forestière existante sera défrichée progressivement les premières années d'exploitation sur le coteau existant, en commençant par le sud du coteau. La partie nord de l'aire forestière du coteau ne sera pas touchée avant l'exploitation de l'étape 2.

Une partie de la forêt à remplacer sera plantée dès l'étape 1, sur le talus en bordure de la route cantonale. Ainsi, des biotopes de substitution seront rapidement mis en place au début de l'exploitation, avant même que toutes les surfaces ne soient défrichées.

Mesure 6 : récolte de graines avant décapage

L'œillet arméria étant protégé dans le canton de Vaud, des graines de l'espèce seront récoltées dans le pâturage de pente avant destruction de sa station pour être replantées dans un milieu similaire voisin durant l'exploitation (prairie sèche de l'inventaire cantonal à 300 m à l'ouest du périmètre).

Selon succès, les graines seront récoltées dans le biotope de substitution pour être replantées dans les prairies réaménagées des années plus tard.

Il sera fait de même dans les cultures avec les plantes accompagnatrices des cultures d'intérêt telles que : le bleuet (*Centaurea cyanus*, NT en Suisse, VU pour le Plateau, -), l'euphorbe fluette (*Euphorbia exigua*, NT, -), la linaire bâtarde (*Kickxia spuria,* LC, -) et la rubéole des champs (*Sherardia arvensis*, LC, -).

4.10.2 Mesures d'atténuation et de compensation écologiques et paysagères pour la réalisation du convoyeur (AMaibach Sàrl, complété par La Boîte Verte Sàrl en 2025)

Les mesures liées au convoyeur sont précisées aux annexes suivantes :

- *Carte des mesures de compensation en annexe n° 1257-5.9*
- *Fiches techniques des mesures de compensation en annexe n° 1257-5.10*

Un suivi des mesures sera assuré par un bureau spécialisé en environnement et un rapport de suivi environnemental doit être communiqué chaque année à la DGE-BIODIV. Le plan d'entretien de chaque mesure de compensation écologique aménagée est précisé dans les fiches techniques de l'annexe n° 1257-5.10.

Mesure 7 : atténuation de l'impact sur la lisière

Le convoyeur longera la lisière sur la parcelle n° 73. Ce dernier se trouvera dans les 10 m à la lisière sur environ 90 mètres linéaires. Une demande de dérogation à l'Inspecteur forestier de l'arrondissement pour une construction à moins de 10 m de l'aire forestière devra être établie afin d'installer le convoyeur dans cette zone.

Les grands chênes vieillissants présents dans la lisière forestière seront préservés, tout comme les autres arbres-habitats d'intérêt pour la faune.

La fouille ne devra pas être réalisée en-dessous de la couronne de ces arbres et dans un rayon d'au moins 3 mètres des troncs de ces arbres-habitats. Si des racines sont mises à jour lors des terrassements, particulièrement celles d'un diamètre d'au moins 8 cm, on veillera à ne pas les abîmer avec des machines mais à juste enlever la terre nécessaire autour transitoirement.

Lors de la destruction du convoyeur, les mêmes dispositions seront prises.

Durant nos premières discussions avec les propriétaires des terrains et la DGE, il avait été question de proposer une renaturation de la lisière comme mesure de compensation écologique. Cependant, nos relevés montrent que plusieurs vieux arbres sont présents près de la limite de la lisière (arbres de grand intérêt écologique). Une revitalisation de lisière sans abattage d'une partie de ces arbres serait difficile. De plus, le secteur montre une forte colonisation de la ronce dans les secteurs en lumière (sous la ligne haute-tension régulièrement entretenue ou, dans le périmètre de la gravière, au niveau des pâturages extensifs). Des poches de mises en lumière dans cette lisière risquent donc fortement d'être rapidement colonisées par la ronce. L'effet de diversification des essences et des structures, attendu par une renaturation de lisière, serait alors compromis.

Mesure 8 : plantation de 20 arbres fruitiers hautes-tiges et arbres isolés

En compensation de l'impact qu'aura le convoyeur sur le paysage, 20 nouveaux arbres seront plantés. Ceux-ci seront soit des arbres fruitiers hautes-tiges, soit des arbres indigènes adaptés à la région agricole. Leur emplacement a été prévu de manière à ce que la destruction future du

convoyeur n'ait pas d'impact sur ces nouvelles plantations. Les variétés fruitières seront reconnues comme variétés anciennes par un organisme comme ProSpecieRara ou Retropomme.

Parmi ces 20 arbres :

- 8 sont prévus le long du DP 68, au nord de la parcelle 146. Un tronçon de l'objet VD 1003 de l'inventaire des voies de communications historiques (IVS régional et local) correspond justement au DP 68. Il s'agit d'un tronçon d'importance locale avec substance. La plantation de 8 arbres le long de ce tracé permettra le renforcement de cet objet. Les 8 arbres se situent également dans le périmètre 3 du PAC Venoge et contribuent à son renforcement.
- 6 sont prévus dans le pâturage de la parcelle 143. Ils visent à structurer le pâturage et se positionnent au sud du tracé aérien du convoyeur. Les 6 arbres se situent également dans le périmètre 3 du PAC Venoge et contribuent à son renforcement.
- 6 sont prévus dans des SPB (Surfaces de Promotion de la Biodiversité dans la surface agricole), soit dans une prairie extensive sur la parcelle 149 et une jachère sur la parcelle 93. Ils visent le renforcement de ces surfaces écologiques.

Ces 20 arbres contribuent aussi à répondre aux attentes de l'article 18b de la LPN (Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage du 1er juillet 1966), alinéa 2 :
« *Dans les régions où l'exploitation du sol est intensive à l'intérieur et à l'extérieur des localités, les cantons veillent à une compensation écologique sous forme de bosquets champêtres, de haies, de rives boisées ou de tout autre type de végétation naturelle adaptée à la station. Ce faisant, ils tiennent compte des besoins de l'agriculture.* »

Ces nouvelles plantations, aussi bien d'arbres fruitiers que d'arbres isolés indigènes, permettront de structurer cette région agricole dominée par les grandes cultures.

En principe, le tracé du convoyeur ne nécessitera pas l'abattage d'arbres isolés. Dans le cas contraire, chaque arbre isolé abattu devra être remplacé par la plantation de la même essence, comme demandé par la DGE-BIODIV. Nous conseillons une exception pour les frênes qui sont atteints d'une maladie, la chalarose et qui sont très fragiles pour cette raison. Nous devrons tout de même tenir compte des souhaits des exploitants qui peuvent changer au cours du temps.

Mesure 9 : Restauration des prairies et pâturages impactés par l'aménagement du convoyeur

Lors de l'aménagement du convoyeur puis de sa destruction, divers types de surfaces agricoles seront impactés. Autant que faire se peut, les impacts seront restreints au strict minimum.

Une fois chaque chantier terminé, les terres ouvertes seront réaménagées et ensemencées avec un mélange grainier de reverdissement couvrant partout où cela sera possible et compatible avec le calendrier des cultures agricoles.

En revanche, les prairies et pâturages devront faire l'objet d'un suivi adapté et la restauration des herbages se fera au travers de la technique de la fleur de foin ou de la moisson de prairies naturelles. Aucun mélange grainier du commerce ne pourra être utilisé en remplacement. Ainsi, il faudra prévoir en amont de stocker les graines issues des moissonnages des pairies

environnantes, au cas où la période de remise en état ne permet pas l'utilisation de la fleur de foin.

Mesure 10 : surveillance par un-e hydrogéologue pour les travaux vers le cours d'eau

Durant toutes les phases de travaux au niveau du passage du convoyeur en-dessus du Veyron, au niveau de l'espace réservé aux eaux (ERE) et du périmètre 2 du PAC Venoge, un-e hydrogéologue sera chargé de suivre les travaux.

Par phases de travaux, on comprend aussi bien la réalisation, l'entretien en cours d'exploitation, et la destruction du convoyeur.

Le suivi aura pour but de prendre les dispositions nécessaires pour prévenir tout accident de pollution des eaux et un impact négatif sur leur faune et leur flore. L'hydrogéologue aura été mis en contact avec les entreprises avant toute phase de chantier afin de leur remettre un cahier des charges détaillant les mesures de prévention à mettre en œuvre.

4.10.3 Mesures d'atténuation et de compensation écologiques et paysagères pour tout le périmètre de la gravière et du convoyeur (AMaibach Sàrl, complété par La Boîte Verte Sàrl en 2025)

Un suivi des mesures sera assuré par un bureau spécialisé en environnement et un rapport de suivi environnemental doit être communiqué chaque année à la DGE-BIODIV.

Mesure 11 : Surveillance et lutte contre les plantes envahissantes problématiques (PEP)

Quelques plantes envahissantes problématiques ont été repérées sur le site de la gravière ainsi que le long du tracé du convoyeur, ou à proximité de ceux-ci (voir cartes en annexes n^{os} 1257-5.3, 5.7 et 5.8).

De plus, de nombreuses espèces sont présentes dans les environs immédiats : séneçon sud-africain (*Senecio inaequidens*), solidage géant (*Solidago gigantea*), buddléia de David (*Buddleia davidii*), armoise des frères Verlot (*Artemisia verlotiorum*), bunias d'Orient (*Bunias orientalis*), vergerette annuelle (*Erigeron annuus*), laurier-cerise (*Prunus laurocerasus*), robinier (*Robinia pseudoacacia*), ronce d'Arménie (*Rubus armeniacus*), etc.

Si des plantes envahissantes problématiques sont recensées avant le début des chantiers (exploitation, installations ou démantèlement du convoyeur), elles devront être retirées avant tout mouvement de terre. De même, des foyers de plantes à proximité du périmètre doivent être éliminés s'il s'avère que les plantes pourraient s'égrainer dans le chantier. Par exemple, il faudra éliminer les solidages du Canada de la jachère de la parcelle n^{o} 93 s'il existe un risque qu'ils s'égrènent au niveau de la fouille réaménagée : un sol fraîchement réaménagé risque en effet d'être fortement colonisé par des indésirables.

La lutte contre les espèces invasives devra respecter les prescriptions édictées par le Canton de Vaud (fiches de description de l'espère et recommandation de lutte). Les mesures de lutte entreprises feront l'objet d'un rapport de suivi environnemental.

Avant exploitation, durant l'exploitation et 3 ans après réaménagement de **chaque** surface, un suivi des plantes envahissantes problématiques devra être assuré, avec une lutte appropriée en cas de présence, conformément aux prescriptions édictées par le canton de Vaud.

Les stocks de terre devront être ensemencés afin d'éviter toute colonisation par des espèces exotiques envahissantes.

Mesure 12 : déplacement des reptiles avant destruction des habitats

La suppression des haies et bosquets ne pourra intervenir qu'entre le 1er septembre et le 31 janvier et après que les reptiles auront été déplacés. L'optimum est en septembre afin que les éventuels reptiles restant puissent encore se déplacer avant les premiers gels.

Ainsi, des spécialistes des reptiles équipés seront appelés en avance avant la réalisation des travaux, en particulier lors des terrassements dans les pâturages de pente ou des travaux en forêt et en lisière.

Les éventuels reptiles capturés seront relâchés dans des habitats appropriés de la région selon les prescriptions d'un répondant d'InfoFauna (organisme responsable du suivi des reptiles en Suisse).

A proximité par exemple, un pâturage d'importance locale a été délimité dans l'inventaire cantonal des prairies et pâturages secs sur la commune de Chavannes-Le-Veyron (à 200 mètres au sud du périmètre de la gravière), un autre se trouve à 1,2 km à l'est et est d'importance régionale (« Mont Lambert » sur la commune de Senarclens).

Nous avons visité le pâturage sec de Chavannes-Le-Veyron : jouxtant un jardin et verger proche de la nature avec des haies indigènes, il conviendrait bien pour un lâcher de lézards des souches.

L'espèce est assez bien visible en avril-mai (recherche des rayons du soleil car il ne fait pas encore très chaud) et une première campagne de capture pourrait avoir lieu à cette période, puis une seconde en août-septembre, selon les recommandations du spécialiste.

Mesure 13 : calendrier des travaux (tenant compte de la protection de la nature)

Conformément à la demande de la DGE-BIODIV, tous les travaux susceptibles de détruire un lieu habité par des espèces protégées devront avoir lieu uniquement en dehors de la période de nidification des oiseaux (soit uniquement entre le 1er septembre et le 31 janvier). Dans tous les cas, aucun arbre ou bosquet ne sera éliminé durant la période de nidification des oiseaux.

La suppression des haies et bosquets ne pourra donc intervenir qu'entre le 1er septembre et le 31 janvier et après que les reptiles auront été déplacés. L'optimum est en septembre afin que les éventuels reptiles restant puissent encore se déplacer avant les premiers gels.

Afin de préserver également l'alouette des champs (*Alauda arvensis*, VU) pour laquelle de nombreux territoires sont observés dans la région, et selon la demande de la DGE-BIODIV, les travaux de terrassements dans la zone agricole devront intervenir en dehors de la période de nidification qui s'étend d'avril à juin. En effet, elle niche au sol en terre agricole durant ces périodes.

En résumé :

Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec

Travaux possibles sans restriction pour la plupart des espèces protégées et les oiseaux
Pas de creuse dans une nouvelle surface agricole, pour préserver l'alouette
Pas d'élimination d'arbres ou bosquets, ni de destruction d'habitat d'espèce protégée
Déplacer les reptiles avant destruction des biotopes

Mesure 14 : suivi en phase de chantier (SER) et établissement de rapports annuels, calendrier d'entretien des aménagements pour la nature

Le cahier des charges du suivi en phase de réalisation (SER) est à réaliser conjointement avec un-e spécialiste en environnement. Il sera intégré au projet avant la mise en soumission des travaux. Les charges doivent être définies et approuvées par la DGE-BIODIV avant la mise en soumission auprès des entreprises. Le nom du responsable du SER sera communiqué par écrit à la DGE-BIODIV dès sa nomination.

Toute la phase de chantier sera suivie par un un-e spécialiste en environnement afin de vérifier que les impacts sont réduits au strict minimum et que les mesures d'atténuation et de compensation sont mises en œuvre conformément à la présente notice.
Les surfaces temporairement inutilisées ou inexploitées seront minimisées au maximum de manière à pouvoir les restituer le plus rapidement possible à leurs affectations futures. En cas d'installation spontanée d'espèces protégées (telles que par exemple l'hirondelle de rivage ou des amphibiens), un accord devra être trouvé avec l'exploitant afin de prendre les mesures nécessaires à leur sauvegarde. La DGE-BIODIV se tient à disposition.

Un rapport annuel de suivi sera transmis à la DGE-BIODIV.

Les mesures de réaménagement doivent être suivies durant 5 ans dès le réaménagement. Les plantes envahissantes problématiques doivent être suivies durant 3 ans dès le réaménagement (et en plus avant et durant le chantier).

4.10.4 Plan d'entretien des mesures nature

L'entretien des mesures nature est précisé dans :

- *Les fiches techniques des mesures de compensations en annexe* n° 1257-5.10 où l'entretien est précisé par mesure.
- *Un plan d'entretien annuel sous forme de tableau récapitulatif à la suite des fiches de l'annexe* n° 1257-5.10 *(mesure 14).*

Plan d'entretien des mesures nature

Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
			PEP 2	PEP 2	PEP1 et PEP2	PEP 2	PEP 2	PEP 2	PEP 2	PEP 2	PEP 2
		Taille, soins	Déb, fumure	Arr? Trait.	Arr?	Arr?	Arr?	Arr?		Plantation	
				Arr? Déb.	Arr?	Arr? Déb.	Arr?	Arr? Déb.		Plantation	
			rechercher, déplacer					déplacer			

Légende du code couleur

	PEP1 : contrôle des plantes envahissantes par spécialiste, PEP2 : contrôle et lutte des plantes envahissantes par maître d'ouvrage
	Entretien des fruitiers hautes-tiges selon entretien spécifié
	Entretien des ligneux indigènes (arbres plantés et buissons), selon entretien spécifié
	Prairies à réaménager, période idéale pour la récolte de graines ou le réensemencement (notamment récolte de graines de l'œillet arméria).
	Revitalisation de lisière, période possible
	Reptiles : rechercher des biotopes de remplacement (avril), déplacer les individus capturés (avril et septembre).

Abréviations

Arr?	Arrosage si nécessaire (en cas de sécheresse)
Déb	Débroussaillage de l'herbe avec évacuation de l'herbe fauchée autour des fruitiers, juste faucher pour autres ligneux.
Fum	Fumure autour de l'arbre et grattage pour pénétration
Trait.	Traitement chimique toléré en bio contre les pucerons ou autres maladies fongiques

Figure 25: Extrait miniature du plan d'entretien de l'annexe n° 1257-5.10, mesure 14.

4.10.5 Bilan des compensations écologiques et paysagères

Le projet prévoit la mise en place de mesures écologiques pour l'exploitation de la gravière et la mise en œuvre du convoyeur et son démantèlement. Dans le périmètre de la gravière, les différents milieux d'intérêt pour la nature seront tous remplacés ou compensés.

Certaines mesures seront mises en place dès le début de l'exploitation :

1) Une allée de 12 arbres à l'extérieur du périmètre au nord ainsi qu'une butte paysagère arborée sur une partie de la limite nord du périmètre (les 12 arbres sont une mesure pérenne mais la butte arborée sera transitoire, jusqu'à la fin de l'exploitation).

2) La plantation de 13 arbres dans la surface de dégagement nature (le long de la route de St-Denis). Le solde sera planté au fur et à mesure du réaménagement.

3) Au niveau de la limite sud du périmètre, une surface d'environ 17'500 m^2 sera remise en état au cours de l'étape 1. Les mesures suivantes y prendront place :

- La plantation de 4 arbres
- La plantation de 9 arbres en complément au verger de la surface de dégagement nature.
- La plantation d'une haie et d'un bosquet.
- L'ensemencement d'une prairie maigre de type *Mesobromion.*
- L'ensemencement d'une prairie de fauche de type *Arrhenatherion* dans la surface de dégagement nature.
- Le remplacement d'une partie de l'aire forestière (environ 5'600 m^2) qui sera défrichée au fur et à mesure de l'exploitation (au final, la totalité de l'aire forestière sera replantée).

Ainsi, des biotopes de substitution seront tout de suite mis en place au début de l'exploitation et deviendront favorables à la faune et à la flore déjà pendant l'exploitation. Parallèlement, une partie des milieux favorables qui devront être éliminés pour les besoins de l'exploitation ne le seront pas avant l'exploitation de l'étape 2 (il s'agit des milieux présents sur la partie nord du coteau existant).

Le solde des mesures écologiques prévu sera mis en place à la fin de l'exploitation.

Les Tableau 22 et Tableau 23 qui suivent présentent les mesures écologiques et paysagères prévues en compensation des surfaces touchées dans le périmètre de la gravière.

Tableau 22: Milieux du périmètre d'exploitation (hors convoyeur) et mesures de réaménagement ou de compensation / remplacement prévu avec surfaces en m². Seuls les milieux ayant un certain intérêt écologique et paysager sont compensés ou remplacés.

Milieu/Arbres dans le périmètre	**Surface comprise dans le périmètre en m²**	**Compensation / remplacement**
Cultures et chemins agricoles	264'900	Retour à l'agriculture au fur et à mesure des étapes de réaménagement, réfection des chemins
Forêt	10'763 dont 9'255 en aire forestière*	9'255 m^2 replantés en aire forestière, le solde, 1719 m^2 seront semés sous forme de prairie à brome dans le talus créé à l'est du périmètre, le long de la RC.
Pâturage de pente	14'612	Voir tableau des pâturages de pente qui suit
Bandes herbeuses	6'415	Retour à l'agriculture au fur et à mesure des étapes de réaménagement, de nouvelles bandes herbeuses tampon devront être remises en place le long des lisières, tel qu'exigé par l'OPD (Ordonnance sur les paiements directs du 23 octobre 2013)
Prairie grasse hors des pâturages de pente	2'603	Retour à l'agriculture au fur et à mesure des étapes de réaménagement
Pâturage à moutons	1'460	Retour à l'agriculture au fur et à mesure des étapes de réaménagement
Chemin herbeux	804	Retour à l'agriculture au fur et à mesure des étapes de réaménagement
-	-	1'571 m^2 de butte arborisée (transitoire, durant l'exploitation puis éliminée lors du réaménagement final)
Arbres indigènes isolés et fruitiers	38	50 arbres replantés : 38 dans le périmètre, 12 en allée juste à l'extérieur du périmètre

* La différence est due au fait que dans notre cartographie, nous incluons dans cette surface des boisés attenant à la forêt que l'inspecteur des forêts, lors du relevé de l'aire forestière, aura laissé en surface agricole.

Tableau 23: Milieux écologiques composant le pâturage extensif et mesures de réaménagement ou de compensation / remplacement prévu avec surfaces en m². Seuls les milieux ayant un certain intérêt écologique et paysager sont compensés ou remplacés.

Milieu écologique	Existants m²	Compensation / remplacement
Prairie à brome (*Mesobromion*, 4.2.4, VU)	4'791	9'584 m2 de mélange grainier/fleur de foin de prairie maigre semé dans le talus créé à l'est du périmètre, le long de la RC
Buissons mésophiles (*Pruno-Rubion*, 5.3.3, NT) et roncier (*Pruno-Rubion*, 5.3.3, NT)	2'630	2'733 m² replantés sous forme de haies et bosquets
Prairie de fauche de basse altitude (*Arrhenatherion*, 4.5.1, LC)	2'276	11'203 m² de prairie de type *Arrhenatherion* semés dans le replat entre le talus de *Mesobromion* et la RC.
Prairie grasse (*Cynosurion*, 4.5.3, LC)	44'805	Surfaces réaménagées en *Arrhenatherion* ou en *Mesobromion*

50 arbres seront plantés pour remplacer les 40 arbres à éliminer ainsi que la perte de valeur transitoire due au fait que des arbres âgés disparaissent et qu'il faudra des années pour retrouver des arbres de valeur écologique comparable.

Selon la demande de la DGE-BIODIV dans son préavis du 2 avril 2024, les milieux d'intérêt pour la nature hors forêt doivent être surcompensés par un facteur de 1,5 fois en surface.

Le Tableau 24 qui suit synthétise comment est prévue cette compensation en chiffres avec le facteur de remplacement correspondant.

Tableau 24: Milieux écologiques d'intérêt compensés ou remplacés : surface en m² et facteur de remplacement.

Milieu écologique	OPN[1]	Existants m²	Remplacement m²	Facteur de remplacement
Prairie à brome (*Mesobromion*, 4.2.4, VU)	oui	4'791	9'584 m2	x 2.0
Buissons mésophiles (*Pruno-Rubion*, 5.3.3, NT) et roncier (*Pruno-Rubion*, 5.3.3, NT)	non*	2'630	2'733 m²	x 1
Prairie de fauche de basse altitude (*Arrhenatherion*, 4.5.1, LC)	non**	2'276	11'203 m²	x 4.9
Total		**9'697**	**23'520 m2**	**x 2.4**

1=Milieu protégé selon l'Ordonnance sur la protection de la nature

*mais protection des haies vives et boqueteaux sur le territoire.

** mais les *Arrhenatherion* de pente du périmètre sont très diversifiés en espèces de plantes.

4.11 Protection du paysage naturel et site

L'emprise de projet n'est pas recensée à l'inventaire fédéral des paysages, sites et monuments naturels (IFP).

Au niveau de la visibilité, le site de la gravière et le tronçon aérien du convoyeur s'avèrent partiellement exposés à la vue des habitants du village de La Chaux, ainsi qu'aux utilisateurs de la route cantonale reliant le village de La Chaux et le hameau de St-Denis. On notera également que le site sera partiellement exposé aux habitants du hameau de St-Denis. Des mesures seront prises pour limiter la visibilité des habitants sur la gravière.

Le bord du front d'exploitation du projet ne sera, par contre, pas exposé à la vue du village de La Chaux. La gravière sera exploitée en profondeur progressivement et sera remise en état après comblement. La topographie du site permet de réduire fortement les impacts sur les villages voisins. Le futur profilé du site est défini pour s'intégrer au mieux à l'environnement naturel.

Dans son préavis de 2024, la DGE-BIODIV a demandé à réfléchir à adoucir le coteau en bordure de route et/ou en diminuer la hauteur, voire à privilégier un réaménagement avec deux ou plusieurs talus/buttes successives. Les discussions entre le DGE-BIODIV, la DGE-FORÊT, la DGE-GEODES et le porteur de projet ont justifié le choix final d'un coteau avec une pente régulière (sans rupture pour faire plusieurs talus successifs), avec cependant un retrait par rapport au bord de la route cantonale, comparativement au premier projet. Ce choix topographique final permet d'une part de diminuer les risques de collision entre les véhicules et la faune mais également d'assurer des volumes de gravier intéressants pour le projet. En effet, la création d'une butte à l'emplacement initial aurait diminué de beaucoup les volumes de comblements nécessaires et complexifié la gestion des matériaux de découverte.

Ainsi, l'impact paysager du projet sera modéré, mais transitoire, et sera quasi nul après la remise en état du site. Pour y remédier, des mesures seront mises en œuvre lors de la phase d'exploitation, telles que l'implantation de buttes paysagères. L'impact du projet depuis les habitations pourra alors être réduit à un niveau faible.

Concernant le convoyeur, le projet ne présentera pas d'impact paysager notable. La majeure partie de celui-ci sera en effet enterré et donc invisible depuis le village de La Chaux.

Le passage aérien se fera dans le périmètre du PAC Venoge le plus étroit et sous la ligne à haute tension, réduisant ainsi considérablement l'impact paysager de l'ouvrage, étant masqué par les arbres. Il se situe par ailleurs à plus de 400 m des habitations les plus proches.

Après le réaménagement, le paysage retrouvera les grandes cultures qui le caractérisent majoritairement et le coteau de surfaces herbagères, milieux forestiers, haies, bosquets et vergers. Ce coteau sera décalé vers l'est par rapport à la situation actuelle.

4.12 Protection du patrimoine bâti et des monuments, archéologie

La gravière se trouvant très partiellement en site recensé par l'ISOS, en tant qu'échappée sur l'environnement, des mesures paysagères seront mises en œuvre pour limiter l'impact visuel de la gravière dont par exemple l'aménagement de buttes arborées. Concernant le convoyeur qui touche également une échappée sur l'environnement, grâce à la proximité avec l'aire forestière, le tronçon aérien ne sera que très peu visible depuis le village. Il ne portera donc pas atteinte au caractère non bâti des champs autour de La Chaux.

Des sondages archéologiques prospectifs seront réalisés préalablement à tout travaux, y compris sondages géotechniques ou autre et à chaque étape de décapage. Au terme de cette opération, un rapport sera déposé à l'archéologie cantonale. Une attention particulière sera portée dans la région archéologique n° 60/305. En cas de découvertes de vestiges lors des travaux, le service

archéologique cantonal sera averti afin de déterminer les éventuelles mesures conservatoires nécessaires.

Aucun axe routier recensé à l'IVS, de même qu'aucun itinéraire de mobilité douce ne seront affectés par le projet de gravière.

En définitive, le projet aura donc un impact limité sur le patrimoine bâti et les monuments. Les prospections archéologiques permettront d'inventorier et sauvegarder d'éventuels éléments

4.13 Synthèse des mesures intégrées au projet

Protection de l'air et du climat	Air.1	Installation d'un dispositif de nettoyage des roues des poids lourds avant que ceux-ci ne s'engagent sur le réseau routier existant ;
	Air.2	Nettoyage régulier des voies de communication revêtues, afin d'éviter la mouture des particules grossières en fines qui s'envolent avec le vent ;
	Air.3	Au besoin, pendant les périodes sèches prolongées, nettoyages des voies de circulation et arrosages des chemins et places non revêtus ;
	Air.4	Dispersion de coagulants aux endroits sensibles si les mesures précédentes sont insuffisantes ;
	Air.5	Ensemencement des sols stockés ;
	Air.6	Réduction des volumes manipulé lors de fortes émissions ;
	Air.7	Pour les habitations se trouvant à proximité de la gravière, il s'agira de vérifier que les valeurs limites d'immissions de poussières soient respectées à long terme. La valeur limite à surveiller est celle des retombées de poussières, limitée à 200 mg/m^2 par jour. Les points de mesures seont définis en accord avec la DGE-AIR ;
	Air.8	Respect des Directives en vigueur.
Protection contre le bruit et les vibrations	Bruit.1	Construction de l'aire des installations en fond d'exploitation ;
	Bruit.2	Exploitation de bandes transporteuses capotées et de points de transfert équipés de caoutchouc ;
	Bruit.3	Mise en œuvre d'un stock de découverte, à l'ouest du périmètre d'exploitation de l'étape 1 ;
	Bruit.4	Mise en œuvre d'une butte arborée de 2.5 m de haut, au nord-est du périmètre d'exploitation de l'étape 2 ;
	Bruit.5	Comblement de la butte en bordure de route cantonale dès le début de l'exploitation.

Protection contre les rayonnements non ionisants	Ray.1	Vérification du respect de la limite à 800 h/an d'exposition du personnel aux rayonnements non ionisants, sous la ligne électrique ;
	Ray.2	Respect de la distance minimale avec le conducteur inférieur de 7.20 m ;
	Ray.3	Respect de la directive *sur les travaux à proximité de lignes aériennes de la SUVA ;*
	Ray.4	Organisation d'une séance préparatoire aux travaux de constructions du convoyeur avec le propriétaire de la ligne pour la mise en place de toutes les mesures de sécurité nécessaires.
Protection des eaux	Eaux.1	Poursuite des mesures piézométriques ;
	Eaux.2	Mise en dépôt exclusivement de matériaux d'excavation et de percement non pollués au sens de l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) ;
	Eaux.3	Conservation d'une distance de sécurité d'au moins 2 m entre le fond d'exploitation et le niveau des hautes eaux décennales (réalisation de sondage à l'avancement le cas échéant) ;
	Eaux.4	Mise en œuvre d'un fossé d'infiltration des eaux de ruissellement ;
	Eaux.5	Respect de la directive DCPE 872 ;
	Eaux.6	Stockage des substances potentiellement polluantes sur des surfaces étanches et dans de containers adaptés ;
	Eaux.7	Entretien, lavage et approvisionnement des véhicules sur des surfaces sécurisées et raccordées à un système de décantation et déshuilage ;
	Eaux.8	Stockage sur site de produits absorbants ;
	Eaux.9	Raccordement des locaux du personnel au réseau d'eaux usées ou à une fosse vidangée régulièrement ;
	Eaux.10	Fonctionnement en circuit fermé des installations de lavage des roues des camions ;
	Eaux.11	Création de bassins de rétention/décantation temporaires à l'aval des fronts d'exploitation ;
	Eaux.12	Mise en place d'analyses régulières complètes des eaux rejetées par infiltration (micropolluants) ;
	Eaux.13	Mise en place d'un piézomètre complémentaire sur le profil BB' à proximité de la rupture de pente du fond étanche lors de l'étape 1 afin d'ajuster le fond de l'étape 2.

Protection des sols	Sols.1	Planification des travaux de décapage pendant la période de végétation, sur des sols bien ressuyés ;
	Sols.2	Décapage et remise en état à la pelle mécanique avec une pression au sol la plus basse possible et un train de roulement adéquat ;
	Sols.3	Suivi des travaux pédologiques par un pédologue (SPSC), chargé d'adapter les profondeurs de décapages aux réalités du terrain ;
	Sols.4	Hauteurs maximales de stockage en andain à respecter pour : – l'horizon A de 2.5 m ; – l'horizon B de 3.5 m ;
	Sols.5	Hauteurs maximales de stockage en dépôt étalé à respecter pour : – l'horizon A de 2.0 m ; – l'horizon B de 2.5 m ;
	Sols.6	Ensemencement des stocks de terre avec un mélange à enracinement profond ;
	Sols.7	Reconstitution des sols au fur et à mesure de l'avancement de l'exploitation, en minimisant le stockage des terres ;
	Sols.8	Objectif de remise en état en zone agricole : – 30 cm d'horizon A (au total 74'000 m^3) ; – 80 cm d'horizon B (au total 197'300 m^3) ;
	Sols.9	Objectif de remise en état dans les talus en prairie (compris dans la zone agricole) : – 30 cm d'horizon A ; – 30 cm d'horizon B ;
	Sols.10	Objectif de remise en état en aire forestière : – 30 cm d'horizon A (au total 2'800 m^3) ; – 150 cm de sous couche (au total 14'000 m^3) ;
	Sols.11	Tri et stockage de matériaux terreux externes pendant toute la durée de l'exploitation : – 90'000 m^3 d'horizon B agricole ; – 12'800 m^3 de sous couche forestière ;
	Sols.12	Mise en place d'une prairie pendant 3 à 5 ans sur les sols remis en état en zone agricole ; pas de purinage ni de pacage.

	Sols.13 Ensemencement de l'aire forestière immédiatement après les remises en état (avec un mélange herbeux). Puis en période adéquate, réalisation des nouvelles plantations ; Sols.14 Construction du convoyeur selon les mêmes prescriptions avec une remise en état des sols décapés (pas d'apport externe nécessaire).
Conservation de la forêt	Forêt.1 Plantation à la fin de la remise en état partielle de l'étape 1 en bordure de route cantonale d'une aire forestière d'environ 5'000 m^2 ; Forêt.2 Maintien de l'aire forestière de la partie nord du site jusqu'à la fin de l'étape 1 ; Forêt.3 Reconstitution au terme de l'exploitation du solde des reboisements pour retrouver les 9'255 m^2 d'aires forestières initiales ; Forêt.4 Limitation du nombre d'arbres à abattre dans la zone de défrichement temporaire.
Protection de la nature	Nat.0 Aménagement de milieux pionniers en phase d'exploitation (temporaire) ; Nat.1 Création d'une butte paysagère arborisée temporaire Nat.2 Aménagement de prairies riches en espèces (une prairie mi-sèche (*Mésobromion)* et une prairie de fauche (*Arrhenaterion)*) ; Nat.3 Plantation de haies et bosquets indigènes diversifiés ; Nat.4 Plantation de 50 arbres isolés et fruitiers hautes-tiges; Nat.5 Reboisement de compensation ; Nat.6 Récolte de graines avant décapage ; Nat.7 Atténuation de l'impact sur la lisière ; Nat.8 Plantation de 20 arbres fruitiers hautes-tiges et arbres isolés ; Nat.9 Restauration des prairies et pâturages impactés par l'aménagement du convoyeur ; Nat.10 Surveillance par un-e hydrogéologue pour les travaux vers le cours d'eau ; Nat.11 Surveillance et lutte contre les plantes envahissantes problématiques ; Nat.12 Déplacement des reptiles avant destruction des habitats ; Nat.13 Calendrier des travaux (tenant compte de la protection de la nature) ;

	Nat.14	Suivi en phase de chantier (SER) et établissement de rapports annuels, calendrier d'entretien des aménagements pour la nature
Protection du paysage	Pay.1	Mise en œuvre d'une butte de protection arborisée au nord-est du périmètre d'exploitation ;
	Pay.2	Mise en œuvre d'une butte en bordure de route cantonale (partie sud) pour masquer l'exploitation ;
	Pay.3	Stockage de la découverte de l'étape 1 au sud-ouest du périmètre d'exploitation ;
	Pay.4	Plantation des aires forestières dès que possible (au moins partiellement à la fin de l'étape 1).
Protection du patrimoine	Pat.1	Réalisation de sondages prospectifs préalablement à chaque étape de décapage ou travaux sur les sols.

5 EXTRAIT DU REGISTRE DU COMMERCE

L'extrait du Registre du commerce de la société Orllati Granulat et Béton SA est annexé en fin de rapport (voir annexe n° 1257-11.1).

6 CONSTRUCTION

Une route d'accès et des installations de traitement des matériaux seront érigées temporairement sur le site pour la durée de l'exploitation. Elles seront démontées à la fin de l'exploitation et les surfaces seront remises en état. Aucune autre construction ne sera érigée sur le site.

7 CONCLUSION

Le projet présenté propose l'exploitation d'une gravière sur le site "Les Bulles", inscrit au PDCar sous le numéro 1222-005, avec l'aménagement d'un convoyeur qui reliera ce site à la future gravière de "Gratteloup".

Avec un volume exploitable d'environ 1'300'000 m^3 (fractions stériles déduites), l'exploitation projetée permettra de répondre - en partie - au besoin en matériaux graveleux du canton de Vaud.

Suite à la coordination avec l'entreprise Gratteloup SA pour l'exploitation conjointe des gravières des Bulles et de Gratteloup, il a été possible de proposer un programme d'exploitation soutenu par le Département de l'environnement et de la Sécurité dans sa décision du 7 juin 2022. Cette solution vise à minimiser les nuisances (un seul front d'exploitation et limitation du trafic à travers les villages) tout en permettant à chaque entreprise de bénéficier de volumes de graviers et de remblais pour développer ses activités. Le site des Bulles sera ainsi en exploitation pour une durée de 9 ans d'extraction et jusqu'à 16 ans si l'on considère le comblement final et la remise en état du site. A la suite de cette exploitation, c'est la gravière de Gratteloup, située sur les communes de Senarclens et Cossonay, qui prendra le relais.

Dès la 2ème étape de l'exploitation des Bulles, soit 5 ans après le début d'exploitation du site, 90% des matériaux (graviers et remblais) seront acheminés par tapis roulant jusqu'à la zone industrielle d'Aclens/Vufflens. La tranquillité et la sécurité dans les villages traversés sera ainsi renforcée.

Le contexte environnemental permet d'envisager que les impacts du projet seront maitrisés - moyennant la mise en œuvre de mesures de protection - et que les exigences légales en termes de protection de l'environnement seront respectées. Notamment, des bonnes mesures devront être appliquées en matière d'exploitation du site et de protection paysagère.

Impact-Concept SA

C. Schelker, dir. A.Margot. ing. env. EPF

Le Mont-sur-Lausanne, le 22 janvier 2026

N/réf. : 1257-MT-02/TS/RF/AM/CC/JJ/IF

ANNEXES

N° 1257 - 1 Situation

1.1 Situation au 1 : 25’000
1.2 Plan directeur des carrières (PDCar) – Fiche descriptive
1.3 a. Servitudes et contraintes d'exploitations au 1 : 5'000
1.3 b. Plan de synthèse des servitudes existantes au 1 : 2'000

N° 1257 - 2 Géologie et hydrogéologie

2.1 Plan de synthèse des reconnaissances au 1 : 5'000
2.2 a. à f. Logs des sondages (campagne 2015) au 1 : 200
2.2 g. à j. Logs des sondages (campagne 2021) au 1 : 100
2.3 Synthèse des sondages électriques
2.4 Panneaux électriques 2016-2022 interprétés au 1 : 1'000
2.5 a. à f. Cartes des résistivités apparentes – mesures RMT
2.6 a. et b. Profils géologiques A, B, C et E au 1 : 1’000
2.7 a. à h. Rapports d’essai du laboratoire TFB
2.8 a. Diagramme piézométrique et pluviométrique 2015 – 2022
2.8 b. Diagramme piézométrique et pluviométrique 2015 – 2024 – Nappe du Veyron
2.8 c. Diagramme piézométrique et pluviométrique 2015 – 2024 – Ecoulements hypodermiques
2.9 Carte piézométrique des hautes eaux de janvier 2022 au 1 : 5’000
2.10 a. Mesures piézométriques
2.10 b. Calcul des hautes eaux décennales selon la loi de Gumbel
2.11 Description des principaux points d’eau à proximité du site

N° 1257 - 3 Projet

3.1 Principe d'exploitation au 1 : 5’000
3.2 Plan du réaménagement et des mesures écologiques au 1 : 3’000
3.3 Convoyeur à bande - Situation générale et profil en long au 1 : 2'000 / 1 : 500
3.4 Profil en long du convoyeur et géologie prévisionnelle au 1 : 2’000
3.5 a. Convoyeur à bande, tronçon aérien - Situation et profil en long au 1 : 100
3.5 b. Coupe schématique frontale du convoyeur, tronçon souterrain
3.6 a. Calendrier indicatif de l’exploitation
3.6 b. Principe d’exploitation – années 2 à 8 au 1 : 7’500

3.6 c. Principe d'exploitation – année 10 à 16 au 1 : 7'500

3.7 a. Plan - Détail des installations au 1 :1'500

3.7 b. Installation de traitement de graviers – Gravière les Bulles – Situation au 1 : 2'000

3.7 c. Installation de traitement de graviers – Gravière les Bulles – Schéma du flux des matériaux

N° 1257 - 4 Transport et trafic

4.1 a. Plan de circulation – Etape 1 au 1 : 40'000

4.1 b. Plan de circulation – Etape 2 au 1 : 40'000

4.2 a. Etape 1 – Charges de trafic

4.2 b. Etape 2 - Charges de trafic

N° 1257 - 5 Nature

5.3 Milieux et arborisation au 1 : 3'500

5.6 Mesures écologiques, paysagères et de réaménagement au 1 : 3'500

5.7 Milieux d'intérêt et arbres près du convoyeur, au 1 : 4'000

5.8 Milieux et arbres au niveau du tracé aérien du convoyeur au 1 : 750

5.9 Mesures écologiques, paysagères et de réaménagement du convoyeur au 1 :4'000

5.10 Fiches techniques des mesures écologiques et plan d'entretien des mesures nature

5.14 Plan de défrichements et reboisements au 1 : 3'500

N° 1257 - 6 Sols

6.5 Carte des décapages - Horizon A au 1 : 5'000

6.6 Carte des décapages - Horizon B au 1 : 5'000

6.7 Profil type de pistes de chantier au 1 : 50

6.8 Principe général de stockage des terres au 1 : 500

6.9 Cahier des charges standard du Spécialiste de la protection des sols

6.10 Mesures de lutte contre les espèces invasives

6.11 Fiche technique pour la remise en culture des terrains reconvertis

6.13 Convoyeur – Epaisseur horizon A au 1 :5'000

6.14 Convoyeur – Epaisseur horizon B au 1 :5'000

6.17 d. Risques d'érosion – Après réaménagement 1 : 10'000

6.17 f. Erosion – réduire les risques – Cahier de fiches techniques
6.18 a. Carte des surfaces d'assolement – Etat initial au 1 : 7'500
6.18 b. Carte des surfaces d'assolement – Etat final au 1 : 7'500
6.18 c. Carte des surfaces d'assolement – Bilan des SDA au 1 :7'500
6.18 d. Carte des surfaces d'assolement – Emprise maximale sur les SDA (année 8) au 1 : 7'500

N° 1257 - 7 Gestion des eaux de ruissellement

7.1 Calcul du volume de rétention pour la zone des installations
7.2 Principe de gestion des eaux de ruissellement après remise en état au 1 : 5'000
7.3 Calcul du volume de rétention pour le bassin versant A

N° 1257 - 11 Registre du commerce

11.1 Extrait du registre du commerce

ANNEXE N° 1257-1

SITUATION

- 1257-1.1 Situation au 1 : 25’000
- 1257-1.2 Plan directeur des carrières (PDCar) – Fiche descriptive
- 1257-1.3 a. Servitudes et contraintes d'exploitations au 1 : 5’000
- 1257-1.3 b. Plan de synthèse des servitudes existantes au 1 : 2'000

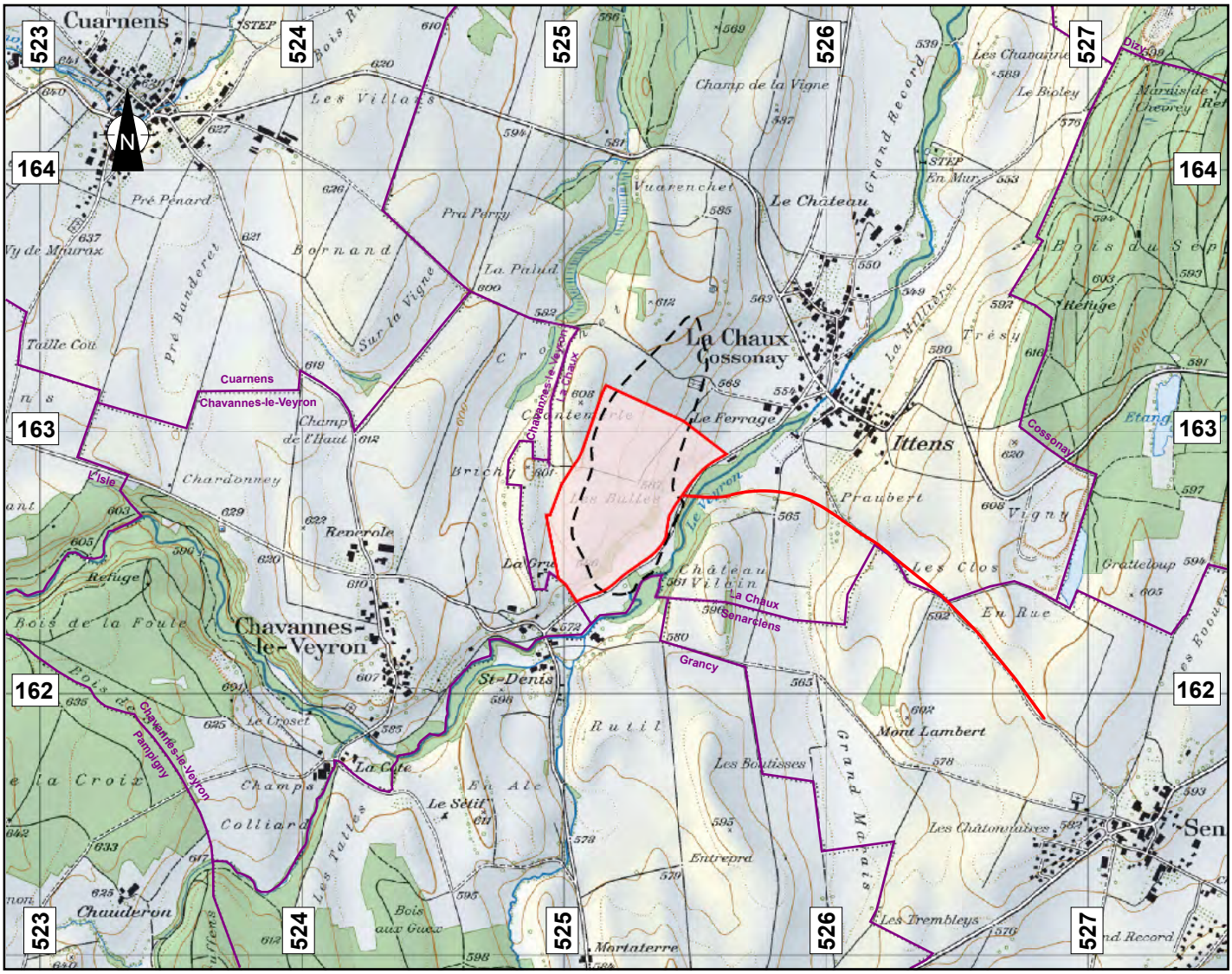
Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

GRAVIERE “LES BULLES”

Site PDCar n° 1222-005

SITUATION 1:25'000



Extrait de la carte nationale 1: 25'000 (N° 1222 Cossonay)

Reproduit avec l'autorisation de Swisstopo (N° JA 012163)

LEGENDE

- Périmètre du projet “Les Bulles”
- Périmètre du site PDCar 2014 n° 1222-005
- Limites communales

IMPACT – CONCEPT SA ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE	Annexe n° 1257-1.1	Date	Dessin	Visa
		04.01.2016	JD	CS
		22.09.2022	RF	CS
	Format 21x29.7 cm			

Plan directeur des carrières (PDCar)
Fiche descriptive

Situation

Feuille topographique :	1222 - Cossonay	
Commune(s) :	La Chaux (Cossonay)*	
Site n° :	**1222-005**	
Lieu-dit :	Les Bulles	
Altitude moyenne :	583	m

Description

Topographie :	Versant sud-est d'une butte topographique en limite du Veyron.
Couverture :	Zone agricole et aire forestière.
Géologie :	Dépôts fluvio-glaciaires jurassiens.
Hydrogéologie :	En secteur Au de protection des eaux.
Disposition :	Graviers sous découverte.

Qualité

Graviers sableux.

Estimation des volumes

Epaisseur moyenne :	10 - 15	m
Epaisseur de la couverture :	6 - 10	m
Epaisseur en forêt :	5 - 10	m
Volume :	500'000	m^3

Reconnaissances géologiques

Reconnaissance par sondages électriques en 1985.

Contraintes nature-paysage

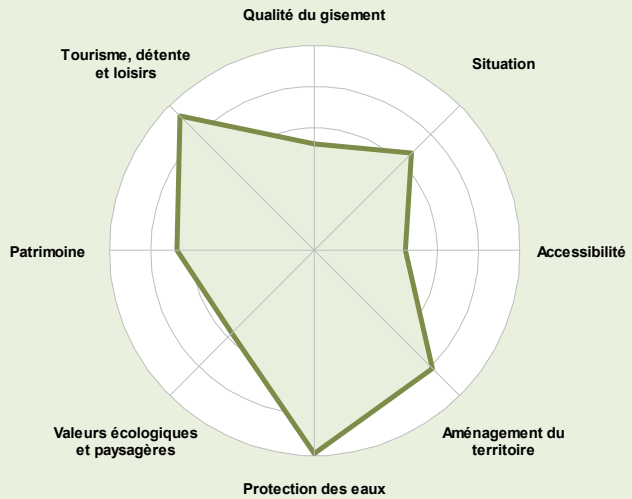
Fonction forestière : Non définie. Association phytosociologique : Non définie.
Mesures pour conserver la fonction de couloir biologique à prévoir.
Eléments structurants du paysage à reconstituer à la fin de l'exploitation.
Tenir compte du réseau écologique cantonal (REC) : dans un territoire d'intérêt biologique supérieur (TIBS) et traversé par une liaison biologique régionale.

Autres contraintes

Remarques

La partie nord du gisement n'a pas été retenue compte tenu de l'épaisseur importante de la découverte et du faible rapport découverte/gravier exploitable.

Analyse multicritères



Lecture du diagramme :

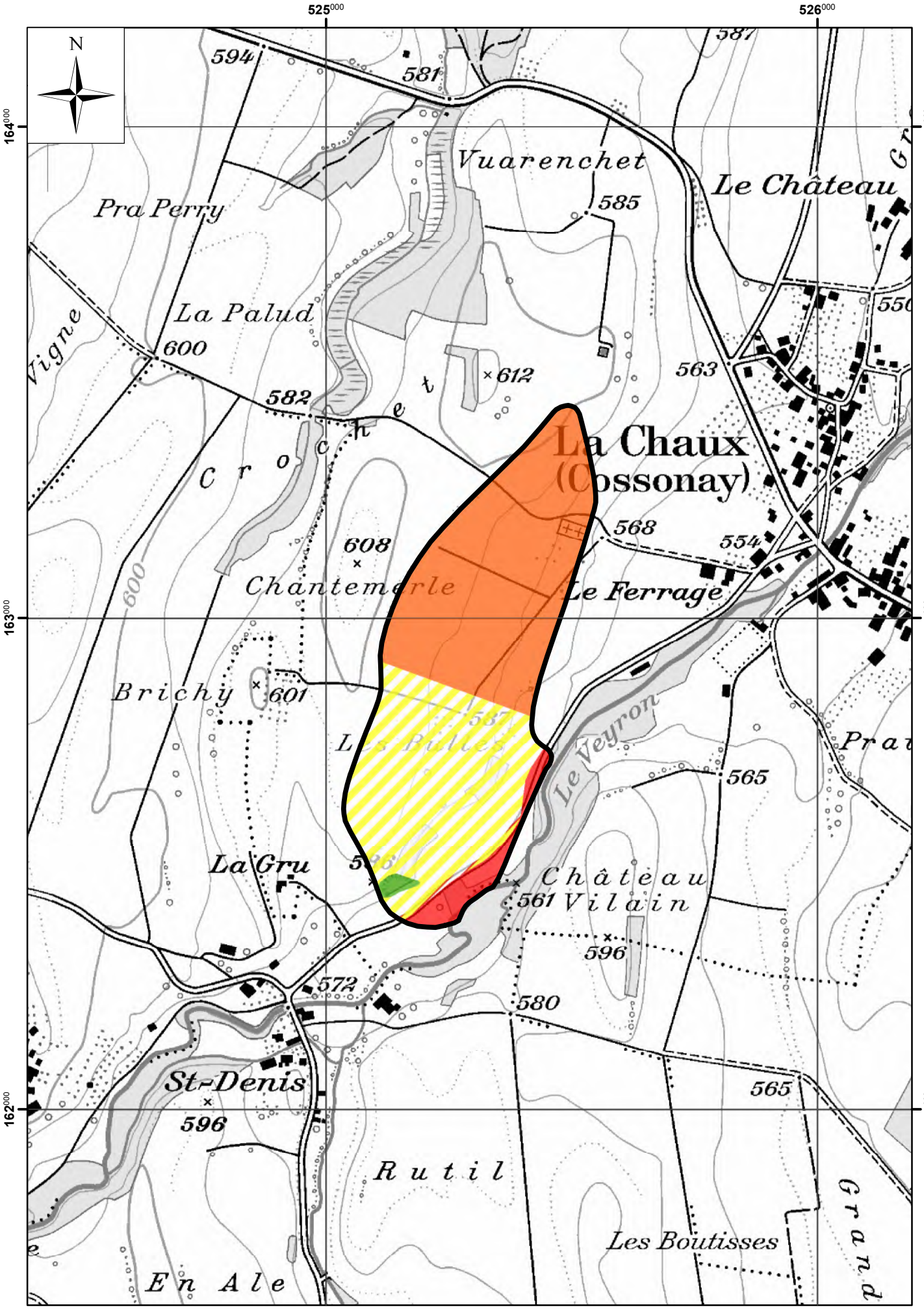
Site favorable

Site défavorable

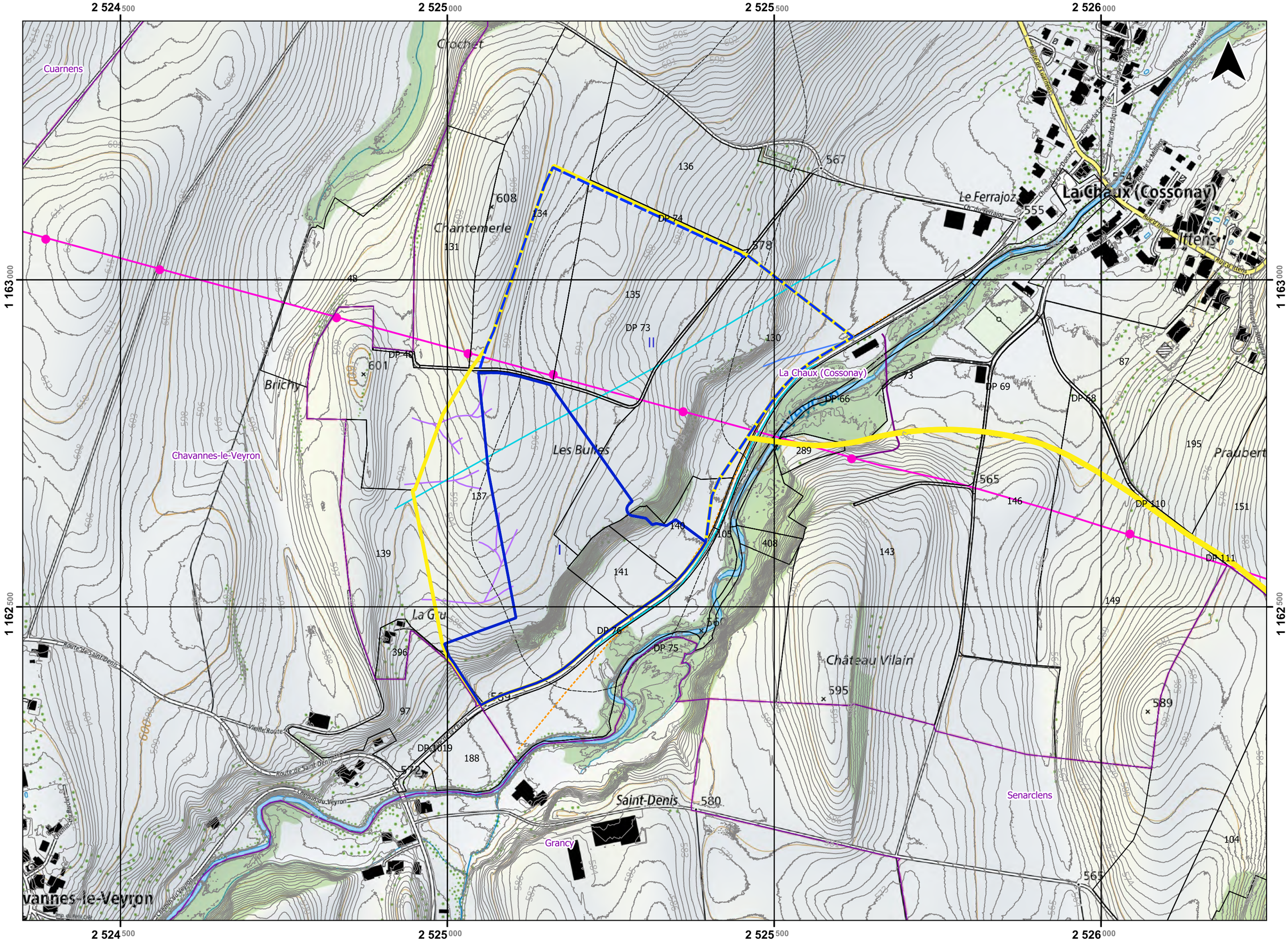
** Commune(s) concernée(s) par le(s) secteur(s) exploitable(s) du gisement*

Plan directeur des carrières (PDCar)

1222-005 - La Chaux (Cossonay)* - **Les Bulles** 1:10'000



CP25 © 2014 swisstopo (DV335.2)


2 524 500
2 525 000
2 525 500
2 526 000
1 163 000
1 162 500
Crochet
Cuarnens
Chantemerle
Bricny
Le Ferrajoz
La Chaux (Cossonay)
Ittens
Les Buttes
Chavannes-le-Veyron
Praubert
Château Vilain
Saint-Denis
Grancy
Senarclens
Route des Saint-Denis
Vieille Route
Route de Saint-Denis
Chemin du Veyron
Chemin du Buchet
Ruz de la Cantonne
Ruz de la Milliaz
Ruz de Pâquis
Ruz de Tannaz
Chemin Sous-Ville
Ruz d'Ittens
DP 40
DP 73
DP 74
DP 66
DP 69
DP 68
DP 110
DP 111
DP 76
DP 75
DP 1019
601
608
567
554
555
578
565
595
589
580
572
560
509
136
134
131
49
135
130
87
73
289
146
195
151
137
140
105
408
143
141
139
149
104
396
97
188

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Servitudes et contraintes d'exploitation 1:5'000

LEGENDE

- Communes
- Parcelles
- Périmètre du site PDCar n° 1222-005
- Plan d'extraction

Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II
- Courbes de niveau actuelle
- Ligne à moyenne tension souterraine
- Ligne à haute tension aérienne
- Pylones de la ligne haute tenison
- Conduite enterrée Swisscom
- Conduite d'eaux usées
- Drainages agricoles (position indicative)
- Canalisations d'eau

		Date	Dessin	Visa
IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-1.3a	24.11.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			

PLAN CADASTRAL / MUTATION
MENSURATIONS NUMERIQUE ET SEMI-NUMERIQUE NUMERISEE
DISTRICT DE MORGES

5474-031 / LG-MW
V2

COMMUNES DE LA CHAUX ET DE SENARCLENS

PLANS 2, 7, 13, 14, 18, 19 (La Chaux) et 19 et 20 (Senarclens)
Coordonnées moyennes: 2'525'260 / 1'162'820
Noms locaux:
Champ Marpaud , Paquier, Ferrajes, Longs Champs, Vaux, Chante Merle, Bulloz, La Gru, Champ Basset, Château Vilain, Forétallaz, Praubert, Les Clos, Montanaire, Vigny (La Chaux)
A la Loyettaz, En Fayet, En Longeraye, En Ruaz (Senarclens)

Servitudes :
* reportées sur plan

- n° 82'342 Canalisation(s) : Réservoir (P149, pas de plan)
- n° 82'360* Canalisation(s) d'eau (P130)
- n° 82'360* Canalisation(s) : Prise d'eau et fouilles (P130)
- n° 82'396* Passage à pied et à char (P134)
- n° 82'398* Passage à pied et véhicules (P73, P289)
- n° 82'410 Canalisation(s) d'égouts (P105, hors plan)
- n° 83'806* Passage à pied et tous véhicules (P137)
- n° 116'973* DDP Superficie (P105)
- n° 143'664* Canalisation(s) souterraine d'électricité (P105)
- n° 152'557* Canalisation(s) d'électricité (P105)
- n° 154'121 Exploitation : Graviers (P93 Senarclens, pas de plan)
- n° 156'054* Canalisation(s) d'eaux usées (P105, P130, P140, P141)
- n° 2007/4136/0 Passage à pied et pour tous véhicules (P105, pas de plan)
- n° 2007/4136/0* Superficie (P105)
- n° 2007/4137/0* Canalisation(s) d'électricité et de télécommunication (P73, P105, P143)
- n° 2007/4817/0 Droit d'habitation (P130, pas de plan)
- n° 2017/8114/0* Exploitation : Extraction, exploitation et dépôt de matériaux avec obligation accessoire de faire (P130)
- n° 2017/8578/0* Exploitation : Extraction, exploitation et dépôt de matériaux avec obligation accessoire de faire (P135)
- n° 2017/8579/0* Exploitation : Extraction, exploitation et dépôt de matériaux avec obligation accessoire de faire (P134)
- n° 2018/1800/0 Exploitation : Extraction, exploitation et dépôt de matériaux avec obligation accessoire de faire (P141)
- n° 2018/2426/0* Exploitation : Extraction, exploitation et dépôt de matériaux avec obligation accessoire de faire (P137)
- n° 2019/2879/0 Usufruit (P153)
- n° 2020/6084/0* Canalisation(s) : Conduites d'eau (P73, P146, P151, P153, P152)

Mentions :
* reportées sur plan

- n° 115344 Améliorations foncières (P73, P105, P130, P134, P135, P137, P140, P141, P143, P146, P149, P151, P152, P153, P289)
- n° 116'954 Précarité de transformation (P105, hors plan)
- n° 148'204 Restrictions du droit de propriété (P130)
- n° 312'353 Restrictions du droit de propriété(P130)
- n° 2006/3311/0 * Obligation de reboiser s/900 m2 (P140)
- N° 2024/7625/0 Mensuration en cours

PLAN DE SYNTHESE DES SERVITUDES EXISTANTES

Cossonay, le 17 mars 2025

ALPHA-GEO
ingénieurs et géomètres sa
Succ. de Cossonay & Associés SA
Prilly
Prilly 4 | CP 53 | 1024 Ecublens
tél 021 651 24 55 cossonay@alpha-geo.ch
www.alpha-geo.ch

Légende
Périmètre du plan d'extraction

ALPHA-GEO - Ingénieurs et Géomètres SA
DT n° 5474-031 - Cossonay, le 17 mars 2025

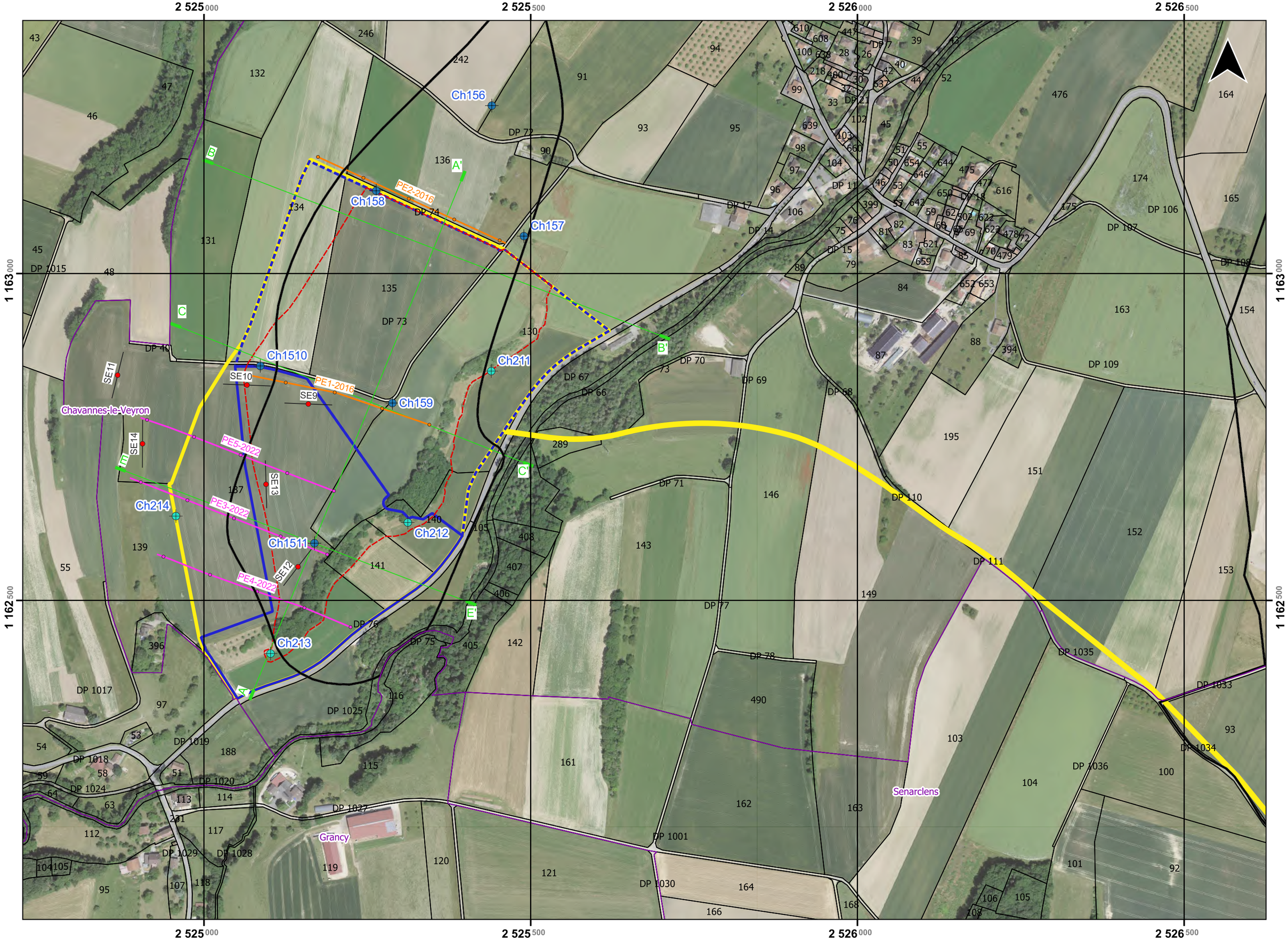
1:2000

Mensurations numérique et semi-numérique numérisées
Source : Géodonnées Etat de Vaud du 01.01.2022, mises à jour le 20.01.2025

ANNEXE N° 1257-2

GEOLOGIE ET HYDROGEOLOGIE

- 1257-2.1 Plan de synthèse des reconnaissances au 1 : 5'000
- 1257-2.2 a. à f. Logs des sondages (campagne 2015) au 1 : 200
- 1257-2.2 g. à j. Logs des sondages (campagne 2021) au 1 : 100
- 1257-2.3 Synthèse des sondages électriques au 1 : 200
- 1257-2.4 Panneaux électriques interprétés au 1 : 5'000 / 1 : 1'000
- 1257-2.5 a. à f. Cartes des résistivités apparentes – mesures RMT
- 1257-2.6 a. Profils géologiques A et B au 1 :1'000
- 1257-2.6 b. Profils géologiques C et E au 1 : 1'000
- 1257-2.7 a. à h. Rapports d'essai du laboratoire TFB
- 1257-2.8 a. Diagramme piézométrique et pluviométrique 2015 – 2024
- 1257-2.8 b. Diagramme piézométrique et pluviométrique 2015 – 2024 – Nappe du Veyron
- 1257-2.8 c. Diagramme piézométrique et pluviométrique 2015 – 2024 – Ecoulements hypodermiques
- 1257-2.9 Carte piézométrique des hautes eaux décennales au 1 : 5'000
- 1257-2.10 a. Mesures piézométriques
- 1257-2.10 b. Calcul des hautes eaux décennales selon la loi de Gumbel
- 1257-2.11 Description des principaux points d'eau à proximité du site


2 525 000
2 525 500
2 526 000
2 526 500
1 163 000
1 162 500
Ch156
Ch157
Ch158
Ch159
Ch1510
Ch211
Ch212
Ch213
Ch214
Ch1511
PE1-2016
PE2-2016
PE3-2022
PE4-2022
PE5-2022
SE9
SE10
SE11
SE12
SE13
SE14
A
A'
B
B'
C
C'
D
D'
E
E'
Chavannes-le-Veyron
Grancy
Senarclens
DP 1015
DP 1017
DP 1018
DP 1019
DP 1020
DP 1024
DP 1025
DP 1027
DP 1028
DP 1029
DP 1030
DP 1001
DP 1034
DP 1035
DP 1036
DP 1033
DP 106
DP 107
DP 108
DP 109
DP 110
DP 111
DP 72
DP 73
DP 74
DP 75
DP 76
DP 77
DP 78
DP 66
DP 67
DP 68
DP 69
DP 70
DP 71
DP 40
DP 14
DP 15
DP 17
DP 18
DP 11
DP 21

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Plan de synthèse des reconnaissances 1:5'000

LEGENDE

- Communes
- Limites parcellaires
- Gisement (PDCar)
- Plan d'extraction
- Limite de la zone d'extraction

Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II

Reconnaissances

- Piézomètre (campagne 2021)
- Piézomètre (campagne 2015)
- Sondage électrique (campagne 2014)
- Panneau électrique (campagne 2022)
- Panneau électrique (campagne 2016)
- Profil géologique interprétatif

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe 1257-2.1	Date	Dessin	Visa
		28.04.2023	TS	CS
		12.02.2025	JE	CS
	Format 61x29.7 cm			

IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

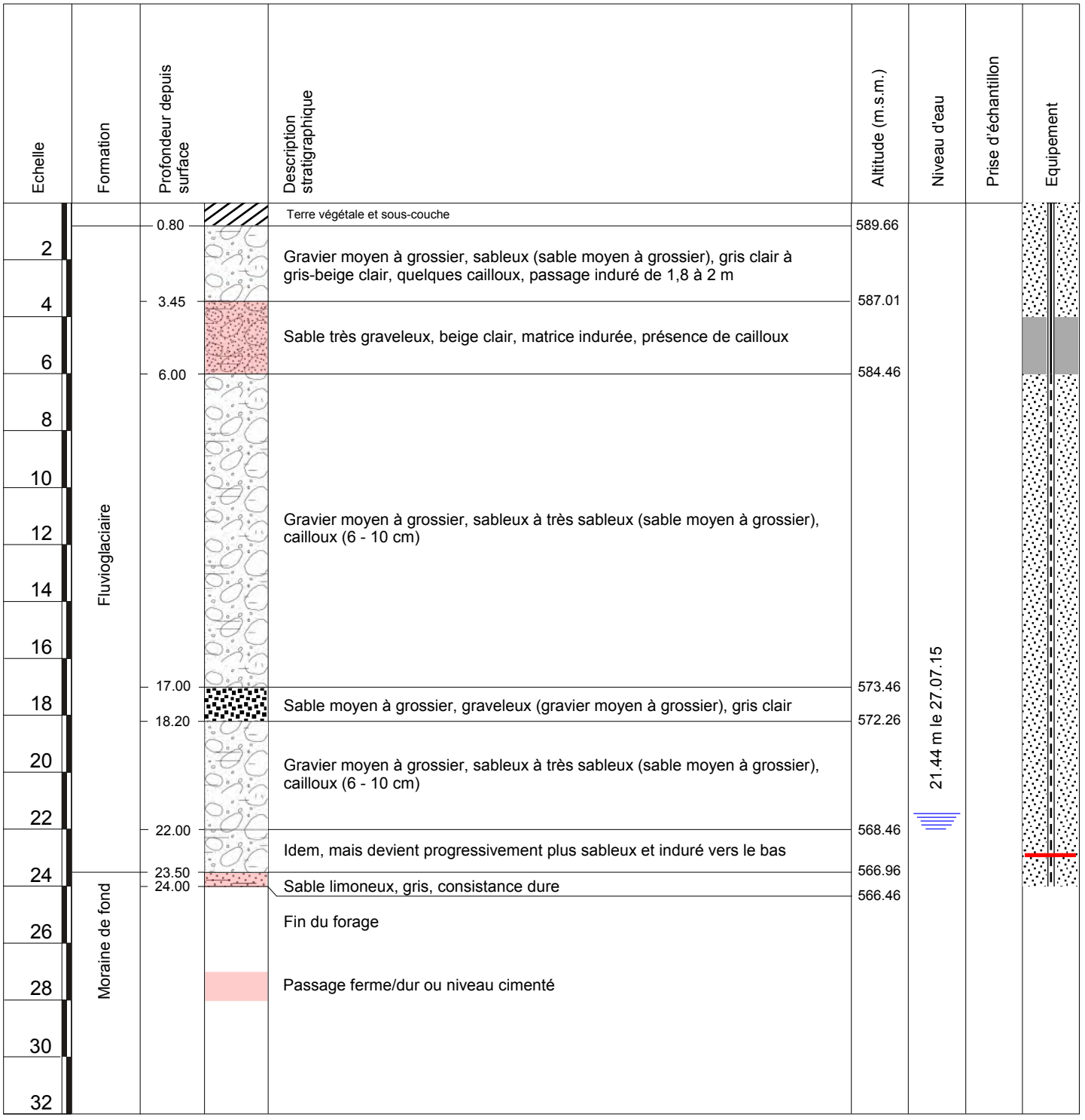
Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 623 40 40
Fax. +41 21 623 40 49

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 21 623 40 48

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch

Annexe n° 1257-2.2a

Chantier: La Chaux - Projet de gravière “Les Bulles”	No sondage: **Ch 156**
Client: LMT SA	Echelle du sondage : 1/200
Foreur: Forasol SA, M. Jean-Yves Mast	Géologue: Y. Lavanchy
Coord.: 525'440.76 / 163'256.29	Cote sol: 590.46 m, cote tube: 590.46 m
Procédé de perforation: Carottage simple, diam. 133 mm	Date d'achèvement: 13.07.2015



IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

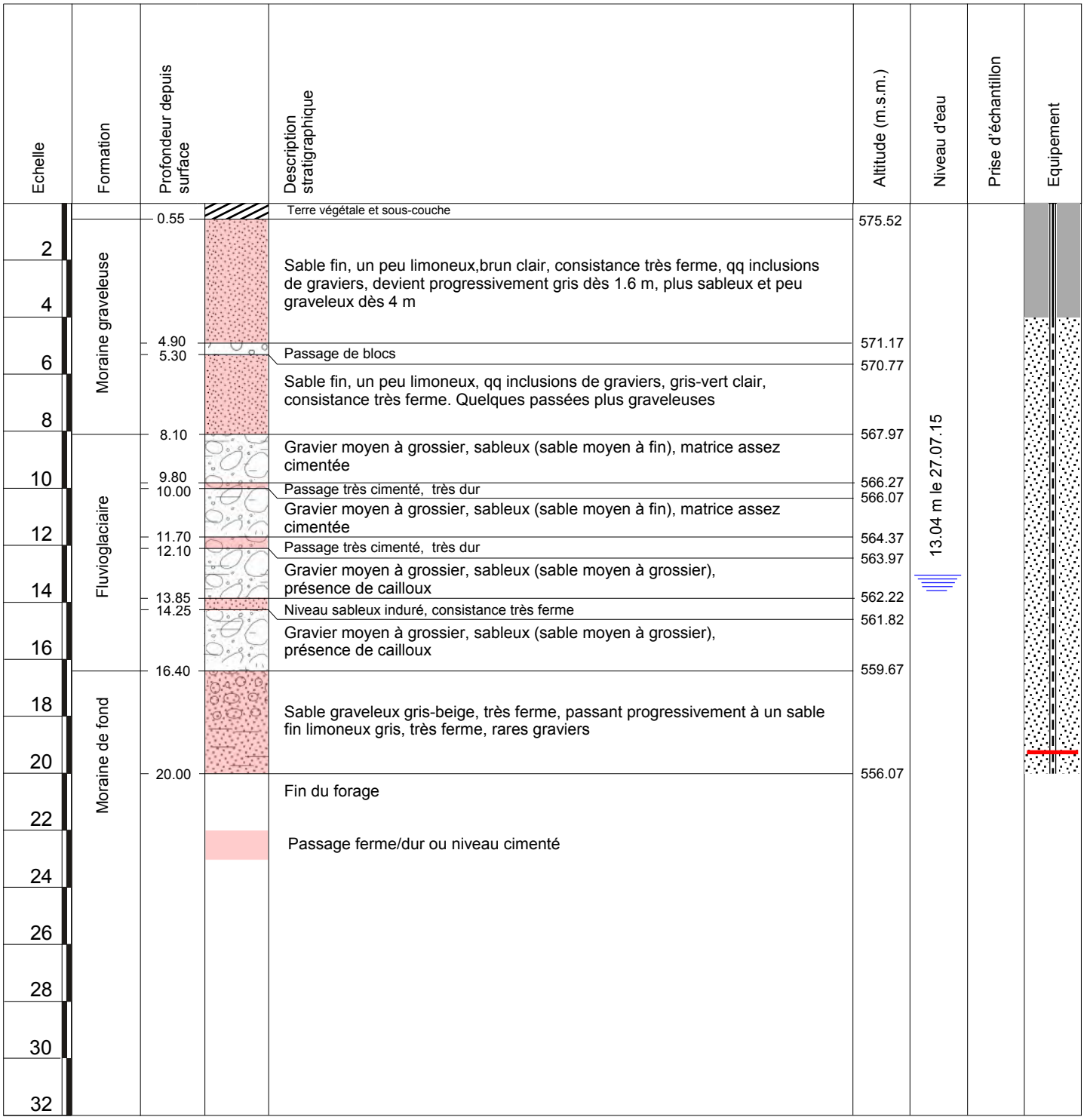
Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 623 40 40
Fax. +41 21 623 40 49

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 21 623 40 48

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch

Annexe n° 1257-2.2b

Chantier: La Chaux - Projet de gravière “Les Bulles”	No sondage: **Ch 157**
Client: LMT SA	Echelle du sondage : 1/200
Foreur: Forasol SA, M. Jean-Yves Mast	Géologue: Y. Lavanchy
Coord.: 525'489.84 / 163'056.62	Cote sol: 576.07 m, cote tube: 576.69 m
Procédé de perforation: Carottage simple, diam. 133 mm	Date d'achèvement: 02.07.2015



IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

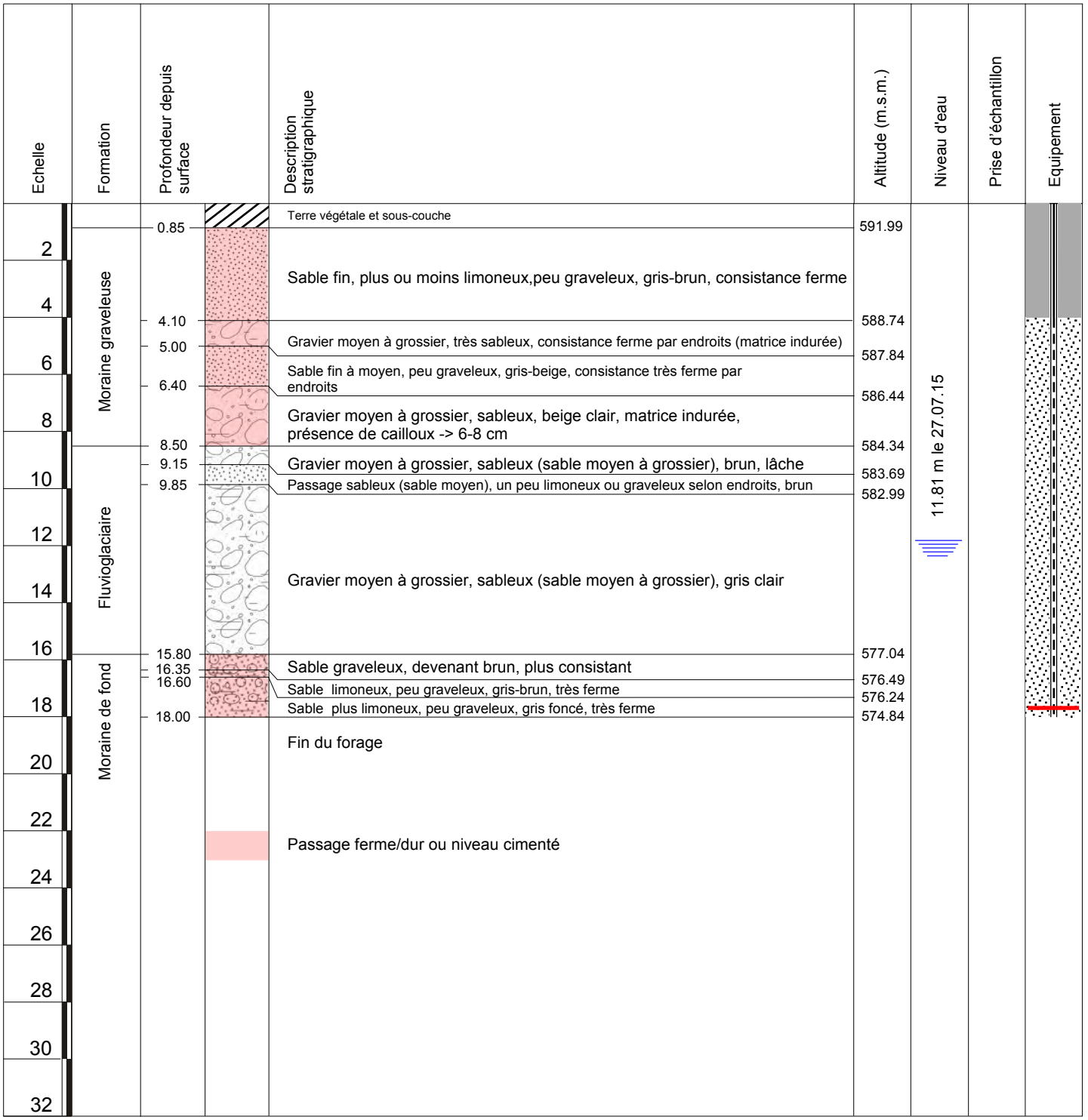
Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 623 40 40
Fax. +41 21 623 40 49

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 21 623 40 48

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch

Annexe n° 1257-2.2c

Chantier: La Chaux - Projet de gravière “Les Bulles”	No sondage: **Ch 158**
Client: LMT SA	Echelle du sondage : 1/200
Foreur: Forasol SA, M. Jean-Yves Mast	Géologue: Y. Lavanchy
Coord.: 525'263.84 / 163'125.94	Cote sol: 592.84 m, cote tube: 593.54 m
Procédé de perforation: Carottage simple, diam. 133 mm	Date d'achèvement: 03.07.2015



IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

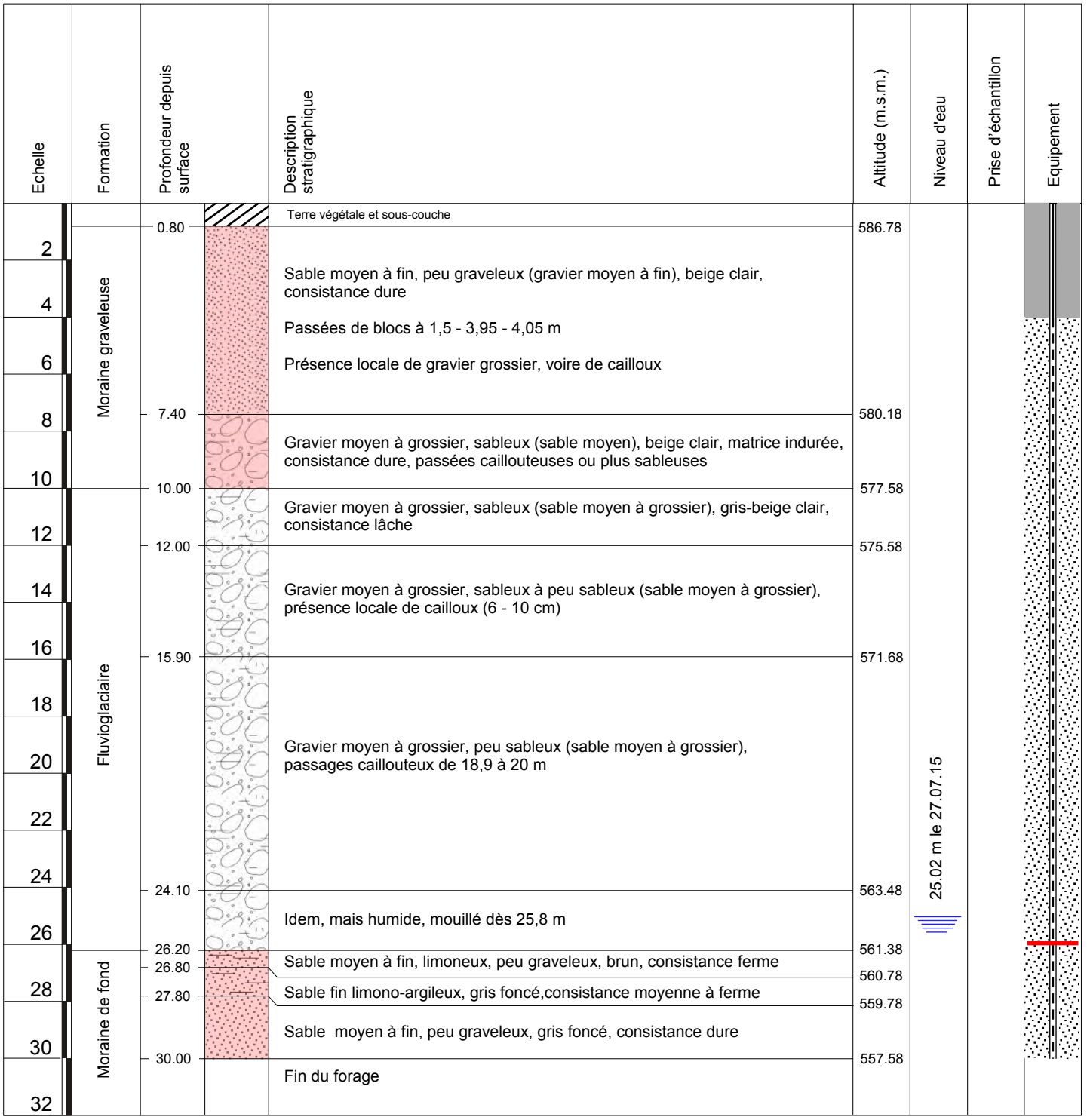
Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 623 40 40
Fax. +41 21 623 40 49

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 21 623 40 48

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch

Annexe n° 1257-2.2d

Chantier: La Chaux - Projet de gravière “Les Bulles”	No sondage: **Ch 159**
Client: LMT SA	Echelle du sondage : 1/200
Foreur: Forasol SA, M. Jean-Yves Mast	Géologue: Y. Lavanchy
Coord.: 525'288.68 / 162'801.31	Cote sol: 587.58 m, cote tube: 588.31 m
Procédé de perforation: Carottage simple, diam. 133 mm	Date d'achèvement: 07.07.2015



IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

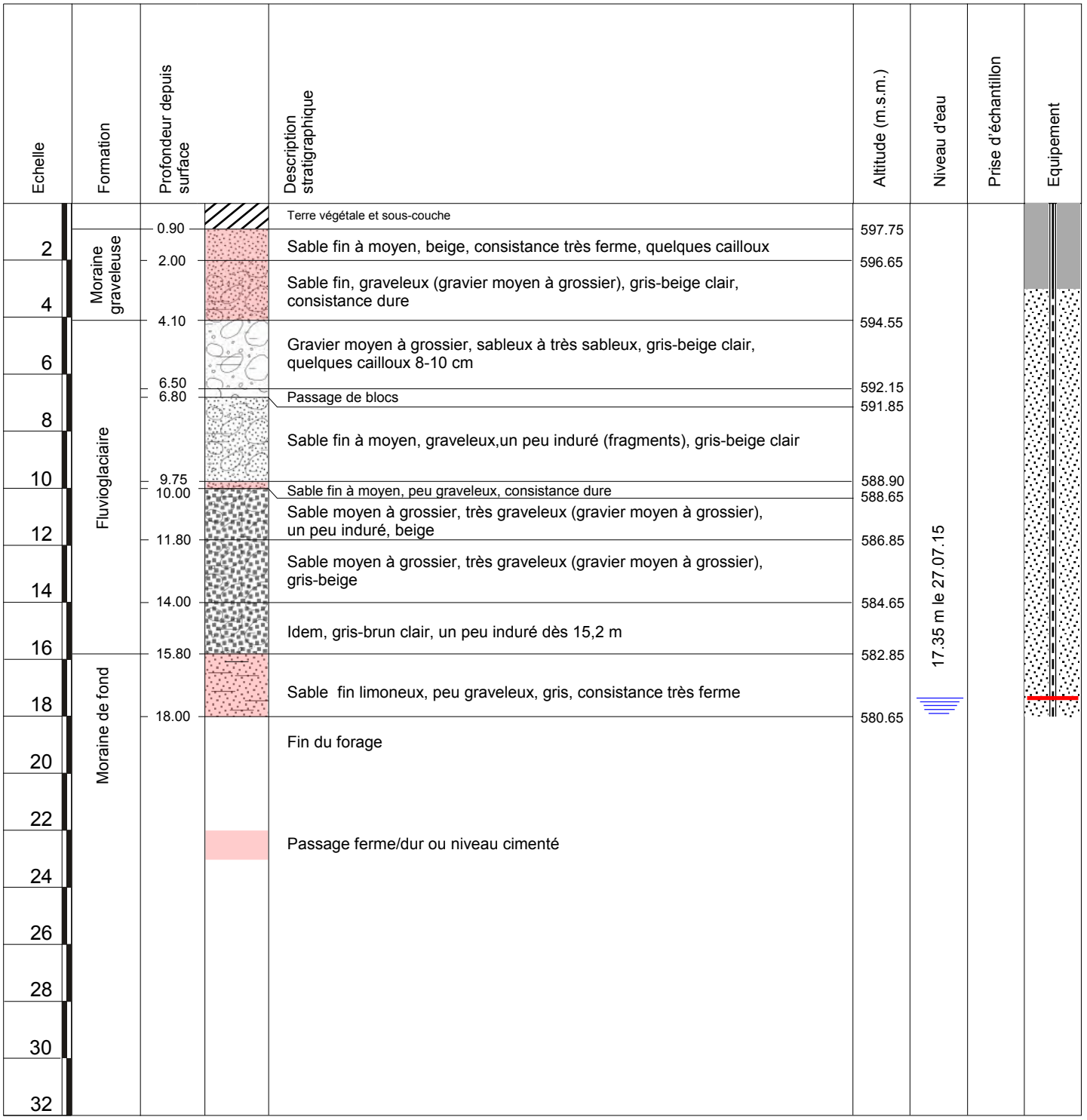
Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 623 40 40
Fax. +41 21 623 40 49

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 21 623 40 48

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch

Annexe n° 1257-2.2e

Chantier: La Chaux - Projet de gravière “Les Bulles”	No sondage: **Ch 1510**
Client: LMT SA	Echelle du sondage : 1/200
Foreur: Forasol SA, M. Jean-Yves Mast	Géologue: Y. Lavanchy
Coord.: 525'086.50 / 162'858.06	Cote sol: 598.65 m, cote tube: 599.39 m
Procédé de perforation: Carottage simple, diam. 133 mm	Date d'achèvement: 09.07.2015



IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

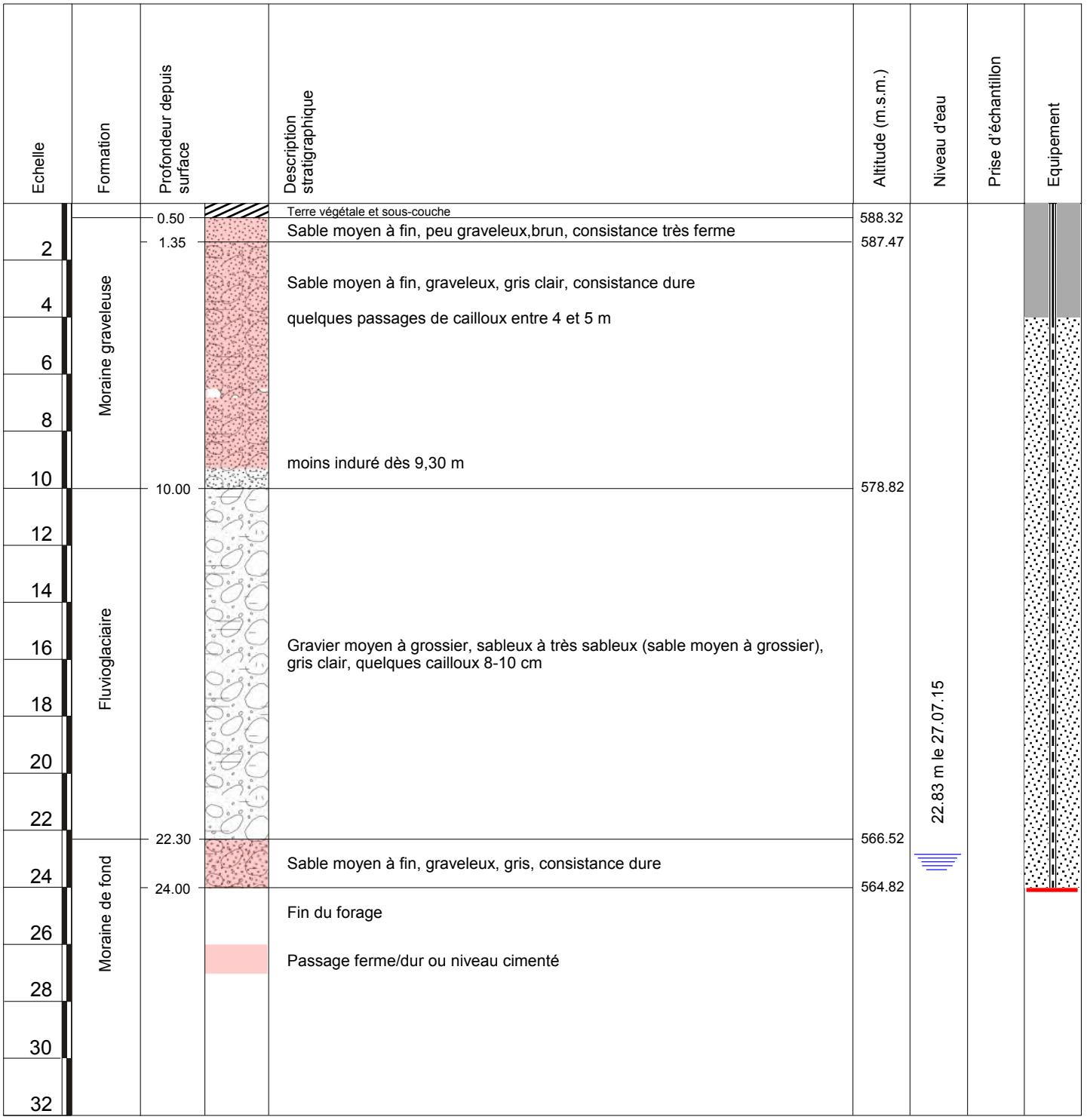
Grand-Mont 33, CP 53
1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. +41 21 623 40 40
Fax. +41 21 623 40 49

Champ Blanchon 51
1422 Grandson
Tél. +41 21 623 40 48

admin@impact-concept.ch
www.impact-concept.ch

Annexe n° 1257-2.2f

Chantier: La Chaux - Projet de gravière “Les Bulles”	No sondage: **Ch 1511**
Client: LMT SA	Echelle du sondage : 1/200
Foreur: Forasol SA, M. Jean-Yves Mast	Géologue: Y. Lavanchy
Coord.: 525'169.38 / 162'586.91	Cote sol: 588.82 m, cote tube: 589.41 m
Procédé de perforation: Carottage simple, diam. 133 mm	Date d'achèvement: 16.07.2015

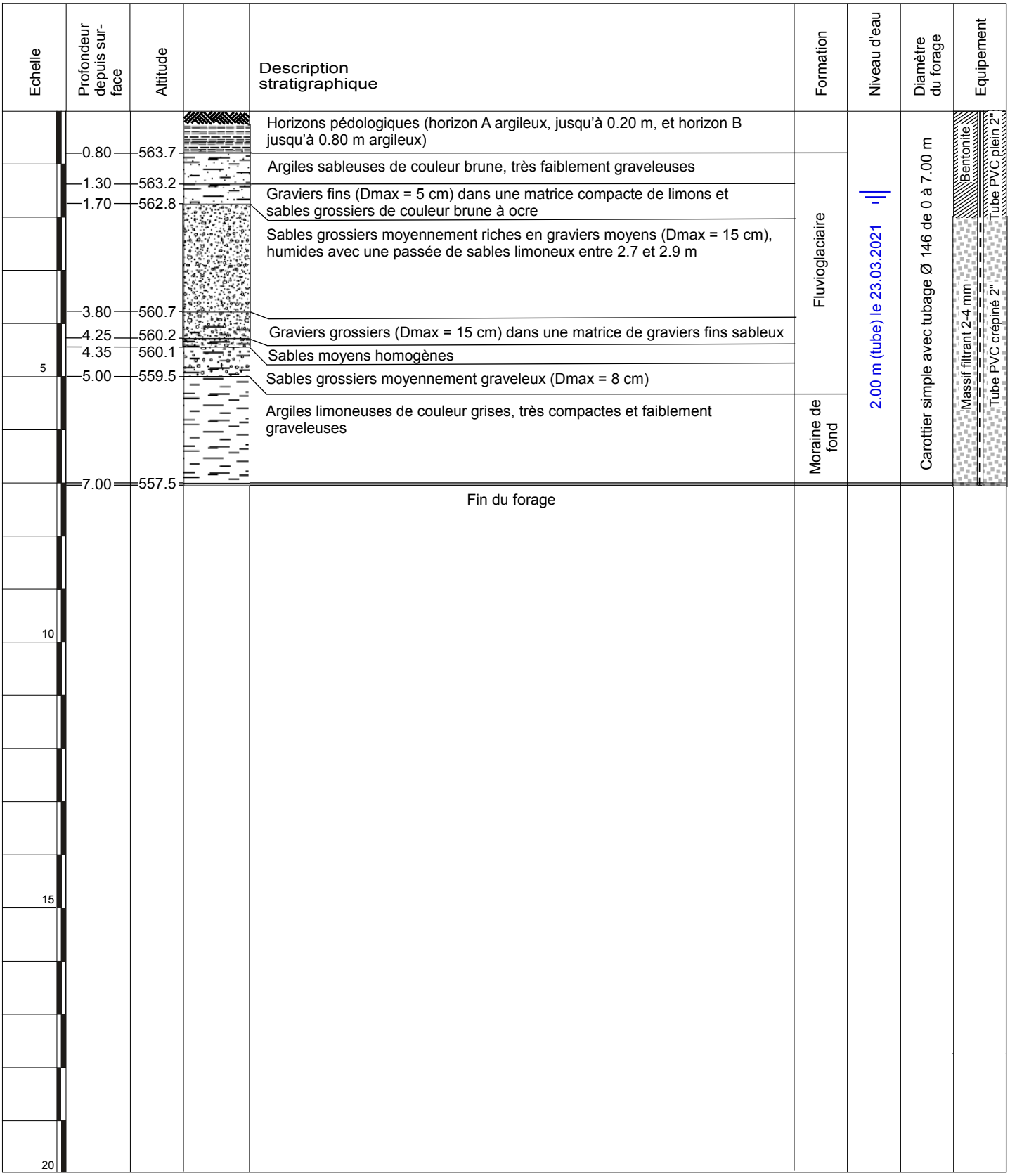


Rte du Grand-Mont 33
CH-1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. : (021) 623 40 40
E-mail : admin@impact-concept.ch

IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

Annexe n°1257-2.2g

Chantier: La Chaux - Gravière “Les Bulles”	No sondage: CH211
Client: Orlatti SA	Echelle du sondage: 1 / 100
Foreur: M: Sabourin (Orlatti SA)	Géologue: C. Ansermet
Coord.: 2'525'439.54 / 1'162'850.78	Cote sol: 564.46 | Cote tube métal: 564.96
Procédé de perf.: Carottier simple	Date d'achèvement: 25.02.2021



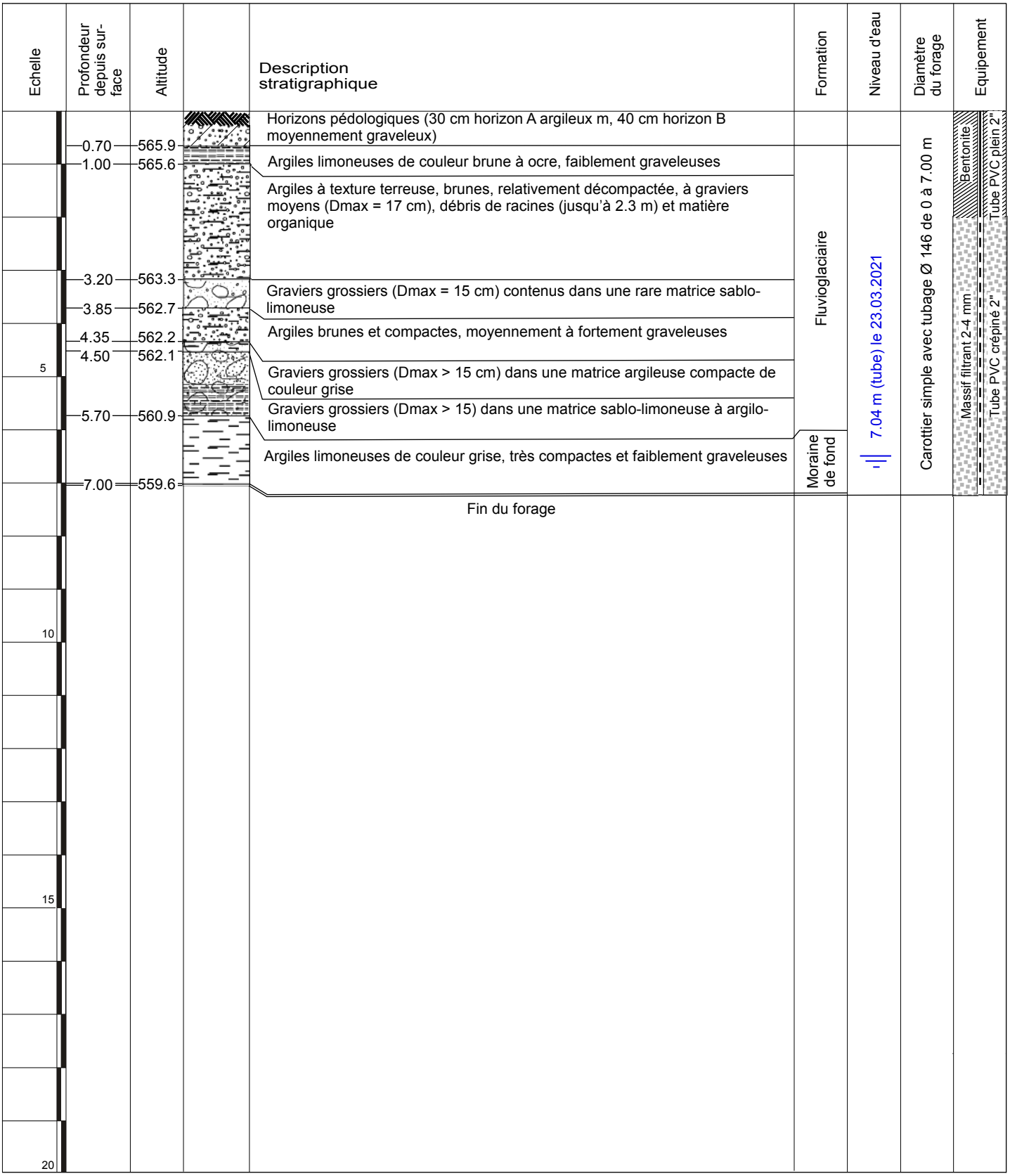
Remarque : les graviers sont uniformément polygéniques d'origine alpine et subarrondis

Rte du Grand-Mont 33
CH-1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. : (021) 623 40 40
E-mail : admin@impact-concept.ch

IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

Annexe n°1257-2.2h

Chantier: La Chaux - Projet de gravière “Les Bulles”	No sondage: CH212
Client: Orlatti SA	Echelle du sondage: 1 / 100
Foreur: M: Sabourin (Orlatti SA)	Géologue: C. Ansermet
Coord.: 2'525'311.84 / 1'162'619.14	Cote sol: 566.58 | Cote tube métal: 567.13
Procédé de perf.: Carottier simple	Date d'achèvement: 25.02.2021



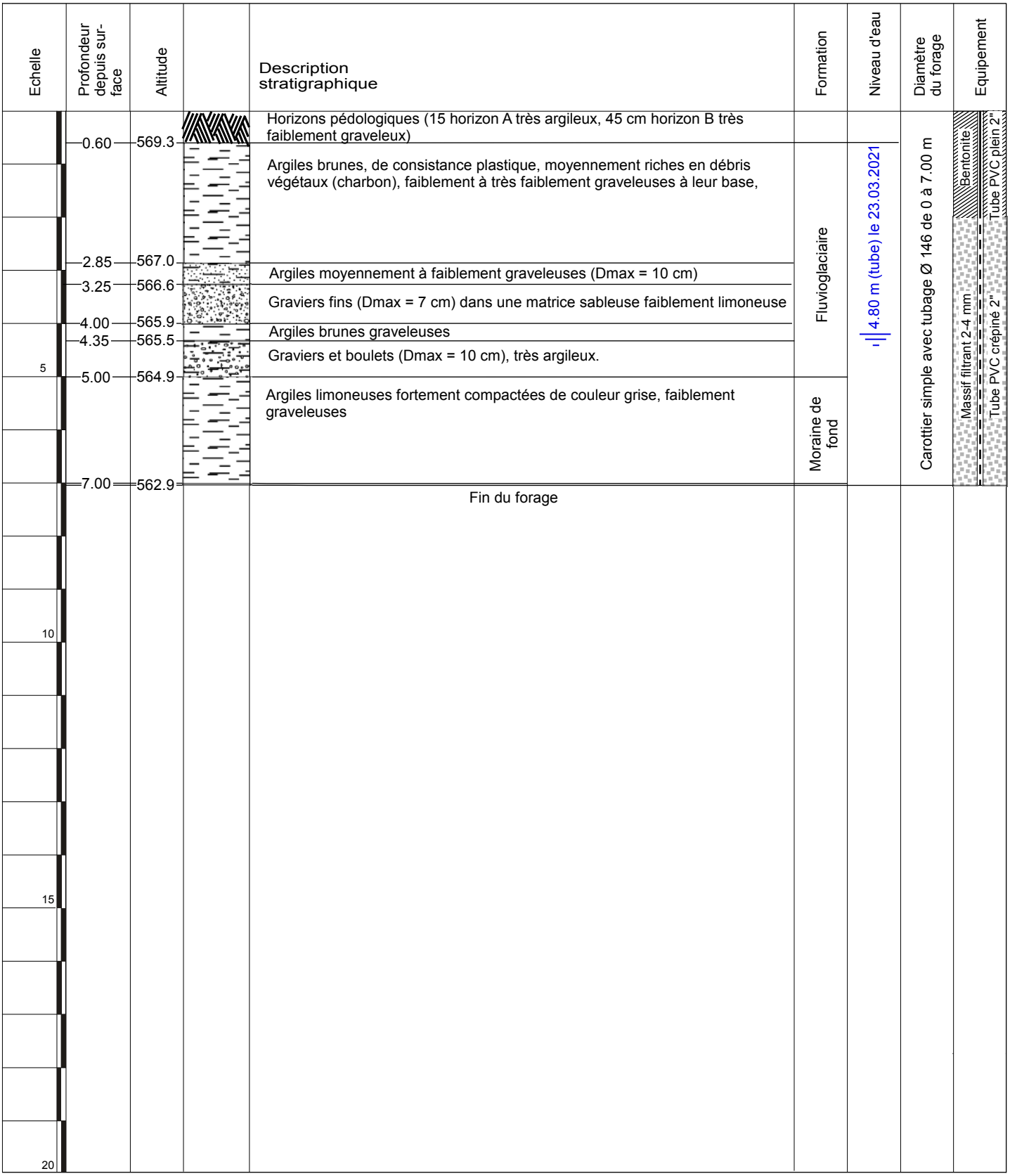
Remarque : les graviers sont uniformément polygéniques alpins, subarrondis et parfois striés

Rte du Grand-Mont 33
CH-1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. : (021) 623 40 40
E-mail : admin@impact-concept.ch

IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

Annexe n°1257-2.2i

Chantier: La Chaux - Projet de gravière “Les Bulles”	No sondage: CH213
Client: Orlatti SA	Echelle du sondage: 1 / 100
Foreur: M: Sabourin (Orlatti SA)	Géologue: C. Ansermet
Coord.: 2'525'101.79 / 1'162'418.69	Cote sol: 569.87 | Cote tube: 570.48
Procédé de perf.: Carottier simple	Date d'achèvement: 25.02.2021



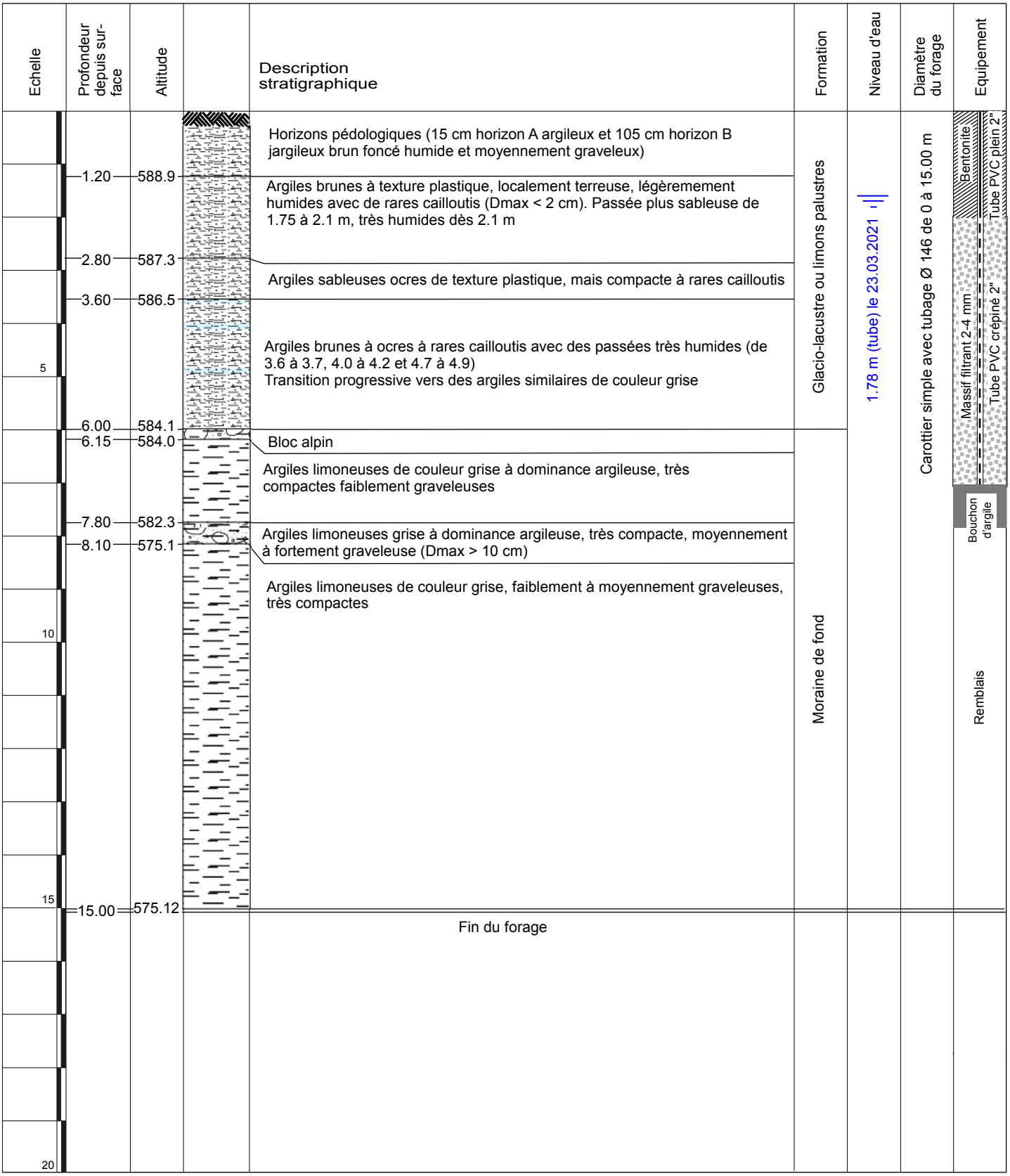
Remarque : les graviers sont uniformément polygéniques, subarrondis, parfois striés et d’origine alpine

Rte du Grand-Mont 33
CH-1052 Le Mont-sur-Lausanne
Tél. : (021) 623 40 40
E-mail : admin@impact-concept.ch

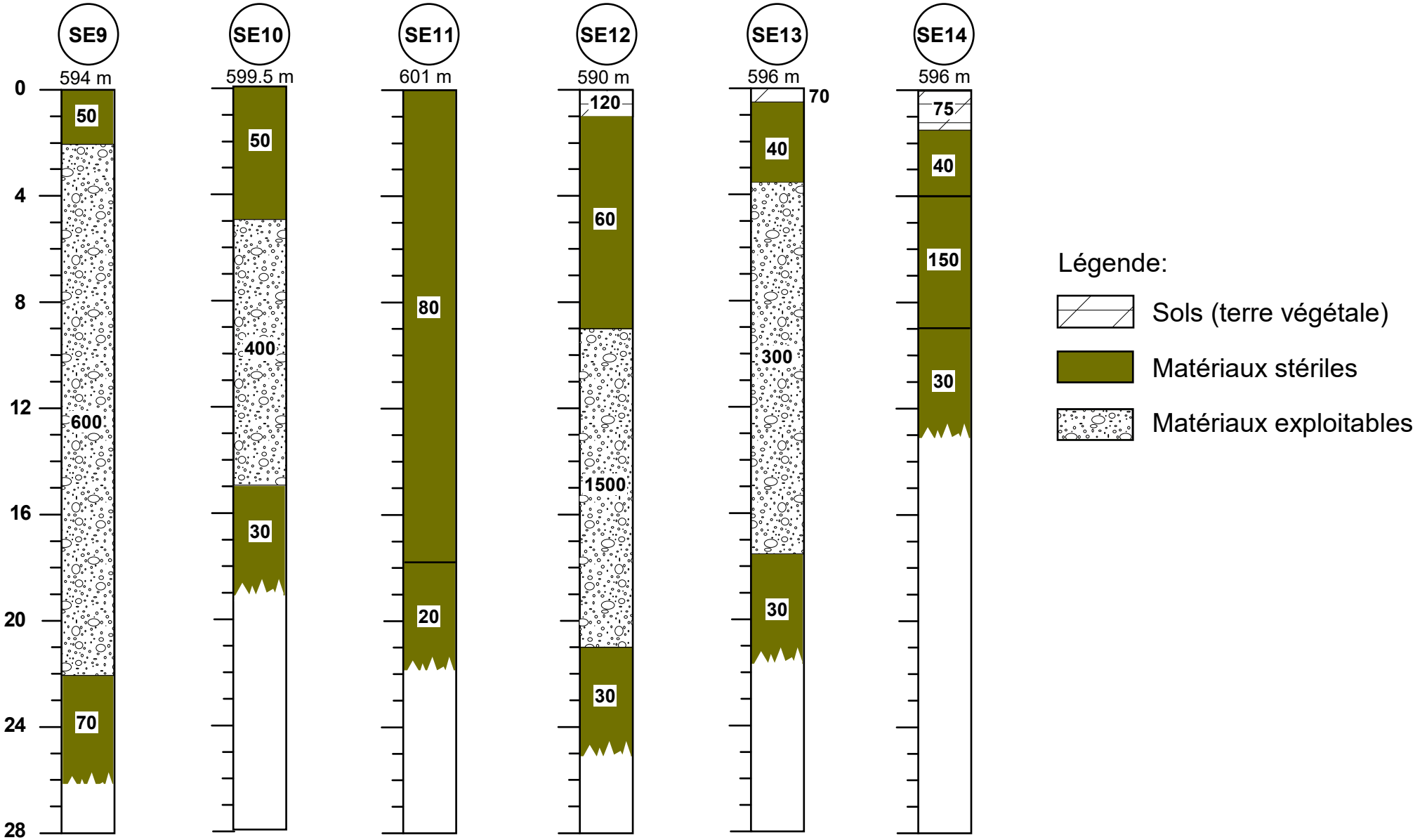
IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

Annexe n°1257-2.2j

Chantier: La Chaux - Projet de gravière “Les Bulles”	No sondage: CH214
Client: Orlatti SA	Echelle du sondage: 1 / 100
Foreur: M. Sabourin (Orlatti SA)	Géologue: C. Ansermet
Coord.: 2'524'956.94 / 1'162'628.93	Cote sol: 590.12 | Cote tube métal : 590.31
Procédé de perf.: Carottier simple	Date d'achèvement: 23.02.2021



Remarque : les graviers sont uniformément polygéniques, subarrondis, parfois striés et d’origine alpine



Les valeurs expriment les résistivités spécifiques en ohm.m 1000

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	**Gravière "Les Bulles"**		**Synthèse des sondages électriques**		
	Annexe n° 1257-2.3	**Echelle: 1 / 200**	Date : 12.09.2017	Dessin : TS	Visa : CS

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE “LES BULLES”

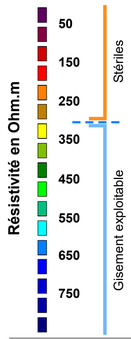
Site PDCar n° 1222-005

PANNEAUX ÉLECTRIQUES INTERPRÉTÉS (campagnes 2016 et 2022)

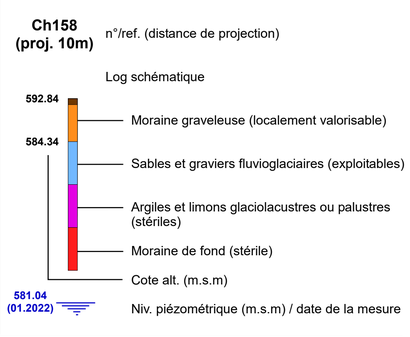
Ech. 1 : 5'000 / 1 : 1'000

LÉGENDE

Panneau électrique



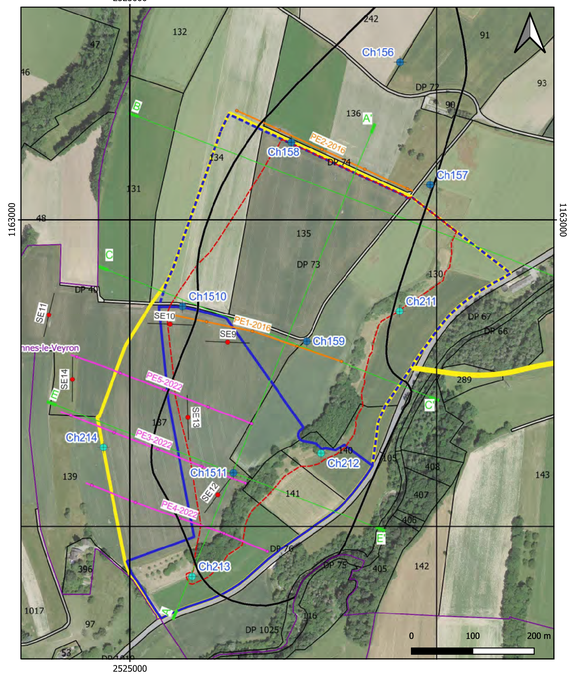
Sondage mécanique



Repères

- Limite du périmètre du Plan d'extraction
- Limite de la zone d'extraction
- Limite du périmètre PDCar
- Limite de parcelle

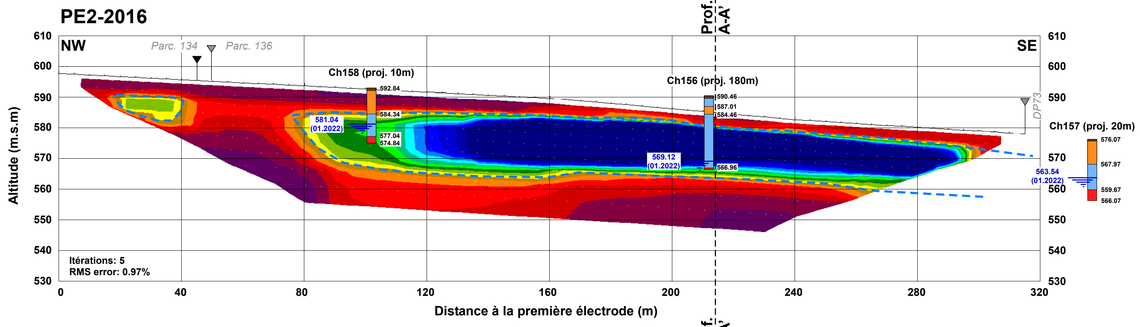
		Date	Dessin	Visa
IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-2.4	12.10.2022	TS	CS
		05.04.2023	TS	CS
	Format 84 x 59.4 cm	13.02.2025	JE	CS



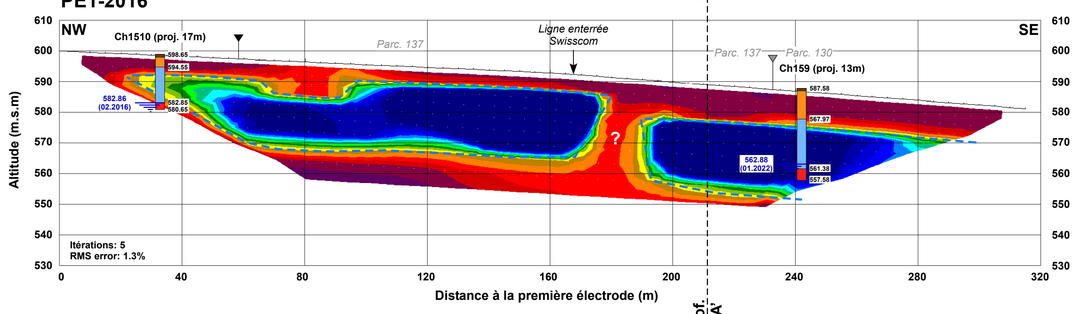
LEGENDE

- Limites parcellaires
- Gisement (PDCar)
- Plan d'extraction
- Demande de permis d'exploiter (Etape I)
- Demande de permis d'exploiter (Etape II)
- Limite de la zone d'extraction
- Profil géologique interprétatif
- Piezomètre (campagne 2015)
- Piezomètre (campagne 2021)
- Sondage électrique (campagne 2014)
- Panneau électrique (campagne 2016)
- Panneau électrique (campagne 2022)

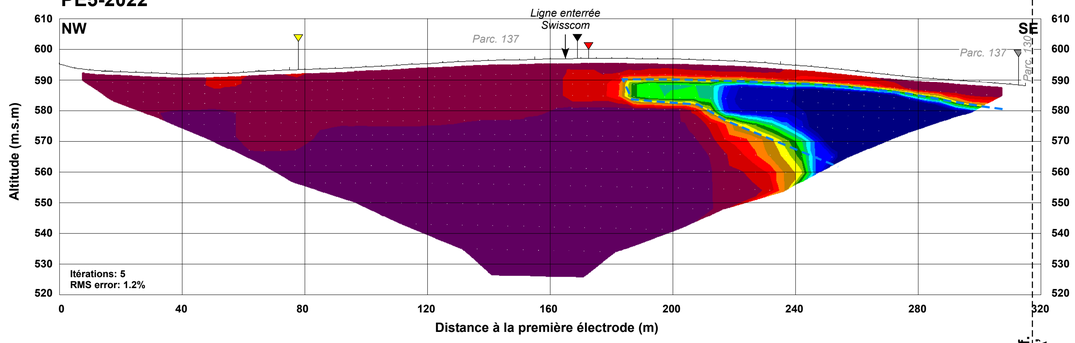
PE2-2016



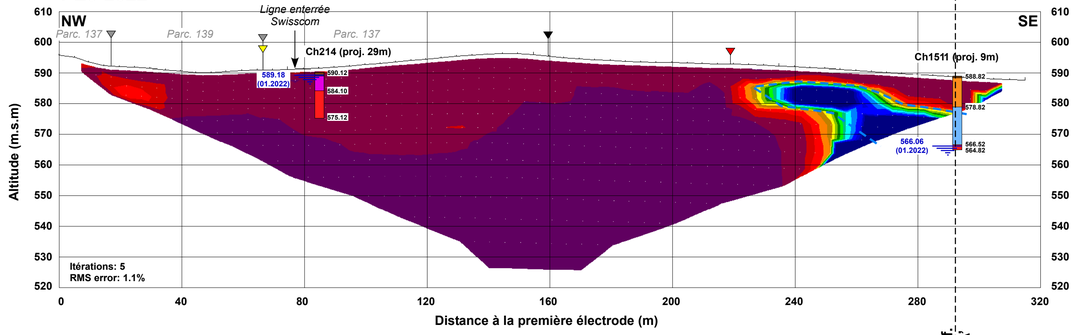
PE1-2016



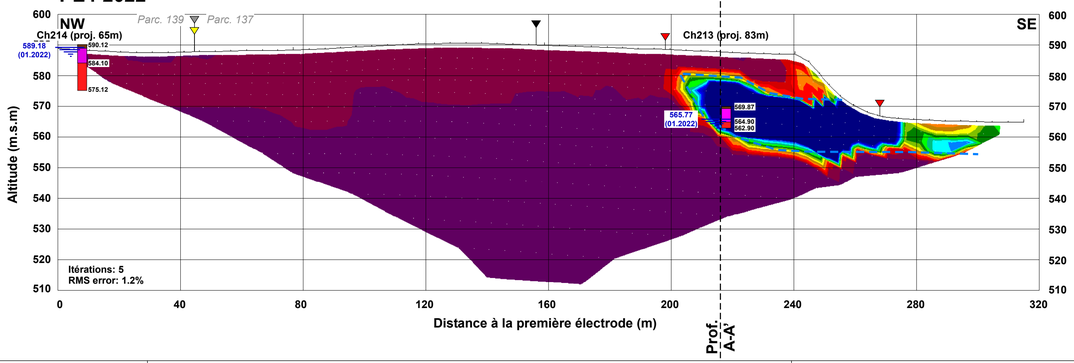
PE5-2022



PE3-2022



PE4-2022

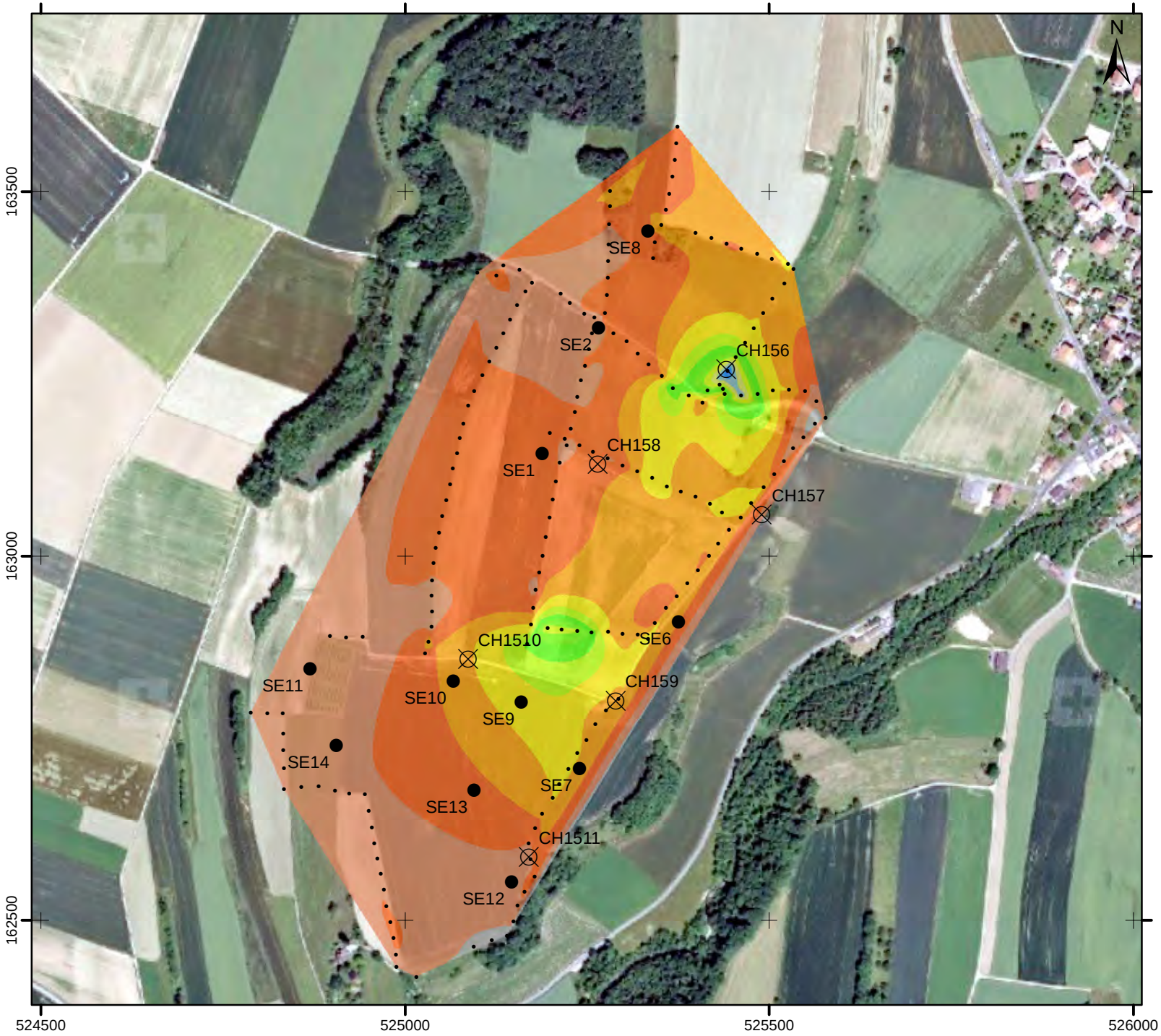


Carte des résistivités apparentes - Fréquence 19 [KHz]

LMT sa

Date: 03.02.2016

Annexe n°1257-2.5a



Légende

- Sondages éléctriques
- Sondages carottés
- Points de mesure RMT

Résistivités apparentes
Fréquence 19 KHz

- 31 - 50
- 51 - 75
- 76 - 100
- 101 - 125
- 126 - 150
- 151 - 175
- 176 - 200
- 201 - 225
- 226 - 250
- 251 - 275
- 276 - 300
- 301 - 325
- 326 - 350
- 351 - 375
- 376 - 400
- 401 - 425
- 426 - 450
- 451 - 475

Les mesures radio-magnétotelluriques
réalisées par M. Dr. Pascal Turberg
EPFL-ENAC-ECOS
En date du: 22.05.2015

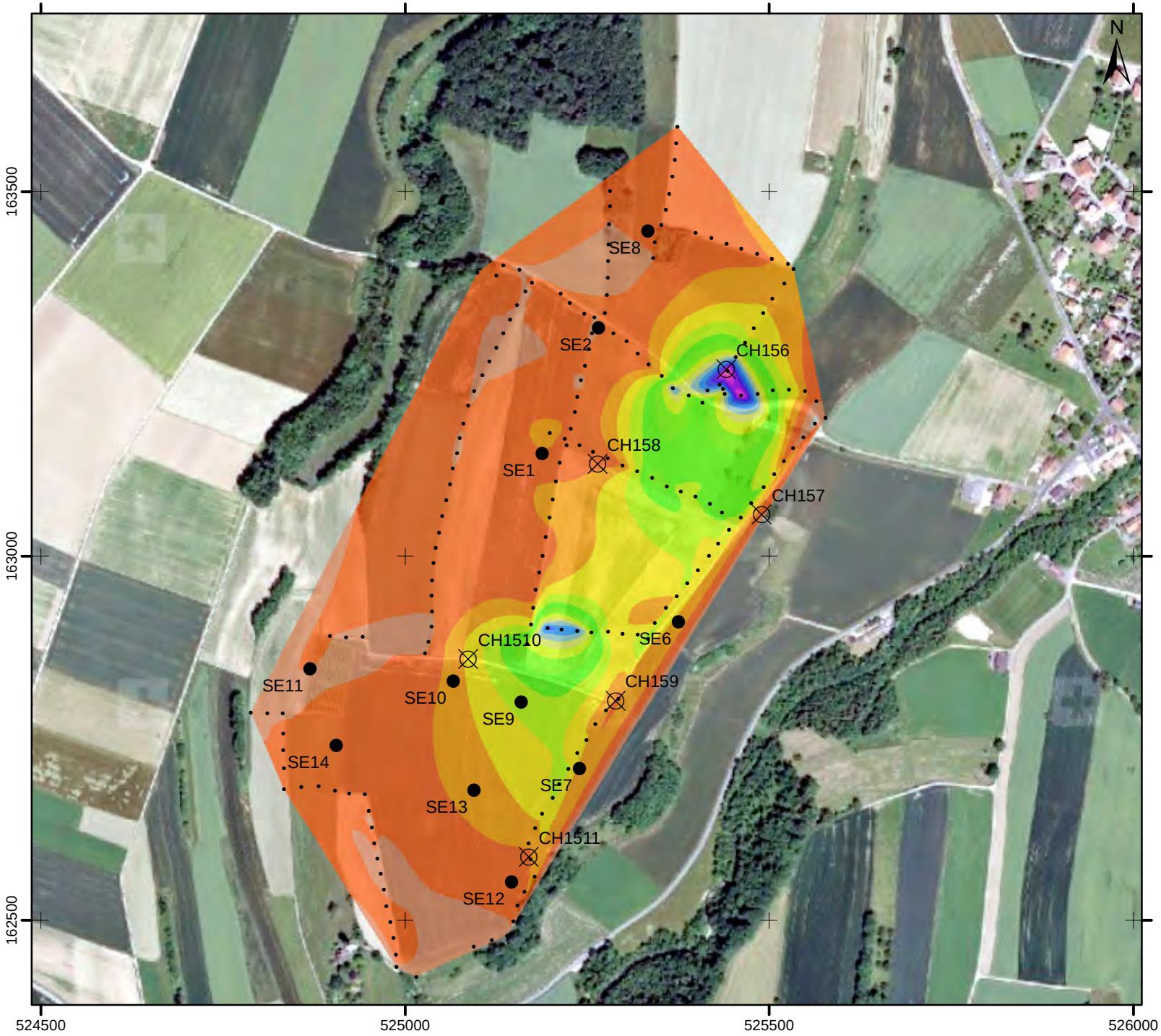
200 100 0 200 Mètres

Carte des résistivités apparentes - Fréquence 60 [KHz]

LMT sa

Date: 03.02.2016

Annexe n°1257-2.5b



Légende

- Sondages éléctriques
- Sondages carottés
- Points de mesure RMT

Résistivités apparentes
Fréquence 60 KHz

- 31 - 50
- 51 - 75
- 76 - 100
- 101 - 125
- 126 - 150
- 151 - 175
- 176 - 200
- 201 - 225
- 226 - 250
- 251 - 275
- 276 - 300
- 301 - 325
- 326 - 350
- 351 - 375
- 376 - 400
- 401 - 425
- 426 - 450
- 451 - 475

Les mesures radio-magnétotelluriques
réalisées par M. Dr. Pascal Turberg
EPFL-ENAC-ECOS
En date du: 22.05.2015

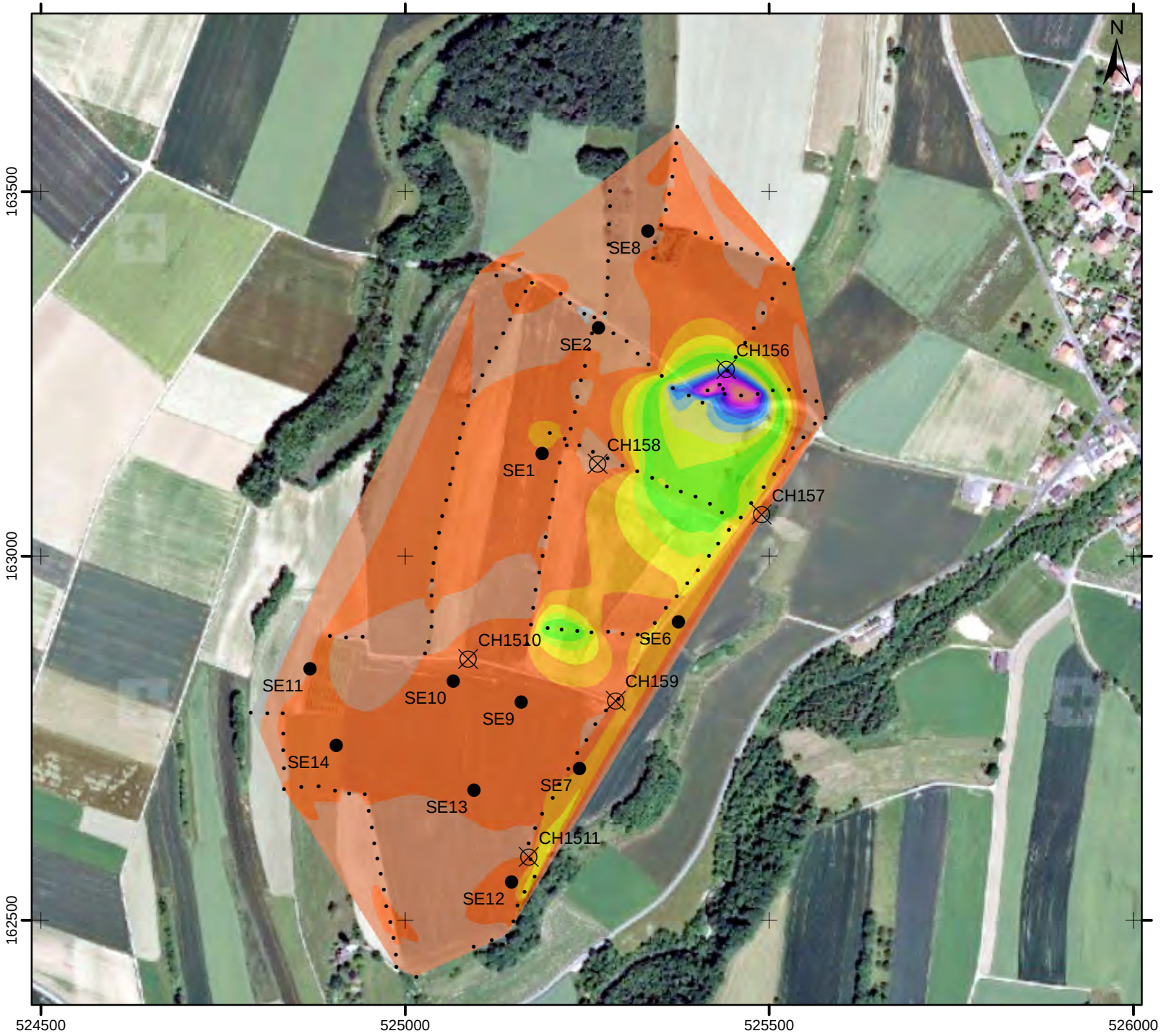
200 100 0 200 Mètres

Carte des résistivités apparentes - Fréquence 216 [KHz]

LMT sa

Date: 03.02.2016

Annexe n°1257-2.5c



Légende

- Sondages éléctriques
- Sondages carottés
- Points de mesure RMT

Résistivités apparentes

Fréquence 216 KHz

- 31 - 50
- 51 - 75
- 76 - 100
- 101 - 125
- 126 - 150
- 151 - 175
- 176 - 200
- 201 - 225
- 226 - 250
- 251 - 275
- 276 - 300
- 301 - 325
- 326 - 350
- 351 - 375
- 376 - 400
- 401 - 425
- 426 - 450
- 451 - 475

Les mesures radio-magnétotelluriques réalisées par M. Dr. Pascal Turberg
EPFL-ENAC-ECOS
En date du: 22.05.2015

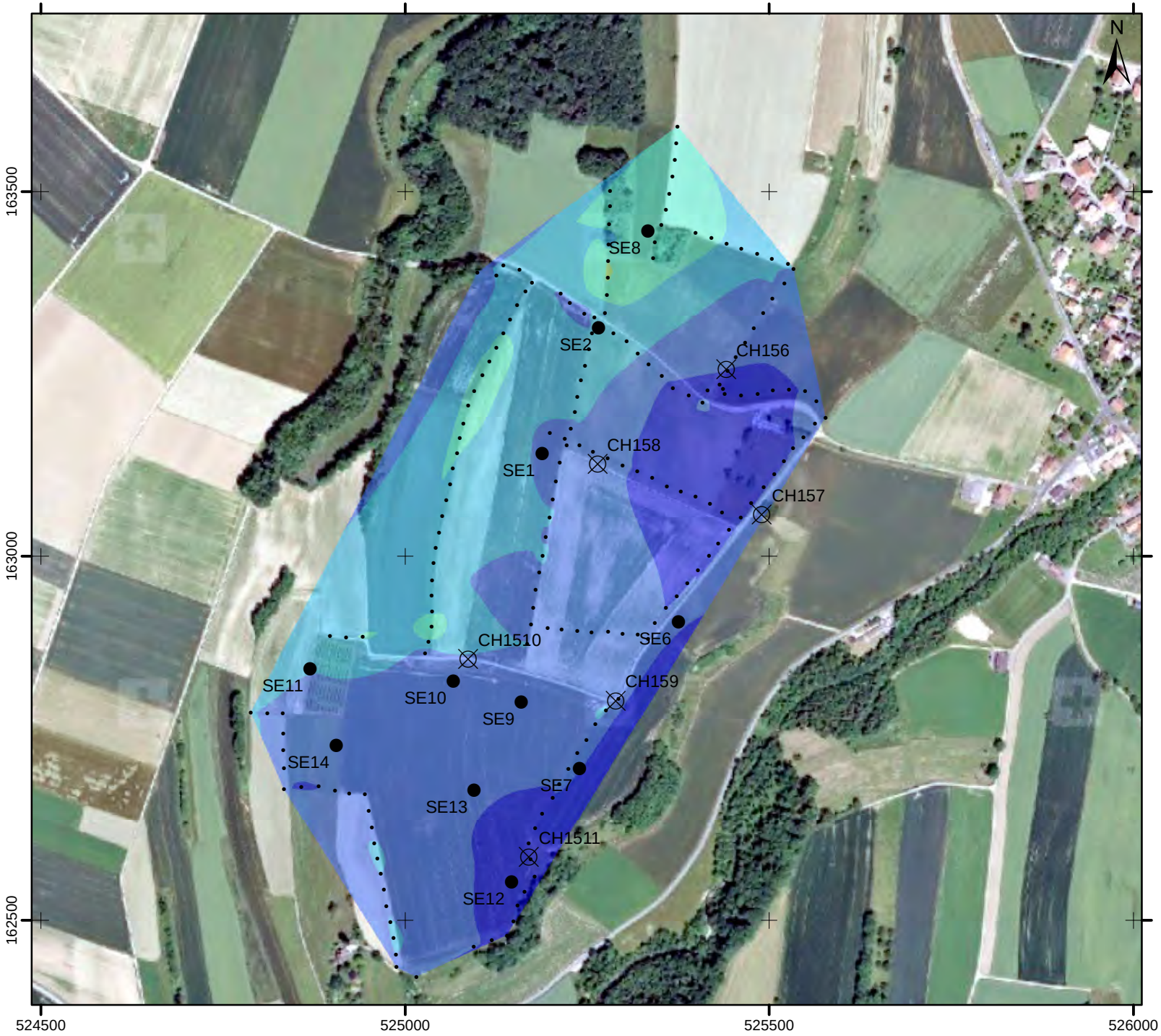
200 100 0 200 Mètres

Carte de décalage de phase - Fréquence 19 [KHz]

LMT sa

Date: 03.02.2016

Annexe n°1257-2.5d



Légende

- Sondages éléctriques
- Sondages carottés
- Points de mesure RMT

PHASE 19 KHz

- 15 - 25 *Conducteur sur résistant*
- 25 - 30
- 30 - 35
- 35 - 40
- 40 - 43
- 43 - 47 *Terrain homogène*
- 47 - 50
- 50 - 55
- 55 - 65 *Résistant sur conducteur*

Les mesures radio-magnétotelluriques réalisé
par M. Dr. Pascal Turberg
EPFL-ENAC-ECOS
En date du: 22.05.2015

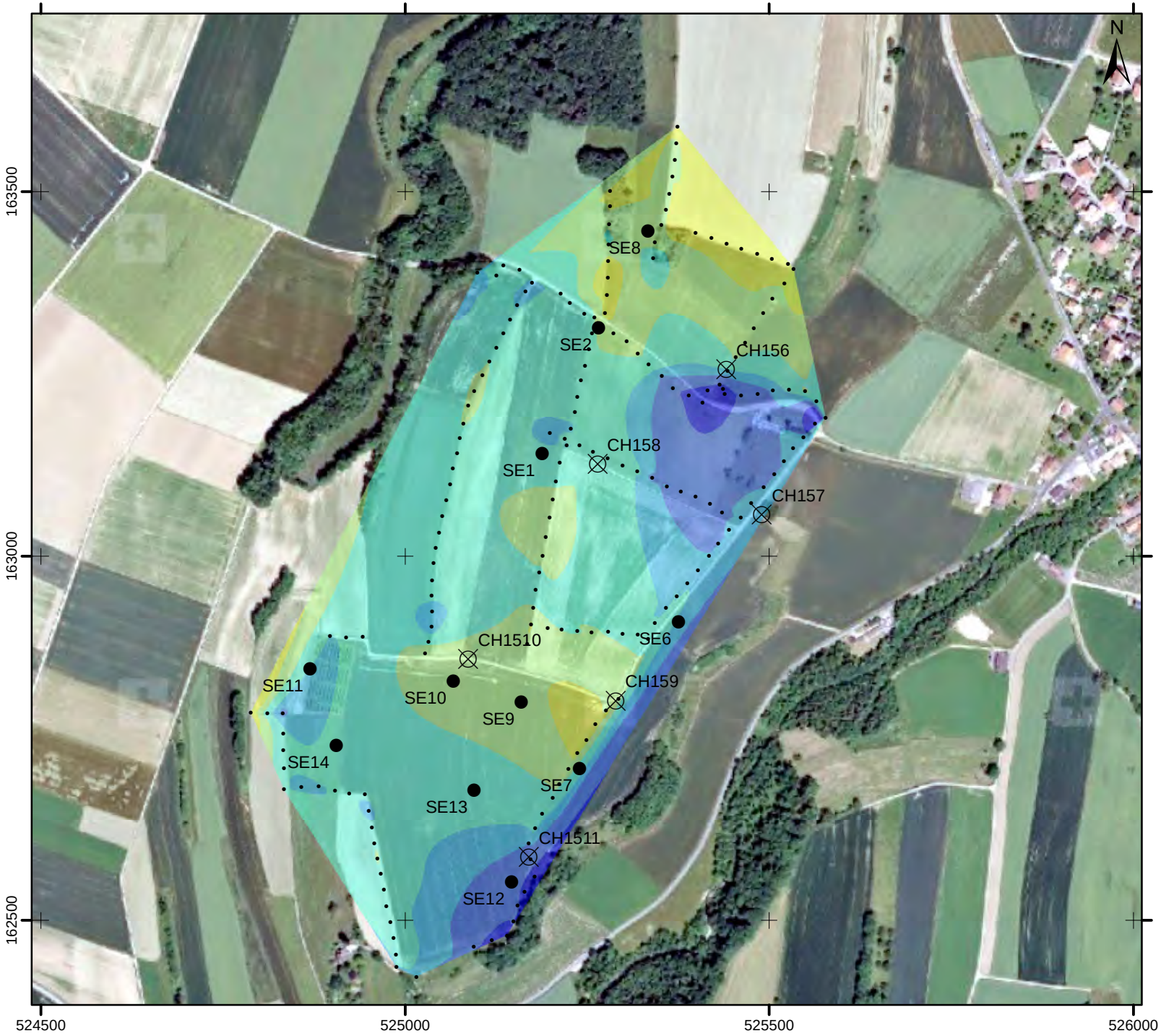
200 100 0 200 Mètres

Carte de décalage de phase - Fréquence 60 [KHz]

LMT sa

Date: 03.02.2016

Annexe n°1257-2.5e



Légende

- Sondages éléctriques
- Sondages carottés
- Points de mesure RMT

PHASE 60 KHz

- 15 - 25 *Conducteur sur résistant*
- 25 - 30
- 30 - 35
- 35 - 40
- 40 - 43
- 43 - 47 *Terrain homogène*
- 47 - 50
- 50 - 55
- 55 - 65 *Résistant sur conducteur*

Les mesures radio-magnétotelluriques
réalisées par M. Dr. Pascal Turberg
EPFL-ENAC-ECOS
En date du: 22.05.2015

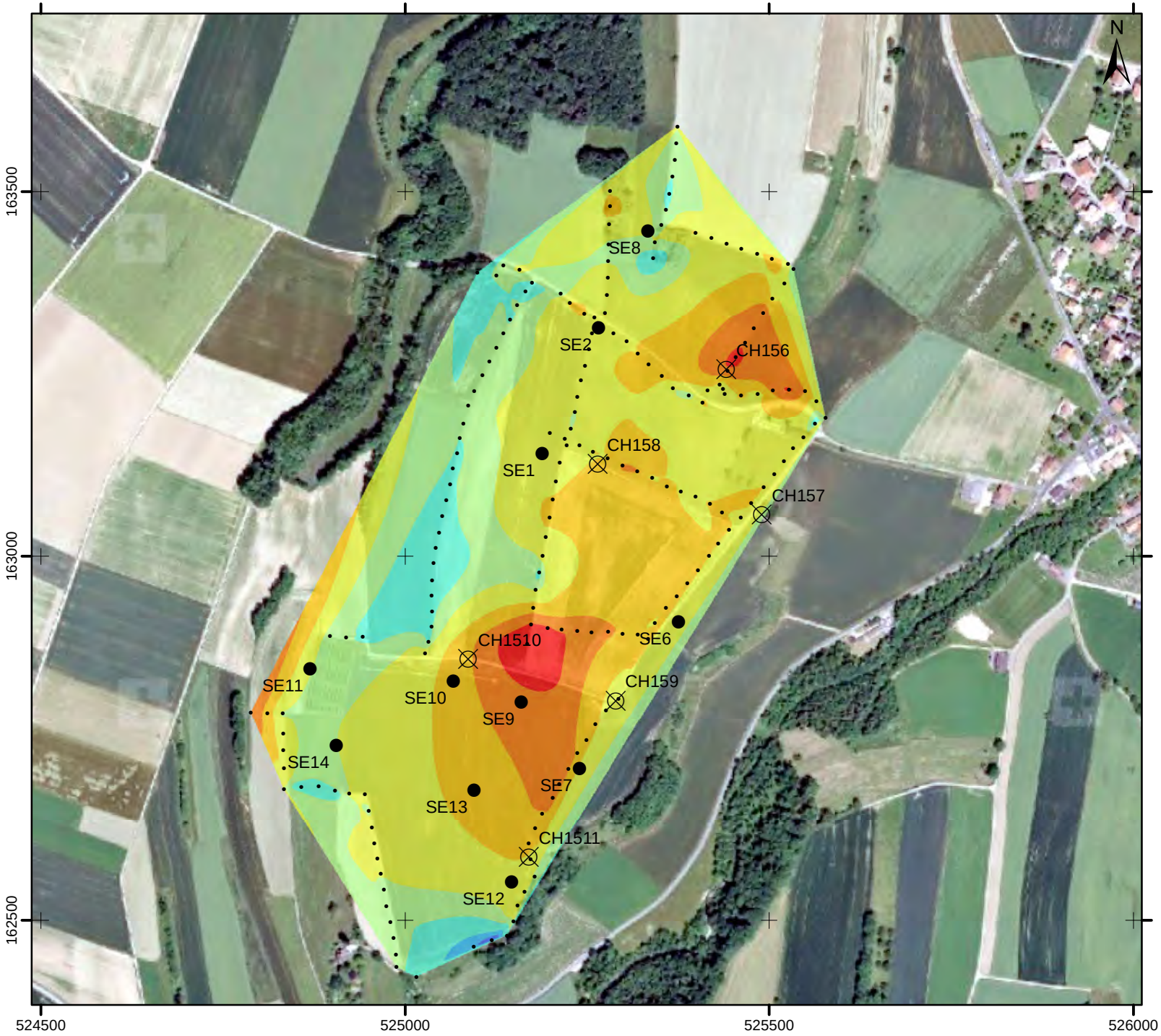
200 100 0 200 Mètres

Carte de décalage de phase - Fréquence 216 [KHz]

LMT sa

Date: 03.02.2016

Annexe n°1257-2.5f



Légende

- Sondages éléctriques
- Sondages carottés
- Points de mesure RMT

PHASE 216 KHz

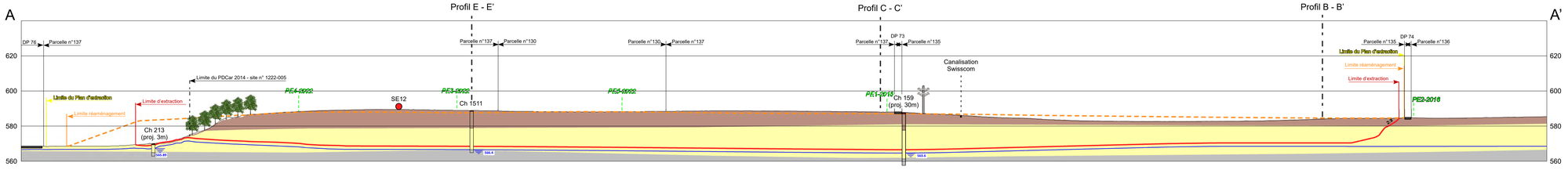
- 15 - 25 Conducteur sur résistant
- 25 - 30
- 30 - 35
- 35 - 40
- 40 - 43
- 43 - 47 Terrain homogène
- 47 - 50
- 50 - 55
- 55 - 65 Résistant sur conducteur

Les mesures radio-magnétotelluriques
réalisées par M. Dr. Pascal Turberg
EPFL-ENAC-ECOS
En date du: 22.05.2015

200 100 0 200 Mètres

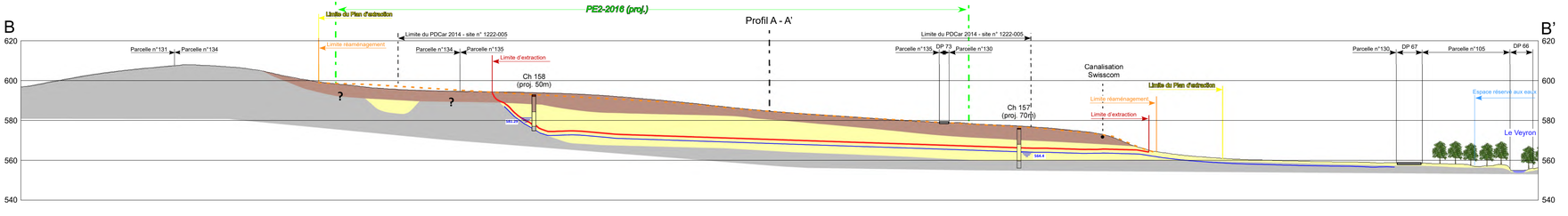
SW

NE



NW

SE



Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

PROFILS GEOLOGIQUES A ET B

1:1'000

LEGENDE

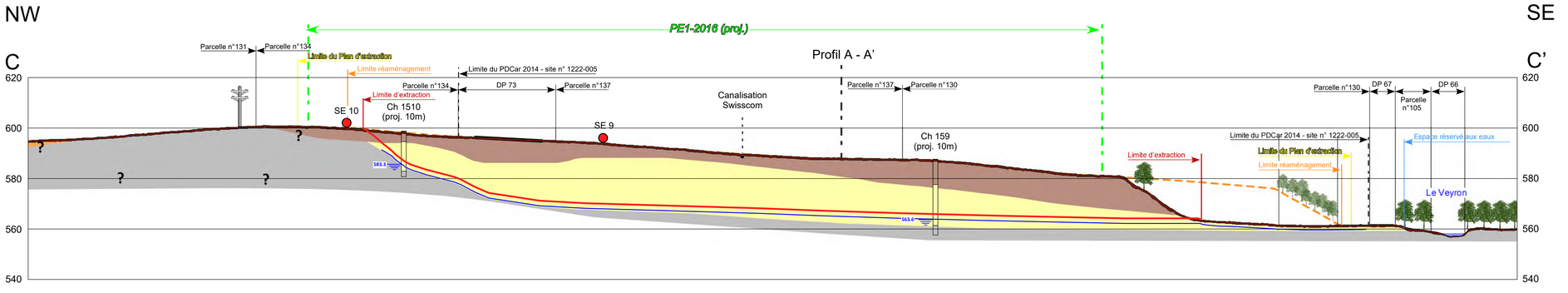
- Fond d'exploitation
- Niveau décennal de la nappe au sens strict (calculé sur la période 2015-2024)
- Niveau décennal dans la zone d'écoulement hypodermique sur fond étanche (calculé sur la période 2015-2024)
- Réaménagement projeté
- Terrain naturel
- Moraine de fond supérieure sablo-graveleuse
- Graviers et sables
- Moraine de fond inférieure
- Ch 1511 — Sondage carotté (campagne 2015)
- Ch 211 — Sondage carotté (campagne 2021)
- SE 13 — Sondage électrique réalisé en 2015
- PE1 — Panneau électrique (tomographie électrique) réalisé en 2016
- Boisé existant / à créer
- 565.78 — Niveau des hautes-eaux décennales (calcul en annexe n°1257-2.10)

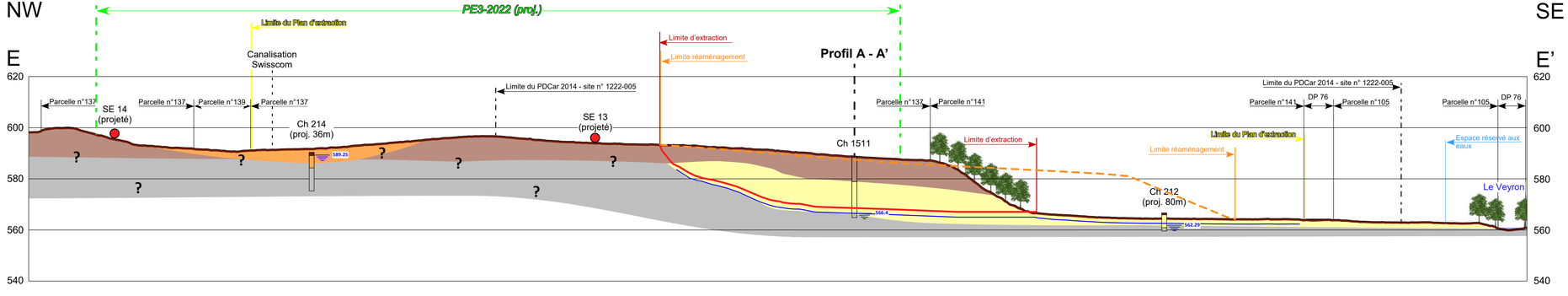
IMPACT – CONCEPT SA
Environnement Géologie Eau Energie

Annexe n° 1257-2.6a

Format 112x29.7 cm

Date	Dessin	Visa
13.09.2022	TS	CS
06.04.2023	TS	CS
04.02.2025	IF	AM
19.02.2025	JE	AM





Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

PROFILS GEOLOGIQUES C ET E

1:1'000

LEGENDE

- Fond d'exploitation
- Niveau décennal de la nappe au sens strict (calculé sur la période 2015-2024)
- Niveau décennal dans la zone d'écoulement hypodermique sur fond étanche (calculé sur la période 2015-2024)
- Réaménagement projeté
- Terrain naturel
- Moraine de fond supérieure sablo-graveleuse
- Graviers et sables
- Argiles et limons glaciolacustres ou palustres
- Moraine de fond inférieure
- Ch 1511 — Sondage carotté (campagne 2015)
- Ch 211 — Sondage carotté (campagne 2021)
- SE 13 — Sondage électrique réalisé en 2015
- PE1 — Panneau électrique (tomographie électrique) réalisé en 2016
- Boisé existant / à créer
- 565.78 — Niveau des hautes-eaux décennales (calcul en annexe n°1257-2.10)

		Date	Dessin	Visa
IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-2.6b	13.09.2022	TS	CS
		06.04.2023	TS	CS
		04.02.2025	JF	AM
	Format 61x29.7 cm	19.02.2025	JE	AM

Technologie et recherche pour le béton

LMT SA
M. Marc Aeppli
(Groupe ORLLATI SA)
Route de Bettens
Case Postale 46
1042 Bioley-Orjulaz

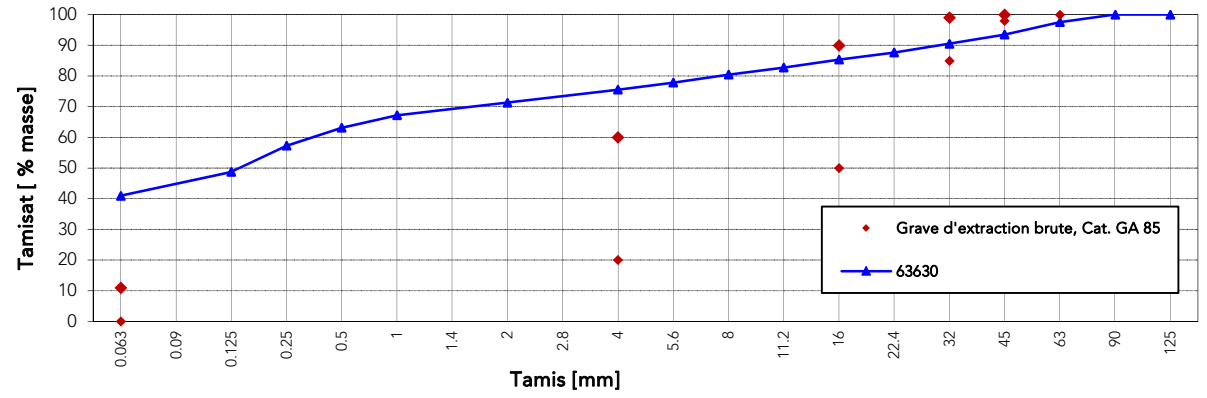
Puidoux, le 18.11.2015

Rapport d'essai:

Granulats pour béton selon SN EN 12620
Granularité - Analyse granulométrique selon SN EN 933-1

N° de projet.:	**157810-10**	Prélevé par:	Client
Objet/Projet:	**A: CH156 3-6m/ CH157 0,55-8,10m/ CH158 1-8m**	Date de prélèvement:	NC
Lieu de prélèvement:	**Site des Bulle**	Entrée au laboratoire:	16.10.2015
Type d'échantillon:	**Grave d'extraction brute**	Date de l'essai:	28.10.2015
Méthode	tamisage à l'eau	Essai réalisé par:	OP

Ouverture de tamis [mm]	Tamisat [% en masse] N° d'échantillon TFB 63630				Granularité type déclarée par le producteur	*Plage admissible Cat. GA 85*
125.0	100					
90.0	100					
63.0	98					*100*
45.0	94					*98-100*
31.5	91					*85-99*
22.4	88					
16.0	85					*50-90*
11.2	83					
8.0	80					
5.6	78					
4.0	76					*20-60*
2.0	71					
1.4						
1.0	67					
0.5	63					
0.25	57					
0.125	49					
0.063	40.9					*0-11*



Remarques:

Plage admissible (G_A85) à tire indicatif pour une grave 0/32 mm pour béton selon SN EN 12620.

Responsable de laboratoire - Nicholas Myers

Les résultats d'essai n'ont de validité que pour les échantillons analysés. Ce rapport ne peut être reproduit que dans son intégralité. Les échantillons ayant fait l'objet d'essais non destructifs sont conservés 2 mois, les documents sont archivés 13 ans. Le commettant est en droit de faire une réclamation au TFB dans les 30 jours dès réception du rapport d'essai. Veuillez également tenir compte des "conditions générales du TFB". Pour plus d'informations : www.tfb.ch.

TFB SA Romandie - Rte du Verney 20 - CH-1070 Puidoux - T 021 635 14 44 - F 021 635 14 45 - www.tfb.ch

Technologie et recherche pour le béton

LMT SA
M. Marc Aeppli
(Groupe ORLLATI SA)
Route de Bettens
Case Postale 46
1042 Bioley-Orjulaz

Puidoux, le 18.11.2015

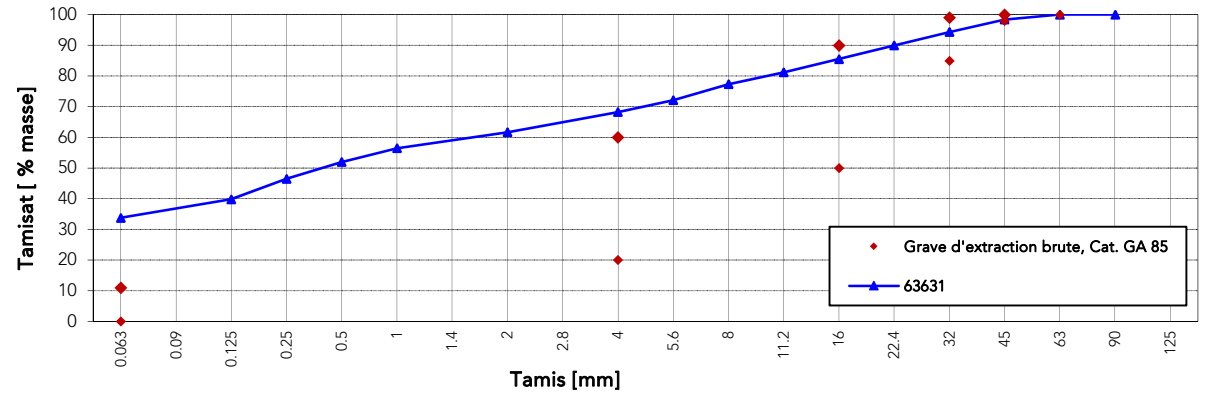
Rapport d'essai:

Granulats pour béton selon SN EN 12620
Granularité - Analyse granulométrique selon SN EN 933-1

N° de projet.: 157810-11
Objet/Projet: B: CH159 0,8-7,4m/CH157 0,55-8,10m/CH158
Lieu de prélèvement: Site des Bulle
Type d'échantillon: Grave d'extraction brute
Méthode tamisage à l'eau

Prélevé par: Client
Date de prélèvement: NC
Entrée au laboratoire: 16.10.2015
Date de l'essai: 03.11.2015
Essai réalisé par: OP

Ouverture de tamis [mm]	Tamisat [% en masse] N° d'échantillon TFB 63631				Granularité type déclarée par le producteur	*Plage admissible Cat. GA 85*
125.0	100	100				
90.0	100					
63.0	100					*100*
45.0	98					*98-100*
31.5	94					*85-99*
22.4	90					
16.0	86					*50-90*
11.2	81					
8.0	77					
5.6	72					
4.0	68					*20-60*
2.0	62					
1.4						
1.0	56					
0.5	52					
0.25	46					
0.125	40					
0.063	33.8					*0-11*



Remarques:

Plage admissible (G_A85) à tire indicatif pour une grave 0/32 mm pour béton selon SN EN 12620.

Responsable de laboratoire - Nicholas Myers

Les résultats d'essai n'ont de validité que pour les échantillons analysés. Ce rapport ne peut être reproduit que dans son intégralité. Les échantillons ayant fait l'objet d'essais non destructifs sont conservés 2 mois, les documents sont archivés 13 ans. Le commettant est en droit de faire une réclamation au TFB dans les 30 jours dès réception du rapport d'essai. Veuillez également tenir compte des "conditions générales du TFB". Pour plus d'informations : www.tfb.ch.

TFB SA Romandie - Rte du Verney 20 - CH-1070 Puidoux - T 021 635 14 44 - F 021 635 14 45 - www.tfb.ch

Technologie et recherche pour le béton

LMT SA
M. Marc Aeppli
(Groupe ORLLATI SA)
Route de Bettens
Case Postale 46
1042 Bioley-Orjulaz

Puidoux, le 18.11.2015

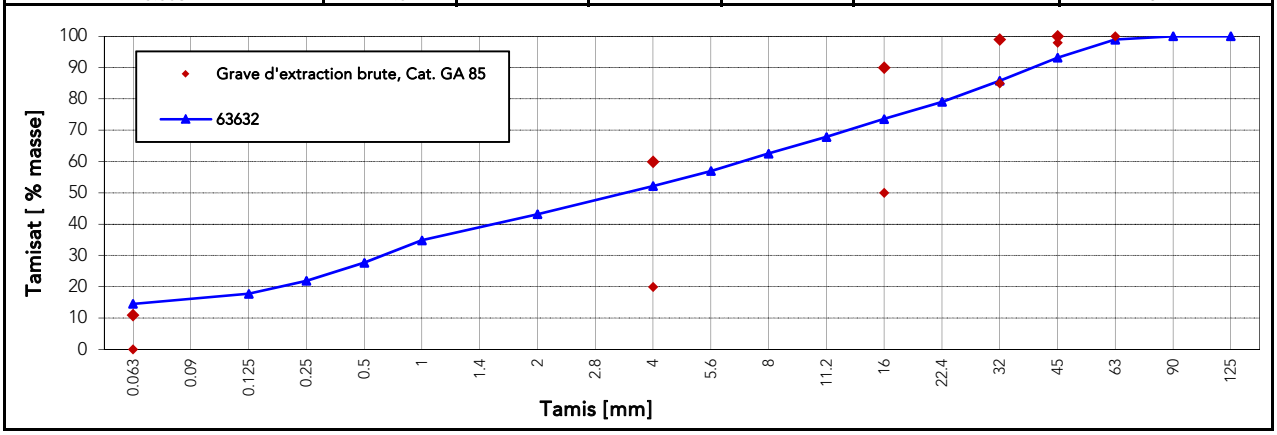
Rapport d'essai:

Granulats pour béton selon SN EN 12620

Granularité - Analyse granulométrique selon SN EN 933-1

N° de projet.:	**157810-12**	Prélevé par:	Client
Objet/Projet:	**CH156 10-23,5m**	Date de prélèvement:	NC
Lieu de prélèvement:	**Site des Bulle**	Entrée au laboratoire:	16.10.2015
Type d'échantillon:	**Grave d'extraction brute**	Date de l'essai:	03.11.2015
Méthode	tamisage à l'eau	Essai réalisé par:	OP

Ouverture de tamis [mm]	Tamisat [% en masse] N° d'échantillon TFB 63632				Granularité type déclarée par le producteur	*Plage admissible Cat. GA 85*
125.0	100					
90.0	100					
63.0	99					*100*
45.0	93					*98-100*
31.5	86					*85-99*
22.4	79					
16.0	74					*50-90*
11.2	68					
8.0	63					
5.6	57					
4.0	52					*20-60*
2.0	43					
1.4						
1.0	35					
0.5	28					
0.25	22					
0.125	18					
0.063	14.5					*0-11*



Remarques:

Plage admissible (G_A85) à tire indicatif pour une grave 0/32 mm pour béton selon SN EN 12620.

Responsable de laboratoire - Nicholas Myers

Les résultats d'essai n'ont de validité que pour les échantillons analysés. Ce rapport ne peut être reproduit que dans son intégralité. Les échantillons ayant fait l'objet d'essais non destructifs sont conservés 2 mois, les documents sont archivés 13 ans. Le commettant est en droit de faire une réclamation au TFB dans les 30 jours dès réception du rapport d'essai. Veuillez également tenir compte des "conditions générales du TFB". Pour plus d'informations : www.tfb.ch.

TFB SA Romandie - Rte du Verney 20 - CH-1070 Puidoux - T 021 635 14 44 - F 021 635 14 45 - www.tfb.ch

Technologie et recherche pour le béton

LMT SA
M. Marc Aeppli
(Groupe ORLLATI SA)
Route de Bettens
Case Postale 46
1042 Bioley-Orjulaz

Puidoux, le 18.11.2015

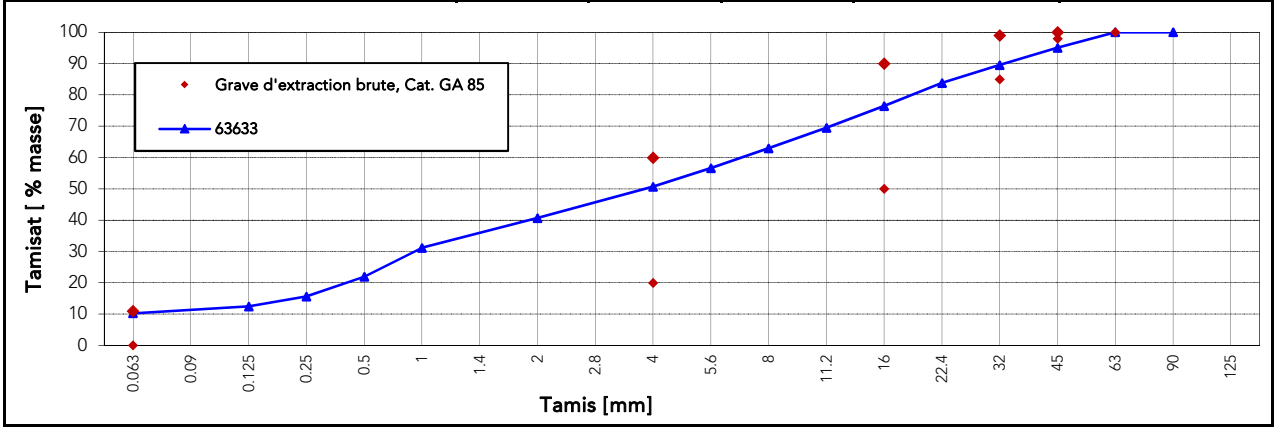
Rapport d'essai:

Granulats pour béton selon SN EN 12620

Granularité - Analyse granulométrique selon SN EN 933-1

N° de projet.:	**157810-13**	Prélevé par:	Client
Objet/Projet:	**CH157 8,1-16,4m**	Date de prélèvement:	NC
Lieu de prélèvement:	**Site des Bulle**	Entrée au laboratoire:	16.10.2015
Type d'échantillon:	**Grave d'extraction brute**	Date de l'essai:	27.10.2015
Méthode	tamisage à l'eau	Essai réalisé par:	OP

Ouverture de tamis [mm]	Tamisat [% en masse] N° d'échantillon TFB 63633				Granularité type déclarée par le producteur	*Plage admissible Cat. GA 85*
125.0	100					
90.0	100					
63.0	100					*100*
45.0	95					*98-100*
31.5	90					*85-99*
22.4	84					
16.0	76					*50-90*
11.2	69					
8.0	63					
5.6	57					
4.0	51					*20-60*
2.0	41					
1.4						
1.0	31					
0.5	22					
0.25	16					
0.125	12					
0.063	10.2					*0-11*



Remarques:

Plage admissible (G_A85) à tire indicatif pour une grave 0/32 mm pour béton selon SN EN 12620.

Responsable de laboratoire - Nicholas Myers

Les résultats d'essai n'ont de validité que pour les échantillons analysés. Ce rapport ne peut être reproduit que dans son intégralité. Les échantillons ayant fait l'objet d'essais non destructifs sont conservés 2 mois, les documents sont archivés 13 ans. Le commettant est en droit de faire une réclamation au TFB dans les 30 jours dès réception du rapport d'essai. Veuillez également tenir compte des "conditions générales du TFB". Pour plus d'informations : www.tfb.ch.

TFB SA Romandie - Rte du Verney 20 - CH-1070 Puidoux - T 021 635 14 44 - F 021 635 14 45 - www.tfb.ch

Technologie et recherche pour le béton

LMT SA
M. Marc Aeppli
(Groupe ORLLATI SA)
Route de Bettens
Case Postale 46
1042 Bioley-Orjulaz

Puidoux, le 18.11.2015

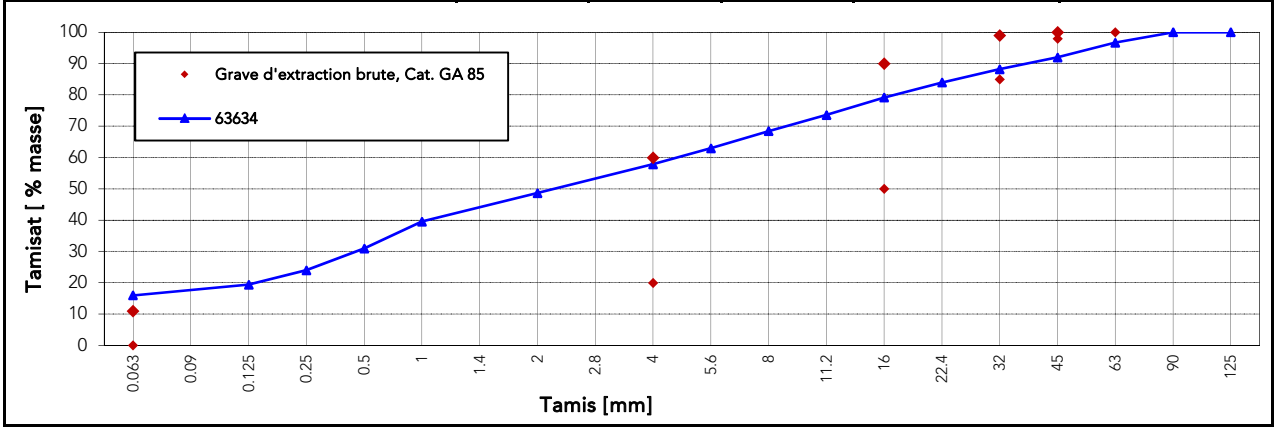
Rapport d'essai:

Granulats pour béton selon SN EN 12620

Granularité - Analyse granulométrique selon SN EN 933-1

N° de projet.:	**157810-14**	Prélevé par:	Client
Objet/Projet:	**CH158 10-15,8m**	Date de prélèvement:	NC
Lieu de prélèvement:	**Site des Bulle**	Entrée au laboratoire:	16.10.2015
Type d'échantillon:	**Grave d'extraction brute**	Date de l'essai:	04.11.2015
Méthode	tamisage à l'eau	Essai réalisé par:	OP

Ouverture de tamis [mm]	Tamisat [% en masse] N° d'échantillon TFB 63634				Granularité type déclarée par le producteur	*Plage admissible Cat. GA 85*
125.0	100					
90.0	100					
63.0	97					*100*
45.0	92					*98-100*
31.5	88					*85-99*
22.4	84					
16.0	79					*50-90*
11.2	74					
8.0	68					
5.6	63					
4.0	58					*20-60*
2.0	49					
1.4						
1.0	40					
0.5	31					
0.25	24					
0.125	19					
0.063	15.9					*0-11*



Remarques:

Plage admissible (G_A85) à tire indicatif pour une grave 0/32 mm pour béton selon SN EN 12620.

Responsable de laboratoire - Nicholas Myers

Les résultats d'essai n'ont de validité que pour les échantillons analysés. Ce rapport ne peut être reproduit que dans son intégralité. Les échantillons ayant fait l'objet d'essais non destructifs sont conservés 2 mois, les documents sont archivés 13 ans. Le commettant est en droit de faire une réclamation au TFB dans les 30 jours dès réception du rapport d'essai. Veuillez également tenir compte des "conditions générales du TFB". Pour plus d'informations : www.tfb.ch.

TFB SA Romandie - Rte du Verney 20 - CH-1070 Puidoux - T 021 635 14 44 - F 021 635 14 45 - www.tfb.ch

Technologie et recherche pour le béton

LMT SA
M. Marc Aeppli
(Groupe ORLLATI SA)
Route de Bettens
Case Postale 46
1042 Bioley-Orjulaz

Puidoux, le 18.11.2015

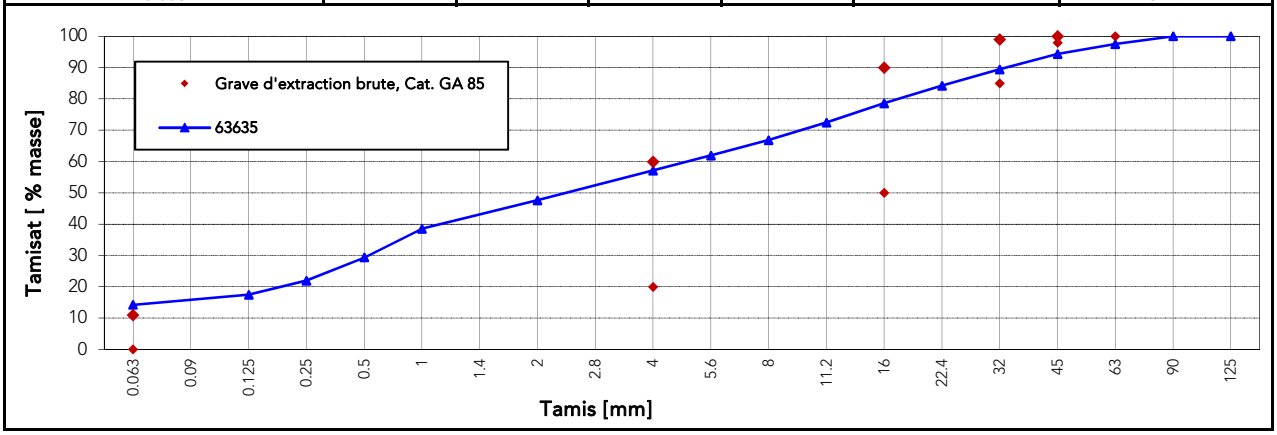
Rapport d'essai:

Granulats pour béton selon SN EN 12620

Granularité - Analyse granulométrique selon SN EN 933-1

N° de projet.:	**157810-15**	Prélevé par:	Client
Objet/Projet:	**CH159 10-26.2 m**	Date de prélèvement:	NC
Lieu de prélèvement:	**Site des Bulle**	Entrée au laboratoire:	16.10.2015
Type d'échantillon:	**Grave d'extraction brute**	Date de l'essai:	16.11.2015
Méthode	tamisage à l'eau	Essai réalisé par:	OP

Ouverture de tamis [mm]	Tamisat [% en masse]					
	N° d'échantillon TFB				Granularité type déclarée par le producteur	*Plage admissible*
	63635					*Cat. GA 85*
125.0	100					
90.0	100					
63.0	98					*100*
45.0	94					*98-100*
31.5	89					*85-99*
22.4	84					
16.0	79					*50-90*
11.2	72					
8.0	67					
5.6	62					
4.0	57					*20-60*
2.0	48					
1.4						
1.0	38					
0.5	29					
0.25	22					
0.125	17					
0.063	14.2					*0-11*



Remarques:

Plage admissible (G_A85) à tire indicatif pour une grave 0/32 mm pour béton selon SN EN 12620.

Responsable de laboratoire - Nicholas Myers

Les résultats d'essai n'ont de validité que pour les échantillons analysés. Ce rapport ne peut être reproduit que dans son intégralité. Les échantillons ayant fait l'objet d'essais non destructifs sont conservés 2 mois, les documents sont archivés 13 ans. Le commettant est en droit de faire une réclamation au TFB dans les 30 jours dès réception du rapport d'essai. Veuillez également tenir compte des "conditions générales du TFB". Pour plus d'informations : www.tfb.ch.

TFB SA Romandie - Rte du Verney 20 - CH-1070 Puidoux - T 021 635 14 44 - F 021 635 14 45 - www.tfb.ch

Technologie et recherche pour le béton

LMT SA
M. Marc Aeppli
(Groupe ORLLATI SA)
Route de Bettens
Case Postale 46
1042 Bioley-Orjulaz

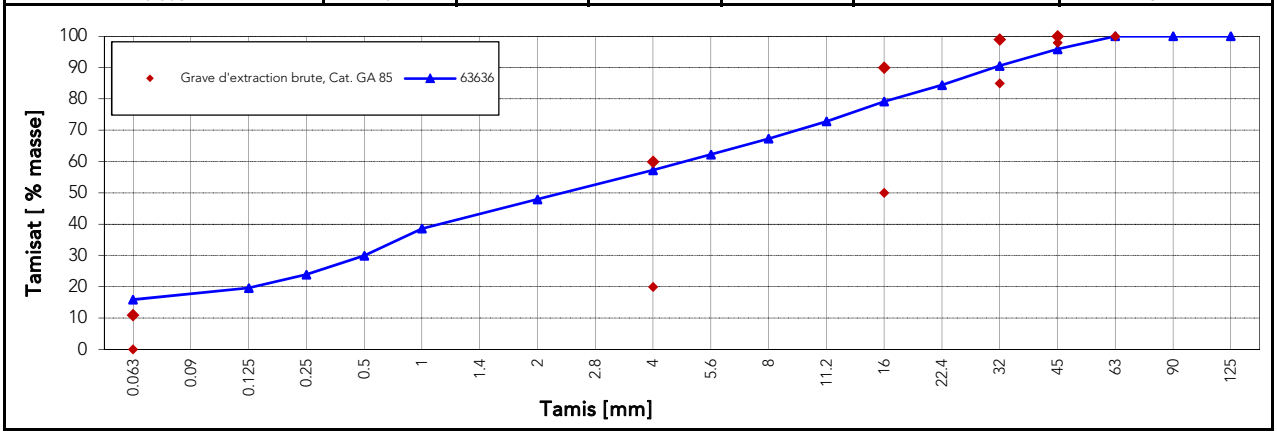
Puidoux, le 18.11.2015

Rapport d'essai:

Granulats pour béton selon SN EN 12620
Granularité - Analyse granulométrique selon SN EN 933-1

N° de projet.:	**157810-16**	Prélevé par:	Client
Objet/Projet:	**CH1510 10-15,8m**	Date de prélèvement:	NC
Lieu de prélèvement:	**Site des Bulle**	Entrée au laboratoire:	16.10.2015
Type d'échantillon:	**Grave d'extraction brute**	Date de l'essai:	16.11.2015
Méthode	tamisage à l'eau	Essai réalisé par:	FV

Ouverture de tamis [mm]	Tamisat [% en masse] N° d'échantillon TFB 63636				Granularité type déclarée par le producteur	*Plage admissible Cat. GA 85*
125.0	100					
90.0	100					
63.0	100					*100*
45.0	96					*98-100*
31.5	91					*85-99*
22.4	84					
16.0	79					*50-90*
11.2	73					
8.0	67					
5.6	62					
4.0	57					*20-60*
2.0	48					
1.4						
1.0	39					
0.5	30					
0.25	24					
0.125	20					
0.063	15.9					*0-11*



Remarques:

Plage admissible (G_A85) à tire indicatif pour une grave 0/32 mm pour béton selon SN EN 12620.

Responsable de laboratoire - Nicholas Myers

Les résultats d'essai n'ont de validité que pour les échantillons analysés. Ce rapport ne peut être reproduit que dans son intégralité. Les échantillons ayant fait l'objet d'essais non destructifs sont conservés 2 mois, les documents sont archivés 13 ans. Le commettant est en droit de faire une réclamation au TFB dans les 30 jours dès réception du rapport d'essai. Veuillez également tenir compte des "conditions générales du TFB". Pour plus d'informations : www.tfb.ch.

TFB SA Romandie - Rte du Verney 20 - CH-1070 Puidoux - T 021 635 14 44 - F 021 635 14 45 - www.tfb.ch

Technologie et recherche pour le béton

LMT SA
M. Marc Aeppli
(Groupe ORLLATI SA)
Route de Bettens
Case Postale 46
1042 Bioley-Orjulaz

Puidoux, le 18.11.2015

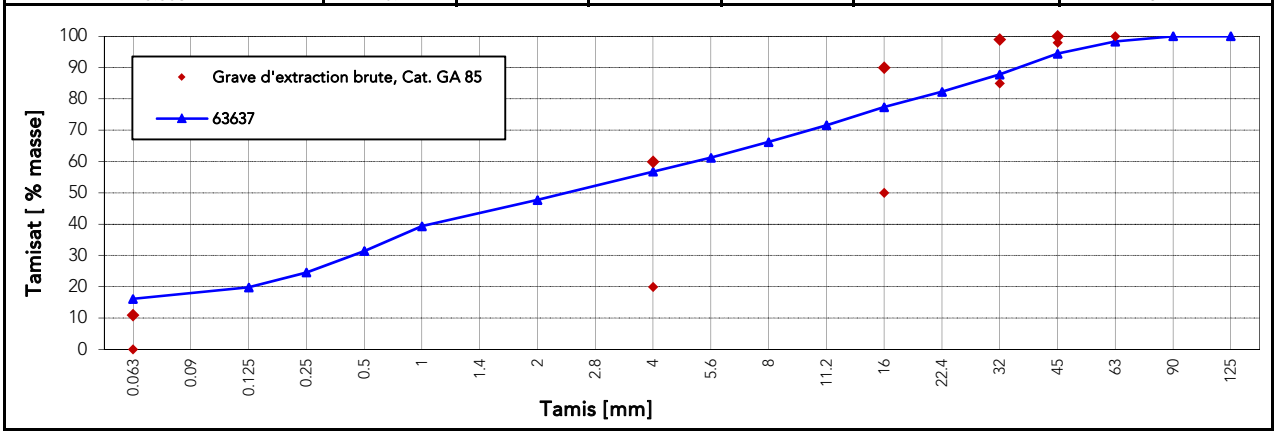
Rapport d'essai:

Granulats pour béton selon SN EN 12620

Granularité - Analyse granulométrique selon SN EN 933-1

N° de projet.:	**157810-17**	Prélevé par:	Client
Objet/Projet:	**CH1511 10-22.30m**	Date de prélèvement:	NC
Lieu de prélèvement:	**Site des Bulle**	Entrée au laboratoire:	16.10.2015
Type d'échantillon:	**Grave d'extraction brute**	Date de l'essai:	16.11.2015
Méthode	tamisage à l'eau	Essai réalisé par:	FV

Ouverture de tamis [mm]	Tamisat [% en masse] N° d'échantillon TFB 63637				Granularité type déclarée par le producteur	*Plage admissible Cat. GA 85*
125.0	100					
90.0	100					
63.0	98					*100*
45.0	94					*98-100*
31.5	88					*85-99*
22.4	82					
16.0	77					*50-90*
11.2	72					
8.0	66					
5.6	61					
4.0	57					*20-60*
2.0	48					
1.4						
1.0	39					
0.5	31					
0.25	25					
0.125	20					
0.063	16.1					*0-11*



Remarques:

Plage admissible (G_A85) à tire indicatif pour une grave 0/32 mm pour béton selon SN EN 12620.

Responsable de laboratoire - Nicholas Myers

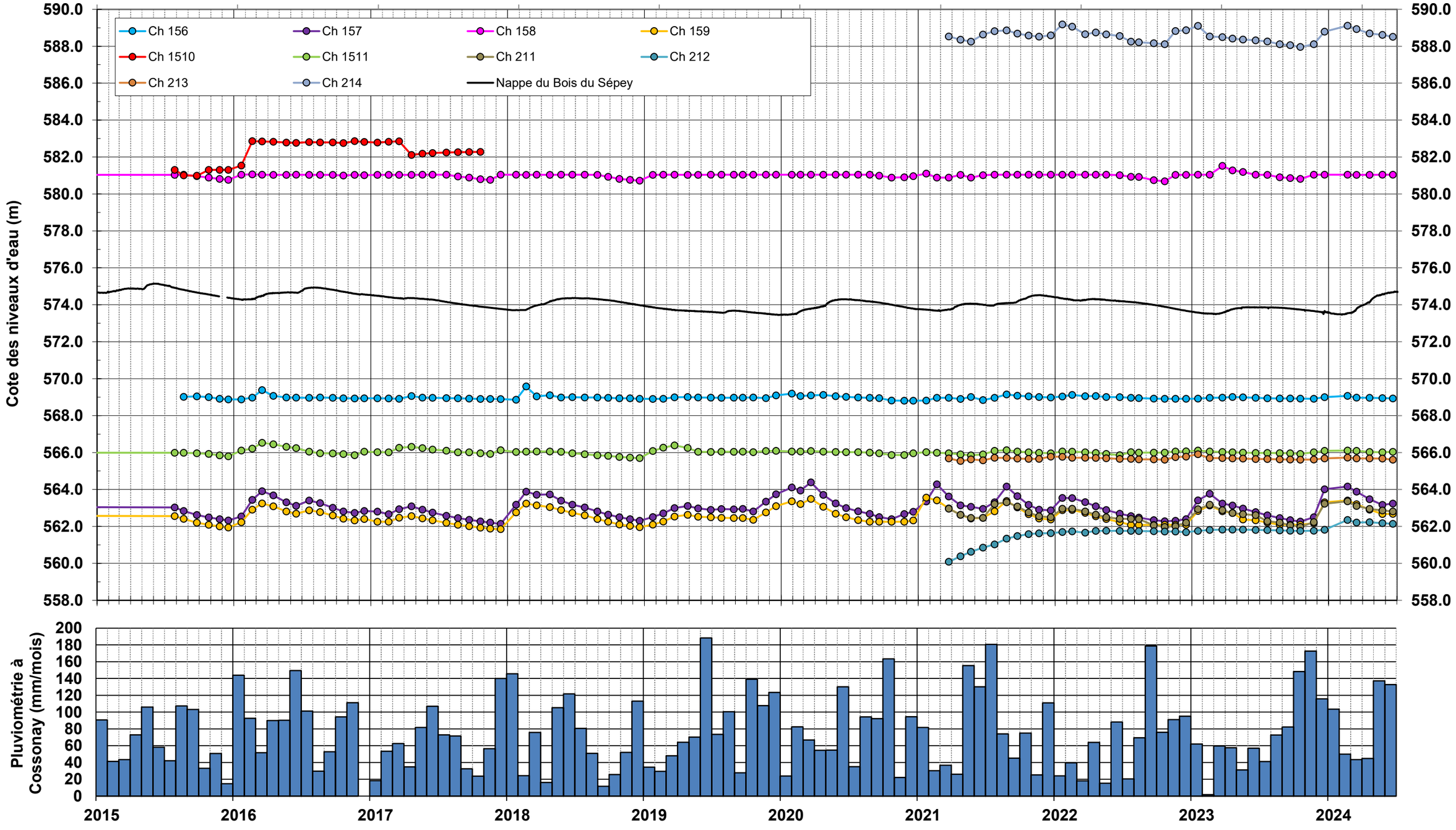
Les résultats d'essai n'ont de validité que pour les échantillons analysés. Ce rapport ne peut être reproduit que dans son intégralité. Les échantillons ayant fait l'objet d'essais non destructifs sont conservés 2 mois, les documents sont archivés 13 ans. Le commettant est en droit de faire une réclamation au TFB dans les 30 jours dès réception du rapport d'essai. Veuillez également tenir compte des "conditions générales du TFB". Pour plus d'informations : www.tfb.ch.

TFB SA Romandie - Rte du Verney 20 - CH-1070 Puidoux - T 021 635 14 44 - F 021 635 14 45 - www.tfb.ch

Communes de La Chaux et Senarclens - Gravière "Les Bulles"

Annexe n° 1257-2.8a

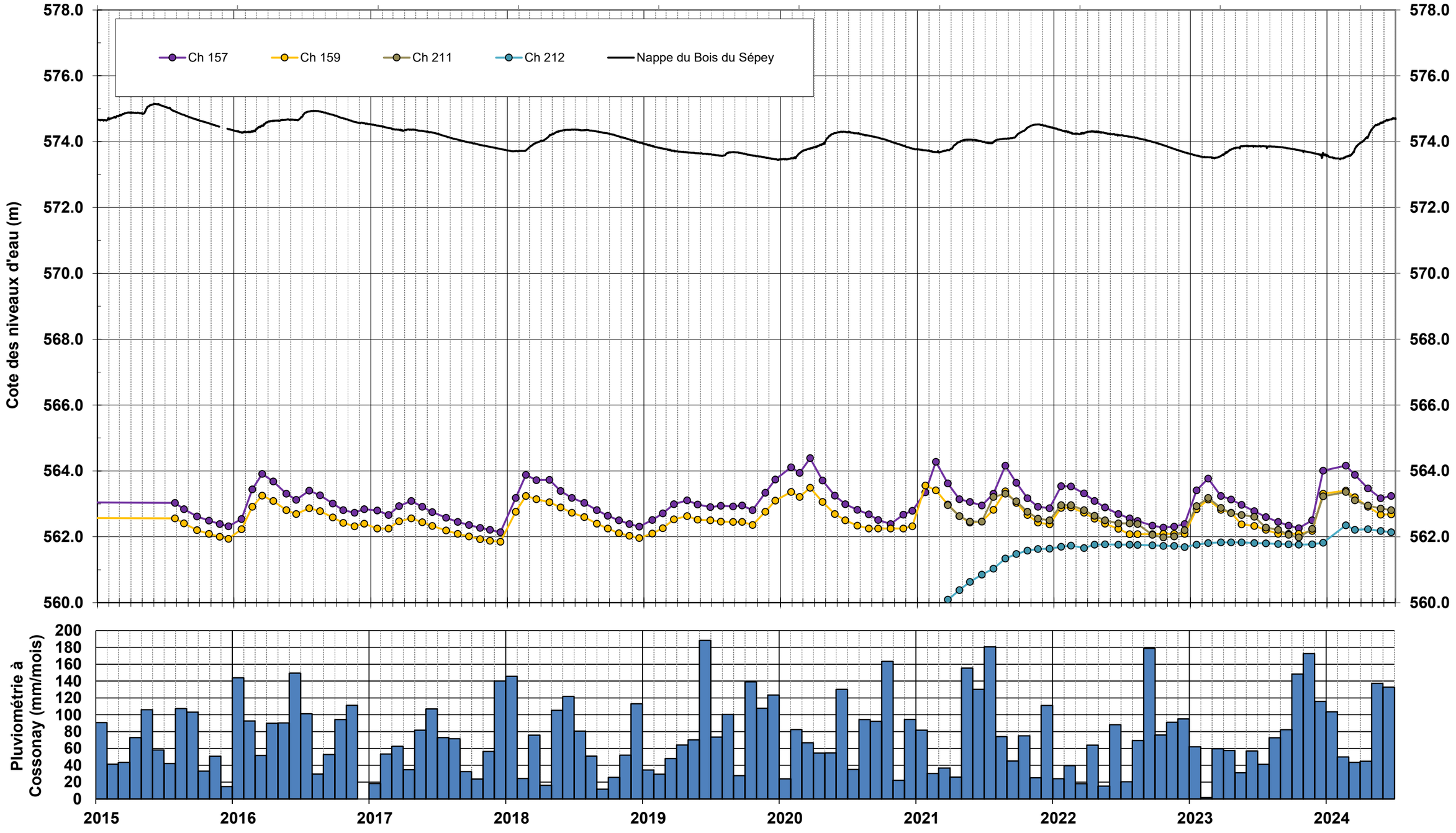
DIAGRAMME PIEZOMETRIQUE



Communes de La Chaux et Senarclens - Gravière "Les Bulles"

Annexe n° 1257-2.8b

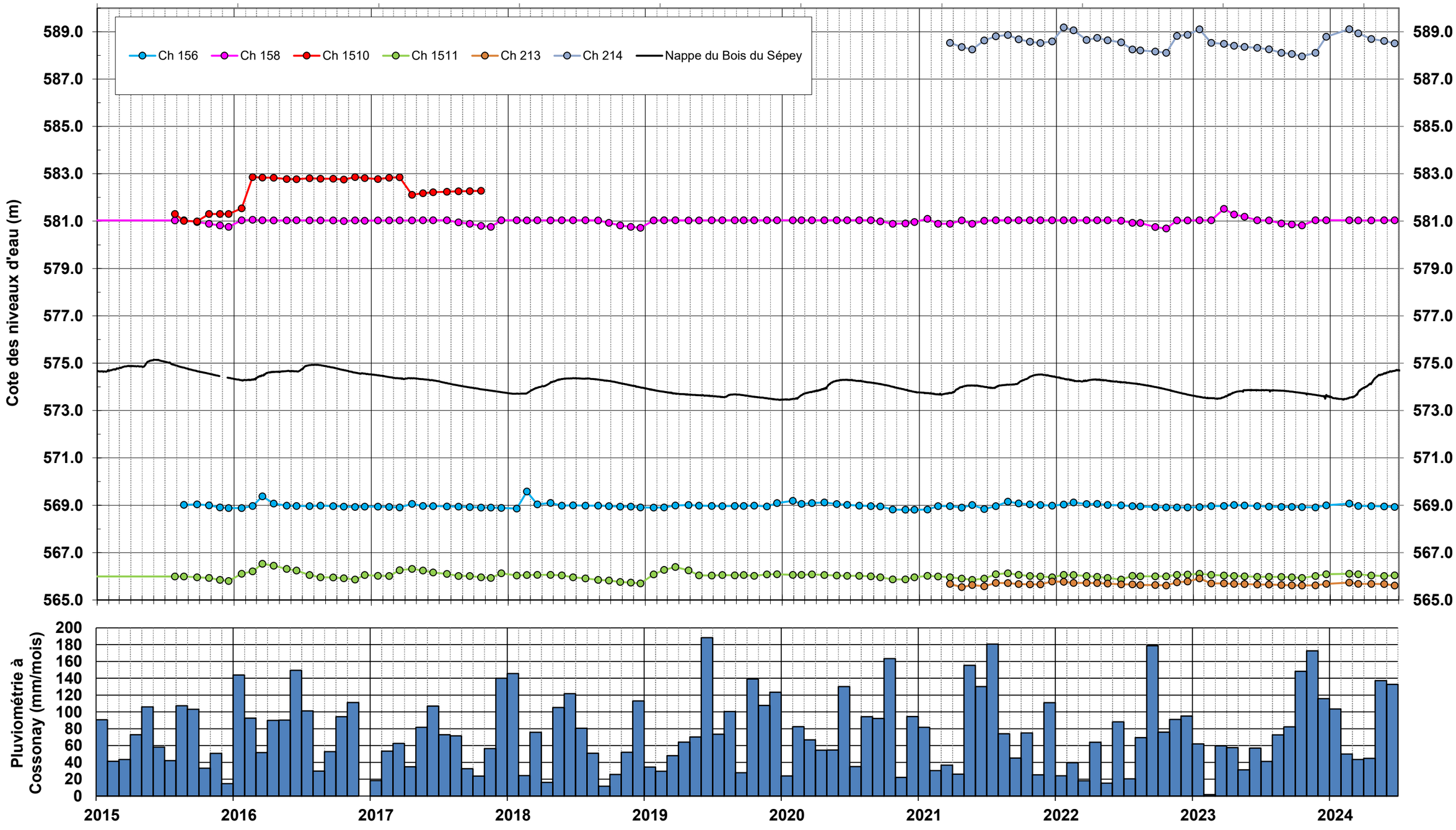
DIAGRAMME PIEZOMETRIQUE - Nappe du Veyron

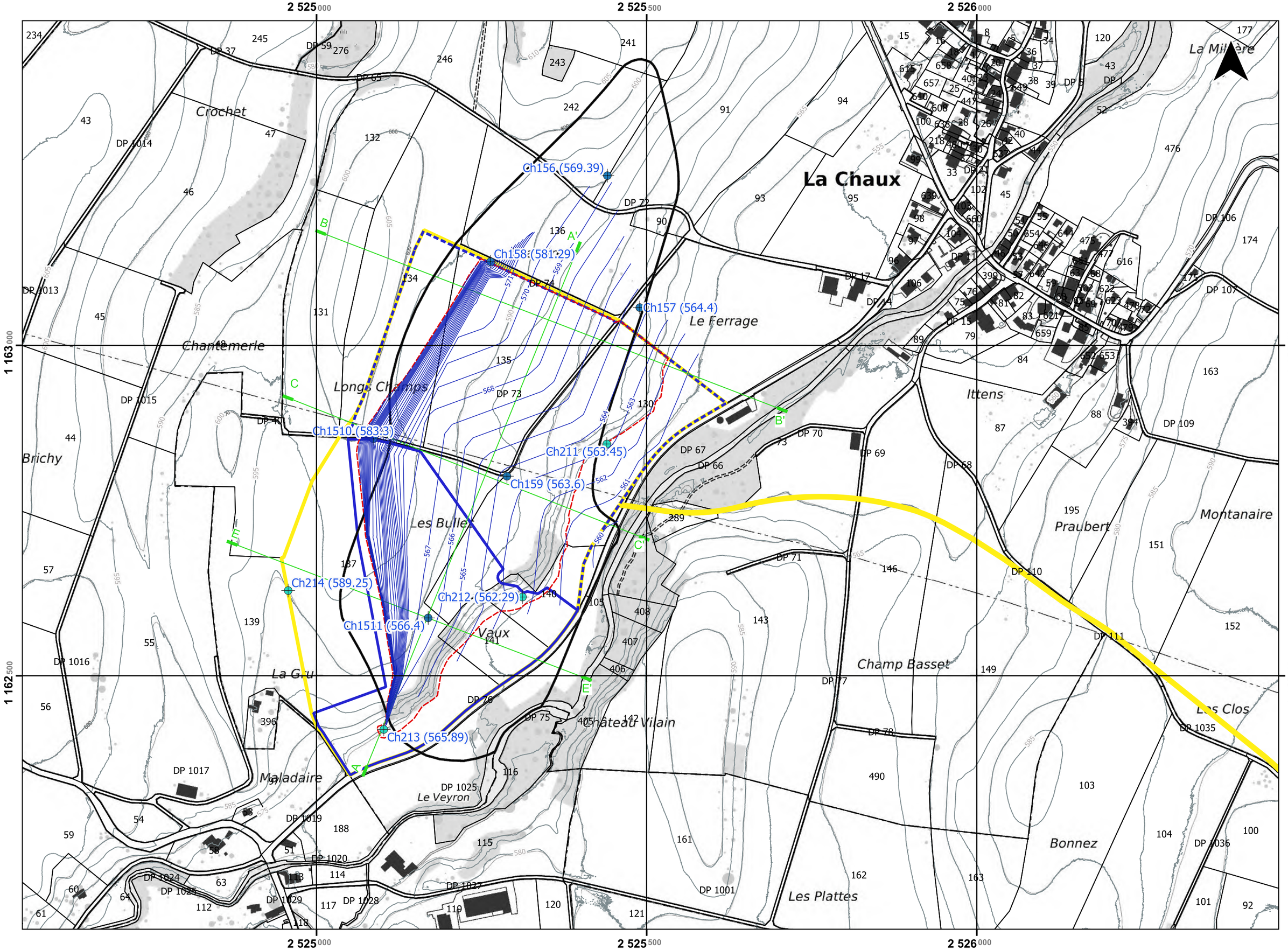


Communes de La Chaux et Senarclens - Gravière "Les Bulles"

Annexe n° 1257-2.8c

DIAGRAMME PIEZOMETRIQUE - Ecoulements hypodermiques




2 525 000
2 525 500
2 526 000
1 163 000
1 162 500
Ch156 (569.39)
Ch158 (581.29)
Ch157 (564.4)
Ch1510 (583.3)
Ch211 (563.45)
Ch159 (563.6)
Ch214 (589.25)
Ch212 (562.29)
Ch1511 (566.4)
Ch213 (565.89)
A
A'
B
B'
C
C'
D
D'
E
E'
La Chaux
Le Ferrage
Chantemerle
Longs Champs
Brichy
Les Bulles
Vaux
La Gru
Maladaire
Le Veyron
Château Vilain
Champ Basset
Les Plattes
Bonnez
Praubert
Montanaire
Ittens
Crochet
La Milière
DP 37
DP 59
DP 65
DP 1014
DP 1013
DP 1015
DP 30
DP 1016
DP 1017
DP 1019
DP 1020
DP 1024
DP 1025
DP 1029
DP 1028
DP 1027
DP 72
DP 74
DP 73
DP 76
DP 75
DP 17
DP 14
DP 15
DP 21
DP 1
DP 5
DP 106
DP 107
DP 109
DP 110
DP 111
DP 71
DP 77
DP 78
DP 1035
DP 1036
DP 67
DP 66
DP 70
DP 69
DP 68
DP 1001

Orllati Granulats & Béton SA

Commune de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Carte piézomètrique des hautes eaux décennales 1:5'000

LEGENDE

- Communes
- Limites parcellaires
- Gisement (PDCar)
- Courbes de niveau à 5m
- Plan d'extraction
- Limite de la zone d'extraction
- Etape I
- Etape II
- Isopièze des hautes eaux décennales
- Piézomètre (campagne 2015)
- Piézomètre (campagne 2021)
- Profil géologique interprétatif
- Ch157 (564.4) Côte des hautes eaux décennales

IMPACT – CONCEPT SA ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE	Annexe n° 1257-2.9	Date	Dessin	Visa
		21.09.2022	TS	CS
		19.02.2025	JE	CS
	Format 61x29.7 cm			

Commune de La Chaux
Projet de gravière "Les Bulles"
MESURES PIEZOMETRIQUES

DATE	Ch 156		Ch 157		Ch 158		Ch 159		Ch 1510		Ch 1511		Ch 211		Ch 212		Ch 213		Ch 214	
	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)
27.07.2015	**569.02**	21.44	563.03	13.04	**581.03**	11.81	562.56	25.02	581.30	17.35	565.99	22.83								
20.08.2015	569.04	21.42	**562.84**	13.23	581.04	11.80	**562.41**	25.17	**581.01**	17.64	**565.99**	22.83								
24.09.2015	**569.00**	21.46	**562.62**	13.45	**580.96**	11.88	**562.20**	25.38	**<580.99**	>17.66	**565.96**	22.86								
26.10.2015	**568.91**	21.55	**562.49**	13.58	**580.89**	11.95	**562.09**	25.49	**<581.30**	>17.35	**565.93**	22.89								
24.11.2015	**568.88**	21.58	**562.39**	13.68	**580.82**	12.02	**562.00**	25.58	**<581.30**	>17.35	**565.85**	22.97								
17.12.2015	**568.88**	21.58	**562.32**	13.75	**580.76**	12.08	**561.94**	25.64	**<581.30**	>17.35	**565.80**	23.02								
21.01.2016	**568.97**	21.49	**562.54**	13.53	**581.04**	11.80	**562.23**	25.35	**581.54**	17.11	**566.11**	22.71								
19.02.2016	569.38	21.08	**563.44**	12.63	581.06	11.78	**562.91**	24.67	582.86	15.79	**566.21**	22.61								
16.03.2016	**569.07**	21.39	563.91	12.16	**581.04**	11.80	563.25	24.33	**582.84**	15.81	566.53	22.29								
15.04.2016	**568.98**	21.48	**563.68**	12.39	**581.03**	11.81	**563.09**	24.49	**582.83**	15.82	**566.45**	22.37								
20.05.2016	**568.97**	21.49	**563.31**	12.76	**581.03**	11.81	**562.81**	24.77	**582.78**	15.87	**566.31**	22.51								
15.06.2016	**568.96**	21.50	**563.12**	12.95	**581.04**	11.80	**562.69**	24.89	**582.77**	15.88	**566.24**	22.58								
20.07.2016	**568.98**	21.48	**563.40**	12.67	**581.03**	11.81	**562.87**	24.71	**582.81**	15.84	**566.05**	22.77								
18.08.2016	**568.96**	21.50	**563.26**	12.81	**581.03**	11.81	**562.78**	24.80	**582.79**	15.86	**565.96**	22.86								
21.09.2016	**568.94**	21.52	**563.01**	13.06	**581.03**	11.81	**562.59**	24.99	**582.79**	15.86	**565.95**	22.87								
19.10.2016	**568.93**	21.53	**562.81**	13.26	**581.00**	11.84	**562.42**	25.16	**582.76**	15.89	**565.92**	22.90								
18.11.2016	**568.94**	21.52	**562.73**	13.34	**581.03**	11.81	**562.32**	25.26	**582.86**	15.79	**565.86**	22.96								
14.12.2016	**568.94**	21.52	**562.84**	13.23	**581.02**	11.82	**562.40**	25.18	**<582.82**	>15.83	**566.05**	22.77								
18.01.2017	**568.93**	21.53	**562.80**	13.27	**581.03**	11.81	**562.25**	25.33	**582.78**	15.87	**566.02**	22.80								
17.02.2017	**568.91**	21.55	**562.66**	13.41	**581.03**	11.81	**562.25**	25.33	**582.83**	15.82	**566.01**	22.81								
17.03.2017	569.06	21.40	**562.93**	13.14	**581.03**	11.81	**562.47**	25.11	582.85	15.80	**566.26**	22.56								
19.04.2017	**568.97**	21.49	563.09	12.98	**581.03**	11.81	562.56	25.02	**582.11**	16.54	566.31	22.51								
18.05.2017	**568.96**	21.50	**562.91**	13.16	581.04	11.80	**562.44**	25.14	**582.18**	16.47	**566.24**	22.58								
14.06.2017	**568.95**	21.51	**562.75**	13.32	**581.04**	11.80	**562.33**	25.25	**582.22**	16.43	**566.16**	22.66								
21.07.2017	**568.94**	21.52	**562.58**	13.49	**581.04**	11.80	**562.19**	25.39	**582.24**	16.41	**566.10**	22.72								
21.08.2017	**568.92**	21.54	**562.45**	13.62	**580.95**	11.89	**562.09**	25.49	**582.26**	16.39	**566.01**	22.81								
20.09.2017	**568.90**	21.56	**562.36**	13.71	**580.89**	11.95	**562.01**	25.57	**582.27**	16.38	**566.01**	22.81								
20.10.2017	**568.90**	21.56	**562.27**	13.80	**580.80**	12.04	**561.93**	25.65	**582.28**	16.37	**565.96**	22.86								
15.11.2017	**568.89**	21.57	**562.21**	13.86	**580.76**	12.08	**561.88**	25.70	**endommagé**		**565.93**	22.89								
13.12.2017	**568.86**	21.60	**562.14**	13.93	**581.04**	11.80	**561.85**	25.73	**endommagé**		**566.13**	22.69								
23.01.2018	569.58	20.88	**563.18**	12.89	581.04	11.80	**562.76**	24.82			**566.03**	22.79								
19.02.2018	**569.04**	21.42	563.88	12.19	**581.03**	11.81	563.24	24.34			**566.05**	22.77								
19.03.2018	**569.10**	21.36	**563.72**	12.35	**581.04**	11.80	**563.14**	24.44			566.06	22.76								
23.04.2018	**568.98**	21.48	**563.73**	12.34	**581.03**	11.81	**563.05**	24.53			**566.06**	22.76								
23.05.2018	**569.00**	21.46	**563.39**	12.68	**581.04**	11.80	**562.89**	24.69			**566.04**	22.78								
22.06.2018	**568.98**	21.48	**563.18**	12.89	**581.04**	11.80	**562.73**	24.85			**565.96**	22.86								
25.07.2018	**568.98**	21.48	**563.03**	13.04	**581.04**	11.80	**562.60**	24.98			**565.91**	22.91								
28.08.2018	**568.96**	21.50	**562.81**	13.26	**581.03**	11.81	**562.40**	25.18			**565.85**	22.97								
26.09.2018	**568.94**	21.52	**562.64**	13.43	**580.93**	11.91	**562.25**	25.33			**565.82**	23.00								
26.10.2018	**568.94**	21.52	**562.50**	13.57	**580.82**	12.02	**562.11**	25.47			**565.76**	23.06								
23.11.2018	**568.91**	21.55	**562.39**	13.68	**580.76**	12.08	**562.03**	25.55			**565.73**	23.09								
19.12.2018	**568.90**	21.56	**562.31**	13.76	**580.72**	12.12	**561.96**	25.62			**565.70**	23.12								
23.01.2019	**568.91**	21.55	**562.51**	13.56	**581.03**	11.81	**562.10**	25.48			**566.08**	22.74								
20.02.2019	**568.99**	21.47	**562.71**	13.36	581.04	11.80	**562.26**	25.32			**566.27**	22.55								
22.03.2019	**569.01**	21.45	**562.99**	13.08	**581.04**	11.80	**562.53**	25.05			566.39	22.43								
26.04.2019	**568.98**	21.48	**563.11**	12.96	**581.03**	11.81	**562.63**	24.95			**566.25**	22.57								
24.05.2019	**568.97**	21.49	**562.98**	13.09	**581.03**	11.81	**562.52**	25.06			**566.04**	22.78								
27.06.2019	**568.96**	21.50	**562.90**	13.17	**581.04**	11.80	**562.50**	25.08			**566.03**	22.79								
25.07.2019	**568.97**	21.49	**562.94**	13.13	**581.04**	11.80	**562.46**	25.12			**566.05**	22.77								
27.08.2019	**568.97**	21.49	**562.92**	13.15	**581.04**	11.80	**562.45**	25.13			**566.04**	22.78								
20.09.2019	**568.98**	21.48	**562.95**	13.12	**581.04**	11.80	**562.45**	25.13			**566.05**	22.77								
18.10.2019	**568.95**	21.51	**562.81**	13.26	**581.04**	11.80	**562.36**	25.22			**566.02**	22.80								
21.11.2019	**569.09**	21.37	**563.34**	12.73	**581.04**	11.80	**562.76**	24.82			**566.08**	22.74								
18.12.2019	569.19	21.27	563.74	12.33	**581.04**	11.80	563.10	24.48			**566.09**	22.73								

Commune de La Chaux
Projet de gravière "Les Bulles"
MESURES PIEZOMETRIQUES

DATE	Ch 156		Ch 157		Ch 158		Ch 159		Ch 1510		Ch 1511		Ch 211		Ch 212		Ch 213		Ch 214	
	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)	Cote (m s.m.)	Prof. (sol) (m)
29.01.2020	569.06	21.40	564.11	11.96	581.04	11.80	563.36	24.22			566.06	22.76								
21.02.2020	569.09	21.37	563.94	12.13	581.04	11.80	563.21	24.37			566.06	22.76								
20.03.2020	569.12	21.34	564.39	11.68	581.04	11.80	563.49	24.09			566.08	22.74								
22.04.2020	569.05	21.41	563.71	12.36	581.04	11.80	563.06	24.52			566.05	22.77								
25.05.2020	569.02	21.44	563.25	12.82	581.04	11.80	562.69	24.89			566.03	22.79								
22.06.2020	568.98	21.48	562.99	13.08	581.04	11.80	562.50	25.08			566.02	22.80								
24.07.2020	568.96	21.50	562.82	13.25	581.04	11.80	562.34	25.24			566.02	22.80								
24.08.2020	568.95	21.51	562.68	13.39	581.04	11.80	562.25	25.33			566.00	22.82								
18.09.2020	568.82	21.64	562.51	13.56	580.99	11.85	562.25	25.33			565.96	22.86								
21.10.2020	568.81	21.65	562.39	13.68	580.89	11.95	562.25	25.33			565.87	22.95								
24.11.2020	568.81	21.65	562.67	13.40	580.90	11.94	562.25	25.33			565.87	22.95								
18.12.2020	568.82	21.64	562.79	13.28	580.96	11.88	562.32	25.26			565.96	22.86								
22.01.2021	568.96	21.50	563.35	12.72	581.10	11.74	563.56	24.02			566.02	22.80								
19.02.2021	568.96	21.50	564.28	11.79	580.89	11.95	563.41	24.17			565.99	22.83								
23.03.2021	568.90	21.56	563.62	12.45	580.89	11.95	562.98	24.60			565.96	22.86	562.96	1.50	560.09	6.49	565.68	4.19	588.53	1.59
23.04.2021	569.01	21.45	563.14	12.93	581.03	11.81	562.63	24.95			565.90	22.92	562.63	1.83	560.38	6.20	565.54	4.33	588.35	1.77
21.05.2021	568.84	21.62	563.06	13.01	580.89	11.95	562.43	25.15			565.85	22.97	562.46	2.00	560.63	5.95	565.63	4.24	588.25	1.87
22.06.2021	568.96	21.50	562.95	13.12	581.02	11.82	562.46	25.12			565.90	22.92	562.46	2.00	560.85	5.73	565.58	4.29	588.63	1.49
23.07.2021	569.15	21.31	563.31	12.76	581.04	11.80	562.82	24.76			566.09	22.73	563.21	1.25	561.03	5.55	565.72	4.15	588.81	1.31
24.08.2021	569.08	21.38	564.16	11.91	581.04	11.80	563.38	24.20			566.13	22.69	563.31	1.15	561.34	5.24	565.71	4.16	588.86	1.26
22.09.2021	569.04	21.42	563.64	12.43	581.04	11.80	563.03	24.55			566.06	22.76	563.08	1.38	561.48	5.10	565.67	4.20	588.68	1.44
22.10.2021	569.01	21.45	563.17	12.90	581.04	11.80	562.66	24.92			566.01	22.81	562.76	1.70	561.58	5.00	565.66	4.21	588.58	1.54
19.11.2021	568.98	21.48	562.91	13.16	581.04	11.80	562.43	25.15			565.99	22.83	562.55	1.91	561.63	4.95	565.66	4.21	588.52	1.60
20.12.2021	569.03	21.43	562.87	13.20	581.04	11.80	562.38	25.20			565.96	22.86	562.50	1.96	561.64	4.94	565.78	4.09	588.59	1.53
20.01.2022	569.12	21.34	563.54	12.53	581.04	11.80	562.88	24.70			566.06	22.76	562.96	1.50	561.70	4.88	565.77	4.10	589.18	0.94
15.02.2022	569.05	21.41	563.53	12.54	581.04	11.80	562.89	24.69			566.05	22.77	562.96	1.50	561.73	4.85	565.72	4.15	589.06	1.06
22.03.2022	569.06	21.40	563.32	12.75	581.04	11.80	562.73	24.85			566.01	22.81	562.81	1.65	561.66	4.92	565.72	4.15	588.65	1.47
19.04.2022	569.01	21.45	563.09	12.98	581.04	11.80	562.55	25.03			565.98	22.84	562.64	1.82	561.76	4.82	565.71	4.16	588.74	1.38
17.05.2022	569.00	21.46	562.89	13.18	581.04	11.80	562.40	25.18			565.93	22.89	562.50	1.96	561.77	4.81	565.69	4.18	588.64	1.48
22.06.2022	568.96	21.50	562.69	13.38	581.02	11.82	562.24	25.34			565.86	22.96	562.41	2.05	561.76	4.82	565.66	4.21	588.55	1.57
22.07.2022	568.95	21.51	562.56	13.51	580.93	11.91	562.08	25.50			566.02	22.80	562.41	2.05	561.76	4.82	565.66	4.21	588.25	1.87
12.08.2022	568.92	21.54	562.48	13.59	580.92	11.92	562.08	25.50			566.00	22.82	562.39	2.07	561.75	4.83	565.63	4.24	588.21	1.91
21.09.2022	568.91	21.55	562.34	13.73	580.75	12.09	562.08	25.50			566.00	22.82	562.06	2.40	561.74	4.84	565.63	4.24	588.16	1.96
20.10.2022	568.91	21.55	562.28	13.79	580.69	12.15	562.09	25.49			566.00	22.82	561.98	2.48	561.72	4.86	565.61	4.26	588.11	2.01
18.11.2022	568.91	21.55	562.31	13.76	581.03	11.81	562.09	25.49			566.06	22.76	562.01	2.45	561.72	4.86	565.75	4.12	588.82	1.30
16.12.2022	568.92	21.54	562.39	13.68	581.03	11.81	562.09	25.49			566.07	22.75	562.20	2.26	561.69	4.89	565.78	4.09	588.87	1.25
17.01.2023	568.96	21.50	563.41	12.66	581.04	11.80	562.84	24.74			566.11	22.71	562.93	1.53	561.76	4.82	565.91	3.96	589.10	1.02
17.02.2023	568.97	21.49	563.77	12.30	581.04	11.80	563.13	24.45			566.06	22.76	563.18	1.28	561.81	4.77	565.70	4.17	588.53	1.59
23.03.2023	569.01	21.45	563.24	12.83	581.52	11.32	562.82	24.76			566.03	22.79	562.88	1.58	561.83	4.75	565.70	4.17	588.49	1.63
19.04.2023	568.99	21.47	563.13	12.94	581.28	11.56	562.73	24.85			566.01	22.81	562.72	1.74	561.83	4.75	565.68	4.19	588.41	1.71
17.05.2023	568.96	21.50	562.97	13.10	581.19	11.65	562.38	25.20			566.00	22.82	562.66	1.80	561.83	4.75	565.67	4.20	588.36	1.76
20.06.2023	568.94	21.52	562.78	13.29	581.04	11.80	562.33	25.25			565.98	22.84	562.61	1.85	561.81	4.77	565.65	4.22	588.32	1.80
21.07.2023	568.93	21.53	562.60	13.47	581.03	11.81	562.21	25.37			565.98	22.84	562.28	2.18	561.80	4.78	565.65	4.22	588.26	1.86
23.08.2023	568.93	21.53	562.45	13.62	580.90	11.94	562.09	sec			565.97	22.85	562.21	2.25	561.78	4.80	565.63	4.24	588.11	2.01
20.09.2023	568.92	21.54	562.34	13.73	580.86	11.98	562.09	sec			565.96	22.86	562.06	2.40	561.77	4.81	565.62	4.25	588.06	2.06
17.10.2023	568.91	21.55	562.26	13.81	580.82	12.02	562.09	sec			565.93	22.89	561.98	2.48	561.76	4.82	565.61	4.26	587.96	2.16
22.11.2023	569.00	21.46	562.50	13.57	581.04	11.80	562.18	25.40			566.01	22.81	562.24	2.22	561.77	4.81	565.62	4.25	588.11	2.01
21.12.2023	569.05	21.41	564.01	12.06	581.04	11.80	563.31	24.27			566.09	22.73	563.23	1.23	561.82	4.76	565.68	4.19	588.79	1.33
21.01.2024	569.07	21.39	564.27	11.80	581.12	11.72	563.49				566.16	22.66	563.42	1.04	562.40	4.18	565.81	4.06	589.18	0.94
20.02.2024	568.97	21.49	564.16	11.91	581.04	11.80	563.40				566.11	22.71	563.36	1.10	562.35	4.23	565.73	4.14	589.11	1.01
15.03.2024	568.96	21.50	563.88	12.19	581.03	11.81	563.20				566.09	22.73	563.11	1.35	562.21	4.37	565.68	4.19	588.93	1.19
19.04.2024	568.95	21.51	563.47	12.60	581.03	11.81	562.91				566.03	22.79	562.95	1.51	562.23	4.35	565.68	4.19	588.69	1.43
23.05.2024	568.93	21.53	563.17	12.90	581.04	11.80	562.67				566.01	22.81	562.86	1.60	562.18	4.40	565.67	4.20	588.61	1.51
20.06.2024	568.95	21.51	563.24	12.83	581.04	11.80	562.68				566.04	22.78	562.81	1.65	562.14	4.44	565.61	4.26	588.51	1.61
Minimum (m)	568.81	21.65	562.14	13.93	580.69	12.15	561.85	25.73	580.99	17.66	565.70	23.12	561.98	2.48	560.09	6.49	565.54	4.33	587.96	2.16
Maximum (m)	569.58	20.88	564.39	11.68	581.52	11.32	563.56	24.02	582.86	15.79	566.53	22.29	563.42	1.04	562.40	4.18	565.91	3.96	589.18	0.94
Différence (m)		0.77		2.25		0.83		1.71		1.87		0.83		1.44		2.31		0.37		1.22

LEGENDE : 569.07 **Niveau de plus hautes eaux sur l'année civile servant pour le calcul des hautes eaux décennales selon la loi de Gumbel**

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	**Communes** La Chaux et Senarclens **Projet** Gravière "Les Bulles" **Titre de l'ann.** Calcul des hautes eaux décennales selon la loi de Gumbel	**ANNEXE n° 1257-2.10b**

Loi d'ajustement statistique de Gumbel

F(pz) fonction de répartition $$F(Pz) = \exp\left[-\exp\left[-\frac{Pz-\alpha}{\beta}\right]\right]$$

T(pz) période de retour $$T(Pz) = \frac{1}{1-F(Pz)}$$

Calcul des paramètres de la loi de Gumbel pour les mesures maximales annuelles de piézométrie

Piézomètre	Ch156	Ch157	Ch158	Ch159	Ch1510	Ch1511
Période	2015-2024	2015-2024	2015-2024	2015-2024	2015-2017	2015-2024
m (moyenne)	569.18	563.81	581.10	563.15	582.34	566.18
s (écart-type)	0.16	0.45	0.14	0.35	0.73	0.16
a = m - (0.45 x s)	569.10	563.61	581.04	562.99	582.01	566.11
b = s / 1.28	0.13	0.35	0.11	0.27	0.57	0.13
Nbre valeurs	10	10	10	10	3	10

Calcul du niveau piézométrique en fonction du temps de retour en années

Temps de retour T (année)	Piézomètres					
	Ch156	Ch157	Ch158	Ch159	Ch1510	Ch1511
1	568.66	562.39	580.66	562.05	580.02	565.67
5	569.29	564.14	581.21	563.40	582.87	566.30
10	**569.39**	**564.40**	**581.29**	**563.60**	**583.30**	**566.40**
20	569.48	564.66	581.37	563.80	583.71	566.49

Calcul des paramètres de la loi de Gumbel pour les mesures maximales annuelles de piézométrie

Piézomètre	Ch211	Ch212	Ch213	Ch214
Période	2021-2024	2021-2024	2021-2024	2021-2024
m (moyenne)	563.23	561.91	565.82	589.08
s (écart-type)	0.17	0.29	0.05	0.13
a = m - (0.45 x s)	563.15	561.78	565.80	589.02
b = s / 1.28	0.13	0.23	0.04	0.10
Nbre valeurs	4	4	4	4

Calcul du niveau piézométrique en fonction du temps de retour en années

Temps de retour T (année)	Piézomètres			
	Ch211	Ch212	Ch213	Ch214
1	562.69	560.99	565.65	588.67
5	563.35	562.12	565.86	589.17
10	**563.45**	**562.29**	**565.89**	**589.25**
20	563.55	562.45	565.92	589.33

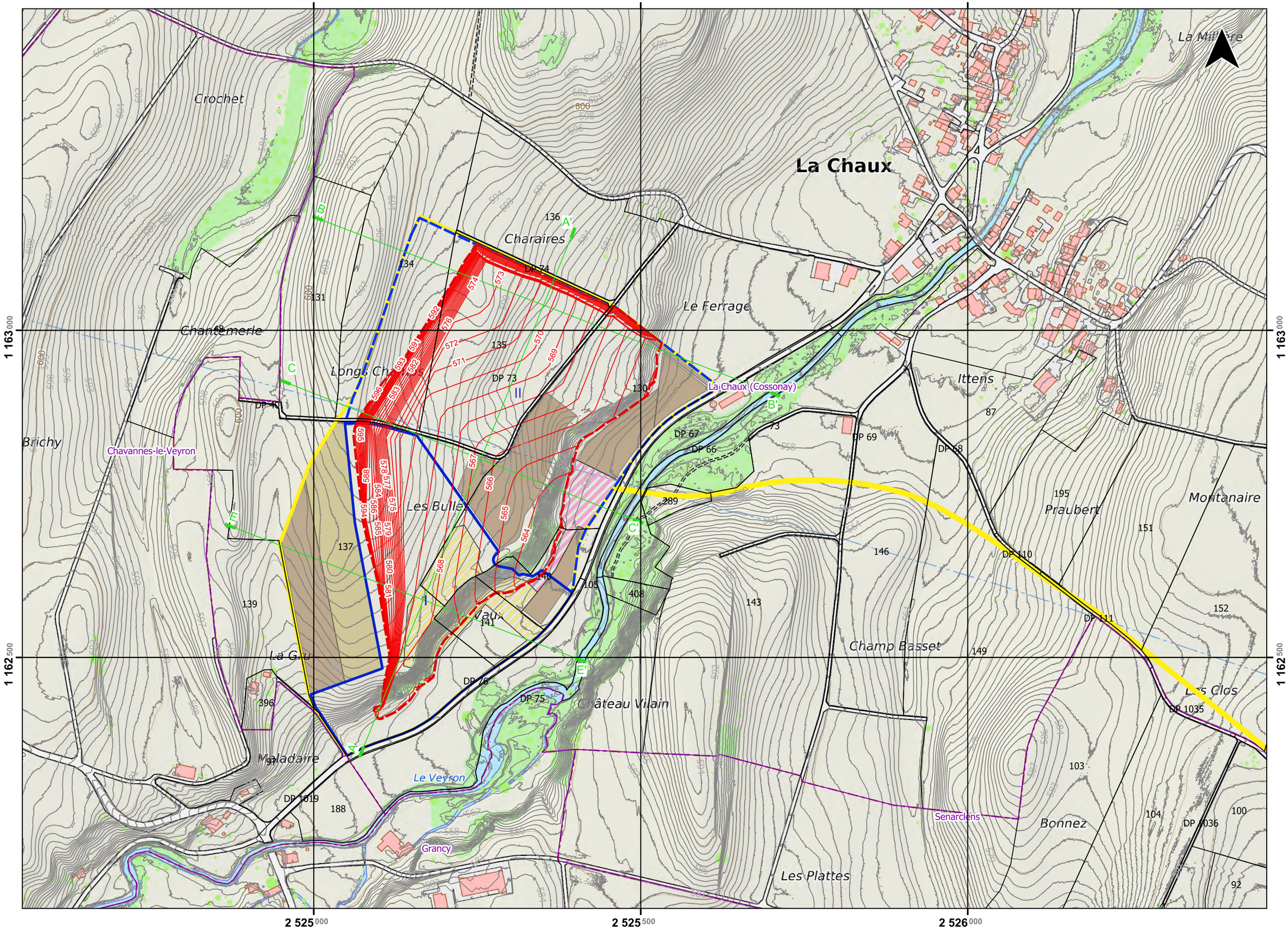
IMPACT – CONCEPT SA ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE	**Communes** **Projet** **Titre de l'annexe**	La Chaux et Senarclens Gravière les Bulles Déscription des principaux points d'eau à proximité du site	**ANNEXE n° 1257-2.11**

ref. CCS	524/162-1	524/162-2	524/162-3	525/163-1	525/163-2	526/163-3	525/165-2	525/165-3	525/165-4	525/165-5
Nom	**Puits**	**-**	**-**	**Ancienne S.communale des fontaines (haut)**	**Ancienne S.communale des fontaines (bas)**	**Puits communal**	**Prévondavaux - captage 7.2**	**Prévondavaux - captage 7.1**	**Prévondavaux occidental supérieur - captage 7.3**	**Captage Cuanoud - captage 7.4**
Lieu-dit	Reverole	-	-	Vuarenchet	Vuarenchet	au village	Prévondavaux	Prévondavaux	Prévondavaux	Prévondavaux
Type captage	Puits	Source captée	Source captée	Source captée	Source captée	Puits	Source captée	Source captée	Puits	Source captée
Altitude	611	580	580	570	570	555	560	550	555	550
Usage	Arrosage	Font. Et abreuvoirs	Ferme (pas d'eau courante)	Alimentait anciennement les fontaines du village,mais va actuellement au drainage	Alimentait anciennement les fontaines du village,mais va actuellement au drainage	Inutilisée actuellement,ne servirait qu'en cas d'incendie.	Réservoir communal de Lausanne,avec en passant quelques communes branchées sur la conduite.	Réservoir communal de Lausanne,avec en passant quelques communes branchées sur la conduite.	Réservoir communal de Lausanne,avec en passant quelques communes branchées sur la conduite.	Réservoir communal de Lausanne,avec en passant quelques communes branchées sur la conduite.
Consommateur	M. Zimmermann	Ferme attenante	Ferme (pas d'eau courante)	-	-	Commune de La Chaux	Ville de Lausanne	Ville de Lausanne	Ville de Lausanne	Ville de Lausanne
Intérêt public	Non	Non	Non	Non	Non	Non	Oui	Oui	Oui	Oui
Observations	Vieux puits en pierre. L'eau est à 5 m sous le niveau du sol	On voit arriver 2 drains cassés et une vieille coulisse en pierre au sac.	Serait un captage drainant en drains non jointifs dans de la moraine glissée à faible profondeur.	Vieux captage drainant dans de la moraine par une coulisse en pierres.	Captage drainant par une vieille coulisse en pierres dans des graviers.	Puits en pierrescouvert d'une dalle en béton.	On voit 2 arrivées en ciment dans le regard. Ouvrages de longueur inconnue dans des sables et graviers fluvio-glaciaires,stratifiés,for mant une butte au-dessus des captages.	Deux ouvrages différents arrivent ici dans 2 chambres séparées.L'une en éternit d'un captage inconnu dans des graviers fluvio-glaciaires et sis probablement 3-400m vers le SW et l'autre en fonte amenant l'eau du sac 2.	Puits circulaire en ciment d'1m de diamètre et 4m de profond. Sur le fond 3 venues.	Le départ vers la chambre de réunion située en aval est drainant. Sa longueur est de 44m environ et sa direction générale est sud-est depuis le regard 7.3.

ANNEXE N° 1257-3

PROJET

- 1257-3.1 Principe d'exploitation au 1 : 5’000
- 1257-3.2 Plan du réaménagement et des mesures écologiques au 1 : 3'000
- 1257-3.3 Convoyeur à bande - Situation générale et profil en long au 1 : 2'000 / 1 : 500
- 1257-3.4 Profil en long du convoyeur et géologie prévisionnelle au 1 : 2’000
- 1257-3.5 a. Convoyeur à bande, tronçon aérien - Situation et profil en long au 1 : 100
- 1257-3.5 b. Coupe schématique frontale du convoyeur, tronçon souterrain
- 1257-3.6 a. Calendrier indicatif de l’exploitation
- 1257-3.6 b. Principe d’exploitation – années 2 à 8 au 1 : 7’500
- 1257-3.6 c. Principe d’exploitation – années 10 à 16 au 1 : 7’500
- 1257-3.7 a. Plan - Détail des installations au 1 :1'500
- 1257-3.7 b. Installation de traitement de graviers – Gravières les Bulles – Situation au 1 : 2’000
- 1257-3.7 c. Installation de traitement de graviers – Gravières les Bulles – Schéma du flux des matériaux


2 525 000
2 525 500
2 526 000
1 163 000
1 162 500
La Chaux
Crochet
Charaires
Le Ferrage
Chantemerle
Longs Ch.
Ittens
Brichy
Chavannes-le-Veyron
La Chaux (Cossonay)
Les Bulles
Vaux
La Gru
Maladaire
Le Veyron
Grancy
Château Vilain
Champ Basset
Les Plattes
Praubert
Montanaire
Bonnez
Les Clos
Senarclens
DP 74
DP 73
DP 40
DP 67
DP 66
DP 69
DP 58
DP 110
DP 111
DP 1035
DP 1036
DP 76
DP 75
DP 1019
A
A'
B
B'
C
C'
D
D'
E
E'
136
134
131
135
130
289
73
87
195
151
146
140
105
408
143
152
149
139
141
137
396
188
103
104
100
92

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Principe d'exploitation
1:5'000

LEGENDE

- Communes
- Limites parcellaires
- Plan d'extraction
- Limite de la zone d'extraction
- Etape I
- Etape II
- Courbes de niveau initiales (1m)
- Courbes de niveau du fond d'exploitation
- Profils géologiques interprétatifs

Zones des installations

- Zone des installations de traitement et accès (étape 1)
- Zone de chargement/déchargement et de circulation du convoyeur (étape 2)

Stocks

- Butte
- Decouverte
- Sol

IMPACT – CONCEPT SA ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE	Annexe n° 1257-3.1	Date	Dessin	Visa
		22.01.2025	IF	AM
		19.02.2025	JE	AM
	Format 61x29.7 cm	18.03.2025	IF	AM

2 525 000
2 525 500
1 163 000
1 162 500
Chantemerle
608
601
578
Le Ferrajoz
Ch. du Ferrajoz
Chavannes-le-Veyron
La Chaux (Cossonay)
Les Bulles
La Gru
560
565
569
595
Grancy
Château Vilain

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Plan du réaménagement et des mesures écologiques 1:3'000

LEGENDE

- Communes
- Parcelles
- Plan d'extraction

Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II
- Périmètre du réaménagement
- Courbes de niveau initiales
- Courbes de niveau du réaménagement

Forêt

- Défrichement définitif
- Reboisement de compensation
- Assiette de reboisement, compensation antérieur (mention n°2006/3311)
- Assiette de reboisement déplacée
- Défrichement/reboismenet temporaire

Mesures écologiques

- Butte arborée temporaire
- Haies et bosquets
- Ensemmencement d'une prairie maigre
- Ensemmencement d'une prairie de fauche
- Arbres isolés (indigènes et frutiers)

		Date	Dessin	Visa
IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-3.2	22.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE LIAISON "LES BULLES" - "GRATTELOUP" PAR CONVOYEUR A BANDES

Site PDCar n°1222-005

Situation générale et profil en long 1:2'000/1:500

LEGENDE

- Communes
- Parcelle
- Courbes de niveau actuelles
- Plan d'extraction

Demande de permis d'exploiter
- Etape I
- Etape II

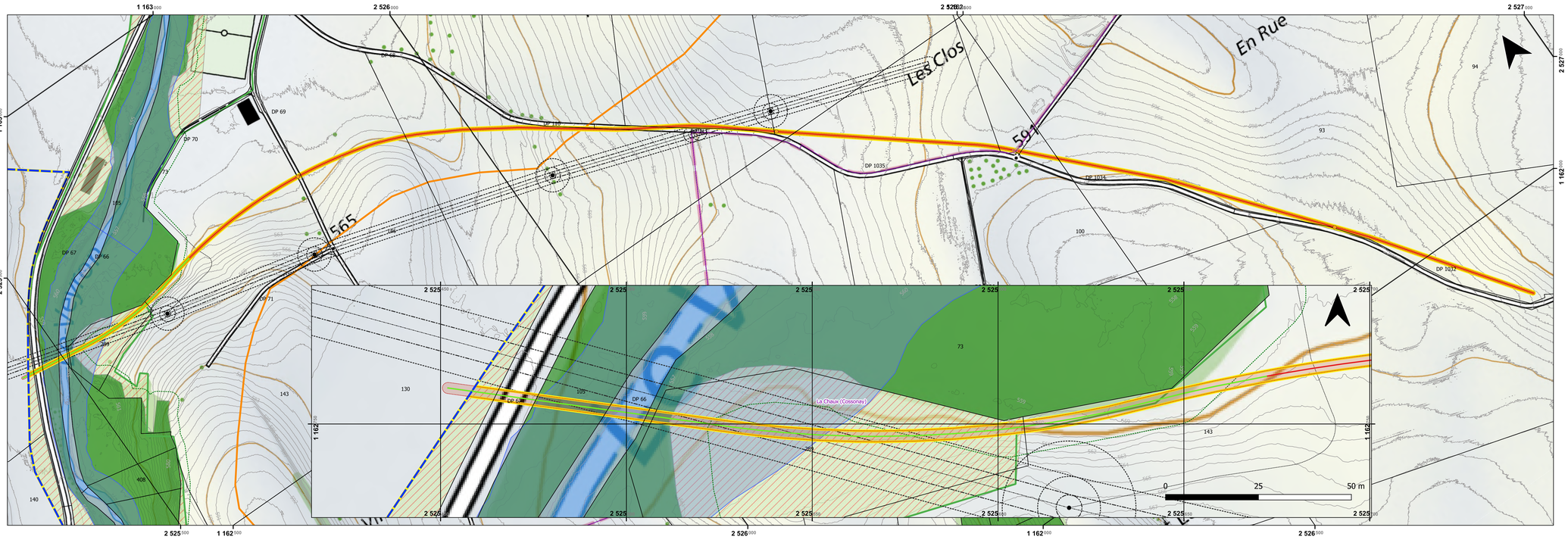
Convoyeur
- Axe aérien
- Axe souterrain
- Emprise du convoyeur
- Accès souterrain au convoyeur

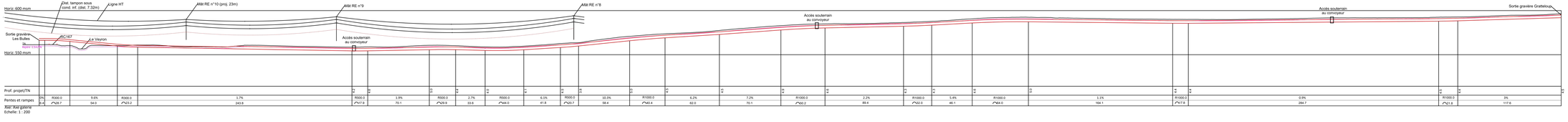
Ligne haute tension - Romande Energie
- Pylones
- Ligne aérienne
- Ligne enterrée
- Conducteurs extérieurs
- Distance tampon 18m des pylones
- Distance tampon 5m des conducteurs extérieurs

Nature

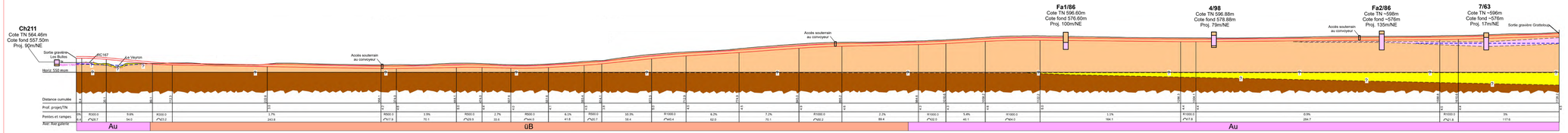
PAC Venoge
- Périmètre n°2 : couloirs de la Venoge et du Veyron
- Périmètre n°3: vallées de la Venoge et du Veyron
- Périmètre n°4 : bassin versant de la Venoge
- Espace réservé aux eaux

Zone principale d'affectation du sol
- Zone agricole protégée 16 LAT
- Aire forestière 18 LAT
- Limites des 10m à la lisière





IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-3.3	Date	Dessin	Visa
		20.03.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			



Orllati
Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

GRAVIERE “LES BULLES”

Site PDCar n° 1222-005

PROFIL EN LONG DU CONVOYEUR ET GEOLOGIE PREVISIONNELLE 1:2'000

LEGENDE

- Emprise verticale du projet d’ouvrage
- Niveau de la nappe supposé

Géologie prévisionnelle supposée :

- Remblais
- Moraine de fond
- Sables et graviers fluvioglaciaires
- Alluvions récentes, dépôts palustres, lacustres ou glaciolacustres fins
- Molasse chattienne

Forages et sondages :

7/63
Cote TN ~596m
Cote fond ~576m
Proj. 17m/NE

ID de l’ouvrage
Cote alt. du TN
Cote alt. du fond de l’ouvrgage
Distance projetée de l’ouvrage par rapport à l’axe du convoyeur / direction de projection
Log simplifié

IMPACT – CONCEPT SA ENVIRONNEMENT · BIOLOGIE · EAU · ENERGIE	Annexe n° 1257-3.4 Format 113x29.7 cm	Date	Dessin	Visa
		27.01.2023	TS	CS

CONVOYEUR A BANDE

TRACE CONVOYEUR — **POUR ÉTUDE**

Date de création :	27.04.2022	Dessin :	-
Format du plan :	74 x 128 [cm]	Contrôle :	-
Nom du fichier :	Z:\23029 Convoyeur de gravats\04_PLANS NF\C\23029-001_Tracé situation Variante 1	Niv ±0.00 :	-

MODIFICATIONS:

A	06.12.2024	MB	Mise à jour projet
B	08.01.2025	MB	Mise à jour projet
C			
D			

REFERENCES:

Plan architecte :
Plan CVSE:
-
-

INGENIEUR :

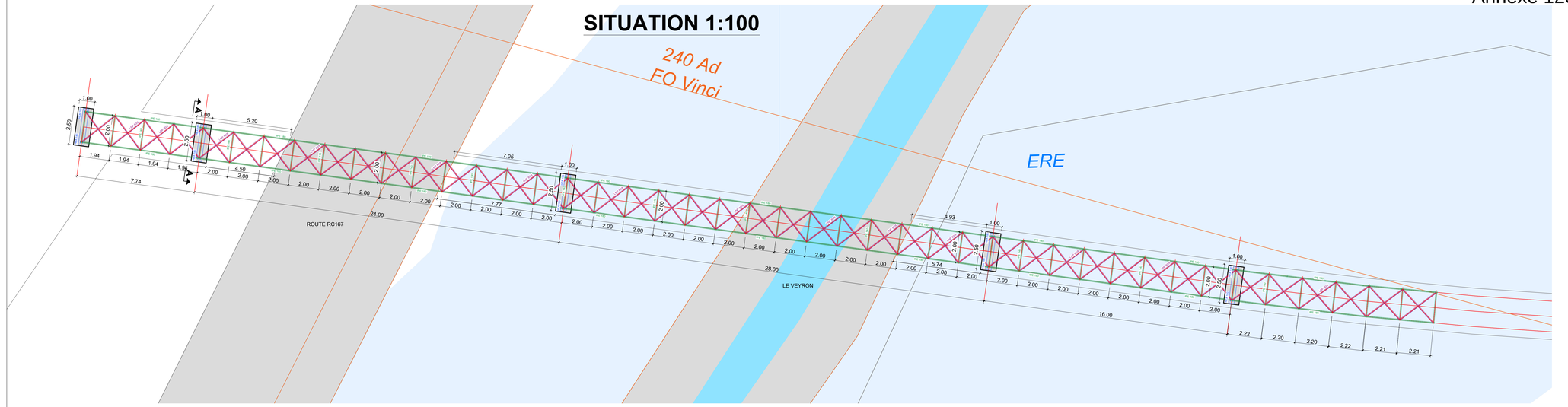
NICOLAS FEHLMANN INGENIEURS-CONSEILS SA
Place du Casino 4 - CP - 1110 Morges I - CH
Rue du Grand-Chêne 2 - 1003 Lausanne - CH
Rue de Lyon 120 - 1203 Genève - CH
www.nfic.ch
bureau@nfic.ch
Tél 021 804 66 80

ARCHITECTE :

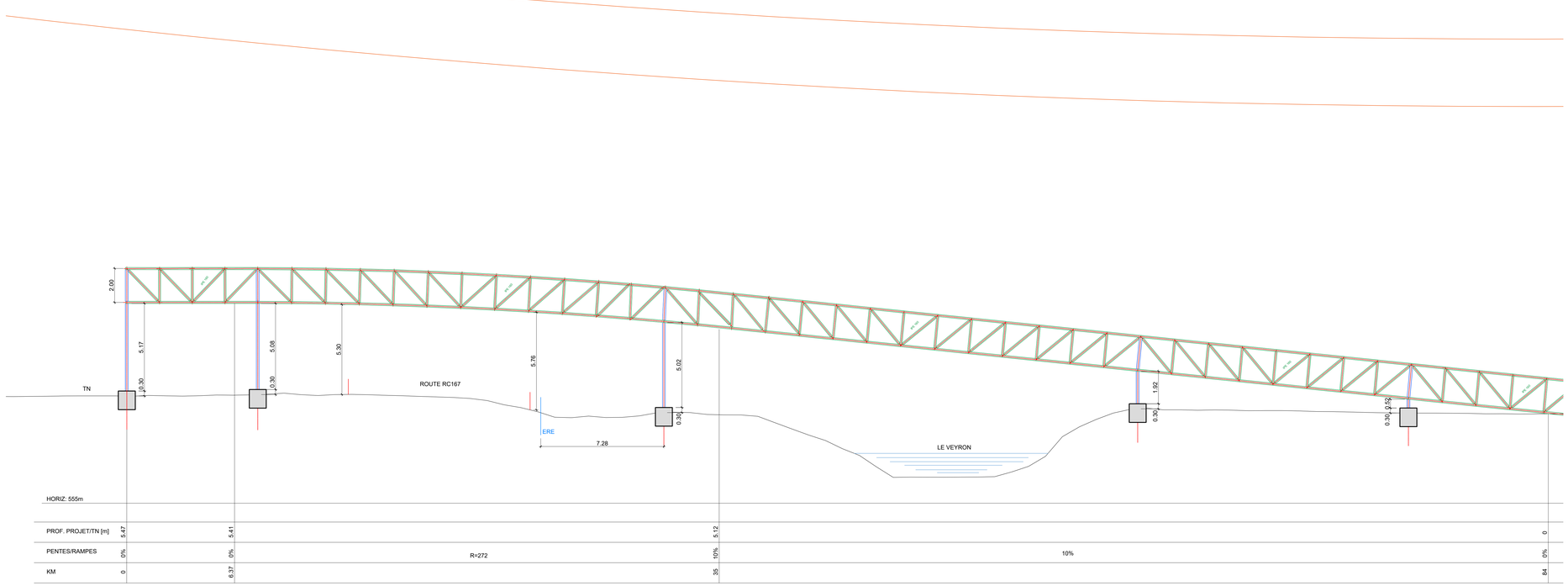
PLAN D'INGENIEUR N°

23029-001b

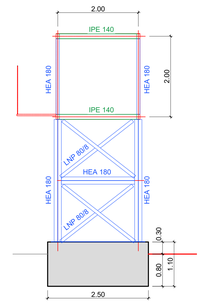
SITUATION 1:100



PROFIL EN LONG 1:100



COUPE A-A 1:50



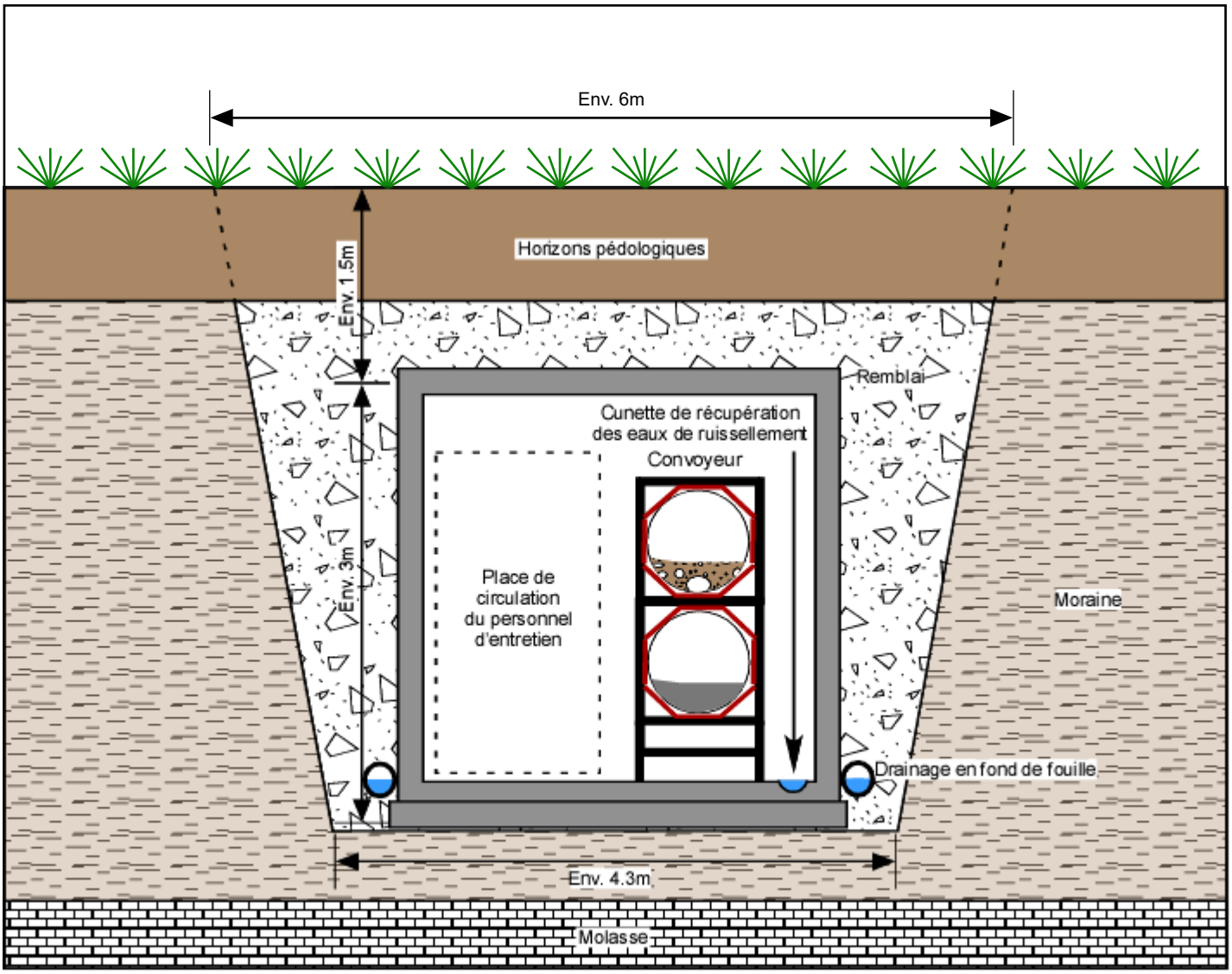
Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

GRAVIERE “LES BULLES”

Site PDCar n° 1222-005

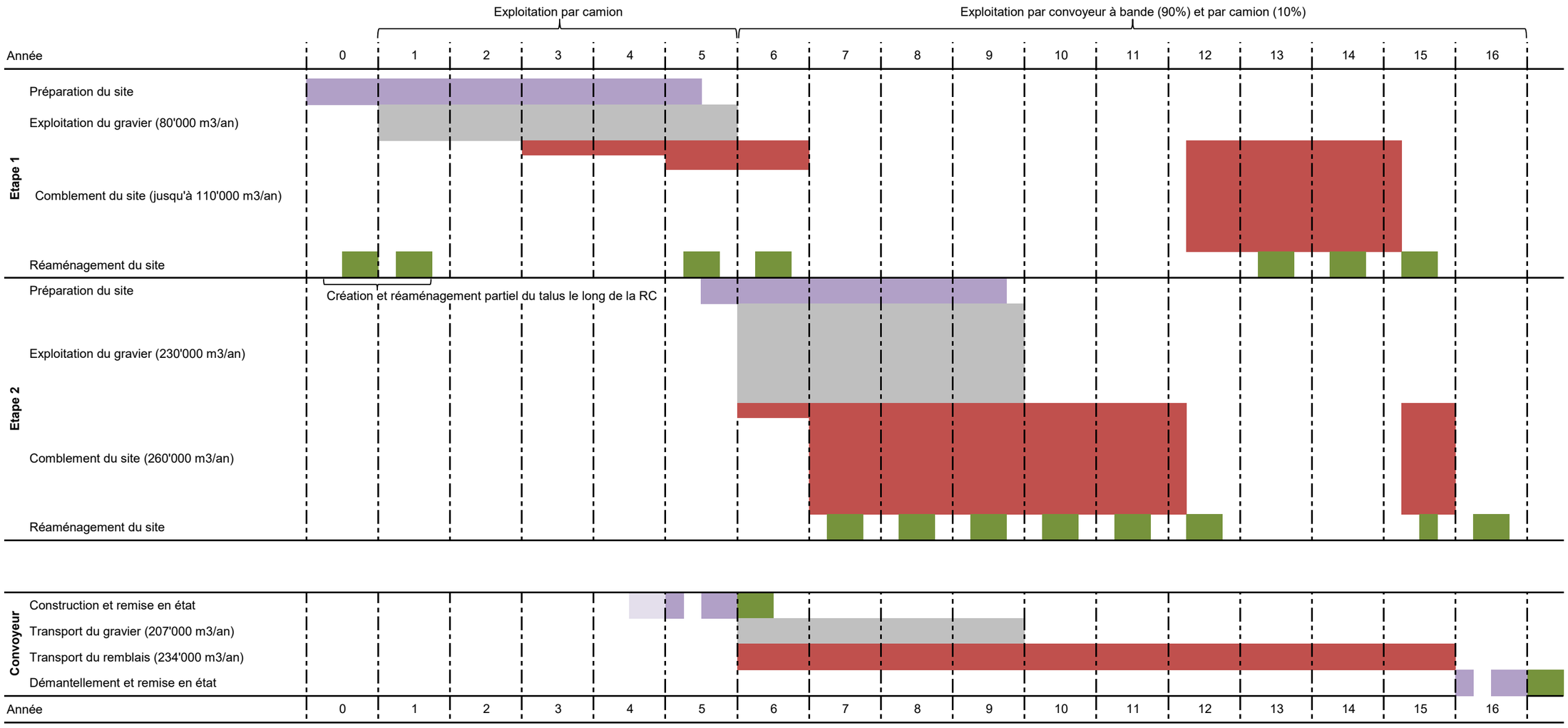
COUPE SCHEMATIQUE FRONTALE DU CONVOYEUR



IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-3.5b	Date	Dessin	Visa
		06.03.2025	JJ	CS
	Format 21x29.7 cm			

Communes de La Chaux et Senarclens - Gravière "Les Bulles" Annexe n° 1257-3.6a

CALENDRIER INDICATIF DE L'EXPLOITATION



LEGENDE

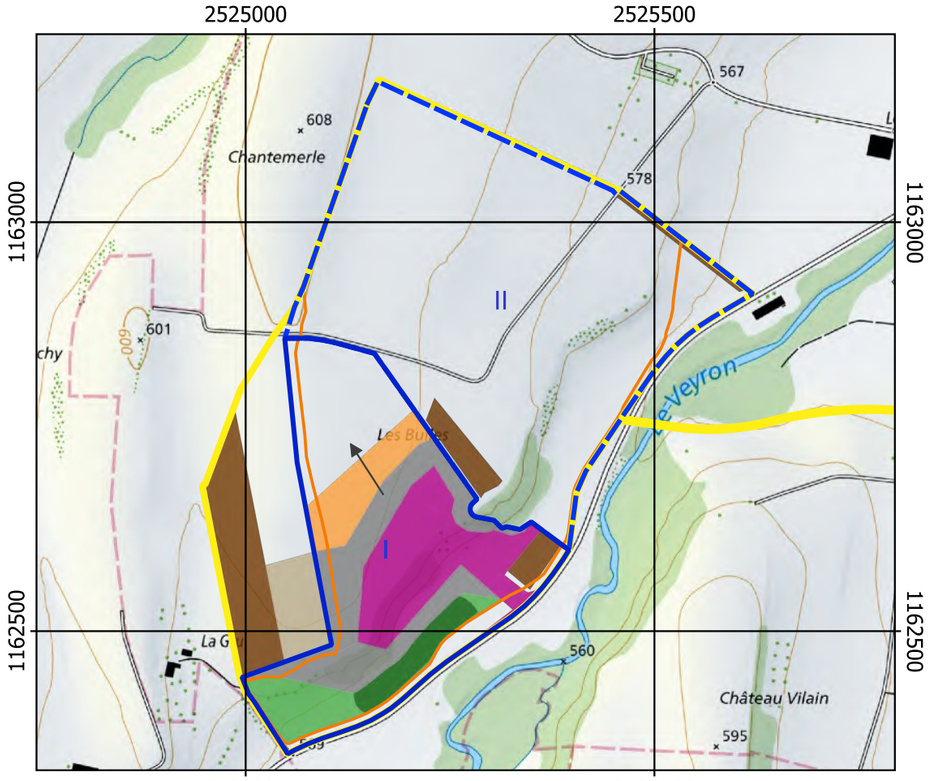
Préparation du site

Exploitation du gravier

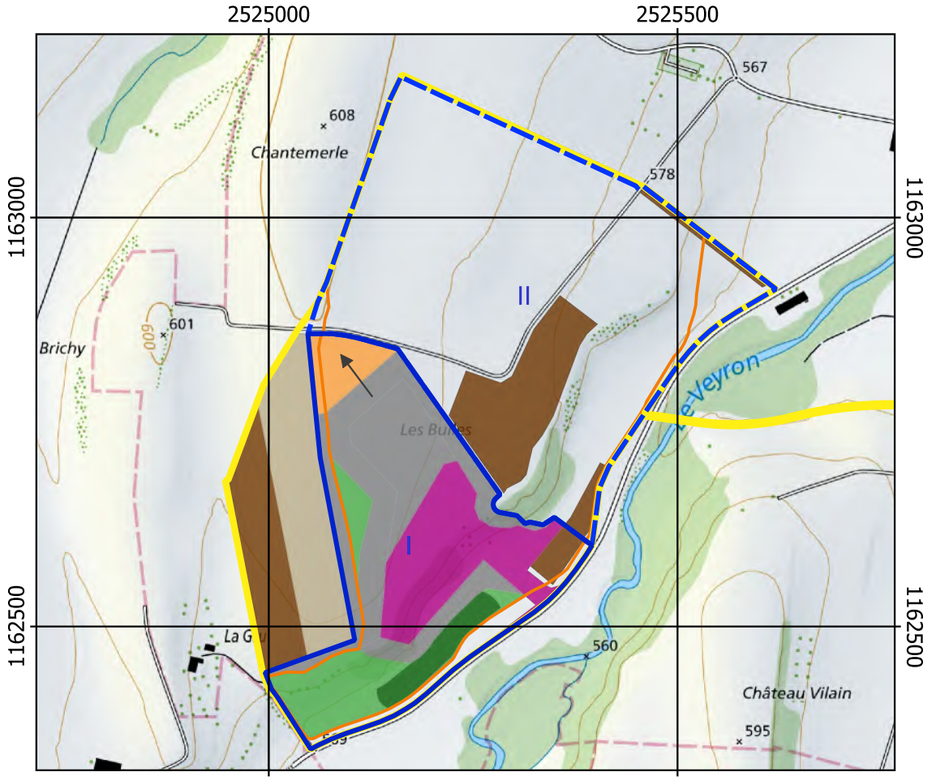
Comblement de la gravière

Réaménagement du site

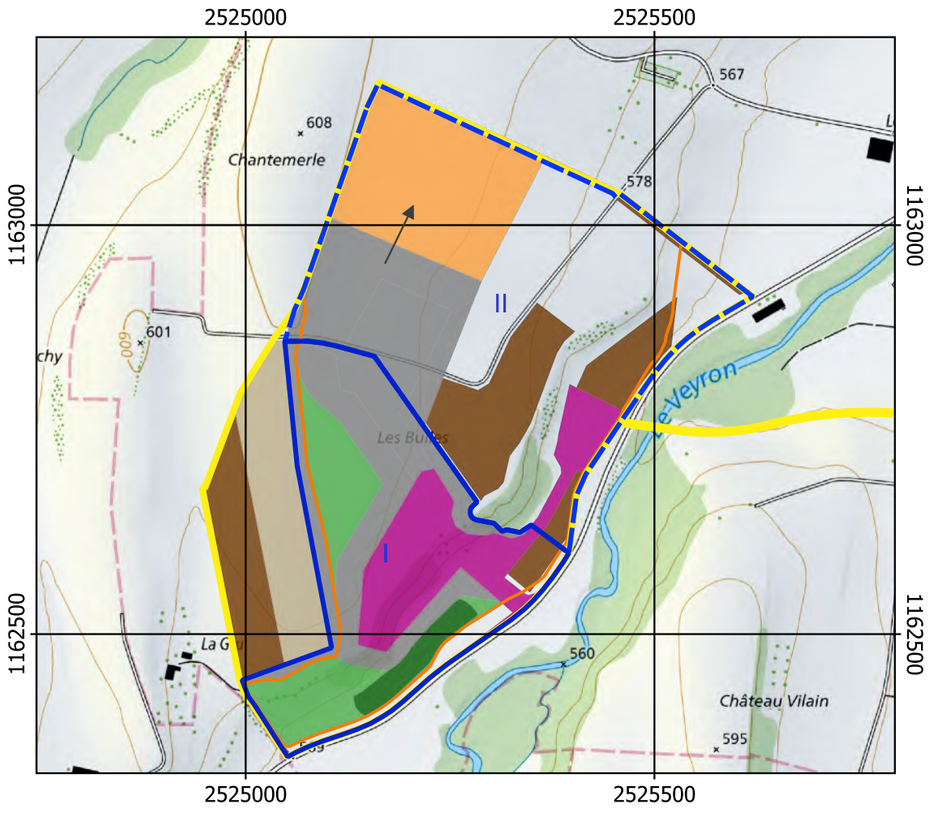
Principe d'exploitation - 2ème année



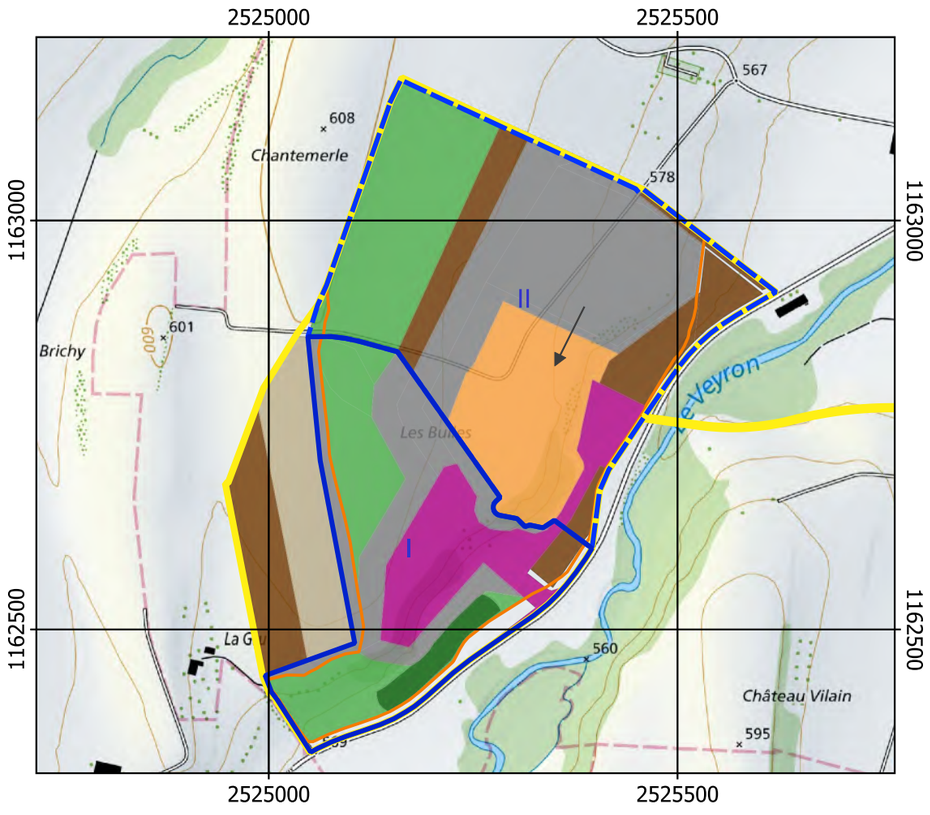
Principe d'exploitation - 4ème année



Principe d'exploitation - 6ème année



Principe d'exploitation - 8ème année



Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE LES BULLES

Principe d'exploitation
Années 2 à 8
1:7'500

Légende

- Plan d'extraction
- Limite réaménagement

Demande de permis d'exploiter

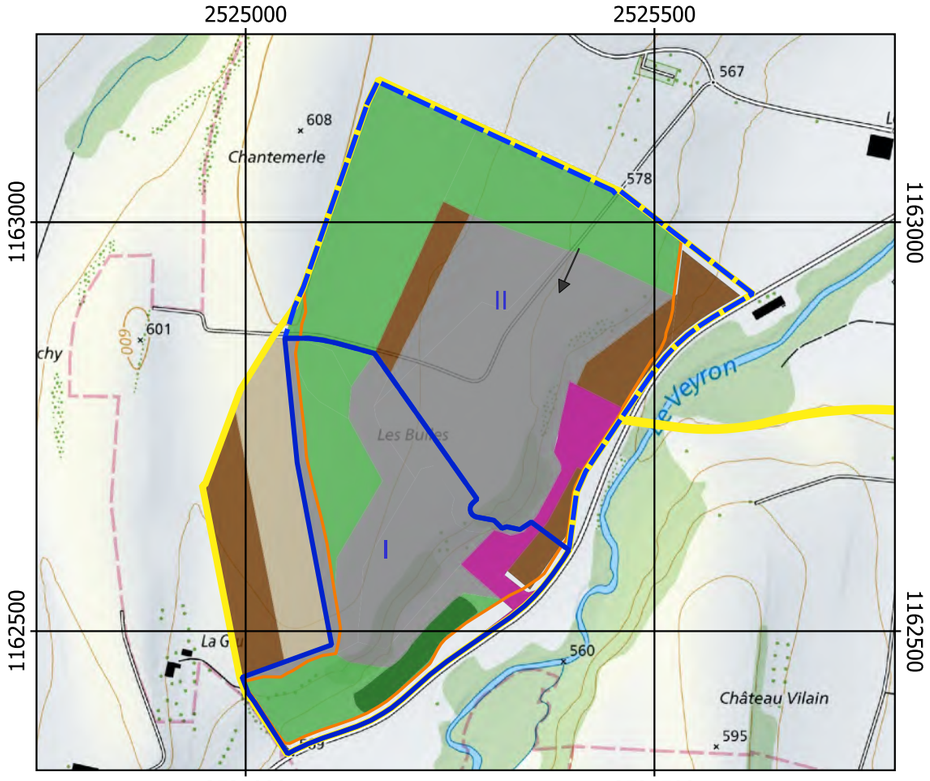
- Etape I
- Etape II

Principe d'exploitation (les limites sont indicatives)

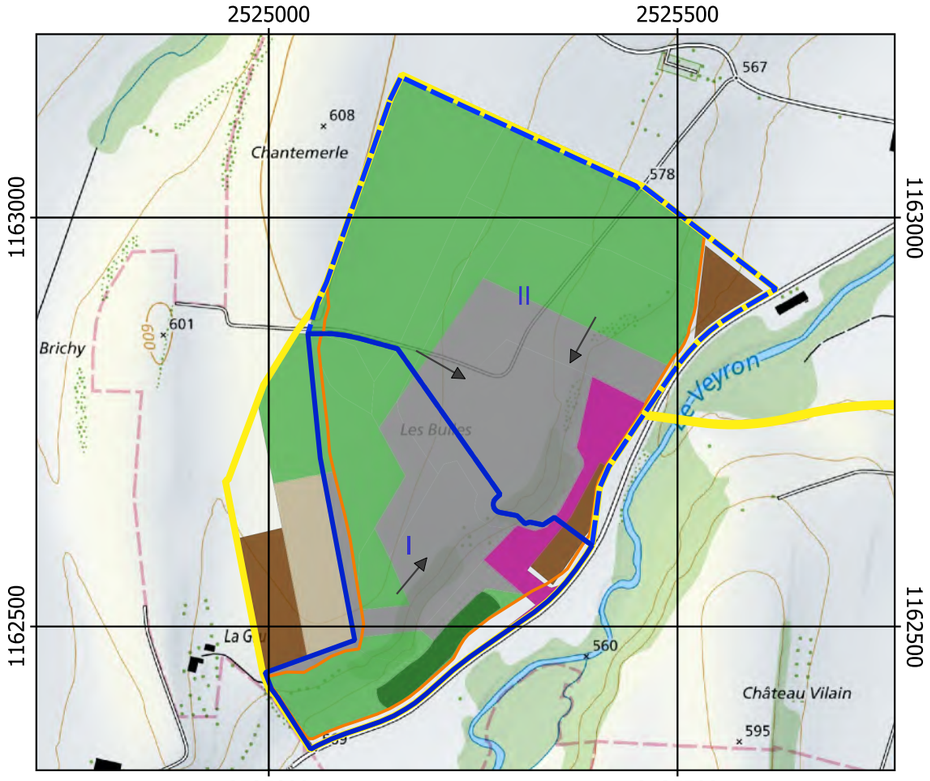
- En préparation (décapages, découverte)
- En exploitation (graviers, remblais)
- Zone d'installations
- Remise en état - agricole
- Remise en état - forêt
- Stocks de sols
- Stock de découverte
- Sens d'exploitation

IMPACT – CONCEPT SA ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE	Annexe 1257-3.6b	Date	Dessin	Visa
		28.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			

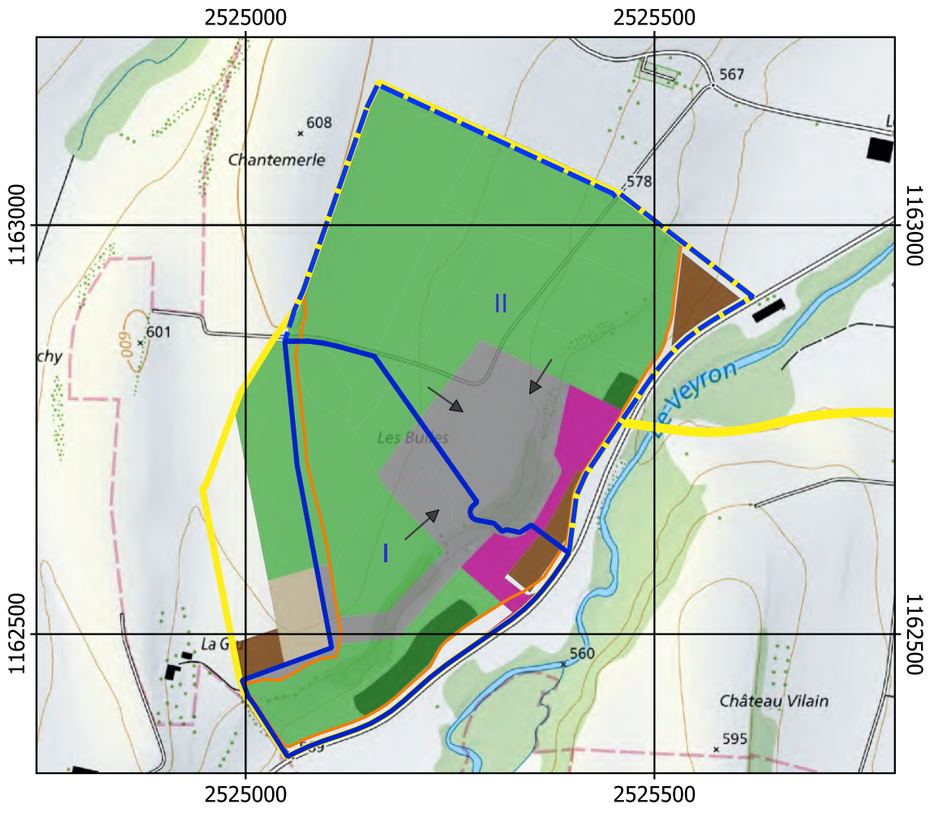
Principe d'exploitation - 10ème année



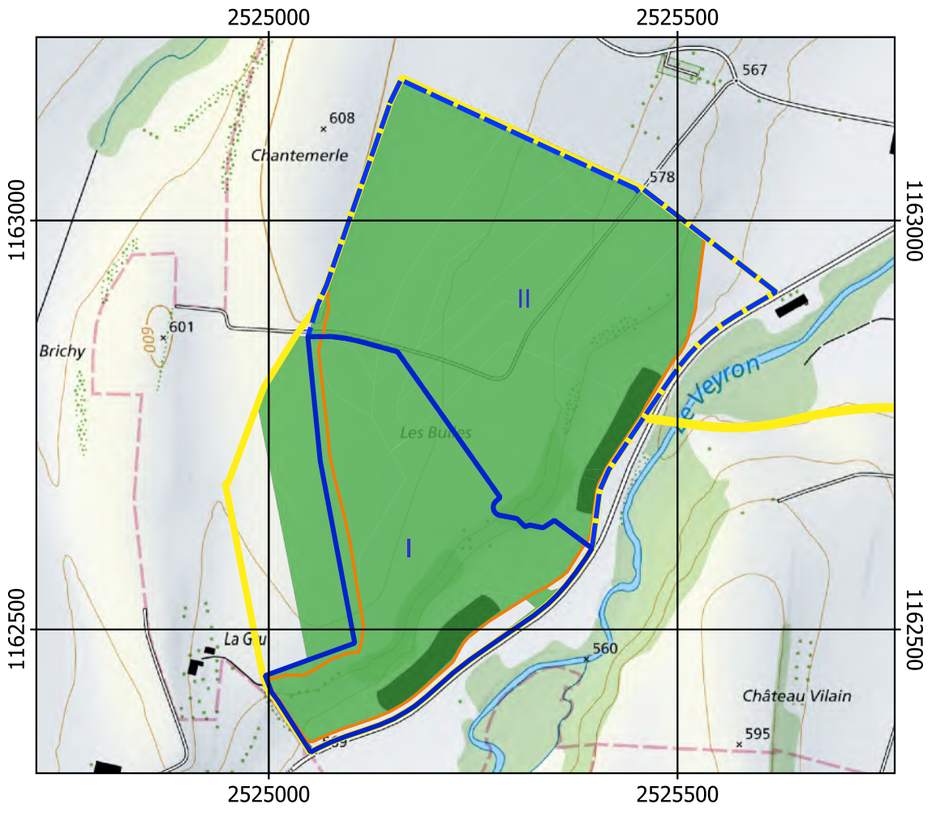
Principe d'exploitation - 12ème année



Principe d'exploitation - 14ème année



Principe d'exploitation - 16ème année



Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE LES BULLES

Principe d'exploitation
Années 10 à 16
1:7'500

Légende

- Plan d'extraction
- Limite réaménagement

Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II

Principe d'exploitation (les limites sont indicatives)

- En préparation (décapages, découverte)
- En exploitation (graviers, remblais)
- Zone d'installations
- Remise en état - agricole
- Remise en état - forêt
- Stocks de sols
- Stock de découverte
- Sens d'exploitation

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe 1257-3.6c	Date	Dessin	Visa
		28.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			

2 525 000 | 2 525 100 | 2 525 200 | 2 525 300 | 2 525 400 | 2 525 500

1 162 800 | 1 162 700 | 1 162 600 | 1 162 500

135
130
137
140
141
105
139
396
97
289
DP 67
DP 66
73
408
DP 76
DP 75
143
La Chaux (Cossonay)
Grancy

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Plan - Détails des installations
1:1'500

LEGENDE

- Communes
- Parcelles
- Plan d'extraction

Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II

Zone d'installations et de circulation

- Etape 1
- Etape 2

Stocks

- Butte
- Decouverte
- Sol

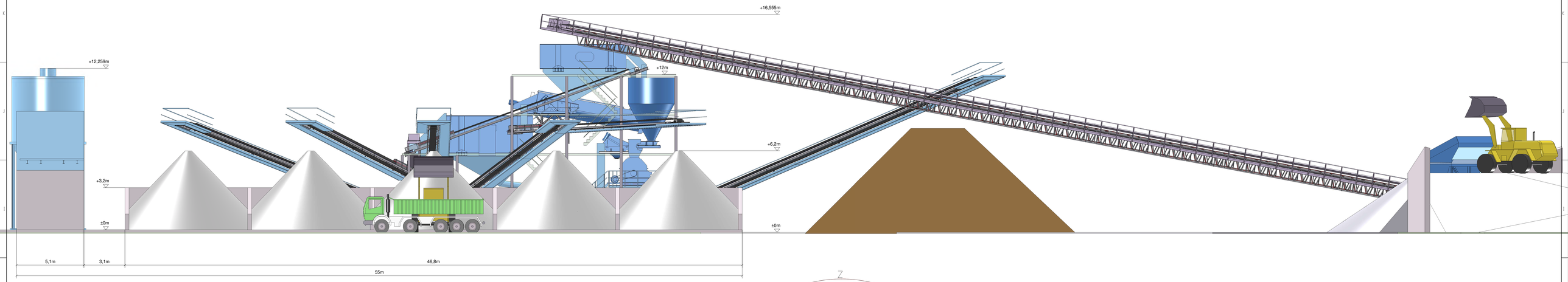
Détails des installations

- Traitement (lavage, presse, tri)
- Traitement (chargement/déchargement du convoyeur dès l'étape 2)
- Bassin de collecte des eaux
- Lavage des bennes
- Stocks des produits finis
- Bureau
- Atelier mécanique
- Balance
- Décrotteur
- route

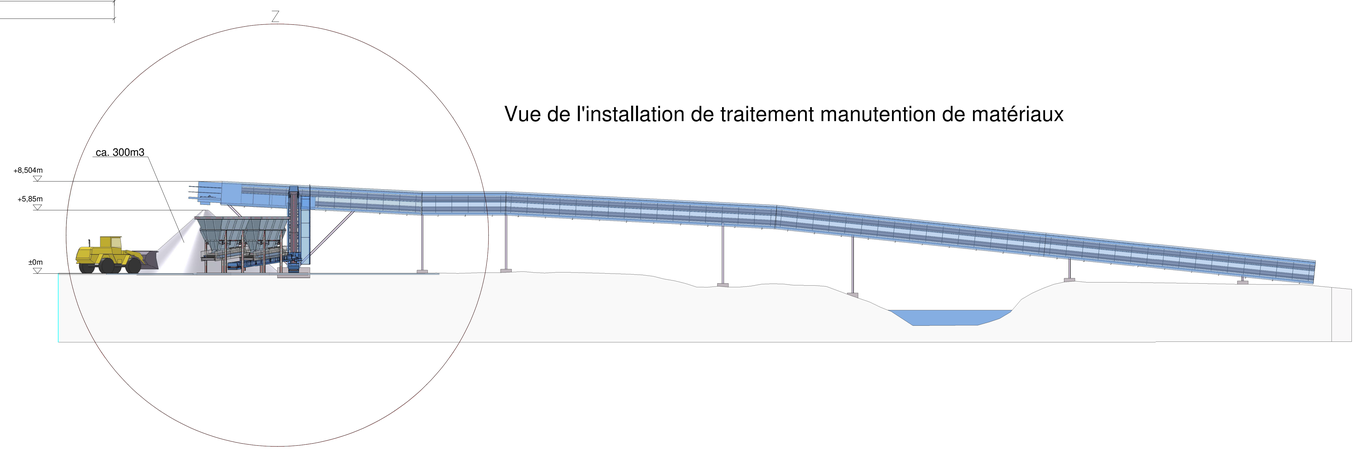
A noter qu'un bassin de rétention de 100m2 pour la gestion des eaux de ruissellement devra être ajouté dans la zone des installations, durant la phase de travaux, en fonction de l'avancée du projet

		Date	Dessin	Visa
IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-3.7a	21.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			

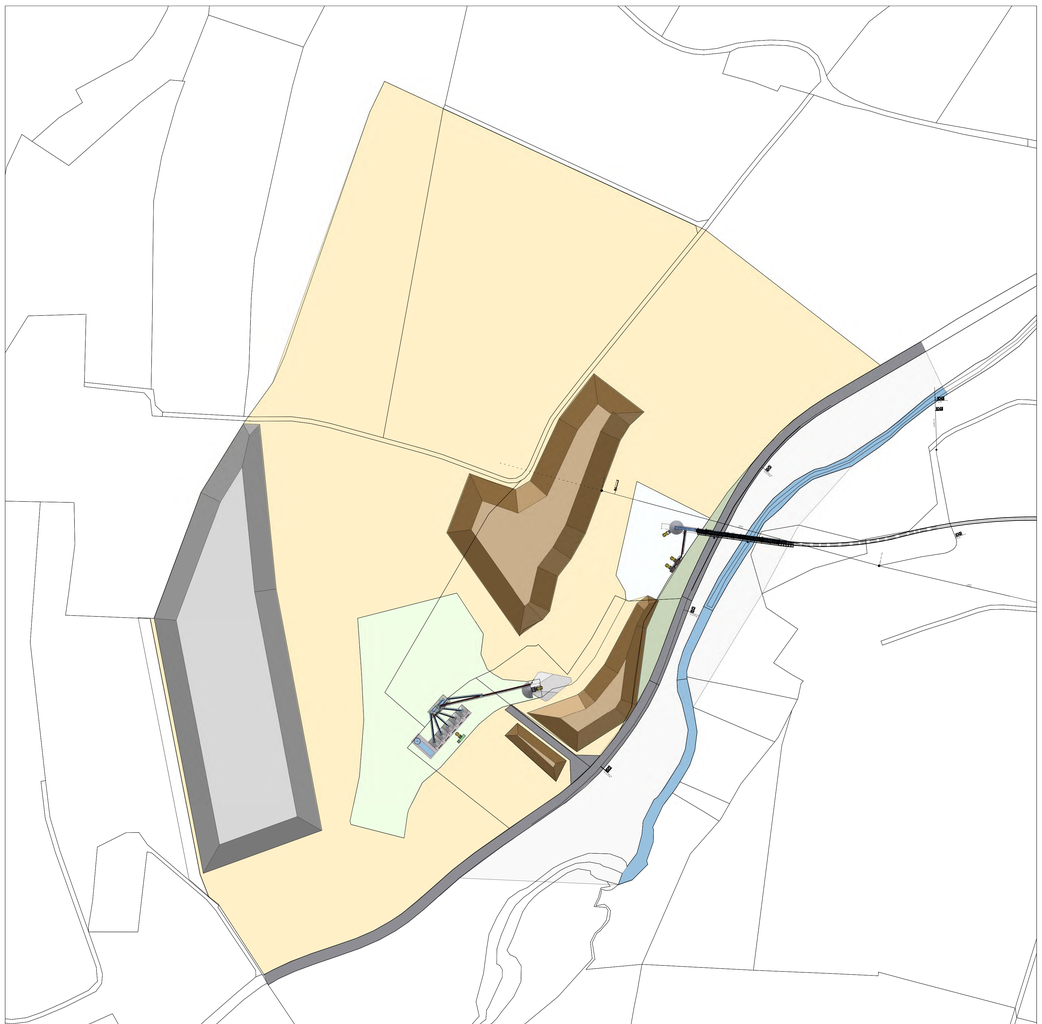
Vue de l'installation de traitement



Vue de l'installation de traitement manutention de matériaux

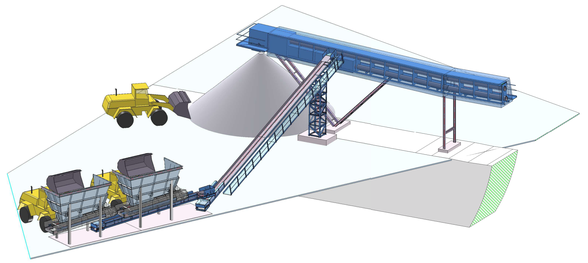


Situation 1:2'000

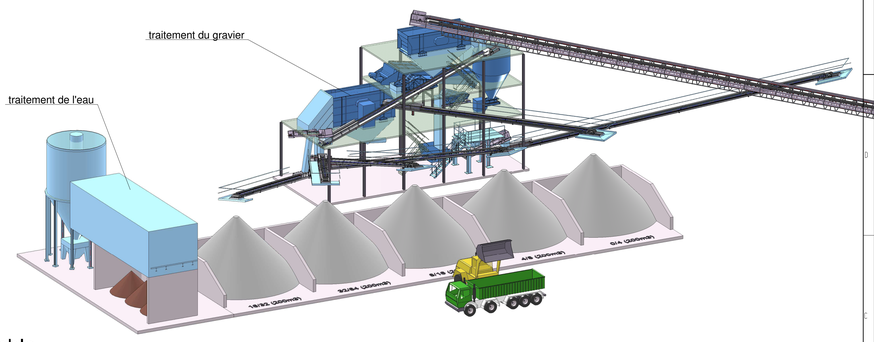


Installation manutention de matériaux

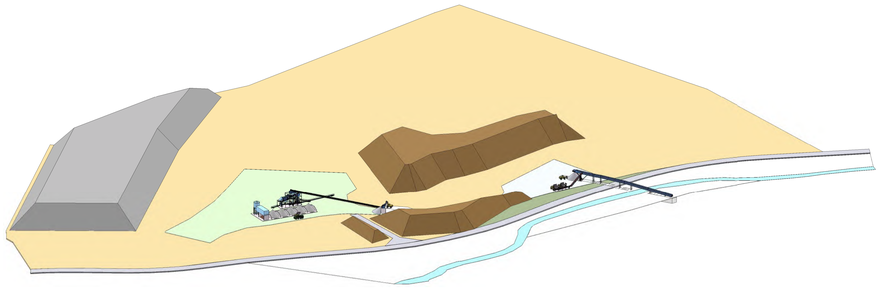
Z (1:200)



Installation de traitement



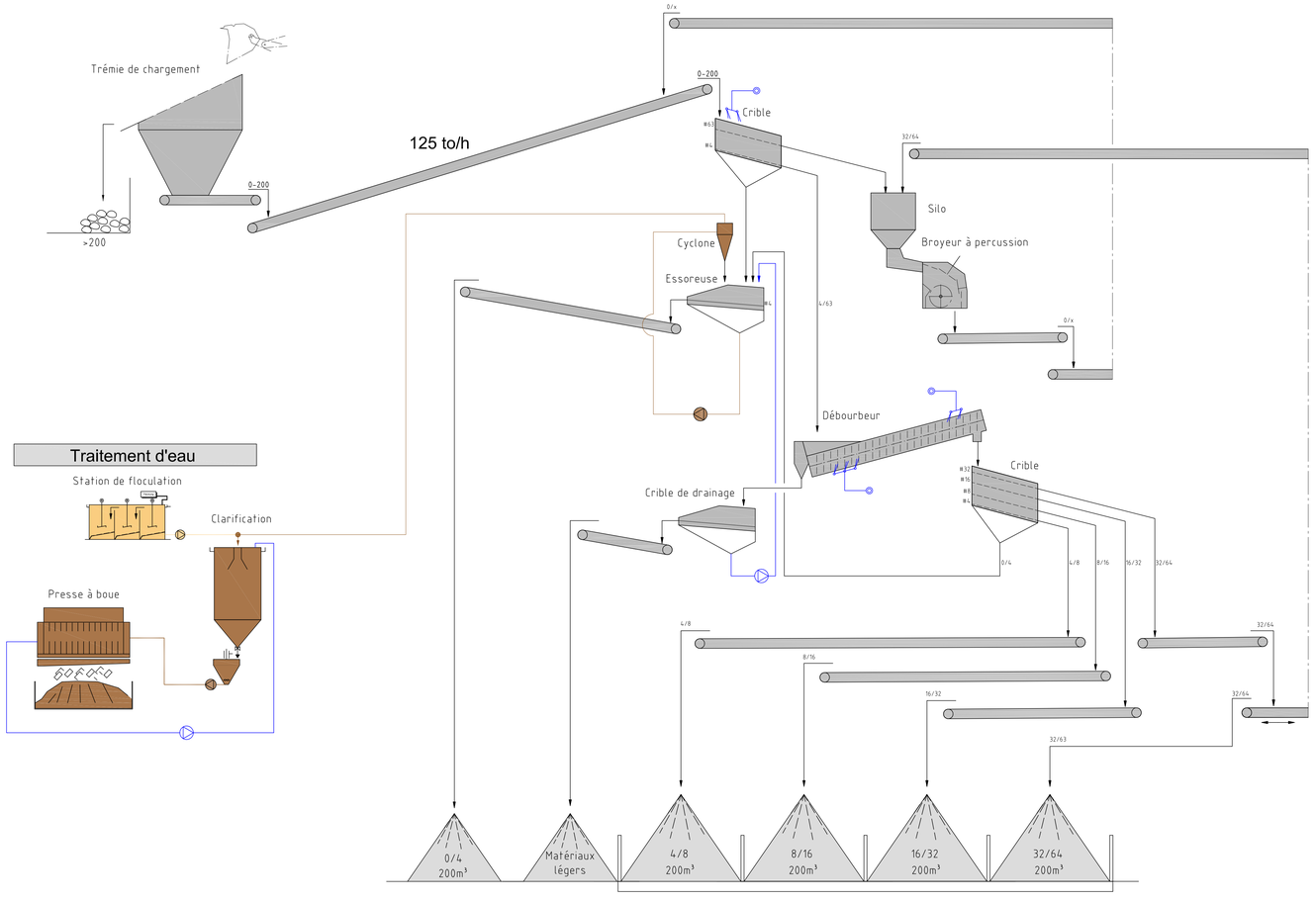
Vue d'ensemble



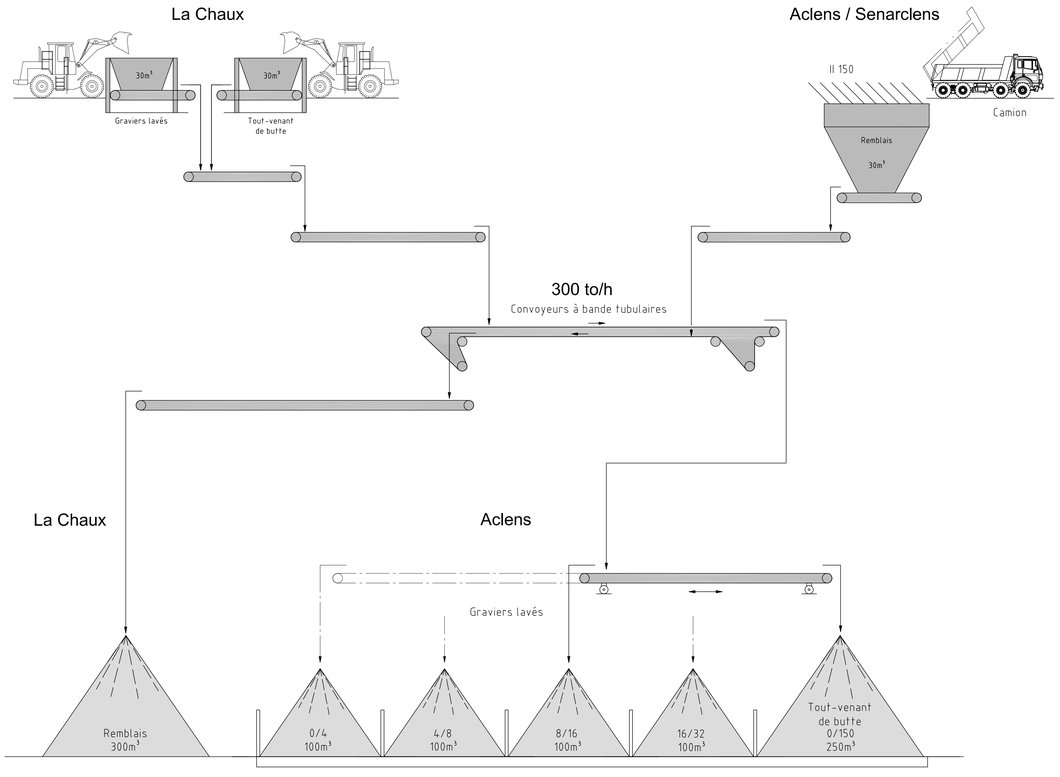
Orlatti SA CH-1040 Echallens	Erstellt für: Erstellt durch: Ersetzt durch:	
Installations de traitement de graviers Gravière Les Bulles Layout / Situation	Massstab 1: 2'000	Ers.: 05.08.2024 04 Gepr.: a 19.11.2024 04
bilger+partner Materiallogistik bilger+partner AG Bahnhofstrasse 51 • 6460 Altdorf t 041 872 10 30 • f 041 872 10 31 www.bilger-partner.ch • mail@bilger-partner.ch	Letzte Änderung: Zeichnungs-Nummer: 424.117.602a	

Bilger+partner AG, CH-6460 Altdorf, Bahnhofstrasse 51 • Tel. 041 872 10 30 • mail@bilger-partner.ch

Installation de traitement



Système de liaison



Orllati SA
CH-1040 Echallens

Installations de traitement de graviers

Gravière Les Bulles
Schéma du flux des matériaux

Ersatz für:
Ersetzt durch:
Ursprung:

Massstab
%

Gez. 18.07.2024 ML
Gepr.
a 19.11.2024 DA

Letzte Änderung:

Zeichnungs-Nummer:
424.117.601a

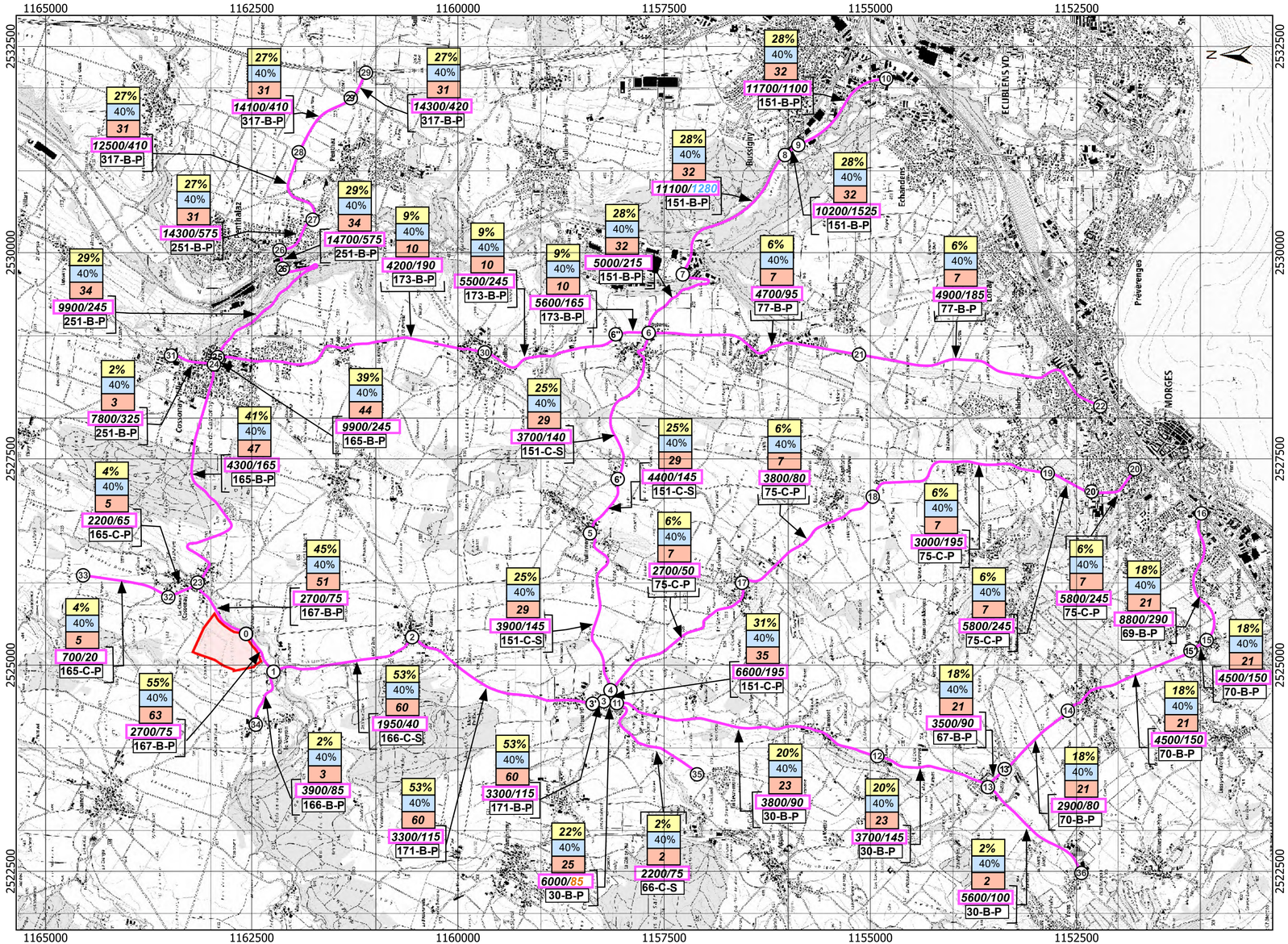
bilger+partner Materiallogistik
bilger+partner AG
Bahnhofstrasse 51 • 6460 Altdorf
t 041 872 10 30 • f 041 872 10 31
www.bilger-partner.ch • mail@bilger-partner.ch

Partnerpool • Copies • Kopien

ANNEXE N° 1257-4

TRANSPORT ET TRAFIC

- 1257-4.1 a. Plan de circulation – Etape 1 au 1 : 40'000
- 1257-4.1 b. Plan de circulation – Etape 2 au 1 : 40'000
- 1257-4.2 a. Etape 1 – Charges de trafic
- 1257-4.2 b. Etape 2 – Charges de trafic



Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

GRAVIERE “LES BULLES”

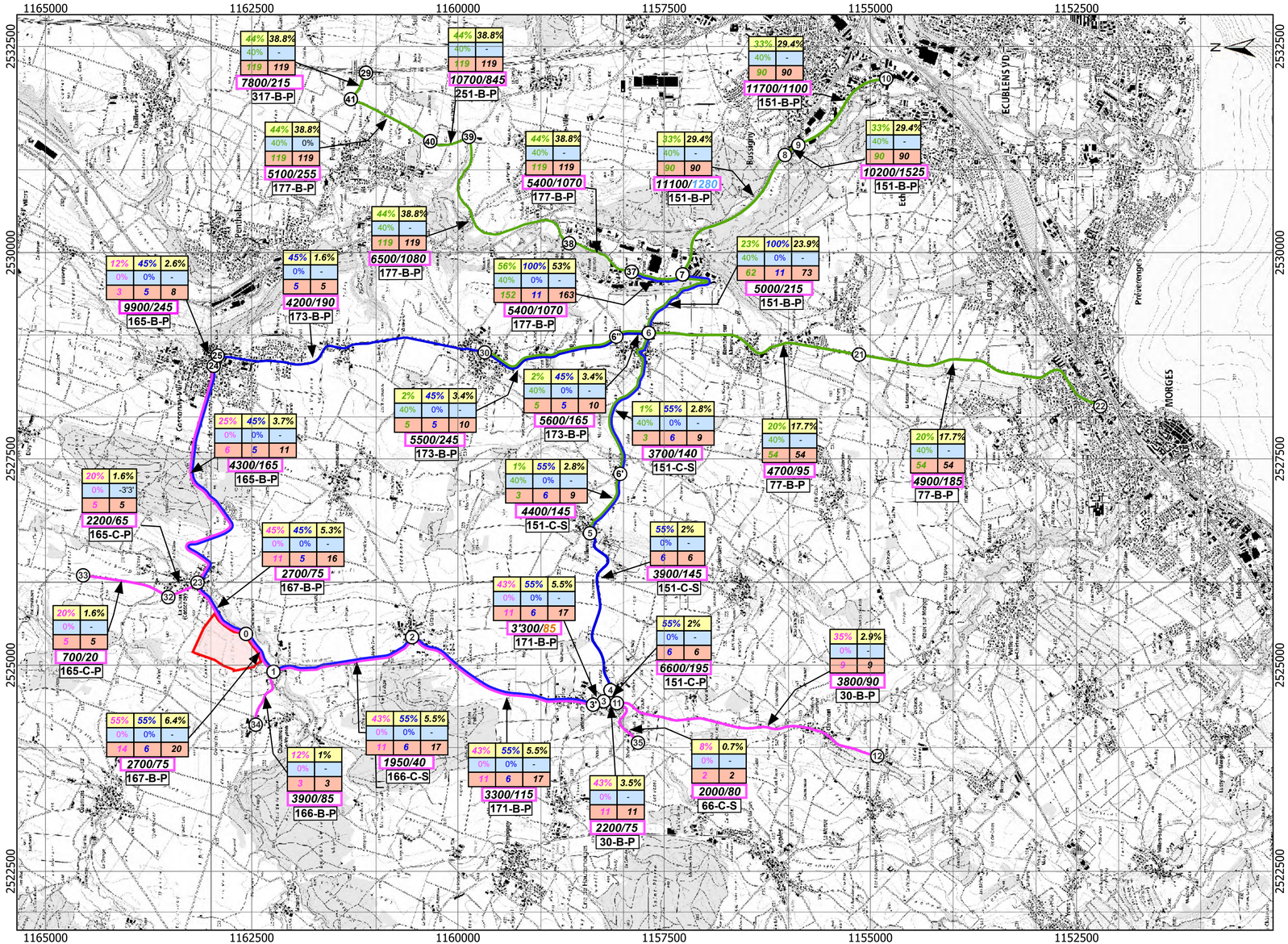
Site PDCar n° 1222-005

PLAN DE CIRCULATION
ETAPE 1
1 : 40'000

LEGENDE

- Périmètre du projet “Les Bulles”
- (1)—(2) Tronçon routier 1 - 2
- 5'000/210 — Trafic journalier moyen (TJM 2022) véhicules légers et lourds / véhicules lourds
- 5'000/210 — Trafic journalier moyen corrigé sur la base de comptage de la DGMR - véhicules légers et lourds / véhicules lourds estimés
- 5'000/210 — Trafic journalier moyen (TJM 2015) - véhicules légers et lourds / véhicules lourds
- 151-C-P — Dénomination de la route
- 63% 40% 72 — Répartition prévisible des matériaux transportés dans le cadre du projet, Pourcentage de synergie entre le transport de graviers et de remblais, Nombre de passages de camions par jour liés au transport de graviers et remblais.

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe 1257-4.1a	Date	Dessin	Visa
		21.01.2016	JD	CS
		06.09.2017	RF	CS
	Format 61x29.7 cm	25.11.2022	RF	AM
		05.02.2025	CC	AM



Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

GRAVIERE “LES BULLES”

Site PDCar n° 1222-005

PLAN DE CIRCULATION
ETAPE 2
1 : 40'000

LEGENDE

- Périmètre du projet “Les Bulles”
- ① — ② Tronçon routier 1 - 2
- Tronçon emprunté par le trafic:
  - en provenance ou à destination de la gravière “Les Bulles” pour les chantiers locaux
  - en provenance ou à destination des installations de traitement de la zone industrielle d’Aclens
  - avec des matériaux bruts à traiter dans la zone industrielle
- *5'000/210* Trafic journalier moyen (TJM 2022) - véhicules légers et lourds / véhicules lourds
- *5'000/210* Trafic journalier moyen corrigé sur la base de comptages de la DGMR - véhicules légers et lourds / véhicules lourds estimés
- *5'000/210* Trafic journalier moyen (TJM 2015) - véhicules légers et lourds / véhicules lourds
- 151-C-P Dénomination de la route
- X % / Y % / Z — Répartition prévisible des matériaux transportés dans le cadre du projet
  - Pourcentage de synergie entre le transport de graviers et de remblais
  - Nombre de passages de camions par jour liés au transport de graviers et remblais
- *x* Valeur pour les matériaux en provenance ou à destination de la gravière “Les Bulles” pour les chantiers locaux
- *x* Valeur pour les matériaux en provenance ou à destination des installations de traitement de la zone industrielle d’Aclens
- *x* Valeur pour les matériaux bruts à traiter dans la zone industrielle
- ***x*** Valeur totale

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe 1257-4.1b	Date	Dessin	Visa
		21.01.2016	JD	CS
		06.09.2017	RF	CS
	Format 61x29.7 cm	25.11.2022	RF	AM
		05.02.2025	CC	AM

IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

Communes de La Chaux et Senarclens
Gravière "Les Bulles"
Etape 1 - Charges de trafic

Annexe n° 1257-4.2a

			SITUATION ACTUELLE - 2025				SITUATION FUTURE - 2026				
Tronçon	Route	Dénomination du tronçon	TJM TOTAL 2025 [vhc/j]	TJM PL 2025 [vhc/j]	TJM PL 2025 induit par le projet [vhc/j]	TJM PL 2025 induit par le projet par rapport au TJM TOTAL 2025 [%]	TJM TOTAL 2026 [vhc/j]	TJM PL 2026 [vhc/j]	TJM PL 2026 induit par le projet [vhc/j]	TJM PL 2026 induit par le projet par rapport au TJM TOTAL 2026 [%]	TJM PL 2026 induit par le projet par rapport au TJM PL 2026 [%]
0 - 1	167-B-P	Gravière des Bulles - St-Denis	2700	75	0	0.0	2700	75	63	2.3	83.6
1 - 2	166-C-S	St-Denis - Grancy	1950	40	0	0.0	1950	40	60	3.1	151.1
2 - 3'	171-B-P	Grancy - Cottens	3300	115	0	0.0	3300	115	60	1.8	52.5
3' - 3	171-B-P	Cottens centre	3300	85	0	0.0	3300	85	60	1.8	70.8
3 - 4	171-B-P	Cottens - Bifurcation Colombier/Vullierens	6600	195	0	0.0	6600	195	35	0.5	18.1
4 - 5	151-C-S	Bifurcation Colombier/Vullierens - Vullierens	3900	145	0	0.0	3900	145	29	0.7	19.7
5 - 6'	151-C-S	Vullierens - Intersection Route de Vullierens	4400	145	0	0.0	4400	145	29	0.6	19.7
6' - 6	151-C-S	Intersection Route de Vullierens - Aclens	3700	140	0	0.0	3700	140	29	0.8	20.4
6 - 7	151-B-P	Aclens - Moulin du Choc	5000	215	0	0.0	5000	215	32	0.6	14.8
7 - 8	151-B-P	Moulin du Choc - Route de Bremblens	11100	1280	0	0.0	11100	1280	32	0.3	2.5
8 - 9	151-B-P	Route de Bremblens - St-Germain	10200	1525	0	0.0	10200	1525	32	0.3	2.1
9 - 10	151-B-P	St-Germain - Bussigny Conforama	11700	1100	0	0.0	11700	1100	32	0.3	2.9
3 - 11	171-B-P	Cottens centre direction Clarmont	6000	155	0	0.0	6000	155	25	0.4	16.2
11 - 12	30-B-P	Cottens - Clarmont	3800	90	0	0.0	3800	90	23	0.6	25.3
12 - 13	30-B-P	Clarmont - Bussy	3700	145	0	0.0	3700	145	23	0.6	15.7
13 - 13'	67-B-P	Bussy - Intersection Route du Village	3500	90	0	0.0	3500	90	21	0.6	22.8
13' - 14	70-B-P	Intersection Route du Village - Denens	2900	80	0	0.0	2900	80	21	0.7	25.7
14 - 15'	70-B-P	Denens - Entrée de Lully	4500	150	0	0.0	4500	150	21	0.5	13.7

15' - 15	70-B-P	Entrée de Lully - Centre Lully	4500	150	0	0.0	4500	150	21	0.5	13.7
15 - 16	69-B-P	Centre Lully - Jonction autoroute de Morges	8800	290	0	0.0	8800	290	21	0.2	7.1
4 - 17	75-C-P	Cottens - Colombier	2700	50	0	0.0	2700	50	7	0.3	13.7
17 - 18	75-C-P	Colombier - St Saphorin	3800	80	0	0.0	3800	80	7	0.2	8.6
18 - 19	75-C-P	St Saphorin - Echichens	3000	195	0	0.0	3000	195	7	0.2	3.5
19 - 20'	75-C-P	Echichens - Giratoire Av. de Marcellin	5800	245	0	0.0	5800	245	7	0.1	2.8
20' - 20	75-C-P	Giratoire Av. de Marcellin - Av. Jean-Jacques Cart	5800	245	0	0.0	5800	245	7	0.1	2.8
6 - 21	77-B-P	Aclens - Giratoire Crevel	4700	95	0	0.0	4700	95	7	0.1	7.2
21 - 22	77-B-P	Giratoire Crevel - Intersection Av. de Plan	4900	185	0	0.0	4900	185	7	0.1	3.7
11 - 35	66-C-S	Cottens - En Lévremont	2200	75	0	0.0	2200	75	2	0.1	3.0
13 - 36	30-B-P	Busy - Yens	5600	100	0	0.0	5600	100	2	0.0	2.3
1 - 34	166-B-P	St Denis - La Reverole	3900	85	0	0.0	3900	85	3	0.1	3.9
0 - 23	167-B-P	Gravière des Bulles - La Chaux	2700	75	0	0.0	2700	75	51	1.9	68.4
23 - 24	165-B-P	La Chaux - Cossonay	4300	165	0	0.0	4300	165	47	1.1	28.3
24 - 25	165-B-P	Cossonay centre	9900	245	0	0.0	9900	245	44	0.4	18.1
25 - 26'	251-B-P	Cossonay - Penthalaz	9900	245	0	0.0	9900	245	34	0.3	13.9
26' - 26	251-B-P	Cossonay - Penthalaz	14700	575	0	0.0	14700	575	34	0.2	5.9
26 - 27	251-B-P	Penthalaz - Bifurcation en direction de Penthaz	14300	575	0	0.0	14300	575	31	0.2	5.4
27 - 28	317-B-P	Bifurcation Penthaz - Giratoire Route de Daillens	12500	410	0	0.0	12500	410	31	0.2	7.5
28 - 29'	317-B-P	Giratoire Route de Daillens - Giratoire	14100	410	0	0.0	14100	410	31	0.2	7.5
29' - 29	317-B-P	Giratoire - Jonction autoroutière Cossonay	14300	420	0	0.0	14300	420	31	0.2	7.3
25 - 30	173-B-P	Cossonay - Gollion	4200	190	0	0.0	4200	190	10	0.2	5.4
30 - 6''	173-B-P	Gollion - Aclens	5500	245	0	0.0	5500	245	10	0.2	4.2
6'' - 6	173-B-P	Gollion - Aclens	5600	165	0	0.0	5600	165	10	0.2	6.2
24 - 31	251-B-P	Cossonay - Bifurcation Dizy	7800	325	0	0.0	7800	325	3	0.0	1.0

23 - 32	165-C-P	La Chaux - Bifurcation Chevilly	2200	65	0	0.0	2200	65	5	0.2	7.0
32 - 33	165-C-P	Bifurcation Chevilly - Chevilly	700	20	0	0.0	700	20	5	0.7	22.8

TJM trafic journalier moyen

vhc/j véhicule par jour

PL poids lourds

IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

Communes de La Chaux et Senarclens
Gravière "Les Bulles"
Etape 2 - Charges de trafic

Annexe n° 1257-4.2b

			SITUATION ACTUELLE - 2025				SITUATION FUTURE - 2031				
Tronçon	Route	Dénomination du tronçon	TJM TOTAL 2025 [vhc/j]	TJM PL 2025 [vhc/j]	TJM PL 2025 induit par le projet [vhc/j]	TJM PL 2025 induit par le projet par rapport au TJM TOTAL 2025 [%]	TJM TOTAL 2031 [vhc/j]	TJM PL 2031 [vhc/j]	TJM PL 2031 induit par le projet [vhc/j]	TJM PL 2031 induit par le projet par rapport au TJM TOTAL 2031 [%]	TJM PL 2031 induit par le projet par rapport au TJM PL 2031 [%]
0 - 1	167-B-P	Gravière des Bulles - St-Denis	2700	75	0	0.0	2700	75	20	0.7	26.3
1 - 2	166-C-S	St-Denis - Grancy	1950	40	0	0.0	1950	40	17	0.9	41.9
2 - 3'	171-B-P	Grancy - Cottens	3300	115	0	0.0	3300	115	17	0.5	14.6
3' - 3	171-B-P	Cottens centre	3300	85	0	0.0	3300	85	17	0.5	19.6
3 - 4	171-B-P	Cottens - Bifurcation Colombier/Vullierens	6600	195	0	0.0	6600	195	6	0.1	3.1
4 - 5	151-C-S	Bifurcation Colombier/Vullierens - Vullierens	3900	145	0	0.0	3900	145	6	0.2	4.1
5 - 6'	151-C-S	Vullierens - Intersection Route de Vullierens	4400	145	0	0.0	4400	145	9	0.2	6.0
6' - 6	151-C-S	Intersection Route de Vullierens - Aclens	3700	140	0	0.0	3700	140	9	0.2	6.2
6 - 7	151-B-P	Aclens - Moulin du Choc	5000	215	0	0.0	5000	215	73	1.5	34.1
7 - 8	151-B-P	Moulin du Choc - Route de Bremblens	11100	1280	0	0.0	11100	1280	90	0.8	7.0
8 - 9	151-B-P	Route de Bremblens - St-Germain	10200	1525	0	0.0	10200	1525	90	0.9	5.9
9 - 10	151-B-P	St-Germain - Bussigny Conforama	11700	1100	0	0.0	11700	1100	90	0.8	8.2
3 - 11	171-B-P	Cottens centre direction Clarmont	6000	155	0	0.0	6000	155	11	0.2	6.9
11 - 12	30-B-P	Cottens - Clarmont	3800	90	0	0.0	3800	90	9	0.2	9.7
6 - 21	77-B-P	Aclens - Giratoire Crevel	4700	95	0	0.0	4700	95	54	1.2	57.0
21 - 22	77-B-P	Giratoire Crevel - Intersection Av. de Plan	4900	185	0	0.0	4900	185	54	1.1	29.3
11 - 35	66-C-S	Cottens - En Lévremont	2200	75	0	0.0	2200	75	2	0.1	2.7
1 - 34	166-B-P	St Denis - La Reverole	3900	85	0	0.0	3900	85	3	0.1	3.5
0 - 23	167-B-P	Gravière des Bulles - La Chaux	2700	75	0	0.0	2700	75	16	0.6	21.7

23 - 24	165-B-P	La Chaux - Cossonay	4300	165	0	0.0	4300	165	11	0.3	6.8
24 - 25	165-B-P	Cossonay centre	9900	245	0	0.0	9900	245	8	0.1	3.3
25 - 30	173-B-P	Cossonay - Gollion	4200	190	0	0.0	4200	190	5	0.1	2.6
30 - 6"	173-B-P	Gollion - Aclens	5500	245	0	0.0	5500	245	10	0.2	4.2
6" - 6	173-B-P	Gollion - Aclens	5600	165	0	0.0	5600	165	10	0.2	6.3
23 - 32	165-C-P	La Chaux - Bifurcation Chevilly	2200	65	0	0.0	2200	65	5	0.2	7.7
32 - 33	165-C-P	Bifurcation Chevilly - Chevilly	700	20	0	0.0	700	20	5	0.7	25.0
7 - 37	177-B-P	Moulin du Choc - Zone industrielle	5400	1070	0	0.0	5400	1070	163	3.0	15.2
37 - 38	177-B-P	Zone industrielle - Giratoire Vimoulin	5400	1070	0	0.0	5400	1070	119	2.2	11.1
38 - 39	177-B-P	Giratoire Vimoulin - Giratoire Epity	6500	1080	0	0.0	6500	1080	119	1.8	11.0
39 - 40	251-B-P	Giratoire Epity - Bifurcation Penthaz	10700	845	0	0.0	10700	845	119	1.1	14.1
40 - 41	177-B-P	Bifurcation Penthaz - Giratoire Rosey	5100	255	0	0.0	5100	255	119	2.3	46.7
41 - 29	317-B-P	Giratoire Rosey - Jonction autoroutière de Cossonay	7800	215	0	0.0	7800	215	119	1.5	55.4

TJM trafic journalier moyen
vhc/j véhicule par jour
PL poids lourds

ANNEXE N° 1257-5

NATURE

- 1257-5.3 Milieux et arbres du périmètre de la gravière au 1 : 3'500
- 1257-5.6 Mesures de compensation et de minimisation de la gravière au 1 : 3’500
- 1257-5.7 Milieux d’intérêt et arbres près du convoyeur, au 1 : 4’000
- 1257-5.8 Milieux et arbres au niveau du tracé aérien du convoyeur au 1: 750
- 1257-5.9 Mesures écologiques, paysagères et de réaménagement du convoyeur au 1 : 4’000
- 1257-5.10 Fiches techniques des mesures écologique et plan d’entretien des mesures natures
- 1257-5.14 Plan de défrichement et reboisements au 1 : 3’500

2525000 2525500 2526000

1163000

La Chaux
Gravière Les Bulles
Annexe 5.3
Milieux et arbres du périmètre de la gravière

Format A3
Date : 13.2.2025
Dessin : Virginie Favre, La Boîte Verte sàrl
© swisstopo - Etat de Vaud

1:3'500

1162500

Limites communales
- Parcellaire
- Plan d'exploitation
- Eaux libres (P1 PAC Venoge)
- Espace réservé aux eaux

Inv. des prairies et pâturages secs
- Imp. nationale
- Imp. régionale
- Imp. locale

Milieux du site d'extraction (2016)
- A l'intérieur du périmètre : grandes cultures
- Haie indigène diversifiée (hors périmètre)
- Cordon boisé (hors périmètre)
- Forêt
- Bande herbeuse
- Chemin herbeux
- Prairie de fauche de basse altitude (hors périmètre)
- Prairie grasse (dont une hors périmètre)
- Pâturage à moutons (en partie hors périmètre)
- Pâturage de pente

Milieux des pâturages de pente (2016)
- Buissons mésophiles
- Buissons xérothermophiles
- Prairie à brome (Mesobromion)
- Prairie de fauche de basse altitude (Arrhenatherion)
- Prairie grasse
- Roncier

Surfaces avec PEP (2024)
- Vergerette annuelle
- Ronce

Foyers de PEP (2024)
- Cirse commun
- Ronce d'Arménie
- Solidage américain
- Sumac = vinaigrier
- Vergerette annuelle
- Robinier

Arbres et arbustes isolés
- Aubépine épineuse
- Cerisier haute-tige
- Chêne pédonculé
- Frêne
- Marronnier
- Cerisier sauvage
- Noyer
- Poirier sauvage
- Saule des chèvres
- Tilleul a petites feuilles

0 100 m

2525000 2525500 2526000

2525000 2525500 2526000

1163000

1162500

N

La Chaux
Gravière Les Bulles
Annexe 1257-5.6

Mesures de compensation et de minimisation de la gravière

Format A3
Date : 3.12.2025
Dessin : Virginie Favre, La Boîte Verte sàrl
© swisstopo - Etat de Vaud

1:3'500

0 100 m

48 131 134 136 135 DP 74 DP 73 DP 40 130 DP 67 DP 66 73 DP 69 DP 68 87 195 289 137 140 105 408 146 DP 110 151 143 DP 111 152 139 141 149 DP 76 DP 75 396 97 103 DP 1019 188

Légende

Limites communales
Parcellaire
Plan d'exploitation

Etapes d'exploitation
Etape I
Etape II
Eaux libres (P1 PAC Venoge)
Espace réservé aux eaux

Surfaces défrichées
Défrichement définitif
Assiette de reboisement inscrite au RF initialement

Mesures (M=Mesures)
M0 Aménagement de milieux pionniers en phase d'exploitation
M1 Création d'une butte paysagère arborisée temporaire
M2 Aménagement de prairies riches en espèces : prairie mi-sèche (Mésobromion)
M2 Aménagement de prairies riches en espèces : prairie de fauche (Arrhenaterion)
M3 Plantation de haies et bosquets indigènes diversifiés

M4 Plantation de 50 arbres isolés et fruitiers hautes-tiges
Cerisier sauvage
Chêne pédonculé
Erable champêtre
Fruitier haute-tige
Noyer royal
Saule des chèvres

M5 Reboisement de compensation
Reboisement de compensation
Reboisement des surfaces défrichées temporairement
Déplacement de l'assiette de reboisement sur cet emplacement
M11 Surveillance et lutte contre les plantes envahissantes problématiques (PEP) : élimination des PEP avant décapage

2525500 2526000 2526500

1162500 1162000

N

Arbres non touchés

Haie non touchée

Prairie traversée dans sa partie nord (Arrhenatherion, 4511, plus de 90% de graminées, peu diversifié)

Arbres non touchés

Voir zoom au niveau de la partie aérienne du convoyeur

Arbres non touchés (dont alignement de peupliers trembles et de frênes sur la parcelle 143)

Arbres et jachère non touchés

Jachère traversée, voir zoom ci-dessus

Verger non touché

130 DP 67 DP 66 73 289 105 140 408 DP 76 141 DP 75 87 DP 69 DP 68 146 DP 110 149 DP 111 152 DP 1035 153 DP 1033 93 DP 1034 100 DP 1036 104 DP 1032

1:1'250

0 10 m

0 100 m

1:4'000

Limites communales
Parcellaire
Plan d'exploitation

Futur tracé du convoyeur
aérien
souterrain

Distance 7,5 m au tracé souterrain (fouille approx.)
Tampon 7,5 m
Socle des piliers du futur convoyeur
Eaux libres (P1 PAC Venoge)
Espace réservé aux eaux

Eléments ponctuels
Perchoir
Tas de pierre

Surfaces avec PEP
Vergerette annuelle
Ronce

Foyers de PEP (2024)
Cirse commun
Ronce d'Arménie
Solidage américain
Sumac = vinaigrier
Vergerette annuelle

Milieux voisins du convoyeur
Prairie de fauche
Pelouse mi-sèche
Pâturage gras
Jachère florale
Haie mésophile
Haie basse rectangulaire
Forêt dominée par hêtre et frêne
Forêt dominée par chêne et pin sylvestre
Forêt abaissée sous LMT
Forêt non parcourue en 2024

Cours d'eau du Veyron et abords

Arbre près du tracé du convoyeur
Aubour commun
Cerisier basse-tige
Cerisier haute-tige
Chêne pédonculé
Frêne
Fruitier haute-tige
Noisetier
Noyer royag
Poirier basse-tige
Pommier haute-tige
Prunier haute-tige
Sureau noir
Tilleul à petites feuilles

Orllati

La Chaux
Gravière Les Bulles
Annexe 1257-5.7
Milieux d'intérêt et arbres près du convoyeur

Format A3
Date : 13.2.2025
Dessin : Virginie Favre, La Boîte Verte sàrl
© swisstopo - Etat de Vaud

2525500

0 20 40 m

N

La Chaux - Gravière Les Bulles : Milieux et arbres au niveau du tracé aérien du convoyeur

Annexe 1257-5.8

Format A3
Date : 27.11.2025
Dessin : Virginie Favre, La Boîte Verte sàrl
© swisstopo - Etat de Vaud

1:750

Les aménagements ne nécessitent pas d'abattage sur ce tronçon.

Les aménagements ne nécessitent pas d'abattage sur ce tronçon.

Les grands chênes vieillissants présents dans la lisière forestière seront préservés, tout comme les autres arbres-habitats d'intérêt pour la faune.

Les aménagements ne nécessitent pas d'abattage sur ce tronçon.

Quelques arbres et arbustes seront touchés à ce niveau et la forêt maintenue basse sous la future ligne aérienne durant l'exploitation.

130 105 DP 66 73 289 143

Parcellaire
Plan d'exploitation

Tracé du convoyeur
- aérien
- souterrain

Distance 7,5 m au tracé souterrain (fouille approx.)
- Tampon 7,5 m
- Socle des piliers du futur convoyeur
- Espace réservé aux eaux
- Eaux libres (P1 PAC Venoge)

Milieux vers tracé aérien
- Pâturage gras
- Haie basse rectangulaire
- Forêt dominée par hêtre et frêne
- Forêt dominée par des noisetiers
- Forêt dominée par chêne et pin sylvestre
- Forêt soumise à une servitude de hauteur
- Forêt non parcourue en 2024
- Cours d'eau du Veyron et abords
- Végétation humide
- Forêt arbustive avec frêne et sycomore
- Jeunes aulnes, é. champêtres et frênes
- Jeunes sycomores

Arbres et arbustes et DHP (près de la forêt)
- Aulne glutineux
- Cerisier sauvage
- Chêne pédonculé
- Erable champêtre
- Frêne
- If
- Noyer royal
- Orme montagnard
- Pin sylvestre
- Poirier sauvage
- Sapin douglas
- Saule marsault
- Sureau noir
- Tas de bois

Foyers de PEP (2024)
- Ronce d'Arménie
- Sumac = vinaigrier
- Vergerette annuelle

2525500

2525500 2526000 2526500

1162500

1162000

N

Prairie traversée dans sa partie nord (Arrhenatherion, 4511, plus de 90% de graminées, peu diversifié)

Impact au sol au niveau du tracé aérien sera plutôt confiné au niveau des futurs pylônes à poser.

Jachère traversée, voir zoom ci-dessus

Tas de pierres à déplacer

Perchoir à déplacer

1:1'250

0 10 m

0 100 m

Orllati

La Chaux
Gravière Les Bulles

Mesures écologiques, paysagères et réaménagement du convoyeur
Annexe 1257-5.9

Format A3
Date : 3.12.2025
Dessin : Virginie Favre, La Boîte Verte sàrl
© swisstopo - Etat de Vaud

1:4'000

2525500 2526000 2526500

Légende

Limites communales

Parcellaire

Eaux libres (P1 PAC Venoge)

Espace réservé aux eaux

Plan d'exploitation

Inventaire des voies de communication historiques

importance locale

importance locale avec substance

Tracé du futur convoyeur

aérien

souterrain

Distance 7,5 m au tracé souterrain (fouille approx.)

Tampon 7,5 m

Socle des piliers du futur convoyeur

M5 Reboisement

M7 Atténuation de l'impact sur la lisière

M8 Plantation de 20 arbres fruitiers hautes-tiges et arbres isolés

Chêne pédonculé

Erable champêtre

Fruitier haute-tige

Noyer royal

Tilleul à petites feuilles

M9 Restauration des prairies et pâturages impactés par l'aménagement du convoyeur

M10 Surveillance par un-e hydrogéologue pour les travaux vers le cours d'eau

M11 Surveillance et lutte contre les plantes envahissantes problématiques (PEP) : éliminer les PEP avant la fouille

Mesures ponctuelles

Perchoir à déplacer

Tas de pierres à déplacer

FICHES TECHNIQUES DES MESURES ECOLOGIQUES ET PLAN D'ENTRETIEN DES MESURES NATURE

Table des matières

GÉNÉRALITÉS 1

MESURES DE COMPENSATION LIEES A LA GRAVIERE 2

MESURE 0 : AMENAGEMENT DE MILIEUX PIONNIERS EN PHASE D'EXPLOITATION (TEMPORAIRE) ... 2

MESURE 1 : CREATION D'UNE BUTTE PAYSAGERE ARBORISEE TEMPORAIRE 3

MESURE 2 : AMENAGEMENT DE PRAIRIES RICHES EN ESPECES 6

MESURE 3 : PLANTATION DE HAIES ET BOSQUETS INDIGENES DIVERSIFIES 9

MESURE 4 : PLANTATION D'ARBRES ISOLES ET FRUITIERS HAUTES-TIGES 12

MESURE 5 : REBOISEMENT DE COMPENSATION 15

MESURE 6 : RECOLTE DE GRAINES AVANT DECAPAGE 15

MESURES DE REAMENAGEMENT LIEES AU CONVOYEUR 16

MESURE 7 : ATTENUATION DE L'IMPACT SUR LA LISIERE 16

MESURE 8 : PLANTATION DE 20 ARBRES ISOLES ET FRUITIERS HAUTES-TIGES 17

MESURE 9 : RESTAURATION DES PRAIRIES ET PATURAGES IMPACTES PAR L'AMENAGEMENT DU CONVOYEUR 17

MESURE 10 : SURVEILLANCE PAR UN-E HYDROGEOLOGUE POUR LES TRAVAUX VERS LE COURS D'EAU 18

AUTRES MESURES 18

MESURE 11 : SURVEILLANCE ET LUTTE CONTRE LES PLANTES ENVAHISSANTES PROBLÉMATIQUES (PEP) 18

MESURE 12 : DEPLACEMENT DES REPTILES AVANT DESTRUCTION DES HABITATS 20

MESURE 13 : CALENDRIER DES TRAVAUX (TENANT COMPTE DE LA PROTECTION DE LA NATURE) 20

MESURE 14 : SUIVI EN PHASE DE CHANTIER (SER) ET ETABLISSEMENT DE RAPPORTS ANNUELS, CALENDRIER D'ENTRETIEN DES AMENAGEMENTS POUR LA NATURE 21

Généralités

Un suivi des mesures sera assuré par un bureau spécialisé en environnement et un rapport de suivi environnemental doit être communiqué chaque année à la DGE-BIODIV (mesure 14).

Mesures de compensation liées à la gravière

Mesure 0 : Aménagement de milieux pionniers en phase d'exploitation (temporaire)

Objectifs :	1. Aménagement et entretien de surfaces pionnière en cours d'exploitation. 2. Laisser la possibilité d'accueil d'espèces diverses, dont certaines rares telles que guêpiers d'Europe et hirondelles de rivages dans les falaises, abeilles solitaires dans des petites parois sableuses, amphibiens dans des sur-profondeurs qui récoltent les eaux de pluies. Le cas échéant, si ces espaces sont colonisés en phase d'exploitation, ils ne seront pas conservés à la fin de l'exploitation. Les surfaces retrouveront leurs affectations agricoles et/ou forestières.
Situation :	Voir la carte des mesures en annexe nº 1257-5.6 (situation indicative qui évoluera au fur et à mesure de l'exploitation).
Surfaces des milieux pionniers :	Non définie, dépendant des fronts d'exploitation et du rythme d'exploitation.
Calendrier :	Cette mesure s'implantera spontanément durant les phases d'exploitation de la gravière. L'emplacement de ces milieux sera mouvant, en parallèle des fronts d'exploitation.

Illustrations :

Petite paroi colonisée par des abeilles solitaires dans une gravière vaudoise.

Récupération des eaux de ruissellement dans le fond d'une gravière vaudoise.

tél. : 078 890 18 03
e-mail : info@boite-verte.ch
www.boite-verte.ch

Mesure 1 : Création d'une butte paysagère arborisée temporaire

Objectifs :	1. Réalisation d'une butte paysagère arborisée servant d'écran paysager durant l'exploitation (la butte sera éliminée après l'exploitation). 2. Plantation sur la butte d'une haie d'essences indigènes et d'écotype suisse en station exclusivement (cf. listes de plantes nº 1 et nº 2 à la suite de ce tableau, variétés ornementales exclues).
Situation :	Voir la carte des mesures en annexe nº 1257-5.6.
Dimensions de la butte :	1'571 m^2 soit environ une largeur de 8 m pour une longueur de 195 m.
Plan de plantation de la haie :	Plantation des plants ligneux sur 7 rangs espacés d'environ 90 cm les uns des autres, en laissant 50 cm sur chaque bord de la haie.
Description technique :	1. Constitution de la butte et préparation du sol en vue de l'ensemencement et des plantations. 2. Ensemencement de la surface de la butte avec un mélange grainier de prairie de reverdissement. 3. Plantation de plants à racine nue, densité 1 plant / m^2. 4. En plus des buissons, un arbre sera planté tous les 5 m linéaires. Ces plants seront tuteurés. 5. Afin que la haie soit reconnue de "qualité 2" selon l'Ordonnance sur les paiements directs (et donne droit à des contributions pour la qualité 2 en faveur des agriculteurs, à condition qu'elles soient affectées à la zone agricole), nous recommandons de planter de manière à ce qu'elle comprenne au moins 10 espèces par 10 m linéaires et au moins 20% d'épineux. 6. Les 5 premières années, éventuellement protéger la haie plantée avec une clôture de type Ursus pour empêcher qu'elle ne soit abroutie par le gibier (coût financier important, le remplacement des plants abroutis peut être privilégié). Autre possibilité : protéger chaque plant ou partie des plants avec des « corbeilles ».
Période pour les travaux :	1. Ensemencement idéalement entre avril et mi-juin ou selon les prescriptions du fournisseur du mélange grainier. 2. Plantation entre novembre et mars, idéalement novembre, en tout cas hors d'une période de gel. Selon le moment de la plantation, un arrosage sera prévu à la plantation, 1 semaine, deux semaines, puis 1 mois après la plantation, ou selon recommandations du fournisseur de plants.
Délai de réalisation :	Dès l'octroi de l'autorisation d'exploiter.
Suivi :	La reprise des plants sera suivie durant les 5 premières années après la plantation.
Entretien :	1. Arrosages 1ère année : en plus des arrosages suivant la plantation (selon

	la période de l'année), arroser chaque semaine en cas de sécheresse. 2. Arrosages années suivantes : arroser au moins toutes les deux semaines lors de sécheresse. 3. Entretien des buissons les 3 à 5 premières années suivant la plantation : fauche à la débroussailleuse manuelle autour des plants 2 x par an (sans cela ils se font concurrencer par la prairie). Prendre garde à ne pas faucher les jeunes plants ! 4. Dès 8 ans après la plantation : ne pas tailler les haies et bosquets à l'épareuse. Favoriser une taille étagée afin de diversifier la structure. La taille doit se faire par recépage sélectif tous les 4 ans environ. 5. Une bande tampon d'au moins 3 m de largeur doit être laissée le long de la haie plantée du côté des surfaces agricoles. Aucun traitement phytosanitaire ne peut être administré sur cette bande tampon. Ces règles sont précisées dans l'Ordonnance sur les paiements directs (RS 910.13) dans l'agriculture.
Illustration :	
Qualité des plants :	Afin d'assurer une bonne reprise des arbres et arbustes, il faut choisir des plants de qualité. Nous proposons d'avoir recours à des plants forestiers et des buissons légers disponibles en pépinière. La hauteur des arbres majeurs n'excédera pas 100-220 cm afin de permettre une bonne reprise des plants. Choisir de planter directement un arbre plus haut n'aurait pas le résultat escompté de donner rapidement un effet d'écran paysager. En effet, choisir un arbre haut, tige de 300 cm par exemple, implique une reprise difficile de l'arbre qui aurait besoin de plusieurs années d'acclimatation avant de se remettre à croître. Pour les arbustes, la taille varie entre 40 et 140 cm. Les petits plants prennent mieux que les grands.

Liste n° 1, buissons et arbustes

Densité : ~1 plant/m^2 dont 20% d'épineux

Nombre approximatif pour tout le site : 1'560 pièces

Distance des plants sur chaque rang : 1 plant tous les environ 90 cm sur chaque rang (en tout 7 rangs)

Hauteur : 40 à 100 cm

Le site se trouvant dans une zone de feu bactérien, aucune aubépine n'est comprise dans la liste, ni l'épine-vinette qui est un vecteur de la rouille.

Nom latin	Nom français	Epineux
Amelanchier ovalis	Amélanchier	
Cornus sanguinea	Cornouiller sanguin	
Corylus avellana	Noisetier	
Euonymus europaeus	Fusain	
Lonicera xylosteum	Chèvrefeuille des haies	
Prunus spinosa	Prunellier	oui
Rosa canina	Eglantier	oui
Sambucus nigra	Sureau noir	
Viburnum lantana	Viorne lantane	
Viburnum opulus	Viorne obier	

Liste n° 2, arbres

Planter un arbre tous les 5 m linéaires dans la haie, dans le haut de la butte afin de donner de la hauteur à l'écran paysager. Le but étant prioritairement de réaliser un écran paysager, on pourra choisir les arbres assurant au mieux cette fonction. A la gravière de Bioley-Orjulaz, un écran paysager fonctionnel a été réalisé en plantant régulièrement des pins sylvestres (tous les 5 m environ). Il a l'avantage de garder ses épines en hiver. Même s'ils ne sont pas vraiment en station, quelques épicéas peuvent être choisis pour les mêmes raisons. La liste qui suit se veut un choix d'essences mais il est possible de ne choisir par exemple que du pin sylvestre comme arbre dans l'écran.

Nombre : 37 pièces

Hauteur : 150 à 200 cm

Nom latin	Nom français	Nom latin	Nom français
Acer platanoides	Erable plane	*Picea abies*	Epicéa
Acer pseudoplatanus	Erable sycomore	*Pinus sylvestris*	Pin sylvestre
Betula pendula	Bouleau pendant	*Prunus avium*	Merisier
Carpinus betulus	Charme	*Quercus pubescens*	Chêne pubescent
Fagus sylvatica	Hêtre	*Quercus robur*	Chêne pédonculé

Mesure 2 : Aménagement de prairies riches en espèces

Objectifs :	- Aménagement d'une prairie maigre riche en espèces type *Mesobromion* sur le talus créé près de la route cantonale. - Aménagement d'une prairie de fauche riche en espèces type *Arrhenatherion* au niveau de la zone de dégagement nature.
Situation :	Voir la Carte des mesures en annexe nº 1257-5.6.
Nombre et dimensions :	- Prairie maigre type *Mesobromion* : 9'584 m^2. - Prairie de fauche type *Arrhenatherion* : 11'203 m^2
Réaménagement des sols	En concertation, la DGE-BIODIV et la DGE-GEODES se sont accordés pour un réaménagement particulier des sols au niveau des prairies riches en espèces à réaménager (cela concerne les surfaces de talus dans l'emprise du périmètre de la gravière): - 40 à 50 cm d'horizon B (à C) particulièrement drainant et graveleux. - Pas d'horizon A. L'ensemencement se fera directement sur l'horizon B réaménagé.
Végétalisation de la prairie riche en espèces :	**Deux possibilités :** **A. Ensemencement par la méthode de la fleur de foin, principe :** 1. Préparation du lit de semence au niveau de la surface à ensemencer (préparer un terrain meuble pour que les graines puissent y germer). 2. Utilisation d'une prairie source à proximité : fauche d'une surface équivalente à la surface à ensemencer entre 6 et 7h du matin durant la période de juin-juillet (il faut que la rosée du matin soit présente pour que les graines restent collées à l'herbe). Le jour exact de la fauche doit être déterminé par un biologiste en fonction de la maturité des graines (qui dépend des conditions météo de l'année). 3. Etalement de l'herbe fauchée sur la surface à ensemencer immédiatement après la fauche. Détails de la mesure : voir fiche technique Agridea "Enherbement direct de prairies riches en espèces dans l'agriculture" (2015). L'ensemencement par fleur de foin doit être suivi par un biologiste et doit être planifié l'année précédant le semi. Il faut notamment s'organiser avec l'agriculteur qui fournira l'herbe de la prairie source et éventuellement faire une demande de dérogation au Service de l'agriculture afin de pouvoir faucher l'herbe de la prairie source à la date souhaitée. Cette date peut en effet tomber avant la date légale de la fauche autorisée par l'Ordonnance sur les paiements directs versés dans l'agriculture (OPD du 23 octobre 2013). - Pour l'aménagement de la prairie maigre type *Mesobromion* : la prairie source pourra être prélevée dans une prairie maigre de qualité

	de la région. - Pour l'aménagement de la prairie de fauche type *Arrhenatherion* : une prairie source sera aussi recherchée dans la région. Afin de trouver une prairie source, on pourra notamment rechercher dans la base de données du projet Regioflora qui recense des prairies sources potentielles (site internet https://www.regioflora.ch/fr/accueil). La difficulté de la fleur de foin est que les travaux doivent en principe être réalisés vers le 15 juin pour prendre un maximum de graines. Cependant, il est difficile de tout coordonner entre l'exploitation de la gravière, la disponibilité des personnes et machines, la préparation de la surface à ensemencer, etc. De plus, sa fauche doit être réalisable (rouler avec une machine possible). Faucher une prairie source dans un pâturage très en pente à la faux n'est par exemple pas techniquement réaliste quand il faut récolter deux hectares de prairie. **B. Ensemencement par moisson de graines :** La technique de la moisson de graines consiste à récolter des graines de prairies de qualité dans une prairie source et de les stocker en vue du futur ensemencement sur la surface à aménager. Quelques entreprises ont développé des petites machines pour réaliser ces récoltes. L'avantage par rapport à la fleur de foin est de pouvoir stocker les graines récoltées jusqu'à 3 ans avant l'ensemencement et de mieux planifier les travaux. Avant la récolte des graines, la prairie source doit être nettoyée des éventuelles plantes envahissantes problématiques. La prairie source ne doit pas être trop en pente et être tout de même assez dense en végétation pour que cela vaille la peine. Une prairie sèche proche de l'inventaire cantonal ou national serait idéale.
Calendrier :	Une fois la végétalisation par fleur de foin ou moisson de graines réalisée (optimum pour fleur de foin en mi-juin, avril-mai pour ensemencer la moisson de graines), on attendra une bonne reprise avant de mettre du bétail sur la surface. Dans cette attente, une fauche 1 à 3 fois par saison avec exportation de la matière sera pratiquée.
Période pour les travaux :	Fleur de foin : ensemencement en principe vers mi-juin, à fixer par un biologiste selon la maturité des graines et selon les conditions météo. Moisson de graine : récolte des graines entre mi-juin et début juillet, ensemencement l'année suivante entre avril et mai ou selon recommandations du moissonneur.
Délai de réalisation :	- Pour l'aménagement de la prairie maigre type *Mesobromion* : mesure à réaliser en partie dès le début de l'exploitation une fois que le talus longeant la route cantonale est mis en place (étape 0). A la fin de l'exploitation, une fois que le talus sera finalisé, le reste de la surface prévue sera ensemencé également. - Pour l'aménagement de la prairie de fauche type *Arrhenatherion* :

	mesure à réaliser en partie dès le début de l'exploitation, l'autre dès que possible selon le réaménagement.
Suivi :	L'ensemencement fera l'objet d'un suivi par un-e biologiste. Assurer un suivi de la reprise de la végétation des prairies réaménagées au moins 5 ans après l'ensemencement. Un rapport devra être envoyé à la DGE-BIODIV comprenant les mesures de remplacement ou d'ajustement nécessaires pour les mesures nature qui n'auraient pas été mises en place ou n'auraient pas fonctionné. Les prairies réaménagées feront l'objet d'une mise à jour de l'inventaire des prairies et pâturages sec selon le cahier des charges de la DGE-BIODIV pour cet inventaire et par un-e cartographe ayant suivi la formation SANU pour la cartographie de ces milieux.
Entretien régulier :	Exploitation extensive de la surface, en prairie ou pâturage extensif (selon l'Ordonnance sur la terminologie agricole). Si prairie, exportation du produit de la fauche, pas d'engrais ni produits phytosanitaires. Si pâturage, s'assurer de la bonne reprise de la végétation avant de mettre les bêtes (généralement attendre 2 ans après ensemencement, et exploiter en prairie en attendant).
Illustration :	

Mesure 3 : Plantation de haies et bosquets indigènes diversifiés

Objectifs :	1. Plantation de haies et de bosquets diversifiés favorables à la faune. 2. Plantation d'essences indigènes et d'écotype suisse en station exclusivement (cf. listes de plantes n^{os} 3 et 4 ci-dessous, variétés ornementales exclues).
Situation :	Voir la carte des mesures en annexe n^{o} 1257-5.6. Attention à adapter l'emplacement pour permettre l'entretien des plants ! Des bosquets au milieu d'un pâturage très en pente seront techniquement trop difficiles à aller arroser !
Nombre et dimensions :	Voir la carte des mesures en annexe n^{o} 1257-5.6. En tout, 2'733 m^2 de surfaces seront plantées en plusieurs haies et bosquets.
Description technique :	1. Préparation du sol. 2. Plantation de plants à racine nue. 3. Les plants de la liste n^{o}3 à la suite de ce tableau (buissons et arbustes) seront disposés à une densité de 1 plant / m^2. 4. Dans les haies, un arbre sera planté tous les 10 m linéaires (voir liste n^{o}4 à la suite de ce tableau). Dans les petits bosquets, seuls des buissons seront plantés. 5. Afin que les haies et bosquets soient reconnues de "qualité 2" selon l'Ordonnance sur les paiements directs (et donne droit à des contributions pour la qualité 2 en faveur des agriculteurs, à condition qu'elles soient affectées à la zone agricole), nous préconisons de planter de manière à ce qu'elles comprennent au moins 10 espèces par 10 m linéaires et au moins 20% d'épineux (cf. liste des plantes n^{o} 1). La largeur minimale doit être de 4 m pour répondre aux critères. 6. Ensemencement de la surface plantée de buissons avec un mélange grainier indigène de prairie de reverdissement. 7. Protection des plants avec clôture Ursus ou « corbeille ». Sans protection et en cas d'abroutissement, remplacement des plants au fur et à mesure. Attention lors du retour du bétail dans l'herbage, éventuellement entourer les haies et bosquets de fils électriques.
Période pour les travaux :	1. Plantation idéalement entre novembre et mars, mais hors d'une période de gel. Selon la période des travaux, un arrosage sera prévu à la plantation, 1 semaine, deux semaines, puis 1 mois après la plantation, ou selon les prescriptions du fournisseur des plants. 2. Ensemencement idéalement entre avril et mi-juin ou selon les prescriptions du fournisseur du mélange grainier.
Délai de réalisation :	Mesure à réaliser dès le début de l'exploitation au niveau de la partie du talus de l'étape 0 qui sera réalisée dès le début ; sinon dès réaménagement.
Suivi :	La reprise des plants sera suivie durant les 5 ans premières années.
Entretien :	1. Arrosages : en plus des arrosages suivant la plantation (selon la

	période de l'année), arroser abondamment toutes les deux semaines lors de sécheresse, voire chaque semaine la première année suivant la plantation. 2. Entretien des buissons les 3 premières années suivant la plantation : fauche à la débroussailleuse manuelle autour des plants 2 x par an (sans cela ils se font concurrencer par la prairie). Prendre garde à ne pas faucher les jeunes plants ! 3. Dès 8 ans après la plantation : ne pas tailler les haies et bosquets à l'épareuse. Favoriser une taille étagée afin de diversifier la structure. La taille doit se faire par recépage sélectif tous les 4 ans environ. 4. Une bande tampon d'au moins 3 m de largeur doit être laissée le long de la haie plantée du côté des surfaces agricoles. Aucun traitement phytosanitaire ne peut être administré sur cette bande tampon. Ces règles sont précisées dans l'Ordonnance sur les paiements directs (RS 910.13) dans l'agriculture.
Illustration :	

Liste n° 3, buissons et arbustes

Densité : 1 plant/m^2 dont 20% d'épineux

Nombre approximatif pour tout le site : 2'724 pièces

Hauteur : 40 à 100 cm

Le site se trouvant dans une zone de feu bactérien, aucune aubépine n'est comprise dans la liste, ni l'épine-vinette qui est un vecteur de la rouille.

Nom latin	Nom français	Epineux
Amelanchier ovalis	Amélanchier	
Cornus sanguinea	Cornouiller sanguin	
Corylus avellana	Noisetier	
Euonymus europaeus	Fusain	
Lonicera xylosteum	Chèvrefeuille des haies	
Prunus spinosa	Prunellier	oui
Rosa canina	Eglantier	oui
Sambucus nigra	Sureau noir	
Viburnum lantana	Viorne lantane	
Viburnum opulus	Viorne obier	

Liste n° 4, arbres

Planter un arbre tous les 10 m linéaires dans les haies, à l'intérieur de celles-ci. En tout 380 ml de haies en plusieurs pièces.

Nombre : 28 pièces

Hauteur : 40 à 100 cm

Nom latin	Nom français
Acer campestre	Erable champêtre
Acer platanoides	Erable plane
Acer pseudoplatanus	Erable sycomore
Betula pendula	Bouleau pendant
Carpinus betulus	Charme
Fagus sylvatica	Hêtre
Pinus sylvestris	Pin sylvestre
Prunus avium	Merisier
Quercus pubescens	Chêne pubescent
Quercus robur	Chêne pédonculé

Mesure 4 : Plantation d'arbres isolés et fruitiers hautes-tiges

Objectifs :	Remplacer et compenser la perte d'habitats pour la faune due à l'abattage des arbres dans le périmètre de la gravière, dont plusieurs arbres âgés, par la plantation de : - 50 arbres dans et en bordure du périmètre de la gravière. Et pour le périmètre du convoyeur : - 20 arbres. Voir essences dans la liste n° 5 qui suit
Situation :	Voir les cartes des mesures en annexe n° 1257-5.6 et 9.
Description technique :	1. Préparation du sol : fosse, travail de la terre, ajout de bonne terre végétale et de terre engraissée (par exemple compost de fumier bovin). 2. Plantation de plants à racine nue ou en motte. 3. Les plants seront disposés à une distance d'au moins 10 mètres l'un de l'autre (voire plus selon les essences). 4. Tuteurer de 3 piquets solides entourant chaque arbre, tel que dans l'exemple illustré ci-après. Les poteaux doivent atteindre la collerette de l'arbre (départ des branches et pas plus bas). Des attaches souples en tissu synthétique serviront à relier le tronc au(x) piquet(s). 5. Entourer les pieds de protections plastiques anti-rongeurs / faune sauvage. 6. Débroussailler l'herbe 1 mètre autour du tronc au printemps et en été. 7. Pour les fruitiers : 1ère taille de formation en mars (puis durant 5 ans chaque année en mars : la taille continue durant la vie de l'arbre mais peut être reprise en main par l'exploitant au bout de 5 ans). 8. Pour les fruitiers : fumure autour du tronc en avril.
Plants :	Voir liste n° 5 ci-après.
Période pour les travaux :	Plantation idéalement (entre) novembre (et mars), mais hors d'une période de gel. Selon la période de plantation, un arrosage sera prévu à la plantation, 1 semaine, deux semaines, puis 1 mois après la plantation, ou selon les prescriptions du fournisseur des plants.
Délai de réalisation :	Mesure à réaliser dès le début de l'exploitation au niveau de la partie du talus de l'étape 0 qui sera réalisée dès le début et au niveau de la zone de dégagement nature ; sinon dès le réaménagement final pour la partie du talus qui sera réaménagé à la fin là où des plantations sont aussi prévues.
Suivi :	La reprise des arbres sera suivie annuellement durant les 5 premières années.
Entretien des fruitiers :	1. Arrosages 1ère année : en plus des arrosages suivant la plantation (selon la période de l'année), arroser chaque semaine en cas de sécheresse. 2. Arrosages années suivantes : arroser au moins toutes les deux semaines lors de sécheresse à raison d'au moins 20 litres par arbre. 3. Pour les fruitiers : formation des arbres durant les 5 premières années

	suivant la plantation des fruitiers. Afin de former les charpentières (les 4 branches principales de l'arbre), les branches doivent être taillées chaque année en mars. Des écarteurs en bambous seront disposés au besoin pour assurer un bon angle aux charpentières. Ne jamais utiliser des ficelles pour attacher les branches (enserrent la branche et la sève ne passe plus). 4. Desserrer les attaches de tuteurage 2x par an au moins pour ne pas enserrer l'arbre et empêcher le passage de la sève. 5. Protection contre les maladies : traitements chimiques préventifs contre les maladies, exclusivement traitements autorisés en bio. Les fruitiers hautes-tiges sont fragiles (même les variétés anciennes plus résistantes). Les attaques de pucerons ou maladies fongiques peuvent tuer les jeunes arbres. Au moins un traitement préventif annuel au printemps.
Illustration :	 A gauche : structure autour de l'arbre durant les premières années d'entretien. A droite : dans un pâturage, l'exploitant a ajouté un treillis autour des piquets, pour protéger le jeune arbre du bétail.
Remarque :	L'entretien de fruitiers hautes-tiges requiert savoir-faire et beaucoup de disponibilités de l'entreprise qui les suivra !

Les plants doivent être choisis parmi les essences de la liste nº 5

Liste nº 5, arbres indigènes isolés

Proposition d'essences (ou toute autre essence indigène poussant dans le périmètre) :

Chaque arbre isolé abattu devra être remplacé par la plantation de la même essence, comme demandé par la DGE-BIODIV. Nous conseillons une exception pour les frênes qui sont atteints d'une maladie, la chalarose et qui sont très fragiles pour cette raison. Nous devrons tout de même tenir compte des souhaits des exploitants. Ainsi, les vergers de noyer royal pourraient être remplacés par des vergers d'autres fruitiers, la législation les ayant rendus moins attractifs commercialement (et en plus ce ne sont pas les plus intéressants pour la biodiversité).

Essence	Nombre d'abattus Dans le périmètre de la gravière	Nombre minimal pour remplacer les essences abattues dans le périmètre de la gravière	Nb éventuel d'arbres abattus dans la lisière du tracé aérien du convoyeur*	Nombre minimal pour remplacer les essences abattues le long du convoyeur
Noyer royal	33	33 (ou autres fruitiers hautes-tiges ou indigène de grande valeur écologique)		
Chêne pédonculé	3	4		5
Cerisier sauvage (merisier)	2	2	1	
Saule des chèvres	1	1		
Frêne	1	0 -> chênes à la place	5	0 -> chênes à la place
Pin sylvestre			1	1

*Il n'y a pas de plantation de remplacement indiquée pour ces arbres sur le plan de l'annexe nº 1257-5.9 puisqu'en principe, on devrait éviter l'abattage.

Les fruitiers hautes-tiges seront choisis parmi plusieurs espèces (poiriers, pommiers, pruniers, cerisiers) et variétés d'espèces. Cela permet aussi de diminuer les problèmes si une variété attrape une maladie (pas nécessairement transmise aux autres arbres d'une autre espèce ou variété).

Total d'arbres pour remplacer et compenser le périmètre de la gravière : 40 (remplacement) + 10 (compensation) = 50

Total d'arbres pour remplacer et compenser le périmètre du convoyeur : 6 (remplacement éventuel) + 14 (compensation) = 20

Total général = 70 arbres

Mesure 5 : Reboisement de compensation

Reboisement de la forêt, voir chapitre 8.10 Conservation de la forêt du rapport d'impact.

Mesure 6 : Récolte de graines avant décapage

L'œillet arméria étant protégé dans le canton de Vaud, des graines de l'espèce seront récoltées dans le pâturage de pente avant destruction de sa station pour être replantées dans un milieu similaire voisin durant l'exploitation (prairie sèche de l'inventaire cantonal à 300 m à l'ouest du périmètre proposée).

Selon succès, les graines seront récoltées dans le biotope de substitution pour être replantées dans les prairies réaménagées des années plus tard.

Il sera fait de même dans les cultures avec les plantes accompagnatrices des cultures d'intérêt : le bleuet (*Centaurea cyanus*, NT en Suisse, VU pour le Plateau, -), l'euphorbe fluette (*Euphorbia exigua*, NT, -), la linaire bâtarde (*Kickxia spuria,* LC, -) et la rubéole des champs (*Sherardia arvensis*, LC, -).

tél. : 078 890 18 03
e-mail : info@boite-verte.ch
www.boite-verte.ch

Mesures de réaménagement liées au convoyeur

Les mesures sont indiquées sur la carte de l'annexe nº 1257-5.9.

Mesure 7 : Atténuation de l'impact sur la lisière

Le convoyeur longera la lisière sur la parcelle n° 73. Ce dernier se trouvera dans les 10 m à la lisière sur environ 90 mètres linéaires. Une demande de dérogation à l'Inspecteur forestier de l'arrondissement pour une construction à moins de 10 m de l'aire forestière devra être établie afin d'installer le convoyeur dans cette zone.

Les grands chênes vieillissants présents dans la lisière forestière seront préservés, tout comme les autres arbres-habitats d'intérêt pour la faune.

Ces arbres sont indiqués sur la carte des milieux et arborisation de l'annexe nº 1257-5.8.

La fouille ne devra pas être réalisée en-dessous de la couronne de ces arbres et dans un rayon d'au moins 3 mètres des troncs de ces arbres-habitats. Si des racines sont mises à jour lors des terrassements, particulièrement celles d'un diamètre d'au moins 8 cm, on veillera à ne pas les abîmer avec des machines mais à juste enlever la terre nécessaire autour transitoirement.

Lors de la destruction du convoyeur, les mêmes dispositions seront prises.

Mesure 8 : Plantation de 20 arbres isolés et fruitiers hautes-tiges

Objectifs :	En compensation de l'impact qu'aura le convoyeur sur le paysage, 20 nouveaux arbres seront plantés. Si des arbres devaient finalement être abattus lors des travaux, ils seront en plus remplacés.
Situation :	Voir la carte des mesures en annexe n° 1257-5.9.
Description :	Similaire à la mesure 4 (**se référer à cette mesure pour les détails techniques**).

Mesure 9 : Restauration des prairies et pâturages impactés par l'aménagement du convoyeur

La mesure sera réalisée lors de l'aménagement, mais aussi lors de la destruction du convoyeur et ses installations.

Objectifs :	- Restauration de la surface de prairie touchée de type *Arrhenatherion* au niveau de la parcelle n° 149. - Restauration du pâturage des parcelles n^{os} 289 et 143, de type *Cynosurion* (=pâturage gras peu diversifié).
Situation :	Voir la carte des mesures en annexe n° 1257-5.9.
Nombre et dimensions :	- Prairie de fauche type *Arrhenatherion* sur la parcelle n° 149 : environ 52 ml x 15 m largeur = environ 800 m^2 - Pâturage gras : à voir si les machines installant le tracé aérien du convoyeur ont un impact sur le sol ou pas, estimé pour le moment à environ 3000 m^2 pour prévoir une réserve de graines.
Technique :	Les surfaces seront restaurées avec la technique de la fleur de foin ou de la moisson de graine. Les mélanges grainiers du commerce sont **proscrits**.
Description :	Similaire à la mesure 2 (se référer à cette mesure pour les détails techniques).

Mesure 10 : Surveillance par un-e hydrogéologue pour les travaux vers le cours d'eau

Durant toutes les phases de travaux au niveau du passage du convoyeur en-dessus du Veyron, au niveau de l'espace réservé aux eaux (ERE) et du périmètre 2 du PAC Venoge, un-e hydrogéologue sera chargé de suivre les travaux.

Par phases de travaux, on comprend aussi bien la réalisation, l'entretien en cours d'exploitation, et la destruction du convoyeur.

Le suivi aura pour but de prendre les dispositions nécessaires pour prévenir tout accident de pollution des eaux et un impact négatif sur leur faune et leur flore. L'hydrogéologue aura été mis en contact avec les entreprises avant toute phase de chantier afin de leur remettre un cahier des charges détaillant les mesures de prévention à mettre en œuvre.

Autres mesures

Mesure 11 : Surveillance et lutte contre les plantes envahissantes problématiques (PEP)

Objectifs :	Réduire au maximum le risque de propagation des PEP.
Responsabilités du maître d'ouvrage :	• Avant le début des travaux, le maître d'ouvrage doit vérifier la présence éventuelle des plantes envahissantes problématiques dans le périmètre du projet et prendre les mesures de lutte nécessaires pour les éliminer et éviter leur dissémination. **Notamment, éliminer tous les foyers de plantes envahissantes problématiques repérés lors de l'étude d'impact, notamment celles de la jachère de la parcelle n° 93 et le sumac dans le pâturage de la parcelle 143, les vergerettes annuelles du talus du périmètre de la gravière.** • Dans les conditions contractuelles avec les entreprises qui réalisent les travaux, il doit être stipulé que les machines et les apports de matériaux terreux sont garantis exempts de plantes exotiques (racines, rhizomes ou graines). • A la suite des travaux et pendant 3 ans après réaménagement, un contrôle doit être effectué par le maître d'ouvrage pour constater qu'aucune plante exotique ne s'est développée sur les surfaces réaménagées. En cas d'apparition de ces plantes, les travaux d'élimination seront entrepris à la charge du maître d'ouvrage.
Situation :	Sur l'ensemble du site.
Mesures à prendre :	1. Eliminer les PEP déjà présentes sur le site avant le début de l'exploitation, aussi les chardons, lampés notamment. 2. Durant l'exploitation, surveiller la présence de PEP sur le site mensuellement entre avril et octobre (voir décembre si le séneçon du Cap apparaît). Avoir du personnel capable de reconnaître les PEP est un atout !

	3. **Ensemencer les stocks de terre avec un mélange grainier de reverdissement** (mélange bien dense de graminées qui minimise le risque d'implantation de PEP). **Ne pas laisser de la terre à nue sur une longue durée est une des meilleures mesures de minimisation des risques d'envahissement !** 4. Plusieurs fois par année, faucher ou arracher les PEP (choix de la méthode : voir les fiches d'information éditées par le canton de Vaud). 5. En plus, durant les trois années suivant la fin de l'exploitation du site, surveiller la présence de PEP et intervenir si nécessaire pour les éliminer.
Période pour les travaux :	Arrachage (ou fauche) des plantes juste avant la floraison (selon la période de floraison de l'espèce, le plus souvent début juin puis en août).
Délai de réalisation :	En continu durant toute l'exploitation et 3 ans après réaménagement de chaque surface.
Suivi :	La présence de PEP sur le site fait l'objet de deux visites de suivi chaque année par un-e spécialiste en environnement durant l'exploitation du site et les trois années suivant la fin de l'exploitation. Pour les suivis mensuels, des personnes formées à l'interne seront désignées. Si des PEP sont présentes, un plan de lutte clair est élaboré avec une carte et la description des mesures de lutte par espèce.
Entretien régulier :	Arrachage (ou fauche) régulier des plantes.

Illustrations, de gauche à droite de PEP fréquentes : solidage du Canada (*Solidago canadensis*), buddléia de David (*Buddleja davidii*) et vergerette annuelle (*Erigeron annuus*) © web.

Mesure 12 : Déplacement des reptiles avant destruction des habitats

La suppression des haies et bosquets ne pourra intervenir qu'entre le 1er septembre et le 31 janvier et après que les reptiles auront été déplacés. L'optimum pour l'élimination des haies et bosquets est en septembre afin que les éventuels reptiles restant puissent encore se déplacer avant les premiers gels.

Ainsi, des spécialistes des reptiles équipés seront appelés en avance avant la réalisation des travaux, en particulier lors des terrassements dans les pâturages de pente ou des travaux en forêt et en lisière. Les éventuels reptiles capturés seront relâchés dans des habitats appropriés de la région selon les prescriptions d'un répondant d'infofauna (organisme responsable du suivi des reptiles en Suisse).

A proximité par exemple, un pâturage d'importance locale a été délimité dans l'inventaire cantonal des prairies et pâturages secs sur la commune de Chavannes-Le-Veyron (à 200 mètres au sud du périmètre de la gravière), un autre se trouve à 1,2 km à l'est et est d'importance régionale (« Mont Lamber » sur la commune de Senarclens). Nous avons visité le pâturage sur Chavannes-Le-Veyron : jouxtant un jardin et verger proche de la nature avec des haies indigènes, il conviendrait bien pour un lâcher de lézards des souches.

L'espèce est assez bien visible en avril-mai (recherche des rayons du soleil car il ne fait pas encore très chaud) et une première campagne de capture pourrait avoir lieu à cette période, puis une seconde en août-septembre, selon les recommandations du spécialiste.

Mesure 13 : Calendrier des travaux (tenant compte de la protection de la nature)

Conformément à la demande de la DGE-BIODIV, tous les travaux susceptibles de détruire un lieu habité par des espèces protégées devront avoir lieu uniquement en dehors de la période de nidification des oiseaux (soit uniquement entre le 1er septembre et le 31 janvier). **Dans tous les cas, aucun arbre ou bosquet ne sera éliminé durant la période de nidification des oiseaux**.

La suppression des haies et bosquets ne pourra donc intervenir qu'entre le 1er septembre et le 31 janvier et après que les reptiles auront été déplacés. L'optimum est en septembre afin que les éventuels reptiles restant puissent encore se déplacer avant les premiers gels.

Afin de préserver également l'alouette des champs (*Alauda arvensis*, VU) pour laquelle de nombreux territoires sont observés dans la région, et selon la demande de la DGE-BIODIV, **les travaux de terrassements dans la zone agricole devront intervenir en dehors de la période de nidification qui s'étend d'avril à juin**. En effet, elle niche au sol en terre agricole durant ces périodes.

En résumé :

Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec

Travaux possibles sans restriction pour la plupart des espèces protégées et les oiseaux
Pas de creuse dans une nouvelle surface agricole, pour préserver l'alouette
Pas d'élimination d'arbres ou bosquets, ni de destruction d'habitat d'espèce protégée
Déplacer les reptiles avant destruction des biotopes

Mesure 14 : Suivi en phase de chantier (SER) et établissement de rapports annuels, calendrier d'entretien des aménagements pour la nature

Le cahier des charges du suivi en phase de réalisation (SER) est à réaliser conjointement avec un-e spécialiste en environnement. Il sera intégré au projet avant la mise en soumission des travaux. Les charges doivent être définies et approuvées par la DGE-BIODIV avant la mise en soumission auprès des entreprises. Le nom du responsable du SER sera communiqué par écrit à la DGE-BIODIV dès sa nomination.

Toute la phase de chantier sera suivie par un un-e spécialiste en environnement afin de vérifier que les impacts sont réduits au strict minimum et que les mesures d'atténuation et de compensation sont mises en œuvre conformément à la présente notice.

En cas d'installation spontanée d'espèces protégées (telles que par exemple l'hirondelle de rivage ou des amphibiens), un accord devra être trouvé avec l'exploitant afin de prendre les mesures nécessaires à leur sauvegarde. La DGE-BIODIV se tient à disposition.

Un rapport annuel de suivi sera transmis à la DGE-BIODIV.

Les mesures de réaménagement doivent être suivies durant 5 ans dès le réaménagement. Les plantes envahissantes problématiques doivent être suivies durant 3 ans dès le réaménagement (et en plus avant et durant le chantier).

Voir plan d'entretien en dernière page de cette annexe.

Mesure 14 : Plan d'entretien des mesures nature

Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aou	Sep	Oct	Nov	Dec
			PEP 2	PEP 2	PEP1 et PEP2	PEP 2	PEP 2	PEP 2	PEP 2	PEP 2	PEP 2
		Taille, soins	Déb, fumure	Arr? Trait.	Arr?	Arr?	Arr?	Arr?		Plantation	
				Arr? Déb.	Arr?	Arr? Déb.	Arr?	Arr? Déb.		Plantation	
			rechercher, déplacer					déplacer			

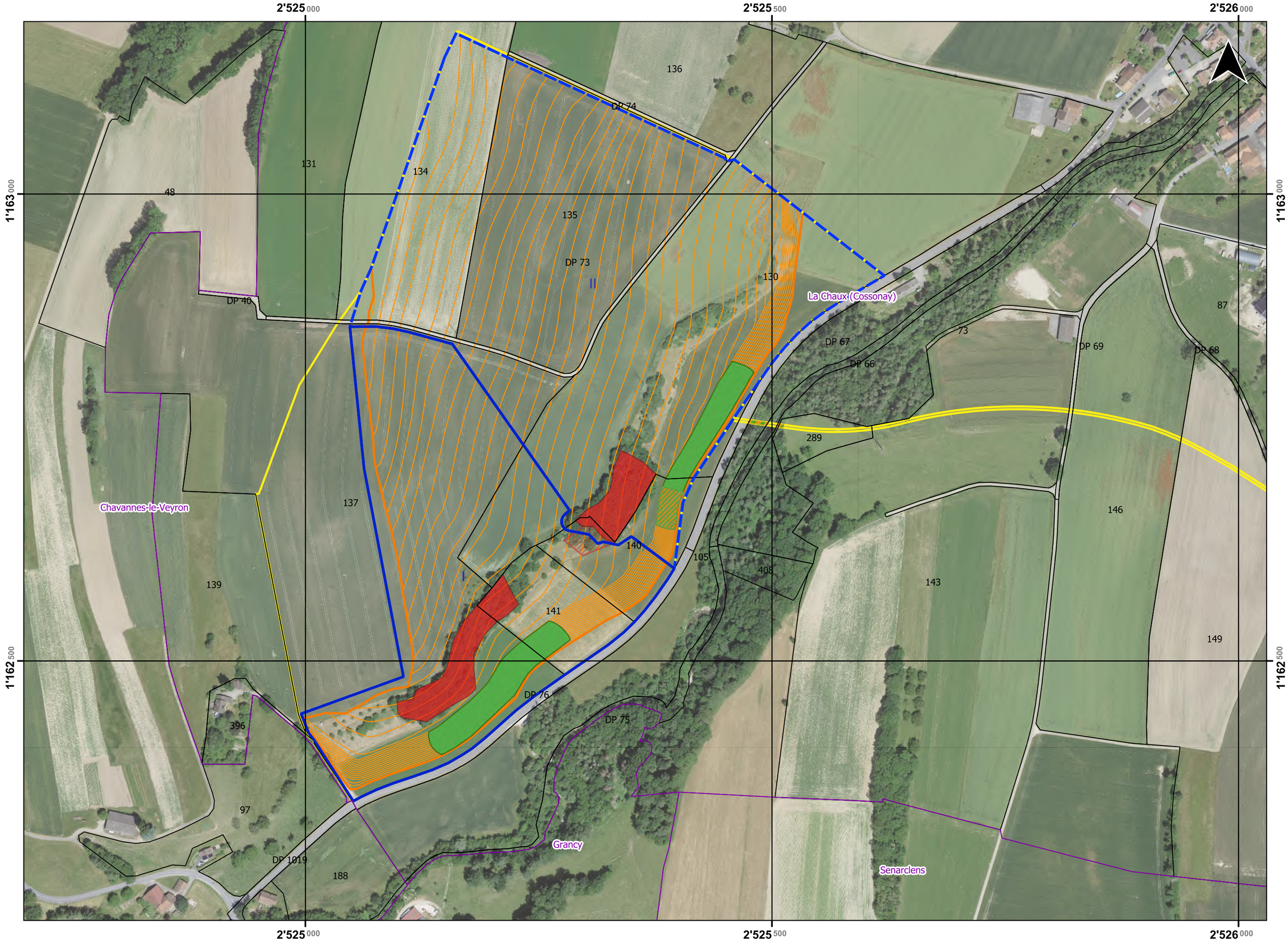
Légende du code couleur

	PEP1 : contrôle des plantes envahissantes par spécialiste, PEP2 : contrôle et lutte des plantes envahissantes par maître d'ouvrage
	Entretien des fruitiers hautes-tiges selon entretien spécifié
	Entretien des ligneux indigènes (arbres plantés et buissons), selon entretien spécifié
	Prairies à réaménager, période idéale pour la récolte de graines ou le réensemencement (notamment récolte de graines de l'œillet arméria).
	Revitalisation de lisière, période possible
	Reptiles : rechercher des biotopes de remplacement (avril), déplacer les individus capturés (avril et septembre).

Abréviations

Arr?	Arrosage si nécessaire (en cas de sécheresse)
Déb	Débroussaillage de l'herbe avec évacuation de l'herbe fauchée autour des fruitiers, juste faucher pour autres ligneux.
Fum	Fumure autour de l'arbre et grattage pour pénétration
Trait.	Traitement chimique toléré en bio contre les pucerons ou autres maladies fongiques

Les mesures de réaménagement sont à suivre pendant 5 ans après le réaménagement. Le suivi des plantes envahissantes problématiques se poursuit durant 3 ans après le réaménagement.


2'525 000
2'525 500
2'526 000
1'163 000
1'162 500
136
DP 74
131
134
48
135
DP 73
130
DP 40
La Chaux (Cossonay)
87
73
DP 67
DP 69
DP 68
DP 66
289
Chavannes-le-Veyron
137
146
140
105
408
139
143
141
149
DP 76
DP 75
396
97
Grancy
DP 1019
188
Senarclens

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Plan de défrichements et reboisements 1:3'500

LEGENDE

- Communes
- Limites parcellaires
- Plan d'extraction

Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II
- Limite de réaménagement
- Courbes de réaménagement

Surfaces défrichées

- Défrichement definitif
- Défrichement temporaire
- Assiette de reboisement inscrite au registre foncier initialement sur cette parcelle (n° 2006/3311)

Surfaces reboisées

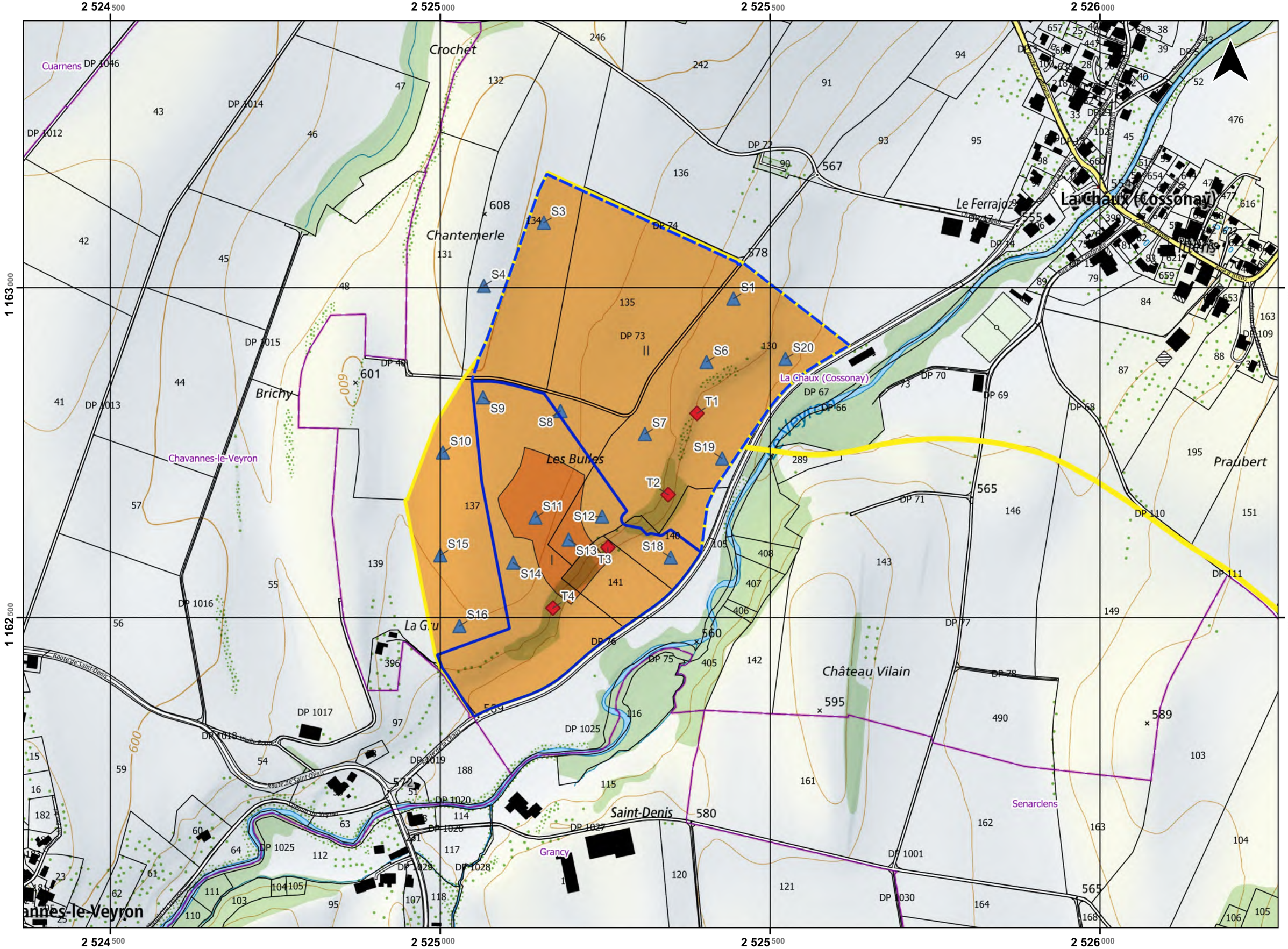
- Reboisement de compensation
- Assiette de reboisement déplacée (n° 2006/3311)

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe 1257-5.14	Date	Dessin	Visa
		12.02.2025	IF	AM
		24.11.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			

ANNEXE N° 1257-6

SOLS

- 1257-6.5 Carte de l'épaisseur de l'horizon A sur la gravière au 1 : 5'000
- 1257-6.6 Carte de l'épaisseur de l'horizon B sur la gravière au 1 : 5'000
- 1257-6.7 Profil type de pistes de chantier au 1 : 50
- 1257-6.8 Principe général de stockage des terres au 1 : 500
- 1257-6.9 Cahier des charges standard du Spécialiste de la protection des sols
- 1257-6.10 Mesures de lutte contre les espèces invasives
- 1257-6.11 Fiche technique pour la remise en culture des terrains reconvertis
- 1257-6.13 Convoyeur – Epaisseur horizon A au 1 :5'000
- 1257-6.14 Convoyeur – Epaisseur horizon B au 1 :5'000
- 1257-6.17 d. Risques d'érosion – Après réaménagement 1 : 10'000
- 1257-6.17 f. Erosion – réduire les risques – Cahier de fiches techniques
- 1257-6.18 a. Carte des surfaces d'assolement – Etat initial au 1 : 7'500
- 1257-6.18 b. Carte des surfaces d'assolement – Etat final au 1 : 7'500
- 1257-6.18 c. Carte des surfaces d'assolement – Bilan final des SDA au 1 : 7'500
- 1257-6.18 d. Carte des surfaces d'assolement – Emprise maximale sur les SDA (année 8) au 1 : 7'500


2 524 500
2 525 000
2 525 500
2 526 000
1 163 000
1 162 500
Cuarnens
DP 1046
DP 1014
DP 1012
DP 1015
DP 1013
DP 1016
DP 1017
DP 1018
DP 1019
DP 1020
DP 1025
DP 1026
DP 1027
DP 1028
DP 1029
DP 1030
DP 1001
DP 1025
DP 72
DP 74
DP 73
DP 40
DP 67
DP 66
DP 70
DP 69
DP 68
DP 71
DP 110
DP 111
DP 77
DP 78
DP 76
DP 75
DP 14
DP 109
Crochet
Chantemerle
Brichy
Les Bulles
Le Ferrajoz
La Chaux (Cossonay)
Chavannes-le-Veyron
La Gru
Château Vilain
Saint-Denis
Grancy
Senarclens
Praubert
Route de Saint-Denis
Ruisseau de Chavannes
Ruisseau de Praubert
Veyron
608
601
609
567
578
555
565
560
595
589
572
580
S1
S3
S4
S6
S7
S8
S9
S10
S11
S12
S13
S14
S15
S16
S18
S19
S20
T1
T2
T3
T4

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Carte de l'épaisseur d'horizon A sur la gravière 1:5'000

LEGENDE

- Communes
- Parcelles

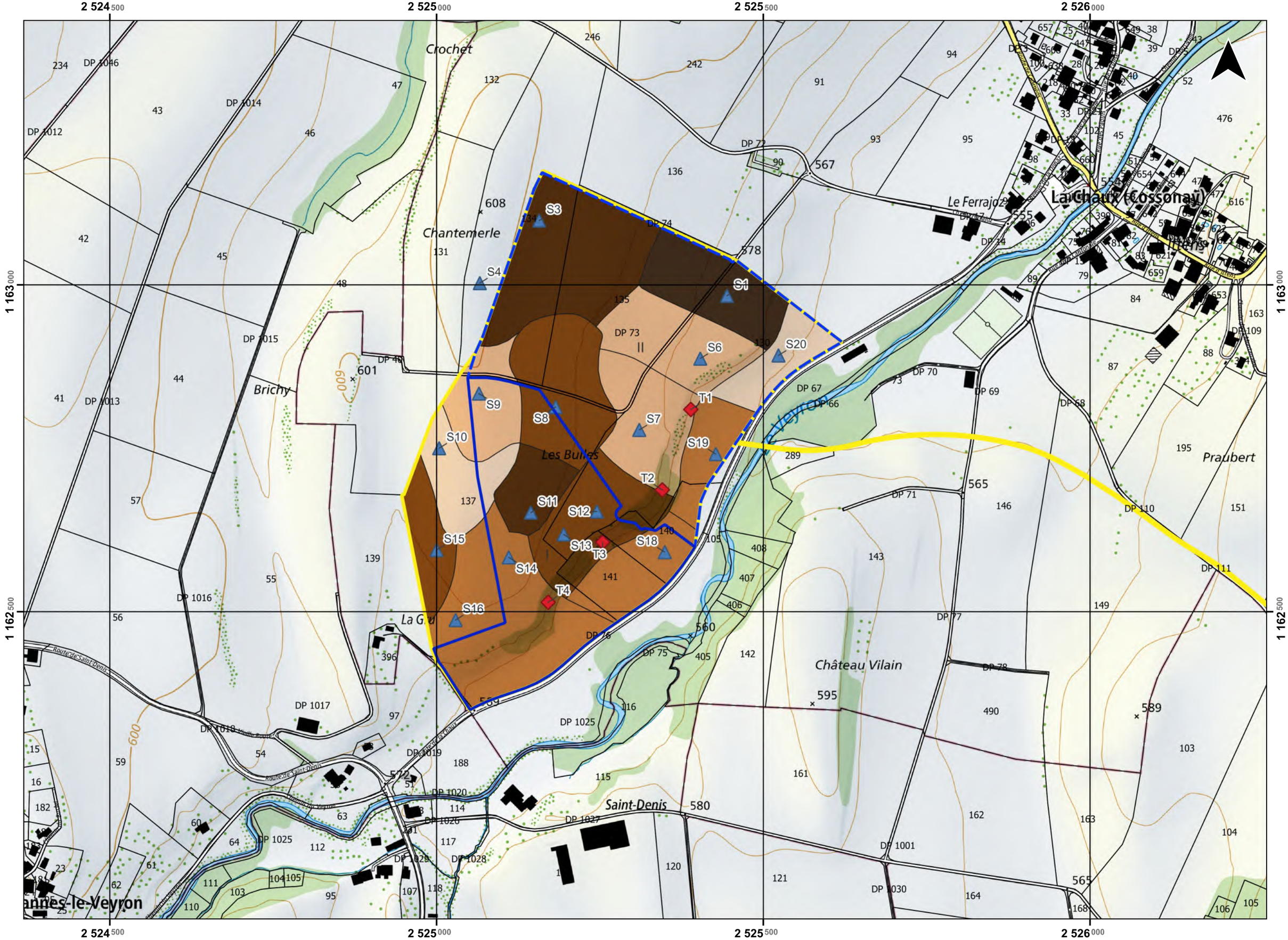
Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II
- Plan d'extraction
- Sondages tarière
- Sondage pelle

Epaisseurde l'horizon A

- 20 - 30 cm
- 30 - 40 cm

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-6.5	Date	Dessin	Visa
		21.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			


2 524 500
2 525 000
2 525 500
2 526 000
1 163 000
1 162 500
S1
S3
S4
S6
S7
S8
S9
S10
S11
S12
S13
S14
S15
S16
S18
S19
S20
T1
T2
T3
T4
Crochet
Chantemerle
Brichy
Les Bulles
La Gaud
Le Ferrajoz
La Chaux (Cossonay)
Praubert
Château Vilain
Saint-Denis
Route de Saint-Denis
DP 1046
DP 1014
DP 1012
DP 1015
DP 1013
DP 1016
DP 1017
DP 1018
DP 1019
DP 1020
DP 1025
DP 1026
DP 1027
DP 1028
DP 1029
DP 1001
DP 1030
DP 72
DP 74
DP 73
DP 40
DP 67
DP 66
DP 70
DP 69
DP 68
DP 71
DP 110
DP 111
DP 77
DP 76
DP 75
DP 78
DP 14
DP 109
567
608
601
600
560
595
589
580
565
555
554
578
572
509

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Carte de l'épaisseur d'horizon B sur la gravière 1:5'000

LEGENDE

- Communes
- Parcelles

Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II
- Plan d'extraction
- Sondages tarière
- Sondage pelle

Epaisseur de l'horizon B

- 0 - 10 cm
- 10 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- 30 - 40 cm
- 40 - 50 cm
- 50 - 60 cm
- 60 - 65 cm

		Date	Dessin	Visa
IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-6.6	21.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

GRAVIERE “LES BULLES”

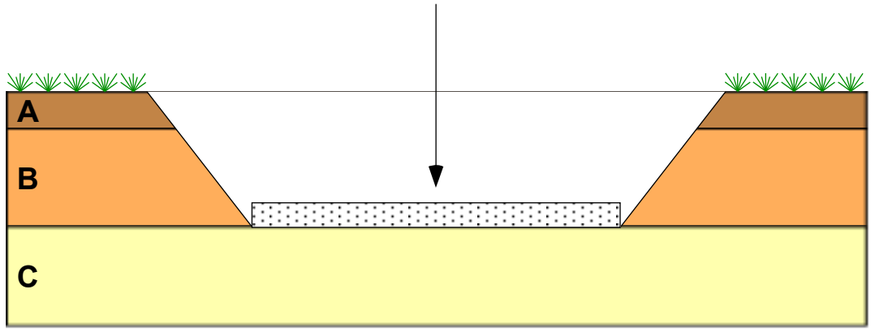
Site PDCar nº 1222-005

PROFIL-TYPE DE PISTES DE CHANTIER
1 : 50

Piste dans le périmètre d’exploitation

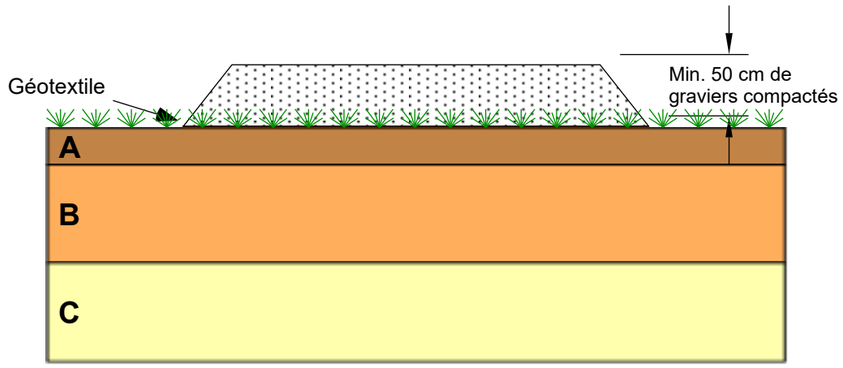
(Surface nécessitant dans tous les cas un décapage dans le cadre du projet dans l’emprise de la surface d’aménagement des installations ou de la zone d’exploitation)

Piste en tout-venant en fonction de la stabilité des matériaux en place (facultatif)



Piste hors du périmètre d’exploitation

(Surface ne nécessitant aucun décapage dans le cadre du projet telle que la zone de stockage au nord : butte)



L’utilisation de plaques Durabase ou équivalent est également autorisée.

Les pistes sont provisoires et ne peuvent rester en place que 2-3 ans au maximum.

IMPACT CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-6.7	Date	Dessin	Visa
		10.10.2017	RF	VB
	Format 42 x29.7 cm			

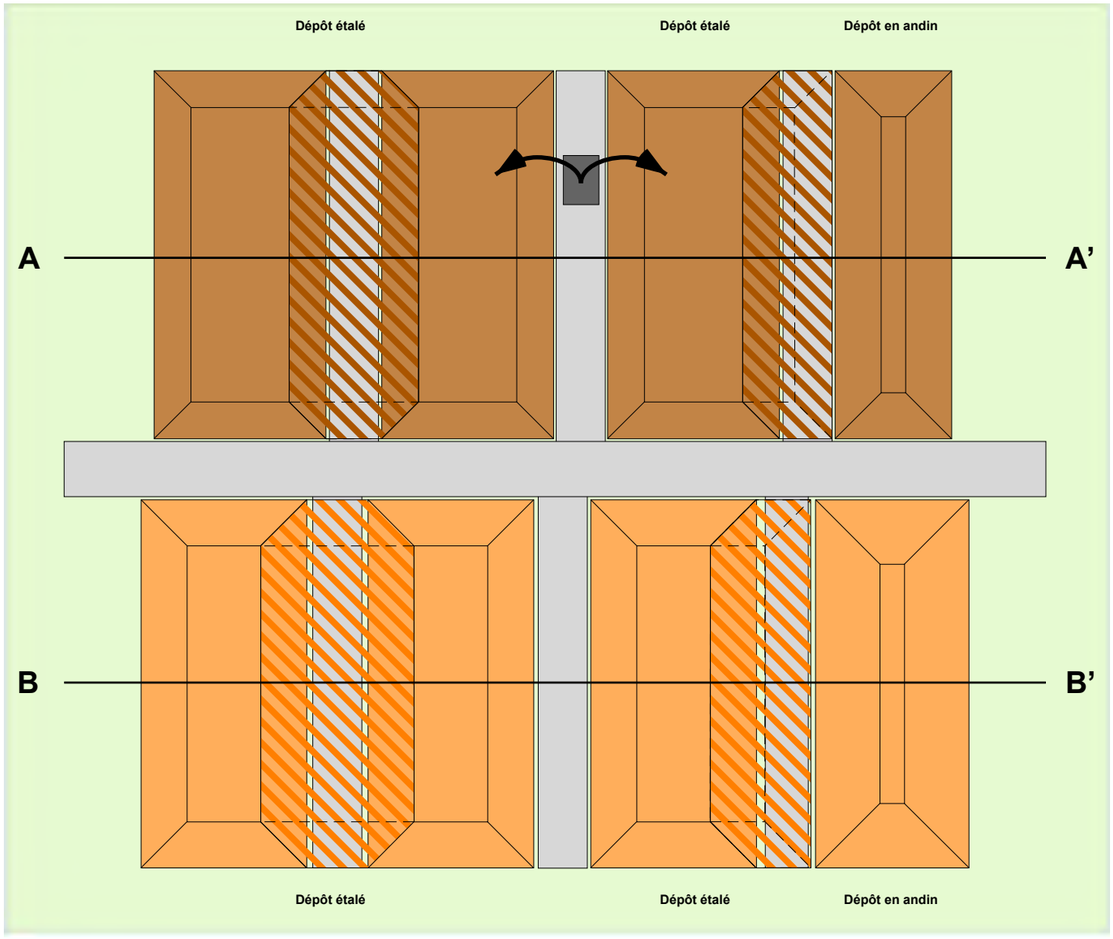
Orllati Granulats & Béton SA

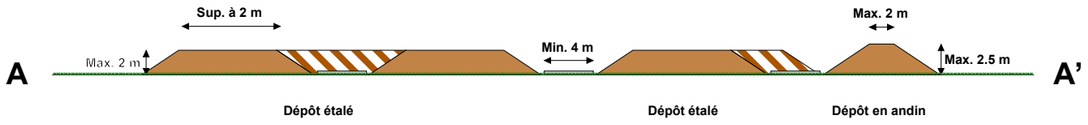
Communes de La Chaux et Senarclens

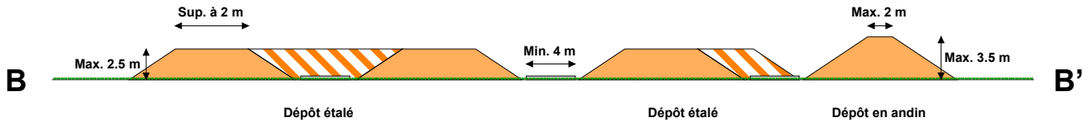
GRAVIERE “LES BULLES”

Site PDCar nº 1222-005

PRINCIPE GENERAL DE STOCKAGE DES TERRES
1 : 500







LEGENDE

- Stock d’horizon A
- Stock d’horizon B
- Piste de chantier
- Pelle à chenille
- Complément de stock sur les pistes

Les pistes sont aménagées avant les travaux selon le profil-type de l’annexe n° 1257-8.7. Elles permettent l’apport des matériaux sur l’ensemble de la zone de stockage. Elles peuvent être conservées sous les matériaux pour faciliter leur reprise pour la remise en état.

IMPACT CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-6.8 Format 42 x29.7 cm	Date	Dessin	Visa
		10.10.2017	RF	VB

canton de vaud
LIBERTÉ ET PATRIE

Direction générale de l'environnement (DGE)

Géologie, sols et déchets

Rue du Valentin 10
1014 Lausanne

Réf. : 56/4890 GEODE-Sols/FF/ng

CAHIER DES CHARGES STANDARD DU SPECIALISTE DE LA PROTECTION DES SOLS SUR LES CHANTIERS (SPSC)

Le présent document vise à clarifier les exigences en matière de prestations minimales requises pour les suivis pédologiques.

Ce document vise à garantir à long terme les fonctions du sol, en application des articles 2, 6 et 7 de l'Ordonnance fédérale sur les atteintes portées aux sols (OSol), des recommandations du guide « Sols et construction » (OFEV, 2015) et à permettre une pratique d'exécution uniforme.

Le présent document est une aide à l'exécution cantonale, élaborée par la Direction générale de l'environnement (DGE) en tant qu'autorité de surveillance, qui s'adresse en premier lieu aux maîtres d'ouvrages et bureaux spécialistes de la protection des sols sur les chantiers. Il est établi sur la base des documents existants dans les autres cantons, particulièrement celui du canton de Fribourg (http://www.fr.ch/sol), et quelques éléments du canton de Zurich (www.bodenschutz.zh.ch). Il concrétise les bases légales, directives et guides dans le domaine du suivi pédologique de chantier, avec pour but d'assurer l'égalité devant la loi et la sécurité du droit tout en permettant des solutions souples et adaptées aux cas particuliers. Si les maîtres d'ouvrages (MO) et mandataires environnementaux en tiennent compte, ils peuvent partir du principe qu'ils se conforment aux droits fédéral et cantonal.

Le SPSC veille à ce que le projet de construction soit réalisé de façon conforme au droit par rapport aux prescriptions relatives au sol. Son domaine d'intervention recouvre toutes les étapes de réalisation de l'ouvrage, de l'appel d'offres à la réception de l'ouvrage après la remise en culture. Le but du SPSC est de conseiller le MO, ses mandataires et les entreprises pour la mise en œuvre concrète de la protection des sols afin de protéger les volumes de sols impactés par les travaux contre les atteintes au sens de l'OSol, et de garantir une remise en état de sols conforme à leur objectif de restitution.

> L'objectif du mandat entre le MO et le SPSC implique la réalisation de l'objectif de reconstitution des sols et le respect de la législation et de l'état de la technique ;
> En cas d'objectif non atteint, le MO reste le premier responsable devant la loi. En cas de prestations lacunaires du SPSC, le MO peut lui imputer une partie de la responsabilité.

A. Avant le début des travaux : reconnaissance de la situation actuelle, planification et organisation

	Prestations	Responsable
1	> Recueil des informations sur le projet autorisé et sur les prescriptions de la procédure d'autorisation relatives aux sols.	SPSC
2	> Relevé pédologique sur l'ensemble du périmètre du projet (selon DMP 864). > Détermination des mesures de protection.	SPSC ou bureau EIE
3	> Introduction des exigences pour la protection des sols dans les documents de soumission (appels d'offres, conditions générales, particulières et postes correspondants en séries de prix). > Participation à l'attribution des travaux : exigences posées au parc des machines, organisation des travaux, planning, interruptions pour mauvaises conditions météorologiques.	SPSC / DT
4	> Management des matériaux terreux : planification du tri des matériaux terreux, de leurs mouvements et de leurs entreposages.	SPSC
5	> Information des propriétaires et exploitants concernés sur la mise en herbe préalable des surfaces de terres ouvertes faisant partie des emprises du chantier.	SPSC
6	> Information au SPSC sur le déroulement prévisible du chantier : calendrier le plus précis possible des travaux, durée des interventions, engins utilisés, contraintes éventuelles temporelles ou spatiales (relativement à l'activité des engins sur le périmètre du chantier), événements particuliers pouvant être envisagés. > Rédaction d'un P.V. de séance.	DT
7	> Etablissement du cahier des charges environnemental de(s) l'entreprise(s) mandataire(s) (selon point A.4) définissant ou précisant notamment : > le déroulement du chantier et de la remise en état ; > le calendrier général des interventions (périodes des opérations de décapage, stockage, remblayage, remise en place) ; > certaines données techniques et conditions de base devant être respectées durant les travaux du sol (par ex. type de semis à utiliser pour l'ensemencement des dépôts, hauteur des dépôts, etc.).	SPSC
8	> Adaptation, si nécessaire, des prestations décrites sous les points 3 et 4 (planification détaillée des mesures en phase de réalisation). > Envoi du contrat et du cahier des charges détaillé de suivi pédologique à la DT et aux services concernés (DGE-GEODE/Sols) pour approbation.	SPSC / DT

B. Début du chantier : décapage et stockage des terres

	Prestations	Responsable
1	> Le SPSC est assimilé au SER ; il instruit la DT des bonnes pratiques, y compris arrêts de chantiers, permettant le respect de l'état de la technique et la réalisation de l'objectif de restitution des sols.	MO
2	> Information aux entreprises et à la DT du contenu des normes SN 640 482 et SN 640 483 et des autres prescriptions/directives applicables : sensibilisation à la protection des sols, présentation des principes généraux et des aspects contraignants (conditions-cadre) de ces directives.	SPSC
3	> Détermination des jours propices au décapage en fonction des conditions d'humidité du sol.	SPSC
4	> Vérification de la pression au sol exercée par les engins de chantier au début des travaux ainsi que du type d'engins utilisés pour les opérations de décapage. Le cas échéant, le SPSC peut instruire l'utilisation d'autres engins si ceux qui sont employés ne correspondent pas aux exigences requises. Il doit aussi instruire le respect des limites d'engagement (cbar) de chaque engin.	SPSC
5	> Suivi des manipulations des terres et des impacts sur les emprises temporaires (circulations d'engins, installations de chantier). > Suivi de l'état hydrique du sol (cbar) à l'aide de tensiomètres à bougie poreuse.	SPSC
6	> Suivi de la mise en dépôt séparée des matériaux terreux : contrôle du respect des surfaces de dépôt et de leur aménagement, contrôle de la hauteur des tas, de l'ensemencement, de la pente à la surface des dépôts et des conditions d'écoulement des eaux. Le SPSC déterminera tout nouvel autre emplacement nécessaire et la DT contactera le spécialiste avant tout mouvement des terres.	SPSC DT
7	> Suivi de l'entretien des dépôts jusqu'à la réutilisation des terres lors de la remise en état.	SPSC
8	> Contrôles ponctuels 2x/année de l'état des dépôts durant le chantier.	SPSC
9	> Rédaction des comptes rendus des visites du chantier et tenue à jour d'un journal détaillé de suivi de chantier. Transmission d'un rapport de synthèse annuel au service concerné, ou des comptes rendus de visites si demandés dans le préavis de l'autorisation de construire. Les éventuels événements particuliers seront également communiqués en cours d'année au service concerné.	SPSC
10	> Fréquence de suivi : au minimum hebdomadaire lors de travaux sur les sols. Une réduction de cette fréquence doit pouvoir être justifiée.	SPSC

C. Fin du chantier : remise en place des terres et restitution des terrains à l'agriculture

	Prestations	Responsable
1	> Contrôle de l'horizon C (remblai nivelé), de son niveau (ainsi que du système de drainages le cas échéant) et des volumes de sol disponibles pour la remise en état. > Information du service concerné.	SPSC
2	> Etablissement des modalités agronomiques et forestières durant la remise en état des terres (choix du type de semence pour l'activation biologique de la couche intermédiaire et de la terre végétale, dosage des semis et des apports de fumure, choix des plants forestiers et d'une éventuelle pré-plantation ou fertilisation).	SPSC / gardes-forestiers
3	> Détermination des jours propices à la remise en place des horizons A et B en fonction des conditions d'humidité du sol.	SPSC
4	> Contrôle de la remise en place de l'horizon B dans les règles de l'art, vérification de l'épaisseur de l'horizon, contrôle de la réutilisation de la totalité des terres décapées lors de la mise en place de la couche intermédiaire. Le SPSC informe les services compétents (DGE-GEODE/Sols, SAVI, FORET, BIODIV selon le type de sols touchés) du début des travaux de remise en place des terres.	SPSC
5	> Contrôle de la remise en place de l'horizon A dans les règles de l'art, vérification de l'épaisseur de l'horizon, contrôle de la réutilisation de la totalité de la terre végétale. > Détermination de la nécessité ou non de procéder à l'épierrage pour préparer le lit de semis. Surveillance de l'ensemencement de l'horizon A (selon modalités définies sous C.2) et du respect du calendrier (période de végétation). > Surveillance des plantations forestières.	SPSC
6	> Contrôle de la remise en état des pistes ainsi que des aires de dépôts si celles-ci sont situées à l'extérieur du périmètre (ameublissement). Contrôle des conditions d'écoulement des eaux d'infiltration.	SPSC
7	> Etablissement du protocole de restitution des terrains et réception des travaux, en présence des services concernés (principalement pour les décharges, gravières et aménagements de parcelles).	(SPSC : définition des éléments techniques) DT-PROP
8	> Rédaction de comptes rendus des visites du chantier et tenue à jour d'un journal détaillé de suivi de chantier. Transmission d'un rapport de synthèse annuel et d'un rapport final au service concerné. > Les éventuels événements particuliers seront également communiqués en cours d'année au service concerné.	SPSC SPSC/DT

9	Suivi de la remise en culture : > Détermination de la pratique culturale à respecter durant les 3 à 5 premières années, choix du semis, choix et dosage des engrais, étude de tout autre aspect agronomique. Information à l'agriculteur concerné sur les mesures de protection permettant de recouvrir à moyen terme le rendement agricole initial, conseils et recommandations pour la mise en rotation des terrains. > Etablissement des contraintes techniques du contrat de remise en culture. > Suivi et conseils quant au reboisement (forêt). > Le SPSC protocole le suivi de la remise en culture et établit les contacts nécessaires avec les services concernés. > Dans certains cas, notamment pour les gros chantiers et lorsque des mesures de protection des sols n'ont pas été respectées, un suivi ponctuel de la remise en état des terres jusqu'au recouvrement de leur qualité doit être effectué.	SPSC
10	> Fréquence de suivi pendant les travaux sur les sols : au minimum hebdomadaire lors de travaux sur les sols. > Fréquence de suivi de la remise en culture : pendant les 3 à 5 ans de remise en culture après reconstitution des sols, en général bisannuelle (en période humide et en période de végétation sèche). > Une réduction de ces fréquences devra pouvoir être justifiée.	SPSC

Liste des abréviations :

EIE :	étude d'impact sur l'environnement
SPSC :	spécialiste mandaté pour le suivi de la protection des sols sur les chantiers (liste nationale disponible sur www.soil.ch)
SER	Suivi environnemental de la réalisation (selon norme SN 640 610a)
DT :	direction des travaux
PROP :	propriétaire foncier des terrains concernés par le projet
ENT :	entreprise adjudicataire
Service concerné :	Direction générale de l'environnement, Direction des ressources et du patrimoine naturels, Division géologie, sols et déchets, section Sols (DGE-GEODE/Sols)
MO :	maître d'ouvrage

Lausanne, le 7 décembre 2016

Marc Andlauer
Chef de Division

François Füllemann
Ingénieur

MESURES DE LUTTE CONTRE LES ESPÈCES INVASIVES

1 GENERALITES

Toute espèce introduite par les activités humaines depuis moins de 1'500 ans sur le territoire et se reproduisant dans la nature sans l'aide de l'homme est considérée comme néophyte. Introduites dans la plupart des cas comme plantes ornementales, la dissémination de ces nouvelles espèces peut rapidement se révéler problématique lorsqu'elles échappent au contrôle de l'homme et se retrouvent dans un environnement où aucun prédateur ni aucune espèce compétitrice ne régulent leur population. Lorsqu'une plante se répand massivement et représente un risque pour la diversité biologique, pour l'homme, pour les animaux ou pour l'environnement, elle est considérée comme une néophyte envahissante. Dans la plupart des cas la lutte contre ces espèces nécessite des ressources financières et techniques considérables.

La liste noire (regroupant les espèces faisant l'objet de mesures) et la watch liste (regroupant les espèces faisant l'objet d'une surveillance) pour la Suisse sont disponibles sur le site : « http://www.infoflora.ch/fr/flore/neophytes/listes-et-fiches.html ».

Les effets nuisibles des néophytes envahissantes peuvent être :

- d'entrainer une diminution de la biodiversité due à une meilleure compétitivité des plantes envahissantes par rapport à la flore autochtone ou absence du cortège d'organismes parasites qui en limitent l'expansion dans leur aire de répartition naturelle ;

- de représenter un risque pour la santé publique causé par des substances allergènes ou toxiques (par exemple : Ambroisie) ;

- d'occasionner des problèmes pour l'agriculture en étant soit porteuses de maladies communes avec les espèces cultivées, soit toxiques pour le bétail (par exemple : Renouée du Japon) ;

- d'occasionner des dégâts sur des ouvrages tels que des routes, des talus ou des murs dus au développement de leurs parties souterraines.

2 BASES LEGALES

De nombreuses lois ont été promulguées afin de limiter au maximum la propagation des néophytes envahissantes ou l'importation de nouvelles espèces pouvant devenir problématiques. En règle générale la stratégie de lutte contre les espèces nuisibles déjà établies relève des autorités cantonales, une priorité devant être accordée pour les espèces interdites figurant dans l'annexe 2 de l'ordonnance sur la dissémination dans l'environnement (ODE). Sont cités ci-dessous les points principaux des divers textes de lois régissant la gestion de nouvelles espèces sur le territoire :

Au niveau de la responsabilité personnelle :

2 Les organismes nuisibles particulièrement dangereux sont désignés dans les annexes 1 et 2. »

- Selon l'article 15 al. 3 de l'ODE :
« Les matériaux d'excavation contaminés par des organismes exotiques envahissants au sens de l'annexe 2 doivent être valorisés au lieu d'enlèvement ou éliminés de manière à exclure toute nouvelle propagation de ces organismes.»

Actions des autorités :

- Selon l'article 52 de l'ODE :
« 1 Si des organismes pouvant mettre en danger l'être humain, les animaux ou l'environnement ou porter atteinte à la diversité biologique et à l'utilisation durable de ses éléments apparaissent, les cantons ordonnent les mesures requises pour les combattre et, si cela est nécessaire et se justifie, pour éviter leur réapparition.

2 Les cantons informent l'OFEV et les autres services fédéraux concernés de l'apparition de ces organismes et des mesures prises pour les combattre. Ils peuvent élaborer un cadastre accessible au public des sites où sont apparus les organismes.»

3 MOYENS DE LUTTE

La lutte contre les néophytes envahissantes peut se faire à différents niveaux :

- Les moyens indirects vont viser à limiter le développement et la dispersion, dans l'environnement, d'unités de reproduction. Ces moyens sont par exemple :

  - la coupe des extrémités florales ;

  - l'incinération systématique de déchets verts provenant de zones contaminées, les compostières ne suffisant pas à garantir une stérilisation complète des restes de végétaux (par exemple : Recommandation relative au chancre coloré du platane) ;

- l'utilisation, dans le domaine de la construction, de matériaux terreux (remblais et sols) exempts de toute contamination par les néophytes (cf. Norme de l'Association suisse des professionnels de la route et des transports VSS SN 640 583: Terrassement, sol: emprise et terrassement, entreposage, mesures de protection, remise en place et restitution) ; dans le cas des décharges et des remblais de gravière, l'enfouissement profond des matériaux terreux (à plus de 10 m);

- la surveillance des milieux favorables à l'établissement et à la propagation de nombreuses espèces néophytes tels que les milieux rudéraux ainsi que les terrains laissés en friches (plus précisément, les zones de décharges et de gravières non directement ensemencées) ; les zones traitées contre les néophytes doivent également faire l'objet d'inspections régulières ;

- l'ensemencement des horizons A et B stockés en vue d'une remise en état ultérieure, et l'ensemencement rapide des zones nouvellement réaménagées.

- Les moyens directs vont cibler l'éradication des individus. Il est impératif que l'exploitant demande un avis d'expert avant d'entreprendre des démarches d'éradication afin de confirmer l'identification de l'espèce, de choisir des méthodes d'éradication adaptées et d'éviter l'épandage inutile de pesticide qui peuvent avoir des conséquences néfastes sur l'environnement (protection des eaux de surface souterraines, protection des milieux écologiques d'importance et de la forêt, etc.). Ci-après une liste non exhaustive des différents moyens de lutte directs:

  - contre les parties souterraines : arrachage (suivi de l'incinération) et/ou découpage du tronc racinaire, rhizomes ramenés à la surface du sol (ceux-ci séchant et mourant par la suite), broyage/labour du sol ;

  - contre les parties aériennes : fauchage avant la floraison (avec possibilité de semer par la suite des espèces autochtones concurrentielles) ;

  - ciblée : traitement chimique sur le tronc (cerclage) ou injection dans les rhizomes, la tige ou les feuilles (tout en respectant l'ordonnance sur la réduction des risques liés aux produits chimiques (ORRChim) ;

  - à large spectre : couverture du sol à l'aide de géotextiles, suppression de la litière, pâture, submersion.

  - Des moyens de lutte spécifiques sont exposés plus en détail en lien du site « http://www.infoflora.ch/fr/flore/neophytes/listes-et-fiches.html ».

Il est toutefois toujours mieux de prévenir le problème en sensibilisant le public ainsi que les professionnels, évitant ainsi des situations pouvant rapidement prendre des proportions inquiétantes autant au niveau environnemental que financier.

4 DESCRIPTION DES ESPECES PRESENTES DANS LE CANTON DE VAUD ET FIGURANT SUR LA LISTE NOIRE

Le contenu de ce chapitre doit servir d'outil permettant une description préliminaire d'espèces susceptibles d'être des néophytes envahissantes. Dans le cas où un individu observé sur le terrain répond aux critères d'une espèce exposée ci-dessous, un expert doit immédiatement être contacté afin de valider la présence de l'espèce néophyte envahissante et de mettre en place les mesures nécessaires visant son éradication.

Ailanthus altissima - Nom français : Ailante

Général : arbre pouvant atteindre 20 m de haut, plante malodorante.

Ecorce : grise et lisse quand la plante est jeune, deviens par la suite gris-brun avec parfois de pales rayures.

Feuilles : opposées, composées (nombre impaire de folioles (9 à 40), chaque foliole comporte une paire de dents glanduleuses à la base.

Fleurs : insignifiantes, blanc-jaunâtre-verdâtre, en grappe au bout des rameaux. Période de floraison : juin à juillet.

Fruits : ailés torsadés, 3 à 5 cm de long, passant du vert au brun-rouge en murissant.

Précautions : écorce et feuilles peuvent provoquer des irritations cutanées.

Ambrosia artemisiifolia - Nom français : Ambroisie à feuilles d'armoise

Général : plante herbacée annuelle de 20 à 90 cm de hauteur.

Tige : dressée, poilue/soyeuse (surtout vers le haut), souvent rougeâtre.

Feuilles : opposées à la base puis alternes dans la partie supérieure.

Fleurs : en épis allongés au sommet de la plante. Période de floraison : juillet à octobre.

Précautions : pollen fortement allergène.

Heracleum mantegazzanium – Nom français : Berce du Caucase

Général : plante herbacée atteignant 2 à 4 m de hauteur à maturité.

Tige : épaisse (pouvant atteindre 10 cm à la base), creuse, souvent parsemée de rouge.

Feuilles : longues de 0.5 à 1.2 m, divisées en lobes dentés de 30 à 40 cm de long.

Fleurs : en ombelles de 30 à 50 cm de diamètre, blanches (ou jaune verdâtre). Période de floraison : juillet à septembre.

Fruits : comprimés, elliptiques (long. 10 à 14 mm, larg. 6 à 8 mm).

Précautions : provoque des brûlures très douloureuses lorsque les parties de la peau ayant été en contact avec la plante sont exposées au soleil.

Buddleia davidii – Nom français : Buddleia de David

Général : arbuste atteignant 2 à 5 m de hauteur, de forme évasée.

Tige : quadrangulaire, souple.

Feuilles : opposées, vertes ou grisâtres, duveteuses au revers, 10 à 30 cm de long.

Fleurs : en grappes denses, cylindriques de 20 à 50 cm de long, chaque fleur mesure 9 à 11 cm, teintes allant du blanc au violet foncé. Période de floraison : juin à août.

Fruits : petites capsules allongées, se fendent en deux à maturité.

Elodea canadensis - Nom français : Peste d'eau

Général : plante submergée, racines blanchâtres à violettes.

Tige : grêle, pouvant atteindre 3 à 4 m de long.

Feuilles : disposées par trois en étages distincts, souples et pointues, souvent enroulées sur elles-mêmes.

Fleurs : blanches, 5 mm de largeur, reliées à la tige grâce à un long pédicule filiforme (jusqu'à 9 cm). Période de floraison : mai à septembre (présentes que lors d'étés très chauds).

Elodea nuttalli - Nom français : Elodée de Nuttall

Général : semblable à *E. canadensis*.

Tige : idem à *E. canadensis*.

Feuilles : idem à *E. canadensis*.

Fleurs : lilas pâle, 3 à 5 mm de largeur, reliées à la tige grâce à un long pédicule filiforme. Période de floraison : juin à septembre (présentes que lors d'étés très chauds).

Reynoutria japonica – Nom français : Renouée du Japon

Général : plante herbacée atteignant 3 m de hauteur avec réseau de rhizomes très développé.

Tige : creuse, comportant des nœuds comme le bambou, passe du rouge au printemps au vert strié de rouge en été et au brun-orangé en automne.

Feuilles : longueur de 7 à 18 cm, largeur 8 à 13 cm, largement ovales (rétrécies en pointe à l'extrémité, brusquement tronquées à la base).

Fleurs : en grappes dressées (8 à 12 cm de longueur), blanc-crème, verdâtres ou rougeâtres. Période de floraison : août à septembre.

Fruits : rouges à bruns, de 4 mm de long, ailés.

Reynoutria sachalinensis – Nom français : Renouée de Sakhaline

Général : semblable à *R. japonica*.

Tige : idem à *R. japonica*.

Feuilles : molles, longueur 25 à 45 cm, nettement en cœur à la base.

Fleurs : blanches à verdâtre, en grappes dressées. Période de floraison : juillet à septembre.

Polygonum polystachyum – Nom français : Renouée de l'Himalaya

Général : plante pouvant atteindre 50 à 80 cm de haut. Attention à ne pas confondre avec *P. alpinum*.

Tige : épaisse et charnue.

Feuilles : atteignent 30 cm de long, légèrement en cœur à la base, parties rattachées à la tige virant au rouge-brun.

Fleurs : petites, blanches ou roses. Période de floraison : juillet à octobre.

Solidago gigantea- Nom français : Solidage géant

Général : plante pouvant atteindre 50 à 150 cm de haut.

Tige : non ramifiée, glabre, plus ou moins recouverte de pruine (=substance poudreuse blanchâtre), souvent rougeâtre.

Feuilles : fortement dentées en scie, glabres sauf sur les nervures de leur face inférieure.

Fleurs : jaune vif, réunies en épis de 4 à 8 mm de diamètre. Période de floraison : août à octobre.

Fruits : 1 mm de long recouverts de poils gris-blancs (longueur totale avec poils : 3 à 4 mm).

Solidago canadensis – Nom français : Solidage du Canada

Général : plante très semblable à *S. gigantea* mais pouvant atteindre 2.5 m de haut.

Tige : verte, cotonneuses dans le haut.

Feuilles : 5 à 10 fois plus longues que larges, duveteuses sur leur face inférieure.

Fleurs : jaune vif, réunies en épis de 3 à 5 mm de diamètre. Période de floraison : juillet à septembre.

Rhus typhina – Nom français : Sumac

Général : arbre ou arbuste pouvant atteindre 4 à 10 m de haut.

Ecorce : claire à brun-foncé, lisse et craquelée en plaques.

Rameaux : robustes, les jeunes recouverts d'un velours brun, contiennent un latex blanc.

Feuilles : atteignent 60 cm de long, composées d'un nombre impaire (11 à 31) de folioles oblongues et dentées pouvant atteindre 12 cm de long et 5 cm de large, vert-foncé dessus et bleu-vert dessous, virent à l'orange-rouge en automne.

Fleurs : petites, vertes, en groupes coniques et denses à l'extrémité des rameaux. Période de floraison : juin à août.

Fruits : petits, rouges, en groupes coniques denses de 10 à 20 cm de longueur, couverts de poils rougeâtres.

Précautions : écorce, feuilles et rameaux peuvent provoquer au toucher de fortes irritations cutanées.

Pruns laurocerasus - Nom français : Laurier-cerise

Général : arbuste ou arbre pouvant atteindre 6 m de haut.

Feuilles : vert-foncé, longues de 10 à 15 cm, luisantes sur la face supérieure, à bords recourbés vers le bas.

Fleurs : en grappes dressées longues de 10 à 15 cm, à pétales blancs. Période de floraison : avril à mai.

Fruits : ovoïdes, noirs, luisants, de 7 à 10 mm de diamètre.

Précautions : toute la plante est toxique pour l'homme.

Prunus serotina - Nom français Cerisier tardif

Général : plante pouvant atteindre 6 m de haut. Attention à ne pas confondre avec *P. padus*.

Feuilles : luisantes sur la face supérieure, finement et irrégulièrement dentées (dents longues de moins de 0.5 mm), dents dirigées vers l'avant.

Fleurs : en grappes longues de 10 à 15 cm, d'abord dressées puis pendantes vers la fin de la floraison, à pétales blancs. Période de floraison : mai à juin.

Fruits : ovoïdes, rouges foncé à noirs, luisants, de 8 à 10 mm de diamètre.

Robinia pseudoacacia – Nom français : Robinier faux-acacia

Général : arbre pouvant atteindre 25 m de haut.

Ecorce : lisse chez les jeunes arbres devenant profondément crevassée en vieillissant, gris-brun. Rameaux épineux, sauf ceux portant les fleurs.

Feuilles : alternes, composées à nombre impaire (7 à 21) de folioles ovales.

Fleurs : blanches, odorantes, en grappes pendantes de 10 à 20 cm. Période de floraison : mai à juillet.

Fruits : gousses sèches pendantes de 4 à 10 cm de longueur.

Précautions : écorce, graines et feuilles toxiques.

Rubus armeniacus – Nom français : Ronce d'Arménie

Général : plante pouvant atteindre 3 m de haut. Attention à ne pas confondre avec d'autres espèces de ronces indigènes.

Tige : en été les arêtes et la base des épines se colorent d'un rouge vif, recouverte d'un fin duvet. Epines pouvant atteindre 13 mm de large et 8 à 11 mm de long.

Feuilles : divisées en 5 folioles, finement dentées, gris-blanc et duveteuses sur leur face inférieure.

Fleurs : rose pâle, pétales de 14 à 20 mm de long. Période de floraison : juin à juillet.

Fruits : noirs, grands, très sucrés.

Artemisia verlotiorum - Nom français : Armoise des frères Verlot

Général : plante pouvant atteindre de 40 à 140 cm de haut, à forte odeur de camphre. Attention à ne pas confondre avec *A. vulgaris*.

Tige : striée, rougeâtre.

Feuilles : vert-foncé et glabres sur leur face supérieure, blanches et cotonneuses sur leur face inférieure, incisées-dentées.

Fleurs : larges de 2 à 3 mm, jaunes ou brun rougeâtre. Période de floraison : juillet à septembre.

Impatiens glandulifera - Nom français : Impatiente glanduleuse

Général : plante pouvant atteindre 1 à 2 m de haut.

Tige : robuste, translucide, rougeâtre.

Feuilles : disposées par 3, par étages distincts, dentées en scie, glandes rosâtres à la base.

Fleurs : grandes, blanches à pourpres, regroupées en grappes de 2 à 15 fleurs. Période de floraison : juin à octobre.

Fruits : en forme de capsule, s'ouvrent spontanément, fonctionnant comme des catapultes.

Lonicera japonica – Nom français : Chèvrefeuille du Japon

Général : arbre ou arbuste pouvant atteindre 10 m de haut.

Tige : rampante, ou montante (s'enroulant autour d'un support).

Feuilles : ovales ou incisées, longues de 3 à 6 cm, vert-foncé sur la partie supérieure, vert-claire sur la partie inférieure.

Fleurs : appondues par deux, d'abord blanches, puis roses, finalement jaunes à maturité. Période de floraison : juin à septembre.

Fruits : baies noires soudées à leur base.

Senecio inaequidens - Nom français : Sénençon du Cap

Général : plante pouvant se développer en buisson de 50 à 150 cm de haut.

Tige : couchée à sa base puis dressée.

Feuilles : indivises, linéaires, longueur 6 à 7 cm, largeur 2 à 3 mm.

Fleurs : au bout des ramifications de la tige, jaunes, 10 à 20 mm de diamètre. Période de floraison : mai à décembre.

Ludwigia grandiflora - Nom français : Jussie à grandes fleurs

Général : plante aquatique, hauteur allant de 40 à 80 cm (au-dessus de l'eau). Attention à ne pas confondre avec *Veronica beccabunga.*

Tige : peut atteindre 6 m de longueur épaisse et longue, rampante ou flottante, production de racines secondaires à proximité de la racine principale.

Feuilles : alternes, velues.

Fleurs : diamètre de 2 à 5 cm, jaunes, à 5 pétales. Période de floraison : juin à septembre.

Fruits : en forme de capsules allongées.

Précautions : toute la plante est toxique pour l'homme.

Lysichiton americanus - Nom français : Faux Arum

Général : plante des milieux humides pouvant atteindre 50 à 120 cm de hauteur, odeur fétide, regroupées en îlots de touffes denses.

Tige : contient un latex blanc.

Feuilles : longues de 40 à 120 cm, larges de 20 à 70 cm, ne se déplient qu'après la floraison.

Fleurs : en épis, de couleur verte, entourées d'une large enveloppe (=spathe) jaune pâle. Période de floraison : avril à mai.

Fruits : baies vertes.

Pueraria lobata – Nom français : Kuduzu

Général : plante se servant de supports pour croître.

Tige : pouvant atteindre 20 m de long, s'enroulant autour de supports.

Feuilles : longues de 5 à 20 cm, divisées en 3, chaque foliole présentant 2 à 3 lobes.

Fleurs : en grappes de 20 à 50 fleurs pouvant atteindre 25 cm de long, pourpres à violettes. Période de floraison : juillet à août.

Fruits : gousses aplaties, couvertes de poils bruns, longues de 4 à 10 cm et larges de 7 à 12 cm.

Précautions : tiges faiblement urticantes.

Modalités de remise en culture

Prescriptions générales	**Exécution des travaux du sol et des champs, tels que l'épandage des engrais, le semis et la récolte, uniquement sur un sol bien ressuyé et suffisamment portant. Utilisation de machines légères et d'outils dont la pression au sol est faible..**
Responsabilité	Exploitant de la gravière ou de la décharge / Agriculteur
Contrôles	Procès-verbal de restitution, étape du remblai nivelé. / Procès-verbal de restitution, étape du sous-sol redéposé. / Procès-verbal de restitution, étape de la couche arable (env. 1 an après la mise en place de la couche supérieure). / Procès-verbal de restitution, étape de la remise en culture et de la restitution définitive (évaluation des résultats).
Calendrier	**Mise en place du sous-sol et semis d'un engrais vert.** / **Mise en place de la couche supérieure directement sur l'engrais vert et semis.** / **2e année** / **3e année** / **4e année** / **5e année à 9e année**
Utilisation agricole	Pas de récolte / Production de fourrage sec (foin, regain). Laisser sur le sol la coupe en automne (mulch). Contrôle des adventices. Coupe de nettoyage précoce. / Prairie ou prairie extensive: Production de fourrage sec, au max. 3 coupes. Laisser sur le sol la coupe en automne. Contrôle des adventices. / Prairie ou prairie extensive: Production de fourrage sec recommandée, au max. 4 coupes. Sur des sols bien ressuyés et suffisamment portants, avec une mécanisation adaptée, la production d'ensilage prétanie est possible. Dans des conditions défavorables en automne, laisser la coupe sur le sol. / Surfaces assolées: Prairie ou prairie extensive; en automne, 1re labour et semis d'une céréale d'automne ou semis direct d'une céréale d'automne. / Prairies permanentes: Prairie ou prairie extensive. Si nécessaire, rénovation de la composition botanique par un sursemis, éventuellement un resemis. Prévoir des mesures régulatrices de la composition botanique. / Surfaces assolées: Céréale d'automne; 2ème labour et semis d'une céréale d'automne ou semis direct d'une céréale d'automne. / Prairies permanentes: Après la 4ème année, retour à une exploitation normale. Rester attentif à la portance réduite du sol. / Surfaces assolées: Passage à une rotation de cultures de type céréalier. Culture de céréales ou de colza, puis d'une prairie artificielle. Rester attentif à la portance réduite du sol. Après la 9ème année, retour à une exploitation normale.
Points sensibles	Le sous-sol ne doit pas être laissé nu pendant l'hiver. Semis d'un engrais vert. Durée de végétation de 3 mois au moins, si possible 1 an. **Renoncer au pacage.** / La couche supérieure (terre végétale) ne doit pas être laissée nue pendant l'hiver. Semis d'un mélange luzerne–graminées ou trèfle violet–graminées. Choix du mélange et dates de semis , voir feuille ci-jointe. **Renoncer au pacage et à la fauche en vert.** / **Renoncer au pacage et à la fauche en vert.** / Le sol ne peut supporter la fauche en vert que dans des cas exceptionnels, lorsque les conditions météorologiques et l'état du sol sont très favorables. Les risques de compactage sont particulièrement élevés après des précipitations, ainsi qu'au printemps et en automne. **Le pacage** et la production de fourrages deshydratés ne sont **pas autorisés.** / La fauche en vert est possible sur un sol bien ressuyé. Suspendre la fauche en vert après des précipitations jusqu'à ce que le sol soit bien ressuyé. Après des périodes de pluies prolongées, utiliser la surface restante pour la production de fourrage sec. **Le pacage** et la production de fourrages deshydratés ne sont **pas autorisés.** / La culture de plantes sarclées, de maïs ou de légumes n'est pas recommandée pendant cette période, parce qu'en général, ces cultures ne couvrent le sol que partiellement, le colonisent peu avec leurs racines et impliquent un travail intensif du sol ou le recours à une mécanisation lourde en automne pour la récolte.
Fertilisation	Engrais minéral complet avec env. 25–50 kg d'azote à l'hectare. Pour des sous-sols légers ou pierreux, il est possible d'épandre env. 80 m³ de compost de déchets verts à l'hectare. / En règle générale, aucune fumure n'est nécessaire sur une couche supérieure qui vient d'être mise en place. La fumure de fond et un petit apport d'azote sont tolérés si les résultats de l'analyse du sol ou des mesures N-min l'exigent. / En règle générale, aucune fumure n'est nécessaire. Peu ou pas de fumure favorise la croissance des racines. / Engrais minéraux (au max. la moitié de l'apport recommandé selon les bases de la fumure des Stations fédérales) ou un apport de fumier de 20 t/ha environ. **Ne pas utiliser de purin, de lisier ou de boues d'épuration.** / Apports en éléments fertilisants selon les bases de la fumure. Epandage de purin à faibles doses (env. 20 m³/ha) possible, à l'aide de tuyaux. / Apports en éléments fertilisants selon les bases de la fumure. / Apports en éléments fertilisants selon les bases de la fumure.
Remarques	**Remblai / remblai nivelé** Par remblai, on entend la surface de la fosse comblée. Sitôt la surface stabilisée et nivelée, on parle de remblai nivelé. / **Epierrement** Une certaine proportion de pierres et de gravier est souhaitée dans le sol. Le sous-sol n'est en règle générale pas épierré. Les gros cailloux affleurant à la surface du sol seront enlevés manuellement. / La couche supérieure ne sera épierrée que si l'exploitation agricole future l'exige. Si un 2ème épierrement est nécessaire, il doit être effectué après le 2ème labour en ménageant le sol. / **Mise en place sans engazonnement du sous-sol.** Lorsque le sous-sol et la couche supérieure sont décapés et remis en place immédiatement, sans passage de véhicules sur le sous-sol, on peut renoncer à l'engazonnement de ce dernier. Dans ce cas, les restrictions imposées pour la 1ère année doivent être observées pendant 2 ans et le 1er labour ne peut s'effectuer avant la 4e année. / **Mise en garde** L'exploitant de la gravière ou de la décharge avertit l'agriculteur lorsque les modalités prescrites de remise en culture ne sont pas respectées et que la fertilité du sol n'en tirouve menacée. Dans le cas d'une mise en garde, l'autorité cantonale compétente doit en être préalablement informée. / **Procès-verbaux de restitution** La restitution de chaque étape de la remise en culture doit être effectuée selon le procès-verbal de prise en charge et de restitution figurant dans les directives de l'ASG. / **Prairie extensive** L'exploitation de prairies sous forme extensive ménage particulièrement le sol. En respectant quelques conditions supplémentaires, on peut faire une demande de paiements directs pour des surfaces de compensation écologique dans la production fourragère (type 1A). S'assurer de l'accord de l'exploitant de la gravière.

Annexe n°1257-6.11

Fiche technique – pour la remise en culture de terrains reconvertis

Cette fiche technique complète et fait partie intégrante des directives intitulées « Exploitation du gravier et agriculture - Directives relatives à la restitution de zones exploitées à l'agriculture ». Elle présente les aspects les plus importants de la remise en culture de terrains reconvertis, dont voici les points essentiels :

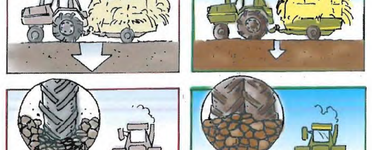
- A l'issue de la remise en culture, un sol réutilisé à des fins agricoles doit présenter des propriétés équivalentes (Osol art. 6 et 7).
- La remise en culture de terrains reconvertis poursuit deux objectifs :
  -> la création de conditions de vie optimales pour les plantes et la faune du sol ;
  -> la conservation, voire l'amélioration des capacités de drainage et de filtration du sol.
  Pendant cette phase, la maximisation du rendement ne doit pas être le souci principal. En effet, les erreurs commises pendant la remise en culture comme le pacage et le passage avec des véhicules lourds dans des conditions du sol défavorables ou un labour trop précoce, peuvent avoir un impact négatif des années durant.
- La structure du sol des terrains reconvertis (sols redéposés) est instable et sensible à la pression. Le sol prend plus de temps pour ressuyer. C'est la raison pour laquelle une surface remise en culture ne doit jamais être soumise à la pression de machines lourdes ni travailler à l'état humide.
- Une remise en culture qui ménage le sol signifie qu'on laisse au sol le temps de se remettre. C'est pourquoi il faut éviter de reprendre trop tôt la production fourragère intensive et les grandes cultures. **La remise en culture exige beaucoup de patience de l'agriculteur.**

La remise en état d'un sol est une opération complexe et coûteuse. Il faut utiliser des machines adaptées telles qu'une pelle hydraulique, un bouteur version LGP ou une pelle à câbles (photo), et procéder à un ensemencement intermédiaire. La remise en culture doit donc ménager le sol.

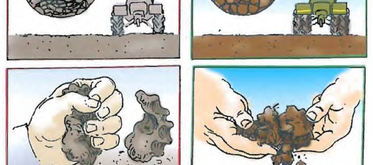
Mécanisation et exploitation

Mesures ménageant la structure et la fertilité du sol.

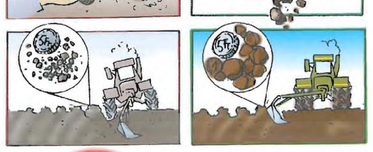
Avant d'entrer dans le champ, l'observer et marquer les mouilles.



Pour la production de fourrage vert et la récolte de céréales, donner la préférence à une mécanisation légère. Admettre des passages plus nombreux !

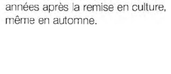


Montage de pneus larges, roues jumelées, également aux remorques. Réduire au minimum la pression des pneus (0.8 bar). Le pneu doit s'adapter au sol et pas l'inverse.



Ne rouler sur un sol qu'à l'état sec. Travail du sol lorsque les mottes sont friables (p. ex. à l'aide du test à la bêche). Pas de travaux lorsque le sol est à l'état plastique.

Donner la préférence au semis direct. Dans la mesure où le travail du sol est néanmoins nécessaire, le réduire au minimum et préparer un lit de semences grossier (test de la « pièce de cent sous »). Lors d'un labour, utiliser si possible une charrue on-land (déportée), afin qu'aucune roue ne roule dans la raie.



Renoncer au pacage les premières années après la remise en culture, même en automne.

Version vaudoise reproduite avec l'autorisation de l'Office de la protection des eaux et de la gestion des déchets du canton de Berne du 13.04.2000 et le soutien du Service des routes du Canton de Vaud.

Pour tout renseignement, s'adresser à :

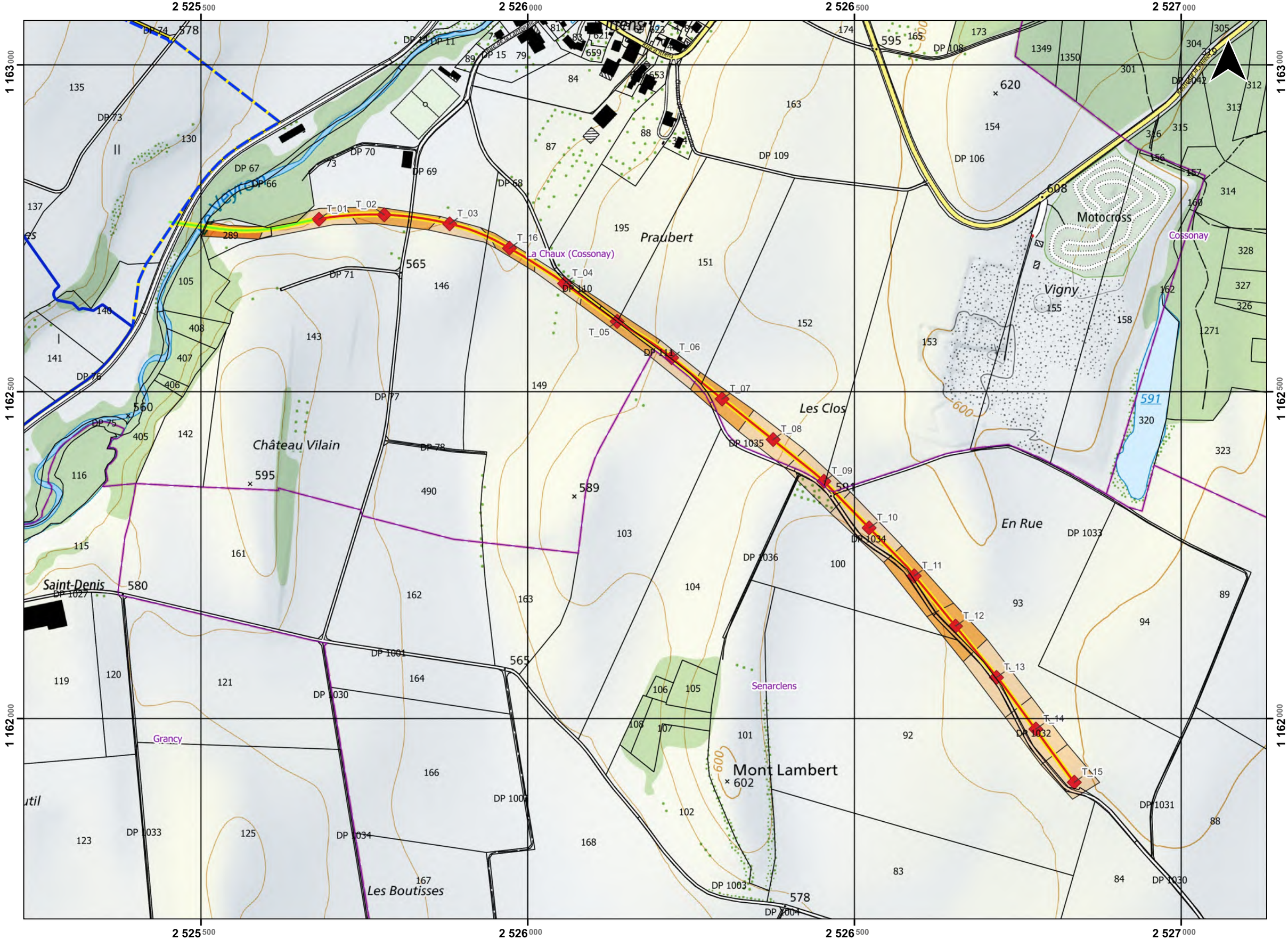
Service des eaux, sols et assainissement
Rue du Valentin 10
1014 Lausanne
Tél.: 021 / 316 75 00

Impressum :

Commission technique pour la reconstitution des sols du canton de Berne, décembre 1997

Photos : SPS, OPED, entreprises Althaus et Aebi, Dr. J. Lehmann, FAL

Papier recyclé blanch. sans chlore


2 525 500
2 526 000
2 526 500
2 527 000
1 163 000
1 162 500
1 162 000
T_01
T_02
T_03
T_04
T_05
T_06
T_07
T_08
T_09
T_10
T_11
T_12
T_13
T_14
T_15
T_16
La Chaux (Cossonay)
Praubert
Vigny
Motocross
Cossonay
Les Clos
En Rue
Senarclens
Mont Lambert
Château Vilain
Saint-Denis
Grancy
Les Boutisses
DP 1027
DP 1001
DP 1030
DP 1033
DP 1034
DP 1003
DP 1004
DP 1031
DP 1032
DP 1035
DP 1036
DP 1033
DP 1034
DP 1042
DP 74
DP 73
DP 76
DP 75
DP 67
DP 66
DP 70
DP 69
DP 68
DP 71
DP 77
DP 78
DP 11
DP 15
DP 110
DP 111
DP 109
DP 106
DP 108
578
595
565
560
580
589
620
608
602
600
591

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Convoyeur - Epaisseur horizon A 1:5'000

LEGENDE

- Communes
- Parcelles

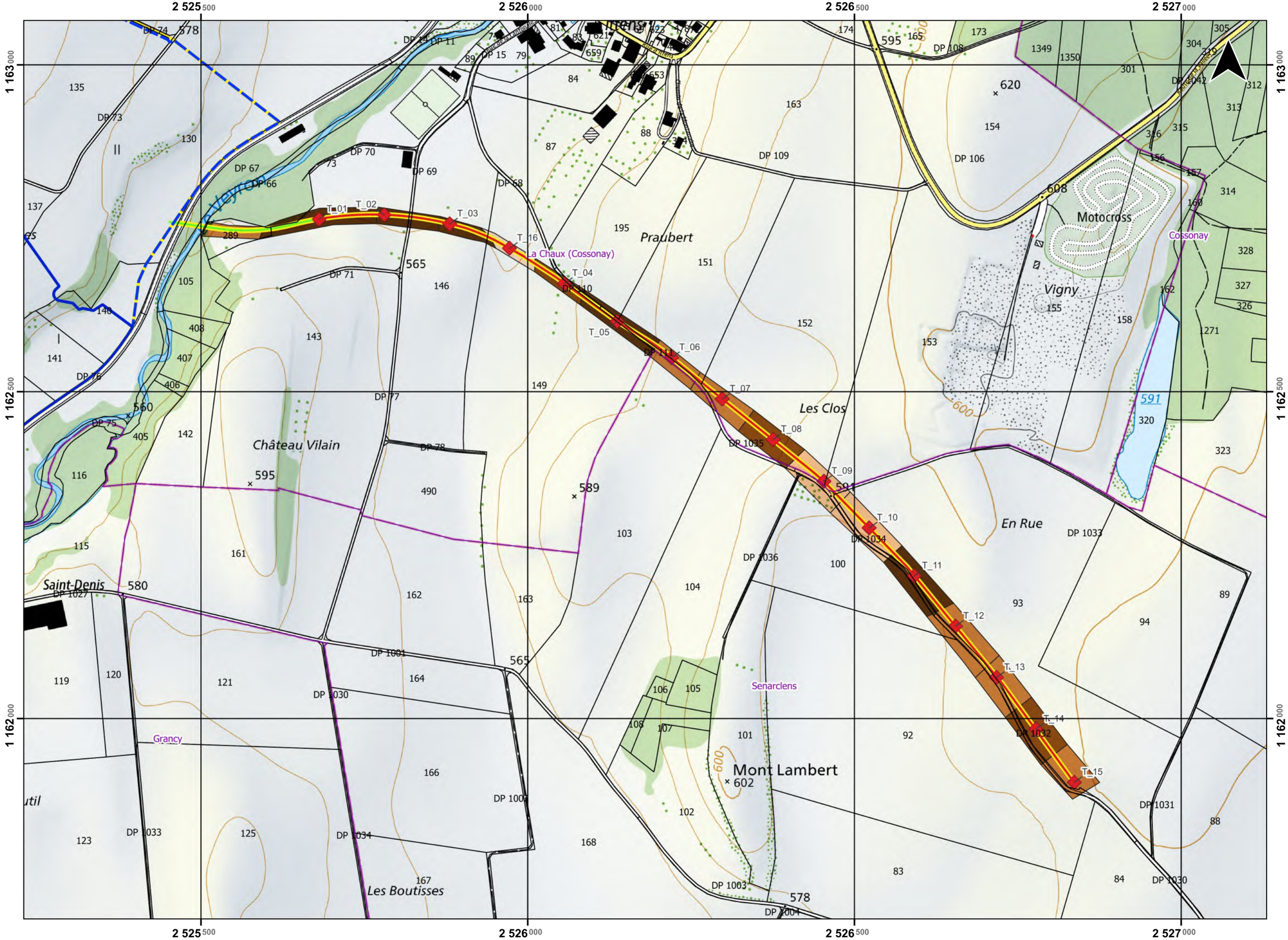
Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II
- Plan d'extraction
- Sondages à la tarière

Epaisseur horizon A

- 10 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- 30 - 40 cm

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-6.13	Date	Dessin	Visa
		21.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			


2 525 500
2 526 000
2 526 500
2 527 000
1 163 000
1 162 500
1 162 000
T_01
T_02
T_03
T_04
T_05
T_06
T_07
T_08
T_09
T_10
T_11
T_12
T_13
T_14
T_15
T_16
La Chaux (Cossonay)
Praubert
Vigny
Motocross
Cossonay
Les Clos
En Rue
Château Vilain
Saint-Denis
Grancy
Senarclens
Mont Lambert
Les Boutisses
DP 67
DP 66
DP 70
DP 69
DP 58
DP 109
DP 106
DP 71
DP 110
DP 111
DP 1035
DP 1034
DP 1036
DP 1033
DP 1001
DP 1030
DP 1027
DP 1003
DP 1004
DP 1031
DP 1032
DP 77
DP 78
DP 76
DP 75
DP 73
DP 74
DP 11
DP 15
DP 108
DP 1042
565
595
560
580
589
578
620
608
591
600

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Convoyeur - Epaisseur horizon B 1:5'000

LEGENDE

- Communes
- Parcelles

Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II
- Plan d'extraction
- Sondages à la tarière

Epaisseur horizon B

- 0 - 10 cm
- 10 - 20 cm
- 20 - 30 cm
- 30 - 40 cm
- 40 - 50 cm
- 50 - 60 cm

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-6.14	Date	Dessin	Visa
		21.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			

Orllati Granulats & Béton SA

Commune de La Chaux (Cossonay)

GRAVIERE “LES BULLES”

Risques d’érosion - Apres réaménagement

1:10'000

LEGENDE

Périmètre du Plan d’extraction	Risque d’érosion:	Pas de risque
Périmètre du réaménagement		Risque avéré
		Risque élevé

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-6.17d	Date	Dessin	Visa
		10.02.2025	GW	VB
	Format 21x29.7 cm			

Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Département fédéral de l'économie,
de la formation et de la recherche DEFR
Office fédéral de l'agriculture OFAG

Département fédéral de l'environnement, des transports,
de l'énergie et de la communication DETEC
Office fédéral de l'environnement OFEV

Erosion – réduire les risques

Cahier de fiches techniques

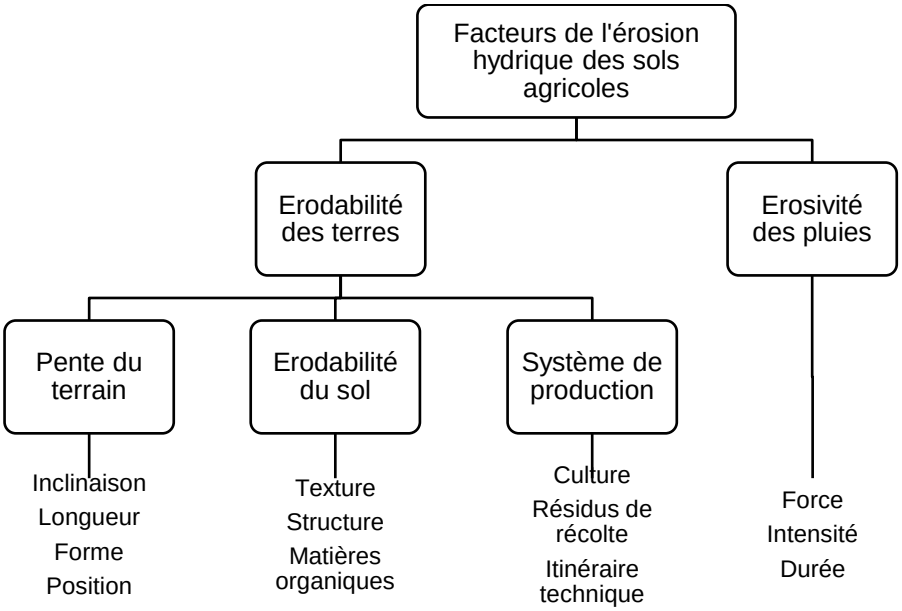
De «Cahier de fiches techniques: Erosion – réduire les risques»
Sébastien Gassmann.

Table des matières

Introduction 3
Liste des mesures 4
1 Taille, forme et orientation des parcelles 9
2 Assolement des cultures 11
3 Réduction ou suppression des sarclées, remplacement par des prairies artificielles 13
4 Transformation en herbage permanent 15
5 Bande enherbée 17
6 Cultures intermédiaires (dérobées, engrais verts) 20
7 Gestion de la pente par des cultures en bandes alternées 23
8 Limitation de la contrainte au sol par des machines 25
9 Ameublissement du sol en profondeur 28
10 Travail de conservation du sol 31
11 Sens du travail du sol 33
12 Semis en suivant les courbes de niveau 35
13 Semis d'un cordon de céréales d'automne en bandes 37
14 Date de semis 39
15 Semis intercalaires 41
16 Semis sous-litière 43
17 Semis de différentes variétés d'une culture sur une parcelle, association de cultures 45
18 Suppression des bandes de traitements 47
19 Semis direct 49
20 Paillage et mulchs 51
21 Lutte intégrée contre les adventices 53
22 Amendement organique 55
23 Chaulage 57
24 Rideaux et haies 59
25 Prairies inondables et champs d'épandage de crue 61
26 Création de talus, terrasses 63
27 Remaniement parcellaire 65
28 Réseaux de chemins 67
29 Diguettes d'absorption 69
30 Contrôle des eaux 71
31 Drainage 73

Introduction

L'érosion des sols est un phénomène complexe dans lequel de nombreux facteurs entrent en jeu.



Ces fiches techniques présentent des moyens d'action sur les facteurs de l'érosion afin de permettre d'en réduire les risques. Elles contribuent ainsi à favoriser la fertilité des sols agricoles.

Ces techniques culturales de lutte contre l'érosion s'appuient sur différents principes :

- **Protéger** le sol de l'impact des gouttes de pluie
- **Retarder** et réduire la formation d'écoulement superficiel, en augmentant la capacité d'infiltration et de stockage en eau du sol
- **Réduire** les forces érosives et le transport du ruissellement, en limitant sa vitesse et en évitant sa concentration.

Afin de diminuer au maximum l'érosion, il est important de **travailler sur l'ensemble d'un bassin versant**. Une approche concertée des mesures entre les différents acteurs du territoire est donc primordiale. Certains aménagements nécessitent **la participation des collectivités** et ce notamment lorsqu'il faut :

- Limiter la concentration du ruissellement par l'implantation d'ouvrages de stockage de l'eau en travers de la pente ou d'un axe de concentration de l'écoulement (talus, mares, zones ou obstacles tampons, …)
- Organiser l'écoulement de l'eau (bandes herbeuses, fossés, drains, …)
- Protéger les zones où les inondations et les dépôts de terre provoqueraient des dégâts importants (bassin de retenue et de décantation).

Ce cahier de fiches techniques s'adressent donc aussi bien aux agriculteurs qu'aux collectivités afin de lutter ensemble contre le phénomène de l'érosion hydrique des sols agricoles.

Liste des mesures

Mesures culturales lors de l’assolement

1. Taille, forme et orientation des parcelles
2. Assolement des cultures
3. Réduction ou suppression des sarclées, remplacement par des prairies artificielles
4. Transformation en herbage permanent
5. Bande herbeuse permanente de protection
6. Cultures intermédiaires
7. Gestion de la pente par des cultures en bandes alternées

Mesures culturales lors de la préparation du sol

8. Limitation de la contrainte au sol par les machines
9. Ameublissement du sol en profondeur
10. Travail de conservation du sol
11. Sens du travail du sol

Mesures culturales lors du semis et de l’entretien des cultures

12. Semis en suivant les courbes de niveau
13. Semis d’un cordon de céréales d’automne en bandes
14. Date de semis
15. Semis intercalaires
16. Semis sous-litières
17. Semis de différentes variétés d’une culture sur une parcelle
18. Suppression des bandes de traitement
19. Semis direct
20. Paillage et mulch
21. Lutte intégrée contre les adventices

Mesures culturales lors de l’amendement du sol

22. Amendement organique
23. Chaulage

Mesures végétales

24. Rideaux et haies
25. Prairies inondables et champs d’épandage de crue
26. Talus

Mesures de génie-civil

27. Remaniement parcellaire (réseau de dessertes, CEP)
28. Réseau de chemins et principes constructifs
29. Banquette d’absorption – diffusion, petites terrasses, billonnages et plis
30. Contrôle des eaux superficielles, déviation des eaux excédentaires
31. Drainage

Tableau 1 : comparatif de la difficulté de mise en place

N°	Mesures	Difficulté		
		--	o	++
1	Taille, forme et orientation des parcelles	--		
2	Assolement des cultures		o	
3	Réduction ou suppression des sarclées, remplacement par des prairies artificielles		o	
4	Transformation en herbage permanent		o	
5	Bande herbeuse permanente de protection	--		
6	Cultures intermédiaires	--		
7	Gestion de la bande par des cultures en bandes alternées	--		
8	Limitation de la contrainte au sol par les machines		o	
9	Ameublissement du sol en profondeur		o	
10	Travail de conservation du sol		o	
11	Sens du travail du sol	--		
12	Semis en suivant les courbes de niveau		o	
13	Semis d'un cordon de céréales d'automne en bandes		o	
14	Date de semis		o	
15	Semis intercalaires	--		
16	Semis sous-litières	--		
17	Semis de différentes variétés d'une culture sur une parcelle		o	
18	Suppression des bandes de traitement	--		
19	Semis direct	--		
20	Paillage entre les lignes		o	
21	Lutte intégrée contre les adventices		o	
22	Amendement organique	--		
23	Chaulage	--		
24	Rideaux et haies		o	
25	Prairies inondables et champs d'épandage de crue		o	
26	Talus			++
27	Remaniement parcellaire (réseau de dessertes, CEP)		o	
28	Réseau de chemins et principes constructifs		o	
29	Banquette d'absorption – diffusion, petites terrasses, billonnages et plis			++
30	Contrôle des eaux superficielles, déviation des eaux excédentaires		o	
31	Drainage			++

Tableau 2 : Mesures préconisées par type de culture soumise à l'érosion

N°	Mesures	Céréales	Sarclés	Viticulture
1	Taille, forme et orientation des parcelles			
2	Assolement des cultures			
3	Réduction ou suppression des sarclées, remplacement par des prairies artificielles			
4	Transformation en herbage permanent			
5	Bande herbeuse permanente de protection			
6	Cultures intermédiaires			
7	Gestion de la pente par des cultures en bandes alternées			
8	Limitation de la contrainte au sol par les machines			
9	Ameublissement du sol en profondeur			
10	Travail de conservation du sol			
11	Sens du travail du sol			
12	Semis en suivant les courbes de niveau			
13	Semis d'un cordon de céréales d'automne en bandes			
14	Date de semis			
15	Semis intercalaires			
16	Semis sous-litières			
17	Semis de différentes variétés d'une culture sur une parcelle			
18	Suppression des bandes de traitement			
19	Semis direct			
20	Paillage entre les lignes			
21	Lutte intégrée contre les adventices			
22	Amendement organique			
23	Chaulage			
24	Rideaux et haies			
25	Prairies inondables et champs d'épandage de crue			
26	Talus			
27	Remaniement parcellaire (réseau de dessertes, CEP)			
28	Réseau de chemins et principes constructifs			
29	Banquette d'absorption – diffusion, petites terrasses, billonnages et plis			
30	Contrôle des eaux superficielles, déviation des eaux excédentaires			
31	Drainage			

Tableau 3 : Mesures préconisées selon risques d'érosions et ses facteurs

		1. Taille, forme et orientation de la parcelle	2. Assolement des cultures	3. Réduction ou suppression des sarclées	4. Transformation en herbage permanent	5. Bande enherbées	6. Cultures intermédiaires	7. Gestion de pente par des cultures en bandes alternées	8. Limitation de la contrainte au sol par les machines	9. Ameublissement du sol en profondeur	10. Travail de conservation du sol	11. Sens du travail du sol	12. Semis en suivant les courbes de niveau	13. Semis d'un céréales d'automne en bandes	14. Date de semis	15. Semis intercalaires	16. Semis sous litière	17. Association de cultures	18. Suppression des bandes de traitement	19. Semis direct	20. Paillage et mulchs	21. Lutte intégrée contre les adventices	22. Amendement organique	23. Chaulage	24. Rideaux et haies	25. Prairies inondables et champs d'épandage de crue	26. Talus	27. Remaniement parcellaire	28. Réseau de chemins et principes constructifs	29. Banquette d'absorption	30. Contrôle des eaux superficielles	31. Drainage
Risque d'érosion faible à moyen	Forte érosivité des pluies		■						■							■	■				■	■									
	Pente	■	■	■		■			■		■		■	■		■																
	Longueur de pente	■	■					■	■															■								
	Relief canalisant les eaux		■				■		■																					■		
	Lignes de conduite des eaux de ruissellement																		■													
	Apport d'eau extérieure																												■	■		
	Dimension des parcelles	■	■			■		■			■		■																			
	Situation des parcelles							■																								
	Texture		■						■	■													■	■								
	Stabilité structurale		■				■			■										■			■	■								
	Perméabilité des sols			■					■			■							■	■												
	Couvert végétal insuffisant		■	■	■	■	■		■		■			■	■	■		■				■									
	Type de travail du sol								■		■																					
	Sens des cultures	■											■	■																		
Risque d'érosion élevé à très élevé	Forte érosivité des pluies		■				■	■	■		■		■		■	■	■	■			■	■			■					■		
	Pente	■	■	■	■	■	■	■	■		■		■							■					■			■		■		
	Longueur de pente	■	■	■		■	■	■	■		■														■			■				
	Relief canalisant les eaux		■				■		■																	■	■	■		■	■	■	
	Lignes de conduite des eaux de ruissellement																		■									■	■	■	■		
	Apport d'eau extérieure																									■	■		■	■	■	■	
	Dimension des parcelles	■	■			■	■	■			■		■							■					■							
	Situation des parcelles		■		■			■																				■	■				
	Texture		■						■		■						■			■													
	Stabilité structurale		■				■		■	■	■						■		■	■			■	■								
	Perméabilité des sols			■					■	■		■							■	■			■							■	■	
	Couvert végétal insuffisant		■	■	■	■	■				■				■		■	■			■	■										
	Type de travail du sol								■		■	■								■												
	Sens des cultures	■						■					■															■	■			

1 Taille, forme et orientation des parcelles

Objectif

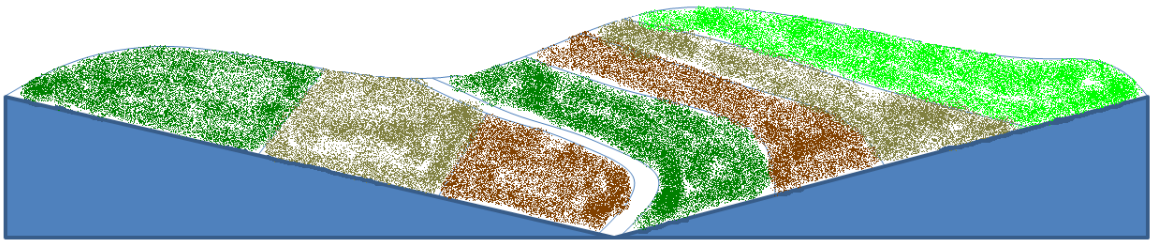
Eviter la formation de toute forme d'érosion

Description

Étude sur la topographie du terrain (pentes, éléments paysagers, etc.) afin de planifier la grandeur de la parcelle sa forme et son orientation (par rapport au travail des machines). Ces éléments vont influencer l'accumulation et la vitesse de l'écoulement lors de précipitations

Principes

- Travailler les parcelles en pente (<10%) sur un axe horizontal
- Favoriser l'alternance de cultures sur des parcelles de petites tailles ou étroites sur les terrains en pente
- Favoriser les parcelles de grande taille ou la pente est nulle



Coûts

- aucun

Contributions

- aucune

Avantages	Inconvénients
Lutte directement à la base	Gestion des rotations plus compliquée
Facile à mettre en œuvre	Travaux avec machines prenant plus de temps

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Références

CITEAU L. et al., 2008. Gestion durable des sols, Editions Quae

PIDOUX C., 2002. Lutte contre l'érosion. Lutte anti-érosive à l'échelon de l'exploitation agricole : mesures agronomiques, Prométerre

2 Assolement des cultures

Objectifs

Organiser l'assolement afin d'éviter une monoculture beaucoup plus sensible aux risques d'érosion et pour améliorer l'infiltration de l'eau et la stabilité structurale du sol

Description

subdivision maximale des cultures (aussi entre exploitants voisins) surtout dans les terrains en pente afin de favoriser l'alternance de culture et donc la structure du sol.

Principes

- Privilégier les prairies temporaires car elles protègent le sol lors de problèmes d'érosion, stimulent la formation de matière organique et d'humus et améliorent la structure du sol. Plus la durée de la prairie est grande, mieux est la protection du sol
- Les cultures sujettes à l'érosion doivent être si possible implantées sur des pentes faibles. Si impossible, les soumettre à un travail dit de conservation du sol

Risques d'érosion pour différentes grandes cultures	
Très faible	Prairie artificielle
Faible	Orge d'automne, seigle d'automne, avoine, céréales de printemps, colza
Moyen	Blé d'automne, pois
Elevé	Maïs, betterave, pommes de terre, soja, tabac, tournesol

- Eviter une rotation avec plus d'un tiers de cultures sarclées (maïs y compris).

Exemples de rotation et risque d'érosion	
Faible risque	Prairie – Prairie – Prairie – Blé de printemps – Orge d'automne – colza – Blé d'automne
Fort risque	Blé d'automne – Maïs – Blé de printemps – Pommes de terre – Orge d'automne – Betterave

Coûts

- aucun

Contributions

- aucune

Avantages	Inconvénients
Lutte directement à la base	Gestion des rotations plus compliquée
	Avoir un certain nombre minimal de cultures différentes pour effectuer une rotation suffisante

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Référence

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

3 Réduction ou suppression des sarclées, remplacement par des prairies artificielles

Objectifs

Eviter d'avoir une haute fréquence de cultures très sensibles à l'érosion sur un terrain en pente

Description

modification de la rotation pour éviter le retour des sarclées sur la même parcelle et limitation de la part de sarclées par la mise en place de prairies temporaires peu sensibles à l'érosion.

Principes

- Privilégier les prairies temporaires car elles protègent le sol lors de problèmes d'érosion, stimulent la formation et l'accumulation de matière organique et d'humus et améliorent la structure du sol. Plus la durée de la prairie est longue, mieux est la protection du sol

Coûts

- Diminution des revenus des sarclées si celles-ci ne sont plus présentes dans la rotation

Contributions

- aucune

Avantages	Inconvénients
Lutte directement à la base	Pertes de revenus
Facile à mettre en œuvre	Modification des structures de l'exploitation (nouveaux débouchés pour les récoltes de fourrages)

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Coûts liés à la perte de revenus des sarclées.

Références

CITEAU L. et al., 2008. Gestion durable des sols, Editions Quae

RUTTIMANN M. et al., 1999.Praxishilfe, Erosionsschutz im Landwirtschaftsbetrieb, OFEV

4 Transformation en herbage permanent

Objectifs

Favoriser l'infiltration de l'eau, conserver la bonne structure du sol et réduire l'écoulement lors de fortes précipitations.

Description

Sur les surfaces les plus en pentes, l'herbage permanent permet de réduire l'érosion car le sol n'est plus travaillé.

Principes

- Les parcelles avec des problèmes récurrents ne doivent plus être cultivées en terre ouverte. Un herbage permanent utilisé pour la pâture ou pour la fauche doit être mise en place.
- Utilisation possible comme SCE en échange d'une autre parcelle moins soumise aux risques d'érosion et possibilité de mise en réseau (par exemple jachères de 6 ans).

Coûts

- Diminution des revenus si aucun échange possible avec une autre parcelle

Contributions

- Prairie extensive en tant que SCE : SFr. 1'500.- /ha
- Mise en réseau : SFr. 500.-/ha

Avantages	Inconvénients
Lutte directement à la base	Pertes de revenu
Facile à mettre en œuvre	Modification des structures de l'exploitation (nouveaux débouchés pour les récoltes de fourrages)

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Coûts liés à la perte de revenu

Références

RUTTIMANN M. et al., 1999.Praxishilfe, Erosionsschutz im Landwirtschaftsbetrieb, OFEV

5 Bande enherbée

Objectif

Intercepter le ruissellement diffus

Description

Surfaces généralement allongées, larges de plusieurs mètres, couvertes par une végétation herbacée permanente. En plus d'assurer une protection efficace contre l'érosion des sols, suivant leur emplacement, elles peuvent exercer des fonctions écologiques importantes.

Localisation

- en aval de la parcelle
- en rupture de pente
- au fond d'un thalweg
- le long des éléments fixes du paysage
- le long des routes et des chemins

NB : Une bande herbeuse de 3 à 6m est obligatoire le long des haies, lisières, cours d'eau et plans d'eau (réf. Fiches techniques 2.18.1, classeur « Nature et agriculture », AGRIDEA)

Installation

Identique que pour la prairie temporaire ou permanente

- Largeur idéale de la bande :
  - 10m si l'amont de la bande est <100m ou si la pente est inférieure à 5%
  - 20m si l'amont de la bande est > 100m ou si la pente est supérieure à 5%
- Bien niveler le sol sans passage privilégié pour l'eau (si l'eau traverse la bande, l'effet est nul)
- Lit de semences bien émietté (mottes de 3cm de diamètre au maximum) pour faciliter le contact sol/graine
- Semis mars/avril ou septembre. Il faut favoriser une implantation rapide surtout en automne pour favoriser l'action de la bande herbeuse.
- Semis d'une variété ou d'un mélange gazonnants à l'entretien plus aisé. Possibilités de semer une jachère
- Profondeur du semis = 1 cm
- Passer le rouleau directement après le semis pour rappuyer le sol

Liste des espèces préconisées

Légumineuses	Graminées
Luzerne	Dactyle
Lotier corniculé	Brome
Trèfle blanc	Fétuque des prés
	Fétuque élevée
	Fléole des prés
	Ray-grass hybride
	Ray-grass anglais

Les mélanges sont fortement recommandés comme couvert végétal. Cela permet d'avoir un couvert concurrentiel vis-à-vis des adventices et peut rester au moins 5 ans.

Entretien

- Entretien similaire à un herbage extensif
- Fauche annuelle (dès le 15 juin, suivant la zone et si inscrite comme SCE) avec exportation de la matière hors de la bande
- Ne pas faucher en dessous de 15 cm pour maintenir un bon couvert végétal
- Éventuellement passage de la herse si forte accumulation de sédiments afin de favoriser la repousse
- Eviter de rouler sur la bande herbeuse pour ne pas créer de chenal préférentiel.
- Aucune fumure possible si inscrite comme bande herbeuse SCE ou mise en réseau.
- Attention : aucun entretien dans le cas d'une jachère 6 ans, mis à part la coupe de nettoyage de la première année en cas d'intrusion trop importante de mauvaises herbes.

Coûts

pour la mise en œuvre de cette mesure

- Travail du sol et semis = SFr. 450.-/ha
- Semences = SFr. 150 à 200.-/ha

pour l'entretien

- Fauche et récolte = 10 UT/ha

Contributions

- Contribution à la surface OPD → SFr. 1'080.-/ha
- Prairie extensive, haies zone de grandes cultures → SFr. 1'500.-/ha
- Prairie peu intensive → SFr. 300.-/ha
- Contributions supplémentaires si qualité et mise en réseau agro-écologique (réf. Fiches techniques 2.18.1, classeur « Nature et agriculture », AGRIDEA)

Avantages	Inconvénients
Forte réduction du ruissellement diffus	Perte d'efficacité en cas de tassement (machines agricoles ou animaux, stockage de betteraves)
Zone tampon contre les résidus phytosanitaires et les dérives des gouttelettes de pulvérisation	Risque de présence de mauvaises herbes si l'entretien est mal effectué
Zone refuge pour les animaux (oiseaux, insectes) → < biodiversité	Risque de présence de rongeurs au sortir de l'hiver
	Modification des structures de l'exploitation (nouveaux débouchés pour les récoltes de fourrages)
	3 premiers mètres de chaintre ne peuvent être inscrit comme prairie extensive

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Références

Fiches techniques ADCF – Bande herbeuse

Fiches techniques Nature et agriculture – réseau agro-écologique, AGRIDEA

6 Cultures intermédiaires (dérobées, engrais verts)

Objectifs

Briser l'énergie des gouttes de pluie et intercepter les ruissellements dans les cultures peu couvrantes.

Description

Semis d'un engrais vert ou d'une dérobée directement après la récolte de l'année avant la culture suivante. Possibilités de semis 10 à 15 jours avant la récolte d'une céréale.

Localisation

- Sur les parcelles soumises régulièrement à une érosion en nappe
- Sur des sols peu drainants
- Sur les sols nus en automne-hiver

Installation

- Le plus vite possible après la récolte pour profiter de la structure laissée par le précédent et pour favoriser le développement. Dans certains cas, possibilités de semer juste avant la moisson
- Passage d'un chisel pour décompacter les zones tassées. Eventuellement passage de la charrue si pas de labour pour la culture suivante
- Semoir équipé de disques pour éviter le bourrage.
- Le semis avant récolte doit se faire avec un semoir à engrais rotatif positionner 20 à 40 cm plus haut que les épis (dans le cas contraire = mauvaise répartition des graines). Attention : pertes par égrenage si la maturité de la moisson est trop avancée !
- Semis juillet à octobre selon l'espèce et le précédent cultural (Règles PER : mise en place avant le 15 septembre ou exceptionnellement le 30 septembre pour lutter contre les mauvaises herbes).
- Après une récolte tardive (octobre pour le maïs et la betterave), seul le seigle peut être semé comme dérobée.

Liste des espèces préconisées comme engrais vert, date de semis, quantité et prix

Espèces	Date de semis	Quantité en kg/ha	Prix/ha en SFr.
Pois	mi-juillet à fin août	130 à 150	175 à 190
Trèfle d'Alexandrie	Juillet à fin août	15	75
Colza fourrager	mi-juillet à fin août	10	45 à 50
Moutarde blanche	mi-août à mi-septembre	20 à 30	85 à 170
Phacélie	Juillet à mi-août	6 à 10	70 à 85

NB : liste complète au chapitre « cultures intermédiaires » du classeur Grande cultures, pp. 15.11 à 15.20, AGRIDEA

Espèces préconisées pour semis avant moisson

Crucifères	radis, moutarde, etc.
Mélange AP	avoine-vesce

Entretien

- Aucun entretien spécifique
- Semis direct de la culture suivante possible uniquement sur un engrais vert non-hivernant. Au cas contraire, il faut travailler superficiellement le sol.

Coûts

Pour la mise en œuvre de cette mesure

- Travail du sol et semis = SFr. 150.-/ha
- Semences = entre SFr. 45 à 190.-ha

Pour l'entretien

- aucun coût

Contributions

- pas de contributions fédérales

Avantages	Inconvénients
Entrave l'érosion	Coûts supplémentaires pour la mise en place
Freine la battance en surface (croûtage)	Multiplication de ravageurs (limaces, insectes,..)
Maintient l'état structural du sol	Limite dans le choix du précédent, qui doit être une céréale ou une culture récoltée suffisamment tôt.
Augmentation du pouvoir de rétention en eau du sol grâce à une meilleure porosité	Mesure difficile après la culture de betterave pour des questions de date.
Gain d'azote pour la culture suivante	Semis avec un semoir à disque
Si le semis avant moisson échoue, toujours la possibilité de semis après moisson	Levée de la culture et rendement plus aléatoire
Fourrage disponible	

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Coûts des semences et période du semis tardif après betteraves ou maïs grain

Références

CITEAU L. et al., 2008. Gestion durable des sols, Editions Quae

CHAROLLAIS M. et al., 2004. Stop érosion !, AGRIDEA

7 Gestion de la pente par des cultures en bandes alternées

Objectifs

Intercepter ou freiner les ruissellements dans et entre les cultures et améliorer l'infiltration de l'eau

Description

Alternance judicieuse de cultures sur des parcelles étroites et perpendiculaires à la pente. L'eau qui ruisselle ne parvient pas à prendre de l'ampleur si les parcelles sont étroites. Les cultures sujettes à l'érosion sont implantées entre les autres cultures.

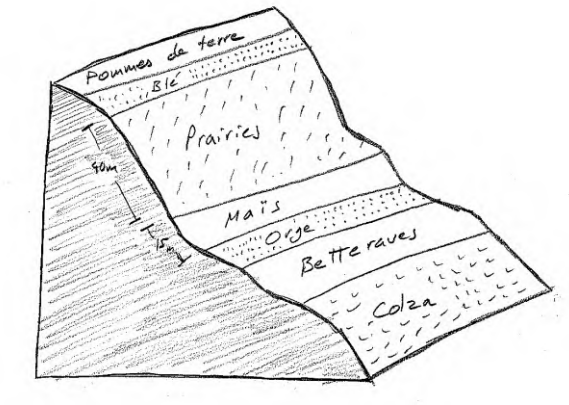
Localisation

- Pentes de moyenne longueur et pas trop inclinées (entre 3 et 8%)
- Entre des cultures sensibles (betteraves, maïs, pommes de terre)

Installation

La largeur des parcelles doit être de 15 à 40 mètres en fonction de la pente et du risque d'érosion

- Mettre en place des prairies temporaires ou permanentes dans les zones particulièrement inclinées
- Il est déconseillé d'implanter des bandes alternantes dans les coteaux trop inclinés (impossibilité de passer avec des machines de récolte). Dans ce cas prévoir d'autres mesures.



Régles pour déterminer la largeur des parcelles

Pente en %	Largeur des bandes	
	Zones soumises à un risque faible à moyen d'érosion	Zones soumises à un risque fort d'érosion
Jusqu'à 3	40m	25-30m
3 à 8	30m	20-25m
8 à 16	25m	15 à 20m
16 à 20	20m	15m

Entretien

- Aucun entretien spécifique. Dans la rotation, conserver toujours les cultures les moins soumises à l'érosion dans les zones les plus risquées.
- Attention au tassement des herbages qui doit être évité

Coûts

- Pas de coûts spécifiques

Contributions

- Pas de contributions fédérales

Avantages	Inconvénients
Entrave très bien l'érosion	Ne convient pas pour une rotation avec beaucoup de sarclées (plus de 30%)
Facile à mettre en œuvre	

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Références

CITEAU L. et al., 2008. Gestion durable des sols, Editions Quae

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

8 Limitation de la contrainte au sol par des machines

Objectifs

Limiter le tassement des sols du labour à la récolte pour conserver la structure du sol et améliorer l'infiltration de l'eau sur la parcelle.

Description

Prendre toutes les mesures nécessaires dans le domaine du machinisme pour limiter la pression au sol des engins tracteurs ou tractés et dans l'organisation des travaux pour préparer les sols dans des conditions de sols idéales.

Localisation

- Sur toute l'exploitation et en particulier sur les parcelles en pente

Principes

Diminuer la surface affectée par les voies de passage

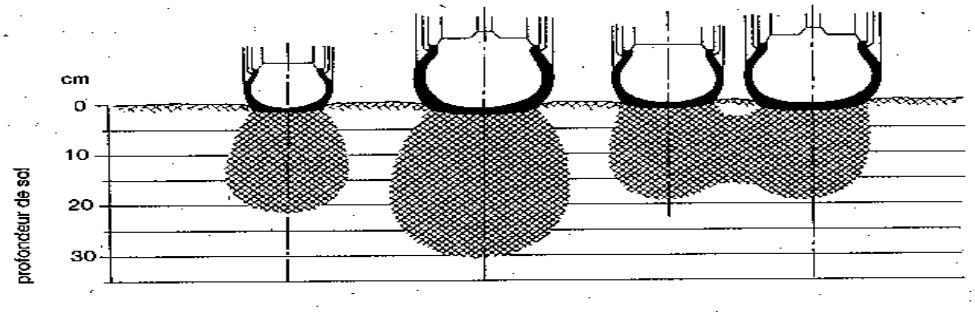
- Limiter le nombre de passage du labour à la récolte d'une culture
- Éviter de circuler inutilement sur la parcelle
- Combiner les opérations (ex. herse rotative avec semis en un seul passage) ou procéder au semis-direct

Limiter la pression au sol des engins tracteurs et tractés

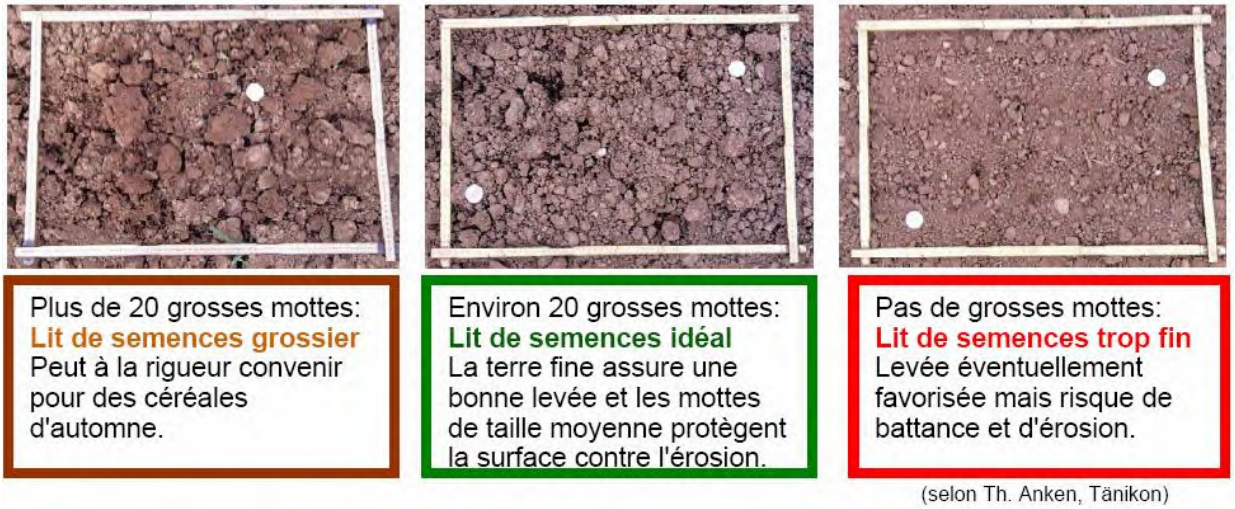
- Réduire le poids total (utilisé un tracteur adapté à la situation et à la machine)
- Répartir le poids d'une manière optimale
- Augmenter la surface de contact au sol des pneus (jumelage de roues, pneus à basse pression).
  Pour les roues jumelées, utiliser des pneus d'un diamètre identique
  L'abaissement de la pression des pneus comporte également des limites notamment :
  - Risques de déjantage et/ou renversement
  - Perte de confort lors de la conduite
  - Usure de pneus
  - Risque de surchauffe des pneus

  En utilisant des pneus basse pression, la force de traction augmente et il y a donc moins de risque de patinage. Ce n'est pas le sol mais le pneu qui doit se déformer.
  Un dispositif de réglage de pression devrait figurer sur les ensileuses automotrices, les remorques d'ensilage, les presses à grandes balles, les grandes citernes à lisier, les épandeuses à fumier, etc.

Spécification des pneumatiques	11.2 / 10–24	16.9 / 14–30	12.4 / 11–36 16.9 / 14–30
Charge par essieu	500 kg	1000 kg	1000 kg
Pression exercée	0,8 kg / cm^2	0,8 kg / cm^2	0,46 kg / cm^2



- Ne pas comprimer sans cesse les mêmes surfaces
- Circuler avec des machines que sur un sol suffisamment ressuyé (test à la bêche)
- Travailler le sol de manière grossière. Un travail du sol trop fin est très sensible à l'érosion.
  NB. Fiche technique 3.1.4 du classeur « Agriculture biologique », AGRIDEA



(selon Th. Anken, Tänikon)

Coûts

- Pas de coûts spécifiques

Contributions

- Pas de contributions fédérales

Avantages	Inconvénients
Facile à mettre en œuvre	Roues jumelées pas installées en permanence sur le tracteur (temps à prendre)
Economie de temps et d'argent (un seul passage)	
Augmente la fertilité et la structure du sol	

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Références

CHAROLLAIS M. et al., 2004. Stop érosion!, AGRIDEA

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

9 Ameublissement du sol en profondeur

Objectifs

Régénérer la circulation de l'air et de l'eau dans le sol pour améliorer l'infiltration

Description

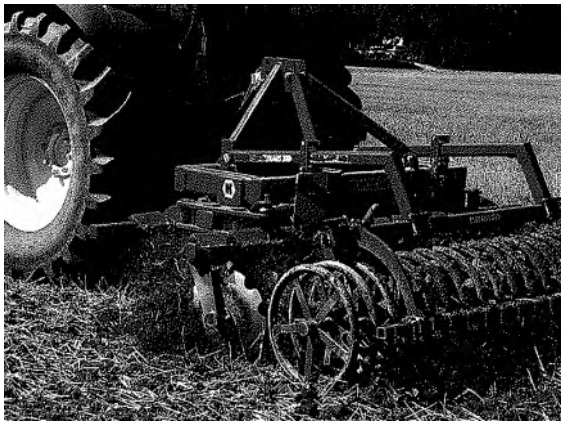
Utilisation de machines spécifiques pour éclater une éventuelle semelle de labour. Ce procédé n'est pas une opération systématique réalisée chaque année. L'intervention est limitée aux zones de la parcelle qui sont le plus tassées (tournières, passage de traitement, zones de chargements, etc.)

Techniques

Semelle dans les premiers 30 cm :

Passage au chisel ou au décompacteur à disques pour procéder à un léger décompactage

- Le décompacteur doit passer au moins 10 cm sous la semelle de labour pour être totalement efficace
- Le passage du décompacteur doit laisser une surface plate pour être repris facilement avec d'autres machines
- Décompactage à l'aide d'outils non animés à dents ou à disques



Décompacteur à disques

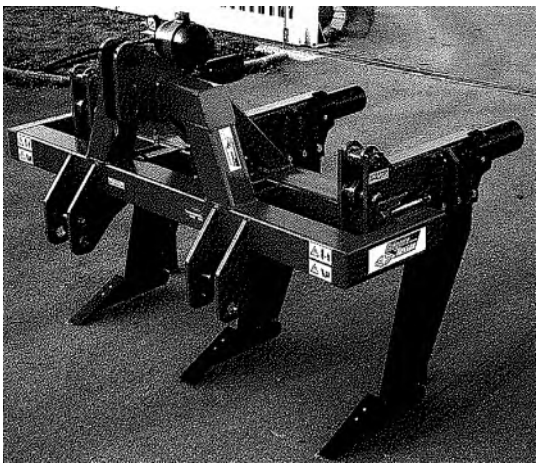
Chisel

NB. Fiches techniques 2.30.8 à 2.31.2 du classeur « Bâtiments et machinisme », AGRIDEA

Semelle entre 30 et 50 cm :
Utilisation d'une sous-soleuse traînée ou vibrante

- Sur sol couvert (après céréales ou colza), en été
- Sol sec sur toute la profondeur travaillée
- Ne pas remonter des pierres ou de la terre des couches profondes
- Attention aux drainages et autres conduites
- Puissance nécessaire de 60 à 180 CV

Le sous-solage ne doit se faire que lorsqu'il est indispensable et pour autant que les conditions soient favorables, sinon augmentation des dégâts en profondeur.



Sous-soleuse 3 dents

Semelle entre 50 et 80cm :

- Passage d'une sous-soleuse industriel (entreprise spécialisée dans ce genre de travaux)

Coûts

- Débit de chantier équivaut à environ 0.3 ha/heure

Contributions

- Pas de contributions fédérales

Avantages	Inconvénients
Ameubli bien le sol	Si mal effectué, peut détériorer la situation
Restructure le sol	Coûts élevés si recours à une sous-soleuse industrielle
Pas de retournement ni d'enfouissement, pour maintenir la matière organique à la surface du sol	Passage supplémentaire sur la parcelle

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Coûts élevés si utilisation d'une sous-soleuse industriel.
Efficacité moyenne si d'autres mesures ne sont pas prises (bonnes pratiques agricoles).

Références

PIDOUX C., 2002. Lutte contre l'érosion. Lutte anti-érosive à l'échelon de l'exploitation agricole : mesures agronomiques, Prométerre

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

10 Travail de conservation du sol

Objectifs

Constitution et maintien d'une structure du sol stable pour favoriser l'infiltration de l'eau.

Description

Etapes de travail adaptées au type de sol, utilisation de machines spécifiques à la culture à mettre en place.

Principes

- Eviter de travailler sur un sol trop humide
- Éviter de préparer un lit de semence trop fin, mais l'adapter aux graines
- Laisser au maximum les résidus végétaux à la surface du sol ou les incorporer superficiellement

Itinéraires techniques

Différentes méthodes permettent de structurer le sol sans devoir avoir recours à un travail intensif.

- Le labour

Nombre de passage			
3	Travail primaire du sol avec charrue	Préparation du lit de semences avec herse	Semis
2	Travail primaire du sol avec charrue	Préparation du lit de semences avec herse et semis	

- Travail superficiel avec ou sans travail profond

Nombre de passage			
3	Travail primaire du sol avec chisel ou cultivateur ou décompacteur à ailette	Préparation du lit de semences avec herse	Semis
2	Travail primaire du sol avec chisel ou cultivateur ou décompacteur à ailette	Préparation du lit de semences avec herse et semis	
1	Travail primaire du sol avec cultivateur + préparation du lit de semences avec herse rotative et semis		

- Travail superficiel ou semis direct

Nombre de passage	
1	Préparation du lit de semences avec herse rotative et semis
1	Semis direct

Avantages et inconvénients des itinéraires techniques :

	Labour	Travail superficiel ou semis direct
++	- Aère le sol - Diminue les pertes par volatilisation - Accélère la minéralisation - Efface les empreintes causées par les machines de récolte	- Augmente la teneur en matière organique en surface - Effets positifs sur la battance de surface - Limite les fuites de nitrates - Evite la destruction des lombrics et favorise la structure du sol - Gain de temps et d'énergie
--	- Crée une semelle de labour - Expose le sol à l'érosion (1mm/an ; 10 ans pour reconstituer ce mm !) - Gourmand en énergie	- Favorise certaines maladies (fusariose et rhizoctone) - Développement de certaines populations de mauvaises herbes spécifiques - Augmentation des populations de limaces - Coût élevé du matériel spécifique

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Coûts élevés si achat d'une machine spécifique au semis direct

Références

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

11 Sens du travail du sol

Objectifs

Eviter l'écoulement préférentiel et la formation de rigoles dans une culture

Description

Mettre en place la culture et travailler sur la parcelle toujours dans un sens perpendiculaire à la pente

Localisation

- Parcelle avec pente, même légère
- Sols limoneux-sableux

Particularités

- Il n'est pas toujours aisé de travailler perpendiculairement à la pente (cas de petites parcelles étroites en pente où la disposition, la forme et la dimension des parcelles ne sont pas optimales). Il faut agir lors de remaniements pour optimiser ces facteurs afin de coordonner le sens du travail du sol entre les différents exploitants.
- Dans la rotation, il est nécessaire de tenir compte de ces parcelles pour y cultiver le moins possible de cultures sensibles (sarclées notamment, mais aussi les céréales) ou favoriser les échanges de parcelles entre exploitants.

Coûts

- Pas de surcoût

Contributions

- Pas de contributions fédérales

Avantages	Inconvénients
Ralenti l'érosion	Pas vraiment réalisable sur des parcelles étroites en pente
Mesure simple	

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Référence

PIDOUX C., 2002. Lutte contre l’érosion. Lutte anti-érosive à l’échelon de l’exploitation agricole : mesures agronomiques, Prométerre

12 Semis en suivant les courbes de niveau

Objectifs

Eviter l'écoulement préférentiel et la formation de rigoles dans une culture notamment en cas de thalweg. Atténuer le risque d'érosion en nappe.

Description

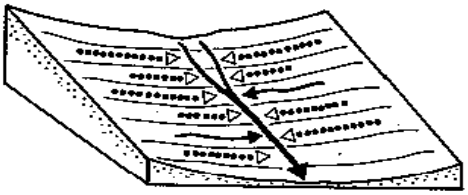
Préparer la culture en travaillant selon les courbes de niveau de la parcelle

Localisation

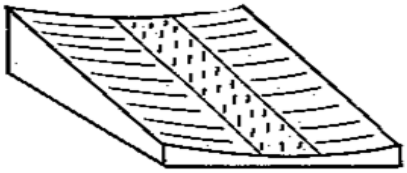
- Parcelle avec pente, même légère
- Sols limoneux-sableux

Principe

- Les sillons perpendiculaires à la pente tracés lors de la préparation du lit de semences font office de petites digues et non plus de rigoles d'écoulement
- Semer en suivant scrupuleusement les courbes de niveau (un passage approximatif peut accélérer au contraire l'érosion !)
- Outre un semis suivant les courbes de niveau, certaines parcelles demandent d'autres mesures d'accompagnement, par exemple une bande herbeuse. C'est le cas pour celle dont la formation d'un thalweg est probable.



Formation d'un thalweg



Semis selon courbe de niveau couplé avec une bande herbeuse

- Système efficace que si l'on tient compte du pourcentage de pente et de sa longueur

Pente en %	Longueur de pente maximale pour une culture épousant les courbes de niveau qui soit efficace
1-2	130
3-5	100
6-8	70
9-12	40
13-16	30
17-20	20
21-25	17

Coûts

- Pas de surcoût mis à part une charge de travail supplémentaire selon les différents cas

Contributions

- Pas de contributions

Avantages	Inconvénients
Réduit beaucoup l'érosion en nappe	Chemins d'accès pas toujours perpendiculaires aux courbes de niveau
Pas de rigoles d'écoulement préférentiel	

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Efficacité moyenne si d'autres mesures accompagnatrices ne sont pas présentes. Le cas avec la formation d'un thalweg sans présence de bande herbeuse
Coûts pour la mise en place de la bande herbeuse et pour la perte de surface pour la culture principale.

Références

CHAROLLAIS M. et al., 2004. Stop érosion!, AGRIDEA

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

13 Semis d'un cordon de céréales d'automne en bandes

Objectifs

Briser l'énergie des eaux de ruissellement

Description

Cordons étroits perpendiculaires à la pente semés le plus souvent dans les grandes parcelles de maïs ou dans d'autres sarclées.

Localisation

- Sur de grandes surfaces semées en maïs ou en cultures sarclées

Principe

- Mesure efficace uniquement si elle est combinée avec d'autres mesures (travail du sol, semis suivant les courbes de niveau)
- Bandes d'une largeur de 5 à 10 m. Des bandes plus étroites sont peu efficaces même si elles permettent déjà de freiner un écoulement.
- Établir ce cordon juste après le semis (notamment pour le maïs)
- Ensemencer les bandes en céréales d'automne ou de printemps

Coûts

- Pas de surcoût mis à part une diminution de la superficie de la culture principale de l'ordre de 5 à 15%.

Contributions

- Pas de contributions

Avantages	Inconvénients
Mesure simple à mettre en place	Baisse de rendements sur la parcelle
Freine les écoulements	

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Efficacité moyenne si d'autres mesures accompagnatrices ne sont pas présentes.
Coûts pour la perte de surface pour la culture principale.

Références

PIDOUX C., 2002. Lutte contre l'érosion. Lutte anti-érosive à l'échelon de l'exploitation agricole : mesures agronomiques, Prométerre

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

14 Date de semis

Objectifs

Recouvrir rapidement le sol

Description

Semis précoce, donc à la fin de l'été pour accélérer un recouvrement rapide de la parcelle et offrir une barrière avec le feuillage et les racines

Localisation

- Sur des cultures à récolte précoce (colza, orge, blé, etc.)

Principe

- Semis d'un engrais vert ou d'une prairie dès la fin de la récolte du précédent
- Semis possible directement pendant le battage avec une moissonneuse équipée d'un semoir.
- Attention aux recommandations des services cantonaux phytosanitaires sur la date de semis dans certaines régions et périodes.

Coûts

- Pas de coûts supplémentaires, il s'agit uniquement d'un semis précoce

Contributions

- Pas de contributions particulières

Avantages	Inconvénients
Culture bien en place à l'entrée de l'hiver et donc bon pouvoir de rétention	Charge de travail durant les récoltes
Semis germant très vite car la période après récolte (notamment céréales) est chaude	Repousses des pertes de récolte fortement présente dans le mélange semé
	Sensibilité à l'hivernage (si les cultures sont trop développées avant l'hiver)
	Propagation de maladies entre chaumes encore présentes sur des parcelles voisines et la nouvelle culture

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Références

CHAROLLAIS M. et al., 2004. Stop érosion !, AGRIDEA

PIDOUX C., 2002. Lutte contre l'érosion. Lutte anti-érosive à l'échelon de l'exploitation agricole : mesures agronomiques, Prométerre

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

15 Semis intercalaires

Objectifs

Eviter l'érosion dans les cultures sensibles telles que les sarclées qui recouvrent lentement le sol

Description

Semis d'une espèce ou d'un mélange entre les lignes de la culture principale

Localisation

- Le plus souvent sur la culture principale de maïs. Sans culture intercalaire, l'interligne de maïs resterait nu pendant tout l'été ce qui peux provoquer de fortes érosions en cas d'intense ruissellement

Principe

- Semis après la levée du maïs pour éviter les problèmes de concurrence en approvisionnement hydrique

Itinéraires techniques dans le cas du maïs

- Semis du maïs et désherbage sur la ligne semée sur une largeur de 20 à 25 cm
- Sarclage 3 à 4 semaines plus tard pour stopper le développement des mauvaises herbes
- Deuxième sarclage et semis intercalaires (semoir monté sur sarcleur) lorsque les plantes de maïs ont 25 à 30 cm de haut

Semis pur	Quantité
Trèfle violet	300g/are
Trèfle jaune	200 à 250g/are
Trèfle blanc	100 à 150g/are

Semis mélangé (dans céréales)	
Trèfle blanc/ray-grass anglais	200g/are
Mélange standard 200	250g/are

Coûts

- Pas de coûts supplémentaires, il s'agit uniquement d'un semis précoce

Contributions

- Pas de contributions particulières

Avantages	Inconvénients
Culture bien en place à l'entrée de l'hiver et donc bon pouvoir de rétention	Charge de travail durant les récoltes
Semis germant très vite car la période après récolte (notamment céréales) est chaude	Repousses des pertes de récolte fortement présente dans le mélange semé

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			

16 Semis sous-litière

Objectifs

Avoir un sol continuellement couvert par des végétaux notamment dans le cas des sarclées pour diminuer l'impact des gouttes de pluie et améliorer l'infiltration de l'eau

Description

Cette technique consiste à semer une culture principale sous un couvert de résidus végétaux (mulch) ou directement dans la culture intermédiaire gelée.

Principe

- Se pratique de la même manière que du semis direct
- En général pour des cultures sarclées (maïs, betteraves)
- Peu adapté sur des sols moins riches en argiles et plus riches en sable
- Semis sous litière possible :

Type	Principe
Sous paille de céréales	Hachage de la paille par la moissonneuse-batteuse, incorporation avec travail du sol superficiel
Sous engrais vert non-hivernant	Hachage de l'engrais au printemps, incorporation avec travail du sol superficiel
Sous engrais vert hivernants	Hachage de l'engrais au printemps, incorporation avec travail du sol superficiel
Sous culture dérobée -> seigle d'automne	Récolte au vert du seigle, passage du chisel, éventuellement labour
Sous culture dérobée -> prairie artificielle	Coupe au printemps, retournement de la prairie conseillé

Itinéraires techniques dans le cas du maïs

- Mi- à fin juillet ; récolte du précédent (en général céréales)
- Fumure NPK
- Déchaumage superficiel pour faire germer les résidus de récolte du précédent
- Mi-août ; semis sans labour d'un engrais vert non-hivernant (sensible au gel). Le semis doit être suffisamment tôt pour pouvoir se développer suffisamment.
- Avril-mai ; hachage de l'engrais vert non-hivernant et passage direct au cultivateur pour incorporer rapidement les résidus végétaux. Hersage et semis du maïs. Il peut y avoir quelques bourrages de résidus végétaux devant les socs du semoir lorsque le sol n'est pas suffisamment ressuyé et lorsque les engrais verts ne sont pas assez émiettés

Coûts

- Pas de coûts supplémentaires (engrais vert de toute façon en place pour l'hiver).

Contributions

- Pas de contributions particulières

Avantages	Inconvénients
Parcelle continuellement couverte	Bourrage du semoir dans certains cas

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Références

CHAROLLAIS M. et al., 2004. Stop érosion !, AGRIDEA

PIDOUX C., 2002. Lutte contre l'érosion. Lutte anti-érosive à l'échelon de l'exploitation agricole : mesures agronomiques, Prométerre

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb

MAILLARD A. et al., 1990. Les semis sous litière : étude d'une mesure culturale de lutte contre l'érosion du sol en grande culture. Programme national de recherche

17 Semis de différentes variétés d'une culture sur une parcelle, association de cultures

Objectifs

Exploiter au mieux le sol et sa structure grâce à un enracinement différencié afin de retenir les éléments lors de ruissellement

Description

Cette technique consiste à semer un mélange de cultures (céréales-légumineuses) qui seront récoltés en grain ou en plante entière (ensilage, foin)

Principe

- Préparation du sol comme pour la mise en place d'une céréale
- Placement dans la rotation après une céréale à paille ou une sarclée
- Faire le mélange avant de semer (mélanger de temps en temps la trémie du semoir)
- Possibilité de faire un semis différencié. Semer d'abord la légumineuse à la volée, passer un coup de herse et semer la céréale

Itinéraires techniques

- Semis mi-septembre à mi-novembre ou mi-février à fin mars
- Profondeur du semis : 2-3 cm en moyenne
- Densité des semis supérieur à la moyenne des composants en culture pure
- Rechercher la concordance des maturités entre les espèces et variétés
- Privilégier les variétés résistantes à la verse et aux maladies ainsi que celles ayant une bonne capacité de couverture du sol

Exemple de composants pour un mélange

Céréales	Légumineuses
Triticale	Pois protéagineux
Avoine	Pois fourragers
Orge	Féverole
Blé	Vesce
…	…

Localisation

- Parcelle avec pente, même légère

Particularités

- Il faut moduler les proportions des composants à l'adaptation de l'espèce au milieu, p. ex. : si les céréales tallent bien, elles peuvent concurrencer trop fortement les légumineuses du mélange et il faut mieux en diminuer la proportion.

Coûts

- Prix des semences

Contributions

- Pas de contributions fédérales

Avantages	Inconvénients
Apporte une bonne structure au sol de par des enracinements différenciés	Réglage de la batteuse plus délicat
Coût de mise en place faible car ne nécessite qu'un passage pour les deux variétés semées.	Pas considéré comme protéagineux si pas assez de légumineuses pour les primes de cultures
Meilleurs rendements que les cultures pures (+5 à +15%)	Demande de tâtonner un peu pour trouver le mélange convenant le mieux à sa situation (région, sol et objectifs)

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Références

CLERC M., 2010. Différents essais en cours sur les associations de cultures chez des agriculteurs. FiBL

18 Suppression des bandes de traitements

Objectifs

Ameublir le sol pour augmenter la capacité d'infiltration sur les traces de passage de roues pour défavoriser le ruissellement sur ces chemins préférentiels.

Description

Utilisation d'un efface-traces montés sur un semoir conventionnel

Principe

- Sur un sol labouré (sur semis direct, sol plus portant dans pas de traces de passages)
- Ameublissement suffisamment profond de 10 à 15 cm
- Utilisation d'un GPS ou autre point de référence pour la fumure et les traitements.

Mise en place

Les effaceurs de traces sont placés derrière les roues du tracteur pour un semoir à céréales. Par contre pour les semoirs avec roues d'entrainement (maïs par exemple), les effaceurs de traces sont placés à l'arrière du semoir pour éliminer convenablement toutes les traces.

Exemple avec semoir à céréales, les effaceurs se trouvent juste derrière la roue de tracteur

Exemple avec semoir à maïs ou les effaceurs sont placés derrière les roues d'entraînement.

Coûts

- Adaptation du semoir

Contributions

- Pas de contributions particulières

Avantages	Inconvénients
Mesure simple et efficace car dans la plupart des cas, le ruissellement est accéléré sur ces chemins préférentiels	Adaptation de la machine nécessaire
Bonne homogénéisation de la culture sur la parcelle, couverture complète	Utilisation d'autres points de repère pour appliquer les traitements et engrais, notamment le GPS. Cependant, ce moyen n'est pas forcément accessible à chacun

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

La mise en place supplémentaire de griffes peut entraîner un certain coût. Cependant, des matériaux de récupération conviennent tout à fait.

Références

CITEAU L. et al., 2008. Gestion durable des sols, Editions Quae

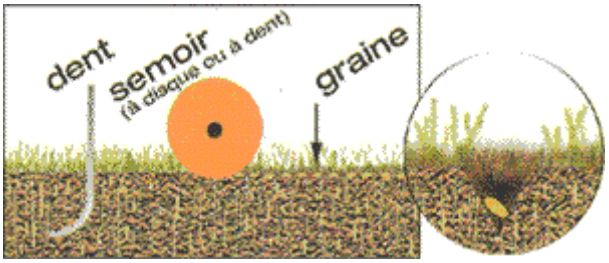
19 Semis direct

Objectifs

Laisser une couverture permanente au sol pour éviter le ruissellement et l'impact de gouttes de pluie sur un sol nu. Conserver une structure du sol annuellement.

Description

Système de culture dans lequel les semences sont déposées dans un sol non travaillé, recouvert de végétaux ou de résidus végétaux. Une fente est pratiquée par des outils spéciaux pour y déposer la semence



Principe

- L'abondance des résidus végétaux surtout après maïs grain gène le passage du semoir et peut altérer la précision de semis. Il faut donc veiller à broyer et répartir de manière homogène le reste de culture précédent.
- Pour favoriser la germination de la graine, il faut veiller à l'entourer et la recouvrir de terre fine à l'aide d'outils adaptés.

Mise en place

- Rotation des cultures : alterner céréales à paille et autres cultures, ainsi que cultures d'automne et de printemps afin de réduire les risques de fusarioses et concurrencer les adventices
- Machines : un semoir semis direct permet de semer, sans aucun travail du sol. Il est possible d'acquérir un cultivateur rotatif à axe horizontal et semoir intégré, cependant le coût d'une telle machine reste élevé. En cas de forte présence de résidus de récolte avant semis, il faut monter des roues en étoiles devant les socs pour écarter la paille.
- Maîtrise des adventices : herbicide non sélectif avant semis et/ou herbicide de contact en postlevée. Après semis direct d'une prairie, coupe de nettoyage précoce ou broyage.

Coûts

- SFr. 205.- /ha (sans traitement et semences)

Contributions

- Pas de contributions particulières en général.
- Projet 77a avec semis direct = financement de l'OFAG dans certains cas

Avantages	Inconvénients
Augmentation de la teneur en matière organique en surface	Les résidus de récolte et en particulier les pailles de céréales posent des problèmes lors du semis
Diminution des charges de mécanisation	Développement de certaines populations de mauvaises herbes spécifiques
Augmentation de l'activité biologique de la surface (aussi bien la faune utile que les ravageurs…)	Augmentation possible de la pression phytosanitaire pour traiter les adventices spécifiques
Limitation des fuites de nitrates pendant l'hiver, par la réduction de la minéralisation d'automne	Risque d'augmentation des populations de limaces au moment de l'implantation
Augmente l'infiltration et la vitesse de dégradation des produits phytosanitaires	Coût élevé du matériel spécifique
Gain de temps et réduit les consommations de fuel	Rendements pouvant être plus faibles la première année

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

L'achat de matériel spécifique peut être très élevé. Le travail effectué par une entreprise permet de réduire les coûts d'achat d'une machine neuve.

Références

www.no-till.ch (Association suisse pour une agriculture respectueuse des sols)

20 Paillage et mulchs

Objectifs

Protection de la structure du sol contre les pluies

Description

Apport d'une couche de matière organique inerte (paille de céréales et d'herbes diverses, écorces, débris végétaux avant ou après semis/plantations)

Principe

- L'abondance des résidus végétaux surtout après maïs grain gène le passage du semoir et peut altérer la précision de semis. Il faut donc veiller à broyer et répartir de manière homogène le reste de culture précédent.
- Pour la pomme de terre, les planteurs sont équipés de disques spéciaux qui découpent le paillis et séparent les lignes de pommes de terre. Le paillis protège le sol de l'érosion durant les premières semaines de croissance et s'intègre au fur et à mesure de la levée des plantes
- Une deuxième culture d'engrais verts peut être semée vers la fin de la culture de pomme de terre, lorsque les plants s'assèchent. La culture de couverture aide à assécher les lits, permettant ainsi d'obtenir des tubercules plus sains et de réduire le risque de dégâts durant la récolte. L'engrais vert est séparé de la pomme de terre par une arracheuse mécanique et est laissé sur le sol après la récolte pour le protéger de l'érosion.
- Possibilité d'épandre une couche de compost qui agira également comme un frein à l'érosion et qui de plus apportera de la matière organique au sol.

Coûts

- Peu de coûts supplémentaires, matière sur place en général

Contributions

- Pas de contributions particulières en général.

Avantages	Inconvénients
Augmentation de la teneur en matière organique en surface	Problèmes lors du semis (bourrage du semoir)
Mesure très efficace pour la pomme de terre	Passage supplémentaire dans la culture si paillis après semis/plantation

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

L'achat de matière organique et le passage supplémentaire dans certains cas impliquent un certain coût.

Références

MAGE R. et al., 1991. Erosion du sol en Suisse. Etude bibliographique et enquête. Cahier de l'environnement n°152

21 Lutte intégrée contre les adventices

Objectifs

Maintenir une couverture du sol maximale avant le semis et pendant la germination

Description

Lutte contre les adventices le plus tardivement possible ou avec des moyens mécaniques qui favorisent l'infiltration des eaux dans le sol

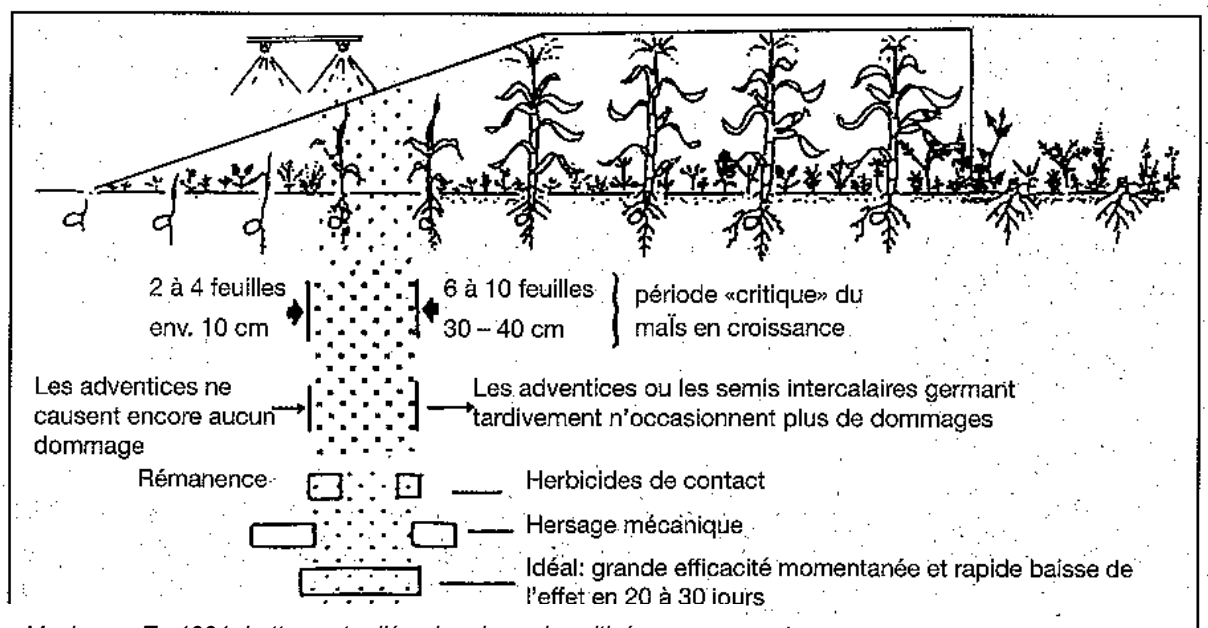
Principe

- Intervenir contre les adventices uniquement quand c'est absolument nécessaire, en appliquant le principe du seuil de nuisibilité

Seuil de nuisibilité de différentes cultures

Cultures	Période critique	Travaux
Maïs	Entre le stade 2 à 4 feuilles et 6 à 10 feuilles	Sarclage mécanique ou herbicide de contact au stade 2 à 4 feuilles
Betteraves	Entre la 4ème et la 8ème semaine après la levée	Intervenir tôt dès la levée des mauvaises herbes par sarclage et associer un traitement localisé pour lutter contres les mauvaises herbes sur la ligne de betteraves
Céréales	Du semis au tallage	Sarclage en sortie d'hiver avec au besoin les premiers traitements 2 semaines après.

Exemple d'intervention dans le cas du maïs :



Mosimann T., 1991. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

Remarque

Lors de fortes pluies, le sarclage peut devenir néfaste car en émiettant trop la couche superficielle du sol, des risques d'érosion en nappe ou diffuse sont élevés.

Coûts

- Pas de coûts supplémentaires

Contributions

- Pas de contributions particulières en général.

Avantages	Inconvénients
Mesures à double effet : lutte contre l'érosion et lutte contre les mauvaises herbes en un seul passage	Plus fortes concurrences des mauvaises herbes tout de même
Permet de limiter l'utilisation d'intrants chimiques	Pas favorable si de fortes pluies (érosion en nappe plus grande que sur croûte de battance)

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

L'efficacité est moyenne si de fortes pluies surviennent après le sarclage. Risque d'érosion en nappe.

Références

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

22 Amendement organique

Objectifs

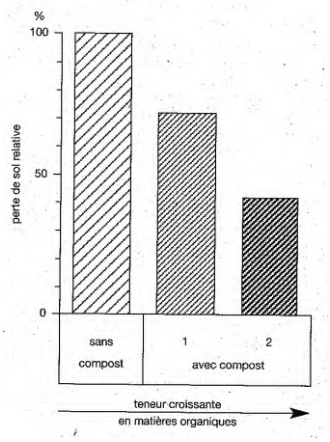
Renforcer la stabilité structurale du sol

Description

Apports de substances organiques qui permet une stabilisation active des sols pas les macro- et micro-organismes vivants.

Principe

- Apports réguliers d'engrais organiques tels que fumier, lisier, paille, résidus de récolte, engrais verts, … afin d'augmenter le taux d'humus.
- Incorporer superficiellement afin de constituer des obstacles au ruissellement lors de précipitations.
- Recommander en premier lieu sur des parcelles avec faible stabilité structurale et parcelles les plus battantes.



Démonstration expérimentale d'un sol avec amendement de compost et sans. MOSIMANN T., 1991. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

Coûts

- Pas de coûts supplémentaires puisqu'il s'agit de remplacer une fumure par une autre qui en plus de cela est souvent plus avantageuse.

Contributions

- Pas de contributions particulières en général.

Avantages	Inconvénients
Mesure simple et efficace	Ne convient pas pour un sol à labourer car l'effet n'est pas important
Concerne toutes les cultures	

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Références

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb, OFEV

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

CHAROLLAIS M. et al., Stop érosion !, AGRIDEA

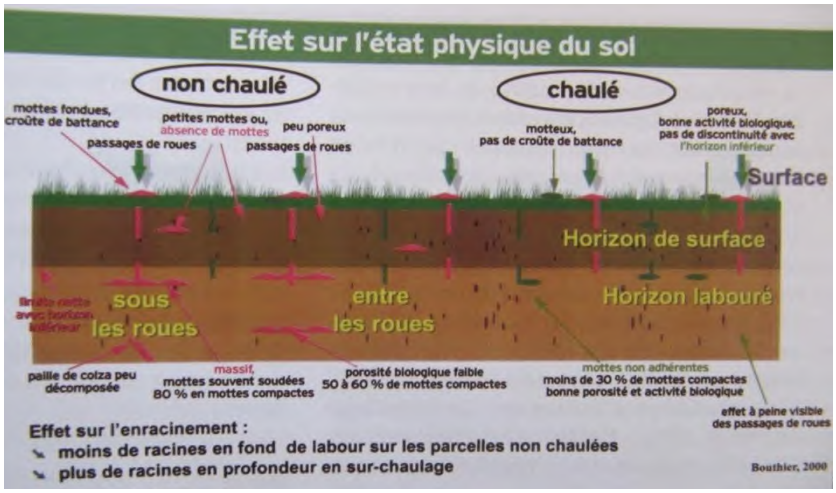
23 Chaulage

Objectifs

Améliorer les caractéristiques physiques, chimiques et biologiques des sols par effets indirects sur l'amélioration de la stabilité structurale et des capacités d'infiltration de l'eau.

Description

Apports de calcium pour favoriser l'activité biologique et augmenter la stabilité structurale du sol.



Principe

- Chaulage nécessaire sur un sol avec des phénomènes de battance chronique.
- Avant de procéder à un chaulage, vérifier le pH du sol. Informations complètes cf. Fiches techniques classeur « Grandes cultures », AGRIDEA, pp. 19.41 – 19.44
- Chaulage sur sol ressuyé pour éviter le tassement
- Pour les terres ouvertes, le chaulage se fait avant la mise en culture ou sur les chaumes. Pour les prairies et pâturages, il faut procéder en fin de saison.

Remarques

- Ne pas chauler avant une culture de tabac et 1 an avant la culture de la pomme de terre
- Ne pas chauler sur du fumier ou du lisier ou vice-versa (volatilisation de l'azote ammoniacal).

Coûts

- Les prix des amendements varient entre SFr. 2.70 et SFr. 27.- les 100kg.

Contributions

- Pas de contributions.

Avantages	Inconvénients
Contribue à la fertilité du sol	Coûts important selon l'amendement choisi
Régule le pH	
Favorise les vers de terres	
Se complètent avec des nutriments annexes tels que magnésium ou autres oligo-éléments	

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Des coûts supplémentaires sont dus à l'épandage de chaux granulée ou de dolomie dont le prix d'achat est plus élevé.

Références

COMIFER, 2009. Le chaulage : des bases pour le raisonner, Editions Book emissaire

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

24 Rideaux et haies

Objectifs

Retenir la terre fine érodée et ralentir l'érosion éolienne. Lutte contre la diffusion des pollutions agricoles et augmentation de la biodiversité.

Description

Alignement d'arbres et arbustes avec de chaque côté une bande herbeuse d'au moins 3 mètres.

Localisation

- Le long d'une courbe de niveau pour un meilleur effet
- En bordure de parcelle
- Perpendiculaire à la pente
- À proximité d'un cours d'eau

Installation

- N'utiliser que des plantes indigènes et adaptées à la région
- Se procurer des plants forestiers dans les pépinières forestières cantonales de préférence. Prendre des buissons âgés de 2 ans qui ont une croissance très rapide
- Planter durant la période de début novembre à fin avril. La plantation printanière est mieux adaptée aux sols lourds
- Faire un passage à la charrue, glisser les plants et recouvrir de terre
- Arroser suffisament, même en cas de pluie.
- Marquer les jeunes arbres pour éviter qu'ils ne se fassent couper lors de l'entretien de la strate herbacée et éventuellement y mettre un grillage pour éviter qu'ils ne se fassent brouter.

Entretien

- Entretien entre novembre et mars
- Taille moins fréquente pour les espèces à croissance lente que celle à croissance rapide
- Procéder au recépage sélectif pour rajeunir les haies de taille modeste. La fréquence d'intervention est de 2 à 3 ans. Le recépage par tronçon est mieux adapté pour les haies de grande taille. Il s'agit là de couper à ras sur une distante de maximum un tiers de la haie totale. Dans ce cas là, la fréquence est comprise entre 7 et 15 ans.

Coûts

Pour la mise en œuvre de cette mesure
- main d'œuvre = SFr. 20.-/ml
- matériaux = gratuit (arrangement possible dans le cadre de la gestion de cours d'eau)

Pour l'entretien
- taille = SFr. 50.-/h

Contributions

- max 2'500.-/ha OPD + 2'000.-/ha OQE Qualité + 1'000.-/ha OQE Réseau
- Subventions fédérales OAS possibles au cas par cas

Avantages	Inconvénients
Réduction des pentes	Encombrement, terrain perdu
Réserve pour les auxiliaires des cultures	Ombre portée
Pouvoir épurateur	Compétition hydrique
Amélioration de la structure du paysage	Coûts pour l'entretien non négligeables
Financier si elle fait partie d'un réseau + OQE	Les haies plantées ne peuvent plus être arrachées

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Références

Classeur de fiches techniques Nature et Agriculture, AGRIDEA

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

CHAROLLAIS M. et al., Stop érosion !, AGRIDEA

25 Prairies inondables et champs d’épandage de crue

Objectifs

Réduire le débit de pointe à l’amont d’ouvrages de capacités limitées et des zones à enjeux.

Description

Zone non-cultivable renaturée ou prairies extensives en général sous forme de marais servant à temporiser les grandes crues. Il s’agit là de mettre en place une technique de génie rural et génie biologique pour canaliser de fortes crues ou un fort ruissellement.

Localisation

- Terrain situé le long d’un cours d’eau ou en aval d’une zone de pente.

Installation

- Situation le long d’un cours d’eau : prévoir une surverse au niveau du ruisseau pour diminuer la crue sur le cours d’eau. Cette surverse permet d’inonder la partie voulue, à savoir la prairie ou marais
- Situation en aval de pente : toutes les eaux sont canalisées en direction du terrain inondable. Dans ce cas, il est important de vérifier la capacité totale de l’aménagement et contrôler les débits de crue des cours d’eau.
- Une digue située à l’aval combiné avec un déversoir permet de restituer l’eau au cours d’eau après la crue et de manière régulière.

Coûts

- Énorme coûts de réalisation notamment pour le terrassement des digues. Des excavatrices et pelle-rétro sont nécessaires.

Contributions

- Le financement est réalisé par le domaine public car l’aménagement fait partie d’un concept global de gestion des zones inondables en aval d’un bassin versant.
- Subventions fédérales OAS possibles au cas par cas

Avantages	Inconvénients
Limite les impacts de l'érosion sur des infrastructures (routes, voies CFF, etc.)	Très cher
Régule les crues	Emprise sur la zone agricole de surfaces non-productives
Crée des milieux naturels riches en espèces = meilleure biodiversité	Travaux de curage annuel nécessaire

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Les coûts sont très élevés car des moyens lourds sont engagés. L'efficacité sur l'érosion est considérée comme faible car il s'agit uniquement de contenir les éléments érodés et non de les éviter.

Références

LE BISSONNAIS Y. et al., 2002. L'érosion hydrique des sols en France, INRA

Chambres d'agriculture de l'Eure et de Seine-Maritime, 1999. Erosion, inondation et turbidité ; agriculteurs un large champ de solutions !, AREAS

26 Création de talus, terrasses

Objectifs

Couper une longue pente et créer une barrière topographique

Description

Mise en place d'un obstacle pour réduire la longueur de pente et pour retenir les particules fines emportées lors d'épisodes pluvieux importants.

Localisation

- En aval de la parcelle ou en prolongement d'une haie existante

Installation

Il n'y a pas de règle précise quand à l'implantation d'un talus, car souvent celui-ci se crée naturellement, en cause justement, l'accumulation de terres en aval de la parcelle par érosion.

- Enherber la zone talus pour éviter que celui-ci s'érode également
- Procéder à maximum deux fauches par année
- Favoriser la création du talus par un passage à la charrue

Un talus se crée également naturellement lors du semis le long des courbes de niveau.

Coûts

- Coûts peu élevé si création naturelle, mis à part la perte de terre ouvertes. Les coûts peuvent être élevés dans le cadre de la réalisation de terrasses (terrassement).

Contributions

- Peut être imputés comme SCE, mais ne donnent pas droit aux contributions. Contributions possibles uniquement si une haie est aménagée sur le talus ou en prairie extensive.
- Subventions fédérales OAS possibles au cas par cas

Avantages	Inconvénients
Mesures très efficaces pour protéger les infrastructures routières ou les ruisseaux	Difficile à mettre en place à des coûts faibles à court terme
Imputation SCE	Perte de terres ouvertes
Aménagements qui peuvent s'inscrire dans les éléments paysagers	Obstacles pour le passage des machines

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

L'efficacité est moyenne car il s'agit d'une mesure indirecte et qui sert plus à la protection d'un bien en aval qu'à une réduction de l'érosion.

27 Remaniement parcellaire

Objectifs

Prendre des mesures sur l'ensemble d'un bassin versant pour optimiser l'écoulement des eaux de pluie en dehors des parcelles agricoles.

Description

Les remaniements parcellaires comprennent toutes les mesures de construction et de droit foncier ainsi que toutes les mesures écologiques nécessaire à l'amélioration global d'un bassin versant. Ces améliorations doivent prendre en compte les intérêts de l'agriculture, de l'aménagement du territoire ainsi que de la protection de l'environnement.

Localisation

Cette mesure se localise sur l'ensemble d'un périmètre donné qui bien souvent représente les limites d'une commune. Elle se prend notamment :

- Les sols et terrains de plus de 400m de long en pente dont la rotation d'un ou plusieurs exploitants est élevée
- L'eau ruisselle sur plusieurs parcelles et chemins dans un même secteur et chaque année
- L'écoulement superficiel ne peut être entravé par des mesures prises et ne suffisent pas à contrôler ce ruissellement
- Les dommages dues à l'érosion dépassent les limites des parcelles
- Un taux élevé de sarclées doit pour diverses raisons être maintenu à un endroit à risque d'érosion.

Mise en place

L'adaptation parcellaire passe par différentes mesures :

- Réorganisation de la propriété foncière (regroupement de terres, remaniement parcellaire)
- Construction de réseaux champêtres (bandes herbeuses pour parcours de promenade)
- Régulation du régime des eaux dans les zones agricoles (drainage, collecteurs et regards)
- Revitalisation des cours d'eau ainsi que la reconstruction d'installations de drainage
- Réalisation de projets de mise en réseau conformément à l'Ordonnance sur la qualité écologique du 21 avril 2001 (OQE)
- Acquisition de terrain en vue de remplacement et de compensation écologique

Règles de base :

- Organiser les parcelles de manière à ce qu'une réduction de l'érosion est possible ou garantie (sens de la pente, longueur de pente, présence de thalweg, …)
- Délimiter les parcelles étroites dans les zones particulièrement menacées d'érosion (parcelles réservées aux chemins, parcelles de la collectivité publique) sur lesquelles seule la culture fourragère voir des SCE sont adaptées. Les thalwegs majeurs en font partie ainsi que les pans de coteaux particulièrement inclinés.
- Ne pas créer des parcelles de plus de 200m dans la pente
- Ne pas répartir des parcelles en travers de cuvettes assez étendues
- Éviter des parcelles avec des différences de pente trop prononcées
- Les chemins doivent permettre de garantir un travail du sol perpendiculaire à la pente (très utile également pour établir des bandes alternantes).

Coûts

- Coûts pris en charge pour un tiers le propriétaire (agriculteur) et deux tiers par les collectivités (Confédération et cantons) selon la loi sur l'agriculture LAgr 910.1 et l'ordonnance sur les améliorations structurelles OAS.

Avantages	Inconvénients
Moyen de prévention très efficace si bien réfléchie	Pas toujours évident de favoriser tous les exploitants.
Règle le problème sur l'entier d'un bassin versant ou sur une commune	Domaine de la protection du sol pas toujours assez bien pris en compte dans les adaptations.

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Les coûts sont très élevés de par l'ampleur de la mesure, c'est pourquoi il convient de bien prendre en compte tous les éléments (notamment ceux de la protection des sols) lors des adaptations.
Les coûts sont supportés par les collectivités et non par l'exploitant.

Référence

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

28 Réseaux de chemins

Objectifs

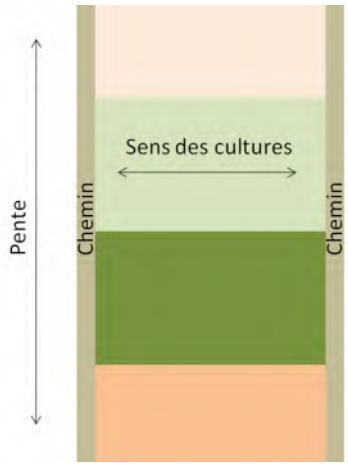
Influencer le sens des cultures pour éviter qu'il soit parallèle à la pente.

Description

Lors d'un remaniement parcellaire, poser une réflexion sur la problématique de l'érosion des sols en appliquant des constructions de chemins de manière la plus adéquate.

Mise en place

Régles de mise en place de chemins :

<table>
<tr><td>• Pente maximale de 10%
• Pente entre 10 et 15% avec parcelle dont la longueur de pente est plus petite que 50m</td><td>Orientation perpendiculaire à la pente
 
</td></tr>
<tr><td>• Pente entre 10 et 15% avec parcelle dont la longueur de pente est plus grande que 50m
• Pente plus grande que 15% ou parcelles dans cuvette prononcée</td><td>Chemin qui épouse la ligne de plus grande pente</td></tr>
</table>

Coûts

- Coûts pris en charge pour un tiers le propriétaire (agriculteur) et deux tiers par les collectivités (Confédération et cantons) selon la loi sur l'agriculture LAgr 910.1 et l'ordonnance sur les améliorations structurelles OAS.

Avantages	Inconvénients
Des chemins bien placés au départ évitent des travaux récurrents de nettoyage à cause de l'érosion	Coûts élevés si modification par la suite de chemins
	Pas toujours un cheminement direct mais avec détours

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Les coûts sont très élevés de par l'ampleur de la mesure, c'est pourquoi il convient de bien prendre en compte tous les éléments (notamment ceux de la protection des sols) lors des adaptations.

Les coûts sont supportés par les collectivités et non par l'exploitant.

Références

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

29 Diguettes d'absorption

Objectif

Ralentir les vitesses d'écoulement et combler les ravines

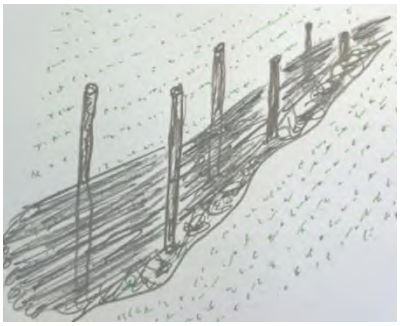
Description

Aménagements fixes végétaux ou constructions en matériaux durs disposés successivement en fond de thalweg.

Localisation

- En limite de parcelle
- En fond de thalweg

Installation



- Mise en place de pieux de saules de 1.5m à 2m avec un diamètre de 10 cm en quinconce tous les mètres ou mise en place de pierres (50x50x50cm) sur une longueur de 5 à 6m
- Mise en place de fagots de saules entre les deux rangés de pieux ou créer plusieurs étages avec les pierres.
- Il est recommandé de disposer plusieurs diguettes sur la pente
- Travaux à réaliser en automne entre deux cultures

Entretien

- Pour le végétal, une taille latérale est recommandée chaque année pour ne pas gêner les travaux agricoles à proximité

Coûts

Pour la mise en œuvre de cette mesure
- main d'œuvre = SFr. 20.-/ml
- matériaux = gratuit (arrangement possible dans le cadre de la gestion de cours d'eau)

Pour l'entretien
- taille = SFr. 50.-/h

Contributions

- Pas de contributions fédérales

Avantages	Inconvénients
Piégeage des sédiments	Accumulation importante de sédiments qui empêche une bonne exploitation proche de la diguette
Comblement de ravines	Obstacle fixe sur la parcelle
Ralentissement des écoulements	
Habitat en faveur de la biodiversité	

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Références

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb, OFEV

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

Chambres d'agriculture de l'Eure et de Seine-Maritime, 1999. Erosion, inondation et turbidité ; agriculteurs un large champ de solutions !, AREAS

30 Contrôle des eaux

Objectifs

Evacuation du surplus d'eau superficielle

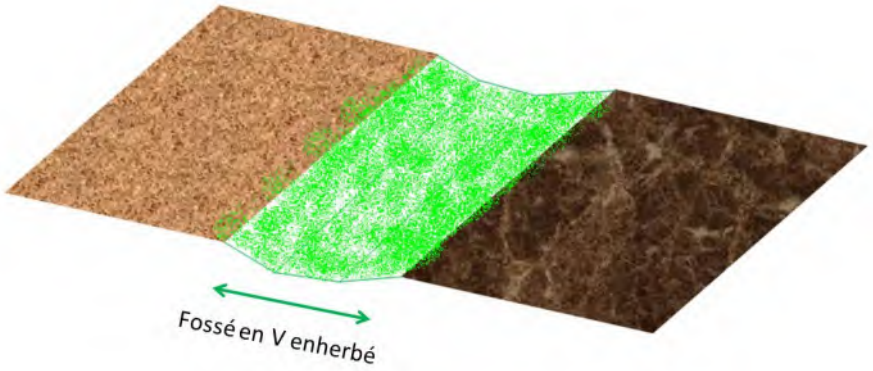
Description

Mise en place de différents ouvrages de collecte ou d'interception

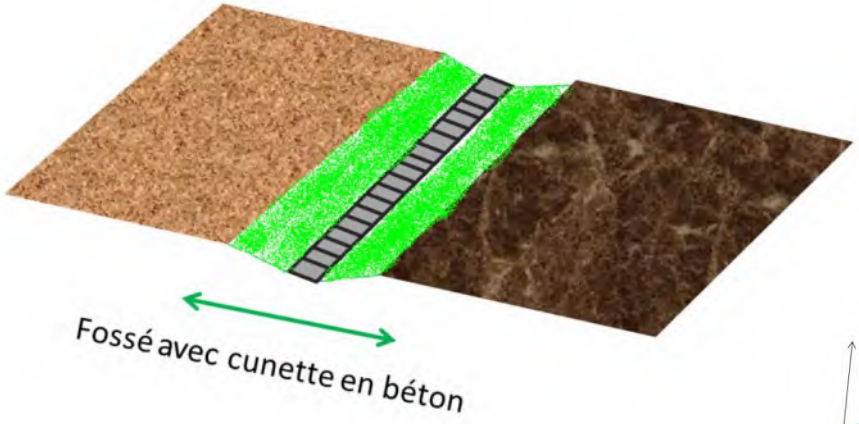
Mise en place

Régles de contrôle des eaux :

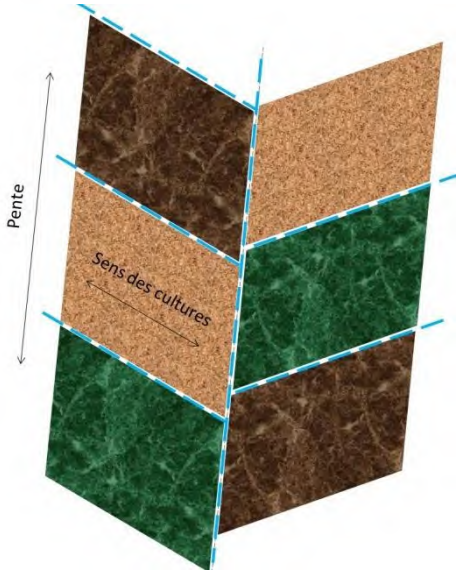
- Types d'ouvrages : fossés, petits canaux, cunettes, collecteurs



*Recommandé pour des pentes **jusqu'à** 20 %*



*Recommandé pour des pentes **à plus de** 20%*



- Placer les ouvrages perpendiculaire à la direction de l'écoulement, en bordure de parcelle, de champs ou de chemins.
- Procéder à un léger terrassement pour créer un « couloir préférentiel »
- Selon le type de fossé, mettre en place les cunettes
- Semis sur toute la surface.

Coûts

- Coûts pris en charge par les améliorations foncières ou projets de renaturation
- Subventions fédérales OAS possibles au cas par cas

Avantages	Inconvénients
Le fossé en V peut être imputable comme SCE	Mise en œuvre de cunette contraignante pour les passages entre parcelles
Evacue très vite l'eau de surface sur un terrain disponible pour l'écoulement	Risques de ravinement ou de comblage si fortes précipitations

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Les coûts sont considérés comme moyen puisque dans le plus simple des cas, il suffit jusque de procéder à un semis. L'efficacité est moyenne puisqu'il s'agit d'une mesure indirecte pour lutter contre le ruissellement.

Références

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb, OFEV

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

LE BISSONNAIS Y. et al., 2002. L'érosion hydrique des sols en France, INRA

31 Drainage

Objectifs

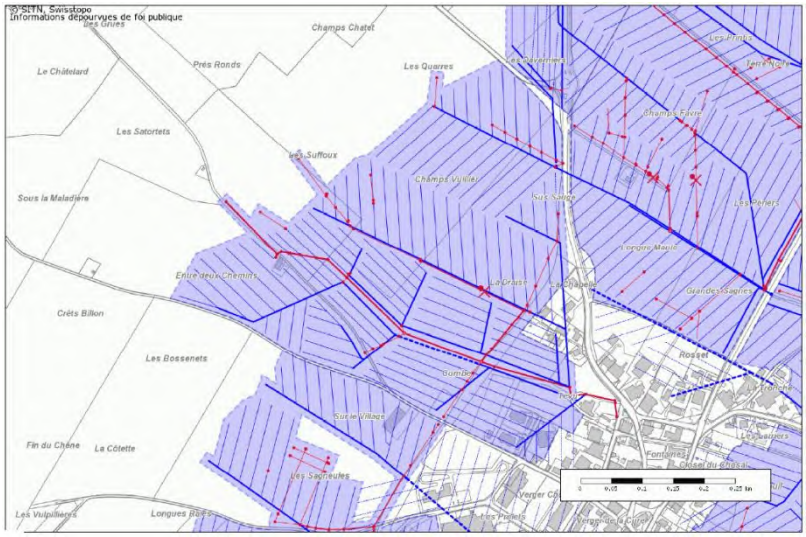
Diminution du volume de ruissellement sur une parcelle agricole et sur les chemins

Description

Mise en place de collecteurs et regards pour collecter les eaux d'écoulement ou d'infiltration afin d'éviter la saturation des sols en eau.

Mise en place

Les implantations, dimensionnements et principes constructifs font appel à des raisonnements spécifiques. Des ouvrages et spécialistes apportent des solutions pour la mise en place d'un réseau de drainage efficace.



Exemple d'un réseau de drainage à Fontaines (NE). Ce réseau suit les courbes de niveau comme le ferait les écoulements naturels

Les regards sont disponibles sous différentes formes

Regard « Gueule de loup » typique en zone agricole

Quand c'est nécessaire, une raie à la charrue permet de canaliser d'avantage les eaux en direction d'une bande herbeuse ou une prairie. Néanmoins, il faut être prudent avec cette mesure car les particules fines peuvent également trouver un chemin préférentiel dans cette raie de charrue, augmenter la vitesse d'écoulement et sortir de la bande ou de la prairie.

Coûts

- Coûts très élevés, supportés par les collectivités.

		Efficacité		
		faible	moyenne	élevée
Coûts	bas			
	moyens			
	élevés			

Les coûts sont très élevés, mais la mesure est très efficace si le réseau est parfaitement mis en place.

Références

RUTIMANN M. et al., 1999. Praxishilfe, Erosionsschutz im landwirtschaftsbetrieb, OFEV

MOSIMANN T., 1990. Lutte contre l'érosion des sols cultivés

2 524 500 | 2 525 000 | 2 525 500 | 2 526 000 | 2 526 500 | 2 527 000

1 163 500 | 1 163 000 | 1 162 500 | 1 162 000 | 1 161 500

Refuge
La Millière
Trésy
Larchant (Cossonay)
Le Ferrajon
Chantemerle
Crochet
Brichy
Praubert
Motocross
Vigny
Les Clos
Château Vilain
Saint-Denis
Rutil
En Rue
Mont Lambert
Les Boutières
En Ale
Le Sétif
Grand Marais
Grattelou
DP 37
DP 1046
DP 69
DP 65
DP 3
DP 5
DP 1014
DP 72
DP 74
DP 17
DP 14
DP 107
DP 108
DP 106
DP 1041
DP 1042
DP 1015
DP 40
DP 1013
DP 67
DP 70
DP 69
DP 68
DP 109
DP 73
DP 71
DP 110
DP 111
DP 1016
DP 76
DP 75
DP 77
DP 78
DP 1035
DP 1017
DP 1018
DP 1025
DP 1027
DP 1001
DP 1030
DP 1002
DP 1034
DP 1036
DP 1033
DP 1024
DP 1029
DP 1032
DP 1031
DP 1003
DP 1004
DP 1012

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Carte des surfaces d'assolement
Etat initial
1:7'500

LEGENDE

- Communes
- Parcelle
- Plan d'extraction

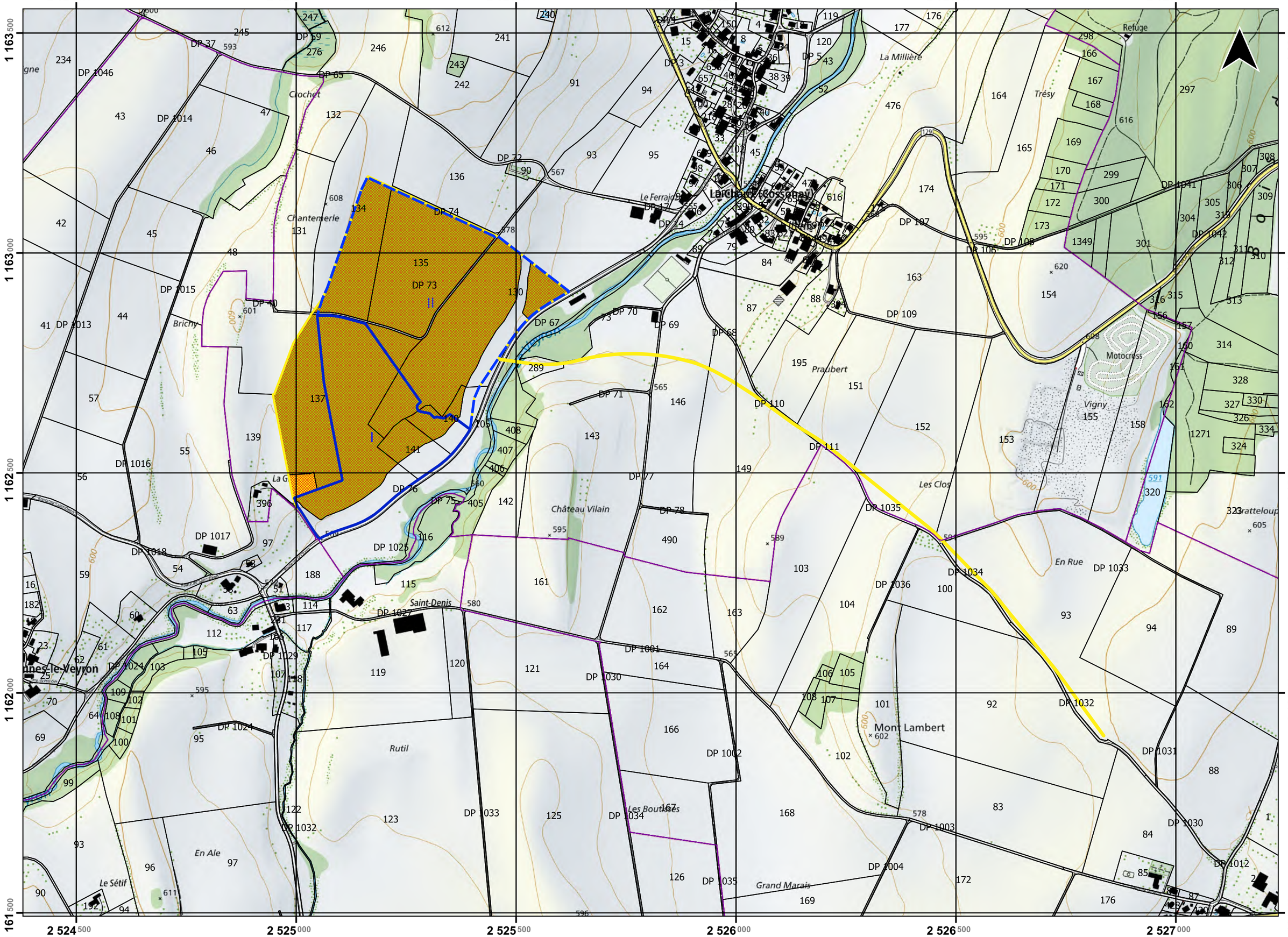
Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II

Surfaces d'assolement initiales

- Qualité 1
- Qualité 2

IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-6.18a	Date	Dessin	Visa
		10.07.2024	IF	AM
		22.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			


2 524 500
2 525 000
2 525 500
2 526 000
2 526 500
2 527 000
1 163 500
1 163 000
1 162 500
1 162 000
1 161 500
Refuge
La Millière
Trésy
Crochet
Chantemerle
Le Ferrajon
Larchant (Grossouay)
Brichy
Motocross
Vigny
Pratibert
Les Clos
Château Vilain
Saint-Denis
Rutil
En Rue
Mont Lambert
Les Boutisses
En Ale
Le Sétif
Grand Marais
DP 1046
DP 37
DP 69
DP 65
DP 1014
DP 72
DP 74
DP 1015
DP 40
DP 1013
DP 67
DP 70
DP 69
DP 68
DP 107
DP 108
DP 106
DP 1041
DP 1042
DP 109
DP 110
DP 111
DP 1035
DP 1033
DP 1034
DP 1036
DP 1032
DP 1031
DP 1030
DP 1003
DP 1004
DP 1012
DP 1016
DP 1017
DP 1018
DP 1025
DP 1027
DP 1029
DP 1024
DP 1001
DP 1002
DP 76
DP 75
DP 77
DP 78
DP 71
DP 73
DP 14
DP 17
DP 3
DP 5
Chemin de Saint-Denis
Route de Saint-Denis

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Carte des surfaces d'assolement
Etat final
1:7'500

LEGENDE

- Communes
- Parcelle
- Périmètre d'exploitation

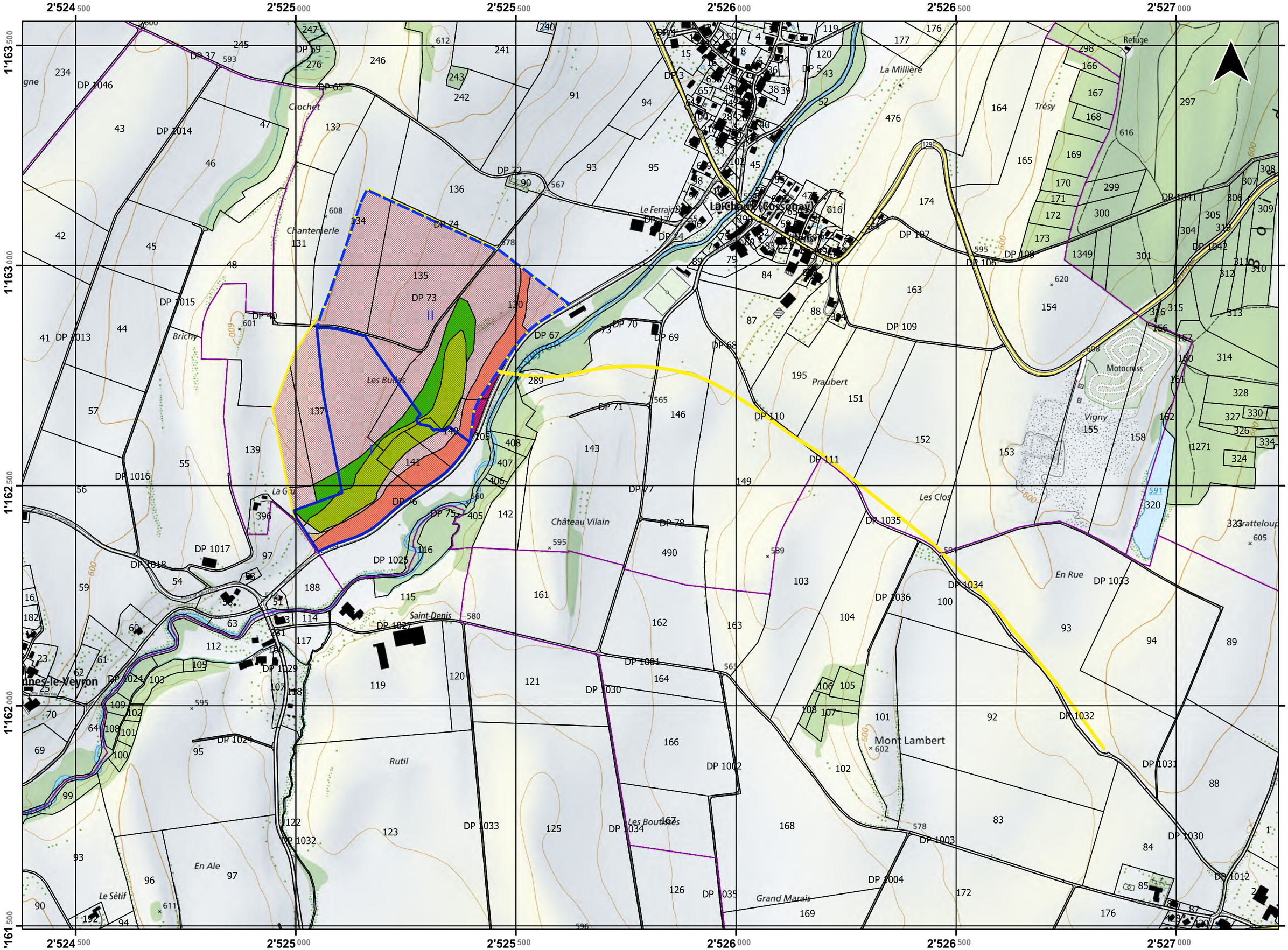
Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II

Surfaces d'assolement finales

- Qualité 1
- Qualité 2

IMPACT – CONCEPT SA ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE	Annexe n° 1257-6.18b	Date	Dessin	Visa
		10.07.2024	IF	AM
		22.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			


2'524 500
2'525 000
2'525 500
2'526 000
2'526 500
2'527 000
1'163 500
1'163 000
1'162 500
1'162 000
1'161 500
Refuge
La Millière
Trésy
Le Ferrajon
Larchant (Cossanay)
Chantemerle
Crochet
Bricny
Les Buttes
Praubert
Motocross
Vigny
Les Clos
Château Vilain
Saint-Denis
Rutil
En Rue
Mont Lambert
En Ale
Le Sétif
Les Boutaises
Grand Marais
DP 1046
DP 1014
DP 1015
DP 1013
DP 1016
DP 1017
DP 1018
DP 1024
DP 1027
DP 1029
DP 1025
DP 1041
DP 1042
DP 1036
DP 1034
DP 1033
DP 1032
DP 1031
DP 1030
DP 1003
DP 1004
DP 1012
DP 1035
DP 1001
DP 1002
DP 37
DP 69
DP 65
DP 72
DP 74
DP 73
DP 40
DP 67
DP 70
DP 71
DP 76
DP 75
DP 77
DP 78
DP 3
DP 5
DP 17
DP 14
DP 107
DP 108
DP 106
DP 109
DP 110
DP 111

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Carte des surfaces d'assolement
Bilan final des SDA
1:7'500

LEGENDE

Périmètre d'exploitation

Parcelle (MOVD)

Demande de permis d'exploiter

Etape I

Etape II

SDA perdues dans PEX

Qualité 1 (31'584 m2)

Qualité 2 (677 m2)

SDA gagnées définitivement

Qualité 1 (30'792 m2)

Amélioration de qualité 2 à qualité 1 (19'707 m2)

SDA perdues hors PEX

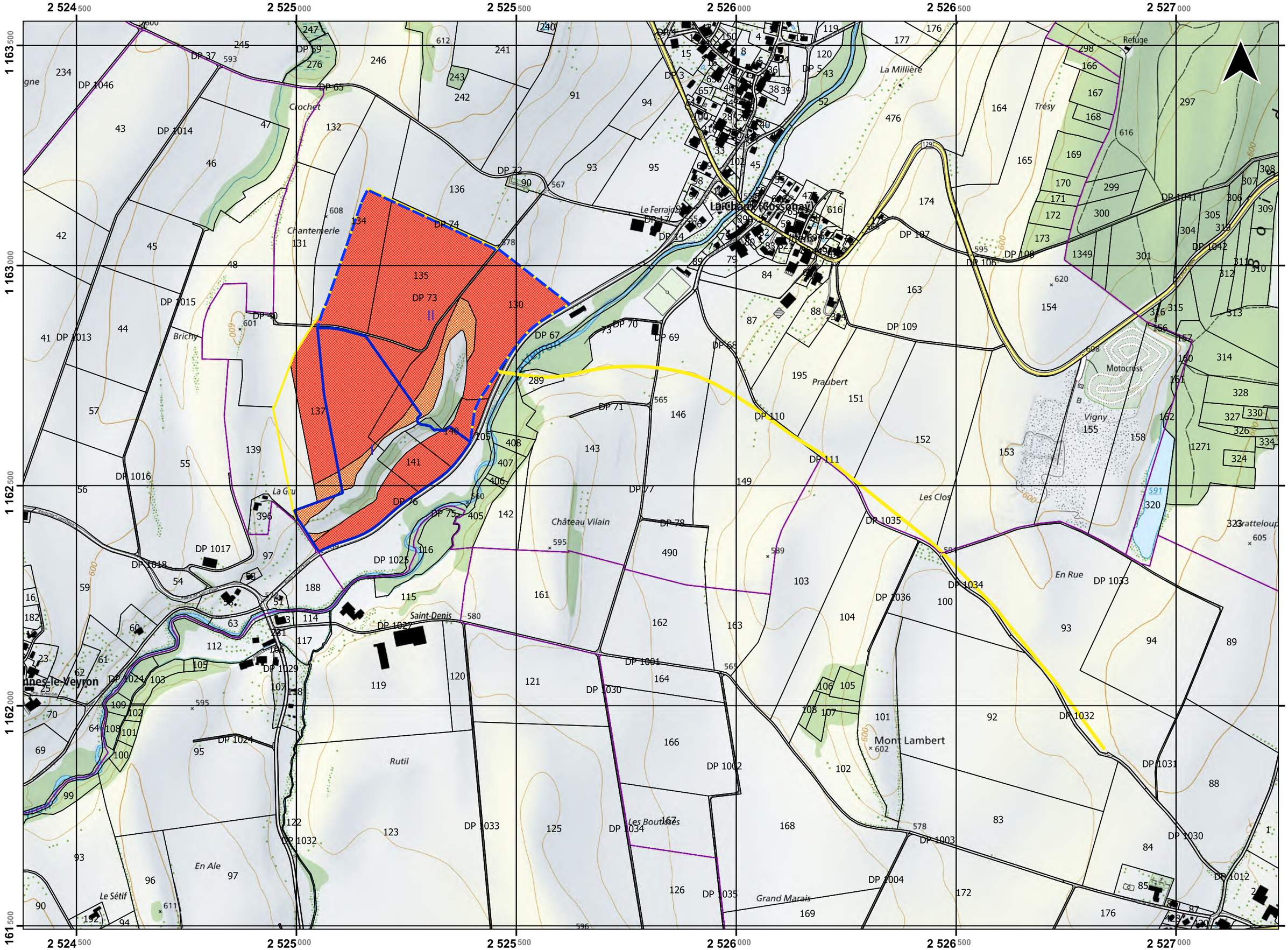
Qualité 1 (2'372 m2)

Emprise SDA initiales = finales

Qualité 1

Qualité 2

		Date	Dessin	Visa
IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-6.18c	10.07.2024	IF	AM
		22.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			


2 524 500
2 525 000
2 525 500
2 526 000
2 526 500
2 527 000
1 163 500
1 163 000
1 162 500
1 162 000
1 161 500
Refuge
La Millière
Trésy
Le Ferrajon
Larchant (Cossonay)
Chantemerle
Crochet
Brichy
Praubert
Motocross
Vigny
Les Clos
Château Vilain
Saint-Denis
Rutil
En Rue
Mont Lambert
Les Boutières
En Ale
Le Sétif
Grand Marais
DP 1046
DP 1014
DP 1015
DP 1013
DP 1016
DP 1017
DP 1018
DP 1024
DP 1029
DP 1027
DP 1025
DP 1001
DP 1030
DP 1002
DP 1032
DP 1033
DP 1034
DP 1035
DP 1036
DP 1004
DP 1003
DP 1031
DP 1012
DP 1041
DP 1042
DP 37
DP 69
DP 65
DP 72
DP 74
DP 73
DP 40
DP 67
DP 70
DP 71
DP 76
DP 75
DP 77
DP 78
DP 3
DP 5
DP 17
DP 14
DP 107
DP 108
DP 106
DP 109
DP 68
DP 69
DP 110
DP 111
Le Grattelou

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La Chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Carte des surfaces d'assolement
Emprise maximale sur les SDA (année 8)
1:7'500

LEGENDE

- Communes
- Parcelle
- Plan d'extraction

Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II

Emprise sur les SDA existantes y compris perte de SDA hors du périmètre

- Qualité 1 (233'019 m2)
- Qualité 2 (20'715 m2)

IMPACT – CONCEPT SA ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE	Annexe n° 1257-6.18d	Date	Dessin	Visa
		10.07.2024	IF	AM
		22.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			

ANNEXE N° 1257-7

GESTION DES EAUX DE RUISSELLEMENT

- 1257-7.1 Calcul du volume de rétention pour la zone des installations
- 1257-7.2 Principe de gestion des eaux de ruissellement après remise en état au 1 : 5'000
- 1257-7.3 Calcul du volume de rétention pour le bassin versant A

IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

Commune La Chaux (Cossonay)
Projet Gravière "Les Bulles"
Titre de l'annexe Calcul du vol. de rétention pour la zone des installations

ANNEXE n° 1257-7.1

Donnée précipitation (norme SN 640 350)		
Région		Plateau
Temps de retour (année)		5
Coefficient:	aT	39.02
	bT	0.241

Surface collectée		
Surface	(m^2)	30000
Coefficient de ruissellement	-	0.54
Surface réduite	(m^2)	16200

Perméabilité du sous-sol		
Coefficient de permeabilité	(m/s)	1.00E-03

Ouvrage d'infiltration proposé		
Longueur	(m)	17.0
Largeur	(m)	6.0
Hauteur	(m)	1.5
Surface d'infiltration max.	(m^2)	171.0
Surface d'infiltration retenue	(m^2)	114.0
Débit d'infiltration calculé	(l/s)	456.00

Rétention dans l'ouvrage d'infiltration		
Indice des vides	(%)	30
Volume rétention	(m^3)	45.9
Volume rétention brut retenu	(m^3)	30.6
Volume rétention brut néces.	(m^3)	25.6
Volume rétention manquant	(m^3)	0.0

Rejet aux EC		
Volume à gérer	(m^3)	0.0
Débit de rejet	(l/s/ha)	0.0
Débit de rejet autorisé	(l/s)	0.00

Facteur de sécurité (selon norme)	1.5

Valeur saisie	
Valeur caculée	

Durée de la pluie de projet (min.)	Intensité de la pluie (mm/h)	Volume précipité (m^3)	Vol. tot. des eaux pluviales (m^3)	Volume infiltré dans l'installation (m^3)	Volume non infiltré dans l'installation (m^3)	Volume à gérer (m^3)	Volume de rétention supplémentaire (m^3)
5	**120**	**300.8**	**162.4**	**136.8**	**25.6**	**0.00**	**0.0**
10	96	478.6	258.4	273.6	0.0	0.00	0.0
15	79	596.0	321.9	410.4	0.0	0.00	0.0
20	68	679.4	366.9	547.2	0.0	0.00	0.0
25	59	741.6	400.5	684.0	0.0	0.00	0.0
30	53	789.9	426.5	820.8	0.0	0.00	0.0
35	47	828.4	447.3	957.6	0.0	0.00	0.0
40	43	859.8	464.3	1 094.4	0.0	0.00	0.0
45	39	885.9	478.4	1 231.2	0.0	0.00	0.0
50	36	908.0	490.3	1 368.0	0.0	0.00	0.0
55	34	926.9	500.5	1 504.8	0.0	0.00	0.0
60	31	943.3	509.4	1 641.6	0.0	0.00	0.0

2 524 500 | 2 525 000 | 2 525 500 | 2 526 000

1 163 000

1 162 500

Chavannes-le-Veyron

Grancy

Senarclens

BVA

BVB

II

C'

Orllati Granulats & Béton SA

Communes de La chaux et Senarclens

PROJET DE GRAVIERE "LES BULLES"

Site PDCar n° 1222-005

Principe de gestion des eaux de ruissellement après remise en état 1:5'000

LEGENDE

- Communes
- Parcelles
- Plan d'extraction

Demande de permis d'exploiter

- Etape I
- Etape II
- Zones des installation et accès
- Courbes de niveaux terrain naturel
- Courbes de niveau du réaménagement

Gestion des eaux

- Fossé de drainage - infiltration
- BVA
- BVB

		Date	Dessin	Visa
IMPACT – CONCEPT SA Environnement Géologie Eau Energie	Annexe n° 1257-7.2	22.01.2025	IF	AM
	Format 61x29.7 cm			

IMPACT – CONCEPT SA
ENVIRONNEMENT GÉOLOGIE EAU ENERGIE

Commune La Chaux (Cossonay)
Projet Gravière "Les Bulles"
Titre de l'annexe Calcul du vol. de rétention pour le bassin versant A

ANNEXE n° 1257-7.3

Donnée précipitation (norme SN 640 350)		
Région		Plateau
Temps de retour (année)		5
Coefficient:	aT	39.02
	bT	0.241

Surface collectée		
Surface	(m^2)	249200
Coefficient de ruissellement	-	0.26
Surface réduite	(m^2)	64792

Perméabilité du sous-sol		
Coefficient de permeabilité	(m/s)	1.00E-03

Ouvrage d'infiltration proposé		
Longueur	(m)	884.0
Largeur	(m)	0.6
Hauteur	(m)	0.5
Surface d'infiltration max.	(m^2)	1415.0
Surface d'infiltration retenue	(m^2)	943.3
Débit d'infiltration calculé	(l/s)	1886.67

Rétention dans l'ouvrage d'infiltration		
Indice des vides	(%)	25
Volume rétention brut	(m^3)	66.3
Volume rétention brut retenu	(m^3)	44.2
Volume rétention nécess.	(m^3)	0.0
Volume rétention manquant	(m^3)	0.0

Rejet aux EC		
Volume à gérer	(m^3)	39.4
Débit de rejet	(l/s/ha)	0.0
Débit de rejet autorisé	(l/s)	0.00

Facteur de sécurité (selon norme)	1.5

Valeur saisie	
Valeur caculée	

Durée de la pluie de projet (min.)	Intensité de la pluie (mm/h)	Volume précipité (m^3)	Vol. tot. des eaux pluviales (m^3)	Volume infiltré dans l'installation (m^3)	Volume non infiltré dans l'installation (m^3)	Volume à gérer (m^3)	Volume de rétention supplémentaire (m^3)
5	120	2 498.4	649.6	566.0	83.6	39.38	39.4
10	**96**	**3 975.4**	**1 033.6**	**1 132.0**	**0.0**	**0.00**	**0.0**
15	79	4 951.0	1 287.3	1 698.0	0.0	0.00	0.0
20	68	5 643.5	1 467.3	2 264.0	0.0	0.00	0.0
25	59	6 160.5	1 601.7	2 830.0	0.0	0.00	0.0
30	53	6 561.3	1 705.9	3 396.0	0.0	0.00	0.0
35	47	6 881.0	1 789.1	3 962.0	0.0	0.00	0.0
40	43	7 142.0	1 856.9	4 528.0	0.0	0.00	0.0
45	39	7 359.1	1 913.4	5 094.0	0.0	0.00	0.0
50	36	7 542.5	1 961.0	5 660.0	0.0	0.00	0.0
55	34	7 699.5	2 001.9	6 226.0	0.0	0.00	0.0
60	31	7 835.4	2 037.2	6 792.0	0.0	0.00	0.0

ANNEXE N° 1257-11

REGISTRE DU COMMERCE

- 1257-11.1 Extrait du registre du commerce

Orllati Granulats & Béton SA

inscrite le 11 mars 2016
Société anonyme

Réf.	Raison Sociale
3	Orllati Granulats & Béton SA
	Siège
9	Assens
	Adresse
1	Route de Bettens 13, 1042 Bioley-Orjulaz
	Dates des Statuts
3	19.12.2017
	But, Observations
1	But: exploitation de centrales à béton, production et vente de béton, de mortier prêt à l'emploi et de granulats, transport, livraison et pompage des produits fabriqués et toutes opérations y relatives (pour but complet cf. statuts).
	Organe de publication
1	Communications aux actionnaires: par écrit ou par courriel.
1	Feuille officielle suisse du commerce

Réf.	Capital-actions		
	Nominal	**Libéré**	**Actions**
1	CHF 1'000'000	CHF 1'000'000	10'000 actions nominatives de CHF 100, avec restrictions quant à la transmissibilité selon statuts.

Réf.			Administration, organe de révision et personnes ayant qualité pour signer		
Inscr	Mod.	Rad.	**Nom et Prénoms, Origine, Domicile**	**Fonctions**	**Mode Signature**
1			**Orllati** Avni, de Mex (VD), à Mex (VD)	adm. président	signature individuelle
1			**Sanchez** Miguel, de Crissier, à Crissier	adm. secrétaire	signature collective à 2
	5		**Orllati** Basri, de Cugy (VD), à Mex (VD)	adm.	signature collective à 2
1			**Orllati** Gjevgjet, de Lausanne, à Bettens	adm.	signature collective à 2
1			**Orllati** Velush, de Lausanne, à Chavannes-près-Renens	adm.	signature collective à 2
1			**Fiduciaire Favre Révision SA** (CHE-114.002.069), à Lausanne	organe de révision	
1			**Aeby** Didier, de Giffers, à Bossonnens	directeur	signature collective à 2 (1)
5			**Orllati** Destan, de Lausanne, à Bavois	directeur	signature collective à 2 (1)

(1) avec un administrateur

Réf.	JOURNAL		PUBLICATION FOSC	
	Numéro	**Date**	**Date**	**Page/Id**
1	4468	11.03.2016	16.03.2016	2727063
3	235	04.01.2018	09.01.2018	3976525
5	7065	18.04.2018	23.04.2018	4188459
7	8974	04.06.2020	09.06.2020	1004906479
9	234	04.01.2022	07.01.2022	1005376352

Réf.	JOURNAL		PUBLICATION FOSC	
	Numéro	**Date**	**Date**	**Page/Id**
2	21789	22.12.2017	Annulée	
4	802	11.01.2018	16.01.2018	3993563
6	19292	28.10.2019	31.10.2019	1004749644
8	25907	23.12.2021	Annulée	

Moudon, le 13 mai 2025

Fin de l'extrait

Seul un extrait certifié conforme, signé et muni du sceau du registre, a une valeur légale.