

Date de dépôt : 5 septembre 2018

Rapport du Conseil d'Etat

au Grand Conseil sur la motion de Mmes et MM. Céline Zuber-Roy, Simone de Montmollin, Georges Vuillod, Nathalie Fontanet, Alexandre de Senarclens, Cyril Aellen, Murat Julian Alder, Jean Romain, Antoine Barde, Bénédicte Montant, Nathalie Schneuwly, Beatriz de Candolle, Nathalie Hardyn : Pour une évaluation des alternatives au projet de décharge bioactive des mâchefers

Mesdames et
Messieurs les députés,

En date du 1^{er} mars 2018, le Grand Conseil a renvoyé au Conseil d'Etat une motion qui a la teneur suivante :

*Le GRAND CONSEIL de la République et canton de Genève
considérant :*

- *la proche saturation de la décharge de Châtillon, qui accueille les résidus de l'incinération des ordures ménagères – les mâchefers;*
- *la loi 8269 ouvrant un crédit pour l'étude d'une nouvelle décharge bioactive cantonale, ainsi que pour l'étude des nouvelles techniques permettant d'améliorer le traitement des mâchefers et autres résidus;*
- *la sélection par le département de l'environnement, des transports et de l'agriculture de trois sites, « Bourdigny » à Satigny, « Longs-Prés » à Versoix et « Forêt Collex-Bossy », en novembre 2017 pour effectuer des investigations géologiques;*
- *l'ampleur de la décharge envisagée, qui pourrait accueillir un million de mètre cubes de déchets sur une dizaine d'hectares;*
- *l'impact à très long terme d'une telle installation, vouée à être exploitée durant 25 à 30 ans et nécessitant de nombreuses années de surveillance;*
- *le fait que l'ensemble des sites sélectionnés par l'Etat se trouvent en zone agricole cultivée ou à cheval entre la forêt et la zone agricole;*

- *l'importance de la zone agricole et la faible réserve du canton en matière de surface d'assolement;*
- *la vive opposition des communes concernées exprimée par des résolutions des conseils municipaux, une lettre ouverte des exécutifs, ainsi que par des pétitions¹;*
- *les législations cantonales (art. 2 de la loi sur la gestion des déchets) et fédérale (art. 30 de la loi sur la protection de l'environnement) qui exigent de minimiser la production de déchets et de les valoriser autant que possible;*
- *la diminution du volume de mâchefers produit annuellement, qui est passé de 70 000 tonnes en 2001 à environ 38 000 tonnes aujourd'hui,*

invite le Conseil d'Etat

- *à transmettre au Grand Conseil un rapport sur les alternatives au projet de nouvelle décharge bioactive, en particulier sur les possibilités de réduction du volume des mâchefers et de valorisation de ces déchets, notamment à la lumière des techniques éprouvées en Suisse et en Europe, ainsi que sur les possibilités d'économie de terrains agricoles, par exemple en réévaluant le dimensionnement de la décharge;*
- *à intégrer en annexe à ce rapport les études techniques ayant conduit au projet actuel et aux choix des trois sites actuellement désignés.*

¹ *Voir les pages dédiées à ce sujet des sites internet de Collex-Bossy (www.collex-bossy.ch/fr/vivre/developpement-de-la-commune/projets-de-l-etat/decharge-bioactive-942), de Satigny (www.satigny.ch/fr/actualites/actualitescommunales/?action=showinfo&info_id=441518) et de Versoix (<https://www.versoix.ch/site-travaux/decharges-bioactives-versoix-se-mobilise-petition-1658>).*

RÉPONSE DU CONSEIL D'ÉTAT

1. Préambule

Le 23 mars 2001, le Grand Conseil a adopté le projet de loi 8269 du Conseil d'Etat ouvrant un crédit d'étude autofinancé de 780 000 F visant à assurer les besoins futurs de stockage en décharge contrôlée bioactive, aujourd'hui décharge de type D selon la nouvelle nomenclature de l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED, RS 814.600). Lors du dépôt de ce projet le 26 juillet 2000, le Conseil d'Etat faisait déjà le constat que la décharge du Nant-de-Châtillon allait être remplie entre 2004 et 2005. Depuis, les quantités de déchets incinérées et donc de mâchefers produits ont diminué. Une partie de ces derniers a été exportée, tout d'abord dans le canton de Berne puis dans le canton de Vaud, si bien que la durée de vie de la décharge du Nant-de-Châtillon a pu être prolongée jusqu'à aujourd'hui.

Le Conseil d'Etat ayant décidé en 2013 la construction de la nouvelle usine d'incinération Cheneviers IV, dont la mise en service est prévue en 2024, le canton de Genève continuera à produire des mâchefers pour une bonne trentaine d'années. La question de l'élimination des mâchefers se pose dès lors avec de plus en plus d'acuité.

2. Historique de la recherche de sites

1993

En 1993, il avait déjà été procédé à un examen de l'ensemble du territoire cantonal pour rechercher un nouveau site pour la décharge cantonale². Ce travail, excluant d'entrée la région Arve-Lac en raison de son éloignement, a débouché sur 28 secteurs jugés à peu près équivalents, répartis sur 10 communes. A l'addition de l'ensemble des critères considérés, trois secteurs se détachaient un peu du lot, situés sur les communes de Meyrin, Laconnex et Bernex.

2001 – 2002

Suite au vote de la loi 8269, un premier travail³ a consisté à reprendre les résultats de 1993 en :

- rajoutant certains critères relatifs au dimensionnement de la décharge;

² « Etude multicritère portant sur la recherche d'un nouveau site pour la décharge cantonale », CSD Ingénieurs Conseils SA, pour le DTP, Service du réseau d'assainissement des eaux, mars 1993.

³ « Besoins futurs de stockage en décharge contrôlée pour le canton de Genève. Etape 1 – Définition du scénario optimal et comparaison des sites potentiels », CSD

- décidant d'exclure les décharges en butte pour des considérations d'aménagement du territoire et d'intégration paysagère;
- ne considérant que les sites situés dans le plan directeur des gravières afin de réduire les coûts d'aménagement en économisant l'excavation et la gestion de matériaux excavés potentiellement peu valorisables;
- excluant toujours la région Arve-Lac.

Ce sont ainsi 8 secteurs qui ont pu être mis en évidence comme étant envisageables⁴, dont un secteur favorable prioritaire sur la commune de Bernex.

2005 – 2007

De 2005 à 2007, trois rapports d'études complémentaires sont venus enrichir le dossier.

I. Evaluation des options envisageables⁵

Cette étude avait plusieurs objectifs :

- évaluer les quantités prévisibles de déchets à enfouir dans la nouvelle décharge;
- faire l'état des lieux des techniques de prétraitement des mâchefers;
- inventorier les possibilités d'évacuation extracantonale des mâchefers;
- comparer les solutions intra et extracantonales et émettre une recommandation.

L'étude a mis en évidence la difficulté à estimer les besoins exacts en volume de décharge. En effet, outre les mâchefers, la décharge devra également accueillir un certain nombre d'autres déchets, notamment certaines catégories de terres polluées dont le volume est fluctuant et dépendant de l'état de la technique. On estimait ainsi, en 2005, le volume nécessaire pour vingt ans entre 620 000 et 1 270 000 m³, soit du simple au double.

Sur le plan des techniques de prétraitement, ce rapport relevait que différentes études universitaires suisses allemandes étaient en cours à cette époque afin de préciser la composition des mâchefers et les possibilités de prétraitement de ces matériaux à des fins de valorisation de certains

Ingénieurs Conseils SA, pour le DIAE, service de la planification et des constructions, septembre 2002.

⁴ Situés sur les communes d'Avully, Avusy, Bernex, Cartigny, Chancy et Laconnex.

⁵ « Besoins futurs de stockage en décharge contrôlée bioactive pour le canton de Genève. Evaluation des options envisageables », CSD Ingénieurs Conseils SA, pour le DIAE, service cantonal de gestion des déchets, service du site de Châtillon, avril 2005.

composants ou de diminution de leur potentiel de pollution. En parallèle, l'usine des Cheneviers analysait ses propres mâchefers.

Enfin, la comparaison des solutions intra et extracantonales donnait la préférence à la première, malgré l'existence de diverses décharges suisses susceptibles (à priori sur la base de contacts avec les exploitants) de prendre en charge à long terme tout ou partie des mâchefers genevois. Les raisons étaient de nature économique (l'option extracantonale étant moitié plus onéreuse), écologique (moins de transports) et liées à l'autonomie à long terme du canton. Cependant, au vu des difficultés que présente la réalisation d'une nouvelle décharge à Genève, l'étude recommandait d'attendre les décisions relatives aux choix technologiques pour l'avenir des Cheneviers, avant de lancer la phase de concrétisation de la décharge, dont les procédures d'autorisation correspondantes ne doivent être engagées qu'après confirmation du besoin et évaluation définitive de la faisabilité des techniques alternatives de traitement de déchets urbains et/ou de traitement des mâchefers.

II. Evaluation approfondie des 8 secteurs mis en évidence en 2002⁶

Lors de l'évaluation approfondie des 8 secteurs précédemment considérés comme envisageables, il s'est avéré qu'un seul d'entre eux pouvait être retenu, les autres étant caractérisés par la présence d'une nappe superficielle à faible profondeur induisant à long terme des risques d'infiltration dans le corps de la décharge et de diffusion des polluants dans l'environnement. Malheureusement, l'unique site retenu se trouvait précisément dans le périmètre du grand projet d'aménagement Bernex nord qui avait vu le jour entretemps. Il n'était donc plus question d'y construire une décharge.

III. Analyse succincte de secteurs potentiels à l'extérieur des emprises du plan directeur des gravières⁷

Devant ce contretemps, une analyse des possibilités de réalisation d'une décharge en dehors des périmètres inclus dans le plan directeur des gravières a été commandée. L'étude s'est surtout attardée sur la commune de Russin, dont

⁶ « Besoins futurs de stockage en décharge contrôlée bioactive pour le canton de Genève. Complément à l'étape 1 – Evaluation des possibilités d'implantation d'une nouvelle décharge sur le canton de Genève », CSD Ingénieurs Conseils SA, pour le DT, service cantonal de gestion des déchets, service du site de Châtillon, janvier 2007.

⁷ « Besoins futurs de stockage en décharge contrôlée bioactive pour le canton de Genève. Evaluation des possibilités d'implantation d'une nouvelle décharge sur le secteur de Russin (hors du périmètre du Plan directeur des gravières) », CSD Ingénieurs Conseils SA, pour le DT, service cantonal de gestion des déchets, service du site de Châtillon, janvier 2007.

le plateau se situe à quelques centaines de mètres de l'usine des Cheneviers et dont le sous-sol est à priori favorable à l'implantation d'une décharge.

2009–2011

A ce stade des réflexions, il est apparu nécessaire de vérifier la situation sur le plan intercantonal, les autres cantons romands étant confrontés aux mêmes interrogations. C'est ainsi que la Commission intercantonale romande pour le traitement des déchets (CIRTD) a lancé une nouvelle étude portant sur l'ensemble de la Suisse romande avec des critères uniformes⁸. Cette étude a montré qu'il existait un besoin évident de nouvelles décharges et que, contrairement à Genève, Fribourg, Berne et Vaud, les cantons de Neuchâtel, du Jura et du Valais n'avaient que peu de secteurs propices à la construction d'une décharge. Après en avoir pris connaissance, la Conférence des directeurs des travaux publics, de l'aménagement et de la protection de l'environnement de Suisse occidentale et latine (CDTAPSOL) a décidé unanimement que le canton de Vaud devait accueillir les mâchefers des usines neuchâteloises et valaisannes et que Genève devait construire son propre ouvrage, dès lors que 7 nouveaux secteurs potentiels⁹ avaient été mis en évidence à Genève par cette nouvelle étude, tous situés en dehors du plan directeur des gravières et en dehors de la région Arve-Lac toujours exclue d'office en raison de son éloignement.

2014–2017

Suite à la décision de reconstruire l'usine des Cheneviers, les travaux ont repris encore une fois à Genève. Une série de critères tenant compte de toutes les modifications législatives ont permis d'affiner les 7 nouveaux secteurs et de repêcher le secteur de Russin. A partir de là, il devenait nécessaire de fixer un ordre de priorité avant de procéder aux sondages géologiques indispensables à la validation définitive de l'aptitude d'un site à recevoir une décharge. Un comité de pilotage a été mis sur pied avec des représentants des communes concernées, soit Collex-Bossy, Laconnex, Russin, Satigny et Versoix. Lors de la séance de lancement du 2 décembre 2014, ces communes ont demandé à ce que la région Arve-Lac fasse également l'objet de la recherche de sites. Elles ont aussi voulu savoir si la construction d'une décharge était envisageable en forêt. Après vérification auprès du service cantonal compétent, une implantation en forêt s'est avérée susceptible de pouvoir bénéficier des

⁸ « Evaluation des besoins de la Suisse romande en capacité de stockage définitif en décharge bioactive. Analyse multicritères – Recensement des secteurs les plus favorables à l'implantation d'une décharge bioactive », CSD Ingénieurs SA Lausanne, pour la CIRTD, avril 2011.

⁹ Situés sur les communes de Collex-Bossy, Laconnex, Satigny et Versoix.

dérogations à l'interdiction de défricher. Dès lors, cinq secteurs supplémentaires ont été rajoutés et les communes d'Anières et de Jussy se sont jointes au comité de pilotage. L'intégralité des 13 secteurs¹⁰ a été visitée et certains ajustements de détail ont été effectués d'entente avec les communes concernées. Ces travaux ont fait l'objet d'un rapport de synthèse final¹¹ joint en annexe du présent rapport. Les études précédemment citées sont à disposition pour consultation sur le site internet de l'Etat (<https://www.ge.ch/document/etudes-evaluation-alternatives-au-projet-decharge-machefers>).

Les 13 secteurs définis dans le rapport de synthèse ont ensuite été soumis à une analyse multicritères menée par la Haute école d'ingénierie et de gestion du canton de Vaud, avec la participation des communes et des services concernés de l'Etat. Le rapport de cette analyse multicritères¹², porté en annexe du présent rapport, propose d'investiguer sur le plan de la géologie les sites de « Bourdigny » à Satigny, « Longs-Prés » à Versoix et « Forêt Collex-Bossy », car ils se situent toujours en tête du classement quelle que soit la pondération des critères considérée.

3. Réduction du volume de mâchefers à entreposer

Diminution du volume des déchets incinérés

En janvier 2018, juste avant le lancement des travaux de réalisation de l'usine d'incinération Cheneviers IV, la direction générale de l'environnement a établi les dernières projections sur les quantités de déchets que produira le canton à long terme. Ces projections ont été effectuées en tenant compte des diverses catégories de déchets incinérables (déchets urbains communaux, déchets des entreprises, déchets de chantier, déchets spéciaux), de l'état actuel des collectes, des potentialités supplémentaires de tri de chaque catégorie et de l'augmentation de la population selon les scénarii établis par l'office cantonal de la statistique. C'est ainsi qu'une augmentation à 60% du recyclage des déchets urbains (contre 48,6% en 2017) a été prise en compte. Il ressort de ce

¹⁰ Bourdigny, Sauvergnny, Longs-Prés (Versoix), Le Biolay (Versoix), Collex-Bossy, Mâchefer (Versoix), Laconnex, Russin, Anières, Jussy, Jussy – extérieur Forêt, Forêt Jussy, Forêt Versoix, Forêt Collex-Bossy.

¹¹ « Recherche de secteurs potentiels d'implantation d'une nouvelle décharge pour scories sur le canton de Genève », CSD Ingénieurs Conseils SA, pour le DETA, service de géologie, sols et déchets, décembre 2016.

¹² « Comparaison des secteurs potentiels et sélection des plus aptes pour l'implantation d'un nouveau site de stockage des mâchefers dans le canton de Genève », HEIG-VD, décembre 2017.

travail que, selon toute vraisemblance et en considérant les hypothèses les plus optimistes, les quantités de déchets à incinérer ne devraient pas descendre en-dessous de 160 000 t/an sur le long terme, soit la capacité prévue de la nouvelle usine des Cheneviers, contre quelques 200 000 t/an aujourd'hui. Ce sont ainsi quelques 25 à 30 000 tonnes de mâchefers qui seront encore produits à minima chaque année, soit 16 à 20 000 m³ par an, soit environ 5 à 600 000 m³ sur 30 ans. On constate que malgré tous les efforts que l'on pourrait encore entreprendre, les quantités de mâchefers à éliminer resteront significatives.

Retraitement et valorisation des mâchefers

La gestion des déchets en Suisse est basée sur quelques principes fondamentaux. Les procédés de traitement doivent être conçus de telle manière que les substances dangereuses pour l'environnement apparaissent sous une forme concentrée et que les matières compatibles avec l'environnement soient aussi pures que possible. En matière de valorisation, celle-ci n'est préconisée que si elle est plus écologique que l'élimination du déchet et son remplacement par un bien neuf, et qu'elle est économiquement supportable.

Dans le cas des mâchefers, l'objectif consiste à séparer les métaux (dont les métaux lourds, dangereux pour la santé et l'environnement) des composés minéraux qui forment la grande masse des mâchefers et à rendre la teneur en polluants de ceux-ci la plus proche possible de celle des matériaux naturels, de sorte à pouvoir les considérer comme une matière première utilisable sans restriction dans la construction, les métaux étant pour leur part valorisés dans la mesure du possible. Cette tâche est très complexe car les mâchefers, comme les déchets dont ils sont issus, contiennent une grande variété de métaux.

Comme il a été exposé précédemment, des études universitaires datant de 2007 examinaient les possibilités de retraitement des mâchefers. Quelques dix ans plus tard, différents procédés industriels ont été mis au point et implémentés à l'échelle 1:1 en Suisse, à savoir dans les usines d'incinération de Hinwil (ZH), Posieux (FR) et Niederurnen (GL), ainsi qu'à la décharge de Lufingen (ZH). Ces procédés permettent tous d'améliorer la récupération et la valorisation des métaux, notamment les métaux nobles comme l'or, l'argent ou le platine. Cependant aucun procédé ne permet d'atteindre une qualité suffisante des mâchefers résiduels pour remplir les exigences de l'OLED pour par exemple une mise en décharge de type B, prévue typiquement pour des matériaux de démolition, ou à fortiori pour une utilisation dans la construction. Tout au plus, ces procédés permettent pour l'instant de réduire de quelques pourcents les quantités de mâchefers à entreposer dans une décharge de type D qui nous concerne.

Plusieurs pays européens valorisent les mâchefers dans la construction de routes, de remblais ou autres digues. Le traitement préalable consiste en un déferraillage plus ou moins poussé des métaux ferreux et non ferreux majoritaires comme l'aluminium ou le cuivre, suivi d'une maturation de quelques mois durant lesquels un certain nombre de processus chimiques se déroulent qui rendent les mâchefers plus inertes. Ce traitement est équivalent à celui qui est communément pratiqué dans les usines d'incinération suisses avant la mise en décharge de type D et clairement insuffisant pour remplir les exigences de l'OLED quant à une valorisation en Suisse. A titre d'exemple, l'usine des Cheneviers traite ses mâchefers dans la halle du Bois-de-Bay avec des installations qui sont à la pointe de ce type de technique et qui permettent de séparer 10% des mâchefers sous forme de métaux valorisables. Il est intéressant par ailleurs de se rappeler que la valorisation de mâchefers grossièrement déferraillés était pratiquée à Genève jusqu'au début des années 90, à l'entrée en vigueur de l'ordonnance sur le traitement des déchets (OTD) qui précédait l'OLED. Lorsqu'on découvre aujourd'hui ce genre de matériaux, par exemple lors de travaux sur la piste de l'aéroport, ils sont considérés comme pollués et mis en décharge à Châtillon.

L'état des lieux du traitement des mâchefers, tel que présenté dans ce paragraphe, a fait récemment l'objet de deux études indépendantes¹³ portées en annexe du présent rapport et qui répondent définitivement à la demande du Grand Conseil, formulée à l'article 1 de la loi 8269, pour réaliser une étude des nouvelles techniques permettant d'améliorer le traitement des mâchefers et autres résidus.

4. Entreposage des mâchefers

Décharge de type D à Genève

La décharge de type D représente aujourd'hui le seul exutoire possible des mâchefers en Suisse, quel que soit le prétraitement appliqué. L'intégralité des mâchefers produits dans les différentes usines d'incinération suisses sont ainsi entreposés dans des décharges de type D. Les contraintes géologiques et les caractéristiques techniques de ce type de décharge sont fixées par l'OLED. Le site choisi doit offrir toute garantie relative à la protection de l'environnement et notamment des eaux souterraines, en bénéficiant d'une excellente étanchéité naturelle et en étant situé hors de toute zone de glissement de terrain ou de crue. Cette étanchéité naturelle doit être doublée d'une barrière artificielle sur le fond et les flancs munie de drains permettant de collecter les eaux de pluie, d'en contrôler la qualité et de les envoyer vers la station d'épuration. Une fois remplie, la décharge est recouverte d'une couche étanche finale et rendue à sa destination première. Les eaux de percolation présentent un pH basique et sont chargées par les composés solubles contenus dans les mâchefers, essentiellement des sels minéraux. Après une dizaine d'années, les mâchefers se solidifient définitivement et ne relarguent quasiment plus de polluants.

Une décharge de type D peut en théorie être aménagée sur n'importe quelle zone d'affectation de l'aménagement du territoire. En réalité, vu l'exiguïté du canton, l'on ne trouve des sites relativement éloignés des habitations que dans les zones agricoles et forestières. Il est important de souligner que le périmètre de la décharge n'est soustrait que temporairement à son affectation d'origine. Après la couverture finale, le sol est reconstitué et les champs peuvent de nouveau être exploités normalement, notamment pour les grandes cultures, sans perte de qualité des produits agricoles et en bénéficiant des mêmes labels que précédemment. Les exigences auxquelles doivent répondre les surfaces

¹³ « Gestion des mâchefers issus des déchets genevois », OmniConseil Sàrl, pour SIG Les Cheneviers, janvier 2018.

« Etat des lieux sur la valorisation des résidus provenant des processus d'incinération des déchets », TBF + Partner AG et BG Ingénieurs Conseils, pour la CIRTD, juin 2018.

d'assolement (SDA) seront prises en compte et la surface pourra être inscrite à l'inventaire SDA après en avoir été soustraite le temps de l'exploitation. Le retour à la forêt est possible également moyennant quelques précautions sur le choix de la végétation.

La recherche de sites a porté sur un volume d'un million de mètres cube, correspondant à la fois aux besoins pour les mâchefers de Cheneviers IV et aussi pour d'autres déchets à entreposer comme par exemple les terres polluées issues des chantiers dont le volume est difficile à estimer, ainsi que pour les installations techniques (étanchéification, drains, etc.). Ce volume, correspondant par exemple à une emprise d'une dizaine d'hectares dans le cas d'une décharge de dix mètres d'épaisseur, ne serait toutefois pas excavé d'un seul coup, mais par étapes successives, avec typiquement un hectare en préparation, un hectare en exploitation et un hectare en réaménagement du terrain initial. En procédant ainsi, il sera possible de limiter les pertes temporaires occasionnées par le projet à l'inventaire cantonal des surfaces d'assolement. Il est bien évidemment possible de s'arrêter en tout temps si des évolutions technologiques devaient permettre de valoriser les mâchefers.

Exportation des mâchefers

Une collaboration intercantonale pourrait être envisagée pour le retraitement des mâchefers selon l'une des techniques évoquées précédemment dans une installation commune à tout ou partie de la Suisse romande. Des premières réflexions sont en cours à ce sujet au niveau des services de protection de l'environnement, ainsi qu'entre les exploitants des usines d'incinération. A ce stade, ces démarches demeurent toutefois purement prospectives. La principale préoccupation du Conseil d'Etat est pour l'instant d'assurer un débouché temporaire pour les mâchefers genevois dans l'attente de la mise en place d'une solution définitive.

5. Suite des travaux

Le département du territoire est en train de mettre en place un comité de pilotage qui sera constitué notamment des représentants des communes genevoises concernées, des communes riveraines, des milieux agricoles, des associations de protection de l'environnement et des autorités. Il devrait débiter ses travaux cet automne.

Ce comité de pilotage aura pour mission principale de veiller, avec l'appui d'experts indépendants reconnus dans les domaines techniques et juridiques, à ce que les études nécessaires soient menées pour connaître si une ou des alternatives à la construction d'une décharge de type D peuvent être réalisées en Suisse. Il y aura lieu d'examiner en particulier tous les procédés offrant une

alternative à l'aménagement d'une telle décharge, la législation européenne et suisse en vigueur, la compatibilité des procédés optimaux avec la législation suisse en vigueur et des éventuelles évolutions législatives nécessaires à leur implémentation, les possibilités de collaboration intercantonale, etc.

Dans l'intervalle, le Conseil d'Etat restera attentif aux options les plus innovantes et mettra tout en œuvre si un procédé permettant de renoncer à la construction d'une décharge peut être réalisé pour autant qu'il réponde aux critères de performance technologique, puisse être économiquement réalisable en temps utile et respecte le principe de précaution applicable en matière environnementale.

Si les travaux du comité de pilotage ne devaient malheureusement pas aboutir à une solution probante, il faudra alors se résoudre à lancer le processus de sondage sur site, développer un projet concret et le soumettre à la procédure prévue par la législation en vue de l'obtention des autorisations d'aménager et d'exploiter.

Au bénéfice de ces explications, le Conseil d'Etat vous invite, Mesdames et Messieurs les Députés, à prendre acte du présent rapport.

AU NOM DU CONSEIL D'ÉTAT

La chancelière :
Michèle RIGHETTI

Le vice-président :
Antonio HODGERS

Annexes :

- 1) « Recherche de secteurs potentiels d'implantation d'une nouvelle décharge pour scories sur le canton de Genève », CSD Ingénieurs Conseils SA, pour la DETA, Service de géologie, sols et déchets, décembre 2016.
- 2) « Comparaison des secteurs potentiels et sélection des plus aptes pour l'implantation d'un nouveau site de stockage des mâchefers dans le canton de Genève », HEIG-VD, décembre 2017.
- 3) « Gestion des mâchefers issus des déchets genevois », OmniConseil Sàrl, pour SIG Les Cheneviers, janvier 2018.
- 4) « Etat des lieux sur la valorisation des résidus provenant des processus d'incinération des déchets » (Première partie : Etat des techniques de traitement et de valorisation), TBF + Partner AG et BG Ingénieurs Conseils, pour la CIRTD, juin 2018.

CSD INGENIEURS+
INGÉNIEUX PAR NATURE

SERVICE DE GÉOLOGIE, SOLS ET DÉCHETS (GESDEC)

RECHERCHE DE SECTEURS POTENTIELS
D'IMPLANTATION D'UNE NOUVELLE DÉCHARGE POUR
SCORIES SUR LE CANTON DE GENÈVE

Carouge, le 19 décembre 2016
GE 1523.200

CSD INGENIEURS SA
Avenue Industrielle 12
CH-1227 Carouge
t + 41 22 308 89 00
f + 41 22 308 89 11
e geneve@csd.ch
www.csd.ch



SERVICE DE GÉOLOGIE, SOLS ET DÉCHETS (GESDEC)

RECHERCHE DE SECTEURS POTENTIELS
D'IMPLANTATION D'UNE NOUVELLE DÉCHARGE
POUR SCORIES SUR LE CANTON DE GENÈVE

Genève, le 19.12.2016
GE1523.200

CSD INGENIEURS SA
Avenue Industrielle 12
CH-1227 Carouge
t +41 22 308 89 00
f +41 22 308 89 11
e geneve@csd.ch
www.csd.ch

TABLE DES MATIÈRES

1.	INTRODUCTION	1
2.	BASES ET PRINCIPES DE DÉFINITION DES CRITÈRES À CONSIDÉRER	3
3.	DÉFINITION DÉTAILLÉE DES CRITÈRES D'EXCLUSION ET RÉSULTATS DE LEUR APPLICATION	6
3.1	Protection des eaux, sécurité de l'ouvrage et du fonctionnement à long terme	6
3.1.1	Lac et cours d'eau, zones inconstructibles liées aux cours d'eau	6
3.1.2	Zones de protection des eaux souterraines (S1, S2, S3)	8
3.1.3	Secteurs de protection des eaux souterraines (Au, Ao)	10
3.1.4	Nappes profondes du domaine public et zones attenantes	12
3.1.5	Nappes superficielles	14
3.1.6	Dangers liés aux crues et aux inondations	16
3.1.7	Zones instables et zones de mouvements permanents	18
3.2	Aménagement du territoire	20
3.2.1	Zones à bâtir	20
3.2.2	Zones militaires	22
3.2.3	Périmètres d'exposition visuelle	24
3.2.4	Zones viticoles protégées	26
3.2.5	Zones agricoles spéciales	28
3.3	Protection de la nature, des sites et du paysage	30
3.3.1	Inventaires fédéraux et cantonaux de protection de la nature et du paysage	30
3.3.2	Protection du patrimoine	38
3.4	Synthèse des critères (§3.1 à 3.3)	40
3.5	Critères techniques	42
3.5.1	Forme et surface minimale	42
3.5.2	Analyse de l'accessibilité	44
3.5.3	Évacuation gravitaire des lixiviats vers le réseau public d'eaux usées	48
4.	RÉSULTATS DE L'APPROCHE TECHNIQUE ET ANALYSE COMPLÉMENTAIRE PAR LES SERVICES DE L'ADMINISTRATION CANTONALE	50
4.1.1	Secteur Versoix – Collex-Bossy	52
4.1.2	Secteur Satigny - Mandement	54
4.1.3	Secteur Laconnex	56
4.1.4	Secteur Jussy - Puplinge	58
4.1.5	Secteur Anières	60

PRÉAMBULE

CSD confirme par la présente avoir exécuté son mandat avec la diligence requise. Les résultats et conclusions sont basés sur l'état actuel des connaissances tel qu'exposé dans le rapport et ont été obtenus conformément aux règles reconnues de la branche.

CSD se fonde sur les prémisses que :

- le mandant ou les tiers désignés par lui ont fourni des informations et des documents exacts et complets en vue de l'exécution du mandat,
- les résultats de son travail ne seront pas utilisés de manière partielle,
- sans avoir été réexaminés, les résultats de son travail ne seront pas utilisés pour un but autre que celui convenu ou pour un autre objet ni transposés à des circonstances modifiées.

Dans la mesure où ces conditions ne sont pas remplies, CSD décline toute responsabilité envers le mandant pour les dommages qui pourraient en résulter.

Si un tiers utilise les résultats du travail ou s'il fonde des décisions sur ceux-ci, CSD décline toute responsabilité pour les dommages directs et indirects qui pourraient en résulter.

1. Introduction

Dans le cadre de la recherche d'un nouveau site d'implantation d'une décharge bioactive sur le territoire du canton de Genève, différentes démarches de sélection ont été effectuées à l'échelle cantonale ou romande depuis le début des années 1990.

Afin de disposer d'une sélection de secteurs potentiels d'implantation mise à jour et consolidée, le GESDEC a mandaté en février 2016 CSD Ingénieurs SA pour établir une démarche systématique à partir de l'ensemble du territoire cantonal, qui est synthétisée dans le présent rapport.

Cette démarche était pilotée par la Direction générale de l'Environnement et le Service de géologie, sols et déchets (GESDEC) avec la consultation des autres services de l'administration cantonale concernés : Direction générale de l'agriculture et de la nature ; Direction générale de l'Eau et Office de l'urbanisme (Direction de la planification directrice cantonale régionale).

Les résultats de l'étude ont fait l'objet d'une présentation aux représentants des communes concernées le 27 mai 2016.

2. Bases et principes de définition des critères à considérer

Les critères à respecter par un site d'implantation d'une décharge pour scories sont issus des bases légales et réglementaires relatives aux domaines suivants :

- **Gestion et élimination des déchets** : en particulier les dispositions de l'annexe 2 de l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED) qui définit les exigences que doivent remplir les sites d'implantation des différentes catégories de décharges (une décharge pour scories d'incinération constituant une décharge de catégorie D selon la définition de l'OLED)
- **Protection de l'environnement**
- **Protection des eaux**
- **Protection de la nature et du paysage**
- **Aménagement du territoire**

La première base de définition de sites potentiellement aptes à accueillir une décharge contrôlée pour scories d'incinération est donc constituée par les exigences fixées aux sites d'implantation d'une décharge de type D à l'annexe 2 de l'OLED.

Ces éléments sont présentés ci-après :

Exigences relatives aux sites et aux ouvrages des décharges

1. Sites

1.1 Protection des eaux et dangers naturels

1.1.1 Il est interdit d'aménager une décharge dans une zone ou un périmètre de protection des eaux souterraines.

1.1.2 Il est interdit d'aménager une décharge dans une zone exposée à des risques d'inondation, de chutes de pierres, de glissements de terrain ou à des risques d'érosion particulièrement importants.

1.1.3 Il est interdit d'aménager des décharges et des compartiments de type D au-dessus d'eaux souterraines exploitables et dans les zones attenantes nécessaires à leur protection.

1.2 Sous-sol

1.2.1 L'état du sous-sol et des environs de la décharge doit garantir, au besoin par des mesures de construction, la stabilité à long terme de la décharge et exclure tout mouvement de terrain risquant notamment de compromettre le bon fonctionnement des installations prescrites au ch. 2.

1.2.2 Dans le cas des décharges et des compartiments du type B dans les zones attenantes des eaux souterraines exploitables et des décharges de type D, l'épaisseur, la capacité de rétention des polluants et l'homogénéité du sous-sol et des environs doivent garantir une protection à long terme des eaux souterraines, au besoin en recourant à des mesures techniques pour en améliorer l'efficacité. Les exigences minimales sont les suivantes:

[...]

b. dans le cas des décharges de type D, il existe une barrière géologique naturelle et en grande partie homogène d'une épaisseur de 7 m et présentant un coefficient k moyen de $1,0 \times 10^{-7}$ m/s, ou une barrière géologique naturelle et en grande partie homogène d'une épaisseur de 2 m et présentant un coefficient k moyen de $1,0 \times 10^{-7}$ m/s, laquelle sera complétée par trois couches minérales homogènes, mises en place l'une après l'autre dans les règles de l'art du génie civil, dont l'épaisseur totale est d'au moins 60 cm et le coefficient k moyen de $1,0 \times 10^{-9}$ m/s; seuls des matériaux satisfaisant aux exigences de l'annexe 3, ch. 1, peuvent être utilisés pour compléter la barrière naturelle du sous-sol.

1.2.3 Il est permis, pour les décharges et les compartiments de type D, de déroger aux exigences énoncées au ch. 1.2.2, let. b:

a. si la décharge ou le compartiment ne peut pas être aménagé sur un site qui satisfait aux exigences du ch. 1.2.2, let. b;

b. si la décharge ou le compartiment n'est pas aménagé dans des roches pouvant subir une érosion de type karstique, et

c. si le sous-sol est complété par trois couches minérales homogènes, mises en place l'une après l'autre dans les règles de l'art du génie civil, dont l'épaisseur totale est d'au moins 80 cm et le coefficient k moyen de $1,0 \times 10^{-9}$ m/s; seuls des matériaux satisfaisant aux exigences de l'annexe 3, ch. 1, peuvent être utilisés pour compléter la barrière naturelle du sous-sol.

1.2.4 L'application des dispositions du ch. 1.2.1 sera prouvée au moyen de reconnaissances géotechniques et de calculs de tassement, en tenant compte des déchets à éliminer sur le site. Le respect des dispositions des ch. 1.2.2 et 1.2.3 sera prouvé au moyen d'examens géologiques et hydrogéologiques.

Le chiffre 2 de l'annexe 2 de l'OLED, relatif aux exigences à remplir par l'ouvrage de la décharge, intègre également des éléments liés à l'aptitude du site d'implantation au niveau de la sécurité de fonctionnement et environnementale à long terme. Il s'agit en particulier d'exigences relatives à la gestion des eaux : évacuation gravitaire des lixiviats de la décharge ; exigence de captage et de gestion séparée d'éventuelles venues d'eau souterraines ;....

Ces critères se réfèrent donc essentiellement aux conditions permettant de garantir la sécurité environnementale à long terme :

- implantation hors de périmètres présentant des ressources en eau souterraines exploitées ou présentant un intérêt pour l'alimentation en eau publique (chiffres 1.1.1, 1.1.3 et 1.1.4)
- implantation hors de toute zone de dangers naturels importants (chiffre 1.1.2)
- site présentant une bonne stabilité géotechnique (chiffres 1.2.1 et 1.2.2)
- présence d'une barrière géologique naturelle homogène, peu perméable (chiffres 1.2.2 et 1.2.3)

La vérification définitive de l'aptitude d'un site d'implantation envisagé devra être étayée au moyen d'investigations géologiques et hydrogéologiques détaillées (chiffre 1.2.4). L'état de connaissance général des conditions géologiques et hydrogéologiques du canton de Genève (basé sur les cartes géologiques et hydrogéologiques du GESDEC et les sondages existants) est néanmoins suffisant afin de pouvoir mener à bien une analyse territoriale, permettant d'identifier les périmètres susceptibles de répondre aux exigences d'implantation fixées.

En complément aux exigences définies par l'annexe 2 de l'OLED, il faut considérer les contraintes d'implantation découlant de l'application des bases légales et réglementaires en matière d'aménagement du territoire et

d'affectation du sol, de protection des eaux et de l'environnement et de protection de la nature, du paysage et du patrimoine.

Sur cette base, les critères d'exclusion à considérer ont été définis et regroupés dans les quatre familles thématiques suivantes :

1. Protection des eaux, sécurité de l'ouvrage et du fonctionnement à long terme
2. Aménagement du territoire
3. Protection de la nature, des sites et du paysage
4. Critères techniques (incluant les aspects liés à la forme et surface minimale, à l'accessibilité routière et à l'évacuation gravitaire des lixiviats)

Ces critères ont été appliqués systématiquement à l'ensemble du territoire cantonal genevois, à l'exception de l'enclave de Céligny. Cette portion du territoire genevois n'a pas été considérée dans la présente étude du fait de son éloignement important par rapport à l'usine de valorisation et de traitement des déchets des Cheneviers. L'accès à l'enclave de Céligny impliquerait également la traversée de communes vaudoises, nécessitant une collaboration avec le canton de Vaud dans le cadre du processus de sélection de sites potentiels pour la future décharge, ce qui n'est pour l'instant pas envisagé. L'application des critères listés ci-avant a été effectuée sur la base des données spatiales actuelles acquises à partir du Système d'Information du Territoire à Genève (SITG) au printemps 2016 et sont présentés au chapitre 3 ci-après.

3. Définition détaillée des critères d'exclusion et résultats de leur application

Le présent chapitre a pour but de présenter les différents critères d'exclusion considérés, qui se classent en deux catégories:

- **Critères exclusifs réglementaires** : découlant directement de l'application des bases légales et réglementaires
- **Critères exclusifs éliminatoires** : définis sur la base des connaissances et expériences du bureau CSD au sujet des contraintes imposées par l'implantation d'une telle installation (technique, sensibilité, oppositions, procédures,...)

Chacun des critères présentés ci-après est accompagné d'une description détaillée et d'une carte représentant son emprise sur le territoire cantonal, tout en ajoutant, en couleur grisée, le critère précédemment présenté.

3.1 Protection des eaux, sécurité de l'ouvrage et du fonctionnement à long terme

3.1.1 Lac et cours d'eau, zones inconstructibles liées aux cours d'eau

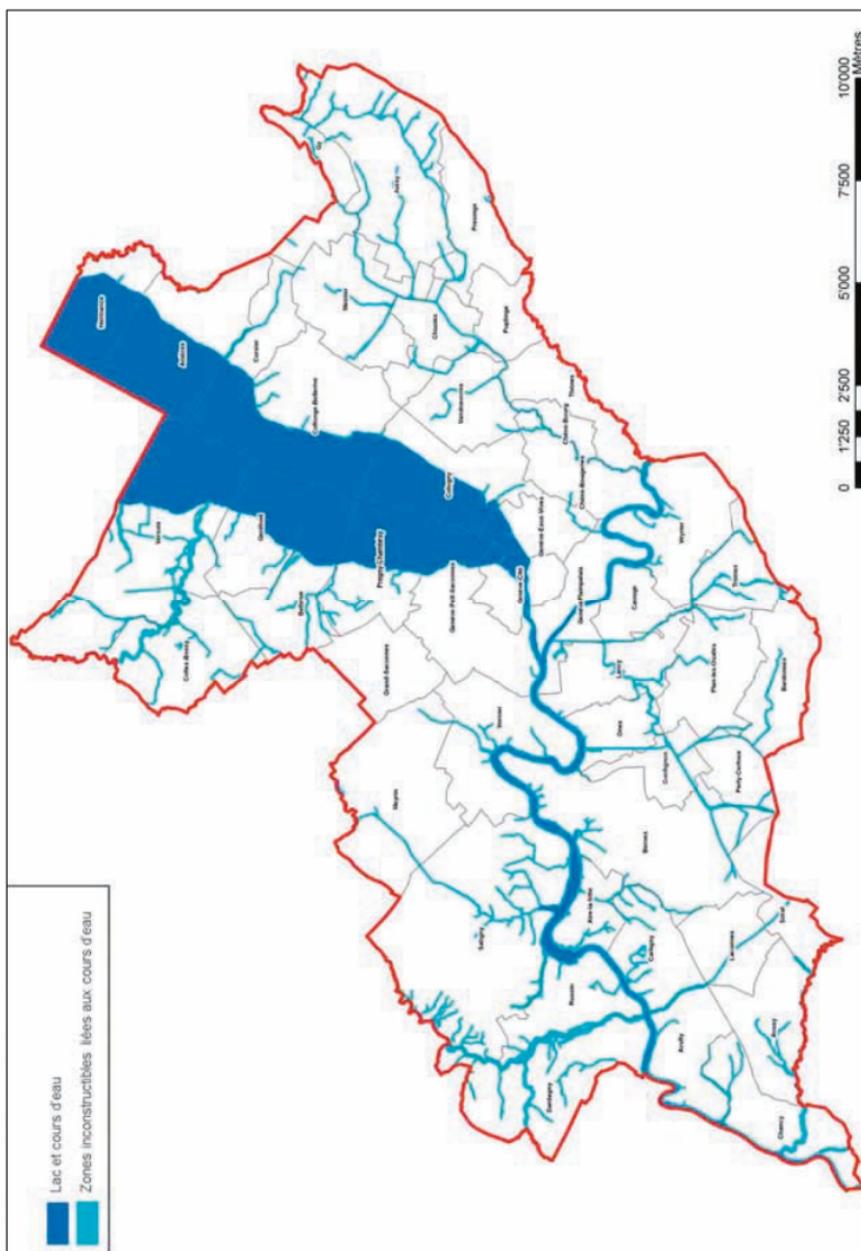
Description : Les surfaces inconstructibles instituées par la loi cantonale sur les eaux depuis 1975 s'étendent à 10, 30 ou 50 mètres de part et d'autre des cours d'eau et sont destinées à interdire toute nouvelle construction dans les abords des cours d'eau, et ce tant pour des motifs paysagers qu'environnementaux (par ex. maintien des cordons boisés, respect des alignements)

Type du critère : Exclusif réglementaire.

Sources des données : Canton (SITG)

Bases légales :

- *Loi sur la protection des eaux (LEaux) 814.20*
- *Loi sur l'aménagement des cours d'eau 721.100*
- *Ordonnance sur l'aménagement des cours d'eau (OACE) 721.100.1*
- *Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) 814.201*
- *Loi sur l'aménagement du territoire (LAT) 700*



Carte 1

3.1.2 Zones de protection des eaux souterraines (S1, S2, S3)

Description : Les zones de protection des puits visent à protéger les captages et les eaux souterraines juste avant leur utilisation comme eau potable. Elles sont délimitées autour des ouvrages d'intérêt public ou captages et des installations d'alimentation artificielle des eaux souterraines.

Les zones de protection des eaux souterraines se subdivisent en (annexe 4, ch. 12, OEaux):

- Zone S1: Zone de captage
- Zone S2: Zone de protection rapprochée
- Zone S3: Zone de protection éloignée

Les emprises des zones S1, S2 et S3, de protection des eaux souterraines ont été exclus.

Type du critère : Exclusif réglementaire

Commentaires : Annexe 2, al. 1.1.1, OLED : il est interdit d'aménager une décharge contrôlée dans une zone ou un périmètre de protection des eaux souterraines.

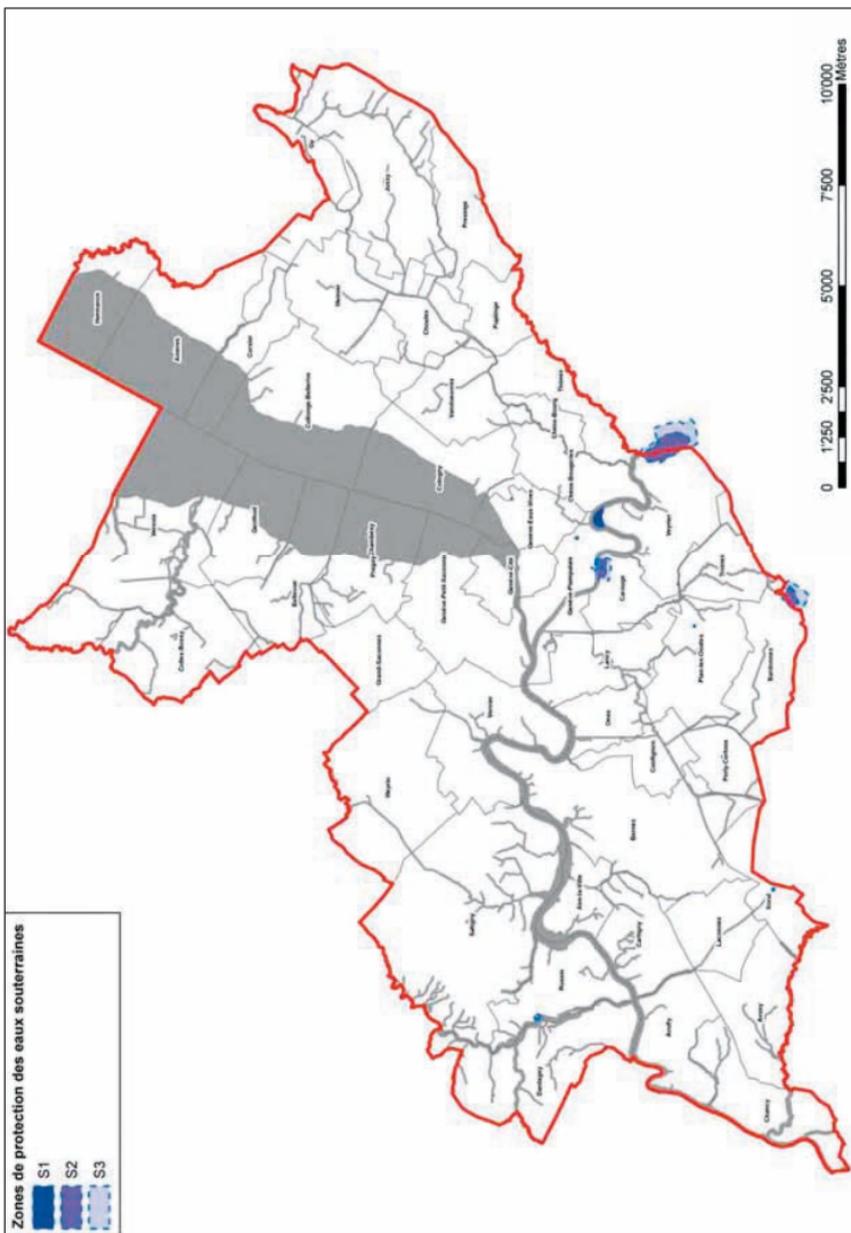
Sources des données : Canton (SITG)

Bases légales :

- *Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), Annexe 2, §1.1*
- *Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux) RS 814.20*
- *Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) RS 814.201*
- *Loi sur les eaux (LEaux-GE) L 2 05*
- *Règlement d'exécution de la loi sur les eaux L 2 05.01*

Zones de protection des eaux souterraines

S1	Zone de protection immédiate
S2	Zone de protection rapprochée
S3	Zone de protection éloignée



Carte 2

3.1.3 Secteurs de protection des eaux souterraines (Au, Ao)

Description : Ces secteurs sont des emprises dont le contexte géographique, géologique et hydrogéologique implique des mesures de précaution et des aménagements limitant les risques de pollution des eaux superficielles et souterraines destinées à l'eau de boisson.

- Le secteur Au de protection des eaux comprend toutes les surfaces correspondant aux aquifères formés de roches meubles, qui sont le siège de nappes d'eaux souterraines exploitables dignes de protection, ainsi que celles des zones attenantes nécessaires à leur protection.
- Le secteur Ao est destiné à protéger la qualité des eaux superficielles si cela est nécessaire pour garantir une utilisation potentielle. Sur le canton de Genève, il porte sur les rives du lac Léman ainsi que sur certaines zones considérées comme biotopes d'importance nationale.

Secteurs particulièrement menacés:

- Nappe du Genevois:
 - Zone de la vallée de l'Arve allant de la frontière française à l'aval des puits de Carouge, au sein de laquelle l'aquifère est présent dans les premiers 10 mètres du sous-sol;
 - Zone en rive droite de la rivière de la Laire (infiltration dans les graviers);
 - Quelques zones de remontée des alluvions anciennes (Perly – Plan-les-Ouates);
 - Zone du vallon de l'Arande, suspecté d'une relation avec la nappe du Genevois
 - Zone du puits de Collonges-sous-Salève (F).
- Nappe de l'Allondon:
 - Totalité du vallon de l'Allondon (certains affluents se trouvent en secteur Ao).
- Nappe de Montfleury:
 - Zone d'infiltration des eaux de la Versoix et de la nappe superficielle d'accompagnement.

Type du critère : Exclusif éliminatoire

Commentaires : Annexe 2, al. 1.1.3, OLED : « Il est interdit d'aménager des décharges et des compartiments des types B, C, D et E au-dessus d'eaux souterraines exploitables et dans les zones attenantes nécessaires à leur protection ». Les secteurs Au de protection comprennent des secteurs qui présentent un potentiel d'exploitation des eaux souterraines aptes à la consommation. Les secteurs Ao protègent les eaux superficielles en lien avec la préservation d'une utilisation particulière.

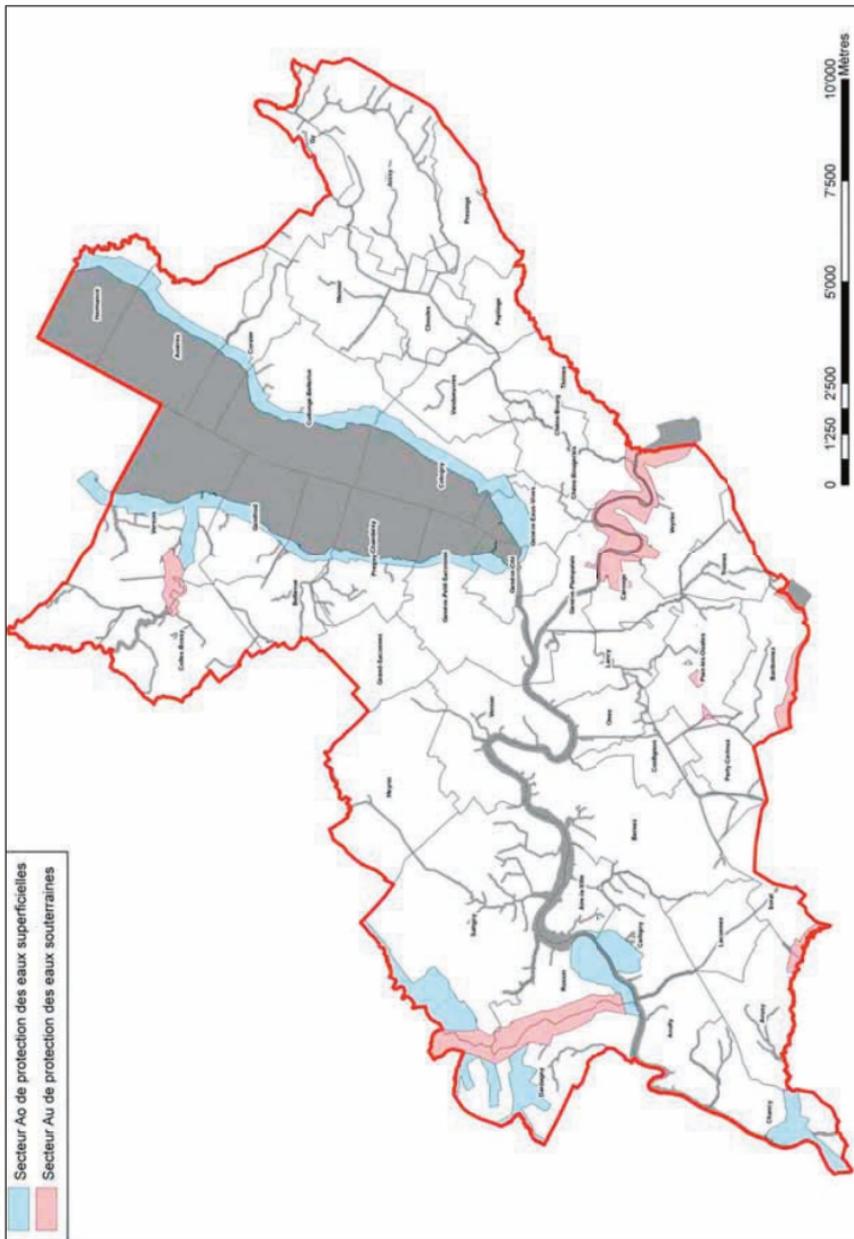
Sources des données : Canton (SITG)

Bases légales :

- Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), Annexe 2, §1.1, §1.2
- Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux) RS 814.20
- Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) RS 814.201
- Loi sur les eaux (LEaux-GE) L 2 05
- Règlement d'exécution de la loi sur les eaux L 2 05.01

CSDINGENIEURS+

- Secteur A0 de protection des eaux superficielles
- Secteur Au de protection des eaux souterraines



Carte 3

3.1.4 Nappes profondes du domaine public et zones attenantes

Description : Les nappes principales ou profondes du canton de Genève occupent les graviers glaciaires appelés « alluvions anciennes ». Elles sont réparties en général dans une direction du Nord-Est vers le Sud-Ouest et se trouvent entre 15 et 60 mètres de profondeur. Leur épaisseur peut atteindre 40 à 50 mètres. Elles sont activement exploitées pour la fourniture en eau potable par une quinzaine de puits à forte capacité.

Type du critère : Exclusif éliminatoire

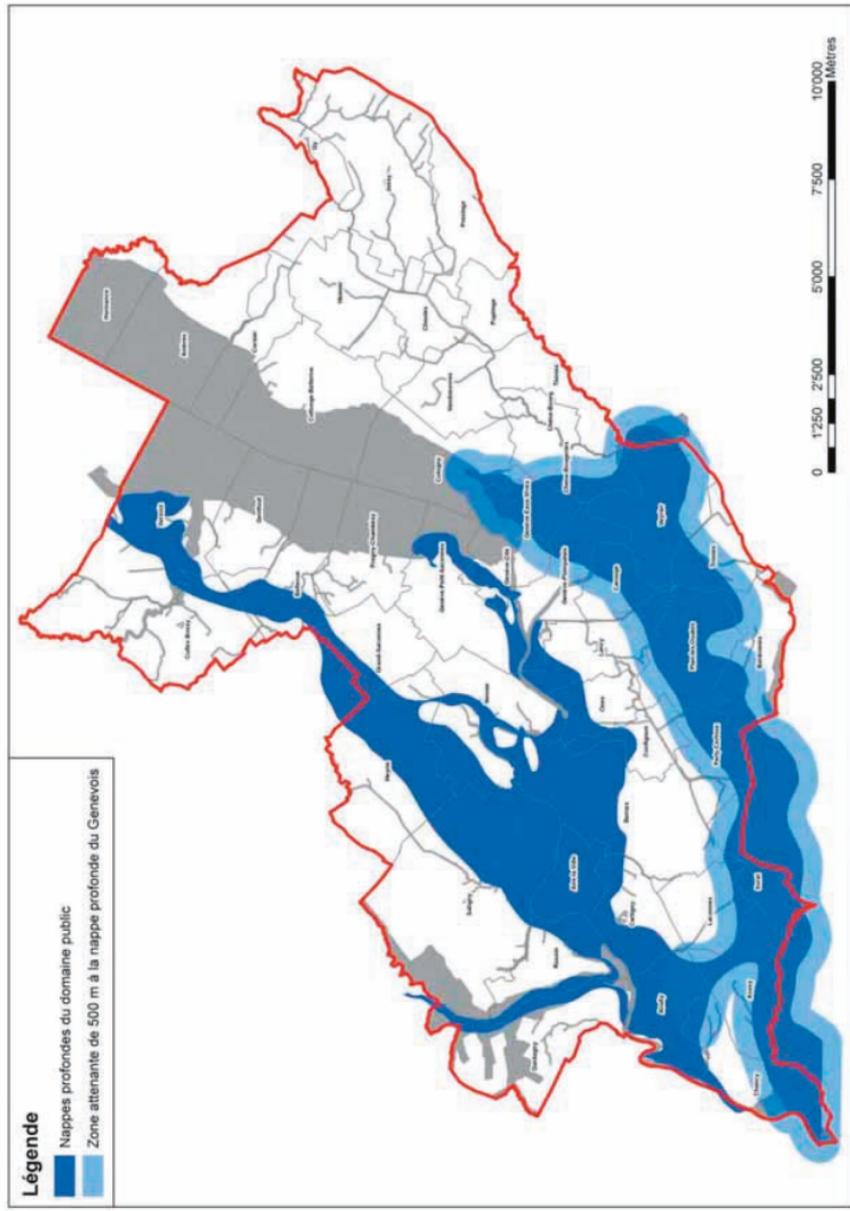
Commentaires : Annexe 2, al. 1.1.3, OLED : « Il est interdit d'aménager des décharges et des compartiments des types B, C, D et E au-dessus d'eaux souterraines exploitables et dans les zones attenantes nécessaires à leur protection ».

Les nappes profondes du domaine public, source d'eau potable exploitées ou potentielles, ont été exclues. Une zone attenante de 500 m a été appliquée à la nappe principale du Genevois, au vu de son importance stratégique de réserve d'eau potable à l'échelle de l'ensemble de l'agglomération genevoise transfrontalière.

Sources des données : Canton (SITG)

Bases légales :

- *Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), Annexe 2, §1.1, §1.2*
- *Loi fédérale du 24 janvier 1991 sur la protection des eaux (LEaux) RS 814.20*
- *Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux) RS 814.201*
- *Loi sur les eaux (LEaux-GE) L 2 05*
- *Règlement d'exécution de la loi sur les eaux L 2 05.01*

**Carte 4**

3.1.5 Nappes superficielles

Description :

L'annexe 2 de l'OLED précise que l'«*état du sous-sol et des environs de la décharge doit garantir [...] la stabilité à long terme de la décharge et exclure tout mouvement de terrain risquant notamment de compromettre le bon fonctionnement des installations* ». (ch. 1.2.1)

En outre, au chiffre 2.4 relatif à l'évacuation des eaux, il est précisé que les décharges de catégorie D doivent être équipées d'un dispositif d'évacuation des eaux de percolation à l'intérieur de l'enveloppe étanche et que « *si des eaux peuvent affluer depuis le sous-sol ou sur les côtés, [des] installations appropriées [doivent être disposées] en dessous de l'étanchéification* »

Cette disposition confirme qu'il n'est pas rationnellement envisageable de garantir la sécurité environnementale à long terme d'une décharge qui serait implantée en dessous du niveau d'une nappe superficielle conséquente.

Seuls les aquifères de très faible importance ou les emprises périphériques de faible épaisseur et perméabilité pour lesquels des mesures d'aménagement ou de gestion des eaux mentionnées par l'annexe 2 de l'OLED peuvent donc être concrètement envisagées. Sur cette base, les nappes superficielles répondant aux critères suivants ont été conservés dans les secteurs potentiels :

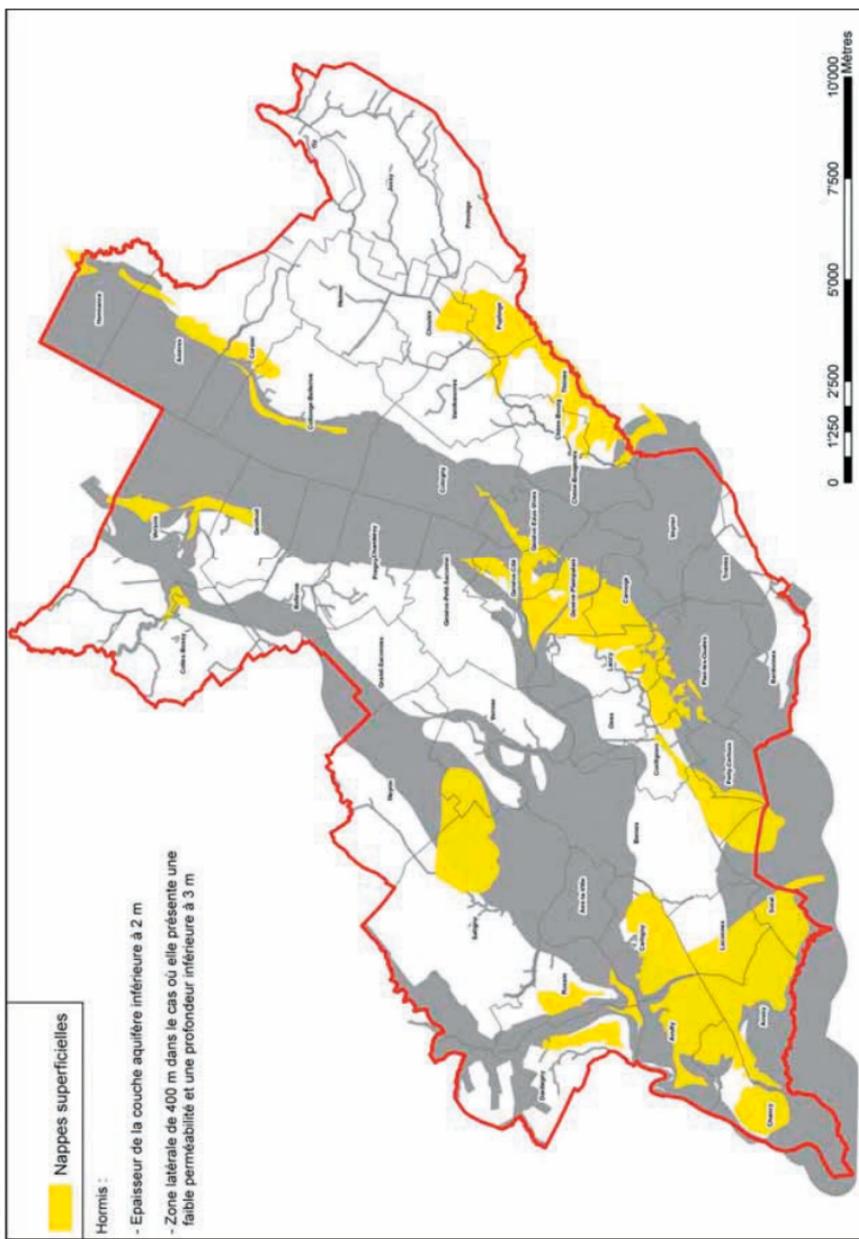
- Épaisseur de la couche aquifère inférieure à 2 m
- Zone latérale de 400 m de la nappe superficielle, dans le cas où elle présente une faible perméabilité et une profondeur inférieure à 3 m

Type du critère : Exclusif éliminatoire

Sources des données : Canton (SITG)

Bases légales :

- *Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), Annexe 2, §1.1, §1.2*



Carte 5

3.1.6 Dangers liés aux crues et aux inondations

Description : La loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LAT) oblige les cantons de désigner les parties du territoire qui sont gravement menacées par des forces naturelles ou par des nuisances.

L'ordonnance fédérale sur l'aménagement des cours d'eau (OACE) spécifie que les cantons doivent tenir un cadastre des dangers, élaborer et tenir à jour des cartes de dangers.

L'estimation du danger de crues est faite sur la base de la probabilité d'occurrence (temps de retour), de l'intensité du phénomène (hauteur d'eau et vitesse d'écoulement) et de l'érosion des berges.

Le danger est classifié et cartographié selon les recommandations de la confédération:

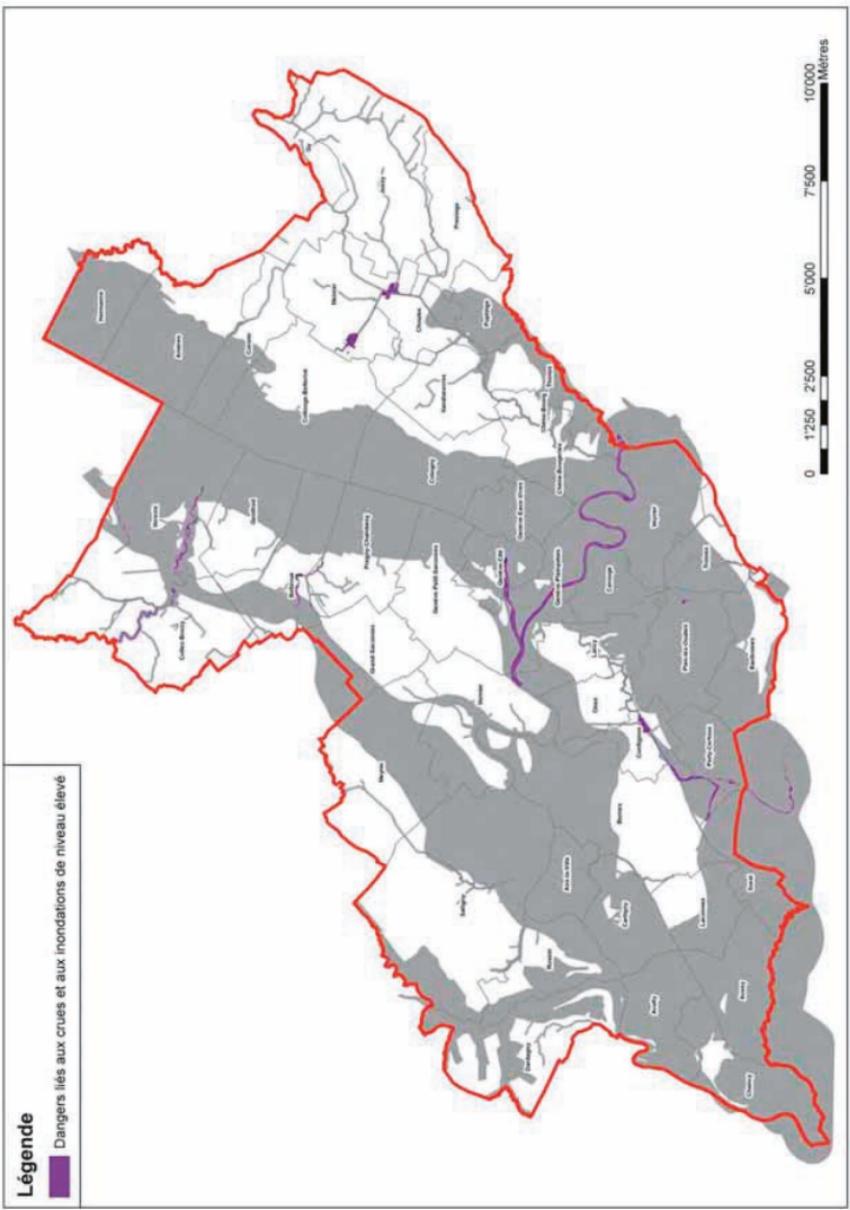
- aucun danger connu = zone où aucun danger n'est déterminé selon l'état des connaissances actuelles
- **danger fort = zone d'interdiction**
- danger moyen = zone de réglementation
- danger faible = zone de sensibilisation
- danger résiduels = zone de sensibilisation

Type du critère : Exclusif réglementaire

Commentaires : Seuls les secteurs présentant une zone d'interdiction (danger fort) ont été exclus, répondant à l'exigence définie au chiffre 1.1 de l'annexe 2 de l'OLED « Protection des eaux et dangers naturels », qui interdit d'aménager une décharge dans une zone exposée à des risques d'inondation ou d'érosion particulièrement importants.

Bases légales :

- *Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), Annexe 2, §1.1, §1.2*
- *Loi sur la protection des eaux (LEaux) 814.20*
- *Loi sur l'aménagement des cours d'eau 721.100*
- *Ordonnance sur l'aménagement des cours d'eau (OACE) 721.100.1*
- *Ordonnance sur la protection des eaux (Oeaux) 814.201*
- *Loi sur l'aménagement du territoire (LAT) 700*



Carte 6

3.1.7 Zones instables et zones de mouvements permanents

Description : Tous les secteurs présentant un des trois types d'instabilités décrits ci-après selon la Carte 7 ont été exclus des sites potentiels d'implantation d'une décharge pour scories en application au chiffre 1.1.2 de l'annexe 2 de l'OLED : interdiction d'implanter « *une décharge dans une zone exposée à des risques d'inondation, de chutes de pierres, de glissements de terrain ou à des risques d'érosion particulièrement importants.* » :

➤ Les glissements superficiels

Dans les pentes où la couche superficielle se trouve en état d'équilibre limite, une dégradation temporaire de la qualité du sol, par saturation lors de pluies notamment, entraîne soit des écoulements sans limites nettes (solifluxion), soit des glissements avec des arrachements superficiels mettant à nu la surface.

➤ Les glissements profonds

Les glissements profonds sont caractérisés par la présence de niches d'arrachement, généralement multiples, bien marquées, avec un déplacement d'une masse de matériaux meubles ou rocheux le long d'une ou de plusieurs surfaces de glissement situées en profondeur et de moindre résistance.

➤ Les éboulements

Ce phénomène s'observe généralement dans les falaises d'alluvions anciennes ou de moraine limoneuse à cailloux très compacte. Progressivement, dans un processus lent, les zones d'éboulement se couchent et peuvent devenir des glissements superficiels avant de se stabiliser.

Les zones de mouvements permanents constituent une catégorie spécifique de zones instables et de glissement, généralement basés sur des observations complémentaires de longues durées. Ces zones répondent à la notion de territoires en mouvement permanent décrits dans les articles 660a du code civil suisse et 71A de la loi d'application du code civil et du code des obligations.

Ces territoires en mouvement permanent correspondent aux glissements les plus importants du canton de Genève. En effet, ces vastes zones sont généralement suivies depuis des décennies et ont toujours montré des mouvements susceptibles de provoquer le déplacement de tout un secteur foncier et, dès lors, nécessitent la mention zone instable.

Type du critère : Exclusif réglementaire

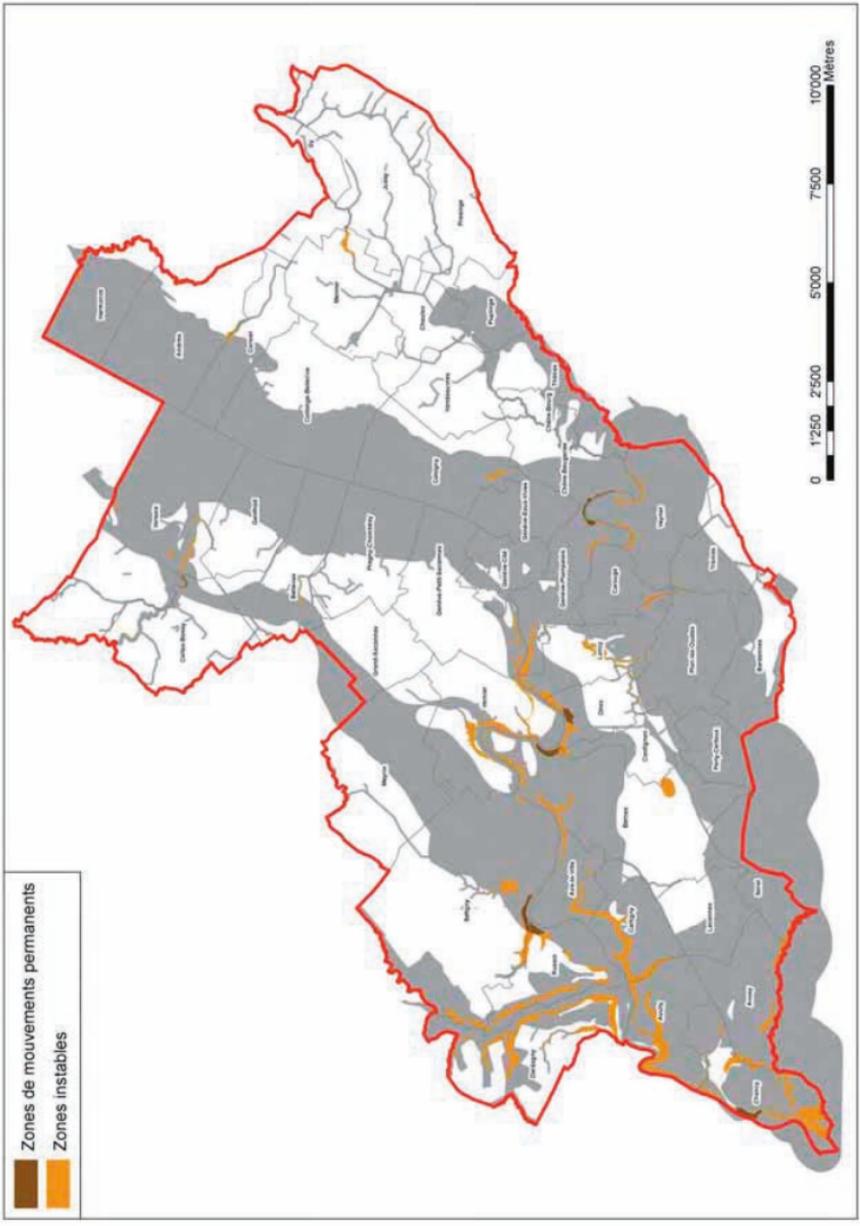
Commentaires : Tous les secteurs se trouvant sur des zones instables ou de mouvements permanents ont été exclus.

Sources des données : Canton (SITG)

Bases légales :

- Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), Annexe 2, § 1.2
- Code civil Suisse - Art. 660 et 660a
- Loi d'application du code civil et du code des obligations (LACCS) E 1 05 - Art. 71a

CSDINGENIEURS+



Carte 7

3.2 Aménagement du territoire

3.2.1 Zones à bâtir

Description : Sur la base de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LaLAT), le canton est subdivisé en différentes catégories d'affectations du sol. Afin d'éviter tout conflit possible avec les zones à bâtir ainsi que les zones destinées à une affectation spécifique, les zones suivantes ont été exclues :

- Zones à bâtir 1, 2, 3, 4A, 4A protégées, 4B, 4B protégées, 5
- Zones à bâtir de développement 2, 3, 4A, 4A protégées, 4B, 4B protégées, 5
- Zones de hameaux, de jardins familiaux, de verdure, ferroviaire, sportive
- Zone aéroportuaire

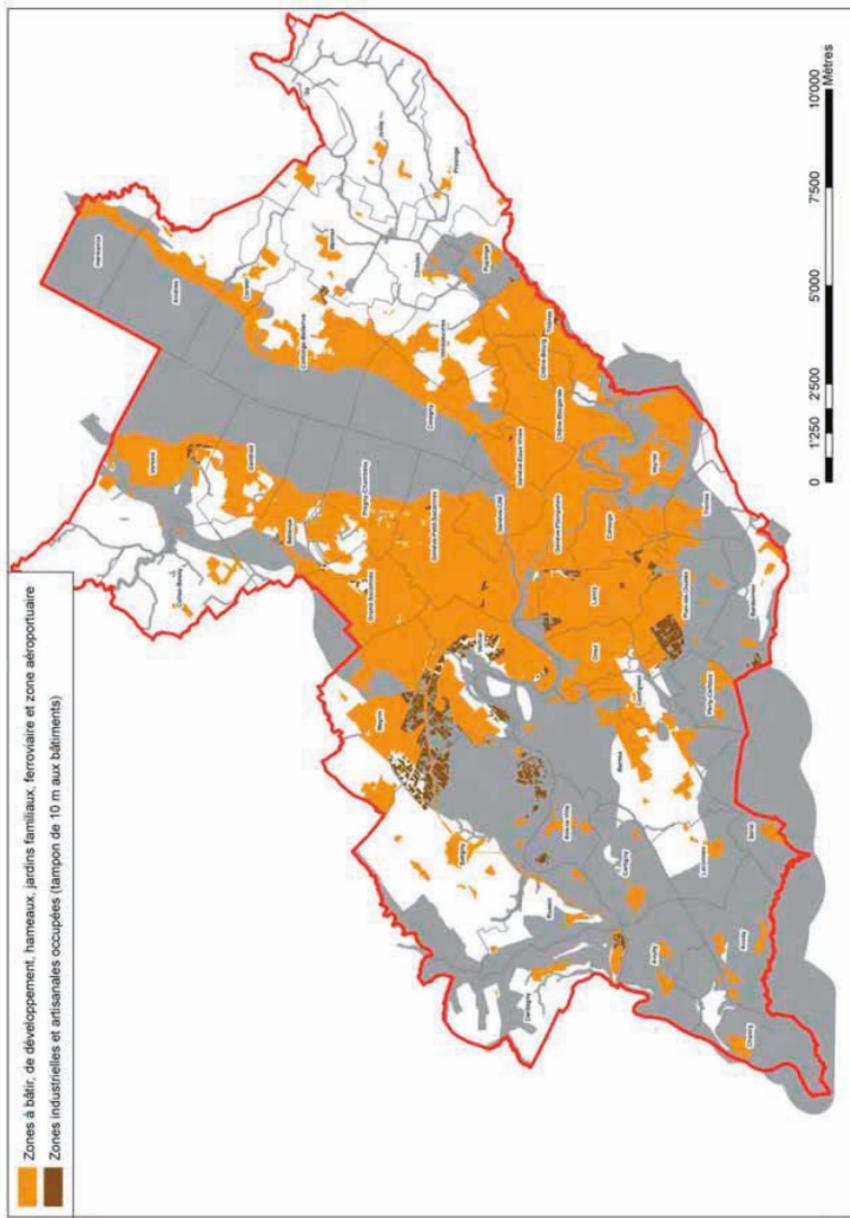
En ce qui concerne les zones industrielles et artisanales, seuls les périmètres déjà bâtis ont été exclus des secteurs d'implantation potentielle, en tenant compte d'une distance tampon de 10 mètres autour des constructions existantes.

Type du critère : Exclusif réglementaire

Sources des données : Canton (SITG)

Bases légales :

- *Loi d'application de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire (LALAT) L 1 30*
- *Loi générale sur les zones de développement (LGZD) L 1 35*

**Carte 8**

3.2.2 Zones militaires

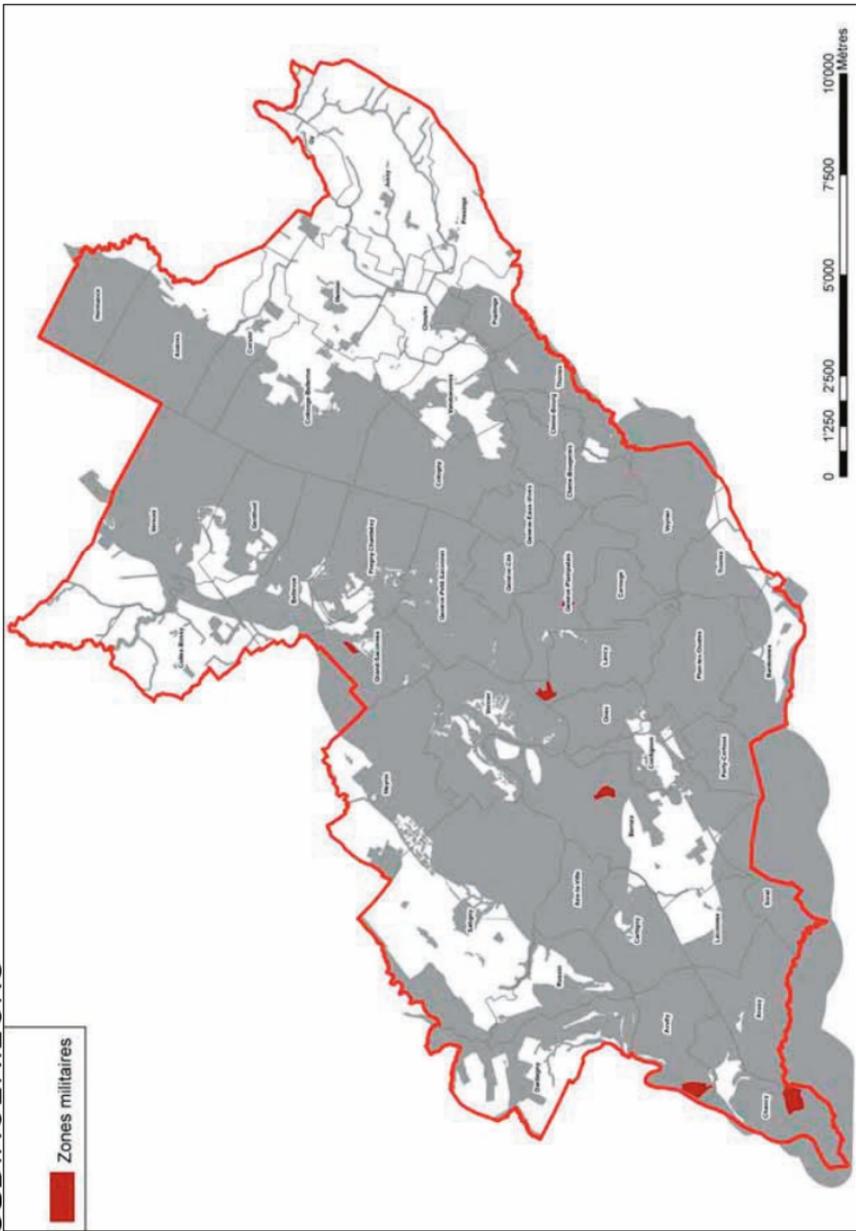
Description : Les secteurs situés sur des surfaces inventoriées comme installations militaires ont été exclus des périmètres potentiels.

Type du critère : Exclusif éliminatoire

Sources des données : Canton (SITG)

Bases légales :

- *Loi fédérale concernant la protection des ouvrages militaires, 510.518*
- *Ordonnance concernant la protection des ouvrages militaires, 510.518.1*



Carte 9

3.2.3 Périmètres d'exposition visuelle

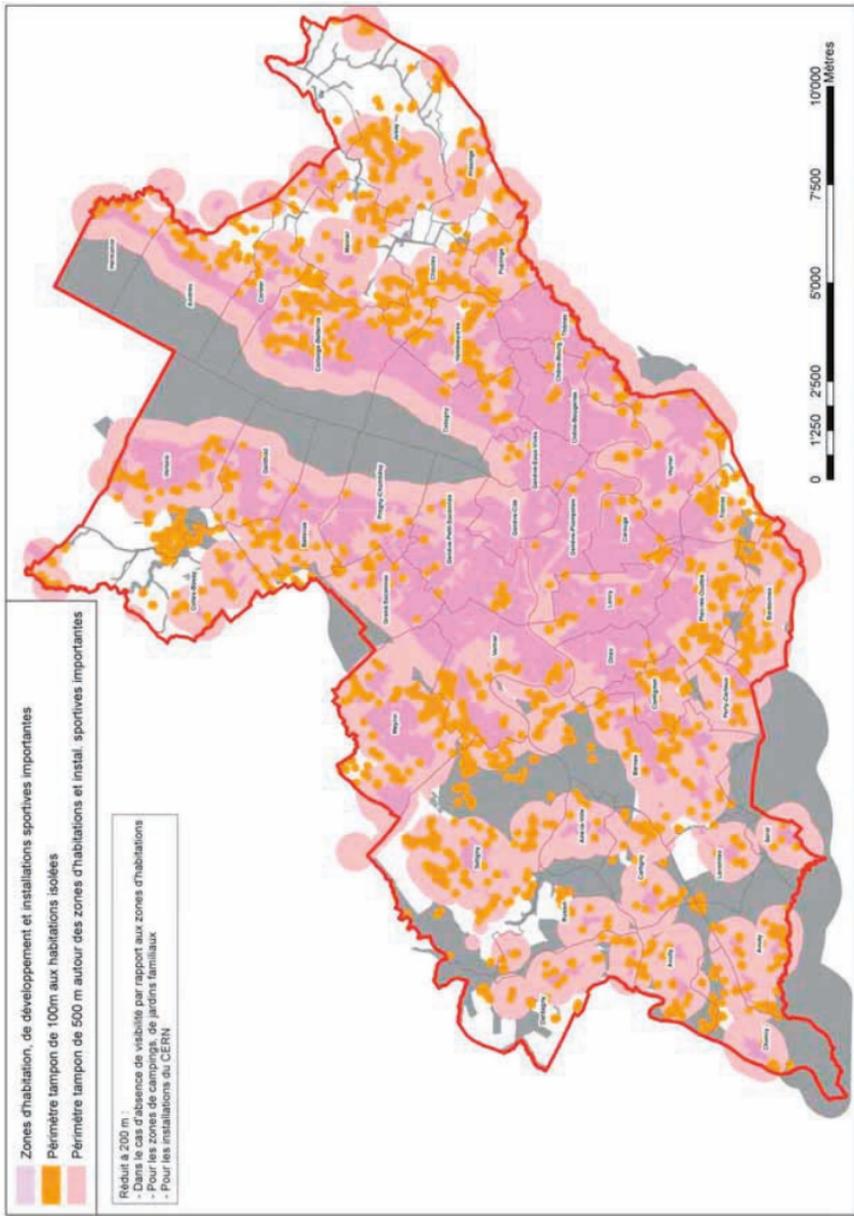
Description : Les périmètres tampon suivants, représentés dans la carte ci-après, autour des zones d'habitations et installations sportives ont été exclus des périmètres potentiels d'implantation de la décharge pour scories dans l'objectif de maîtrise des nuisances et de l'impact visuel :

- Périmètre tampon de 500 m autour des zones d'habitations et installations sportives importantes, réduit à 200 m en cas d'absence de visibilité (ligne de crête ou rupture de pente majeur, massif forestier)
- Périmètre tampon de 200 m autour des zones de campings, des jardins familiaux et des installations du CERN
- Périmètre tampon de 100 m autour des habitations isolées (correspond à la distance tampon définie selon la législation cantonale pour les limites d'exploitation des gravières)

Type du critère : Exclusif éliminatoire

Commentaire : Critère établi en collaboration avec le CIRTD lors d'études précédentes. Au-dessous des distances tampons présentés ci-dessus, les impacts liés à l'exploitation d'une décharge de type D ont été jugés trop contraignants pour les différentes zones de fréquentation ou d'habitation présentés ci-dessus.

Sources des données : Canton (SITG) : Plan d'affectation cantonal, couche des « bâtiments » .



Carte 10

3.2.4 Zones viticoles protégées

Description : Le cadastre viticole délimite les périmètres en dehors desquels la culture de la vigne est interdite. Il est formé de la zone viticole protégée, de la zone viticole non protégée, des vignes hors zone viticole et des vignes non destinées à la production vinicole.

Un terrain peut être classé en zone viticole uniquement si son altitude, sa déclivité et son exposition, le climat local, la nature et les conditions hydrologiques du sol sont propices à la culture de la vigne.

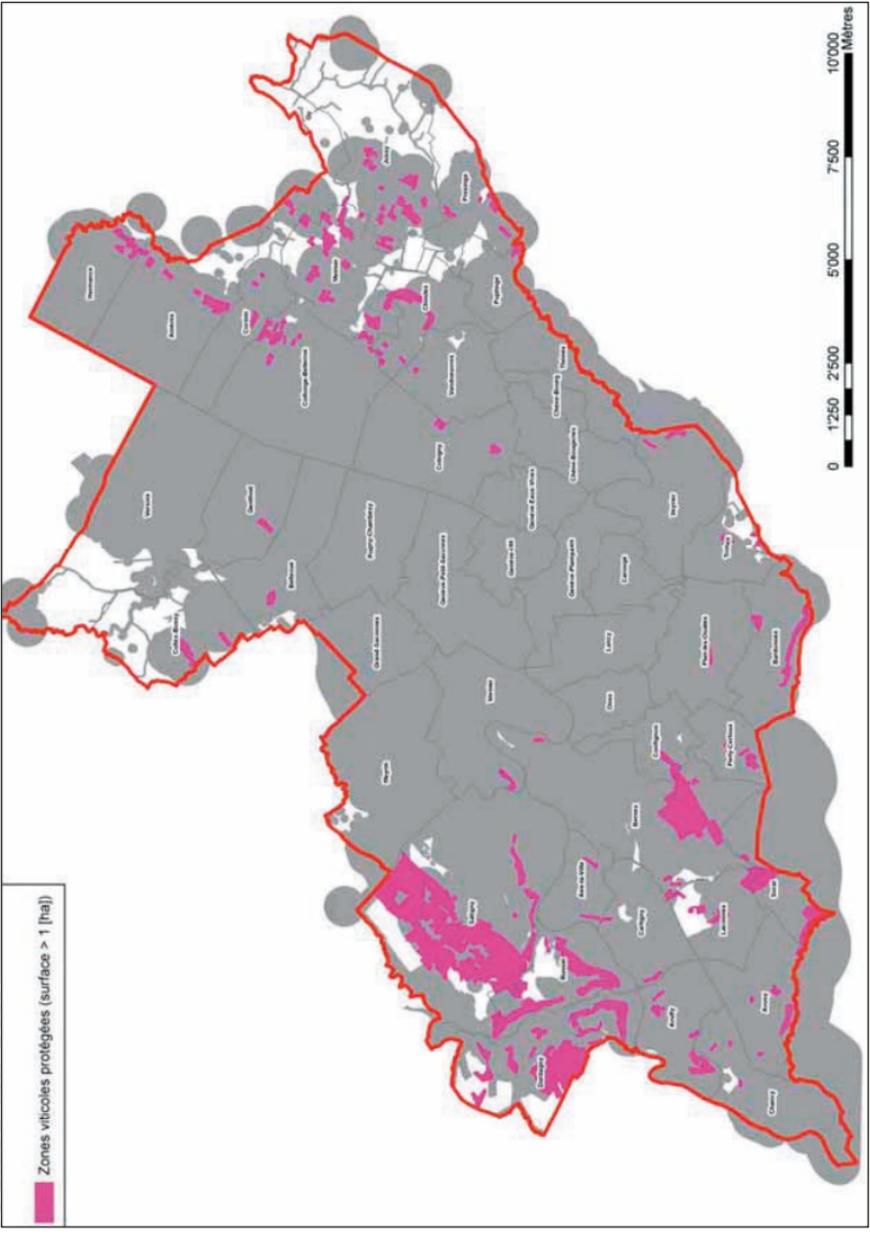
La loi sur la viticulture (M2 50 LVit), précise que la conservation de la zone viticole protégée doit être garantie et que « le Conseil d'Etat exerce la haute surveillance sur la zone viticole protégée ». Ainsi, de manière analogue aux zones à bâtir, ces périmètres protégés de haute valeur viticole et patrimoniale présentant une emprise supérieure à 1 [ha] ont été exclus des secteurs pouvant potentiellement accueillir une décharge pour scories.

Type du critère : Exclusif éliminatoire

Sources des données : Canton (SITG)

Bases légales :

- *Loi sur la viticulture (LVit), 17 mars 2000, M 2 50*
- *Règlement sur la vigne et les vins de Genève (RVV), 20 mai 2009, M 2 50.05*



Carte 11

3.2.5 Zones agricoles spéciales

Description : La Confédération délègue aux cantons la compétence de définir à l'intérieur de la zone agricole des périmètres pour l'implantation de constructions servant à des formes de production non tributaires du sol.

L'activité maraîchère et horticole étant particulièrement développée dans le canton de Genève, celui-ci a opté pour le principe de « planification positive », en définissant dans le plan directeur cantonal des périmètres de zones agricoles spéciales (ZAS) à l'intérieur desquelles l'installation de serres doit être favorisée et facilitée. De façon générale, il s'agit de limiter l'impact visuel des installations servant à la production non tributaire du sol, en les concentrant dans les secteurs de la zone agricole les plus propices (topographie, savoir-faire).

Les périmètres de ZAS identifiés dans le schéma directeur cantonal comprennent en particulier les 3 périmètres principaux de la Plaine de l'Aire, des Prés-de-Genève et de Veyrier-Troinex dimensionnés afin d'accueillir le développement futur de ce type de culture sur le canton de Genève.

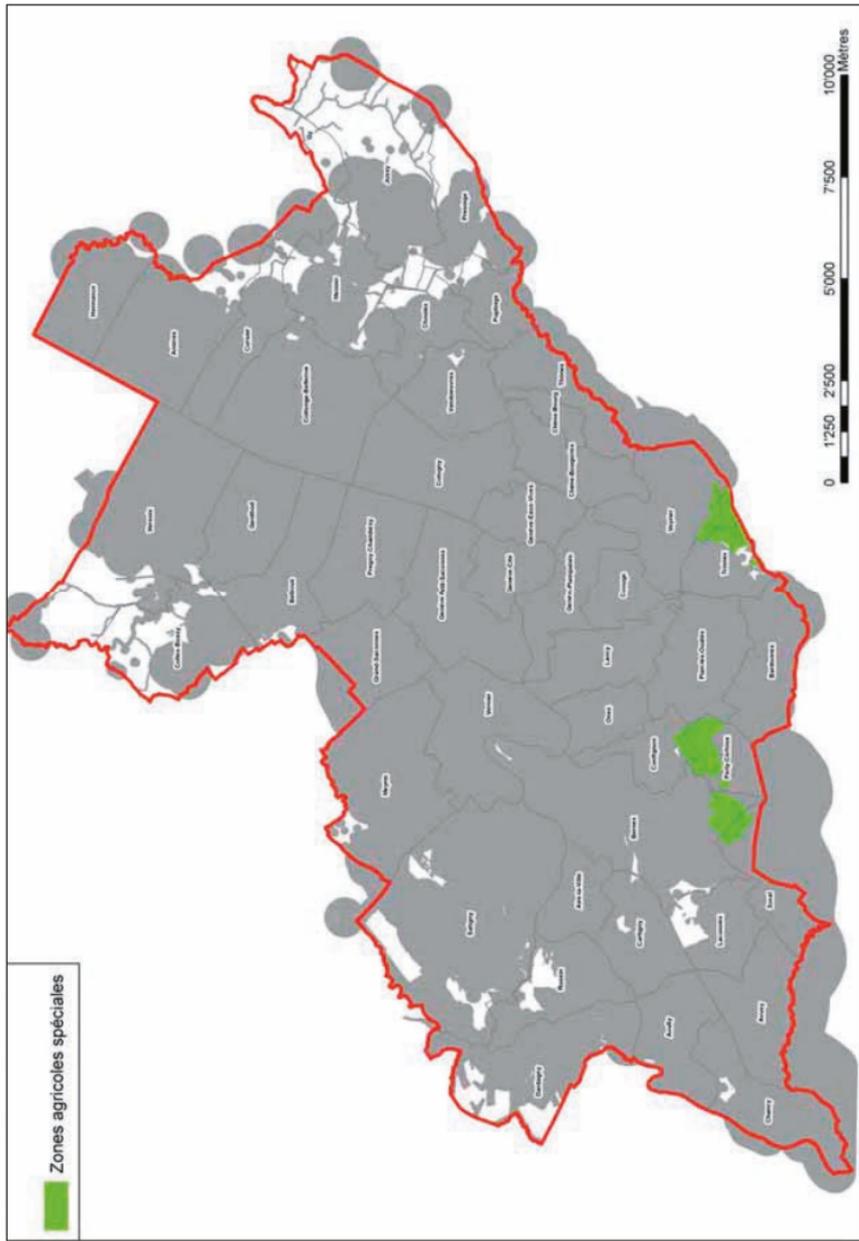
Ces périmètres, présentant une affectation spécifique, ont été exclus des secteurs pouvant potentiellement accueillir une décharge pour scories, et sont représentés sur la Carte 12.

Type du critère : Exclusif éliminatoire

Sources des données : État de Genève – Agriculture ; Plan Directeur Cantonal, fiche C03.

Bases légales :

- *LAT (loi fédérale sur l'aménagement du territoire), article 16a, alinéa 3*
- *LaLAT (loi d'application de la loi fédérale sur l'aménagement du territoire, L 1 30), article 20, alinéa 1, lettre c et alinéas 5 à 9*

**Carte 12**

3.3 Protection de la nature, des sites et du paysage

3.3.1 Inventaires fédéraux et cantonaux de protection de la nature et du paysage

Description :

Les périmètres protégés inscrits aux inventaires fédéraux et cantonaux de protection de la nature et du paysage ont été exclus des secteurs potentiels d'implantation d'une décharge pour scories. Il s'agit des périmètres protégés suivants :

- Réserves naturelles protégées au niveau cantonal ;
- Périmètres de protection des rives et des sites naturels selon les lois de protection générale des rives du lac, du Rhône et de l'Arve; le règlement du val de l'Allondon et de mesures de protection des rives de la Versoix et de plans de sites (vallon de la Laire, l'Hermance et du Bois d'Avault)
- Inventaire des zones alluviales d'importance nationale (art.5 OPN) ;
- Sites placés sous la protection de la Convention sur les zones humides d'importance internationale (RAMSAR);
- Réserves d'oiseaux d'eau et migrateurs (art.5 et 6, OROEM) ;
- Sites de reproduction des batraciens fixes : secteurs de reproduction « A » et d'habitats terrestres « B » (art.6, OBAT) ;
- Bas-marais et Haut-marais d'importance nationale (art.18a LPN 451) ;
- Inventaire national des prairies et pâturages secs (art.6, OPPS) ;
- Districts francs fédéraux (aucun objet sur le canton de Genève) ;
- Sites et objets naturels classés au niveau fédéral et cantonal ;

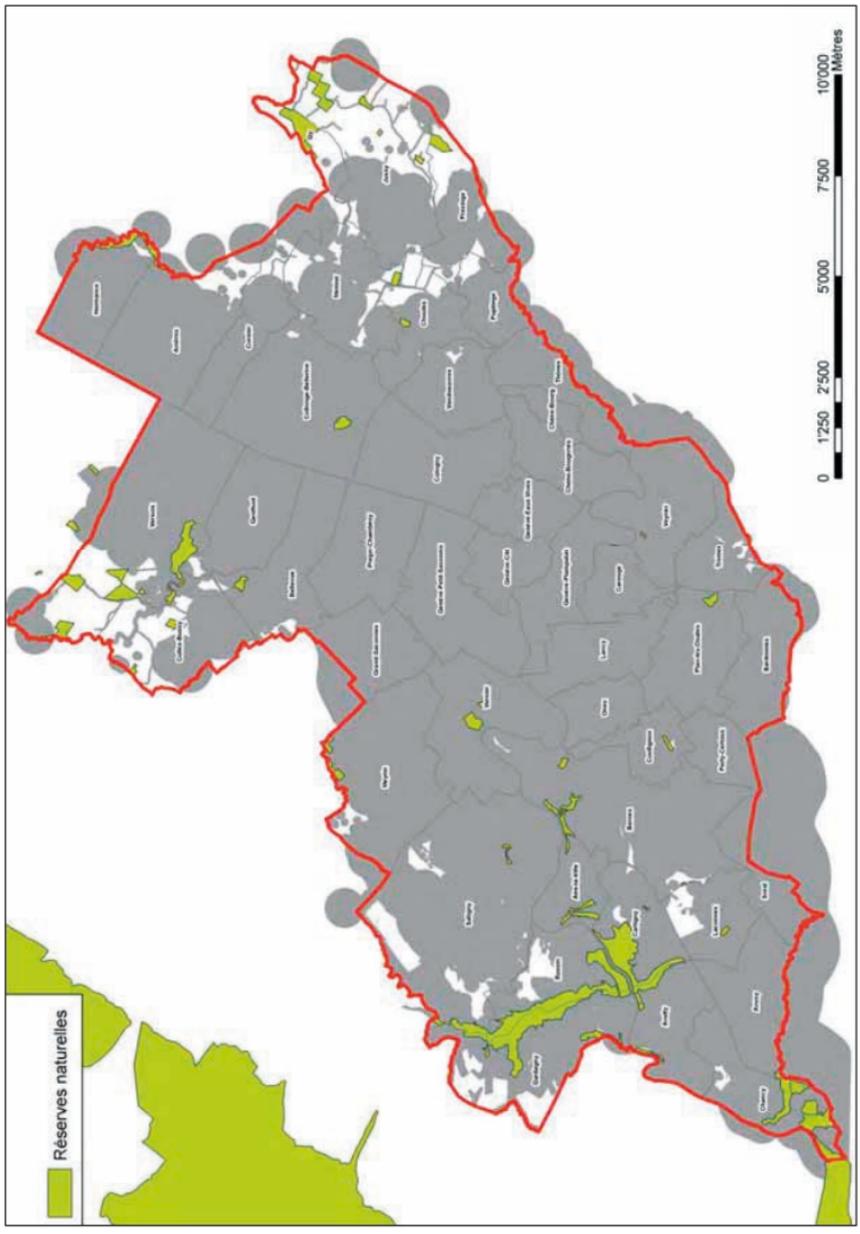
Type du critère : Exclusif réglementaire.

Commentaires : Critère découlant de la Loi fédérale sur la protection de l'environnement et la Loi sur la protection de la nature et du paysage.

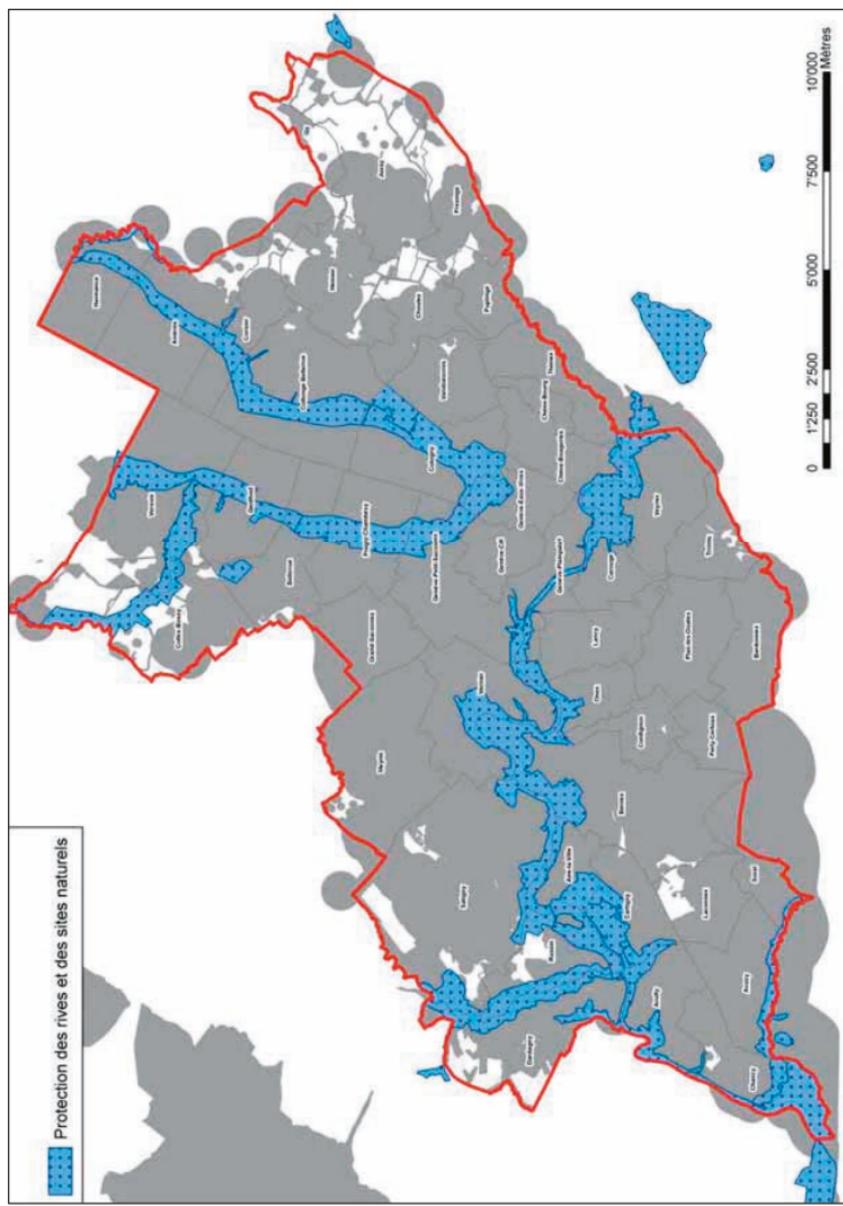
Sources des données : Confédération, Canton (SITG)

Bases légales :

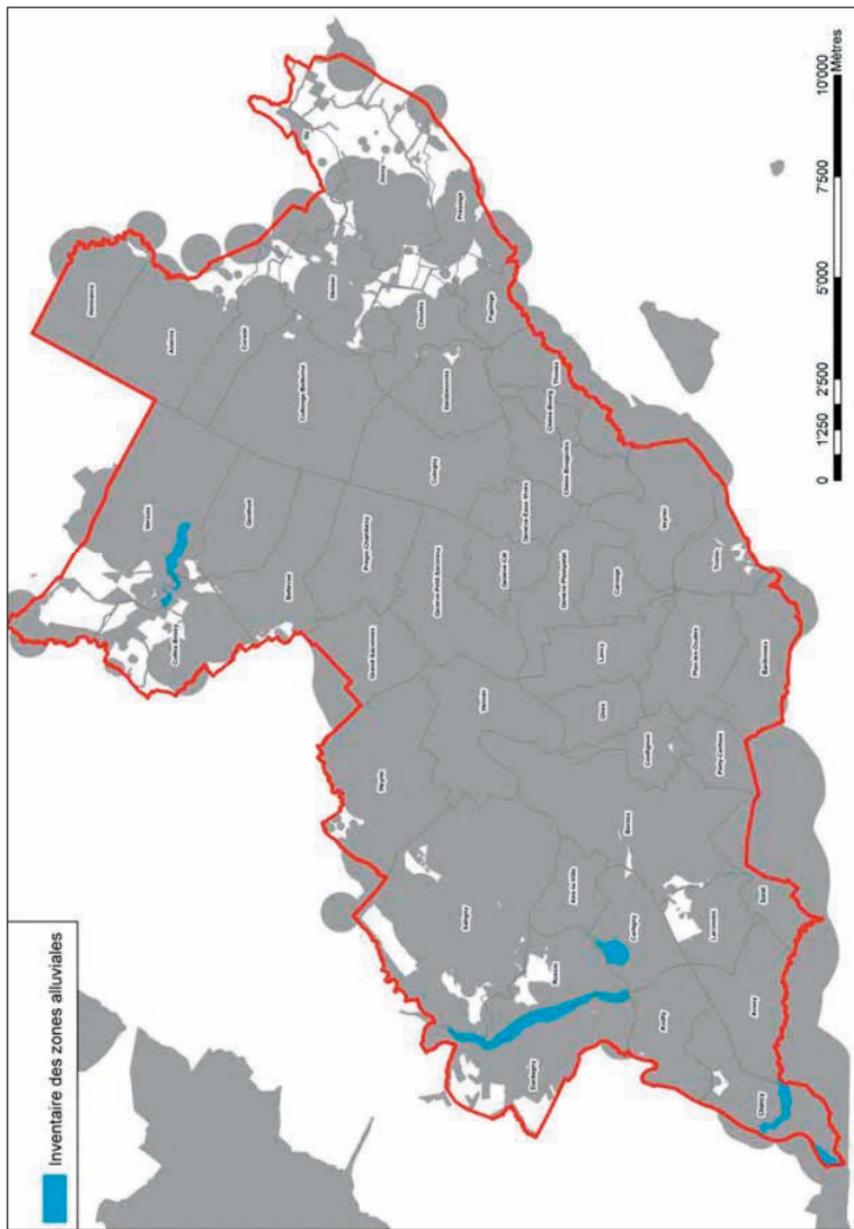
- *Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE)*
- *Loi fédérale sur la protection de la nature et du paysage (LPN)*
- *Ordonnance sur la protection de la nature et du paysage (OPN)*
- *Ordonnance sur la protection des zones alluviales d'importance nationale 451.31*
- *Ordonnance sur la protection des sites de reproduction de batraciens d'importance nationale (OBAT)*
- *Ordonnance sur les réserves d'oiseaux d'eau et de migrateurs d'importance internationale et nationale (OROEM) 922.32*
- *Ordonnance sur la protection des prairies et pâturages secs d'importance nationale (OPPS) 451.37*
- *Loi cantonale sur la protection des monuments, de la nature et des sites (LPMNS)*
- *Règlement sur la protection du paysage, des milieux naturels et de la flore (RPPMF)*



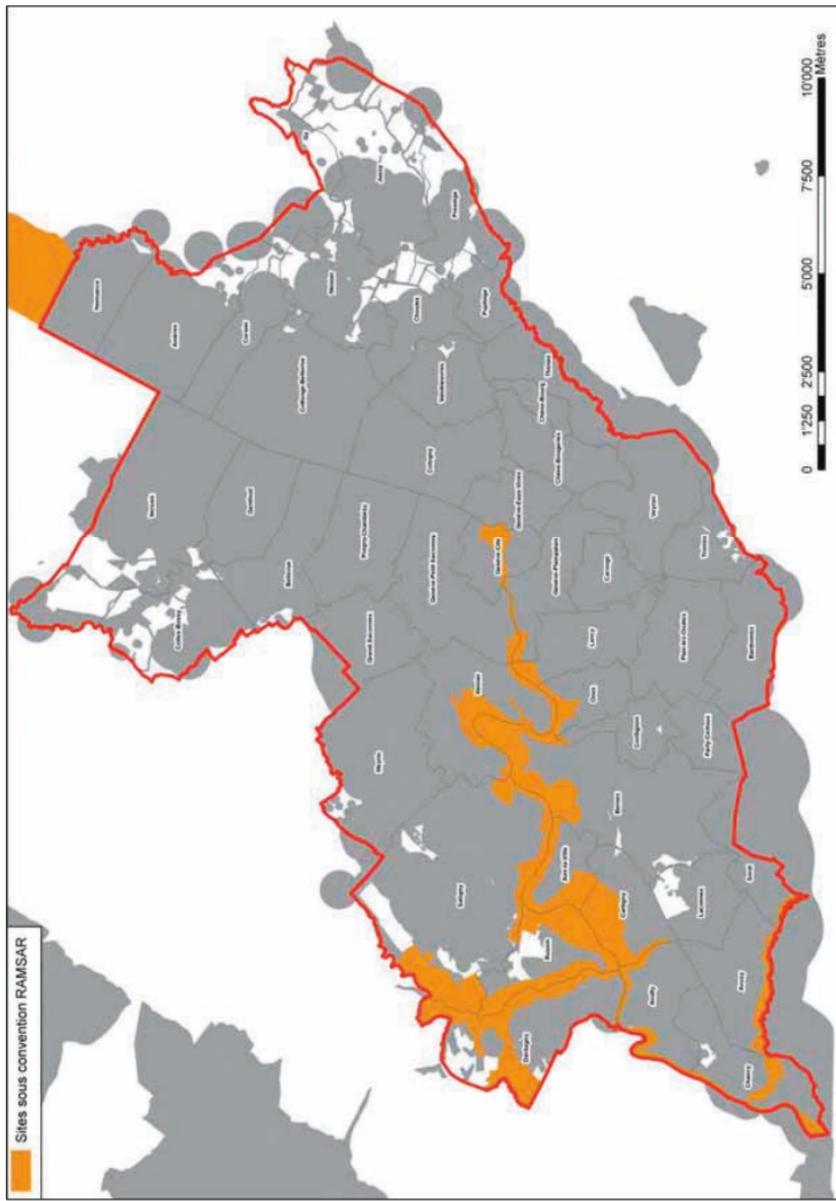
Carte 13



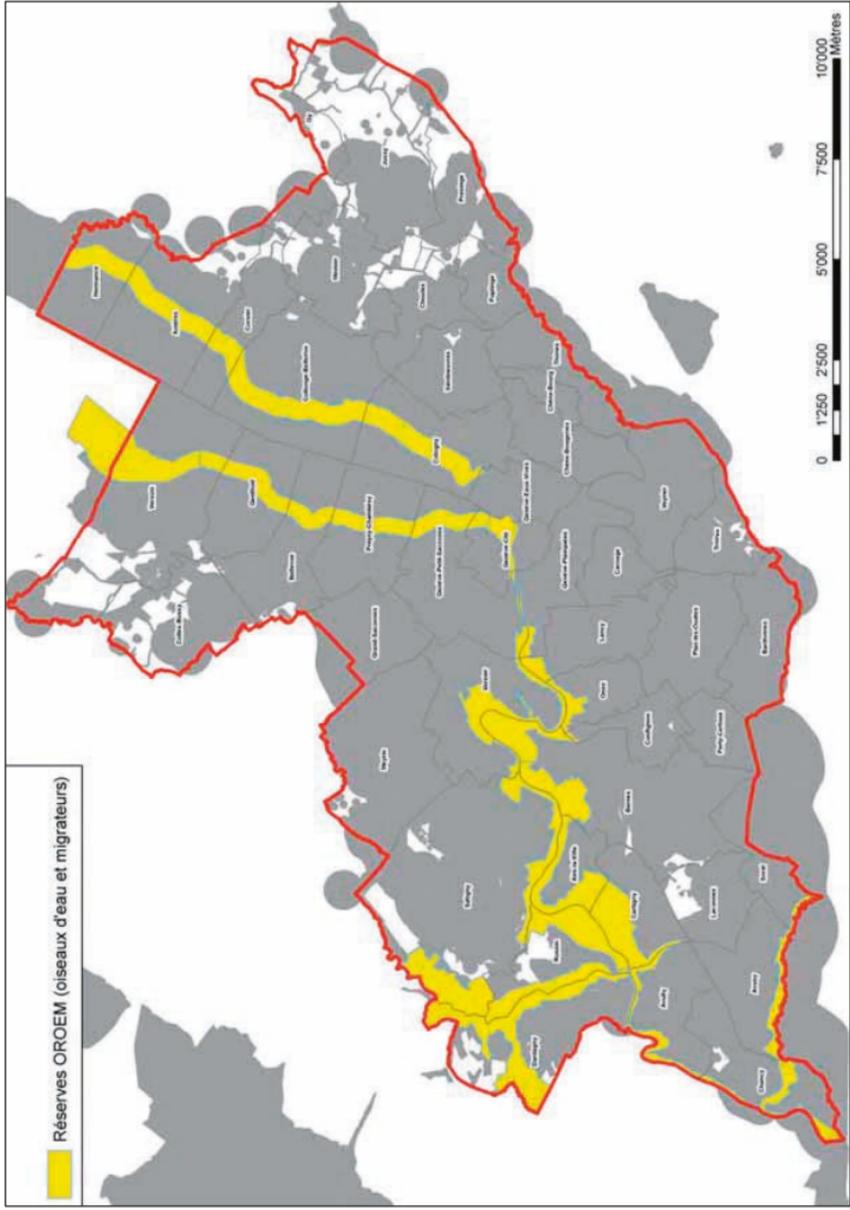
Carte 14



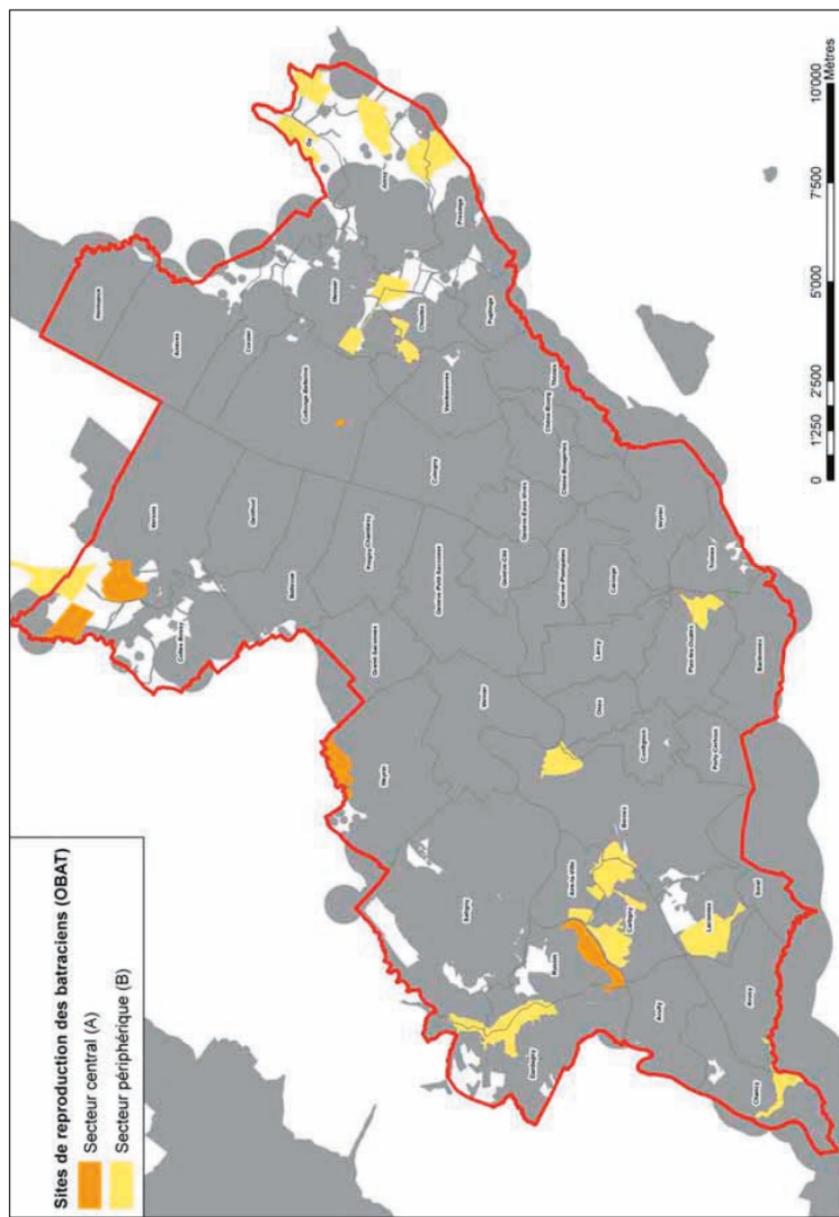
Carte 15

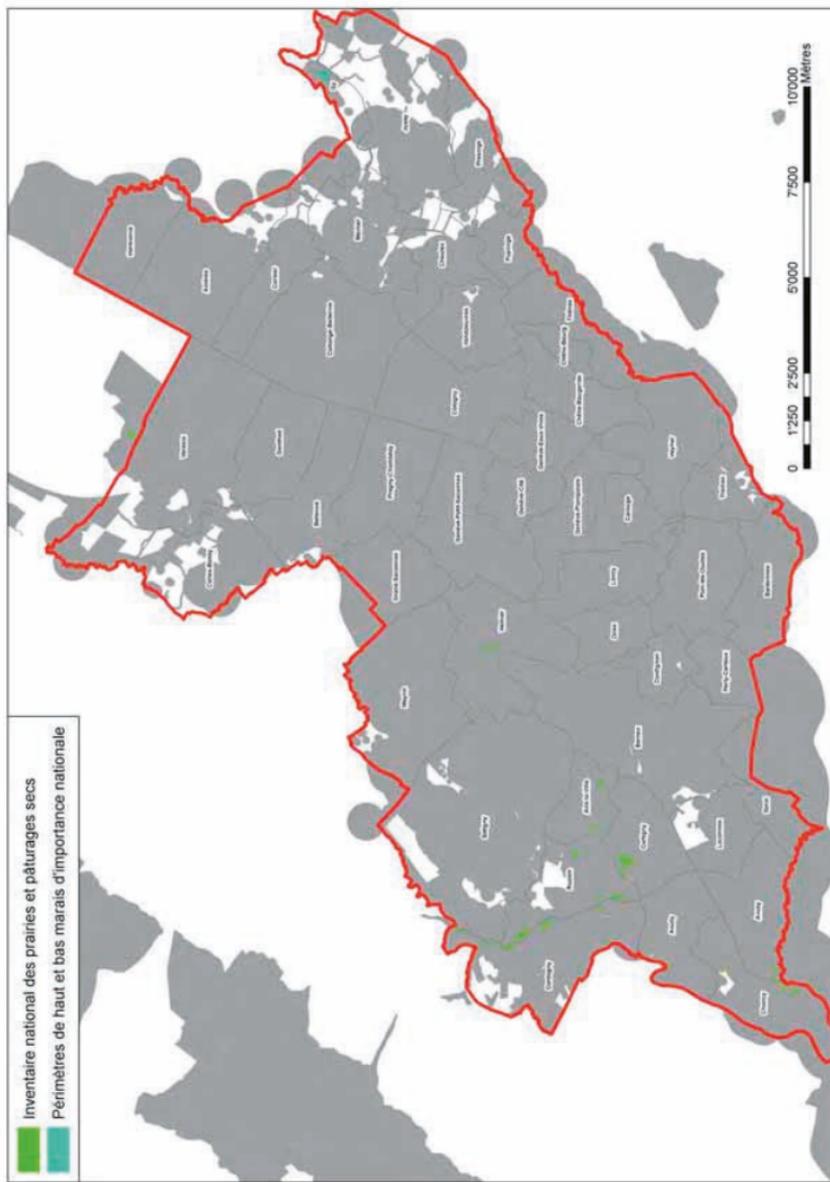


Carte 16



Carte 17

**Carte 18**



Carte 19

3.3.2 Protection du patrimoine

Description :

La protection des monuments et des sites a été appliquée en excluant des périmètres potentiels d'implantation d'une décharge pour scories :

- Les bâtiments, objets et parcelles classées selon la loi sur la protection des monuments, de la nature et des sites (LPMNS)
- Les parcelles inscrites à l'inventaire selon la LPMNS,

ainsi qu'une distance tampon de 500 m autour de ces éléments, réduite à 200 m dans le cas d'absence de visibilité (ligne de crête, rupture de pente marquée, massif forestier),

Des indications complémentaires sur les bâtiments et objets classés et inscrits à l'inventaire selon la LPMNS sont présentés ci-après :

Bâtiments et objets classés : Le classement est une disposition de la loi cantonale sur la protection des monuments et des sites (LPMNS) du 4 juin 1976 (L 4 05) visant à protéger les monuments de l'histoire de l'art ou de l'architecture et les antiquités immobilières situés ou découverts dans le canton, qui présentent un intérêt archéologique, historique, artistique, scientifique ou éducatif, ainsi que les terrains contenant ces objets et leurs abords; les immeubles et les sites dignes d'intérêt, ainsi que les beautés naturelles. Cette mesure place les objets classés sous la protection du Conseil d'Etat. Elle fait l'objet d'une inscription au Registre foncier.

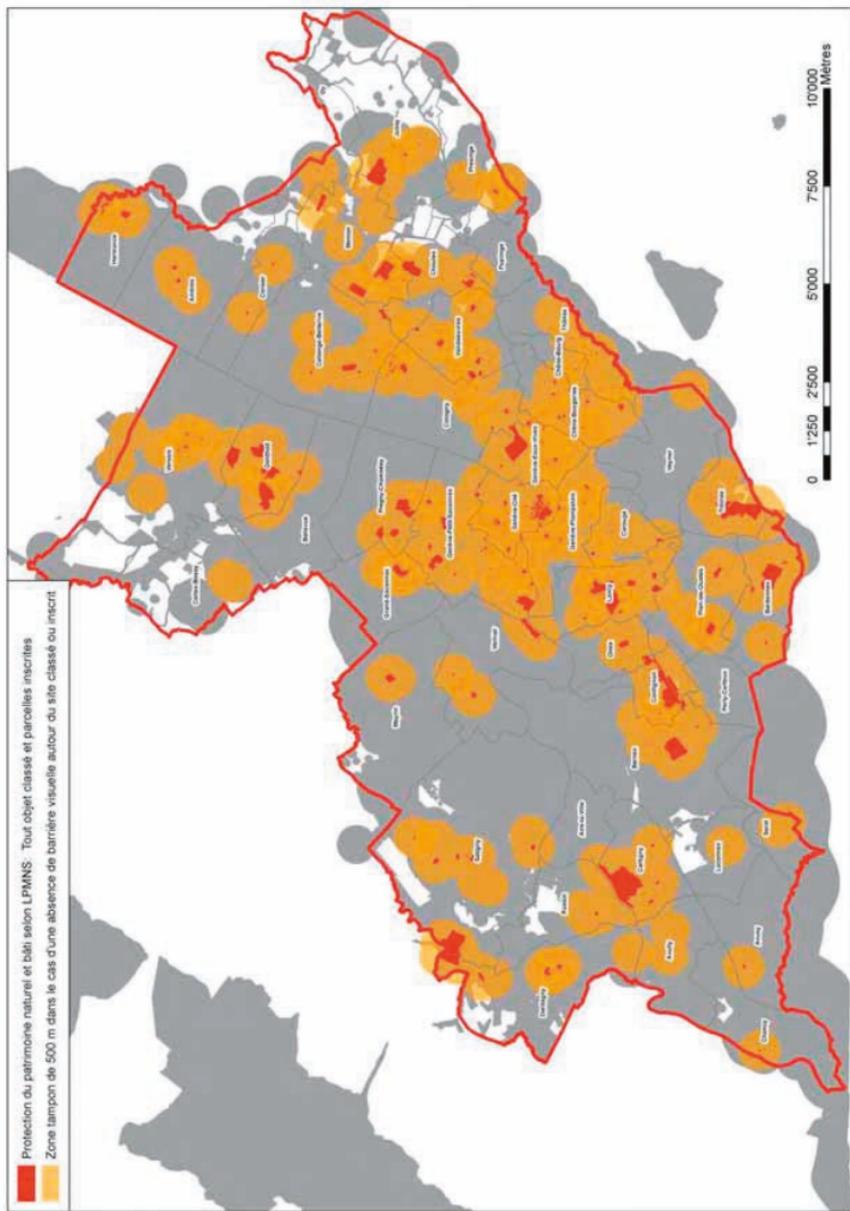
Bâtiments et objets inscrits à l'inventaire : L'inscription à l'inventaire est une mesure de protection prévue par la loi cantonale sur la protection des monuments et des sites (LPMNS) du 4 juin 1976 (L4 05). Les immeubles inscrits à l'inventaire doivent être maintenus et leurs éléments dignes d'intérêt préservés (art.9). L'inventaire n'est pas exhaustif, il est régulièrement mis à jour et publié dans la Feuille d'avis officielle (art. 7). L'inscription à l'inventaire d'un immeuble est mentionnée au Registre foncier. Peuvent être inscrits à l'inventaire, outre des bâtiments, des monuments (par ex. croix) ou des éléments historiques caractéristiques, comme des pressoirs ou des fontaines.

Type du critère : Exclusif éliminatoire

Sources des données : Canton (SITG)

Bases légales :

- *Loi cantonale sur la protection des monuments, de la nature et des sites (LPMNS)*



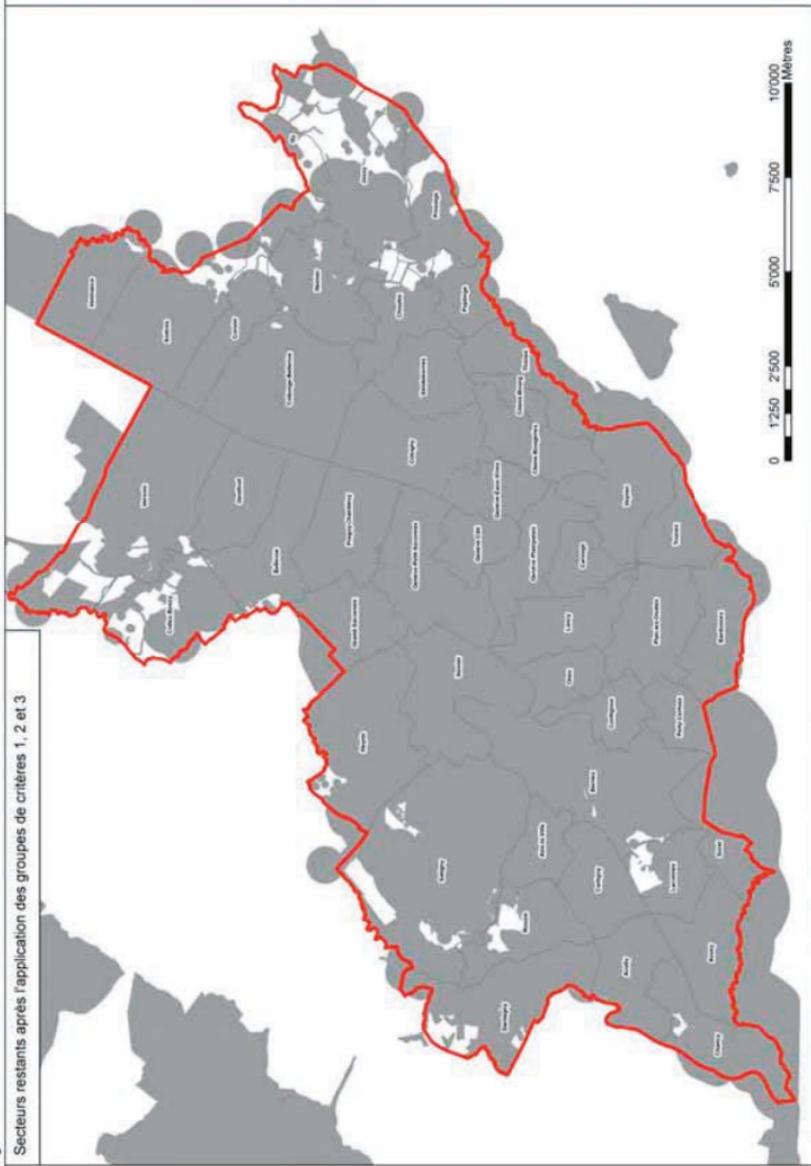
Carte 20

3.4 Synthèse des critères (§3.1 à 3.3)

Après avoir appliqué les critères définis dans les paragraphes 3.1 à 3.3 à l'ensemble du canton selon une logique de « superposition de cartes », un premier ensemble de secteurs potentiels a pu être défini. Celui-ci est représenté sur la Carte 21 ci-après.

Synthèse intermédiaire

Secteurs restants après l'application des groupes de critères 1, 2 et 3



Carte 21

3.5 Critères techniques

Une analyse à l'échelle locale de chacun des secteurs potentiels définis dans les chapitres précédents a ensuite été effectuée afin de retenir uniquement les sites répondant aux exigences des critères suivants :

- Forme adéquate et surface pour l'implantation d'une décharge pour scories respectant le volume utile minimal de stockage défini (>1 million de m³) ;
- Analyse de l'accessibilité du site, permettant notamment d'exclure tout site nécessitant le parcours sur des trajets inadaptés aux camions ou peu favorable pour la population locale (sécurité, nuisances) ;

Possibilité d'évacuation gravitaire des lixiviats de la décharge vers le réseau secondaire d'eaux usées

3.5.1 Forme et surface minimale

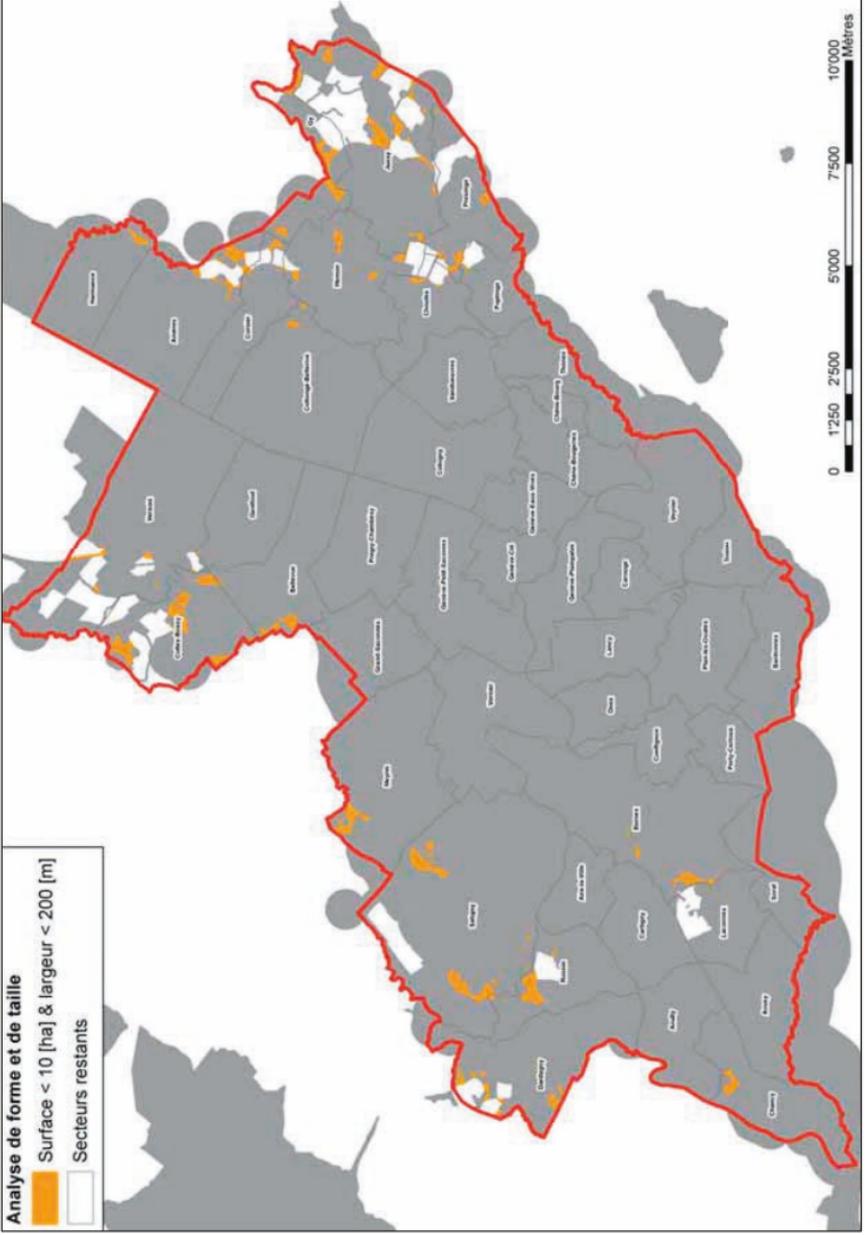
Compte tenu de l'objectif de mettre à disposition un volume minimal de 1 million de m³ et en tenant compte des impératifs d'aménagement technique, les secteurs potentiels issus de l'approche de superposition de cartes ont été systématiquement passés en revue afin d'exclure les bandes présentant une largeur inférieure à 200 m ainsi que les secteurs présentant une surface inférieure à 10 hectares.

Les résultats de l'application de ces critères et les secteurs potentiels restant à l'issue de l'approche sont présentés dans la Carte 22 ci-contre.

CSDINGENIEURS+

Analyse de forme et de taille

- Surface < 10 [ha] & largeur < 200 [m]
- Secteurs restants



Carte 22

3.5.2 Analyse de l'accessibilité

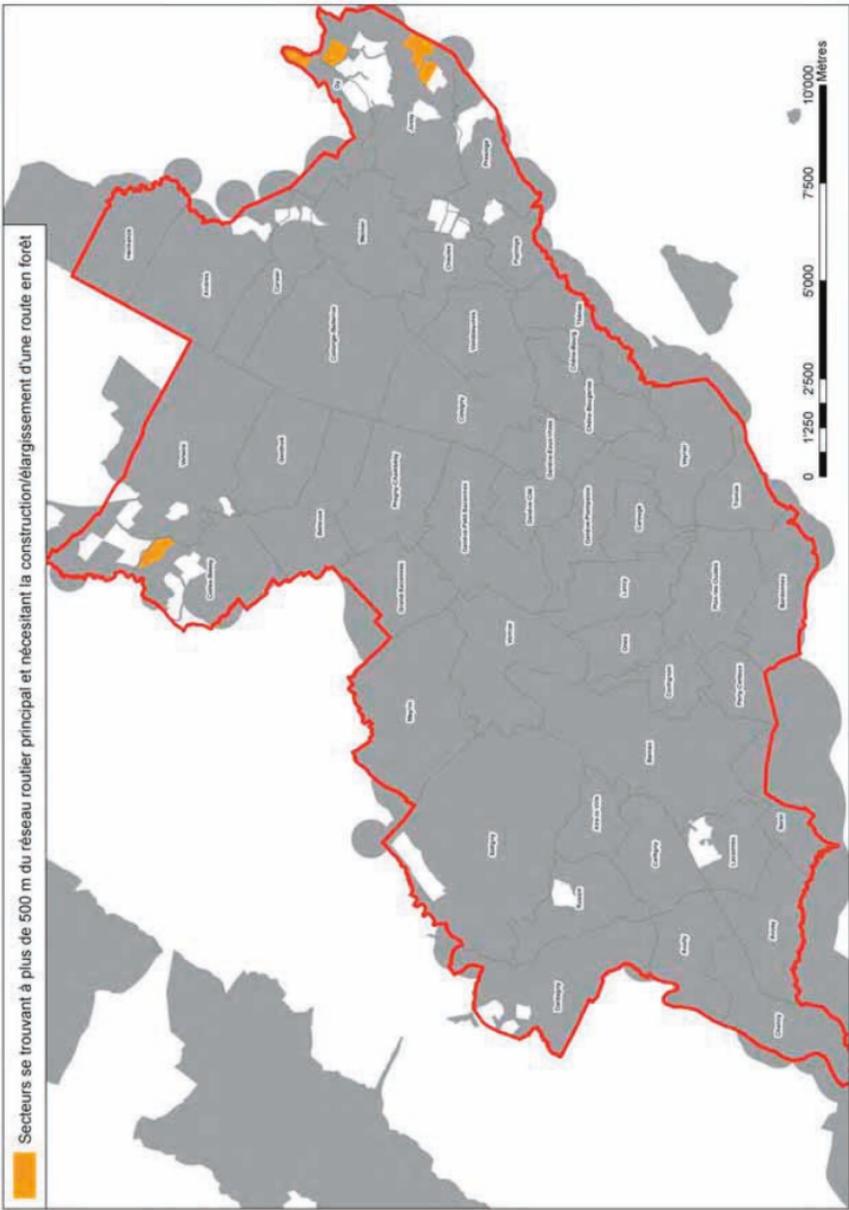
Une analyse détaillée de l'accessibilité des secteurs d'implantation potentiels restants depuis l'UVTD des Cheneviers qui constitue le lieu de production de scories a été effectuée.

Cette approche est basée sur les itinéraires d'accès possibles les plus rationnels et favorables à partir du réseau routier actuel et projeté à l'horizon 2025, permettant de relier chacun des secteurs potentiels depuis l'UVTD des Cheneviers ; et considère l'exclusion des secteurs suivants, présentant une accessibilité routière inadaptée ou soumise à des contraintes importantes :

- Exclusion des secteurs situés à plus de 500 m du réseau routier principal et nécessitant la construction/élargissement d'une route en aire forestière (conditions permettant l'obtention d'une autorisation de défricher non remplies dans ce cas – notamment en ce qui concerne la question de l'implantation imposée par la destination de l'ouvrage)
- Exclusion des secteurs nécessitant un parcours sur des routes inadaptées aux poids-lourds
- Exclusion des secteurs nécessitant une traversée de village

La Carte 23 ci-contre représente l'exclusion des secteurs situés à plus de 500 m du réseau principal et nécessitant la construction ou l'élargissement d'une route en aire forestière (secteurs représentés en orange).

Secteurs se trouvant à plus de 500 m du réseau routier principal et nécessitant la construction/l'élargissement d'une route en forêt



Carte 23

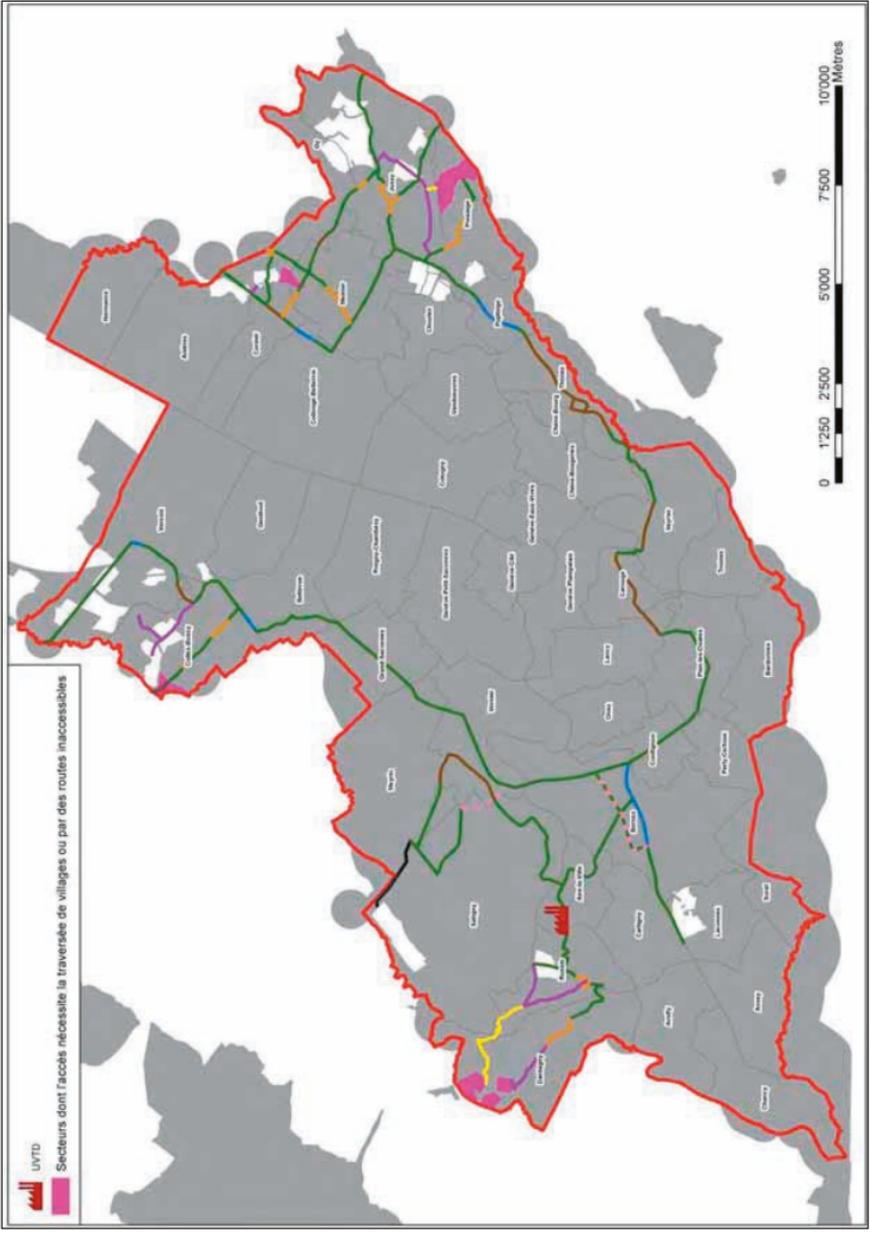
CSDINGENIEURS+

La Carte 24 ci-contre présente les itinéraires d'accès les plus favorables et rationnels pour chacun des secteurs depuis l'UVTD des Cheneviers.

Ces itinéraires sont différenciés selon le type de route et de zone traversée de la manière suivante :

- En vert : routes principales adaptées aux poids-lourds, hors localité
- En bleu : routes principales adaptées aux poids-lourds, en bordure de localité
- En marron : routes principales adaptées aux poids-lourds, avec traversées de zones urbaines mixtes ou périphériques
- En orange : routes principales, avec traversées de villages
- En jaune : routes inadaptées aux poids-lourds avec traversées de localités ou de cours d'eau
- En violet : tronçons à élargir ou à aménager hors localité

Les secteurs dont l'accès nécessite le passage sur des routes inadaptées sont représentés en jaune (tronçon La Chaumaz - Les Baillets - Malval pour accéder au secteur au nord de la Commune de Dardagny ; tronçon sur chemin communal nécessitant la traversée du Nant du Paradis sur la Commune de Presinge) ainsi que tous les secteurs dont l'accès nécessite une traversée de village (tronçons oranges) ont été exclus des secteurs d'implantation potentiels (secteurs représentés en violet)



Carte 24

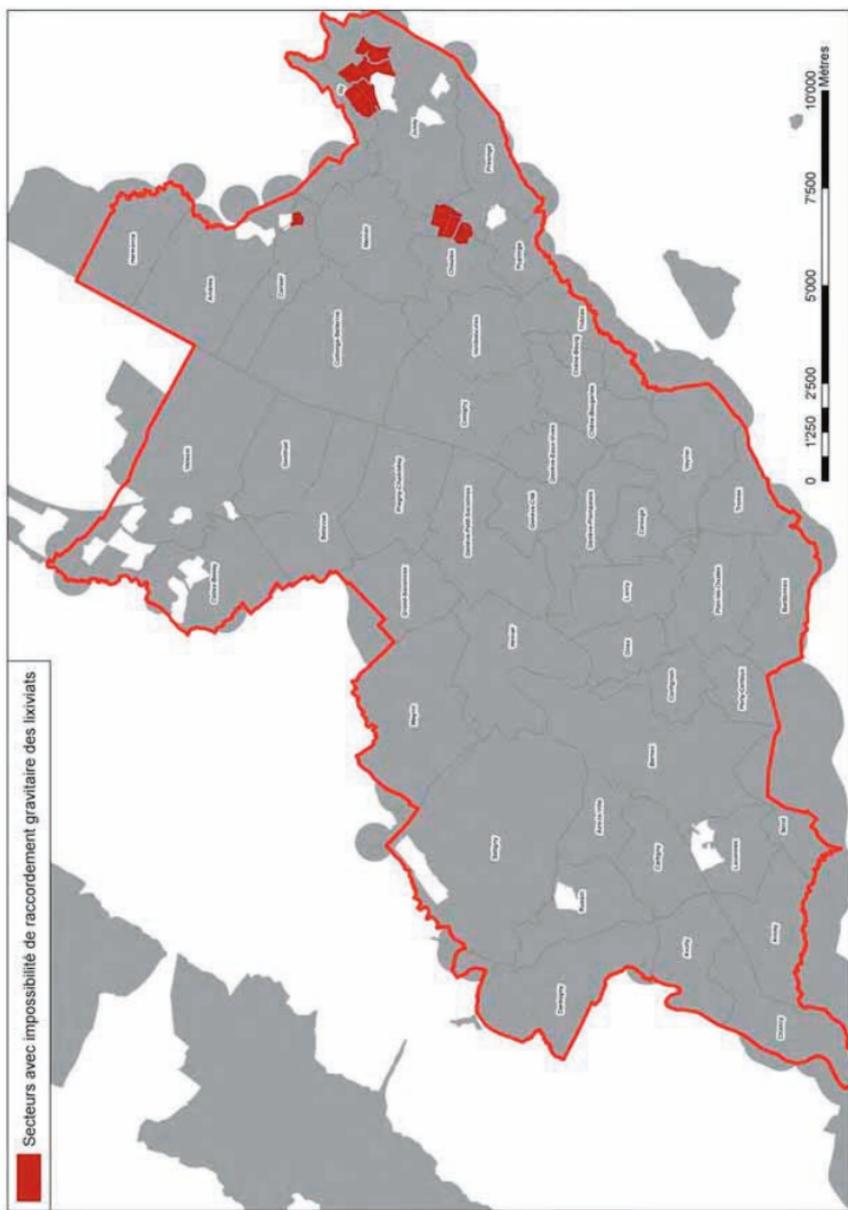
3.5.3 Évacuation gravitaire des lixiviats vers le réseau public d'eaux usées

La possibilité de raccorder gravitairement les eaux de lixiviation percolant à travers le corps de la décharge, pendant et après l'exploitation de cette dernière, constitue un élément important permettant d'assurer la sécurité de fonctionnement et environnementale à long terme, selon les exigences de l'annexe 2 de l'OLED.

Sur cette base, les secteurs présentant une impossibilité de raccordement gravitaire au réseau public d'eaux usées ont été exclus en tenant compte des configurations suivantes :

- Impossibilité topographique
- Nécessité d'implanter un nouveau réseau en forêt sur une longueur supérieure à 300 m (justification du défrichage non établie)
- Nécessité de réaliser un collecteur sur une longueur supérieure à 1.5 km, comprenant des tronçons à grande profondeur (>5 m) impliquant des travaux spéciaux.

Les secteurs à exclure en raison de l'impossibilité d'un raccordement gravitaire au réseau public d'eaux usées selon les configurations mentionnées sont reportés sur la Carte 25 ci-contre en rouge.

**Carte 25**

4. Résultats de l'approche technique et analyse complémentaire par les services de l'administration cantonale

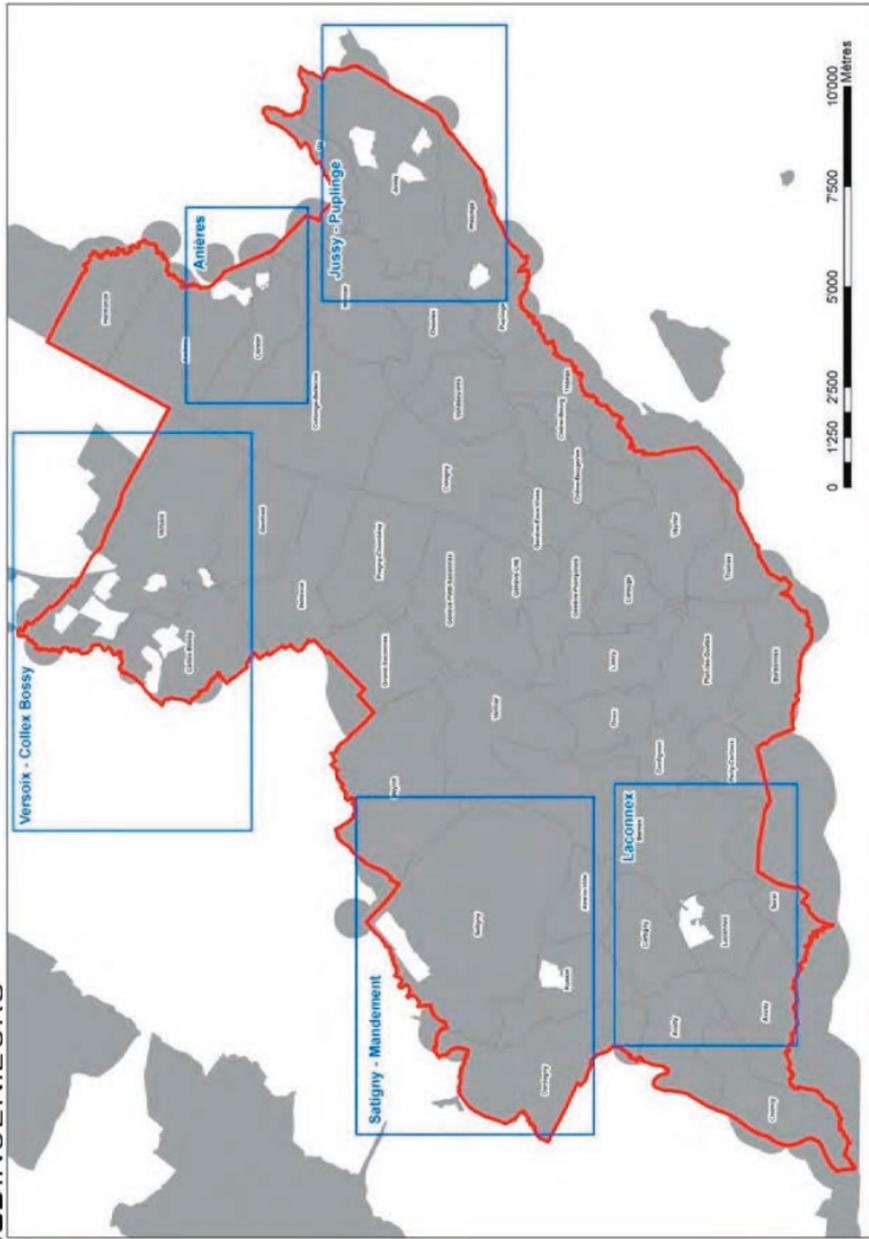
La Carte 26 ci-contre illustre les secteurs potentiels d'implantation restants après l'application de l'ensemble des critères présentés au chapitre 3.

Ces secteurs ont été soumis aux différents services de l'administration cantonale concernés :

- Aménagement du territoire (AT – DALE)
- Direction générale de l'eau (DGEau)
- Direction générale de l'agriculture et de la nature (DGAN)
- Direction générale de l'environnement (DGE)

Les résultats de cette vérification sont présentés dans les paragraphes ci-après pour les 5 secteurs géographiques comportant des secteurs d'implantation potentiels :

- Versoix-Collex Bossy
- Satigny-Mandement
- Laconnex
- Jussy-Puplinge
- Anières



Carte 26

4.1.1 Secteur Versoix – Collex-Bossy

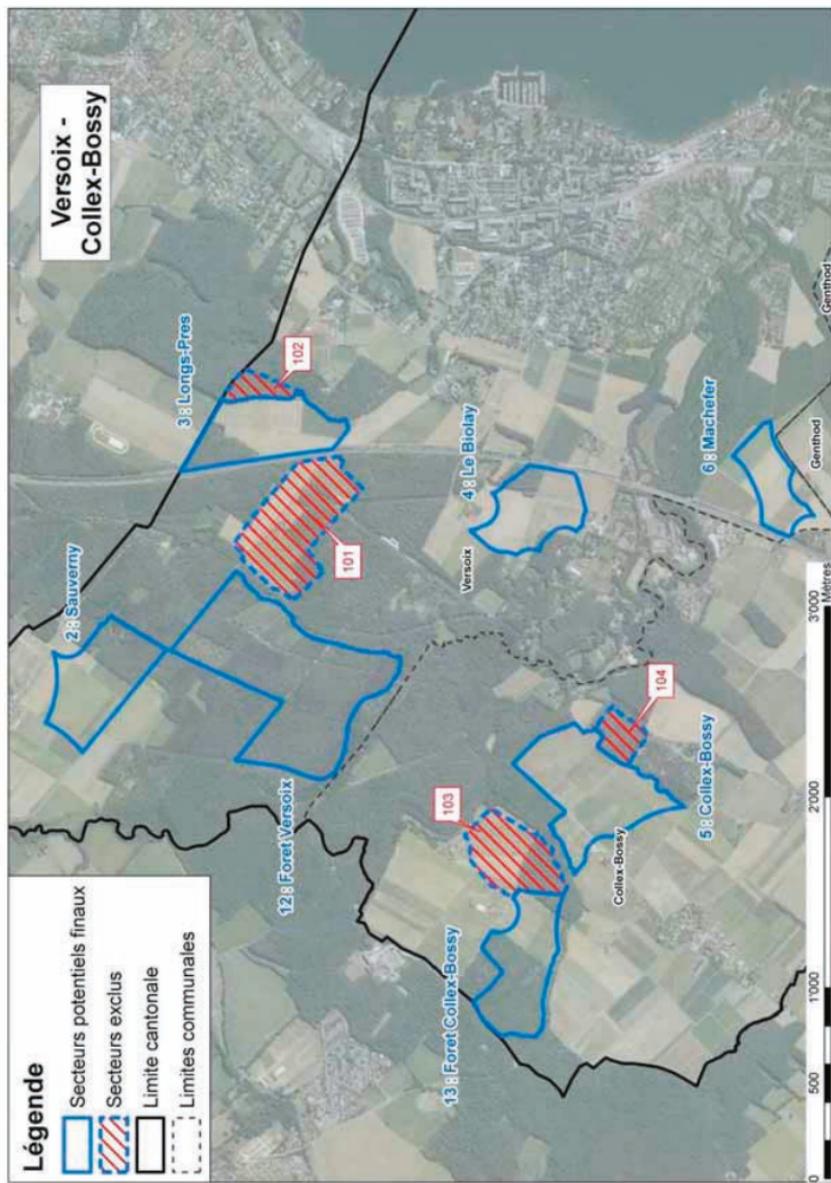
Les sites suivants ont été retirés de la sélection finale selon la Carte 27 :

- **Secteur n°101** : Ce secteur se situe sur un stand de tir communal existant et d'un cynodrome. Un projet est également en cours afin d'implanter un stand de tir cantonal. Après consultation du service cantonal de l'urbanisme, et en accord avec la commune de Versoix, ce secteur potentiel a été exclu.
- **Secteur n°102** : Cette extension du secteur n°3 Long-Près, situé en zone de forêt sur une surface d'environ 4 [ha], a été exclue après consultation de la commune. Le site potentiel de Long-Près (21 [ha]) est considéré comme suffisamment important en superficie pour l'implantation d'une décharge pour scories, ne justifiant pas le besoin de défricher une surface conséquente de forêt.

Concernant les sites implantés sur le territoire de Collex-Bossy, la commune s'est prononcée afin de ne pas prendre en compte les extensions n°103 et 104 de la Carte 27.

Ainsi, pour le secteur de Versoix-Collex Bossy, **7 sites** ont été retenus comme sites potentiels finaux, et sont représentés sur la Carte 27 en traits bleus continus:

- N°2 : Sauverny
- N°3 : Longs-Près
- N°4 : Le Biolay
- N°5 : Collex-Bossy
- N°6 : Machefer
- N°12 : Forêt Versoix
- N°13 : Forêt Collex-Bossy

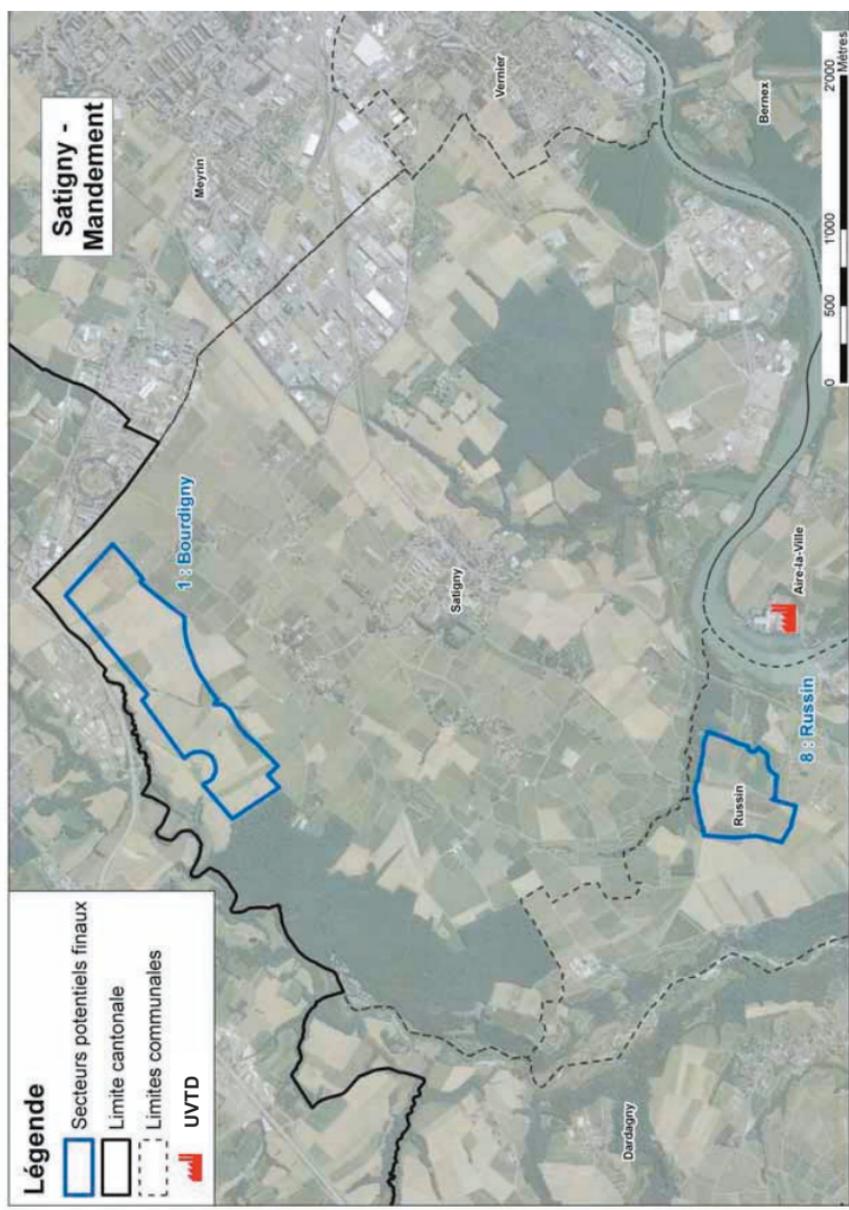


Carte 27

4.1.2 Secteur Satigny - Mandement

Concernant le secteur de Satigny et du Mandement, deux sites ont été retenus dans les communes de Satigny et de Russin et sont illustrés à la Carte 28 ci-après. Ces sites sont numérotés de la manière suivante :

- N°1 : Bourdigny
- N°8 : Russin



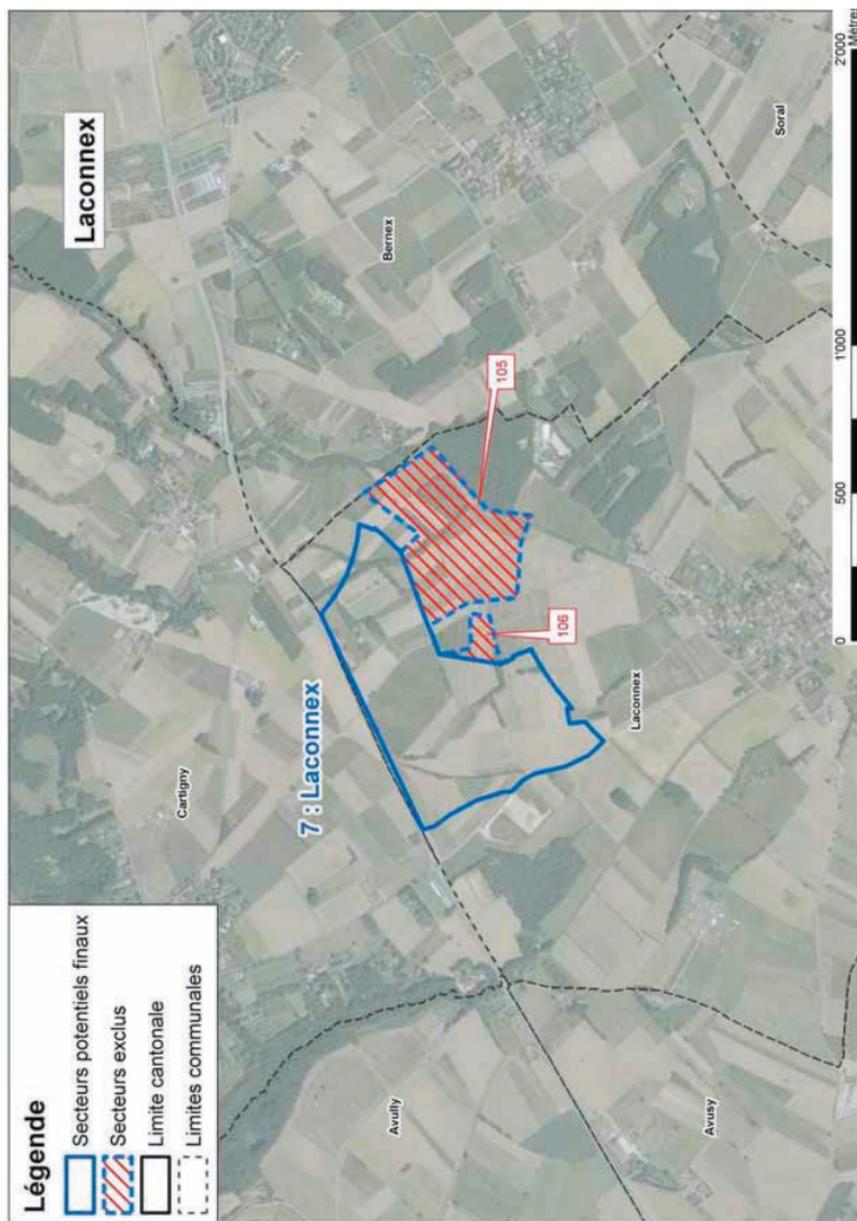
Carte 28

4.1.3 Secteur Laconnex

L'emprise du site potentiel retenu sur la commune de Laconnex (cf. Carte 29) a été adapté après discussion avec la commune en excluant les emprises n°105 et n°106.

Ce site est numéroté de la manière suivante :

- N°7 : Laconnex



Carte 29

4.1.4 Secteur Jussy - Puplinge

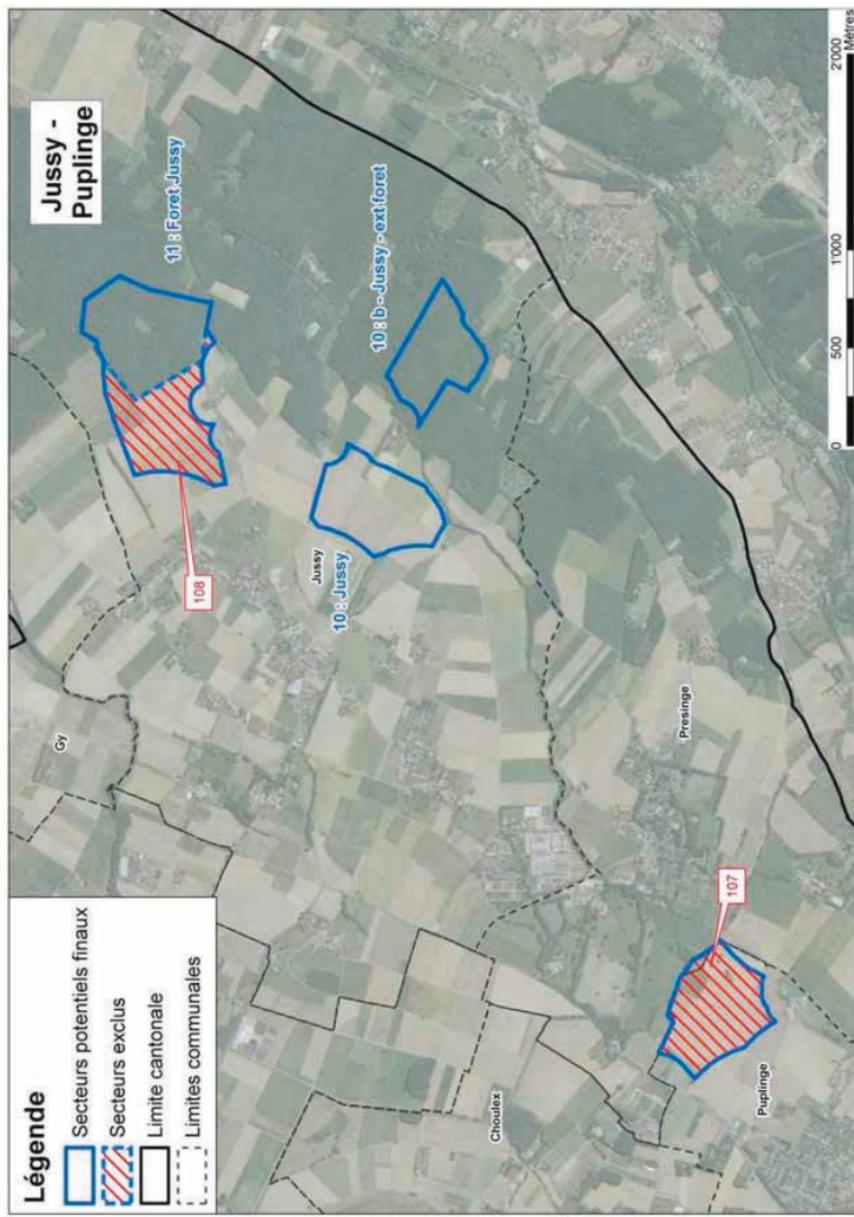
La direction générale de l'eau (DGEau) a prononcé un avis défavorable en mai 2016 concernant le site n°107 de Puplinge (cf. Carte 30) car il se situe sur la ligne d'écoulement du débordement du Nant du Paradis. De ce fait, ce site n'a pas été retenu dans la sélection finale des sites potentiels.

Concernant la commune de Jussy, les sites n°10 et 10b ont été retenus et validés.

L'extension hors-forêt n°108 situé au nord a été exclue suite aux discussions avec la commune de Jussy.

Les sites situés dans le secteur de Jussy et Puplinge sont numérotés de la manière suivante :

- N°10 : Jussy
- N°10b : Jussy – ext. Forêt
- N°11 : Forêt Jussy



Carte 30

4.1.5 Secteur Anières

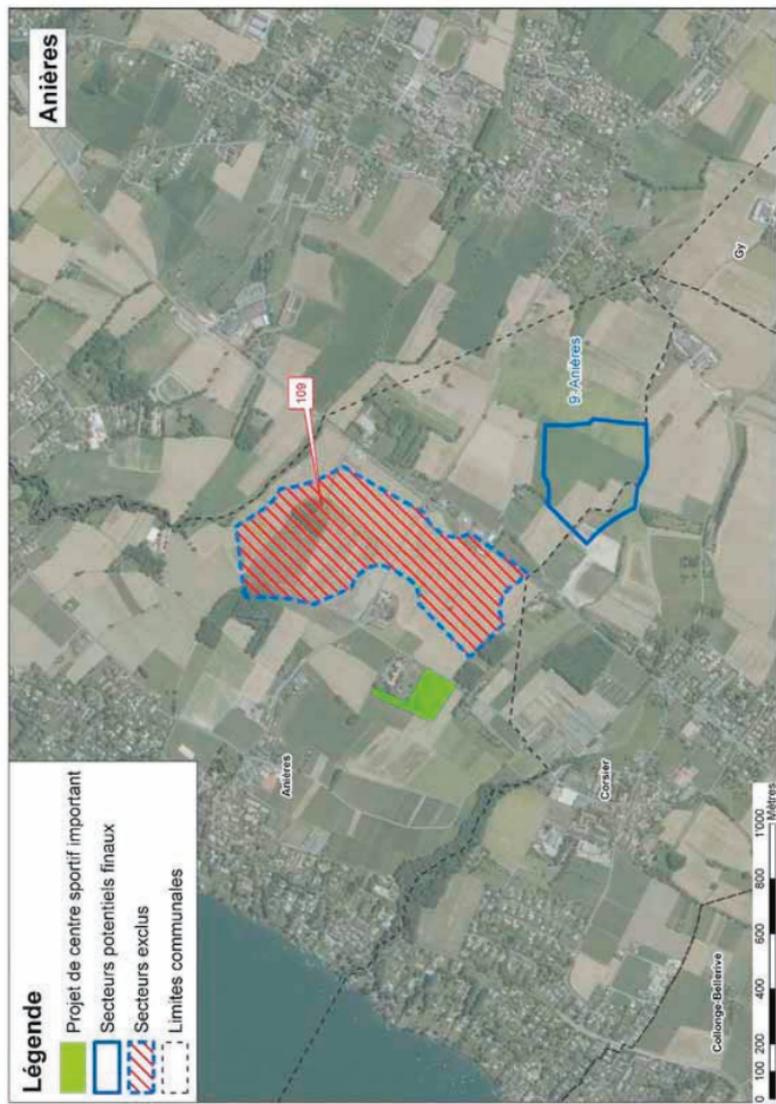
Le secteur d'Anières, illustré à la Carte 31, présentait initialement deux sites potentiels d'implantation d'une décharge. Le site N°109 a finalement été retiré pour les deux raisons suivantes :

- Présence d'un foyer pour les migrants d'une capacité de 300 personnes (selon information prise auprès de l'Hospice général) à environ 200 m à l'ouest du site n°109 ;
- Projet de centre sportif intercommunal important, à environ 150 m à l'ouest du site, comportant deux terrains de football, des buvettes, ainsi qu'un vestiaire.

Ces raisons justifient l'application d'un périmètre tampon de 500 m autour de la zone englobant le projet de centre sportif et du foyer pour migrants, avec pour effet la suppression du site n°109.

Ainsi, le seul site situé dans le secteur d'Anières est numéroté de la manière suivante :

- N°9 : Anières



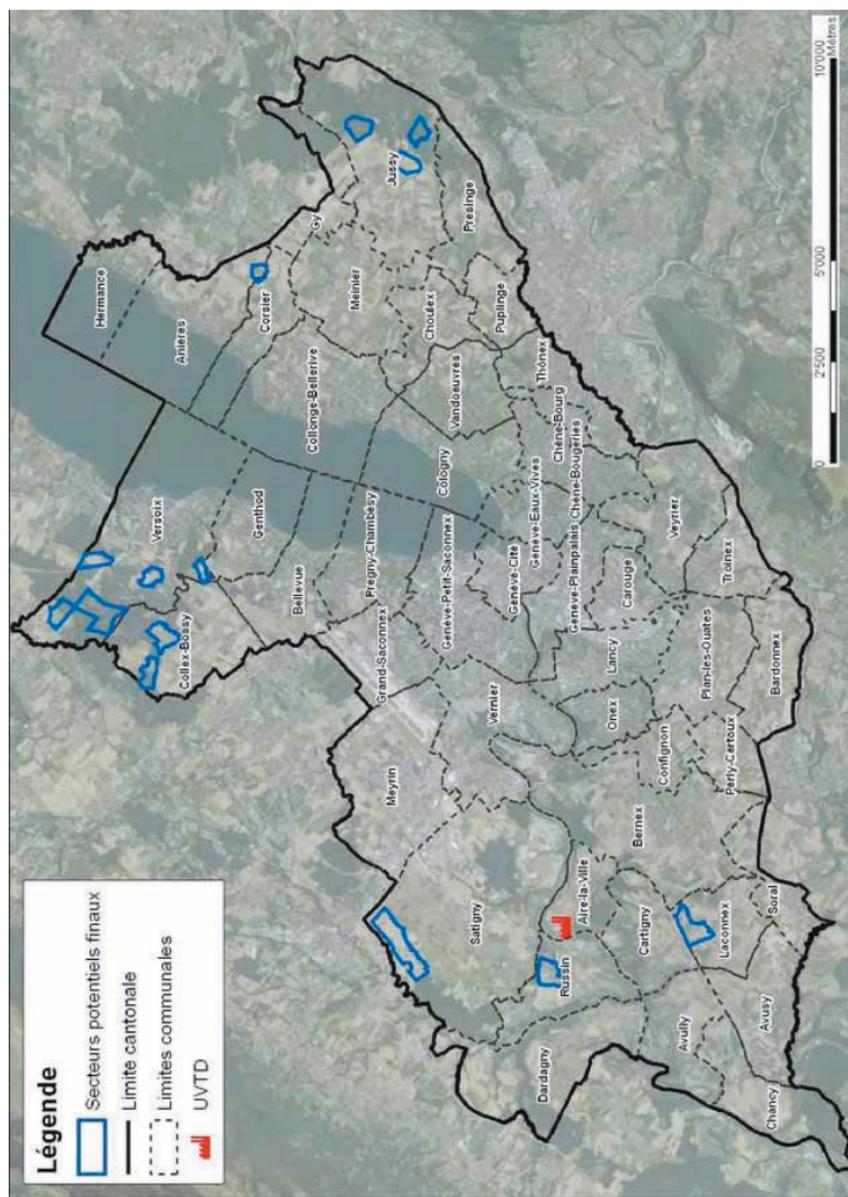
Carte 31 : Secteur Anières

CSDINGENIEURS⁺

À l'issue du COPIL du 24 juin 2016, les 13 sites suivants ont été validés :

N°	Nom	Surface [ha]	Commune
1	Bourdigny	76	Satigny
2	Sauverny	24	Versoix
3	Longs-Pres	22	Versoix
4	Le Biolay	17	Versoix
5	Collex-Bossy	30	Collex-Bossy
6	Machefer	11	Versoix
7	Laconnex	42	Laconnex
8	Russin	32	Russin
9	Anieres	13	Anières
10	Jussy	24	Jussy
10b	Jussy - ext Foret	18	Jussy
11	Foret Jussy	26	Jussy
12	Foret Versoix	60	Versoix
13	Foret Collex-Bossy	22	Collex-Bossy

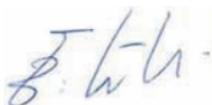
Les cartes et fiches détaillées par site figurent en annexe.



Carte 32

CSDINGENIEURS+

CSD INGENIEURS SA



Eric Säuberli



e.r Laurent Hafiz

Genève, le 19.12.2016

LISTE DES ANNEXES

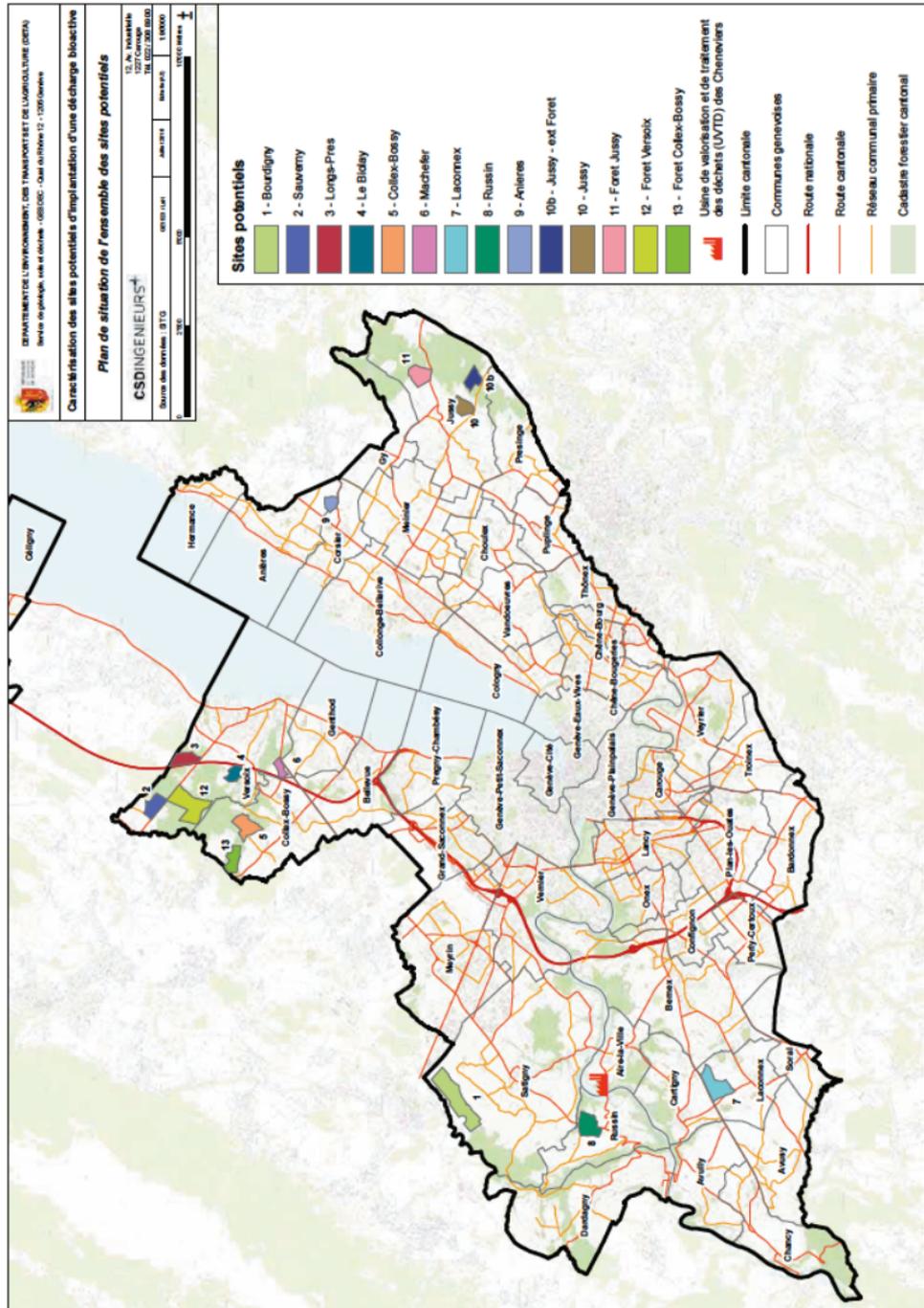
Annexe 1 : Plan de situation de l'ensemble des sites potentiels

Annexe 2 : Cartes détaillées et fiches descriptives des caractéristiques des sites potentiels

Pour préserver l'environnement, CSD imprime ses documents sur du papier 100 % recyclé (ISO 14001).

ANNEXE 1

Plan de situation de l'ensemble des sites potentiels



ANNEXE 2

Cartes détaillées des sites potentiels

&

**Fiches descriptives des caractéristiques des sites
potentiels**



DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT, DES TRANSPORTS ET DE L'AGRICULTURE (DETA)

Service de géologie, sols et déchets - GESDEC - Quai du Rhône 12 - 1205 Genève

Caractérisation des sites potentiels d'implantation d'une décharge pour scories sur le canton de Genève / Légende générale des cartes

Périmètre d'implantation potentielle

CRITERES DE DEFINITION

Aménagements du territoire

Zones à bâtir et exposition visuelle potentielle

- Zone d'habitation
- Zone périurbaine, d'activités économiques et d'équipements publics
- Périmètre d'exposition visuelle potentielle de 200 m
- Périmètre d'exposition visuelle potentielle de 500 m
- Protection du patrimoine naturel et bâti selon LPMNS - classés et parcelles inscrites
- Périmètre d'exposition visuelle potentielle de 500 m autour du site classé ou inscrit
- Cadastre viticole - vignobles protégés

Habitations et exposition visuelle potentielle

- Habitation
- Bâtiment projeté
- Périmètre d'exposition visuelle potentielle de 100 m

Infrastructures majeures et réseaux industriels

- Ligne Haute-Tension
- Gazoduc / Oléoduc

Périmètres naturels protégés

- Réserve naturelle
- Périmètre de protection des rives
- Inventaire des zones alluviales
- Protection de sites naturels
- Site sous convention Ramsar
- Réserve OROEM (oiseaux d'eau et migrateurs)
- Site de reproduction des batraciens (OBAT)

Cours d'eau et dangers naturels

Cours d'eau

- A ciel ouvert
- Cours d'eau enterré
- Voutage, canalisation
- Espace inconstructible lié au cours d'eau

Dangers liés aux crues

- Danger élevé
- Danger moyen
- Danger faible
- Danger résiduel

Hydrogéologie

- Nappe Profonde

Périmètres de protection des eaux

- Secteur Ao
- Secteur Au

ELEMENTS LIES A L'IMPLANTATION DU SITE DE STOCKAGE

Aménagement à prévoir

- Déviation de cours d'eau
- Route à construire
- Route à réaménager
- Collecteur d'évacuation gravitaire des lixiviatés

Réseaux des collecteurs des eaux usées

- Eaux usées, Primaire
- Eaux usées, Secondaire
- Chambre de raccordement (EU) au site d'implantation
- Cote minimale du périmètre d'implantation potentiel

Parcellaire des collectivités publiques

- Commune
- Etat de Genève

ELEMENTS INDICATIFS

Eléments d'hydrogéologie

- Nappe superficielle
- Nappe superficielle (zone latérale)

Nature, Forêt, Agriculture

- Corridor biologique
- Cadastre forestier

Site prioritaire "flore"

Niveaux de protection

- Niveau 1
- Niveau 2
- Niveau 3

Réseaux de transport

Routiers

- Route Nationale
- Route Cantonale
- Réseau communal

Ferroviaire

- Ligne ferroviaire existante
- Ligne ferroviaire projetée (PDC, 2030)

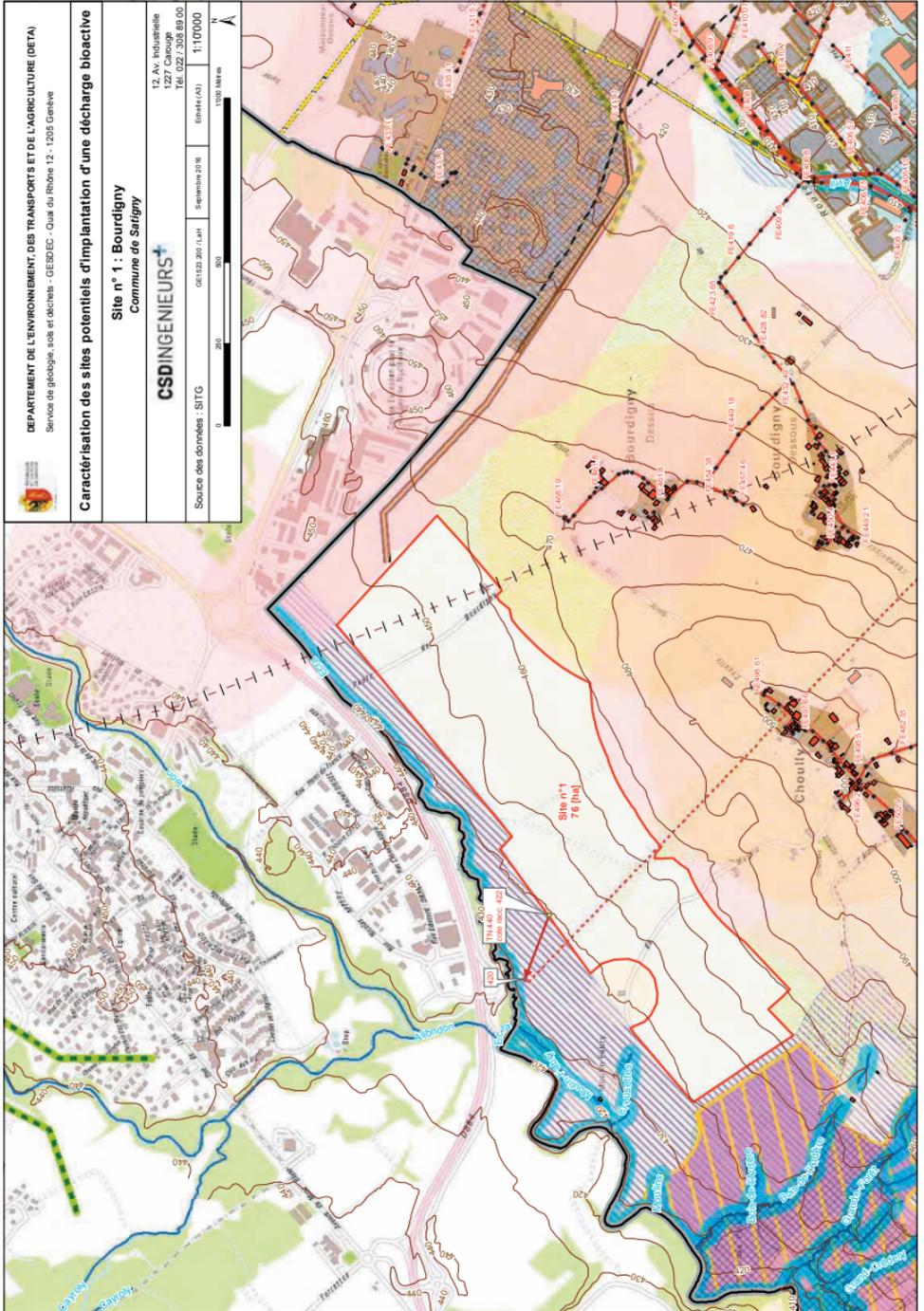
Données cadastrales

- Frontière
- Limite cantonale
- Limite communale
- Limite parcellaire
- Bâtiment
- Courbe de niveau

ANNEXE 2 :

Les cartes et fiches descriptives des 13 sites retenus sont présentées en vis-à-vis dans les feuillets ci-après.

- 1. Bourdigny**
- 2. Sauverny**
- 3. Longs-Près**
- 4. Le Biolay**
- 5. Collex-Bossy**
- 6. Machefer**
- 7. Laconnex**
- 8. Russin**
- 9. Anières**
- 10. Jussy**
- 10b. Jussy –ext Forêt**
- 11. Forêt Jussy**
- 12. Forêt Versoix**
- 13. Forêt Collex-Bossy**

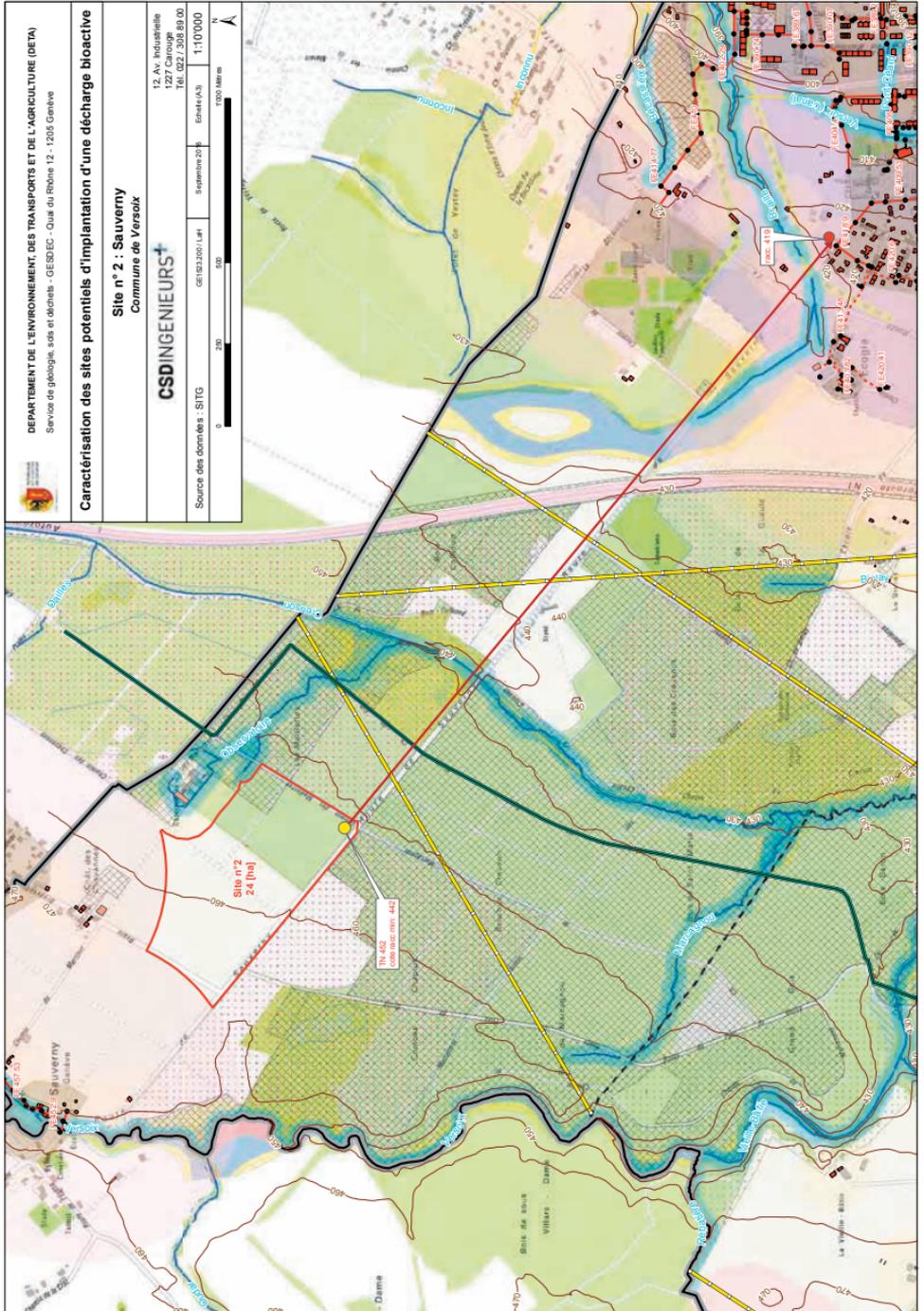


Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°1 : Bourdigny - Commune de Satigny

Surface potentielle 76 [ha]

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Impérialité et homogénéité du solubasement	Ton de la matrice entre 430 et 460 [mm], recouvrement de 0 à 10 [m] de formation quaternaire (moraine, Inconoue). La qualité de la barrière géologique doit être vérifiée à l'un stade ultérieur (état de fracturation de la roche).
Situation par rapport aux nappes profondes du domaine public	Situ à l'est d'une route empruntée de nappe profonde.
Situation par rapport aux nappes superficielles temporaires	Situ à l'est d'une route empruntée de nappe superficielle.
Vulnérabilité des eaux de surface et aux dangers naturels (rés aux cours)	Situ à 40 [m] du Nant de l'Est. Pas de danger de ruissellement vers la zone de stockage aux crues.
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	
Exposition des zones d'habitation	Exposition partielle des zones résidentielles de Saint Denis, Thoiry P et de Chouly (commune Surt), situées à 500[m] de la limite du secteur. Pas de visibilité depuis le village de Bourdigny (dne de crête).
Impacts sur les milieux naturels	Pas de milieu naturel à enjeux particuliers, ni de corridors biologiques à enjeux à l'intérieur du secteur.
Impacts sur le paysage	Paysage inférieur du secteur relativement déprimé. Plans supérieurs relativement exposés à grande échelle, en direction du Pays de Gex.
Impacts sur l'agriculture	Céleres cultivés (75 [ha]) - Vergers (05 [ha]).
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et contraintes d'aménagement	Pas de conflits inventoriés. Le nouvel axe ferroviaire prévu dans le Plan Directeur Cantonal sera installé à grande profondeur, en tunnel.
Eloignement des producteurs de déchets	Situ à ~10,5 [km] de l'AVTD des Cheneviers.
Conditions d'accès et nuisances liées au trafic.	Accessibilité par des routes cantonales adaptées au trafic poids lourds jusqu'à la route de Monthornet. Nécessité de créer une route d'accès spécifique de 430 [m] le long du périmètre du CERB, dans le prolongement de la route communale de Weisskopf, à dégrgr sur 1 [km]. Avec routes empruntées généralement peu de nuisances aux zones résidentielles du contournement de Satigny.
(C) FAISABILITE TECHNIQUE	
Volume utile potentiel	~ 2 millions de m3
Possibilité de recorder gratuitement les livraisons de déchets au réseau EU	Recommandation à envisager sur la galerie EU de Chouly (cote estimée à 420 [m]).
Procédure d'implantation de la décharge	Conditionnée par les possibilités d'évacuation gazière. Procédure minimale d'excavation d'enf. 15 [m] au point bas de la décharge (cote du point bas à env. 425 [m]).
Potentiel de valorisation des matériaux excavés	Matériaux inertes à l'exception des débris métalliques en fait, pas de matériaux de construction. Possibilité de recyclage biologique intéressant (intégration paysagère).
Rapport V _{max} à 1000 [m] / V ₁₀₀₀ (estimation indicative)	Pas d'excavation nécessaire.
Conditions de propriété	Environ 40 parcelles du domaine privé sont concernées, de tailles plutôt importantes.

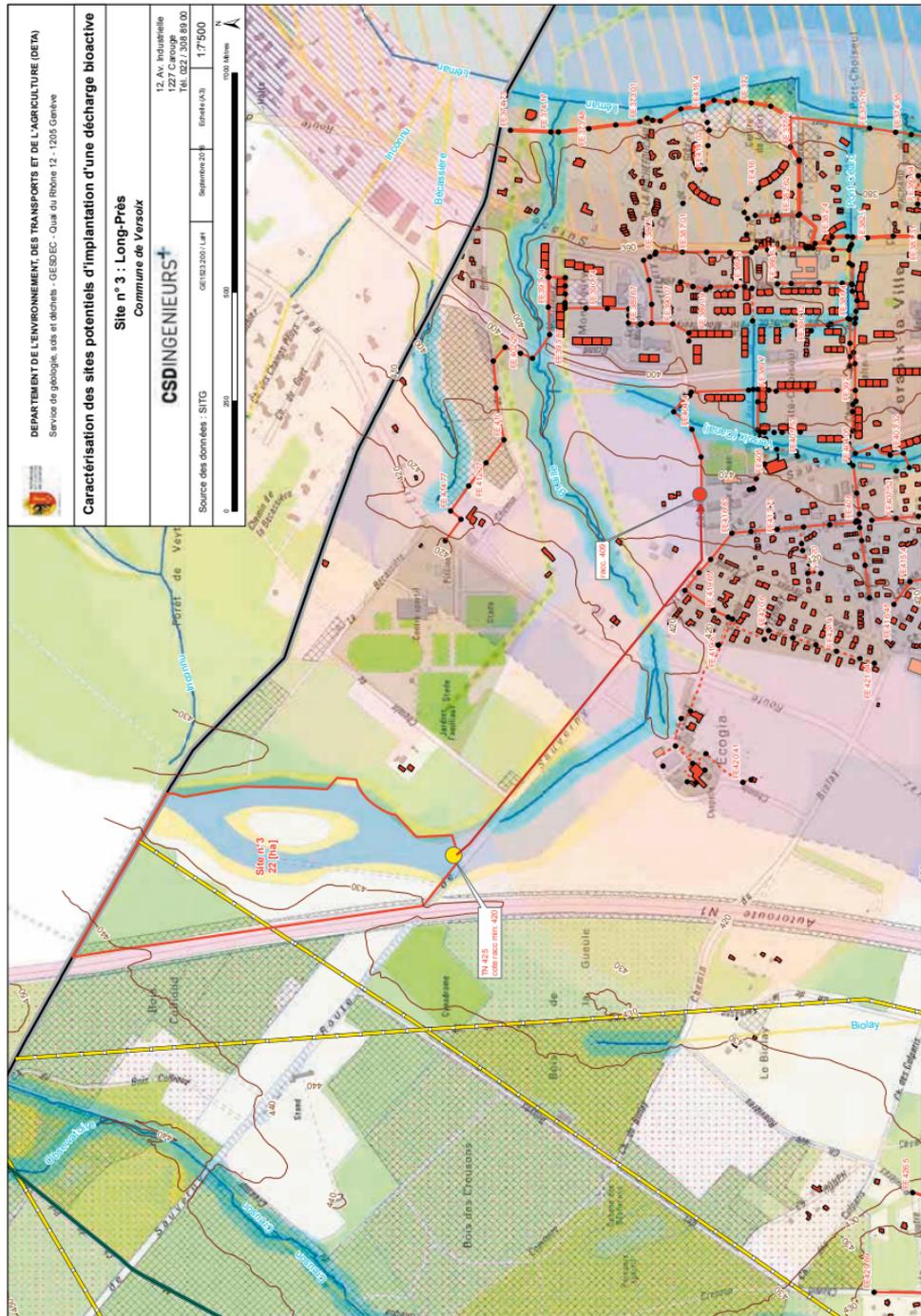


Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°2 : Sauvigny - Commune de Versoix

Surface potentielle 24 [ha]

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Prevenance et homogénéité du roulement	Sous et construits de formations quaternaires (moyenne (micro-agulière) sur une épaisseur de 15 à 25 [m] au-dessus de la roderite). La qualité de la barrière géologique devra être confirmée aux moyens de sondages.
Situation par rapport aux zones protégées du domaine public	Statut à l'exclusion de toute emprise de nappe profonde.
Situation par rapport aux zones protégées temporaires	Statut à l'exclusion de toute emprise de nappe superficielle.
Vulnérabilité des nappes de surface et des écoulements (des aux crues)	30 [m] du Réseau de l'Ocheur visible - 100 [m] du point d'eau stagnant - 325 [m] de la Versoix. Par ailleurs statut à l'exclusion de toute zone de dangers liés au sol.
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLORATION	
Exposition des zones d'habitation	Exposition visuelle très limitée (présence du bois de Versoix en limite sud). Partir nord du secteur, potentiellement visible depuis Chevannes des Bois.
Impacts sur les milieux naturels	Statut de milieu vulnérable à certains particularités. Statut à l'exclusion du bois de Versoix. Travail sur les surfaces vulnérables (à l'exclusion des surfaces agricoles) et remodelage topographique à l'aménagement de la décharge pour améliorer considérablement son aspect visuel de la route de la Versoix. Installation du périmètre dans le projet agrémenté par un "collet" (PNE). Le réseau contenu dans le réseau agro-environnemental local (REL).
Impacts sur le paysage	Très bon état du secteur bien drainé (fond).
Impacts sur l'agriculture	Grandes cultures (14 [ha]) - Arboriculture (5,5 [ha]) Statut partiellement en surface d'assainissement (SDA).
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et contraintes d'aménagement	Pas de conflits éventuels.
Eloignement des producteurs de déchets	Statut à -20,0 [km] de l'UVTD des Cheminiers.
Conditions d'accès et relations liées au trafic	Accès par l'autoroute entre les portions de Bienne et du Grand-Saconnex puis accès par un réseau de routes départementales adaptées au trafic poids lourds. Avec l'absence d'empêchement par rapport au réseau des axes routiers départementaux de Sauvigny.
(C) PAYSABILITE TECHNIQUE	
Volume des déchets	4-2 milliers de m ³
Possibilité de recueillir gratuitement les déchets de décharge au réseau EU	Raccordement à envisager au collecteur (EU 1180 [mm]) situé sur la route cantonale de Sauvigny à 2 [km] du périmètre d'exploitation potentielle.
Profondeur d'imposition de la décharge	Profondeur maximale d'excavation prévue - 10 [m] au point bas de la décharge (cote du point bas à env. 442 [mm]).
Potentiel de valorisation des matières excédentaires	Aucune possibilité de valorisation des matières excédentaires envisageable en tant que matériaux de construction Potentiel de recyclage biologique par l'opération par exemple.
Rapport V _{max} / V _{max,est} (V _{max,est} estimation indicative)	Ratio de 1,4
Conditions de progrès	Une dizaine de parcelles sont concernées, de tailles moyennes. Principalement du domaine privé sauf certaines parcelles qui se situent en forêt.



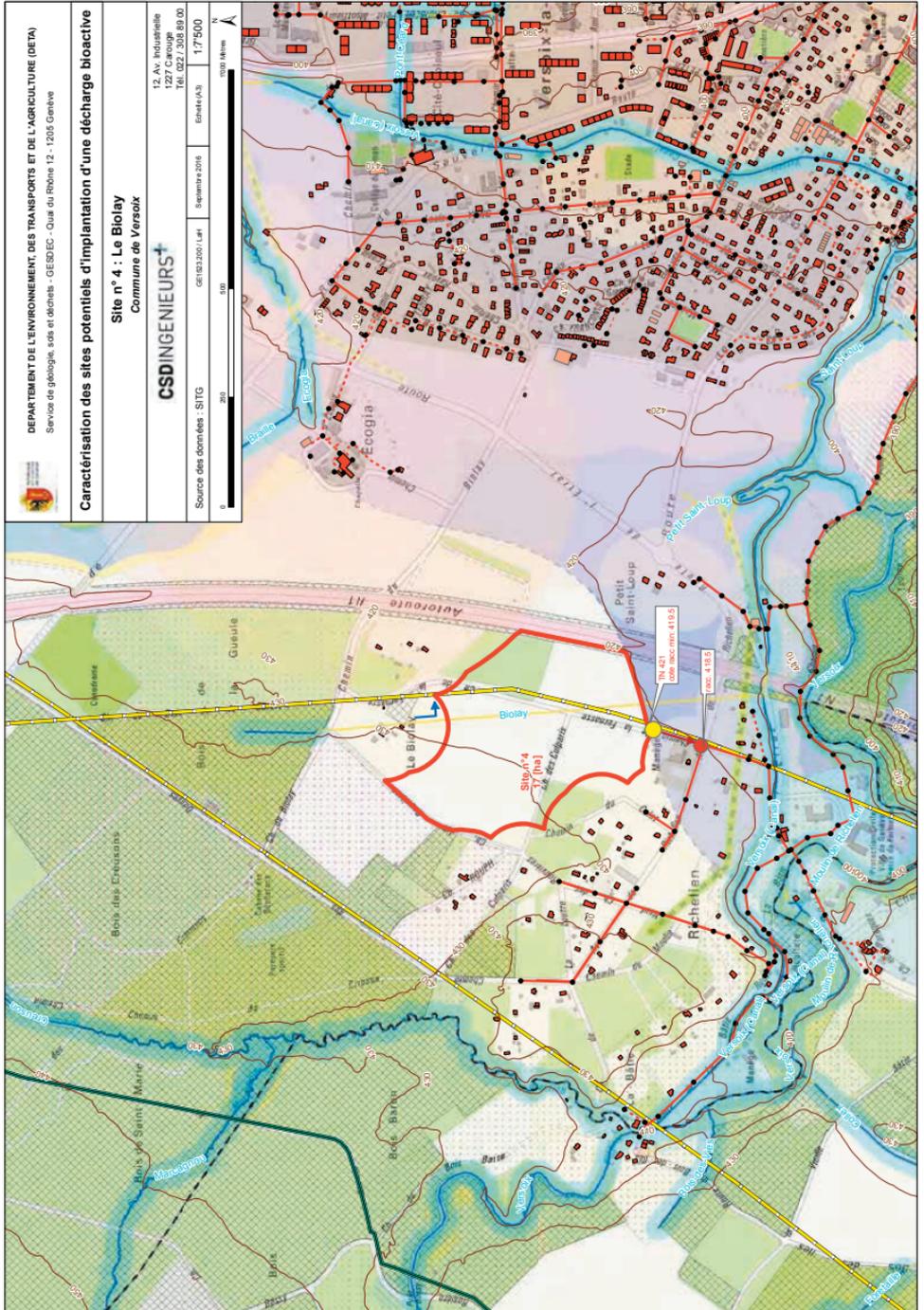


Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°3 : Longs-Prés - Commune de Versoix

Surface potentielle 22 [ha]

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Impérialité et homogénéité du sol/basement	Sous sol constitué de formations quaternaires (sables fins-grains) sur une épaisseur de 30 [m] au-dessus de la roche. La qualité de la barrière géologique devra être confirmée sur moyen de sondages.
Situation par rapport aux zones protégées du domaine public	Site à l'estérieur de toute emprise de nappe profonde. La nappe profonde du Montfleurvet présente à environ 200 [m] du périmètre potentiel.
Situation par rapport aux zones protégées temporaires	Site à l'estérieur de toute emprise de nappe superficielle.
Vulnérabilité des eaux de surface et aux dangers naturels (lacs aux cours)	Le lac de Bière est situé à 100 [m]. La zone d'eau vive du lac (type) doit être évaluée compatible avec la caractérisation des eaux de surface. Périmètre inclus en zone de danger (à une surface de 10 [ha]). La compatibilité de l'implantation du site de décharge avec les enjeux de protection contre les dangers liés aux crues (préservation des zones d'expansion (digue, évier, vasières) à un stade ultérieur en coordination avec la DEMA.
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	
Exposition des zones d'habitation	Exposition visuelle très limitée du fait de l'implantation de part et d'autre des massifs forestiers et de l'autoroute.
Impacts sur les milieux naturels	Présence de la grande faune en lisière de forêt. Périmètre inclus dans le profil agro-environnemental carbonat « Convert » (PAE). Le même contenu dans le réseau agro-environnemental (tableau) (RAE)]
Impacts sur le paysage	Emprise du secteur nord sur le lac.
Impacts sur l'agriculture	Générés collectifs (15 [ha]). Seul en surface d'acidité.
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et contraintes d'aménagement	Plan de conflits inventoriés.
Eloignement des producteurs de déchets	Site à ~23,0 [km] de LAVTD des Cheneviers.
Conditions d'accès et nuisances liées au trafic	Accessibilité directement par la route cantonale de Sauvigny adjacente au trafic poids lourds. Avec routes empruntées fréquemment par des nuisances aux zones résidentielles.
(C) FAISABILITE TECHNIQUE	
Volume utile potentiel	~2 millions de m ³
Possibilité de raccorder gravitairement les flux/débits de décharge au réseau EU	Recommandation à envisager au collecteur EU situé à 1000 [m] du périmètre potentiel (cote du collecteur: 400 [m]am)
Procédure d'implantation de la décharge	Procédure minimale d'excavation d'environ 5 [m] au point bas de la décharge (cote du point bas à env. 420 [m]am).
Potentiel de valorisation des matériaux excavés	Matières premières à l'extraction des déchets, utilisables en tant que matériaux de construction. Potentiel de recyclage biogéochimique intéressant (intégration paragraphes)
Rapport V _{max} / V ₁₀₀₀ (estimation indicative)	Ratio de 2,4
Conditions de propriété	Une très grande parcelle communale contribue la majorité du site potentiel. Le site est entouré de parcelles de forêt (~5) majoritairement du domaine public (Communal), relevant du domaine privé.



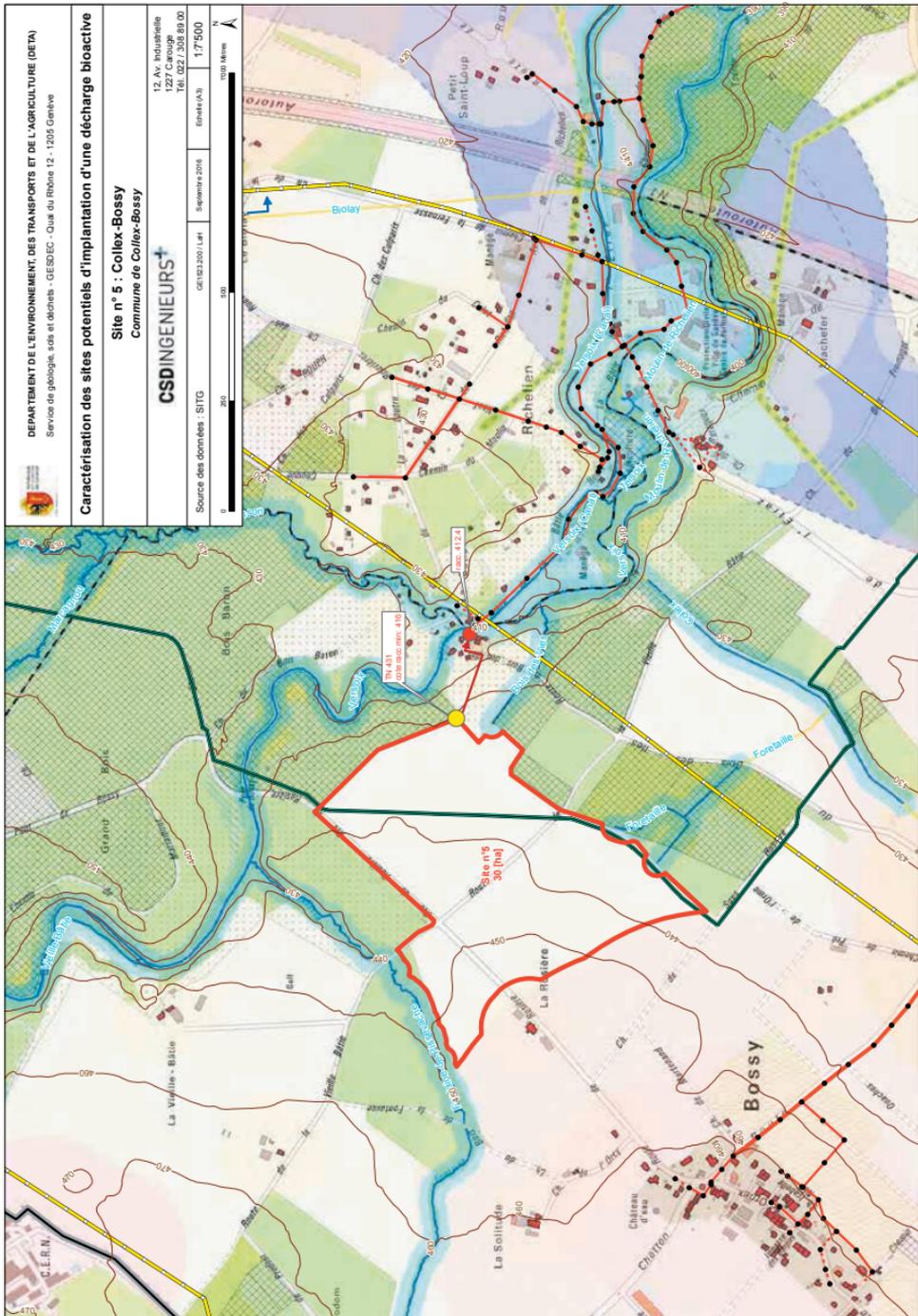


Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°4 : Le Biolay - Commune de Versoix

Surface potentielle 17 [ha]

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Impérialité et homogénéité du sol/déchet	Sous sol constitué de formations quaternaires à priori moyennement limoneuses ou limono-sableuses de 30 à 50 [m] au-dessus de la roche. L'alluvion ancienne, qui abrite la nappe du Montfeyrier, est présente en limite sud du périmètre. Un quart de la surface étudiée forme deux unités à un faible relief et au moyen de pentes faibles.
Situation par rapport aux nappes profondes du domaine public	Site à l'estérieur de toute emprise de nappe profonde. La nappe profonde du Montfeyrier est présente en limite sud du site.
Situation par rapport aux nappes superficielles/temporaires	Site à l'estérieur de toute emprise de nappe superficielle.
Vulnérabilité des eaux de surface et aux dangers naturels (flès aux cours)	Sur le site du Biolay existait un abreuvoir (opportunité de remise à ciel ouvert en cohérence avec la topographie naturelle) ; étalé à 310 [m] de la Versoix.
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	
Exposition des zones d'habitation	Exposition partielle des habitations proches du hameau de Rivoirein et des premières villas à l'ouest de Versoix.
Impacts sur les milieux naturels	Emprise du bois des Douvres, du bois de la Gualle et de réserves naturelles (forêt de Versoix). Proximité avec des parcs inscrits au Sites protégés (niveau 1), un Site suisse (Oche), et de réserves naturelles (forêt de Versoix). Pas de corridors biologiques à l'intérieur du secteur. Première route dans le paysage agro-environnemental (carré de Couvet à PSE). Un même corridor dans le sens agro-environnemental (forêt de Oche).
Impacts sur le paysage	Exposition limitée grâce à la proximité de la forêt.
Impacts sur l'agriculture	Sécheresse culturale (14 [ha]). Secteur inclus en surface cadastrale (SDA).
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et contraintes d'aménagement	Pas de conflits inventoriés.
Engagement des producteurs de déchets	Site à < 210 [m] de l'UVED de Cheneviers.
Conditions d'accès et nuisances liées au trafic.	Accessible par des routes nationales adaptées au trafic poids lourds jusqu'aux routes de l'Etraz et Saussy. Nécessité d'éclairer les chemins des Douvres et des Rivoireins sur 1,25 [km] pour la route de l'Etraz. Nécessité d'éclairer les chemins des Rivoireins et du Biolay sur 0,9 [km]. Une route départementale présente part de l'habitat sur l'axe départemental.
(C) FAISABILITE TECHNIQUE	
Volume utile potentiel	~2 millions de m ³
Possibilité de recorder gratuitement les livraisons de déchets au réseau EU	Recommandation d'enviager au collecteur EU situé à 140 [m] du périmètre potentiel (cote du collecteur - 418,5 [mm]).
Profondeur d'implantation de la décharge	Profondeur minimale d'excavation env. 2 [m] au point bas de la décharge (cote du point bas à env. 419,5 [mm]).
Possibilité de réalisation des matériaux escarés	Matériau limoneux et modérément drainable, utilisables en tant que matériaux de construction.
Rapport $V_{max} = V_{total} / V_{total}$ (estimation indicative)	Potentiel de recyclage biologique (intégration paysagère).
Conditions de propriété	Ratio de 1:8
	Deux grandes parcelles du domaine public (Communal - Versoix) en plein centre du site, entourées par des petites parcelles du domaine privé (-5) et une petite parcelle du domaine public (Esi).





Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°5 : Collex-Bossy - Commune de Collex-Bossy

Surface potentielle 30 [ha]

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Impérialité et homogénéité du sol/déchet	Sous sol constitué de formations quaternaires (sables fins-grains) sur une épaisseur de 30[m] au-dessus de la motasse. La qualité de la barrière géologique devra être confirmée au moyen de sondages.
Situation par rapport aux zones protégées du domaine public	Site à l'est d'un réseau de route profonde.
Situation par rapport aux zones protégées temporaires	Site à l'est d'un réseau de route superficielle.
Nuisances des eaux de surface et aux dangers naturels (flès aux cours)	Lime au sud du secteur situé à 30 [m] du haut de l'affleurement du Russeau du Bois des Vies, affluents de la Venouse. La Venouse se trouve à 70 [m] de la limite nord-est du secteur. Le Russeau l'Oratoire-Pissinazone se situe à 30 [m] de la limite nord-ouest du secteur. Précaution pour un départ d'eau pour un danger aux cours.
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	
Exposition des zones d'habitation	Exposition visuelle partielle sur les habitations des hauteurs des zones résidentielles de la Bâle et de la Croisette. Exposition visuelle positive depuis la partie ouest du village de Bossy.
Impacts sur les milieux naturels	Plan de milieux naturels à enjeux particuliers en zone d'habitation à proximité de la Venouse. Configuration de 70m avec la ligne naturelle du bois de l'Oratoire, l'ancien Arrière du Cornet (projet 2000). Secteur situé en dehors de périmètre de protection générale des rives de la Venouse.
Impacts sur le paysage	Ensemble du secteur bien distants, exposition visuelle limitée mais possible depuis le village de Bossy (implantation à l'arc de courbe continue par la route sur 3 côtés).
Impacts sur l'agriculture	Secteur cultivé (30 [ha]). Secteur entièrement inclus en surface d'assèchement (SDA).
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et contraintes d'aménagement	Présence du gisement de pression GAZINAT traversant le périmètre du nord au sud.
Eloignement des producteurs de déchets	Site à <210 [m] de l'UATD des Cheneviers.
Conditions d'accès et nuisances liées au trafic	Accessible par la route cantonale adaptée au trafic poids lourds jusqu'à la route des F'ayettes. Nécessaire d'être déchargé (la route de la Vieille-Bâle sur 2 [km] pour accéder au périmètre du site. Les routes empruntées généralement peu de nuisances aux zones résidentielles.
(C) FAISABILITE TECHNIQUE	
Volume utile potentiel	<2 millions de m ³
Possibilité de recorder généralement les livraisons de déchets au réseau EU	Recommandé à envisager au collecteur EU situé à 200 [m] (la périmètre potentiel (cote de collecteur 414,42 [m])).
Procédure d'implantation de la décharge	Prévoir minimalement d'excavation d'environ 15 [m] au point bas de la décharge (cote au point bas à env. 410 [m]).
Potentiel de valorisation des matériaux excavés	Matériaux imprimés et emballages, déchets plastiques, déchets métalliques en tant que matériaux de construction (potentiel de recyclage biologique (intégration paysanne)).
Rapport V _{max} / V ₁₀₀₀ / V ₁₀₀₀₀ (estimation indicative)	Ratio de 4,3
Conditions de propriété	Deux grandes parcelles agricoles du domaine privé sont présentes sur l'impression du secteur.

DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT, DES TRANSPORTS ET DE L'AGRICULTURE (DETA)
 Service de géologie, sols et déchets - GESDEC - Quai du Rhône 12 - 1205 Genève

Site n° 6 : Machefer
 Commune de Versoix

CSDINGENIEURS+

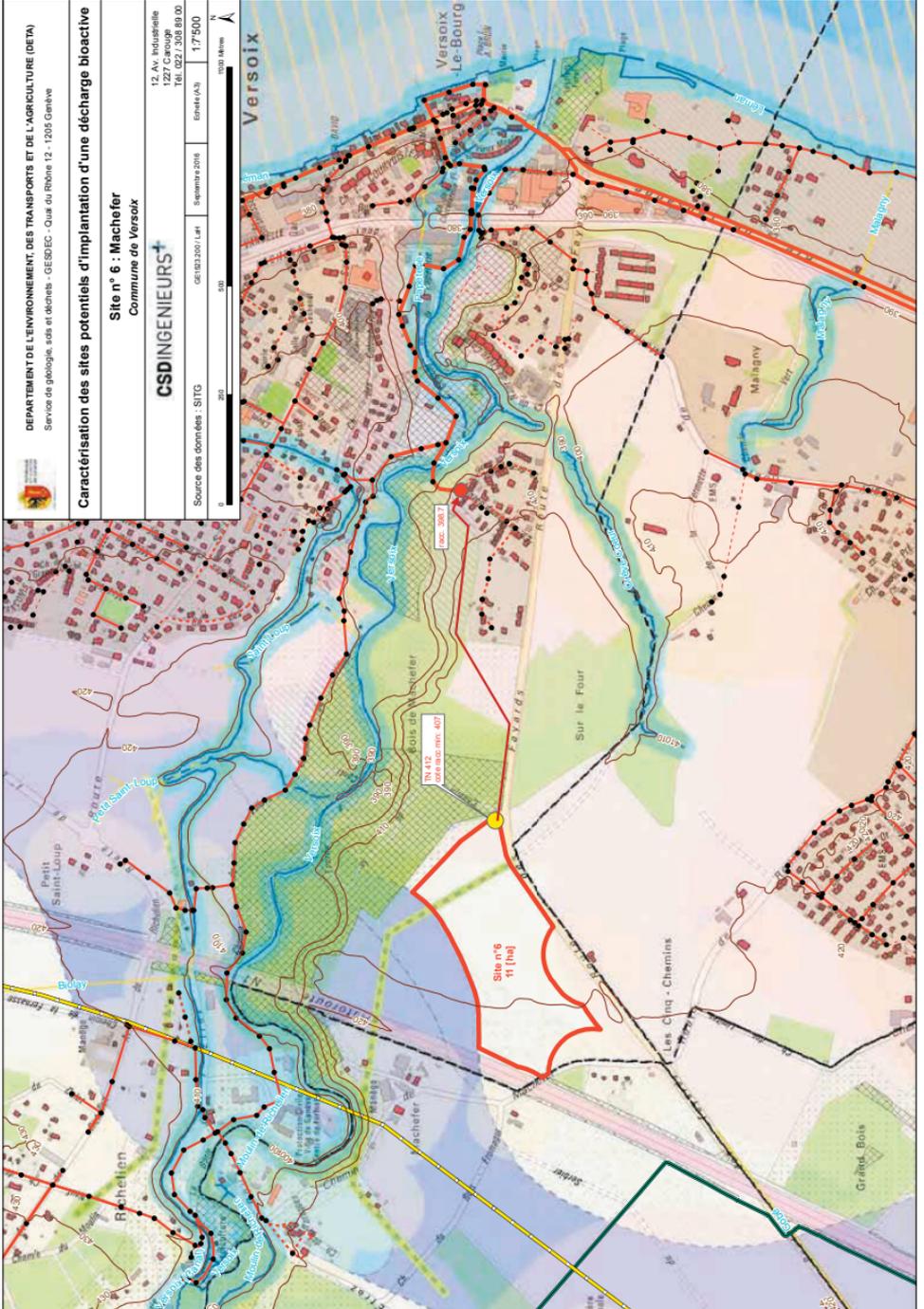
12, Av. Industrielle
 1207 Carouge
 Tél. 022 7 308 89 00

06/04/16/3 1,7'500

06/04/16/20/1/4/1 06/04/16/20/1/4/1 06/04/16/20/1/4/1

Source des données : SITG

0 300 600 900 Mètres



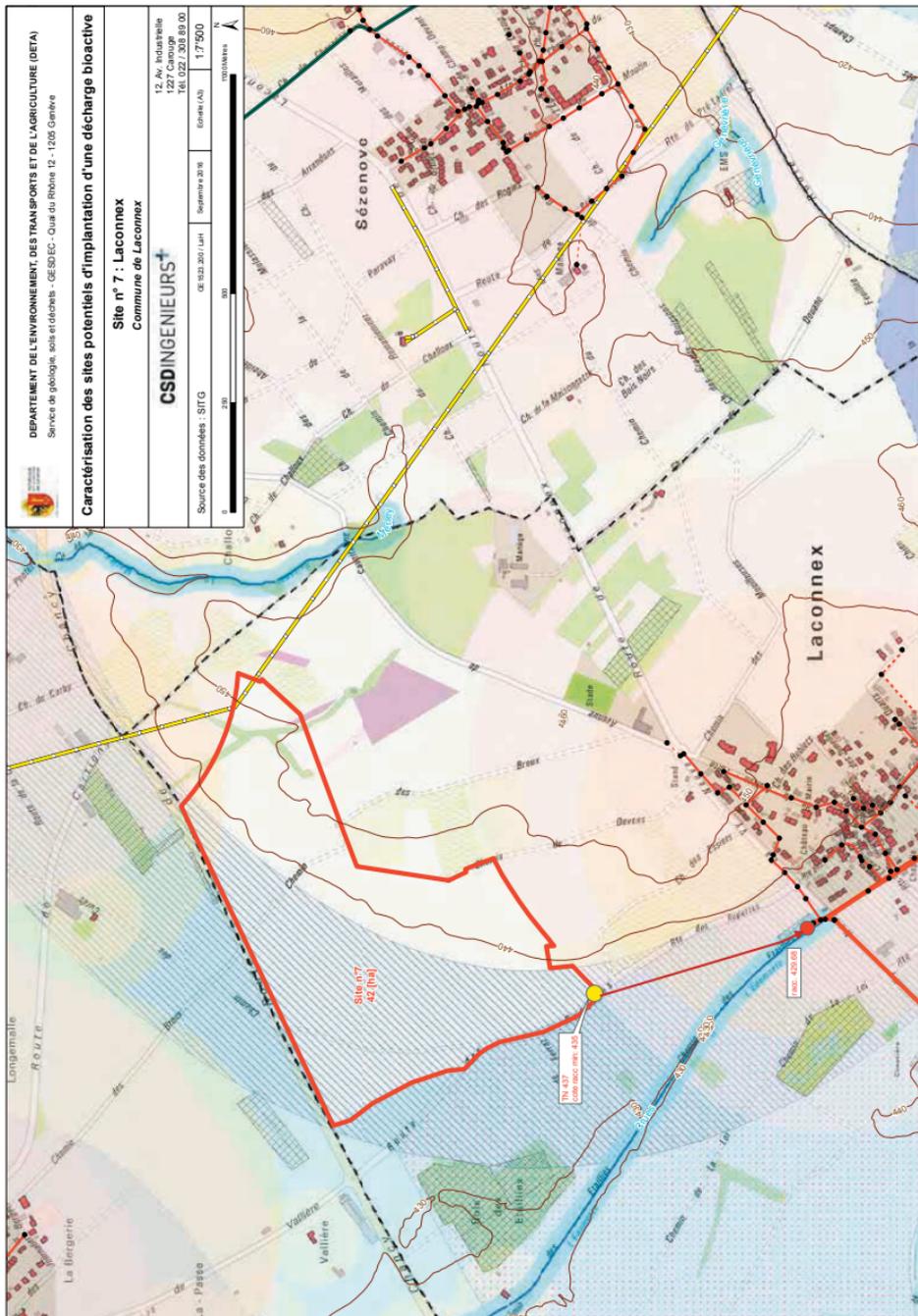


Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°6 : Machefer - Commune de Versoix

Surface potentielle 11 [ha]

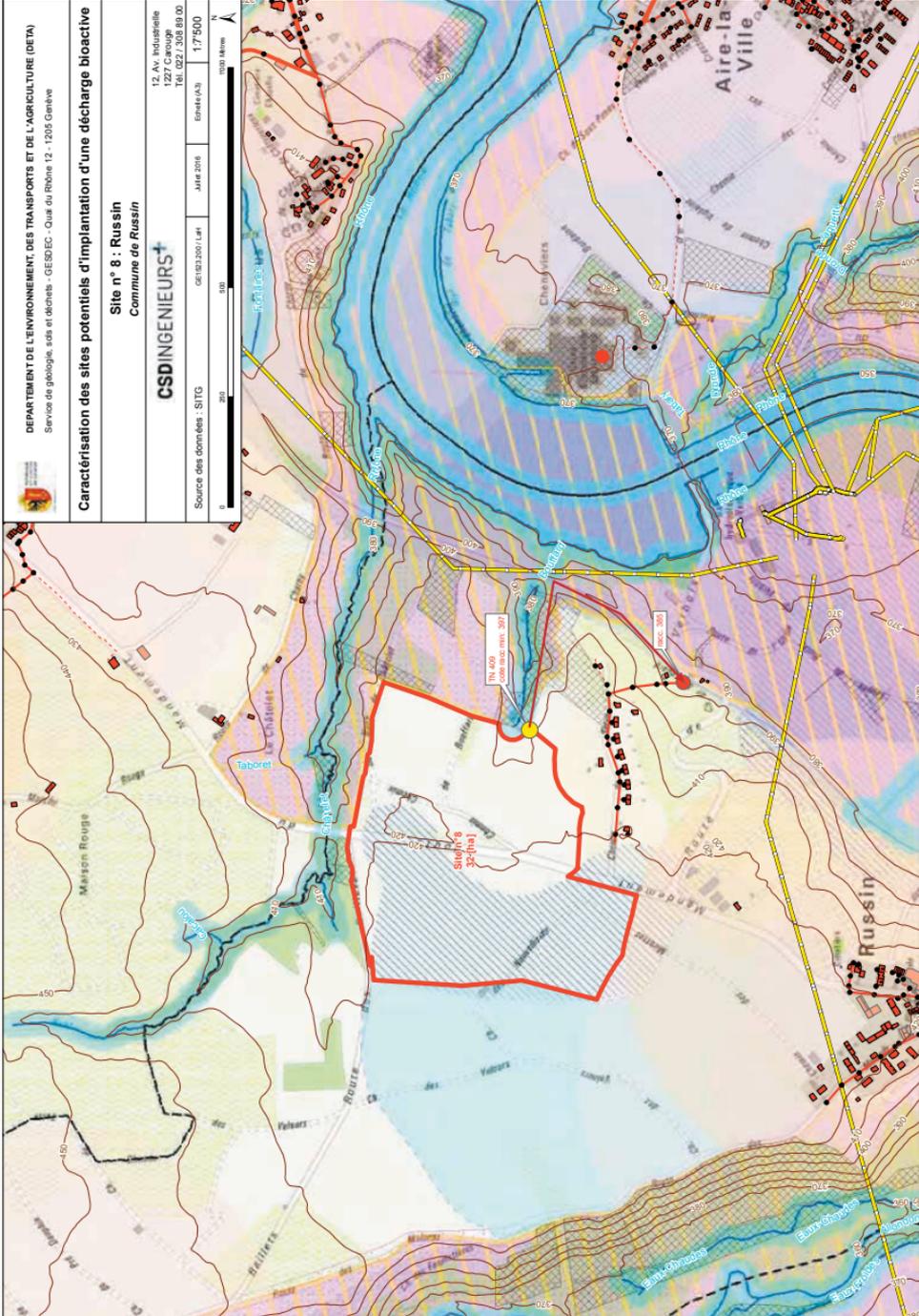
(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Impérialité et homogénéité du sol/basement	Sous sol constitué de formations quaternaires (sablai, cailloux limoneux) sur une profondeur d'environ 50 [m] au-dessus de la molasse. L'airion antrieure présente une matrice sablo graveleuse avec des phases argileuses.
Situation par rapport aux zones protégées du domaine public	Site en bordure de la rive profonde de Monthery (rive principale de domaine public).
Situation par rapport aux zones protégées temporaires	Site à l'estérieur de toute emprise de la rive superficielle.
Vulnérabilité des eaux de surface et aux dangers naturels (flés aux cours)	100 [m] de la Versoix - 400 [m] du ruisseau de Chêne-Cour. Pas de risque de pollution par les produits dangereux aux cours.
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	
Exposition des zones d'habitation	Exposition visuelle partielle des habitations de long de la route des Fyrens (Commune de Genérol) et du chemin de Machefer (Commune de Collin-Bossy).
Impacts sur les milieux naturels	Pas de défrichement des forêts. Présence de champs et prairies à l'intérieur du périmètre. Sector situant un bosquet de protection géologique des rives de la Versoix.
Impacts sur le paysage	L'implantation visuelle à l'ouest est limitée par l'altitude. L'aire est au-delà des limites d'implantation par rapport aux habitations situées le long du chemin de Machefer.
Impacts sur l'agriculture	Générer cultures (11ha). Sector entièrement inclus en surface d'assèchement (SDA).
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et contraintes d'aménagement	Pas de conflits inventoriés.
Eloignement des producteurs de déchets	Site à ~19,0 [km] de LUYTD des Chemiers
Conditions d'accès et nuisances liées au trafic	Accessibilité par des routes nationales (route des Fyrens et chemin de Machefer) adaptés aux trafics lourds. Aves routes empruntées généralement peu de nuisances aux zones résidentielles situées à l'ouest de la Commune de Genérol.
(C) FAISABILITE TECHNIQUE	
Volume utile potentiel	~1 millions de m ³
Possibilité de raccorder généralement les livraisons de déchets au réseau EU	Raccordement à envisager au collecteur EU situé à 800 [m] de l'admission potentielle (cote de collecteur : 366.66 [mnm]).
Procedure d'implantation de la décharge	Profondeur maximale d'excavation d'environ 2 [m] au point bas de la décharge (cote du point bas à env. 407 [mnm]).
Potentiel de valorisation des matériaux excavés	Matériaux fins et moyens (sables, argilles, limons) utilisables en tant que matériaux de construction. Potentiel de traitement biologique (intégration paysagère).
Rapport V _{max} / V ₁₀₀₀ / V ₁₀₀₀₀ (estimation indicative)	Ratio de 2
Conditions de propriété	Deux grandes parcelles du domaine privé rattachent sur le site.



Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive
Site n°7 : Laconnex - Commune de Laconnex - Bernex

Surface potentielle 42 [ha]

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Situation par rapport aux risques superficiels/temporaires	Sous un couvert de formations karstiques (par ex. rochers) sur une profondeur de 10 à 20 [m] au-dessus de la nappe. Les formations karstiques sont généralement peu ou pas perméables et homogénéisées du sous-sol.
Vulnérabilité des eaux de surface et/ou des eaux souterraines (hors aux cours)	Sous un couvert de formations karstiques (par ex. rochers) sur une profondeur de 10 à 20 [m] au-dessus de la nappe. Les formations karstiques sont généralement peu ou pas perméables et homogénéisées du sous-sol.
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	Sous un couvert de formations karstiques (par ex. rochers) sur une profondeur de 10 à 20 [m] au-dessus de la nappe. Les formations karstiques sont généralement peu ou pas perméables et homogénéisées du sous-sol.
Exposition des zones d'habitation	Exposition visuelle partielle des premières habitations de Laconnex, situées à 500 [m] au sud du secteur et des premières habitations de Carigny, situées à env. 700 [m] au nord du secteur.
Impacts sur les milieux naturels	Présence de sites prioritaires (dont une protection niveau 1) au sud ouest du périmètre. Pas de corridors biologiques à enjeux à l'intérieur du secteur.
Impacts sur le paysage	La partie est du site correspond au plateau de Bébémont, présent de une exposition visuelle limitée.
Impacts sur l'agriculture	Impact positif sur les parcelles situées au nord-est du site, en raison de la présence d'un puits d'irrigation.
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et contraintes d'aménagement	Grandes cultures (42 [ha]). Secteur entièrement inclus en surface d'assèchement (SDA)
Engagement des producteurs de déchets	Pas de conflits inévitables.
Conditions locales et nuisances liées au trafic	Site à ~ 8 [km] de l'UVTD des Chéreviers
(C) PARAMÈTRES TECHNIQUES	Accessible par des routes communales à double et à trafic poids lourds jusqu'à la route de Laconnex. Nécessité d'éclairer une route de accès spécifique sur 250[m]. Axes routiers empruntés généralement peu de nuisances aux zones résidentielles.
Volume utile potentiel	~ 2 millions de m ³
Possibilité de recorder/garantir/ment les livraisons de déchets au niveau EU	Recommandation à envisager au collecteur EU situé à 900 [m] du périmètre potentiel (cote de collecteur 420.08 [mnm]).
Profondeur d'implantation de la décharge	Profondeur minimale d'excavation d'env. 2 [m] au point bas de la décharge (cote au point bas à env. 425 [mnm]).
Possibilité de ventilation des matériaux excédents	Moyens techniques et matériels non documentés, vérifiables en tant que matériel de construction
Rapport $V_{max} \text{ (m}^3\text{/jour)} / V_{min} \text{ (estimation indicative)}$	Potentiel de remodelage topographique (intégration paysagère).
Conditions de propriété	Ratio de 2:2
	Environ 105 parcelles sont concernées. Deux grandes parcelles sont du domaine public communal et le reste, très morcelé, est du domaine privé.



DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT, DES TRANSPORTS ET DE L'AGRICULTURE (DETA)
 Service de géologie - GESDEC - Quai du Rhône 12 - 1205 Genève

Caractérisation des sites potentiels d'implantation d'une décharge bioactive

Site n° 8 : Russin
Commune de Russin

CSDINGENIEURS+
 12, Av. Industrielle
 1227 Carouge
 Tél. 022 7308 810.00
 GENÈVE/SZ
 JUIN 2016
 1:7'500
 Source des données : SITG
 0818132001/4/4/1

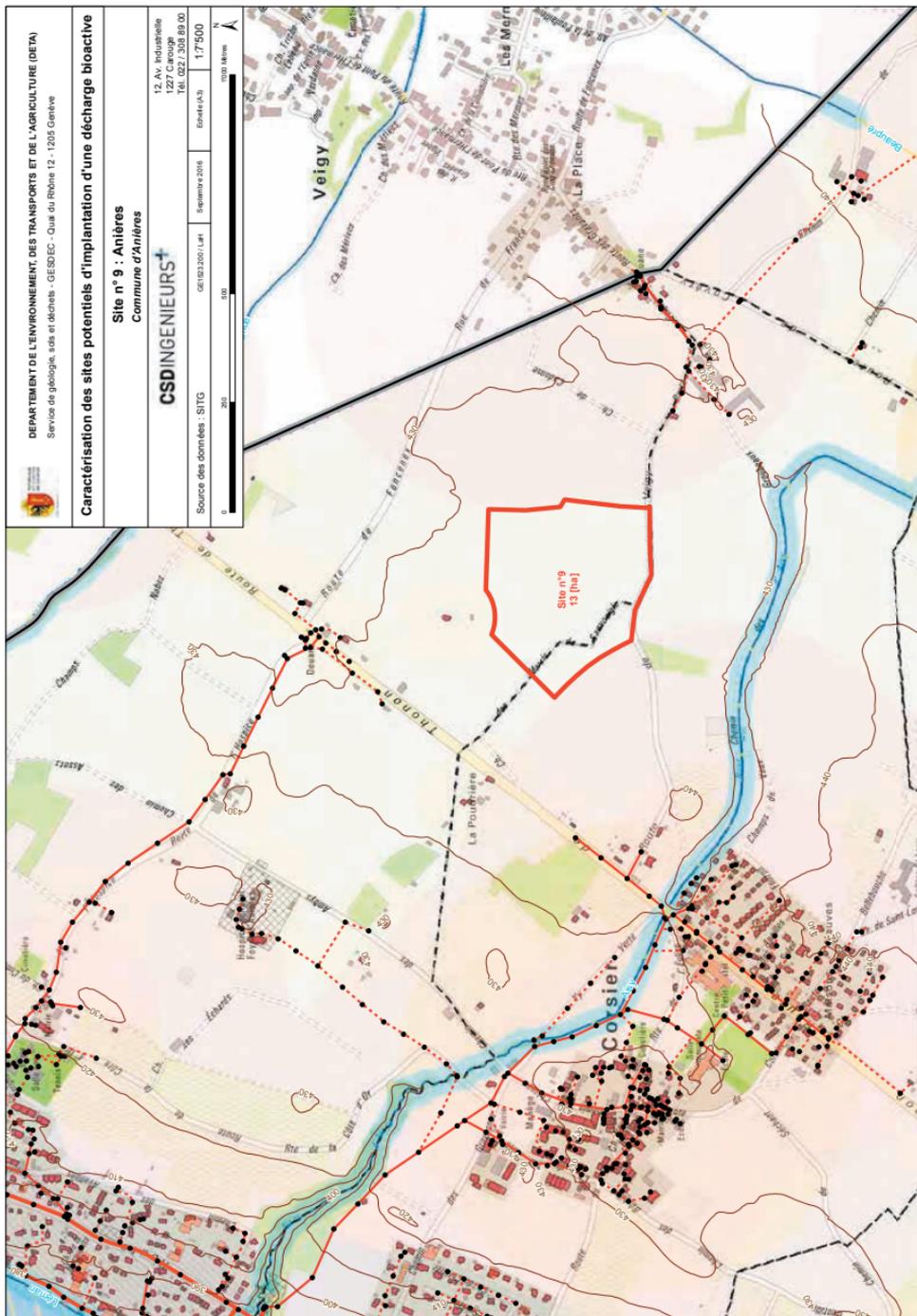


Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°3 : Russin - Commune de Russin

Surface potentielle 32 [ha]

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Imperméabilité et homogénéité du sol/basement	Présence d'une motte (ou perméable (complexe glaciaire) sur une épaisseur supérieure à 7 m des environs 5 m de profondeur. Présence hypothétique d'une faible couche d'alluvion ancienne (est à 300 [mètres]) à l'ouest du site, qui se situe sous le site. Les sondages autour du périmètre montrent qu'il y a eu de constructifs récents. L'histoire géologique devra être vérifiée à un stade ultérieur au moyen de sondages.
Situation par rapport aux nappes profondes du domaine public	Site à l'extérieur de toute empreinte de la nappe profonde
Situation par rapport aux nappes superficielles/humides	Site dans l'emprise de la nappe temporaire de Russin (représentant une fine épaisseur saturée sur les premiers mètres de profondeur). Donnée renseignée à l'ouest et à l'est de l'emprise de la nappe
Vulnérabilité des eaux de surface et des écoulements (hors aux côtés)	Néanmoins situés à 440 [m] du Ruisseau des Eaux-Chaudes (état naturel), à 80 [m] du Nord de Chélaré (état naturel), à 80 [m] du Nord de Chélaré (état naturel) (est naturel). Limite est du secteur situés à 30 [m] du Nord de Bourlèze, affluent direct du Rhône
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	
Exposition des zones d'habitation	Exposition visuelle partielle depuis une dizaine d'habitations du village de Russin en bordure sud du secteur.
Impacts sur les milieux naturels	Pas de milieux naturels à proximité, et de conditions biogéologiques à l'intérieur du secteur.
Impacts sur le paysage	La partie est du secteur est relativement bien dissimulée.
Impacts sur l'agriculture	La partie sud-est du secteur présente une exposition visuelle limitée.
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et contraintes d'aménagement	Grandes cultures (21 [ha]) - Arboriculture (8,6 [ha]) (spécifiquement sur le secteur ouest). Vigne (1,3 [ha]) (spécifiquement sur le secteur est). Secteur entièrement inclus en surface d'ensemencement (SCA)
Éloignement des producteurs de déchets	Site à >2 [km] de l'UVTD des Cheminiers
Conditions d'accès et manœuvres liées au trafic	Accessibilité des chemins de terre, au niveau du Nord-est, situés au Nord-est du site. Accès routiers empruntés généralement peu de nuisances aux axes routiers existants de Russin.
(C) FAVORISABILITE TECHNIQUE	
Volume utile potentiel	4-2 millions de m ³
Possibilité de raccorder généralement les flux de déchets au réseau EU	Raccordement à envisager au collecteur EU situé à 170 [m] du périmètre potentiel (cote de collecteur : 364.98 [mètres])
Profondeur d'implantation de la décharge	Profondeur maximale d'excavation (env. 11 [m]) au point bas de la décharge (cote du point bas à env. 307 [mètres])
Potentialité de valorisation des matériaux excavés	Matière limoneuse et modérément valorisables en tant que matériaux de construction
Rapport Volume excavé / Volume (estimation indicative)	Profil de remblai homogène (intégration paysagère).
Conditions de propriété	Ratio de 0.9
	Morcellement parcelaire peu important. Les 2 secteurs sont répartis sur une totale de 14 parcelles dont 2 appartenant au domaine public (communal).

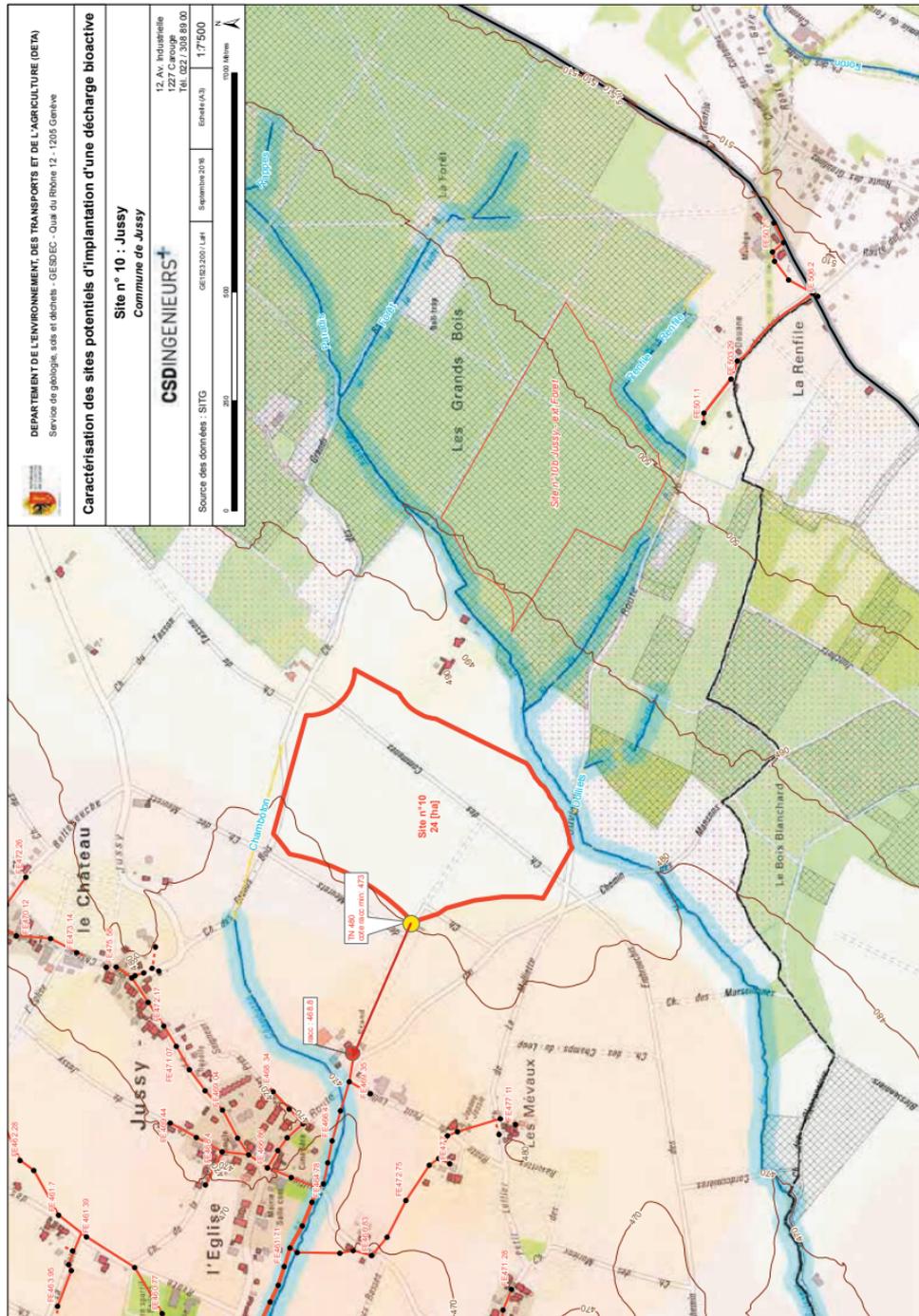


Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°9 : Anières - Communes d'Anières et de Corsier

Surface potentielle : 13 [ha]

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Impérmeabilité et homogénéité du sous-sol	Géologie consistant de matériaux sédimentaires limoneux ou limono-argileux. A priori, le secteur est conforme aux exigences de barrières géologiques définies au sens de l'OTD. A confirmer au moyen de sondages à un stade ultérieur.
Situation par rapport aux zones profondes du domaine public	Situé à l'échelle de toute emprise de la nappe profonde
Situation par rapport aux zones superficielles temporaires	Situé à l'échelle de toute emprise de la nappe superficielle
Vulnérabilité des eaux de surface et aux dangers naturels (épis aux crues)	Paris sur site à environ 100 [m] du Nant d'Alay (État naturel).
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	0
Exposition des zones d'habitation	Exposition visuelle depuis la route de Thozon et pour les habitations des hameaux de Vers l'Alais, Morfelin et La Poudrière.
Impacts sur les milieux naturels	Pas de milieux naturels à enjeux, ni de corridors biologiques à l'intérieur du secteur. La globalité de l'emprise est comprise dans le Réseau Agricolo-Environnemental (RAE) Fédéral de l'Aire Lac Nord
Impacts sur le paysage	Malgré la présence de valonnements, l'exposition visuelle à large échelle est assez limitée. Milieu très ouvert
Impacts sur l'agriculture	Surfaces et compensations (Grandes cultures (13 [ha])). Secteur entièrement inclus en surface d'assolement (SCA)
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et concurrentes d'aménagement	Pas de conflits inventoriés.
Éloignement des producteurs de déchets	Situé à environ 35 [km] de l'UVTD des Cheminiers
Conditions d'accès et nuisances liées au trafic	Dépasse l'UVTD, proche l'autoroute à Bernex, Inverser Carouge, puis le pont de Séras, Traverser Thozon, rejoindre la route de Jussy puis traverser Corsier au niveau de la route de Thozon
(C) FAISABILITE TECHNIQUE	0
Volume utile potentiel	~ 2 millions de m ³ . Au vu de l'exposition visuelle relativement importante du site, il a été admis que le remédage topographique sera fait dans le bar, défini, une fois la OCB terminée, intégrée dans le paysage. Ceci a pour conséquence de limiter le volume utile.
Possibilité de recorder gravimétriquement les niveaux de décharge au réseau EU	Recommandation au collecteur EU et directement sous le pont bas de la zone (cote de collecteur : 426.8 [mnm]).
Proximité d'implantation de la décharge	Indicateur maximal de distance d'env. 3 [m] au pont bas de la décharge (cote du pont bas à env. 429 [mnm]).
Potentiel de valorisation des matériaux excavés	Pas de potentiel de valorisation des matériaux excavés
Rapport V _{max} au volume V _{norme} (estimation indicative)	1.3
Conditions de propriété	Totalement avec un quart des parcelles privées (environ 30 parcelles)

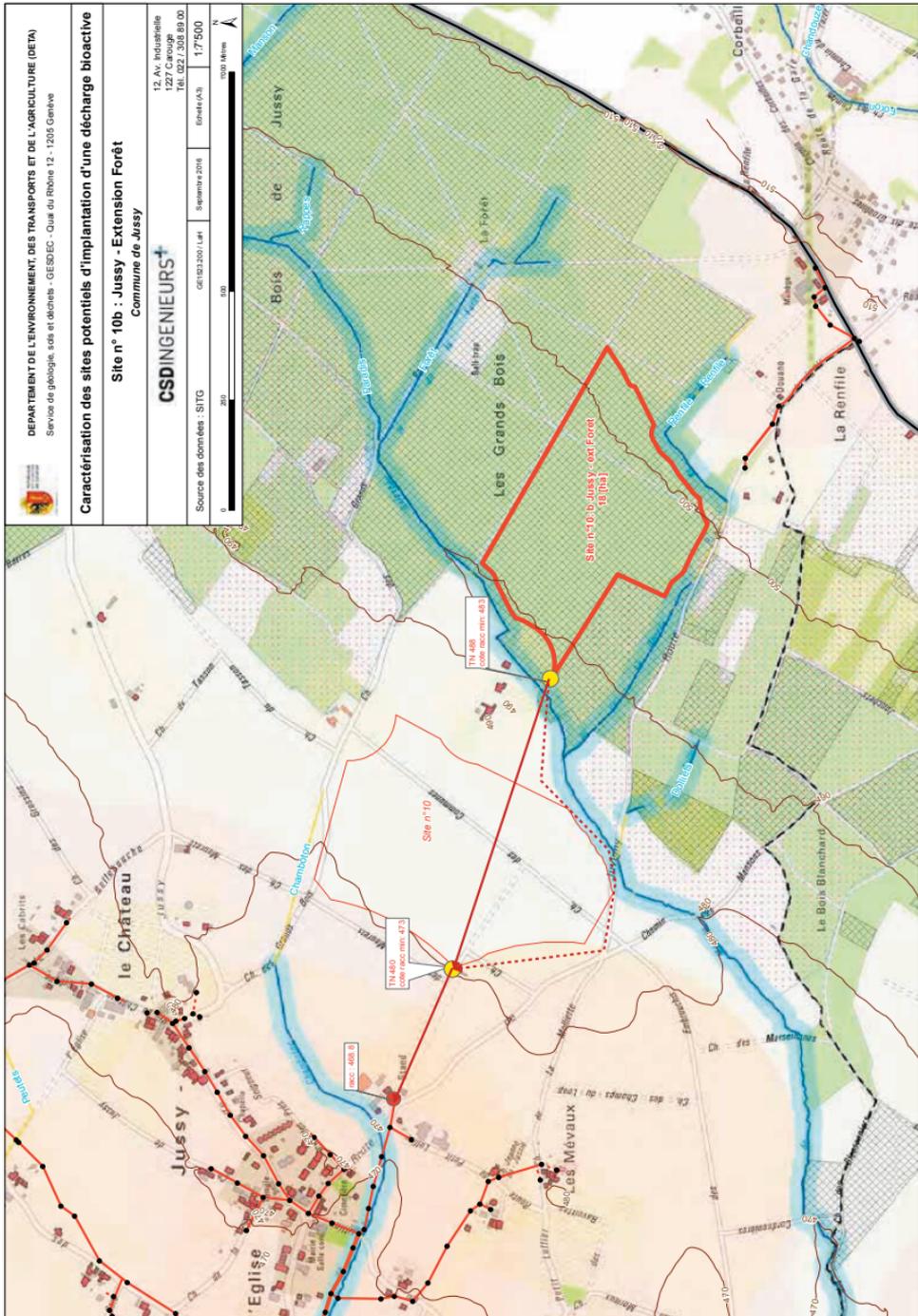


Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°10 : Jussy - Commune de Jussy

Surface potentielle 24 [ha]

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Impérabilité et homogénéité du sol/batiment	Géologie consistante de matériaux sédimentaires homogènes ou hétérogènes. A priori, le secteur est conforme aux exigences de barrières géologiques définies au sens de l'OTD. A confirmer au moyen de sondages à un stade ultérieur.
Situation par rapport aux risques profondes du domaine public	Stabilité inférieure de toute empreinte de la nappe profonde.
Situation par rapport aux risques superficiels/temporaires	Stabilité inférieure de toute empreinte de la nappe superficielle.
Vulnérabilité des eaux de surface et aux dangers majeurs (lés aux eaux)	Secteur sud-est - (Stabilité 30 [m]) (adhésion potentielle du Nord du Rhodan (dés. naturel)) Secteur nord - (Stabilité à 350 [m] du Rubissau La Chambon (dés. naturel))
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	
Exposition des zones d'habitation	Exposition visuelle pour le hameau Les Métaux, certaines habitations de la Commune de Jussy et le hameau de Luller. Exposition visuelle aux nombreux promeneurs, vélos sur le site.
Impacts sur les meilleurs rendus	Pas de retombées matérielles à prévoir, et de certains biogéochimiques à l'intérieur du secteur. Les bordures Est et Nord du secteur sont adossées à une zone de forte récolte aux fins CBE et avec présence de nombreux arbres. Possibilité d'une zone de protection de la forêt à l'intérieur du secteur.
Impacts sur le paysage	Cette zone en plateau d'inclinaison remarquable qui se reflète dans la Vallée d'Arve.
Impacts sur l'agriculture	Grandes cultures (24 [ha]). Secteur entièrement inclus en surface d'arçonnement (SDA)
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et concurrentes d'aménagement	Pas de conflits inventoriés.
Eloignement des producteurs de déchets	Stabilité à environ 30 [km] de l'UVD des Oyonnais
Conditions d'accès et nuisances liées au trafic	Dépasse l'UVD, proche l'autoroute à Bernex, l'avenue Carouge, près le pont de Sirens, Traversée Thonex, repère la route de Jussy puis emprunter le Chemin des Entrecroix (oppressionnement du chemin à prévoir).
(C) FAISABILITE TECHNIQUE	
Volume utile potentiel	~2 millions de m ³
Possibilité de recorder/garantir les niveaux de décharge au réseau EU	Recommandation à envisager au collecteur EU (sauf à 350 [m] du périmètre potentiel (cote du collecteur - 470.5 [mètres])).
Proximité d'implantation de la décharge	Profondeur maximale d'excavation (env. 7m) au point bas de la décharge (cote du point bas à env. 470 [mètres]).
Potentiel de valorisation des matériaux excisés	Pas de potentiel de valorisation des matériaux excisés
Rapport V _{max} au réseau / V _{max} (estimation indicative)	1.32
Conditions de propriété	Secteur peu morcelé (environ 8 parcelles), propriétés privées



DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT, DES TRANSPORTS ET DE L'AGRICULTURE (DETA)
 Service de géologie, sols et déchets - GESDEC - Quai du Rhône 12 - 1205 Genève

Caractérisation des sites potentiels d'implantation d'une décharge bioactive

Site n° 10b : Jussy - Extension Forêt
 Commune de Jussy

CSDINGENIEURS+

12, Av. Industrielle
 1227 Carouge
 Tél. 022 7 308 89 00

GE1803200 / L441
 septembre 2016
 Echéance 3

1,7500

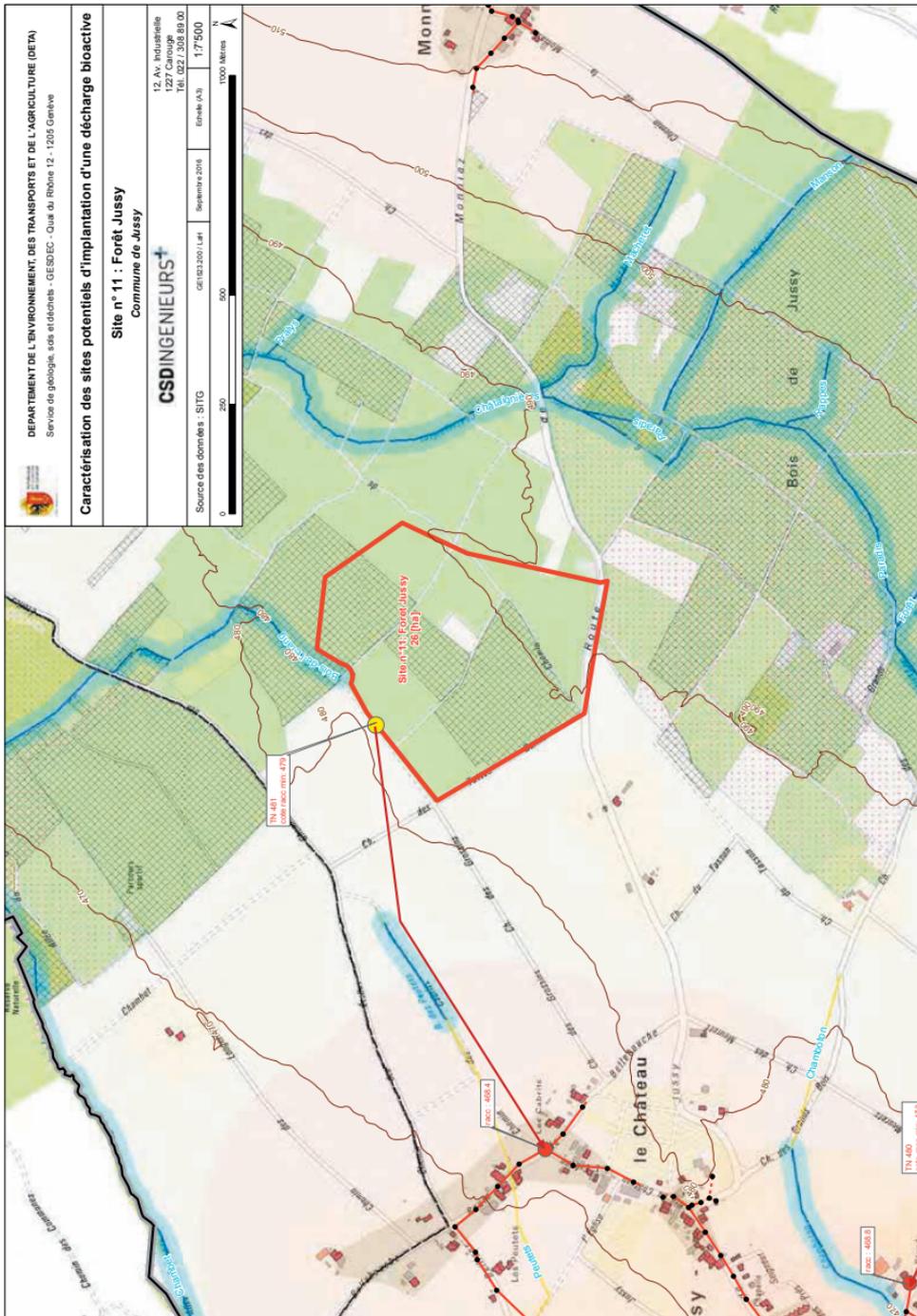


Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°10b : Jussy - extension Forêt - Commune de Jussy

Surface potentielle 18 [ha], intégralement en forêt

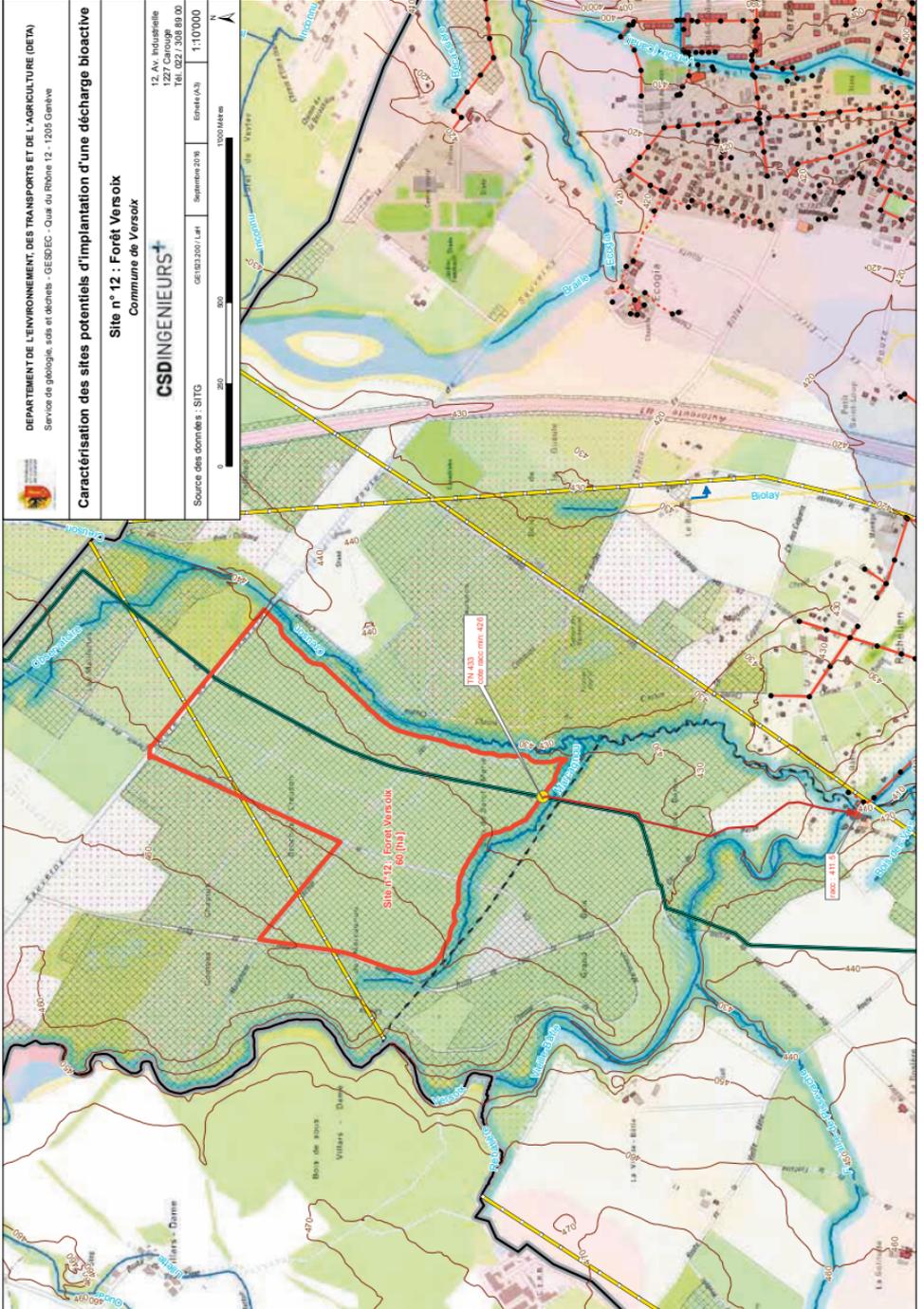
(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Imperméabilité et homogénéité du sous-bassement	Géologie constituée de moraines surmontées limoneuses ou limono-argileuses. A priori, le secteur est conforme aux exigences de barrière géologique définies au sens de l'OTD. A confirmer au moyen de sondages à un stade ultérieur.
Situation par rapport aux nappes profondes du domaine public	Situé à l'extérieur de toute emprise de nappe profonde.
Situation par rapport aux nappes superficielles temporaires	Situé à l'intérieur de toute emprise de nappe superficielle
Vulnérabilité des eaux de surface et aux dangers naturels (liés aux crues)	Limite ouest située à 30 (m) du Nord du Paradis et limite est pratiquement à 30 (m) du ruisseau de la Rentele Permettre situer en dehors de toute zone de dangers liés aux crues
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLORATION	
Exploitation des zones d'habitation	Aucune exploitation des villages environnants avec maintien de la liaison de forêt.
Impacts sur les milieux naturels	Secteur situé en fait à l'ouest du considérer biologique à enjeux avec plantation d'une faune importante. Les bordures Sud et Nord du secteur sont adjacentes à une zone de forêt protégée Odet. La globalité de l'emprise est comprise dans le Réseau Agro-Environnemental (RAE) Réseau de Jussy-Peserange-Papinge.
Impacts sur le paysage	Impact local sur un paysage forestier préservé remarquable, avec présence d'un réseau de sentonnières fréquentes
Impact sur le domaine forestier	Impact sur domaine forestier, but à la fonction d'espace forestier
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et contraintes d'aménagement	Pas de conflits inévitables.
Engorgement des producteurs de déchets	Situé à environ 30 (m) de l'UVTD des Chevrières
Conditions d'accès et nuisances liées au trafic	Depuis l'UVTD, prendre l'autoroute à Bernex, sortir au Bachel, prendre la route de Carouge, puis le pont de Stens, Traverser Thonex, rejoindre la route de Jussy jusqu'à l'école de Lutier, puis emprunter le Chemin des Embouches et la Route de Jugny (à l'ouest du village de Jussy).
(C) FASIBILITE TECHNIQUE	
Volume utile potentiel	env. 2 millions de m3
Possibilité de raccorder gratuitement les collecteurs de décharge au réseau EU	Raccordement à envisager au collecteur EU situé à 1200 (m) du périmètre potentiel (cote de collecteur - 468.0 (m/nm)), prévoir un passage sous le Nord du Paradis. Synergie avec le collecteur d'évacuation du site n°10 en aval (cote du collecteur 479.5 (m/nm))
Profondeur d'implantation de la décharge	Profondeur maximale d'excavation d'env. 15 (m) au point haut et de 5 (m) au point bas du périmètre (cote du point bas à env. 483 (m/nm))
Potentiel de valorisation des matériaux excavés	Potentiel de valorisation des matériaux excavés limité, possibilité de remédiation topographique à prévoir
Rapport V _{max} (m ³ /an) (estimation indicative)	1,26
Conditions de propriété	Secteur non morcelé, 1 parcelle de domaine privé (group. Etat de Genève)





Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive
Site n°11 : Forêt Jussy - Commune de Jussy
Surface potentielle 26 [ha], intégralement en forêt

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Impérabilité et homogénéité du sol/batiment	Géologie consistante de matériaux minéraux fins/moyens au limon argileux. A priori, le secteur est conforme aux exigences de barrières géologiques définies au sens de l'OTD. A confirmer au moyen de sondages à un mètre de profondeur.
Situation par rapport aux nappes profondes du domaine public	Statut à l'extérieur de toute emprise de nappe profonde.
Situation par rapport aux nappes superficielles/temporaires	Statut à l'intérieur de toute emprise de nappe superficielle.
Vulnérabilité des eaux de surface et aux dangers naturels (épis aux crues)	Le Nant du Paudez est présent à env. 200 [m] de la limite est du périmètre et le ruisseau du Bos-de-Rétang à 30 [m] de la limite nord.
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	
Exposition des zones d'infiltration	Aucune exposition visuelle des villages environnants en cas de maintien de la lièze forestière.
Impacts sur les meilleurs usages	Secteur classé au titre avec présence d'une grande valeur paysagère (niveau 4) présence d'un corridor biologique à l'ouest du secteur. Les bordures Sud et Nord du secteur sont adossées à des sites protégés (OAS). La possibilité de l'emprise est comprise dans le Réseau Agro-Environnemental (RAE) fédéral de Jussy-Peering-Pyling.
Impacts sur le paysage	Impact local sur un paysage forestier remarquable, prélevé à avec présence d'un réseau de randonnée fréquenté.
Impact sur le domaine forestier	Impact sur domaine forestier, forêt à fonction d'apport forestier
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et concurrentes d'aménagement	Pas de conflits inventoriés.
Eloignement des producteurs de déchets	Statut à environ 30 [km] de l'UVED des Onexivies.
Conditions d'accès et nuisances liées au trafic	Depuis l'UVED, prendre la route de Bernex, sortir au Bachel, prendre le tunnel de Crangé, puis le pont de Saïre, Traverser Thoiry, rejoindre la route de Jussy, puis la route de Morinex. Nécessaire la traversée du village de Jussy. Arriver au site par chemins agricoles à partir du Centre de Lullier afin d'éviter les villages éventuellement envasés.
(C) FIASABILITE TECHNIQUE	0
Volume utile potentiel	env. 2 millions de m ³
Possibilité de recorder/gérer/améliorer les niveaux de décharge au niveau EU	Recommandation à envisager au collecteur EU jusqu'à 1100 [m] du périmètre potentiel (cote du collecteur - 488.8 [m/ann]). Potentiel de long terme. Chemins des Etoiles.
Produit/ou d'imprégnation de la décharge	Produit/ou maximale d'incubation d'env. 13 [m] au point haut et 24 [m] au point bas du périmètre (cote du point bas à env. 479 [mm]).
Potentiel de vibration des matériaux excavés	Potentiel de vibration des matériaux excavés limité, potentiel de renouveau topographique à préciser
Rapport V _{max} au trafic / V _{norm} (estimation indicative)	1.4
Conditions de propriété	Secteur peu morcelé (~13 parcelles privées, dont 3 prop. Etat de Genève) ainsi que 3 chemins forestiers (propriété communale)




DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT, DES TRANSPORTS ET DE L'AGRICULTURE (DETA)
 Service de géologie, sols et déchets - GESDEC - Quai du Rhône 12 - 1205 Genève

Caractérisation des sites potentiels d'implantation d'une décharge bioactive

Site n° 12 : Forêt Versoix
 Commune de Versoix

CSDINGENIEURS+
 12, Av. Industrielle
 1227 Carouge
 Tél. 022 7 308 89 00

Source des données : SITG GE1003209 / L44 Révisé(e) 2016 ESCHENAZ 1:10'000
 0 100 200 300 1000 Mètres

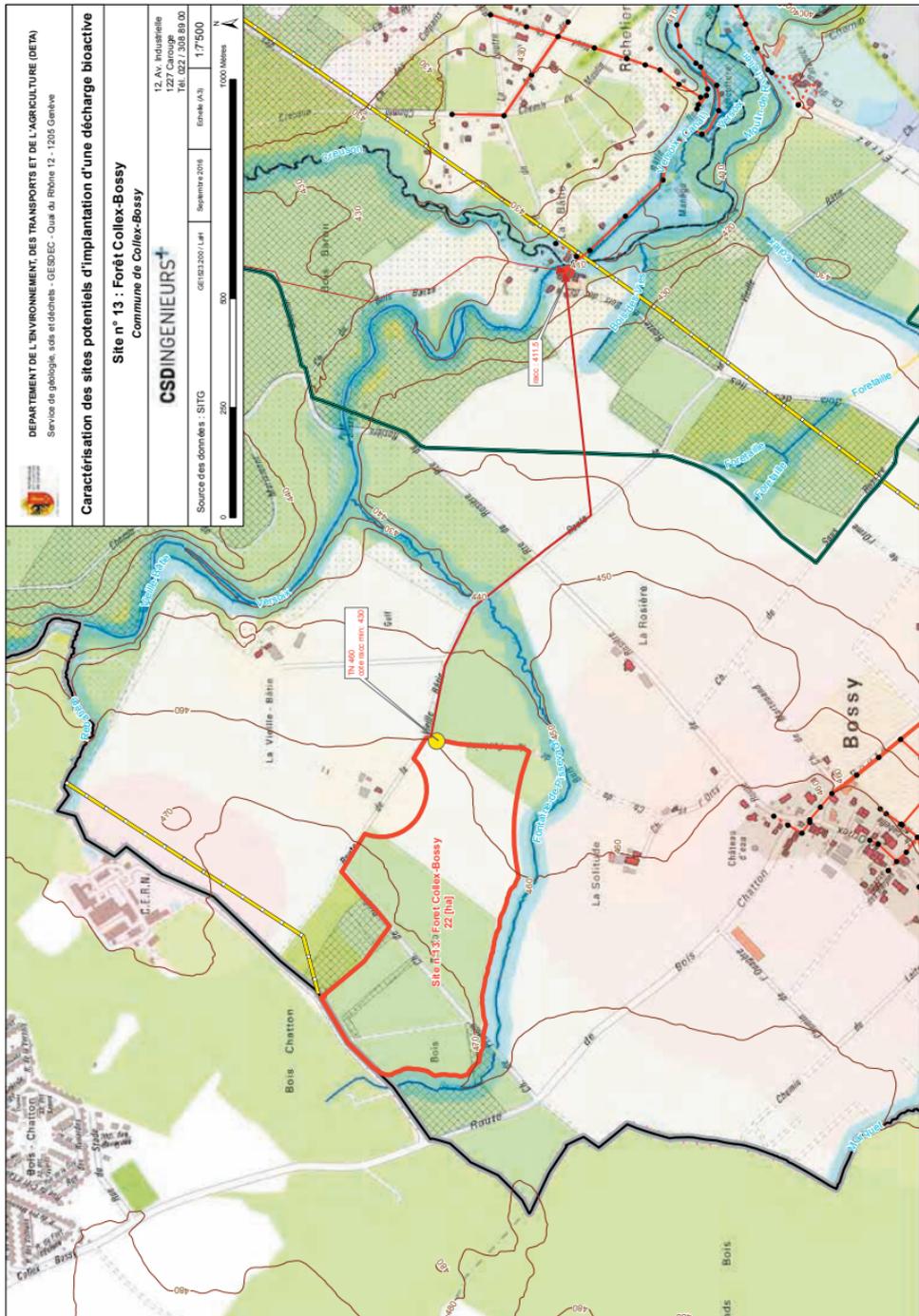


Caractérisation du site potentiel d'implantation de la décharge bioactive

Site n°12 : Forêt Versoix - Commune de Versoix

Surface potentielle 60 [ha], intégralement en forêt

(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME	
Impérialité et homogénéité du sol/basement	Sous sol constitué de formations quaternaires (moraine appliquée) sur une épaisseur supérieure à 20 (m) au dessus de la roche. La qualité de la barrière géologique devra être confirmée aux moyens de sondages.
Situation par rapport aux nappes profondes du domaine public	Situ à l'extérieur de toute empreinte de nappe profonde.
Situation par rapport aux nappes superficielles/hautaines	Situ à l'extérieur de toute empreinte de nappe superficielle.
Vulnérabilité des eaux de surface et aux dangers naturels (flés aux cours)	Présence de 2 affluents de la Versoix (le Vieux et le Nouveau Le Mougeux) et de l'Incluse (Le Cousson) du périmètre. Permettre intégralement situ en dehors de toute zone de danger liés à sa course.
(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION	
Exposition des zones d'habitation	Aucune exposition de zones d'habitation.
Impacts sur les milieux naturels	Sécurité situ en bord avec présence d'une faune importante (libellule, cerfs, sangliers), aucun corridor biologique à l'intérieur du secteur. Les bords Sud Est et Nord du secteur sont adjacents à des zones protégées (parcs naturels régionaux, sites Natura 2000, zones classées en tant que réserve naturelle, avec notamment la présence sur le site d'une espèce forestière vulnérable à l'échelle nationale (le tonneron, non prioritaire à l'échelle nationale). La globalité de l'empreinte est comprise dans le Réseau Agrico-Environnemental (RAE) Index de la Bâle.
Impacts sur le paysage	Impact total sur un paysage forestier remarquable, préservé, avec présence d'un réseau de randonnée fréquenté.
Impact sur le domaine forestier	Impact sur domaine forestier, forêt à fonction d'espace forestier
Impacts sur l'aménagement du territoire et les activités humaines et contraintes (aménagement)	Présence du goudou (haute pression Trélex-Cobrevé traversant le périmètre et d'une ligne à haute tension dans la partie nord du périmètre.
Eloignement des producteurs de déchets	Situ à env. 24 (km) de l'UTD des Chonovins.
Conditions d'accès et nuisances liées au trafic	Accès par l'autoroute entre les portions de Berne et du Grand-Saconnex puis accès par un réseau de routes carrossables adaptées au trafic poids lourds. Avec toutes empreintes afin d'être peu de nuisances aux zones résidentielles de Saubery.
(C) FAIMABILITE TECHNIQUE	
Volume utile potentiel	~2 millions de m ³
Possibilité de recouper géométriquement les limites de décharge au réseau EU	Recommander à envisager au collecteur EU situ à 1000 (m) du périmètre potentiel (cote du collecteur = 411.5 (mm)), prévoir un passage sous le Réseau Le Malgroux.
Potentiel de ventilation des matériaux excavés	Moins d'humidité et moins non de débris, ventilation en tant que matériaux de construction
Rapport $V_{max} \text{ (m}^3 \text{ / jour)} / V_{\text{reseau}}$ (estimation indicative)	1.5
Conditions de propriété	Secteur peu morcelé, 1 parcelle principale privée (prop. Etat de Genève)





Caractérisation du site potentiel d'implantation de la déchèterie bioactive
Site n°13 : Forêt Collex-Bossy - Commune Collex-Bossy
Surface potentielle 22 [ha], dont 13 [ha] en forêt et 9 [ha] de surface agricole

<p>(A) SECURITE ENVIRONNEMENTALE A LONG TERME</p>	
<p>impermeabilité et homogénéité du sous-sol</p>	<p>Sous sol constitué de formations quaternaires (sable et limon argileux) au-dessus de la molasse. La qualité de la barrière géologique devra être confirmée aux moyens de sondages.</p>
<p>Situation par rapport aux zones protégées du domaine public</p>	<p>Situé à l'écart de toute emprise de zones protégées.</p>
<p>Situation par rapport aux zones protégées temporaires</p>	<p>Situé à l'écart de toute emprise de zones protégées.</p>
<p>Vulnérabilité des eaux de surface et des dangers naturels (à ce sujet)</p>	<p>Limite sud du secteur située à 30 [m] du Réseau Fontaine-de-Pisereche (RDN, affluant direct de la Venon (protegee)). Possibilité située en dehors de toute zone de dangers liés aux crues. Projet de restauration en cours.</p>
<p>(B) IMPACTS DURANT LA PHASE D'EXPLOITATION</p>	
<p>Épandage des zones d'habitation</p>	<p>Épandage visuel limité à quelques bâtiments isolés. Présence d'un cimetière local et de la forêt limitant l'exposition du village local.</p>
<p>Impacts sur les milieux naturels</p>	<p>Le site est situé dans une zone boisée (forêt communale) appartenant au Parc Naturel Régional de la Venon. Le site est situé dans une zone boisée (forêt communale) appartenant au Parc Naturel Régional de la Venon. Le site est situé dans une zone boisée (forêt communale) appartenant au Parc Naturel Régional de la Venon. Le site est situé dans une zone boisée (forêt communale) appartenant au Parc Naturel Régional de la Venon.</p>
<p>Impacts sur le paysage</p>	<p>Impact local sur le paysage de forêt et d'habitat dispersé.</p>
<p>Impact sur le domaine forestier</p>	<p>Impact sur domaine forestier (forêt communale).</p>
<p>Impacts sur l'agriculture</p>	<p>0 mètre cubé (0 [m³]). Secteur partiellement inclus en surface d'écoulement (SDA)</p>
<p>Impacts sur l'aménagement d'origine et les activités humaines et contraintes d'aménagement</p>	<p>Pas de conflits d'usage.</p>
<p>Engorgement des producteurs de déchets</p>	<p>Situé à ~32,0 [km] de LUTD des Cheneviers.</p>
<p>Conditions d'accès et nuisances liées au trafic</p>	<p>Accès par les routes communales adjointes au trafic poids lourds jusqu'à la route des Frysans. Nécessité d'éclairer la route de la Vieille-Bâle adaptée au trafic poids lourds sur 2 [km] pour accéder au périmètre.</p>
<p>(C) FAISABILITE TECHNIQUE</p>	
<p>Volumen des déchets</p>	<p>env. 2 millions de m³</p>
<p>Possibilité de reconstruire gratuitement les travaux de décharge au réseau EUE</p>	<p>Recommandation d'engager un constructeur. EUE située à 1200 [m] du site (potentiel (cote de construction - 411.2 [mm]), prévoir un passage sous le Réseau Fontaine-de-Pisereche</p>
<p>Procédure d'implantation de la déchèterie</p>	<p>Prévoir une main-d'œuvre d'environ 40 [m²] au point haut et d'environ 30 [m²] au point bas de la déchèterie (cote de point bas à env. 430 [mm]).</p>
<p>Qualité de fabrication des matériaux excavés</p>	<p>Matériaux excavés et matériaux non décontaminés utilisables en tant que matériaux de construction</p>
<p>Report $V_{max} = V_{max} / V_{max}$ (réf. norme)</p>	<p>1.2</p>
<p>Conditions de propriété</p>	<p>Secteur peu morcelé, 12 parcelles privées, avec 2 chemins forestiers (propriété communale)</p>

Institut Insit – Génie de l'environnement
Route de Cheseaux 1
CH-1400 Yverdon-les-Bains
Dominique Bollinger
Tél. : +41 (0)24 / 55 77 354

COMPARAISON DES SECTEURS POTENTIELS ET SELECTION DES PLUS APTES POUR L'IMPLANTATION D'UN NOUVEAU SITE DE STOCKAGE DES MACHEFERS DANS LE CANTON DE GENEVE

DECHARGE CONTROLEE BIOACTIVE (Type D)

Rapport final d'analyse multicritère

Yverdon-les-Bains, 13.12.2017 – v5.6

D. Bollinger – Professeur, ing. EPF, HEIG-VD – Insit – GEN

S. Vergara – Ing MSc HES, HEIG-VD – Insit - GEN

INTRODUCTION	3
REMARQUE PRELIMINAIRE	4
DEMARCHE	5
RAPPEL : PLAN DE SITUATION DES SECTEURS	6
MÉTHODOLOGIE APPLIQUÉE	9
PRINCIPES DE COMPARAISON ET DE LA MÉTHODE ELECTRE III	10
LISTE DES CRITÈRES DE COMPARAISON	12
MATRICE D'ÉVALUATION	17
PONDÉRATION DES CRITÈRES	19
RÉSULTATS, ANALYSES DE SENSIBILITÉ ET TENDANCES GÉNÉRALES	21
SITES FIGURANT TOUJOURS EN TÊTE DE CLASSEMENT :	21
SITES MOYENS ET STABLES, FIGURANT EN MILIEU DE CLASSEMENT, JAMAIS EN TÊTE NI EN FIN DE CLASSEMENT	22
SITES MOYENS A MAUVAIS ET STABLES	22
SITES MOYENS A MAUVAIS, VARIANT CONSIDÉRABLEMENT DANS LE CLASSEMENT	23
SITES TOUJOURS EN FIN DE CLASSEMENT	24
RECOMMANDATIONS	25
ANNEXES	26
ANNEXE I : FICHE DU SITE N°8A : RUSSIN SECTEUR OUEST – COMMUNE(S) DE : RUSSIN	27
ANNEXE II : FICHE DU SITE N°8B : RUSSIN SECTEUR EST – COMMUNE(S) DE : RUSSIN	29
ANNEXE III : ÉLÉMENTS DE CRITÈRES	31
ANNEXE IV : SYNTHÈSE DES OBSERVATIONS DE VISITE DES SITES PAR LE COPIL (Y.C. REPRESENTANTS DES COMMUNES)	43
ANNEXE V : LISTE DES CRITÈRES DÉTAILLÉE	49
ANNEXE VI : MATRICE D'ÉVALUATION COMPLÈTE (FICHIER EXCEL DE CALCUL)	70
ANNEXE VII : MÉTHODE ELECTRE III	72
ANNEXE VIII : PONDERATION DES CRITÈRES PAR LE « SYSTÈME DES CARTES SIMOS REVISE »	75
ANNEXE IX : RESULTATS ELECTRE – GRAPHES DE SURCLASSEMENTS	107
ANNEXE X : LEGENDE POUR LES FICHES DES SITES RETENUS (RAPPORT CSD)	112

Document de référence :

Recherche de secteurs potentiels d'implantation d'une nouvelle décharge pour scories sur le canton de Genève

Auteurs : CSD Ingénieurs, Eric Säuberli et e.r Laurent Hafiz

Fait à Carouge, le 19 décembre 2016

INTRODUCTION

Ce document de travail a pour but de présenter la comparaison des 14 sites retenus sur les secteurs présentant les conditions les plus favorables, parmi ceux qui répondent aux conditions de l'OLED, Ordonnance fédérale sur la limitation et l'élimination des déchets, pour accueillir le nouveau site de stockage des mâchefers pour le canton de Genève (décharge de type D selon l'OLED).

Le présent document se base sur le rapport CSD du 19 décembre 2016 intitulé « Recherche de secteurs potentiels d'implantation d'une nouvelle décharge pour scories sur le canton de Genève ».

Tous les sites retenus ont fait l'objet d'une comparaison multicritère rigoureuse et exhaustive pour laquelle un comité de pilotage a été créé. Une démarche participative a été appliquée de décembre 2015 à septembre 2017 avec les différents acteurs concernés, DGE, GESDEC, en charge du dossier, services d'Etat spécialisés et communes territoriales concernées.

Le processus et l'analyse multicritère ont été encadrés, pilotés et gérés par le professeur Dominique Bollinger de la HEIG-VD (Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud), spécialiste en démarche d'aide multicritère à la décision, processus participatif multiacteur et planification en matière de sites de stockage.

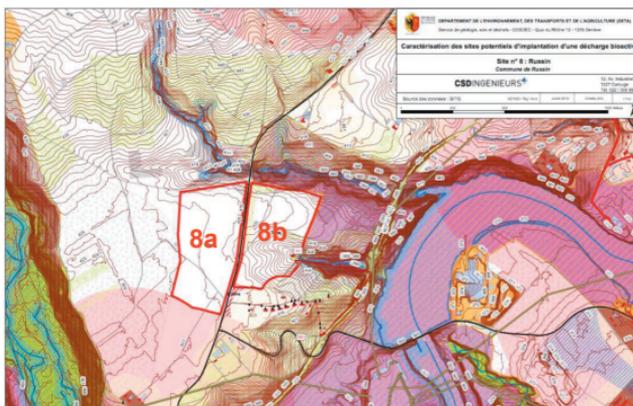
Le présent rapport décrit la méthodologie appliquée, la structure et la définition des critères de comparaison des sites retenus, la pondération de ces critères ainsi que leurs évaluations.

Les résultats d'analyse et leur interprétation y sont présentés et permettent de formuler des recommandations quant à la sélection des sites les plus aptes à recevoir une décharge de type D au sens de l'OLED.

REMARQUE PRELIMINAIRE

Sur la base du document CSD du 19.12.2016 et suite aux visites et reprise des sites retenus, il s'est avéré que le site n° 8 « Russin – Commune de Russin » présente deux parties séparées par une route, de configuration différente d'un côté et de l'autre de celle-ci. Afin de garantir une bonne représentativité des évaluations, il a donc été décidé lors du COPIL du 24.03.2017 de scinder ce site n°8 en deux sites potentiels pour le processus de comparaison :

- Site 8a : partie ouest du site en surplomb ;
- Site 8b : partie est du site en dépression.



Le présent rapport distingue donc ces deux sites et leurs évaluations propres.

Cette distinction explique que toutes les analyses comparatives présentées dans ce rapport ont été effectuées et sont présentées pour 15 sites, issus des 14 sites retenus de l'étude CSD du 19.12.2016.

DEMARCHE

Un volume de décharge d'un million de m3 est nécessaire pour faire face aux besoins du canton d'ici 20 à 25 ans. A ce stade des études, les secteurs identifiés et retenus permettent tous d'inscrire un site répondant à ces besoins.

La comparaison des sites se base donc sur l'implantation d'une décharge de 1 million de m3 de volume sur une surface de 10 ha à l'intérieur de chacun de ces secteurs.

A ce stade de l'analyse, 15 secteurs potentiels ont été identifiés et retenus sur 7 communes :

1. Bourdigny – commune de Satigny
2. Sauverny – commune de Versoix
3. Longs-Prés – commune de Versoix
4. Le Biolay – commune de Versoix
5. Collex-Bossy – commune de Collex-Bossy
6. Machefer – commune de Versoix
7. Laconnex – commune de Laconnex
- 8a. Russin secteur ouest – commune de Russin
- 8b. Russin secteur est – commune de Russin
9. Anières – commune d'Anières
10. Jussy – commune de Jussy
- 10b. Jussy extension forêt – commune de Jussy
11. Forêt Jussy – commune de Jussy
12. Forêt Versoix – commune de Versoix
13. Forêt Collex-Bossy – commune de Collex-Bossy

Chacun des sites a été caractérisé selon les trois axes suivants :

- la sécurité environnementale à long terme ;
- les impacts durant la phase d'exploitation ;
- la faisabilité technique.

Les résultats sont présentés sous forme de fiches individuelles pour chacun des sites potentiels. Un plan de situation présentant une localisation précise du site avec son périmètre et sa surface accompagne chaque fiche. L'ensemble de ces fiches est compilé dans le rapport CSD du 19.12.2016.

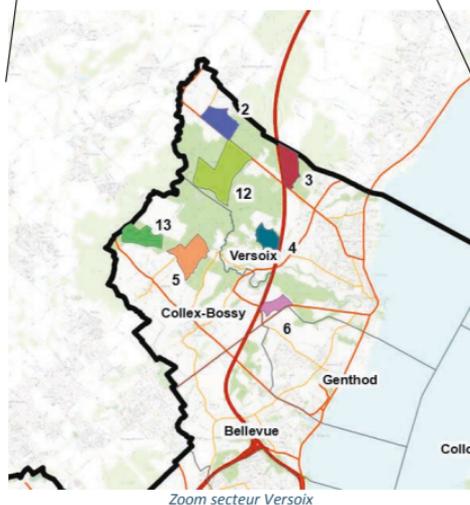
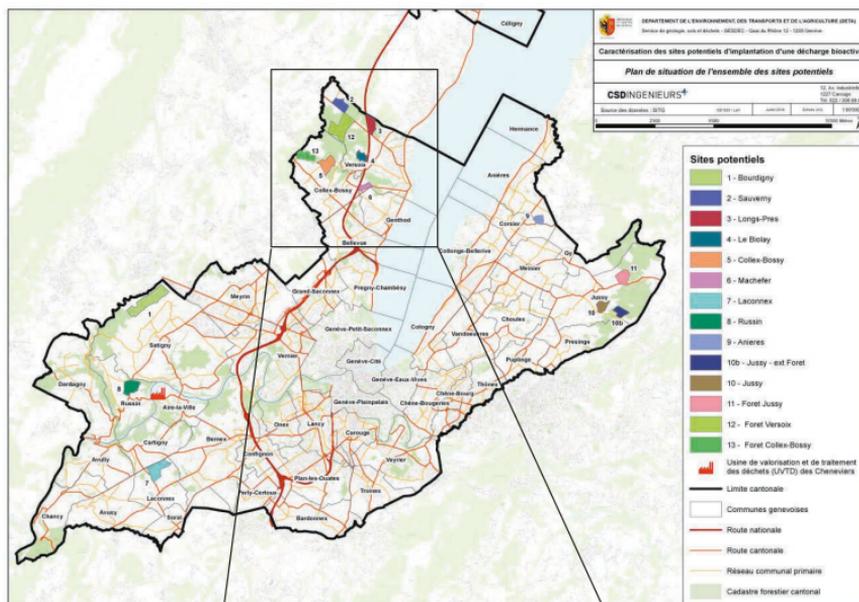
Une mise à jour pour les sites 8a et 8b est disponible en annexe I et II.

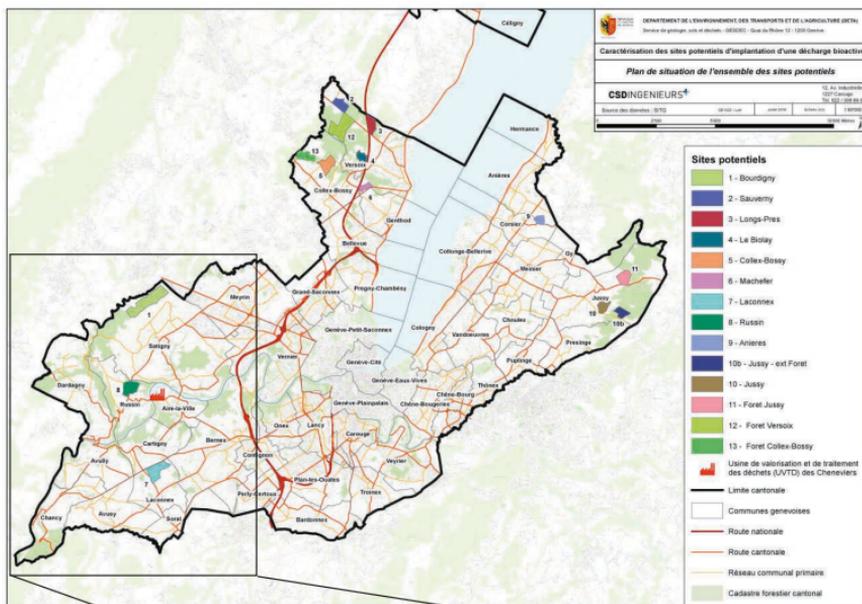
Les secteurs retenus ont fait l'objet d'une démarche participative de comparaison multicritère afin de dégager les plus aptes à recevoir la future installation.

La vérification définitive de l'adéquation d'un site d'implantation envisagé devra être étayée au moyen d'investigations géologiques et hydrogéologiques détaillées.

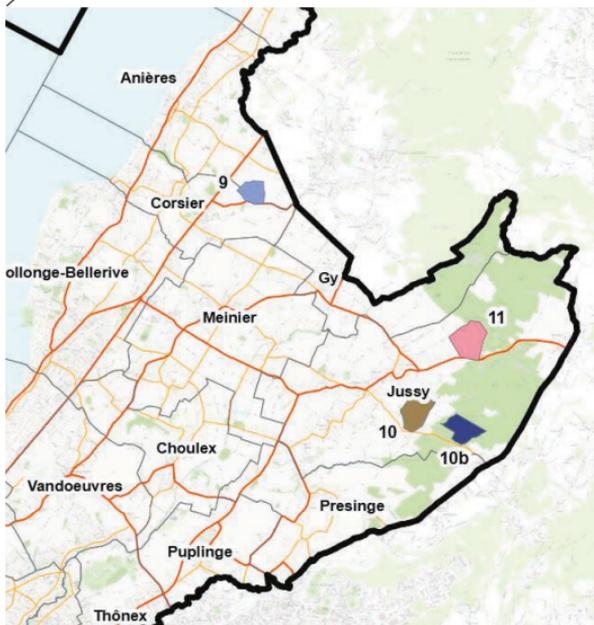
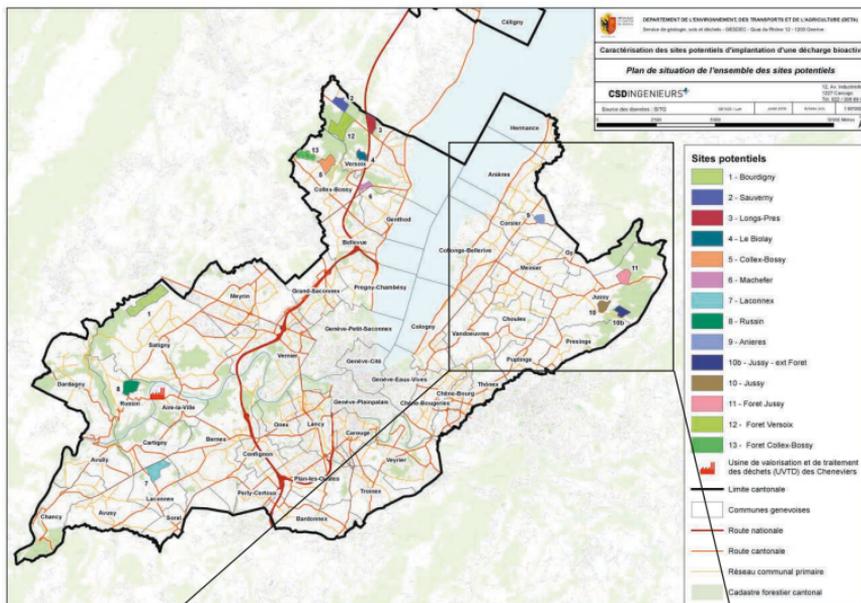
RAPPEL : PLAN DE SITUATION DES SECTEURS

Le détail des sites retenus pour la comparaison multicritère est disponible dans le rapport CSD du 19.12.2016 ainsi qu'en annexe I et II du présent rapport pour les sites 8a et 8b.





Zoom secteur Russin



MÉTHODOLOGIE APPLIQUÉE

L'approche appliquée pour la présente étude s'appuie majoritairement sur les approches participatives d'aide multicritère à la décision. Elle s'est concrétisée par la création d'un comité de pilotage (COFIL) regroupant les acteurs concernés par la problématique, à savoir dans ce cas les communes territoriales concernées par l'un ou l'autre des sites retenus et les services de l'Etat compétents.

Les travaux se sont déroulés en 5 phases sur la base des travaux précédents du GESDEC et du bureau CSD pour la sélection des sites potentiels :

- 1) Recensement et définition des éléments différenciant et impactant pour la comparaison des sites retenus ;
- 2) Structuration de ces éléments en critères de comparaison exhaustifs, non redondants et cohérents ;
- 3) Pondération des critères de comparaison entre eux selon différents points de vue ;
- 4) Evaluation de tous les sites selon tous les critères ;
- 5) Analyse multicritère, résultats et interprétation.

Les deux premières phases ont été intégralement réalisées au sein du COFIL avec le concours actif des représentants des communes et des services d'Etat.

Par courrier du 30.11.2016, les communes n'ont pas désiré donner suite aux travaux du COFIL ni à l'invitation du 23.12.2016 à réaliser une pondération des critères pour chaque commune. Les phases 3 et 4 se sont donc faites avec les services d'Etat conformément aux éléments décidés lors des phases précédentes. Les communes ont continué à être régulièrement informées de manière transparente sur l'avancement des travaux et les résultats de ces phases.

La phase 5 a été réalisée par la HEIG-VD et discutée lors du COFIL du 12.09.2017 afin d'offrir tous les éléments de décision pour la sélection d'un site pour la future décharge. Le présent rapport précise tous les éléments d'analyse, les résultats et les recommandations du COFIL.

Les travaux se sont déroulés de décembre 2015 à novembre 2017, avec 11 réunions du COFIL¹ et une journée de visite sur l'ensemble des sites retenus.

¹ COFIL en date des : 04.12.2015, 12.02.2016, 27.05.2016, 24.06.2016, 16.09.2016, 09.12.2016, 20.01.2017, 24.03.2017, 23.05.2017, 12.09.2017, 21.11.2017. Visite des sites avec représentants des communes le 30.09.2016.

PRINCIPES DE COMPARAISON ET DE LA MÉTHODE ELECTRE III

L'utilisation de la méthode ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la RÉalité) développée par Bernard Roy (Lamsade, Université Paris-Dauphine) a largement fait ses preuves concernant les problématiques de comparaison de variantes environnementales dans le domaine de la planification et de la gestion des déchets.

Cette méthode présente de nombreuses qualités pour une telle problématique, à savoir, entre autres :

- La comparaison de variantes sur un ensemble de critères à définir par les acteurs en fonction de la problématique traitée ;
- La possibilité de prendre en compte des critères de natures différentes (autant ordinaux que cardinaux) pouvant garder chacun leur propre logique d'évaluation sans nécessité de transformer leurs échelles d'évaluation en une échelle de notes unique ;
- L'intégration des notions d'indifférence et de préférence permettant la prise en compte de niveaux de préférence spécifique à chaque critère ;
- La possibilité de pondérer les critères selon différents points de vue et en comparer la robustesse des résultats ;
- La non-compensation entre critères, i.e. la mise en évidence d'incomparabilités qui risqueraient, avec une méthode compensatoire de type « somme pondérée », de faire disparaître dans une valeur moyenne des défauts ou des qualités ponctuelles pour certaines variantes ;
- La production d'un résultat ordinal (ordre de préférence) évitant la production artificielle de scores numériques peu fiables et permettant d'identifier les préférences et incomparabilités entre variantes ;
- La possibilité de produire autant de résultats que nécessaire et de pouvoir identifier les tendances générales ainsi que leur robustesse (via une analyse de sensibilité sur tous les paramètres de la méthode), ceci afin de dégager une solution consensuelle et partagée.

L'approche d'aide multicritère à la décision et des méthodes ELECTRE impose les contraintes suivantes :

- Toutes les variantes doivent être évaluées selon les mêmes principes et échelles d'évaluation et sur tous les critères ;
- Chaque critère doit être construit de manière à pouvoir évaluer, sur l'aspect qui le concerne, l'ensemble de chaque variante et représenter une conséquence mesurable par un indicateur chiffré ou ordinal doté d'une structure de préférence ;
- Le groupe d'acteurs doit valider une famille de critères commune à tous, qui soit exhaustive (pas d'oubli majeur), non redondante (pas d'éléments évalués à double) et cohérente (sens de préférence de chaque critère cohérent avec l'objectif global visé) ;

- Les acteurs peuvent pondérer les critères comme bon leur semble avec comme seule condition le fait de donner un poids non nul à chaque critère ;
- Les évaluations de chaque variante sur chaque critère sont validées par l'ensemble des acteurs. Le cas échéant, certaines évaluations pourront faire l'objet d'analyse de sensibilité pour en vérifier leur influence ;
- Les acteurs s'engagent à travailler de manière constructive sur les éléments de décision et à user de leur droit de parole à bon escient et de manière responsable.

La DGE (Direction Générale de l'Environnement) et le GESDEC ont demandé à la HEIG-VD, représentée par le Professeur Dominique Bollinger, spécialiste de ce domaine, d'appliquer ce type d'approche pour la présente étude.

LISTE DES CRITÈRES DE COMPARAISON

La méthodologie de définition et de structuration des critères de comparaison s'est basée sur une approche en trois temps :

1. Définition des éléments différenciant à considérer :

Tous les éléments sujets à différencier les sites les uns par rapports aux autres ainsi que les éléments en lien avec les impacts d'une telle installation ont été recensés.

Outre l'établissement d'une liste de conditions incontournables (légalles notamment), ces éléments ont été regroupés en 7 catégories en fonction des enjeux qu'ils touchaient :

I. Emprises et territoire

II. Equipements et contexte

III. Aménagements / contraintes d'aménagements

IV. Risques environnementaux

V. Nature

VI. Aspects visuels et image

VII. Autres aspects (logistique de l'exploitation et maîtrise foncière)

2. Rattachement de ces éléments aux critères d'évaluation (structure, préférence) :

Sur la base de ces éléments et leurs regroupements, des critères de comparaison ont pu être définis reprenant un ou plusieurs éléments de différenciation et proposant, dès lors, une structure de préférence, i.e. une échelle d'évaluation strictement croissante ou décroissante.

A l'instar des dispositions légales pour les marchés publics, ces critères et leurs échelles d'évaluation ont été définis indépendamment des caractéristiques spécifiques des sites entre eux, ceci pour assurer une équité et neutralité dans l'application des évaluations de chaque site sur chaque critère.

3. Fusion de certains critères entre eux :

Une fois la première proposition de famille de critères de comparaison structurée et définie, celle-ci a été passée en revue pour en vérifier leurs échelles d'évaluation et implications. Il en est ressorti notamment que certains critères ne différenciaient les sites entre eux que sur des aspects financiers (p.ex. pour les aspects d'équipements). D'autres critères évaluaient des aspects similaires qu'il a été possible de fusionner pour arriver à la famille définitive de critères de comparaison.

Les critères de comparaison ont été entièrement définis par les membres du COPIL, en présence des représentants des communes territoriales concernées, des services experts de l'Etat concernés par le projet et des directions de la DGE et du GESDEC. La présence d'un représentant des SIG a permis d'obtenir des informations techniques et organisationnelles utiles ainsi qu'un retour informatif sur différentes positions de ce service.

Les critères ont pu être catégorisés comme suit² :

- Périmètre d'exploitation
 - C1 Souplesse d'implantation
 - C2 Surface impactée
 - C13 Valeur du site
 - C17 Adéquation à l'aménagement du territoire
 - C20 Etat topographique et contraintes de construction
- Infrastructures et raccordements
 - C6 Faisabilité du raccordement aux eaux usées
- Impacts sur l'environnement
 - C4 Proximité des zones naturelles sensibles
 - C9 Influence sur les risques d'inondations
 - C14 Eaux souterraines
 - C21 Eaux de surface
 - C15 Paysage
- Trafic
 - C7 Nuisances trafic
 - C8 Conjonction de projets
- Incidences locales et régionales
 - C3 Proximité des habitations
 - C11 Perturbations chemins et loisirs
 - C16 Impact sur l'image et l'économie régionale
 - C18 Maîtrise foncière

² La numérotation originale des critères a été conservée depuis celle des premiers travaux afin d'en garder référence sur l'évolution de la famille de critères. Ceci explique donc qu'elle ne se suive pas forcément au sein des catégories et que certains numéros ne soient pas présents (cf. Éléments analysés et non retenus pour la comparaison multicritère ci-dessous).

- Coûts
 - C22 Enveloppe de coûts pour infrastructures, raccordements, accès, évacuation MEX, etc.
- Phase de construction
 - C19 Impact de la phase de construction

Cette catégorisation n'influe en rien l'analyse comparative, chaque critère étant considéré de « même niveau ». Elle permet uniquement de classer les différents critères en fonction de leurs enjeux et d'en faciliter la lecture.

Chaque critère est présenté en annexe V en spécifiant :

- Son code (information originale utile à l'analyse ELECTRE mais non différenciante) ;
- Son nom décrivant succinctement ce qu'il évalue ;
- Sa définition ;
- Son unité et son sens de préférence³ ainsi que la façon dont sont calculées ses valeurs (i.e. à partir de données brutes) ;
- La source de ses données brutes de base, éventuellement des expertises nécessaires à son évaluation ;
- Ses seuils d'indifférence et de préférence ;
- Sa signification par quelques exemples d'évaluation et ce qu'elles indiquent.

³ Un sens de préférence croissant indique que plus le score est élevé, plus il est favorable (exemple : une distance aux habitations, plus elle est élevée, plus elle est favorable) ; un sens de préférence décroissant indique que plus le score est bas, plus il est favorable (exemple : un coût plus bas est plus favorable).

Éléments analysés et non retenus pour la comparaison multicritère

Tous les éléments de comparaison ont été analysés et étudiés par le COPIL. Certains de ceux-ci ont fait l'objet soit d'un regroupement avec d'autres éléments au sein d'un même critère, soit d'une mise à l'écart lorsque ces éléments ne différencient pas les sites retenus entre eux. Ces différents éléments fusionnés ou non retenus sont décrits ci-dessous.

Comme mentionné dans le détail du critère C22 « Enveloppe des coûts », certains critères ont été fusionnés à celui-ci, ces aspects se réduisant à des considérations uniquement financières et n'induisant pas de contraintes ou nuisances spécifiques quant à leur réalisation. Il s'agit des éléments suivants qui avaient été numérotés initialement comme critères et ne figurent dès lors plus dans la famille de critères en tant que tel :

- C5 – Proximité des équipements : Ce critère s'attachait à évaluer les distances de fouille nécessaires aux raccordements « Électricité », « Eau potable et/ou industrielle », « Eaux usées », et « Eaux claires le cas échéant ». Tous ces aspects sont pris en compte désormais dans le critère C22 ;
- C10 – Accès au site : Ce critère s'attachait à évaluer les aménagements nécessaires au bon accès de l'installation. Il se réduisait à l'évaluation des longueurs de routes à créer et/ou rénover pour en garantir un accès conforme et éviter toute dégradation des voies de circulation. Tous ces aspects sont pris en compte désormais dans le critère C22 ;
- C12 – Infrastructures : Ce critère s'attachait à évaluer les infrastructures spécifiques nécessaires au projet sur le périmètre donné. Il proposait de différencier les sites par le fait notamment que certaines infrastructures existantes nécessitent un déplacement (gazoduc, ligne HT). Tous ces aspects sont pris en compte désormais dans le critère C22.

Les autres aspects présentés ci-dessous ne sont finalement pas repris pour l'analyse multicritère, ceux-ci ne différenciant pas les sites entre eux :

- L'emprise de la décharge est planifiée par l'office de l'urbanisme dans le décompte des SDA à l'horizon 2023. Dès lors, dans le critère C2, les surfaces SDA impactées ne sont pas considérées.
- Pour le critère C17, l'élément « contraintes ultérieures i.e. sites pollués » est identique pour tous les sites et n'est donc pas considéré.
- Pour le critère C6, un relevage des eaux usées est nécessaire dans tous les cas, ceci ne différencie donc pas les sites entre eux. Par ailleurs, le débit de la décharge n'est pas significatif par rapport aux débits acceptables dans les réseaux existants et n'est donc pas retenu comme élément différenciant. Enfin, la notion de qualité des eaux rejetées dans le réseau EU doit pour tous les sites respecter les conditions légales d'acceptabilité.
- Pour le critère C14, vu les exigences légales en matière de géologie (OLED), il a été considéré que l'aspect de perméabilité géologique ne différenciait pas les sites entre eux. En outre, les aspects de sensibilité du récepteur, s'agissant d'eaux de surface, est indirectement traité par l'aspect des eaux usées et donc des exigences d'épuration des STEP. Enfin les aspects de risque de tarissement et de coupure

d'alimentation de cours d'eau sont considérés comme des conditions et nécessiteront une étude par les services d'Etat concernés pour s'assurer du respect de celles-ci.

- Pour le critère C22, les coûts inhérents aux installations standards d'une décharge (comme installation d'entrée, de lavage, de contrôle, drainage de fond, étanchéité, etc.) ne sont pas évaluées puisqu'identiques quel que soit le site sélectionné. Les accès de secours ne sont pas considérés ici pour leurs équipements mais uniquement pour les longueurs de routes à créer et/ou rénover, ces accès devant impérativement répondre aux exigences en la matière sur tous les sites retenus.
- Pour le critère C19, mis à part les volumes à excaver générant une nuisance trafic supplémentaire, les nuisances liées à la phase de construction ont été considérées comme étant identiques d'un site à l'autre. Les installations imposées par la décharge étant similaires pour tous les sites.

MATRICE D'ÉVALUATION

La matrice d'évaluation présente l'ensemble des valeurs pour toutes les variantes de tous les critères dans leurs unités décrites en annexe V.

La transformation des indicateurs bruts en évaluation a été effectuée conformément aux formules d'évaluation des critères.

Chaque évaluation des critères a été teintée en couleur en fonction de son sens de préférence du vert (bonne évaluation pour le critère considéré) au rouge (pire évaluation pour le critère considéré). Cette coloration ne représente que le champ de valeurs obtenues par les sites comparés (performance relative) et ne saurait exprimer un niveau de performance absolue. Tous les sites évalués sont considérés comme aptes à recevoir l'installation, ceci ayant été vérifié lors des phases précédentes de sélection des secteurs / sites à retenir. Aucune élimination du groupe des sites retenus ne saurait être justifiée ici par des valeurs teintées de rouge.

La matrice des évaluations est reproduite ci-après.

		Site n°1	Site n°2	Site n°3	Site n°4	Site n°5	Site n°6	Site n°7	Site n°8	Site n°8a	Site n°8b	Site n°9	Site n°10	Site n°11	Site n°12	Site n°13
		Bourgigny	Sauvigny	Longvès	Le Boly	Colles-Bassy	Marcher	Laonnex	Ruslin	Ruslin	Ruslin	Andres	Jussy	Forêt Jussy	Forêt Wens	Forêt Celles-Bassy
C1	Superficie d'implantation	7,6	2,4	2,2	1,7	3	1,1	4,2	1,8	1,4	1,8	1,3	2,4	2,6	6	2,2
C2	Surfaces impactées	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	10	10	1
C3	Matur du site	2,0	3,8	1,8	2,0	3,0	2,0	3,0	4,0	4,0	4,0	2,0	2,0	3,0	5,0	3,2
C17	Adéquation à l'usage prévu de l'événement	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
C20	État topographique et contraintes de construction	-5	8	5	8	-5	5	8	-1	-1	-1	7	3	-5	-3	-30
G4	Prévalent des zones naturelles sensibles	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1
G9	Indicateurs de la santé écosystémique	7,4	38,7	21,2	40,3	32,6	31,3	23,5	12,1	28,6	0,0	27,9	58,5	23,3	55,1	3,9
C14	Liens existants	0,185	0,185	0,615	0,33	0,545	0,125	0,32	0,165	0,165	0,165	0,185	0,36	0,39	0	0,175
C21	Liens existants	1,669	2,43	0,734	0,342	0,254	0,063	0,000	0,015	0,015	0,015	0,800	1,494	2,186	1,774	0,730
C15	Liens de surface	0,585	0,090	0,090	0,150	0,651	0,010	0,305	0,225	0,33	0,33	0,000	0,071	1,090	0,325	12,081
C15	Psychop	4,5	6	1	4	7	4	7	7	3	7	3	7	6	1	5
C7	Recherches de la	47,8	57,5	47,2	45,6	42,0	45,6	41,0	38,5	3,3	3,3	39,8	211,5	201,0	57,5	45,8
G8	Composition de projets	571	251	251	24	251	24	251	50	11	11	75	11	11	11	251
C3	Prévalent des habitats	468	55	417	1288	1043	1888	1223	509	552	1177	806	806	59	113	367
C11	Perturbations chimiques et toxiques	22038	17200	3664	980	21062	12554	13400	10436	8660	2668	382	382	11658	11002	34394
C16	Impact sur l'image et l'économie régionale	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1
C18	Matière foncière	25	10	4	29	8	5	67	20	20	20	37	11	23	2	18
C22	Investissement de coûts pour infra struct. rec. et obs.	40501	40818	21845	10449	43974	20347	8973	40555	40138	12115	28708	40331	40540	46957	40971
C19	Impact de la phase de construction	66667	66667	33333	33333	33333	33333	33333	66667	66667	66667	20000	46667	66667	66667	66667

Sur la base de cette matrice sans appliquer l'analyse multicritère ELECTRE, il n'est pas possible de conclure à une préférence absolue d'un site par rapport à un autre (relation de dominance). En effet, aucun des sites ne présente de valeurs toutes meilleures à un (ou plusieurs) autre(s) site(s). La détermination de l'importance des critères les uns par rapports aux autres et l'application de l'analyse multicritère ELECTRE est nécessaire pour pouvoir interpréter les relations de préférence entre ces différents sites.

PONDÉRATION DES CRITÈRES

Démarche

La phase de pondération, dans une approche multicritère, est extrêmement importante puisqu'elle permet de formaliser ce qui est communément nommé un « point de vue ». En effet, il n'existe pas de pondération « juste » ou « fausse » puisqu'il s'agit là de donner des poids traduisant une importance relative des critères les uns par rapport aux autres pour un acteur ou un groupe d'acteurs donnés.

La démarche de pondération a été effectuée selon le « système de cartes Simos révisé » qui permet de déduire les poids des critères par une approche visuelle. Le détail de cette démarche ainsi que ses résultats sont présentés en annexe VIII.

Deux phases de pondération ont été effectuées :

- Une phase commune de pondération selon l'approche de « Silent Negotiation » afin d'obtenir un jeu de poids dit « Pondération partagée » pour l'ensemble du COPIL ;
- Une phase de pondération individuelle où chaque acteur présent a pu définir un jeu de poids représentant le point de vue de l'entité qu'il représentait.

Des pondérations fictives ont été également effectuées par le COPIL pour représenter des points de vue complémentaires en vue de l'analyse de sensibilité des résultats. Les communes n'ayant pas donné suite à l'invitation du 23.12.2016 à fournir leurs pondérations individuelles, plusieurs pondérations ont été simulées par le COPIL pour représenter ce qui pourrait être leurs points de vue. Ces pondérations ont été analysées et ont confirmé les tendances générales et interprétation des résultats présentées au chapitre suivant.

Poids

Les différentes pondérations calculées figurent dans le tableau ci-dessous. Les jeux de cartes desquelles elles sont issues ainsi que l'explication de la méthode « système de cartes Simos révisé » sont présentées en annexe VIII.

	PERIMETRE D'EXPLOITATION					INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS	IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT					TRAFC	INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES				COÛTS	PHASE DE CONSTRUCTION		
	C1	C2	C13	C17	C20		C6	C4	C9	C14	C21		C15	C7	C8	C3				C11
	Souplesse d'implantation	Surface impactée	Valeur du site	Adéquation à l'aménagement du territoire	Etat topographique et contraintes de construction	Raccordement aux eaux usées	Proximité des zones naturelles sensibles	Modification des bassins versants	Eau souterraines	Eaux de surface	Paysage	Nuisances trafic	Conjonction de projets	Proximité des habitations	Perturbations chemins et toisiers	Impact sur l'image et l'économie régionale	Maitrise foncière	Enveloppe de coûts pour infrastruct., racc., accès, évacuation	Impact de la phase de construction	
Services																				
Tous (partagée)	5,323	6,452	6,452	6,452	4,194	5,323	5,323	6,452	6,452	6,452	4,194	3,065	6,452	4,194	5,323	5,323	5,323	2,703	0,806	100
Ecologie de l'eau	4,44	2,703	4,44	6,178	9,653	9,653	6,178	9,653	9,653	9,653	4,44	2,703	0,965	4,44	2,703	2,703	6,178	2,703	0,965	100
Plan directeur cantonal	7,463	7,463	7,463	7,463	3,284	3,284	5,375	5,375	5,375	3,284	9,552	3,284	1,194	9,552	3,284	5,375	5,375	5,375	1,194	100
Espace rural / agriculture	7,407	8,642	8,642	8,642	7,407	3,704	2,469	3,704	2,469	3,704	6,173	7,407	6,173	6,173	2,469	8,642	2,469	2,469	1,235	100
Espaces naturels / secteur forêts	6,145	7,263	7,263	6,145	6,145	5,028	8,38	3,911	3,911	5,028	8,38	6,145	1,676	5,028	6,145	5,028	3,911	3,911	0,559	100
DGE	5,932	5,932	5,932	5,932	3,39	5,932	5,932	5,932	5,932	5,932	3,39	5,932	3,39	5,932	3,39	0,847	8,475	8,475	0,847	100
Géologie, sols et déchets	8,911	4,95	2,97	4,95	8,911	6,931	2,97	6,931	8,911	8,911	4,95	2,97	2,97	2,97	0,99	4,95	6,931	6,931	0,99	100

Pour chacune de ces pondérations, un résultat ELECTRE III est calculé. Il n'y a aucun sens à comparer les valeurs de pondérations entre elles, seule la comparaison des résultats de l'analyse est pertinente. En effet, si plusieurs pondérations, bien que très différentes dans leurs valeurs de poids, génèrent un résultat présentant des tendances similaires, ceci indique que les résultats et leurs tendances sont robustes malgré des jeux de poids différents.

Une pondération à titre informatif a été réalisée par le représentant des SIG. Le résultat de cette pondération n'a pas été considéré pour identifier les tendances générales. Cependant elle est confrontée à ces dernières afin de mettre en évidence, le cas échéant, une opposition potentielle pour les SIG envers certains sites. Aucun élément de ce résultat n'a remis en question les tendances générales et recommandations décrites ci-après.

Par ailleurs, plusieurs pondérations ont été testées, notamment pour simuler la position des communes qui se sont désolidarisées de cette étape, mais aussi pour simuler des positions économiques ou écologiques.

RÉSULTATS, ANALYSES DE SENSIBILITÉ ET TENDANCES GÉNÉRALES

Les résultats pour chaque pondération ont été calculés et figurent en annexe IX du présent rapport. La synthèse des résultats est donnée ci-dessous sur la base de l'analyse des résultats ELECTRE III.

Outre la comparaison des résultats pour les différents jeux de poids, plusieurs analyses de sensibilité ont été effectuées. Celles-ci viennent confirmer les tendances générales exposées ci-dessous.

Parmi tous les sites comparés on distingue cinq groupes de sites ayant des tendances similaires :

Sites figurant toujours en tête de classement :

Les trois sites suivants se situent toujours en tête de classement. Ils y sont stables et représentent comparativement les meilleurs de tous les sites retenus selon l'analyse multicritère et cela pour l'ensemble des pondérations considérées :

- Site n° 1 « Bourdigny », commune de Satigny :
Site très étendu, à proximité de la France offrant de nombreuses possibilités notamment celle d'enterrer complètement la décharge. Le site présente de très bonnes qualités (critères C1, C2, C13, C17, C6, C4, C14 et C16) et ne présente pas de défaut majeur, si ce n'est l'évaluation du critère C8 « Conjonction de projets » et du critère C19 « Impact de la phase de construction » qui présentent les moins bonnes évaluations. Ceci est largement compensé par ses qualités et ne remet pas en cause sa position très stable en tête de classement. Une information auprès des autorités française doit être envisagée.
- Site n° 3 « Longs-Prés », commune de Versoix :
Site de localisation très intéressante par son faible impact paysager et présentant une certaine facilité de mise en œuvre. Le site présente de très bonnes qualités (critères C2, C13, C21, C15, C11, C16, C18, C22 et C19) et ne présente pas de défaut majeur, si ce n'est l'évaluation du critère C17 « Adéquation à l'aménagement du territoire ». Ce point n'est en rien rédhibitoire et largement compensé par les qualités du site qui confirme sa position très stable en tête de classement. La question du maintien du passage de l'eau pour le Nant de Braille devra faire partie intégrante du projet si ce site se voyait sélectionné.
- Site n° 13 « Forêt Collex-Bossy », commune de Collex-Bossy :
Site relativement bien masqué par la forêt environnante avec possibilité d'enfouir totalement la décharge. A noter la proximité de l'anneau du CERN à moins de 100 m et celles du golf et du manège. Le site présente de très bonnes qualités (critères C17, C20, C6, C4, C21, C15, C8 et C3) et ne présente pas de défaut majeur, si ce n'est l'évaluation du critère C16 « Impact sur l'image et l'économie régionale » et du critère C19 « Impact de la phase de construction » qui présentent les moins bonnes évaluations. Ceci est largement compensé par les qualités du site et ne remet pas en cause sa position très stable en tête de classement.

Sites moyens et stables, figurant en milieu de classement, jamais en tête ni en fin de classement

Les sites suivants se situent systématiquement en milieu de classement, de manière relativement stable (pas de variation de position dans les différentes pondérations ni analyses de sensibilité) :

- Site n° 9 « Anières », communes d'Anières et de Corsier :
Site très contrasté, présentant à la fois de bonnes qualités (critères C2, C13, C6, C4, C21, C11, C16, C22 et C19) mais nombre non négligeable de défauts (critères C1, C17, C20, C15 et C7 ainsi que dans une moindre mesure C3 et C18). Ce site fait notamment partie des pires sites sur le plan de l'impact paysager. Les points principaux relevés lors de la visite et confirmés par l'analyse multicritère concernent la faible possibilité d'enfouissement de la décharge et la proximité des habitations. Ces caractéristiques expliquent bien sa position médiane stable mais n'en font pas un site réellement performant.
- Site n° 10 « Jussy », commune de Jussy :
A l'instar du site 9, ce site présente également un profil relativement contrasté avec de bonnes qualités (critères C2, C13, C6, C8, C11 et C16) mais nombre non négligeable de défauts (C17 et C7 et dans une moindre mesure C20, C9 et C15). Les points principaux relevés lors de la visite et confirmés par l'analyse multicritère concernent notamment la difficulté d'intégration dans le paysage et la visibilité élevée du site ainsi que la proximité des habitations et traversées de localités (i.e. nuisances trafic) importantes. Ces caractéristiques expliquent bien sa position médiane stable mais n'en font pas un site réellement performant.
- Site n° 11 « Forêt Jussy », commune de Jussy :
Ce site présente aussi un profil contrasté, mêlant de bonnes qualités (critères C17, C9, C14, C8, C3 et C16) et nombre de défauts non négligeables (critères C2, C6, C7 et C19), les autres évaluations étant moyennes. On relève ici surtout la problématique liée aux nuisances trafic et une intégration paysagère très moyenne. Ces caractéristiques expliquent bien sa position médiane stable mais n'en font pas un site réellement performant.

Sites moyens à mauvais et stables

- Site n° 2 « Sauverny », commune de Versoix :
Ce site présente un profil similaire à ceux de la catégorie précédente mais se classe régulièrement en-dessous de ceux-ci. Ceci s'explique principalement par le fait que ses caractéristiques liées notamment aux aspects « eaux souterraines » et « eaux de surface » (critères C14 et C21) ainsi que « conjonction de projets » (critère C8) sont systématiquement moins bons que pour les sites 9, 10 et 11 sans avoir autant de qualités. Ces caractéristiques expliquent bien sa position stable médiane à mauvaise, n'en faisant pas un site performant.

Sites moyens à mauvais, variant considérablement dans le classement

Les sites suivants se classent toujours dans les rangs moyens à mauvais et présentent une variabilité importante de leurs positions. Ils sont très sensibles aux variations de points de vue (peu consensuels) mais surtout on ne les retrouve jamais en tête :

- Site n° 6 « Machefer », commune de Versoix :
Ce site de faible surface avec différents accès à aménager et proche des habitations, n'obtient que ponctuellement de bons scores (critères C2, C13, C6, C21 et C16) mais cumule de nombreux défauts majeurs importants (critères C1, C17, C14 et C3) présentant les pires évaluations pour ces critères. Son profil contrasté avec des scores relativement extrêmes explique sa forte variabilité et son classement et en font un site peu performant.
- Site n° 8b « Russin est », commune de Russin :
Site systématiquement meilleur que son voisin, le site 8a, mais présentant davantage d'évaluation moyennes et mauvaises (notamment critères C1, C13, C14, C16 et C19) malgré quelques bons scores (critères C2, C17, C6, C7 et C8) ne suffisant pas à en faire un bon site. Son profil contrasté avec des scores relativement extrêmes explique sa forte variabilité et son classement et en font un site peu performant.
- Site n° 10b « Jussy – Extension forêt », commune de Jussy :
Ce site de grande taille, d'accès exclusif et assez fortement fréquenté se caractérise dans le classement par une grande instabilité. Il est toujours inférieur ou de même niveau par rapport au site n° 10 et présente une incomparabilité systématique avec celui-ci, expliquée notamment par son profil quasiment « inverse » de celui du site 10. Un grand nombre de défauts majeurs (critères C2, C6, C4, C7 et C19) le péjore malgré des qualités notables par ailleurs (critères C17, C15, C8, C3, C16 et C18) qui ne suffisent pas à en faire un bon site. Son profil contrasté avec des scores relativement extrêmes explique sa forte variabilité et son classement et en font un site peu performant.
- Site n° 12 « Forêt Versoix », commune de Versoix :
Ce site éloigné de l'UVTD (usine de valorisation et de traitement des déchets) des Cheneviers présente une possibilité d'enfouissement total de la décharge. Cependant le passage d'une ligne à haute tension, nécessitant probablement un déplacement, n'arrive pas à faire valoir ses qualités (critères C17, C6, C16 et C18) face au nombre important de ses défauts majeurs (critères C2, C13, C4, C21, C11, C22 et C19). Son profil contrasté avec des scores relativement extrêmes explique sa forte variabilité et son classement et en font un site peu performant.

Sites toujours en fin de classement

Les sites suivants se situent toujours dans les trois derniers rangs, ils sont stables et comparativement mauvais :

- Site n° 4 « Le Biolay », commune de Versoix :
Site à fort impact topographique et paysager, habitations proches, présence de ligne HT et problématique « eaux » importante. Ce site présente bon nombre de défauts difficilement compensables (critères C1, C17, C20, C4, C9, C14, C8, C3, C18 et C22). Ses points positifs, notamment « coûts » (critère C22) et faible impact lors de la phase de construction (critère C19), n'arrivent pas à remonter son profil faible. Ces caractéristiques expliquent sa position stable en fin de classement.
- Site n° 5 « Collex-Bossy », commune de Collex-Bossy :
Ce site fait partie des pires sites sur le plan de l'impact paysager et présente une contrainte liée au passage du gazoduc. Il présente de nombreux défauts (critères C4, C9, C14, C15, C3, C11, C16 et C19) difficilement contrebalancés par ses quelques qualités (critères C2, C17 et C6 et dans une moindre mesure C8 et C18). Ces caractéristiques expliquent sa position stable en fin de classement.
- Site n° 7 « Laconnex », commune de Laconnex-Bernex :
Ce site fait partie des pires sites sur le plan de l'impact paysager et présente bon nombre de défauts majeurs extrêmes (critères C17, C20, C9, C14, C15 et C18) notamment sur l'aspect des eaux souterraines. Il présente quelques qualités, dont notamment le coût le plus faible (critère C22) et le plus faible impact lors de la phase de construction (critère C19), mais qui ne permettent pas de contrebalancer la faible performance de ce site sur la majorité des critères. Ces caractéristiques expliquent sa position stable en fin de classement.
- Site 8a « Russin-ouest », commune de Russin :
Ce site particulièrement visible montre un classement mauvais et très instable. Ceci s'explique par son profil très contrasté avec bon nombre de défauts majeurs (critères C14, C15, C16 et C19) et quelques critères très bien évalués, notamment « nuisances trafic » (critère C7) et « conjonction de projets » (critère C8). Ces derniers sont difficilement valorisés en présence de bon nombre d'évaluations moyennes à médiocres. Ce profil contrasté allié à des évaluations très moyennes explique sa position en fin de classement mais qui reste cependant plus instable que pour les autres sites de la présente catégorie.

RECOMMANDATIONS

Sur la base des résultats et tendances générales, celles-ci également confirmées par les analyses de sensibilité, les trois sites de tête sont recommandés pour la sélection d'un site pour l'implantation de la décharge de Type D.

Il n'est pas possible de différencier ces sites quant à leurs caractéristiques sur la seule base de l'analyse multicritère technique telle qu'elle a été effectuée dans le cadre de ce mandat. Ces trois sites présentent tous un profil très favorable, consensuel et sans défauts majeurs.

Il est proposé d'investiguer ces sites l'un après l'autre sur le plan de la géologie pour confirmer les hypothèses du bureau CSD quant au respect des conditions géologiques au sens de l'OLED.

Le COPIL valide ces trois sites :

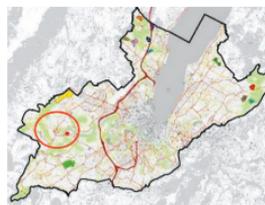
- Site n° 1 « Bourdigny », commune de Satigny ;
- Site n° 3 « Longs-Prés », commune de Versoix ;
- Site n° 13 « Forêt Collex-Bossy », commune de Collex-Bossy.

ANNEXES

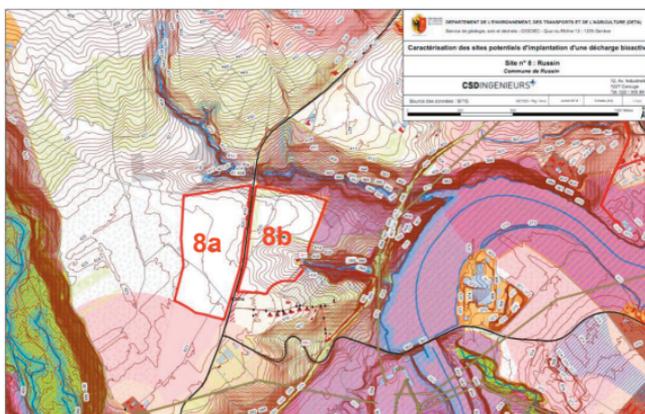
Annexe I : Fiche du site n°8a : Russin secteur ouest – Commune(s) de : Russin

Caractéristique de la commune :

Surface territoriale :	4,91 km ²
Population :	env. 523 habitants
Particularités du territoire communal :	Env. 97% du territoire communal est constitué de zones agricoles, de bois et de forêts. Présence d'une grande réserve naturelle (30% du territoire env.). Présence d'un cours d'eau : le Rhône



Caractéristique du site :



Coordonnées moyennes :	E (MN95)	2490218.398 (m)
	N (MN95)	1117164.21 (m)
Surface potentielle :	17 ha	
Zone d'affectation :	Zone agricole	
Qualité géologique :	- Imperméabilité du soubassement (l'aptitude géologique doit être confirmée ultérieurement par des sondages).	
Nappes profondes :	- Situé à l'extérieur de toute emprise de nappe profonde.	
Nappes superficielles :	- Situé dans l'emprise de la nappe temporaire de Russin.	
Cours d'eau :	- Le ruisseau des Eaux Chaudes est situé à 440 m. Le nant de Châtelet et le nant de Cul-des-Nouvellisses sont situés chacun à 80 m. Le Rhône est situé à 700 m. Le nant de Bouffard est situé à 230 m.	
Dangers naturels :	- Le périmètre est hors zone de dangers liés aux crues.	

Impacts durant la phase d'exploitation :

Exposition aux zones d'habitations :	- Exposition partielle depuis une dizaine d'habitations du village de Russin (sud du secteur).
Milieux naturels :	- Absence de milieux naturels protégés.
Paysage :	- La partie est du site présente un impact faible. La partie sud présente une exposition visuelle limitée.
Occupation du territoire :	- Grandes cultures ; arboriculture ; vignes
Aménagement du territoire :	- Pas de conflits en lien avec l'aménagement du territoire. - Situé hors « zone constructible ». - Eloigné des zones densément peuplées.
Proximité UVTD :	- Situé à env. 2.1 km de l'usine des Cheneviers.
Accessibilité :	- Bonnes conditions d'accès au site.

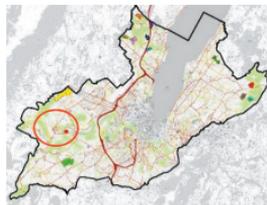
Faisabilité technique, limitations, contraintes :

Evacuation des lixiviats :	- Possibilité de raccordement au collecteur EU situé à 770 m.
Parcelles concernées :	- Les deux sites comprennent 14 parcelles au total dont 2 appartiennent au domaine public.

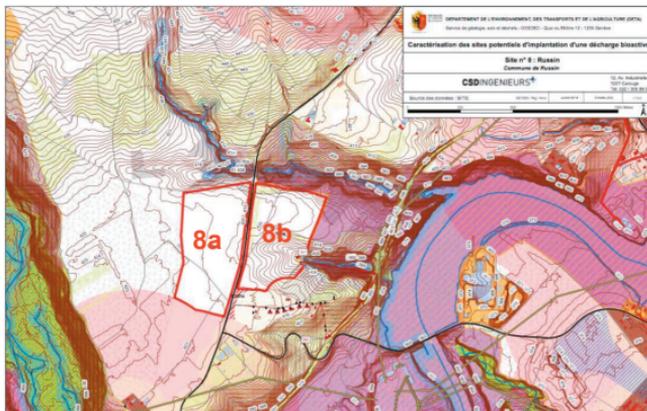
Annexe II : Fiche du site n°8b : Russin secteur est – Commune(s) de : Russin

Caractéristique de la commune :

Surface territoriale :	4,91 km ²
Population :	env. 523 habitants
Particularités du territoire communal :	Env. 97% du territoire communal est constitué de zones agricoles, de bois et de forêts. Présence d'une grande réserve naturelle (30% du territoire env.). Présence d'un cours d'eau : le Rhône



Caractéristique du site :



Coordonnées moyennes :	E (MN95)	2490434.034 (m)
	N (MN95)	1117201.913 (m)
Surface potentielle :	15 ha	
Zone d'affectation :	Zone agricole	
Qualité géologique :	- Imperméabilité du soubassement (l'aptitude géologique doit être confirmée ultérieurement par des sondages).	
Nappes profondes :	- Situé à l'extérieur de toute emprise de nappe profonde.	
Nappes superficielles :	- Situé dans l'emprise de la nappe temporaire de Russin.	
Cours d'eau :	- Le ruisseau des Eaux Chaudes est situé à 650 m. Le nant de Châtelet et le nant de Cul-des-Nouvellisses sont situés chacun à 80 m. Le Rhône est situé à 500 m. Le nant de Bouffard est situé à 30 m.	
Dangers naturels :	- Le périmètre est hors zone de dangers liés aux crues.	

Impacts durant la phase d'exploitation :

Exposition aux zones d'habitations :	- Exposition importante depuis une dizaine d'habitations du village de Russin (sud du secteur).
Milieux naturels :	- Absence de milieux naturels protégés.
Paysage :	- Impact paysager limité sur cette partie du secteur.
Occupation du territoire :	- Grandes cultures ; arboriculture ; vignes
Aménagement du territoire :	- Pas de conflits en lien avec l'aménagement du territoire. - Situé hors « zone constructible ». - Eloigné des zones densément peuplées.
Proximité UVTD :	- Situé à env. 2.1 km de l'usine des Cheneviers.
Accessibilité :	- Bonnes conditions d'accès au site.

Faisabilité technique, limitations, contraintes :

Evacuation des lixiviats :	- Possibilité de raccordement au collecteur EU situé à 770 m.
Parcelles concernées :	- Les deux sites comprennent 14 parcelles au total dont 2 appartiennent au domaine public.

Annexe III : Eléments de critères

DOCUMENT DE TRAVAIL – DCB GE - Proposition d'éléments de critères – v3.1 – 22.08.2016 – Mise à jour suite à la séance du COPIL du 24.6.2016

Points soulevés	Eléments de critères	Repris dans :
EMPRISES ET TERRITOIRE		
Définition du périmètre	Souplesse d'implantation	C1 – Souplesse d'implantation
	Etalement (rapport Surface / Volume)	C1 – Souplesse d'implantation
Zones réservées	Situation en zone réservée légalement	CONDITION : les zones réservées ne doivent pas accepter de dépôts de matériaux et ne doivent pas être comptées dans les calculs de surface d'emprise.
Zone forestière	Défrichement et compensation	C2 – Surface à compenser
Aménagement du territoire	Impact sur l'aménagement du territoire et l'utilisation du site	C17 – Adéquation à l'aménagement du territoire
	Contraintes ultérieures (SIP)	IDENTIQUE pour tous les sites. Indirectement évalué dans C17 – Adéquation à l'aménagement du territoire
	Proximité de zones à forte densité	C3 – Proximité des habitations
	Proximité ZI	A favoriser le cas échéant dans l'évaluation du critère C17 – Adéquation à l'aménagement du territoire
	Présence de bâtiments isolés à proximité	C3 – Proximité des habitations
	Réserves naturelles à proximité	C4 – Proximité des zones naturelles sensibles
	Possibilité de zone tampon autour des réserves naturelles	C4 – Proximité des zones naturelles sensibles

Points soulevés	Éléments de critères	Repris dans :
EQUIPEMENTS ET CONTEXTE		
Réfection drainage	Opportunité de réfection	NON PRIS EN COMPTE : doit faire partie du projet final, conséquence financière uniquement
Approvisionnement en eau et électricité	Proximité réseaux eau et électricité	C5 – Proximité des équipements
Eaux usées	Proximité réseau Eaux usées	C5 – Proximité des équipements
	Réseau CH ou F ?	C6 – Raccordement aux eaux usées
	Etat des canalisations	Condition à vérifier, implication uniquement financière le cas échéant
	Possibilité de raccordement gravitaire	C6 – Raccordement aux eaux usées
	Capacité à transporter les eaux usées	C6 – Raccordement aux eaux usées
	Modification du bassin versant à l'état intermédiaire et final	C9 – Modification de bassins versants
	Capacité du réseau à absorber les eaux (lixiviats) de la décharge	C6 – Raccordement aux eaux usées
Proximité UVTD	Distance (km ou temps) de l'UVTD	C7 – Nuisances trafic
Conjonction de projets	« ras-le-bol » communal	C8 – Conjonction de projets
	Nuisances dans leur ensemble	C8 – Conjonction de projets
	Evaluation du trafic généré potentiellement pour les nouveaux projets (permet de différencier)	C8 – Conjonction de projets

Points soulevés	Éléments de critères	Repris dans :
AMENAGEMENTS / CONTRAINTES D'AMENAGEMENT		
Topographie	Possibilités de modifications topographiques	Donnée du site et du projet. Se retrouve dans II.5.8 « Modification permanente topographique » et donc indirectement dans C17 - Adéquation à l'aménagement du territoire
Accès et trafic	Facilité d'accès / accessibilité	C10 – Accès au site
	Distance à un accès existant	C10 – Accès au site
	Accès ferroviaire	C7 – Nuisances trafic
	Trafic sur axes	C7 – Nuisances trafic
	Traversées de zones habitées / localités	C7 – Nuisances trafic
	Largeurs et portance des routes	C10 – Accès au site
	TJM vs heures de pointe	C7 – Nuisances trafic
	Accès de secours	C10 – Accès au site
Chemins pédestres et agricoles Zones de loisirs, valeur de délasserment Chemins équestres	Coupure et remise en état de chemins	C11 – Perturbations chemins et loisirs
	Evaluation de la fréquentation et son type	C11 – Perturbations chemins et loisirs
	Proximité de chemins et zones de loisirs	C11 – Perturbations chemins et loisirs
	Fonctions des chemins	C11 – Perturbations chemins et loisirs
	Gêne lors de la phase construction + exploitation	C11 – Perturbations chemins et loisirs
Infrastructures spéciales	Infrastructures annexes spécifiques à réaliser	C12 - Infrastructures
	Déplacement gazoduc, ligne à haute tension, ...	C12 - Infrastructures

Points soulevés	Éléments de critères	Repris dans :
Réaménagement / remise en état	Qualité du réaménagement (pente, volume, ...)	C17 – Adéquation à l'aménagement du territoire
	Améliorations / péjorations / opportunités	C17 – Adéquation à l'aménagement du territoire
	Possibilité de remise en état anticipée	CONDITION identique pour tous les sites
	Arborisation ?	CONDITION identique pour tous les sites
	Cultures spéciales (fruitière, forêt, ...)	C13 – Valeur du site
	SDA	C13 – Valeur du site
	Vigne	C13 – Valeur du site
	Modification permanente topographique	C17 – Adéquation à l'aménagement du territoire
Compensation SDA Diminution terres agricoles	Possibilité de remise en SDA après exploitation (selon la forme finale après exploitation)	C2 – Surface à compenser
	Qualité des terres	C13 – Valeur du site
	Aptitude / valeur agricole	C13 – Valeur du site
	Perte de surface agricole / forestière (constr. / expl)	C2 – Surface à compenser
	Culture fruitière/culture arboricole/culture spéciale (réversibilité difficile)	C13 – Valeur du site

Points soulevés	Éléments de critères	Repris dans :
RISQUES ENVIRONNEMENTAUX		
Zone de danger liée aux crues	Situation en zone de danger moyen à faible liée aux crues	C9 – Modification de bassins versants
Eaux de surface et souterraine	Présence et importance nappes superficielles	C14 – Eaux souterraines
Proximité	Risque de tarissement	CONDITION identique pour tous les sites Risque non acceptable, à intégrer dans le projet
	Zone de protection des eaux	CONDITION identique pour tous les sites. Tous les sites sont colloqués en zone üB.
	Proximité nappes profondes	C14 – Eaux souterraines
	Hydrogéologie	C14 – Eaux souterraines
	Sensibilité des eaux réceptrices (NB : contrainte de remise à ciel ouvert de CE enterrés)	NON PRIS EN COMPTE : les eaux usées sont envoyées à la STEP et donc traitées avant rejet. La remise à ciel ouvert doit faire partie du projet (incidence financière)
	Atteinte à la nappe superficielle	C14 – Eaux souterraines
	Coupure de l'alimentation des petits cours d'eau par la décharge	CONDITION identique pour tous les sites Risque non acceptable, à intégrer dans le projet
	Proximité de l'installation de traitement ou de la STEP	C5 – Proximité des équipements
	Opportunité	NON PRIS EN COMPTE : doit être étudié au stade du projet final et intégré le cas échéant

	Contrainte de construction	NON PRIS EN COMPTE : donnée du projet.
Risque majeur industriel (à intégrer dans EIE)	Risque de pollution ?	CONDITION identique pour tous les sites : doit être étudié dans l'EIE au stade de projet
Pollution de l'air	Impact trafic	C7 – Nuisances trafic
	Impact poussières	C3 – Proximité des habitations
	Proximité / nombre habitations (NB : étude VD Sur Crusilles)	C3 – Proximité des habitations
	Impact sur les milieux naturels	C4 – Proximité des zones naturelles sensibles

Points soulevés	Eléments de critères	Repris dans :
Bruit	Proximité des locaux sensibles (phase exploitation)	C3 – Proximité des habitations C11 – Perturbations chemins et loisirs
	Construction + exploitation (trafic, ...)	C3 – Proximité des habitations C11 – Perturbations chemins et loisirs
Dangers naturels	Situation par rapport aux zones de dangers	CONDITION : Aspects non retenus dans les critères car tous les périmètres sont hors de zones de dangers naturels et doivent intégrer dans le projet l'absence de création de nouveaux dangers potentiels.
	Stabilité du soubassement (absence de failles = condition, distance à ces zones = évaluable)	
	Erosion	
	Zone gélive	
Modifications topographiques de bassins versants, aspects à définir pour la situation initiale et finale.	Risque de ruissellements	C9 – Modification de bassins versants
	Diminution des surfaces d'expansion des crues	C9 – Modification de bassins versants
	Sécurité des personnes	C9 – Modification de bassins versants

Points soulevés	Éléments de critères	Repris dans :
NATURE		
Corridors biologiques, réseaux écologiques	Contrats corridors biologiques du Grand-Genève (nature)	C4 – Proximité des zones naturelles sensibles
	Valeurs périmètres adjacents	C4 – Proximité des zones naturelles sensibles
	Coupe / impact réseau écologique pendant et après exploitation (expertise nécessaire)	C4 – Proximité des zones naturelles sensibles
	Aspects forestiers (coupe de couloir par exemple)	C4 – Proximité des zones naturelles sensibles
	Maintenir libre de construction selon contrat Réseau Agro-Envi (RAE)	CONDITION identique pour tous les sites
	Attention : problématique transfrontalière	CONDITION identique pour tous les sites
Milieux naturels / valeur naturelle	Sensibilité / impact sur les milieux naturels	C4 – Proximité des zones naturelles sensibles
	Inventaires fédéraux	C4 – Proximité des zones naturelles sensibles

Points soulevés	Éléments de critères	Repris dans :
ASPECTS VISUELS ET IMAGE		
Aspects paysagers	Qualité paysagère	C15 - Paysage
	Impact sur le paysage (constr vs expl)	C15 - Paysage
	Forêt vs agricole	C15 - Paysage
	Modification permanente	CONDITION identique pour tous les sites L'intégration paysagère doit faire partie du projet. A évaluer lors de la visite sur site.
Exposition aux habitations et visibilité	Distance aux habitations sensibles (habitants avec vue sur le site, pas un hangar par exemple »)	C15 - Paysage
	Visibilité (habitations et promeneurs)	C15 – Paysage C11 – Perturbations chemins et loisirs
Dégradation de l'image + impact économique régional	Impact sur l'image des produits agricoles	C16 – Impact sur l'image et l'économie régionale
	Pérennité des exploitations	C13 – Valeur du site
	Impact sur l'image du bâti	C16 – Impact sur l'image et l'économie régionale
	Expertise du CMNS / Visites (Château de Sauvergnny, percée visuelle)	C16 – Impact sur l'image et l'économie régionale
Zones labellisées	Proximité zones labellisées et bio	C17 – Adéquation à l'aménagement du territoire
Valeur de délasserment	Valeur de délasserment	C11 – Perturbations chemins et loisirs

Points soulevés	Éléments de critères	Repris dans :
AUTRES ASPECTS		
Logistique de l'exploitation	Possibilité de réalisation par étapes	CONDITION identique pour tous les sites
	Exploitable des matériaux excavés	C7 – Nuisances trafic
	Intervention et sécurité en cas d'incident (incendie, ...)	CONDITION identique pour tous les sites
Maîtrise foncière	Nombre de propriétaires	C18 – Maîtrise foncière
	Statut des propriétaires	C18 – Maîtrise foncière
	Affectation actuelle des terrains (indicatif mais pas forcément différenciant)	C17 – Adéquation à l'aménagement du territoire CONDITION de faisabilité

Outre les conditions mentionnées dans les tableaux ci-dessus, les conditions suivantes sont valables de manière identique pour tous les sites retenus et devant faire partie intégrante du projet :

CONDITIONS	
Imperméabilité du sous-sol	Exigence OLED
Portance du sol	Exigence constructive Classe de sol de fondation (D, E et F)
Échéance de mise en œuvre	Planification cantonale et site actuel
Profondeur utile de stockage	Emprise disponible vs épaisseur et profondeur d'implantation
Volume utile disponible	Minimum 1 mio m3

CONDITIONS DE REALISATION DU PROJET INDEPENDAMMENT DU SITE RETENU

Points soulevés	Eléments de critères	Repris dans :
I.2 Zones réservées	I.2.1 Situation en zone réservée légalement	CONDITION : les zones réservées ne doivent pas accepter de dépôts de matériaux et ne doivent pas être comptées dans les calculs de surface d'emprise.
II.1 Réfection drainage	II.1.1 Opportunité de réfection	NON PRIS EN COMPTE : doit faire partie du projet final, conséquence financière uniquement
III.1 Topographie	III.1.1 Possibilités de modifications topographiques	Donnée du site et du projet. Se retrouve dans II.5.8 « Modification permanente topographique » et donc indirectement dans C17 - Adéquation à l'aménagement du territoire

IV.2 Eaux de surface et souterraine Proximité	IV.2.6 Sensibilité des eaux réceptrices (NB : contrainte de remise à ciel ouvert de CE enterrés)	NON PRIS EN COMPTE : les eaux usées sont envoyées à la STEP et donc traitées avant rejet. La remise à ciel ouvert doit faire partie du projet (incidence financière)
	IV.2.11 Contrainte de construction	NON PRIS EN COMPTE : donnée du projet.

IV.6 Dangers naturels	IV.6.1 Situation par rapport aux zones de dangers	CONDITION : Aspects non retenus dans les critères car tous les périmètres sont hors de zones de dangers naturels et doivent intégrer dans le projet l'absence de création de nouveaux dangers potentiels.
	IV.6.2 Stabilité du soubassement (absence de failles = condition, distance à ces zones = évaluable)	
	IV.6.3 Erosion	
	IV.6.4 Zone gélive	

VII.2 Maîtrise foncière	VII.2.3 Affectation actuelle des terrains (indicatif mais pas forcément différenciant)	C17 – Adéquation à l'aménagement du territoire CONDITION de faisabilité
-------------------------	--	--

Annexe IV : Synthèse des observations de visite des sites par le COPIL (y.c. représentants des communes)

DCB_GE : visites des 14 sites (30 septembre 2016)

Remarques / observations in situ données par les membres du COPIL (y.c. représentants des communes)

Site 1 – Bourdigny

- Très grand site, offrant de nombreuses possibilités dont notamment celle de creuser.
- Problème important concernant l'accès au site. La frontière est à proximité immédiate aussi.
- Il faut informer la France et se concerter avec (pas obligé de faire ce qu'elle demande par contre...).
- Site très grand, difficile de se rendre compte de l'emprise de la décharge.
- Il y a beaucoup de constructions en France voisine.

Site 2 – Sauverny

- Vente à la ferme, self cueillette, image importante du coin. Risque pour la survie de l'exploitation.
- Viabilité de l'exploitation ?
- Zone arboricole.
- Zone protégée de l'autre côté de la Versoix.
- Proximité de l'observatoire astronomique (visibilité ?).
- Vérifier plan de site (château de Chavannes ?).
- Vers une option « déblai » plutôt, pour retourner en exploitation agricole à terme.
- SDA ? plan de site de Sauverny ?
- Exploitant agricole avec toute son activité sur le site.
- Loin des Cheneviers même si accessible (moins de marge de manœuvre).

Site 3 – Long-Près

- Accès avec sortie Versoix ok (même si loin des Cheneviers).
- Localisation intéressante pour son faible impact paysager.
- Facilité de mise en œuvre et un retour sur investissement pour la commune qui est propriétaire.
- Bassin de rétention de crues qui vient de Vaud.
- Voir quelles sont les conséquences si on maintient un passage pour l'eau pour le nant de Braille.
- Vérifier aspect danger naturel.

Site 4 – Le Biolay

- Fort impact paysager.
- Proximité habitations / autoroute
- Peu de possibilité de creuser.
- Nécessité d'aménager l'accès.
- Lignes haute tension, distance à la ligne ?
- Contrainte d'un cours d'eau « le Biolay envoûtage ».
- « mauvais site » (peu de profondeur, etc...)
- SDA facilement exploitable, belle parcelle agricole, ...

Site 5 – Collex-Bossy

- Gazoduc.
- Attention à la pérennité de l'exploitation.
- Pension chevaux.
- Remblai selon pente...
- Quel possibilité d'accès ? gazoduc au milieu du site ?
- Quelle profondeur du gazoduc ? à vérifier
- Quels accès ? plusieurs solutions possibles

Site 6 – Mâchefer

- Faible volume possible.
- Accès à trouver.
- Proximité habitations / mur anti-bruit ?
- Habitation isolée fortement exposée !
- Ancienne usine d'incinération.
- Hameau des mâchefers juste à côté du site.

Site 7 – Laconnex

- Compte tenu de la déclivité et de la taille du site, souplesse d'implantation assez bonne.
- Intégration dans le paysage difficile compte tenu de la très faible excavation possible.
- Devrait se situer proche de la route de Champey pour préserver le paysage et la vigne et s'éloigner du village.

Site 8 – Russin

- Présence de cultures fruitières côté Jura.
- Côté Rhône, grand déblai possible car grand vallon caché.
- 2^{ème} partie plus compliquée ?
- Choisir un côté, plutôt à l'ouest ? (plus loin des habitations et pas de vignes, ...)
- Il faut spécifier la localisation de la zone agricole (affectation à vérifier) ?
- DCMI-ME sur site.
- Vérifier si le nant est sous-tuyaux ! Trouver tracé du nant !

Site 9 – Anières

- Impact sur le paysage ?
- Peu de possibilité de creuser
- Quelle insertion ?
- Grosse bute !
- Ligne de partage des eaux à vérifier !
- Remblais très visible (site très plat).

Site 10 – Jussy

- Caché des riverains.
- Possibilité de creuser.
- Propriété de l'état et souple en déblai/remblai.
- Loin des Cheneviers.
- Promeneurs et cavaliers.
- Accessibilité à revoir (traversée de village et nuisance sur la population).

- C'était un site DCMI-ME !
- Déblai max !
- Importance du paysage et de la zone de délaissement.
- Grande parcelle très loin des Cheneviers.
- Accès par routes de village.
- Visible les habitations.
- Si remblai, très important pour la vue.
- Traversées de village très importantes et distance très importante par rapport aux Cheneviers.
- Checker itinéraire équestre et pédestre.
- Voir les courbes de niveaux.
- Checker point bas à 5m vs 15m de profondeur d'excavation !?

Site 10b – Forêt Jussy

- Grande taille de la parcelle = souplesse pour l'implantation.
- Distance importante par rapport aux Cheneviers.
- Travailler avec les promeneurs et les cavaliers.
- Faible impact paysager si dans la forêt.
- Possibilité de creuser et de choisir une option mixte remblai/déblai.
- Accès exclusif.
- Beaucoup d'activités de loisirs.
- Checker les courbes de niveau.
- Point bas à 2m vs 13m de profondeur d'excavation !?

Site 11 – Forêt Jussy

- Très grande taille de la parcelle.
- Souplesse d'implantation.
- Accès compliqué (distance aussi) depuis les Cheneviers.
- Beaucoup de promeneurs et de cavaliers.
- Faible impact sur le paysage
- Gestion mixte déblai/remblai
- Possibilité de creuser
- Forte activité de loisirs
- Checker les courbes de niveau.
- Point bas à 2m vs 13m de profondeur d'excavation !?

Site 12 – Forêt Versoix

- Parcellaire aisé pour la mise en œuvre, très grande taille.
- Loin des Cheneviers (même si accès rapide).
- Profondeur possible.
- Ligne électrique à déplacer ?
- Réfléchir à aménager un espace clairière à terme, avec des usages.
- Importante profondeur d'excavation.
- Proximité de l'observatoire.

Site 13 – Forêt Collex-Bossy

- Site très bien caché par la forêt environnante.
- Site « moyen à mauvais ».
- Très grande profondeur.
- Anneau du CERN à moins de 100m.
- Accès à reprendre.
- Proximité du golf et du manège.

SYNTHESE OBSERVATIONS SITES DCB

SITE	Site_1	Site_2	Site_3	Site_4	Site_5	Site_6	Site_7	Site_8	Site_9	Site_10	Site_10b	Site_12	Site_13		
Nom	Bourdigny	Saureny	Long-Plés	Le-Bobby	Collex-Bossy	Michêler	Lacornex	Rusin	Anières	Jussy	Jussy ext. Forêt	Forêt Versoix	Forêt Collex-Bossy	MOYENNE	SOMME
Nb d'avis rendus	6	7	7	7	6	7	6	7	5	11	5	7	8	7	89
Accès au site															
Caractérisation de la route:															
large	1	5	6	0	1	4	5	3	1	0	2	4	0	2	32
étroite	2	1	0	6	4	1	0	1	4	10	2	3	7	3	41
dégagée	0	2	0	0	2	2	4	4	1	0	0	0	0	1	15
masquée	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	3	1	1	8
visible	0	0	1	1	0	1	2	4	0	1	0	0	0	1	10
autre	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	6
Condition de circulation pour les camions:															
portance à priori ok	0	4	5	1	2	4	4	4	2	0	2	3	3	3	34
Espace suffisant pour manœuvre	1	4	3	0	2	3	5	3	2	1	1	3	1	2	29
autre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chemin d'accès:															
existants	0	6	1	0	1	2	3	3	2	2	2	1	1	2	24
à renforcer	0	2	1	4	3	3	2	3	7	2	2	3	3	3	35
à créer	5	0	2	4	3	3	4	1	1	2	2	1	4	2	32
autre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Possibilités de voies d'accès au site:															
aucune	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
une	2	3	5	4	3	2	0	1	3	6	3	2	5	3	39
deux	0	2	2	0	0	3	2	1	0	1	0	3	0	1	14
plus de deux	1	1	0	0	1	1	3	3	0	0	0	0	0	1	10
nord	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
est	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ouest	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	3
sud	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	4
autre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perturbations chemins et loisirs															
Caractérisation de la zone:															
lieu de détente	0	3	0	2	3	1	0	0	1	5	2	3	4	2	24
chemins pédestres	2	2	1	3	5	1	0	3	2	7	5	5	3	3	39
chemins équestres	1	2	1	2	5	2	0	2	0	6	4	4	4	3	33
itinéraires vélo	2	1	1	3	1	1	1	3	2	6	3	4	2	2	30
zones de loisirs	1	1	0	0	3	0	0	0	0	4	1	2	4	1	16
autre	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	5
Perturbations potentielles:															
coups de chemins	0	4	5	1	2	4	4	4	2	0	2	3	3	3	34
éventuelles remises	1	4	3	0	2	3	5	3	2	1	1	3	1	2	29
en état des chemins	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
nuisances potentielles	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
autre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fréquentation de la zone:															
élevée et régulière	0	2	1	4	3	3	3	2	3	7	2	2	3	3	35
élevée ponctuellement	5	0	2	4	3	3	4	1	1	2	2	1	4	2	32
moynne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
faible	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
autre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Paysage															
Paysage:															
homogène	3	4	1	2	1	3	4	6	3	7	2	4	3	3	43
hétérogène	2	2	3	2	3	1	1	2	0	0	0	0	3	1	19
valloné	1	0	2	0	3	1	2	3	1	0	0	0	0	1	13
zones agricoles	6	6	6	6	4	6	8	6	5	5	0	0	6	5	64
zones viticoles	1	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	6
forêt	0	4	3	4	2	3	0	2	1	7	5	7	4	3	42
remarquable	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	3
commun	2	1	1	2	1	2	2	1	0	0	0	1	1	1	14
sans intérêt	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
autre	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Éléments constitutifs:															
haies	2	0	0	0	0	0	6	1	0	0	0	0	1	1	10
espaces ouverts	3	3	2	4	1	4	4	6	0	0	0	0	3	2	30
lisières	1	1	2	2	3	4	4	3	0	0	0	1	3	2	24
dégagements	3	2	1	2	2	2	2	1	0	0	0	0	2	1	17
bosquets	4	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	10
arbres isolés	3	0	1	2	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	9
murs/murets/barrières	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
autre	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1

0 à 1 réponses
2 réponses
3 à 4 réponses
5 à 6 réponses

SITE	Site_1	Site_2	Site_3	Site_4	Site_5	Site_6	Site_7	Site_8	Site_9	Site_10	Site_10b	Site_12	Site_13
Nom	Bourdigny	Sauverny	Long-Près	Le Biolay	Collex-Bossy	Mâchefer	Lacnèx	Russin	Amières	Jussy	Jussy ext. Forêt	Forêt Versoix	Forêt Collex-Bossy
présence d'éléments remarquables:	Cern, autoroutes (1x); forêt (1x)	Arboriculture, forêt (1x); ouverture (1x)	autoroute (2x); forêt, pente (1x)	jardins familiaux (1x), lignes haute tension très basse (1x)	tipi (1x); élevage et manège (1x)	Autroute (2x); habitations (1x)	paysage remarquable (2x); haies, bandes boisées (1x)	habitations à proximité (1x); forêt (1x)	vue sur les alpes (1x); grandes cultures (1x)	forêt (2x); jura et les alpes (1x)	forêt (2x); paysage (2x)	forêt (2x)	golf, forêt, champs (1x)
présence d'éléments structurants:	terme, jachère (1x); pente régulière avec replat en aval (1x)	Jura, lignes à haute tension (1x); plat (1x)	lignes haute tension (1x)	autoroute (1x), lisière, faible pente (1x)	Salève, Jura (1x); forêts (1x)	bruit (1x); Salève, lignes haute tension (1x)	aval du périmètre forme une dépression (1x)	arbres fruitiers (1x); pente faible (1x)	périmètre sur une ligne de partage des eaux (1x)	-	-	route (1x)	-
autre	-	-	site sur zone danger des crues, influence sur régime des crues? (1x)	le nant a disparu du périmètre du site (entéré) (1x)	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Annexe V : Liste des critères détaillée

Catégorie PERIMETRE D'EXPLOITATION

Critère (code + nom)	C1 – Souplesse d'implantation
Définition	Ce critère évalue la souplesse d'inscrire l'emprise et la volumétrie de la décharge dans le périmètre retenu. Un périmètre de surface proche de l'emprise visée sera moins bien noté qu'un périmètre plus grand permettant de choisir l'emprise de manière plus libre.
Unité	Indice surfacique [-] [min : 1,00 ; max : non borné] <u>Surface du périmètre hors lignes HT [ha]</u> Emprise prévue [ha] La surface du périmètre est calculée sur l'ensemble du périmètre retenu auquel sont soustraits les couloirs nécessaires au passage des éventuelles lignes à haute tension existantes (largeur 30 m). L'emprise prévue est constante d'une valeur de 10 [ha] quel que soit le site analysé.
Sens de préférence	Croissant
Source de données	SITG et rapports CSD
Exemples	Un site d'une surface de 60 [ha], traversé sur 100 [m] par une ligne HT sera évalué comme suit : $\frac{60 \text{ [ha]} - 100 \text{ [m]} * 30 \text{ [m]} / 10'000 \text{ [m}^2]}{10 \text{ [ha]}} = 59,7 \text{ [-]}$ Ce critère peut prendre une valeur minimale de 1,00 pour un périmètre entièrement occupé par la décharge à une valeur non bornée, p.ex. 8,00 pour un périmètre 8 fois plus grand que l'emprise prévue.
Remarques	Il a été considéré une réduction de l'emprise pour les lignes HT de 30 m de large sur l'axe des lignes HT, à savoir une emprise de 20 m de large par l'installation elle-même additionnée de 5 m de chaque côté correspondant à la distance minimale aux bâtiments selon l'annexe 8, art. 38 de l'Ordonnance fédérale sur les installations électriques.

Critère (code + nom)	C2 – Surfaces impactées
Définition	<p>Ce critère évalue les surfaces impactées de forêts, vergers et vignes à compenser pendant et/ou après exploitation.</p> <p>Les surfaces SDA impactées ne sont pas considérées, l'emprise de la décharge sur les SDA cantonales ayant déjà été pris en considération dans le calcul des SDA du canton par le service de l'aménagement du territoire.</p>
Unité	<p>[ha] [min : 0 ; max : 10]</p> <p style="text-align: right;">Surfaces forêts, vergers, vignes [ha] + Emprise (10 [ha]) – Surface du périmètre hors lignes HT [ha]</p>
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	SITG, rapport CSD, Service agriculture (M. Jaggy)
Exemples	<p>Un site d'une surface de 20 [ha] ayant 2 [ha] de forêts et 1 [ha] de vignes sera évalué comme suit :</p> $2 \text{ [ha]} + 1 \text{ [ha]} + 10 \text{ [ha]} - 20 \text{ [ha]} = -7 \text{ [ha]}$ $\Rightarrow 0 \text{ [ha]} \text{ impactés}$ <p>Le calcul ci-dessus pouvant prendre une valeur négative, il a été borné à 0 dans sa valeur minimale, ceci justifié par le fait qu'il sera possible, sur ce périmètre, de ne pas impacter du tout les surfaces sensibles. Il prendra une valeur de + 10 [ha] si l'entier de la surface est occupé par des surfaces sensibles.</p>
Remarques	<p>Il est considéré que le défrichement et compensation d'une surface forestière provoque des procédures administratives acceptables mais complexes qui sont considérées comme de même impact que la disparition ou le déplacement imposés de surfaces de vergers ou de vignes.</p>

Critère (code + nom)	C13 – Valeur du site
Définition	Ce critère évalue la valeur et l'aptitude actuelles et futures du site sur les plans agricole et forestier par le biais d'une double évaluation de la valeur de chacun de ces deux milieux, pondérés par leur proportion d'occupation surfacique.
Unité	[ordinal pondéré] [min : 0 ; max : 5] Valeur forêts [0-5]*Proportion surface forêts [%] + Valeur cultures [0-5]*Proportion surface cultures [%]
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	SITG, rapports CSD, COFIL et visites
Exemples	Un site étant composé de 30 % de forêts de valeur faible et 70% de cultures de valeur forte sera évalué comme suit : $30 \% * 2 + 70 \% * 4 = 3,4$
Remarques	Les valeurs sont évaluées sur 6 niveaux ordinaux comme suit : 0. Nulle 1. Très faible 2. Faible 3. Moyenne 4. Forte 5. Très forte Les valeurs forêts vs cultures ont été évaluées de sorte à représenter le même niveau de valeur intrinsèque du milieu.

Critère (code + nom)	C17 – Adéquation à l'aménagement du territoire
Définition	<p>Ce critère évalue l'adéquation du projet sur les sites considérés aux planifications et activités existantes.</p> <p>Après analyse des différents éléments, il ressort que le seul risque est constitué par le risque de coupure à terme du site qui entraverait ses fonctions. Il s'agit donc d'une évaluation binaire en fonction des considérations géométriques.</p>
Unité	<p>Binaire [1. Risque de coupure ; 0. Adéquation à l'AT]</p> <p>Le risque de coupure est simplement évalué comme existant (1) ou non-existant (0).</p>
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	COFIL et SAT
Exemples	<p>Un site pour lequel l'emprise prévue (10 [ha]) de la décharge présente un risque à terme de séparer le site en deux est évalué avec la valeur 1 péjorant celui-ci par rapport à un site ne présentant pas ce risque.</p>
Remarques	<p>L'élément « contraintes ultérieures i.e. sites pollués » est identique pour tous les sites et donc n'est pas considéré ici.</p> <p>La proximité des zones labellisées, bio, spéciales, sportives, homes, etc. tout comme les aspects de modifications topographiques sont pris en compte dans d'autres critères (C4, C9, C11, C13, C20).</p> <p>L'évaluation de l'adéquation, amélioration, péjoration de l'aménagement a été validée par les services de l'Etat compétents.</p>

Critère (code + nom)	C20 – Etat topographique et contraintes de construction
Définition	Ce critère évalue les possibilités topographiques pour l'implantation de la décharge, notamment les m3 hors-sol vs les m3 excavables. Moins il y a de volume hors sol, mieux c'est pour ce critère. On évalue ici la hauteur moyenne hors sol (ou sous-sol) pour une surface de 10 ha compte tenu de la profondeur maximale d'enfouissement.
Unité	Différence à la surface [m] [min : non borné, en fonction de la prof. Max ; max : 10] Profondeur max. d'enfouissement [m] (valeur négative) + Volume de la décharge (1'000'000 m3) / emprise (10 ha)
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	Rapports CSD
Exemples	Un site proposant une possibilité d'enfouissement de 5 m sera évalué comme suit : $- 5 [m] + 10 [m] = 5 [m]$
Remarques	Une valeur positive indique une hauteur hors-sol, une valeur négative indique la possibilité d'enfourir complètement la décharge. Pour l'évacuation des éventuels déblais : <ul style="list-style-type: none"> • Les transports sont comptabilisés dans le critère C7 ; • L'impact DCMI-ME est comptabilisé dans le critère coûts C22 ; • L'impact du remblai sur place est évalué par le présent critère.

Catégorie INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS

Critère (code + nom)	C6 – Faisabilité du raccordement aux eaux usées
Définition	<p>Ce critère évalue les aspects liés aux conditions et possibilité de raccordement des eaux usées, hormis l'aspect de distance de raccordement considéré dans un autre critère.</p> <p>Les différents aspects ont été considérés et amènent les remarques suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Un relevage est dans tous les cas nécessaire, ceci ne différencie donc pas les sites entre eux ; - Le débit de la décharge n'est pas significatif par rapport aux débits acceptables dans les réseaux existants ; - Le seul facteur différenciant tient dans le fait que certains sites devront être raccordés à des réseaux non genevois.
Unité	<p>[ordinal] [min : 0 ; max : 1]</p> <p>La faisabilité du raccordement en fonction du réseau est évaluée comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Réseau genevois uniquement : 1,0 - Réseau vaudois uniquement : 0,7 - Réseau français (tout ou partie) : 0,0
Sens de préférence	Croissant
Source de données	SITG
Exemples	<p>Un site nécessitant un raccordement pour partie de son site sur un réseau genevois et une autre partie sur un réseau français se voit attribuer la note de 0.</p>
Remarques	<p>La notion de qualité des eaux rejetées dans le réseau EU doit pour tous les sites respecter les conditions légales d'acceptabilité.</p> <p>Il a été considéré ici que le raccordement sur un réseau vaudois ne présentait que des contraintes administratives, par contre un raccordement sur réseau français se voyait en outre contraints de respecter des normes et législations différentes parfois difficile, voire impossible à coordonner.</p>

Catégorie IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT

Critère (code + nom)	C4 – Proximité des zones naturelles sensibles
Définition	<p>Ce critère évalue l'impact sur les zones naturelles sensibles (réserves naturelles, couloirs à faune, inventaire fédéraux, zones de compensation écologique, etc.) dû à la proximité de l'installation.</p> <p>Il est recensé la surface des différents milieux naturels inclus dans un rayon de 500 m autour du périmètre du site. Le ratio des surfaces touchées par ce périmètre par rapport à la surface totale de ces milieux est ensuite calculé.</p>
Unité	<p>[%] [min : 0 ; max : 100%]</p> $\frac{\Sigma \text{ Surfaces touchées des milieux naturels dans le périmètre fixé}}{\Sigma \text{ Surfaces totales des milieux naturels touchés}}$
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	SITG validé par le COPIL
Exemples	<p>Le périmètre autour d'un site qui toucherait 2 milieux naturels distincts de 30 km², resp. 12 km² au total, pour lesquels 10 km², resp. 6 km² seraient touchés dans le périmètre, aurait l'évaluation suivante :</p> $\frac{10 \text{ km}^2 + 6 \text{ km}^2}{30 \text{ km}^2 + 12 \text{ km}^2} = 38 \%$
Remarques	<p>Les types de milieux suivants sont considérés :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réserves ; • Couloirs à faune ; • Inventaires fédéraux (OBAT, OROEM, ...) ; • Bas-marais ; • Plans de sites ; • RDPPF ; • IZA ; • Ramsar ; • Pâturages secs. <p>Ce critère évalue le risque de mise en péril des différents milieux naturels touchés, sachant qu'une surface qu'elle soit petite ou grande présentera un risque élevé si la majorité de sa surface était touchée, indépendamment de sa taille.</p>

Critère (code + nom)	C9 – Influence sur les risques d'inondations												
Définition	<p>Ce critère évalue les réductions des zones d'expansion des crues et l'augmentation du risque d'inondation induit par le projet sur la base de deux indicateurs combinés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indicateur 1 : Emprise du projet sur la surface « eau » incluse dans le site - Indicateur 2 : Risque relatif aux modifications des lignes d'écoulement provenant de l'amont du projet <p>Ces deux indicateurs sont toujours évalués chacun dans le cas le plus défavorable pour chacun des sites. A l'intérieur du même site, chacun des deux indicateurs est évalué avec une situation différente du projet. Il en découle que ces indicateurs pourront être revus à la hausse selon l'implantation définitive du projet. (à toi de voir si on laisse ça)</p>												
Unité	<p>[score] [min : 0 ; max : 1]</p> <p>Indicateur 1 : évalué par : $\frac{\text{Surface « eau » dans le site}}{\text{Surface projet (10 [ha])}}$ [0 ;1]</p> <p>Indicateur 2 : évalué en 4 classes ordinales codées de 0 à 1 comme suit :</p> <table border="1" data-bbox="270 789 806 967"> <tbody> <tr> <td>nul</td> <td>Aucune modification</td> <td>0,00</td> </tr> <tr> <td>faible</td> <td>Modification sans conséquences</td> <td>0,33</td> </tr> <tr> <td>moyen</td> <td>Modification avec possibilités de conséquences</td> <td>0,66</td> </tr> <tr> <td>fort</td> <td>Modification avec forte présomption d'importantes conséquences</td> <td>1,00</td> </tr> </tbody> </table> <p>Evaluation du critère par agrégation des indicateurs : $50\% * \text{Indicateur 1} + 50\% * \text{Indicateur 2}$</p>	nul	Aucune modification	0,00	faible	Modification sans conséquences	0,33	moyen	Modification avec possibilités de conséquences	0,66	fort	Modification avec forte présomption d'importantes conséquences	1,00
nul	Aucune modification	0,00											
faible	Modification sans conséquences	0,33											
moyen	Modification avec possibilités de conséquences	0,66											
fort	Modification avec forte présomption d'importantes conséquences	1,00											
Sens de préférence	Décroissant												
Source de données	DGEAU												
Exemples	<p>Un site présentant une surface « eau » de 5 [ha] et un risque faible de modifications des lignes d'écoulement amont sera évalué comme suit :</p> $50\% * (5/10) + 50\% * 0,33 = 0,42$												
Remarques	<p>Les différents indicateurs ont été évalués par la DGEAU et font l'objet d'une note explicative en annexe VI.</p> <p>L'indicateur 1 est borné à 1 pour sa valeur maximale, cette valeur signifiant que toute la surface du projet serait occupée par une surface « eau ».</p>												

Critère (code + nom)	C14 – Eaux souterraines
Définition	<p>Ce critère évalue la proximité, l'importance et la sensibilité des nappes dans un rayon donné.</p> <p>Les trois aspects de distance à la nappe la plus proche, type de nappe et perméabilité géologique ont été analysés. Vu les exigences légales en matière de géologie (OLED), il a été considéré que l'aspect de perméabilité géologique ne différencie pas les sites entre eux.</p> <p>Il en résulte que le critère est évalué par la distance à la nappe, pondérée par le type de nappe. Une nappe superficielle a été considérée comme plus fragile et plus exposée qu'une nappe profonde.</p>
Unité	<p>[km pondérés] [min : 0 ; max : non borné]</p> <p>Evaluation du critère :</p> <p style="text-align: center;">Distance à la nappe la plus proche * Pondération</p> <p>Pondération nappe superficielle : 50 % Pondération nappe profonde : 100 %</p>
Sens de préférence	Croissant
Source de données	SITG et DGEAU
Exemples	<p>Un site dont la périphérie est située à 2 km d'une nappe superficielle s'évaluera comme suit :</p> <p style="text-align: center;">$2 \text{ [km]} * 50 \% = 1 \text{ [km pondéré]}$</p>
Remarques	<p>La pondération en fonction du type de nappe réduit cette distance de moitié lorsqu'il s'agit d'une nappe superficielle, ceci pour traduire la fragilité et l'exposition accrue de ce type de nappe par rapport à une nappe profonde.</p> <p>Les exigences légales concernant les eaux souterraines relatives à l'implantation d'un site de décharge (OLED) sont intégralement respectées pour tous les sites.</p> <p>Les aspects IV.2.6 (sensibilité du récepteur), s'agissant d'eaux de surface, est indirectement traité par l'aspect des eaux usées et donc des exigences d'épuration des STEP.</p> <p>Les aspects IV.2.2 (risque de tarissement) et IV.2.8 (coupure d'alimentation CE) sont considérés comme des conditions et nécessiteront une étude par les services d'Etat concernés pour s'assurer du respect de celles-ci.</p>

Critère (code + nom)	C21 – Eaux de surface
Définition	<p>Ce critère évalue l'impact sur les eaux de surface et milieux associés par l'analyse des bassins versants (BV) touchés sur la base de deux indicateurs combinés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Indicateur 3 : Basculement des eaux dans un autre BV - Indicateur 4 : Importance de l'emprise du projet par rapport à son BV associé <p>Ces deux indicateurs sont toujours évalués chacun dans le cas le plus défavorable pour chacun des sites. A l'intérieur du même site, chacun des deux indicateurs est évalué avec une situation différente du projet. Il en découle que ces indicateurs pourront être revus à la hausse selon l'implantation définitive du projet. (à toi de voir si on laisse ça)</p>
Unité	<p>[-] (indice agrégé) [min : 0 ; max : non borné]</p> <p>Indicateur 3 : évalué en deux temps comme suit :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) pour chaque bassin versant « i » (BV_i) touché par : $\text{Indicateur 3 BV}_i = \frac{\text{Surface du BV}_i \text{ à l'état projeté}}{\text{Surface du BV}_i \text{ à l'état initial}}$ 2) puis agrégé par la somme des carrés de la différence à une valeur sans basculement d'un BV à l'autre (valeur de 1) pour tous les BV touchés : $\text{Indicateur 3} = \sum (1 - \text{Indicateur 3 BV}_i)^2$ <p>Indicateur 4 : évalué pour le BV associé au point de rejet des eaux du projet dans le cours d'eau comme suit :</p> $[0 ; 1] \quad \frac{\text{Surface du projet comprise dans le BV associé}}{\text{Surface du BV associé}}$ <p>Evaluation du critère par agrégation des indicateurs :</p> $50\% * \text{Indicateur 3} + 50\% * \text{Indicateur 4}$
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	DGEAU

Exemples	<p>Un site modifiant à terme deux BV en en réduisant le premier de 10 [km2] à 6 [km2] et augmentant de 4 [km2] à 5 [km2] l'apport d'eau du second par modification des écoulements, en outre le site étant inclus dans un BV associé de 80 [ha] il sera évalué comme suit :</p> <p>Indicateur 3 BV₁ = 6 [km2] / 10 [km2] = 0,6 Indicateur 3 BV₂ = 5 [km2] / 4 [km2] = 1,25</p> <p>Indicateur 3 = $(1 - 0,6)^2 + (1 - 1,25)^2 = 0,2225$</p> <p>Indicateur 4 = 10 [ha] / 80 [ha] = 0,125</p> <p>Evaluation du critère par agrégation des indicateurs : Evaluation C21 = 50% * 0,2225 + 50% * 0,125 = 0,17 (arrondi à deux décimales)</p>
Remarques	<p>Les différents indicateurs ont été évalués par la DGEAU et font l'objet d'une note explicative en annexe VI.</p> <p>Interprétation pour les indicateurs :</p> <p>Ind. 3 : Si = 1 => pas de basculement d'un BV à un autre Si >1 => Le BV reçoit des eaux d'un autre BV Si <1 => Le BV perd ses apports</p> <p>Ind. 4 : Si = 1 => l'ensemble du projet occupe le BV associé Si tend vers 0 => Le BV associé est très grand par rapport à la surface du projet</p>

Critère (code + nom)	C15 - Paysage
Définition	<p>Ce critère évalue l'impact paysager de l'installation dans son contexte.</p> <p>L'évaluation s'est faite de manière ordinale par les services spécialisés de l'Etat et le COPIL en tenant compte des éléments suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Visibilité aux lieux d'habitation, de promenade et de trafic ; • Topographie ; • Distance ; • Modification des lignes d'horizon ; • Qualité paysagère du site et ses environs ; • Eléments paysagers remarquables existants et/ou recensés.
Unité	<p>[ordinal] [min : 1 ; 7]</p> <p>Les différents sites ont été évalués par les experts en les classant du moins impacté (rang 1) au moins impacté (rang le plus élevé) selon une approche similaire au système de pondération par cartes « Simos révisé ».</p> <p>Les valeurs des rangs (et demi-rangs) sont directement repris pour l'évaluation du critère.</p> <p>L'ordre d'évaluation figure en annexe VI.</p>
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	COPIL, Espace rural, espaces naturels, plan directeur cantonal, DGAN
Exemples	Cf. annexe VI.
Remarques	<p>Un ordre préalable a été proposé par le COPIL, lequel a été retravaillé par les spécialistes de l'Etat (espace rural, espaces naturels, plan directeur cantonal) qui présenté à la DGAN qui a, de son côté, évalué les sites les uns par rapport aux autres et proposé des adaptations de l'ordre de préférence en les justifiant sur certains aspects complémentaires.</p>

Catégorie TRAFIC

Critère (code + nom)	C7 – Nuisances trafic
Définition	<p>Ce critère évalue à la fois les notions de proximité de l'UVTD et de nuisances de trafic.</p> <p>Pour chaque site, sur la base de l'itinéraire fixé par le rapport CSD, tous les points de comptage sur ces trajets ont été relevés. Pour chacun des tronçons centrés sur ces points de comptage, les valeurs suivantes ont été relevées :</p> <ul style="list-style-type: none"> - TJOM (trafic journalier moyen pour les jours ouvrés) ; - Population « impactée » par le tronçon présente jusqu'à une distance de 500 m au droit de celui-ci. <p>Le calcul de ce critère se base sur l'addition des rapports de densité « habitants * TJOM » du trafic additionnel par rapport au trafic existant pour chaque tronçon, puis calcule la part d'habitants hypothétiques supplémentaires qui seraient soumis à ces nuisances.</p> <p>Cette valeur ne représente pas une réalité de terrain sur le nombre d'habitants gênés mais un indicateur comparatif qui traduit de manière fiable dans une seule valeur les notions de distance, trafic et densité de population tout au long des différents trajets.</p>
Unité	<p>[hab équivalents]</p> <p>[min : 0 ; max : non borné]</p> <p>Critère évalué comme suit :</p> $\sum_{\text{tronçon } i=1}^n \frac{\text{TJOM additionnel}}{\text{TJOM actuel tronçon } i} * \text{Population tronçon } i$ <p>avec :</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacité décharge : 1000000 m3 Durée d'exploitation : 25 ans Nb JO / an : 261 jours Volume benne : 10 m3 TJOM additionnel : 15 camion/JO
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	SITG, COFIL (pas de données livrées par la direction générale des transports)

Exemples	Un site présentant un trajet avec 3 tronçons déterminés par leurs points de comptage respectifs avec les valeurs suivantes :		
	Tronçon	TJOM	Population
	1	6'000	8'000
	2	4'000	2'000
	3	3'000	3'500
	sera évalué comme suit :		
	Evaluation C7 =		
	$\frac{15}{6000} * 8000 + \frac{15}{4000} * 2000 + \frac{15}{3000} * 3500 =$		
	$20 + 7,5 + 17,5 = 45 \text{ [hab équ]}$		
Remarques	-		

Critère (code + nom)	C8 – Conjonction de projets
Définition	<p>Ce critère évalue le cumul des nuisances des projets conjoints par l'évaluation de la population touchées et des hectares grevés par tous les projets prévus sur les différents territoires communaux.</p> <p>L'évaluation propose un rapport des surfaces touchées par tous les projets de décharge DCMI-ME, gravières, carrières, zones industrielles, aéroport, décharge de type D et autres projets similaires, rapportées à la surface des communes concernées, le tout multiplié par la population communale.</p> <p>Ce critère représente la notion d'acceptation du présent projet en regard des autres projets d'importance cantonale déjà présents. Les réelles nuisances sont évaluées dans les autres critères idoines.</p>
Unité	<p>[hab équivalents] [min :0 ; max :non borné]</p> <p>L'évaluation du critère C8 s'effectue selon la formule suivante sur l'ensemble des communes touchées par un site donné :</p> $\sum_{\substack{n \\ \text{commune} \\ \text{touchée } i=1}} \text{Pop. commune } i * \frac{\sum \text{Surf. touchées par projets}}{\text{Surface commune } i}$
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	GESDEC
Exemples	<p>Un site sur une commune de 5 km² et d'une population de 20'000 habitants, touchée par 15 [ha] de projets, hors le présent projet de décharge de type D (10 [ha]) sera évalué comme suit :</p> $20'000 [\text{hab}] * \frac{15 [\text{ha}] + 10 [\text{ha}]}{500 [\text{ha}]} = 1'000 [\text{hab équ}]$
Remarques	Les surfaces se basent sur les réelles emprises des installations projetées et, pour l'aéroport, sur la surface occupée par la zone aéroportuaire.

Catégorie INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES

Critère (code + nom)	C3 – Proximité des habitations
Définition	Ce critère entend évaluer les impacts air, bruit, poussières et autres impacts possibles dus à la proximité de l'installation d'habitations. Il se base sur le calcul du nombre d'habitants dans un rayon de 1000 m (1 km) autour du périmètre du site retenu
Unité	[hab] dans un rayon de 1 km autour du périmètre du site. [min : 0 ; max : non borné]
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	SITG
Exemples	Un site pour lequel on dénombre 1200 habitants dans un périmètre de 1000 m autour des limites du site sera évalué par cette valeur de 1200 [hab]. Plus il y a d'habitants proche du site dans le périmètre fixé, plus ce critère est péjoré.
Remarques	Ne tient compte que des locaux d'habitation. Les aspects de visibilité et de paysage sont considérés dans d'autres critères.

Critère (code + nom)	C11 – Perturbations chemins et loisirs
Définition	Ce critère évalue les perturbations infligées pendant l'exploitation aux chemins pédestres, équestres et zone de loisirs à proximité de l'installation, dans un rayon de 500 m autour des limites du site retenu. Il comptabilise les surfaces dans ce périmètre (y.c. dans le site) des surfaces de loisirs recensées (installation sportives, aménagements cyclables, chemins de randonnées, itinéraires de loisirs, etc.). Afin d'uniformiser les surfaces avec les chemins, une largeur de 2 m a été retenue pour la multiplier aux longueurs de chemins recensés.
Unité	[m ²] de surface chemins et loisirs [min : 0 ; max : non borné] $\sum (zone\ loisirs\ linéaires) * 2 [m] + zone\ loisirs\ surfaciques$
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	SITG, rapports CSD, COPIL et visites de site
Exemples	Un site autour duquel, dans un périmètre de 500 m au-delà de ses limites, touche 300 m de chemins de loisirs, 100 m d'aménagements cyclables et 2000 m ² de terrain de sport sera évalué comme suit : $300 [m] * 2 [m] + 100 [m] * 2 [m] + 2000 [m^2] = 2800 [m^2]$
Remarques	Le recensement des zones et aménagements de loisirs s'est fait sur la base des informations disponibles sur le SITG.

Critère (code + nom)	C16 – Impact sur l'image et l'économie régionale
Définition	Ce critère évalue les impacts indirects de la présence de l'installation sur les produits, l'économie et l'image de la région concernée (notion de « région » à déterminer). En l'absence de données recensées et des communes s'étant désolidarisées des travaux du COPIL pour ces phases, l'évaluation a été effectuée de façon binaire par le COPIL et GESDEC.
Unité	[0 ; 1] Note de 0 : Aucun impact significatif sur l'image et l'économie régionale ; Note de 1 : Impact significatif très probable sur l'image et l'économie régionale.
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	COPIL
Exemples	L'impact est fixé par le COPIL et services spécialisés en fonction notamment des éléments (non exhaustifs) suivants : <ul style="list-style-type: none"> • Économie, viabilité et survie des exploitations ; • Nombre d'exploitants sur le site ; • Types, valeurs et sensibilité des cultures ; • Fréquentation publique et/ou touristique.
Remarques	L'évaluation du bâti et des sites a été validée par le COPIL par les services de l'Etat compétents.

Critère (code + nom)	C18 – Maîtrise foncière
Définition	<p>Ce critère évalue la complexité foncière en vue de la mise à l'enquête et exploitation du projet.</p> <p>Sont comptabilisés pour l'évaluation de critère les éléments suivants, issus du registre foncier :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nombre de propriétaires privés • Nombre de dépendances • Propriété communale (comptabilisé comme 1 propriétaire privé) ; • Propriété de l'Etat (non comptabilisé, car aspect facilitateur).
Unité	<p>[nombre de propriétaires] (hors Etat) [min : 1 ; max : non borné]</p> <p style="text-align: right;">Nombre de propriétaires privés distincts + Nombre de dépendances + 1 (si commune propriétaire d'une ou plusieurs parcelles)</p>
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	SITG, registre foncier
Exemples	<p>Un site sans dépendances constitué de 10 parcelles dont 4 appartenant au propriétaire X, 2 au propriétaire Y, 3 à la commune et 1 à l'Etat sera évalué comme suit :</p> <p>Nombre de propriétaire distincts : X et Y => 1 + 1 = 2 Commune : propriétaire => 1 Etat non comptabilisé</p> <p>Evaluation du critère C18 = 2 + 1 = 3</p>
Remarques	<p>Il n'est pas considéré ici les surfaces des parcelles, ce critère s'attachant à évaluer les questions foncières, donc la présence d'acteurs propriétaires avec qui négocier et non l'emprise du projet, évalué dans d'autres critères.</p>

Catégorie COÛTS

Critère (code + nom)	C22 – Enveloppe de coûts pour infrastructures, raccordements, accès, évacuation MEX, etc.																											
Définition	<p>Ce critère évalue l'enveloppe des coûts spécifiques au site considéré, dont notamment les coûts d'infrastructures spécifiques, raccordements (électricité, eau potable et/ou industrielle, eaux usées, eaux claires le cas échéant), aménagements d'accès, déplacement de ligne HT, gazoduc, évacuation des matériaux d'excavation (déblai), etc. hors coûts d'installation sur place qui sont identiques quel que soit le site retenu (comme installation d'entrée, de lavage, de contrôle, drainage de fond, étanchéité, etc.)</p>																											
Unité	<p>[KCHF] [min : 0 ; max : non borné]</p> <p>Estimation de la somme des enveloppes de coûts pour les installations et aménagements suivants :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Excavation ; • Raccordement au réseau d'eaux usées ; • Accès à aménager ; • Routes communales à adapter / élargir ; • Adaptation routes principales (présélection / élargissement) ; • Etanchéité des parois selon profondeur ; • Distance de déplacement (gazoduc / ligne HT). <p>Les coûts unitaires suivants ont été validés par le COPIL pour l'évaluation de ce critère :</p> <table border="1"> <tr> <td>Excavation</td> <td>40,00</td> <td>CHF/m3</td> </tr> <tr> <td>Raccordement eau potable</td> <td>65,00</td> <td>CHF/ml</td> </tr> <tr> <td>Raccordement électricité</td> <td>65,00</td> <td>CHF/ml</td> </tr> <tr> <td>Raccordement EU</td> <td>309,00</td> <td>CHF/ml</td> </tr> <tr> <td>Accès à aménager</td> <td>90,00</td> <td>CHF/ml</td> </tr> <tr> <td>Routes communales à adapter / élargir</td> <td>200,00</td> <td>CHF/ml</td> </tr> <tr> <td>Adaptation routes principales</td> <td>4000,00</td> <td>CHF/ml</td> </tr> <tr> <td>Etanchéité parois selon profondeur</td> <td>50,00</td> <td>CHF/m2</td> </tr> <tr> <td>Distance déplacement (gazoduc/HT)</td> <td>4000,00</td> <td>CHF/ml</td> </tr> </table>	Excavation	40,00	CHF/m3	Raccordement eau potable	65,00	CHF/ml	Raccordement électricité	65,00	CHF/ml	Raccordement EU	309,00	CHF/ml	Accès à aménager	90,00	CHF/ml	Routes communales à adapter / élargir	200,00	CHF/ml	Adaptation routes principales	4000,00	CHF/ml	Etanchéité parois selon profondeur	50,00	CHF/m2	Distance déplacement (gazoduc/HT)	4000,00	CHF/ml
Excavation	40,00	CHF/m3																										
Raccordement eau potable	65,00	CHF/ml																										
Raccordement électricité	65,00	CHF/ml																										
Raccordement EU	309,00	CHF/ml																										
Accès à aménager	90,00	CHF/ml																										
Routes communales à adapter / élargir	200,00	CHF/ml																										
Adaptation routes principales	4000,00	CHF/ml																										
Etanchéité parois selon profondeur	50,00	CHF/m2																										
Distance déplacement (gazoduc/HT)	4000,00	CHF/ml																										
Sens de préférence	Décroissant																											
Source de données	Données du projet et des sites, rapports CSD, coûts standards de la construction (FVE, préavis et projets communaux, sites spécialisés)																											

Exemples	<p>Un site nécessitant de 500'000 m³ d'excavation, 300 m de raccordement au réseau d'eaux usées, 100 m d'accès à aménager, 250 m de route communale à adapter, 1000 m² d'étanchéité de parois à prévoir et 200 m de déplacement de ligne HT potentiels sera évalué comme suit :</p> <p>Excav. : 500'000 m³ * 40.- chf/m³ = 20'000'000.- chf</p> <p>Racc. EU : 300 m * 309.- chf/ml = 97'200.- chf</p> <p>Accès : 100 m * 90.- chf/ml = 9'000.- chf</p> <p>Rte comm : 250 m * 200.- chf/ml = 5'000.- chf</p> <p>Etanchéité: 1000 m² * 50.- chf/m² = 50'000.- chf</p> <p>Dépl. HT : 200 m * 4'000.- chf/ml = 800'000.- chf</p> <p>TOTAL 20'961'200.- chf</p>
Remarques	<p>Les coûts de raccordement au réseau d'eau potable et d'électricité ont été estimés comme identiques pour tous les sites.</p> <p>Coûts d'infrastructures spécifiques au site et évacuation des MEX (coûts d'excavation, transport et mise en dépôt)</p> <p>Coûts de l'étanchéité des parois latérales (en fonction de la profondeur d'implantation)</p> <p>Km de route à créer et/ou rénover</p> <p>Infrastructures spécifiques nécessaires pour chaque site.</p> <p>Distance totale de fouille nécessaire au bon raccordement.</p> <p>On évalue ici uniquement les raccordements et non pas les capacités à accepter les eaux usées évaluées dans un autre critère.</p> <p>Les accès de secours ne sont pas considérés ici pour leurs équipements mais uniquement pour les longueurs de routes à créer et/ou rénover, ces accès devant impérativement répondre aux exigences en la matière sur tous les sites retenus.</p> <p>Critère évalué hors coûts d'installation sur place qui sont identiques quel que soit le site retenu (comme installation d'entrée, de lavage, de contrôle, drainage de fond, étanchéité, etc.)</p>

Catégorie PHASE DE CONSTRUCTION

Critère (code + nom)	C19 – Impact de la phase de construction
Définition	<p>Ce critère évalue l'impact de la phase de construction avant ouverture de la décharge et lors des éventuelles étapes ultérieures d'aménagement par le biais des transports imposés par les volumes d'excavation qui constituent l'unique élément différenciant dans les nuisances de cette phase.</p> <p>On observe une valeur maximale de 66'667 camions de 15 m3, correspondant à l'évacuation d'un volume d'un million de m3 de matériaux d'excavation, i.e. le volume total de décharge.</p>
Unité	<p>[nb camions] [min : 0 ; max : 66'667]</p> $\text{nb camions} = \frac{\text{Volume d'excavation [m3]}}{15 \text{ [m3]}}$
Sens de préférence	Décroissant
Source de données	COPIL, rapports CSD, données projet
Exemples	<p>Un site pour lequel une excavation de 500'000 m3 est nécessaire/possible sera évalué comme suit :</p> $\text{Nb camions} = 500'000 \text{ m3} / 15 \text{ m3} = 33'333 \text{ nb camions}$
Remarques	<p>Mis à part les volumes à excaver générant une nuisance trafic supplémentaire, les nuisances liées à la phase de construction ont été considérées identiques d'un site à l'autre, les installations imposées par la décharge étant identiques pour tous les sites.</p>

Annexe VI : Matrice d'évaluation complète (fichier Excel de calcul)

C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C34	C35	C36	C37	C38	C39	C40	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C47	C48	C49	C50	C51	C52	C53	C54	C55	C56	C57	C58	C59	C60	C61	C62	C63	C64	C65	C66	C67	C68	C69	C70	C71	C72	C73	C74	C75	C76	C77	C78	C79	C80	C81	C82	C83	C84	C85	C86	C87	C88	C89	C90	C91	C92	C93	C94	C95	C96	C97	C98	C99	C100	C101	C102	C103	C104	C105	C106	C107	C108	C109	C110	C111	C112	C113	C114	C115	C116	C117	C118	C119	C120	C121	C122	C123	C124	C125	C126	C127	C128	C129	C130	C131	C132	C133	C134	C135	C136	C137	C138	C139	C140	C141	C142	C143	C144	C145	C146	C147	C148	C149	C150	C151	C152	C153	C154	C155	C156	C157	C158	C159	C160	C161	C162	C163	C164	C165	C166	C167	C168	C169	C170	C171	C172	C173	C174	C175	C176	C177	C178	C179	C180	C181	C182	C183	C184	C185	C186	C187	C188	C189	C190	C191	C192	C193	C194	C195	C196	C197	C198	C199	C200	C201	C202	C203	C204	C205	C206	C207	C208	C209	C210	C211	C212	C213	C214	C215	C216	C217	C218	C219	C220	C221	C222	C223	C224	C225	C226	C227	C228	C229	C230	C231	C232	C233	C234	C235	C236	C237	C238	C239	C240	C241	C242	C243	C244	C245	C246	C247	C248	C249	C250	C251	C252	C253	C254	C255	C256	C257	C258	C259	C260	C261	C262	C263	C264	C265	C266	C267	C268	C269	C270	C271	C272	C273	C274	C275	C276	C277	C278	C279	C280	C281	C282	C283	C284	C285	C286	C287	C288	C289	C290	C291	C292	C293	C294	C295	C296	C297	C298	C299	C300	C301	C302	C303	C304	C305	C306	C307	C308	C309	C310	C311	C312	C313	C314	C315	C316	C317	C318	C319	C320	C321	C322	C323	C324	C325	C326	C327	C328	C329	C330	C331	C332	C333	C334	C335	C336	C337	C338	C339	C340	C341	C342	C343	C344	C345	C346	C347	C348	C349	C350	C351	C352	C353	C354	C355	C356	C357	C358	C359	C360	C361	C362	C363	C364	C365	C366	C367	C368	C369	C370	C371	C372	C373	C374	C375	C376	C377	C378	C379	C380	C381	C382	C383	C384	C385	C386	C387	C388	C389	C390	C391	C392	C393	C394	C395	C396	C397	C398	C399	C400	C401	C402	C403	C404	C405	C406	C407	C408	C409	C410	C411	C412	C413	C414	C415	C416	C417	C418	C419	C420	C421	C422	C423	C424	C425	C426	C427	C428	C429	C430	C431	C432	C433	C434	C435	C436	C437	C438	C439	C440	C441	C442	C443	C444	C445	C446	C447	C448	C449	C450	C451	C452	C453	C454	C455	C456	C457	C458	C459	C460	C461	C462	C463	C464	C465	C466	C467	C468	C469	C470	C471	C472	C473	C474	C475	C476	C477	C478	C479	C480	C481	C482	C483	C484	C485	C486	C487	C488	C489	C490	C491	C492	C493	C494	C495	C496	C497	C498	C499	C500	C501	C502	C503	C504	C505	C506	C507	C508	C509	C510	C511	C512	C513	C514	C515	C516	C517	C518	C519	C520	C521	C522	C523	C524	C525	C526	C527	C528	C529	C530	C531	C532	C533	C534	C535	C536	C537	C538	C539	C540	C541	C542	C543	C544	C545	C546	C547	C548	C549	C550	C551	C552	C553	C554	C555	C556	C557	C558	C559	C560	C561	C562	C563	C564	C565	C566	C567	C568	C569	C570	C571	C572	C573	C574	C575	C576	C577	C578	C579	C580	C581	C582	C583	C584	C585	C586	C587	C588	C589	C590	C591	C592	C593	C594	C595	C596	C597	C598	C599	C600	C601	C602	C603	C604	C605	C606	C607	C608	C609	C610	C611	C612	C613	C614	C615	C616	C617	C618	C619	C620	C621	C622	C623	C624	C625	C626	C627	C628	C629	C630	C631	C632	C633	C634	C635	C636	C637	C638	C639	C640	C641	C642	C643	C644	C645	C646	C647	C648	C649	C650	C651	C652	C653	C654	C655	C656	C657	C658	C659	C660	C661	C662	C663	C664	C665	C666	C667	C668	C669	C670	C671	C672	C673	C674	C675	C676	C677	C678	C679	C680	C681	C682	C683	C684	C685	C686	C687	C688	C689	C690	C691	C692	C693	C694	C695	C696	C697	C698	C699	C700	C701	C702	C703	C704	C705	C706	C707	C708	C709	C710	C711	C712	C713	C714	C715	C716	C717	C718	C719	C720	C721	C722	C723	C724	C725	C726	C727	C728	C729	C730	C731	C732	C733	C734	C735	C736	C737	C738	C739	C740	C741	C742	C743	C744	C745	C746	C747	C748	C749	C750	C751	C752	C753	C754	C755	C756	C757	C758	C759	C760	C761	C762	C763	C764	C765	C766	C767	C768	C769	C770	C771	C772	C773	C774	C775	C776	C777	C778	C779	C780	C781	C782	C783	C784	C785	C786	C787	C788	C789	C790	C791	C792	C793	C794	C795	C796	C797	C798	C799	C800	C801	C802	C803	C804	C805	C806	C807	C808	C809	C810	C811	C812	C813	C814	C815	C816	C817	C818	C819	C820	C821	C822	C823	C824	C825	C826	C827	C828	C829	C830	C831	C832	C833	C834	C835	C836	C837	C838	C839	C840	C841	C842	C843	C844	C845	C846	C847	C848	C849	C850	C851	C852	C853	C854	C855	C856	C857	C858	C859	C860	C861	C862	C863	C864	C865	C866	C867	C868	C869	C870	C871	C872	C873	C874	C875	C876	C877	C878	C879	C880	C881	C882	C883	C884	C885	C886	C887	C888	C889	C890	C891	C892	C893	C894	C895	C896	C897	C898	C899	C900	C901	C902	C903	C904	C905	C906	C907	C908	C909	C910	C911	C912	C913	C914	C915	C916	C917	C918	C919	C920	C921	C922	C923	C924	C925	C926	C927	C928	C929	C930	C931	C932	C933	C934	C935	C936	C937	C938	C939	C940	C941
----	----	----	----	----	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

			Site n°1	Site n°2	Site n°3	Site n°4	Site n°5	Site n°6	Site n°7	Site n°8a	Site n°8b	Site n°9	Site n°10	Site n°10a	Site n°11	Site n°12	Site n°13
			Boudigny	Saunery	Long-Prés	le Boisy	Collée-Bosy	Marchéfer	Lacomee	Ruisin	Ruisin	Anières	Jussy	Forêt Jussy	Forêt Versois	Forêt Collée-Bosy	
	unité	sens															
C1	Sécheresse d'implantation	croissant	7,6	2,4	2,2	1,7	3	1,1	4,2	1,8	1,4	1,3	2,4	1,8	2,6	6	2,2
C2	Surfaces impactée	décroissant	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	10	10	10	1
C3	Valeur d'usage	décroissant	2,0	3,8	1,8	2,0	3,0	2,0	3,0	4,0	4,0	2,0	2,0	4,0	3,0	5,0	3,2
C17	Adéquation à l'aménagement du territoire	décroissant	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0
C20	Etat topographique et contraintes de construction	décroissant	-5	0	5	8	-5	5	8	-1	-1	7	3	-5	-3	-10	-30
C6	Disponibilité de ressources et savoirs associés	croissant	1	1	0,7	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1
C4	Proximité des zones naturelles sensibles	décroissant	7,4	38,7	21,2	40,3	32,6	31,3	23,5	12,1	28,6	0,0	27,9	58,5	23,3	55,1	3,9
C9	Influence sur les risques d'inondations	décroissant	0,165	0,165	0,615	0,133	0,945	0,235	0,82	0,165	0,165	0,165	0,36	0,19	0	0,175	0,33
C14	Gaz souterrains	croissant	1,669	2,431	0,734	0,342	0,254	0,063	0,000	0,015	0,015	0,800	1,494	1,732	2,386	0,774	0,730
C21	Usure de surface	décroissant	0,585	0,030	0,060	0,150	0,651	0,010	0,105	0,225	0,353	0,000	0,071	1,060	0,325	32,080	0,036
C15	Paylage	décroissant	4,5	6	1	4	7	2	7	7	3	7	6	1	5	4	2
C7	Nuisances trafic	décroissant	47,8	57,5	57,5	47,2	45,6	44,0	38,5	1,3	1,3	199,8	211,5	211,5	201,0	57,5	45,8
C8	Composition de projets	décroissant	571	251	251	251	24	251	50	11	11	75	11	11	11	251	24
C3	Proximité des habitations	décroissant	468	55	417	1238	1043	1838	1223	509	552	1177	806	59	113	167	311
C11	Pour l'entretien biens et objets	décroissant	2208	1720	3664	980	21062	12514	13400	10436	8660	2668	3382	11658	11002	34394	11302
C16	Impact sur l'image et l'économie locale	décroissant	0	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1
C18	Méthode de boiserie	décroissant	25	10	4	29	8	5	67	20	20	37	11	1	23	2	18
C22	Enveloppe de coûts pour infrastruct., élec., auto	décroissant	40501	40818	21845	10449	43374	20347	8573	40555	40438	12215	28708	4031	40540	46667	40971
C19	Impact de la phase de construction	décroissant	66667	33333	33333	13333	66667	33333	13333	66667	66667	20000	46667	66667	66667	66667	66667

Annexe VII : Méthode ELECTRE III

La comparaison des variantes de solution a fait appel à l'application de la méthode ELECTRE III afin d'obtenir un résultat fiable, réaliste et dépourvu de biais mathématiques souvent désastreux lors de la comparaison à ce stade de variantes entre elles. En effet, l'évaluation ordinale ou qualitative de certains critères garde toute sa logique au sein d'un critère donné, mais perd souvent toute sa signification lorsqu'elle est combinée aux autres critères par une simple moyenne pondérée.

Les méthodes ELECTRE (ELimination Et Choix Traduisant la REalité, B. Roy, 1968 – 1982) ont l'avantage de pouvoir s'affranchir de ces biais mathématiques qui impliquent d'analyser l'interdépendance des échelles d'évaluation entre elles. En effet, les méthodes ELECTRE se basent sur une approche relationnelle entre les préférences inter-critères et permettent dès lors de garder uniquement une logique préférentielle propre à chaque critère. Il est ainsi possible (et courant) d'introduire des critères autant cardinaux (mesurés ou calculés) que des critères ordinaux ou qualitatifs sans avoir à transformer les échelles dans une seule grille de notation.

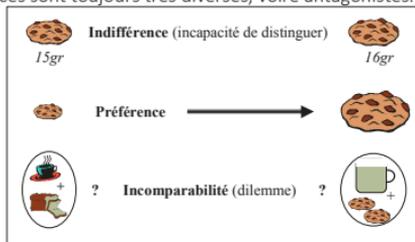
La méthode ELECTRE III permet de classer les différentes variantes dans un ordre de préférence ordinal. Une analyse de sensibilité permet ensuite de consolider la sélection obtenue et de la préciser quant à sa robustesse, ceci permettant de dégager la ou les variantes les meilleures.

La méthode ELECTRE III, proposée ici pour la comparaison des variantes de solution, permet en outre d'intégrer des notions de seuils d'indifférence, de préférence et de veto, lesquelles permettent de tenir compte de l'hésitation naturelle entre deux valeurs non égales mais très proches (indifférence), d'indiquer de manière volontaire les écarts dans chaque critère qui démontre une forte préférence envers la variante obtenant la meilleur note (préférence forte) et les écarts rédhibitoires qui, lorsqu'une variante est meilleure en tous points sauf sur un critère pour lequel elle est moins performante que les autres de manière très marquée, permet d'invalider une préférence d'une variante meilleure que les autres mais ayant un énorme défaut (seuil de veto). Cette finesse d'analyse permet en l'occurrence de mettre en évidence les incomparabilités entre variante, ceci ramenant la décision vers des arguments parfois plus politiques que techniques.

(tiré de Maystre, Bollinger, Négociations multicritères, 1998, PPUR, Lausanne)

Le concept de surclassement

Aux niveaux hiérarchiquement supérieurs de l'évaluation environnementale, les données en échelle ordinale sont fréquentes et nombreuses. En outre, le nombre des acteurs concernés est toujours supérieur à deux ou trois et les préférences sont toujours très diverses, voire antagonistes.



Notions a) d'indifférence, b) de préférence et c) d'incomparabilité.

La notion de préférence s'applique à trois cas de figure :

- La préférence
- l'indifférence
- l'incomparabilité.

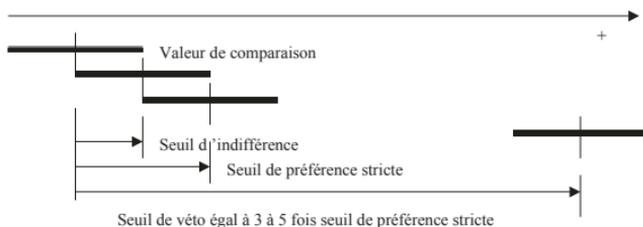
On peut illustrer ces trois cas à l'aide des dessins de la figure 2.14. Une personne qui a de l'appétit préférera un grand gâteau à un petit (figure 2.14b). Mais elle choisira sans doute au hasard (indifférence) si elle voit dans la vitrine les deux gâteaux de la figure 2.14a. Enfin, si elle désire un petit café bien tassé et un gâteau sec, elle sera bien embarrassée d'être dans l'obligation de choisir (incomparabilité) entre d'une part un petit café tassé avec une tranche de pain un peu rassis, d'autre part un bol de café dilué avec quelques gâteaux (fig. 2.14c).

Les comparaisons utilisant des critères de nature différente, eux-mêmes composés par agrégation d'indicateurs de nature différente, présentent très fréquemment des situations d'indifférence ou d'incomparabilité. La notion de "surclassement" est une relation binaire, portant sur des couples appartenant à un ensemble. On affirme que l'action A_i surclasse l'action A_k s'il est possible d'affirmer avec des arguments convaincants, que pour le décideur, A_i est au moins aussi bonne (ou pas pire) que A_k . Du fait des relations d'indifférence et d'incomparabilité, cette relation est plus subtile qu'il ne pourrait y paraître à première vue.

Parmi les méthodes basées sur la relation de surclassement, la famille des méthodes ELECTRE nous a semblé bien adaptée aux problèmes de l'évaluation environnementale utilisant fréquemment l'échelle ordinale. Les analyses de sensibilité (faisant varier les valeurs attribuées aux seuils d'indifférence, de préférence stricte et de veto de la méthode) et de robustesse (cherchant à déterminer le domaine de variations de ces seuils ou encore des poids, dans lequel le classement final reste stable) des méthodes ELECTRE sont appréciées lors du déroulement d'un processus de négociation environnementale où les jeux de poids des critères diffèrent selon les acteurs et ne sauraient être amalgamés en moyennes que tous les protagonistes récuseraient. Utilisées avec à propos dans un processus de négociation, ces méthodes permettent de repérer les écueils, les zones de friction ou au contraire les zones de convergence, qui induiront un processus d'apprentissage et d'innovation, permettant d'aboutir à une solution globalement préférable pour l'ensemble des acteurs qui s'était fixé pour objectif d'appliquer autre chose que la loi du plus fort.

Seuils d'indifférence, de préférence et de veto

Les notions d'indifférence et de préférence nécessitent que l'on définisse des seuils à partir desquels elles s'appliquent. Ces seuils peuvent être définis de manière relative, en comparant deux valeurs entachées d'une erreur ou d'une incertitude. La figure 2.15 illustre la position des seuils d'indifférence et de préférence stricte. Elle présente la situation dans laquelle la valeur de comparaison est plus petite que la valeur examinée. Cette figure a évidemment son symétrique. La définition du seuil de veto est alors affaire de choix, qui s'exprime généralement comme un multiple du seuil de préférence stricte (fréquemment entre 3 et 5 fois).



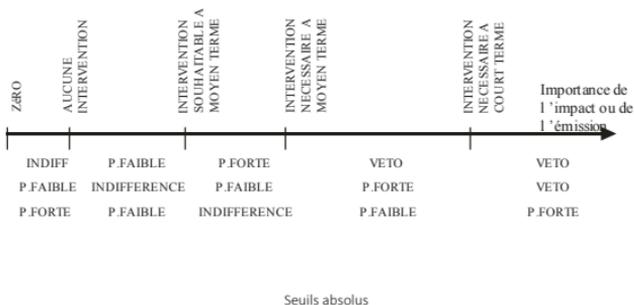
Seuils relatifs

Dans cette figure, la fourchette, ou marge d'imprécision, est représentée par le trait gras, la valeur théorique moyenne par le trait vertical au milieu du trait gras. Trois valeurs différentes sont comparées à une même valeur de comparaison.

Les seuils peuvent aussi être définis en fonction de normes, par exemple d'impacts (normes d'immission) ou en fonction d'une norme d'émission. On adoptera par exemple quatre seuils, qui formeront cinq classes :

- N'exigeant aucune intervention
- Intervention souhaitable à moyen terme
- Intervention nécessaire à moyen terme
- Intervention nécessaire à court terme

Deux valeurs situées dans la même classe sont indifférentes, il peut y avoir préférence faible si ces valeurs sont dans deux classes voisines, préférence forte si une classe les sépare et veto si deux classes les séparent. La figure 2.16 représente les quatre seuils décrits ci-dessus, déterminant cinq classes ou intervalles. Les relations d'indifférence, de préférence faible et forte et de veto entre ces classes y sont indiquées pour les première (de zéro à aucune intervention), deuxième (de aucune intervention à intervention souhaitable) et troisième classes (de intervention souhaitable à intervention nécessaire à moyen terme).



Certains auteurs proposent de combiner les deux définitions. Dans la pratique, il faut alors vérifier au préalable que l'on est en mesure de saisir les valeurs que l'on se propose de comparer. Lorsqu'il s'agit de projets, les prévisions sont souvent entachées de telles incertitudes qu'il devient difficile d'éviter un certain arbitraire avec cette démarche plus subtile.

Selon une communication personnelle de B.Roy, il faut clairement distinguer entre seuil de veto et seuil de rejet.

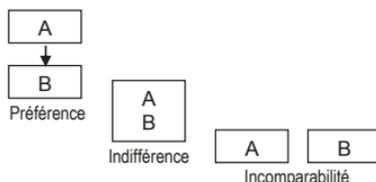
Le **seuil de veto** se réfère à la dissimilarité entre deux valeurs ou évaluations. On peut considérer que c'est une notion subjective. C'est en particulier une notion relative inter-critères.

Le **seuil de rejet** se réfère à la dissimilarité défavorable par rapport à une valeur ou évaluation de référence. Mais ce n'est pas pour autant une notion objective et absolue, car la valeur de référence est elle-même le produit d'un compromis ou d'un consensus entre plusieurs acteurs. On doit donc préciser que le seuil de rejet est une notion relevant de la subjectivité interpersonnelle (§ 2.1.2). En matière d'environnement, la valeur de référence est généralement une norme (légale ou communément admise). Une norme est élaborée par un comité composé d'experts de formations très différentes et de préoccupations très diverses. Par exemple les normes de qualité de l'eau de consommation moyennent les points de vue des médecins (ce qui est nécessaire), des ingénieurs (ce qui est possible), des économistes (ce qui est faisable) et des politiciens (ce qui est souhaitable).

Lecture des résultats :

Les résultats d'un graphe ELECTRE se lisent comme suit :

- Préférence de la variante A sur la variante B
- Indifférence entre les variantes A et B
- Incomparabilité entre les actions A et B



Annexe VIII : Pondération des critères par le « système des cartes Simos révisé »

DOCUMENT DE TRAVAIL – DCB Genève – Pondérations – 26.01.2017

Les pondérations présentées dans ce document font suite aux séances du COPIL et travaux des différents acteurs du COPIL entre les séances. La pondération des critères s'est faite sur la base de la liste de critères validée par le COPIL en utilisant le système de pondération dit « système des cartes Simos révisé ». Les règles suivantes sont respectées afin d'établir les différentes pondérations :

- Tous les critères doivent être pondérés, il n'est pas possible d'en retirer de la pondération ;
- Chaque critère est représenté par une carte placée en fonction de son importance relative aux autres critères ;
- Des cartes vides (au maximum 5 par pondération) peuvent être utilisées pour indiquer un espace entre les différents rangs de poids ;
- Un rapport d'importance (Z) entre le rang le plus important et le rang le moins important est fixé pour chaque pondération ;
- Chaque acteur a la possibilité d'effectuer une pondération des critères individuelle ;
- Chaque pondération sera appliquée à l'analyse et mènera à un résultat par acteur. Tous les résultats seront analysés pour tirer les tendances générales et particulières de l'ensemble des classements obtenus ;
- Une pondération partagée est effectuée en séance par les membres du COPIL présent selon l'approche de « pondération silencieuse ». Cette pondération n'a qu'une valeur indicative ;
- Des pondérations simulées ont été effectuées par les membres du COPIL présent pour tenter de disposer de profils de pondération de type « communes / population », aucune de celles-ci n'ayant transmis de pondération suite à l'envoi du matériel de pondération par email ;
- Des pondérations fictives pourront être analysées à titre informatif mais ne seront pas considérées pour l'établissement des recommandations quant à la sélection de sites.

Sont présentées ci-dessous les pondérations suivantes sous forme d'agencement des cartes de pondération, de tableau des poids résultant en %, de la photo du jeu de cartes original pour la pondération considérée et sous forme d'histogramme des valeurs de poids en % :

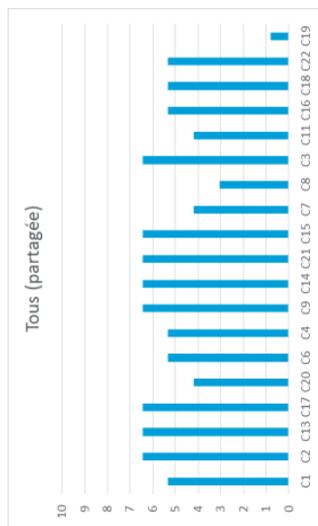
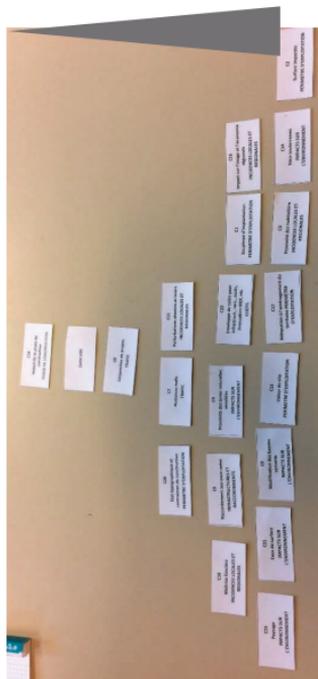
- Pondération partagée « Etat » : représentant le résultat de l'exercice de pondération partagée par le système de « pondération silencieuse » pour les membres présents du COPIL, à savoir les services d'Etat. Une telle approche similaire a été proposée aux communes afin d'avoir un pendant à cette pondération sans avoir pour l'instant de retour. Celle-ci pourrait être effectuée en tout temps ;
- Pondération « Service de l'écologie de l'eau » : établie par M. Eric Werlen, hydrologue ;
- Pondération « Service du plan directeur cantonal » : établie par M. Bernard Trottet ;
- Pondération « Service de l'espace rural / agriculture » : établie par Mme Aline Bonfantini Martin ;
- Pondération « Espaces naturels / secteur des forêts » : établie par M. Michel Delétraz ;
- Pondération « Service de géologie, sols et déchets » : établie par M. Jacques Martelain ;
- Pondération « Direction générale de l'environnement » : établie par M. Daniel Chambaz ;
- Pondération simulée « Communes / population » : établies par les membres du COPIL lors de la séance du 20.01.2017 selon quatre variantes afin de disposer d'une vision « citoyenne » proche de la position probable des communes et de la population, en fonction des échanges lors des séances où elles étaient présentes.

PONDERATIONS PARTAGEES - PONDERATION PARTAGEE « ETAT »

Rapport d'importance Z = 8 (à varier entre 5 et 10)

1	C19 : Impact de la phase de construction PHASE DE CONSTR.	CARTE VIDE	C8 : Conjonction de projets TRAFIC	C11 : Perturbations chemins et loisirs INCIDENCES LOCALES ET REG.	C16 : Impact sur l'image et l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.
2	C20 : Etat topographique et contraintes de construction PERIMETRE D'EXPL.	C7 : Nuisances trafic TRAFIC	C2 : Enveloppe de coûts pour infrastruct., racc., accès, évacuation MEX, etc. COÛTS	C1 : Souplesse d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENVI.
3	C18 : Maitrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REG.	C6 : Raccordement aux eaux usées INFRA. ET RACC.	C3 : Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REG.	C17 : Proximité de l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.	C2 : Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.
4	C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENVI.	C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENVI.	C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENVI.	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C5 : Impact sur l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.
5	C21 : Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENVI.	C10 : Maitrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REG.	C12 : Maitrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REG.	C15 : Impact sur l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.	C16 : Impact sur l'image et l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.
6	C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENVI.	C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENVI.	C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENVI.	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C5 : Impact sur l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.

Services Tous (partagée)	PERIMETRE D'EXPLOITATION		C1	Souplesse d'implantation	5,323	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806	
			C2	Surface impactée	6,452	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C13	Valeur du site	6,452	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C17	Adequation à l'aménagement du territoire	6,452	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C20	Etat topographique et contraintes de construction	6,452	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
	INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS		C6	Raccordement aux eaux usées	5,323	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
	IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT		C4	Proximité des zones naturelles sensibles	5,323	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C9	Modification des bassins versants	6,452	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C14	Eaux souterraines	6,452	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C21	Eaux de surface	6,452	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C15	Paysage	6,452	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
	TRAFIC		C7	Nuisances trafic	4,194	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C8	Conjonction de projets	3,065	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
	INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES		C3	Proximité des habitations	6,452	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C11	Perturbations chemins et loisirs	4,194	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C16	Impact sur l'image et l'économie régionale	5,323	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
			C18	Maîtrise foncière	5,323	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
	COÛTS		C22	Enveloppe de coûts pour Infrastruct., racc., accès, évacuation	5,323	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806
PHASE DE CONSTRUCTION		C19	Impact de la phase de construction	0,806	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	4,194	5,323	0,806	



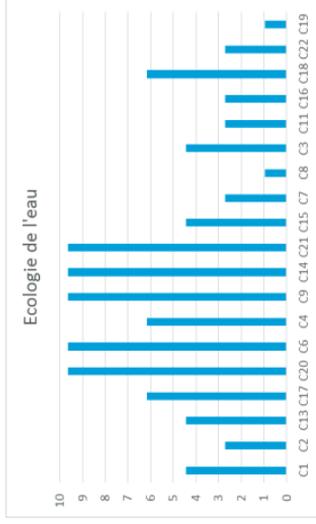
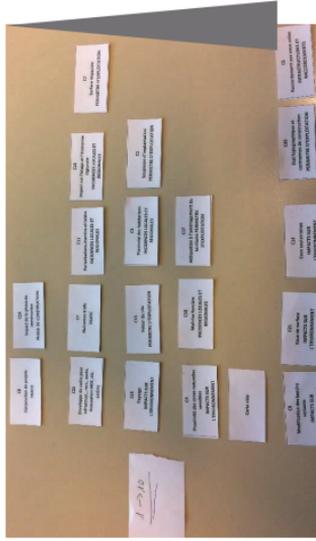
PONDERATIONS ACTEURS COPIL - PONDERATION Service de l'écologie de l'eau

Rapport d'importance Z = 10

1	C19 : Impact de la phase de construction PHASE DE CONSTR.	C8 : Conjonction de projets TRAFIC		
2	C16 : Impact sur l'image et l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.	C11 : Perturbations chemins et loisirs INCIDENCES LOCALES ET REG.	C7 : Nuisances trafic TRAFIC	C22 : Enveloppe de coûts pour infrastruct., racc., accès, évacuation MEX, etc. COÛTS
3	C1 : Souplesse d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENVI.	
4	C17 : Adéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.	C18 : Maîtrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REG.	C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENVI.	
5		CARTE VIDE		
6	C6 : Raccordement aux eaux usées INFRA. ET RACC.	C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENVI.	C21 : Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENVI.	C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENVI.

I M P O R T A N C E

	PERIMETRE D'EXPLOITATION					INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS		IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT					TRAFIC		INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES					COÛTS		PHASE DE CONSTRUCTION
	C1	C2	C13	C17	C20	C6	C4	C9	C14	C21	C15	C7	C8	C3	C11	C16	C18	C22				
Services	Souplesse d'implantation	Surface impactée	Valeur du site	Adéquation à l'aménagement du territoire	Etat topographique et contraintes de construction	Raccordement aux eaux usées	Proximité des zones naturelles sensibles	Modification des bassins versants	Eaux souterraines	Eaux de surface	Paysage	Nuisances trafic	Conjonction de projets	Proximité des habitations	Perturbations chemins et loisirs	Impact sur l'image et l'économie régionale	Maîtrise foncière	Enveloppe de coûts pour	Impact de la phase de construction			
	4,44	2,703	4,44	6,178	9,653	9,653	6,178	9,653	9,653	9,653	4,44	2,703	0,965	4,44	2,703	2,703	6,178	2,703	0,965			
Ecologie de l'eau																						



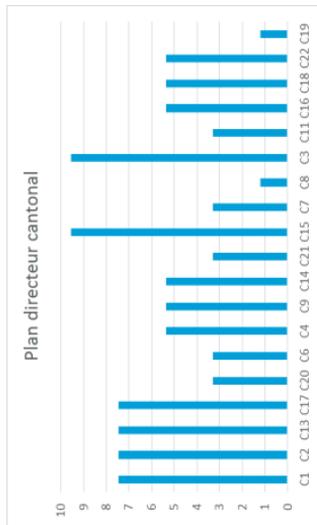
PONDERATION Service du plan directeur cantonal

Rapport d'importance Z = 8

1	C19 : Impact de la phase de construction PHASE DE CONSTR.	C8 : Conjonction de projets TRAFIC	
2	C20 : Etat topographique et contraintes de construction PERIMETRE D'EXPL.	C21 : Nuisances trafic TRAFIC	C6 : Raccordement aux eaux usées INFRA. ET RACC.
3	C16 : Impact sur l'image et l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.	C18 : Maîtrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REG.	C11 : Perturbations chemins et loisirs INCIDENCES LOCALES ET REG. C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENVI.
4	C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENVI.	C22 : Enveloppe de coûts pour infrastruct., racc., accès, évacuation MEX, etc. COÛTS	C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENVI.
5	C1 : Souplesse d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C17 : Adéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.
	C2 : Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.	C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENVI.	
	C3 : Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REG.		

I M P O R T A N C E

Services	PERIMETRE D'EXPLOITATION					INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS		IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT					TRAFIC		INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES					COÛTS		PHASE DE CONSTRUCTION						
	C1	C2	C13	C17	C20	C6	C4	C9	C14	C21	C15	C7	C8	C3	C11	C16	C18	C22	C19									
Plan directeur cantonal	7,463	7,463	7,463	7,463	3,284	3,284	5,373	5,373	5,373	3,284	9,552	3,284	1,194	9,552	3,284	5,373	5,373	5,373	1,194	1,194	5,373	5,373	5,373	5,373	5,373	1,194	1,194	
	Souplesse d'implantation	Surface impactée	Valeur du site	Adéquation à l'aménagement du territoire	Etat topographique et contraintes de construction	Raccordement aux eaux usées	Proximité des zones naturelles sensibles	Modification des bassins versants	Eaux souterraines	Eaux de surface	Paysage	Nuisances trafic	Conjonction de projets	Proximité des habitations	Perturbations chemins et loisirs	Impact sur l'image et l'économie régionale	Maîtrise foncière	Enveloppe de coûts pour l'infrastruct., racc., accès, évacuation	Impact de la phase de construction									



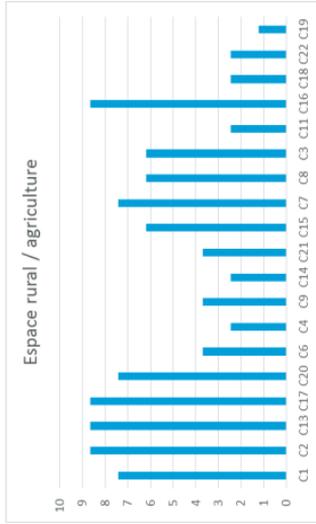
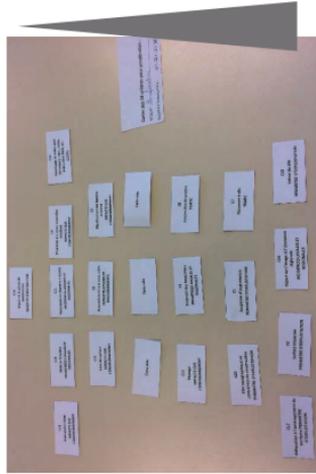
PONDERATION Service de l'espace rural / agriculture

Rapport d'importance Z = 7

C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENVI.	C18 : Maîtrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REG.	C19 : Impact de la phase de construction PHASE DE CONSTR.	C22 : Enveloppe de coûts pour infrastruct., racc., accès, évacuation MEX, etc. COÛTS	1
C21 : Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENVI.	C6 : Raccordement aux eaux usées INFRA. ET RACC.	C11 : Perturbations chemins et loisirs INCIDENCES LOCALES ET REG.	C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENVI. C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENVI.	2
C17 : Aéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.	C2 : Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.	CARTES VIDE	C8 : Conjonction de projets TRAFIC C7 : Nuisances trafic TRAFIC	4
C20 : Etat topographique et contraintes de construction PERIMETRE D'EXPL.	C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENVI. C2 : Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.	C3 : Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REG. C1 : Souplésses d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	C8 : Conjonction de projets TRAFIC C7 : Nuisances trafic TRAFIC	5
C17 : Aéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.	C2 : Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.	C16 : Impact sur l'image et l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	7

I M P O R T A N C E

Services	PERIMETRE D'EXPLOITATION					INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS		IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT					TRAFIC		INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES					COÛTS		PHASE DE CONSTRUCTION	
	C1	C2	C13	C17	C20	C6	C4	C9	C14	C21	C15	C7	C8	C3	C11	C16	C18	C22	C19				
	Souplesse d'implantation	Surface impactée	Valeur du site	Adéquation à l'aménagement du territoire	Etat topographique et contraintes de construction	Raccordement aux eaux usées	Proximité des zones naturelles sensibles	Modification des bassins versants	Eaux souterraines	Eaux de surface	Paysage	Nuisances trafic	Conjonction de projets	Proximité des habitations	Perturbations chemins et loisirs	Impact sur l'image et l'économie régionale	Maîtrise foncière	Enveloppe de coûts pour l'infrastructure, racc., accès, évacuation	Impact de la phase de construction				
Espace rural / agriculture	7,407	8,642	8,642	8,642	7,407	3,704	2,469	3,704	2,469	3,704	6,173	6,173	6,173	6,173	2,469	8,642	2,469	2,469	1,235				



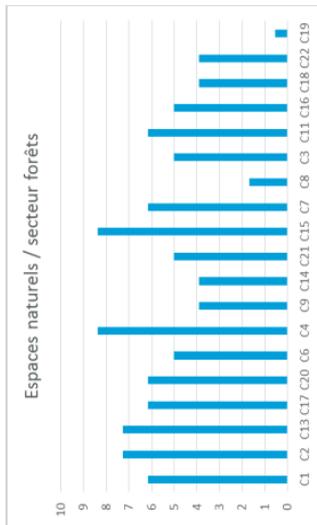
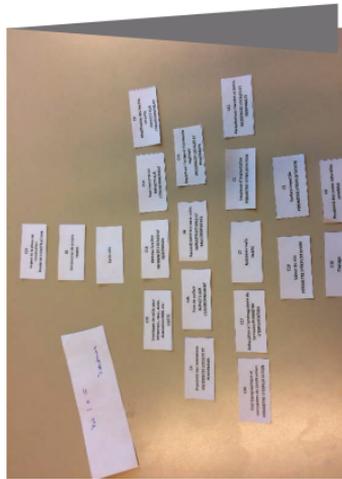
PONDERATION Espaces naturels / secteur des forêts

Rapport d'importance Z = 15

			C19 : Impact de la phase de construction PHASE DE CONSTR.	1
			C8 : Conjonction de projets TRAFIC	2
			CARTE VIDE	3
C22 : Enveloppe de coûts pour infrastruct., racc., accès, évacuation MEX, etc. COÛTS	C18 : Maîtrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REG.	C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENVI.	C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENVI.	4
C3 : Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REG.	C21 : Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENVI.	C6 : Raccordement aux eaux usées INFRA. ET RACC.	C16 : Impact sur l'image et l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.	5
C20 : Etat topographique et contraintes de construction PERIMETRE D'EXPL.	C17 : Adéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.	C7 : Nuisances trafic TRAFIC	C1 : Souplesse d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	6
	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C2	C11 : Perturbations chemins et loisirs INCIDENCES LOCALES ET REG.	7
	C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENVI.	C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENVI.		8

I
M
P
O
R
T
A
N
C
E

Services	PERIMETRE D'EXPLOITATION					INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS		IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT					TRAFIC		INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES					COÛTS		PHASE DE CONSTRUCTION	
	C1	C2	C13	C17	C20	C6	C4	C9	C14	C21	C15	C7	C8	C3	C11	C16	C18	C22	C19				
Espaces naturels / secteur forêts	6,145	7,263	7,263	6,145	6,145	5,028	8,38	3,911	3,911	5,028	8,38	6,145	1,676	5,028	6,145	5,028	3,911	3,911	0,559				
	Souplesse d'implantation	Surface impactée	Valeur du site	Adéquation à l'aménagement du territoire	Etat topographique et contraintes de construction	Raccordement aux eaux usées	Proximité des zones naturelles sensibles	Modification des bassins versants	Eaux souterraines	Eaux de surface	Paysage	Nuisances trafic	Conjonction de projets	Proximité des habitations	Perturbations chemins et loisirs	Impact sur l'image et l'économie régionale	Maîtrise foncière	Enveloppe de coûts pour l'infrastruct., racc., accès, évacuation	Impact de la phase de construction				



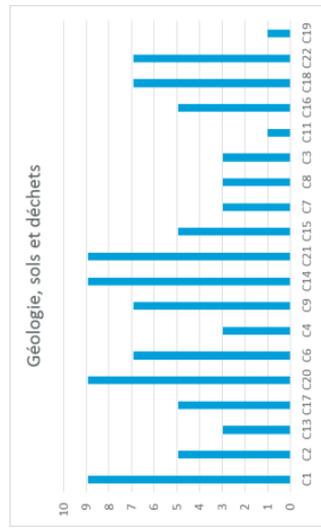
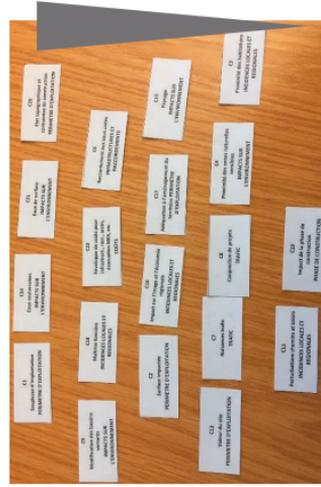
PONDERATION Service de géologie, sols et déchets

Rapport d'importance Z = 9

C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C11 : Perturbations chemins et loisirs INCIDENCES LOCALES ET REG.	C19 : Impact de la phase de construction PHASE DE CONSTR.	1
C2 Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.	C7 : Nuisances trafic TRAFIC	C8 : Conjonction de projets TRAFIC	2
C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENVI.	C16 : Impact sur l'image et l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.	C17 : Adéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.	3
C1 : Souplesse d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	C18 : Maîtrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REG.	C22 : Enveloppe de coûts pour infrastruct. racc., accès, évacuation MEX, etc. COUTS	4
C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENVI.	C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENVI.	C21 : Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENVI.	5
		C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENVI.	C3 : Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REG.
		C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENVI.	
		C6 : Raccordement aux eaux usées INFRA. ET RACC.	
		C20 : Etat topographique et contraintes de construction PERIMETRE D'EXPL.	

I M P O R T A N C E

	PERIMETRE D'EXPLOITATION		INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS		IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT				TRAFFIC		INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES				COÛTS		PHASE DE CONSTRUCTION																																								
Services Géologie, sols et déchets	C1	Souplesse d'implantation		Surface impactée		C2	Valeur du site		C13	Adequation à l'aménagement du territoire		C17	Etat topographique et contraintes de construction		C20	Raccordement aux eaux usées		C6	Proximité des zones naturelles sensibles		C4	Modification des bassins versants		C9	Eaux souterraines		C14	Eaux de surface		C21	Paysage		C15	Nuisances trafic		C7	Conjonction de projets		C8	Proximité des habitations		C3	Perturbations chemins et loisirs		C11	Impact sur l'image et l'économie régionale		C16	Maîtrise foncière		C18	Enveloppe de coûts pour l'infrastruct., racc., accès, évacuation		C22	Impact de la phase de construction		C19
		8,911	4,95	2,97	4,95	8,911	4,95	8,911	6,931	2,97	6,931	8,911	4,95	2,97	2,97	2,97	2,97	2,97	4,95	6,931	6,931	4,95	6,931	6,931	0,99	2,97	4,95	6,931	6,931	0,99	2,97	4,95	6,931	6,931	0,99																						



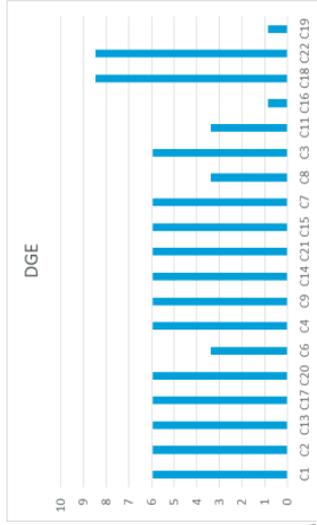
PONDERATION Direction générale de l'environnement

Rapport d'importance Z = 10

1	C19 : Impact de la phase de construction PHASE DE CONSTR.	C16 : Impact sur l'image et l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REG.	C6 : Raccordement aux eaux usées INFRA. ET RACC.	C11 : Perturbations chemins et loisirs INCIDENCES LOCALES ET REG.	C7 : Nuisances trafic	C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENV.	C20 : Etat topographique et contraintes de construction PERIMETRE D'EXPL.	C3 : Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REG.	C2 : Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.	C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENV.	C1 : Soutpasse d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENV.	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C21 : Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENV.	C17 : Adéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.	C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENV.		
					2	C8 : Conjonction de projets TRAFIC	C7 : Nuisances trafic	C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENV.	C20 : Etat topographique et contraintes de construction PERIMETRE D'EXPL.	C3 : Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REG.	C2 : Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.	C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENV.	C1 : Soutpasse d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENV.	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C21 : Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENV.	C17 : Adéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.	C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENV.
							3	C8 : Conjonction de projets TRAFIC	C7 : Nuisances trafic	C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENV.	C20 : Etat topographique et contraintes de construction PERIMETRE D'EXPL.	C3 : Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REG.	C2 : Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.	C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENV.	C1 : Soutpasse d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENV.	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C21 : Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENV.
4	C18 : Maîtrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REG.	C22 : Enveloppe de coûts pour infrastruct., racc., accès, évacuation MEX, etc. COÛTS	C8 : Conjonction de projets TRAFIC	C11 : Perturbations chemins et loisirs INCIDENCES LOCALES ET REG.	C7 : Nuisances trafic	C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENV.	C20 : Etat topographique et contraintes de construction PERIMETRE D'EXPL.	C3 : Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REG.	C2 : Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.	C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENV.	C1 : Soutpasse d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENV.	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C21 : Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENV.	C17 : Adéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.	C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENV.		

I M P O R T A N C E

Services	PERIMETRE D'EXPLOITATION					INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS		IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT				TRAFIC		INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES				COÛTS		PHASE DE CONSTRUCTION									
	C1	C2	C13	C17	C20	C6	C4	C9	C14	C21	C15	C7	C8	C3	C11	C16	C18	C22	C19										
DGE	Souplesse d'implantation	Surface impactée	Valeur du site	Adéquation à l'aménagement du territoire	Etat topographique et contraintes de construction	Raccordement aux eaux usées	Proximité des zones naturelles sensibles	Modification des bassins versants	Eaux souterraines	Eaux de surface	Paysage	Nuisances trafic	Conjonction de projets	Proximité des habitations	Perturbations chemins et loisirs	Impact sur l'image et l'économie régionale	Maîtrise foncière	Enveloppe de coûts pour l'infrastruct., racc., accès, évacuation	Impact de la phase de construction	0,847	5,932	5,932	5,932	5,932	3,39	5,932	8,475	8,475	0,847



PONDERATIONS SIMULEES

PONDERATION simulée « Communes / population » effectuée par le COPIL le 20.01.2017 en séance (les critères en rouge doivent être pondérés selon les deux niveaux extrêmes pour illustrer des positions divergentes d'une commune à une autre selon leurs contextes respectifs => 4 jeux de pondérations)

Rapport d'importance Z = 20

	C8 : Conjonction de projets TRAFIC		
	CARTE VIDE		
1	C1 : Souplesse d'implantation PERIMETRE D'EXPL.	C22 : Enveloppe de coûts pour infrastruct., racc., accès, évacuation MEX, etc.	C6 : Raccordement aux eaux usées INFRA. ET RACC.
2		COÛTS	
3		CARTE VIDE	
4	C9 : Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENVI.	C14 : Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENVI.	
5	C21 : Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENVI.	C17 : Adéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPL.	C19 : Impact de la phase de construction PHASE DE CONSTR.
6	C11 : Perturbations chemins et loisirs INCIDENCES LOCALES ET REG.	C4 : Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENVI.	C2 Surface impactée PERIMETRE D'EXPL.
7		C15 : Paysage IMPACTS SUR L'ENVI.	
8	C13 : Valeur du site PERIMETRE D'EXPL.	C7 : Nuisances trafic TRAFIC	
9		C3 : Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REG.	C18 : Maîtrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REG.

	PERIMETRE D'EXPLOITATION					INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS	IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT					TRAFFIC		INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES					COÛTS		PHASE DE CONSTRUCTION
	C1	C2	C13	C17	C20		C6	C4	C9	C14	C21	C15	C7	C8	C3	C11	C16	C18	C22	C19	
Services																					
Simulation communes 1	2,446	6,486	8,506	5,476	7,496	2,446	6,486	4,466	4,466	5,476	7,496	8,506	0,425	8,506	6,486	6,486	0,425	2,446	5,476	Impact de la phase de construction	
Simulation communes 2	2,105	5,584	7,323	4,714	6,453	2,105	5,584	3,844	3,844	4,714	6,453	7,323	0,394	7,323	5,584	5,584	0,394	2,105	4,714	Enveloppe de coûts pour Infrastruct., racc., accès, évacuation	
Simulation communes 3	2,263	6,001	7,87	5,066	6,936	2,263	6,001	4,132	4,132	5,066	6,936	7,87	0,394	7,87	6,001	6,001	0,394	2,263	5,066		
Simulation communes 4	2,263	6,001	7,87	5,066	6,936	2,263	6,001	4,132	4,132	5,066	6,936	7,87	7,87	7,87	6,001	6,001	0,394	2,263	5,066		



Note sur le calcul des pondérations à partir des jeux de cartes :**Calcul des poids par rang selon le rapport Z d'importance :**

Ecart entre rang = $Z - 1$ / Rang max - 1

Valeur du rang $i = (\text{Rang}(i) - 1) * \text{Ecart} + 1$

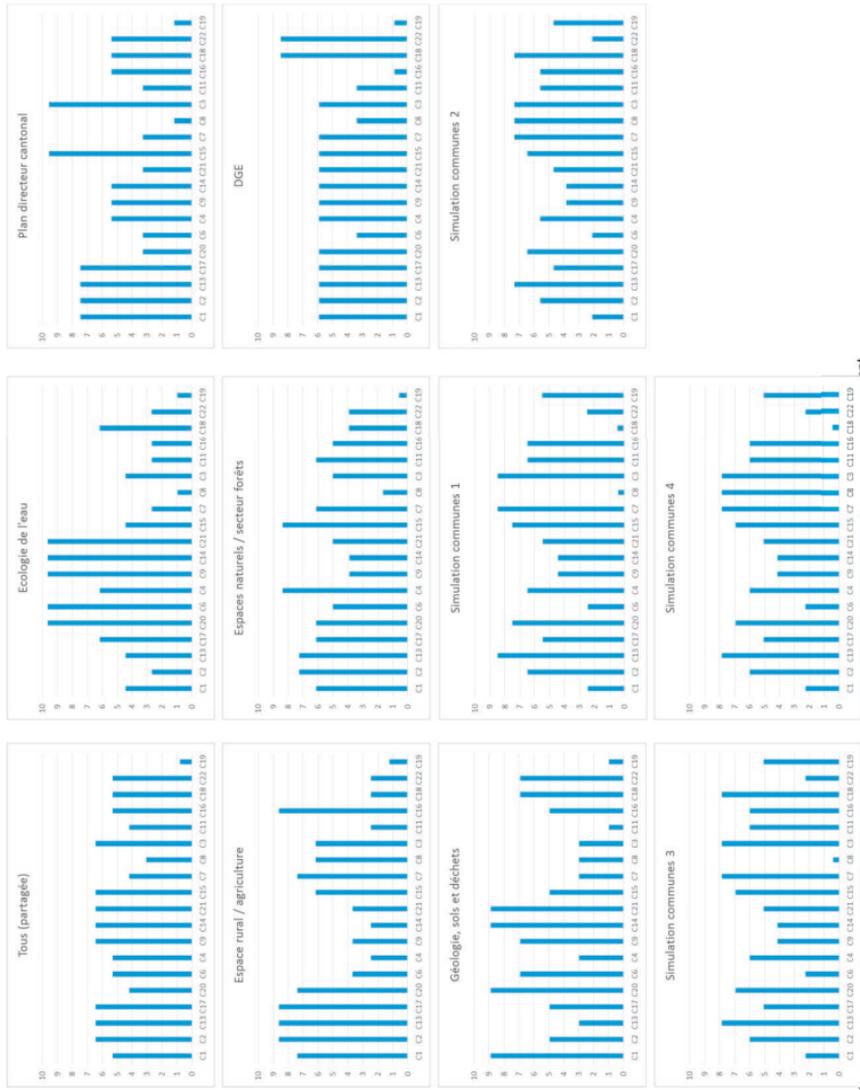
Normalisation sur 100 % :

Facteur de normalisation = $100 / \text{Somme}(\text{valeur du rang pour toutes les cartes « critère »})$

Poids en % = Valeur du rang $i * \text{Facteur de normalisation}$

TABLEAU RECAPITULATIF DE TOUTES LES PONDERATIONS :

	PERIMETRE D'EXPLOITATION					INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS				IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT				TRAFFIC		INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES				COÛTS	PHASE DE CONSTRUCTION
	C1	C2	C13	C17	C20	C6	C4	C9	C14	C21	C15	C7	C8	C3	C11	C16	C18	C22	C19		
Services																					
Tous (partagée)	5,323	6,452	6,452	4,194	5,323	6,452	6,452	6,452	6,452	6,452	4,194	3,065	6,452	4,194	5,323	5,323	5,323	5,323	0,806		
Ecologie de l'eau	4,44	2,703	4,44	6,178	9,653	9,653	6,178	9,653	9,653	4,44	2,703	0,965	4,44	2,703	2,703	6,178	2,703	0,965			
Plan directeur cantonal	7,463	7,463	7,463	3,284	3,284	3,284	5,373	5,373	3,284	9,552	3,284	1,194	9,552	3,284	5,373	5,373	5,373	1,194			
Espace rural / agriculture	7,407	8,642	8,642	7,407	3,704	2,469	3,704	2,469	3,704	6,173	7,407	6,173	6,173	2,469	8,642	2,469	2,469	1,235			
Espaces naturels / secteur forêts	6,145	7,263	7,263	6,145	5,028	8,38	3,911	3,911	5,028	8,38	6,145	1,676	5,028	6,145	5,028	3,911	3,911	0,559			
DGE	5,932	5,932	5,932	5,932	3,39	5,932	5,932	5,932	5,932	4,95	2,97	2,97	2,97	3,39	0,847	8,475	8,475	0,847			
Géologie, sols et déchets	8,911	4,95	2,97	4,95	8,911	6,931	2,97	6,931	8,911	4,95	2,97	2,97	2,97	0,99	4,95	6,931	6,931	0,99			
Simulation communes 1	2,446	6,486	8,506	5,476	7,496	4,466	4,466	4,466	5,476	7,496	8,506	0,425	8,506	6,486	6,486	0,425	2,446	5,476			
Simulation communes 2	2,105	5,584	7,323	4,714	6,453	3,844	3,844	3,844	4,714	6,453	7,323	7,323	5,584	5,584	7,323	2,105	2,105	4,714			
Simulation communes 3	2,263	6,001	7,87	5,066	6,936	2,263	6,001	4,132	5,066	6,936	7,87	0,394	7,87	6,001	6,001	7,87	2,263	5,066			
Simulation communes 4	2,263	6,001	7,87	5,066	6,936	2,263	6,001	4,132	5,066	6,936	7,87	7,87	6,001	6,001	6,001	0,394	2,263	5,066			



MATERIEL TRANSMIS POUR ETABLIR UN JEU DE PONDERATION

La pondération est une opération permettant de spécifier la notion d'importance relative des critères les uns par rapport aux autres. On appelle aussi le résultat de la pondération un « point de vue » parce qu'il exprime la vision d'un acteur sur ce qui est important pour lui et ce qui l'est moins.

Une pondération doit se faire indépendamment des scores et évaluations obtenues par les différentes options évaluées. En effet, si l'aspect financier est important parce qu'il représente un enjeu critique du point de vue de l'acteur considéré, il doit apparaître comme important quelles que soient les scores obtenus par les variantes. Il obtiendra donc un poids élevé.

Règles :

- Tous les critères doivent être pris en compte : il ne peut pas y avoir de poids « 0 % » pour un critère. Tous les critères sont considérés comme différenciant a priori, un poids de « 0 % » équivaldrait à le retirer et le considérer comme non différenciant.
- Les poids sont spécifiques à un acteur et n'ont pas besoin d'être justifiés.
- Le rapport d'importance demandé à la fin de la procédure de pondération doit se situer entre 2 et 20.
- Des cartes blanches (maximum 5 au total) peuvent être utilisées pour introduire des notions d'espacement entre certains groupes de critères.
- Tous les critères sont pondérés indépendamment de la catégorie à laquelle ils appartiennent.
- La définition complète des critères est donnée dans le document ci-joint (annexe V) à garder le cas échéant sous la main lors de l'exercice de pondération.

Pondération individuelle par acteur (à faire et transmettre)

Marche à suivre :

1. Découper toutes les cartes « critères » et « cartes vides » du document ci-dessous ;
2. Placer **toutes les cartes « critères »** sur une ligne sur une table, garder les cartes vides de côté ;
3. Déplacer les critères en fonction de l'importance que vous y accordez en regard de votre situation spécifique (vision communale) :
 - a. Vous allez déplacer les cartes les unes par rapport aux autres afin de différencier leurs importances relatives ;
 - b. Les critères importants doivent être déplacés proches de vous (en bas) ;
 - c. Les critères peu importants doivent être déplacés loin de vous (en haut) ;
 - d. Plusieurs critères peuvent se trouver sur la même ligne s'ils sont considérés d'importance équivalente ;
 - e. L'espace entre les différentes lignes (= rangs) est supposée similaire, si l'on désire introduire une distance plus grande entre deux lignes (= rangs) il faut y insérer une carte vide (voir point suivant) ;
4. Une fois la pondération établie, prendre un moment pour réfléchir si certaines lignes (= rangs) méritent une séparation plus marquée entre elles. Il est possible de marquer cet espace en y insérant des cartes vides (maximum de 5 cartes vides au total) ;
5. Enfin, fixer un « rapport d'importance » entre le rang le plus important et le rang le moins important d'une valeur allant de 2 à 20 :
 - a. Choisir un des critères les plus important (de la ligne la plus proche de vous) avec lequel vous êtes particulièrement à l'aise ;
 - b. Choisir un des critères les moins important (de la ligne la plus éloignée de vous) que vous cernez bien quand à sa définition ;
 - c. Comparer l'importance relative entre ces deux critères en s'essayant à dire : « le critère le plus important est X fois plus important que le critère le moins important », avec X entre 2 et 20 ;

Choisir une valeur de X élevée correspond à « étaler » les poids donnant plus de poids aux critères importants ;

Choisir une valeur de X basse correspond à « concentrer » les poids en minimisant les différences de poids entre les critères ;

Usuellement, avec le nombre de critères considérés, on trouve souvent un rapport de l'ordre de 10, indiquant que les critères les plus importants auront un poids 10 fois plus grand que les critères les moins importants.

- Prendre une photo de la pondération effectuée en indiquant sur un papier à côté des cartes le rapport d'importance choisi et envoyer le fichier à dominique.bollinger@heig-vd.ch

La pondération ainsi effectuée sera convertie en poids (en valeurs de points ou %) et vous sera transmise en suivant.

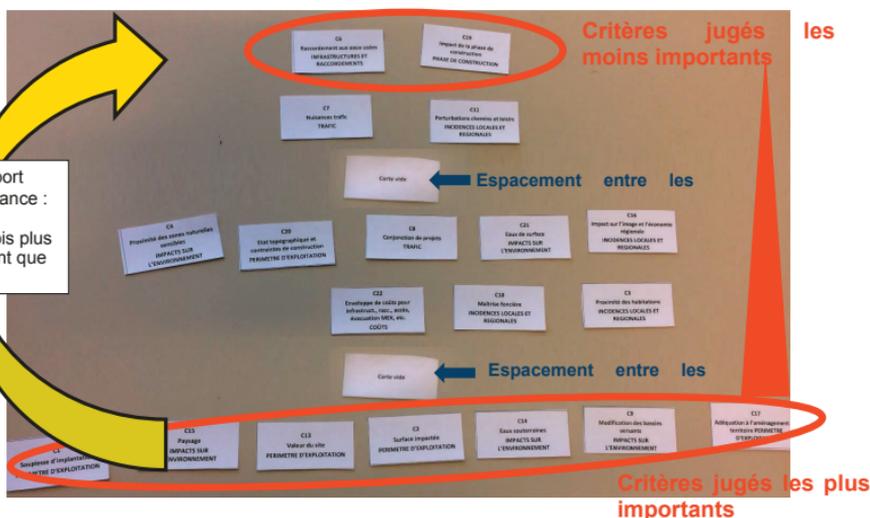
Pour chaque pondération, une analyse sur la base des évaluations de l'ensemble des sites sera effectuée et le résultat directement communiqué et présenté aux acteurs correspondants.

Exemple de pondération :

Afin d'illustrer la démarche ci-dessus, un exemple de pondération fictive est reproduit ci-dessous avec des explications sur ses différents éléments.

Les aspects obligatoires sont :

- Utiliser toutes les cartes de critères (19 critères)
- Spécifier un rapport d'importance entre le rang le plus important et le rang le moins important



Cartes à découper des critères et cartes vides pour pondération :

ACTEUR :

Rapport d'importance Z : 2 - 3 - 5 - 7 - 10 - 15 - autre :

C1 Souplesse d'implantation PERIMETRE D'EXPLOITATION	C9 Modification des bassins versants IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	C11 Perturbations chemins et loisirs INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES
C2 Surface impactée PERIMETRE D'EXPLOITATION	C14 Eaux souterraines IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	C16 Impact sur l'image et l'économie régionale INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES
C13 Valeur du site PERIMETRE D'EXPLOITATION	C21 Eaux de surface IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	C18 Maîtrise foncière INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES
C17 Adéquation à l'aménagement du territoire PERIMETRE D'EXPLOITATION	C15 Paysage IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	C22 Enveloppe de coûts pour infrastruct., racc., accès, évacuation MEX, etc. COÛTS
C20 Etat topographique et contraintes de construction PERIMETRE D'EXPLOITATION	C7 Nuisances trafic TRAFIC	C19 Impact de la phase de construction PHASE DE CONSTRUCTION
C6 Raccordement aux eaux usées INFRASTRUCTURES ET RACCORDEMENTS	C8 Conjonction de projets TRAFIC	Carte vide
C4 Proximité des zones naturelles sensibles IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT	C3 Proximité des habitations INCIDENCES LOCALES ET REGIONALES	Carte vide

Pondération partagée pour toutes les communes :

A l'instar de ce qui a été fait avec les différents services de l'Etat, il est possible d'effectuer, en complément aux pondérations individuelles et uniquement à titre informatif, une pondération partagée, c'est-à-dire une seule pondération pour tous les acteurs « communes ».

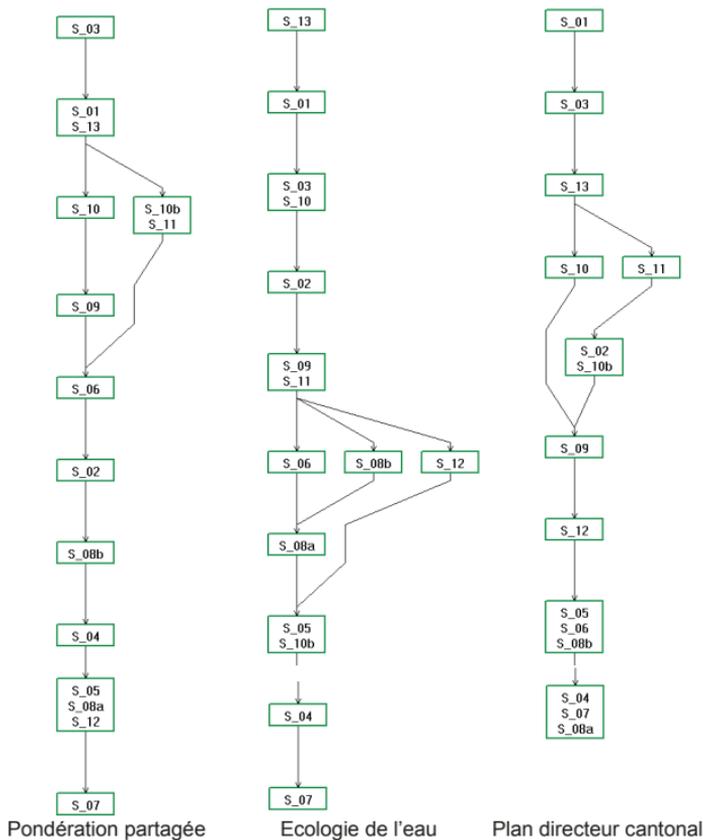
Cette procédure doit se faire en présence des acteurs « communes » et sous la supervision de M. Bollinger. Une approche silencieuse permet d'obtenir une pondération de manière efficace sans se perdre dans des justificatifs non pertinents puisque par définition subjectif et relatifs aux différents points de vue.

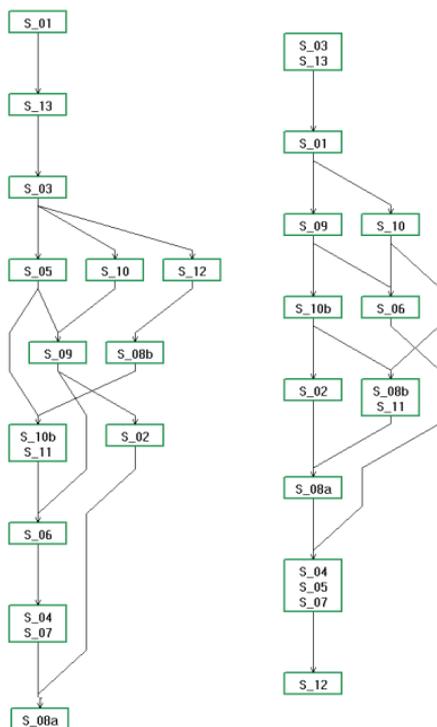
Une telle séance peut être envisagée sur demande auprès de M. Daniel Chambaz.

HEIG-VD – DBU – 21.12.2016

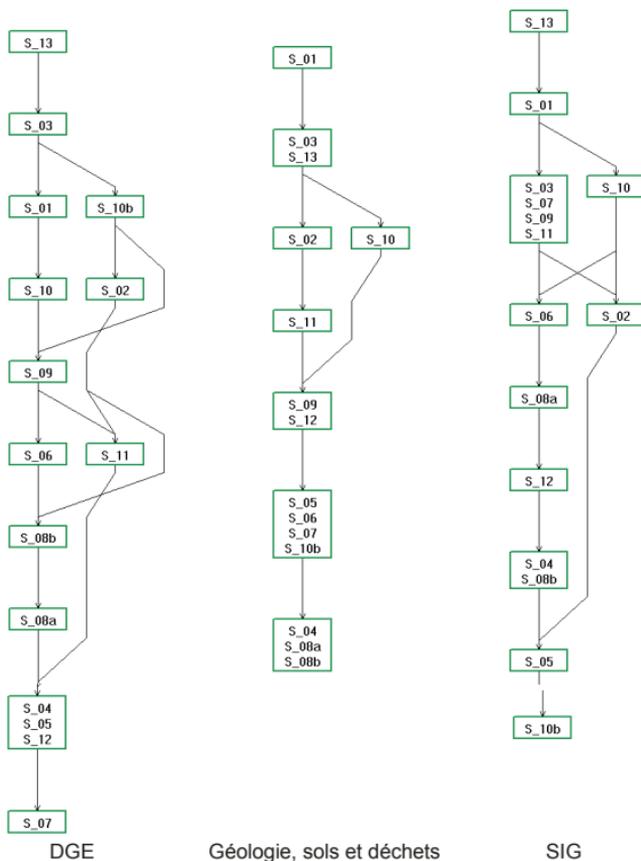
Annexe IX : Résultats ELECTRE – Graphes de surclassements

DCB – Genève – 07.09.2017 – Résultats consolidés – validation DGEAU – alternatif (Ind. 4 combiné à Ind 3 dans C21 – C19 seulement selon m3 excavés)





Espace rural / agriculture Espace naturels / secteur forêt



S_01
S_03
S_13

S_09

S_04

S_08b

S_10b
S_11

S_10

S_02

S_06

S_07
S_08a

S_12

S_05

S_03
S_13

S_10

S_11

S_09
S_10b

S_01

S_06

S_08b

S_08a

S_12

S_04

S_02
S_07

S_05

S_03
S_13

S_01

S_10

S_10b

S_06

S_02
S_09

S_11

S_08b

S_08a

S_12

S_04

S_05

S_07

S_13

S_03

S_09
S_10b
S_11

S_10

S_01
S_08b

S_02

S_08a

S_06

S_07

S_04

S_12

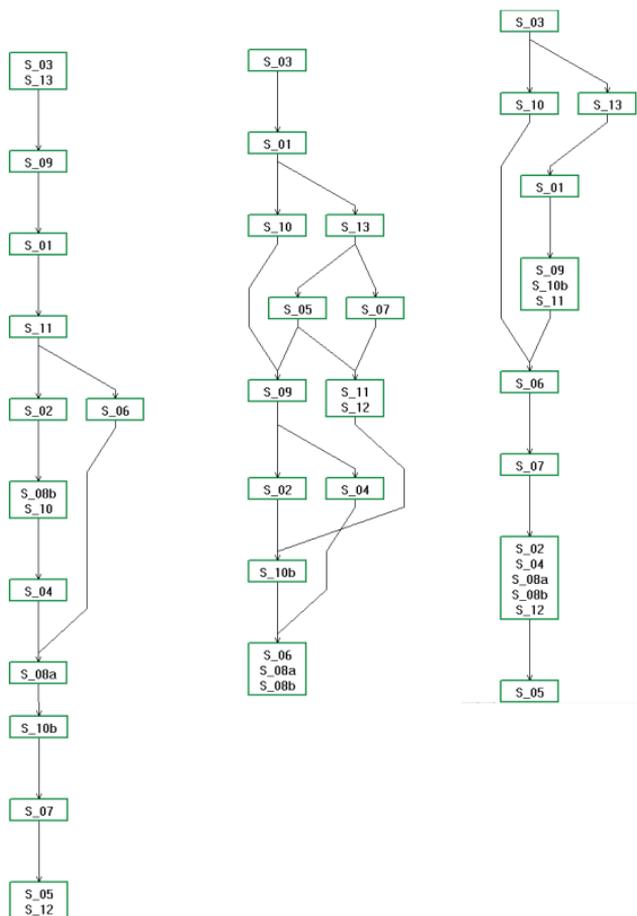
S_05

Simulation comm. 1

Simulation comm. 2

Simulation comm. 3

Simulation comm. 4



Simulation « écologique » Simulation « économique » Pondération uniforme

HEIG-VD – 07.09.2017

Annexe X : Légende pour les fiches des sites retenus (rapport CSD)

DEPARTEMENT DE L'ENVIRONNEMENT, DES TRANSPORTS ET DE L'AGRICULTURE (DETA) Service de géologie, sols et déchets - GÉOLOGIE - Châp de Rivière 12 - 1200 Genève	
Caractérisation de 8 sites potentiels d'implantation d'une décharge bioactive sur le canton de Genève / Légende générale des cartes	
Périmètre d'implantation potentielle Bâtiments industriels existants	ELEMENTS LIÉS A L'IMPLANTATION DU SITE DE STOCKAGE Aménagement à prévoir Délimitation de cours d'eau Route à réhabiliter Route à réaménager Réseaux des collecteurs des eaux usées Eau usée, Sewerage Eau usée, Pénurie Eau usée, Sursaturation Changement de raccordement au réseau d'assainissement (EU) Changement de raccordement (EU) au site d'implantation Cote minimale du premier étage d'imposition potentiel
Zone d'habitation Zone industrielle, d'activités économiques et d'équipements publics Périmètre d'implantation visuelle potentielle de 200 m Périmètre d'implantation visuelle potentielle de 500 m Habitat et exposition visuelle potentielle Hauteur maximale Hauteur minimale Périmètre d'exposition visuelle potentielle de 100 m Infrastructures majeures et réseaux industriels Ligne Haute Tension Guirlande / Océanide	Parcelles des collectivités publiques Commune Etat de Genève ELEMENTS INDICATIFS Eléments d'hydrologie Nappes superficielles Nappes superficielles (zones saturées) Nature, Forêt, Agriculture Corridor biologique Cadastre forestier Cadastre agricole Site prioritaire "Type" Niveau de protection
Périmètres naturels protégés Réserve naturelle Périmètre de protection des rives Inventaire des zones abritées Site sous convention Ramsar Réserve CRDNE (cours d'eau et ripariennes) Site de reproduction des habitats (DRM) Cours d'eau et dangers naturels Cours d'eau A ciel ouvert Cours d'eau enterré Vannage, canalisation Dangers liés aux crues Espace inconstructible lié au cours d'eau Danger élevé Danger moyen Danger faible Danger résiduel	Réseaux de transport Routes Route Nationale Route Cantonale Réseau communal Ferroviaire Ligne ferroviaire existante Ligne ferroviaire projetée (POC 2020) Données cadastrales Frontière Limite cantonale Limite communale Limite parcellaire Bâtiment Courbe de niveau
Abécédaire acoustique Hydrogéologie Nappes phréatiques Périmètres de protection des eaux Secteur Aa Secteur Au	Eléments de Géologie / Hydrogéologie Géologie Abécédaire acoustique Hydrogéologie Nappes phréatiques Périmètres de protection des eaux Secteur Aa Secteur Au
CSDINGENIEURS+ 12, St. Isaacsaire 1227 Nyon TEL 022 736 89 00	

Gestion des mâchefers issus des déchets genevois

Rapport



Version 4.1



SIG Environnement
Activité VD
Les Cheneviers
40, route de Verbois
CP 25
1288 Aire-la-Ville

Gestion des mâchefers issus des déchets genevois

RAPPORT
Janvier 2018
Version 4.1

Table des matières

1. Introduction	5
2. Définitions	6
3. Etat des lieux sur les modes de gestion des déchets dans l'union européenne hors filières de recyclage dédiées	7
4. Veille législative	8
4.1. Veille législative dans l'union européenne	8
4.1.1. Danemark	8
4.1.2. France	10
4.1.3. Allemagne	12
4.1.4. Italie	14
4.1.5. Pays-Bas	15
4.1.6. Espagne	16
4.1.7. Suède	16
4.2. Synthèse des valeurs limites à respecter	17
4.3. Caractérisation des mâchefers suisses	18
5. Traitement des mâchefers et veille technologique	20
5.1. Processus de traitement classique des mâchefers	21
5.1.1. Récupération des mâchefers en sortie de four	21
5.1.2. Criblage et concassage des mâchefers	24
5.1.3. Récupération des métaux ferreux et non-ferreux	25
5.1.4. Maturation	28
5.2. Quelques exemples de traitement innovants des mâchefers	29
5.2.1. Extraction et traitement à sec : KEZO	30
5.2.2. Extraction et traitement humide : DHZ	31
5.2.3. Lavage humide + fragmentation sélective (SELFRAG)	32
5.3. Quelques exemples de réutilisation des mâchefers	33
5.3.1. Production de blocs de béton	33
5.3.2. Vitrification des mâchefers	35
6. Situation suisse	37
6.1. Législation	37
6.1.1. Situation actuelle	37
6.1.2. Historique de la législation suisse sur le traitement des mâchefers	38
7. Cheneviers IV – Gestion des mâchefers genevois	41
7.1. Situation actuelle : Cheneviers III - Gestion des mâchefers	41
7.2. Projection d'installations de traitement pour l'usine Cheneviers IV	42
7.2.1. Extracteur sec + traitement à sec	42
7.2.2. Extracteur humide + traitement humide	42

7.3. Délocalisation du traitement des mâchefers	43
7.3.1. KEZO	43
7.3.2. DHZ	43
8. Conclusions et recommandations	44
8.1. Veille législative	44
8.2. Veille technologique (traitement des mâchefers)	44
8.3. Législation suisse	45
8.4. Evacuation des mâchefers hors canton	46
8.5. Création d'une décharge cantonale	46
Bibliographie	47
Annexes	49
Annexe 1 : détail des coûts actuels de l'élimination des mâchefers pour l'usine des Cheneviers	49
Annexe 2 : estimation de l'investissement à consentir pour une unité de traitement à sec (type KEZO) pour l'usine Cheneviers IV	51
Annexe 3 : liste des sites d'enfouissement de mâchefers en Suisse	52

1. Introduction

Contexte de l'étude

La totalité des déchets ménagers ainsi que la majorité des déchets industriels genevois sont incinérés à l'Usine de Valorisation et de Traitement des Déchets (UVTD) des Cheneviers. L'incinération de ces déchets permet dans un premier temps d'effectuer une valorisation énergétique de ces déchets (électricité et chaleur produite par l'UVTD) et dans un second temps de réduire fortement les quantités des déchets à traiter. En effet, les résidus de cette incinération (les mâchefers bruts non traités) représentent environ 20% du poids des déchets initiaux.

La décharge de Châtillon, dite de type D, accueillant aujourd'hui les mâchefers de l'usine des Cheneviers aura atteint sa capacité de stockage maximale à l'horizon 2019 (selon la dernière planification calculée). Le Plan de Gestion des Déchets 2017 (PGD) prévoit la création d'une nouvelle décharge sur le canton de Genève. Bien que la décision de la création d'une nouvelle décharge soit actée, sa localisation sur le canton est en discussion au sein du comité de pilotage consacré à la recherche d'un site d'accueil. L'entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2016 de l'Ordonnance sur la Limitation et l'Élimination des Déchets (OLED), édicte le nouveau cadre régissant la gestion des déchets. Elle remplace l'Ordonnance sur le Traitement des Déchets (ODT) du XXX.

Ce rapport s'attachera à étudier les solutions alternatives pour le traitement des mâchefers (valorisation partielle ou totale des mâchefers) dans le cadre de la nouvelle réglementation.

Afin de répondre aux nouvelles exigences de la législation en la matière, les Services Industriels de Genève (SIG) ont mandaté OmniConseil afin d'établir un état des lieux et une analyse technico-financière des pratiques de traitement des mâchefers dans les autres cantons ainsi qu'à l'étranger.

Ce rapport s'articulera autour des axes suivants :

1. Veille législative
2. Veille technologique
3. Situation suisse
4. Cheneviers IV – gestion des mâchefers genevois
5. Enfouissement des mâchefers

2. Définitions

Mâchefers = Résidus solides produit par l'incinération des déchets en sortie de four.

UVTD = Usine de Valorisation et de Traitement des Déchets.

Lixiviation = Désigne toutes les techniques d'extraction de produits solubles par un solvant, et notamment par l'eau circulant au travers du mâchefer (éventuellement polluée).

Relargage= Capacité qu'un matériau a de libérer des éléments (polluants ou non) dans son environnement sous l'action d'un solvant (de l'eau par exemple).

Déchets secondaire = Déchet résiduel engendré par le traitement des déchets primaires (ordures ménagère, les sols contaminés)...

MSWI = Municipal Solid Waste Incineration

Décharge, dite de type D = Décharge permettant de stocker, entre autre, les cendres volantes et les mâchefers issus de l'incinération des déchets (détails dans OLED, annexe 5).

Décharge, dite de type C = Décharge permettant de stocker, entre autre, les déchets métallifères, inorganiques et difficilement solubles, pour autant que les métaux aient été récupérés au préalable... La décharge de type C est « moins contraignante que la décharge de type D (détails dans OLED, annexe 5).

L/S = Liquide/Solide, ratio rendant compte de la quantité de liquide passant au travers de la partie solide lors du test de lixiviation.

COT = Composés Organiques Totaux.

OLED = Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets réf 814.600 du 1^{er} Janvier 2016, état au 1^{er} janvier 2018

OTD = Ordonnance sur le traitement des déchets, du 1^{er} février 1991

ASED = Association Suisse des Exploitants d'installations de traitement des Déchets

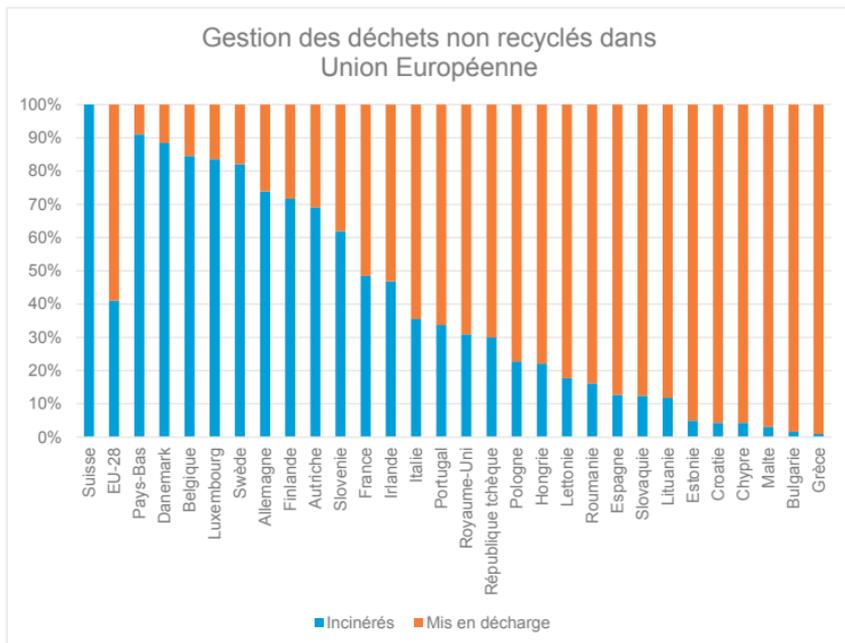
OFEV = Office Fédéral de l'Environnement

3. Etat des lieux sur les modes de gestion des déchets dans l'union européenne hors filières de recyclage dédiées

Le graphique suivant illustre la proportion entre :

- ⇒ Déchets incinérés, valorisation énergétique ou non
- ⇒ Déchets mis en décharge

Il ne prend pas en compte les déchets recyclés dans les filières dédiées (PET, papier, verre...)



Source : EuroStat - 2014

Ce graphique illustre le fait que la majorité des pays européens favorise encore la mise en décharge des déchets non-recyclés contrairement à la Suisse qui incinère les 100%.

4. Veille législative

4.1. Veille législative dans l'union européenne

Nous proposons dans ce chapitre de parcourir différentes législations européennes concernant le traitement et la gestion des mâchefers afin de contextualiser l'avancement technologique en la matière.

4.1.1. Danemark

Source [1] [2] [3] [4]

En tant que matière première, les mâchefers sont utilisés comme substitut du gravier naturel dont les stocks s'amenuisent au Danemark. Cette utilisation est toutefois règlementée (depuis 1983) afin de trouver le bon équilibre entre les considérations écologiques et économiques.

La législation danoise définit les mâchefers en tant que déchets secondaires au même titre que les résidus issus de la décontamination des sols et les résidus de charbon. Ces résidus sont soumis à la même réglementation dans le cadre de leur recyclage dans le domaine de la construction.

Cette réglementation s'appuie sur le comportement de ces résidus à la lixiviation et non selon leur teneur propre en éléments polluants. Le cadre juridique danois détermine trois catégories de réutilisation pour les résidus. La première catégorie concerne les résidus issus de la décontamination des sols, les deux autres catégories concernent les résidus non-organiques (incluant les mâchefers). Les mâchefers sont ainsi placés dans la catégorie 2 ou 3 selon le résultat du test de lixiviation (CEN prEN 12457-1) déterminant ainsi le type de réutilisation/recyclage dont ils peuvent faire l'objet.

Valeurs limites du test de lixiviation du mâchefer pour sa réutilisation selon sa catégorie – Danemark

Pays/Région	Danemark	
Remarques	EN 12457-1	
L/S Liquide/Solide	2	
	Catégorie 2	Catégorie 3
Unité des valeurs limites : mg/l		
Cl ⁻	0-150	150-3000
SO ₄ ²⁻	0-250	250-4000
Na	0-100	100-1500
As	0-0,008	0,008-0,05
Ba	0-0,3	0,3-0,4
Cd	0-0,002	0,002-0,04
Cr	0-0,01	0,01-0,5
Cu	0-0,045	0,045-2
Hg	0-0,0001	0,0001-0,001
Mn	0-0,15	0,15-1
Ni	0-0,01	0,01-0,07
Pb	0-0,01	0,01-0,1
Zn	0-0,1	0,1-3
Protocole du test de lixiviation	<i>Rotation autour de l'axe long avec 5-10 rpm pendant 6 heures à 22°C (15-25oC). Repos 15 minutes et filtration par un filtre 0.45 µm. Pas de contrôle pH</i>	

Le tableau suivant donne les contraintes constructives selon les catégories de mâchefers :

	Category 2	Category 3
Roads	Firm top layer, ^a h max. 1 m	Sealed surface, ^b h max. 1 m
Pathways	Firm top layer, h max. 1 m	Firm top layer, h max. 1 m
Squares	Firm top layer, h max. 1 m	-
Cable trenches	Firm top layer	Firm top layer
Ramps	Firm top layer, h max. 4 m	-
Sound absorb- ing walls	Firm top layer, h max. 5 m	-
Foundations, floors	h max 1 m ^c	h max 1 m ^c

^a Asphalt, concrete, tiles, min. 1 m of category 1 soil.
^b Asphalt, concrete, etc. and drainage of surface water.
^c No indoor climate problems.

4.1.2. France

Sources [3] [4] [5]

Concernant le cas de la France, plusieurs éléments sont à prendre en compte afin de comprendre le système de gestion des mâchefers.

- ⇒ L'incinération est l'une des deux grandes filières de traitement des déchets urbains (environ 50% en 2014) avec l'enfouissement direct des déchets urbains (environ 50% en 2014). La conséquence étant une masse importante de mâchefers (près de 3M en 2002) dont la gestion est devenue une priorité environnementale. Les organismes publics et privés impliqués dans la gestion des déchets ayant ainsi des intérêts communs se sont organisés afin de faciliter la gestion dans mâchefers.
- ⇒ Une législation spécifique au traitement des mâchefers existe (Arrêté du 18/11/2011 relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux).
- ⇒ Au regard de la taille du pays, des gisements / manques de gravier naturel et des coûts de transports, la valorisation des mâchefers rencontre une adhésion différenciée sur l'ensemble du territoire. Paris et la région Nord ont mis en place des politiques afin de dynamiser l'utilisation des mâchefers dans la construction routière (conséquence du taux important d'incinération des déchets urbains) quand d'autres régions préféreront l'enfouissement des déchets urbains (pas de production de mâchefers).
- ⇒ Les capacités de mise en décharge des déchets urbains (DU) sont en décroissance et entraînent une augmentation des coûts de mise en décharge.
- ⇒ Bien que l'enjeu du recyclage et de l'utilisation de produits recyclés rencontrent une acceptabilité croissante de la part de la population, l'utilisation des mâchefers comme matière première reste mal perçue.
- ⇒ Les mâchefers sont principalement utilisés dans le cadre de la construction routière.

Valeurs limites du test de lixiviation du mâchefer pour sa réutilisation – France

Pays/Région	France
Remarques	EN12457-2 & 4
L/S Liquide/Solide	10
Unité des valeurs limites : mg/l	
SO ₄ ²⁻	10'000
As	0,6
Ba	56
Cd	0,05
Cr	2
Cu	50
Hg	0,01
Mo	5,6
Ni	0,5
Pb	1,6
Sb	0,7
Se	0,1
Zn	50
Protocole du test de lixiviation	<i>L/S 10, 24 heures, pas de contrôle pH</i>

4.1.3. Allemagne

Sources [3] [4] [6]

La base légale cadrant la gestion des déchets en Allemagne (Kreislaufwirtschafts- und Abfallgesetz) entrée en vigueur en 1996 vise à promouvoir le recyclage et ainsi la protection de l'environnement. Ce texte préconise dans un premier temps d'éviter dans la mesure du possible la production de déchets, si cela ne peut être évité, le déchet devra être réutilisé. Si la valorisation des déchets n'est pas viable économiquement, l'élimination du déchet peut alors être envisagée. Cette hiérarchie a dynamisé le secteur de la valorisation des mâchefers en tant que matériau de construction que les allemands préfèrent alors au gravier naturel. Cette utilisation est toutefois cadrée par un ensemble de règles liées à l'impact environnemental des mâchefers (LAGA-Mitteilung 20 [6]).

L'utilisation des mâchefers pour le secteur routier doit remplir certaines conditions :

- ⇒ La composition du mâchefer (minéraux, matériaux inertes, métaux, fraction organique...) ne doit pas dépasser certains seuils.
- ⇒ Le volume du mâchefer doit rester stable dans le temps afin de ne pas entraîner de déformations des structures au sein desquels ils seront employés.
- ⇒ Les mâchefers doivent présenter une forte résistance au froid et aux impacts mécaniques (secousses, impacts soudains...).
- ⇒ La granulométrie et la formes des grains de mâchefer doivent respecter certaines limites afin de préserver les caractéristiques mécaniques du matériau.
- ⇒ La réaction des mâchefers avec l'eau (lixiviation) doit être réduite au minimum afin de réduire l'impact environnemental via le relargage d'éléments polluants. Les seuils limites sont détaillés dans le tableau suivant.

Il est à noter que l'Allemagne étant constituée de plusieurs Lands avec des législations spécifiques, la réglementation peut être plus stricte localement.

Valeurs limites du test de lixiviation du mâchefer pour sa réutilisation – Allemagne

Pays/Région	Allemagne
Remarques	EN12457-2
L/S Liquide/Solide	10
Unité des valeurs limites : mg/l	
Cl ⁻	2500
SO ₄ ²⁻	6000
Cd	0,005
Cr	0,2
Cu	0,3
Hg	0,001
Ni	0,04
Pb	0,05
Zn	0,3
Protocole du test de lixiviation	<i>L/S 10, 24 heures, pas de contrôle pH</i>

4.1.4. Italie

Sources [3] [4]

La législation italienne cadrant l'utilisation des mâchefers (« Décret Ronchi » Government Decree n°22 of February 5, 1997) encadre la utilisation des mâchefers dans les travaux de construction. Les mâchefers respectant les valeurs limites décrites dans le tableau suivant peuvent être réutilisés dans la fabrication de ciment, béton, terrassement... les autres mâchefers devront être enfouis.

Valeurs limites du test de lixiviation du mâchefer pour sa réutilisation – Italie

Pays/Région	Italie
Remarques	EN 12457-4
L/S Liquide/Solide	5
Unité des valeurs limites : mg/l	
Cl-	1000
F-	7,5
SO ₄ ²⁻	1250
As	0,25
Ba	5
Cd	0,025
Co	1,25
Cr	0,25
Cu	0,25
Hg	0,005
Ni	0,05
Pb	0,25
Se	0,05
V	1,25
Zn	15
Protocole du test de lixiviation	<i>Retrait de l'éluât et du solvant après 2, 8, 24, 48, 72, 102, 168, et 384 hrs; pH <> 5.5 – 12; L/S 10, 24 hrs. pas de contrôle pH</i>

4.1.5. Pays-Bas

Sources [3] [7]

Le texte de loi posant les bases de la gestion des déchets au Pays-Bas est le Plan Fédéral pour la Gestion des Déchets (Landelijk Afvalbeheer Plan, LAP3 - 2017). Le texte stipule que :

- ⇒ Les mâchefers et les cendres volantes doivent être collectés et gérés séparément. Aucun mélange n'est autorisé.
- ⇒ Au moins 90% des résidus produits (mâchefers, cendres volantes...) doivent être réutilisés, l'objectif étant d'atteindre les 100%. Il semblerait que les faibles objectifs dans les valeurs limites à respecter découlent de cette volonté.
- ⇒ La valorisation des mâchefers en sous-couche routière est considérée comme la solution par défaut.

Valeurs limites du test de lixiviation du mâchefer pour sa réutilisation – Pays-Bas

Pays/Région	Pays-Bas
Remarques	NEN 7384
L/S Liquide/Solide	10
Unité des valeurs limites : mg/l	
Cl-	8800
F-	8800
SO ₄ ²⁻	65000
As	7
Ba	155
Cd	0,061
Co	2,3
Cr	1,2
Cu	23
Hg	0,075
Mo	23
Ni	3,5
Pb	8,2
Sb	2
Se	0,27
Sn	2,3
V	95
Zn	14
Protocole du test de lixiviation	L/S pH initial à 7, pas de contrôle pH ensuite, débit de 0.5 L/S par jour.

4.1.6. Espagne

Sources [3] [8]

Parmi les 9 UVTD espagnoles, 7 sont situées en Catalogne. Le gouvernement catalan fixe les conditions de valorisation des mâchefers et ces normes servent de référence pour l'Espagne. La majorité des mâchefers produits sont enfouis à cause d'un manque de volonté politique de dynamiser la filière de valorisation des mâchefers. Le tableau suivant présente les seuils limites pour la réutilisation des mâchefers.

Valeurs limites du test de lixiviation du mâchefer pour sa réutilisation - Espagne

Pays/Région	Espagne
Remarques	DIN 38414-S4
L/S Liquide/Solide	10
Unité des valeurs limites : mg/l	
As	0,1
Cd	0,1
Cr	0,5
Cu	2
Pb	0,5
Zn	2
Protocole du test de lixiviation	L/S 10, 24 heures, pas de contrôle pH

4.1.7. Suède

Sources [3] [4]

La Suède possède de vastes ressources en matériaux de construction au regard de ses besoins. De ce fait, la réutilisation des mâchefers n'est pas une priorité. Dans les zones les plus densément peuplées du pays, certaines initiatives de réutilisation des mâchefers pour la construction ont vu le jour mais ces projets restent marginaux.

Il n'existe ainsi pas de texte régulant l'utilisation des mâchefers en Suède. Les cas où des mâchefers seraient utilisés pour des travaux de construction sont laissés à l'appréciation des autorités locales. Les restrictions se portent alors, comme pour les autres pays, sur les considérations environnementales et plus précisément les taux de polluants que pourraient relarguer les mâchefers.

4.2. Synthèse des valeurs limites à respecter

Pays/Région	Danemark	Pays-Bas	Allemagne	France	Italie	Espagne
Remarques	EN 12457-1	NEN 7384	EN12457-2	EN12457-2 & 4	EN 12457-4	DIN 38414-S4
L/S Liquide/Solide	2	10	10	10	5	10
Unité des valeurs limites : mg/l						
Cl-	3000	8800	2500		1000	
F-		8800			7,5	
SO ₄ ²⁻	4000	65000	6000	10000	1250	
Na	1500					
As	0,05	7		0,6	0,25	0,1
Ba	0,4	155		56	5	
Cd	0,04	0,061	0,005	0,05	0,025	0,1
Co		2,3			1,25	
Cr	0,5	1,2	0,2	2	0,25	0,5
Cu	2	23	0,3	50	0,25	2
Hg	0,001	0,075	0,001	0,01	0,005	
Mn	1	–				
Mo		23		5,6		
Ni	0,07	3,5	0,04	0,5	0,05	
Pb	0,1	8,2	0,05	1,6	0,25	0,5
Sb		2		0,7		
Se		0,27		0,1	0,05	
Sn		2,3				
V		95			1,25	
Zn	3	14	0,3	50	15	2
Protocole du test de lixiviation Source [3]	Rotation autour de l'axe long avec 5-10 rpm pendant 6 heures à 22°C (15-25°C). Repos 15 minutes et filtration par un filtre 0.45 µm. Pas de contrôle pH.	L/S pH initial à 7, pas de contrôle pH ensuite, débit de 0.5 L/S par jour.	L/S 10, 24 heures, pas de contrôle pH	L/S 10, 24 heures, pas de contrôle pH	Retrait de l'éluat et du solvant après 2, 8, 24, 48, 72, 102, 168, et 384 hrs; pH <> 5.5-12; L/S 10, 24 hrs. pas de contrôle pH	L/S 10, 24 heures, pas de contrôle pH

La principale contrainte quant à la comparaison entre les différents modèles est l'inhomogénéité des réglementations et des protocoles de test de lixiviation des mâchefers. En effet, les ratios Liquide/Solide (L/S) indiquant la quantité d'eau apportée aux mâchefers pour quantifier le taux d'éléments chimiques relargués ainsi que les conditions des tests sont différents selon les pays.

Il semblerait que les pays ayant la plus forte volonté d'effectuer une valorisation matière (recyclage en sous-couche routière) aient les valeurs limites les plus élevées et donc moins difficiles à respecter (ex : facteur 10 entre les valeurs françaises et allemandes).

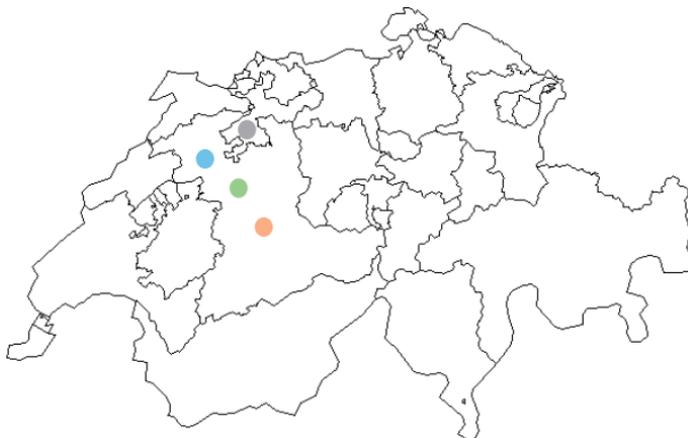
4.3. Caractérisation des mâchefers suisses

Source [11]

L'université de Berne poursuit en ce moment une étude sur la caractérisation des mâchefers suisses traités et mène des tests de lixiviation sur des mâchefers provenant de différents cantons. Les résultats de cette étude menée par Monsieur Andreas Glauser sont attendus pour 2020.

Il existe toutefois une étude ayant effectué des tests de lixiviation sur des mâchefers suisses. Elle résulte des travaux publiés en 2017 par Monsieur Ruggero Maria Cavallino de l'université de Berne. Cette étude teste des mâchefers bruts, prélevés en sortie de fours et n'ayant pas subi de traitement (lavage, récupération des métaux). Les résultats proposés sont donc purement indicatifs et ne peuvent être comparés aux valeurs limites précédemment exposées.

L'étude porte sur quatre échantillons de mâchefers prélevés dans quatre usines d'incinération suisses (trois dans le canton de Berne, une dans le canton de Soleure). Les échantillons ont été prélevés dans ces quatre usines car elles ont un mélange de déchets différents (part de déchets urbains et déchets industriels) et un âge différent (évolution de la technique). Il semblerait d'après cette étude, que ces deux facteurs influencent grandement la composition et le comportement des mâchefers produits.



Echantillon (usine)	Age	Capacité d'incinération	Mâchefers
MSWI_1 (KEBAG)	40 ans	222'025 t/an (2014)	52'227 t/an (2014)
MSWI_2 (AVAG)	10 ans	126'215 t/an (2015)	34'900 t/an (2015)
MSWI_3 (EWB)	3 ans	121'068 t/an (2015)	24'200 t/an (2015)
MSWI_4 (MÜVE)	20 ans	45'880 t/an (2015)	8'465 t/an (2015)

Résultats des tests :

Les paramètres des tests de lixiviation sont les suivants :

	Bottom Ash (g)	Pure water (g)	pH	EC
MSWI_1	111.21 g	988.8	6.14	3.69 mS
MSWI_2	107.18 g	993 g	6.23	3.93 mS
MSWI_3	113.37 g	986.8 g	6.28	4.5 mS
MSWI_4	112.6 g	987.3 g	6.13	3.89 mS
Pure water	-	1000 g	4.09	42.7 µS

Table 15, TVA-CO₂ Eluate preparation setting. Liquid:Solid ratio of 10, between Milli-Q pure water and bottom ash. The pH and electrical conductance were directly calculated via multi-parametric probe.

Les résultats du test (L/S = 10):

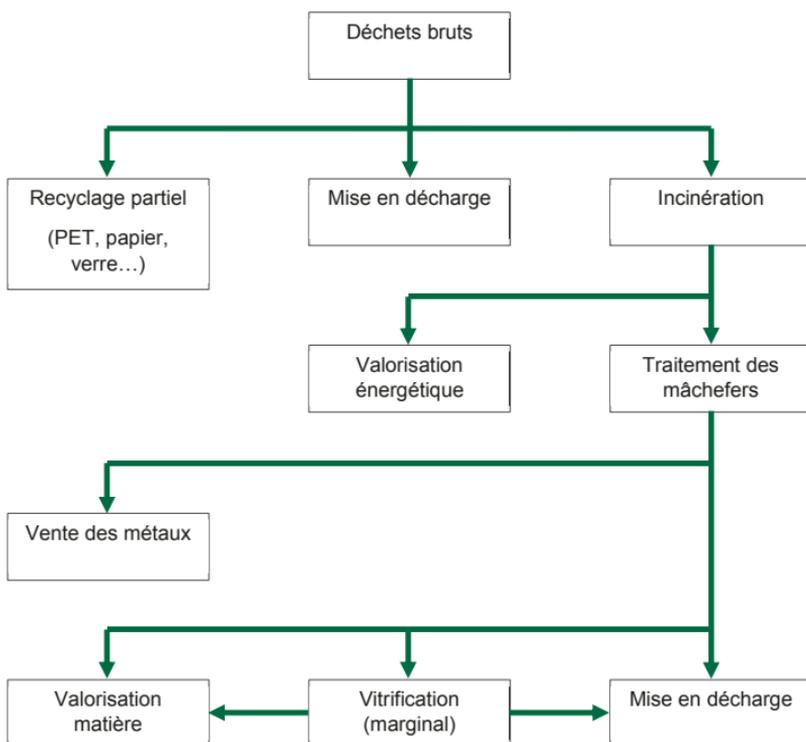
Pays/Région	MSWI_1 (KEBAG)	MSWI_2(AVAG)	MSWI_3(EWB)	MSWI_4(MÜVE)
L/S	10	10	10	10
Unité des valeurs limites : mg/l				
Ca	883,02	1128,00	1286,63	1137,28
Na	161,08	188,64	169,49	124,82
Ba	0,26	0,15	0,18	0,20
P	< Limite détectable	< Limite détectable	<Limite détectable	<Limite détectable
Ni	< Limite détectable	< Limite détectable	0,08	< Limite détectable
K	81,73	71,85	73,10	62,97
Zn	11,57	4,64	4,57	6,68
Mg	37,76	26,95	41,57	42,67
S	317,06	321,43	366,21	269,20
Al	0,12	0,14	0,06	<Limite détectable
Si	32,50	41,56	46,81	44,17
Fe	0,18	0,09	0,19	0,26
Pb	< Limite détectable	< Limite détectable	<Limite détectable	<Limite détectable
Sb	< Limite détectable	< Limite détectable	<Limite détectable	<Limite détectable
Mn	1,47	1,88	1,68	2,04
Cd	< Limite détectable	< Limite détectable	<Limite détectable	<Limite détectable
Cr	< Limite détectable	< Limite détectable	<Limite détectable	<Limite détectable
Cu	0,77	1,98	0,88	0,69

Ces mâchefers ont été prélevés en sortie de fours et n'ont donc pas subi de traitement (lavage, extraction des métaux). Nous pouvons donc considérer que leur teneur en éléments polluants est supérieure que s'ils avaient subi un traitement. Au regard des valeurs en éléments chimiques avancés dans l'étude, ces mâchefers suisses seraient éligibles au recyclage en construction routière en France et aux Pays-Bas. Cela pourrait être dû au fort taux de recyclage des déchets entrant dans les usines ainsi qu'à l'efficacité des incinérateurs suisses.

5. Traitement des mâchefers et veille technologique

Source [9] [10]

La figure suivante présente schématiquement les différents processus depuis la prise en charge du déchet jusqu'à sa fin de vie.



Dans ce chapitre, nous nous intéresserons plus particulièrement au traitement des mâchefers dont l'efficacité diffère selon les pays et la modernité des installations de traitement. Les différentes étapes du processus de traitement des mâchefers sont toutefois similaires et nous en détaillerons ici les principes fondamentaux.

5.1. Processus de traitement classique des mâchefers

5.1.1. Récupération des mâchefers en sortie de four

Il existe deux principaux types de récupération de mâchefers en sortie de four, l'extraction humide et l'extraction sèche.

Extraction humide

L'extraction humide est le type de récupération des mâchefers le plus répandu. Une fois que la fraction imbrûlée (le mâchefer) atteint l'extrémité de la grille de four où se produit la combustion des déchets, le mâchefer tombe dans un bassin rempli d'eau. Ce bassin a plusieurs fonctions dont la principale est de garantir l'étanchéité aéraulique du four (maîtrise de la quantité d'air dans le four pour la combustion). Cela assure par ailleurs l'extinction des éventuelles dernières flammes, le refroidissement des mâchefers (facilitant leur traitement ultérieur) et enfin permet de limiter fortement la production de poussière pour la suite du processus. Une fois refroidis, les mâchefers sont extraits du bassin par des moyens mécaniques (pistons refoulant les mâchefers, tapis roulants...) afin de passer à la seconde phase du traitement. Il est à noter que les eaux du bassin de récupération des mâchefers constituent un environnement alcalin causé par la dissolution de différents sels contenus dans les mâchefers.

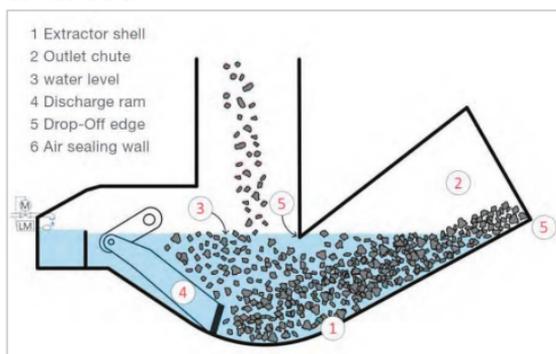


Schéma de principe de l'extraction humide des mâchefers

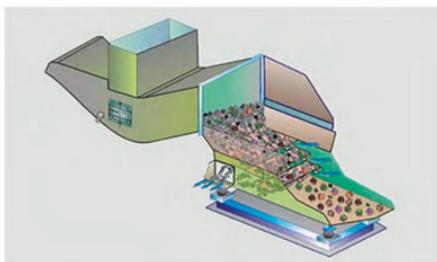
Dans le cas d'un traitement humide des mâchefers, le lavage à l'eau en sortie de four permet de diminuer la teneur en sels des mâchefers de près de 50 % et ainsi de diminuer la quantité d'éléments polluants susceptibles d'être libérés lors de leur mise en décharge future.

Extraction sèche

Dans le cas d'une extraction sèche, les mâchefers ne passent pas par un bac rempli d'eau en sortie de four mais sont directement acheminés vers le processus de séparation des matériaux afin d'en effectuer le tri et optimiser la récupération des métaux. En effet, l'extraction sèche permet d'éviter le phénomène d'agglomération des matériaux que l'on retrouve dans l'extraction humide ce qui facilite le tri ultérieur des mâchefers.

Le principal inconvénient de l'extraction sèche réside dans la forte production de poussières émises par les mâchefers en mouvement. Afin de conserver un environnement « propre » des dispositifs de ventilation / extraction d'air puis de filtrage sont nécessaires.

Les deux dispositifs les plus modernes d'extraction à sec des mâchefers sont situés en Suisse dans les usines de SATOM (Monthey, VS) et de KEZO (Hinwil, ZH). Les mâchefers sont disposés en sortie de four sur un système de tamis vibrants superposés soumis à une ventilation mécanique afin de récupérer les poussières. Les différents tamis permettent un tri granulométrique des mâchefers tandis que les poussières récupérées par le flux d'air pulsé seront captées par un cyclone et acheminées vers le traitement des parties fines.



Extraction sèche de l'usine de la SATOM à Monthey (VS)

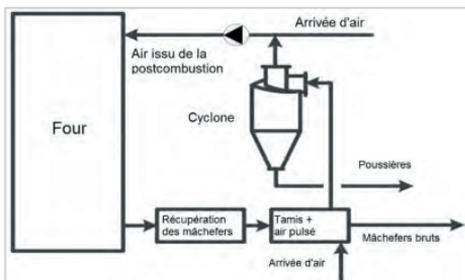


Schéma de principe de l'extraction sèche et du tri entre les poussières et le mâchefer grossier

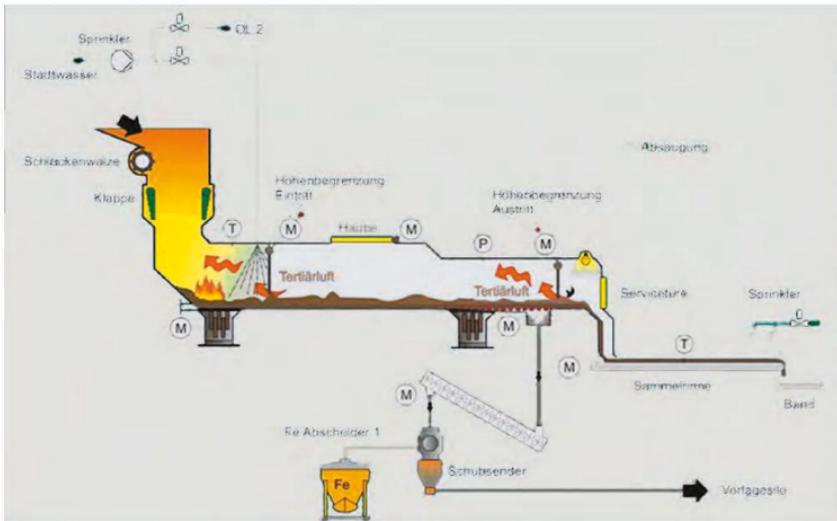


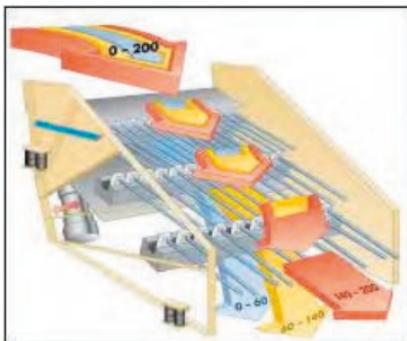
Schéma de l'extraction sèche des mâchefers de l'usine de KEZO (Hinwil, ZH)

5.1.2. Criblage et concassage des mâchefers

Le criblage permet de séparer les mâchefers en fractions de taille différentes. En effet, le mâchefer contient des éléments de dimensions variables allant de plaques de métal à de la poussière. Cette séparation se fait au moyen de cribles / tamis permettant d'acheminer les différentes fractions du mâchefer vers une filière spécifique.

Si certains éléments pourront être extraits de façon automatique ou manuelle (plaque de métal, canettes, bouteilles...) d'autres éléments seront acheminés vers le concasseur afin de rester dans la chaîne de traitement. Dans la pratique, ces éléments sont souvent des agrégats de déchets s'étant formés dans les fours dont le concasseur pourra séparer les éléments présents à l'origine.

Exemple de séparateur :



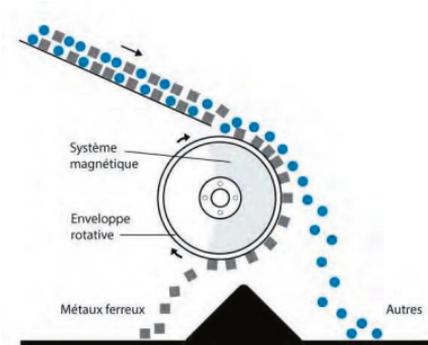
L'objectif de cette étape est d'homogénéiser les fractions de mâchefers à traiter afin d'optimiser les différentes étapes de tri en aval.

5.1.3. Récupération des métaux ferreux et non-ferreux

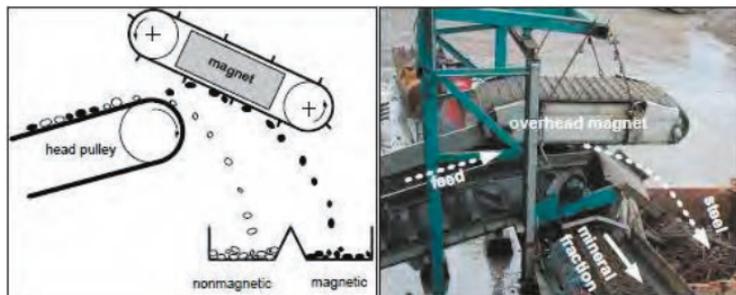
Séparation magnétique

La séparation magnétique est la seconde étape de tri des mâchefers dont elle permet l'extraction des éléments ferreux. Il existe principalement deux types de séparateurs magnétiques et dans les deux cas, les éléments ferreux voient leur trajectoire de chute modifiée par la présence d'un aimant contrairement aux autres éléments du mâchefer.

Séparateurs à tambour



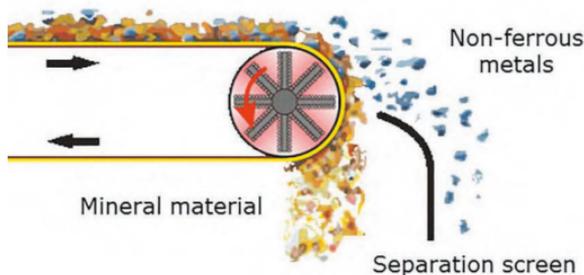
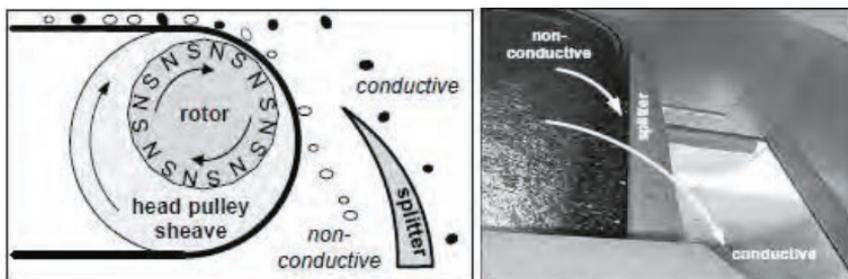
Aimant suspendu



Séparateur par conductivité – Eddy Current Separators (courants de Foucault)

Cette technologie permet l'extraction des métaux non-ferreux des mâchefers.

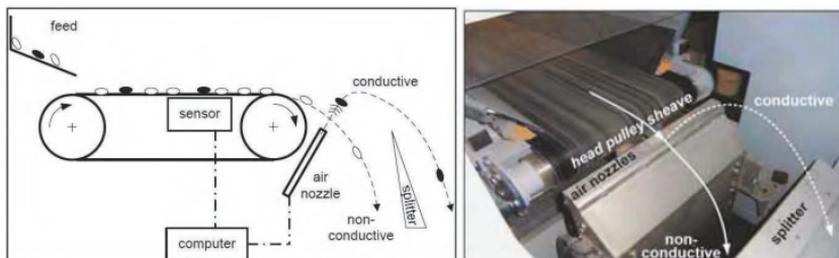
Le flux de mâchefers est transporté sur un convoyeur à l'extrémité duquel est placé un rotor magnétique comme décrit dans les figures suivantes :



Ce rotor (tournant dans le sens inverse du convoyeur) produit au sein des particules possédant une conductivité électrique (les métaux) un phénomène de courant de Foucault (Eddy current). Ce courant de Foucault génère un effet de répulsion qui éjecte les particules ayant une conductivité au-delà du séparateur (splitter). Les éléments inox présentent toutefois une faible conductivité et constituent une limite à ce séparateur. Afin d'obtenir une récupération optimale des matériaux, il existe des séparateurs à capteurs (magnétiques, optiques, ou rayon X, etc.) dont nous détaillerons le fonctionnement.

Séparateur par capteurs

Alors que les séparateurs magnétiques et par conductivité sont employés dans toutes les chaînes de traitement des mâchefers, les séparateurs par capteurs permettent la récupération de l'ensemble des éléments métalliques. Le fonctionnement de ce séparateur est détaillé dans la figure suivante :



Les éléments métalliques sont identifiés par le capteur (sensor), un ordinateur calculera la trajectoire de chute de ces particules qui seront alors éjectées mécaniquement par un flux d'air comprimé (air nozzle).

Les avantages de ce séparateur sont les suivants :

- ⇒ L'ensemble des éléments métalliques, y compris l'inox sont extraits des mâchefers.
- ⇒ Même les métaux piégés dans une matrice minérale peuvent être récupérés.

Ces capteurs sont par contre coûteux en termes d'investissement et d'exploitation, nécessitent une maintenance importante et peuvent entraîner des nuisances par la production de poussières (éjectée par les flux d'air comprimé).

5.1.4. Maturation

Une fois les métaux majoritairement extraits, les mâchefers sont stockés à l'air libre afin de procéder à ce que l'on nomme la « maturation » pour une période allant de 1 à 12 mois (le plus souvent 3 à 4 mois).

Cette étape permet de stabiliser les mâchefers afin que leur propension à relarguer des éléments polluants atteigne les seuils requis par les législations pour leur enfouissement ou leur réutilisation. Cette stabilisation s'effectue par l'oxydation naturelle du mâchefer, la carbonatation de la chaux, la baisse du potentiel d'hydrogène, etc. La maturation répond également à un impératif économique car elle permet de réduire la teneur en eaux des mâchefers par évaporation et ainsi de diminuer le poids total de mâchefers.

L'impact sur l'environnement des mâchefers est principalement lié à leur capacité à relarguer, lors d'un contact avec l'eau, un certain nombre d'éléments chimiques et notamment de sels solubles et de métaux lourds.



Halle de maturation des mâchefers à Argenteuil (France)

5.2. Quelques exemples de traitement innovants des mâchefers

Les visites que nous avons effectuées d'installations de tri de métaux issus mâchefers ont permis de comparer les processus de récupération des particules non-ferreuses. La totalité des techniques repose sur les propriétés physiques suivantes des éléments du mâchefer :

- ⇒ La conductivité électrique : propension d'un matériau à être traversé par un courant électrique
- ⇒ Les propriétés magnétiques des matériaux
- ⇒ La densité (ou masse volumique)
- ⇒ La granulométrie

La calibration granulométrique fine (tamisage) est un des paramètres clé du succès des opérations de tri. Plus les coupures granulométriques sont serrées, plus le processus est efficace. Les choix de coupures diffèrent selon les usines.

En plus de l'étude des différentes technologies, nous étudierons leur capacité à être transposées au modèle genevois dans le cadre de la construction de l'UVTD Cheneviers IV.

5.2.1. Extraction et traitement à sec : KEZO

Dans le cas de l'usine ThermoRe de KEZO à Hinwil (ZH), les mâchefers sont traités à sec dès la sortie du four (un tapis roulant transporte les mâchefers depuis la sortie des fours à l'entité de traitement). Ce mode de traitement à sec permet d'avoir un tonnage minimal de mâchefers à traiter. En effet, l'hydratation des mâchefers en sortie de four pour les lavages augmente sa masse de l'ordre de 10%.

Le centre de traitement des mâchefers de KEZO permet de d'extraire 16% du poids initial des mâchefers (données de production réalisées sur le traitement de 31'066t de mâchefer).

Mâchefer initial 31'066t		
	Tonnage extrait	Part extraite
Ferreux	3'182t	10,24%
Non-Ferreux	1'342t	4,32%
Inox	126t	0,41%
Verre	274t	0,88%
Total extrait	4'924t	15,85%

Les inconvénients du site de traitement de KEZO reposent sur le fait que la technologie n'est pas transposable au modèle genevois car les machines nécessitent un important flux de mâchefers à traiter pour fonctionner. Le site de KEZO est dimensionné pour 200'000t de mâchefers/an sur une seule ligne de production.

Les investissements consentis ne permettent pas de rentabiliser une installation de moins de 200'000t/an (l'usine de Cheneviers IV prévoit une production maximale de 30'000t/an). Nous détaillerions ce point dans la suite du rapport.

5.2.2. Extraction et traitement humide : DHZ

L'usine DHZ à Oberglatt (ZH) permet de traiter les mâchefers humides issus d'un premier traitement classique (processus listés dans le point 5.1 du rapport). La particularité de cette usine réside dans la méthode de libération des métaux qui ne se fait pas par concassage (méthode habituelle) mais en projetant le mâchefer à forte vitesse contre un obstacle. Cela permet d'augmenter la qualité des métaux récupérés en vue de leur recyclage (exportation à l'étranger).

La contrainte de l'usine de DHZ est une fois de plus que cette technologie n'est pas transposable au modèle genevois et ses faibles tonnages (le site de DHZ est conçu pour traiter 400'000t/an de mâchefers) et que son coût opérationnel semble élevé d'un point de vue énergétique (nous n'avons pas pu avoir accès aux données).

L'avantage du site de DHZ tient au fait que l'usine possède son propre site d'enfouissement ce qui permet d'y entreposer le mâchefer.

5.2.3. Lavage humide + fragmentation sélective (SELFRAG)

La technologie SELFRAG, actuellement en activité sur le site de l'incinérateur SAIDF à Posieux (FR) permet en plus de la récupération des métaux, une extraction accrue des fractions inertes (verre, céramique...) qui n'auront pas à être enfouies sur site bioactif mais potentiellement en DCMI (Décharges Contrôlées pour Matériaux Inertes). Des tests devraient toutefois être effectués afin de soumettre des mâchefers genevois à la technologie SELFRAG afin de valider la composition chimique et leur acceptabilité en DCMI.

Cette technologie est exportable (business plan propre au site de Cheneviers IV dans le chapitre suivant) et le tableau suivant permet d'estimer le part de matériaux récupérés à 22% du poids initial de mâchefer :

	Part extraite (poids)
Ferreux	9,3%
Non-Ferreux	4,0%
Inertes (verre, céramique...)	9,0%
Total extrait	22,3%

Seuls 0,3 à 0,4 % des métaux non-ferreux vont en décharge.

Il est à noter que le coût de mise en décharge (hors transport) des mâchefers est d'environ **90CHF/t** quand le coût de mise en décharge en DCMI est d'environ **25CHF/t**.

5.3. Quelques exemples de réutilisation des mâchefers

Comme nous l'avons vu dans le chapitre « veille législative », la réutilisation des mâchefers s'effectue principalement dans le domaine de la construction routière où le mâchefer sert de substitut au gravier naturel. Il existe toutefois quelques exemples d'autres applications pour la réutilisation des mâchefers.

5.3.1. Production de blocs de béton

L'entreprise SITA, filiale de SUEZ en Belgique a mis au point un procédé innovant permettant de transformer le mâchefer en blocs compacts (Valoblock) servant aux constructions provisoires sur les chantiers ou sur les sites industriels. Les caractéristiques mécaniques de ces blocs semblent limitées car ils sont destinés à un usage provisoire. D'autres applications de ce type ont été explorées au Danemark ou au Pays-Bas (construction de mur anti-bruit).

Nous n'avons que peu d'informations sur ces technologies en cours de développement et nous ne pouvons pas conclure quant à la viabilité de ces solutions à grande échelle.



Valoblock – SITA, Belgique



Blocs de béton créés à partir de mâchefers –Danemark



Construction d'un mur anti-bruit le long de l'autoroute A12 aux Pays-Bas à partir de mâchefer.

Il est à noter que l'ensemble des solutions de recyclage des mâchefers ne permettent pas d'éliminer les mâchefers. Lors de la déconstruction de ces ouvrages, la problématique du traitement / recyclage de ces matériaux pollués se posera à nouveau, voire de façon accrue car ces matériaux auront été dispersés dans la nature.

5.3.2. Vitrification des mâchefers

La vitrification des mâchefers est une technique très coûteuse qui répond à des problématiques spécifiques telles que celles du Japon.

Une des caractéristiques du Japon est sa forte densité de population et son manque de ressources de type gravier / matériau de construction. La gestion des déchets passe donc nécessairement par l'incinération des déchets (peu d'espace pour stocker / enfouir). De plus, le Japon cherchant à gagner du terrain sur la mer (250km² ont déjà été gagnés sur la mer dans la baie de Tokyo) a une forte demande en matériaux inertes. Le mode de traitement privilégié dans ce pays est donc la vitrification du mâchefer.

La vitrification transforme complètement le matériau hétérogène que constituent les mâchefers en un matériau vitreux présentant les caractéristiques d'un déchet inerte qui pourrait donc être utilisé à terme dans d'autres applications que dans les techniques routières (par exemple, ajouté dans du ciment ou de la céramique, remblais inerte pour le cas du Japon). La vitrification est un procédé dans lequel les mâchefers subissent une fusion à haute température (entre 1'100 et 1'400°C environ).

La vitrification présente certains avantages :

- ⇒ Une homogénéité accrue par rapport au mâchefer classique
- ⇒ Une destruction complète des dioxines et des furannes ; les hautes températures nécessaires pour la vitrification entraînent la destruction complète des dioxines et des furannes et le refroidissement rapide des vitrifiats ne permet pas leur reformation
- ⇒ La vitrification permet de bloquer certains métaux lourds sous forme d'oxydes métalliques notamment si la température est basse (< 1'200°C)

Mais la vitrification présente également des inconvénients :

- ⇒ La vitrification ne permet pas de bloquer ni les composés chlorés ni les composés soufrés qui polluent alors les eaux permettant de refroidir brutalement le mâchefer après la combustion des déchets
- ⇒ Dans le cas de températures élevées (> 1 400°C), la vitrification ne permet pas de bloquer certains métaux qui peuvent se volatiliser (c'est le cas notamment du mercure,

du plomb, du zinc et du cadmium), un traitement en aval du gaz est donc nécessaire pour capturer ses polluants

- ⇒ La vitrification a souvent un coût financier et énergétique élevé qui augmente fortement le coût de traitement des déchets (~900\$/t et 4kWh/kg de déchet)



Mâchefer japonais vitrifié

6. Situation suisse

6.1. Législation

6.1.1. Situation actuelle

La législation concernant le traitement des déchets a été modifiée en 2016 lors de l'entrée en vigueur de l'OLED (Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets réf 814.600, état du 1^{er} janvier 2018) venant remplacer l'OTD (Ordonnance sur le traitement des déchets). L'OTD prévoyait la réutilisation des mâchefers (scories) issus de l'incinération des déchets urbains sous certaines conditions (voir p.38 du rapport). L'OLED quant à elle ne propose à ce jour aucune disposition quant à la réutilisation des mâchefers, elle ne précise que les conditions sous lesquelles les mâchefers peuvent être mis en décharge de type D.

Il semblerait que les importants gisements de graviers et autres matériaux de construction en Suisse permettent de ne pas avoir à considérer les mâchefers comme de potentiels matériaux de construction. La totalité des mâchefers sont donc enfouis dans les sites spécialisés. De plus, l'acceptabilité des mâchefers en tant que matériau de construction est très faible en Suisse, les mâchefers sont donc totalement destinés à la mise en décharge.

6.1.2. Historique de la législation suisse sur le traitement des mâchefers

Afin de comprendre d'histoire de la législation suisse concernant le traitement final des mâchefers, nous présentons ici l'OTD ainsi que le commentaire entre OTD et OLED de la part de l'ASED (Association Suisse des Exploitants d'installations de traitement des Déchets).

OTD (état du 1^{er} juillet 2011)

Art. 13 Mâchefers provenant d'installations d'incinération des déchets urbains

¹ L'utilisation comme matériau de construction de mâchefers provenant d'installations d'incinération des déchets urbains n'est autorisée que dans la construction de routes, de places ou de remblais. Ces mâchefers doivent:

- a. répondre aux dispositions de l'art. 39;
- b. n'être utilisés qu'à l'extérieur des zones de protection des eaux souterraines (zones S 1, S 2 et S 3) et des périmètres de protection des eaux souterraines.

² L'utilisation de mâchefers dans la construction de routes ou de places n'est autorisée que si:

- a. la route ou place est recouverte d'une couche protectrice empêchant autant que possible les eaux météoriques de traverser les mâchefers;
- b. la couche de mâchefers n'excède pas 50 cm d'épaisseur;
- c. la distance séparant la couche de mâchefers du niveau le plus élevé possible des eaux souterraines est d'au moins 3 m dans le secteur A de protection des eaux, et d'au moins 2 m dans le secteur B de protection des eaux.

³ L'utilisation de mâchefers dans la construction de remblais n'est autorisée que si:

- a. des mesures appropriées sont prises pour empêcher autant que possible les eaux météoriques de traverser les mâchefers;
- b. le remblai est construit sur un revêtement assez étanche pour empêcher la pénétration des eaux de lixiviation dans le sol;
- c. les eaux de lixiviation sont collectées et évacuées.

⁴ Si des conditions locales particulières l'exigent, l'autorité renforce les dispositions des al. 1 à 3 sur l'utilisation des mâchefers afin de protéger les eaux ou de maintenir la fertilité du sol.

⁵ Les dispositions des al. 1 à 4 ne sont pas applicables s'il est apporté la preuve que les mâchefers répondent à la fois aux dispositions de l'annexe 1, ch. 11, sur les matériaux inertes, et à celles de l'art. 39, let. a et c.

Commentaire de l'OTD

Commentaire de l'ASED¹ sur la nouvelle Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED)

<p>Art. 13 Schlacke aus Verbrennungsanlagen für Siedlungsabfälle Art. 13 Mâchefers provenant d'installations d'incinération des déchets urbains 1 L'utilisation comme matériau de construction de mâchefers provenant d'installations d'incinération des déchets urbains n'est autorisée que dans la construction de routes, de places ou de remblais.(...)</p>	<p>Pas de réglementation correspondante dans l'OLED 2016</p>	<p>L'utilisation des mâchefers d'UVTD comme matériau de construction n'est plus autorisée à partir du 1.1.2016. Cette interdiction n'a pas de signification pratique pour les UVTD, puisque ce type d'utilisation n'est plus pratiqué depuis longtemps.</p>
---	--	---

Le commentaire de l'ASED précise que : « l'utilisation des mâchefers d'UVTD comme matériau de construction n'est plus autorisée à partir du 01.01.2016. Cette interdiction n'a pas de signification pratique pour les UVTD, puisque ce type d'utilisation n'est plus pratiqué depuis longtemps. »

Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (Ordonnance sur les déchets, OLED) (état du 1^{er} janvier 2018)

L'OLED, contrairement à l'OTD, n'intègre aucune disposition quant à l'utilisation des mâchefers traités. Il semblerait que la seule voie prévue par la législation pour les mâchefers issus de l'incinération des ordures ménagères soit la mise en décharge de type D. Des restrictions existent par contre quant à la qualité des mâchefers pouvant être mis en décharge :

OLED, annexe 5, paragraphe 4.3 :

- 4.3 Les mâchefers provenant d'installations d'incinération des déchets urbains ou des déchets de composition analogue peuvent être stockés définitivement dans des décharges ou des compartiments de type D:
- si les particules de métaux non ferreux contenues dans les mâchefers ont été récupérées au préalable, du moins de manière qu'elles ne dépassent pas 1 % (en poids) des mâchefers; pour déterminer la teneur en métaux non ferreux sous forme particulaire, les mâchefers sont moulus jusqu'à une granulométrie de 2 mm;
 - si les mâchefers ont une teneur en COT ne dépassant pas 20 000 mg par kg.

*COT = Composés Organiques Totaux.

Il est à noter que l'OLED n'a aucune exigence quant à la récupération des métaux ferreux.

¹ Source : La nouvelle ordonnance sur les déchets OLED et les changements les plus importants pour les UVTD – ASED 2016

Echanges avec Monsieur Laube de l'OFEV, en charge des « Décharges et planification de la gestion des déchets »

Pourquoi la nouvelle ordonnance sur l'élimination des déchets (OLED) ne reprend pas les dispositions qui existaient dans l'ancienne ordonnance (OTD) concernant la valorisation des mâchefers comme matériau de construction ?

L'abandon de ces dispositions résulte d'une observation de la pratique. En effet, hormis quelques expérimentations au début des années 90, les mâchefers n'ont plus jamais fait l'objet d'une valorisation matière dans le secteur de la construction.

Lors de ces expérimentations il est apparu que le matériau ne respectait pas l'ordonnance sur la protection des eaux, et les sites ayants utilisés des mâchefers dans leur conception sont aujourd'hui placés au cadastre des sites pollués. Dès lors, les mâchefers n'ont jamais été réutilisés comme matériaux de construction et l'abandon de cette pratique a engendré l'abandon des dispositions pour la valorisation dans la loi.

Dans quelle mesure peut-on soustraire, suite à divers processus de tri et de lavage, une fraction des mâchefers à la décharge de type D ?

Dans le cas où une technologie permettrait de sortir une fraction « propre » des mâchefers, il faudrait faire une demande spécifique aux autorités compétentes pour « déclasser » le matériau et pouvoir le réutiliser. Les déchets pourraient être redirigés vers des décharges de type B (DCMI, décharge contrôlée de matériaux inertes) voire être valorisés.

7. Cheneviers IV – Gestion des mâchefers genevois

7.1. Situation actuelle : Cheneviers III - Gestion des mâchefers

L'UVTD des Cheneviers fait traiter son mâchefer brut sur le site du Bois-de-Bay afin d'en extraire les fractions métalliques (métaux ferreux et non-ferreux) puis expédie le mâchefer traité vers les sites d'enfouissement suivants :

- ⇒ Décharge de type D (anciennement dite « bioactive ») de Châtillon (Bernex, GE)
- ⇒ Gravière des Tuileries, Cand-Landi (Grandson, VD)

L'usine Cheneviers III présente une extraction humide des mâchefers puis un traitement à sec des mâchefers. Afin d'effectuer un tri à sec pour la récupération des métaux, les mâchefers humides sont disposés en andins dans les halles du site du Bois-de-Bay pendant un mois afin de favoriser l'évaporation naturelle de l'eau qu'ils contiennent et leur « maturation ». Ce processus de séchage limite la corrosion des installations de tri et permet de traiter un volume plus faible de matériaux.

Le coût actuel du traitement des mâchefers issus de l'UVTD des Cheneviers est de **101,5 CHF/t²**

² Annexe 1

7.2. Projection d'installations de traitement pour l'usine Cheneviers IV

7.2.1. Extracteur sec + traitement à sec

Une installation traitant le mâchefer sur une filière sèche ne peut être rentable pour un volume de mâchefers correspondant aux seuls mâchefers genevois. En effet, l'usine de KEZO à Hinwil (ZH) a consenti à un investissement de 45 MCHF pour traiter 200'000t/an. L'estimation de coût pour une installation traitant 25'000t/an de mâchefers est d'environ 19MCHF³.

7.2.2. Extracteur humide + traitement humide

Dans l'éventualité d'une extraction humide des mâchefers en sortie de four, l'usine Cheneviers IV pourrait se doter des modules SELFRAG afin d'accroître le tri des métaux présents dans le mâchefer.

Selon les estimations de SELFRAG, l'investissement nécessaire en fonction du volume de mâchefers à traiter est de :

Volume de mâchefers à traiter	Investissement initial
20'000 t/an	7'000'000 CHF
35'000 t/an	8'500'000 CHF
50'000 t/an	10'000'000 CHF

Le coût d'exploitation observé sur le site de Fribourg est situé entre 32 et 35 CHF/t. Ce coût comprend la main d'œuvre, la maintenance, les fournitures, l'électricité et l'eau. Il ne comprend par contre pas les coûts liés à l'amortissement des installations.

³ Annexe 2

7.3. Délocalisation du traitement des mâchefers

Une alternative à la création d'une entité de traitement des mâchefers sur le site de Cheneviers IV serait d'évacuer le mâchefer brut (sorti des fours) afin de l'envoyer vers un site de traitement puis le réacheminer vers une décharge (sur le canton de Genève ou hors canton).

7.3.1. KEZO

L'usine KEZO (ZH) propose de traiter les mâchefers genevois mais ne propose pas la mise en décharge. La particularité d'un partenariat avec le site de KEZO tient au fait que les Cheneviers deviendraient partenaires du site de traitement et récupèreraient en conséquence une partie du produit de la vente des métaux. Il resterait à la charge de l'usine des Cheneviers le transport aller et retour des mâchefers évacués vers KEZO puis la mise en décharge.

Les hypothèses retenues dans l'offre de traitement des mâchefers genevois sont les suivantes :

- ⇒ Le mâchefer doit impérativement être issu d'une extraction sèche (cf.22)
- ⇒ Le tarif de la prise en charge du traitement des mâchefers (en entrée du site de KEZO) incluant la revente des métaux = 34.-/t
Le prix de la revente des métaux est indexé 2017. Les fluctuations des cours des métaux auront un impact direct sur leur prix de revente.
- ⇒ La réduction d'environ de 16% du volume de mâchefers à enfouir (cf p.30)

7.3.2. DHZ

Le site de traitement DHZ (ZH) propose, pour du mâchefer humide, d'effectuer le traitement ainsi que la mise en décharge sur leur site de Lufingen (ZH) pour un prix de 80 CHF/t. Ce prix n'inclut pas le transport entre Genève et le site de traitement à Zurich.

8. Conclusions et recommandations

Cette étude nous a permis d'analyser les éléments suivants concernant les mâchefers :

1. Veille législative
2. Veille technologique (traitement des mâchefers)
3. Législation suisse
4. Evacuation des mâchefers hors canton
5. Création d'une décharge cantonale

Nos éléments de conclusion sur la gestion des mâchefers genevois sont :

8.1. Veille législative

- ⇒ Les pays autres que la Suisse incinérant leurs déchets voient les mâchefers comme une ressource (Danemark, Pays-Bas, France...) qui se doit d'être réutilisée (manque de matériaux de construction, manque de place de mise en décharge).
- ⇒ Il n'existe pas, à ce jour, de tests de lixiviation sur les mâchefers genevois (avant ou après traitement) ce qui empêche d'établir une comparaison des résultats avec exigences des législations internationales.

8.2. Veille technologique (traitement des mâchefers)

- ⇒ Les processus de traitement des mâchefers en sortie de four sont comparables selon les pays : extraction humide ou sèche des mâchefers, criblage, récupération des métaux, maturation, mise en décharge du mâchefer traité ou réutilisation dans la construction routière.
- ⇒ Des traitements innovants existent en suisse (KEZO, SAIDEF, DHZ) ainsi qu'à l'étranger (Pays-Bas...) afin d'optimiser la récupération des métaux.

8.3. Législation suisse

- ⇒ La législation suisse ne prévoit pas à ce jour de possibilité de réutiliser les mâchefers en tant que matière première, même après traitement. La seule issue pour les mâchefers suisses est la mise en décharges de type D. Des expérimentations ont été faites au début des années 90 avec l'utilisation de mâchefers dans le secteur de la construction mais les sites ont tous été placés au cadastre des sites pollués pour non-respect de la protection des eaux.

La législation autorise toutefois l'extraction des métaux ferreux et non-ferreux pour la valorisation financière. L'extraction de la fraction inerte pour un traitement spécifique (mise en DCMI ou dans la filière de traitement du verre) présente toutefois un flou juridique. En effet, la législation ne donne pas d'indication sur les étapes de traitement des mâchefers qui pourraient permettre une requalification d'une fraction du mâchefer en un autre matériau, éventuellement éligible à la réutilisation dans la construction routière par exemple.

- ⇒ La législation suisse ne prévoyant que la récupération des métaux présents dans le mâchefer, l'objectif du canton doit être d'adopter la technologie permettant de réduire au minimum la quantité de mâchefers à enfouir tout en gardant à l'esprit que la mise en décharge du solde (sur le canton ou hors canton) est inéluctable. En effet, quelle que soit la technologie retenue, il restera une proportion non négligeable de mâchefer à enfouir (environ 85% du mâchefer brut).
- ⇒ La cadre actuel de la législation ne prévoit pas d'autres pistes d'exploration que celle de la récupération des métaux pour la diminution des tonnages de mâchefers à enfouir en décharge de type D. Ces pistes de réflexion pourraient porter sur la récupération des fractions inertes ou sur la création d'une décharge moins contraignante pour les mâchefers lavés donc moins pollués. La création d'une décharge d'un type autre que D (éventuellement C) s'accompagnerait des mêmes nuisances (visuelle, emprise au sol et augmentation du trafic routier) qu'une décharge de type D.
- ⇒ La technologie permet aujourd'hui de produire des fractions « propres » de verre ou de déchets inertes à l'issue du traitement des mâchefers (KEZO extrait 0,9% de verre, SELFRAG extrait 9% de matériaux inertes). Ces fractions « propres » pourraient, sous réserve d'une modification de la législation, être envoyées dans des filières de traitement dédiées au lieu d'être mises en décharge de type D. Il est à noter que la Confédération n'a pas donné son autorisation pour le déclassement de ces fractions « propres » issues des mâchefers.

8.4. Evacuation des mâchefers hors canton

- ⇒ Afin d'éviter la construction d'une décharge tout en respectant la législation suisse, la solution de l'établissement d'un contrat longue durée avec un site d'enfouissement hors canton pourrait être étudiée. Néanmoins, ce site restera tributaire de l'autorisation d'exploiter délivrée par les autorités cantonales locales (renouvelée tous les 5 ans). Le canton de Genève n'aura pas l'assurance que le site d'enfouissement hors canton conserve son autorisation d'exploiter d'où le risque pour ce type de contrat longue durée.

A titre d'illustration, tous les derniers contrats d'enfouissement des mâchefers de l'usine des Cheneviers hors canton de Genève ont fait l'objet de questionnements des autorités cantonales concernées. Ces questionnements découlent de leur volonté politique de préserver les capacités cantonales d'enfouissement pour leurs propres mâchefers.

8.5. Création d'une décharge cantonale

- ⇒ Dans le cas où l'évacuation des mâchefers hors canton deviendrait caduque, la création d'une décharge cantonale de type D serait la seule solution respectant le droit suisse.

Dans l'éventualité d'une évolution de la législation permettant le reclassement d'une partie des mâchefers en décharge de type C, la création d'une décharge (qu'elle soit de type C et/ou de type D) restera nécessaire. Les volumes à enfouir ainsi que les nuisances liées (visuelles, emprise au sol, trafic routier, ...) demeureront sensiblement identiques.

- ⇒ La création d'une décharge cantonale permettrait, en plus d'une maîtrise des coûts, de s'affranchir du risque de dépendance vis-à-vis de décharges tierces, voire des cantons dans lesquelles elles sont situées.

Cela pourrait également témoigner de la volonté du canton de prendre en charge les déchets produits sur le territoire genevois.

OmniConseil Sarl



Thomas Savourey

OmniConseil Sarl



Dominique Falciola

Bibliographie

Principaux documents utilisés

- [1] Waste incineration bottom ashes in Denmark
- [2] Waste Strategy 2005-08, The Danish Government 2004
- [3] Management of Bottom Ash from WTE Plants, ISWA 2008
- [4] Management of Residues from Energy Recovery by Thermal Waste-to-Energy Systems and Quality Standards, KIT – Universität des Landes Baden-Württemberg und nationales Forschungszentrum in der Helmholtz-Gemeinschaft, 2012
- [5] Arrêté du 18 novembre 2011 relatif au recyclage en technique routière des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux
- [6] Mitteilungen der länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) 20
- [7] Review of MSWI bottom ash utilization from perspectives of collective characterization, treatment and existing application – 2017
- [8] Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya, Departament de medi ambient, ordre de 15 de febrer de 1996, sobre valorització d'escòries – 1996
- [9] Bottom ash from Waste To Energy (WTE) plants, metal recovery and utilization – ISWA 2015
- [10] Recovery of metals from waste incinerator bottom ash - Prof. Dr. Rainer Bunge – 2016
- [11] Effect of Organic Carbon in MSWI Bottom ash on the Mobilization of Heavy Metals – thèse UNIBE - Ruggero Maria Cavallino - 2017

Législations internationales

Waste, Danish Environmental Protection Agency – 2001

Ash utilisation - Åbo Akademi University (Finlande) – 2010

Bottom ash factsheet- Confederation of European Waste-to-Energy Plants – 2016

Use of waste ash, effects of the law - Linköpings universitet (Suède) 2004

Législations suisses

Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE). Etat du 01.01.2018

Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets – OLED. Etat du 01.01.2018

La nouvelle ordonnance sur les déchets OLED et les changements les plus importants pour les UVTD (ASED) – 04.2016

Ordonnance sur l'assainissement des sites pollués – OSites. Etat du 1.05.2017

Ordonnance sur le traitement des déchets (OTD) – Remplacée par l'OLED en 2016

Littérature générale

An evaluation of technologies for the heavy metal remediation of dredged sediments
ELSEVIER 2001

Soil washing for metal removal: A review of physical/chemical technologies and field
applications, ELSEVIER 2007

Recycling potentials of MSWI Bottom Ash - Confederation of European Waste-to-
Energy Plants – 2014

Treatment of Bottom Ashes of Waste-to-Energy Installations, State of the Art –
F.Lamers 2015

Qualité et devenir des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux, état des
lieux et perspectives – 2015

Gestion des mâchefers d'incinération de déchets non dangereux – CEREMA, France
2014

Annexes

Annexe 1 : détail des coûts actuels de l'élimination des mâchefers pour l'usine des Cheneviers

Activité : Traitement et valorisation mâchefer - chiffres en milliers de CHF	
Année 2017	
Produits d'exploitation	850,0
Métaux ferreux	350,0
Métaux non-ferreux	500,0
Charges d'exploitation	4 999,0
Elimination mâchefer final	3 238,2
Décharge cantonale	1 834,8
Autre décharge	1 403,4
Exploitation	727,2
Transports	1 033,5
Logistique indirecte	0,0
Location terrain	0,0
EBITDA	-4 149,0
Amortissements ordinaires	384,4
EBIT	-4 533,4
Frais financiers	
Résultat net de l'activité	-4 533,4

Les hypothèses retenues sont les suivantes :

<u>Données initiales</u>	
Quantité de déchets	235 000 tonnes/an
% mâchefer sortie extracteur	19,0%
Quantité de mâchefer	44 650 t/an
Rachat ferraille	100 CHF/t

Rachat non ferreux	500 CHF/t
Décharge Châtillon (GE)	91,74 CHF/t
Actuel	
Métaux ferreux extraits	7,8% soit 3'500 t/an
Métaux non ferreux extraits	2,2% soit 1'000 t/an
Perte en eau par évaporation naturelle	9,0% soit 4'019 t/an
Mâchefer résiduel	15,4% soit 36'132 t/an
Décharge Grandson	87 CHF/t
Transport Grandson	43 CHF/t
	129,6 CHF/t
Charges	
Charge salariale	250 000 CHF/an
Location camions	97 152 CHF/t
Location chargeuses	114 048 CHF/t
Exploitation Bois-de-Bay	363 200 CHF/t
Entretien	250 000 CHF/t

Annexe 2 : estimation de l'investissement à consentir pour une unité de traitement à sec (type KEZO) pour l'usine Cheneviers IV

Mail de Monsieur Böni, directeur de l'usine de KEZO concernant l'estimation du coût de construction d'une usine de traitement des mâchefers pour Genève :

We have checked the cost for a plant with a capacity of about 25'000 BA per year.

The estimate is based on the following conditions:

- Capacity: 25'000 t/y
- Incoming BA-transport: Conveyor
- Operation: 24 h – 7600 h/y
- Handpicking: > 40 mm
- No separate ferrous treatment
- 2 separation lines: 0.3 – 15 and 15 –40 mm
- Only one stainless steel separator
- No glass separation
- 2 Silos for treated BA
- Building and steel construction not include

We come up with an investment of about CHF 19 Mio. (including engineering CHF 2.0 Mio, erection CHF 3.0 Mio, EMSR CHF 4.5 Mio).

Annexe 3 : liste des sites d'enfouissement de mâchefers en Suisse

Dans le cas où la solution de l'enfouissement hors canton des mâchefers traités serait à l'étude, le tableau suivant liste les différents sites d'enfouissement de mâchefers présents sur le territoire.

Nom	Ville	Canton	Site web
Boécourt	Delémont	Jura (JU)	www.seod.ch
Buchserberg	Buchs	Saint-Gall (SG)	www.vfa-buchs.ch
Burgauerfeld	Flawil	Saint-Gall (SG)	www.zab.ch
Cazis-Unterrealta	Cazis	Grisons (GR)	www.avm-gr.ch
Cholwald	Ennetmoos	Nidwald (NW)	www.cholwald.ch
Chrüzlen	Oetwil am See	Zurich (ZH)	www.wiedag.ch
Décharge bioactive de Châtillon	Hauterive	Fribourg (FR)	www.ville-fribourg.ch
Eielen	Attinghausen	Uri (UR)	www.zaku.ch
Elbisgraben	Liestal	Bâle-Campagne (BL)	www.baselland.ch
Gravière des Tuileries	Grandson	Vaud (VD)	www.candlandi.com
Gummersloch	Köniz	Berne (BE)	www.koeniz.ch
Häuli	Lufingen	Zurich (ZH)	www.dhz.ch
Hinterm Chestel	Liesberg	Bâle-Campagne (BL)	www.kelsag.ch
ISDS Oulens	Eclépens	Vaud (VD)	www.cridec.ch
Kehlhof	Berg	Thurgovie (TG)	www.kvatg.ch
Kölliken	Kölliken	Argovie (AG)	www.smdk.ch
Laufengraben	Krauchthal	Berne (BE)	www.kewu.ch
Pflumm	Gächligen	Schaffhouse (SH)	www.abfall-sh.ch
Plaun Grond	Rueun	Grisons (GR)	www.regiun-surselva.ch
Riet	Winterthur	Zurich (ZH)	www.bau.winterthur.ch
Ronde Sagne	Tavannes	Berne (BE)	www.celtor.ch
Rothacker	Buchs (AG)	Argovie (AG)	www.transport-ag-aarau.ch
Sass Grand	Samedan	Grisons (GR)	www.abvo.ch
Seckenberg	Frick	Argovie (AG)	www.kopa.ch
Tännlimoos	Baar	Zoug (ZG)	www.risi-ag.ch
Teuftal	Frauenkappelen	Berne (BE)	www.teuftal.ch
Tüfentobel	St. Gallen	Saint-Gall (SG)	www.stadt.sg.ch
Türliacher	Jaberg	Berne (BE)	www.avag.ch
Valle della Motta	Coldrerio	Tessin (TI)	www.aziendarifiuti.ch

Source : ASED



État des lieux sur la valorisation des résidus provenant des processus d'incinération des déchets

Version finale
Validé / contrôlé MAC/GOU

Genève, le 20.06.2018

Modifications

Version	Date	Description des modifications	Diffusion
Préliminaire	06.03.2018	Version préliminaire	M. Pralong
Finale	20.06.2018	Version finale	M.Pralong

1. Etat des techniques de traitement et de valorisation

1.1 Introduction

La valorisation aval des résidus solides provenant de l'incinération demeure l'un des enjeux majeurs de la gestion des déchets.

Dans cette perspective, la nouvelle Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (Ordonnance sur les déchets, OLED) du 4 décembre 2015 est venue tout autant accroître les exigences en la matière qu'ouvrir la voie à d'autres pistes d'élimination. Corrélée avec celle du renouvellement ou de l'adaptation à l'état de la technique du parc des UVTD, cette thématique est de « haute actualité ».

De nouveaux concepts très prisés de nos jours, tels que l'économie circulaire, « boucler les cycles des matières » ou encore le « urban mining » ont fait leur apparition, d'abord dans des projets pilotes et plus récemment à grande échelle.

Dès lors, les actions futures se concentrent, entre autres, sur la récupération des éléments contenus dans certains résidus solides, issus de la valorisation des ordures ménagères, tels que les métaux dans les mâchefers d'incinération ou dans les cendres volantes. La revalorisation de certains résidus qui n'étaient jusqu'à récemment pas considérés comme matériaux revalorisables est désormais envisagée.

Ainsi un état des lieux s'avère nécessaire. Cette étude s'est déroulée en 2 étapes :

- La première étape consiste en un état des techniques de traitement et de valorisation pour les 3 flux des sous-produits, soit les mâchefers, les cendres volantes et les résidus de l'épuration des fumées (voir Figure 1).
- La seconde étape est composée par l'envoi de questionnaires aux exploitants des UVTD de Suisse romande et l'analyse des résultats afin de pouvoir identifier les tendances et les synergies possibles pour le traitement des sous-produits.

Basé sur les acquis des 2 premières étapes, des scénarii ont été élaborés afin de mettre en avant les besoins à terme de traitement et les projets pertinents à poursuivre.

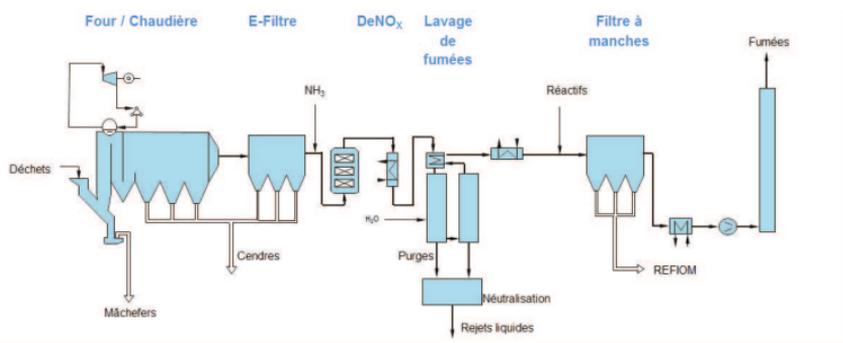


Figure 1: Flux typique de résidus au sein d'une UVTD (four à grille et ligne de traitement humide)

1.2 Mâchefers

Les mâchefers sont les résidus solides imbrûlés, issus de la combustion des déchets. A l'extrémité du four, les mâchefers tombent dans une goulotte et sont refroidis avant d'être envoyé dans un stockage temporaire. Des 4'000'000¹ tonnes de déchets incinérés annuellement en Suisse, un cinquième est récupéré sous formes de mâchefers. Ces résidus sont constitués d'une fraction de matériaux inertes et d'une fraction composée de matériaux valorisables, dont principalement du fer (Fe) mais également des métaux non ferreux tels que de l'aluminium (Al) et du cuivre (Cu), pouvant être recyclés pour obtenir de nouvelles matières premières, en étant revalorisés dans des procédés issus de l'industrie métallurgique.

Les nouvelles exigences de l'Ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED), entrée en vigueur le 04.12.2015, spécifiant les critères autorisant l'élimination des mâchefers en décharge se sont encore durcies. A l'heure actuelle, il n'est pas autorisé d'utiliser les mâchefers provenant d'UVTD en tant que matériaux de construction, provenant d'installations d'incinération des déchets urbains, dans la construction de routes, de places ou de remblais (...), comme l'autorisait auparavant l'art. 13 de l'ancienne OTD (Ordonnance sur le traitement des déchets). En plus, la limite de concentration des métaux non ferreux, contenus dans les mâchefers, autorisant leur stockage en décharge de type D, va être ramenée de 1,5% à 1,0%, alors que cette concentration se situe normalement entre 2 et 3% dans les mâchefers bruts, selon la composition des déchets incinérés. Il faut donc prévoir un traitement avant l'entrepôt des mâchefers en décharge.

En Suisse, les exploitants des usines de valorisation thermique des déchets (UVTD) exploitent deux technologies différentes pour l'extraction des mâchefers, issus de l'incinération des déchets. La première, l'extraction humide, est actuellement la méthode la plus répandue aussi bien en Suisse qu'en Europe. La deuxième méthode, l'extraction à sec, plus récente est, quant à elle, exploitée actuellement que par un nombre restreint d'UVTD. La Figure 2 ci-

¹ DÉCHETS 2016: QUANTITÉS PRODUITES ET RECYCLÉES, Office fédéral de l'environnement OFEV - Division Déchets et matières premières

dessous illustre la distribution de ces deux méthodes. Selon le procédé d'extraction exploité, différentes méthodes de valorisation des mâchefers existent, comme détaillé plus bas.

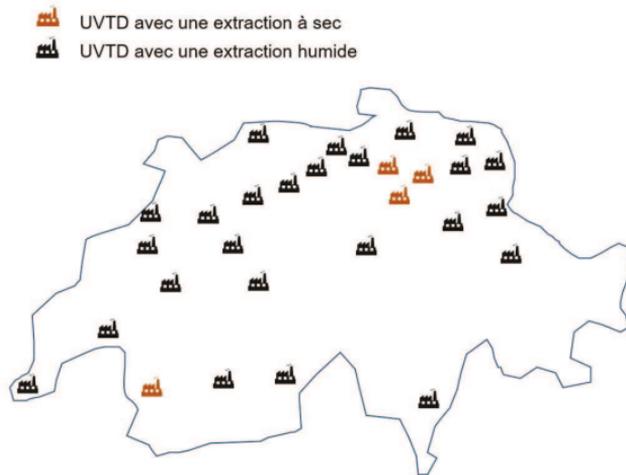


Figure 2: Distribution des types d'extractions opérées en Suisse (état 02.2018)

Les Figure 3 et Figure 4 ci-dessous représentent des mâchefers, obtenus avec les deux types d'extraction (extraction humide et extraction à sec). Alors que les mâchefers, issus de l'extraction humide se retrouvent sous la forme d'un seul amas de résidus, l'extraction à sec offre une meilleure dissociation des différents résidus, issus de la valorisation thermique des déchets.



Figure 3: mûchefeers issus de l'extraction humide (source : [lien](#))



Figure 4: mûchefeers issus de l'extraction à sec (source : [lien](#))

Avant de détailler les méthodes d'extraction et de valorisation des mûchefeers en Suisse, précisons que, selon l'Office fédéral de l'environnement (OFEV), les matériaux potentiellement valorisables dans les mûchefeers des UVTD suisses s'élèvent, annuellement, à 75 000 tonnes de fer, 17 000 tonnes d'aluminium, 6000 tonnes de cuivre et 300 kg d'or. Par ailleurs, une règle générale veut que, plus la valeur du métal est élevée, plus basse est sa concentration dans les mûchefeers. Dès lors, seul un tri de qualité de ces différents métaux permet de tirer un profit de ces procédés de valorisation.

1.2.1 Extraction humide

Dans le cadre de ce procédé, les mâchefers, issus du processus de combustion, à la fin de la grille, chutent, via une goulotte, dans un extracteur à mâchefers. Ce dernier est un bain d'eau dans lequel les mâchefers sont refroidis. À l'extrémité de cette installation, un système permet d'extraire les résidus refroidis et de les acheminer, pour les étapes successives de stockage et valorisation (voir Figure 5).

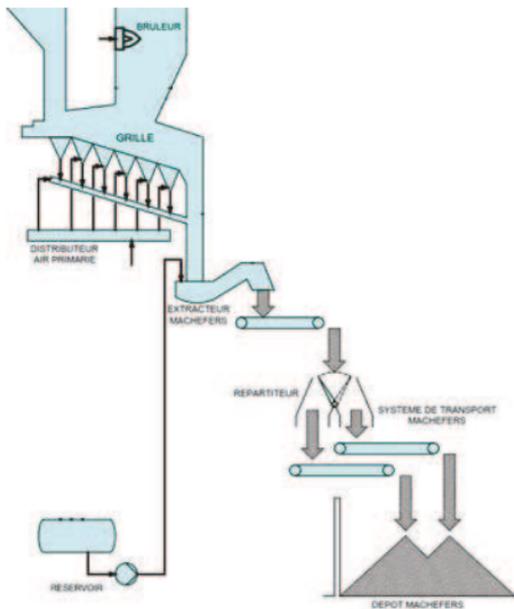


Figure 5: Schéma type de l'extraction humide des mâchefers

1.2.2 Traitement des mâchefers issus de l'extraction dite humide

En Suisse, le groupement dénommé IGENASS (Interessengemeinschaft Nassaustrag : communauté d'intérêt pour l'extraction humide des mâchefers, qui regroupe une vingtaine d'exploitants et des syndicats suisses qui s'occupent de l'incinération des déchets), anime activement les réflexions traitant de cette thématique, afin de garantir un suivi de cette alternative à l'état de la technique, aussi bien au bien niveau du procédé d'extraction, qu'au niveau des méthodes de revalorisations des mâchefers, issus de l'extraction humide.

La valorisation des mâchefers, issus de l'extraction humide est de nos jours le procédé de référence, le plus répandu et avec un plus grand retour d'expérience. Ce procédé est réalisé dans une installation externe à l'UVTD. Les étapes de ce processus sont illustrées par la Figure 6 et se décomposent comme suit (en fonction des besoins des usines, il se peut que certaines étapes ne soient pas appliquées) :

1. Séchage naturel/maturation (par évaporation) des mâchefers humides
2. Chargement des mâchefers dans l'installation à l'aide d'un engin mécanique (type engin de chantier)
3. Séparation des composés ferreux à l'aide d'un séparateur magnétique (si cela n'a pas déjà été réalisé à l'UVTD)
4. Triage manuel (sur site) des fractions métalliques non ferreuses de grosse taille (typiquement > 70 mm, par ex. monstres et bobines)
5. Broyage (typiquement < 50 mm)
6. Tamisage des différentes tailles de granulométrie
7. Séparation des métaux non ferreux à l'aide d'un séparateur à courant Foucault
8. Dépose des résidus en décharge

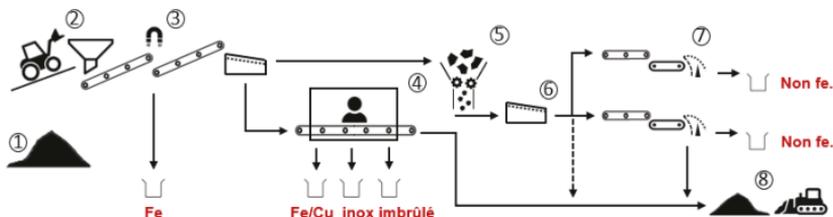


Figure 6: Valorisation de métaux dans les mâchefers extraits par voie humide

Un des inconvénients pénalisant l'extraction humide est que les mâchefers lors de l'extraction, présentent un taux de MS qui est autour de 80%, avec donc une teneur en eau significative qui pénalise les coûts de transport vers la plateforme de valorisation.

La séparation des éléments ferreux (étape 3) s'effectue par le biais de séparateurs magnétiques, auxquelles les éléments métalliques contenus dans les mâchefers adhèrent. Lors du triage manuel, ce sont uniquement les gros éléments des mâchefers qui sont triées, tels que les agglomérats fer-cuivre, l'acier inoxydable et les imbrûlés. L'étape 5 broie les agglomérats obtenus lors de l'extraction humide afin de diminuer leur taille. Cela permet une meilleure « mise à nu » des métaux, permettant ainsi de les séparer efficacement.

Ensuite, comparé au fer, la récupération des métaux non ferreux est plus complexe. Pour un fonctionnement optimal du séparateur à courant Foucault, les mâchefers doivent avoir une granulométrie aussi uniforme que possible et ils ne doivent pas être humides. Cette étape est celle qui requiert une certaine expérience pour être efficacement maîtrisée. Cette étape est également déterminante lorsque l'efficacité du procédé global est évaluée.

En effet, dans ces fines fractions, la concentration des métaux lourds, tels que le cuivre, le zinc, le plomb et les métaux précieux est plus élevée. L'extraction humide rend néanmoins la séparation des grains fins plus complexe. C'est la raison pour laquelle les grains fins de l'extraction humide ont longtemps été considérés comme n'ayant aucune valeur. En effet, jusqu'à 40% de résidus inexploitablement issus des mâchefers sont observés dans les fractions de non-métaux valorisés à la fin de la filière usuelle de traitement. Des améliorations ont été nécessaires pour que les fonderies puissent refondre ces métaux dans leurs fours. Des procédés améliorés et innovants ainsi que l'amélioration des composants des installations de ces dernières années ont permis la valorisation de ces petits composés. Il est maintenant possible de récupérer les métaux non-ferreux, contenus dans les mâchefers, issus des extracteurs humides.

La fraction valorisable la plus importante est composée d'aluminium, mais une certaine concentration de cuivre, ainsi que de métaux précieux est également observée. Néanmoins, les procédés de fonte du cuivre et de l'aluminium étant différents, ce qui est considéré comme un déchet pour l'un peut être un produit valorisable pour l'autre. La séparation de l'aluminium et des métaux lourds non ferreux est l'objectif principal de l'étape de raffinage, qui permet de terminer la boucle du cycle de ces matériaux. La Figure 7 ci-dessous permet d'illustrer ce procédé.

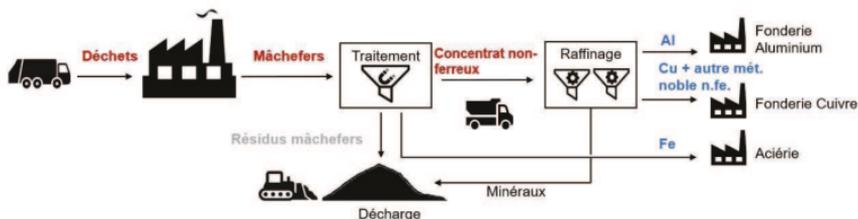


Figure 7: Séparation de l'aluminium des autres métaux lourds non ferreux.

Le raffinage nécessite des équipements spécifiques, ainsi qu'un volume de matières suffisamment élevé à traiter, pour être rentable. C'est pourquoi, cette étape de valorisation des mâchefers est souvent dissociée des autres étapes et réalisées par d'autres spécialistes, afin de pouvoir valoriser ces fractions non-ferreuses pour en faire un produit commercialisable.

La Figure 8 ci-dessous illustre les concentrations des métaux ferreux et non ferreux pouvant être typiquement revalorisés dans les mâchefers, issus de l'extraction humide. Les valeurs peuvent changer en fonction du type de déchet traité.

Métaux	Concentration observée dans les mâchefers [%]
Aluminium	1.65%
Non ferreux*	0.93%
Fer	7.33%
*Les Non ferreux regroupent le cuivre, l'acier inoxydable, le zinc, le plomb, l'or et l'argent	

Figure 8: Distribution des métaux ferreux et non ferreux extraits des mâchefers de l'extraction humide (RECOVERY OF METALS FROM WASTE INCINERATOR BOTTOM ASH, Rainer Bunge, 04/2015)

Il convient d'ajouter que le taux de récupération de l'aluminium est péjoré par le fait que, lors de l'immersion des mâchefers dans le bain de refroidissement, les ions d'aluminium vont migrer dans la phase liquide, diminuant ainsi leur concentration résiduelle dans les mâchefers. Ainsi, les eaux issues de l'extracteur sont basiques et présentent une charge en aluminium, ainsi qu'en cuivre non négligeables.

En ce qui concerne l'entrepôt de la partie minérale, les tailles des décharges peuvent grandement varier. En Suisse, une décharge de taille moyenne traite en moyenne 50'000 tonnes de mâchefers par an (ce qui correspond à la capacité de trois UVTD de taille moyenne, ou d'une grosse UVTD). Il est cependant assez fréquent de rencontrer en Suisse des décharges de taille plus réduites encore (de l'ordre de 10'000 à 20'000 tonnes de mâchefers par année). Un tonnage de cette ampleur ne permet pas d'exploiter une installation fixe de valorisation des mâchefers de manière profitable. Dès lors, il existe en Suisse, des installations mobiles de traitement, pouvant être chargées sur des camions, et installées temporairement dans une décharge. Ces installations sont, d'un point de vue technique, très similaires aux installations fixes, à l'exception que les installations mobiles ne permettent pas de valoriser les mâchefers fins. En Suisse, l'installation fixe avec la plus grosse capacité est celle de DHZ AG, située à Lufingen.

Processus SELFRAG

Une alternative pour la valorisation des mâchefers, issus de l'extraction humide est étudiée en Suisse. Ce procédé en développement est proposé par l'entreprise SELFRAG, qui est active dans l'industrie minérale, qui utilise notamment des générateurs de décharges électriques à haute tension. Depuis avril 2016 une installation est en développement à l'usine de valorisation des ordures ménagères de Fribourg-Posieux. Ce projet utilise la fragmentation sous décharges électriques. Il s'agit de profiter des effets des décharges électriques à haute tension, à l'intérieur de la matière afin d'y fragiliser les liaisons inter-composantes et ainsi fragmenter sélectivement la masse initiale. Le produit développé dénommé SCORIA permet de fragmenter les mâchefers, résultant de la combustion des déchets, afin d'augmenter le niveau de récupération des métaux tels que le fer, des métaux lourds comme l'or, l'argent, le cuivre, l'aluminium, l'étain, le gravier, la brique et les matériaux minéraux.

La méthode développée est composée de trois principales étapes, comme illustré sur la Figure 9. La première est un tri initial qui traite les mâchefers grossiers pour en extraire les pièces plus grandes que 40 mm et les imbrûlés, après avoir séparé les ferreux des non ferreux. La deuxième étape, appelée fragmentation, consiste à séparer les particules inférieures à 2 mm et à laisser le flux de matières se soumettre aux décharges électriques à haute tension dans le système. Pour cela, les particules sont immergées dans un bain d'eau à travers duquel une décharge électrique d'environ 200'000 Volts à une fréquence pouvant aller jusqu'à 20 Hz, crée un canal de plasma suivi d'une onde de choc. Le résultat est la rupture des liaisons dans les mâchefers. Enfin, la dernière étape est un tri final où l'on sépare les matériaux ferreux, les non-ferreux, les matériaux inertes et les mâchefers restants n'ayant pas pu être classés parce que leur composition est indéterminée.

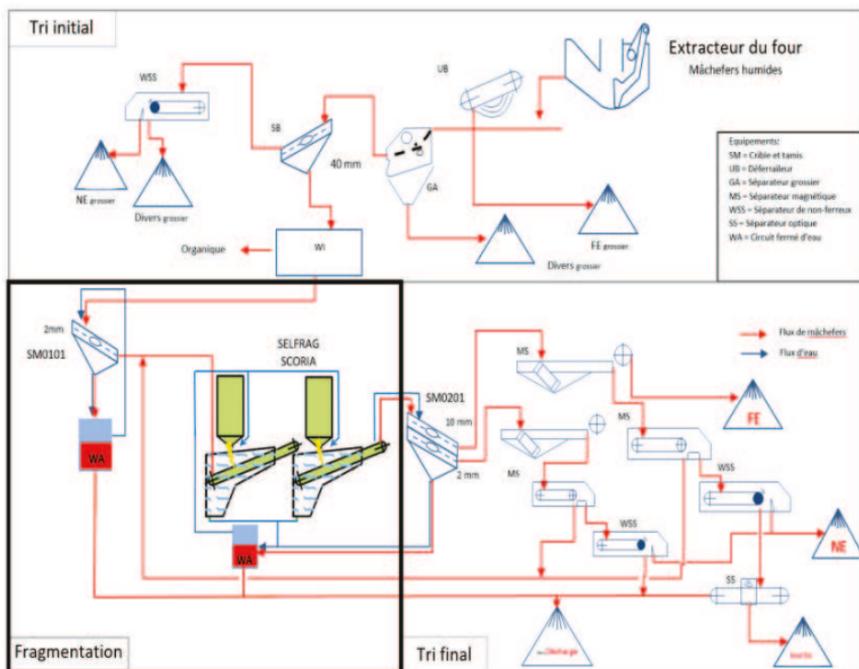


Figure 9: Schéma de principe de l'installation complète de fragmentation sous décharges électriques à haute tension des mâchefers, source SELFRAG AG

Les résultats de ce projet pilote ont permis de récupérer 3.8% de métaux non-ferreux (surtout aluminium, cuivre et zinc) issus des mâchefers de l'UVTD de SAIDEF. En outre, les exploitants pensent pouvoir encore améliorer la capacité de récupération de cette installation et atteindre un volume récupéré de métaux non-ferreux pur de l'ordre de 4.0 à 4.3%. Des améliorations sont également en cours de développement, afin de pouvoir obtenir des résidus pouvant être éliminés dans des décharges de classe moins restrictive qu'actuellement (type D actuellement). Enfin, certaines contraintes doivent encore être résolues, et de manière

générale, il semblerait que cette méthode soit une méthode qui nécessite d'être appliquée aux résidus directement sur le site des UVTD. En effet, le phénomène de maturation est préjudiciable au process, le compactage des mâchefers rend la circulation du courant électrique plus difficile dans les métaux. De plus, l'électricité requise pour cette installation peut être produite directement par l'UVTD. Dès lors, une synergie avec un projet commun aux différentes UVTD exploitant cette méthode ne semble, pour l'heure, pas être une alternative envisageable.

Il est important de préciser que cette usine est toujours exploitée par SELFRAG et non par SAIDEF, il y a donc des incertitudes sur la précision de ces valeurs.

Procédé de récupération des métaux dans les grains fins

Un autre projet qu'il convient de mentionner, est l'installation exploitée à l'UVTD de Linth, à Niederurnen. L'entreprise LAB-Geodur a développé un procédé spécifique se concentrant sur la récupération des métaux dans les grains fins (0-2 mm) des mâchefers. En effet, les installations conventionnelles ne peuvent actuellement pas exploiter efficacement ces particules, et finissent donc très souvent dans les décharges. Le processus fonctionne de la façon suivante : immédiatement après les extracteurs, les mâchefers encore chauds sont acheminés dans un tamis pour un nettoyage humide. Les particules de moins de deux millimètres sont séparées et dirigées dans le nouveau procédé LAB-Geodur. Les particules de plus de 2 mm sont traitées par les procédés conventionnels, tels que précédemment décrit.

Les particules de moins de 2 mm sont immergées dans un bain d'eau afin de pouvoir être pompées dans les centrifugeuses de séparation des métaux. Le principe est similaire à ceux utilisés pour purifier l'or. Avec le mouvement de rotation continue, les particules métalliques, plus lourdes, s'accumulent au fond du récipient. Dans la centrifugeuse, la fraction minérale, plus légère, est écartée, alors que les particules de métal, plus lourdes, sont récupérées. Un des défis de cette méthode est le traitement des eaux de procédé, utilisées en circuit fermé. Cette installation est en phase de test depuis 2016. Des améliorations sont constamment apportées, mais à l'heure actuelle, aucun résultat n'est disponible.

Etat de la situation européenne

Si l'on s'intéresse aux réflexions actuellement en cours hors de nos frontières, et plus particulièrement au niveau européen, plusieurs applications sont connues surtout dans des pays comme la France, la Hollande, la Belgique ou le Danemark, soit pour la récupération des métaux des mâchefers, soit pour leur valorisation dans la technique routière (matériau de remplissage constituant les sous-couches). Par exemple, l'Allemagne les valorise dans les mines pour remplir et stabiliser ces dernières. Il semblerait également que la Hollande ait utilisé des mâchefers comme matériau de remplissage dans le cadre de projets de construction de barrages.

D'autres projets sont également en cours de réalisation. SUEZ a annoncé au début de cette année 2018, via un communiqué de presse, qu'ils avaient développé un procédé dénommé « Valomet ». Ce projet pilote a démarré en 2015 à Gand (Belgique), avant que SUEZ ne décide au début de cette année, de construire une nouvelle entité industrielle, dont la capacité de traitement sera de 12'000 tonnes de mâchefers (issus de l'extraction humide) par année. Selon

les informations présentées, ce procédé semble très similaire au procédé tel que présenté ci-dessus dans les Figure 6 et Figure 7.

Comme déjà mentionné ci-dessus, l'entreprise LAB (LAB-Geodur) propose également une technologie dénommée « RecuLAB NF » ainsi qu'une technologie portant le nom de « RecuLAB HNF » qui permettrait de récupérer les métaux précieux dans les mâchefers issus de l'extraction humide.

Enfin, il convient de mentionner que les danois sont également très actifs pour optimiser la filière de revalorisation des mâchefers issus de l'extraction humide. Ils ont développé une méthode en deux étapes permettant d'améliorer les rendements de valorisation. Ce procédé est parfois qualifié de « maturation des mâchefers ». Une fois le potentiel de récupération des mâchefers épuisé, ils sont ensuite utilisés dans des processus de construction de routes.

Rappelons qu'en Suisse, une fois les mâchefers valorisés et épurés de tous les métaux lourds, les constituants doivent être stockés dans des décharges de type D, contrairement aux autres pays européens où il est possible de les récupérer dans la technique routière ou ferroviaire tel que mentionné auparavant.

1.2.3 Extraction à sec

L'extraction à sec des mâchefers est une technologie encore peu répandue en Suisse. Exploitée depuis 2007, cette alternative est pour l'heure principalement opérée dans trois usines de la région zurichoise (Zürich, Horgen et Hinwil) ainsi qu'à l'usine de Monthey (SATOM). Contrairement à l'extraction humide, les mâchefers ne sont pas immergés dans un bain d'eau à la fin de la grille de combustion, mais sont refroidis à l'aide d'un flux d'air. En effet, les mâchefers récoltés sont acheminés sur des convoyeurs traversés par de l'air qui peut servir au four en tant qu'air secondaire (voir Figure 10). Cela présente l'avantage d'éviter des agglomérations trop importantes et ainsi, la séparation ultérieure des métaux et des minéraux composant les mâchefers est plus facilement réalisable. Cependant, un des principaux inconvénients de cette méthode est la grande quantité de poussière émise. Cela nécessite des mesures d'isolation des équipements de l'extraction très performantes, pour pallier à ce point critique. Un autre point lié à cette problématique est le transport de ces résidus extrêmement poussiéreux, toutefois, ils ne contiennent pas d'eau.

Le dernier point est le retour d'expérience qui est encore limité.

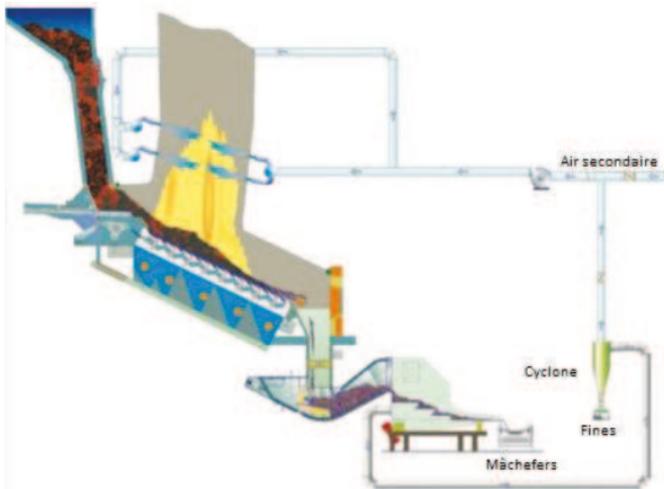


Figure 10: Exemple de schéma de principe de l'extraction à sec des mâchefers

1.2.4 Traitement des mâchefers secs

Les mâchefers, produits dans toutes les UVTD mentionnées ci-dessus sont centralisés dans un centre de traitement des mâchefers et de récupération des métaux, implanté à Hinwil (ZH) et qui est en exercice depuis octobre 2016. Ce centre a une capacité de traitement globale d'environ 200'000 t/an, mais durant l'année 2017, environ 120'000 tonnes ont été traitées, car le nombre d'UVTD pouvant livrer des mâchefers est actuellement limité.

La Figure 11 ci-dessous illustre le schéma bloc du procédé développé et exploité par l'entreprise ZAV Recycling AG pour valoriser les mâchefers. Après réception des mâchefers contenus dans des conteneurs spéciaux, grâce à un système entièrement automatisé, les éléments ferreux sont séparés avec un système magnétique.

La séparation des éléments non ferreux est effectuée grâce à un séparateur à induction. Afin d'avoir une efficacité aussi élevée que possible lors de la séparation, il est indispensable que les particules aient une surface exempte de particules minérales.

Cette installation dont l'objectif est d'avoir une séparation aussi performante que possible a plusieurs particularités. Les deux plus marquantes sont, d'une part l'utilisation en série de la même machine, comme cela est illustré pour les particules de moins de 12 mm, et d'autre part la recirculation des particules (comme illustré pour les particules de plus de 12 mm). Ces deux spécificités permettent de garantir que la majorité des particules valorisables dans les mâchefers est extraite et donc de pouvoir garantir une efficacité de ce procédé, aussi élevée que possible.

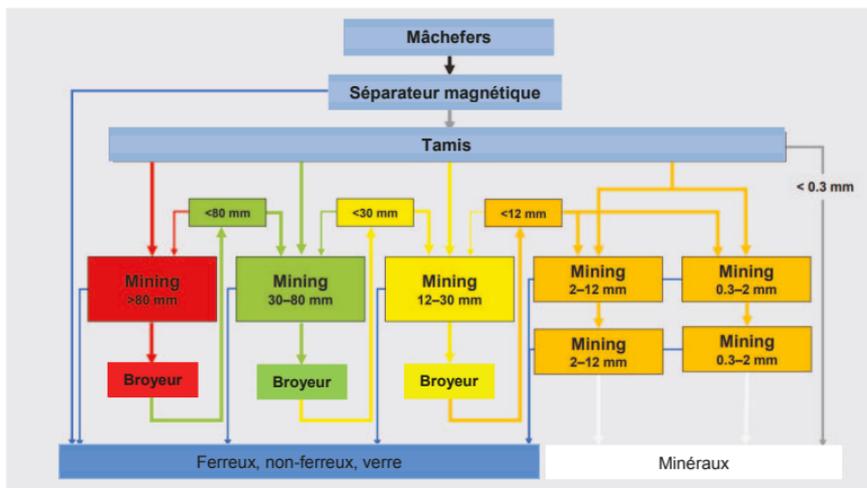


Figure 11: Schéma bloc de procédé de la préparation des mâchefers de ZAV Recycling AG (Hinwil)

Dans la Figure 12 la distribution des métaux non ferreux et métaux nobles non ferreux, obtenus par la valorisation des mâchefers, grâce à la méthode ci-dessus ont été analysées. Comme précédemment, ces valeurs peuvent varier en fonction du type de déchet traité.

Métaux	Concentration observée dans les mâchefers [%]
Aluminium	~1.5%
Non ferreux*	~2.6%
Nobles non ferreux	~0.47%
Fer	9.9%

*Les Non ferreux regroupent le cuivre, l'acier inoxydable, le zinc, le plomb.

Figure 12: Distribution des métaux non ferreux et nobles non ferreux (Statusbericht vom 31. Juli 2017, Leistungsfähigkeit und Potentiale der Schlacke-Aufbereitungsanlage der ZAV Recycling AG, Daniel Bóni)

Les résultats présentés, représentant 6 mois d'opération à l'échelle industrielle, sont assez prometteurs. Globalement, la qualité des métaux extraits est élevée. La valorisation des particules plus fines potentiellement plus riches en métaux ferreux et non ferreux semble performante. Cependant, les exploitants de cette méthode de revalorisation plus complexe observent un potentiel d'amélioration non négligeable au niveau de la fraction restante de métaux non ferreux, encore trop élevée dans les fractions magnétiques. Des informations plus

complètes sont attendues prochainement lors de la publication du rapport annuel de l'année 2017. Enfin, il convient de mentionner que la rentabilité de cette filière doit encore être validée. Les composantes de l'usine de traitement des mâchefers extraits à sec, telles que les coûts des extracteurs à sec (y compris le système de dépoussiérage), le gain financier réalisé avec la revente des matériaux extraits (prix dépendant de la pureté) ainsi que les coûts liés au transport et à l'entreposage des résidus traités doivent être considérés avec attention. Toutefois, les résidus inertes (soit environ 80%) reviennent à l'usine et doivent être stockés en décharge au frais de l'exploitant.

Les résidus de cette valorisation sont finalement stockés dans des décharges de type D, de manière similaire aux résidus, issus de la construction (tels que le béton ou le gravier).

Pour conclure, les prochaines pistes d'optimisation de cette méthode visent à répondre à des critères suffisamment exigeants pour pouvoir entreposer ces résidus dans des décharges de catégories moins spécifiques et dont les prix d'entreposage sont moins élevés.

Etat de la situation européenne

Hors de nos frontières, il existe un nombre extrêmement restreint d'UVTD utilisant l'extraction à sec des mâchefers. En effet, selon le dernier recensement, seule deux usines en Italie utilisent ce procédé, alors qu'une troisième est en cours de construction en Suède. Dès lors aucune expérience extra-helvétique n'est recensée et la Suisse est sans conteste la pionnière dans ce domaine.

1.2.5 Cas particulier du Japon : Traitement des mâchefers par vitrification

Au Japon, pour le traitement des mâchefers, la technologie utilisée dans une quarantaine d'usine est la vitrification. La vitrification est un procédé à très haute température (entre 1100 et 1400°C) dans lequel les mâchefers subissent une fusion. Ce niveau de température assure une viscosité suffisante pour permettre l'écoulement du vitrifiat, ce qui se traduit par une valeur de 25 Pa s (la viscosité dépend toutefois de la composition des mâchefers).

Ensuite, les mâchefers sont refroidis selon 2 variantes :

- Refroidissement lent : le matériau vitrifié est amorphe, similaire à un caillou, et est récolté sous la forme d'un lingot ;
- Refroidissement rapide : le résidu est plongé dans un bac d'eau et le vitrifiat est de type granulaire ou techno-sable.

Ainsi, ce procédé transforme les mâchefers, matériau de nature hétérogène, en un matériau vitreux, inerte, utilisables dans d'autres applications comme dans les techniques routières.

Deux types de procédés de vitrification existent. Le premier consiste en un procédé intégré à l'UVTD alors que le second constitue un post-traitement séparé.

Dans le cas des procédés intégrés, les mâchefers produits sont directement vitrifiés. Ils ne subissent donc pas de refroidissement intermédiaire. Les projets intégrés sont, en règle

générale, utilisés en synergie dans des UVTD qui appliquent le processus de gazéification avec donc une température compatible avec la vitrification

Dans le cas des procédés de post-traitement, l'unité de vitrification est indépendante de l'incinération et peut donc être implantée sur des sites externes. Dans ce cas, les mâchefers vitrifiés présentent une densité supérieure.

Les avantages de la vitrification sont :

- Le produit est bien plus homogène que les mâchefers bruts
- Les matériaux ferreux et non-ferreux, grâce à leurs propriétés physico-chimiques différentes, sont facilement séparés après la vitrification
- Les dioxines et les furannes sont détruits grâce à la haute température

Toutefois, ce procédé possède également des inconvénients qui sont listés ci-dessous :

- Les composés chlorés et soufrés ne sont pas bloqués
- Certains matériaux (comme le plomb, le zinc, le mercure et le cadmium) peuvent se volatiliser à haute température
- Le coût énergétique du procédé est très élevé (surtout en cas de post-traitement)
- Cette technologie est complexe

1.2.6 Autre type d'extraction des mâchefers

Un projet pilote réalisé, en partenariat entre une usine de valorisation de déchets suisses allemande et un constructeur d'installation, est en cours. Le produit, proposé par l'entreprise Hitachi Zosen Inova AG, dénommé InovaRe, est composé d'un nouveau système d'extraction des mâchefers, présentant une combinaison d'extraction humide et sèche. La fraction fine est soit réinjectée dans la chambre de combustion, soit extraite dans la dernière section du four, par l'intermédiaire d'une zone de la grille différente (dernière zone) avant que les mâchefers grossiers ne tombent dans l'extracteur par voie humide.

Le principal objectif de ce projet reste la même, qui voudrait que les particules fines aient une concentration en métaux non ferreux et métaux nobles plus élevées que les particules de taille supérieure. Séparer ces dernières avant que les particules fines s'agglomèrent dans le bain d'eau de refroidissement de l'extracteur des mâchefers qui rend l'extraction de ces métaux précités beaucoup plus complexe, est la ligne directrice de ce projet.

1.2.7 Conclusion sur les mâchefers

Il existe deux méthodes d'extraction des mâchefers, l'une dite humide, l'autre sèche. Selon la méthode d'extraction opérée, la structure des résidus obtenus diffère (voir Figure 3 & Figure

4). De ces mâchefers, et indépendamment de la méthode d'extraction choisie, des composés sont revalorisés. Les métaux ferreux et les métaux non ferreux sont les matériaux dont le potentiel de revalorisation est le plus élevé. Pour revaloriser ces matériaux, différentes méthodes existent. Les méthodes diffèrent selon la nature des mâchefers en entrée (mâchefers extraits par la méthode humide ou à sec). Parallèlement à ces deux axes principaux de revalorisation, le projet en cours à Fribourg-Posieux avec la technologie SELFBRAG pour la valorisation des mâchefers produits par extraction humide pourrait représenter une alternative intéressante.

Dans tous les cas, seule une fraction limitée de la masse totale des mâchefers est récupérable. En fonction du type de déchets valorisés par l'incinération, une fraction en masse d'environ 85% de la MS sortant de l'usine sous forme de mâchefers doit être entreposée en décharge. En général, l'évolution des technologies de valorisation des mâchefers vise au déclasserment de la fraction minérale afin d'assouplir leur stockage final ou leur recyclage.

D'un point de vue financier, en Suisse l'entreposage coûte aux environs de 100 à 150 CHF par tonne de mâchefers, transport exclus.

Hors de nos frontières, les mâchefers sont soit revalorisés comme matériaux de remplissage dans la technique routière soit comme matériaux de remplissage pour la stabilisation d'anciennes mines.

La vitrification intégrée n'est pas compatible avec le traitement thermique des déchets utilisé en Suisse dans les UVTD (incinération dans four à grille), notamment à cause de la température élevée requise. L'implantation d'une unité de vitrification en Suisse en post-traitement nécessiterait la mise en place d'un process industriel compliqué avec une consommation énergétique très élevée.

1.3 Cendres volantes

Dans le processus de valorisation thermique des déchets, des fumées chargées en éléments solides, des cendres, sont générées. Ces fumées sont traitées par une ligne d'épuration avant le rejet dans l'atmosphère. Des rejets solides sont produits par le processus de traitement, comme par exemple, les cendres volantes qui représentent environ le 2 à 3% du poids des déchets incinérés.

En Suisse, les nouvelles exigences de l'OLED s'appliquent. L'art. 32, al. 2, let. g stipule que : *« Les détenteurs d'installations doivent les exploiter de sorte que, s'il s'agit d'installations où sont incinérés des déchets urbains ou des déchets de composition analogue, les métaux contenus dans les cendres volantes soient récupérés. »*. L'article 54, al. 3 encadre les mesures transitoires jusqu'à l'entrée en vigueur prévue le 01.01.2021 de l'art. 32 précité ci-dessus.

Le métal majoritairement présent dans les cendres volantes est le zinc, à hauteur d'environ 4%, suivi par l'aluminium (3%), le fer (2%) et le titane (1%). Des traces de plomb, de cuivre, de cadmium et autres métaux peuvent aussi être perçus.

Depuis plusieurs années, le lavage neutre des cendres était considéré comme la technologie de référence et ce, jusqu'au développement du lavage acide des cendres, dont la première usine fut équipée en 1995. La Figure 13 ci-dessous illustre les différentes usines exploitantes :

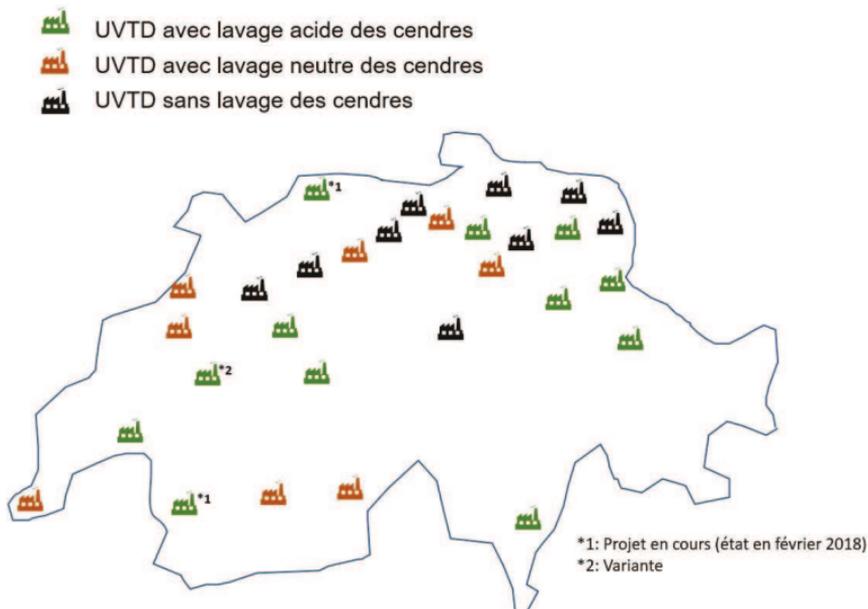


Figure 13: Type de lavage des cendres volantes exploité dans les UVTD Suisses

Lavage acide des cendres

La principale technologie permettant d'extraire les métaux des cendres volantes est le procédé de séparation chimique par source acide proposé par les entreprises BSH (process « FLUWA ») ou Envirochemie. Ce type d'installation n'est en général installé que dans les UVTD opérant un traitement des fumées de type humide. En effet, ce type de filière de traitement rejette des purges acides, qui présentent l'avantage de pouvoir être utilisé dans le procédé de traitement. De plus, ces purges ont de toute façon besoin d'un traitement d'épuration. Après avoir éliminé le mercure ainsi que les particules en suspension contenues dans ces purges, elles sont stockées pour être utilisées. Si l'usine exploite un traitement des fumées dit sec (donc les purges acides ne sont pas présentes), alors il est également possible d'utiliser de l'acide chlorhydrique industriel livré de source externe.

La première étape consiste à mélanger cette solution acide avec les cendres dans une cascade d'extracteurs. Le produit de cette extraction est ensuite acheminé sur un filtre à bande pour pouvoir séparer les gâteaux de filtration composés de cendres lavées, du filtrat riche en métaux dissouts. Les gâteaux de filtrations composés par des cendres lavées sont chargés dans des conteneurs pour être déposés dans des décharges de type D.

Le filtrat est lui, d'abord neutralisé. Ce changement de pH a comme conséquence une précipitation. Ce précipité sera filtré pour obtenir d'un côté des boues hydroxydes et de l'autre côté un filtrat. La dernière étape concernant le filtrat est de le prétraiter de sorte à pouvoir remplir les exigences imposées pour son déversement dans les eaux ou dans les égouts publics. Ci-dessous, la Figure 14 illustre en détail toutes les étapes du procédé d'extraction acide des cendres volantes ainsi que le traitement des eaux résiduaires, tel que détaillé plus haut.



Prinzipschema
FLOWA und ABA
Schéma de principe
Lavage des cendres et traitement rejets liquides

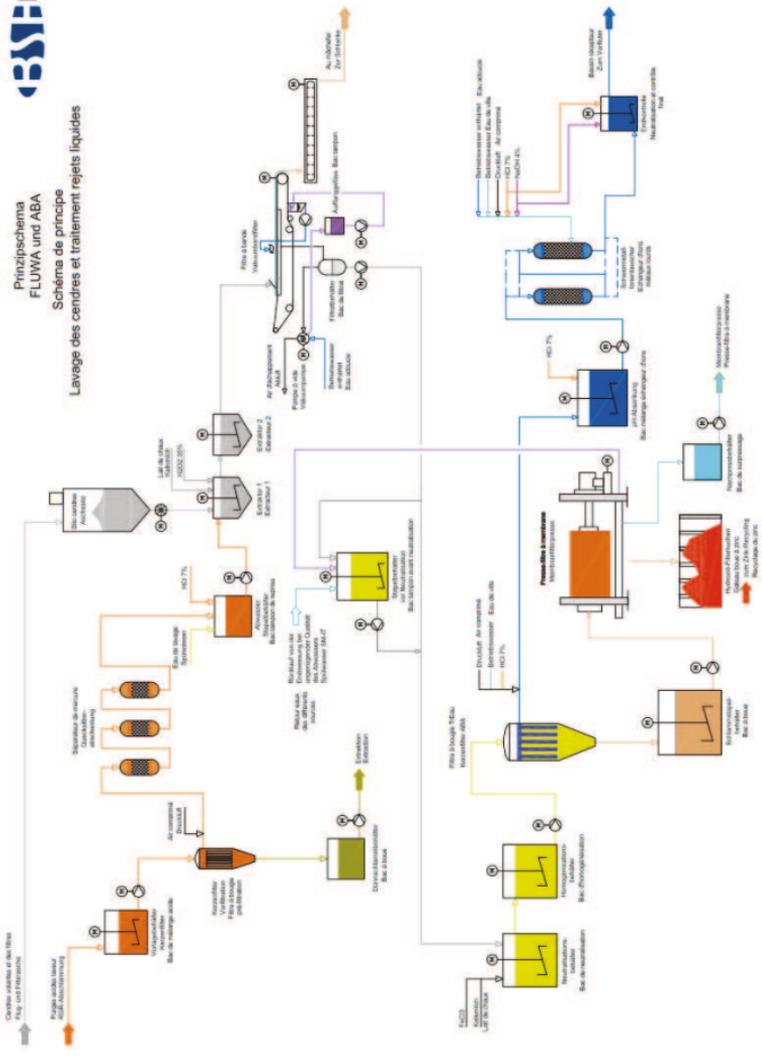


Figure 14: Schéma de principe d'une installation de traitement acide des cendres et de traitement des eaux, source : BSH Umweltservice AG

La Figure 15 ci-dessous détaille les différents flux de matières impliqués dans un procédé de lavage acide des cendres. Les débits massiques sont des ordres de grandeur et varient pour chaque UVTD.

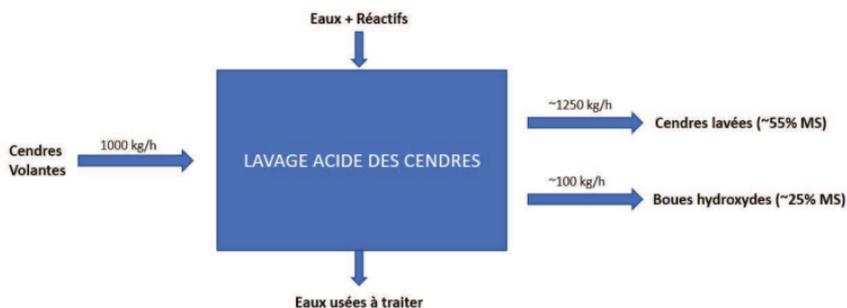


Figure 15: Bilan de matière typique du lavage acide des cendres

Les boues hydroxydes, riches en métaux, sont collectées (parfois séchées, selon la volonté de l'exploitant, basé principalement sur le fait que le transport de boues avec une teneur en eau plus élevée coûte plus cher) et chargées dans des containers pour être acheminées dans des usines spécialisées, en vue de leur valorisation. Elles sont généralement livrées à l'industrie métallurgique, exploitant principalement le procédé « Waelz ». D'ordinaire, les boues sont mélangées au minerai, duquel le zinc est extrait.

Technologie FLUREC proposée par BSH Umweltservice AG

Plus récemment, un nouveau procédé dénommé FLUREC a été développé. Des boues hydroxydes obtenues par le procédé FLUWA, un prétraitement est effectué et permet d'obtenir par voie réductive un mélange métallique (composé de Pb, Cu et Cd) qui est valorisé dans des fonderies. Le zinc, se trouvant dans le filtrat de ce prétraitement, est séparé par électrolyse (typiquement grâce à l'énergie électrique produite sur le site de l'UVTD). Ceci permet d'obtenir des plaques de zinc d'une pureté approchant les 100%. Le procédé est illustré par la Figure 16 ci-dessous.

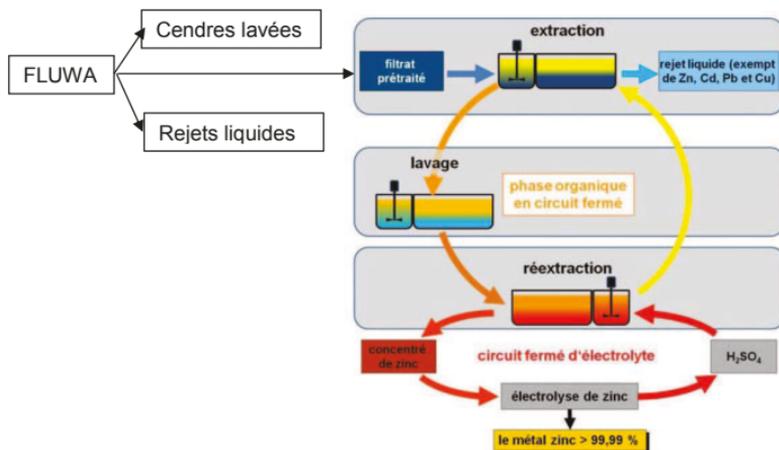


Figure 16: schéma du procédé FLUREC (Source : document BSH)

La Figure 17 ci-dessous propose un détail des différents flux de matières impliquées dans un processus FLUREC, tel que décrit ci-dessus.

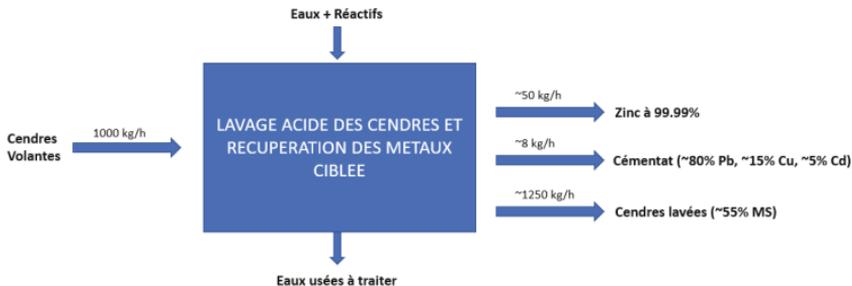


Figure 17: Bilan de matière typique du lavage acide des cendres suivi d'une récupération ciblée des métaux (procédé FLUREC), source : [internet](#), figure simplifiée

Comme mentionné ci-dessus, les boues hydroxydes sont, à une exception près, exportées à l'étranger pour réaliser la dernière opération du traitement d'extraction du zinc. Le procédé FLUREC est exploité dans l'usine KEBAG de Soleure.

En effet, la dernière étape de ce procédé, est difficilement viable économiquement à l'intérieur de nos frontières, sauf éventuellement si elle est opérée à (très) grande échelle industrielle, comme proposé dans le cadre du projet SwissZinc (procédé basé sur le procédé FLUREC). SwissZinc est un projet mandaté par un groupement de plusieurs exploitants pour la réalisation d'une installation de traitement des boues d'hydroxyde à Soleure. Ce projet souhaite un projet commun du zinc en Suisse. Cela permettrait d'assurer une certaine autonomie à la Suisse,

quant à l'approvisionnement du zinc, ainsi qu'une meilleure transparence concernant les coûts de ce métal.

Technologie « LAB »

Une autre technologie est proposée par l'entreprise LAB. Les rejets liquides d'un traitement des fumées humides sont également mélangés aux cendres volantes, issues de la chaudière et de l'électrofiltre. La première étape est de mélanger ces rejets liquides avec du lait de chaux pour pouvoir éliminer le gypse par précipitation. Puis, après une décantation primaire, les rejets sont traités avec une addition de produits chimiques pour la précipitation, la floculation et la décantation finale, des métaux lourds. Les produits de la décantation primaire et finale sont acheminés dans des bacs à boues. De ces bacs, les boues sont mélangées aux cendres volantes. Ainsi, les sels solubles dans les cendres sont dissous dans l'eau. Après un passage sur un filtre à bande sous vide, les gâteaux sont collectés et éliminés. Le filtrat est traité, puis les eaux épurées sont déversées dans les eaux ou les égouts publics. Ce procédé est, par exemple, actuellement exploité par l'UVTD de SAIDEF, à Posieux.

D'autres technologies proposées par diverses entreprises proposent des procédés similaires, mais un nombre très restreint d'installations sont en fonctionnement.

Etat de la situation européenne

En Europe, un nombre très restreint d'usines traitant des cendres par voie acide (hors de la Suisse) sont connues. Celle d'Ingolstadt (2000) en Allemagne est la plus connue. L'essor du procédé FLUWA précédemment décrit est principalement observé en Suisse et s'explique par les contraintes législatives ailleurs en Europe. Une des raisons de son faible développement hors de nos frontières est liée aux aspects financiers, puisqu'il ne permet pas d'un point de vue purement économique, de tirer des profits suffisamment intéressants.

En Allemagne les cendres volantes sont déposées sans aucun traitement particulier dans des anciennes mines de sel. En effet, elles sont considérées comme matière valorisable pour stabiliser ces mines. Les coûts d'enfouissement étant très bas, cela ne permet pas à un procédé de revalorisation d'être compétitif (selon les situations, le coût d'enfouissement peut être jusqu'à quatre fois moins élevé que celui engendré par un procédé de revalorisation, tel que précédemment détaillé). L'Allemagne, stocke également la majorité des cendres générées en France, en Autriche et en Italie.

Conclusion sur les cendres volantes

Comme détaillé ci-dessus, la seule méthode actuellement exploitée est le lavage acide des cendres. Ce procédé est déjà exploité par plus d'une dizaine d'UVTD en Suisse et deux projets sont en cours. Cela permet d'obtenir des cendres lavées des boues hydroxydes. De ces boues, du zinc avec une pureté proche de 100% peut être extrait. Cependant, cette dernière étape de revalorisation est, à une exception près, pas exploitée en Suisse à l'heure actuelle. Le projet, SwissZinc est en cours d'étude, la contrainte principale étant pour le moment le financement de l'investissement avec un coût estimé à 45 millions CHF. Hors de nos frontières, les cendres volantes, similairement aux mâchefers sont revalorisées comme matériaux de remplissage pour la stabilisation d'anciennes mines.

1.4 Résidus de l'épuration des fumées

1.4.1 Épuration des fumées par voie humide

Historiquement, le traitement des fumées s'effectue par voie humide, aussi bien en Suisse qu'en Europe. Les eaux usées résultant de ces procédés de traitement doivent être traitées, avant de pouvoir être déversées dans les eaux ou dans les égouts publics, selon les valeurs limites fixées dans la OEaux, Annexe 3.2 chiffre 3 alinéa 36, ainsi que selon les limites fixées par l'autorisation de déversement propre à chaque UVTD.

Des traces de mercures sont généralement observées dans les purges des laveurs des usines, opérant un traitement des fumées humide. Si celles-ci sont présentes, une des premières étapes est l'élimination de ce mercure, grâce à des colonnes contenant une résine adaptée. Les étapes suivantes comprennent notamment la floculation et la décantation. Des boues résultant du procédé de traitement des eaux usées, générées sur le site doivent aussi être éliminées en décharge. Après une filière de traitement des eaux, une étape de vérification fait office de contrôle final ; les eaux usées conformes peuvent être déversées dans les eaux ou dans les égouts publics.

1.4.2 Épuration des fumées par voie sèche

Au niveau suisse, le sujet de l'évacuation des résidus, issus par un traitement des fumées par voie sèche est apparu au cours de ces dernières années. Le fait qu'historiquement les lignes de traitement des fumées dans les UVTD suisses soient plutôt basées sur un traitement humide (tours de lavage) et donc sans génération de résidus solides a rendu ce sujet jusqu'à récemment, peu étudié.

Par contre, avec la mise en service au cours de ces dernières années de l'UVTD de Perlen-Renergia à Lucerne (2015) et de la nouvelle ligne de traitement des fumées à Hinwil, exploitant les deux un traitement par voie sèche, le sujet de l'évacuation de ces résidus est devenu d'actualité pour les UVTD suisses. Un troisième projet situé dans la région lémanique, la nouvelle UVTD de Cheneviers IV à Genève (horizon 2023), intègrera lui aussi des lignes de traitement à sec avec, entre autres, un dosage de bicarbonate de sodium.

Similairement à une ligne de traitement des fumées humides, le type de traitement à sec est également encadré par des ordonnances. L'annexe 5, chiffre 3.1, al. a, la OLED stipule que les résidus de l'épuration des fumées provenant d'installations où sont incinérés des déchets urbains ou des déchets de composition analogue peuvent être admis dans les décharges de type C, à condition que les métaux aient été récupérés au préalable conformément à l'art. 32, al. 2, let. g.

Les UVTD suisses ayant opté pour cette filière de traitement doivent actuellement s'adresser à l'entreprise Solvay, un des leaders du marché des absorbants qui, en parallèle de la commercialisation de son produit de traitement des fumées SOLVair® (produits à base de bicarbonate de sodium), propose également solution de recyclage Resolest® en France et

Solval® en Italie, qui traite les résidus solides issus du traitement des fumées au bicarbonate de sodium, pour revaloriser les résidus et donc respecter les directives fixées par l'OLED.

Ce procédé de traitement des résidus de l'épuration des fumées est composé de plusieurs étapes, comme détaillé sur la Figure 18. La première consiste à mélanger les résidus avec de l'eau, afin de dissoudre les sels et pour ajouter des additifs qui permettent de neutraliser les impuretés. Puis, par le biais d'un filtre presse, la partie solide, stabilisée, est stockée en décharge, tandis que la partie liquide, constituée d'eau saturée en sel ou saumure valorisable, continue le processus. Le traitement de cette saumure suit 3 étapes d'épuration. La première est constituée d'un filtre à sables (pour retenir les matières en suspension encore présentes), puis d'un filtre à charbon actif qui capte les éventuelles matières organiques et finalement de résines échangeuses d'ions éliminant les dernières traces de métaux lourds. La saumure complètement épurée peut être valorisée dans la fabrication de carbonate de soude (composé utilisé pour l'industrie verrière). Cela permet de substituer une partie des matières premières naturelles extraites du sous-sol par les matières issues de ce procédé de fabrication.

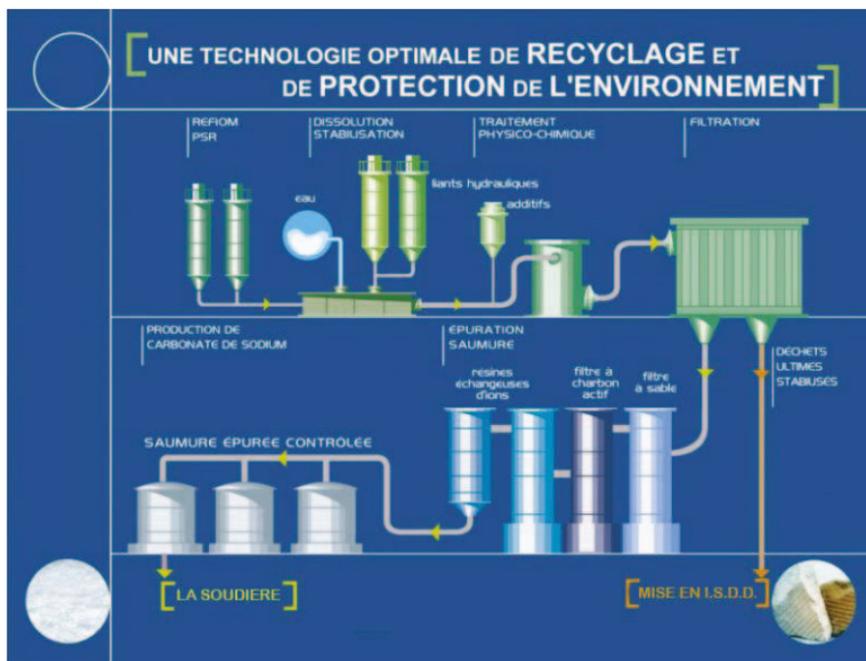


Figure 18: Schéma de principe du procédé de valorisation des résidus de l'épuration des fumées proposé par l'entreprise RESOLEST®, source [internet](#)

La plus grosse des deux usines actuellement recensée pour traitement du bicarbonate est localisée en France à Rosières-aux-Salines (54).

Le schéma présenté sur la Figure 19 ci-dessous propose un bilan de matière du procédé.

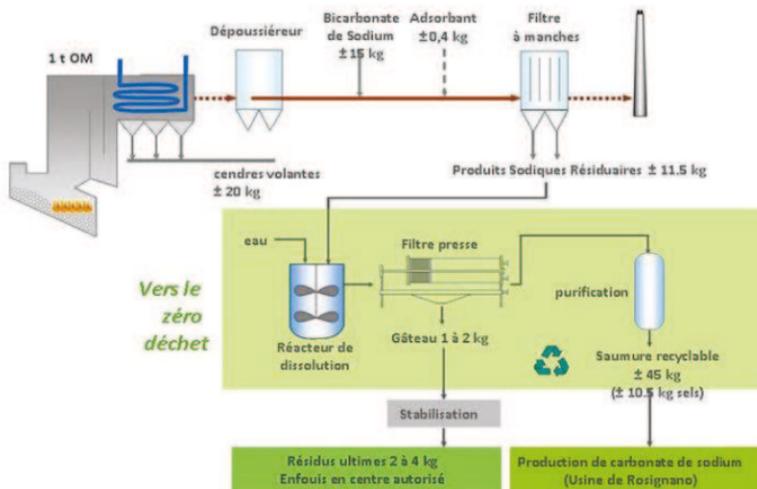


Figure 19: Bilan de matière de la solution développée par SOLVAir® pour le recyclage des résidus issus de l'épuration des fumées, source [internet²](https://www.internet2.ch)

Dans le cas d'injection de chaux, en ce qui concerne les résidus calciques, produits par le dosage de la chaux, aucune technologie de traitement n'est connue à ce jour. Ils doivent donc être éliminés directement en décharge.

Concernant les adsorbants (charbon actif), s'ils sont injectés dans les fumées sous formes solides, ils sont récoltés avec les cendres volantes et suivront la même filière de traitement et d'élimination que les cendres volantes. La situation est similaire pour les mélanges composés de charbon actif et de chaux éteinte $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (comme par exemple le Sorbalite®). Un des points négatifs est que ces composés, qui se retrouvent dans les cendres, peuvent entraîner une surconsommation des réactifs nécessaires, au traitement acide des cendres.

Il convient de mentionner que techniquement, il est possible d'isoler chacun des réactifs, utilisés pour le traitement des fumées, pour les éliminer de manière individuelle. Néanmoins une telle installation ne serait économiquement pas supportable, aussi bien au niveau des coûts d'investissements que des coûts d'exploitation.

Etat de la situation européenne

De manière analogue aux cendres volantes, ces résidus, produits par les UVTD externes à la Suisse (Allemagne, France, Autriche, Italie), sont majoritairement entreposés sans traitement dans des mines allemandes, même s'il semblerait qu'une partie soit aussi retraitée par l'usine mentionnée ci-dessus. Une des problématiques actuelles est qu'à l'heure actuelle un seul

² Il s'agit d'un bilan de matière mis à disposition par le constructeur, le processus industriel est donc interne

prestataire peut proposer de retraiter le bicarbonate. Une telle situation de monopole ne permet pas d'obtenir des prix concurrentiels, comparés à ceux pratiqués pour l'entreposage dans les mines de sel.

Hors de nos frontières, en Allemagne principalement, les usines exploitant un procédé de traitement des fumées sec sont plutôt rares, et les usines exploitant ce procédé peuvent à nouveau entreposer les résidus de bicarbonate saturés dans des mines afin de les stabiliser ou les évacuer vers les installations de régénération.

1.4.3 Conclusion résidus de l'épuration des fumées

Comme détaillé ci-dessus, le traitement humide des fumées génère des eaux usées qui doivent être traitées, en produisant des gâteaux de filtration qui sont ensuite évacués en décharge ou envoyés à la récupération dans le cas du lavage acide des cendres (boues d'hydroxyde). A contrario, le traitement à sec des fumées génère des résidus devant être directement traités. Les seuls résidus, issus du traitement des fumées à sec, pouvant actuellement être traités sont ceux produits à la suite du dosage du bicarbonate de sodium, qui sont envoyés vers une installation de régénération qui les recycle pour les réutiliser dans l'industrie verrière.

D'un point de vue financier, en Suisse, l'exportation de résidus de l'épuration des fumées devant être traités coûte aux alentours de 150 à 250 CHF par tonne, transport exclus.

Hors de nos frontières, les résidus de l'épuration des fumées, sont, encore une fois, majoritairement revalorisés comme matériaux de remplissage pour la stabilisation d'anciennes mines ou évacués vers les installations de régénération.

1.5 Conclusions globales

En Suisse, il existe deux technologies différentes pour l'extraction des mâchefers, issus de l'incinération des déchets. La première, l'extraction humide, est actuellement la méthode la plus répandue aussi bien en Suisse qu'en Europe. La deuxième méthode, l'extraction à sec, plus récente est, quant à elle, exploitée actuellement par un nombre restreint d'UVTD.

Selon la méthode exploitée, les filières de valorisation des mâchefers sont différentes. Le traitement des mâchefers issus de l'extraction humide est décomposé en plusieurs étapes de broyage, de tamisage et de séparations magnétiques et de séparations par le biais de l'utilisation de courant Foucault pour récupérer les métaux ferreux et non-ferreux. Un des désavantages de cette méthode est lié au refroidissement rapide des mâchefers par immersion dans un bain d'eau. Les mâchefers à valoriser présentent donc un faible taux de MS (20%) avec des coûts de transport élevés.

En Suisse, le groupement dénommé IGENASS a été créé pour suivre et développer la filière de valorisation des mâchefers extraits par voie humide.

Une autre technologie est en cours de développement pour la valorisation des mâchefers issus de l'extraction humide. La méthode de fragmentation sous décharges électriques développée par SELFRAG mérite d'être suivie de près. Elle nécessite encore des perfectionnements mais annonce des résultats prometteurs. Pour le moment, ce process n'assure pas le déclassement de la fraction minérale pour le stockage en décharge moins contraignante par rapport à la classe D.

L'autre type de valorisation est, comme mentionné ci-dessus, appliquée à des mâchefers issus de l'extraction à sec. La principale différence est que le système de refroidissement des mâchefers est effectué avec de l'air au lieu de l'eau. Cela a une influence sur la taille des particules extraites de l'extracteur à mâchefers du four de l'UVTD. Une fois les mâchefers refroidis, ils sont chargés dans des conteneurs spéciaux pour être acheminés au centre de traitement des mâchefers et de récupération des métaux, implanté à Hinwil (ZH). Il s'agit pour le moment de la seule usine de valorisation existant actuellement en Suisse. Les traitements appliqués pour la valorisation des mâchefers secs sont similaires à ceux appliqués aux mâchefers extraits par voie humide. Ce centre de traitement étant assez récent, il n'existe, pour l'instant, pas de résultat représentant une année complète d'exploitation. Cependant, les chiffres provisoires sont prometteurs. A ce jour, il existe quatre usines en Suisse et seulement deux usines hors de Suisse exploitant une extraction à sec des mâchefers. Cependant, sur les projets en cours pour les futures usines d'incinération, l'extraction à sec pourrait être considérée comme une méthode pouvant potentiellement être exploitée.

Parallèlement à ces deux axes principaux de revalorisation, plusieurs projets sont en cours pour explorer de nouvelles pistes potentielles. Dans tous les cas, seule une fraction de la masse totale des mâchefers est récupérable et plus de 80% de la masse initiale doit être, après traitement, entreposée en décharge de type D avec un possible déclassement, qui reste à valider par le développement de la technologie de traitement. En effet, une des principales pistes d'optimisation est de pouvoir répondre à des critères suffisamment exigeants pour avoir l'autorisation d'entreposer ces résidus dans des décharges de catégories moins spécifiques et dont les prix d'entreposage sont moins élevés.

Hors de nos frontières, des projets similaires à ce qui se fait en Suisse se développent, mais la majeure partie des mâchefers est soit stockée dans des mines de sel allemandes sans traitement préalable, soit valorisées dans la technique routière (matériau de remplissage constituant les sous-couches, technique interdite en Suisse). La vitrification, notamment utilisée au Japon, n'est pas une option viable pour la Suisse.

Concernant la revalorisation des cendres volantes, plusieurs technologies différentes existent sur le marché. Cependant, le lavage des cendres propose des résultats satisfaisants dans plusieurs usines, principalement en Suisse et qui satisfait les UVTD, ayant choisi d'exploiter cette technologie. Cette méthode permet, après plusieurs étapes de traitement, d'obtenir des boues hydroxydes, desquelles, du zinc, avec une pureté proche de 100% peut être extrait. Cette dernière étape est actuellement principalement réalisée hors de nos frontières, même si le projet SwissZinc souhaite développer un projet commun du zinc et effectuer cette dernière étape en Suisse.

Le traitement des cendres volantes est financièrement intéressant s'il est couplé à une UVTD exploitant un traitement humide des fumées. En effet, ce type de filière de traitement rejette des purges acides, qui présentent l'avantage de pouvoir être utilisées dans le lavage acide des cendres.

D'autres technologies proposées par diverses entreprises proposent des procédés similaires au procédé FLUWA, mais un nombre très restreint d'installations sont en fonctionnement.

Hors de nos frontières, les cendres volantes sont, majoritairement revalorisées comme matériaux de remplissage pour la stabilisation d'anciennes mines.

Concernant la valorisation de résidus issus du traitement des fumées, seuls les résidus issus des systèmes de traitement qui envisage l'injection du bicarbonate de sodium peuvent être récupérés et envoyés à une installation de régénération basée en France. Cela permet de valoriser ces résidus dans la fabrication de carbonate de soude qui est un réactif utilisé dans l'industrie verrière.

D'une manière globale, pour tous les résidus mentionnés ci-dessus, la législation Suisse, très exigeante en matière de récupération, est sans conteste un des principaux moteurs du développement, de toutes les méthodes et de tous les projets de revalorisation présentés. Tant que la législation des pays limitrophes à la Suisse n'obligera pas de revaloriser les différents résidus, l'essor des différentes technologies ci-dessus ne sera que très modéré. En effet, la principale raison est le coût très faible lié à l'entreposage de ces résidus soit dans d'anciennes mines de sel allemandes soit dans la revalorisation pour l'industrie routière. Des coûts si faibles ne peuvent être concurrencés par aucune des alternatives mentionnées ci-dessus, hormis si la conscience écologique prenait le dessus sur les réflexions financières et des aides ou subventions étaient octroyées.