



REMCO

RÉEMPLOI DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

#R05

ECO-QUARTIER BELLE-TERRE, THÔNEX

Eco-quartier Belle-Terre
1226 Thônex

Date de la réalisation
2018 - 2021

Maître d'ouvrage
Groupement privés

Ingénieur civil
edms SA
Chemin des Poteaux 10
1213 Petit-Lancy

Entreprises de construction réemploi
Terrassement
Piasio SA
1257 Bardonnex

DESCRIPTIF

Le projet de l'éco-quartier de Belle-Terre, qui prévoit d'ici 2030 la construction de 2400 logements en 3 étapes sur 36 hectares de terres agricoles, fait partie des grands projets de développement urbain lancés dans le canton de Genève dans les années 2000. Après une phase de concours et d'études, la construction de la première étape a démarré en 2018 et les premiers logements ont été livrés en 2021.

Le bureau d'ingénierie edms SA a été mandaté pour réaliser une analyse du site, ainsi qu'un projet d'infrastructure et de gestion des terres d'excavation pour la première étape du projet.

La gestion des terres d'excavation a pris une importance majeure en raison de la difficulté à trouver une destination en décharge pour ces matériaux et l'exigence du service cantonal de géologie, sols et déchets (GESDEC) de valoriser au moins un tiers des terres d'excavation sur site.

La solution retenue pour le projet est originale et permet de résoudre plusieurs contraintes. Elle consiste à modifier l'assiette naturelle du terrain légèrement concave en terrain convexe. Les excavations se limiteront ainsi à un demi-niveau puis le demi-sous-sol émergeant avec les matériaux d'excavation mis en dépôt sur le site sera enterré. Cette stratégie a également permis de s'élever au-dessus des zones de débordement du cours d'eau voisin (Le Foron) et de modifier le bassin versant du site pour l'orienter vers un autre cours d'eau (La Seymaz) plus apte à absorber les eaux de ruissellement.

Le mail (artère structurante du quartier) forme une nouvelle ligne de crête du terrain s'élevant jusqu'à 2.50 mètres au-dessus de son niveau original, rehaussé en moyenne de 2 mètres.

Les terres d'excavation sont réemployées pour modifier l'assiette naturelle du terrain légèrement concave en terrain convexe.

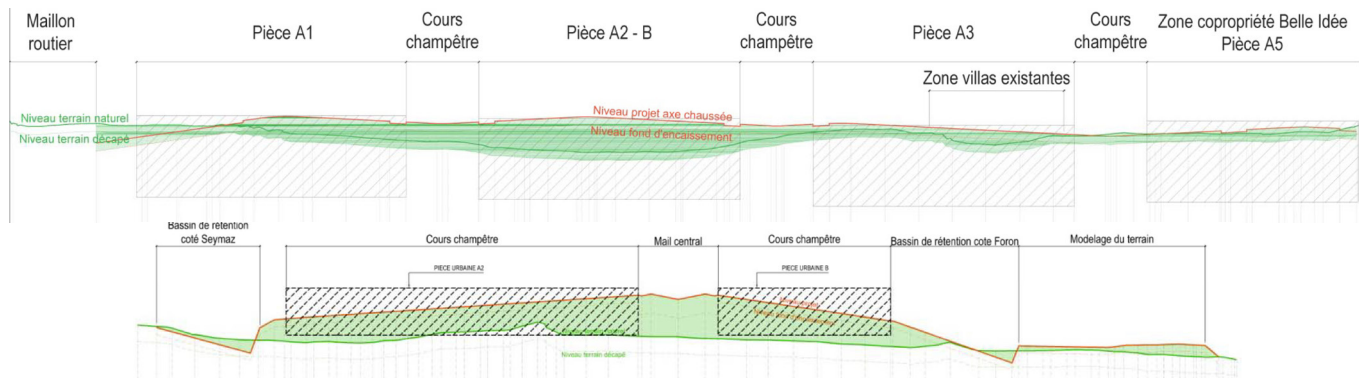


Mail central en chantier



Plan masse étape 1

Images: edms SA



Coupes de terrain

Images : edms SA

MISE EN ŒUVRE

Le projet visait trois objectifs : réemployer au maximum les matériaux d'excavation, éviter les transports et la mise en décharge, et améliorer la gestion des eaux.

Le projet visait trois objectifs : réemployer au maximum les matériaux d'excavation du chantier, éviter autant que possible les transports et la mise en décharge, et améliorer la gestion des eaux. Les travaux d'excavation ont suivi un phasage précis et des précautions particulières ont été prises pour préserver les sols lors des terrassements (utilisation d'engins à pneus larges, équilibrage de la pression des pneus en fonction du niveau d'hydrométrie). Les terres végétales et les sous-couches (terres arables retrait würmien et moraine) ont été excavées les unes après les autres, puis stockées dans des dépôts adjacents au site de l'étape 1. Ces dépôts ont délimité l'espace de travail central et ont permis de former des buttes paysagères antibruit en périphérie du site le temps du chantier.

Une fois les travaux de construction terminés, les sous-couches stockées ont été réemployées pour combler les parafoies et modeler le terrain, puis les espaces verts ont été recouverts de terre végétale mise en dépôt.



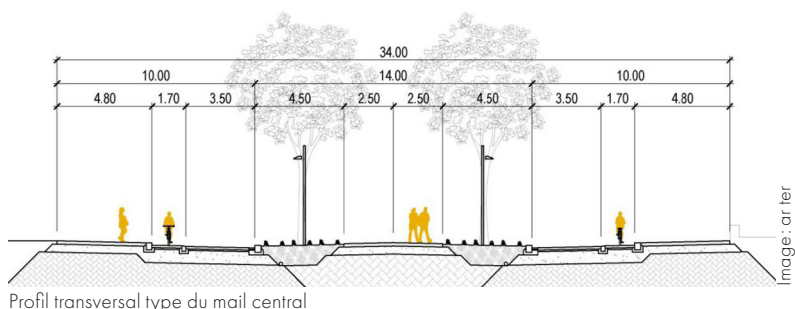
Images : edms SA

LOGISTIQUE DU RÉEMPLOI

Seuls 8 % du total excavé ont été envoyés en décharge, on estime que le nombre de camions a été divisé par trois.

Le réemploi de terres d'excavation sur le chantier de Belle-Terre est de type in situ, interne et déphasé. Il a permis de minimiser les transports et la mise en décharge des matériaux : seuls 22'000 m³ de déblais non exploitables (8 % du total excavé) ont été envoyés en décharge, principalement en France voisine. On peut estimer que le nombre de camions a été divisé par trois par rapport à une mise en décharge de la totalité des déblais utilisés pour le modelage. Les buttes de stockage ont été aménagées, déplacées et exploitées au fur et à mesure des étapes de construction du quartier.

Dans les cas de faible pollution des sols, à proximité des axes de circulation périphériques, les terres ont été stockées sur site à la condition qu'elles soient réemployées dans le même usage. Les terres plus lourdement polluées ont été envoyées en décharge de type B (anciennement DCMII).



Profil transversal type du mail central

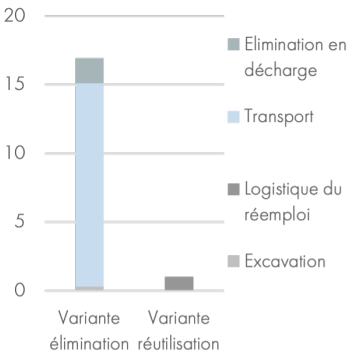
Image : ar ter

Travaux d'excavation

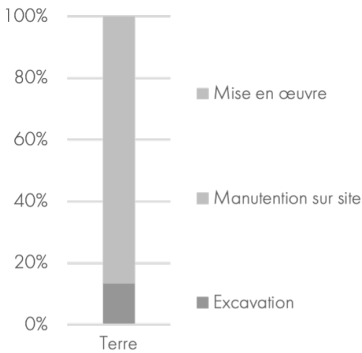
PIÈCES URBAINES A2 / B + ESPACES PUBLICS							
Désignation	Excavation [m³]		Réutilisation [m³] Remblais			Solde [m³]	
	TV	Déblais	TV	Parafouilles	Modelage	TV	Déblais
A2 / B	22'000	116'000	10'000	23'000	20'000	12'000	73'000
Espaces publics	86'000	60'000	78'000	0	111'000	8'000	-51'000
TOTAL	108'000	176'000	88'000	23'000	131'000	20'000	22'000
	248'000		242'000			42'000	

Source : edms ingénieurs SA

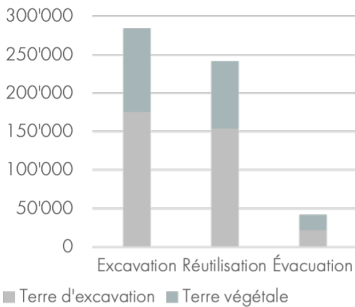
Mouvements des terres



Comparatif émission de GES en kgCO₂e/m³ pour la terre réutilisée



Répartition des émissions de GES en % de la terre réutilisée



Répartition des coûts de réutilisation en CHF

IMPACT ENVIRONNEMENTAL

L'impact environnemental est lié à l'excavation mécanique, au transport au sein du site pour déplacer la terre, au stockage, au transport pour la réutiliser et à l'usage machines pour la mise en place. Ces activités de réemploi ont généré des émissions de GES de 1 kgCO₂eq./m³. Le scénario alternatif aurait été l'excavation, puis le transport des terres vers une mise en décharge ce qui aurait généré une émission de GES de 17 kgCO₂eq./m³. La réutilisation de terre excavée sur place permet de réduire les émissions de GES de 94 % par rapport à leur élimination usuelle en décharge.

Grâce aux terres excavées et réemployées, la réduction d'émission de GES est de 94 % par rapport à une variante à neuf.

3

COÛTS

Conserver les matériaux terreux sur place, réduire de moitié les terrassements des sous-sols des bâtiments et modifier le profil du terrain pour gérer l'évacuation des eaux vers les connecteurs existants, situés seulement à 3 mètres de profondeur, a permis des économies substantielles par rapport à une variante consistant à excaver à 100 % les sous-sols, à reprendre tous les collecteurs et à évacuer complètement les déblais. Ces économies sont cependant impossibles à chiffrer précisément, car cette variante alternative, contrairement aux exigences du GESDEC, n'a jamais été étudiée. Le bureau d'ingénieurs les estime à environ CHF 10mio.

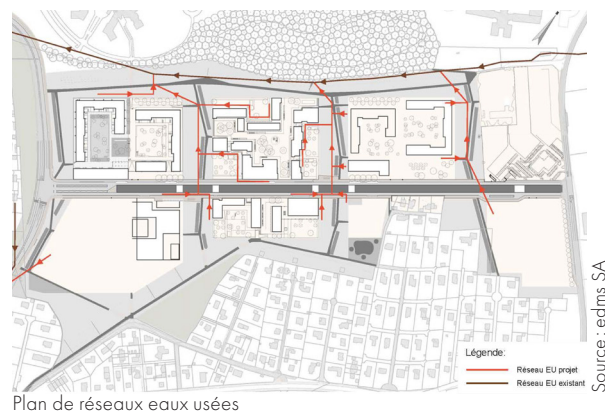
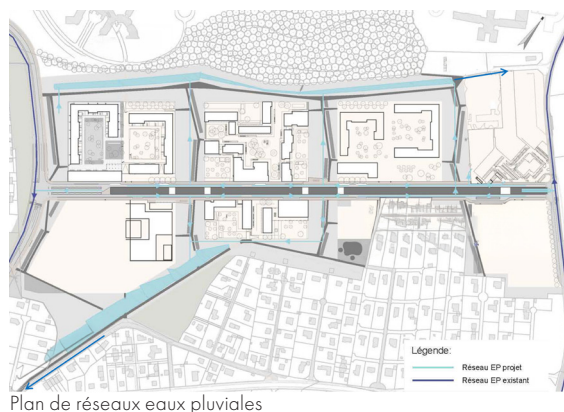
Rapporté au coût total de construction de l'écoquartier de CHF 378 mio, les CHF 10 mio de moins-value liée au concept de gestion des terres d'excavation et à leur réemploi équivalent à une économie de 2.65 %.

Le gain économique associé à la décarbonation est de CHF 2534/tCO₂e.

Etude géotechnique (Karakas & Français, mars 2014)										Hypothèse edms	
Altitude Epais.	Prof.	hydro.	PROFIL	USCS ou RQD	SPT	Qu (kgp)	Su (kgp)	w (%)	γ (kN/m³)	DESCRIPTION LITHOLOGIQUE	GEOLOGIE
427.30	0.00									Terre végétale et sous-couche : limons argileux un peu sableux avec présence de racelles, marnons, organiques	TV 0.40 m / SCA 0.20 m
426.80	0.50					120				Colluvions : limons argileux et sableux sans caillou, marnons et roux, d'aspect grumeleux, tendres, plastiques	Colluvions 0.50 m
426.30	1.00					100 200 400				Retrait würmien, phase limoneuse et limono-argileuse consolidée par dessiccation : limons sableux passant à des limons argileux avec de plus en plus de petits graviers, beige-roux marbrés de gris, d'aspect feuilleté à mal stratifié, durs, plastiques. Assise imperméable de compacité moyenne.	Retrait würmien 1.10 m
425.30	2.00					3 10 15 350 350 350 300		10.3	21.4	Moraine würmienne limono-argileuse moyennement compacte : limons argileux à cailloux et blocs alpins assez peu nombreux et irrégulièrement distribués dans la masse, gris, massifs, très durs à durs, plastiques. Assise moyennement avec augmentation de la teneur en eau en profondeur alors que la consistance diminue.	Moraine

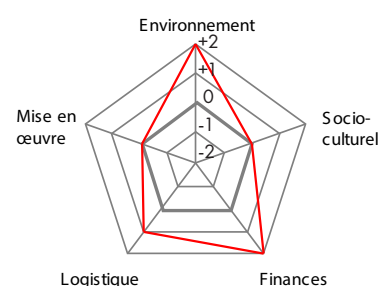
Etude géotechnique

Source : edms SA / Karakas & Français SDA



SYNTHÈSE

Le projet de la première étape de l'écoquartier de Belle Terre et la gestion de ses terres d'excavation rend le concept général et le réemploi indissociables. C'est un exemple à suivre, où le réemploi fait partie intégrante du projet dès ses prémises. Analysé sous le prisme multicritère du projet REMCO représente une plus-value marquée sur les plans environnemental (économies de CO2 de xx%), financier (économie estimée à CHF 10 mio) et logistique (nombre de camions divisé par trois) par rapport à une variante sans modelage du terrain. La mise en œuvre des terrassements et remblais ne présente pas de différences majeures par rapport à une alternative sans réemploi, la gestion des dépôts sur le chantier même a par contre nécessité une attention particulière, en coordination avec l'avancement des travaux. On considère cet impact comme neutre. Finalement, l'impact socio-culturel est positif: le modelage du terrain a permis la création d'espaces extérieurs variés (à la nature), où densité bâtie et nature (50% des surfaces du quartier lui sont dédiées) font bon ménage.



NOTES D'ENTRETIENS

Le projet a nécessité 12 ans d'études, de discussions et de mises au point, puis 3 ans de chantier avant la livraison des premiers logements.

Dans ce genre de processus, maintenir un cap et assurer la cohérence du projet est un défi.

Le concept de gestion des terres d'excavation a été élaboré et mis en œuvre par un seul et même bureau d'ingénieurs civils, ce qui a rendu possible un suivi complet du projet du début des études préalables jusqu'à la fin de la réalisation. C'est ce continuum qui a rendu possible la maîtrise du processus du développement du projet et sa réussite.

Entretiens avec edms ingénieurs SA, 2024.

Le concept a été élaboré et mis en œuvre par le même bureau d'ingénieurs. Ce continuum a rendu possible un suivi du début à la fin et ainsi la réussite du projet.

Remerciements : edms ingénieurs SA, Petit Lancy,

Edition : institut inPACT, HEPIA, rue de la Prairie 4, 1202 Genève, janvier 2025

Auteurs : Benoît Séraphin, Lionel Riquet (HEPIA), Mija Frossard, Stéphane Citherlet (HEIG VD)

Graphisme : Grit Fowler (HEPIA)

Dessins : Luca Cardinale (HEPIA)

Les auteurs seuls répondent du contenu des fiches et des conclusions.

© l'éditeur