



bluefactory

Renaturation Urbaine

Projet E.2.5.

Rapport Intermédiaire



14. août 2025

Climate Services SA

Écrit par : Werner Halter et Daniel Schulz



Table des matières

1. Introduction	3
Présentation de l'outil.....	4
3. Résultats.....	5
3.1 Fournitures	6
3.2 Activités de chantier	7
3.3 Logistique et transport.....	7
3.4 Végétation.....	7
4. Conclusion.....	8
5. Annexes	9
5.1 Méthodologie	9
5.1.1. Source des données	9
5.1.2. Facteurs d'émissions.....	9
6.1. Hypothèses.....	10
6.1.1. Matières premières.....	10
6.1.2. Matières préfabriquées.....	10
6.1.3. Activités de chantier	10
6.1.4. Logistique	10
6.1.5 Paysagisme.....	11
7. Descriptif de l'outil Excel	11

1. Introduction

Les projets de construction en Suisse s'inscrivent dans un contexte législatif en pleine évolution, marqué par une volonté d'intégrer les enjeux climatiques et environnementaux dans l'aménagement du territoire. À l'échelle nationale, plusieurs lois ont récemment été révisées ou introduites afin de fixer des exigences en matière de préservation des ressources, de réduction des émissions de gaz à effet de serre (GES) et de promotion de l'économie circulaire dans le secteur du bâtiment et des infrastructures.

Ces exigences s'appliquent aux différentes phases de vie des ouvrages – de la planification à la déconstruction – et visent à soutenir les objectifs climatiques de la Suisse, en particulier la neutralité carbone à l'horizon 2050.

- Loi fédérale sur la protection de l'environnement (LPE), art. 35j (révision partielle, entrée en vigueur prévue en 2025)
- Loi fédérale sur l'énergie (révision en cours) – habilitation des cantons à fixer des valeurs limites contraignantes pour l'énergie grise et les GES
- Modèle de prescriptions énergétiques des cantons (MoPEC) – en cours de révision
- Loi fédérale sur le climat et l'innovation (2023) – objectif de neutralité carbone du parc immobilier d'ici 2050
- Loi sur le climat du canton de Fribourg (LClim) – obligation d'examen climatique pour les projets soumis au Conseil d'État

Dans la continuité des engagements du canton de Fribourg et du cadre légal national, le projet de renaturation urbaine constitue une opération pilote en matière de durabilité. Ce chantier s'inscrit dans un phasage progressif de développement sur le site de la Bluefactory, avec des étapes successives de construction, d'expérimentation et de réaménagement. Il offre ainsi une opportunité unique de tester, en conditions réelles, des approches innovantes en matière développement bas carbone, de suivi environnemental et de gestion du cycle de vie des matériaux.

Dans cette perspective, le projet s'inscrit dans le cadre du Plan Climat cantonal, et plus précisément de la mesure E.2.5, subventionnée par le canton de Fribourg et portée par Bluefactory Fribourg Freiburg SA (BFF SA). Dans ce contexte, Climate Services SA ainsi que la HEIA-FR ont été mandatées pour apporter leurs compétences spécifiques dans le développement d'un outil d'analyse climatique. Cet outil permet d'évaluer, de manière dynamique, les émissions de gaz à effet de serre liées aux activités de construction, et d'identifier des leviers d'optimisation en lien avec les bonnes pratiques de durabilité. Il s'agit d'un outil évolutif, adaptable à chaque étape du projet, et conçu pour être utilisé tout au long de la vie du chantier.

Aspects environnementaux d'une construction	Eaux souterraines	Évacuation des eaux
	Eaux de surfaces et écosystèmes aquatiques	
	Forêts	Flore, faune, biotopes
	Sols / Ressources	Paysage et sites
	Patrimoines & sites archéologiques	
	Déchets, substances dangereuses	
	Organismes dangereux pour l'environnement	
	Prévention accidents majeurs / catastrophes	
	Vibration / bruit solide propagé	Bruit
	Protection de l'air	Climat
	Rayonnement non ionisant	

 Climate services
sustainability is a chance

Figure 1 Tableau définissant le périmètre d'analyse environnemental et climatique d'un projet de construction

Aspects climatiques d'une construction
Fournitures
Activités de chantier
Paysagisme
Analyses spécifiques

Le présent rapport s'appuie sur cette analyse pour présenter les résultats climatiques de la phase actuelle des travaux en lien avec la renaturation urbaine. Cette analyse climatique sert de base pour identifier et formuler des recommandations concrètes pour les étapes à venir du chantier pour réduire d'avantage l'impact.

Présentation de l'outil

Dans un contexte où les outils d'analyse carbone pour la construction se multiplient, la majorité d'entre eux sont destinés à des spécialistes, et peu adaptés à une communication claire entre les différents acteurs d'un projet et un public plus large. De plus, ces outils présentent fréquemment des périmètres d'analyse fixes, nécessitant l'utilisation de solutions complémentaires pour couvrir l'ensemble des activités d'un chantier. Par exemple, ces outils se focalisent uniquement sur l'énergie grise ou un seul type de matériel, comme le béton.

L'outil développé et employé dans le cadre du chantier de la renaturation urbaine se distingue par le choix d'usage d'un langage commun et accessible, facilitant la compréhension des résultats par l'ensemble des parties prenantes, qu'elles soient techniques, décisionnelles ou opérationnelles. Pensé comme un outil d'aide à la décision, il permet non seulement de quantifier les émissions à chaque étape du chantier, mais surtout d'identifier des leviers d'optimisation concrets pour améliorer la performance climatique, aux différentes étapes du processus d'un chantier. Ce processus d'identification de leviers peut se faire de manière collective avec une multitude de parties prenantes, expert et non-expert en construction.

Dans le cadre de cette étude, les émissions de gaz à effet de serre (GES) ont été quantifiées à l'aide de cet outil. Il permet d'évaluer les impacts climatiques à différentes phases du chantier, en s'appuyant sur une méthode de calcul en équivalent CO₂ (CO₂eq), prenant en compte à la fois les émissions ponctuelles et leur évolution dans le temps. La méthodologie repose sur l'identification et la catégorisation des principaux postes d'émissions. Après une phase de récolte et de traitement de données afin de rendre les données praticables dans l'outil, les émissions sont calculées avec des facteurs d'émissions, issus de bases de données telles que celle de la Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics (KBOB) ou Ecoinvent si nécessaire. Voir la méthodologie en annexe 5.1 pour plus d'informations.

Les données sources utilisées dans l'outil sont généralement extraites du devis quantitatif établi en amont du chantier, mais le système peut accueillir toute autre forme de données, pourvu que celles-ci correspondent à la structure nécessaire de l'outil et allouées aux indicateurs. Cette flexibilité permet d'adapter l'outil à différents degrés de maturité du projet, ou à des modifications successives au fil du chantier, permettant ainsi un affinement continu de l'estimation.

L'analyse climatique produite à l'aide de l'outil se structure autour de quatre catégories principales, qui définissent le périmètre étudié :

- **Fournitures** : matériaux de construction, éléments préfabriqués et autres consommables ;
- **Activités de chantier** : émissions liées à l'utilisation des machines ;
- **Logistique** : tous les transports nécessaires dus au chantier ;
- **Paysagisme** : impacts liés au paysagisme de végétaux.

Figure 2 Périmètre d'analyse pour le chantier de E.2.5.

Catégorie	Sous-catégories	Type d'émissions
Fournitures	Matières premières	
	Matériaux préfabriqués	
	Fournitures divers	
Activité Chantier	Machine de surface (m2)	Emissions Ponctuelles
	Machine de volume (m3)	
	Machine spéciale (m)	
Logistique	Transport en décharge	
	Transport intermédiaire	
	Transport au dépôt	
	Transport des fournitures	
Paysagisme	De végétaux	Emissions Temporelles

Ces quatre catégories d'émissions peuvent être regroupées selon deux typologies distinctes : les émissions ponctuelles et les émissions temporelles. Les catégories Fournitures, Activités de chantier et Logistique, relèvent d'une analyse ponctuelle, car les émissions sont générées au moment de l'exécution des travaux. À l'inverse, les émissions associées aux catégories Paysagisme et Analyses spécifiques s'inscrivent dans une dynamique temporelle, en raison de leur évolution dans le temps, soit par une réduction progressive des émissions, soit par des processus d'absorption liés, par exemple, à la séquestration carbone des végétaux plantés, particulièrement importante pour ce projet.

Ce périmètre d'analyse permet ainsi de cerner de manière fine et facilement communicable les émissions directes et indirectes liées au chantier. Il offre une base commune pour engager un travail collectif avec l'ensemble des parties prenantes, quel que soit leur niveau d'expertise ou leur rôle dans le projet. Sur cette base partagée, il devient possible d'identifier conjointement des pistes d'optimisation pour les phases à venir, en tenant compte des contraintes techniques, des choix constructifs et des objectifs climatiques du projet.

Parmi les éléments identifiés dans le devis quantitatif du projet, un ensemble de matériaux, machines et composants ont été inclus dans le périmètre de quantification des émissions carbone. L'analyse prend en compte, entre autres, les matériaux structurels tels que le béton coulé, le béton préconstruit, la grave (y compris recyclée), le sable, le bois, les géosynthétiques et les différents types de tuyaux (PE, PP, arrosage). Sont également intégrés les éléments métalliques tels que l'acier d'armature et les barrières métalliques, ainsi que des équipements ou fournitures spécifiques comme les poubelles en inox, les produits chimiques, et les chambres de canalisation. Côté machines, les émissions liées à l'usage de plusieurs engins ont été comptabilisées, incluant des pelleteuses hydrauliques, compacteurs, niveleuses, hydrosemeuses et autres matériels de chantier utilisés pour les terrassements et aménagements. Enfin, les mouvements de terre et le traitement des matériaux excavés (terre et matériaux non contaminés) sont également intégrés à l'analyse.

3. Résultats

Le

Tableau 1 présente les résultats de la quantification des émissions de CO₂ pour les catégories d'émission ayant un impact ponctuel dans le temps.

Tableau 1 : Résultats de la quantification des émissions de CO₂ pour les catégories avec un impact ponctuel

Résultats Compacts		
Catégorie	tCO2	C %
C1 - Fournitures	188	77%
C2 - Activité de chantier	38	16%
C3 - Logistique	17	7%
Total	244	

Ces résultats montrent que sur un total de 244 tCO₂, les fournitures représentent environ 77% des émissions de la catégorie, suivies par les activités de chantier 16% et la logistique 7%.

Les émissions les plus élevées proviennent des matières premières et de la logistique. Les efforts de réduction doivent donc cibler prioritairement les fournitures et les transports. Le détail de l'impact de chaque catégorie est présenté ci-dessous :

3.1 Fournitures

Tableau 2 : Résumé de l'impact carbone de la production des fournitures

Catégorie	Sous-catégorie	Total tCO2	Total tCO2	Cat. %	Sous-cat. %
C1 - Fournitures	Matières premières	163	188	77%	86%
	Matériaux préfabriqués	25			13%
	Fournitures divers	1			0%

Cette catégorie est la plus émettrice de CO₂, totalisant 188 tCO₂, principalement dues aux matières premières (163 tCO₂), le béton coulé représentant à lui seul 70 % de cette sous-catégorie. Les matériaux préfabriqués (25 tCO₂) sont composés principalement d'acier d'armature, de géosynthétique ainsi que de tuyaux de canalisations. La sous-catégorie « Fournitures divers » contribue faiblement (1 tCO₂), avec des éléments tels que des produits chimiques et des poubelles en inox. Le Tableau 3 présente une analyse détaillée des différentes fournitures amenées utilisées sur le site.

Tableau 3 : analyse détaillée des différentes fournitures amenées utilisées sur le site

Catégorie	Sous-catégorie	Indicateurs	tCO2	S-C %
Fournitures	Matières premières	Béton coulé	159.7	85%
		Grave	2.0	1%
		Grave Recyclée	0.0	0%
		Sable	0.9	0%
	Matériaux préfabriqués	Acier d'armature	5.5	3%
		Barrière métalliques	0.0	0%
		Béton préconstruit	0.9	0%
		Bois	0.0	0%
		Chambres Canalisation	0.7	0%
		Géosynthétiques	6.2	3%
		Tuyaux PE	2.3	1%
		Tuyaux d'arrosage	2.7	1%
	Fournitures Divers	Tuyaux PP	0.2	0%
		Poubelles inox	6.1	3%
		Produits Chimique	0.6	0%

3.2 Activités de chantier

Tableau 4 : Impact carbone des activités de chantier

Catégorie	Sous-catégorie	Total tCO2	Total tCO2	Cat. %	Sous-cat. %
C2 - Activités de chantier	Machine de surface(m2)	21	38	16%	9%
	Machine de volume(m3)	15			6%
	Machine de spéciale (m)	2			1%

Avec un total de 38 tCO₂, cette catégorie englobe les émissions des machines de chantier, générées principalement par leur consommation de carburant. Les « Machines de surface » (21 tCO₂) sont les principales sources d'émissions ; elles regroupent les activités réalisées avec une nivelleuse, une hydrosemeuse et une compacteuse. Viennent ensuite les « Machines de volume » (15 tCO₂), comprenant les pelleteuses hydrauliques, les compacteurs vibrants et les mini-pelleteuses.

3.3 Logistique et transport

Tableau 5 : Impact carbone de la logistique

Catégorie	Sous-catégorie	Total tCO2	Total tCO2	Cat. %	Sous-cat. %
C3 - Logistique	Transport décharge	0	17	7%	0%
	Transport intérieur/médiaire	1			0%
	Transport dépôt	1			1%
	Transport fournitures	15			6%

La logistique représente une contribution peu significative avec 17 tCO₂, largement dominée par le transport des fournitures de la première catégorie (15 tCO₂). L'empreinte basse dans la logistique est notamment dû au fait que beaucoup de matériaux ont été réemployés sur le site, réduisant ainsi significativement les distances parcourues par les matériaux utilisés.

3.4 Végétation

Tableau 6 : Impact carbone des végétaux

Bilan des arbres plantés / abattus			
variable de densité (plants / m2) =	0.34		
arbres prévus =	11		
arbre en plus =			
Arbres	pc	ha	
Abbatage	0	0.0000	
Plantation	11	0.0032	

Résultats Paysagisme de Végétaux			
Année	Potentiel d'absorption tCO2 perdu cumulé (émissions CO2)	Potentiel d'absorption tCO2 gagné cumulé (stockage CO2)	Delta d'absorption tCO2 perdu ou gagné cumulé
3	0	0	0
20	0	-17	-18
40	0	-50	-68

*en négatif, les émissions séquestrées

*en positif, les émissions libérées

Le Tableau 6 présente l'évolution du potentiel d'absorption de CO₂ à 3, 20 et 40 ans. Le potentiel d'absorption perdu correspond généralement à la perte liée à l'abattage d'arbres et de surfaces végétales, qui cessent de capter du CO₂ dès leur suppression. Dans le cadre du projet E.2.5, aucun abattage n'a été recensé : cette valeur reste donc nulle. En revanche, 11 arbres ont été plantés dans le cadre de cette opération de renaturation urbaine, ainsi qu'un grand nombre de strates basses, contribuant significativement au potentiel d'absorption de CO₂ gagné.

Le potentiel d'absorption gagné traduit, quant à lui, la capacité progressive des nouveaux végétaux à séquestrer du CO₂, atteignant -68 tCO₂ après 40 ans. Les jeunes arbres ainsi que les strates basses présentent généralement une capacité d'absorption plus faible, en particulier dans les premières années suivant leur plantation.

Afin d'évaluer les possibilités de compensation à plus long terme, l'outil "paysagisme" permet de simuler différents scénarios de plantation. Par exemple, pour compenser intégralement les 244 tCO₂ du projet après 40 ans, il faudrait planter 235 arbres, soit reconstituer une surface d'environ 724 m² en considérant une densité de 0,34 plant par m².

4. Conclusion

Cette première analyse du chantier de renaturation urbaine constitue une base de travail pour développer des comparaisons, des suivis dans le temps et des ajustements méthodologiques sur le site de bluefactory dans son entièreté. Par exemple, une suite possible du travail consisterait à étendre l'utilisation de l'outil aux autres constructions du site, notamment pour l'analyse de la construction du bâtiment B. Cela permettrait de produire des résultats comparables entre les différentes chantiers, phases de développement et ainsi de consolider un référentiel commun de suivi carbone. Une comparaison des résultats obtenus avec ceux issus d'autres outils ou approches pourrait également être envisagée.

Par ailleurs, une vérification des hypothèses de conversion utilisées dans la fiche "Analyse" par une personne experte permettrait d'augmenter la robustesse du chiffrage et de clarifier les marges d'incertitude associées aux différents postes. Il pourrait également être utile de revoir les résultats en lien avec les budgets CO₂eq éventuellement fixés en amont, afin de situer les ordres de grandeur

obtenus par rapport aux objectifs initiaux du projet. Une piste évoquée est la possibilité de définir collectivement des valeurs de référence ou “benchmarks”, qui permettraient de mieux situer les résultats ponctuels de ce chantier, mais aussi d’ouvrir la comparaison avec d’autres projets ayant des contextes ou des objectifs similaires.

Le fait que cette analyse repose sur les éléments effectivement réalisés, tels que définis dans le devis quantitatif, implique qu’aucune émission évitée n’est comptabilisée pour les constructions ou matériaux qui n’ont pas été mis en œuvre. Une prochaine étape pourrait consister à recenser les mesures concrètes qui ont permis d’éviter certaines émissions, comme le non-recours à des dalles neuves grâce au réemploi, ou le choix d’éléments allégés comme le dôme en bois.

Enfin, certaines analyses temporelles complémentaires pourraient être intégrées dans les prochaines itérations du travail, notamment les effets différés liés à des installations comme la récupération d’eau, qui n’apparaissent pas dans le chiffrage ponctuel mais pourraient avoir un impact sur le bilan total à moyen ou long terme. Ces prochaines étapes recommandées pourraient être discutés dans le cadre de séance collective avec les parties prenantes du projet.

5. Annexes

5.1 Méthodologie

Le périmètre est divisé en 4 catégories et des sous-catégories respectives :

- **Fournitures** : considère toutes les fournitures nécessaires pour la réalisation du chantier. Cette catégorie est séparée entre les matières premières et les matières préfabriquées. Les fournitures considérées comme « Fournitures divers » représentent principalement des produits faits à base de produits chimiques. Les déchets générés par l'emballage des matériaux préfabriqués ne sont pas comptabilisés dans cette catégorie.
- **Activité de chantier** : considère les machines de chantiers et leur utilisation de carburant.
- **Logistique** : considère les transports de différentes distances, autant de l'extérieur que vers le chantier, les transports au sein du chantier et aussi ceux de l'évacuation de fournitures en décharge.
- **Paysagisme** : est séparé entre le paysagisme végétal et le sol. Le paysagisme végétal comprend tous les arbustes, arbres et herbacées abattus ou plantés dans la cadre du projet et la captation CO₂ de ceux-ci.

Chaque catégorie d'émission a été quantifiée de manière individuelle avec des méthodes spécifiques. Une explication plus détaillée est fournie dans le chapitre 6 expliquant plus en détail les méthodes employés pour le chiffrage CO₂ des catégories.

5.1.1. Source des données

Les données nécessaires à la quantification de cette étude ont été fournies par bluefactory sous la forme d'un devis. Après une analyse de la documentation, il a été convenu d'utiliser le devis comme source primaire pour le chiffrage des émissions CO₂ les descriptifs de travaux quantifiés, élaborés par Verzone Woods Architectes Sàrl, contenant le détail de chaque partie du projet. Le devis a été élaboré en décembre 2023.

Pour exploiter ces données, les descriptifs de travaux, ainsi que toutes les informations qu'ils contiennent, ont été rassemblés dans l'outil, regroupant l'ensemble des données dans un nombre limité de catégories. Le résultat est dans la fiche « Analyse » du fichier Excel présenté dans le chapitre 7. Ces informations ont pour but d'être validée par les parties prenantes concernées pour valider l'exactitude de l'allocation aux catégories et aux conversions. De plus, différentes sources ont été employées, issues de recherches afin de formuler les hypothèses mentionnées en 6.1.

5.1.2. Facteurs d'émissions

Les facteurs d'émissions sont utilisés afin de convertir des valeurs en unité de mesure en quantité de CO₂ équivalent émise. Les facteurs d'émissions sont généralement le résultat d'une analyse de cycle de vie (ACV) faite par des spécialistes et compilés dans diverses bases de données. En revanche, il est possible qu'un facteur d'émission pour un matériel diffère d'une base de données à l'autre en fonction du périmètre et de la méthodologie choisis pour l'ACV.

Notre méthodologie de choix de facteurs d'émissions suit le principe suivant :

Premièrement, les facteurs d'émissions sont recherchés sur la base de données de la Conférence de coordination des services de la construction et des immeubles des maîtres d'ouvrage publics (KBOB). Cette base de données, créée par des services publics, sert de référence à tout le domaine de la construction en Suisse. Deuxièmement, si le facteur d'émission n'est pas trouvé dans la base de données de la KBOB, une recherche dans la base de données Ecoinvent est effectuée. Cette base de données, développée en Suisse, représente l'une des plus grandes ressources de facteurs d'émissions actuellement disponible. Finalement, si aucune des deux options ci-dessus n'offre des facteurs d'émissions convenables, une recherche de publications académique d'ACV est effectuée sur d'autres bases de données publiques, dans l'optique de choisir un facteur d'émissions représentatif.

De plus, il est parfois difficile de trouver un facteur d'émission correspondant exactement au matériel analysé, par manque de disponibilité dans une certaine base de données. Dans ce cas, le facteur d'émission d'un matériau présentant les caractéristiques les plus proches du matériel utilisé est choisi. Pour les matériaux complexes et variables, tel que le béton, des outils de calculs spécifiques ont été développés dans le cadre de la présente étude.

6.1. Hypothèses

Différentes hypothèses ont été formulées pour les différentes catégories du périmètre mentionné en 5.1 dans le but de chiffrer de manière précise la quantification CO₂. Les hypothèses ont été ensuite validées avec le BFF SA au fur et à mesure du chiffrage CO₂.

6.1.1. Matières premières

Afin de convertir des unités de m³ en kg, nous avons formulé des hypothèses sur la densité moyenne des différents matériaux analysés dans le descriptif de travaux. Ces hypothèses peuvent être consultées dans les colonnes dans la fiche « Analyse » de l'outil Excel.

6.1.2. Matières préfabriquées

Souvent, des matériaux préfabriqués étaient quantifiés en mètre, en mètre carré ou par pièces, ne permettant pas une conversion immédiate par un facteur d'émission. Afin de convertir ces valeurs en unité de masse (kg ou tonne), plusieurs hypothèses sur des valeurs moyennes ont dû être effectuées. Par exemple, sur des épaisseurs ou sur le poids moyen par pièce. De plus, pour des matériaux préfabriqués ou les matériaux composés d'une multitude de composantes, des hypothèses sur la composition et les composantes prédominantes des matériaux ont été faites. Ces hypothèses peuvent être consultées dans les colonnes dans la fiche « Analyse » de l'outil Excel.

6.1.3. Activités de chantier

Pour les activités de chantier, une recherche a été effectuée par Climate Services SA pour allouer une machine de chantier par activité de chantier identifié à partir des descriptifs de travaux.

Ensuite, pour les machines de chantier identifiées (14 au total), une consommation en litres par heure ainsi qu'une productivité en m²/h ont été formulées afin de calculer une consommation totale de carburant. Ces hypothèses peuvent être consultées et adaptées dans l'outil 2 dans la fiche « Outil » de l'Excel. L'analyse suppose que le carburant utilisé par toutes les machines est du diesel.

6.1.4. Logistique

La logistique est séparée en 4 catégories, et une distance estimée en kilomètres a été sélectionnée afin de calculer l'usage de carburant et, ensuite, l'impact CO₂ de la logistique :

- **Transport décharge** : concerne toutes les évacuations vers des sites de traitement ou de stockage, avec une distance moyenne estimée à 10 km.
- **Transport intermédiaire** : concerne les mouvements de matériaux à l'intérieur du site de construction, avec une distance moyenne estimée à 1 km.
- **Transport dépôt** : concerne l'acheminement de matériaux depuis des dépôts régionaux, une distance moyenne de 10 km est estimée.
- **Transport fournitures** : concerne toutes les fournitures de la catégorie 1 (matières premières, matériaux préfabriqués, fournitures diverses), avec une distance moyenne de 35 km.

Ces hypothèses peuvent être consultées et modifiées dans l'outil 3, dans la fiche « Outil » de l'Excel.

6.1.5 Paysagisme

La quantification de l'impact des changements d'affectation des sols et l'impact des végétaux (enlevés ou replantés) est subdivisée en deux catégories.

- Les végétaux représentent tous les abattages, plantations et défrichement d'arbres, d'arbustes et d'herbacées. Pour chaque type de végétal, nous calculons des émissions/séquestration carbone en tCO₂ / an en fonction de l'âge des plantes, de leur capacité de stockage et du milieu.

7. Descriptif de l'outil Excel

Dans ce chapitre nous passons en revue les différentes fiches de l'Excel.

Fiche 1_Méthodologie

Cette fiche sert de fiche informative pour présenter les catégories analysées dans le cadre du périmètre.

Fiche 2_Analyse

Contient toutes les données analysées dans la quantification, issues de la collection de descriptifs de travaux.

- **Colonnes A à G** – Informations reprises du devis fourni. Elles permettent de retracer précisément à quelle ligne du devis correspond la position analysée.
- **Colonnes M à P** – Catégorie allouée à la position du devis, sous-catégorie, indicateur et matériau.
- **Colonnes Q à V** – Facteurs de conversion utilisés pour obtenir l'unité de base nécessaire au calcul en tCO₂.
- **Colonnes W à Z** – Données finales nécessaires pour arriver à la valeur convertie en unité de base normalisée.
- **Colonnes AA à AF** – Facteurs d'émission utilisés.
- **Colonne AG** – Résultat en tCO₂.
- **Colonne W** – Valeur finale en tonnes de CO₂.

Fiche 3_Outils

La fiche 3_Outil contient les outils développés afin de comparer des scénarios avec ou sans pratiques durables et de modifier des hypothèses impactant différentes variables.

- **Outil 1 – Béton**
L'outil béton permet au client de sélectionner un béton normal et/ou un béton durable pour chaque partie du projet qui utilise du béton. Les bétons sont choisis en fonction du client et du génie civil. L'outil calcule ensuite la quantité finale en tCO₂ pour la sélection spécifique du client. Une image avec les bétons utilisés pour chaque partie de l'ouvrage est incluse dans l'outil comme référence et source des bétons utilisés. Une autre image présente les applications possibles du béton de recyclage afin de guider et informer le client dans sa décision.
- **Outil 2 – Activité de Chantier**
L'outil pour les activités de chantier fait la somme de toutes les activités de chantiers et machines allouées par activité de chantier selon la nature de la machine : machine de surface, machine de volume et machine spéciales. Cet outil permet à l'utilisateur de modifier les litres par heure et l'efficacité moyenne de la machine en question. Ces chiffres peuvent en effet varier

selon la taille de la machine et l'ancienneté de la machine. Comme mentionné précédemment, il est supposé que les machines utilisent du diesel comme carburant.

- **Outil 3 – Transports**

L'outil transport permet à l'utilisateur de comparer deux scénarios selon un type de flotte utilisant un certain carburant et une taille de véhicule moyen. L'utilisateur peut aussi modifier les hypothèses sur les distances moyennes.

Fiche 4_Paysagisme

Cette fiche présente un tableau regroupant toutes les activités de paysagisme identifiées dans le projet. Le tableau concerne les types arbres, arbustes et herbacées. Pour chaque type de végétal, nous précisons le milieu, l'âge et le type de feuillage pour y associer une valeur de tCO₂/an ou tCO₂/m².

Fiche 6_Résultats Ponctuels

Cette fiche présente trois tableaux résumant les résultats de l'analyse des fiches précédentes.

- **Tableau 1 – Résultats Compacts** est une synthèse du tableau détaillé montrant le total CO₂ par catégories et par sous-catégories.
- **Tableau 2 – Résultats** présente les résultats en tCO₂ par catégories et sous-catégories. La colonne C % représente la proportion de chaque catégorie pour toutes les catégories confondues. La colonne S-C % représente la proportion de chaque indicateur pour chaque sous-catégorie.
- **Tableau 3 – Résultats Détaillés** présente les résultats en tCO₂ par indicateurs. La colonne C % représente la proportion de chaque indicateur pour toutes les catégories confondues. La colonne S-C % représente la proportion de chaque indicateur pour chaque sous-catégorie.

Fiche 7_Résultats Temporel

- **Résultats Paysagisme de Végétaux** – montre le potentiel d'absorption en tCO₂ perdu et gagné, cumulé durant les années jusqu'à 40 ans après la plantation ou l'abattage de végétaux. La colonne delta de captation perdu et gagné représente la différence entre l'état initial de captation avant le projet et après le projet. Cette page de résultats permet d'y introduire un nombre hypothétique d'arbres plantés pour voir l'effet de la séquestration carbone aurait sur le temps si plus d'arbres étaient plantés.

Fiche 9_Omis

Cette fiche représente toutes les positions non comptabilisées dans le bilan CO₂ pour diverses raisons.



Rapport sur le Projet Plan Climat Année 2024 et Perspectives pour 2025

Résumé du Travail 2024

a) Mise à disposition claire des outils

Les outils ont été mis à disposition sur le site internet : <https://www.buildinglowcarbon.com/our-tools/plan-climat> et une explication dans les outils permet aux parties prenantes une utilisation autonome.

Par ailleurs, les graphiques ainsi que les indicateurs figurant en première page offrent une vue d'ensemble claire, facilitant l'analyse et la compréhension des résultats obtenus.

Simplibat tool for buildings (carbon footprint calculator)

This tool calculates the carbon footprint of buildings for both new construction and operational phases. Using assumptions about building elements, it enables a quick calculation with a few measurements known from the preliminary design stage.



And to support the implementation of exemplary models for future neighborhoods:

A project brief to define parameters for calls for projects:



A tool to establish the carbon budget for a neighborhood in line with Switzerland's climate strategy.



Please note that the tools are not kept up to date; they are the results of research projects with limited funding durations. Furthermore, we take no responsibility for their use or for any errors they may cause.

These tools were developed as part of the "PlanClimat" project. To better understand the tools, refer to the project description



Figure 1 – Capture d'écran du site internet

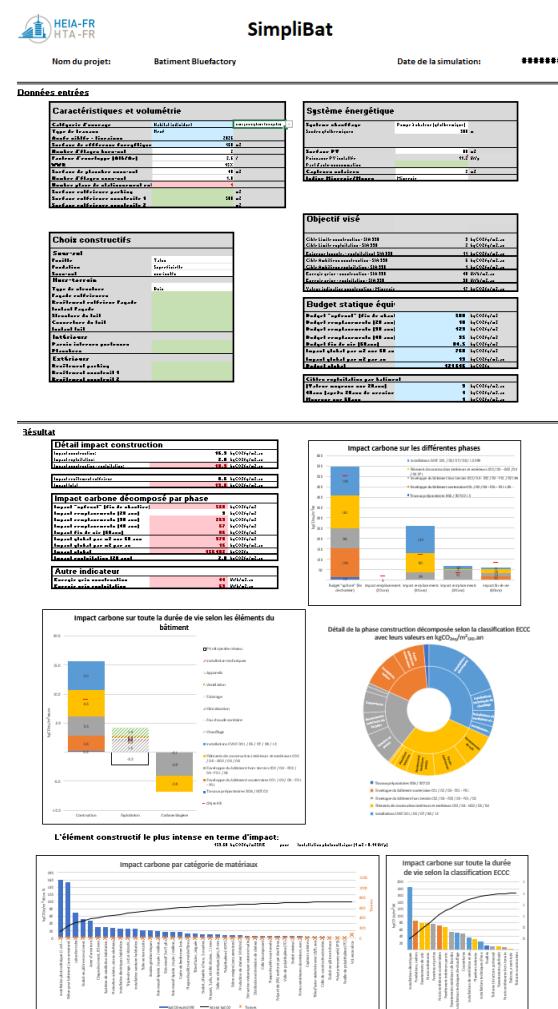


Figure 2 – Capture d'écran de l'outil

b) WP2.3 : Validation

L'outil Simplibat a été expérimenté en interne dans le cadre de projets de recherche (Net-zero, TypoBuildZero,...), ce qui a permis d'identifier d'éventuelles erreurs ou omissions dans les données ou les fonctionnalités.

Le rapport du projet Net-zero est disponible à l'adresse :

<https://www.aramis.admin.ch/Texte/?ProjectID=53407>

Priore, Y.D., Habert, G., Jusselme, T., Zwicky, D., Cau, S.A., Lasvaux, S., Frossard, M., Favre, D., Zhang, X., 2024. Netto-Null Treibhausgasemissionen im Gebäudebereich NN-THGG Net-zero GHG emissions in the building area Bottom-up approach. Swiss Federal Office of Energy SFOE.

Cette phase de test a conduit à plusieurs ajustements, notamment l'ajout de composants jugés pertinents, améliorant ainsi la fiabilité et la précision de l'outil.

c) WP1.3 : Développement de l'outil Simplibat

Le bilan carbone du calcul des espaces extérieurs a été intégré dans l'outil Simplibat sur la base d'hypothèses de surface conformes à la norme VSS.

Un calcul plus détaillé et cohérent des valeurs d'exploitation a été réalisé, notamment grâce à l'intégration d'un module de calcul automatique de l'autoconsommation photovoltaïque.

Une fonctionnalité de comparaison a également été proposée afin de faciliter l'analyse entre projets.

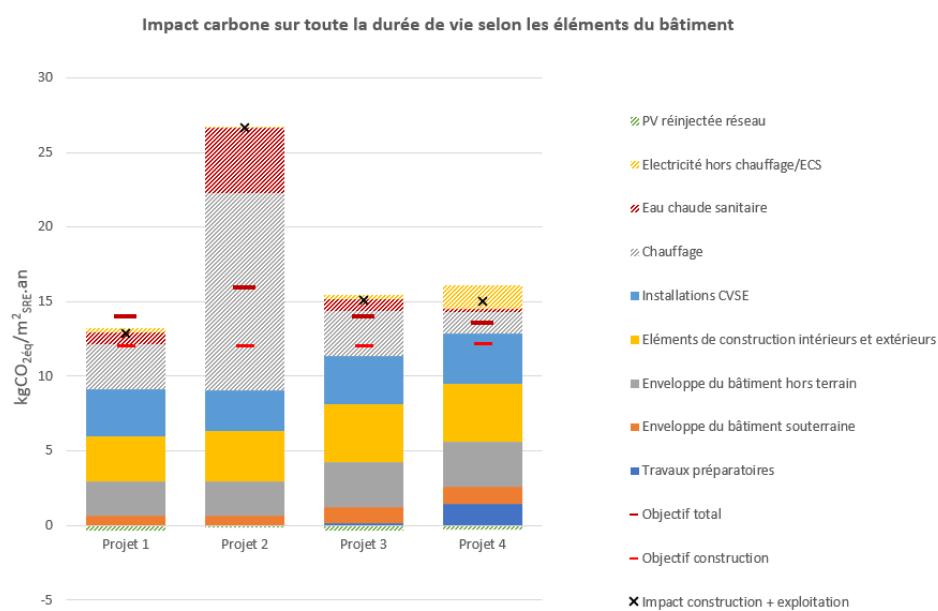


Figure 3 - Outil de comparaison

Enfin, des mises à jour ont été effectuées pour garantir la conformité avec la norme SIA 390/1 et les dernières données du KBOB.

Cela permet à l'outil de calculer l'impact de la réutilisation conformément aux exigences de cette même norme.



De plus, comme la SIA 390/1 donne des valeurs indicatives d'objectif d'énergie grise, celle-ci a été ajoutée comme résultat de l'outil.

Travail pour 2025

a) WP1.3 : continuer le développement de l'outil Simplibat

Le développement de l'outil inclura un module de calcul dédié à la rénovation de bâtiments

Une autre étape consistera à développer un calcul thermique simplifié, permettant d'ajuster l'impact de la phase d'exploitation en fonction du niveau d'isolation thermique du bâtiment.

b) WP2.3 : Validation

L'objectif est d'évaluer la pertinence et l'efficacité de l'outil Simplibat en le confrontant à des données issues de projets réels et construits dont l'inventaire des matériaux est connu et précis.

Par ailleurs, l'intégration d'un indicateur d'incertitude est envisagée afin de représenter la marge d'erreur associée aux résultats et d'en améliorer l'interprétation.

c) WP 3.2 : Mapping du process global

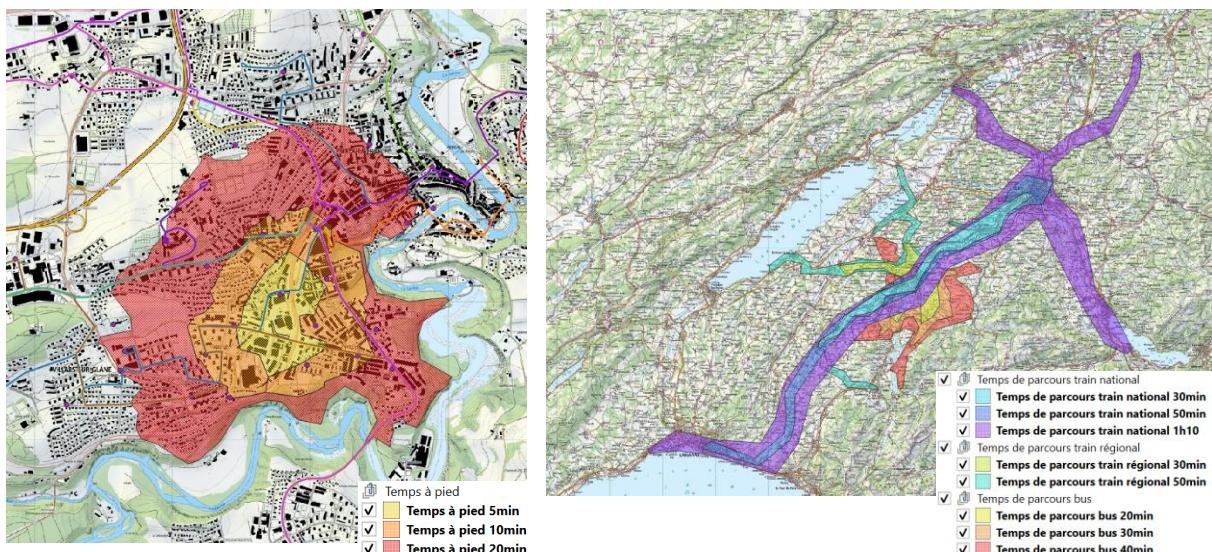
Parmi les éléments restant à développer en 2025 figurent l'élaboration d'un schéma global des processus – précisant quel outil utiliser, à quel moment, de quelle manière et dans quel objectif – ainsi que la rédaction d'un guide de conception bas carbone destiné à accompagner les acteurs tout au long du projet.

BougeFactory : Plan de mobilité du site Bluefactory

Rapport d'activités 2024

Etat des lieux

L'analyse du potentiel de mobilité du site a été complétée à l'aide d'un inventaire des solutions de mobilité présentes à Bluefactory mais également de son accessibilité. Cette analyse permet de déterminer, notamment, comment les utilisateurs.trices du site devraient s'y rendre en fonction de leur lieu, généralement, de domicile.



Exemples de cartes d'accessibilité du site de Bluefactory : à gauche, accessibilité à pied ; à droite, accessibilité en transports publics

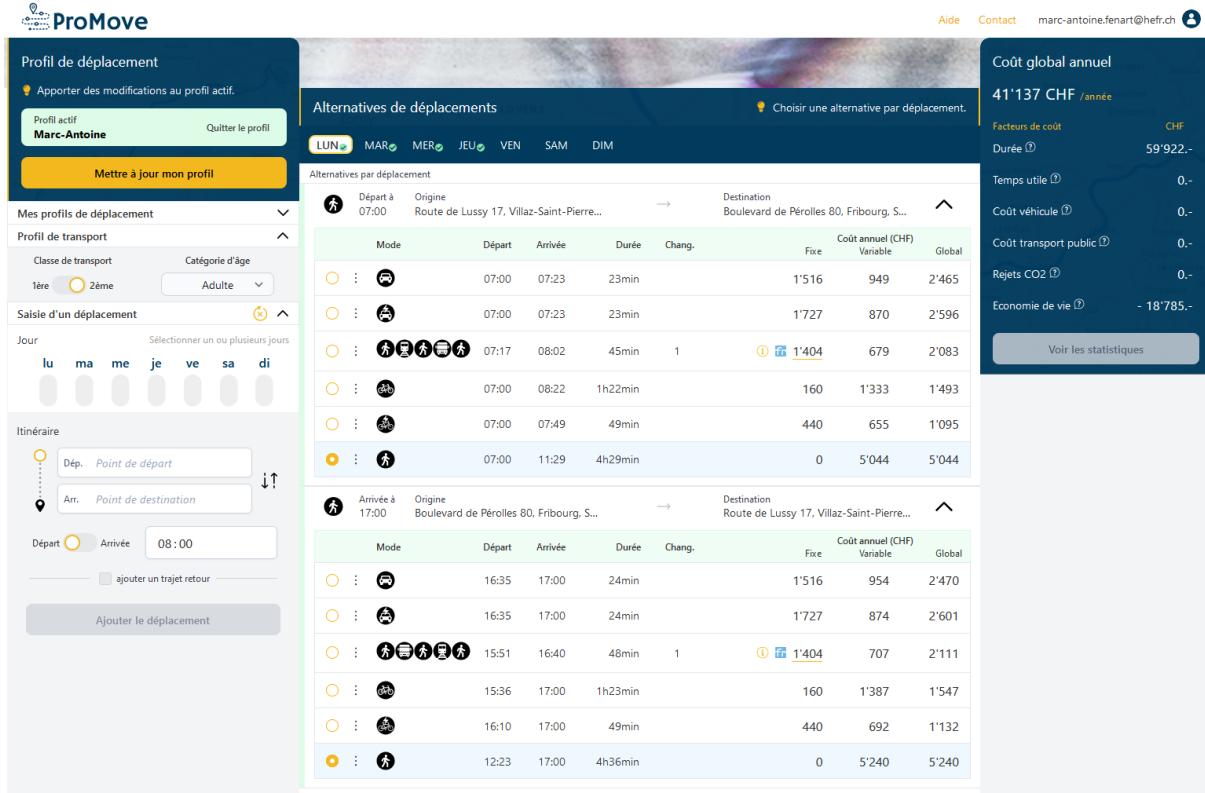
Profils de déplacements

Il est évident que la notion de temps de trajet entre en considération lors du choix modal (de mode de transport). Afin de sensibiliser les utilisateurs.trices du site à la prise en compte relative du temps dans le choix modal, l'outil ProMove, développé à la HEIA-FR doit être mis à disposition. Les équipes de BFF SA ont pu tester l'outil mais suite à une révision de l'accès aux bases de données de l'Alliance SwissPass, une organisation nationale qui chapeaute la branche des transports publics, certaines parties de l'outil doivent être modifiées. Il sera ensuite proposé à l'ensemble des utilisateurs.trices du site de Bluefactory.

Fondamentalement, cet outil permet de mettre, sur un pied d'égalité monétaire, plusieurs indicateurs financiers qui permettent à l'utilisateur.trice de comparer les différents modes de transports ou combinaisons de modes de transports adaptés à son usage quotidien. Il s'agit notamment des indicateurs suivants :

- Durée du trajet (monétarisation du temps de déplacement) ;
- Temps utile (monétarisation du temps de travail possible dans les transports publics) ;
- Coûts du véhicule (coût liés aux voitures automobiles ou vélos) ;
- Coûts de transports publics (coûts liés aux abonnements ou billets de transports publics) ;
- Rejets de CO₂ (monétarisation des rejets de CO₂ selon les modes de transports retenus) ;
- Economie de vie (monétarisation de l'économie de vie réalisée lors d'une activité physique : marche à pied ou vélo).

Ces différentes indicateurs se basent sur des recherches scientifiques ou des standards nationaux et internationaux.



The screenshot shows the ProMove tool interface. On the left, a sidebar for 'Profil de déplacement' (Travel Profile) shows a 'Profil actif' for 'Marc-Antoine'. The main area displays 'Alternatives de déplacements' (Displacement Alternatives) for a trip from 'Route de Lussy 17, Villaz-Saint-Pierre...' to 'Boulevard de Pérolles 80, Fribourg, S...'. Two tables of alternatives are shown, each with columns for Mode (Mode of transport), Départ (Departure), Arrivée (Arrival), Durée (Duration), Chang. (Changes), Fixe (Fixed cost), Coût annuel (CHF) (Annual cost CHF), Variable (Variable cost), and Global (Total cost). The first table shows alternatives for departure at 07:00, and the second for arrival at 17:00. The cost table on the right shows a total annual cost of 41'137 CHF and various cost factors.

Mode	Départ	Arrivée	Durée	Chang.	Fixe	Coût annuel (CHF)	Variable	Global
...	07:00	07:23	23min		1'516	949	2'465	
...	07:00	07:23	23min		1'727	870	2'596	
...	07:17	08:02	45min	1	1'404	679	2'083	
...	07:00	08:22	1h22min		160	1'333	1'493	
...	07:00	07:49	49min		440	655	1'095	
...	07:00	11:29	4h29min		0	5'044	5'044	

Mode	Départ	Arrivée	Durée	Chang.	Fixe	Coût annuel (CHF)	Variable	Global
...	16:35	17:00	24min		1'516	954	2'470	
...	16:35	17:00	24min		1'727	874	2'601	
...	15:51	16:40	48min	1	1'404	707	2'111	
...	15:36	17:00	1h23min		160	1'387	1'547	
...	16:10	17:00	49min		440	692	1'132	
...	12:23	17:00	4h36min		0	5'240	5'240	

Exemple de profil de déplacement dans l'outil ProMove

Dans la plupart des profils qui ont été établis jusqu'à présent dans l'outil ProMove (pour différentes entités), on constate, de manière générale, une sous-estimation du coût réel du véhicule automobile aux dépens des autres modes de transports qui sont plus durables. Certaines personnes ayant utilisé l'outil nous ont communiqué avoir commencé à opter pour des changements de modes de transports pendulaires suite aux résultats obtenus, ce qui atteint l'objectif de sensibilisation fixé par cet outil.

Mesures – Encouragement à l'utilisation des transports publics Discussions avec Frimobil et Agglo-Fribourg

Des discussions avancées ont été menées avec Frimobil (par les TPF, Transports Publics Fribourgeois) et en parallèle avec l'Agglo-Fribourg. En effet, pour obtenir des réductions liées aux abonnements de transports publics de type JobAbo pour les usagers.ères, les entreprises doivent avoir une certaine taille critique (potentiel de 10 abonnements de transports publics). Certaines entreprises, startup ou entités basées à Bluefactory ne pouvant atteindre ce nombre, il a été discuté avec les TPF de directement passer contrat avec BFF SA, avec une gestion de l'ensemble des abonnements du site et qu'ensuite BFF SA ait des contrats avec chaque entité qui souhaite proposer à ses collaborateurs.trices un abonnement à prix réduit.

Afin d'homogénéiser les propositions aux entités situées à Bluefactory, nous avons convenu d'une participation de 10% de Frimobil, de 10% de l'Agglomération Fribourg et d'au minimum 10% de l'entité concernée. Proposant ainsi une réduction de l'ordre de 30% au minimum aux utilisateurs.trices du site. Les démarches contractuelles sont en cours afin de proposer une mise en œuvre début 2026.

Calcul du prix pour le collaborateur

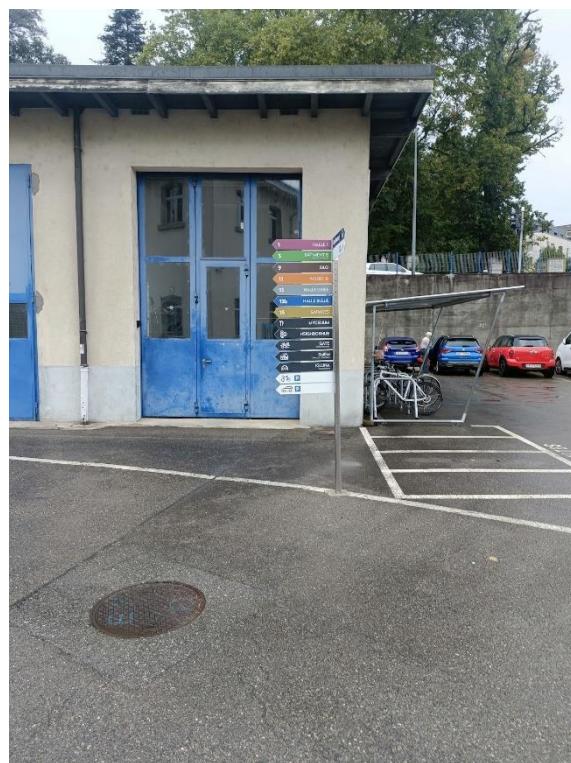
Prix abo annuel Frimobil	CHF 639.-
Réduction 10% Frimobil	CHF 64.-
Réduction 10% Agglo	CHF 64.-
<u>Entreprises Bluefactory 10%</u>	CHF 64.-
Prix pour le collaborateur	CHF 447.-

Economie de 30% soit **CHF 192.-**

Exemple de calcul de prix pour un.e collaborateur.trice d'une entité présente à Bluefactory

Mesures – Signalétique

Outre la mesure d'encouragement à l'utilisation des transports publics, d'autres petites mesures ont été prises sur le site de Bluefactory ou sont actuellement discutées, celles-ci peuvent passer inaperçue mais ont un effet qualitatif. Il s'agit notamment d'améliorer la représentation signalétique de la mobilité du site, bien qu'un effort conséquent ait été mené par les équipes de BFF SA. De petites modifications ont été proposées, exemple : indiquer les entrées du site en fonction des modes de transports, changer l'ordonnancement de la signalétique (inversion entre pictogramme vélo et voiture) pour renforcer l'usage de la mobilité douce, libérer les espaces de stationnement, notamment de parkings vélos (présence de poubelles).



Exemple avant/après : signalétique inversée entre parking vélo et voitures. Libération de l'espace de stationnement.

Mesures – Règlement de parking

Une base de règlement de parking a également été établie. En effet, Bluefactory fait face à un nombre croissant de demande de macarons sur le site nécessitant une priorisation. De plus, la stratégie de stationnement à long terme vise à une diminution du nombre de places de stationnement qui demande la mise en place d'une règlementation à ce sujet.

Une première grille de conditions d'ayants droits de stationnement, notamment basée sur l'évaluation à l'aide de l'outil ProMove a été réalisée :

Condition	Attribution macaron
Personne à mobilité réduite	Vert
Habiter dans la zone de mobilité < 20 minutes à pied	Red
Habiter dans la zone de mobilité < 15 minutes en vélo mécanique	Red
Nécessité d'utilisation pour les déplacements professionnels de la voiture	Yellow
Analyse de la chaîne de déplacements (ProMove)	Voir ci-après

Analyse de la chaîne de déplacements (ProMove) - Liste d'attente	
Voiture supérieure de 20% p/r à alternative TP et au-delà	Priorité 1
Voiture entre 11 à 20% supérieure p/r à alternative TP	Priorité 2
Voiture entre 0 à 10% supérieure p/r à alternative TP	Priorité 3
Voiture inférieure entre -10 à 0% p/r à alternative TP	Priorité 4
Voiture inférieure entre -15 à -10% p/r à alternative TP	Priorité 5
Voiture inférieure de -15% p/r alternative TP et au-delà	Red

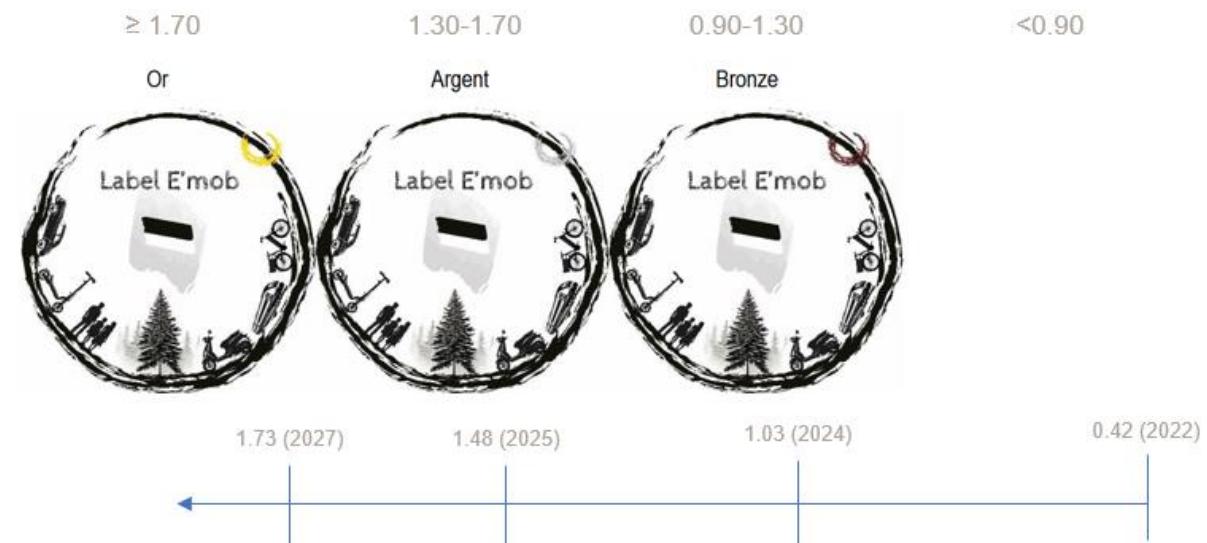
Celle-ci va être testée avec les différents profils actuels des usagers.ères demandeurs.euses de macarons afin de valider ou adapter cette grille de conditions. Sur cette base, un règlement de parking sera finalisé.

Labellisation

Si plusieurs autres mesures sont encore en discussion et vont être appliquées sur la thématique de la mobilité du site de Bluefactory, il n'en demeure pas moins que celui-ci doit devenir un site pilote et référence en matière de mobilité durable.

Pour cela, il est également important que les efforts consentis sur le site soient reconnus. A ce sujet, l'Etat de Fribourg, via le Service de la Mobilité, a sollicité la HEIA-FR afin d'établir un processus de labellisation des plans de mobilité d'entreprise.

Certes le site de Bluefactory est une combinaison de diverses entités, entreprises, startups, ... sur lesquelles BFF SA tente d'avoir un impact en termes de mobilité durable mais cela doit se faire avec leur effort. Pour autant, il est nécessaire d'évaluer l'état du plan de mobilité de Bluefactory selon les critères généralement appliqués aux entreprises. Si en 2022 le site était admis non-labelisable (note de 0.42 / 2.00), en 2024, il obtient déjà le label E'mob bronze avec une note de 1.03/2.00. La projection 2025 est de ~1.5 (label argent) et celle de 2027 ~1.73 (label or). Cela démontre ainsi que les mesures prises sur le site en termes de mobilité portent et porteront, à futur, des effets quantifiables.



Etat de labellisation du site Bluefactory sous l'angle de la mobilité – Label E'mob