

Sommaire

1. Présentation de l'objet et du champ d'étude	3
- Périmètre de l'étude	3
- Partis d'aménagement du projet	4
2. Méthodes employées.....	5
- GES étudiés	5
- Périmètre temporel	5
- Périmètre fonctionnel :	5
- Sources de données :	6
3. Calcul des différents postes d'émissions.....	7
a. Émissions liées aux voiries et réseaux divers	7
- Voiries	7
- Réseau d'eau pluviale	8
- Autres réseaux	8
b. Émissions et stockage carbone liées au plan paysager	9
- Scénario sans projet	11
- Scénario avec projet	11
c. Le stockage GES réalisé par les sols	12
- État initial	12
- Projet rendu	13
d. Émissions liées à l'accroissement du trafic.....	14
e. Les entreprises.....	15
- Estimations des émissions générées par la construction des bâtiments	16
- Estimations des émissions générées par la consommation énergétique des bâtiments	17
4. Bilan des émissions GES liées au projet	21
- Bilan net	21
- Bilan brut.....	24
5. Démarche ERC	26
a. Mesures d'évitement.....	26
b. Mesures de réduction	26
c. Mesures de compensation	27

1. Présentation de l'objet et du champ d'étude

Le projet d'extension de la ZAC de la Croisière est situé sur les communes de Saint-Maurice-la-Souterraine (Creuse) et Saint-Amand-Magnazeix (Haute-Vienne), en continuité du Parc d'Activités de la Croisière. Portée par le Syndicat Mixte du PAC, l'enjeu de l'opération est de poursuivre l'accueil de nouvelles activités économiques à vocation productive et industrielle et de créer des emplois.

La présente étude évalue les émissions de gaz à effet de serre (GES) induites par l'aménagement du Parc d'activités, objet de l'étude d'impact et d'une prochaine demande d'Autorisation Environnementale. Il s'agit également de déterminer les mesures d'évitement, réduction et compensation (ERC) à engager pour atténuer les impacts du projet sur le changement climatique.

- Périmètre de l'étude

Le périmètre de l'étude correspond au périmètre de la Zone d'Aménagement Concerté pour l'extension du PAC, figurant en rouge sur le plan ci-dessous.

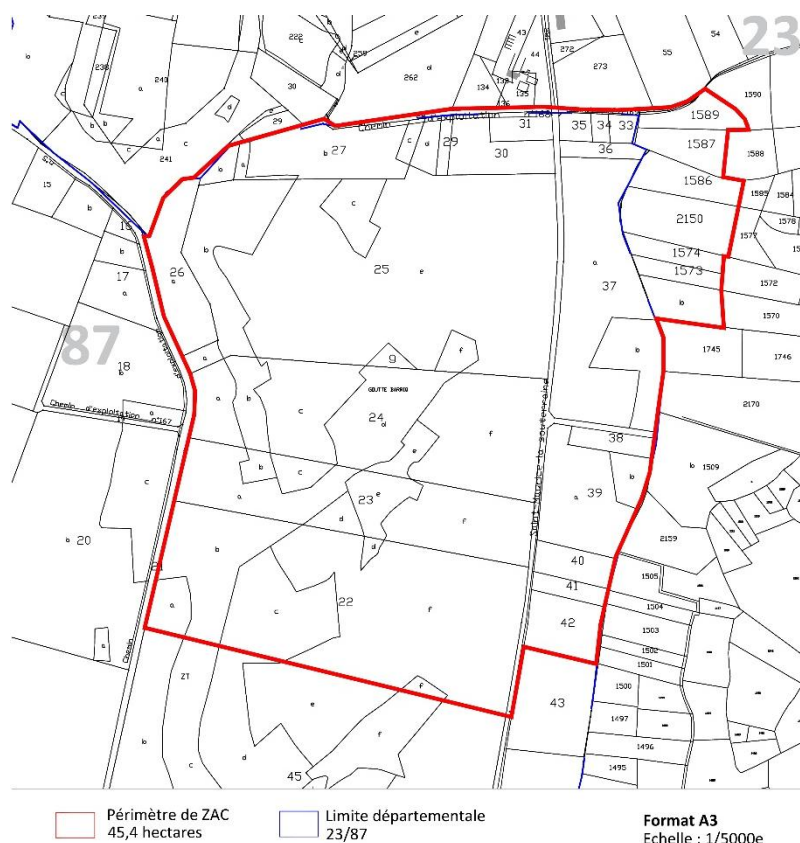
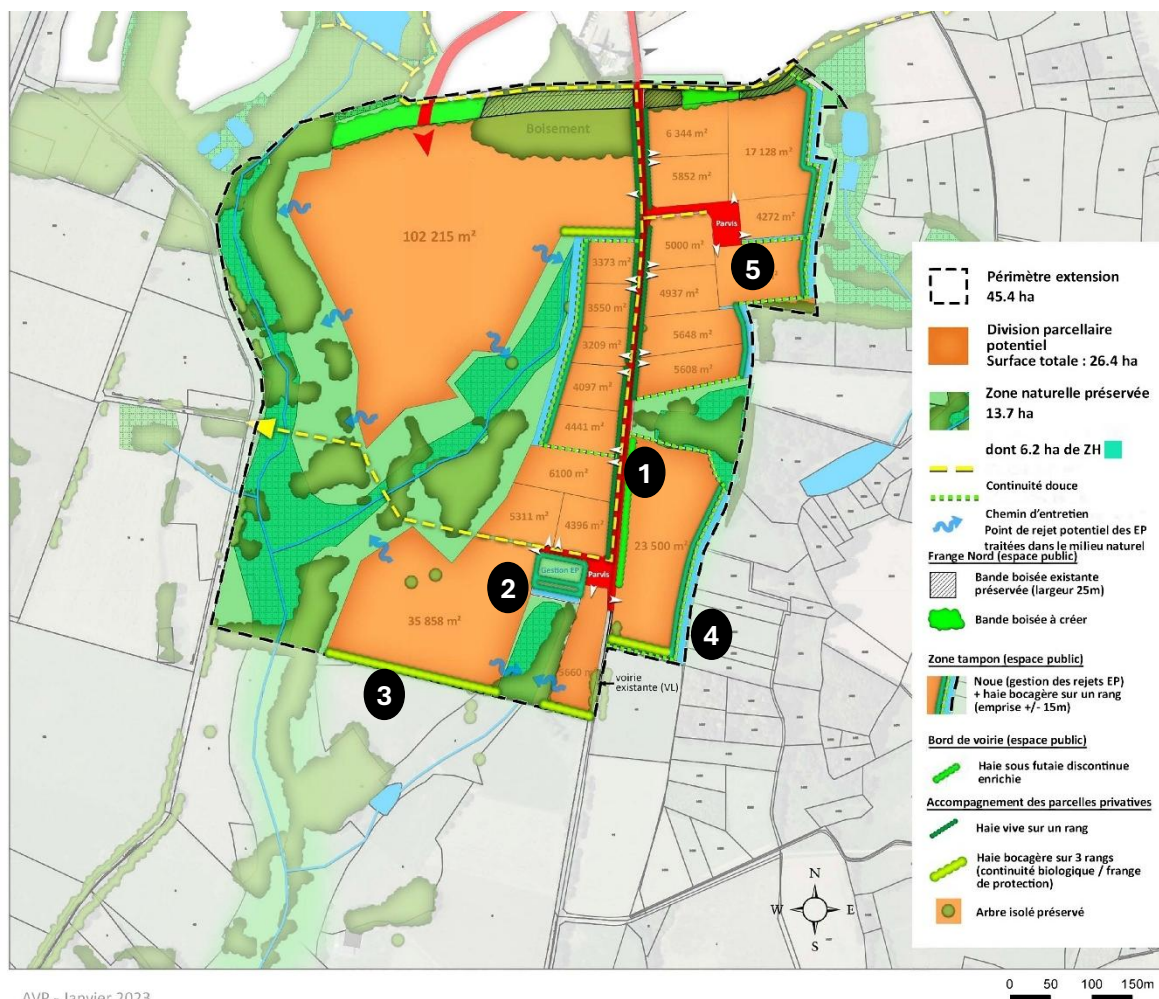


Figure 1 périmètre de la zone d'étude

- Partis d'aménagement du projet



AVP - Janvier 2023

Figure 2 : Plan d'aménagement de l'extension de la ZAC de la Croisière

Le projet d'extension de la ZAC de la Croisière prévoit la viabilisation d'environ 25 ha cessibles permettant un découpage de lots à la demande. La programmation prévisionnelle porte sur une diversité de surfaces de terrain pour accueillir 2 à 5 grands comptes sur des terrains compris entre 1 ha et 6,7 ha et une quinzaine de parcelles à destination d'activités productives, sur des terrains entre 2 500 et 7 300 m².

Les aménagements seront à *minima* constitués de :

- 1 l'agrandissement et la requalification de la route de Laschamps pour l'adapter au passage régulier de poids-lourds et amener les réseaux électriques, télécom et d'adduction en eau potable.
- 2 un parvis au sud du site pour desservir un grand lot et des terrains en impasse.
- 3 la plantation de bandes boisées et haies bocagères en transition entre les espaces cessibles, la voirie et les espaces agricoles et naturels, pour renforcer les continuités écologiques et assurer l'intégration paysagère du projet.
- 4 d'un réseau de recueil, tamponnement et infiltration superficielle des eaux pluviales constitué de noues plantées et d'un bassin paysager (au niveau du parvis sud) à faibles pentes, répartis dans le site selon les caractéristiques des bassins versants. Ces ouvrages

auront pour objet de réguler les eaux de pluie de façon à alimenter les zones humides situées en aval.

- 5** En cas de besoin, des voiries de desserte complémentaires pourraient être à créer pour diviser en plus petits lots les terrains supérieurs à 1ha.

Le projet intègre également la conservation de 13,7 hectares de zones naturelles dont 6,2 ha de zones humides et 7,5 ha de boisements en plaine et le long des vallons.

La station de lagunage qui recueille et traite les eaux usées dans le Parc d'Activités au nord n'est pas dimensionnée pour recevoir de nouveaux raccordements. Les entreprises devront gérer leurs eaux usées en système d'assainissement non collectif. D'autre part, la gestion des eaux de pluie sera à réaliser sur le terrain d'assiette, avec rejet régulé dans les noues publiques.

2. Méthodes employées

- GES étudiés

Le bilan des émissions de GES réalisé porte sur la quantité de CO₂ équivalent émise (en kgCO₂ ou en tCO₂ équivalent) par le projet au cours de trois stades représentant son cycle de vie :

- **le stade de réalisation** et production de matériaux ou stade « chantier »,
- **le stade d'utilisation,**
- **le stade de fin de vie.**

Les méthodes de calcul et de présentation des résultats se basent sur celles de la méthode Bilan Carbone développée par l'ADEME, qui permet d'effectuer la comptabilité des émissions GES liées à la consommation des ressources et à la production des déchets engendrées par les activités des organisations.

- Périmètre temporel

La durée de référence prise pour estimer les émissions du projet à travers son cycle de vie est de **50 ans**, pour correspondre à la durée d'existence des structures de bâtiments et infrastructures viaires courantes (Source : NF EN 1990 : 2003 « Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures »). Nous considérons donc :

- que tous les aménagements urbains (voiries, plantations, noues...) sont réalisés à un temps T0 marquant le début de la période de référence
- que les constructions vont s'échelonner progressivement dans le temps, au rythme d'un hectare cessible urbanisé par an.

Pour la partie « fin de vie » : les voiries sont requalifiées au bout de la durée de vie conventionnelle, à 50 ans (reprise du fond de forme et changement du revêtement). Les noues et plantations sont maintenues.

- Périmètre fonctionnel :

Considérant les compétences du SMIPAC, maître d'ouvrage de l'opération, la procédure de ZAC prévoit la viabilisation des lots en vue de leur commercialisation. Son action déterminera directement les émissions liées aux aménagements des espaces publics (voiries / parvis), aux plantations réalisées et à l'amenée des réseaux. Par les choix de conception, et notamment le plan viaire, l'aménageur détermine une partie des émissions liées au trafic. Les catégories de contributeurs aux émissions de GES directement liées à l'aménagement de l'extension identifiées sont donc les suivantes :

- **Les aménagements nécessaires à la viabilisation des lots** : incluant les voiries, le réseau d'assainissement, de gestion de l'eau pluviale, d'adduction d'eau potable, d'électricité, de télécom, d'éclairage.
- **Les émissions liées au trafic induit à l'intérieur du périmètre de l'opération**, en fonction du plan viaire.
- Une fois les terrains viabilisés, l'aménageur a ensuite pour mission la commercialisation des lots à bâtir aux entreprises ou promoteurs. Son action sur le volet constructif est ici indirecte : il établira un cahier des prescriptions architecturales, paysagères et environnementales complémentaire aux règlements d'urbanisme, encadrant notamment les conditions d'implantation et d'aménagement des terrains vendus. **L'exercice dans le cadre de l'étude vise à estimer un ordre de grandeur des émissions liées à l'installation des entreprises pour comparaison aux autres facteurs d'émissions**, au regard du programme des constructions de la ZAC. Il s'agit de fait d'une évaluation sommaire puisque les activités économiques ne sont pas connues à ce stade d'une part et que les constructeurs seront décideurs des choix constructifs dans le respect des prescriptions établies par l'aménageur. Sont distinguées les émissions liées à la construction (dépendant notamment des matériaux de structure et de bardage) et les émissions liées à l'exploitation (chauffage – éclairage – ventilation – rafraîchissement – eau chaude sanitaire et process lié à l'activité).

La somme des émissions de chacun de ces contributeurs constitue la quantité totale de CO₂e équivalent produite par le projet.

Face aux sources d'émissions de GES, sont également considérées les capacités de stockage carbone sur le Parc d'activités :

- **Le stockage carbone des arbres** : l'évaluation inclut les boisements présents sur site et conservés dans le cadre du projet et les plantations à venir (zone de compensation, haies, bande bocagère...)
- **Le stockage GES réalisé par les sols** : il s'agit ici d'évaluer les quantités de CO₂ stockées selon la nature des sols (prairies, imperméabilisé, arboré), avant et après l'aménagement.

- **Sources de données :**

Les données sont issues des études de maîtrise d'œuvre urbaine menées au stade AVP : descriptif des travaux, plans réseaux, dimensionnement des bassins, plan paysager. Ces quantités sont prévisionnelles.

Les estimations trafic sont basées sur l'évolution du trafic actuel au regard de la programmation établie.

Les estimations liées aux bâtiments reposent sur les surfaces estimées dans l'étude de programmation et le recours aux EnR&R mobilisables localement. L'évaluation est ici nécessairement prévisionnelle : il s'agit surtout d'établir un ordre de grandeur pour comparer le poids carbone de la construction des bâtiments aux émissions liées à l'aménagement et au trafic.

Une fois les données physiques collectées ou estimées (m, m², m³, nombre d'unités), celles-ci sont multipliées par le facteur d'émissions correspondant identifié dans la base INIES, base Empreinte (ADEME) ou EcoInvent. Ces bases de données renseignent la quantité de kgCO₂e par unité fonctionnelle de chaque matériau ou équipement en indiquant cette unité, ainsi qu'un détail de cette émission selon les phases de vie.

Le calcul final permettant d'obtenir une estimation des émissions GES d'un composant selon son unité fonctionnelle est le suivant :

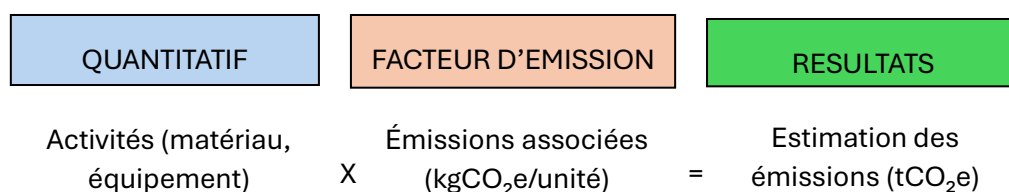


Figure 3 : Principe de calcul des émissions GES pour les matériaux d'un projet

3. Calcul des différents postes d'émissions

a. Émissions liées aux voiries et réseaux divers

Le calcul des émissions dues aux VRD prend en compte leur mise en place et leur durée de vie sur site. Les réseaux pris en compte sont les suivants :

- Voiries
- Réseaux d'adduction d'eau potable
- Réseaux d'électricité
- Réseaux d'éclairage
- Réseaux de télécom
- Réseau d'eau pluviale

- Voiries

Les voiries comprennent l'agrandissement de la route de Laschamps de 4 m de large à 6 m, le parvis au sud et les chemins d'entretien pour accéder aux zones tampons. Les emprises considérées sont les suivantes : 4 250 m² pour la route de Laschamps, 3 000 m² pour le parvis, 7 300 m² pour les chemins d'entretien.

L'hypothèse retenue est que les voiries sont composées de 0,5 m de grave ainsi que d'un enrobé bitumeux.

Le tableau ci-dessous détaille les calculs des émissions liées à l'aménagement de la route de Laschamps et du parvis.

Emprise Totale	Couche	Quantité	Facteur d'émissions	Emission (en tCO ₂ e)
7 250 m ²	Grave	5 625m ³	18,3kgCO ₂ e/m ³	103
	Enrobé bitumeux	11 250m ²	13,8kgCO ₂ e/m ²	155
Total				166

Tableau 1 Émissions dues à l'extension de la route de Laschamps et du parvis

Les chemins d'entretien sont composés à 30 % de terre et 70 % de pierres. Leur profondeur est estimée à 0,5 m.

Emprise Totale	Matériaux	Quantité	Facteur d'émissions	Emission (en tCO ₂ e)
7 300 m ²	Terre	1 095m ³	1kgCO ₂ e/m ³	1,1
	Pierre	2 555m ³	6kgCO ₂ e/m ³	15,3
			Total	16,4

Tableau 2 Émissions dues aux chemins d'entretien

- Réseau d'eau pluviale

Les eaux pluviales sont recueillies dans des noues et des filtres à sable. Le tableau suivant détaille les émissions de CO₂ équivalent à leurs créations.

Type d'ouvrage	Volume (en m ³)	Densité (en kg/m ³)	Facteur d'émissions	Emission (en tCO ₂ e)
Filtre à sable	180	1700	0,006 kgCO ₂ e/kg	1,8
Excavation de la noue	438	/	5 kgCO ₂ e/m ³ excavé	2,2
			Total	4,0

Tableau 3 : Émission dues au réseau d'eau pluviale

- Autres réseaux

Le tableau ci-dessous détaille les émissions des différents réseaux au sein de la zone d'étude.

Réseaux	Longueur en m	Facteur d'émissions (kgCO ₂ e/m)	Emission (en tCO ₂ e)	
Réseaux d'eau pluviale	200	40	8	
Adduction d'eau potable	1 037	56,6	59	
Électricité	1 037	38,1	40	
Éclairage	1 037	35,5	37	
Télécom	1 037	536	556	
			Total	699 tCO₂e

Tableau 4 : Émissions dues aux différents autres réseaux

Le tableau suivant récapitule les émissions liées à tous les réseaux.

Poste d'émissions	Emission (en tCO ₂ e)
Voiries	183
Réseaux d'eau pluviale	4
Autres réseaux	699
Total	886 tCO₂e

Tableau 5 : bilan des émissions dues aux différents réseaux

BILAN DES ÉMISSIONS DUES AUX RÉSEAUX :

Total des émissions dues aux réseaux : 886 tCO₂e

- Les différents réseaux de la zone d'étude génèrent environ 900 tCO₂e.
- Le réseau de télécom est l'élément le plus émissif, il génère à lui seul 63% des émissions dues aux réseaux.

b. Émissions et stockage carbone liés au plan paysager

A l'intérieur du périmètre opérationnel du projet, 75 000 m² de boisements sont identifiés en surfaces cumulées. Afin de déterminer la quantité d'arbres existante et l'âge du boisement, sont posées les hypothèses suivantes : un arbre pour 5 m² et l'existence de ces boisements attestée par les vues aériennes à partir de 1985.



Figure 4 : vue aérienne du site de 1985 source : Géoportail

Le boisement représente donc environ 15 000 arbres qui croissent depuis 40 ans.

Le projet prévoit l'abattage d'environ 290 arbres¹. Il est prévu de planter environ 7 530 arbres dans les différentes haies arborées et lisières boisées créées pour développer les continuités écologiques.



Figure 5 : carte des évolutions du paysage liées au projet

Les calculs sont donc effectués afin de comparer le stockage de CO₂ par les arbres présents sur site à l'issue de la durée de vie considérée dans l'étude, soit 2 075. L'outil « Arbre en ville » permet de comparer le stockage carbone en son état initial puis après mise en œuvre du projet.

La palette végétale arborée du site, inventoriée dans l'étude d'impact présente les essences suivantes :

Nom scientifique	Nom commun
<i>Prunus avium</i>	Merisier
<i>Castagne sativa</i>	Châtaignier
<i>Quercus robur</i>	Chêne pédonculé
<i>Quercus petraea</i>	Chêne sessile
<i>Xinus excelsior</i>	Frêne
<i>Sorbus torminalis</i>	Alisier
<i>Acer campestre</i>	Érable
<i>Carpinus betulus</i>	Charme

Tableau 6 Palettes végétale du site

¹ Considérant un arbre tous les 2 m sur les 190 ml de haie supprimées pour l'agrandissement de la route de Laschamps, ainsi que les 7 arbres isolés abattus.

Ces arbres ont tous les mêmes capacités de stockage carbone d'après l'outil « Arbres en ville ».

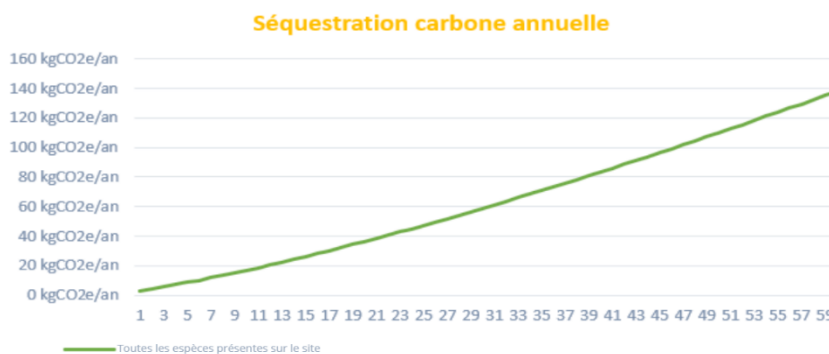


Figure 6 Stockage carbone des arbres présent sur site, source : arbres en ville

Les arbres nouvellement plantés feront appel à la même palette végétale pour faciliter la reprise des plants et constituer des habitats adaptés à la biodiversité du site. La capacité de stockage carbone sera donc identique aux essences présentes sur site.

- Scénario sans projet

Dans un premier temps, les calculs sont effectués afin de calculer le stockage par le patrimoine arboré existant (en l'absence de projet) pour constituer l'état initial.

La capacité de stockage carbone des arbres évolue dans le temps pour arriver à un maximum au bout de 60 ans environ. Considérant l'âge des boisements estimé à 40 ans, la capacité de stockage des arbres dans le site arrivera à maturité en 2045.

Considérant le cycle de vie du projet établi de 2025 à 2075, il faut donc ajouter trente ans de stockage annuel de ce patrimoine arboré arrivé à maturité.

En l'absence de projet, le patrimoine arboré dans le périmètre d'études permet de stocker 2 071 tonnes de CO₂ éq. par an, soit 119 252 tonnes de CO₂ éq. jusqu'en 2075 (hors épisodes climatiques ou épidémies engendrant une mortalité des arbres existants).

Périodes	Stockage GES (en tCO ₂ e)
Evolution sur 60 ans (1985 – 2045)	57 132
1 année à maturité	2 071
30 ans : patrimoine arboré mature (2045 – 2075)	62 119
Total	119 252 tCO₂e

Tableau 7 Stockage carbone des arbres, scénarios sans projet

- Scénario avec projet

Le tableau ci-dessous calcule le stockage des 14 710 arbres non touchés par le projet, calculé de la même manière que dans le scénario sans projet, ainsi que le stockage des nouveaux arbres plantés dans les linéaires de haies et les zones tampons.

Catégorie d'arbres	Périodes	Stockage GES (en tCO ₂ e)
Arbre conservé sur site	60 ans : de la plantation au stade de maturité (1985 - 2045)	56 744
	1 année à maturité	2 056

	30 ans : patrimoine arboré mature (2045 - 2075)	61 697
	Total arbres préservés	118 441 tCO₂e
Nouveaux arbres plantés	50 ans : patrimoine arboré en développement (2025 - 2075)	12 306
	Total	130 747tCO₂e

Tableau 8 Stockage carbone des arbres, scénarios avec projet

A l'issue de la période considérée, la capacité globale de stockage carbone du patrimoine arboré du site sera le cumul de la capacité des boisements maintenus et des nouvelles plantations, soit 130 747 t CO₂e.

Scénario	Stockage GES (en tCO ₂ e)
Sans projet	119 252
Avec projet	130 747
Gain dû au projet	11 495

Tableau 9 Comparaison scénario avec projet et sans projet

BILAN STOCKAGE REALISÉ PAR LES ARBRES :

Total gain du stockage des arbres : 11 495 tCO₂e

- ➔ Le projet augmente la capacité de stockage de CO₂ des arbres d'environ 11 500 t soit environ 9 %, grâce à la plantation d'arbres supérieure au nombre de sujets coupés (30 fois plus).

c. Le stockage GES réalisé par les sols

Les sols du projet stockent du carbone dans la matière organique liée à la biomasse végétale. Ce stockage est estimé grâce à l'outil ALDO qui établit des ratios de stockage carbone en fonction de la nature des sols.

- État initial

L'état initial des sols réalisé dans l'étude d'impact met en évidence des sols majoritairement cultivés ou à usage de prairie sur les plateaux et des terrains en pente constitués d'une mosaïque d'habitats plus inféodés aux milieux humides à mesure que l'on atteint le fond du vallon. Les plateaux conservent également quelques boisements de chênes et châtaigniers.

La nature des sols entrée dans l'outil ALDO à partir de cette étude est détaillée dans le tableau suivant.

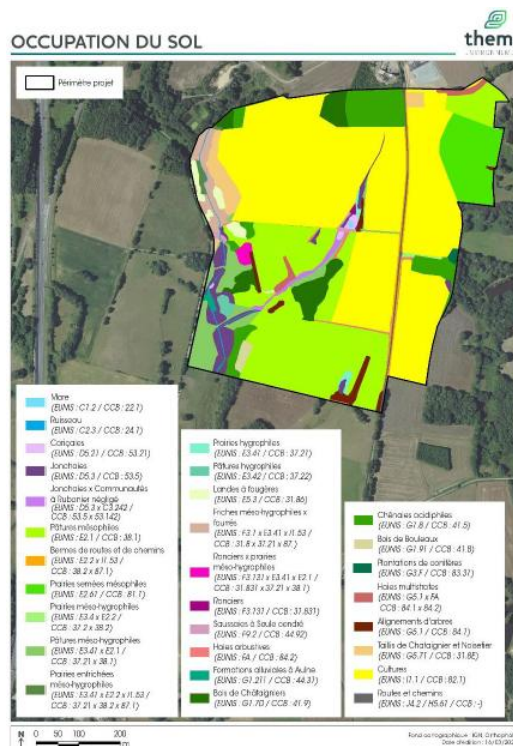


Figure 7 : occupation du sol - source : étude d'impact - THEMA Environnement

Nature de l'occupation du sol	Surface (ha)	Stock réalisé par les sols (en tC)	Stock réalisé par la litière (en tC)	Stocks totaux (en tC)
Prairies - zones herbacées	12,80	875	0	875
Cultures	18,56	890	0	890
Zones humides	6,20	775	0	775
Boisements	7,5	481	68	548
Artificiels imperméabilisés	0,34	10	0	10
			Total	3 098

Tableau 10 : Stock carbone réalisé par les sols à l'état initial

- Projet rendu

Les sols considérés, une fois le projet fini, prennent en compte la création du parvis, l'agrandissement de la route de Laschamps, la création des zones tampons et la bande boisée supplémentaire créée au nord du site. Pour les parcelles cessibles, on considère 65 % de sols artificiels imperméabilisés, 10 % de sols artificiels enherbés et 10 % de prairies zones herbacées.²

La répartition des sols, à l'état final du projet, est détaillée dans le tableau ci-dessous.

Nature de l'occupation du sol	Surface (ha)	Stock réalisé par les sols (en tC)	Stock réalisé par la Litière (en tC)	Stocks totaux (en tC)
Prairies - zones herbacées	3,24	224	0	224
Zones humides	6,20	775	0	775
Boisements	8,56	514	77	591
Artificiels imperméabilisés	24,10	723	0	723
Artificiels enherbés	3,31	229	0	229
			Total	2 542

Tableau 11 : Stock carbone réalisé par les sols à l'état final

État	Stockage réalisé (en tC)	Stockage réalisé (en tCO ₂ e)
Initial	3 098	11 361
Final	2 542	9 320
Total pertes	407	2 041

Tableau 12 : Comparaison de la capacité de stockage des sols avant et après le projet

² Pourcentages expliqués en détails dans la partie sur les entreprises

BILAN STOCKAGE REALISÉ PAR LES SOLS :

Total pertes du stockage des sols : 2 041 tCO₂e

- ➔ Les sols du site, une fois le projet livré, conservent une capacité de stockage d'environ 9 300 tCO₂e.
- ➔ Le changement de l'affectation des sols dû au projet engendre une perte de 18% de cette capacité par rapport au stockage initial des sols.

d. Émissions liées à l'accroissement du trafic

Les émissions considérées dans cette étude sont établies à partir des impacts prévisionnels du trafic généré à l'intérieur de la zone d'activités. Le parcours le plus long réalisé par les véhicules dans la zone s'établit entre l'entrée dans le Parc de la Croisière et le parvis de retournement créé route de Laschamps, soit une distance d'1,5 km. Compte-tenu du phasage de réalisation et de la localisation des différents terrains, nous prenons 750 m comme hypothèse de trajet interne moyen par entreprise, soit 1,5 km aller-retour.

L'évolution nationale du trafic chaque année est prise en compte. Pour la situation de référence, une évolution générale des trafics est prise en compte en appliquant le scénario avec mesures existantes (hypothèse haute) de la Stratégie Nationale Bas-Carbone (+0,5% par an pour les VL, +1,5% par an pour les PL - source : Ministère de la transition écologique et solidaire, mars 2020).

L'évolution du trafic sera progressive : on considère en première approche les paramètres suivantes :

- 22 ha cessible : commercialisation au rythme d'1 ha par an
- Potentiel de création de 263 emplois
- Taux de motorisation des employés : 83%
 - o Soit 9 VL par jour et par Ha
- Nombre de PL par jour et par Ha : 13
- Nombre de jours travaillés par an : 296

	Nombre d'unités journalière	Durée (en années)	Taux de présence	Distances (en km)	Facteur d'émissions	Émission (en tCO ₂ e)
Véhicules légers	199	50	80,9 %	1,5 km	0,34 kgCO ₂ e/km	1 495
Poids Lourd	351	50	80,9 %	1,5 km	2,90 kgCO ₂ e/km*	23 371
Total						24 865 T

Tableau 13 Émissions totales dues au trafic lié à l'extension sur 50 ans

Les émissions de PL évoluent selon le tonnage du véhicule. Voici quelques valeurs extraites de la base de données Empreinte. En l'absence de données concernant les activités futures, mais considérant la vocation industrielle du projet, le ratio de 3 kg éq CO₂ / km est appliqué.

Le ratio d'émission GES pour le déplacement en véhicule léger appliquée est issu de la base empreinte -Transport de passagers en voiture de taille moyenne - gazole - EURO 4, soit 0,34 kg CO₂eq/km.

Consommation moyenne d'un PL	Carburant	Impact total	Impact pour l'application choisie	unité	tonnage	Impact GES en kg eq. CO ₂ /km
12 à 20 t	Diesel 7% bio	0,17	0,16	kg eq. CO ₂ /t.km	18	3,06
<34 T - articulé	Diesel 7% bio	0,0993	0,0956	kg eq. CO ₂ /t.km	33	3,2769
26 T	Diesel 7% bio	0,11	0,1	kg eq. CO ₂ /t.km	26	2,86
Hypothèse ts PL confondus						3

Année	Nombre de véhicules légers	Nombre de poids-lourds	Émissions par année (en tCO ₂ e)
2028	9	13	19
2038	106	163	233
2048	212	352	500
2058	260	462	653
2068	272	510	719
2077	282	553	777
TOTAL DES EMISSIONS CUMULEES SUR 50 ans sans pondération			24 865 T

Tableau 14 : Accroissement du trafic

Cette première approche est soumise à une forte incertitude liée aux caractéristiques précises des véhicules et à la quantification.

- Le résultat peut être en majoré si le transit de poids-lourds, les tonnages et les carburants augmentent.
- Le résultat peut être minoré considérant les objectifs de décarbonation du transport applicables à l'horizon 2050 visant à la mise en vente uniquement de véhicules électriques à compter de 2040 et la généralisation de biocarburant pour tous les véhicules. Ainsi une réduction progressive des émissions de 2% jusqu'en 2058 liée à la diversification du parc roulant diminuerait de moitié les émissions cumulées constatées sur 50 ans à trafic égal.

En moyenne sur les 50 années de durée de vie considérées dans cette étude, l'extension de la ZAC de la Croisière engendra 199 véhicules légers et 351 poids-lourds supplémentaires par an.³

BILAN DES ÉMISSIONS DUES AU TRAFIC :

Total des émissions dues au trafic dans l'extension pendant 50 ans : 24 865 tCO₂e

- ➔ Le trafic engendré par l'extension de la ZAC génère en 50 ans environ 25 000 tCO₂e.
- ➔ les poids-lourds représentent 64 % du trafic mais 94 % des émissions GES.

e. Les entreprises

³ Voir le fichier : estimations des évolutions de trafic

Pour calculer les émissions liées à l'installation des entreprises, il est considéré l'installation progressive de 17 entreprises sur les terrains viabilisés. Les hypothèses retenues sont les suivantes :

- Emprise au sol comprise entre 30% et 40% de la parcelle soit une moyenne de 35% pour l'étude.
- Face à l'objectif d'optimiser l'occupation du parc d'activités, il s'agit de promouvoir la construction avec étage. Il est considéré l'hypothèse d'un bâtiment à étage sur trois ou d'un tiers de surface bâtie en R+1 par bâtiment soit : surface de plancher = 1,33 x l'emprise au sol en moyenne.
- Les surfaces de bureaux représentent en moyenne 10 % de la SP et les entrepôts / zones de production 90 %.
- Les voiries et parkings représentent environ 30 % de la parcelle. La même hypothèse que les voiries publiques est retenue pour leur composition (0,5 m de grave + un enrobé bitumeux).
- Les 35% restants sont des espaces enherbés : une partie intégrera les dispositifs de traitement des eaux usées (fosse septique + aire d'épandage) et des eaux pluviales à la parcelle. Ils sont considérés dans la partie « Le stockage GES réalisé par les sols - Projet rendu » selon la décomposition suivante :
 - o 10% de surfaces artificialisées enherbées
 - o 10% de surfaces prairies – zones herbacées.

La décomposition des surfaces privées est la suivante :

parcelles	Voirie	Emprise bâtiment	Surface plancher	Entrepôts	Bureaux
25,56 ha	7,02 ha	8,94 ha	11,90 ha	10,71 ha	1,19 ha

Tableau 15 Affectation de la surface utilisée par les entreprises

- **Estimations des émissions générées par la construction des bâtiments**

Sont distingués dans l'estimation la construction des parties « entrepôts » ou « ateliers de fabrication » des parties « bureaux » nécessitant plus d'isolation et de cloisonnement.

L'impact de la construction des entrepôts est estimé selon deux scénarios différents, qui varient selon la structure du bâtiment. Les émissions de ces deux scénarios sont comparées dans le tableau ci-dessous.

Scénario	Surface	Facteur d'émissions	Emission (en tCO ₂ e)
Structure métallique	107 083 m ²	275 kgCO ₂ e/m ²	29 447
Structure mixte bois-métal	107 083 m ²	155 kgCO ₂ e/m ²	16 598

Tableau 16 : Émission liées à la construction des entrepôts

Pour la construction des bureaux, on s'appuiera sur les travaux gouvernementaux sur la Définition des exigences RE2020 applicables à de nouvelles typologies de bâtiments (tertiaire hors bureaux, industriel). Ceci nous donne les indicateurs IC construction suivants :



Rappels sur les exigences carbone

L'indicateur **Ic_construction** est soumis à la valeur maximale :

$$Ic_construction_max = Ic_construction_maxmoyen \times (1 + Micombles + Misurf) + Migéo + Miinfra + Mivrd + Mided + Mipv$$

Rappel du GTM1 : Ic_construction_maxmoyen

Usage de la partie de bâtiment	Valeur de Icconstruction_maxmoyen (kg éq. CO2/m2)			
	2022 - 2024	2025 - 2027	2028 - 2030	2031 -
Maisons individuelles ou accolées	640	530	475	415
Logements collectifs	740	650	580	490
Bureaux	980	810	710	600
Enseignement primaire ou secondaire	900	770	680	590

NB : la surface de référence considérée est identique à celle du calcul énergétique : la SHAB pour le résidentiel et la SU pour le tertiaire.

Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature

73

14/11/2024

Figure 8 : rappels des exigences carbone pour la construction de bâtiment, source : Concertation exigences RE2020

Seront considérés avec un indice carbone de 710 kgCO₂e/m² les bureaux construits avant 2032 et indice carbone de 600 kgCO₂e/m² les bureaux construits après (se référant à la date de dépôt de leur PC).

Avant 2032 est considéré dans cette étude (rythme d'une entreprise supplémentaire par ans) 2 800m² de bureaux construits.

	Surface (en m ²)	Facteur d'émissions	Emission (en tCO ₂ e)
Avant 2032	2 800	710 kgCO ₂ e/m ²	1 988
Après 2032	9 099	600 kgCO ₂ e/m ²	5 459
		Total	7 447

Tableau 17 Émission dû à la construction des bureaux

Pour les voiries privées, leurs émissions sont calculées de la même manière que les voiries publiques.

Le tableau ci-dessous détaille les calculs des émissions pour la construction des voiries privées.

Emprise Totale	Couche	Quantité	Facteur d'émissions	Emission (en tCO ₂ e)
115 020 m ²	Grave	57 510m ³	18,3kgCO ₂ e/m ³	1 754
	Enrobé bitumeux	115 020 m ²	13,8kgCO ₂ e/m ²	2 645
			Total	4 400

Tableau 18 Émission dû aux voiries privées

- Estimations des émissions générées par la consommation énergétique des bâtiments

Pour la construction des bureaux, on s'appuiera sur les travaux gouvernementaux sur la Définition des exigences RE2020 applicables à de nouvelles typologies de bâtiments. Se basant sur le scénario exigeant, on considérera la consommation moyenne des bureaux à 67 kWh/m²/an

$$Cep, nr_{max} = Cep, nr_{maxmoyen} \times (1 + M_{cgéo} + M_{eeombles} + M_{esurf_moy} + M_{c surf_tot} + M_{ccat})$$

Cep, nr_{maxmoyen} – Ind / Art 8h à 18h

Proposition Cep, nr _{maxmoyen} kWh/m ² /an)	Valeurs	Impacts
Souple	93	Pas de renforcement / ^t aux prestations actuelles
Intermédiaire	72	Renforcement sur l'enveloppe nécessaire (prestations « perf_Bbio ») ou installation du PV, etc.
Exigeant	67	<ul style="list-style-type: none"> • Cohérent avec le seuil Bbio_{max} exigeant • Nécessite d'optimiser l'éclairage • Limite l'utilisation de la climatisation • Incitation au PV • Recours aux EnR&R possible

→ Seuil envisagé : Proposition « exigeant »

Figure 9 : seuil de consommation énergétique des Bâtiments à usage industriel ou artisanal, source : Concertation exigences RE2020

La comparaison est effectuée entre deux scénarios :

Un scénario de base où les entreprises s'équiperaient de citerne gaz pour le chauffage et l'ECS, qui représentent 46 et 8 % de la consommation, les autres consommations étant couvertes par l'électricité.

Un scénario à privilégier où les entreprises seront équipées d'une PAC pour le chauffage, l'ECS et le refroidissement, qui représentent 46, 8 et 6 % de la consommation, les autres consommations étant couvertes par l'électricité.

Les émissions liées à la consommation énergétique des entrepôts selon le scénario de la citerne gaz sont calculées ci-dessous.

	Durée en années	Surface (en m ²)	Consommation d'énergie (en kWh/m ² /an)	Facteur d'émissions	Émissions (en tCO ₂ e)
gaz	50	107 083	35,9	0,324 kgCO ₂ e/kWh	62 763
Électricité	50	107 083	30,6	0,14 kgCO ₂ e/kWh	23 102
Total					85 865

Tableau 19 : Émissions dues à la consommation énergétique des entrepôts, scénario citerne gaz

Les émissions liées à la consommation énergétique des entrepôts selon le scénario de la PAC sont calculées ci-dessous.

	Durée en années	Surface (en m ²)	Consommation d'énergie (en kWh/m ² /an)	Facteur d'émissions	Émissions (en tCO ₂ e)
PAC	50	107 083	39,9	0,049 kgCO ₂ e/kWh	10 447
Électricité	50	107 083	26,6	0,14 kgCO ₂ e/kWh	20 089

Total	30 635
--------------	---------------

Tableau 20 : Émissions dues à la consommation énergétique des entrepôts, scénario PAC

La RE2020 soumet les bureaux, sur une période de référence de 50 ans, à une valeur indicateur carbone IC de 200 kg CO₂e/m².

Nous considérons ces valeurs maximales autorisées selon la réglementation en vigueur pour calculer les émissions de CO₂e des bureaux des entreprises.

Les émissions générées par la consommation énergétique des bureaux sont détaillées dans le tableau ci-dessous.

Surface (en m ²)	Facteur d'émissions	Émissions (en tCO ₂ e)
11 898	200	2 379

Tableau 21 Émissions énergétiques des bureaux

La réglementation oblige les entreprises à équiper minimum 50% de leur toiture en panneaux PV.

Cela réduit l'impact de la consommation énergétique des entreprises. Cette réduction a été calculée dans l'étude d'impact en énergie renouvelable. Elle est de 8 240 kgCO₂e pour 1 000m² de toiture, considérant un tiers recouvert par la station PV, par an.

Cette valeur, reportée en tCO₂e à une emprise PV de 50% de la toiture sur 8,94 ha et sur une durée de vie de 50 ans, est de 5 505 tCO₂e.

Le graphique suivant montre les émissions de CO₂ équivalent selon les différents scénarios calculés.⁴

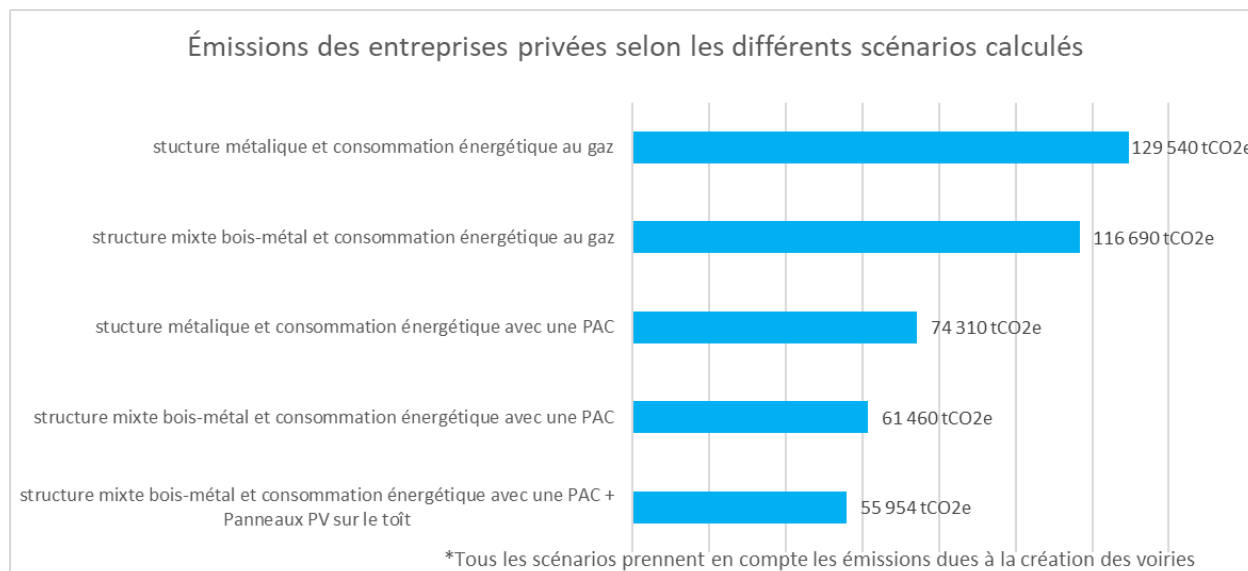


Figure 10 : Graphique des émissions des entreprises privées selon les différents scénarios calculés

⁴ Le scénario le moins émissif est retenue pour les calculs finaux du bilan GES

BILAN DES ÉMISSIONS DUES AUX ENTREPRISES :

Total des émissions dues aux entreprises : 55 945 tCO₂e

- Le scénario le moins émissif est la construction en un mixte bois-métal, l'utilisation d'électricité pour la consommation énergétique et l'installation de panneaux photovoltaïques sur les toits.
- Ce scénario représente une économie de 57 % par rapport au scénario le plus émissif.

4. Bilan des émissions GES liées au projet

- Bilan net

Les émissions de GES sont réparties en 3 catégories distinctes :

- Le **scope 1** rassemble les **émissions directes** générées ici par l'aménagement du Parc d'Activités : les voiries et réseaux divers, l'artificialisation des sols, l'aménagement paysager.
- Le **scope 2** porte sur les **émissions indirectes** liées à la construction des bâtiments d'entreprises par les futurs pétitionnaires.
- Le **scope 3** regroupe toutes les autres émissions indirectes comme celles liées aux **déplacements et aux consommations d'énergie des entreprises**.

Le bilan net des émissions de gaz à effet de serre considère ici exclusivement les émissions et stockages de GES générés par le projet du parc d'activité.

Les différents postes d'émissions sont détaillés dans le tableau ci-dessous.

Poste d'émissions	Quantification en T éqCO ₂
SCOPE 1 : Aménagement du PAC : VRD	440
SCOPE 1 : Aménagement du PAC : plan paysager	-11 495
SCOPE 1 : Perte stockage des sols	2 041
SCOPE 2 : Construction des entreprises	28 444
SCOPE 3 : Consommation énergétique des entreprises	27 510
SCOPE 3 : Trafic	24 865
Total	71 805

Tableau 22 Bilan d'émissions des différents postes

Le cumul des émissions en équivalent CO₂ générées pendant 50 ans pour le fonctionnement du projet **71 805 tCO₂e**, soit 1 436 tCO₂e par an ou de 2 393 tCO₂e par hectare aménagé.

La répartition par poste d'émissions montre que les principales sources d'émissions sont liées à la construction et l'exploitation des bâtiments et au trafic généré.

Ce cumul figure un ordre de grandeur soumis à **de multiples aléas** :

- Les caractéristiques des entreprises
- Les caractéristiques des trafics liés
- Le rythme de commercialisation

Les valeurs sont donc soumises à un fort taux d'incertitude. L'étude met en exergue cependant les rapports de grandeur entre postes d'émissions afin de cibler les actions les plus pertinentes à engager.

Ainsi, la répartition par SCOPE indique que les impacts de l'aménagement lié à la perte de stockage des sols et aux amenées des viabilités est compensé par la préservation et le confortement des stockages de carbone par les milieux naturels et par les aménagements paysagers.

Les efforts sont donc à mener sur les SCOPE 2 et 3 :

- Par le recours aux matériaux biosourcés ou de ré-emploi
- Par le recours aux énergies renouvelables
- Par la décarbonation des flottes de véhicules circulant dans la zone
- Par la poursuite des actions en termes d'aménagement paysager et de maintien de sols de pleine terre dans les terrains des entreprises.

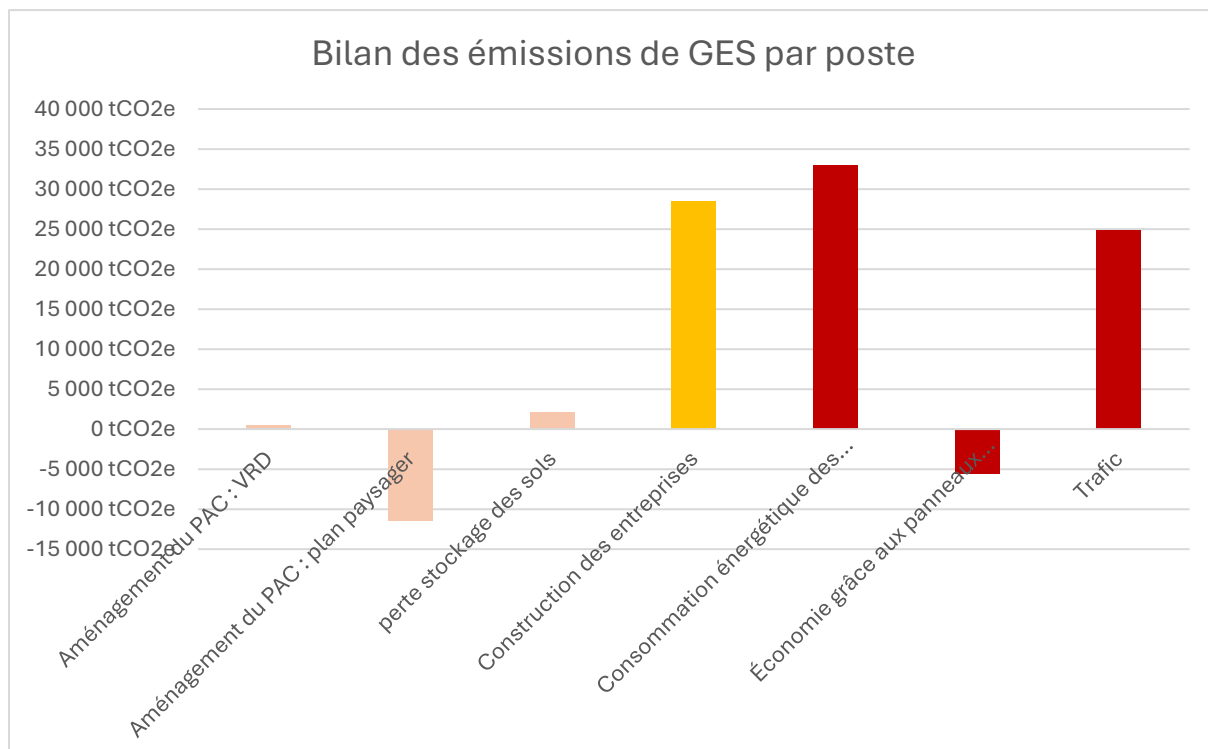


Figure 11 : Bilan des émissions de GES par poste

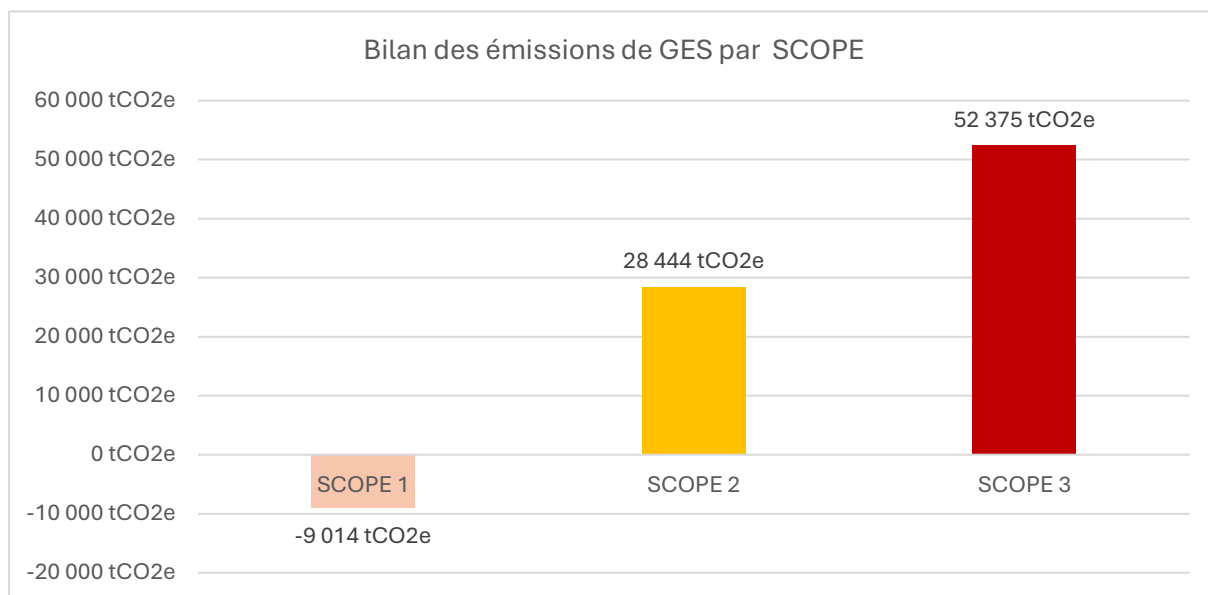


Figure 12 : Bilan d'émissions des différents SCOPE

Le scope 1 représente les émissions directes liées à l'aménagement. Le cumul des émissions et du stockage produit un bilan excédentaire en stockage pour plusieurs raisons :

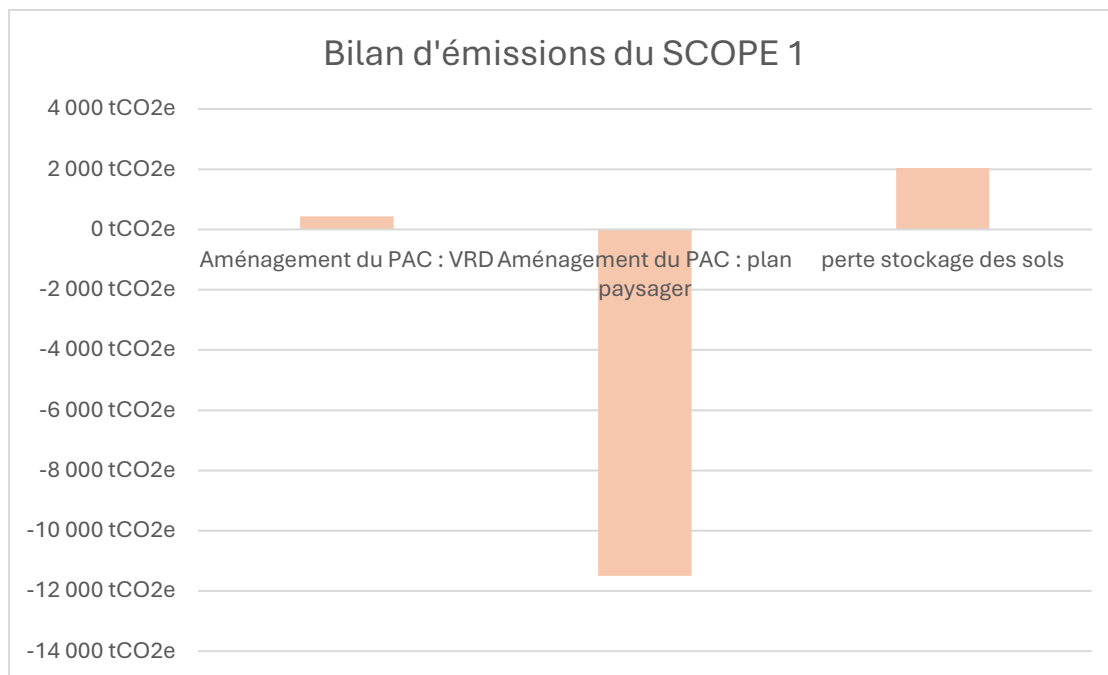
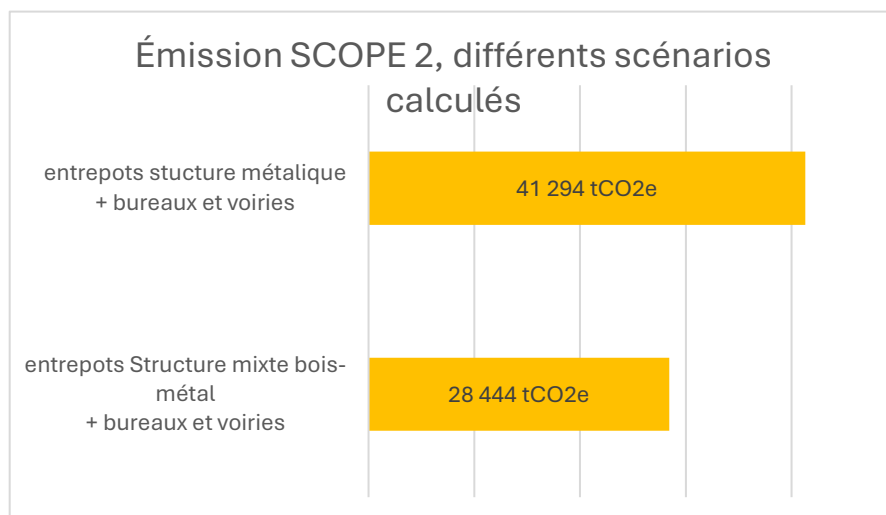


Figure 13 : Bilan d'émissions du SCOPE 1

- les aménagements VRD sont optimisés grâce à la réutilisation de la route de Laschamps et la mise en place de noues pour recueillir les eaux pluviales.
- L'aménagement sur le plan paysager permet, à l'issue du cycle de vie défini, d'augmenter le stockage GES par les arbres.
- La perte de stockage des sols est limitée grâce à la conservation des zones humides et du boisement.

> L'impact net de l'aménagement est compensé par la capacité de stockage résultant du plan paysager.

Le SCOPE 2 représente les émissions liées à la construction des bâtiments. Ce volet engendre une part déterminante des émissions. Le graphique ci-contre indique l'importance du choix des matériaux utilisés : le recours à un mixte bois-métal sur la construction des entrepôts fait baisser



les émissions du SCOPE 2 de 31 % par rapport à une structure 100% métallique.

Le SMIPAC, en tant qu'aménageur, n'est pas décisionnaire sur les modes constructifs. Néanmoins il peut quand même agir via

Figure 14 : Émission SCOPE 2, différents scénarios calculés

l'accompagnement des entreprises lors de la commercialisation par les prescriptions à la construction et les conseils apportés. Les prescriptions porteront notamment sur l'emprise au sol des bâtiments et des voiries, sur les aménagements paysagers afin d'encourager les constructions à étage et de conserver une part d'espace de pleine terre dans chaque parcelle cessionnelle.

Le SCOPE 3 regroupe les émissions indirectes liées à la consommation énergétique des entreprises et aux trafics supplémentaires générés par l'extension de la ZAC.

L'aménageur dispose de différents leviers : la décision de ne pas desservir la zone d'activités en gaz naturel encourage les entreprises à privilégier des solutions alternatives types Pompes à Chaleur / géothermie / biomasse.

Les entreprises seront également soumises à l'obligation de couvrir 50% au moins de leur toiture par des panneaux photovoltaïques. L'installations de panneaux PV sur 50 % de leurs toits permet de compenser 17% des émissions liées à la consommation énergétique.

L'ensemble de ces mesures réduit de 64 % les émissions liées au SCOPE 3.

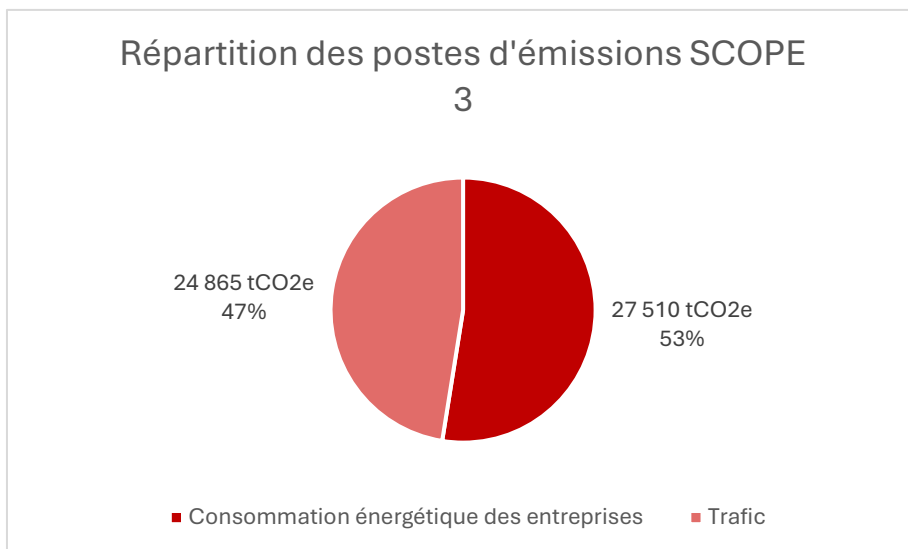


Figure 15 : Répartition des postes d'émissions, SCOPE 3

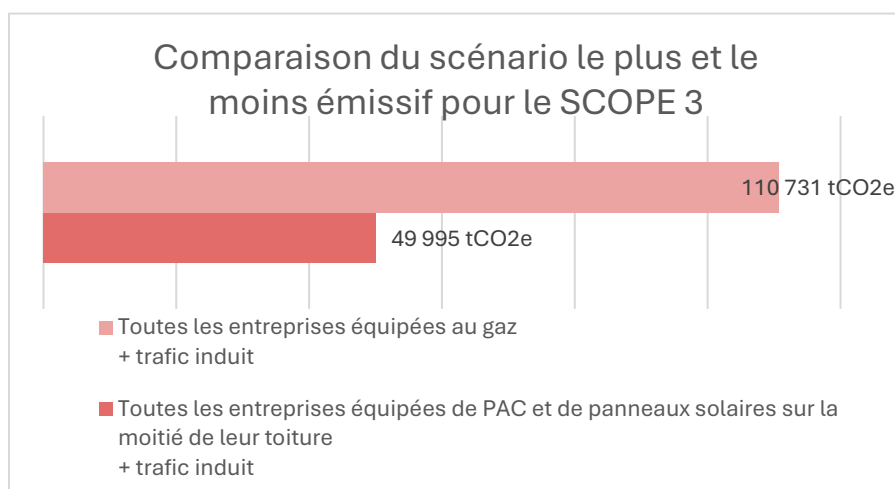


Figure 16 : Comparaison du scénario le plus et le moins émissif pour le SCOPE 3

- Bilan brut

Le bilan brut considère ici l'impact du projet d'aménagement du PAC et des installations d'entreprises au regard de la capacité de stockage maintenue dans le site, à l'intérieur du périmètre considéré.

La capacité globale de stockage des arbres et des sols représente 140 070 tonnes CO₂e sur la période considérée (2025 – 2075) soit un réservoir supérieur aux émissions cumulées du parc.

On ne peut pas en conclure pour autant que le bilan carbone de l'opération est positif : les émissions des GES contribuant malgré tout à l'augmentation de la quantité de carbone présent dans l'atmosphère. Cependant, le territoire conserve une capacité de stockage supérieure au projet grâce à la préservation des milieux humides et des boisements existants.

Ce bilan brut montre que même si le projet émet des GES, il garde une grande capacité de stockage de GES dans son périmètre notamment grâce :

- Aux zones d'évitement des zones humides qui permettent de limiter la baisse de stockage carbone des sols à 13 %
- À la conservation des boisements
- A la plantation des nombreux arbres qui compenseront les quelques arbres coupés. Cette mesure engendre une augmentation du stockage carbone des arbres de 9 % à horizon 2075.

Poste	Émissions (en tCO ₂ e)
Construction des entreprises	28 444
Consommation énergétique des entreprises	27 281
Trafic	24 865
Aménagements	440
Total émission	81 259
stockage des sols	-9 320
stockage des arbres	-130 747
Total réduction	-140 067
Total	-58 808

Tableau 23 : Bilan d'émission brut

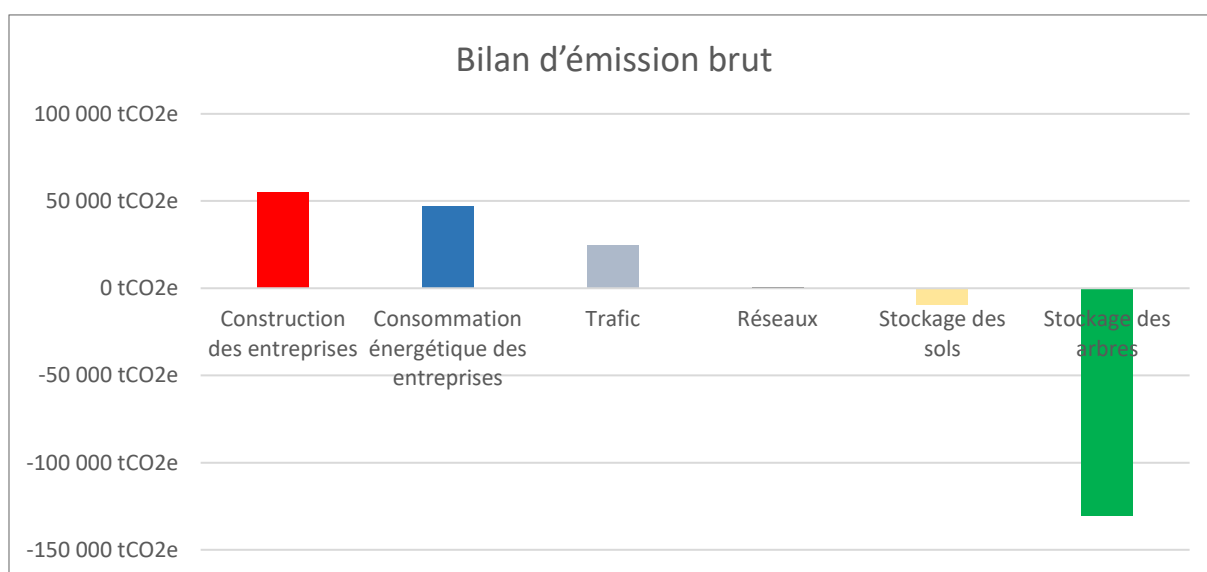


Figure 17 : Bilan d'émission brut

5. Démarche ERC

a. Mesures d'évitement

Le périmètre aménageable du projet évite l'artificialisation de 6,2 ha de zones humides et de 7,5 ha de boisements. Ces milieux présentent des capacités importantes de stockage carbone, tant au niveau des sols que de la biomasse arborée. Cet évitement permet de conserver en grande partie le stockage carbone des arbres et des sols du site tout en gardant la continuité écologique.

b. Mesures de réduction

La surface d'extension initialement envisagée était de 72 ha. Sa réduction à 45,4 ha représente une diminution de 26,6 ha, soit une réduction d'emprise d'environ 37 %. À ratios d'aménagement identiques, le maintien du projet à son emprise initiale aurait conduit à un bilan d'émissions supérieur à 100 000 tCO₂e. La réduction de la taille du projet influe directement sur tous les postes d'émissions.



Figure 18 Comparaison projet initial d'extension et projet réduit

Les émissions de GES liées à l'aménagement sous maîtrise d'ouvrage du SMIPAC représentent environ 1 % des émissions globales du projet. Elles sont optimisées au regard :

- De la sobriété des voiries à réaliser
- De la gestion des eaux pluviales qui privilégie des bassins et noues paysagers plutôt que des canalisations et réservoirs enterrés
- De la restructuration d'une voirie existante, permettant de réutiliser une partie du fond de forme en place.

Pour réduire au maximum les émissions de GES durant la phase travaux, il est préconisé d'optimiser le temps d'utilisation des machines, d'avoir recours à des entreprises et ouvriers locaux et, lorsque cela est possible, de privilégier au maximum le covoiturage.

Les émissions de GES les plus importantes seront liées à la construction des bâtiments puis à leur exploitation. Il s'agit de privilégier les techniques et matériaux les moins émissifs. Pour ce faire, le projet :

- Ne déploiera pas de réseau collectif de gaz naturel.
- Encouragera le recours aux EnR&R et aux matériaux biosourcés à travers le cahier des prescriptions architecturales et paysagères,
- Encadrera les implantations bâties pour encourager la construction à étage, l'orientation bioclimatique des locaux et le maintien d'espaces de pleine terre dans les lots.
- Développera des cheminements piétons,
- Promouvra le covoiturage entre les salariés.

Les calculs montrent que le scénario le moins émissif représente 59 % des émissions du scénario le plus défavorable (desserte en gaz – construction en acier).

Pour aller plus loin, il s'agira d'encourager les entreprises à avoir recours au maximum aux véhicules électriques dans la zone pour réduire les émissions liées au trafic induit.

c. Mesures de compensation

La plantation d'environ 2 530 arbres sur les linéaires de haies et sur la zone de compensation au nord du site compense entièrement la perte de stockage carbone des arbres abattus pour le projet et permet également de compenser une partie des émissions liées au trafic et à l'aménagement du parc d'activités.

L'obligation pour les entreprises d'avoir la moitié de leur toiture équipée de panneaux photovoltaïques permet de compenser une partie de leurs émissions liées à la dépense énergétique à hauteur de 110 tCO₂e par an.

Pour aller plus loin :

- Les entreprises pourraient recouvrir 100% de leur toiture en panneau PV, ce qui doublerait les économies de GES liées au panneau PV et générerait un revenu complémentaire par la revente d'électricité.
- une seconde mesure conseillée serait également de planter des haies sur les limites séparatives entre entreprises, en complément des haies prévues en limite avec l'espace public : identifiées en jaune sur la figure ci-dessous. Considérant un potentiel de 2 100 ml, soit environ 1 350 arbres et arbustes, l'empreinte carbone serait ainsi réduite de 3 602 tCO₂e selon l'outil « arbres en ville » au bout de 50 ans. De plus, cette disposition contribuerait également au maintien d'habitats propices à la biodiversité.



Figure 19 : Zone possible d'implantation supplémentaire de haie