

Construction et exploitation de la ZAC du Rivel

Evaluation des émissions de gaz à effet de serre

Document rédigé par Jürgen Knödseder selon la méthode Bilan Carbone®

Ramonville Saint-Agne, le 29 décembre 2023

Document disponible sur <https://zenodo.org/records/10495111> (DOI : 10.5281/zenodo.10495111)

Table des matières

1	Contexte général et objectifs	3
1.1	Contexte de l'étude	3
1.2	Objectifs de l'étude	3
2	Contexte méthodologique de l'étude	3
3	Ressources utilisées	4
4	Périmètre de l'estimation	5
5	Résultats	6
5.1	Construction	6
5.1.1	Synthèse des résultats	6
5.1.2	Changement d'affectation des sols	6
5.1.3	Voirie	7
5.1.4	Bâtiments	7
5.1.5	Parkings	8
5.2	Exploitation	8
5.2.1	Synthèse des résultats	8
5.2.2	Fluides	9
5.2.3	Déplacements	10
5.2.4	Fret	11
5.2.5	Activités économiques	12
5.2.6	Entretien	12
6	Émissions évitées et compensations	13
6.1	Émissions évitées par la production d'énergie renouvelable	13
6.2	Compensations	14
7	Leviers de réduction des émissions GES	14
7.1	Construction	14
7.2	Exploitation	15
7.2.1	Fluides	15
7.2.2	Déplacements	15
7.2.3	Fret	16
7.2.4	Entretien	17
8	Conclusions	17

1 Contexte général et objectifs

1.1 Contexte de l'étude

La zone d'aménagement concerté (ZAC) du Rivel est située dans le Lauragais, à une vingtaine de kilomètres au sud-est de Toulouse dans la vallée de l'Hers-Mort, sur les communes de Baziège et de Montgiscard. La ZAC porte le nom du Rivel, l'affluent de l'Hers-Mort qui la traverse. Créée en 2015, elle est destinée à l'accueil d'activités économiques avec l'ambition d'offrir 2 700 à 3 000 emplois sur le sud du territoire de la communauté d'agglomération du sud-est toulousain (Sicoval). La ZAC, d'une superficie de 110 ha, s'inscrit dans un contexte essentiellement agricole. Elle tire avantage de la construction en 2011, sur la commune de Montgiscard, d'une bretelle autoroutière de l'A61, réalisée dans l'optique du développement d'une zone d'activités.

Le projet a fait l'objet de trois avis de l'autorité environnementale (Ae) en 2015, 2019 et 2021. Dans son dernier avis du 22 décembre 2021 (2021-117), l'Ae constate qu'« aucun bilan des émissions GES n'est présenté, ni même évoqué pour ce qui concerne la phase de travaux (voirie et construction de bâtiments) » et que pour la phase d'exploitation « le périmètre de ces émissions n'est pas défini ; il conviendra de donner une décomposition du résultat en indiquant les principaux postes ». Dans sa réponse à l'Ae de mars 2022, le Sicoval répond à cette recommandation en fournissant des chiffres sur les émissions de gaz à effet de serre (GES) de la phase construction et d'exploitation, tout en négligeant de préciser le périmètre de l'étude. Or, il s'avère que les chiffres fournis par le Sicoval sont très partiels et ne répondent ainsi pas à la demande de l'Ae. Plus spécifiquement, pour la construction, le Sicoval considère uniquement la construction de la voirie mais néglige les émissions GES liées à la construction des bâtiments. Pour la phase d'exploitation, le Sicoval se limite aux émissions GES de la consommation de l'éclairage public et des déplacements liés à l'entretien de la voirie et des espaces verts, mais néglige les GES produit par l'activité de la ZAC ainsi que les émissions liées aux consommations énergétiques des bâtiments, aux déplacements des employés et clients et aux transports des marchandises.

Afin d'obtenir une estimation globale des émissions GES de la construction et de l'exploitation de la ZAC du Rivel, et pour ainsi répondre à la demande de l'Ae, une estimation indépendante a été effectuée par Jürgen Knödlseher, Directeur de Recherche CNRS spécialisé en analyses d'impacts environnementaux et formé à la méthode Bilan Carbone® (notons également que Jürgen Knödlseher siège actuellement au Conseil Communautaire du Sicoval et au Conseil Municipal de Ramonville Saint-Agne). L'estimation des émissions GES a été effectuée sur la base de documents publics et en toute indépendance, selon les règles déontologiques de la recherche scientifique. Ce document n'engage que son auteur et non son organisme employeur ou les institutions dont il est membre.

1.2 Objectifs de l'étude

L'objectif de la présente étude est de réaliser une estimation des émissions GES engendrées par la création de la ZAC du Rivel en incluant les phases de construction (voirie, bâtiments) et d'exploitation.

2 Contexte méthodologique de l'étude

La réglementation impose depuis 2016 aux maîtres d'ouvrage de prendre en compte l'incidence de leur projet sur le climat. La méthodologie à employer est décrite dans un guide du ministère de la

transition écologique qui s'appuie sur le code de l'environnement et les règles de la comptabilité de gaz à effet de serre en cours.¹

En cohérence avec ce guide, nous avons effectué l'estimation des émissions GES selon la méthode Bilan Carbone® version 8. Cette méthode permet de convertir les données du projet, aussi appelées « données d'activité », en les multipliant par des facteurs d'émission, disponibles dans une base de données, afin de les convertir en émissions GES, exprimés en masse de CO₂ équivalent, ce qui inclut tous les gaz contribuant au réchauffement climatique comme le dioxyde de carbone (CO₂), le méthane (CH₄) ou le protoxyde d'azote (N₂O). Sauf indication contraire, les facteurs d'émissions utilisés dans cette étude sont ceux de la Base Empreinte de l'Ademe, version 23.1.

L'estimation est fondée sur des données d'activité extraites du dossier de réalisation de la ZAC du Rivel, comprenant l'étude d'impact, ainsi que l'avis délibéré de l'Autorité environnementale et le mémoire en réponse du maître de l'ouvrage (voir section 3).

L'objectif d'une estimation des émissions GES d'un projet consiste en l'identification des leviers d'action qui permettraient de réduire ces émissions. Ainsi, il est pertinent, voir crucial, d'effectuer cette étude en amont de la réalisation de la ZAC du Rivel, afin de pouvoir mettre en œuvre des mesures qui permettront de diminuer les émissions. Bien entendu, à ce stade, certaines données d'activité sont encore assez incertaines (par exemple le nombre et types de bâtiments qui seront construits, le type d'activités qui s'installeront dans la ZAC, les consommations de fluides). Pour ces données d'activité pour l'instant mal connues, nous avons utilisé les mêmes hypothèses qui ont servi de base à l'étude d'impact.

3 Ressources utilisées

- Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études impacts, Guide méthodologique, Service de l'économie verte, Commissariat général au développement durable, [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact_0.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Prise%20en%20compte%20des%20%C3%A9missions%20de%20gaz%20%C3%A0%20effet%20de%20serre%20dans%20les%20%C3%A9tudes%20d'impact_0.pdf) (2022)
- Outil Bilan Carbone® version 8.5, Association Bilan Carbone (2020)
- Base Empreinte Ademe version 23.1, <https://base-empreinte.ademe.fr> (2023)
- Dossier de réalisation de la ZAC du Rivel, approuvé le 4 juillet 2022 par le Conseil de Communauté (S202207004), Vol 1 : <https://www.calameo.com/read/00692570758a7f7c3b067> et Vol 2: <https://www.calameo.com/read/006925707e3d187df49e6> (2022)
- Mémoire en réponse du maître d'ouvrage à l'avis de l'Autorité environnementale sur la ZAC du Rivel (3^{ème} avis), <https://www.calameo.com/read/006925707abd09ed992ec> (2022)
- Quelles sont les normes de dimensions pour les places de parking ?, <https://www.securinorme.com/prevention-au-travail/230-queelles-sont-les-normes-de-dimensions-pour-les-places-de-parking> (2023)
- Impact sur le trafic d'un projet d'aménagement d'une zone de commerces et d'activités artisanales et logistiques, https://www.eure-et-loir.gouv.fr/contenu/telechargement/47802/325003/file/8373_Terra%20Nobilis_Bonneval_130422.pdf (2022)
- COPAMO – ZAE Les Platières, Projet d'extension « Nord » et « Sud », Etude trafic, <https://www.rhone.gouv.fr/contenu/telechargement/39748/221333/file/Annexe+4-2+-+Etude+trafic+-+Rapport+complet.pdf> (2019)

¹ [https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Prise en compte des émissions de gaz à effet de serre dans les études d'impact_0.pdf](https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/Prise%20en%20compte%20des%20%C3%A9missions%20de%20gaz%20%C3%A0%20effet%20de%20serre%20dans%20les%20%C3%A9tudes%20d'impact_0.pdf)

- La mobilité liée au travail, AUAT, https://www.aua-toulouse.org/wp-content/uploads/2015/02/pdf_8pmobilitetravaillight.pdf (2014)
- Parcours moyens annuels des véhicules lourds en France de 2004 à 2020, selon le type de véhicule, <https://fr.statista.com/statistiques/484468/distance-parcourue-en-moyenne-par-vehicule-lourd-france/>
- Calcul du coût global, <http://www.coutglobal.developpement-durable.gouv.fr/aide/decouvrir#maintenance>
- Analyse en coût global d'un projet d'aménagement, PUCA, La Calade, https://www.urbanisme-puca.gouv.fr/IMG/pdf/puca_cout_global_ccva_etudes_de_cas.pdf
- ALDO, Évaluez le carbone des sols et forêts, <https://aldo-carbone.ademe.fr/epci/243100633>

4 Périmètre de l'estimation

La méthode Bilan Carbone® stipule que dans un bilan GES tous les flux dont le projet est responsable doivent être pris en compte, ainsi que tous ceux en amont/aval dont le projet est dépendant. Pour évaluer si un flux doit être pris en compte, il suffit d'examiner si le projet reste inchangé si ce flux est retiré. À titre d'exemple pour la ZAC du Rivel, il faut prendre en compte la construction des bâtiments et leur exploitation, car si on retire les bâtiments de la ZAC il n'y a plus aucune activité économique, donc le projet est fortement impacté. C'est la même logique pour les déplacements domicile-travail ou le fret, car sans employés ni marchandises il n'y a pas d'activité économique.

Selon l'article R. 122-5 du code de l'environnement le calcul des émissions GES d'un projet doit se faire sur l'ensemble de sa durée de vie. Ainsi, notre estimation comprend les phases 0 – 3 de la construction de la ZAC du Rivel, qui s'échelonne sur une période de 15 ans (initialement programmée de 2021 à 2035), ainsi que la phase d'exploitation. Pour les phases de construction, l'estimation est quantifiée en impact intégré sur la durée de construction, mesuré en tonnes de CO₂ équivalent (tCO₂e). Pour la phase d'exploitation, l'estimation est quantifiée en impact annuel, mesuré en tCO₂e par an. Aucune hypothèse n'a été faite quant à la durée d'exploitation. Une éventuelle phase de démantèlement, ainsi que les émissions GES liées à la préparation du projet, ne sont pas prises en compte dans l'estimation.

Pour la phase de construction, nous avons pris en compte les émissions GES de la construction de la voirie, de la construction des bâtiments des entreprises et de la construction des parkings, ainsi que les émissions GES associées au changement d'affectation des sols (émissions liées aux pertes et gains en carbone stocké dans les sols suite à la construction).

Pour la phase d'exploitation, nous avons pris en compte les besoins en fluides (électricité, gaz, eau), les déplacements domicile-travail des employés, le transport de marchandises induit par les activités économiques, ainsi que l'entretien des infrastructures (voirie, bâtiments, parkings et espaces verts). Le guide méthodologique du ministère de la transition écologique, sur la prise en compte des émissions GES dans les études impacts, indique aussi d'autres postes à prendre en compte, comme les déplacements des clients, les émissions indirectes liées à la chaîne de valeurs des produits fabriqués, ou les émissions associées à l'utilisation des produits. Nous n'avons pas pris en compte ces postes car ils dépendent très fortement des hypothèses sur les activités économiques des entreprises qui vont installer sur la ZAC du Rivel. Notre estimation des émissions GES liées à l'exploitation est donc à prendre comme une limite inférieure des émissions attendues.

5 Résultats²

5.1 Construction

5.1.1 Synthèse des résultats

Poste	Quantité	Facteur d'émission	GES (tCO ₂ e)
Changement d'affectation des sols			9 189
Voirie (estimation Sicoval)			1 852
Culture vers sols imperméabilisés	10 ha	190 tCO ₂ e/ha	1 900
Culture vers sols non imperméabilisés	29 ha	0 tCO ₂ e/ha	0
Culture vers forêts	1 ha	-48,3 tCO ₂ e/ha	-48,3
Lots			7 337
Culture vers sols imperméabilisés	38,6 ha	190 tCO ₂ e/ha	7 337
Culture vers sols non imperméabilisés	36,4 ha	0 tCO ₂ e/ha	0
Voirie (estimation Sicoval)			10 668
Énergie			1 112
Intrants			6 921
Fret			2 425
Déchets			210
Bâtiments			173 282
Bureaux	75 340 m ²	650 kgCO ₂ e/m ²	48 971
Bâtiments industriels (structure en béton)	113 010 m ²	825 kgCO ₂ e/m ²	83 233
Bâtiments industriels (structure métallique)	113 010 m ²	275 kgCO ₂ e/m ²	31 078
Commerces (structure en béton)	0 m ²	550 kgCO ₂ e/m ²	0
Commerces (structure métallique)	0 m ²	183 kgCO ₂ e/m ²	0
Autres constructions			2 351
Parkings (bitume)	35 200 m ²	73 kgCO ₂ e/m ²	2 351
Parkings (semi rigide)	0 m ²	165 kgCO ₂ e/m ²	0
Parkings (béton armé)	0 m ²	319 kgCO ₂ e/m ²	0
Total			195 489
Estimation Sicoval			12 520

Tableau 1 : Synthèse des émissions GES liées à la construction de la ZAC du Rivel.

Le tableau 1 présente la synthèse des émissions GES estimées pour la construction de la ZAC du Rivel, avec un total de 195 ktCO₂e. Environ 5% des émissions GES sont liées au changement d'affectation des sols (et à son imperméabilisation), 6% à la construction de la voirie, 89% à la construction des bâtiments des entreprises et 1% à la construction des parkings associés. En comparaison, le scénario PRO du Sicoval a obtenu un total de 12,2 ktCO₂e, ce qui correspond à 6,4% de notre estimation. La grande différence s'explique par les postes non pris en compte dans l'estimation du Sicoval, principalement les émissions liées à la construction des bâtiments des entreprises, mais également celles liées au changement d'affectation des sols pour les lots vendus et la construction de parkings.

5.1.2 Changement d'affectation des sols

Une première partie des changements d'affectation des sols vient de la construction de la voirie. Nous avons ici utilisé comme estimation des émissions correspondantes à celles réalisée par le

² Les résultats sont également disponibles en format excel à l'adresse <https://zenodo.org/records/10495111>

Sicoval, qui se trouve dans le tableau fourni en page 23 du mémoire du maître d'ouvrage en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale sur la ZAC du Rivel.

Une seconde partie des changements d'affectation des sols vient de l'aménagement des lots qui seront mis en vente auprès des entreprises. Les émissions liées à la conversion de ces lots n'ont pas été prises en compte dans l'estimation du Sicoval. La surface de l'emprise au sol des bâtiments, qui correspond à une conversion de cultures en sols imperméabilisés, est estimée dans le dossier de réalisation à 38,6 ha (étude impact, tableau 78, page 349, dossier de réalisation Vol. 2). La surface constructible restante est la différence entre les 75 ha de surfaces constructibles (dossier de réalisation Vol 1, page 103) et l'emprise au sol des bâtiments. Nous avons considéré que cette surface correspond à une conversion de cultures en sols non imperméabilisés, ce qui est probablement une hypothèse trop optimiste, car des routes d'accès et des parkings vont certainement être construits sur une partie de ces surfaces et devraient donc se rajouter aux surfaces de sols imperméabilisées. Une compensation par la plantation d'arbres sur les surfaces restantes aurait probablement des effets marginaux aux vues des ordres de grandeur des facteurs d'émission en jeu.

5.1.3 Voirie

Nous avons utilisé ici l'estimation des émissions directement liées à la construction de la voirie qui est fournie dans le scénario PRO du Sicoval et que l'on peut trouver dans la figure 23 en page 23 du mémoire du maître d'ouvrage en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale sur la ZAC du Rivel. Les émissions liées au changement d'affectation des sols impactés par la construction de la voirie ont été traitées séparément (voir section 5.1.2 au dessus).

5.1.4 Bâtiments

Selon le document « Étude et définition d'un Scénario global Zac à énergie positive » de l'Agence régionale Énergie Climat (AREC Occitanie), annexé au Vol. 2 du dossier de réalisation, la surface de plancher des bâtiments de la ZAC du Rivel est estimée à 301 360 m², dont 75 340 m² en surfaces chauffés (page 16). Nous prenons l'hypothèse que ces surfaces chauffées correspondent à des bureaux. Nous supposons que le reste des surfaces (226 020 m²) correspond aux bâtiments industriels. N'ayant aucune information sur la nature de ces bâtiments et aux vues de la forte différence de facteur d'émission entre un bâtiment en béton et une structure métallique, nous prenons l'hypothèse d'équilibre que la moitié des bâtiments industriels seront du premier type et l'autre moitié du second. Ceci résulte en des émissions GES de 173 ktCO₂e pour la construction des bâtiments de la ZAC du Rivel, ce qui présente 89% des émissions GES de la phase de construction.

Il est à souligner que ce résultat est sujet à incertitude puisque dans la Base Empreinte les facteurs d'émission diffèrent fortement selon le type de bâtiments construits. À titre d'exemple, si on remplace les 226 020 m² de surface de plancher de bâtiments industriels prévus dans le dossier de réalisation par des commerces (ce qui n'est *a priori* pas envisagé par l'aménageur), en conservant l'hypothèse d'une répartition 50:50 entre structures en béton et structures métalliques, on obtient un total des émissions GES de 132 ktCO₂e, ce qui correspond à une réduction d'environ 25% par rapport à notre scénario de base. Si au contraire on conserve la même surface de bâtiments industriels mais qu'on construit uniquement en structures métalliques, on obtiendra des émissions GES de 111 ktCO₂e, soit une diminution d'environ 35%. Si enfin on suppose qu'à l'inverse tous les bâtiments industriels sont construits en béton, on obtient des émissions GES de 235 ktCO₂e, soit une augmentation d'environ 35%. En d'autres termes, l'estimation des émissions des bâtiments industriels est entachée d'une incertitude d'environ 35%. Les différentes hypothèses plausibles quant aux émissions liées à la construction des bâtiments se trouveront donc probablement comprises entre une estimation basse de 111 ktCO₂e et une estimation haute de 235 ktCO₂e.

5.1.5 Parkings

L'étude d'impact du dossier de réalisation (Vol. 2, page 373) mentionne la construction de 2 800 places de parking. Pour une surface de 11,5 m² par place de parking, ce qui correspond à la surface minimale pour une place de parking en bataille³, on peut estimer la surface totale de parking à 32 200 m². Sous l'hypothèse que ces parkings seront construits en bitume, la construction des parkings émettra 2,4 ktCO₂e. Il est à noter que des parkings construits en semi rigide ou en béton armé produiraient des émissions qui pourraient aller jusqu'à 10,2 ktCO₂e. L'hypothèse que nous avons donc choisie pour notre analyse est donc celle du moindre impact.

5.2 Exploitation

5.2.1 Synthèse des résultats

Poste	Quantité	Facteur d'émission	GES (tCO ₂ e/an)
Fluides			1 859
Electricité – réseau	12,0 GWh/an	52 gCO ₂ e/kWh	624
Electricité – panneaux solaires	8,6 GWh/an	32,3 gCO ₂ e/kWh	278
Gaz	4,25 GWh/an	204 gCO ₂ e/kWh	867
Eau potable	337 625 m ³ /an	132 gCO ₂ e/m ³	44,6
Assainissement des eaux usées	175 200 m ³ /an	262 gCO ₂ e/m ³	45,9
Télécommunications / Internet	0 €/an	170 gCO ₂ e/€	0
Traitement des déchets	0 t/an	374 kgCO ₂ e/t	0
Déplacements			4 524
Domicile-travail – voiture	19 102 160 km/an	231 gCO ₂ e/km	4 413
Domicile-travail – transport en commun	549 180 p.km/an	202 gCO ₂ e/p.km	111
Domicile-travail – modes actifs	341 157 km/an	0 gCO ₂ e/km	0
Clients – voiture	0 km/an	231 gCO ₂ e/km	0
Clients – transport en commun	0 p.km/an	202 gCO ₂ e/p.km	0
Clients – modes actifs	0 km/an	0 gCO ₂ e/km	0
Fret			11 547
Poids lourd (moyen)	9 719 515 km/an	1 188 gCO ₂ e/km	11 547
Activités économiques			0
Fabrication de produits			0
Utilisation de produits			0
Entretien			1 797
Voiries	330 000 €HT/an	170 gCO ₂ e/€HT	56
Espaces verts	900 000 €HT/an	170 gCO ₂ e/€HT	153
Maintenance des bâtiments	4 520 400 €HT/an	170 gCO ₂ e/€HT	768
Nettoyage des bâtiments	3 767 000 €HT/an	170 gCO ₂ e/€HT	640
Lots – parkings	48 300 €HT/an	170 gCO ₂ e/€HT	8
Lots – espaces verts	1 005 147 €HT/an	170 gCO ₂ e/€HT	171
Total			19 727
Estimation Sicoval			5,8

Tableau 2 : Synthèse des émissions GES annuelles de l'exploitation de la ZAC du Rivel. Les postes non chiffrés sont indiqués en rouge.

³ <https://www.securinorme.com/prevention-au-travail/230-quelles-sont-les-normes-de-dimensions-pour-les-places-de-parking>

Le tableau 2 présente la synthèse des émissions GES annuelles pour l'exploitation de la ZAC du Rivel, estimées à un total de 19 727 tCO₂e/an. Environ 9% des émissions sont liées aux fluides, 23% aux déplacements domicile-travail, 59% au fret et 9% à l'entretien. En comparaison, le Sicoval a estimé ces émissions à 5,8 tCO₂e/an, ce qui correspond à 0,03% de notre estimation. Cette différence très significative s'explique par le fait que le Sicoval a ignoré la quasi-totalité des émissions GES liées à l'exploitation. Notons également que le Sicoval a retranché à son estimation des émissions GES évitées de 8 tCO₂e/an, en lien avec la production photovoltaïque des ombrières. Ceci n'est pas compatible avec la méthode Bilan Carbone®, qui proscriit toute déduction. Le Guide Méthodologique Bilan Carbone® (page 21) préconise à l'inverse de mentionner les émissions GES évitées à part du bilan, ce que nous faisons dans la section 6.1.

5.2.2 Fluides

L'estimation des émissions GES de la consommation électrique est basée sur les chiffres du bilan énergétique de la ZAC du Rivel, fourni en page 373 de l'étude d'impact (Vol 2. du dossier de réalisation), à savoir 12 GWh/an fourni par le réseau électrique et 8,6 GWh/an par un système de production photovoltaïque local. Notons que ce système produira 20,5 GWh/an dont 11,9 GWh/an seront injectés dans le réseau électrique et le reste utilisé localement. Pour la consommation réseau, nous avons utilisé le facteur d'émission du mix électrique français en 2022 (52 gCO₂e/kWh). Pour les panneaux solaires, nous avons pris un facteur d'émission de 32,3 gCO₂e/kWh qui correspond à une fabrication européenne des panneaux (c'est l'hypothèse moyenne ; la Base Empreinte donne un facteur d'émission de 25,2 gCO₂e/kWh pour une fabrication française et 43,9 gCO₂e/kWh pour une fabrication chinoise).

Les besoins en gaz ne sont pas chiffrés dans l'étude d'impact, mais le schéma en page 373 semble suggérer qu'ils correspondent à environ la moitié des 8 GWh/an estimés pour le chauffage renouvelable, c'est-à-dire environ 4 GWh/an. L'estimation du besoin en chaleur en page 365 de l'étude d'impact, compris entre 3,5 et 5 GWh/an, est cohérente avec ce chiffre et nous adoptons donc sa moyenne de 4,24 GWh/an pour la consommation de gaz. Le facteur d'émission appliqué est celui du mix moyen pour la France continentale en 2015.

Les consommations en eau potable sont basées sur l'estimation de 925 m³/jour fournie en page 87 du dossier de réalisation Vol. 1 et qui inclut la défense incendie. Ce chiffre est converti en consommation annuelle en le multipliant par 365 jours. Le facteur d'émission (132 gCO₂e/m³) est celui fourni par la Base Empreinte pour la France continentale hors infrastructures.

Le volume pour l'assainissement des eaux usées est basé sur l'estimation moyenne de 480 m³/jour fournie en page 85 du dossier de réalisation Vol. 1. Ce chiffre est converti en consommation annuelle en le multipliant par 365 jours. Le facteur d'émission (262 gCO₂e/m³) est celui fourni par la Base Empreinte pour la France continentale hors infrastructures.

Faute de données d'activité dans les documents en lien avec les besoins en télécommunications, à internet et au traitement des déchets, nous n'avons pas estimé les émissions GES associées. Toutefois, ces postes ne devraient pas contribuer significativement aux émissions GES d'exploitation. Selon une étude⁴, les dépenses annuelles en télécommunications et internet des entreprises se situent entre 25 € et 200 € par employé, donc sous l'hypothèse de 3 000 emplois et en prenant la valeur haute, on peut borner le coût maximal à 600 k€/an, ce qui suggère une limite supérieure pour les émissions GES associées d'environ 100 tCO₂e/an. Pour les déchets, le Sicoval a collecté en 2022 844 tonnes de Déchets Industriels Banals (DIB) en provenance des entreprises du territoire⁵, ce qui

⁴ <https://www.opérateur-telephonique.fr/le-budget-telecom-des-entreprises>

⁵ <https://www.sicoval.fr/actualites/gestion-des-dechets-consultez-le-rapport-dactivite-2022/>

suggère des émissions GES associées d'environ 310 tCO₂e/an. Ces entreprises emploient 33 000 salariés⁶, donc il est à attendre que les émissions GES des déchets de la ZAC du Rivel, avec 3 000 emplois, soient bien moindres.

5.2.3 Déplacements

Les déplacements domicile-travail des employés de la ZAC du Rivel, exprimés en km/an, sont estimés selon la formule

$$D_i = N \times PM_i \times DM_i \times JTA \times TP \times DJN / NPV$$

où

- i indique le mode de transport (voiture, transport en commun, modes actifs) ;
- D_i est la somme des distances annuelles parcouru ;
- N est le nombre d'emplois ;
- PM_i est la part modale pour le mode de transport i , compris entre 0 et 1 ;
- DM_i est la distance moyenne parcouru entre domicile et travail (aller simple) ;
- JTA est le nombre de jours travaillé par an ;
- TP est le taux de présence, compris entre 0 et 1 ;
- DJN est le nombre de déplacements par jour et par emploi ;
- NPV et le nombre de personnes par véhicule (cas de voiture individuel, sinon $NPV = 1$).

Nous nous sommes basés sur $N = 3\,000$ emplois (page 13 du dossier de réalisation, Vol. 1) et $JTA = 226$ jours travaillés par an (page 17 de l'étude d'impact de l'AREC Occitanie, dossier de réalisation, Vol. 2). Pour les déplacements en voiture, nous avons supposé que $TP = 90\%$ et $NPV = 1,1$, valeurs adoptées dans une étude équivalente sur une zone d'activités à Bonneval.⁷ Nous avons également supposé $DJN = 3,5$, valeur adoptée dans une étude équivalente sur la ZAE Platières situés entre Lyon et St. Etienne.⁸ Pour les déplacements en transport en commun et en vélo, nous avons supposé que $TP = 90\%$, $NPV = 1$ et $DJN = 2$. Pour PM_i et DM_i nous nous sommes basés sur l'étude AUAT concernant la mobilité liée au travail⁹ en prenant les parts modales pour le périphérique éloigné, résumées dans le tableau suivant :

Mode de transport	PM_i	DM_i
Voiture	88,6%	11,1 km
Transport en commun	4,5%	9,9 km
Mode actif	6,8%	4,1 km

Tableau 3 : Synthèse des paramètres adoptés pour le calcul des déplacements domicile-travail

Ceci donne par exemple 19 102 160 km parcouru par an en voiture, ou 84 552 km par jour travaillé, valeurs qui peuvent être comparées à l'estimation de 29 800 km/jour donnée en page 17 de l'étude d'impact de l'AREC Occitanie (Vol. 2 du dossier de réalisation). Notons que cette dernière a été basée sur un modèle de déplacement plus simple en adoptant $N = 2\,700$, $PM_{voiture} = 79\%$, $DM_{voiture} = 7$ km, $TP = 100\%$, $NPV = 1$, $DJN = 2$, ce qui illustre bien la sensibilité des estimations au choix et aux hypothèses de modélisation. En particulier, nous avons pris $DJN = 3,5$ pour les déplacements en voiture, ce qui suppose que 75% des employés fassent un aller-retour à midi pour déjeuner à domicile.

⁶ <https://www.sicoval.fr/mon-agglo/le-territoire/nos-donnees-de-territoire/>

⁷ Page 30 de [https://www.eure-et-](https://www.eure-et-loir.gouv.fr/contenu/telechargement/47802/325003/file/8373_Terra%20Nobilis_Bonneval_130422.pdf)

[loir.gouv.fr/contenu/telechargement/47802/325003/file/8373_Terra%20Nobilis_Bonneval_130422.pdf](https://www.eure-et-loir.gouv.fr/contenu/telechargement/47802/325003/file/8373_Terra%20Nobilis_Bonneval_130422.pdf)

⁸ Page 31 de <https://www.rhone.gouv.fr/contenu/telechargement/39748/221333/file/Annexe+4-2+-+Etude+trafic+-+Rapport+complet.pdf>

⁹ https://www.aua-toulouse.org/wp-content/uploads/2015/02/pdf_8pmobilitetravaillight.pdf

En plus des déplacements domicile-travail, il faudrait aussi prendre en compte les déplacements des clients des sociétés implantées dans la ZAC du Rivel. Or le dossier de réalisation ne comporte aucune information à ce sujet. Le nombre de déplacements de clients dépendra bien sûr fortement du type d'activité et aussi du lieu de travail ou de domicile des clients. En absence d'informations nous n'avons pas estimé les émissions GES associés à ces déplacements, mais nous notons qu'ils peuvent être significatifs, en particulier en cas d'implantation de commerces sur la ZAC du Rivel.

5.2.4 Fret

La distance parcourue par des camions de fret, exprimée en km/an, est estimée selon la formule

$$D = PLJ \times DM \times JOA$$

où

- D est la distance annuelle parcourue ;
- PLJ et le nombre de poids lourd par jour qui vont vers la ZAC du Rivel ;
- DM est la distance moyenne parcourue par ces poids lourds ;
- JOA est le nombre de jours ouvrés.

Nous avons pris l'hypothèse qu'uniquement les activités de logistique vont engendrer du fret, en estimant PLJ = 332 poids lourds par jour. Cette estimation a été obtenue en supposant une surface de plancher pour la logistique (SPL) de 131 851 m² et en faisant l'hypothèse que l'implantation d'une activité logistique génère un poids lourd pour 400 m² de surface, comme indiqué en page 292 de l'étude d'impact (dossier de réalisation, Vol. 2). La surface de plancher pour la logistique a été estimée au *prorata* de la surface des lots prévu pour la logistique selon

$$SPL = SL / ST \times SP$$

où SL = 30,4 ha est la surface prévue pour la logistique sur les lots aménagés en phase 1 et 2 (page 288 de l'étude d'impact, dossier de réalisation, Vol. 2), ST = 69,5 ha est la surface totale aménagée en phase 1 et 2 (idem) et SP = 301 360 m² est la surface de plancher de construction toutes phases d'aménagement comprises (page 16 de l'étude AREC, annexe au Vol 2. du dossier de réalisation). Nous supposons alors que la proportion des activités de logistique sur les lots aménagés en phase 3 sera identique à celle de la phase 1 et 2.

Bien que la distance précise qu'un poids lourd devra parcourir pour rejoindre la ZAC du Rivel ne puisse pas être connue aujourd'hui, on peut estimer la distance moyenne DM sur la base des statistiques françaises pour le fret. Ainsi, un poids lourd parcourt en moyenne 43 050 km en France (moyenne pour la France en 2019¹⁰), ce qui en divisant par 365 jours dans l'année donne DM = 117,9 km. Il faut souligner que la méthode Bilan Carbone® stipule explicitement qu'il faut prendre toute la distance que le poids lourd parcourt (et non pas seulement la distance parcourue sur le périmètre de la ZAC du Rivel), car sans l'existence de la ZAC du Rivel le poids lourd ne ferait pas le trajet.

Nous avons pris JOA = 250 ce qui correspond au nombre de jours de semaines moins 11 jours fériés. Il est à noter que le fret pour la logistique circulera probablement aussi les samedis (comme c'est par exemple le cas pour la plateforme logistique Lidl implantée sur la commune de Baziège), ce qui potentiellement augmentera les émissions GES du fret de 20%.

¹⁰ <https://fr.statista.com/statistiques/484468/distance-parcourue-en-moyenne-par-vehicule-lourd-france/>

Bien que le tonnage des poids lourds ne soit pas encore connu, les facteurs d'émission de la Base Empreinte, exprimés en gCO₂e par km parcourus, varient peu entre les différentes options. Ainsi les valeurs couvrent une plage allant de 945 gCO₂e/km pour un camion rigide de 3,5-7,5 tonnes (diesel routier, 7% biodiesel, charge utile : 2,5 tonnes) à 1 439 gCO₂e/km pour un camion rigide de 26-32 tonnes (diesel routier, 7% biodiesel, charge utile : 13,7 tonnes). Nous avons adopté une valeur moyenne de 1 188 gCO₂e/km sur la base de huit facteurs d'émission de la Base Empreinte pour des camions rigides et articulés et des tonnages compris entre 3,5 et 44 tonnes.

5.2.5 Activités économiques

Les émissions GES liées aux activités économiques et spécifiquement à la production et l'utilisation de produits n'ont pas été chiffrées. Elles dépendent très fortement des hypothèses sur le type d'activités des entreprises qui vont installer sur la ZAC du Rivel et qui n'est pas connu à ce jour. Il est fort probable que ces émissions non chiffrées seront très significatives.

5.2.6 Entretien

Les émissions produites par l'entretien des espaces verts publics et de la voirie ont été estimées par le Sicoval à 4,9 tCO₂e/an, selon le tableau de la page 24 du mémoire du maître d'ouvrage en réponse à l'avis de l'Autorité environnementale sur la ZAC du Rivel. La Base Empreinte ne fournit pas de facteurs d'émission liés à des quantités physiques pour l'entretien des voiries ou des espaces verts, mais donne un facteur monétaire pour les services d'entretien (incluant la maintenance des bâtiments, le nettoyage et autres services aux entreprises) à hauteur de 170 gCO₂e/€HT. Ainsi, on peut par exemple s'attendre à des émissions GES de 17 tCO₂e/an pour des coûts d'entretien de 100 k€HT/an.

Une analyse du coût global de la ZAC Jean Zay à Antony¹¹ suggère un coût de 1,5 €HT/m²/an pour l'entretien des parkings, 3 €HT/m²/an pour l'entretien des espaces verts et 3,3 €HT/m²/an pour l'entretien de la voirie à double sens. Nous adoptons ces valeurs pour notre estimation. Selon les données en page 23 du mémoire en réponse du maître d'ouvrage à l'avis de l'Autorité environnementale, la ZAC du Rivel comportera 10 ha de voiries et 30 ha d'espaces verts, ce qui devraient correspondre à un coût annuel de 330 k€HT/an pour l'entretien de la voirie et de 900 k€HT/an pour l'entretien des espaces verts et donc engendrer des émissions GES de 56 tCO₂e/an et de 153 tCO₂e/an, respectivement. Nous ignorons la méthode que le Sicoval a utilisée pour obtenir une estimation de 4,9 tCO₂e/an. Cette estimation correspondrait à un coût d'entretien de seulement 29 k€HT/an, ce qui semble être très bas. Pour des raisons de cohérence, nous adoptons donc notre calcul au lieu de celui du Sicoval.

Pour la maintenance des bâtiments nous avons supposé un coût de 3,5 €HT/m²/an pour la maintenance courante et de 11,5 €HT/m²/an pour le gros entretien et les remplacements. Ces estimations correspondent aux moyennes pour des bâtiments de bureau, fournies par le ministère de l'écologie, de l'énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire.¹² En multipliant ces coûts par une surface de plancher de construction de 301 360 m² (page 16 de l'étude AREC, annexe au Vol 2. du dossier de réalisation), nous obtenons un coût annuel de maintenance de 4,52 M€ HT. Nous adoptons un facteur d'émission de 170 gCO₂e/€HT qui correspond aux services de maintenance des bâtiments.

Pour le nettoyage des bâtiments nous suivons le même procédé, avec un coût moyen de 12,5 €HT/m²/an et le même facteur d'émission qui s'applique également aux services de nettoyage.

¹¹ https://www.urbanisme-puca.gouv.fr/IMG/pdf/puca_cout_global_ccva_etudes_de_cas.pdf

¹² <http://www.coutglobal.developpement-durable.gouv.fr/aide/decouvrir#maintenance>

Pour l'entretien des lots, nous avons adopté un coût de 1,5 €HT/m²/an pour l'entretien des parkings et un coût de 3 €HT/m²/an pour l'entretien des espaces verts, comme déjà indiqué plus haut. Nous avons considéré une surface de 32 200 m² pour les parkings (cf. section 5.1.5) et une surface de 355 049 m² pour les espaces verts, qui est la surface résiduelle de 753 400 m² pour les lots (page 16 de l'étude AREC Occitanie, dossier de réalisation Vol. 2) moins 386 151 m² pour l'emprise au sol des bâtiments (tableau 78 sur la page 349 de l'étude d'impact, dossier de réalisation Vol. 2) et moins 32 200 m² pour les parkings.

6 Émissions évitées et compensations

6.1 Émissions évitées par la production d'énergie renouvelable

Comme indiqué en section 5.2.1, le Sicoval compte installer des panneaux solaires en ombrière sur les parkings de la ZAC. Ceux-ci seront d'une puissance de 220 kWc et produiront annuellement 253 MWh/an. Le Sicoval estime que cette production d'énergie correspond à un évitement d'émissions GES de 8 tCO₂e/an (page 24 du mémoire en réponse du maître d'ouvrage à l'avis de l'Autorité environnementale sur la ZAC du Rivel). Cet évitement d'émissions GES se comprend en comparant le facteur d'émission du mix électrique français (52 gCO₂e/kWh pour la France continentale en 2022) au facteur d'émission de l'électricité produit par panneau photovoltaïque en France. Pour un panneau fabriqué en Chine (hypothèse par défaut pour la France), la Base Empreinte donne un facteur d'émission de 43,9 gCO₂e/kWh, ce qui reste inférieur aux 52 gCO₂e/kWh du mix électrique français. En installant des panneaux solaires chinois en France, on évite donc des émissions GES de 52 – 43,9 = 8,1 gCO₂e par kWh d'électricité produite

En multipliant cette estimation par une production annuelle de 253 MWh/an, on obtient 253 000 kWh/an x 8,1 gCO₂e/kWh = 2 tCO₂e/an évitées, bien inférieur à l'estimation du Sicoval. Si on choisit des panneaux photovoltaïques fabriqués en Europe (facteur d'émission de 32,3 gCO₂e/kWh) on augmente les émissions évitées à 5 tCO₂e/an ; si finalement on utilisait des panneaux fabriqués en France (facteur d'émission de 25,2 gCO₂e/kWh) on atteindrait 6,8 tCO₂e/an d'émissions évitées, ce qui se rapproche de l'estimation du Sicoval.¹³ Ces émissions évitées ne représentent au mieux que 0,03% des 19 727 tCO₂e de GES émises au total chaque année. Quelle que soit l'hypothèse de calcul retenue, les émissions évitées grâce aux panneaux photovoltaïques du Sicoval sont donc complètement négligeables.

Aux panneaux solaires du Sicoval se rajoutent éventuellement des installations sur les toits des bâtiments et les parkings des entreprises, dont le potentiel maximal de production est estimé dans l'étude de l'AREC Occitanie à 29 – 39 GWh/an pour un nombre de places de parking compris entre 3 500 et 7 000¹⁴ (page 43 de l'étude AREC Occitanie, dossier de réalisation Vol. 2). En prenant la valeur maximale et le facteur d'émission le plus bas (production des panneaux en France), ce qui

¹³ La différence avec la valeur de 8 tCO₂e/an dans l'estimation du Sicoval s'explique par l'adoption d'un facteur d'émission supérieur pour le mix électrique français de 57,1 gCO₂e/kWh, valeur fourni par la Base Empreinte pour l'année 2018. Pour notre étude nous avons favorisé la valeur la plus récente, qui est celle de l'année 2022. Ceci illustre que la quantité d'émissions GES évitées dépend de l'hypothèse de référence.

¹⁴ Notons que ce nombre de places est supérieur aux 2 800 places indiquées dans le dossier de réalisation, Vol. 2, page 373, que nous avons utilisé pour estimer l'empreinte carbone de la construction des places de parking et de leur entretien. Avec 7 000 places de parking, 3 526 tCO₂e supplémentaires seraient émises pour la construction des parkings et 12 tCO₂e/an pour leur entretien. Notons également que ces places supplémentaires appelleront probablement aussi autant de déplacements en plus, avec un possible doublement des émissions GES associées, à hauteur d'environ 4500 tCO₂e/an. On est là encore largement au dessus du potentiel d'évitement des panneaux solaires.

donne le potentiel d'évitement le plus élevé, un total d'émissions GES de 1 045 tCO₂e/an peuvent être évitées, ce qui correspond à 5% des émissions d'exploitation de la ZAC du Rivel.

Afin d'éviter des émissions GES équivalentes à celles émises par l'exploitation de la ZAC du Rivel et ainsi parvenir à une ZAC à énergies positives, il faudrait une production annuelle de 736 GWh/an avec des panneaux de production française, ce qui est 19 fois supérieur au potentiel maximal de la ZAC du Rivel. Selon les chiffres fournis par Icea¹⁵, les panneaux solaires opérationnels sur le terrain du Sicoval produisent en moyenne 271 kWh/m²/an. Une surface de 2 716 180 m² (ou 272 ha) serait donc nécessaire pour produire 736 GWh/an afin de compenser les émissions GES annuelles de la ZAC du Rivel, ce qui est 2,5 fois supérieur à sa surface totale de 110 ha. Il est alors physiquement impossible de compenser les émissions GES annuelles de la ZAC du Rivel par des panneaux photovoltaïques installés sur sa surface.

6.2 Compensations

Comme indiqué en section 5.1.2, il est théoriquement possible de compenser des émissions GES par la séquestration du CO₂, par exemple en plantant des forêts à la place des cultures. Nous avons jugé intéressant d'évaluer s'il était physiquement possible de compenser de cette manière les 19 727 tCO₂e de GES émises chaque année par l'exploitation de la ZAC du Rivel. En utilisant l'outil ALDO pour le territoire du Sicoval¹⁶, nous avons estimé que le boisement des terres agricoles aurait un potentiel de séquestration de 6,6 tCO₂e/ha/an.¹⁷ Ainsi, pour compenser les émissions GES annuelles de l'exploitation de la ZAC du Rivel il faudrait transformer environ 3 000 ha de cultures en forêts. Notons que la surface des espaces de compensation prévus dans le cadre de la création de la ZAC du Rivel est à hauteur de 27 ha, ce qui correspond à seulement 1% des surfaces nécessaires à la compensation des émissions GES annuelles. Cette surface est plus grande que les 2 250 ha de forêts existantes aujourd'hui sur le territoire du Sicoval et correspondrait à environ 20% des surfaces agricoles totales.¹⁸ En d'autres termes, il faudrait plus que doubler les surfaces boisées du Sicoval en boisant 20% de ses surfaces agricoles. Il faudrait par ailleurs s'assurer que ces forêts soient maintenues en bonne santé et capables de fixer du carbone pendant toute la durée d'exploitation de la ZAC du Rivel. Une compensation des émissions GES d'exploitation semble donc hors de portée.

7 Leviers de réduction des émissions GES

7.1 Construction

Dans sa réponse à l'avis de l'Autorité environnementale sur la ZAC du Rivel, page 23, le Sicoval indique un potentiel de réduction de 1,45 ktCO₂e des émissions GES pour la phase de construction dans un scénario PRO optimisé, en augmentant les pourcentages de matériaux recyclés et en optimisant les distances d'approvisionnement. Sur le périmètre étudié par le Sicoval, ceci correspond à un potentiel de réduction de 12%, tout en sachant que ce chiffre ne sera probablement pas atteint car il est difficile de se fournir en acier dans la région. Si on ramène cette réduction sur le périmètre total, en incluant donc la construction des bâtiments, la réduction de 1,45 ktCO₂e correspond à une réduction de 0,7%.

¹⁵ <https://icea-enr.fr/>

¹⁶ <https://aldo-carbone.ademe.fr/epci/243100633>

¹⁷ Cette estimation inclut le stockage du carbone dans les sols, la litière ainsi que dans la biomasse en forêts. Elle est basée sur une durée de compensation de 50 ans sur laquelle le stockage, qui est dynamique dans le temps, a été reparté. Par rapport aux cultures, le stockage additionnel sur 50 ans, sous l'hypothèse d'une forêt mixte typique du Sicoval, est de 42 tCO₂e/ha dans le sol, de 33 tCO₂e/ha dans la litière et de 255 tCO₂e/ha dans la biomasse en forêts.

¹⁸ <https://www.sicoval.fr/actualites/restitution-du-diagnostic-agricole-du-sicoval-un-etat-des-lieux-necessaire-pour-eclairer-laction/>

Concernant la construction des bâtiments, des réductions d'émissions GES sont possibles en utilisant par exemple des matériaux biosourcés, géosourcés ou recyclés. L'allègement des structures peut aussi diminuer les masses des bâtiments et en conséquence les émissions GES associées aux intrants et à l'approvisionnement. La nouvelle réglementation environnementale RE2020 fixera des exigences en $\text{kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$, avec l'objectif de diminuer les émissions du secteur de la construction d'au moins 30% en 2031.¹⁹ Toutefois, pour le moment, seul le décret concernant les exigences pour les bureaux est disponible, fixant des émissions maximales de $600 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ à partir de 2031, ce qui n'est inférieur que de 8% au $650 \text{ kgCO}_2\text{e}/\text{m}^2$ que nous avons utilisé dans nos estimations. Sans exigence significativement plus contraignante sur les émissions maximales admises pour la construction des bâtiments de la ZAC du Rivel, il semble difficile d'aller au delà d'une réduction d'une dizaine de pourcents des émissions GES.

Le levier le plus efficace pour réduire les émissions GES dans la phase de construction serait de diminuer les surfaces bâties. Ceci se traduirait par une réduction automatique et directe des émissions GES de la construction. Par exemple, le Sicoval développe actuellement une extension de la ZAC Parc du Canal à Ramonville Saint-Agne d'une surface totale de 27 ha pour un nombre de 2 700 emplois estimés.²⁰ Ce nombre d'emplois est comparable à celui attendu pour la ZAC du Rivel, mais sur une surface 4 fois inférieure. En exigeant la même densité d'emplois pour la ZAC du Rivel (100 emplois/ha), on pourrait diminuer la surface de la ZAC d'un facteur 4 et ainsi réduire proportionnellement les émissions GES engendrées par la construction. La réduction des émissions serait cette fois réellement significative et n'aurait pas d'impact sur le nombre d'emplois créés par le projet.

7.2 Exploitation

7.2.1 Fluides

Pour les fluides, l'objectif primaire devrait être la réduction des consommations, par exemple en évitant des activités énergivores sur la ZAC du Rivel, en limitant les consignes de chauffage et de climatisation et en mettant en place une extinction nocturne de l'éclairage public.

Augmenter la part de production d'électricité par panneaux photovoltaïques pourrait réduire encore les émissions GES, mais cette stratégie sera probablement rapidement limitée par l'absence de capacités de stockage d'énergie sur site. En plus, la France disposant d'une électricité bas carbone, le potentiel de réduction en se passant complètement de l'électricité réseau est seulement de $240 \text{ tCO}_2\text{e}/\text{an}$, ce qui correspond à 13% des émissions des fluides, ou 1% des émissions totales d'exploitation.

Une piste plus prometteuse pour diminuer les émissions GES des fluides serait d'éviter de consommer du gaz naturel. On peut y parvenir en recourant à la géothermie et aux pompes à chaleur. Sous l'hypothèse que toutes les émissions GES associées au gaz peuvent ainsi être évitées et en couvrant les besoins énergétiques associés par des panneaux solaires, on peut probablement envisager une réduction d'environ $700 \text{ tCO}_2\text{e}/\text{an}$, ce qui correspond à 38% des émissions des fluides, ou 4% des émissions totales d'exploitation.

7.2.2 Déplacements

Un poste important des émissions GES de l'exploitation sont les déplacements domicile-travail (23% des émissions GES). Leur réduction est donc un enjeu crucial pour la ZAC du Rivel. L'étude AREC

¹⁹ https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/2021.02.18_DP_RE2020_EcoConstruire_0.pdf

²⁰ <https://www.parcducanal.fr>

Occitanie mentionne un scénario de réduction retenu pour la ZAC du Rivel basé sur la multi-modalité (bus, train, co-voiturage) et l'éco-mobilité (électromobilité). Ces scénarios ne sont cependant pas chiffrés et on ne peut donc pas estimer les réductions d'émissions qu'on peut en attendre. Dans notre estimation nous avons supposé un nombre de déplacements journaliers par emploi DJN = 3,5 pour les voitures en incluant les déplacements potentiels pour la pause de midi (voir section 5.2.3). Un levier important serait de réduire ces déplacements, avec l'objectif de tendre vers DJN = 2, en s'assurant d'une offre de restauration sur site abordable et accessible à pied (sous la forme, par exemple, de restaurants d'entreprises). Avec DJN = 2, les émissions GES liées aux déplacements seraient réduites de 1 891 tCO₂e/an, ce qui correspond à 42% des émissions des déplacements et 10% des émissions totales d'exploitation.

Un autre paramètre important est le nombre de personnes par véhicule que nous avons supposé être NPV = 1,1. En soutenant fortement le co-voiturage, avec une cible NPV = 2, les émissions GES seraient réduites de 1 986 tCO₂e/an, ce qui correspond à 43% des émissions des déplacements et 10% des émissions totales d'exploitation en moins.

Un troisième levier est bien évidemment le rapport modal. Or, en absence d'une gare implantée sur la ZAC, les seules options envisageables sont le bus et les modes actifs. Selon les facteurs d'émission de la Base Empreinte, le bus offre peu de potentiel de réduction et c'est clairement le rapport modal vers les modes actifs qui est à favoriser. Il est difficile d'estimer le niveau possible de ce rapport modal et la localisation géographique de la ZAC du Rivel en pleine campagne et face à un échangeur autoroutier n'est pas très favorable pour un tel rapport. Pour indiquer des ordres de grandeurs, si 25% des employés prenant habituellement la voiture passaient aux modes actifs, en gardant la même distance moyenne DM = 11,1 km pour ce cas de figure, les émissions GES seraient réduites de 1 103 tCO₂e/an, ce qui correspond à 24% des émissions des déplacements et 6% des émissions totales d'exploitation en moins.

Finalement, le remplacement des voitures thermiques par des voitures électriques présente une autre possibilité de réduction des émissions. Pour les déplacements en voiture, nous avons pris le facteur d'émission de la Base Empreinte pour une motorisation moyenne (2018) qui est de 231 gCO₂e/km. Notons que le gaz naturel pour véhicules (GNV), discuté dans l'étude de l'AREC Occitanie, a un facteur d'émission de 237 gCO₂e/km et ne présente donc aucun levier de réduction des émissions. Pour une voiture électrique (cœur de gamme, véhicule compact), le facteur d'émission est de 103 gCO₂e/km, ce qui offre un potentiel de réduction intéressant. Si 25% des employés se déplaçaient avec une voiture électrique, les émissions GES seraient réduites de 611 tCO₂e/an, ce qui correspond à 14% des émissions des déplacements et 3% des émissions totales d'exploitation en moins.

En additionnant toutes ces mesures, on peut envisager un potentiel de réduction d'environ 30% sur les émissions totales d'exploitation. Il faut néanmoins souligner ici que les hypothèses nous avons choisies, concernant la réduction du nombre des déplacements pour la pause repas, le co-voiturage, le rapport modal vers les modes actifs et le passage aux voitures électriques, sont toutes très ambitieuses.

7.2.3 Fret

Le poste dominant des émissions GES en phase d'exploitation est le fret : 59% des émissions GES sont liées au transport des marchandises vers et de la ZAC du Rivel. Pour notre estimation nous nous sommes basés sur la part prévisionnelle des activités logistiques indiquée dans le dossier de réalisation, même si le nombre exact des poids lourds qui vont fréquenter la ZAC quotidiennement n'est, bien sûr, pas encore connu aujourd'hui. Toutefois, la ZAC du Rivel est actuellement conçue comme une zone portée vers la production et les services, située en face d'un échangeur

autoroutier, ce qui va inévitablement engendrer un trafic important en poids lourds. L'augmentation du nombre des poids lourds suite à la construction de la ZAC du Rivel est d'ailleurs explicitement mentionnée dans l'étude d'impact, avec un doublement du trafic poids lourds prévu sur certains tronçons (page 292).

Un levier possible pour réduire ces émissions serait d'implanter une gare de fret ferroviaire au sein de la ZAC du Rivel. Cette option se heurterait cependant aux contraintes de surfaces inhérentes à la construction d'une gare de fret, laquelle construction n'a pas été intégrée au projet. En réalité, notre analyse démontre surtout qu'il serait opportun d'envisager la construction des ZAC dont le type d'activités se rapproche de ce qui est prévu pour celle du Rivel à proximité de gares de fret ferroviaire déjà existantes.

Une piste probablement plus accessible pour la ZAC du Rivel serait de réorienter ses activités, pour limiter au maximum le fret. Ceci pourrait aller de pair avec la densification des emplois et la réduction des surfaces nécessaires, évoquées en section 7.1. À titre d'exemple, si on divisait le nombre des poids lourds par 4 (ce qui correspond au facteur de densification discuté en section 7.1²¹), les émissions GES seraient réduites de 8 720 tCO₂e/an, ce qui correspond à 44% des émissions totales d'exploitation. La densification des emplois avec une réorientation des activités et une réduction des surfaces et donc très clairement le levier le plus efficace pour réduire les émissions GES du projet.

7.2.4 Entretien

Les émissions GES liés à l'entretien sont dominées par le nettoyage et la maintenance des bâtiments (78% des émissions). Le seul levier de réduction efficace pour les réduire serait donc, encore une fois, la densification des emplois qui va de pair avec une réduction des surfaces. Concernant les espaces verts, une minimisation de l'entretien devrait être envisagé, qui serait également favorable à la biodiversité dans la zone.

8 Conclusions

Nous avons estimé les émissions GES liées à la construction et à l'exploitation de la ZAC du Rivel sur la base des documents de réalisation du projet soumis à la préfecture. Ainsi, nous estimons les émissions GES de la construction à environ 200 ktCO₂e et les émissions annuelles d'exploitation à environ 20 ktCO₂e/an. Ces chiffres sont probablement des limites inférieures, car tous les postes d'émissions GES n'ont pas pu être chiffrés, en particulier les déplacements des clients des entreprises et la fabrication et l'utilisations des produits issus des activités économiques qui potentiellement auront une contribution significative aux émissions GES d'exploitation.

Notre étude a révélé qu'il est impossible d'éviter ou de compenser les émissions GES de la ZAC du Rivel et ainsi de parvenir à une ZAC à énergie positive. Le potentiel pour l'installation de panneaux solaires sur la ZAC du Rivel est 19 fois inférieur à la production nécessaire dans le scénario le plus optimiste, et la séquestration des émissions GES engendrés par l'exploitation nécessitera de reboiser 20% des surfaces agricoles sur le territoire du Sicoval.

²¹ Selon l'Agence pour le développement durable de la région nazairienne (ADDRN), les normes de densité d'emplois à l'hectare par typologie de sites d'activités sont : 20-40 emplois/ha pour les activités commerciales, 30-50 emplois/ha pour des activités industrielles, 10-20 emplois/ha pour la logistique et les activités artisanales, et 30-150 emplois/ha pour des activités du tertiaire. Une densification d'emplois réduira mécaniquement les activités de logistique, et donc le fret (source : <https://docplayer.fr/23908220-Addrn-la-densite-et-la-qualite-des-zones-d-activites-carene-et-cap-atlantique-mars-2009-agence-pour-le-developpement-durable-de-la-region-nazairienne.html>).

Avec une hypothèse d'environ 3 000 emplois créés par la ZAC du Rivel, les émissions GES d'exploitation correspondent à environ 6,7 tCO₂e/emploi/an, ce qui est bien inférieur à la valeur de 28 tCO₂e/emploi/an de l'industrie manufacturière en France²². Ceci s'explique probablement par l'omission de postes importantes dans notre estimation, comme le déplacement des clients, les émissions indirectes liées à la chaîne de valeurs des produits fabriqués et les émissions associées à l'utilisation des produits. Notre estimation fournie donc une limite inférieure aux émissions réelles d'exploitation, qui est pourtant déjà bien supérieure au plafond de 2 tCO₂e/humain/an qui est souvent évoqué comme nécessaire pour limiter le réchauffement climatique à des niveaux acceptables. Le potentiel de réduction des émissions GES sans changement de périmètre ne dépasse pas quelques dizaines de pourcents, ce qui rend la ZAC du Rivel dans son périmètre actuel écologiquement insoutenable. Seule une importante densification des emplois qui permettrait une forte réduction des surfaces (un facteur 4 semble possible) pourrait rapprocher la ZAC du Rivel de la soutenabilité. Sans réduction d'échelle, en particulier sur les postes de déplacements et de fret, mais également sur la construction des bâtiments, une réduction des émissions GES compatible avec les exigences écologiques actuelles est hors de portée. Or, la situation géographique de la ZAC du Rivel, loin des transports en commun, des infrastructures de fret ferroviaire et en face d'un échangeur autoroutier qui induit du trafic routier, rend cette réduction d'échelle difficilement réalisable. Le projet de la ZAC du Rivel va au contraire verrouiller les émissions GES sur les décennies à venir et compromettre la décarbonation du territoire.

Pour finir, nous nous sommes limités dans cette étude à estimer les émissions GES engendrées par la ZAC du Rivel. Il ne faut pas perdre de vue que la construction et l'exploitation d'une infrastructure de ce type auront d'autres impacts environnementaux : impacts sur la biodiversité, épuisement des ressources, eutrophisations des milieux aquatiques, impacts toxicologiques, ou pollutions de l'air. Ces impacts peuvent être évalués dans une Analyse Cycle de Vie (ACV) qui devrait compléter la présente estimation, afin d'appréhender la globalité des impacts environnementaux liés à la création de la ZAC du Rivel.

²² Calculé sur la base de 78 MtCO₂e émis en 2019 par l'industrie manufacturière française (<https://www.notre-environnement.gouv.fr/themes/climat/les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-et-l-empreinte-carbone-ressources/article/les-emissions-de-gaz-a-effet-de-serre-du-secteur-de-l-industrie-manufacturiere>) et de 2,8 millions d'emplois (<https://www.franceindustrie.org/wp-franceindustrie/wp-content/uploads/2023/02/TABLEAU-DE-BORD-DE-FRANCE-INDUSTRIE-fevrier-2023.pdf>).