

## Ville d'Orange (Vaucluse)



Aménageur :



Assembleur :



## Lotissement La Chênaie du Coudoulet



## Étude du bilan des Gaz à Effet de Serre

31/03/2025

Rédacteur : Elodie PEYSSI

Vérification : Laurent FARAVEL

## SOMMAIRE

1	Introduction.....	3
2	Présentation du projet .....	4
2.1	Situation .....	4
2.2	Bâtiments envisagés .....	6
3	Méthodologie de l'étude.....	7
4	Bilan carbone à l'échelle du lotissement .....	8
4.1	Artificialisation des sols (PCE Espaces extérieurs) .....	9
5	Produits de construction et équipements (PCE Bâtiment et espaces extérieurs) .	10
5.1.1	Indicateur carbone sur la construction .....	12
5.1.2	Indicateur carbone sur les systèmes énergétiques .....	13
5.1.3	Analyse des impacts par lots .....	14
5.2	Chantier .....	15
5.3	Déplacements .....	16
5.4	Eau.....	18
5.5	Déchets.....	19
5.6	Bilan des émissions GES .....	20
6	Paramètres d'applicabilité – lien avec le PLU .....	22
6.1	Construction .....	22
6.2	Déplacements .....	23
7	Conclusions .....	24

## 1 Introduction

Limiter le réchauffement climatique est l'enjeu majeur de ce siècle. De nombreux textes de loi définissent des objectifs de réduction d'émissions de gaz à effet de serre pour réussir ce défi, sans pour autant indiquer les moyens d'y arriver.

Le projet du lotissement « La chênaie du Coudoulet » à Orange engendrera des émissions de gaz à effet de serre de par le changement d'occupation des sols, le déboisement, la construction des bâtiments, leur consommation et les déplacements des utilisateurs.

La présente étude a pour but de quantifier ces émissions de gaz à effet de serre (GES) et d'apporter des éléments qui pourraient être mis en place pour limiter la contribution du lotissement au réchauffement climatique.

Cette étude est liée à l'« Etude de faisabilité du développement des EnR et réseaux », conforme à l'article L 300-1-1 du CU, qui a été remise dans un document séparé. Les hypothèses sont les mêmes et de nombreux chiffres sont communs. Les résultats des deux études ont vocation à être intégrés à l'Etude d'Impact du dossier.

## 2 Présentation du projet

### 2.1 Situation

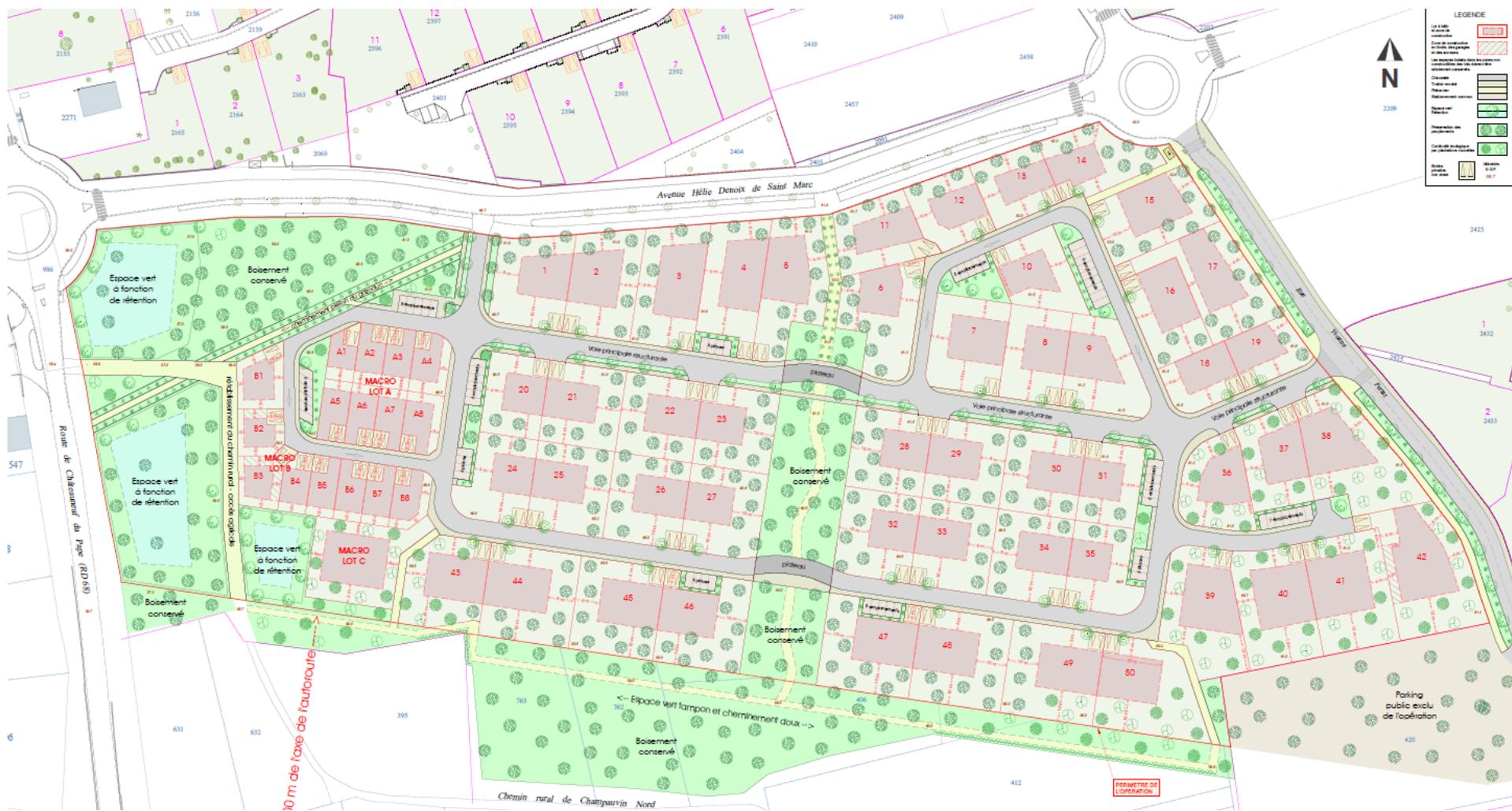
Le projet de lotissement La Chênaie du Coudoulet se situe dans le quartier de la Blissone-La Galle, en limite d'urbanisation, au Sud de la commune d'Orange, qui fait partie de la Communauté de Communes du Pays d'Orange en Provence (CCPOP).



*Image satellite de l'emplacement du lotissement*

Le site du projet s'inscrit dans la continuité par le Sud d'une zone urbaine à dominante résidentielle. **Le lotissement a une surface de 6,4 ha.**

Lotissement la Chêne de Coudoulet - Orange



Plan masse du projet (mars 2024)



### 3 Méthodologie de l'étude

Les modalités de calcul des émissions de gaz à effet de serre des projets publics sont fixées par le Décret n° 2017-725 du 3 mai 2017. Les émissions doivent être évaluées pour la phase **réalisation** et la phase **exploitation** du lotissement. La phase « fin de vie » peut également être évaluée dans le cas où suffisamment de données sont disponibles mais ce n'est pas le cas pour cette étude.

Dans la phase réalisation, les émissions liées à **l'artificialisation des sols** et à la **construction des bâtiments** doivent être comptées. Dans la phase exploitation, les émissions liées aux **consommations d'énergie**, au **transport** et à **l'entretien** du lotissement doivent être comptées. L'amortissement de la phase réalisation est considéré sur **50 ans**, avant de présenter les résultats en base annuelle.

Suite aux avis de la MRAE sur nos dernières études jugeant obsolète GES Opam, l'outil précédemment utilisé, sous une forme améliorée, par notre équipe pour ces études, nous avons changé d'outil pour assurer la conformité réglementaire de nos études.

Après consultation des services de l'Etat, **nous avons sélectionné le logiciel UrbanPrint, développé par l'Institut Efficacy (sous cotutelle de 3 ministères) avec le CEREMA, le CSTB et d'autres partenaires.** UrbanPrint est un outil d'aide à la décision permettant l'évaluation en analyse de cycle de vie (ACV) des impacts Énergie/Carbone et environnementaux d'un projet d'aménagement urbain en neuf, en rénovation ou mixte. Il permet d'accompagner la collectivité ou l'aménageur dans la définition d'objectifs ambitieux et chiffrés et de l'appuyer dans ses prescriptions aux promoteurs et constructeurs.

Si nous manquons encore de recul quant aux résultats proposés par un tel outil, nous faisons confiance à la méthode de calcul développée par le CSTB et Efficacy pour l'ADEME.

L'outil UrbanPrint est une application en ligne largement verrouillée qui propose un nombre limité d'options pour chaque item, et souvent un mode par défaut. Nous avons mentionné au fur et à mesure les choix que nous avons faits, sur la base de notre connaissance du site et du projet.

A ce stade, nous regrettons quelques différences avec notre ancienne méthode que nous ferons remonter au développeur :

- La saisie passe obligatoirement par un dessin des bâtiments. Nous intervenons souvent à des stades où la volumétrie n'est pas fixée, ce qui nécessite des hypothèses et prend un temps de saisie non négligeable.
- Aucun levier n'existe encore au niveau de l'impact mobilité, pris en compte par défaut en fonction des usages uniquement

## 4 Bilan carbone à l'échelle du lotissement

Les émissions prises en compte dans cette étude concernent l'ensemble des impacts carbone liés aux transformations de l'occupation des sols, aux infrastructures et aux usages associés. Elles incluent :

### 4.1.1.1 1. Émissions dues au changement d'occupation du terrain

- **Terrain nu** : Déstockage de CO<sub>2</sub> résultant de la destruction des sols et des végétations existantes.
- **Terrain bâti** : Émissions associées aux opérations de démolition.

### 4.1.1.2 2. Émissions liées au cycle de vie des infrastructures et des bâtiments

- **Construction et exploitation des lots immobiliers** : Émissions issues des matériaux, de la mise en œuvre et des consommations énergétiques en phase d'exploitation.
- **Construction et exploitation des espaces publics** : Impacts carbone des aménagements et des infrastructures collectives.

### 4.1.1.3 3. Émissions liées aux usages et à la gestion des ressources

- **Mobilité des usagers** : Émissions générées par les déplacements des habitants et des usagers du site.
- **Déchets d'activité** : Impacts carbone liés à la gestion, au traitement et à l'élimination des déchets produits.

## 4.1 Artificialisation des sols (PCE Espaces extérieurs)

L'imperméabilisation des sols, résultant de la construction d'infrastructures telles que des voiries, des parkings ou des bâtiments sur des terrains initialement occupés par des cultures, des prairies ou des forêts, induit un relargage du carbone stocké dans les sols et la biomasse végétale.

Sur les **6,4 ha** d'aménagés, l'état initial du terrain est considéré nu, il n'y aura donc pas d'émissions liées à la démolition de constructions déjà présentes. Le déboisement partiel et l'arrachage des deux parcelles viticoles seront cependant source d'émissions.

Les changements d'usage des sols altèrent les stocks de carbone qu'ils contiennent, entraînant soit des émissions, soit une captation de CO<sub>2</sub>.

A l'état initial, nous avons considéré :

- 70% de surfaces type « forêt composée d'arbres feuillus » faisant référence aux chênes verts.
- 30% de surface de type « espace agricole viticole ».

Les facteurs d'émission (ou de captation) proposés pour la France sont les suivants :

	Cultures	Prairies	Forêts	sols non imperm.	sols imperm.
Cultures en terres arables		-1,80	-1,61	0	190
Prairies permanentes	3,48		-0,37	0	290
Forêts	2,75	0,37		0	290

INRA "Stocker du carbone dans les sols agricoles en France ?"

Pour le projet nous avons considéré :

- Trottoirs, parking et voirie 100% imperméabilisés
- Voirie intermédiaire pour l'ensemble du projet
- Piste cyclable sur voirie
- Bassin et terrains privés « enherbé »
- « Prairie arborée » pour les espaces verts sur lesquels les chênes seront conservés et le sol débroussaillé

Ces hypothèses nous permettent de calculer le premier impact dû au changement d'occupation des sols qui modifie la capacité du terrain à stocker du carbone.

La surface du projet se décompose alors de la manière suivante :

Espace piétonnier artificialisé	<b>6,70%</b>	Voirie	<b>8,60%</b>
Espace vert artificiel	<b>47,90%</b>	Prairie	<b>15,30%</b>
Parking	<b>3,70%</b>	Forêt	<b>14,60%</b>
Piste cyclable	<b>0%</b>	Espace agricole	<b>3,20%</b>

Les émissions de GES liées à cette artificialisation des sols de **10 TeqCO<sub>2</sub>/an** en moyenne.

## 5 Produits de construction et équipements (PCE Bâtiment et espaces extérieurs)

Le bilan carbone des produits de la construction se scinde en deux parties :

1. Les émissions liées à la **construction des lots immobiliers**
2. Les émissions liées à la **construction des espaces publics.**

La phase Construction prend en compte l'impact des bâtiments et leurs parkings souterrains éventuels (équipements et matériaux).

Les bâtiments sont considérés devoir **respecter le niveau 2025-2027 de la RE2020** sur l'impact Ic Construction, qui est amené à se renforcer davantage :

	<b>2022 à 2024</b>	<b>2025 à 2027</b>	<b>2028 à 2030</b>	<b>Dès 2031</b>
<b>Bureaux raccordés à un réseau de chaleur urbain</b>	<b>980</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>810</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>710</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>600</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Bureaux - autre cas</b>	<b>900</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>770</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>680</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>590</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Maison individuelle ou accolée</b>	<b>640</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>530</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>475</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>415</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>
<b>Logement collectif</b>	<b>740</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>650</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>580</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	<b>490</b> kgeq.CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>

*Ic construction max moyen RE2020*

Sur les variantes réglementaires ont été considérées les hypothèses suivantes :

- Il a été considéré pour le bâtiment de logements collectifs :
  - Des puits de fondations
  - Absence de parking enterré
  - Des matériaux mixtes
  
- Concernant les maisons individuelles et en bande, les hypothèses suivantes ont été saisies :
  - Des fondations par semelles filantes
  - Absence de parking enterré
  - Des matériaux mixtes

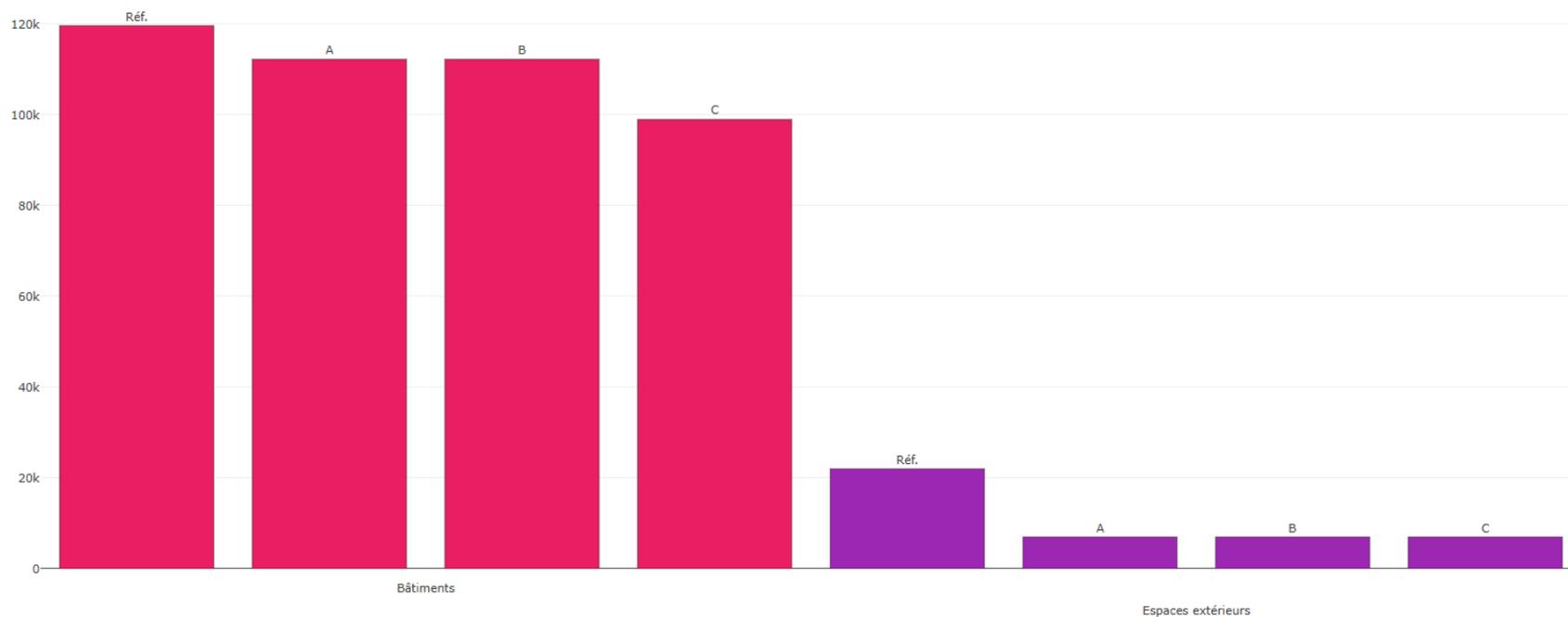
Dans le cadre de cette étude, plusieurs simulations ont été réalisées afin d'évaluer l'impact de différentes variantes sur la limitation des émissions liées aux phases de construction et d'exploitation des bâtiments. Les scénarios analysés sont les suivants :

**Réf.** Il s'agit d'un scénario représentant un quartier de « référence » avec le même programme, même contexte (dont la localisation) et les mêmes fonctions urbaines que le quartier étudié, sur lequel une stratégie de référence (à un niveau qualifié de « Business as Usual ») est appliquée. Il permet donc de situer la conception des scénarii par rapport à ce quartier fictif.

1. **Scénario réglementaire avec climatisation des logements** : Évaluation des émissions en conformité avec la réglementation en vigueur, intégrant l'usage de systèmes de climatisation.
2. **Scénario réglementaire sans climatisation** : Analyse de l'impact carbone en l'absence de climatisation, en maintenant les exigences réglementaires.
3. **Scénario avec matériaux biosourcés** : Simulation d'une utilisation majoritaire de matériaux biosourcés afin d'évaluer leur potentiel de réduction des émissions.

### 5.1.1 Indicateur carbone sur la construction

	Bâtiments	Espaces verts	
<b>Réf. Valeur de référence</b>	119,7	22	TeqCO2/an
<b>A. Règlementaire climatisé</b>	112,3	7,01	TeqCO2/an
<b>B. Règlementaire non climatisé</b>	112,3	7,01	TeqCO2/an
<b>C. Matériaux biosourcés</b>	99	7,01	TeqCO2/an



### 5.1.2 Indicateur carbone sur les systèmes énergétiques

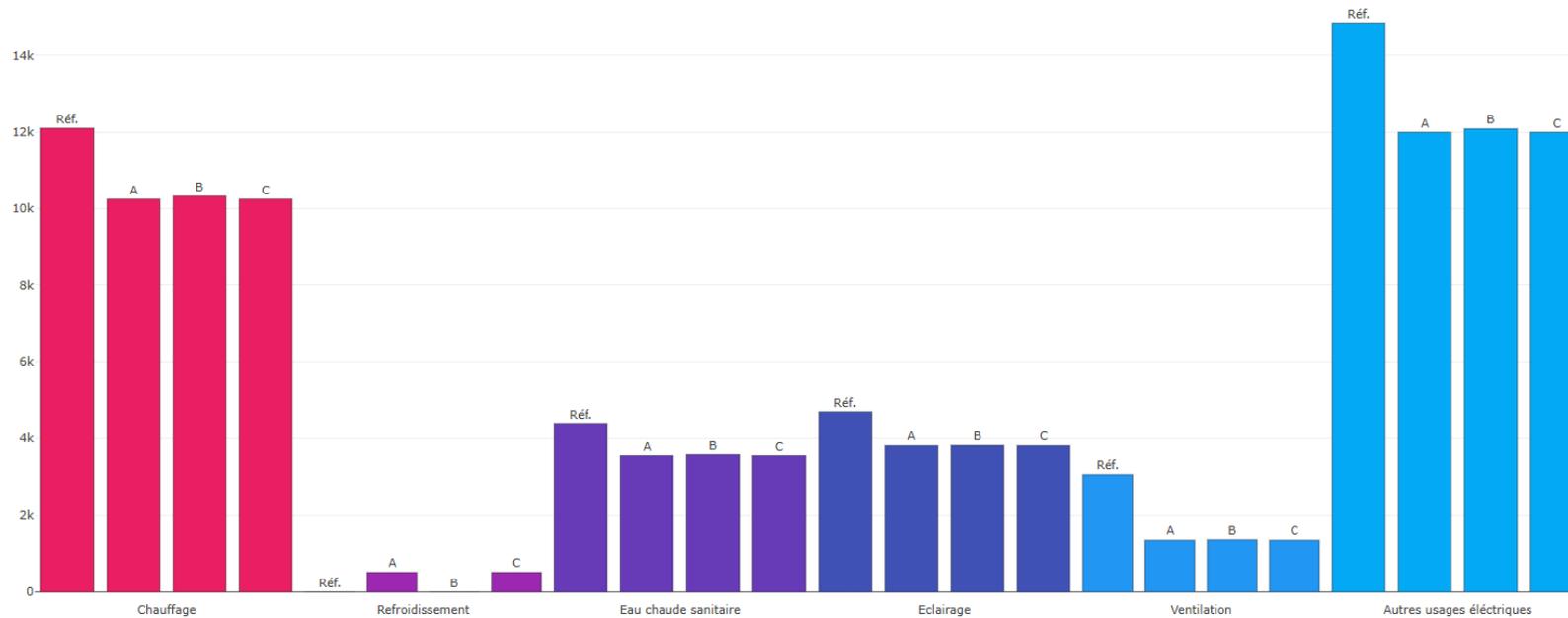
Systèmes énergétiques :

Réf. Valeur de référence : 39,1 TeqCO<sub>2</sub>/an

A. Règlementaire climatisé : 31,5 TeqCO<sub>2</sub>/an

B. Règlementaire non climatisé : 31,2 TeqCO<sub>2</sub>/an

C. Matériaux biosourcés : 31,5 TeqCO<sub>2</sub>/an



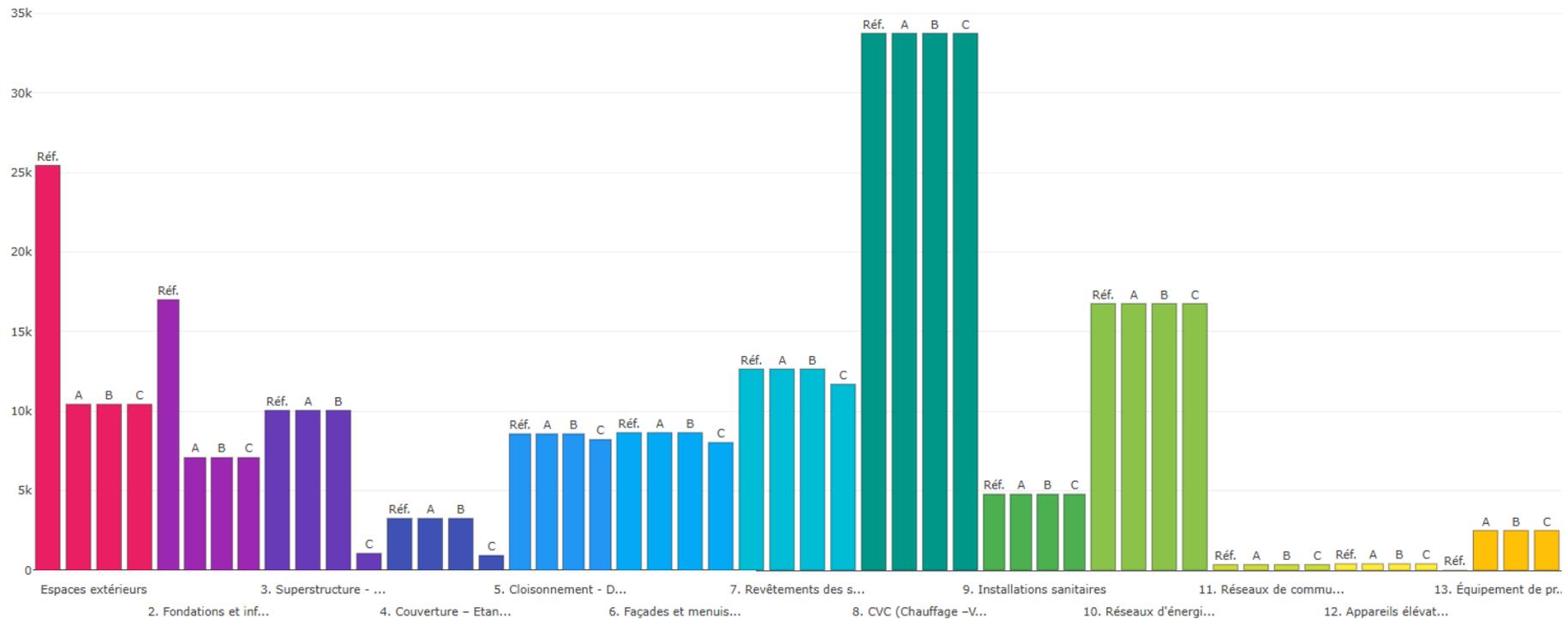
Les systèmes énergétiques représentent 7% du bilan carbone à l'échelle du quartier. La différence notable entre les différentes variantes est la climatisation.

### 5.1.3 Analyse des impacts par lots

En plus du niveau de référence réglementaire, nous avons décidé d'étudier une variante supplémentaire qui permettra d'orienter le choix vers l'utilisation de matériaux durables.

Pour le projet nous avons considéré l'utilisation de matériaux biosourcés représentant la variante C sur le graphique suivant :

#### Décomposition par allotissement réglementaire :



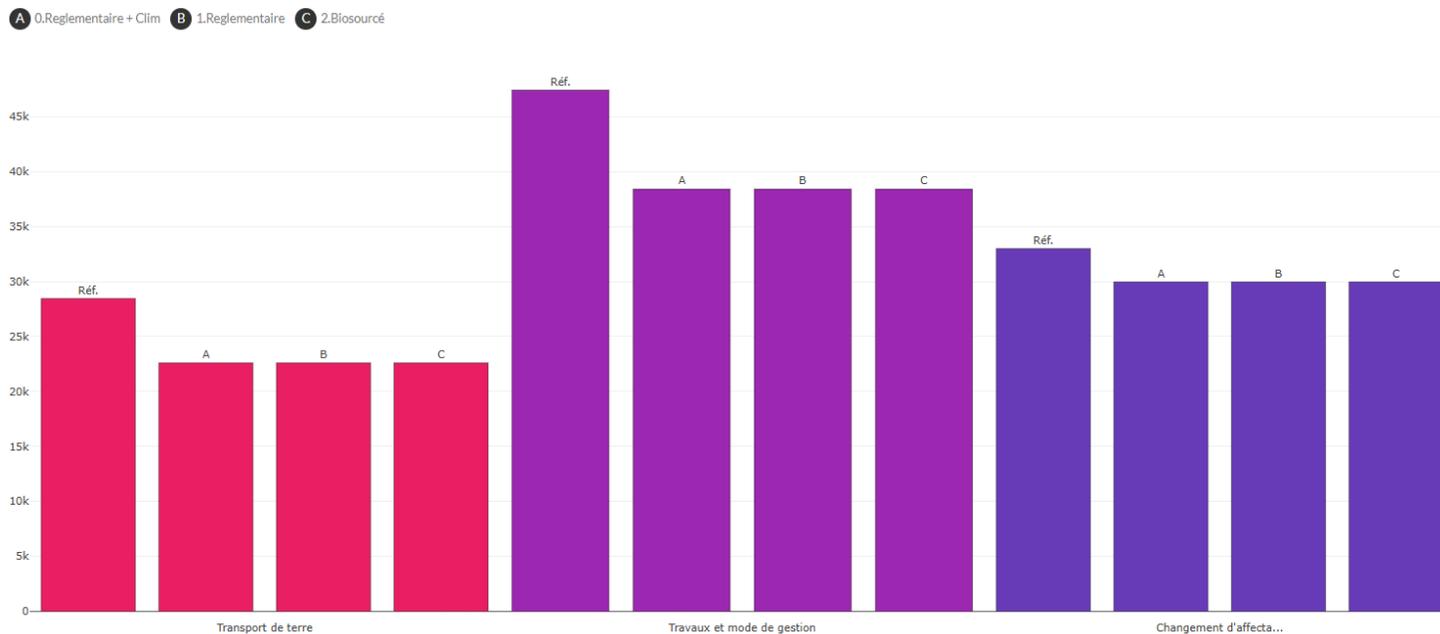
La différence notable sur les espaces extérieurs peut s'expliquer par le fait que la zone soit déjà boisée et limite ainsi les impacts liés à la plantation d'espèces.

## 5.2 Chantier

La transformation des parcelles existantes nécessite des mois de travaux, de l'évacuation des terres par des engins lourds et le déboisement partiel.

**L'impact carbone du chantier sera au total de 90,9 TeqCO<sub>2</sub>/an, ce qui est supérieur à l'impact des consommations énergétiques.**

Le transport des terres représente un poste important et encore la méthode ne permet pas de quantifier précisément les volumes évacués pour les bassins de rétention. Elle ne permet pas non plus de définir précisément l'impact de l'arrachage des chênes et des vignes. L'impact nous paraît alors plus faible que ce qu'il est réellement.



Répartition de l'impact Carbone du chantier

La phase chantier représente **20%** du bilan GES du projet, c'est le 3<sup>ème</sup> plus gros poste.

## 5.3 Déplacements

Comme mentionné précédemment, l'impact carbone des déplacements est uniquement calculé d'après les usages. L'usage étant 100% résidentiel, voici les km parcourus par an par modes de déplacement et par usager équivalent :

Distances parcourues par modes

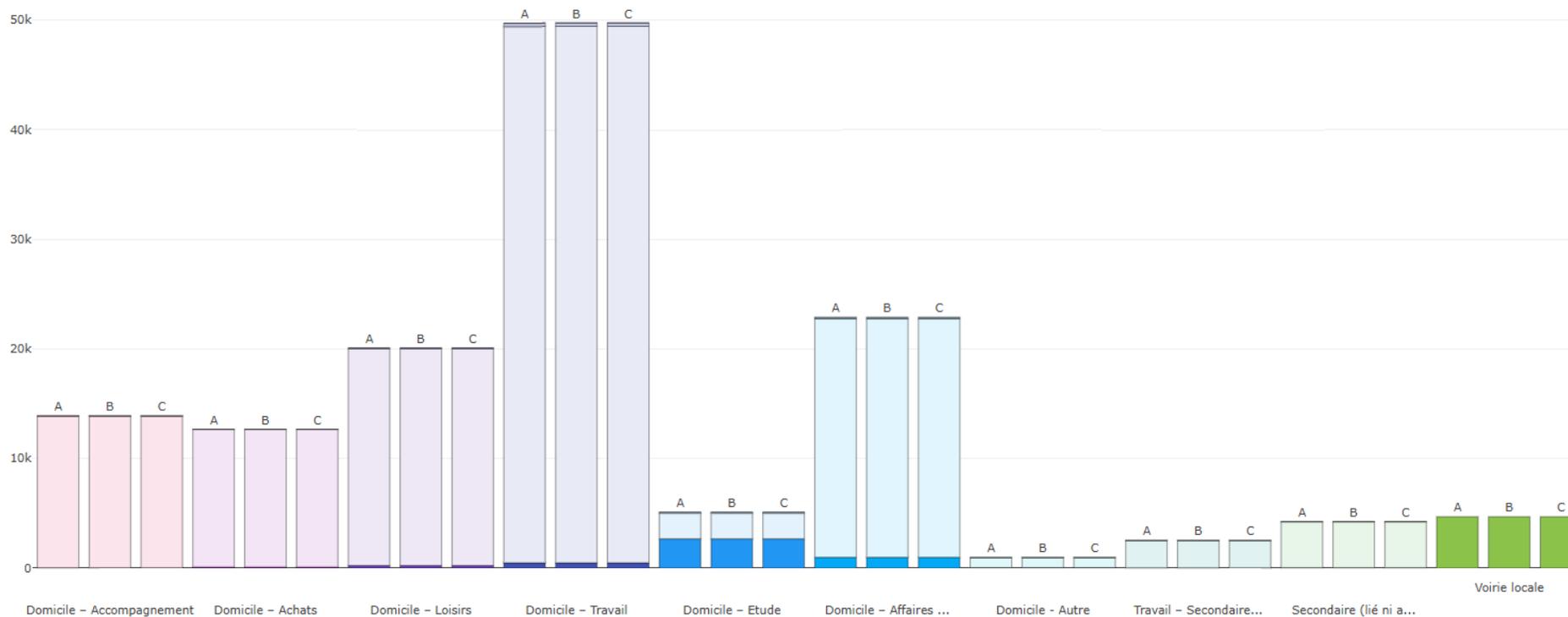
Bus	Véhicules particuliers	Transports en commun ferrés	Modes actifs
361 km / Useq ↔	2090 km / Useq ↔	402 km / Useq ↔	99,9 km / Useq ↔

Part modale

Bus	Véhicules particuliers	Transports en commun ferrés	Modes actifs
12 %	71 %	14 %	3 %

**L'impact lié à la mobilité sur la durée de vie du projet est le plus élevé des postes avec 136,7 TeqCO<sub>2</sub>/an, soit 0,76 TeqCO<sub>2</sub>/an.Useq (186 usagers équivalents estimés), soit près d'un tiers de l'impact total du projet.**

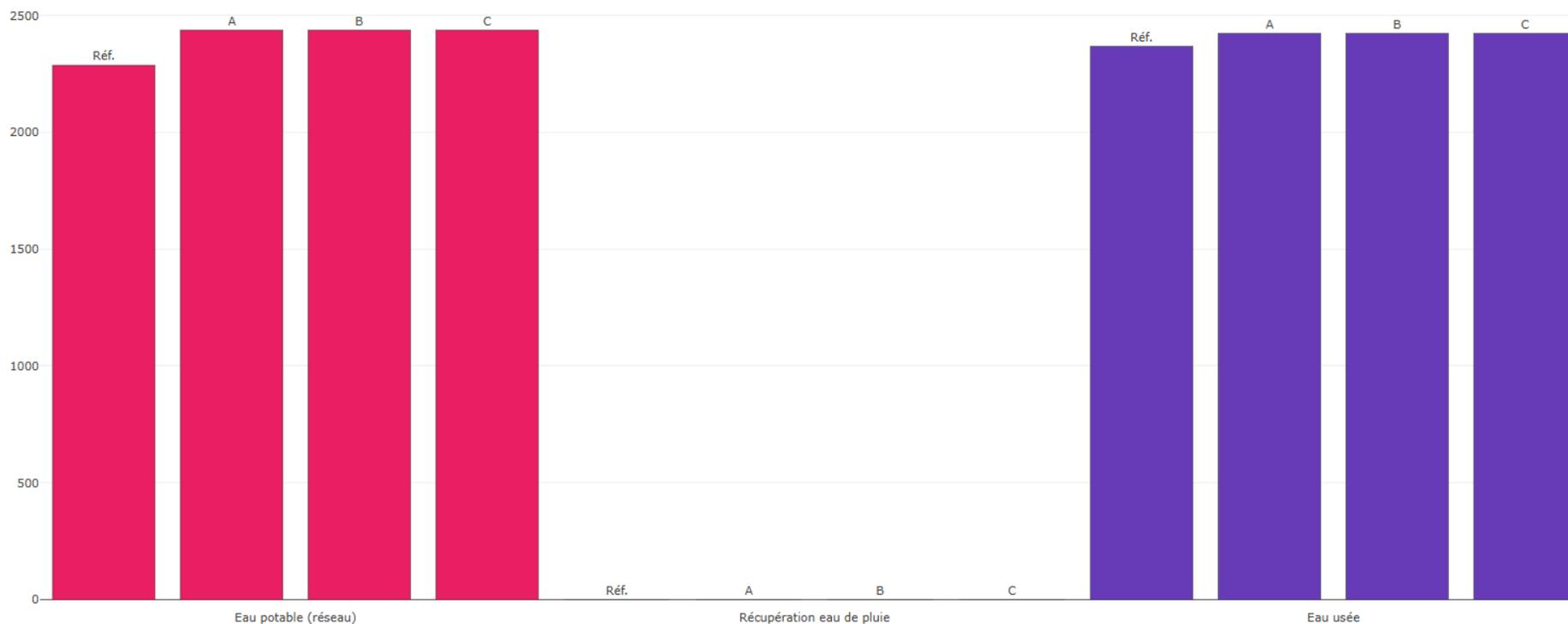
La répartition des trajets est la suivante :



Les zones en couleur pâles représentent les impacts liés aux véhicules particuliers, très majoritaires, et en couleur plus vive les transports alternatifs : bus, train, à pied, à vélo.

## 5.4 Eau

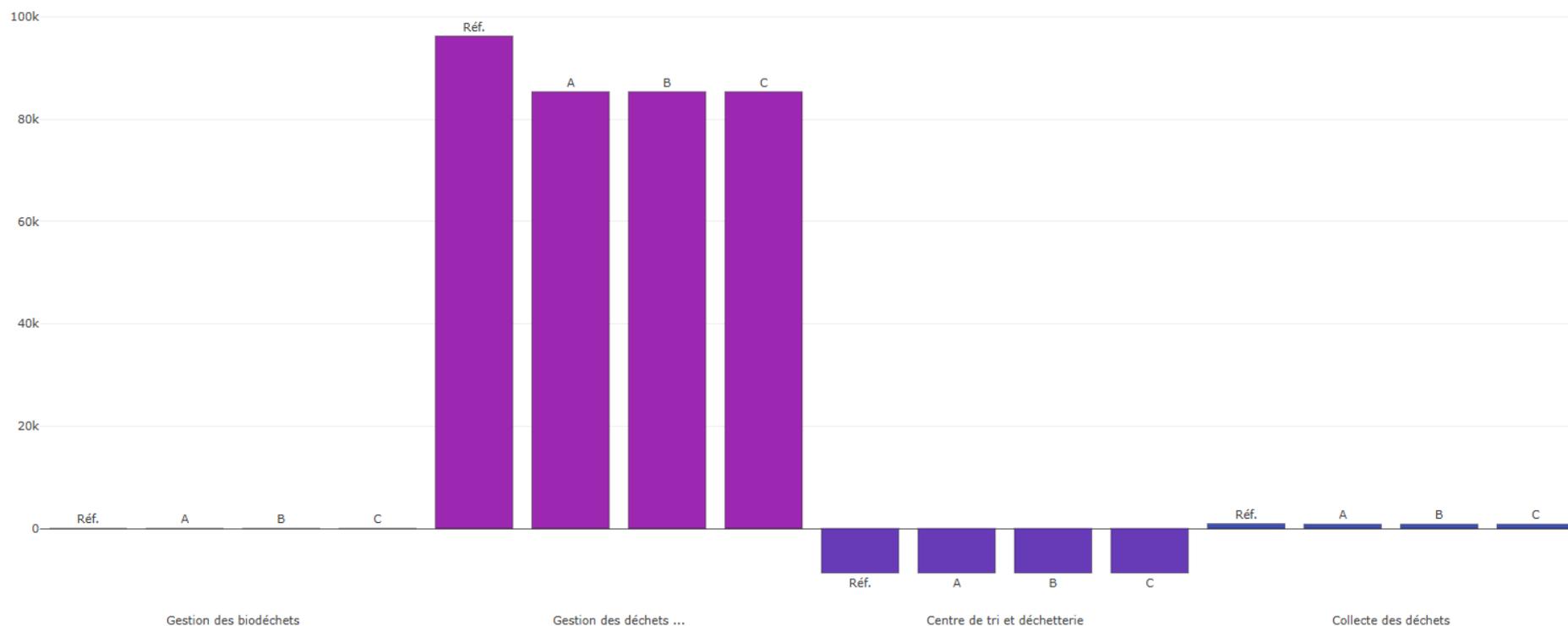
Le volume d'eau consommé par le quartier serait de 18 330 m<sup>3</sup>/an, soit 98 m<sup>3</sup>/usager.an. Aucune récupération d'eau pluviale n'a été considérée. L'impact carbone de l'acheminement et traitement de cette eau est réparti ainsi :



**L'impact annuel est de 4,86 TeqCO<sub>2</sub> pour l'acheminement d'eau potable et le traitement des eaux usées, selon des scénarios standardisés.**

## 5.5 Déchets

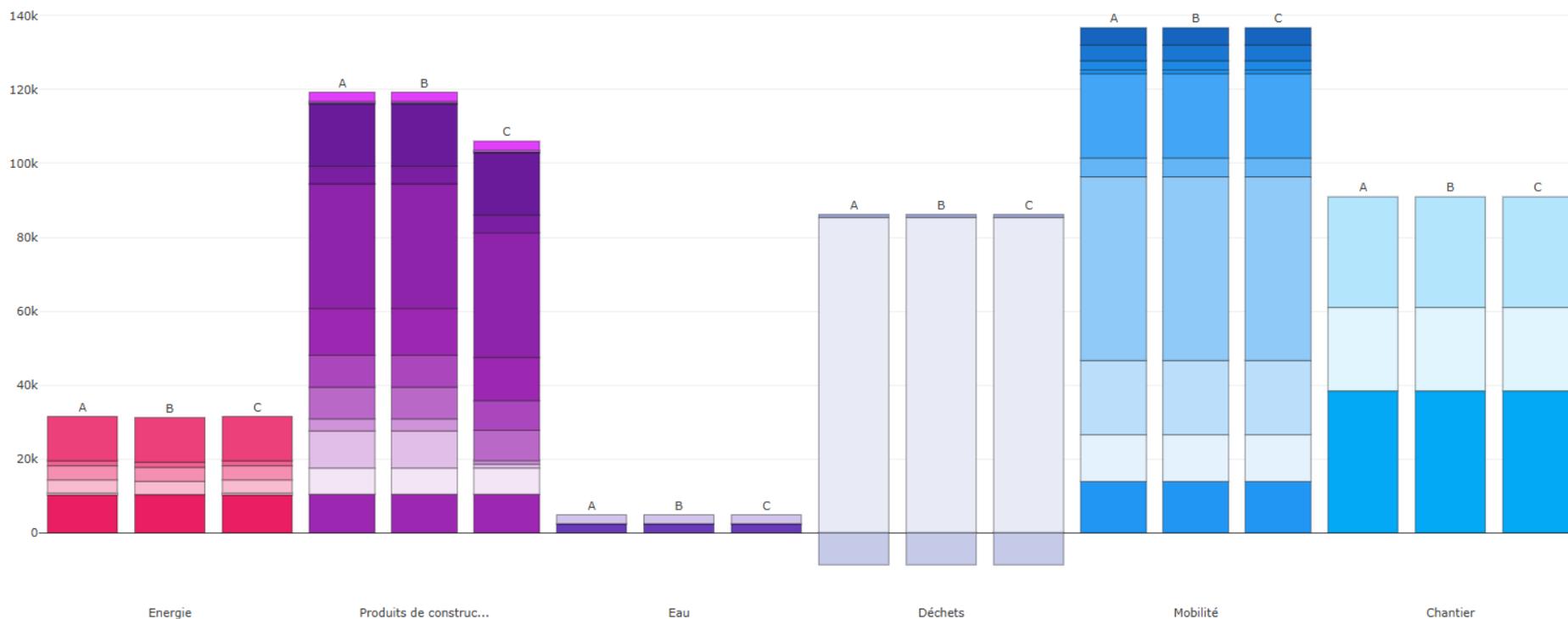
Sur la durée d'évaluation du projet, l'impact du poste déchets est de 77,4 TeqCO<sub>2</sub>/an, réparti ainsi :



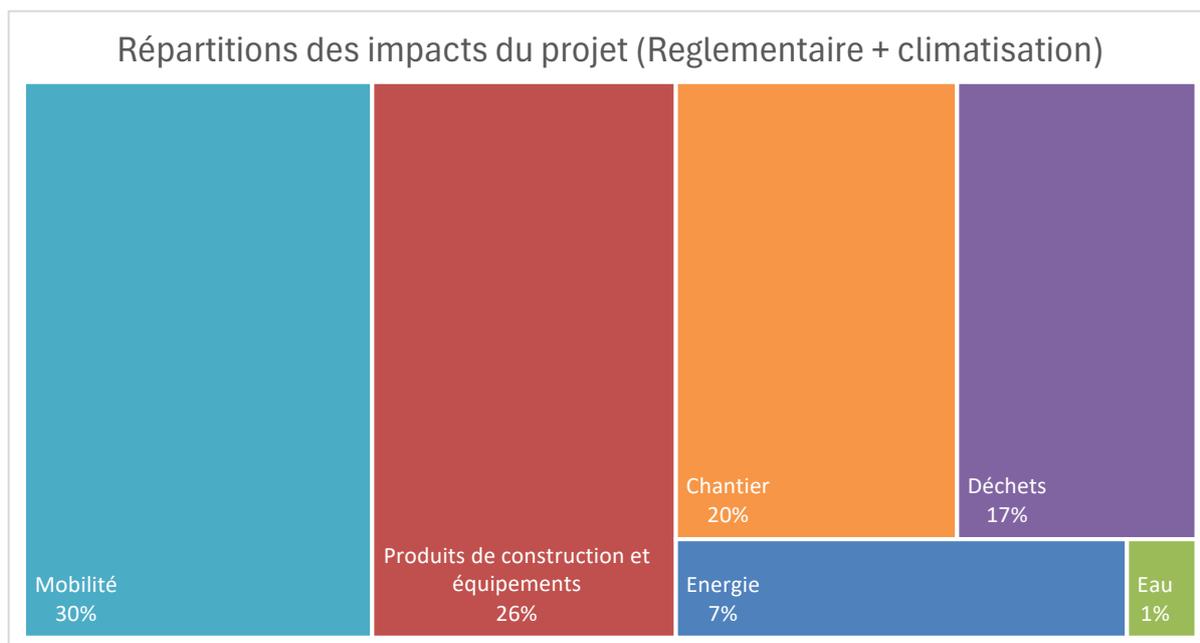
Le poste de centre de tri et déchetterie est compté comme négatif car supposé en partie valorisé en substitution d'énergie, de matériau ou de matériel carboné.

## 5.6 Bilan des émissions GES

**A** 0.Reglementaire + Clim **B** 1.Reglementaire **C** 2.Biosourcé



Répartition de l'impact Carbone du projet par postes



En comparant les émissions annuelles des différents postes, on se rend compte que **la construction représente le 2<sup>nd</sup> poste d'émission**, malgré un niveau RE2020 2025 intégrant des matériaux mixtes. A partir de 2032, ne seront tolérés que les seuils les plus bas de la RE2020, ce qui diminuera les émissions liées à ce poste.

On constate ensuite que **les déplacements représentent le 1<sup>er</sup> poste**. Dans nos précédentes études ce poste arrivait souvent en second grâce à une hypothèse de forte électrification des véhicules particuliers. **Les hypothèses d'émissions du parc de véhicule par mode de transport ne sont pas accessibles.**

Les émissions liées au traitement des déchets sont relativement importantes et se placent juste derrière les impacts du chantier, dont l'excavation des terres et le déboisement représentent une part importante. Un maximum de ces terres doit être valorisé à proximité directe.

Les consommations énergétiques des bâtiments représentent le 5<sup>ème</sup> poste.

Bien que le volume d'eau consommé soit de plus de 98 m<sup>3</sup>/usager.an, les émissions liées à l'eau sont négligeables.

L'impact total ramené au nombre d'Usagers Equivalents normalisés est de 2 470 kgCO<sub>2</sub>eq/an.useq, (au-dessus de la limite de 2 TeqCO<sub>2</sub>/pers.an nécessaire à l'atteinte de la neutralité carbone en 2050).

Le choix des matériaux de construction est donc primordial, aussi bien pour les logements que pour les espaces publics. Des choix supplémentaires non quantifiés par le logiciel peuvent permettre de diminuer cet impact : type de trottoir, de parking, etc. .

## 6 Paramètres d'applicabilité – lien avec le PLU

Le fait de définir des solutions meilleures que d'autres en termes de développement durable n'a d'intérêt que si ces solutions sont réellement mises en œuvre. Si, **depuis la Loi Grenelle, un PLU peut imposer des exigences énergétiques ou environnementales particulières à l'occasion de l'ouverture à l'urbanisation**, en pratique c'est bien plus délicat.

Nous avons mentionné ce qui est décrit, sachant que le CPAUPE est un document plus adapté à la pédagogie que le PLU qui doit faire du droit. Le cahier des prescriptions architecturales, urbaines, paysagères et environnementales (CPAUPE) permet en effet de fixer les grandes règles qui, complémentaires au PLU, doivent garantir le respect des grands principes d'une ZAC ou d'un lotissement.

Les solutions possibles en ce qui concerne la consommation énergétique des bâtiments sont déjà détaillées dans l'étude EnR, nous limiterons nos propositions aux postes les plus émissifs, **la mobilité et la construction**.

### 6.1 Construction

Pour les matériaux et équipements, la RE2020 se chargera d'obliger les constructeurs à réaliser un premier effort. **Une piste est de ne pas simplement se limiter aux seuils imposés réglementairement à la date du PC mais de viser ceux applicables à partir de 2031**. Ainsi en plus de gains importants en carbone les constructeurs pourront se familiariser à l'emploi de matériaux biosourcés et géosourcés.

L'idéal serait de **limiter l'emploi de béton et de bitume** sur le lotissement. Une disposition possible pour les bâtiments consisterait à inscrire au CPAUPE (plutôt qu'au PLU) **l'obligation de l'emploi de matériaux locaux et biosourcés en quantité significative**. Cette mesure aurait le double avantage de dynamiser les filières locales et de réduire les émissions de GES. Les matériaux doivent évidemment répondre à des normes, DTU, DTA et avis techniques et les entreprises doivent être qualifiées pour éviter les sinistres. L'inconvénient de cette mesure est qu'elle est difficilement contrôlable.

Les infrastructures viaires de type parking ou zone piétonne peuvent être réalisées en revêtements perméables plus ou moins vertueux vis-à-vis du carbone. La plupart de ces revêtements ont un contenu carbone plus faible que le bitume et permettent de restituer l'eau par infiltration, réduisant ainsi les problématiques d'épuisement du sol en eau et d'inondation en cas de fortes pluies. Par exemple, sur les parkings, tout ce qui n'est pas bande de roulement (places de stationnement) pourrait être en alvéoles remplies de minéraux locaux, voire de granulats recyclés. Les bandes de roulement elles-mêmes pourraient être en enrobé à liant végétal et non bitumineux.

Les cheminements piétons et cyclables gagnent à ne jamais être en enrobé, mais en matériaux minéraux locaux type stabilisé ou tout-venant.

La réutilisation sur site des terres d'excavation est aussi un levier important de décarbonation.

## 6.2 Déplacements

Lors des premières années d'usage du lotissement, les émissions liées aux déplacements seront le premier poste d'émissions, **c'est pourquoi il faut prévoir des solutions dès sa création.**

L'adage de l'association NégaWatt : « sobriété, efficacité, renouvelable », peut aussi s'appliquer au domaine des déplacements :

- Sobriété : **réduire les distances de déplacements.** Cela peut se faire de manière simple soit en facilitant l'accès en mode doux des bâtiments d'activités diverses et variées et services les plus proches (par des pistes cyclables et voies piétonnes), soit par **l'implantation de commerces et services de proximité.** Ainsi, les habitants peuvent s'y rendre pour travailler ou pour un service en mode de transport doux : vélo, trottinette, skate, pieds, etc.
- Efficacité : **mutualiser les déplacements.** Le véhicule léger personnel est à éviter, pour des problèmes de pollution mais également de trafic. **Les transports en commun** (y compris ceux avec des véhicules de taille intermédiaire, plus adaptés à la situation péri-urbaine que les grands bus) gagneraient à être renforcés. Des solutions complémentaires peuvent être apportées. La création d'une **aire de covoiturage** peut servir de lieu de rendez-vous aux personnes pour les trajets domicile-travail ou même trajets de voyage. La mise à disposition de véhicules en **autopartage** permet de compléter l'offre des transports.
- Renouvelable : utiliser des véhicules électriques, qui peuvent être rechargés par de l'électricité d'origine hydraulique, éolienne ou photovoltaïque. En cours de démocratisation, les véhicules électriques seront majoritaires sur la route dans quelques années.

## 7 Conclusions

- Les émissions de GES du projet du lotissement seront majoritairement dues à la **construction et aux déplacements** des utilisateurs et visiteurs du lotissement. Ce sont donc les axes de développement principaux de solutions.
- Pour l'axe Construction, il faudrait **viser la moindre utilisation de béton et bitume, en favorisant l'utilisation de matériaux biosourcés ou locaux**. L'idée étant de ne pas se limiter aux seuils actuels de la RE2020, ou **à minima de viser des seuils plus exigeants**.
- Pour l'axe Déplacements, au-delà de l'évolution des véhicules thermiques vers des véhicules électriques (qui va réduire nettement les émissions), **une organisation de modes alternatifs** peut être mise en place.
- **Un nouvel arrêt pourrait être proposé** dans le lotissement pour rallier le centre d'Orange. La fréquence de la ligne de bus pourrait être augmentée ou le réseau de bus pourrait être diversifié si les besoins le justifient.
- **La mise en place de centrales photovoltaïques sur tout ou partie des toitures disponibles** permettrait de compenser partiellement les émissions liées aux consommations d'énergie.