

MAÎTRE D'OUVRAGE :



LE MANS
Métropole
COMMUNAUTÉ URBAINE

MANDATAIRE DU MAÎTRE D'OUVRAGE :

cenovia
IMPULSEUR DE TERRITOIRE

transamo
A vos côtés

MAÎTRISE D'ŒUVRE GÉNÉRALE

Aménagement de Chronolignes sur le réseau
urbain de transport public de **Le Mans Métropole**

BILAN CARBONE

Groupement de maîtrise d'œuvre



Codification du document

Projet	Phase	Emetteur	Type	Repère	Numéro	Indice
3CL	AVP	MOEG	NT	GL	xxxxx	A

SOMMAIRE

1. Préambule	4
1.1. Contexte du projet.....	4
1.2. Présentation du projet.....	4
2. Bilan carbone du projet.....	5
2.1. Objet et contexte.....	5
2.2. Périmètre d'évaluation du bilan carbone.....	5
2.3. Références documentaires et méthodologie retenue	5
2.4. Données d'entrées et hypothèses.....	5
2.4.1. Période d'évaluation	5
2.4.2. Situations étudiées	5
2.4.3. Hypothèse et facteur d'émission de la phase chantier.....	5
2.4.4. Hypothèse et facteurs d'émissions de la phase utilisation / exploitation	5
3. Résultats.....	7
3.1. Emissions de la phase chantier	7
3.2. Emissions liées au trafic bus	7
3.3. Emissions liées au trafic de voiture particulière	7
4. Bilan 2026-2040 chantier/utilisation	8
5. Conclusion	9

1. Préambule

1.1. Contexte du projet

La Ville du Mans est au centre d'une agglomération et d'un bassin d'emplois dont elle est le moteur tant en termes d'offre commerciale et de services au public que d'attractivité. L'aire influence de l'agglomération mancelle s'étend sur territoire vaste de près de 350 000 habitants. L'aire urbaine du Mans est composée de 123 communes.

Par convention du 15 décembre 2017, Le Mans Métropole a confié à la Société d'économie mixte des transports en commun de l'agglomération mancelle – SETRAM – dans le cadre d'une délégation de service public (DSP), l'exploitation de son réseau de Transport Public Urbain et des Mobilités du 1er janvier 2018 au 31 décembre 2024.

L'objectif de cette DSP est de continuer à développer l'usage du réseau de transport de l'agglomération mancelle en renforçant son attractivité et plus globalement l'usage des modes alternatifs à la voiture particulière.

Le projet Chronolignes contribue à cet objectif en améliorant les 3 principales lignes du réseau de bus.

1.2. Présentation du projet

Le Mans Métropole s'est engagé sur le projet de développement de son réseau de transport urbain, dont l'ambition est de faire évoluer, significativement, les pratiques de mobilité au sein de son territoire et de poursuivre le changement de comportement vers une utilisation raisonnée de la voiture initiée par la mise en œuvre des lignes de tramway T1 et T2 et de la ligne BHNS Tempo T3.

Cette démarche s'inscrit dans le plan Climat – Energie visant l'apaisement des flux et des vitesses pour une réduction durable de la pollution.

Face à ce défi, le Mans Métropole a souhaité compléter les lignes structurantes de son réseau de transport en commun actuel par la réalisation de 3 Chronolignes.

Dans le réseau de transport en commun de l'agglomération du Mans, les 3 Chronolignes assurent aujourd'hui 15% de la fréquentation totale du réseau et 45% du réseau de bus.

Les lignes 4, 5 et 6, dont les tracés reprennent tout ou partie des tracés des Chronolignes, rencontrent des difficultés de maîtrise de leurs temps de parcours, engendrant un niveau de service rendu à l'utilisateur trop faible au regard de leur importance dans le réseau (vitesse commerciale : autour de 17 km/h pour les lignes 4 et 6 et de 15 km/h pour la ligne 5).

Les études préliminaires ont permis d'identifier les mesures nécessaires pour faire de ces lignes existantes des Chronolignes constituant une offre de transport performante, soit :

- Une fréquence significative et sécurisée : entre 10 et 15 minutes en heure de pointe,
- Amplitude horaire importante : 6h / 23h,
- Continuité de service le samedi et pendant les vacances scolaires,
- Des conditions d'accessibilité à la ligne pour les PMR qui seront améliorées,
- Une visibilité de la ligne accrue, via une signalétique spécifique...

La carte suivante présente le tracé des 3 Chronolignes.

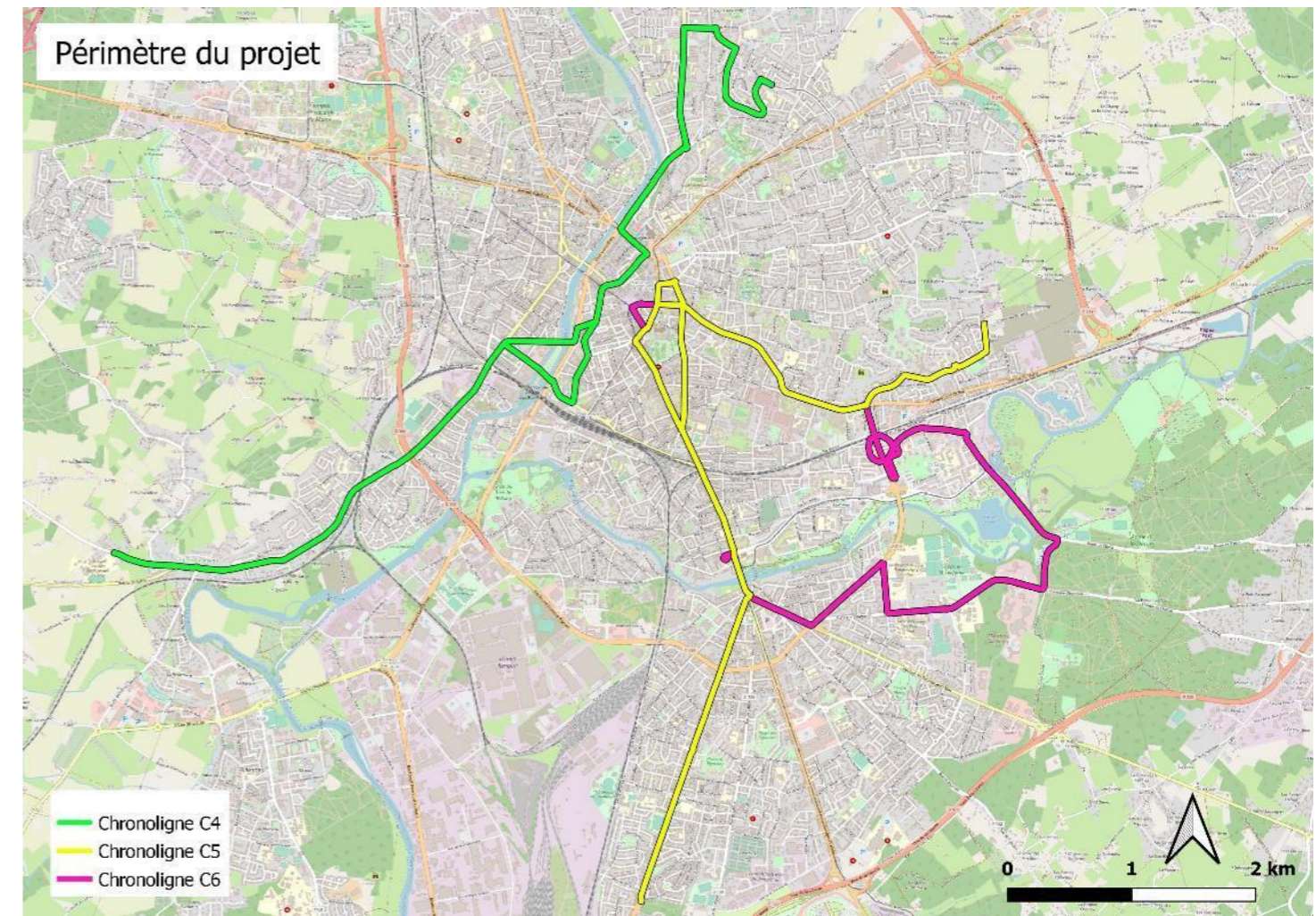


Figure 1 : Tracé des 3 Chronolignes

2. Bilan carbone du projet

2.1. Objet et contexte

Dans le cadre de la réduction des gaz à effet de serre (GES) au niveau national, la France s'est engagée dans une stratégie bas-carbone dont l'objectif est la neutralité carbone d'ici 2050.

Le secteur des transports contribue à hauteur d'un tiers des émissions des GES.

L'objectif d'un bilan carbone est :

- De comptabiliser les émissions des GES entre la situation ne rien faire et la situation avec la mise en service du projet ;
- D'apprécier l'évolution (à la hausse ou à la baisse) des quantités des GES produits ;
- De rechercher des solutions pour réduire les émissions des GES.

2.2. Périmètre d'évaluation du bilan carbone

Un bilan carbone globalise l'ensemble des émissions carbone incluant les trois phases : la phase construction (chantier), la phase exploitation / utilisation et la phase fin de vie (déconstruction et mise en décharge).

Les émissions des GES de la phase chantier intègrent les émissions de l'ensemble de l'activité chantier et aux matériaux nécessaires à la réalisation du projet.

Etant donné que cette évaluation carbone est réalisée en amont de la phase travaux et que les données réelles de chantier ne peuvent être exploitées, il est proposé de procéder à une estimation simplifiée des émissions de la phase chantier, sur la base d'un ratio qui tient compte des caractéristiques suivantes : le fret vers et depuis le chantier, les matériaux et autres produits nécessaires, la mise en œuvre des matériaux pendant le chantier (consommations énergétiques et déplacements sur site des véhicules de chantier), les déplacements des équipes de chantier, la gestion des déchets.

Les émissions des GES de la phase d'utilisation et d'exploitation englobent les émissions relatives aux gaz d'échappement des véhicules empruntant le projet durant la totalité de la durée d'utilisation, les émissions relatives à l'ensemble des interventions effectuées pendant la période d'exploitation du projet : entretien, renouvellement couche de surface, aménagements, entretien maintenance, etc.

Les émissions des GES de la phase « fin de vie » du projet enveloppent les émissions des activités de déconstruction, de mise en décharge et de recyclage. Cette phase n'est pas étudiée dans le présent bilan carbone. En effet, il est impossible de définir au stade actuel des études des éléments conservés et ceux évacués ou recyclés.

2.3. Références documentaires et méthodologie retenue

Le bilan des émissions de GES s'appuie sur les documents de référence suivants :

- **Base Carbone de l'ADEME** qui fournit les facteurs d'émission GES des carburants à la pompe (phase amont + phase combustion : du « puits à la roue ») en situation actuelle.

- **Guide Cerema « Recommandations pour l'évaluation des émissions de GES des projets routiers »** de mai 2020 pour estimer les émissions des GES liées à la construction du projet et aux opérations d'entretien et de renouvellement sur la durée de vie du projet. La méthode simplifiée proposée en annexe 4 du guide et s'appuyant sur des ratios d'émissions en fonction des coûts d'investissement sera utilisée.

Les émissions des GES sont quantifiées en tonnes de CO₂e (CO₂ équivalent). Elles intègrent les émissions de CO₂ et les émissions des autres gaz à effet de serre converties en équivalent de tonnes de CO₂.

2.4. Données d'entrées et hypothèses

2.4.1. Période d'évaluation

Pour un projet de Chronolignes, la durée de vie du projet est considérée équivalente à celle d'un BHNS, soit 15 ans.

Comme recommandé par le CEREMA, l'évaluation du projet se fera à l'horizon de durée de vie du projet, soit 15 ans dans le cadre du projet des 3 Chronolignes.

La mise en service des Chronolignes est prévue pour fin 2025. La première année pleine suivant la mise en service est considérée à 2026. Ainsi la période d'évaluation portera de 2026 à 2040.

2.4.2. Situations étudiées

L'impact GES du projet est égal à la différence d'émissions de GES entre la situation de référence (fil de l'eau) et la situation projet.

2.4.3. Hypothèse et facteur d'émission de la phase chantier

Les données disponibles pour la phase chantier sont les suivantes :

Poste d'émission intégré	Données / Hypothèses	Facteur d'émission (source)
Travaux et aménagement des différentes lignes TC	Coût des travaux : 51,3 M€	690 tCO ₂ e/M€ (CEREMA)

Tableau 1 : Hypothèses et facteurs d'émissions (FE) pour les opérations de la phase chantier

2.4.4. Hypothèse et facteurs d'émissions de la phase utilisation / exploitation

- **Emissions liées au trafic TC**

Aucune restructuration ou modification du réseau de transport en commun n'est actuellement prévue en dehors du projet Chronolignes. Il est donc fait comme hypothèse que les kilométrages du réseau SETRAM en situation « fil de l'eau » et en situation « projet » seront identiques à l'actuel.

En 2019, d'après le rapport du délégataire, les kilomètres parcourus la même année pour les 3 Chronolignes de bus sont :

- **490 301 km** pour la ligne 4
- **515 478 km** pour la ligne 5
- **348 193 km** pour la ligne 6

La différence opérée entre les deux situations « fil de l'eau » et « projet » est le changement de mode de propulsion du matériel roulant.

La SETRAM a fait le choix d'affecter les Chronolignes des bus à motorisation considérées moins émettrice en polluants (hydrogène, GNV). Il sera néanmoins considéré un ratio moyen pour les bus, faisant fi de la motorisation réelle du parc de la SETRAM.

Concernant les bus, le parc de la SETRAM pour les 3 Chronolignes est aujourd'hui constitué de bus GNV et de bus diesel. Le Mans Métropole a décidé d'investir dans des bus hydrogène pour aller progressivement à la décarbonisation de sa flotte de bus. Pour la situation « projet », Le Mans Métropole a décidé d'acquérir un parc de 30 bus avec 10 bus articulés hydrogène et 20 bus au GNV.

Les parcs de la SETRAM considérés pour les scénarios « projet » et « fil de l'eau » sont présentés dans le tableau suivant :

Type de bus	Scénario « fil de l'eau »	Scénario « projet »
Bus articulé roulant au diesel	50%	0%
Bus articulé roulant au GNV	50%	67%
Bus articulé roulant à l'hydrogène	0%	33%

Tableau 2 : Parc des Chronolignes de bus des scénarios « fil de l'eau » et « projet »

En 2021, la consommation moyenne des bus du réseau SETRAM (synthèse 2021 et estimation base Van Hool ou Mercedes) est la suivante :

- **50 L/100 véh.km** de diesel pour un bus articulé roulant au diesel ;
- **63 m³/100 véh.km** de GNV pour un bus articulé roulant au GNV ;
- **10 kg/100 véh.km** d'hydrogène pour un bus articulé roulant à l'hydrogène.

D'après la Base Carbone de l'ADEME, les facteurs d'émission en GES moyen pour le trafic routier sont estimés à :

- Pour un bus articulé roulant au diesel : **2,49 kgCO₂e/L**
- Pour un bus articulé roulant au GNV : **2,34 kgCO₂e/m³**

- Pour un bus articulé roulant à l'hydrogène : **2,77 kgCO₂e/kgH₂**

• Emissions liées au trafic de voiture particulière

Les données trafics en situations « fil de l'eau » et « projet » sont calculées à partir des données des comptages, établis par le bureau d'études Transitec. Les axes routiers retenus sont ceux concernés par les tracés des 3 Chronolignes. Le nombre de véh.km/jour augmente de 6,9% en situation « fil de l'eau » sur la période 2022-2040, soit une variation de 0,383% par an.

Par rapport à la situation « fil de l'eau », le nombre de véh.km/jour diminue de 11,8% en situation « projet ».

Le tableau ci-dessous montre les nombres totaux de véh.km/jour des véhicules particuliers circulant sur les tracés des Chronolignes sur toute la période 2026-2040.

Année	Scénario « fil de l'eau »	Scénario « projet »
2026	94 160 753	83 007 150
2027	94 515 594	83 319 959
2028	94 870 435	83 632 768
2029	95 225 276	83 945 577
2030	95 580 117	84 258 386
2031	95 934 958	84 571 194
2032	96 289 798	84 884 003
2033	96 644 639	85 196 812
2034	96 999 480	85 509 621
2035	97 354 321	85 822 430
2036	97 709 162	86 135 239
2037	98 064 003	86 448 048
2038	98 418 843	86 760 857
2039	98 773 684	87 073 666
2040	99 128 525	87 386 475
Total	1 449 669 588	1 277 952 185

Tableau 3 : Nombre de véh.km/an des Chronolignes sur la période 2026-2040

Pour calculer les émissions de GES liées aux déplacements en voiture, le facteur d'émission issu de la Base Carbone de l'ADEME « Voiture - Motorisation moyenne – 2018 » pour la France continentale est de **0,193 kgCO₂e/km**.

3. Résultats

3.1. Emissions de la phase chantier

Les émissions de la phase chantier sont présentées dans le tableau suivant.

Poste d'émissions intégré	Emission (en tCO2e)
Emissions totales chantier	35 397

Tableau 4 : Emissions de GES (en tCO2e) de la phase chantier

3.2. Emissions liées au trafic bus

Le tableau suivant affiche les émissions du trafic bus des 3 Chronolignes sur la période 2026-2040, soit sur 15 ans.

Type de bus	Scénario « fil de l'eau »	Scénario « projet »
Bus articulé roulant au diesel	12 643	0
Bus articulé roulant au GNV	14 970	20 060
Bus articulé roulant à l'hydrogène	0	1 856
Total	27 613	21 917

Tableau 5 : Emissions de GES (en tCO2e) liées au trafic bus

Les émissions en situation « projet » avec un changement de motorisation sont plus faibles.

Les émissions évitées liées au changement des types de motorisation sur la période 2026-2040 sont de **5 696 tCO2e**, soit une diminution de 21% par rapport à la situation « fil de l'eau ».

3.3. Emissions liées au trafic de voiture particulière

Le tableau ci-dessous montre les émissions de GES liées au trafic de voiture particulière sur les axes des Chronolignes sur la période 2026-2040.

Année	Scénario « fil de l'eau »	Scénario « projet »
2026	18 173	16 020
2027	18 242	16 081
2028	18 310	16 141
2029	18 378	16 201
2030	18 447	16 262
2031	18 515	16 322
2032	18 584	16 383
2033	18 652	16 443
2034	18 721	16 503
2035	18 789	16 564
2036	18 858	16 624
2037	18 926	16 684
2038	18 995	16 745
2039	19 063	16 805
2040	19 132	16 866
Total	279 786	246 645

Tableau 6 : Emissions de GES (en tCO2e) liées au trafic de voiture particulière

Nous constatons l'évitement de **33 141 tCO2e** entre la situation « fil de l'eau » et la situation « projet » après l'aménagement des Chronolignes sur toute la période 2026-2040 (soit une diminution de 11,8%). Cette réduction est liée à la diminution du nombre de véh.km du fait du report modal vers le transport en commun.

4. Bilan 2026-2040 chantier/utilisation

Le tableau ci-après présente le bilan global des émissions des GES du projet :

Poste	Emissions totales (en tCO ₂ e)
Emissions totales de la phase chantier	35 397
Emissions totales évitées par le changement de motorisation des bus sur la période 2026 – 2040	- 5 696
Emissions totales évitées par le report modal sur la période 2026-2040	- 33 141
Bilan	- 3 440

Tableau 7 : Bilan des émissions de GES du projet

Le bilan est positif car ce sont 3 440 tonnes de GES qui seront évitées en situation « projet » par rapport à la situation « fil de l'eau ».

La volonté de réduire l'usage de la voiture particulière par l'incitation à se reporter sur les TC participe majoritairement à la diminution des émissions de GES.

Le graphique suivant montre l'évolution du bilan cumulé des émissions de GES.

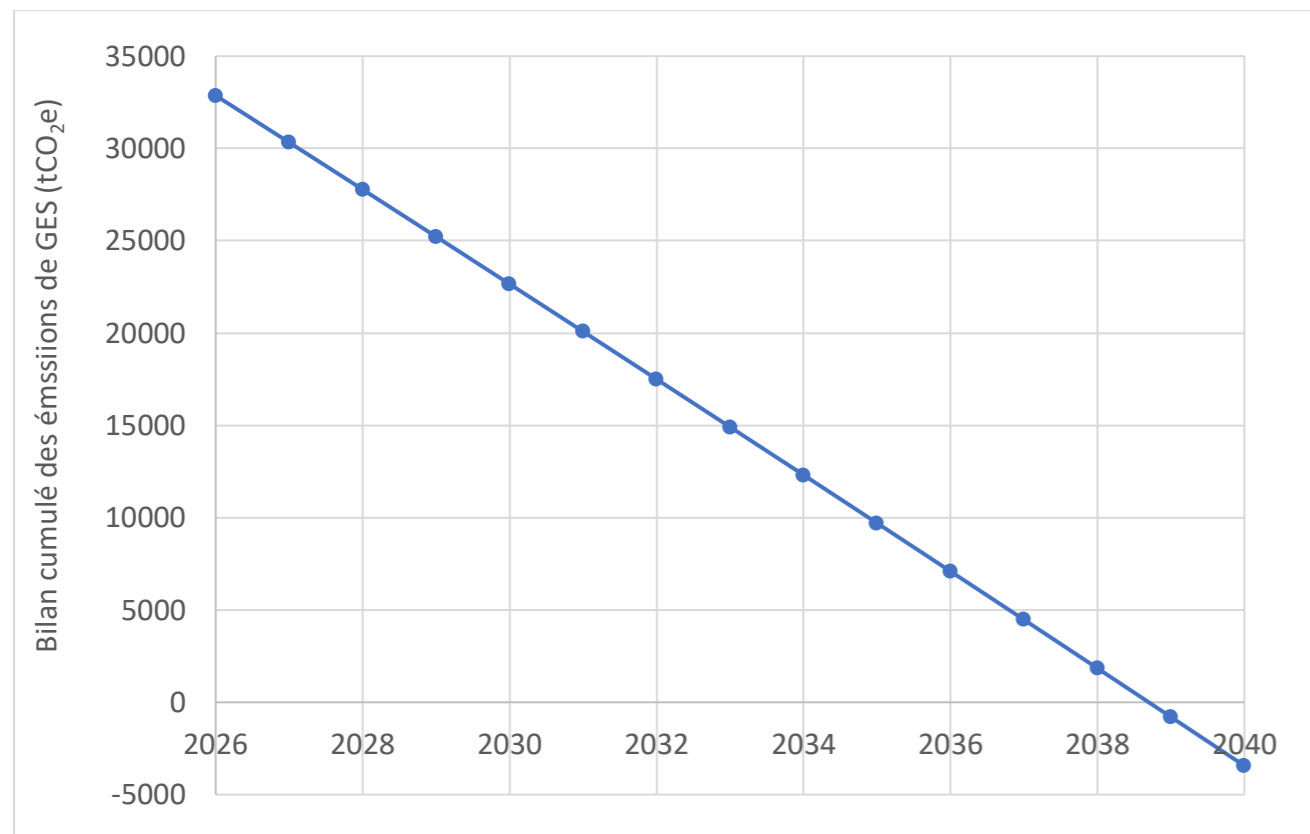


Figure 2 : Bilan cumulé des émissions de GES sur la période 2026-2040

Les deux postes, le report modal VP vers TC ainsi que l'acquisition de bus à l'hydrogène constituent un abaissement de l'ordre de 2 600 tCO₂e par an.

Les émissions de la phase chantier sont compensées fin 2039.

5. Conclusion

Le projet d'aménagement permet un évitement de 3 440 tonnes de GES en cumulé sur les 15 ans d'exploitation de 2026 à 2040.

De manière plus large, en plus d'éviter les émissions de GES, l'aménagement des Chronolignes améliore la qualité de l'air et offre aux habitants la possibilité de se déplacer dans un milieu plus calme et sécurisé.

Le projet participe à la diminution des émissions liées à l'usage de la voiture. Ce projet est révélateur des engagements pris par la collectivité pour lutter contre les effets du changement climatique et permet d'engager une modification de comportement des habitants dans leur mode de mobilité.

Le changement de motorisation de bus lié à l'acquisition de bus à l'hydrogène constitue un gain non négligeable d'abaissement des émissions de GES.

De plus, pour encore réduire l'empreinte carbone du projet, plusieurs pistes d'amélioration existent, il s'agit notamment de :

Sur la phase chantier :

- La réduction des distances d'acheminement et d'évacuation des matériaux, notamment pour les terrassements et les matériaux de chaussée. Plus de la moitié des émissions liées aux terrassements sont en général dues au fret, le potentiel d'amélioration est donc très significatif.
- Pour les opérations de voirie (voirie, parking, piste cyclable, etc.), l'utilisation de graves non traitées recyclées, un abaissement de la température de mise en œuvre des enrobés et l'incorporation d'agrégats recyclés dans les couches d'enrobés permettent de diminuer sensiblement les émissions du poste (jusqu'à 10%).

Sur la phase utilisation :

- La formation des conducteurs à l'éco-conduite.
- Mener une politique d'incitation à l'utilisation du transport collectif (coût attractif du billet) pour augmenter le report des véhicules particuliers vers le transport en commun.

Groupement de maîtrise d'œuvre



CERAMIDE
Agence d'ingénierie et paysage



paume [✱]
VILLES
PAYSAGES
& MOBILITÉS

SERUE
INGENIERIE

 **TRANSITEC**
optimiseurs de mobilité · depuis 1954
