



une
autre
ville

x



pour

grandparis
aménagement

Quels leviers pour alléger le bilan carbone des opérations d'aménagement en minimisant les coûts ?

Retours d'expériences de la méthodologie EuroCO2
testée pour Grand Paris Aménagement

Synthèse

Septembre 2022

Introduction

Contexte et objectif de la mission

CONTEXTE

EuroCO₂ est une méthodologie d'aide à la décision croisant les approches économiques et carbone développée par Une autre ville et Amoès pour accompagner les aménageurs qui souhaitent s'engager dans la transition environnementale. L'atteinte des objectifs climatiques aux échéances 2030 et 2050 va conduire à une accélération des actions à mener par tous les acteurs, publics comme privés, avec une trajectoire de décarbonation progressive jusqu'à 2050 dans le cadre de la Stratégie Nationale Bas-Carbone (SNBC). Cette feuille de route impose au secteur du bâtiment de diviser par deux ses émissions de gaz à effet de serre en 2030 par rapport à 2015, et d'atteindre la neutralité carbone à l'horizon 2050. Or, les ambitions environnementales des projets sont bien souvent énoncées de manière trop autonome par rapport aux bilans d'aménagement pour que leur respect soit garanti. Aujourd'hui, les bilans carbone des opérations d'aménagement, quand ils se font, sont réalisés trop tardivement pour influencer réellement la programmation et la conception des projets, avec, pour conséquence, une bataille à armes inégales sur le terrain des surcoûts.

Dans ces conditions, EuroCO₂ peut être vu comme un levier de transformation profonde des projets urbains et des pratiques de l'aménagement afin que la filière soit au rendez-vous de la décarbonation. Vous trouverez plus d'informations sur la méthodologie EuroCO₂ [ici](#).

Grand Paris Aménagement a souhaité expérimenter la méthodologie EuroCO₂ sur trois de ses opérations d'aménagement, afin de comprendre où se situaient les plus gros postes d'émission et quels leviers activer pour réduire leurs bilans carbonés. A l'issue de cette mission, Une autre ville et Amoès vous livrent ici les conclusions principales qui en ont été tirées.

UN DOUBLE BILAN FINANCIER ET CARBONE POUR ACCOMPAGNER GRAND PARIS AMENAGEMENT DANS LA TRANSITION ENVIRONNEMENTALE DE SES PROJETS

En 2021-2022, Une autre ville et Amoès ont réalisé pour Grand Paris Aménagement un double bilan financier et carbone de trois opérations d'aménagement grâce à leur **méthodologie EuroCO₂**, alors en cours de finalisation. Lors de cette **mission expérimentale** la méthodologie EuroCO₂ a été testée sur trois opérations d'aménagement représentatives des différents projets de Grand Paris Aménagement :

- Un nouvel écoquartier sur un espace actuellement en friche, dont la programmation prévoit essentiellement des logements et des équipements, situé à une quinzaine de minutes à pied d'une gare ferroviaire, appelé dans cette note le « projet A ».
- Un projet de renouvellement urbain à dominante logements, à proximité immédiate d'une gare de RER, appelé ci-après le « projet B ».
- Une grande zone d'activités économiques en extension urbaine, relativement éloigné des transports en commun structurants. Cette opération sera appelée le « projet C » dans cette note.

La méthodologie EuroCO2 en bref

EuroCO₂ est une méthodologie d'aide à la décision pour la phase de programmation et de conception des opérations d'aménagement qui croise les approches économiques et carbone, à destination de collectivités et d'aménageurs publics et privés. Un scénario "projet actuel" est défini ainsi qu'un ou plusieurs scénarios "optimisés" intégrant des mesures de réduction des émissions de GES plus ambitieuses. Ils sont modélisés afin d'obtenir des pré-bilans financiers et un bilan carbone simplifié, puis comparés afin de calculer les **ratios "coûts économiques / bénéfiques carbone"** des différents leviers d'optimisation et les **impacts sur les paramètres financiers réels de l'opération** (participation de la collectivité, charges foncières, prix de sortie).

Concrètement, le calcul des coûts bruts et des émissions se fait autour de **4 grandes « fonctions » du projet urbain** :

Nature des émissions de GES Fonction du projet	CONSTRUCTION	EXPLOITATION SUR 50 ANS	CARBONE (DÉ)STOCKÉ SUR 50 ANS
AMÉNAGEMENT	Travaux préparatoires : déconstructions, défrichements, ... Construction des espaces publics, espaces verts, voiries et réseaux divers (hors éclairage public)	Entretien et maintenance des espaces publics, espaces verts, voiries et réseaux divers (hors éclairage public) Arrosage des espaces verts	Défrichements Carbone stocké dans les végétaux plantés dans les espaces publics et espaces verts
IMMOBILIER	Construction des bâtiments Aménagement des espaces extérieurs privés	Entretien et maintenance des bâtiments et des espaces extérieurs privés	Carbone stocké dans les matériaux biosourcés Carbone stocké dans les végétaux plantés dans les espaces extérieurs privés
ÉNERGIES	Mise en place de productions locales d'énergie renouvelables ou non Installation de l'éclairage public	Consommations énergétiques nettes des bâtiments et des espaces ouverts privés (déduction faite de la production renouvelable) Consommations énergétiques des espaces publics et espaces verts	
MOBILITÉS	Construction des parkings et terrassements associés pour le stationnement souterrain	Mobilité quotidienne des habitants et salariés du quartier (domicile-travail, déplacements scolaires, achats, loisirs...) – hors marchandises	

Pour chacun des trois sites, un scénario de référence a été défini avec la maîtrise d'ouvrage, dont on a calculé le bilan carbone globalement ainsi que pour chaque fonction. Ensuite, fonction par fonction, ces bilans carbone ont été situés par rapport à deux approches "extrêmes", une avec des caractéristiques permettant le bilan carbone le plus faible possible, l'autre le plus élevé. Cela a permis de situer les fonctions des projets entre ces deux approches et de mesurer les efforts accomplis et ceux restant à accomplir.

Aménagement	Energie		Immobilier		Mobilités
Enjeu majeur : ZAN	Enjeu majeur : sobriété et performance	Enjeu majeur : généralisation des EnR	Enjeu majeur : construction bas carbone	Enjeu majeur : réhabilitation	Enjeu majeur : réduction de la voiture individuelle
Approche -- Sol 100% imperméable	Approche -- Tous les bâtiments niveau RT 2012	Approche -- Gaz individuel généralisé Aucun PV	Approche -- Construction neuve standard en béton	Approche -- Démolition / reconstruction de tous les bâtiments existants	Approche -- Part modale VP à 100% Création d'une place de stationnement par usager
Approche ++ Emprise des espaces publics 100% perméable + compensation de l'emprise des bâtiments (renaturation hors site)	Approche ++ Tous les bâtiments niveau passif	Approche ++ RCU 100% EnR et bas carbone PV couvrant 100% des toitures	Approche ++ Construction neuve très bas carbone (structure bois et matériaux biosourcés)	Approche ++ Conservation / réhabilitation de tous les bâtiments existants	Approche ++ Part modale VP à zéro Suppression du stationnement

Cela a également permis d'identifier les postes les plus émetteurs et ainsi de définir des **variantes de projet** sur les différentes fonctions intégrant des mesures de réduction des émissions de GES plus ambitieuses.

Chaque variante a ensuite été modélisée afin d'obtenir un pré-bilan financier et un bilan carbone simplifié. Les scénarios de référence et les variantes ont ensuite été comparés afin de calculer les ratios "coûts économiques / bénéfiques carbone" des différents leviers d'optimisation et les impacts sur les paramètres financiers réels de l'opération (participation de la collectivité, charges foncières, prix de sortie). Le **bilan simplifié en coût global** de l'opération sur une période conventionnelle de 50 ans a permis de faire apparaître les coûts supportés par les différents acteurs finaux et d'équilibrer les bilans « vers l'amont » (via la participation de la collectivité locale) ou « vers l'aval » (via les prix de sortie). Le but a été d'orienter les choix des projets de façon structurelle et réaliste et d'aider Grand Paris Aménagement à arbitrer entre les paramètres les plus structurants des projets pour les faire évoluer.

Les 4 principaux enseignements de l'étude

Enseignement n°1 : La localisation est le premier paramètre carbone !

Le paramètre de la mobilité est primordial et dépend de la bonne desserte en transports en communs et modes actifs. En effet, la réduction d'impact de la mobilité électrique n'a pas assez importante pour compenser une mauvaise desserte. En cycle de vie, la voiture électrique divise par 3 les émissions de GES ; c'est beaucoup mais ce n'est pas suffisant quand on voit que la mobilité d'un quartier mal desservi c'est 6 ou 7 fois plus qu'un quartier bien desservi.

Dans le projet C, on a estimé que le développement de services de proximité sur une zone d'activité monofonctionnelle pouvait faire diminuer le poste mobilité de 5%. Cela peut sembler peu, mais quand la mobilité pèse 2 200 kg éq CO₂ / m² SDP, ce n'est pas négligeable : c'est l'équivalent de la construction de tous les parkings.

Enseignement n°2 : Le bas carbone est avant tout matière de programmation, avant le dessin ou la technique (modes constructifs, matériaux, choix énergétiques...)

Des leviers essentiels se situent du côté des choix programmatiques :

- Le choix de démolir / reconstruire ou de réhabiliter, dont le bilan dépend néanmoins de la teneur en GES de l'énergie utilisée
- La mixité fonctionnelle
- La quantité de m² SDP construits
1 m² SDP non construit, c'est déjà environ une tonne équivalent CO₂ évitée. En optimisant de 10 à 15% la surface construite, on obtient le même effet qu'en construisant en bois.
- La quantité de parkings, en particulier le stationnement souterrain
Une place enterrée évitée c'est 7,5 T éq CO₂ en moins, c'est donc comme enlever 7,5 m² SDP au programme.
- La quantité de m² d'espaces publics, et en premier lieu la quantité d'espaces minéraux
Un m² d'espace public minéral type voirie, place ou mail piéton minéral représente 60 à 90 kg éq CO₂ / m² au sol, un m² d'espace public végétalisé type parc environ 20. Il y a donc un rapport de 3 à 4 entre les deux.

Enseignement n°3 : Le bas carbone, c'est beaucoup de cobénéfices même quand les postes sont relativement moins importants dans un bilan

Même si les gains sont relativement faibles, certains leviers d'optimisation carbone sont « sans regret » car ils présentent de multiples cobénéfices. Par exemple, pour les espaces publics : adaptation au changement climatique, régulation du cycle de l'eau, renforcement des écosystèmes ou de la résilience territoriale, amélioration du cadre de vie, etc. ; pour le bâti : amélioration du confort hygrothermique ou de la qualité de l'air...

Enseignement n°4 : Quand l'accent est mis sur la sobriété, le bas carbone peut aussi représenter des économies sonnantes et trébuchantes

		Rapport coût - bénéfice	Bénéfice Carbone
		€/ Tég CO2 évité	Kg éq CO2 évité / m² SDP
AMENAGEMENT	Optimisation de la surface : -4%	-14 079	2
	Espaces publics : gammes plutôt vertes, +50% d'arbres	4 616	23
MOBILITE	Parking SILO et au sol au lieu de sous-sol	-2 838	53
	VE, parking SILO, services de proximité, modes doux et TC	-1 562	495
ENERGIE	Eclairage public LED avec détecteur de présence	-1 604	23
	Approvisionnement biomasse à 100% au lieu de 50%	-620	87
IMMOBILIER	Ambition C2	747	166
	Ambition entre C1 et C2	863	47

- Le couplage économie / CO2 permis par la méthodologie EuroCO₂ montre que les impacts financiers d'un scénario bas carbone ne sont pas inabsorbables :
 - Si on travaille sur des scénarios qui intègrent aussi des économies financières : moins de parkings, moins d'espaces publics minéraux, etc.
 - Si on ramène ces impacts aux variations et incertitudes sur les prix de sortie, par exemple.
- De plus, il faut nuancer la question des surcoûts :
 - Ils n'intègrent pas le coût de l'inaction climatique ni les coûts cachés : subventions aux fossiles, externalités négatives...
 - Ils n'intègrent pas non plus les externalités positives de certaines solutions bas carbone : cycle de l'eau, biodiversité...
 - Enfin, on ne sait pas bien appréhender les courbes d'apprentissage et de réduction des coûts des solutions bas carbone, mais ces effets existent.

Les résultats en détail

Enseignements généraux sur les ordres de grandeur

	PROJET A	PROJET B	PROJET C
AMENAGEMENT	64	118	41
IMMOBILIER	788	895	872
ENERGIE	261	356	355
MOBILITE	831	461	2196

Bilan carbone par fonction des trois opérations d'aménagement, déduction faite du carbone biogénique stocké
(unité : kg éq CO₂ / m² SDP)

On peut voir dans ce tableau que l'immobilier et la mobilité sont les fonctions les plus émettrices pour les trois projets, tandis que l'aménagement et l'énergie ont un impact moindre. Certaines fonctions sont stables d'une opération à l'autre, d'autres varient beaucoup selon la nature du projet.

La **fonction aménagement** (travaux préparatoires, espaces publics) est responsable d'environ 30 à 40 kg éq CO₂ par m² d'espace public, mais cela peut monter jusqu'à 100 voire plus pour les projets avec beaucoup de travaux préparatoires (projet B en renouvellement urbain). Les émissions sont fortement corrélées à la part minérale dans les espaces publics. La désimperméabilisation de ces espaces est donc une priorité.

Le stockage du carbone permis par les espaces publics végétalisés est de l'ordre de 10% des émissions de la fonction aménagement. Cependant, les méthodes de calcul sont encore très incertaines, et le stockage est sans doute sous-évalué.

La **fonction immobilier** (bâtiments et espaces extérieurs privés) est responsable d'environ 800-900 kg éq CO₂ par m² SDP pour des bâtiments respectant la RE2020 ou un niveau C1 du label E+C-. Sinon cela peut varier entre 600 et 1200 (voire au delà). Le choix des matériaux est déterminant : le béton va émettre plus de carbone à la construction que le bois, mais également stocker moins de carbone biogénique par la suite. Le stockage de carbone biogénique dans un bâtiment RE2020 représente entre 0 et 100 kg éq CO₂ par m² SDP, et cela peut monter jusqu'à un peu plus de 200 pour un bâtiment où l'utilisation du bois est plus massive.

Les émissions de la **fonction énergie** (besoins de chaleur et d'électricité) dépendent beaucoup de l'approvisionnement énergétique. Sur des opérations déjà ambitieuses (en performance énergétique et en EnR), on tourne autour de 250 à 350 kg éq CO₂ par m² de SDP, dont 100-120 kg éq CO₂ par m²

incompressibles d'usages électriques et autour de 10-20 d'éclairage public. Le reste correspond à la chaleur et à la production photovoltaïque quand il y en a. Ces chiffres reflètent néanmoins la performance énergétique des opérations testées, qui ont déjà un approvisionnement en énergie à plus de 50% d'EnR&R. Avec une opération alimentée au gaz, on monterait autour de 800 kg éq CO₂ par m² SDP, voire beaucoup plus avec une isolation moins bonne. On retomberait alors sur l'ordre de grandeur des émissions des bâtiments. L'effort de ces 15 dernières années sur l'énergie a donc été bien utile.

La **fonction mobilité** (mobilité quotidienne des usagers et parkings) est le poste le plus variable, entre 450 et 2 200 kg éq CO₂ par m² SDP sur les projets modélisés ici. La mobilité émet ainsi 4,7 fois plus de CO₂ dans le projet C que dans le projet B, du fait de la très faible accessibilité en transports en commun de la zone d'activité. Les résultats sont en effet dépendants de la quantité de stationnement et encore plus des parts modales et donc de la qualité de la desserte.

Les parkings (construction et exploitation) représentent autour de 100 à 130 kg éq CO₂ par m² SDP au sein de ce poste, quand ils sont majoritairement enterrés : c'est donc 2 à 4 fois plus que les espaces publics.

Recommandations générales issues de l'expérimentation

RECOMMANDATION N°1 : TRAVAILLER EN PRIORITE SUR LES POSTES D'EMISSIONS IMPORTANTS

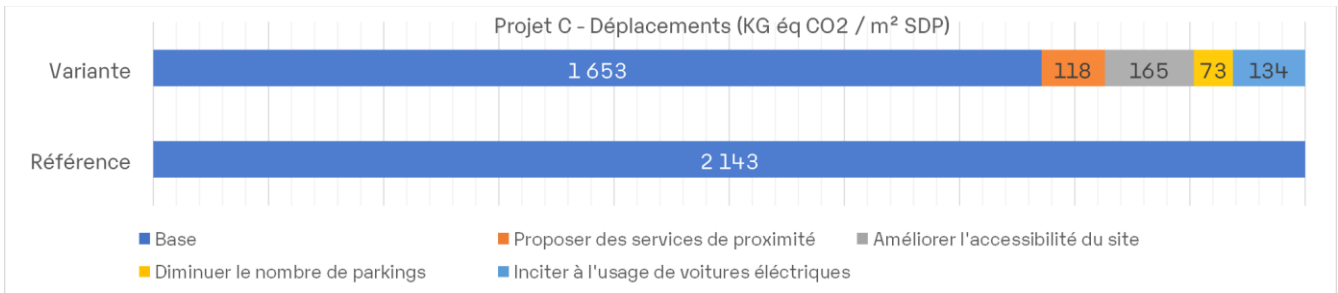
La mobilité des usagers (habitants et salariés)

Elle est **fortement variable d'une opération à une autre** car elle est **très liée au contexte urbain et à la qualité de la desserte en transports en commun (TC) et modes actifs**. La première question à se poser est donc la **localisation des projets et l'amélioration de la desserte du site par les modes décarbonés**.

Sur le plan économique, travailler sur ce levier entraîne des dépenses pour l'aménagement des infrastructures (pistes cyclables, sites propres bus, stationnements vélos, bornes de recharge VEH...), mais une partie de ces coûts est hors bilan d'aménagement (achats du matériel roulant, travaux hors ZAC qui permettent la continuité des lignes de TC et des parcours en modes actifs, etc.). C'est donc avant tout **une discussion à engager à l'échelle territoriale**.

Pour optimiser les déplacements, la question de la **mixité programmatique** et de la **localisation des services du quotidien** est cruciale. Elle est également bénéfique sur le plan de la qualité urbaine, même si elle peut impacter les bilans d'opérations.

Dans le scénario de référence du projet C par exemple, le projet a une faible accessibilité en transports publics et peu de services de proximité. L'usage de la **voiture** y est donc inévitable, avec de nombreuses places de parking à créer, ce qui explique le **lourd bilan carbone de la mobilité** sur ce projet. **Quatre actions** ont donc été modélisées dans la variante pour diminuer l'impact carbone de cette fonction sur ce projet, qui permettraient d'envisager l'économie de 490 kg éq CO₂ / m² SDP :



Variante “déplacements des personnes” en kg éq CO₂ / m² SDP sur le projet C

Proposer des services de proximité à moins de 1 km du projet

Cette action influe indirectement sur les parts modales des trajets d'achat et de loisirs, mais surtout sur les distances totales parcourues pendant ces trajets. **Dans le projet C, une telle action pourrait améliorer le bilan carbone des déplacements de 5%, soit 118 kg éq CO₂ / m² SDP.**

Le rapport coût / bénéfice de cette action serait négatif sur la fonction mobilité avec une économie de l'ordre de 1 400 € / T éq CO₂ évitée. Elle aurait néanmoins un effet sur d'autres fonctions (immobilier, énergie) car elle implique un changement programmatique pouvant avoir un rapport coût / bénéfice (positif ou négatif) qui n'a pas pu être calculé dans le cadre de cette étude.

Améliorer l'accessibilité du site

En matière de modes actifs : assurer une **continuité des pistes cyclables** et **sécuriser des passages piétons** permettant de lier le projet avec des hubs de transport en commun.

En matière de transports publics : renforcer l'accessibilité du projet en transport public (lignes de bus renforcées vers gares).

Cette action permettrait d'optimiser 8% du bilan carbone de déplacements du projet C, soit 165 kg éq CO₂ / m² SDP ; elle est la solution la plus efficace pour influencer sur les parts modales des usagers. Le rapport coût / bénéfices n'a pas pu être calculé car les dépenses sont hors bilan d'aménagement.

Diminuer le nombre de places de parking de 10%

Cette action a un **impact direct sur les émissions de construction des parkings** (diminution de 9,6%) mais pourrait aussi avoir un impact sur les parts modales car elle contraint partiellement la possibilité de se garer et pourrait ainsi changer les pratiques modales de certaines personnes impactées par cette diminution. **Il est cependant difficile de corréliser le nombre de places de parking et les parts modales des différents moyens de transport. Dans nos estimations, dans le projet C, l'impact d'une telle diminution sur le bilan carbone de déplacements ne dépasserait pas 3%.** Le rapport coût / bénéfice serait négatif avec une économie d'environ 1 300 € par T éq CO₂ évitée.

Inciter à l'usage des véhicules électriques

Nous avons imaginé ici un taux de **10% de véhicules électriques grâce à l'installation de 26 bornes de recharge électrique** (1 borne de recharge pour 10 voitures électriques). Cela n'a aucun impact sur les parts modales, ni sur les distances parcourues, mais permet quand même de réduire le poids carbone des déplacements, les véhicules électriques émettant moins de GES. **Dans le projet C, cette variante permettrait d'optimiser de 6% le bilan carbone des déplacements, soit 134 kg éq CO₂ / m² SDP.**

Le rapport coût bénéfice serait négatif avec environ 1 900€ d'économies par T éq CO₂ évitée.

On peut parler globalement pour la variante sur la mobilité d'un rapport économies / bénéfiques négatif, c'est-à-dire que ces actions permettraient de faire des économies sur le plan économique comme sur le plan carbone. Néanmoins, cela ne prend pas en compte l'impact économique de certaines actions ne pouvant être intégrées dans le bilan d'aménagement (infrastructures nécessaires pour améliorer l'accessibilité du site : bus et aménagements de sites propres, trains, gares, etc.).

Les leviers d'action pour diminuer les émissions de la mobilité apportent également de nombreux cobénéfices : augmentation de l'activité physique, diminution des nuisances sonores, décongestion du trafic routier, davantage de sécurité pour les piétons.

La consommation énergétique des bâtiments

Le poste énergie varie fortement selon les choix d'approvisionnement énergétique. Ici, les **trois projets** testés sont globalement **déjà performants grâce à un approvisionnement énergétique vertueux**, et les **gisements de gain résiduels** sont donc **faibles**. Mais si par exemple on modélise un approvisionnement en gaz à la place du réseau de chaleur prévu dans le scénario de référence du projet A, le bilan carbone de la fonction énergie serait multiplié par 3, et ce poste deviendrait alors bien plus important dans le bilan carbone global de ce projet !

PROJET A (kg éq CO₂ / m² SDP)

ENERGIE - RCU 84% ENR	261
ENERGIE - variante gaz	802

Sur le plan économique, les leviers peuvent avoir un **rapport coût / bénéfique légèrement négatif**, et pourraient donc être mis en place "sans regret", comme dans le cas du projet C avec la modélisation d'une variante avec un approvisionnement biomasse à 100% (au lieu de : 50% biomasse + 50% électrique individuelle, prévus dans la référence). Le coût global de la solution biomasse est en effet moins cher car malgré un investissement plus important le coût de l'énergie de la biomasse est moins cher en exploitation que l'électricité. Le rapport coût / bénéfique est de l'ordre de 600 € économisé pour chaque T éq CO₂ évitée.

PROJET C (kg éq CO₂ / m² SDP)

ENERGIE réf : 50% biomasse - 50% élec	355
ENERGIE variante : 100% biomasse	274

Toutefois, cela masque le fait que **les investissements** (sur l'isolation ou sur les EnR&R) **ne sont généralement pas supportés par les personnes qui réaliseront les économies induites**. La question des montages permettant de retrouver un raisonnement en coût global (de type tiers investissement ou concession pour les EnR&R) se pose donc.

La construction (matériaux et modes constructifs)

Pour optimiser le bilan carbone de l'immobilier, le choix des matériaux est un levier important. L'utilisation du bois modélisé dans les variantes permet en effet un **double gain**, à la fois **sur les émissions des PCE** (produits de construction et équipements) **et sur le carbone biogénique**.

Sur le plan économique, **les rapports coûts / bénéfiques de ces leviers restent importants** mais :

- Une partie de l'effort est de toute façon obligatoire (RE 2020)
- On peut tabler à moyen / long terme sur une baisse des coûts importante pour les filières bas carbone, au fur et à mesure de leur développement : biosourcés et géosourcés, réemploi...

Pour le projet A, passer d'une ambition C2 de E+C- à la place de C1 en passant sur un mode constructif 100% bois, permettrait une baisse des émissions de 226 kg éq CO₂ / m² SDP, du même ordre de grandeur que les émissions produites par la fonction énergie sur les projets de référence :

PROJET A (kg éq CO₂ / m² SDP)

IMMOBILIER	788
IMMOBILIER - variante (ambition C2 / mode constructif bois)	562

La construction bois coûte moins cher pour les bureaux que pour les logements collectifs, c'est pourquoi la variante immobilier du projet C, à majorité tertiaire, a un meilleur rapport coût / bénéfice carbone que le projet A, à majorité de logements.

Rapport coût - bénéfice
€/ Tég CO₂ évité

Variante immobilier - projet C (ambition C2)	747
Variante immobilier - projet A (ambition C2)	1 409

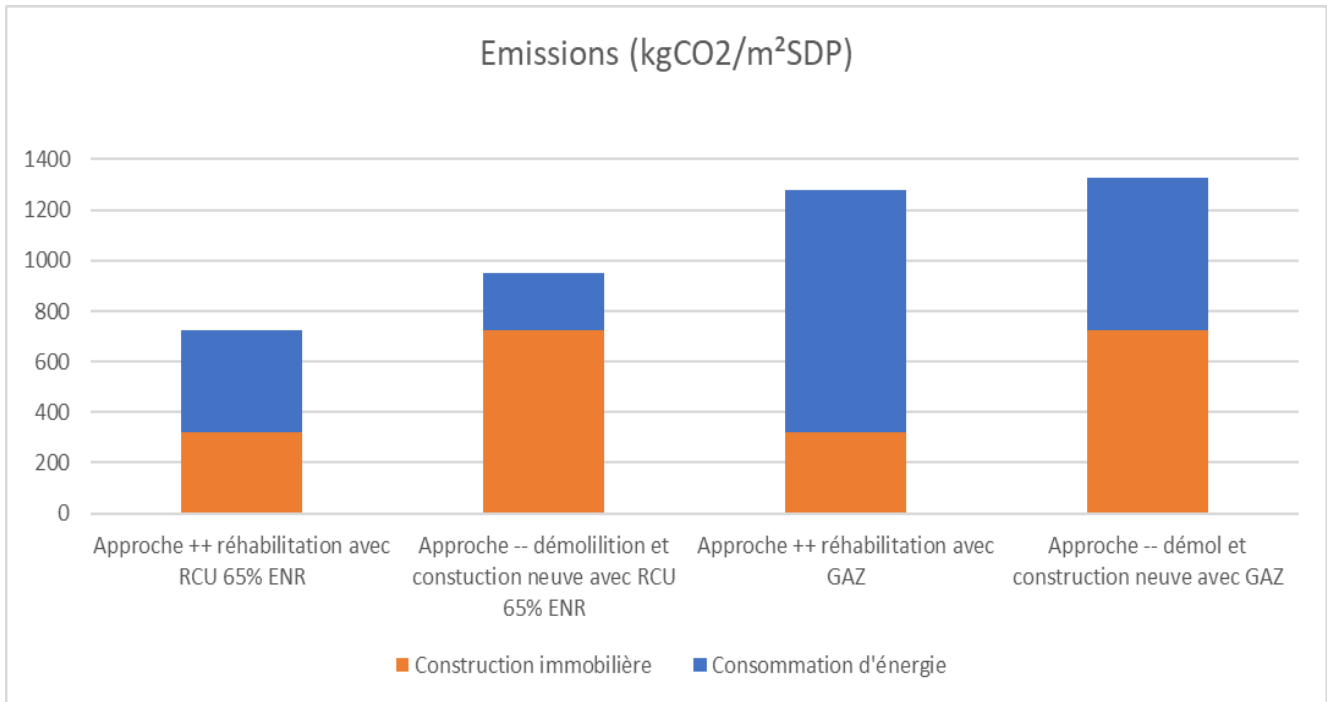
La construction bas carbone permet également certains cobénéfices :

- Les matériaux biosourcés apportent un meilleur confort hygrothermique.
- Le réemploi, les matériaux bio- ou géosourcés encouragent une architecture moins générique, qui peut davantage s'ancrer dans l'identité locale.

La réhabilitation des bâtiments existants en lieu et place de la construction neuve

Ce levier n'a pas réellement été expérimenté dans le cadre des projets testés. On sait néanmoins que le gisement d'économies de GES dans le cas d'une réhabilitation est très dépendant des choix énergétiques. Si les bâtiments rénovés sont chauffés par une énergie très carbonée (gaz), les gains réalisés par la non-démolition et par la moindre quantité de matériaux utilisée peuvent être en partie "perdue" dans la consommation énergétique qui reste plus importante dans des bâtiments réhabilités que dans des bâtiments neufs. A l'inverse, si les bâtiments bénéficient d'une chaleur faiblement carbonée, le bilan est toujours très favorable à la réhabilitation.

Si on teste de réhabiliter les bâtiments devant être démolis sur l'opération de renouvellement urbain (projet B), on voit que la réhabilitation avec un approvisionnement en énergie carbonée comme le gaz serait moins intéressante que la démolition-reconstruction avec un réseau de chaleur urbain performant (65% ENR, mix biomasse et gaz). A l'inverse, **réhabiliter avec un réseau de chaleur urbain performant permettrait un bilan carbone plus faible qu'une opération de démolition-reconstruction.**



La réhabilitation à la place de la déconstruction/reconstruction permet également certains cobénéfices : les chantiers peuvent être moins longs, et sont moins gênants et bouleversants pour les habitants.

RECOMMANDATION N°2 : TRAVAILLER AUSSI SUR DES LEVIERS AYANT DES GISEMENTS DE GAINS CARBONE PLUS FAIBLES MAIS « SANS REGRETS »

Pour suivre la SNBC, les émissions doivent être divisées par 4 à 6 selon les fonctions. Il y a donc des efforts à faire partout où on le peut, même sur les plus petits postes. **Certains leviers sont à activer sans regrets car ils ont un rapport coût - bénéfice négatif voire très négatif, ou des cobénéfices très importants.** C'est le cas pour :

La déminéralisation / désimperméabilisation de l'espace public

Cette action présente des gisements d'économies importants en investissement et de nombreux avantages sur le plan des écosystèmes, du cycle de l'eau et de l'adaptation au changement climatique. En revanche, l'exemple de la variante du projet A montre qu'une augmentation très importante des plantations d'arbres (+50%) peut représenter un coût important pour un bénéfice carbone modéré : 4 600 € environ pour chaque tonne éq CO₂ évitée, pour un bénéfice carbone de seulement 23 T éq CO₂ évité au bout du compte. Cela milite pour une **approche plus "naturaliste" de la végétalisation de l'espace public** : planter plutôt des sujets jeunes (qui stockeront relativement plus de carbone sur leurs premières années et sont moins chers à l'achat) et une végétation variée, nécessitant peu d'arrosage et peu d'entretien.

Les cobénéfices apportés par la déminéralisation de l'espace public sont nombreux : lutte contre l'imperméabilisation des sols, retour de la biodiversité, fraîcheur et lutte contre les ICU, cadre de vie amélioré pour les usagers. Il faut en effet avancer de front sur la réduction des émissions (éviter l'ingérable) et l'adaptation (gérer l'inévitable).

L'optimisation de la quantité d'espace public globalement produite dans les opérations

Dans le projet B, la variante réduit de 4% la surface des espaces publics, ce qui permet 14 000 € d'économie pour chaque tonne éq CO₂ évitée. Le bénéfice carbone n'est cependant que de 2,5 kg éq CO₂ évité / m² SDP. Cette optimisation est très économique sur le plan financier mais est néanmoins à relativiser en termes de carbone si les espaces publics supprimés sont peu minéraux et plantés de manière naturaliste.

La construction de parkings silos à la place de stationnements enterrés

L'impact carbone de la construction de différentes formes de stationnement automobile est très différent :

- Parking souterrain en béton classique : entre 6 et 7 T éq CO₂ par place
- Parking silo en béton classique : entre 4 et 5 T éq CO₂ par place
- Parking silo en bois : moins de 1 T éq par place en déduisant le carbone biogénique stocké
- Parking au sol : moins de 0,5 T éq CO₂ par place

En outre, le stationnement souterrain est de loin la solution plus onéreuse.

Pour le projet B comme pour le projet A, la construction de parkings silos à la place de parkings en sous-sol présente donc un rapport coût-bénéfice très intéressant.

De plus, le stationnement en parking silo, en extérieur ou en rez-de-chaussée présente un potentiel de réversibilité beaucoup plus intéressant que le stationnement souterrain, ce qui permet d'envisager des économies de carbone ultérieures en cas de diminution des besoins de stationnement.

Rapport coût - bénéfice
€ / T_{éq} CO₂ évité

Variante mobilité - projet B parking 45% en SILO + 55% au sol au lieu de 100% sous-sol	-2 838
Variante mobilité - projet A parking 100% en SILO au lieu de 100% sous-sol	-1 562

La diminution pure et simple du nombre de places de stationnement réalisées dans l'opération

Ce levier est bien sûr d'autant plus efficace qu'il s'agit de stationnement enterré. Il se heurte toutefois à certaines limites : l'existence d'alternatives crédibles au recours à la voiture individuelle. Il peut s'agir des transports en commun, du vélo, mais aussi de solutions plus innovantes comme l'autopartage résidentiel, particulièrement pertinent pour le 2^e véhicule (voire le 3^e) des ménages.

L'éclairage public en LED

Il est intéressant en termes de coût global bien que plus cher en investissement. Il a été testé dans la variante énergie du projet A, où il permet de réaliser environ 1 600 € d'économies par tonne éq CO₂ évitée.

Pour aller plus loin

Les aménageurs ont dans leurs mains des leviers directs sur lesquels ils doivent travailler. Néanmoins, **les leviers indirects ne sont pas à négliger**. Ils portent notamment sur la programmation, en privilégiant par exemple l'implantation de commerces et de services à impact positif : ressourceries et services de réparation, commerces alimentaires, restaurants ou restauration collective privilégiant un approvisionnement local, etc. Cela peut même avoir des impacts bien plus importants que les leviers directs de l'aménagement. Ainsi, les émissions liées à l'alimentation avec un régime alimentaire courant, ramenées à la métrique utilisée précédemment, représentent de l'ordre de 2 800 kg éq CO₂ / m² SDP. Il faut donc agir sur tous les fronts !

Certains paramètres déterminants comme la **mobilité des biens** (livraisons à destination des usagers et activités logistiques) sont encore difficiles à appréhender et donc non intégrés pour le moment dans les bilans car nous manquons de données objectives. Pour autant, ils représentent sans doute des postes importants. Des développements complémentaires dans ce domaine restent à mener, en lien avec des experts du sujet.

Par ailleurs, il faut parfois **prendre du recul sur l'échelle observée**. Par exemple, si on regarde uniquement l'échelle du quartier, il peut ne pas sembler très intéressant d'intégrer du photovoltaïque sur le plan du carbone, car les consommations électriques ainsi évitées sont faiblement carbonées. Mais si on dézoome, à l'échelle de la Région Ile-de-France, le développement du photovoltaïque est bien une priorité pour la transition écologique car c'est une région fortement importatrice d'électricité où les nouveaux usages électriques explosent, tandis que les autres alternatives renouvelables (éolien, hydroélectricité) sont peu crédibles et que les réseaux de transport d'électricité ne sont pas adaptés.

Enfin, s'il est important de calculer et de quantifier le carbone pour orienter l'action, **chaîner les ambitions**, c'est-à-dire les expliciter, les partager et en débattre avec tous les acteurs du projet, les rendre contractuelles quand nécessaire puis les suivre à toutes les étapes du projet y compris après les livraisons est également essentiel.



19 rue Frédérick Lemaître 75020 Paris

uneautreville.com

Contact

Nicolas Rougé

nicolas.rouge@uneautreville.com



42 rue Gallieni 92600 Asnières-sur-Seine

www.amoes.com

Contact

Alice Cori

alice.cori@amoes.com