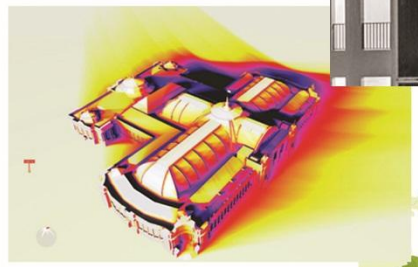
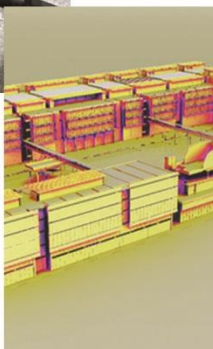


Franck Boutté Consultants
Conception & Ingénierie Environnementale

LA BUTTE ROUGE

Des émissions carbone de l'énergie et de la construction des immeubles de logement

28 avril 2023



www.franck-boutte.com
43 bis rue d'Hautpoul 75019 Paris
T 01 42 02 50 80 / agence@franck-boutte.com

Des enjeux et des objectifs

Le dérèglement climatique exige que nos actions présentes et à venir ne participent pas à son emballement. La stratégie d'atténuation des émissions de gaz à effet de serre est donc nécessaire à l'élaboration du plan-guide de la Cité-jardin de la Butte rouge.

La quantification des émissions induites par la rénovation de la cité-jardin de la Butte rouge est donc expliquée dans cette note en quatre temps. La méthode de calcul et ses limites seront exposées au préalable. (1) Une approche moins macro à l'échelle d'îlots-test nous permettra de comprendre quelques points plus précisément sur le bâti (2) et de remonter en généralités. (3)
L'objectif est ainsi de prescrire des exigences sur les émissions de la rénovation de la cité-jardin (4), tant sur l'énergie grise qu'elle consommera au moment de sa mue que sur l'énergie blanche qui l'irriguera à son usage.
L'objectif est de diminuer l'empreinte carbone du bâti de la cité-jardin tout en accueillant de nouveaux habitants dans de nouveaux logements.

Nous garderons en tête que cette note est donc mono-critère. Elle ne cherche pas à donner à voir d'autres informations que celle du carbone. La stratégie d'atténuation est à coupler à celle de l'adaptation au dérèglement climatique afin que la stratégie environnementale globale soit comprise et pertinente.

1. La méthode et de ses limites

2. L'enseignement des îlots-tests
2.1. Les hypothèses de surfaces selon le type d'intervention
2.2. Les hypothèses des facteurs d'émission
2.3. Les émissions en superstructure
2.4. Les émissions en infrastructure
2.5. Les émissions totales
2.6. Les leviers de décarbonation des énergies de construction et d'usage

3. Les résultats
3.1. Les hypothèses de surfaces selon le type d'intervention
3.2. Les hypothèses des facteurs de consommation et d'émission
3.3. Les leviers de décarbonation des énergies de construction et d'usage

4. Les prescriptions

1. La méthode et ses limites

L'analyse du cycle de vie du carbone en phase amont d'un projet de rénovation urbaine de cette ampleur a nécessité autant de se raccrocher à une méthode déjà partagée que de l'adapter à notre cas de figure particulier.
Nous avons donc mobilisé des ratios à grande échelle et nous avons précisé certains ratios sur deux îlots-test.

Périmètre spatial
Les émissions induites par la rénovation de la cité-jardin sont uniquement appréciées sur le bâti. L'intervention sur les espaces publics n'est pas calculée. Le PLU actuel fait valoir une reprise des implantations bâties existantes et la cité sera desservie par le tramway: la voirie et les mobilités sont donc au sens du carbone des enjeux de second ordre par rapport aux prescriptions pour les bâtiments.

Horizon temporel
Le cycle de vie de 50 ans est repris.

Indicateurs
Les émissions absolues et relatives sont présentées. Les émissions absolues permettent de garder en mémoire que nos interventions sont limitées par une stratégie nationale bas carbone en valeur absolue et non relative. Les émissions relatives permettent de comparer à la surface rénovée les interventions les plus sobres en énergie grise. La surface de plancher (SDP) a été choisie plutôt que la surface habitable (SHAB) car elle permet d'utiliser des ratios tant dans le neuf que dans l'existant.

Sources
Les ratios d'émissions surfaciques ou les facteurs d'émissions sont issus, sauf précisions, du label BBC Rénovation, du label E+C- ou de la RE2020.

Méthode de calcul
Le calcul statique a été choisi car il permet d'avoir des ratios d'émissions tant sur le neuf que sur l'existant.

Limites
La méthode de quantification des émissions est basée sur des ratios d'émissions surfaciques et non à l'habitant. Il ne permet donc pas d'apprécier des intensités d'usages mais seulement des intensités spatiales.

2. L'enseignement des îlots-test

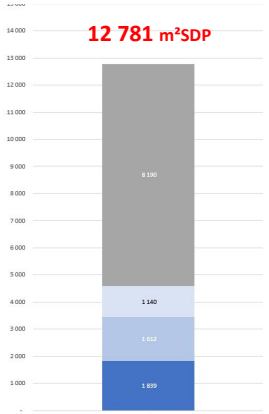
Construction neuve sur emprise vide
Construction neuve après démolition
Extension de la réhabilitation
Existant de la réhabilitation
Restauration

2.1. Les hypothèse de surfaces selon le type d'intervention

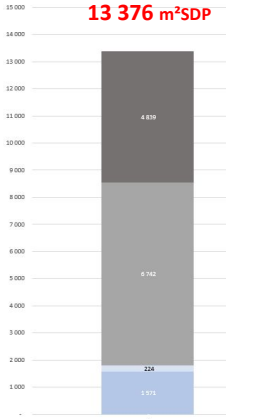
Deux îlots-test ont été choisis par la ville et deux équipes de deux architectes chacune ont conçu des projets d'intervention de trois types: restauration, réhabilitation et démolition-reconstruction.

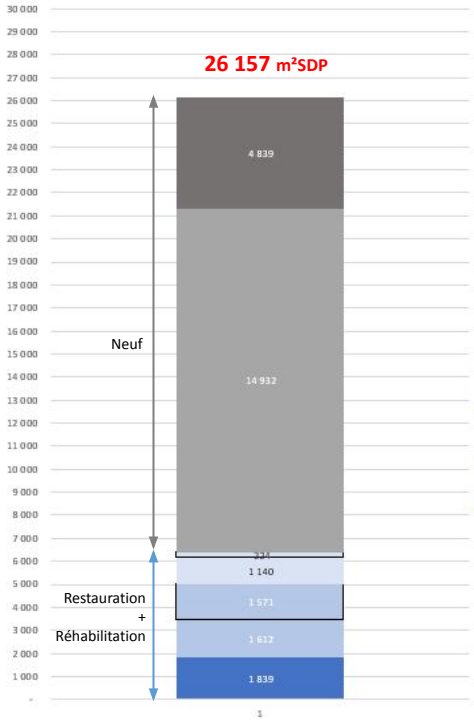
Proposition A

îlot-test 1 / Mermoz



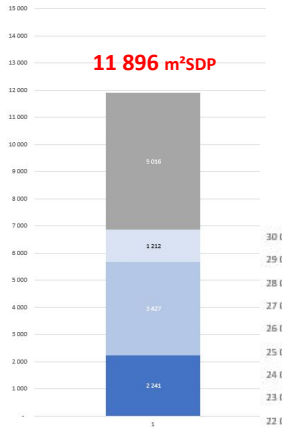
îlot-test 2 / Escaliers

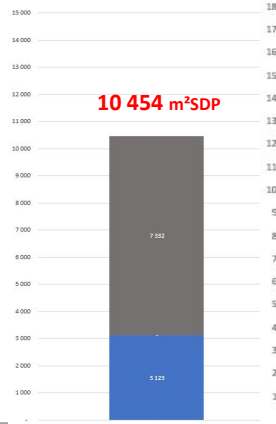


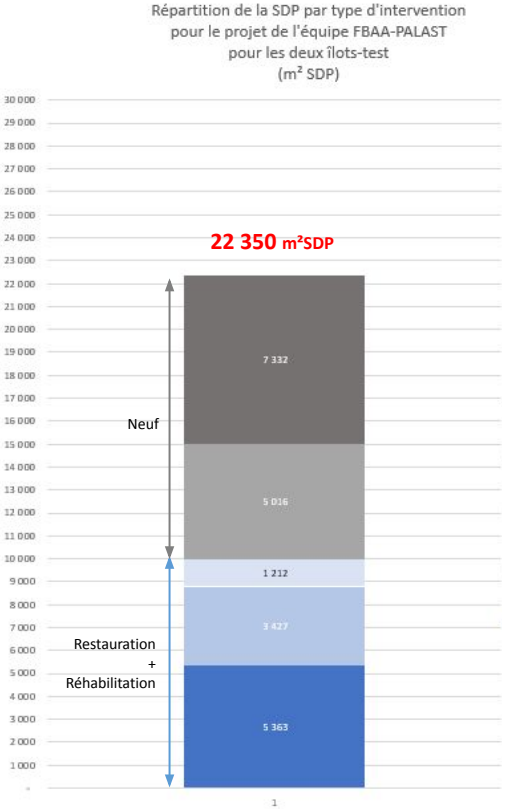


Total non démolis : **7/18**
Ilot test 1 – bâtiments conservés:
5/10
Ilot test 2 – bâtiments conservés:
2/8
Bâtiments restaurés (Total) :
3/18
Bâtiments conservés
le long de l'avenue de la div. Leclerc (Total) :
0/6

Proposition B







Total non démolis : **13/18**
Ilot test 1 – bâtiments conservés :
8/10
Ilot test 2 – bâtiments conservés :
5/8
Bâtiments restaurés (Total) :
8/18
Bâtiments conservés
le long de l'avenue de la div. Leclerc (Total) :
2/6 (1 bâtiment par îlot test)

2. L'enseignement des îlots-test

2.2. Les hypothèses des facteurs d'émission

Tous les bâtiments de logements existants de la cité-jardin ont plus de 50 ans d'existence: la dernière campagne de construction date de 1963 à 1965. Ainsi, les émissions induites par le bâti ont été amorties au sens de la méthode du label BBCA réno (Eges PCE NA = 0).

La rénovation de 1980 à 1995 de la cité-jardin a permis d'ajouter une isolation thermique par l'extérieur, de changer l'ensemble des menuiseries extérieures et des occultations sont remplacées et de modifier les salles de bain ou le système de chauffage. Les durées de vie de référence des composants remplacés sont de 20 à 30 ans, mises à part l'isolation qui a une durée de vie de référence de 50 ans. Les émissions induites par une destruction ne comptabilisent donc que les émissions de la destruction, du transport des déchets et de l'enfouissement. La conservation des bâtiments permet donc seulement de se substituer aux émissions que la reconstruction aurait entraînée.

Les systèmes ne sont pas appréciés dans l'étude: ils sont comptabilisés selon les valeurs forfaitaires des lots simplifiés du référentiel E+C-.

Immeuble collectif	Lot 08	76
	Lot 09	32
	Lot 10	46
	Lot 11	6
	Lot 12	44

Les métrés sont issus de l'analyse des économistes, auxquelles nous avons rajouté un métré des linéaires de façades anciennes ou nouvelles, des vitrages et un métré à l'ordre de grandeur des cloisons.

Les émissions du lot 1 n'ont pas été appréciées en première approche car les emprises existantes des bâtiments sont reprises.

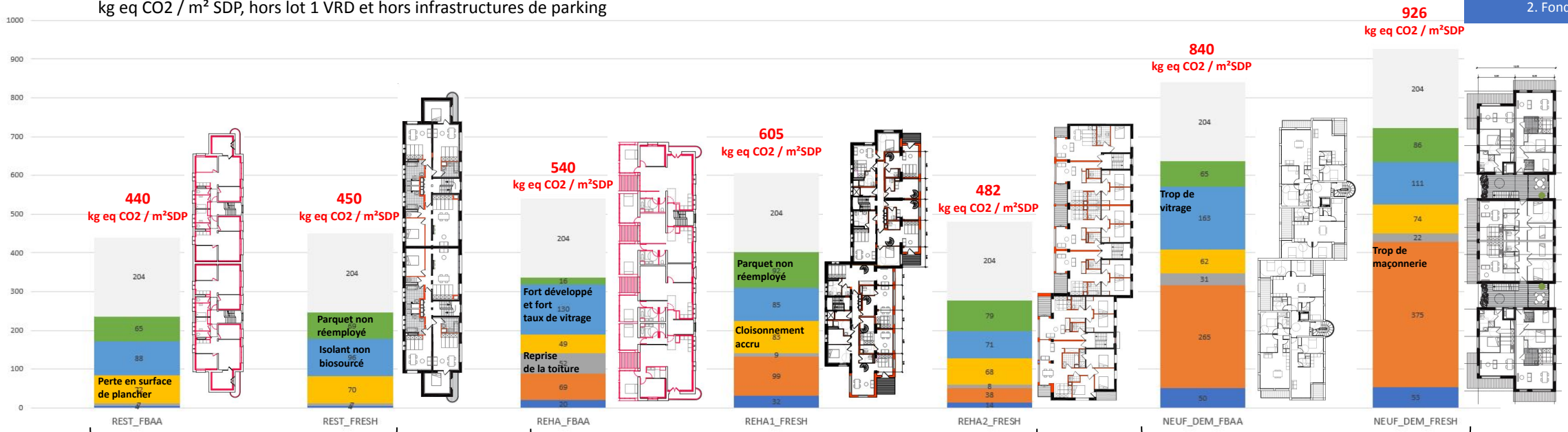
2. L'enseignement des îlots-test

8à12. Lots forfaitaires non évalués
7. Revêtements
6. Façades/menext/isolation
5. Cloisons/doublage
4. Couvertures/Charpentes
3 .Superstructure/maçonnerie
2. Fondations/infrastructures

2.3. Les émissions en superstructure

Un profil carbone des émissions induites selon les types d'intervention et selon les choix de conception a été réalisé.

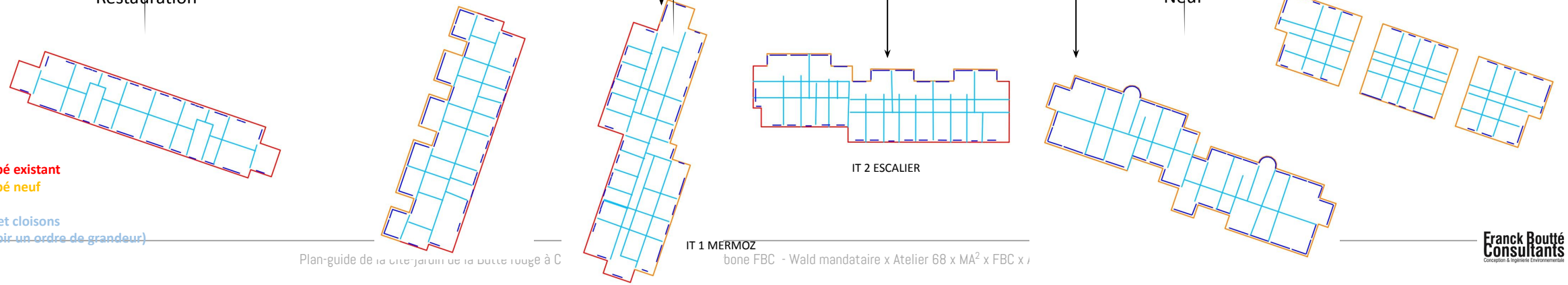
kg eq CO2 / m² SDP, hors lot 1 VRD et hors infrastructures de parking



Restauration

Réhabilitation

Neuf



Développé existant
Développé neuf
Vitrage
Refends et cloisons
(pour avoir un ordre de grandeur)

2. L'enseignement des îlots-test

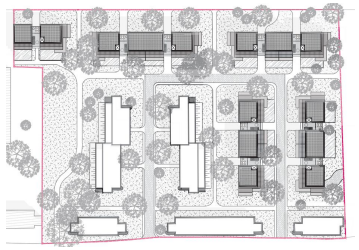
Construction neuve sur emprise vide
Construction neuve après démolition
Extension de la réhabilitation
Existant de la réhabilitation
Restauration

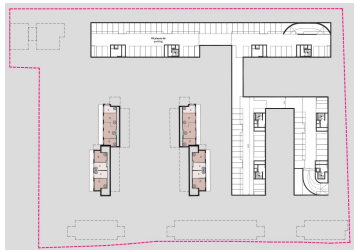
2.4. Les émissions en infrastructure

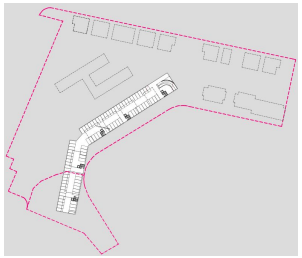
Le stationnement est géré à l'échelle de l'îlot plutôt qu'à celui du bâti. Les métrés étaient agrégés pour les deux îlots-test. Nous avons donc des émissions absolues et relatives pour le stationnement de deux îlots qui sont en lien avec l'avenue.

Proposition A

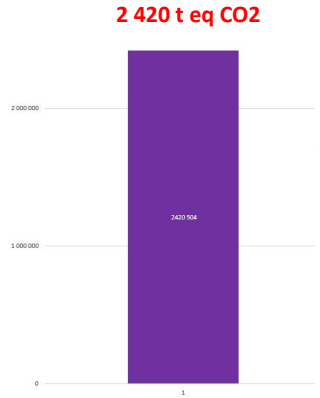
îlot-test 1 / Mermoz

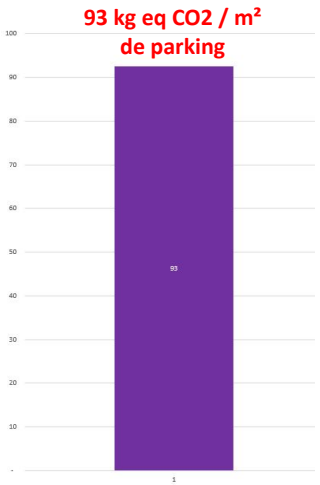






îlot-test 2 / Escaliers

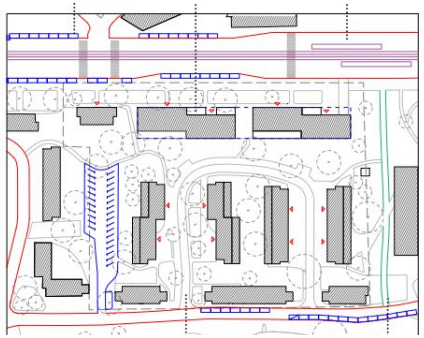


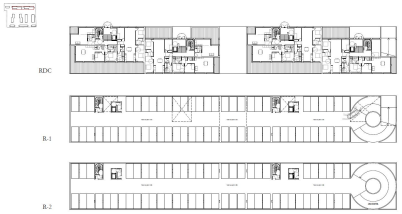


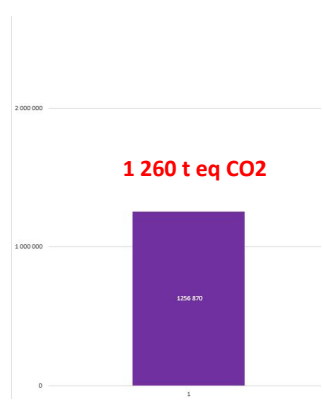
Ilot test 1: 152 places de parking en ouvrage souterrain

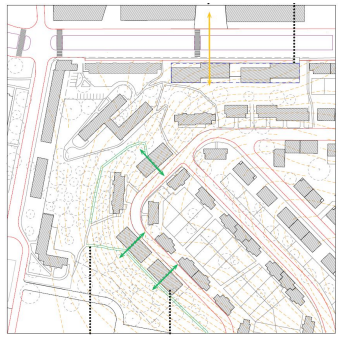
Ilot test 2: 156 places de parking en ouvrage souterrain

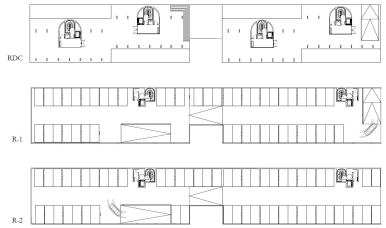
Proposition B











Ilot test 1: 124 places de parking en ouvrage souterrain et maintien de 30 places extérieures

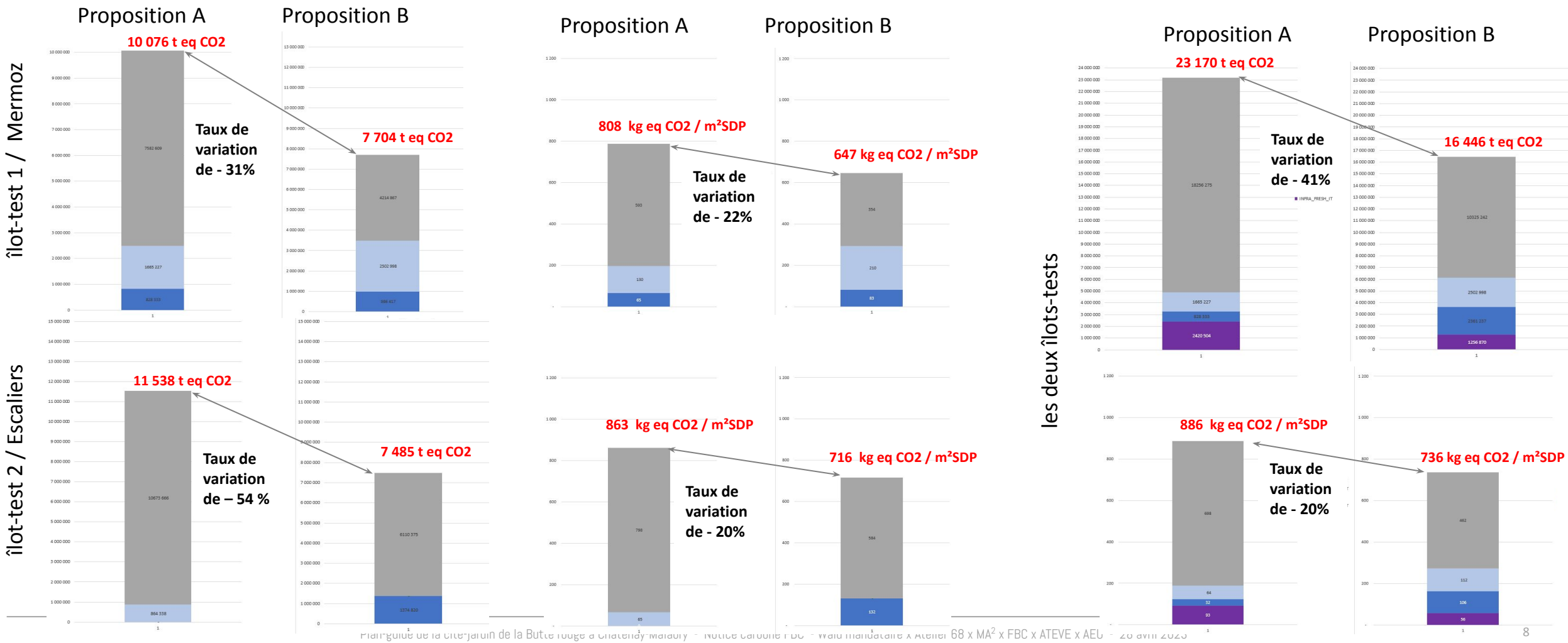
Ilot test 2: 126 places de parking en ouvrage souterrain

2. L'enseignement des îlots-test

Construction neuve sur emprise vide
Construction neuve après démolition
Extension de la réhabilitation
Existant de la réhabilitation
Restauration
Infrastructure

2.5. Les émissions totales

De manière absolue et relative, en prenant ou non en compte l'infrastructure de parking à l'échelle des deux îlots, nous relevons une stratégie d'intervention plus sobre de 20% en intensité (kg eq CO2/m²SDP) lorsqu'elle s'adosse aux surfaces existantes.



2. L'enseignement des îlots-test

2.6. Les leviers de décarbonation des énergies de construction et d'usage

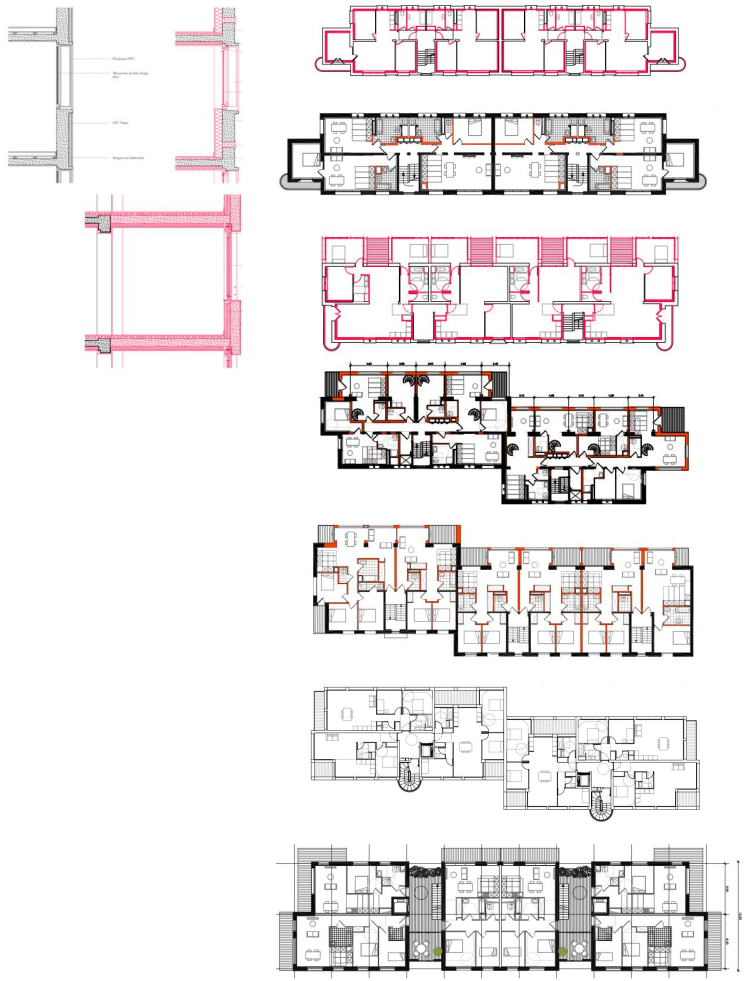
Des multiples choix de conception sur les îlots test expliquent des ratios d'émissions relatives à l' énergie grise plus ou moins importants.

La préservation de bâtiments existants et le maintien de places de stationnement aériennes sont des leviers de **sobriété** majeurs, d'autant que le tramway voisin favorise davantage de report modal.

Des parkings et des logements neufs plus compacts participent à l'**efficacité** matière. Des structures en bois et des matériaux biosourcés concourent à la décarbonation des matériaux.

La réduction des surfaces vitrées de façades neuves permet de diminuer non seulement le poids carbone incorporé mais aussi celui opérationnel car elle permet de réduire les déperditions thermiques trop importantes à ce stade. Les différentes propositions d'isolation thermique biosourcée et d'isolation entre planchers sont intéressantes pour réduire les déperditions et les ponts thermiques.

Ainsi, la mobilisation de matériaux biosourcés ou de réemploi dans l'existant permettra de diminuer le temps de retour carbone entre les émissions évitées d'énergie blanche par l'isolation et les émissions induites d'énergie grise par la restauration et la réhabilitation.



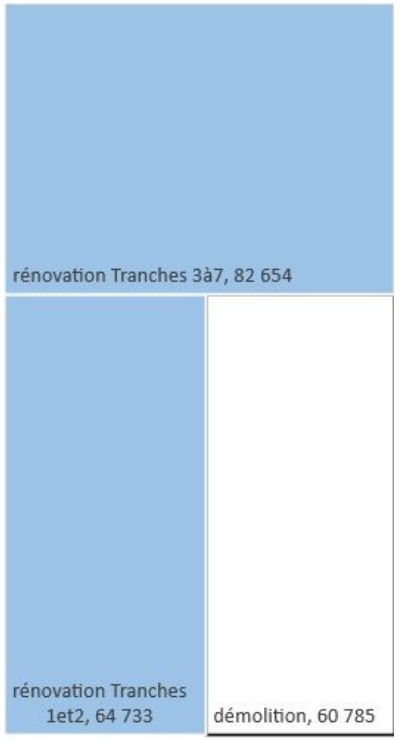
3. Les résultats

3.1. Les hypothèses de surfaces selon les types d'intervention

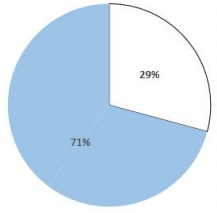
		nb de bâtiments concernés	nb d'adresses concernées (cages esc)	nb logement concernés	SBrute	SDP	SHAB	SDP/SBrute	SHAB/SDP
intervention sur ce qui existe actuellement	démolition	61	138	914	69 826	60 785	51 667	x	0,85
	rénovation Tranches 1et2	82	189	1 175	80 916	64 733	55 023	x	0,85
	rénovation Tranches 3à7	66	135	1 139	95 890	82 654	70 256	x	0,85
intervention par ce qui existera demain	reconstruction & construction neuve	65	111	1 861	171 688	137 350	127 736	0,80	0,93
	rénovation + extension&surelevation	148	324	2 296	226 929	175 879	152 705	x	x
	rénovation	148	324	1 752	176 806	135 781	115 414	x	x
	dont rénovation Tranches 1et2	82	189	802	80 916	59 069	50 208	0,73	0,85
	dont rénovation Tranches 3à7	66	135	950	95 890	76 712	65 205	0,80	0,85
	extension&surelevation	155		544	50 123	40 098	37 292	x	x
	extension seulement	125		335	30 871	24 697	22 968	x	x
	dont extension Tranches1et2	60	127	118	10 853	8 682	8 075	0,80	0,93
	dont extension Tranches3à7	65	124	217	20 018	16 014	14 893	0,80	0,93
	surélévation seulement	30	47	209	19 252	15 402	14 323	0,80	0,93

Ces surfaces de planchers et ces ratios ont été donnés pour le scénario de plan-guide du 13 février 2023.

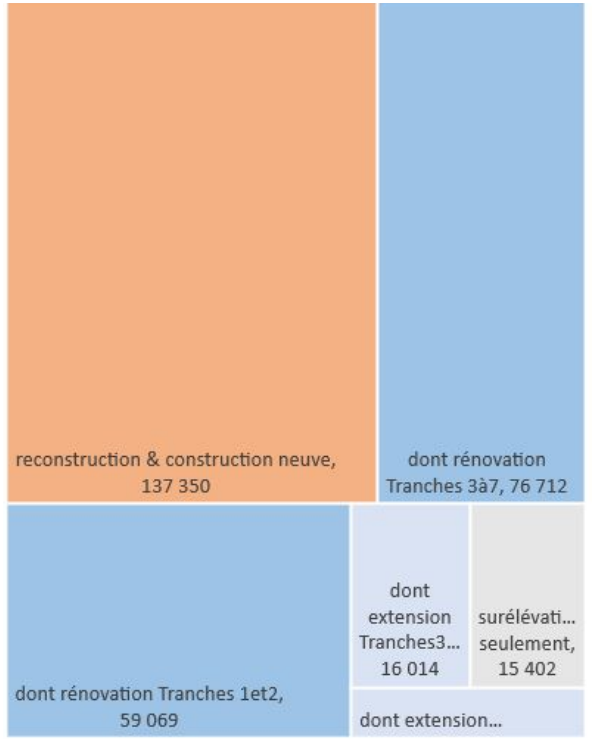
208 127 m²SDP



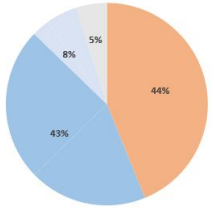
orientation des surfaces existantes à la démolition ou à la rénovation



313 229 m²SDP



bilan des surfaces après la fin des interventions



3. Les résultats

3.2. Les hypothèses de facteurs de consommation et d'émission

0. Situation existante

En 2015, le bureau d'études CESE a effectué un diagnostic de performance énergétique de 9 bâtiments. Les consommations de chauffage ont été récupérées sur les années 2010-2011-2012 et la méthode 3CL-2012 a été utilisée pour apprécier la consommation en eau chaude sanitaire. Les chaudières à gaz avec récupérateur à condensation sont collectives tandis que les chauffe-eau sont individuels. A ce stade, les consommations électriques d'éclairage ne sont pas incluses car les logements sont fins et ouverts, les cages d'escalier sont éclairées naturellement et l'électricité a un facteur d'émission 3 fois plus petit que le gaz (69 g/kWh EF PCI, contre 227 g/kWh EF PCI pour le méthane issu des réseaux).

1. **Scénario réglementaire de base**

Le seuil de la RT existante globale pour l'habitation chauffée au gaz en zone H1a est de 130 kWh EP/m².an (m²SHON et m²SDP ont ici été assimilés). Le facteur d'émission moyen issu de l'étude de CESE est gardé. Il correspond à une charge carbone de l'énergie de 234 g/kWh.
Le seuil modulé de la RE2020 est de 725 kgeqCO2/m²SHAB en énergie grise et de 569 kgeqCO2/m²SHAB en énergie blanche.

adresse	kWh EP/m²SDP.an	kg eqCO2/m²SDP.an
Bâtiment 1 : 7, 9, 11 rue Albert Thomas	207	48
Bâtiment 4 : 5, 6, 8 place Jean Allemane	196	46
Bâtiment 5 : 1, 2, 3, 4, 5, 6 square Henri Sellier	171	40
Bâtiment 7 : 6, 8 allée des Frères Wright	179	42
Bâtiment 9 : 2 à 10 rue Marcellin Berthelot	167	39
Bâtiment 10 : 4, 6 rue Marcel Sembat	180	42
Bâtiment 11 : 2, 4 rue Paul Cézanne	181	42
Bâtiment 12 : 6 rue Paul de Rutté	157	37
moy	182	42

L'énergie grise nécessaire à la restauration ou à la réhabilitation des espaces ainsi qu'à leur extension et/ou à leur surélévation a été appréciée sur les îlots-test puis les ratios ont été appliqués sur chaque type de surface produite. Pour les surfaces restaurées ou réhabilitées, un ratio de 450 kg eq CO2/m²SDP est utilisé (les deux projets avaient des ratios de 440 et 450 kg eq CO2 en restauration et de 424, 459 ou 485 en réhabilitation). Pour les surfaces en extension, un ratio de 860 kg eq CO2 est utilisé (les projets avaient des ratios de 635, 956 et 981 kg eq CO2/m²SDP d'extension). Le ratio des surfaces en surélévation est de 1080 kg/m²SDP (l'hypothèse la plus conservatrice en structure acier a été choisie; cela vaut pour deux étages de surélévation).

2. Rénovation performante

La consommation conventionnelle d'énergie primaire du bâtiment selon le label BBC Réno 2009 est plafonnée à *104 kWh EP/m².an* (seuil modulé) et il prend en compte davantage de postes de consommation donc d'émission (au chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire s'ajoutent l' éclairage et les auxiliaires de chauffage, d'eau chaude sanitaire et de ventilation). La charge carbone de l'énergie est celle conventionnelle de la RE2020 pour le méthane issu des réseaux, soit *227 g/kWh EF PCI*). A noter que nous avons fait l'hypothèse conservative que les émissions relatives à la consommation d'énergie des ajouts (extension et surélévation) sont au niveau de celles des espaces existants rénovés pour tous les scénarios.

3. Rénovation performante et bas carbone à solution individuelle

Les consommations d'énergie selon le label BBC Réno 2021 ne sont pas seulement à réduire: elles sont également à décarboner puisqu'un seuil de *20 kg eq CO2/m².an* ne doit pas être dépassé. Avec un même seuil modulé de consommation énergétique, la charge carbone de l'énergie est donc de *192 g/kWh*. Les solutions de substitution des chaufferies gaz sont étudiées à l'échelle de chaque bâtiment ou groupes de bâtiments.

4. Rénovation performante bas carbone à énergie territoriale

La décarbonation de l'énergie peut être plus importante à l'échelle territoriale en mobilisant la biomasse ou en récupérant la chaleur fatale issues des unités de valorisation énergétique (UIOM et sites industriels). Cela correspondrait à la même logique que le système gravitaire de récolte des déchets mis en place en 1938 à l'aide des évider vidoir Garchey pour chauffer l'ancienne piscine de la cité-jardin. Le facteur d'émission moyen d'un RCU moyen francilien en 2021, d'après l'enquête 2022 du SNCU, est de *159 g/kWh.*

5. Rénovation performante bas carbone à énergie géothermique

La décarbonation de l'énergie peut être accrue à l'échelle locale en mobilisant la chaleur de son sous-sol: la butte rouge est une butte calorifique. Un réseau de chaleur géothermique mobilisait déjà de 1983 à 1997 la chaleur de la nappe du Dogger. Les communes voisines à l'instar de Bagneux et Châtillon le font. Nous avons pris l'hypothèse d'un facteur d'émission à *103 g/kWh* (RCU 92 36C, selon l'arrêté DPE 2023, en moyenne sur 2019-2020-2021).

6. Greffes bas carbone

Les ajouts par extension ou par surélévation nécessitent une énergie grise par les matériaux mis en œuvre. Le label BBCA Rénovation V1 limite à *480 kg eqCO2/m²SDP* les émissions des produits de construction et des équipements dans le cas de rénovations lourdes de bâtiments collectifs d'habitation.

7. Reconstruction et construction bas carbone avec 2 ans d'avance

Le neuf peut anticiper les seuils dégressifs de la RE2020 avec un seuil modulé pour 2025 de *637 kg eqCO2/m²SHAB* en énergie grise et de *325 kg eqCO2/m²SHAB* en énergie blanche.

8. Reconstruction et construction bas carbone avec 5 ans d'avance

Le neuf peut anticiper les seuils dégressifs de la RE2020 avec un seuil modulé pour 2028 de *568 kg eqCO2/m²SHAB* en énergie grise et de *264 kg eqCO2/m²SHAB* en énergie blanche (dans le cas d'un raccord à un RCU).

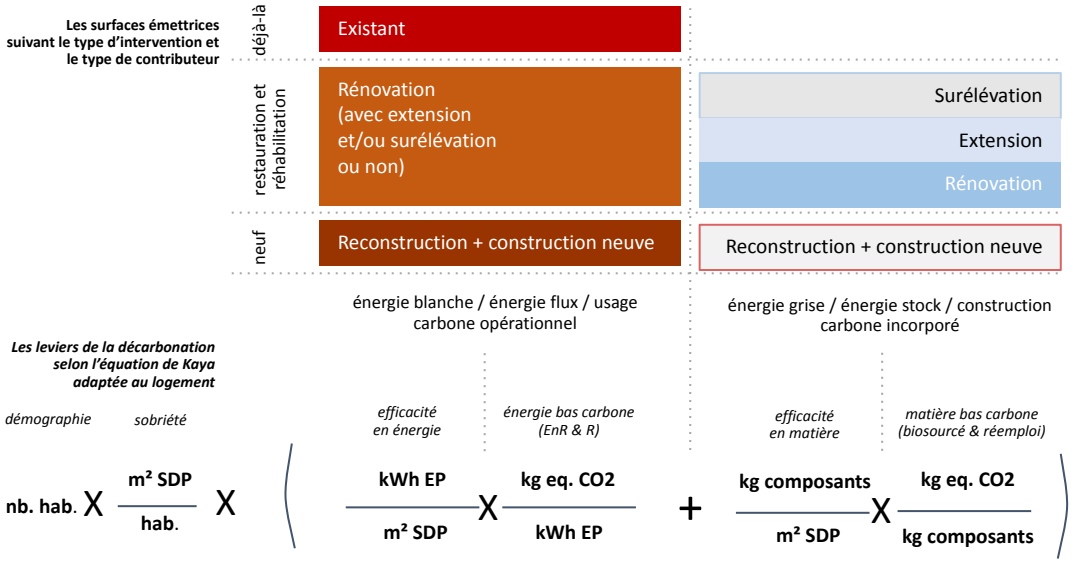
9. Reconstruction et construction bas carbone avec 8 ans d'avance

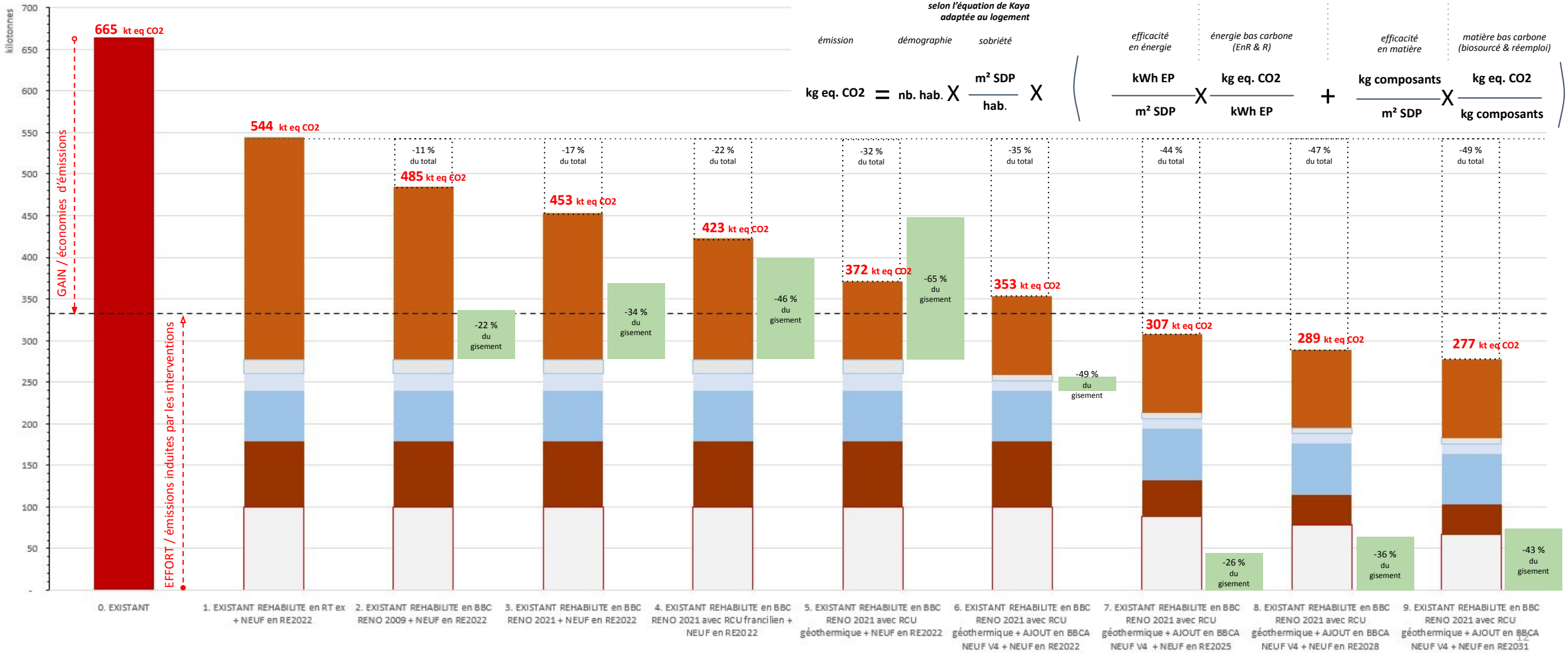
Le neuf peut anticiper les seuils dégressifs de la RE2020 avec un seuil modulé pour 2031 de *480 kg eqCO2/m²SHAB* en énergie grise. Le seuil de *325 kg eqCO2/m²SHAB* en énergie blanche ne change pas.

3. Les résultats

3.3 Les leviers de décarbonation des énergies de construction et d'usage

Le scénario d'intervention de base est une rénovation et une reconstruction réglementaires (respectivement RT ex et RE 2020) [1]. Outre la soriété, le levier de l'efficacité est à activer à l'aide d'une rénovation labellisée BBC (BBC Réno 2009) [2]. Puis la décarbonation de l'énergie, au pire à l'échelle du bâtiment (BBC Réno 2021, incluant les émissions relatives aux consommations d'énergie) [3], au mieux à l'échelle de la cité-jardin (réseau de chaleur de type francilien [4] ou mieux géothermique [5]), doit être menée. Enfin, le levier de la sobriété matière (BBCA Neuf V4 sur les ajouts, c'est-à-dire les extensions et les surélévations) est activé [6] Puis les leviers sont activés sur le neuf, au fil des seuils dégressifs de la réglementation environnementale, elle-même suivant la stratégie nationale bas carbone. Tant la matière que l'énergie sont ainsi progressivement décarbonés [7, 8 et 9].

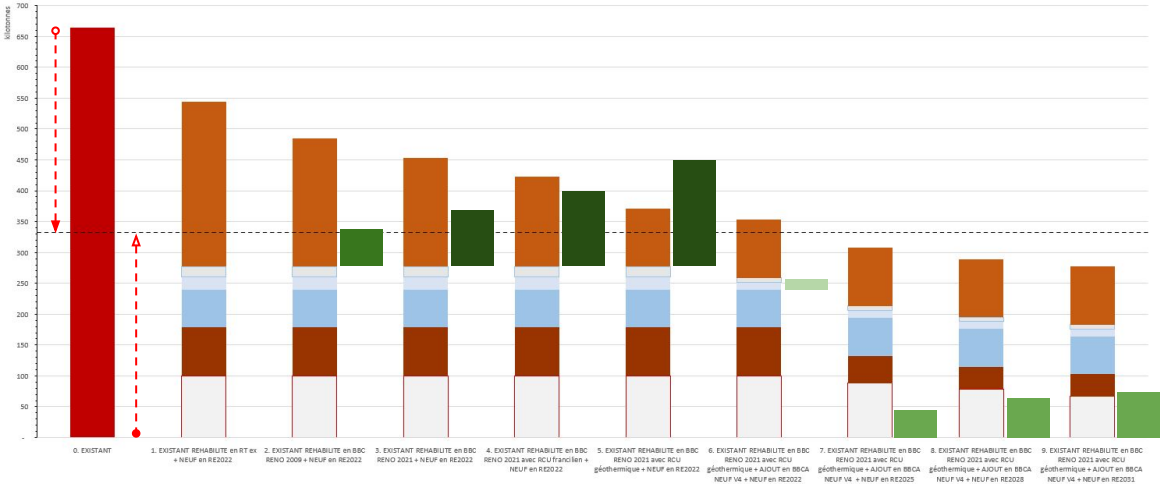




4. Les prescriptions

Afin qu'un équilibre soit trouvé entre les gains par rapport aux émissions actuelles et les émissions induites par les efforts d'intervention, le levier de l'efficacité énergétique ne suffit pas. Les consommations énergétiques de l'existant devront non seulement être au niveau BBC (Cep max à 104 kWh EP/m².an) mais cette énergie doit être décarbonée considérablement. La Butte rouge doit retrouver l'énergie renouvelable qu'elle abrite à l'aide d'un réseau de chaleur géothermique permettant d'espérer une charge carbone de l'énergie d'environ 100 g/kWh au maximum, si ce n'est mieux. Le fonds chaleur commun à l'ADEME et à la région Ile de France et son appel à projets Chaleur renouvelable 2024 sont l'occasion d'une décarbonation massive de l'approvisionnement énergétique des logements.

Le second gisement pour décarboner la cité-jardin est dans les bâtiments neufs qui viendront s'y loger. Ils devront a minima respecter les seuils modulés de la RE 2025 afin de ne pas déséquilibrer le rapport entre les efforts et les gains. Ce gisement d'économie en carbone opérationnel et incorporé dans le neuf est également massif. Il fera appel aux matériaux issus de la déconstruction des bâtiments qui n'auront pas été rénovés ou réhabilités, en particulier pour les lots de revêtements (lot 7) et d'installations sanitaires (lot 9).

L'efficacité en matière et la diminution de l'énergie grise de la rénovation sont des sources réelles d'économie mais secondaires par rapport aux deux autres gisements. Le label BBCA Réno permettra d'encadrer la décarbonation de l' énergie grise des matériaux.

Les matériaux de réemploi disponibles sur les plateformes de réemploi franciliennes seront systématiquement prises en compte afin d'évaluer la capacité de l'intervention à réemployer.