



Performance énergétique et environnementale

dans les quartiers
en renouvellement
urbain

*Approches énergie et carbone
dans les projets du NPNRU*

Sommaire

Préambule page 4

Remerciements page 6

1

Introduction page 7

1.1. Transition énergétique et trajectoire de neutralité carbone à l'horizon 2050 page 7

1.2. Pourquoi une approche énergie et carbone pour les projets de renouvellement urbain ? page 14

2

Dans les bâtiments page 21

2.1. État des lieux et perspectives énergie et carbone pour les bâtiments dans le cadre des PRU page 21

2.2. Sobriété : implantation, enveloppe des bâtiments, matériaux page 43

2.3. Efficacité : systèmes et équipements performants page 69

2.4. Energies renouvelables : intégrer un approvisionnement EnR page 80

2.5. Suivi des ambitions et garanties de performances/résultats page 103

3

Dans les quartiers page 111

3.1. Evaluer, pour cibler les priorités et aider à la prise de décision page 112

3.2. Considérer les usages dans le temps : programmer & concevoir avec des stratégies urbaines de sobriété et circularité page 126

3.3. Tirer parti de l'existant : adaptation et réversibilité des espaces extérieurs, infrastructures et bâtiments page 141

3.4. S'inspirer avec, et au-delà de l'approche énergie carbone page 144

4

Avec les habitants page 154

4.1. Étapes d'implication des habitants dans une démarche de performance énergie carbone page 154

4.2. S'inspirer : exemples de démarches et outils page 159

5

Conclusion page 180

Fiches projets

Fiche 1 : 1^{er} bâtiment labellisé E4C2 – hors QPV, Pont-de-Barret (26) page 34

Fiche 2 : Construction de logements sociaux PassivHaus – QPV Clos Saint-Lazare à Stains (93) page 50

Fiche 3 : Projet de réhabilitation à haute performance d'une barre de logements – QPV Les Buers à Villeurbanne (69) page 54

Fiche 4 : Réhabilitations expérimentales sur différents types de bâtis – QPV Tarentaise-Beaubrun-Couriot à Saint-Etienne (42) page 58

Fiche 5 : Matériaux bas carbone et biosourcés – QPV Merisiers / Plaine de Neauphle à Trappes (78) page 67

Fiche 6 : Packs de rénovation thermique – QPV Bois d'Olive à Saint-Pierre de la Réunion (974) page 73

Fiche 7 : Récupération de chaleur sur eaux grises – QPV Parc Sud à Nanterre (92) page 76

Fiche 8 : Régulation de la température des logements – QPV Les Villeneuve à Grenoble et Echirolles (38) page 78

Fiche 9 : Création d'un réseau de chaleur thalassothermique – QPV Aigues-Douces La Lègue à Port-de-Bouc (13) page 87

Fiche 10 : Optimisation du réseau de chaleur existant – QPV Les Villeneuve à Grenoble et Echirolles (38) page 90

Fiche 11 : Autoconsommation photovoltaïque avec stockage frigorifique pour un équipement public –
QPV Le Butor à Saint-Denis de la Réunion (974) page 91

Fiche 12 : 1^{ère} autoconsommation photovoltaïque collective en logement social – hors QPV, à Bordeaux (33) page 101

Fiche 13 : L'ACV comme outil d'aide à la décision à l'échelle quartier – QPV Quartier Sud à Choisy-le-Roi (94) page 113

Fiche 14 : Accompagnement E+C- spécifique sur deux quartiers en renouvellement urbain –

Bel Air-Grand Font à Angoulême et l'Etang des Moines à La Couronne (16) page 120

Fiche 15 : Stratégie énergétique à l'échelle du quartier – QPV Concorde à Lille (59) page 123

Fiche 16 : 1^{er} QPV labellisé Ecoquartier "confirmé" – QPV La Duchère à Lyon (69) page 146

Fiche 17 : Objets connectés pour l'ensemble des opérations du bailleur social – QPV Val Fourré à Mantes-la-Jolie (78) page 161

Fiche 18 : Nudges pour réduire les consommations d'eau chaude sanitaire – QPV Frais-Vallon à Marseille (13) page 168

Fiche 19 : Défis école et famille à énergie positive – QPV Le Hamois à Vitry-le-François (51) page 172

Fiche 20 : L'Auto-Réhabilitation Accompagnée – QPV Argonne et La Source à Orléans et Les Chaises
à Saint-Jean-de-la-Ruelle (45) page 178



Préambule

Un livrable qui prend sa source dans le groupe de travail «Performance énergétique et environnementale» du club ANRU+

Instauré en mai 2018, le groupe de travail «Performance énergétique et environnementale» réunit les lauréats des appels à manifestation d'intérêt «Ville durable et solidaire» (VDS) et ANRU+ «Innover dans les quartiers» lancés par l'ANRU au titre du Programme d'investissements d'avenir (PIA), qui portent des projets en lien avec la performance énergétique et environnementale dans les quartiers en renouvellement urbain et rencontrent des problématiques similaires dans la définition de leurs projets, et les territoires du Nouveau Programme national de Renouvellement Urbain (NPNRU) intéressés par le sujet.



Conformément à la méthodologie retenue pour la conduite des groupes de travail thématiques du Club ANRU+, ciblée

sur l'identification collective des verrous à l'innovation et des solutions opérationnelles pour les lever, cinq séances de travail ont eu lieu entre mi 2018 et début 2021. Elles ont permis d'identifier les problématiques communes à différents territoires en matière de performance énergétique et environnementale et de partager des pistes opérationnelles pour lever

les freins rencontrés par les porteurs de projet dans le montage et la conduite de leur démarche.

Les conclusions de ces échanges sont traduites dans ce document de synthèse coconstruit avec les membres du groupe de travail. Il est nourri par :

- la réflexion collective des participants au groupe de travail;
- la mise en lumière de bonnes pratiques et de solutions innovantes initiées dans

Remerciements

À l'ensemble des territoires membres actifs du groupe de travail :

Métropole Aix-Marseille-Provence (13) – Ville de Port-de-Bouc (13) –
Communauté d'Agglomération du Grand Angoulême (16) – Ville de Besançon (25) –
Grenoble Alpes Métropole (38) – CC de Vitry, Champagne et Der et Ville de Vitry-le-François
(51) – Ville de Lille (59) – Métropole de Lyon (69) – Ville de Trappes et CA Saint-Quentin
en Yvelines (78) – EPT Grand Orly Seine Bièvre – Villes d'Orly et de Choisy-le-Roi (94) –
Ville de Perpignan (66) – Ville de Saint-Étienne (42) – Communauté intercommunale du nord
de La Réunion (974) – Ville de Saint-Pierre de La Réunion (974)

Et à leurs partenaires :

Département de psychologie sociale d'Aix-Marseille Université – Est Métropole Habitat –
GIE La Ville Autrement – Groupe Valophis – Habitat Marseille Provence –
Nanterre Coop' Habitat – Les Résidences Yvelines Essonne – Seine-Saint-Denis Habitat

Aux intervenants extérieurs et contributeurs :

Fabien Auriat (DGALN) – Éléonore Basset (Compagnons bâtisseurs) –
Laurence Bonnevie (La Maison passive) – Stéphane Chevrier (MANA) – Estelle Cruz (Ceebios)
– Jean-Claude Escriva (Sofrinnov) – Jean-François Eggericx (Elax Énergie) –
Pierre Frick (Union sociale pour l'habitat) – Fabienne Gonzalez (Gironde Habitat) –
Victor Hoppe (La Maison passive) – Jérémie Jean (Egreen) – Quentin Laurens (Qarnot) –
Sébastien Lefeuvre (Effinergie) – Anne Lefranc (ADEME) – David Marchal (ADEME) –
Yves Martorana (Syscobat) – Jim Pasquet (SAS Minimum) – Thibault Perrailon
(ÉnergieSprong) – Laetitia Priem (DHUP) – Aymeric Prigent (Accort-Paille) – Xavier Rabilloud
(Énergie partagée) – Thierry Rieser (Enertech) – Florian Rollin (Karibati) – Frédéric Rosentein
(ADEME) – Lisa Sullerot (Cerqual) – Victoria Tan (Enedis) – Nathalie Tchang (Tribu Énergie) –
Marianne Vebr (DGALN)

Aux cabinets de conseil Egis et Inddigo pour l'appui à l'animation de ce groupe de travail et à la rédaction de ce livrable

qui garantit une sécurité de l'approvisionnement et permet de lutter contre le changement climatique. Le paquet « Climat-Énergie » de 2008 fixe les objectifs des États membres de l'Union européenne de « 3x20 » à l'horizon 2020 : +20 % d'EnR (par rapport à 1990), -20 % d'émissions de GES (par rapport à 2012), et +20 % d'efficacité énergétique (par rapport à 2012).

En 2014, la Commission européenne arrête de nouveaux objectifs, accompagnés en 2016 du paquet « Énergie propre » :

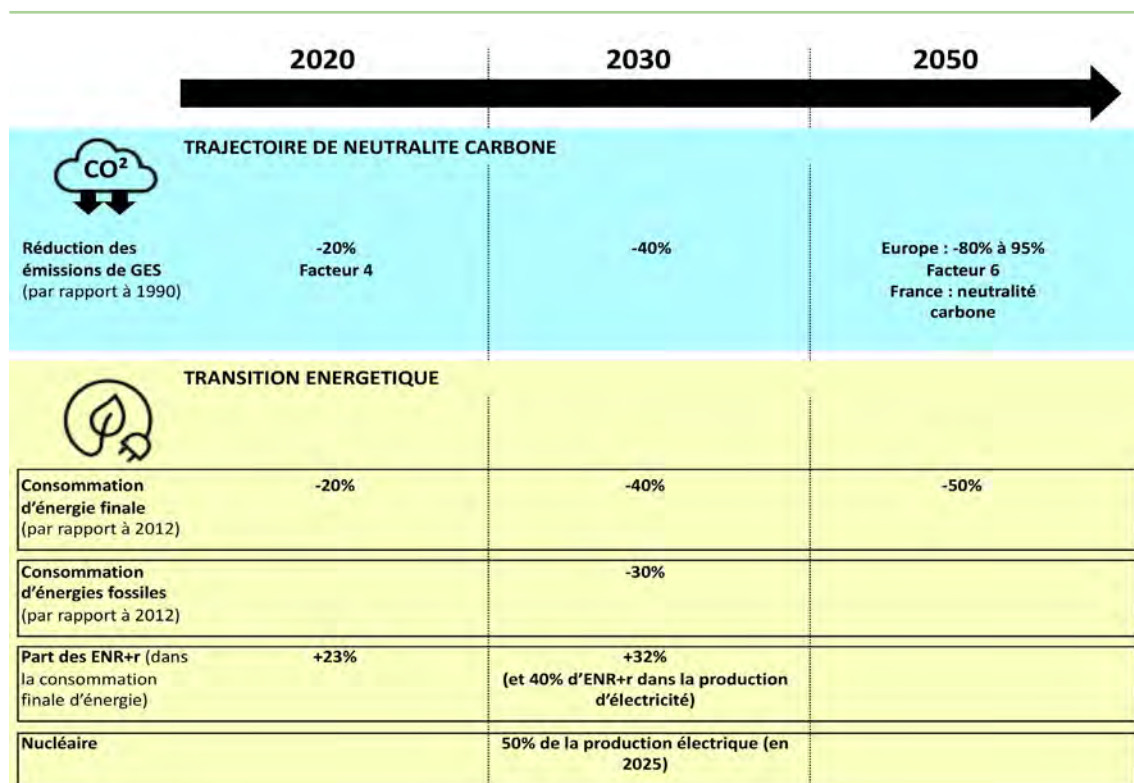
- à horizon **2030** : **-40 % d'émissions de GES, +27 % d'EnR, +27 % d'efficacité énergétique**;
- à horizon **2050** : **sobriété carbone avec -80 à -95 % d'émissions de GES par rapport à 1990**.

Le cadre français

La France a décliné les objectifs européens dans plusieurs dispositifs réglementaires : la **loi Pope** en 2005, les **lois Grenelle 1 et 2** en 2009 et 2010.

Consécutivement à la **COP21**, la conférence internationale sur le climat 2015 et l'Accord de Paris, où les États se sont engagés à réduire leurs émissions de GES afin de contenir la hausse de la température moyenne de la planète sous les 2°C, la France a traduit ses propres engagements via la **Loi de transition énergétique pour la croissance verte (LTECV)**, adoptée le 17 août 2015. Cette loi porte l'ambition pour la France de réduire ses émissions de GES, de diversifier son modèle énergétique et de soutenir la montée en puissance des EnR. Au travers de ce texte, la France définit des objectifs communs visant à terme à renforcer son indépendance énergétique et à lutter contre le changement climatique.

La LTECV vise également la réduction de production de déchets (-50 % de déchets mis en décharge à 2025). Elle se décline en deux documents cadres : la **Stratégie nationale bas carbone (SNBC)** et le Programme pluriannuel de l'énergie (PBE).



Synthèse des objectifs réglementaires européens et français

la création d'un score CO₂ pour tous les biens de consommation, l'interdiction de vente des véhicules neufs les plus polluants, la régulation de l'artificialisation des sols ou encore la création du délit d'écocide. Cette loi vise à engager le pays dans son ensemble dans une dynamique écologique forte **et pourrait donc avoir à terme un impact important sur la manière dont sont pensés les projets urbains et la ville.**

b) Déclinaison dans la réglementation des bâtiments

Le **secteur du bâtiment** constitue un **enjeu central de la LTECV** : il représente **44 % de l'énergie consommée** en France (31 % pour les transports), et **26 % des émissions de GES** ou **30 %** en comptant les émissions indirectes liées à la fabrication des matériaux et équipements mis en œuvre dans les constructions neuves et rénovations.

UN TIERS
de la consommation
d'énergie finale en
France concerne le
logement.

En matière de **rénovation** la LTECV fixe l'objectif « de **disposer d'un parc immobilier dont l'ensemble des bâtiments est rénové aux normes "bâtiment basse consommation" ou assimilé, à l'horizon 2050**, en menant une politique de rénovation thermique des logements concernant majoritairement les ménages aux revenus modestes »². La loi fixe ainsi les objectifs suivants³ :

- 500 000 logements rénovés/an à l'horizon 2017, dont 250 000 occupés par des ménages aux revenus faibles ;
- 15 % de diminution de la précarité énergétique à l'horizon 2020.

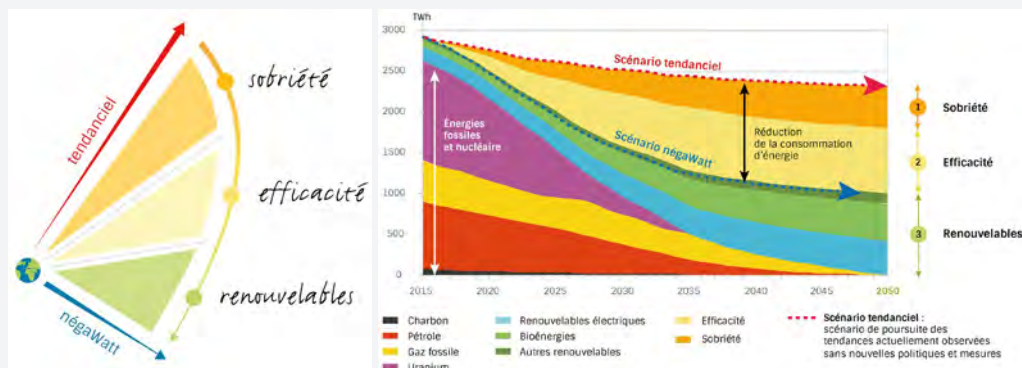
Concernant les **bâtiments neufs**, la LTECV prévoit « d'améliorer la performance énergétique et environnementale des bâtiments neufs, en prévoyant que les constructions publiques doivent être exemplaires⁴, ou en visant la promotion des

POUR ALLER PLUS LOIN

Le scénario négaWatt 2017-2050

Le scénario négaWatt 2017-2050 est un exercice prospectif et « chemin possible » d'avenir énergétique français, qui propose des solutions pour sa réalisation. Développé par l'Association négaWatt¹, il **repose sur des principes de sobriété** en priorisant les besoins

essentiels dans les usages individuels et collectifs de l'énergie, sur la diminution de la quantité d'énergie nécessaire à la satisfaction des besoins grâce à **l'efficacité énergétique**, et sur la préférence donnée aux **énergies renouvelables**.



La démarche négaWatt, évolution de la consommation d'énergie primaire des différents scénarios entre 2015 et 2050

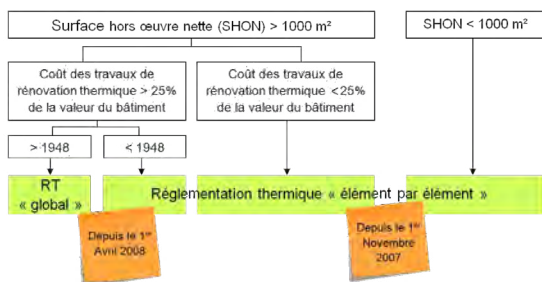
1. Source : <https://negawatt.org/Scenario-negaWatt-2017-2050>.

2. Source : Legifrance : <https://www.legifrance.gouv.fr/affichTexteArticle.do?idArticle=JORFARTI000031044393&cidTexte=LEGITEXT000031047847&categorieLien=id>.

3. Source : Ecologie-Solidaire.gouv.fr.

4. Construction exemplaire : équivalent Bepos et niveaux Énergie (E) et Carbone (C) de l'expérimentation E+C- bâtiment (E3 et C1).

La **Réglementation thermique dans l'existant (RTex)** précise quelles opérations de rénovation sont soumises à la RT dite «**RT globale**» (qui définit un objectif de performance globale pour le bâtiment rénové à justifier par un calcul réglementaire) ou à la **RT «élément par élément»** (performance minimale pour l'élément remplacé ou installé en cas d'installation ou de remplacement d'un élément du bâtiment tel que le changement d'une fenêtre ou de chaudière) :



Réglementation en rénovation : RT globale ou RT par élément

Dans le cas de la «RT par élément», les exigences minimales visent une performance énergétique du bâtiment dans son ensemble, prenant en compte les contraintes de l'occupant. Elles concernent huit éléments⁷. À noter une rehausse depuis le 1^{er} janvier 2018 des performances minimales requises pour plusieurs composants⁸ : parois opaques et vitrées, ventilation, confort d'été, chauffage, eau chaude sanitaire, refroidissement, éclairage.



Les huit éléments stratégiques pour baisser la consommation énergétique d'un bâtiment existant
Source : <http://www.planbatimentdurable.fr/comprendre-la-rt-existant-r175.html>

Pour la «**RT globale**», l'arrêté du 13 juin 2008 définit les exigences réglementaires et le niveau de performance à atteindre, proches de la RT 2005 en construction neuve :

Économie d'énergie :

Après les travaux : la consommation d'énergie globale (chauffage, eau chaude sanitaire, refroidissement, auxiliaires, éclairage) doit être inférieure à une consommation de référence, située entre 80 et 195 kWh/m²/an selon le climat et le type de chauffage (gain de 30 % sur la consommation d'énergie antérieure pour les bâtiments non résidentiels)

Vérification du confort d'été

et de «**garde-fous**» (performances minimales requises par composants).

La LTECV introduit par ailleurs la notion de «**travaux embarqués**» avec l'obligation, depuis le 1^{er} juillet 2017, de mettre en œuvre une isolation thermique pour les travaux de rénovation importants (ravalements de façades, réfections de toitures, aménagements qui augmentent la surface habitable)⁹.

Réglementation pour les constructions neuves : de la RT 2012 à la RE 2020

De nombreuses réglementations thermiques se sont succédé depuis les années 1970 dans l'objectif d'améliorer la performance énergétique du parc bâti.

Dernière en date, la **RT 2012** généralise les bâtiments neufs à basse consommation en fixant comme **objectif une consommation d'énergie primaire** de 50 kWhep/m²/an en moyenne (exigence modulée en fonction du type de bâtiment, de sa surface et de sa localisation) :

1. Un **besoin bioclimatique du bâti réduit** (Bbio) : les besoins énergétiques du bâti (chauffage, refroidissement et éclairage) doivent



7. Pour plus de précisions : arrêté du 3 mai 2007 : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000000822199/>; et <http://www.rt-batiment.fr/IMG/pdf/fiche-travaux-renovation-logement-reglementation-thermique.pdf>.

8. Arrêté du 22 mars 2017 modifiant celui du 3 mai 2007 : <https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000034271631/>.

9. Source : <https://www.ecologie.gouv.fr/exigences-reglementaires-thermiques-batiments-existants>.

être réduits via la conception du bâti et de son enveloppe (orientation du bâti, agencement des pièces, position des ouvertures, composition des parois...).

2. Une **consommation en énergie primaire (CEP) réduite** sur les postes de chauffage, de refroidissement et d'éclairage, mais également sur l'eau chaude sanitaire et les différents auxiliaires, dont la ventilation et les pompes nécessaires au fonctionnement des installations.
3. L'assurance du **confort en été** dans les bâtiments non climatisés.

Cette réglementation a permis d'encourager l'efficacité énergétique du bâti et l'efficacité des systèmes et de généraliser les bonnes pratiques : architecture bioclimatique, isolation, compacité... Avec l'exigence portant uniquement sur la performance énergétique intrinsèque du bâtiment et non pas sur les solutions techniques permettant d'arriver à cette performance, le maître d'ouvrage a le choix des solutions à adopter pour atteindre ces performances. **Cette approche ne répond toutefois désormais qu'à une partie des enjeux nationaux et internationaux, notamment en matière de réduction des émissions de GES et plus globalement de limitation des impacts sur l'environnement.**

RE 2020

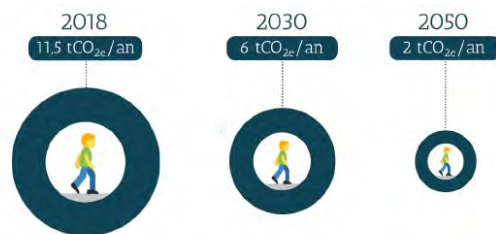
REGLEMENTATION ENVIRONNEMENTALE

La **RE 2020**, future réglementation environnementale pour les bâtiments neufs, a été prévue dans le cadre de la loi ÉLAN (Évolution du logement, de l'aménagement et du numérique) » pour une **entrée en vigueur au 1^{er} janvier 2022**. Cette première échéance concerne les logements. L'application aux bureaux et bâtiments d'enseignement se fera en 2022, et les bâtiments tertiaires plus spécifiques feront l'objet d'un volet ultérieur de la réglementation. La date du dépôt de permis de construire détermine si un bâtiment relève de la RT 2012 ou de la RE 2020. Cette réglementation visera une **approche alliant performance énergétique et diminution des émissions de GES**.

1.2. Pourquoi une approche énergie et carbone pour les projets de renouvellement urbain ?

L'atteinte des objectifs de transition énergétique et de trajectoire de neutralité carbone à 2050 nécessite une **certaine rupture, un changement de paradigme et une évolution des pratiques** dans l'acte de programmer, d'aménager, de construire ou de réhabiliter, et une **coopération entre acteurs** à toutes les étapes d'un projet urbain.

Les projets de renouvellement urbain (PRU) accompagnés par l'ANRU, qui bénéficient de financements et génèrent des investissements massifs, représentent une **opportunité de transformation profonde** pouvant contribuer à l'atteinte des objectifs de transition énergétique et de réduction de l'empreinte carbone, **par répliquabilité et exemplarité, essaimage et massification**.



Scénario de réduction de l'empreinte carbone du Français moyen (avec objectif de maintien des 2°C et prise en compte de l'évolution démographique) – Source : Projet BBKA Quartier

NOTION UTILE

L'**empreinte carbone** représente la quantité de GES induite par la demande intérieure d'un pays (ménages, organisations, administrations, entreprises), et par sa consommation en énergie et en matières premières. Les émissions, exprimées en tonnes équivalent CO₂, sont causées par les ménages (combustion d'énergies fossiles pour les transports ou les besoins en chaud et froid), par la production intérieure de biens et services hors exportations, ou associées aux biens et services importés pour la consommation des entreprises ou des ménages (Insee).

Les objectifs en matière de performance énergétique et environnementale du règlement général de l'ANRU relatif au Nouveau Programme national de Renouvellement Urbain (NPNRU)

La loi n° 2014-173 du 21 février 2014, portant réforme de la politique de la Ville, parmi les principes structurants de la nouvelle politique de cohésion urbaine et de solidarité envers les quartiers défavorisés et leurs habitants, vise la « *[promotion du] développement équilibré des territoires, la ville durable, le droit à un environnement sain et de qualité et la lutte contre la précarité énergétique* » (article 1). Le NPNRU, considérant son effet-levier considérable en matière d'investissements et les opportunités offertes pour des évolutions durables tant du cadre de vie que des comportements, intègre cet enjeu : « *Ce programme contribue à l'amélioration de la performance énergétique des bâtiments et à la transition écologique des quartiers concernés.* »

Le règlement général de l'ANRU relatif au NPNRU fixe parmi les objectifs incontournables des projets un objectif de performance énergétique et environnementale : « **Objectif incontournable n° 5 : viser l'efficacité énergétique et contribuer à la transition écologique des quartiers.**

Les enjeux énergétiques (performance des bâtiments et approvisionnement en chaleur renouvelable notamment) doivent être appréhendés à l'échelle du quartier pour mieux prioriser les interventions et optimiser la maîtrise des charges des habitants. De manière générale, une approche environnementale globale

est attendue pour limiter la consommation des ressources (eau, déchets...) et favoriser l'adaptation aux changements climatiques.»

Du point de vue opérationnel, la réalisation de l'objectif incontournable n° 5 peut passer notamment par :

- La réduction de l'empreinte écologique des quartiers.
- La maîtrise de la facture énergétique des habitants et la lutte contre les phénomènes de précarité énergétique.
- L'amélioration du confort des logements et bâtiments.
- L'approche environnementale de l'aménagement des espaces publics.
- La contribution à l'amélioration de l'image des quartiers.

En matière de financement, conformément à l'article 2.1.2 du titre II, les études préalables de diagnostic et missions d'assistance à maîtrise d'ouvrage (AMO) au lancement et au suivi des études et expertises préalables peuvent être financées au titre de l'ingénierie : « *Sont notamment concernés les diagnostics et études stratégiques relatifs aux enjeux énergétiques et environnementaux (dont approche environnementale de l'urbanisme, études spécifiques sur le développement des énergies renouvelables...).* »

b) À l'échelle des quartiers et des PRU

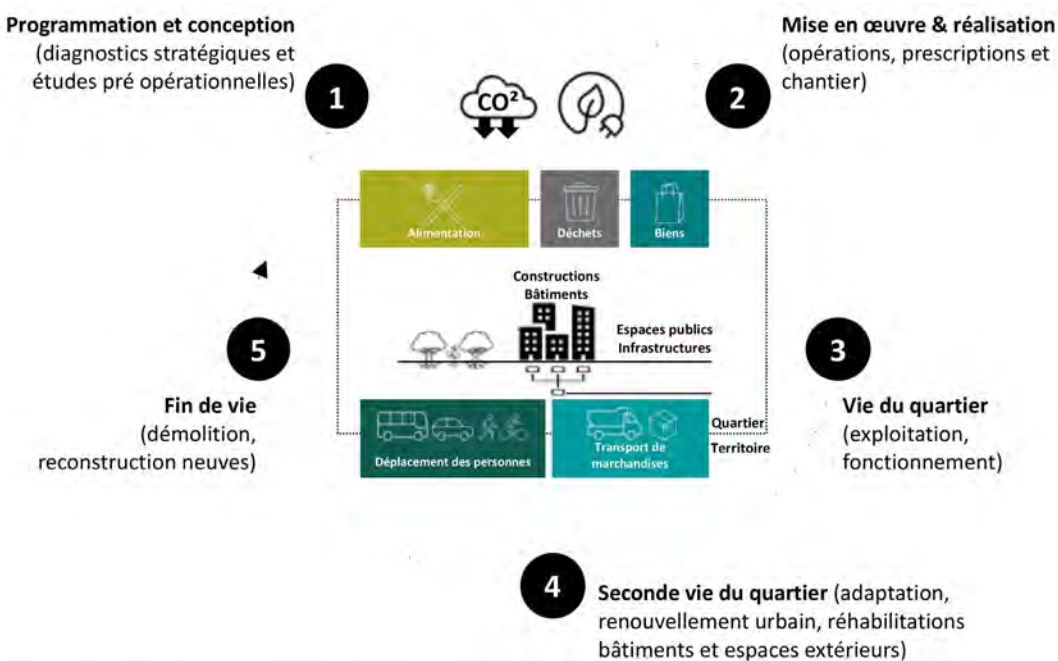
Les quartiers génèrent des émissions de carbone et des consommations énergétiques pendant tout leur cycle de vie : aux émissions et consommations liées aux bâtiments et constructions, s'ajoutent celles des **espaces extérieurs, espaces publics et infrastructures** (réseaux, voiries, espaces publics et végétalisés, mobilier urbain, etc.), liées à leur conception, mais aussi leur **fonctionnement et gestion** (desserte énergétique et réponses aux besoins d'éclairage public, de chaud et de froid, de recharge de véhicules, de gestion des déchets, etc.).

Les leviers du renouvellement urbain pour répondre aux objectifs d'amélioration de l'efficacité énergétique et de réduction des émissions de GES sont multiples, sous réserve que ces approches énergie/carbone convergent avec les enjeux de transformation et de régénération urbaine des quartiers visés qui se posent dans le cadre des PRU, puis avec ceux de la gestion urbaine :

- Les phases de conception et de travaux sont celles où se pose un **diagnostic** et se définissent les **objectifs** et la **traduction opérationnelle** des approches énergie/carbone en matière

aux difficultés socio-économiques des ménages en matière notamment de précarité énergétique, de maîtrise des charges et d'augmentation du reste-pour-vivre des habitants, qui font écho aux orientations des PRU en matière d'attractivité des quartiers, de mixité sociale et fonctionnelle, de vivre-ensemble, d'amélioration de l'ouverture du quartier et de la mobilité des habitants par exemple.

Les PRU d'aujourd'hui s'inscrivent à la suite de plusieurs décennies d'interventions et de politiques de la Ville. Une approche liant performance énergétique et réduction de l'empreinte carbone nécessite de **poursuivre désormais en intégrant la notion de cycle de vie des quartiers**, avec de **nouveaux critères d'aide à la décision** prenant en compte toutes les étapes de vie du quartier. Cette



CONTRAT DE VILLE			
PROTOCOLE DE PREFIGURATION DE LA CONVENTION DE RENOUVELLEMENT URBAIN			
CONVENTION PLURIANNUELLE DE RENOUVELLEMENT URBAIN			
DIAGNOSTIC et PROJET territorial : identification des enjeux et orientations	PROJET URBAIN Etudes pré-opérationnelles : définition du projet (programmation, conception)	OPERATIONS Conception (MOE) et réalisation : prescriptions, organisation du chantier, chantier	Vie du quartier (préparation, livraison, évaluation, suivi) : gouvernance, gestion, usages
1	4	2 4 5	3
CONTRAT DE VILLE	PROJET URBAIN	OPERATIONS	Convention GUSP Charte ou convention RELOGEMENT Charte INSERTION

Intégration des approches énergie et carbone dans le cycle de vie d'un quartier et les étapes d'un PRU

des caractéristiques constructives à l'origine d'une **mauvaise performance énergétique ayant un impact direct sur le confort, voire la santé des habitants.**

La recherche d'une meilleure performance énergétique (et plus globalement environnementale) permet la **diminution des consommations et factures** d'énergies et d'eau des locataires, tout en **améliorant le confort de vie** en été et en hiver. La France, dans le cadre de la LTECV, s'est engagée dans la **lutte contre la précarité énergétique.**

D'après Rappel, le Réseau des acteurs contre la pauvreté et la précarité énergétique dans le logement, « *la précarité énergétique peut se définir comme la difficulté, voire l'incapacité à pouvoir chauffer correctement son logement, et ceci à un coût acceptable. En cause, l'état des logements dont la performance thermique est généralement mauvaise, voire exécrable. Les équipements de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire, souvent vétustes, participent également à gonfler la facture énergétique des plus pauvres, surtout dans le parc privé. Les impayés d'énergie, en constante augmentation, ne sont que la partie émergée de l'iceberg : les diagnostics effectués au domicile des ménages en difficulté révèlent souvent que les ménages pauvres se privent pour ne pas générer de trop grosses factures. Le poste "logement" représente à lui seul 30 % du budget des ménages¹⁷, mais des écarts significatifs existent : les 20 % de ménages les plus pauvres consacrent à l'énergie une part de budget 2,5 fois plus élevée que les 20 % les plus riches¹⁸, ayant pour incidence la création d'une précarité énergétique* »¹⁹. À noter que la notion de précarité énergétique est parfois élargie en intégrant les coûts liés aux déplacements.

En matière d'impact carbone, les PRU prenant place sur des quartiers existants, un **stock de carbone important préexiste** dans les bâtiments, infrastructures et espaces extérieurs. Les choix opérés dans une approche énergie et carbone (**notamment choix de réhabilitation VS démolition et reconstruction**) s'inscrivent dans le **cycle de vie du bâtiment** et la recherche de son **allongement de durée de vie avant fin de vie et recyclage.**

Une rénovation représente en première approximation

une économie de 50 % en poids de carbone par rapport à une construction neuve. Ces considérations conduisent à de **nouvelles pratiques et à des critères de priorisation environnementale** (valorisation du stockage de carbone et carbone évité), **complémentaires des critères d'arbitrage ou d'orientation plus courants dans les PRU** (formes urbaines, problématiques structurelles, coûts d'investissements, peuplement et mixité sociale, fonctionnement et lisibilité de polarités commerciales, sécurité, image, cadre de vie et gestion...).

Ces constructions existantes sont, à l'échelle d'un quartier ou d'un territoire, **relativement standardisées**, construites en même temps, selon des procédés constructifs proches des techniques d'industrialisation et de préfabrication (béton, voiries et dalles, mais également façades, menuiseries, second œuvre, équipements et systèmes). Ceci rend pertinentes les réflexions sur la **massification des réhabilitations**, sur la **structuration de filières d'approvisionnement en matériaux locaux, géosourcés ou biosourcés**, ou encore sur des **stratégies de réemploi** réduisant la production de déchets du secteur bâtiment. Ces pistes de solutions peuvent diminuer l'impact carbone par la **réduction des distances de transports** ou par leur **processus de fabrication plus sobre, et peuvent même constituer des puits de carbone** (les solutions techniques de séquestration²⁰ de CO₂ étant un levier crucial pour l'atteinte des objectifs nationaux, et pouvant représenter à terme 50 % de l'effort nécessaire vers la neutralité carbone).

d) Les réponses des membres du club ANRU+

Des **membres du Club ANRU+** ont développé, ou sont en train de développer, des **approches globales énergie et carbone** dans le cadre de projets d'innovation venant enrichir leurs projets de renouvellement urbain.

La présente publication met à disposition **20 fiches projets** synthétisant ces approches innovantes, avec la vocation d'inspirer les lecteurs dans le cadre d'un travail de capitalisation pour diffusion et déploiement des bonnes pratiques.

17. Valeurs 2017 du ministère de la Transition écologique et solidaire.

18. Source : ADEME.

19. Source : <https://www.precarite-energie.org/comprendre-la-precarite-energetique/qu-est-que-la-precarite-energetique/>.

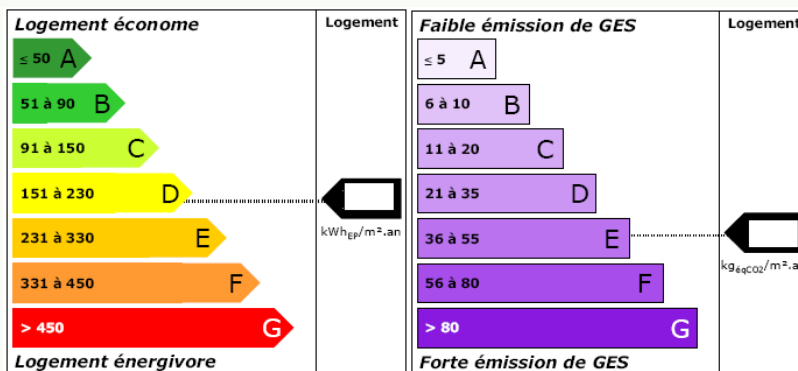
20. Séquestration carbone : il s'agit du stockage du CO₂ en dehors de l'atmosphère. Il existe plusieurs modes de séquestration : naturelle (dans les sols, par les forêts, les arbres, les océans, les plantes à forte efficacité photosynthétique), ou artificielle (en enfouissement dans les sols et fonds océaniques, par des matériaux et produits fabriqués à partir de la biomasse, par des micro-organismes valorisables en matière ou énergie, ou sous forme inerte, liquide ou solide).

Diagnostic de performance énergétique (DPE) et ses étiquettes

Le diagnostic de performance énergétique (DPE)²² renseigne sur la performance énergétique d'un logement ou d'un bâtiment en évaluant sa consommation d'énergie et son impact en matière d'émissions de GES. Il s'inscrit dans le cadre de la politique énergétique définie au niveau européen afin de réduire la consommation d'énergie des bâtiments et de limiter les émissions de GES. Il est obligatoire lors d'une vente d'un logement (depuis le 1^{er} septembre 2006), lors d'une location (1^{er} juillet 2007), pour affichage dans les bâtiments publics (2 janvier 2008), et pour les bâtiments neufs (30 juin 2007). Le DPE indique, suivant les cas, soit la quantité d'énergie

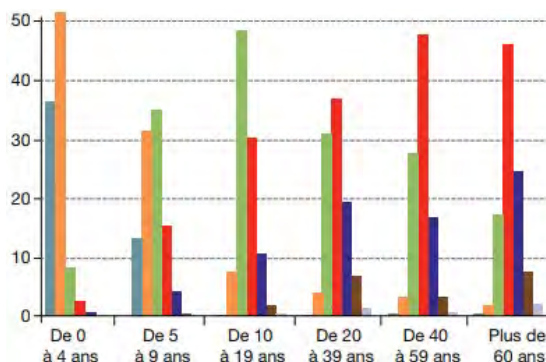
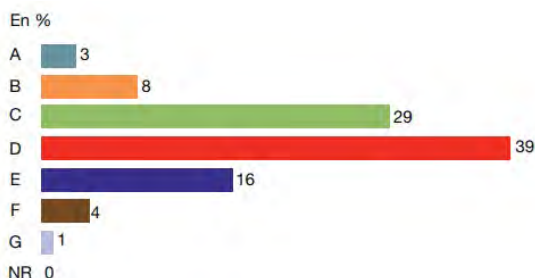
effectivement consommée (sur la base de factures), soit, par un calcul conventionnel, la consommation d'énergie estimée pour **trois usages : le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement** du bâtiment ou du logement.

Le DPE fait actuellement l'objet d'une refonte destinée à le rendre plus fiable, plus lisible, et permettant de mieux tenir compte des enjeux climatiques. Entre autres : il **devient opposable au 1^{er} juillet 2021** et **l'estimation de la facture énergétique devra être affichée à compter du 1^{er} janvier 2022**.



Étiquette énergie sur la consommation d'énergie primaire & étiquette climat sur la quantité de GES émis

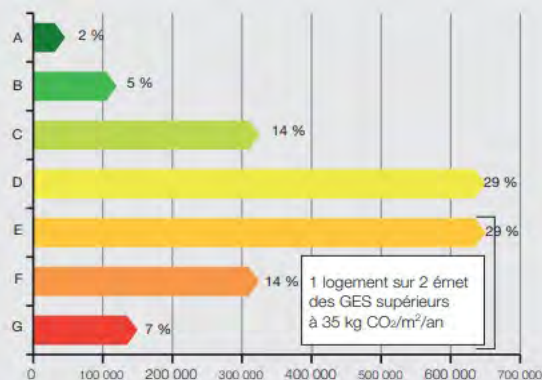
Remarque : les consommations d'énergie sont exprimées en énergie primaire (kWh_{EP}), la consommation d'électricité est ainsi multipliée par un coefficient de 2,58 pour passer d'énergie finale à énergie primaire.



Répartition DPE des logements sociaux au 1^{er} janvier 2018, et répartition par tranche d'ancienneté – Source : SDES, RPLS

22. <https://www.ecologie.gouv.fr/diagnostic-performance-energetique-dpe>.

	Étiquette environnementale		
	kg CO ₂ / m ² shon / an	Effectif	Répartition
A	Moins de 5	92 000	2 %
B	6 à 10	240 000	5 %
C	11 à 20	650 000	14 %
D	21 à 35	1 300 000	29 %
E	36 à 55	1 300 000	29 %
F	56 à 80	650 000	14 %
G	Plus de 80	300 000	7 %
Total		4 600 000	100 %



Parc social par étiquette environnementale (GES) – Source : données Insee et RPLS (2014), graphiques Énergies demain, pour la Caisse des dépôts

la phase de **fin de vie** (déconstruction de l'ouvrage, transport des déchets et traitement dans des filières adaptées).

Un corpus normatif conséquent explicite et codifie la manière de procéder à cette évaluation (NF EN ISO 14044, NF EN 15804, NF EN 15978...) ²³.

Avec la RE 2020, les ACV vont devenir obligatoires pour les constructions neuves.

L'enjeu pour les PRU est donc d'intégrer cette approche pour les constructions, mais également de s'en inspirer pour les rénovations, qui représentent des perspectives de réduction des émissions de carbone conséquentes.

À quelle étape du projet réaliser une ACV?

Afin de servir au mieux la réduction des impacts environnementaux d'une opération, **l'étude ACV doit démarrer le plus en amont possible, dès les premières phases de conception**. En effet, certains

choix architecturaux (géométrie, type de structure et de façade du bâtiment, etc.) sont faits dès l'avant-projet sommaire (APS) et se révèlent dimensionnants en matière d'impacts. Réaliser des modifications par la suite (optimisation de la forme du bâtiment, passage d'une structure béton classique à une structure bois...) peut générer des coûts importants et des délais supplémentaires. Une étude ACV, même préliminaire, est ainsi **recommandée dès l'APS**. Elle **s'enrichira ensuite au fur et à mesure de l'avancement** du projet en permettant des arbitrages sur les nouveaux aspects du projet (équipements, second œuvre...). Paradoxalement, **les choix opérés en amont sont plus impactants pour l'impact carbone, mais l'incertitude des résultats de l'ACV sera plus importante au départ** (les produits n'étant pas nécessairement bien connus).

Cette démarche a des conséquences sur l'organisation du projet, la réalisation d'une ACV exigeant des compétences spécifiques, au-delà du temps à y consacrer et du coût que cela représente (et d'autant plus si elle est réalisée dès le début, puis enrichie et mise à jour sur toute la durée de conception).

23. Plusieurs outils et logiciels agréés existent dans la recherche de performance et les calculs énergie et carbone :

- des logiciels agréés énergie et carbone : Climawin (édité par BBS Slama);
- des logiciels agréés énergie : Cypecad MEP ou Cypetherm (édité par CYPE), DesignBuilder (édité par DesignBuilder / Cettog), Lesosai (édité par E4Tech Software SA), Visual TTH (édité par FAUCCONNET Ingénierie), Archiwizzard (édité par HPC-SA), Pleiades+Combie+modules RT 2012 (édité par Izuba Énergies), U22Win ou U21 Win RT 2012 (édité par les Logiciels Perrenoud) ;
- des logiciels agréés carbone : Elodie (édité par le CSTB), OneClick LCA (édité par Bionova Ltd), novaEquer (édité par Izuba Énergies), ThermACV (édité par les Logiciels Perrenoud) ;
- des logiciels / configurateurs de calculs carbone : DEbois (configurateur dédié aux produits de construction bois, en phase de vérification), BETie (outil permettant l'évaluation des impacts environnementaux des bétons prêts à l'emploi), SAVE (configurateur dédié aux produits et systèmes de constructions en acier), Pépin bio (outil en projet permettant aux acteurs des matériaux biosourcés de produire leurs FDES), etc.

et « **PEP Écopasseport** » pour les produits électriques, électroniques et de génie climatique. Ces documents, mis à disposition par les fabricants, sont ensuite vérifiés par une tierce partie indépendante et regroupés dans **la base Inies** (avant de pouvoir être utilisés par les maîtres d'œuvre).

Si le nombre de FDES a fortement progressé depuis les années 2010, il n'est **pas encore suffisant pour couvrir la totalité des produits mobilisés dans le cadre d'un projet et les données recensées dans ces fiches varient selon l'organisme déclarant**. Les FDES restent à manier avec précaution.

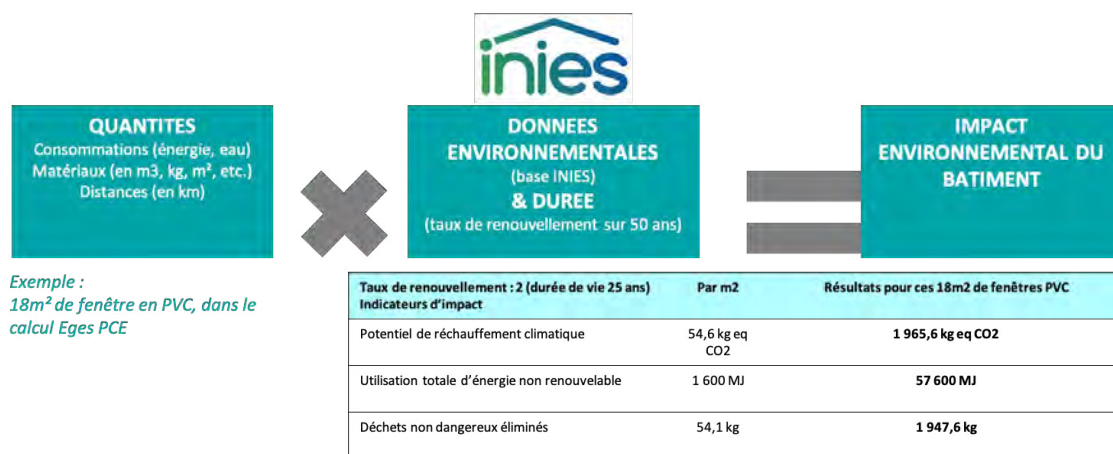
Enfin, le concept d'analyse de cycle, sa méthode de calcul et ses outils ne sont pas faciles à appréhender sans formation initiale. Afin d'être vraiment efficace, il est important de s'assurer que toutes les parties

prenantes du projet qui seront confrontées à l'ACV en comprennent le principe. Il est opportun d'avoir des personnes « sachantes » au sein de la MOA ou de demander à la MOE d'explicitier ce travail en amont afin de permettre des choix éclairés.

c) L'appui sur les labels existants

Pour aller au-delà des exigences réglementaires, de nombreux labels se sont développés afin de garantir la construction ou la rénovation de bâtiments de qualité, moins énergivores, plus sobres en carbone, plus respectueux de l'environnement, confortables et sains.

Il existe cependant peu de labels aujourd'hui qui portent à la fois sur les ambitions énergie et carbone. L'expérimentation E+C- apporte un nouveau référentiel, pour le neuf uniquement, que viendra conforter un prochain label lié à la RE 2020.



Quel périmètre pour l'ACV, et quelles quantités évaluer ?

La disponibilité des données varie selon les phases du projet et le niveau de précision

Les consommations selon les calculs de la RT

Les matériaux selon leur évaluation : ratios, métrés, maquette, ...

Quel choix des données : individuelles, collectives, par défaut ?

Méthode simplifiée : des valeurs forfaitaires / par lots, par ratios

Méthode détaillée :

- Collective : sur la base des FDES / PEP établies par une organisation professionnelle pour une famille de produits (par exemple la laine de verre)
- Individuelle, propre à un produit en particulier (par exemple laine de verre de la marque X)
- Par défaut : FDES établies par le CSTB

Quelle présentation des résultats ?

De l'évaluation :

- Global : niveaux C1 et C2
- Détaillée par lot
- Détaillé par matériaux

Des variantes étudiées ?

Questions méthodologiques posées dans la réalisation d'une ACV (exemple pour des fenêtres en PVC) - Source : Inddigo

Principaux labels énergie et/ou carbone	Caractéristiques et niveaux d'exigences (pour logements collectifs)	Informations pratiques
	Énergie : niveau Énergie 2 du référentiel E+ C -. - Modulation du Bbiomax, CEPmax -20 %. - Perméabilité à l'air : Q4Pa-surf $\leq$ 0,8 à 1 m³/h/m² selon le type de mesures ou démarche qualité. - Contrôle des réseaux de ventilation : préinspection, vérifications fonctionnelles, mesures fonctionnelles aux bouches, mesure d'étanchéité à l'air des réseaux aérauliques ou démarche qualité. Carbone : niveau Carbone 1 du référentiel E+C -.	Qui : Effinergie Applicable depuis 2017 À quel stade? Vérification documentaire en phase étude, et audit sur site en fin de réalisation. Coût : ~ 15000 € Particularités : - Délivrés dans le cas de certifications NF Habitat HQE (Cerqual, Promotelec, Prestaterra). - Nécessitent un BET certifié « Études thermiques ». - Nécessitent un commissionnement (sauf BBC Rénovation). - Information aux usagers : affichage (consommation annuelle par usages et équivalent en kg de CO₂, besoins couverts par les EnR par usages) et guide Effinergie. Pour aller plus loin : Site Effinergie : https://www.effinergie.org/web/les-labels-effinergie/comment-obtenir-le-label-bbc-effinergie Observatoire BBC : https://www.observatoirebbc.org/
	Énergie : CEP max $\leq$ 80 kWh/m²/an selon la zone climatique. - Obligation de mesures perméabilité à l'air (avec Q4Pa-surf $\leq$ valeur dans la consommation).	
	Énergie : niveau Énergie 3 du référentiel E+C -. - Bâtiment producteur d'énergies renouvelables. Carbone : niveau Carbone 1 du référentiel E+C -.	
	Énergie : niveau Énergie 4 du référentiel E+C -. - Bâtiment producteur d'énergies renouvelables. Carbone : niveau Carbone 1 du référentiel E+C -.	
	Carbone : mesure de l'empreinte carbone (teqCO₂) du bâtiment sur tout son cycle de vie. 3 niveaux : Standard (25 points); Performant (40 points); Excellent (50 points). 1 point correspond à 10 kg de CO₂ non émis, ou à 15 kg de CO₂ stockés. Score calculé sur la base de 4 indicateurs en 2 familles : Émissions de GES évitées et stockage carbone : - indicateur construction raisonnée (émissions liées à la construction, l'entretien, le renouvellement et la fin de vie du bâti et des systèmes); - exploitation maîtrisée (émissions liées aux consommations d'énergie tous usages en exploitation : énergies carbonées et EnR); - Stockage carbone (présence de produit biosourcé et stockage dans le bâtiment). Innovation climat : - Économie circulaire (potentiels de recyclabilité des matériaux, conception facilitant la transformation et la démontabilité : déconstruction sélective, réemploi des produits, mutualisation des espaces, changement d'usages du bâtiment, potentiels d'extensions du bâtiment).	Qui : Multiacteurs Applicable depuis 2016 À quel stade? Fin de la phase conception et de la phase réalisation Coût : ~ 6500 € + coût référent BBKA Particularités : - Délivré seul ou en association avec une certification NF Habitat HQE. - Nécessite un référent BBKA. Pour aller plus loin : Association BBKA : https://www.batimentbas carbone.org/
	Carbone : - En construction : selon les lots impactés et valeurs de références du neuf. - En exploitation : respect RTex, si l'énergie majoritaire est le gaz, alors niveau BBC Rénovation. - Stockage carbone : évaluation du stock présent (valorise l'existant) et compléments / diminution dans la rénovation.	

Rénovation globale et performante avec la certification NF Habitat – NF Habitat HQE

Lisa Sullerot, directrice des Relations institutionnelles et Collectivités locales, Cerqual Qualitel Certification

La **certification NF Habitat – NF habitat HQE** accompagne les **travaux de rénovation globale**. Elle allie performances énergétiques (HPE Rénovation ou BBC Rénovation) et réductions des consommations et des charges, et assure également des minimas

techniques pour un meilleur confort des occupants après rénovation. Sont ainsi traités la qualité acoustique (traitement des points noir bruit – PNB), le confort hygrothermique, la qualité de l'air intérieur ou encore la sécurité et sûreté (sécurité électrique, incendie, garde-corps...). Pour atteindre des performances supérieures et valoriser les rénovations, **quatre profils ont été créés en complément** de NF Habitat et NF Habitat HQE :



L'enjeu pour les PRU, qui disposent de nombreuses opérations de réhabilitation (en grande partie de logements collectifs) **est d'intégrer des ambitions de niveau BBC ou «BBC compatible»** (étape ne remettant pas en cause la faisabilité d'atteinte du niveau BBC par des travaux ultérieurs), **et de performance carbone**, ce qui peut être **facilité par l'appui sur des labels** carbone (BBCA Rénovation ou Biosourcé) ou en s'inspirant du **référentiel E+C-**.

d) De l'expérimentation bâtiment E+C-...

Afin de préparer la RE 2020 sur une base partagée et pragmatique, **l'expérimentation nationale E+C-**, ou « **Bâtiments à énergie positive & réduction carbone** », a été lancée fin 2016 et est copilotée par l'État et le Conseil supérieur de la construction et de l'efficacité énergétique (CSCEE). Cette première étape permet d'engager les acteurs à construire des bâtiments plus performants que ne le prévoient les réglementations actuelles, puis d'en tirer un retour d'expérience. Ce retour d'expérience, porteur d'ambition énergétique et environnementale, permet d'apprécier la faisabilité technique et la soutenabilité économique pour, dans une seconde étape, calibrer les exigences de la future



réglementation. Les performances environnementales attendues ne le sont pas uniquement en phase d'exploitation, mais sur l'ensemble du cycle de vie.

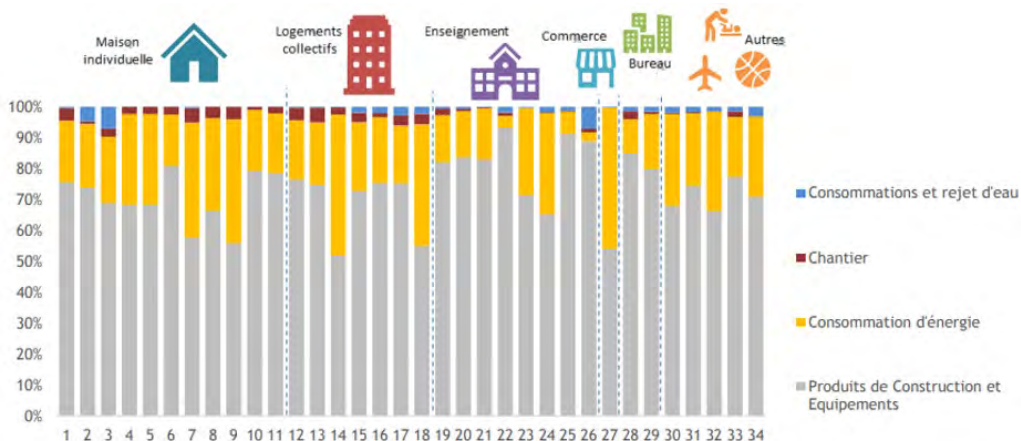
Cette expérimentation offre aux acteurs un cadre national d'évaluation de la performance énergétique et carbone des bâtiments qui s'appuient sur l'échelle d'évaluation de la performance du bâtiment basée sur :

Quatre niveaux de performance énergie

en phase d'exploitation ou utilisation. Les **indicateurs énergie** sont calculés sur les mêmes bases que la RT 2012, mais prennent en compte les usages « mobiliers » (ascenseurs, parking, éclairage des communs, mobiliers), et la notion de bilan Bepos (consommation en énergie primaire hors EnR moins l'énergie primaire EnR « exportée »).

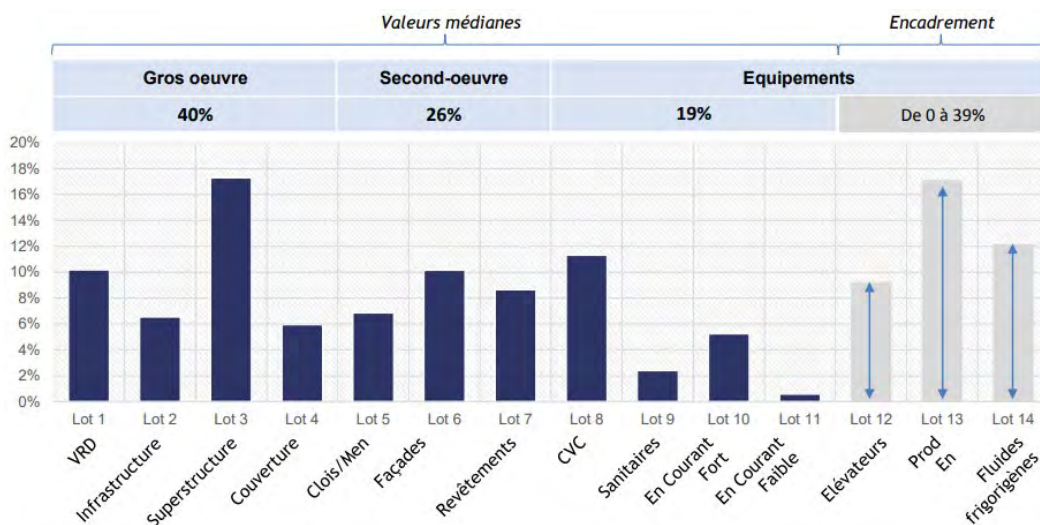
Deux niveaux de performance environnementale ou carbone pendant tout le cycle de vie du bâtiment.

Les **indicateurs carbone** nécessitent **une ACV du bâtiment** et sont calculés sur 50 ans selon quatre contributeurs à différentes étapes : émissions liées aux produits de construction



Au sein de ce contributeur principal « produits de constructions et équipements », qui se calcule sur 13 lots, **l'impact du gros œuvre, et en particulier la superstructure et les VRD, est prépondérant**,

suivi du second œuvre avec les **façades et revêtements**, et enfin des équipements avec le **CVC** (chauffage, ventilation, refroidissement, eau chaude sanitaire) :



FICHE PROJET N°1

Le premier bâtiment labellisé E4C2 – hors QPV, Pont-de-Barret (26)



Bâtiment LowCal d'Enertech – Crédit : Enertech

Contexte du projet

La Scop Enertech est un bureau d'études techniques spécialisé dans la conception et l'accompagnement de bâtiments à très basse consommation d'énergie, neufs ou rénovés, et également spécialiste des campagnes de mesure des usages énergétiques dans les bâtiments. Basée initialement à Félines-sur-Rimandoule (26), la structure avait besoin de plus d'espace de travail pour accompagner son développement. Le programme du bâtiment répond à un besoin de créer des bureaux pour 35 salariés à terme, avec de grandes salles de réunion, soit un total de 600 m² environ, convertible en six logements. L'absence de bâtiment à rénover dans le secteur de Félines-sur-Rimandoule a orienté vers l'acquisition d'un terrain pour y implanter ses bureaux. Le choix de Pont-de-Barret (Drôme, 660 habitants), à 6 kilomètres

de l'ancien siège, permet de maintenir la proximité avec les logements des salariés, tout en se rapprochant de commerces (restaurants notamment). En tant qu'acteur de la construction performante, il était évident pour Enertech que ce bâtiment devait être démonstrateur de leur savoir-faire. Résultat : **le bâtiment LowCal est le premier bâtiment certifié E4C2 et Effinergie 2017 Bepos+.**

Actions mises en œuvre

Le bâtiment est compact et de **conception bioclimatique** : la façade principale est orientée **plein sud** et fortement vitrée, au contraire des façades est, ouest et nord dont les taux de vitrage sont maîtrisés. Fondée sur un demi-niveau semi-enterré ainsi qu'un plancher en béton sur terre-plein, toute l'élévation du bâtiment est en **structure à ossature bois** y compris

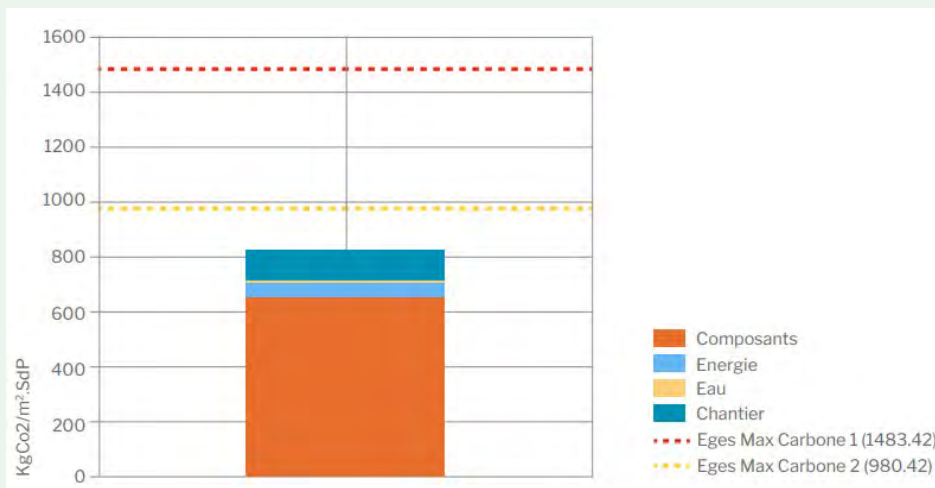
de la maîtrise d'œuvre et l'implication des entreprises a permis de relever ces challenges. Toutefois, la majorité des acteurs du chantier sont apparus fortement intéressés par ce projet « expérimental » et désireux de faire évoluer leurs métiers.

Bilan

- Coût des travaux : 817 600 € HT + 114 400 € HT de VRD, soit 1120 € HT/m² SHON hors VRD.
- Bilan énergétique : après un an de mesure, les consommations très faibles illustrent **la performance de la conception ainsi que la sobriété d'usage**. L'éclairage et la ventilation ont été surestimés. **Le bâtiment a produit environ 7 fois plus d'énergie que sa consommation sur l'année complète.**
- Confort d'été : alors que la température extérieure franchit régulièrement 36°C sur les deux mois les plus chauds, les **températures intérieures restent inférieures à 28°C**. Les températures de l'étage sont plus élevées d'un à deux degrés. **Le confort a été assuré grâce à l'inertie de la terre crue, au bon usage des occultations et à la stratégie d'aération naturelle nocturne** (fenêtres ouvertes en position oscillo) **et matinale** (fenêtres ouvertes au maximum). En journée, le renouvellement d'air est assuré soit par l'ouverture des fenêtres, soit par la ventilation double-flux.

La bascule de l'un à l'autre est conditionnée par plusieurs indicateurs : les températures intérieures et extérieures (station météo sur le toit du bâtiment consultable en temps réel) ainsi que la température de la masse (capteur incorporé dans un mur du R+1). L'objectif étant de maintenir la masse sous la barre des 26°C. Le confort passif est ainsi obtenu grâce à des usagers actifs et impliqués.

- Résultats selon le label E+C- : le bilan Bepos atteint le **niveau Énergie 4 du label E+C-**, niveau le plus performant. La valeur d'impact carbone sur toute la durée de vie du bâtiment (Eges) est de 823 kg CO₂/m²SDP, ce qui est inférieur au niveau Carbone 1 (< 1483) et au niveau **Carbone 2** (< 980). **L'impact prépondérant est celui de la phase de construction et du chantier, par rapport à l'impact de l'énergie consommée pendant le fonctionnement du bâtiment** (classique pour un bâtiment à énergie positive). La valeur d'impact initial (phase de construction) du bâtiment (Eges PCE) est de 657 kg CO₂/m²SDP, ce qui est inférieur au niveau Carbone 1 (< 1063) et au niveau Carbone 2 (< 913). **Les impacts CO₂ principaux sont liés à la superstructure, puis au second œuvre intérieur (cloisonnement, doublages, plafonds suspendus, menuiseries intérieures), à l'installation électrique et à l'installation photovoltaïque.**

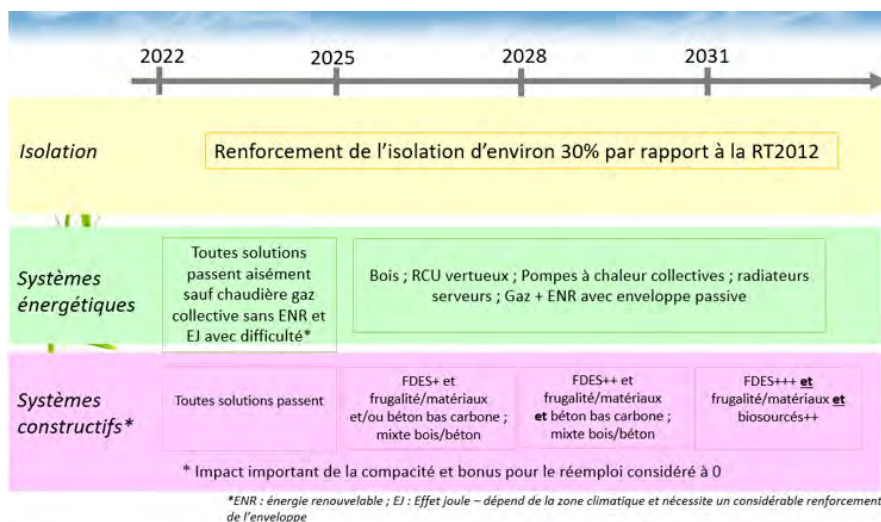


Impact carbone du bâtiment sur tout le cycle de vie (Eges)

Ce qui devrait changer dans la RE 2020 par rapport à la RT 2012 (et au label E+C -)

Contribution de Nathalie Tchang, BE Tribu Énergie

- La SRT (surface thermique) serait abandonnée et remplacée par la SHAB (surface habitable) en logements et la SU (surface utile) en tertiaire.
- Les fichiers météorologiques ont été actualisés avec une année classique et une année caniculaire.
- La méthode de calcul « énergie » a évolué en résidentiel (baisse de l'ECS, hausse du chauffage).
- Les besoins de froid sont systématiquement calculés dans le Bbio.
- Le coefficient d'énergie primaire de l'électricité devrait passer de 2,58 à 2,3.
- Le coefficient de conversion CO₂ de l'électricité devrait passer de 210 g/kWh (label E+C -) à 79 g/kWh.
- De nouveaux coefficients de modulation.
- Intégration dans le coefficient CEP de nouveaux postes de consommation : parking, ascenseur, éclairage des parties communes (usages « mobiliers » exclus, contrairement au label E+C -, à confirmer).
- Garde-fou pour les protections solaires étendu à l'ensemble des baies (et non plus uniquement celles destinées au sommeil).
- Valorisation du photovoltaïque uniquement quand la production est concomitante à la consommation (contrairement au label E+C- qui prenait en compte l'énergie exportée).
- Méthode d'ACV dynamique pour le calcul carbone (au lieu de méthode statique dans le label E+C -, à confirmer).
- Obligation de saisie détaillée des équipements dans le calcul carbone.
- Obligation de vérifier les systèmes de ventilation et mesures des performances.
- Pénalisation des valeurs prises en compte dans le calcul énergétique en cas de mesures de perméabilité à l'air par échantillonnage en logement collectif.
- Calcul d'une climatisation fictive avec un fichier météo caniculaire pour les bâtiments dont DH > 350°C. h.



Incidences techniques de la RE 2020 pour les logements collectifs

Source : Tribu Énergie

Groupe de travail 5 : Gestion durable de l'eau	- Préservation de la ressource et économies d'eau - Valorisation de nouvelles pratiques de gestion de l'eau (eaux de pluie, eaux grises) - Dont construction d'un indicateur de l'ensemble des usages de l'eau pour adapter les modes de gestion du cycle de l'eau, prise en compte du contexte de pénurie d'eau selon la région, économies d'eau générées par la récupération et réutilisation des eaux de pluie, la réutilisation des eaux grises, les équipements hydro économes, l'optimisation de l'irrigation de la végétation.
Groupe de travail 6 : Économie circulaire	- Analyse des flux de matières des opérations - Opération réversible / démontable - Innovation et soutien de filières circulaires émergentes - Gérer les déchets en phase de chantier (constructions neuves) - Capitaliser les données dans le temps - Activer les ressources matérielles et humaines des territoires.
Groupe de travail 7 : Biodiversité	- Impact du changement d'usage des sols et potentiel des sites (dont mobilisation et enrichissement de l'outil Coefficient de biotope de surface CBS et Coefficient de potentiel de biodiversité par surface CBS+) - Indicateurs sur la diversité des habitats, espèces invasives, fragmentation et ex situ (changement climatique, pollutions, appui sur les démarches de Global Biodiversity Score, méthodologie hybride des interactions biodiversité / système urbain « Hibou »)

f) Perspectives après travaux pour les bâtiments des PRU

Avec l'appui du CSTB, l'ANRU est en train de mener une étude d'évaluation ex ante de l'impact énergétique et carbone du NPNRU, qui viendra consolider les données objectives en la matière dès 2021.

Un travail exploratoire d'évaluation mené en 2020 a permis de tirer les premiers enseignements suivants :

> La moitié des réhabilitations prévues dans le cadre du NPNRU visent le niveau BBC

Rénovation (< 80 kWhep/m²/an), l'autre moitié visant le niveau HPE Rénovation (< 150 kWhep/m²/an).

> Une **requalification type** porte sur un bâtiment construit en 1968, consommant 200 kWhep/m²/an avant travaux et environ 100 kWhep/m²/an après travaux, ce qui le fait passer d'une étiquette D à une étiquette B (sinon C), ce bâtiment consommant donc moitié moins après réhabilitation.

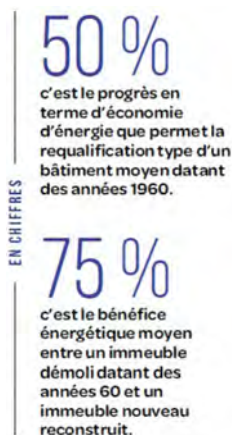
> Une **démolition/reconstruction type** permet de remplacer un bâtiment de 1968 consommant 200 kWhep/m²/an par un bâtiment neuf consommant 50 kWhep/m²/an, passant d'une étiquette D à une étiquette A (le **bâtiment neuf consomme 4 fois moins que le bâtiment démol**).

> La **performance carbone type** reste à étudier plus précisément.

Sur ce dernier point, le retour de l'Observatoire BBC permet de noter a minima qu'une **renovation type** de logements collectifs au niveau de performance BBC conduit en moyenne à **réduire de deux tiers les consommations d'énergie et les émissions GES** en atteignant moins de 80 kWhep/m²/an et 16 kg CO₂/m²/an (**classe C de l'étiquette climat**). C'est le niveau de performance à viser pour parvenir en 2050 à un parc à faible consommation et faible impact carbone.

QUID DE LA RENTABILITÉ CARBONE ?

La rénovation ne fait pas l'objet d'objectifs réglementaires quant à sa performance carbone. Si les rénovations énergétiques prévues dans le cadre du NPNRU entraînent presque mécaniquement



une réduction des émissions carbone liées aux baisses de consommation d'énergie, un questionnement important subsiste :

Quelle est la rentabilité carbone d'une rénovation?

C'est-à-dire, **au bout de combien d'années les « gains carbone » réalisés grâce à la réduction des consommations d'énergie compensent puis dépassent le poids carbone lié à la mise en œuvre des matériaux nécessaires à la rénovation ?**

En se basant sur les premiers retours de l'expérimentation E+C- copilotée par l'État et le Conseil supérieur de la construction et de l'efficacité énergétique (CSCEE), il ressort en première approximation que **la rénovation globale d'un bâtiment de logements collectifs** représente au maximum **un tiers du poids carbone PCE** (produits de construction et équipements) **d'une construction neuve** (l'impact carbone d'une opération neuve de logements collectifs sur 50 ans étant par ailleurs lui-même pour environ deux tiers lié aux produits de construction et équipements).

En croisant les données de l'observatoire BBC sur les consommations d'énergie des postes réglementaires

(et des émissions carbone liées à ces consommations) avec les retours de la démarche Bâtiment E+C- du CSTB sur 96 logements collectifs, et en ajoutant une consommation d'électricité « Autres Usages » de 70 kWh_{ep}/m²/an, on peut conduire une analyse simplifiée **sur 50 ans** qui conclut aux enseignements suivants :

- **un bâtiment non rénové a un poids carbone largement plus élevé** (émissions liées à la consommation d'énergie très importantes, émissions liées aux produits de construction négligeables) qu'une construction neuve et qu'une réhabilitation;
- vient ensuite **la construction neuve performante** (émissions liées aux produits de construction très importantes, mais émissions liées à la consommation d'énergie faibles);
- et enfin, c'est **le bâtiment énergétiquement rénové au niveau BBC qui a le poids carbone le moins important.**

> Dans cette analyse, le **temps de retour carbone de la rénovation BBC** par rapport au scénario sans rénovation serait d'**environ 12 ans**. C'est-à-dire que cette rénovation devient bénéfique sur le plan strictement carbone au bout de 12 ans.

Poids / émissions carbone (en kg eq CO ₂ /m ² sur 50 ans)	Logements collectifs – CONSTRUCTION NEUVE	Logement collectifs- RENOVATION BBC	Logement collectif ETAT EXISTANT
Totales	1 585	1 393	2 903
Liées aux Produits de la Construction et Equipements	1 107	365	-
Liées à l'énergie	479	1 028	2 903
Gains de carbone (état existant / rénovation BBC)		1 510 eq kg CO ₂ /m ² sur 50 ans 30 kg eq CO ₂ /m ² .an	-
Investissement carbone (rénovation BBC)		365 kg eq CO ₂ /m ² sur 50 ans	
Temps de retour carbone d'une rénovation BBC (temps pour atteindre investissement carbone par rapport au gain carbone)		12 ans	
Gains carbone (Neuf / Rénovation BBC)		194 kg eq. CO ₂ /m ² sur 50 ans	

$$PCE\ rénovation = PCE\ construction\ neuve \times 33\% = 1\ 107 \times 0,33$$

Une analyse type du poids carbone de différents scénarios et temps de retour carbone du scénario rénovation – Source : Inddigo

a) Agir sur l'implantation, l'enveloppe du bâtiment, le chantier et le gros œuvre²⁶

ENJEUX DE SOBRIÉTÉ énergie et carbone	PRINCIPES À INTÉGRER	
	Dans le neuf	En rénovation
Dans l'implantation et l'aménagement de la parcelle, dans la programmation, viser une sobriété carbone : — Réduire le besoin de construction, favoriser la rénovation en réduisant les besoins liés à l'exploitation, en recherchant la réversibilité et l'intensification des usages (cf. partie « Dans les quartiers »). — Optimiser la quantité de matière et de produits de construction. — Limiter les émissions liées aux déplacements de personnes et de biens (cf. partie « Dans les quartiers »).	— Privilégier une implantation accessible par modes alternatifs (transports en commun et modes doux) qui optimise les distances de déplacements des usagers et rechercher une mixité programmatique pour raccourcir les distances (cf. partie « Dans les quartiers »).	— Diagnostic ressources, pour réemployer et réutiliser en garantissant une performance énergie et carbone des produits et équipements déjà présents. — Recherche de massification des solutions par un patrimoine plus ou moins homogène à l'échelle d'un quartier.
	— Optimiser l'impact VRD des aménagements extérieurs de la parcelle : rationalisation du nombre de places de parking, mutualisation des stationnements, limitation des surfaces de voiries, d'enrobés et des clôtures, longueur et matériaux des réseaux, gestion des eaux pluviales (cf. partie « Dans les quartiers »). — Optimiser les surfaces et besoins fonctionnels : espaces communs et mutualisés, mixité fonctionnelle, mutualisation des locaux, mutabilité et réversibilité / adaptabilité intérieure (cf. partie « Dans les quartiers »).	
Réduire les consommations énergétiques par une optimisation des besoins et des principes bioclimatiques du bâtiment : — Favoriser les apports solaires l'hiver pour limiter les besoins de chaud, et d'éclairage artificiel. — Lutter contre les surchauffes l'été et limiter l'utilisation de systèmes de rafraîchissement actif.	— Intégrer la compacité du bâtiment : forme urbaine et volume, optimisation et limitation des surfaces potentiellement déperditives (murs, toitures). — S'adapter à l'orientation des bâtiments (exposition, prise en compte des volumétries et effets de masque). — Pour le confort d'été et d'hiver, concevoir des façades avec des ouvertures selon les orientations et masques solaires. — Pour le confort d'été, adapter les protections solaires aux orientations de façades (protections horizontales sur les façades exposées au sud et verticales exposées à l'ouest), et permettre une ventilation naturelle (protections ajourées, persiennes par exemple, laissant une lame d'air, et laissant rentrer la lumière naturelle). — Pour le confort d'été, développer des locaux et logements traversants ou bi-orientés permettant une ventilation naturelle. — Pour le confort d'été, en cas de rafraîchissement actif, privilégier les systèmes de brasseurs d'air aux systèmes de climatisation à fluides frigorigènes. — Autour du bâtiment, voire sur le bâtiment, intégrer une végétation qui laisse entrer la lumière l'hiver et apporte de l'ombrage et de l'évapotranspiration l'été.	

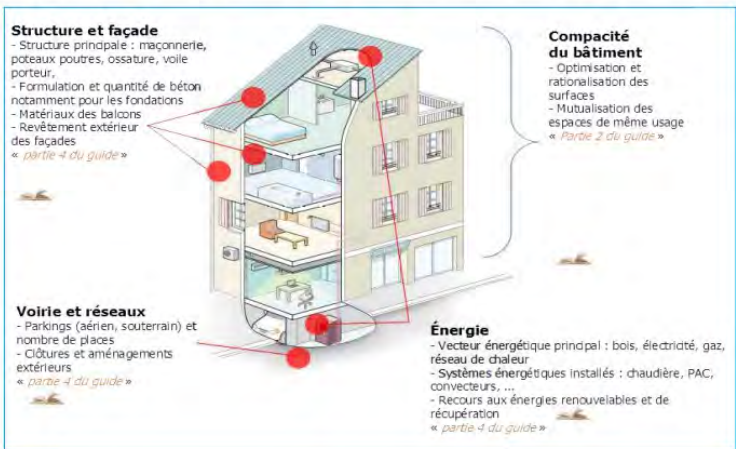
26. Les principes présentés dans le tableau sur l'approche carbone sont en partie issus du « Guide de conduite d'une opération à faible impact carbone » de 2020, dans le cadre de la démarche Bâtiment à énergie positive et réduction carbone : https://www.cerema.fr/system/files/documents/2020/05/200513_guide_cop_bas_carbone_maj_2020_0.pdf.

27. Cf. partie « Efficacité des systèmes et des équipements et Approvisionnement en EnR&R ».

Guides de conduite d'opérations à faible impact carbone et à basse consommation énergétique

a) Guide opérations à faible impact carbone :

Le Cerema et Tribu Énergie ont développé pour l'ADEME et la Dreal Pays de la Loire un **guide à destination des maîtres d'ouvrage**, dans le cadre du programme Objectif bâtiment énergie carbone (OBEC). Le guide s'appuie sur les retours d'expérience de la démarche Bâtiments énergie positive et réduction carbone (E+ C -), et donne de nombreux outils pour favoriser des opérations à faible impact carbone **par étapes : montage de l'opération, programmation, sélection de la maîtrise d'œuvre, études APS/APD, PRO/DCE, rédaction des marchés, réalisation et réception, exploitation, labellisation E+C-**.

Étape	Avant projet sommaire (APS)
Objectif	Valider les choix constructifs et environnementaux du projet via des simulations
 Structure et façade - Structure principale : maçonnerie, poteaux poutres, ossature, voile porteur, - Formulation et quantité de béton notamment pour les fondations - Matériaux des balcons - Revêtement extérieur des façades « partie 4 du guide » Compacité du bâtiment - Optimisation et rationalisation des surfaces - Mutualisation des espaces de même usage « Partie 2 du guide » Voie et réseaux - Parkings (aérien, souterrain) et nombre de places - Cloûres et aménagements extérieurs « partie 4 du guide » Énergie - Vecteur énergétique principal : bois, électricité, gaz, réseau de chaleur - Systèmes énergétiques installés : chaudière, PAC, convecteurs, ... - Recours aux énergies renouvelables et de récupération « partie 4 du guide »	
Outils	Simulation E+C- base et variantes, étude de faisabilité énergie...

Extrait du guide : Importance des choix constructifs lors de l'APS et de l'APD

Source : https://www.cerema.fr/system/files/documents/2020/05/200513_guide_cop_bas_carbone_maj_2020_0.pdf

b) Guide opérations de rénovation à basse consommation énergétique :

Enertech est un bureau d'étude qui agit depuis 40 ans sur la transition énergétique des bâtiments. Membre de l'association Négawatt, la structure dispense des formations et échanges de savoir-faire, et met à disposition sur son site Internet de nombreux ouvrages de référence et réflexions dans une boîte à outils, parmi lesquels :

- **«Pratique de la rénovation à basse consommation d'énergie, les solutions techniques de référence»** (2015) : description des objectifs à atteindre, contraintes et stratégies, solutions techniques
<https://www.enertech.fr/modules/catalogue/pdf/48/150615%20Pourquoi%20et%20comment%20r%C3%A9nover%20avec%20les%20STR.pdf>
- **«Rapport général de bilan et de synthèse et retours d'expérience de l'appel à projets Basse énergie en Bourgogne»** (2008) : description des dispositifs de conception (enveloppe, fluides, qualité environnementale), retours d'expérience de chantiers
<https://www.enertech.fr/modules/catalogue/pdf/44/170206%20Rapport%20de%20Synth%C3%A8se%20AAP%20Bourgogne%20vdiff.pdf>

Start-up Syscobat – Système constructif bois-béton



L'ENTREPRISE SYSCOBAT PROPOSE UNE SOLUTION CONSTRUCTIVE PRÊTE À PEINDRE QUI ASSOCIE BOIS, BÉTON ET NUMÉRIQUE.

3 questions à Yves Martorana, cofondateur et président de Syscobat

1. Quelle est l'idée innovante de Syscobat ?

« Jeune entreprise toulousaine, Syscobat développe une solution qui mixe la construction béton avec le bois et le numérique. Baptisé B2R+, son système constructif hybride bois béton hautement performant représente une solution de construction de gros œuvre doté d'un niveau de finition second œuvre utilisable pour des maisons individuelles comme pour des immeubles de grande hauteur, jusqu'à 17 étages. »

2. Quel fonctionnement ?

« Ce système repose sur la création d'un panneau sandwich en bois qui contient un coffrage pour béton autoplaçant, des gaines électriques, l'isolant et la face intérieure prête à peindre. Ce système se décline en éléments de construction pour les murs de façades : les murs sont préfabriqués sur mesure, et s'assemblent par emboîtement sur le chantier. Ces éléments de construction à taille humaine sont manipulables facilement, sans grue. Cette solution comprend également un système Flash BIM : des QR codes sont imprimés sur les éléments et permettent

d'alimenter une maquette 3D. Il est alors possible de suivre l'évolution du chantier et de partager les éléments avec les autres entreprises du chantier. L'objectif est d'améliorer la coordination entre les acteurs. »

3. Quels sont les avantages de cette solution ?

« Les avantages de cette solution sont multiples :

- Pour le compagnon, c'est une réduction de la pénibilité pour la mise en œuvre.
- Pour l'entreprise et le MOA, c'est un gain de temps sur place lors de la mise en œuvre. Elle peut également s'adapter à tout type de projets, même architecturaux, grâce à un dimensionnement sur mesure.
- Pour l'occupant final, c'est la haute performance thermique des murs B2R+. Cette solution permet également un gain de surface habitable car, à performance thermique équivalente, les murs sont en moyenne moins épais de 10 cm.
- Pour l'environnement, c'est l'utilisation de bois et de matériaux biosourcés pour jusqu'à 85 % du volume du mur, le reste étant du béton pour la partie structurale.
- Pour la réduction des nuisances de chantiers, il n'y a quasiment pas de production de déchets ni de nuisances sonores. »



Pour aller plus loin : <http://www.syscobat.com> - Contact : yves.martorana@syscobat.com

FICHE PROJET N° 2

Construction de logements sociaux PassivHaus avec une approche en coût global – QPV Clos Saint-Lazare à Stains (93)



Construction de 59 logements PassivHaus à Stains – Crédit : Pascal Gontier

Contexte du projet

La Ville de Stains, Plaine Commune, et Seine-Saint-Denis habitat (SSDH), ont développé une opération de construction de logements sociaux qui se veut socialement et environnementalement exemplaire. Les collectivités et le bailleur social ont noué un partenariat avec l'Action Tank Entreprise & Pauvreté et Bouygues Bâtiment Île-de-France – Habitat social qui ont développé la démarche « logement solidaire » : il s'agit de construire des logements abordables et mieux adaptés aux habitants des territoires les plus modestes en alignant la programmation aux besoins locaux et en développant la conception collaborative des projets. L'Action Tank Entreprise et Pauvreté a étudié sur le terrain les besoins prioritaires et spécifiques du territoire (nombre et type de logements, surfaces attendues, agencement,

niveau des loyers et charges...). Le développement du programme a ensuite été confié à Linkcity Île-de-France et à l'atelier d'architecture Pascal Gontier. Un foncier a été acquis auprès de la SPL Plaine Commune Développement puis une VEFA (vente en l'état futur d'achèvement) a été signée avec Seine-Saint-Denis habitat pour la réalisation de ces 59 logements, répartis sur deux bâtiments. Cet ensemble immobilier propose des logements qui seront labellisés **« PassivHaus », c'est-à-dire dont les besoins en chauffage sont inférieurs à 15 kWh/m²/an**. Cette performance contribue à réduire les quittances mensuelles, inférieures de 20 % par rapport à une opération classique, ce résultat étant également atteint grâce à l'engagement des intervenants du projet de travailler à prix coûtant dans une démarche de coconception. Par exemple, les parties communes

SSDH s'est ainsi fortement appuyé sur ce travail pour faire évoluer son programme type de construction.

Les 25 leviers retenus sur cette opération sont ceux qui présentaient une diminution directe du coût du logement pour les futurs locataires sans augmenter le niveau de fonds propres que le bailleur avait prévu d'investir sur cette opération. Certains sont autoéquilibrés financièrement sur 60 ans : les économies en phase d'exploitation équilibrent les surcoûts d'investissement à la construction. D'autres ont permis à SSDH d'obtenir des financements spécifiques dédiés à l'innovation, qui équilibrent les surcoûts d'investissement par l'atteinte d'une surperformance environnementale de ce projet supérieure en comparaison des programmes classiques de construction : certification NF Habitat HQE, label PassivHaus, et certification RT 2012 -20 %.

Enfin, l'étude initiale de l'offre et de la demande de logements sociaux établie par l'Action Tank Entreprise et Pauvreté au lancement de l'opération a permis de faire évoluer la programmation initiale envisagée par le bailleur sur l'opération, basée sur une répartition moyenne des besoins à l'échelle de tout son parc immobilier, pour répondre directement aux besoins locaux et permettre l'accès au logement social à un public aujourd'hui exclu des attributions par inadéquation quantitative ou qualitative (niveau de loyers) de l'offre existante. Si l'intégralité des leviers d'économie retenus sur ce programme n'est ainsi pas répliquable en l'état sur toutes les opérations de construction, la démarche de coconception basée sur une étude approfondie des besoins locaux et une mobilisation de l'ensemble des acteurs de la chaîne du logement et le pilotage du dossier par le coût global sont, eux, pleinement répliquables par tout maître d'ouvrage intéressé.

Freins identifiés :

1. L'incapacité de faire participer les futurs locataires d'un programme de construction de logements sociaux dès les premières études de faisabilité d'un projet, au regard des pratiques et des règles d'attribution qui planifient celle-ci quelques semaines au mieux avant la livraison des projets, afin de s'assurer de l'adéquation des situations personnelles des demandeurs avec les typologies créées. Dans le cadre de ce projet, SSDH s'est appuyé sur les associations représentatives des habitants (amicale de locataires, Conseil citoyen,

etc.) en phase de coconception. La participation réelle des futurs locataires sera mise en œuvre en fin de phase travaux et dans le cadre d'une cogestion des espaces communs de la résidence.

2. L'incertitude sur les financements de l'innovation, basés principalement sur des appels à projets, qui peut limiter, dans un contexte financier délicat pour les organismes HLM, la capacité à imaginer des solutions qui renouvellent les pratiques, les méthodes et les programmes de construction, alors que l'évolution de l'exigence environnementale oblige les maîtres d'ouvrage à se renouveler et innover.

Facteurs clés de réussite :

1. La mise en place d'une méthode de pilotage de projet itérative qui associe, dès les premières phases de conception, l'ensemble des acteurs qui ont un rôle durant les phases de construction et d'exploitation d'un bâtiment (maître d'ouvrage, architectes, bureaux d'études, collectivités, constructeurs, société de maintenance, habitants...), autour d'une ambition simple, validée par tous préalablement : comment diminuer le coût du logement sans en réduire le confort. Cela permet notamment de dépasser les « jeux d'acteurs » qui s'imposent souvent dans les programmes de construction au détriment, parfois, de la qualité des programmes.

2. L'utilisation d'un outil de modélisation partagée qui permet de documenter en coût global l'impact qualitatif ou quantitatif de tous les choix de conception sur les quittances des futurs locataires et de justifier les choix programmatiques.

Perspectives

La durée prévue des travaux est de 22 mois, pour une livraison attendue au deuxième trimestre 2022. SSDH s'est déjà appuyé sur cette opération pour faire évoluer son programme de construction afin de répliquer sur toutes ses opérations certains leviers programmatiques identifiés grâce à la coconception et l'analyse en coût global mises en œuvre sur ce projet. Le bailleur cherche désormais à dupliquer une démarche similaire permettant de trouver l'optimum programmatique entre coût de construction, performance énergétique et bilan carbone, pour anticiper la mise en œuvre de la RE 2020. En effet, l'analyse du bilan carbone des choix programmatiques n'était pas un des objectifs fixés sur cette opération. Au regard de l'évolution

FICHE PROJET N° 3

Projet de réhabilitation à haute performance d'une barre de logements - QPV Les Buers à Villeurbanne (69)



La « Grande Barre » des Buers – Crédit : Est Métropole Habitat & RVA

Contexte du projet

La Ville de Villeurbanne, dans un partenariat avec la Métropole de Lyon et Est Métropole Habitat, a inscrit le quartier des Buers, d'intérêt national, dans une **démarche d'innovation environnementale et sociale**. En effet, ce quartier présente un certain nombre de problématiques liées à la proximité du périphérique et aux nuisances associées, à la qualité

de l'air extérieur et intérieur, au vieillissement du bâti et à la précarité des ménages, ainsi qu'à un relatif manque de desserte en transports en commun, ce qui le rend peu attractif. Un travail partenarial a débuté en 2010 entre le bailleur **Est Métropole Habitat** (EMH), la Métropole de Lyon et la Ville de Villeurbanne pour définir le contour et le contenu du projet urbain visant à améliorer la qualité de vie des habitants, et notamment

Ventilation naturelle hybride assistée :

l'entrée d'air se fait en façade directement par les fenêtres ouvertes, sinon par les prises d'air sur les menuiseries. L'extraction d'air se fait dans les pièces humides (par les gaines techniques existantes). En toiture, des tourelles d'extraction sont actionnées par la force du vent lorsque les régimes de vent sont suffisants. Dès lors que les régimes sont trop faibles, ou que l'on souhaite avoir un relais mécanique, les ventilateurs mécaniques basse pression sont déclenchés et prennent le relais pour activer la tourelle d'extraction. L'activation de l'assistance mécanique se fait au travers d'un système de gestion intelligente sur la base de différents capteurs (vitesse du vent, température extérieure, taux de CO₂ intérieur, taux d'humidité, taux de polluants extérieurs et intérieurs...). La ventilation hybride présente plusieurs avantages : utilisation au maximum des forces motrices naturelles

et donc réduction des consommations électriques des ventilateurs et auxiliaires associés, peu d'entretien, absence de ventilateurs bruyants et peu de place nécessaire dans les locaux techniques, contrôle des débits d'air extraits, et les ventilateurs basse pression permettent la réutilisation des conduits techniques existants.

Toiture biosolaire : La température a un impact sur la production d'une installation photovoltaïque. En effet, un panneau solaire subissant une température supérieure à 25°C perd jusqu'à 0,5 % de rendement par degré supplémentaire. L'idée est donc de profiter de l'effet rafraîchissant de la végétalisation pour baisser la température autour des panneaux, tout en bénéficiant d'isolation et d'inertie thermique, de l'infiltration des eaux pluviales, et d'un support de biodiversité. Des zones témoins sans végétalisation pour en étudier l'impact réel pourront être prévues.



Principes de la ventilation naturelle hybride assistée et de la toiture biosolaire

Démarche bas carbone : outre la performance énergétique qui se répercute sur le bilan carbone, travail sur le choix des matériaux. Isolation biosourcée des façades en laine de bois, menuiseries bois, enduit terre pour les loggias, structure bois pour les loggias, béton bas carbone ou en granulats recyclés pour les planchers des loggias. La méthodologie du label E+C- sera appliquée en l'adaptant à une opération de rénovation (travail autour d'un niveau C1 adapté).

Outre le système de ventilation asservie au niveau de pollution extérieure, le travail sur la qualité sanitaire est prolongé avec des matériaux et revêtements intérieurs qui seront choisis de classe A+ en matière d'émissions dans l'air intérieur, et par le traitement acoustique des « émergences » (modifications ponctuelles du niveau sonore ambiant induites par l'apparition ou la disparition d'un bruit particulier) avec des matériaux isolants en façade, planchers et cloisons, et un traitement acoustique des gaines techniques.

FICHE PROJET N° 4

Expérimentations énergétiques sur différents types de bâtiments, QPV Tarentaize-Beaubrun-Couriot à Saint-Étienne (49)



Crédit : Ville de Saint-Étienne

Contexte du projet

Le quartier de Tarentaize-Beaubrun-Couriot est un quartier ancien confronté à un parc immobilier vieillissant et à une concentration de populations en situation de précarité. Les enjeux du programme de rénovation urbaine du secteur sont de poursuivre l'intervention sur les habitats les plus dégradés (démolition, reconstruction), de renforcer le cœur du quartier, les équipements et la dynamique économique pour plus d'attractivité et de mixité, d'améliorer la sécurité et la gestion urbaine de proximité, de valoriser le secteur historique et d'améliorer son accroche au centre-ville. Il s'agit d'accompagner le développement d'une offre renouvelée en neuf et dans l'ancien pour diversifier l'habitat et le rendre plus attractif tout en améliorant les conditions de vie des habitants.

En matière énergétique, l'objectif principal de Saint-Étienne Métropole, associé à la Ville de Saint-Étienne et les bailleurs Métropole Habitat et Cité nouvelle, est de **réduire significativement la consommation d'énergie des bâtiments et la précarité énergétique des habitants.**

Actions mises en œuvre

1) En phase d'études

De 2018 à 2019, des études préliminaires ont été réalisées pour établir un diagnostic sur tous les types de logements du quartier (individuels, collectifs, sociaux, privés...) et déterminer un plan d'action : préconisations sur la réhabilitation, instrumentation, accompagnement. L'état des lieux qui a été réalisé a permis de mettre en avant une forte disparité entre le parc social et le parc

la nécessité de formation rapide de l'entreprise faisant la maintenance sur ce système (organisée en direct par BoostHeat) et le prix de cette technologie qui est pour le moment relativement élevé (mais a vocation à être plus abordable dès déploiement plus important). Une technologie de batterie de stockage d'électricité sera également testée : la batterie zinc-air de Zinium. Le frein identifié est afférent à l'expérimentation de toute nouvelle technologie. Sur le bâtiment choisi, la batterie devra permettre de stocker une partie de la production photovoltaïque prévisionnelle s'élevant à 90 MWh.

«L'effet rebond» dans le logement social

Une autre expérimentation consiste à étudier l'effet rebond post-rénovation en logement social. Deux immeubles en tous points identiques à l'exception de leur type de chauffage – gaz individuel ou gaz collectif – vont être instrumentés après une rénovation énergétique performante (< 96 kWh/m²/an). L'éventuel effet rebond pourra être visualisé en fonction du type de chauffage. Il sera aussi possible de visualiser sur un panel représentatif l'impact d'une sensibilisation aux écogestes qui aura pu être proposée à une partie des locataires. La difficulté principale est de cadrer correctement les modalités d'instrumentation des sites pour avoir une analyse suffisamment détaillée et cohérente.

Perspectives

En parallèle de l'analyse des résultats et retours d'expérience entre 2021 et 2024, il est prévu de répliquer la solution de surisolation des murs anciens en grès houiller avec l'enduit silice sur trois adresses supplémentaires afin d'avoir une quantité de données plus importante. Les partenaires Cap Métropole et Epase se sont mobilisés pour mettre en œuvre ce début d'essaimage. Les différentes expérimentations vont permettre de connaître l'impact des différentes solutions, et à l'ensemble des maîtres d'ouvrage d'orienter leurs futurs choix de rénovations énergétiques. Quant aux nouvelles technologies, chaudières gaz thermodynamiques et batteries zinc-air, elles auront beaucoup plus de facilité à s'implanter sur de nouveaux projets si les résultats se révèlent concluants. De la même façon, l'expérimentation menée sur l'effet rebond après rénovation devrait permettre de donner, notamment aux bailleurs sociaux, une nouvelle vision de ce phénomène et peser sur le choix d'opter pour un chauffage collectif ou individuel lors des prochaines opérations.

Contact : Virginie RAYNAUD, directrice mission Ville durable, Ville de Saint-Étienne – virginie.raynaud@saint-etienne.fr

b) Concevoir avec des matériaux performants en énergie et en carbone

Les premiers retours d'expérience du référentiel E+C- montrent qu'au sein du bâtiment, les **produits de construction et les équipements sont l'un des plus gros contributeurs d'émissions de GES**, en moyenne entre 65 et 85 % de l'impact d'émissions de GES²⁸ (40 % pour le gros œuvre et les VRD ; 20 à 30 % pour les corps d'état architecturaux ; 20 à 30 % pour les corps d'état techniques)²⁹. Il s'agit donc, sur les opérations de rénovation comme de construction neuve, de recourir à des **matériaux performants aux niveaux énergétique mais aussi carbone**, la notion de **matériaux bas carbone** couvrant un large spectre de solutions possibles :

- matériaux **biosourcés** (issus de la matière organique renouvelable, biomasse, d'origine végétale ou animale) ;
- **géosourcés** (issus de ressources d'origine minérales) ;
- **recyclés** ;
- ou plus globalement matériaux, procédés de préfabrifications, approvisionnements **locaux** visant à **optimiser les émissions de GES pendant tout leur cycle de vie** (fabrication, approvisionnement, réalisation et mise en œuvre, vie et exploitation avec stockage de carbone, potentiels de fin de vie en matière de réutilisation, réemploi et recyclage, traitement comme déchet).

28. Source : Plan bâtiment durable, groupe de travail label RE 2020 neutralité carbone : http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/toutes_les_notes_thematiques.pdf.

29. Source programme OBEC : http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c-synthobec_200506.pdf.

Étude ACV sur le béton bas carbone, Envirobot BDM, H3C Énergie

L'étude, publiée en septembre 2020, définit les grandes caractéristiques du béton, son impact environnemental, et vise à accompagner les professionnels dans la définition de bétons dits bas carbone, et les performances à atteindre (structurelles, environnementales, acoustiques) : https://www.enviroboite.net/le-beton-dit-bas-carbone?id_rubrique=60

> **Des matériaux bio ou géosourcés**, surtout lorsqu'ils sont moins transformés, ont un impact moindre et permettent dès aujourd'hui d'atteindre des **niveaux d'émissions** très faibles.

En France, ces matériaux sont **déjà disponibles** et peuvent impliquer par la même occasion des **réductions des distances de transport**.

Ils représentent aussi parfois des puits de carbone très efficaces.

Des constructions ainsi réalisées peuvent être également plus légères et demander une énergie mécanique réduite à la mise en œuvre, permettant encore d'améliorer les performances de l'opération en matière d'émissions de CO₂.



Principaux matériaux de construction biosourcés – Source : Rapport Nomadéis, Matériaux de construction biosourcés, enquête sur les perceptions, les pratiques et attentes en région Franche-Comté, avril 2015

Guides et ressources sur les matériaux biosourcés

Guide matériaux biosourcés : publié en avril 2020 par la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGLN) / Direction de l'urbanisme, de l'habitat et des paysages (DHUP), il s'adresse à l'ensemble des acheteurs publics ou privés, soumis au code de la commande publique, passant des marchés de construction, de rénovation ou d'exploitation et de maintenance, quels que soient leur taille et leur champ d'action : l'État, les collectivités territoriales (de la commune à la région), les établissements publics (sociaux et médico-sociaux, de santé, d'enseignement, d'aménagement, pour le logement social, etc.), mais aussi les acteurs privés (organismes d'habitations à loyer modéré, etc.). Le guide propose des conseils pratiques en prenant en compte les différents types de procédures de marchés prévus par le code de la commande publique et en identifiant des solutions pour la majorité des freins rencontrés par les acheteurs dans le cadre de la passation de leurs marchés. Les acteurs concernés par ce guide sont autant ceux qui ont une volonté avérée d'intégrer des matériaux de construction biosourcés dans leurs achats que ceux pour qui les matériaux biosourcés seront une option. Le guide est structuré selon les trois parties suivantes :

1. Présentation des enjeux et définition des notions clés (enjeux et applications des matériaux biosourcés, panorama de l'offre et cadre juridique des marchés).
2. Présentation synthétique du cycle de vie d'un projet sous la forme d'un schéma.
3. Réponses à une série de questions pratiques pour favoriser la compréhension et la mise en œuvre des leviers techniques et juridiques facilitant le recours aux matériaux biosourcés.

http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/202004_guide_materiaux_biosources_et_commande_publique_dgaln.pdf

L'ADEME a publié en avril 2019 un guide «**Des produits biosourcés durables pour les acheteurs publics et privés**» qui permet de recenser des produits biosourcés, leurs intérêts, leurs usages d'enveloppe des bâtiments, second œuvre et aménagement, composites, voiries et revêtements urbains, espaces verts, entretien technique, etc.) : <https://librairie.ademe.fr/cadic/998/produits-biosources-pour-acheteurs-010768.pdf>

LES MATÉRIEAUX DE
CONSTRUCTION
BIOSOURCÉS
DANS LA
COMMANDE PUBLIQUE



La Fédération française du bâtiment (FFB) a mis en ligne un guide «**Les matériaux biosourcés dans le bâtiment**» afin d'accompagner les entreprises et artisans de la construction dans le choix et l'utilisation de certains matériaux biosourcés (bois, liège, paille, chanvre, ouate de cellulose, textile recyclé et laine de mouton) : <https://www.ffbatiment.fr/applications-interactives/caisse-outils/CaisseOutilsFocusDetails.aspx?Themeld=4&FocusId=18>

«Matériaux de construction biosourcés et géosourcés en France sur le site cohésion-territoires.gouv.fr :

<https://www.ecologie.gouv.fr/materiaux-construction-biosources-et-geosources>

Et note sur les matériaux de construction biosourcés et géosourcés :

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/les_materiaux_de_construction_biosources_geosources.pdf

Karibati, entreprise innovante experte des matériaux biosourcés pour le bâtiment met à disposition des ressources : <http://www.karibati.fr/karibati/presentation/>, dont «**Avis d'expert – bâtiment biosourcés, critères pour la rénovation**» : <http://www.karibati.fr/wp-content/uploads/2016/09/160817-Avis-expert-criteres-biosources-renovation.pdf>

Appui sur les centres de ressources régionaux pour les connaissances techniques, et le recensement des filières et acteurs locaux, parmi eux (non exhaustif) :

——— Envirobat Centre :

<https://www.envirobatcentre.com/thematique/materiaux-biosourcesgeosources>

——— Fiches thématiques de la Dreal Centre-Val de Loire sur les matériaux biosourcés :

<http://www.centre-val-de-loire.developpement-durable.gouv.fr/fiches-thematiques-sur-les-materiaux-biosources-a2480.html>

——— Envirobat BDM (Bâtiment durable méditerranéen) :

https://www.enviroboite.net/enveloppe-materiaux-chantier?rubrique=62#pagination_articles

——— Ekopolis, dont «Guide matériaux durables – État des lieux du biosourcés et du réemploi en métropole parisienne» :

<https://parisactionclimat.paris.fr/sites/default/files/2020-06/guide-mat-durables-web.pdf>

De la construction bois paille : retour d'expérience du groupe scolaire d'Évreux

3 questions à Xavier Davy - Ingénieur Structure, Egis Bâtiments Centre Ouest

1. Pourquoi utiliser de la paille dans les projets ?

« La paille est une ressource renouvelable

et abondante en France : une partie de la paille produite sur le territoire n'est pas utilisée.

De plus, la paille possède une empreinte carbone négative (source : FDES) car elle est considérée comme un déchet. Cette valeur pourra cependant être amenée à évoluer dans les années à venir.

L'utilisation de bois-paille permet la construction de bâtiments performants, la réduction de l'impact environnemental de la construction et l'utilisation d'une ressource renouvelable. Le mode constructif via la préfabrication des éléments est également innovant. Le développement de ce mode constructif sur des opérations de grande envergure est récent. »

2. Comment utiliser la paille dans un projet ?

« Lorsqu'on travaille en paille, la préfabrication est privilégiée : elle est stockée et séchée avant d'être encapsulée dans une structure en bois.

La préfabrication est un procédé qui s'insère très bien dans les méthodes de travail des charpentiers et qui présente plusieurs avantages :

- Elle permet de ne pas être contraint par la pluie, la paille étant déjà encapsulée, donc protégée, quand elle arrive sur le chantier.
- Elle permet l'amélioration de la qualité des ouvrages et de la qualité de travail des compagnons, ainsi qu'une réduction des nuisances sur les chantiers.

— D'un point de vue technico-réglementaire et suivant le référentiel en vigueur, la construction bois-paille est considérée comme une pratique courante.

— Concernant le sujet feu : la paille comprimée ne s'enflamme pas (stabilité au feu de 30 min). »

3. Quel retour d'expérience sur le projet du groupe scolaire d'Évreux ?

« La règle d'or afin de mettre en œuvre de la paille dans un projet est d'utiliser les bons matériaux aux bons endroits : la circulation centrale du bâtiment a ainsi été conçue en béton pour assurer la résistance mécanique du bâtiment ainsi que son inertie, tandis que la structure courante (poteaux-poutre et planchers) a été réalisée en bois, et les façades et toitures en bois-paille. Il est nécessaire de faire attention aux points suivants avant de mettre en œuvre une construction bois-paille :

- minimiser les ouvertures dans les parois et les rationaliser autant que possible ;
- veiller à prendre en compte l'hygrométrie pour permettre de sortir la vapeur vers l'extérieur ;
- vérifier l'accès au chantier pour le montage : les éléments sont grands et se lèvent par camion-grue ;
- prévoir une prestation de réception du gros œuvre par le lot charpente afin de vérifier la bonne compatibilité entre le gros œuvre et la partie charpente ;
- prévoir une facturation partielle sur la partie approvisionnement pour limiter les tensions avec les fournisseurs. »



crédit photo : Egis Conseil

d'impact sur l'environnement. Ces innovations sont d'ordre technique, méthodologique et organisationnel.

— Le **développement du réemploi**, en tant que matériaux de construction, des matériaux issus des démolitions, et leur réutilisation, innovation essentiellement d'ordre méthodologique, juridique, organisationnel et, dans une moindre mesure, social.

Actions mises en œuvre

Les nouveaux procédés constructifs, et en particulier les matériaux biosourcés et géosourcés, pour leur intérêt social, environnemental et économique, sont vus par les acteurs du projet – l'agglomération de Saint-Quentin-en-Yvelines (SQY) et la Ville de Trappes en premier lieu – comme une opportunité d'innovation. Le travail a donc consisté dans un premier temps (premier semestre 2019) à mener un état des lieux pour fournir à SQY, à la Ville de Trappes et aux bailleurs sociaux du territoire une vision globale, précise et opérationnelle des modes de construction qui pourront être utilisés sur le territoire. Dans un deuxième temps (second semestre 2019), ce travail a été complété par un appui opérationnel pour organiser la mise en place d'expérimentations et de nouvelles pratiques. Les objectifs avec les différents MOA du PRU ont été définis et la stratégie carbone globale à l'échelle du quartier élaborée. Cette étape de coconstruction de la stratégie avec les maîtres d'ouvrage et les autres bureaux d'études a permis d'impliquer les acteurs sur le périmètre du NPNRU afin de concrétiser la démarche par des réalisations concrètes, à l'échelle de pilotes, mais également généralisables à l'ensemble des opérations du NPNRU. Elle a aussi permis d'assurer la cohérence entre les différentes dimensions du projet et l'acceptation des solutions techniques. In fine, il s'agit de créer une dynamique collective se concrétisant par l'expérimentation et la généralisation de nouveaux procédés constructifs innovants et bas carbone dans les futures



constructions du périmètre du NPNRU à Trappes, mais aussi à l'échelle de l'agglomération par le caractère démonstrateur et exemplaire de la démarche. Le cabinet Karibati a, à cette fin, élaboré fin 2020 un guide

de prescriptions sur les matériaux biosourcés à l'attention de l'ensemble des maîtres d'ouvrage du projet.

Cette démarche impliquera ainsi tous les acteurs clés : élus de l'agglomération et des communes, bailleurs sociaux, futurs opérateurs immobiliers, entreprises de construction, etc. Elle doit également se diffuser sur l'ensemble du secteur par le biais de la stratégie bas carbone en premier lieu, mais aussi des politiques intercommunales : Plan local d'urbanisme intercommunal, Plan local de déplacement, Programme local de l'habitat, Plan climat air énergie territorial, Charte de la promotion immobilière.

Deuxième axe fort : le réemploi a d'abord fait l'objet d'un diagnostic des ressources, d'une étude d'opportunité et d'un benchmark des solutions de réemploi et de réutilisation. Ce travail a permis d'identifier les gisements de matériaux réemployables et réutilisables. Une étude de faisabilité et des cahiers de prescription des programmes de démolition doivent compléter cette approche.

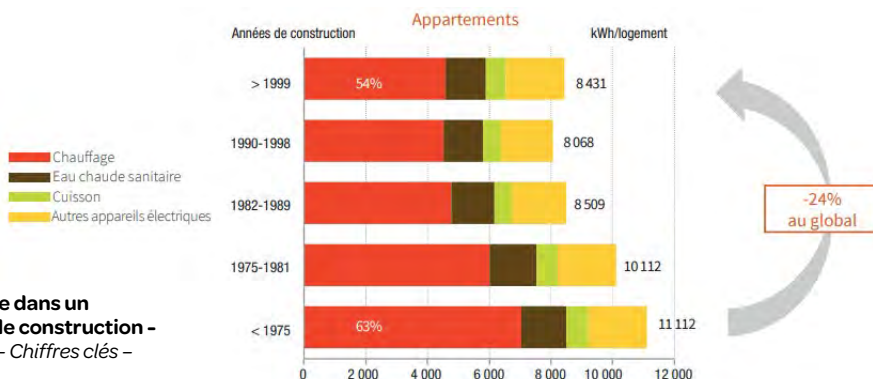
Parmi les solutions bas carbone qui pourraient être mises en œuvre :

- Pour la rénovation de voiries endommagées et pour de nouvelles voiries (6250 m² concernés, plus de 2 km), un granulat recyclé avec liant hydraulique biosourcé, couche de forme à base de fibre de chanvre.
- Pour la structure des bâtiments : béton bas carbone « de rupture » (procédé sans ciment, voire sans cuisson), structure poteaux-poutres en bois massif, plancher mixte bois-béton.
- En façades : caissons à ossature bois préfabriqués isolés en béton de chanvre, ITE biosourcée sous enduit ou sous bardage (type fibres de bois et liège), bardage extérieur biosourcé.
- En toitures : pour les combles, de la ouate de cellulose ou bien test d'autres produits tels que fibres de chanvre, ouate de carton, balles de céréales... Végétalisation et/ou isolation biosourcée à définir pour les toitures-terrasses.
- Cloisons intérieures : en terre crue issue des terres excavées des chantiers du Grand Paris, ou en blocs de chanvre.
- Revêtements de sol : bois, caoutchouc, linoléum...
- Revêtements muraux : pour les halls d'immeuble, possibilité de varier entre terre crue, bois plein, résine biosourcée, peinture d'algues ou de résidus

et de s'attacher aux plus **gros postes de consommation** : **le chauffage et l'eau chaude sanitaire**. Les **usages électriques liés à l'électroménager** sont également importants, d'où la nécessité d'associer les habitants (cf. chapitre «Avec les habitants»).

> Dans les **logements construits avant les années 2000**, la part du **chauffage** représente plus de la moitié de la consommation d'énergie et reste le principal poste de consommation sur lequel rechercher des économies d'énergie.

Consommations d'énergie dans un appartement par année de construction -
Source : Climat Air Energie – Chiffres clés – ADEME 2018

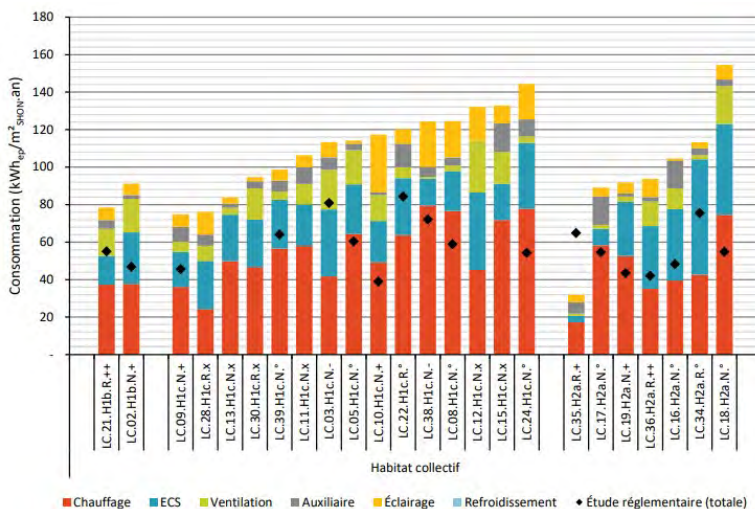


> Pour le **logement collectif construit entre 2014 et 2016**, une étude du Cerema présente des **mesures réelles de consommation d'énergie**.

Le poste **chauffage** varie entre 20 et 80 kWhep/an, et l'**eau chaude sanitaire** reste un poste important

entre 5 et 30 kWhep/m²/an. La ventilation représente entre 1 et 10 kWhep/m²/an. Du fait de la forte diminution du poste de consommation chauffage, **le principal poste de consommation devient l'électricité spécifique (liée à l'usage)**, se situant autour de 70 kWhep/m²/an.

Répartition en valeurs de la consommation mesurée des postes réglementés et valeur de l'étude thermique réglementaire – Source : Cerema Bâtiments démonstrateurs à basse consommation d'énergie – Août 2017



La start-up Garnot et son radiateur numérique



L'entreprise Garnot a pour activité principale la fourniture de capacité de calcul informatique. L'entreprise étend aujourd'hui son offre et propose de chauffer les bâtiments à partir de la chaleur des ordinateurs.

2 questions à Quentin Laurens, en charge des relations publiques chez Garnot :

1. Quelle est l'idée innovante de Garnot Computing ?

« L'idée a été développée à partir du constat suivant : les data centers produisent de la chaleur fatale informatique et consomment 3 à 4 % de la consommation électrique en France. L'entreprise Garnot propose de valoriser la chaleur fatale informatique via des radiateurs-ordinateurs et des chaudières numériques. Ces installations permettent de réduire considérablement la consommation énergétique et l'empreinte carbone des calculs informatiques et du chauffage. »

2. Quelles sont les solutions proposées et où ont-elles été mises en œuvre ?

« Nous proposons deux solutions : le radiateur numérique et la chaudière numérique. Le radiateur-ordinateur chauffe gratuitement et écologiquement des bâtiments grâce à la chaleur fatale informatique, en embarquant des microprocesseurs haute performance. Ces derniers, en effectuant des opérations informatiques complexes, dégagent de la chaleur

qui est directement dissipée pour chauffer des appartements, bâtiments publics, bureaux. Quoi qu'il arrive, l'utilisateur garde la main sur sa consigne de chauffe : plus celui-ci veut de chaleur, plus son radiateur réalise de calculs informatiques, qui transitent par la fibre optique, générant ainsi plus de chaleur. Ces radiateurs ont été installés dans un immeuble bordelais de 6 000 m². Ce dispositif a permis d'effacer 75 % de la consommation électrique du chauffage dans le calcul RT. Les radiateurs ont également été installés dans le cadre d'une opération de réhabilitation d'un immeuble de la RIVP dans le XV^e arrondissement de Paris. La chaudière numérique produit de l'eau chaude grâce à la chaleur dégagée par 24 processeurs informatiques, avec un système unique de récupération de chaleur. En circulant dans la chaudière, l'eau se charge des calories du calcul informatique. Pour fonctionner, la chaudière a besoin d'une fibre optique, d'un branchement électrique et d'un branchement au réseau d'eau potable. Adaptée aux projets de piscines, logements, hôtels, bâtiments publics, bureaux, réseaux de chaleur, l'installation est, dans la plupart des cas, dimensionnée pour chauffer le talon de l'eau chaude sanitaire ou bien le retour de la boucle d'eau chaude. »



Rénovation de 176 logements sociaux, Garonne Développement, à Launaguet (31) - Crédits : Garnot

aux différentes contraintes qui peuvent s'appliquer sur sa production d'électricité. En 2016, 86 % de l'énergie primaire utilisée localement était d'origine fossile, contre 14 % d'origine renouvelable. 62 % de cette énergie (fossile + EnR) est utilisée dans le transport et 23 % pour l'électricité. Malgré la part notable d'EnR dans son mix électrique, l'émission de GES est de 766 g CO₂eq./ kWh consommé, soit environ neuf fois plus qu'en métropole. La Réunion affiche la volonté d'atteindre l'autonomie électrique, soit 100 % de sa production électrique d'origine renouvelable, à l'horizon 2030 (objectif rappelé dans les documents stratégiques du Grenelle de l'environnement, du schéma régional Climat air et énergie et de la programmation pluriannuelle de l'énergie). Pour y parvenir, il faut non seulement produire plus d'énergie renouvelable, mais également diminuer les consommations. Par ailleurs, si le prix de vente de l'énergie à La Réunion est le même qu'en métropole (grâce à la contribution au service public de l'électricité notamment), il n'en demeure pas moins que les coûts de production sont deux à trois fois plus élevés qu'en métropole.

Dans le résidentiel, un ménage réunionnais consomme en moyenne 3150 kWh/an d'électricité. Or la seule réglementation liée spécifiquement à l'énergie dans le résidentiel est la Réglementation thermique et acoustique DOM (RTAA DOM), applicable depuis mai 2010 mais uniquement pour les logements neufs, le parc existant n'étant pas concerné. Le diagnostic de performance énergétique réglementaire n'existe pas pour La Réunion. L'objectif de la démarche présentée ici est donc de soutenir la rénovation thermique des logements qui répond à plusieurs problématiques :

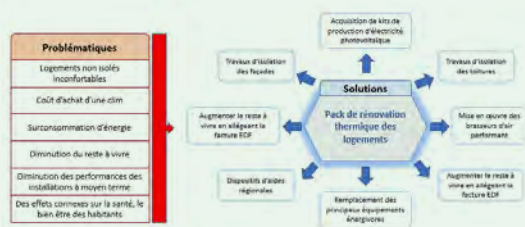
- Les conditions thermiques en été dans le quartier rendent les logements non isolés inconfortables.
- Les foyers sont de plus en plus attirés par la climatisation, alors que son coût en investissement et en fonctionnement a un impact très significatif sur leur budget. Par ailleurs, les foyers aux plus faibles revenus ont tendance à s'équiper auprès d'enseignes de bricolage du fait du coût relativement moindre, directement sans passer par des professionnels pour la mise en œuvre des appareils, et à ne pas investir dans une maintenance régulière, ce qui diminue les performances des installations à moyen terme (et peut également augmenter le risque de maladies respiratoires).

- La rénovation thermique des logements peut permettre d'éviter également le recours à la climatisation : les familles déjà équipées pourraient l'utiliser moins et ceux qui souhaitaient s'équiper pourraient y renoncer.

Actions à mettre en œuvre

Mise en place d'un « pack » de rénovation énergétique pour les logements :

- travaux d'isolation des toitures (classique ou recours à des tôles performantes) et des façades (classique ou par bardage bois) pour limiter les apports de chaleur ;
- mise en œuvre de brasseurs d'air performants pour éviter le recours à la climatisation et améliorer le confort ;
- soutien à l'acquisition par les ménages de kits de production d'électricité photovoltaïque en autoconsommation pure afin d'effacer la consommation de base en journée (réfrigérateur, télévision, hi-fi, etc.) ;
- remplacement des équipements énergivores au sein des logements (électroménagers et éclairage) ;
- soutien à l'acquisition par les ménages de chauffe-eaux solaires thermiques individuels pour la production d'eau chaude sanitaire (obligatoire pour les constructions neuves depuis 2010, mais pas dans l'existant).



Problématiques et solutions envisagées

Bilan prévisionnel

Pour chaque typologie de famille (catégorie CSP), une consommation électrique a été estimée avec une proposition de pack énergétique à mettre en œuvre. À partir de ces éléments (montant des travaux liés aux actions), les études réalisées ont permis d'évaluer l'économie annuelle et en déterminer l'impact

FICHE PROJET N° 7

Récupération de chaleur sur eaux grises – QPV Parc Sud à Nanterre (92)



Crédit : Agence RVA

Contexte du projet

Le projet de la Ville de Nanterre vise à améliorer l'attractivité d'un patrimoine remarquable du XX^e siècle, celui des Tours Nuages, et plus largement du quartier Pablo-Picasso, par une diversification fonctionnelle via un changement d'usage de tours d'habitation. Le secteur Aillaud se situe au sein du quartier d'intérêt national Parc Sud à Nanterre. Les 18 tours de logements qui le composent ont été conçues par l'architecte Émile Aillaud et bénéficient d'une labellisation « Architecture contemporaine remarquable » par le ministère de la Culture. Le projet urbain prévoit la démolition d'une tour, le changement d'usage de six tours, et la réhabilitation de onze tours de logements (dont dix de logements sociaux) appelées à conserver sur le long terme leur rôle de logements sociaux.

Nanterre Coop' Habitat, propriétaire de six tours, prévoit l'installation d'un système de récupération de chaleur sur les eaux grises pour améliorer la performance énergétique des tours Aillaud.

Actions mises en œuvre

Une étude de faisabilité a été réalisée avec le bureau d'études Franck Boutté Consultants, cotraitant

de l'équipe de maîtrise d'œuvre RVA. Le projet a été dimensionné en collaboration avec l'entreprise Biofluides, spécialiste développant un équipement de récupération de chaleur baptisé « Energy Recycling System » (ERS).

Fonctionnement

Le système ERS se compose d'une cuve, d'une pompe à chaleur, d'un ballon de captage et de préchauffage. La cuve d'échange thermique transfère l'énergie vers la pompe à chaleur. À l'intérieur de cette cuve sont placés des échangeurs dans lesquels circule un fluide caloporteur. En sortie des logements, les eaux grises entrent dans la cuve à une température moyenne comprise entre 28 et 32°C et en ressortent à 8°C. Les calories captées sont dirigées vers la pompe à chaleur qui produit de l'eau chaude sanitaire à 55/58°C acheminée vers le ballon de stockage. La technologie est connectée et pilotable à distance (le « cerveau » du système intégré à la PAC optimise la récupération de chaleur). C'est une solution de préchauffage de l'ECS : l'appoint est donc indispensable pour assurer 100 % de la production ECS en toutes circonstances (en rénovation par exemple, la chaudière existante peut être conservée).

FICHE PROJET N° 8

Optimisation des systèmes de régulation du chauffage – QPV Les Villeneuves à Grenoble et Échirolles (38)



Logements sociaux aux Villeneuves – Crédit : Grenoble-Alpes Métropole

Contexte du projet

Construites entre 1968 et 1980, les Villeneuves de Grenoble et d'Échirolles rassemblent plus de 8000 logements pour près de 20 000 habitants. Malgré différents atouts comme sa localisation, ses équipements et sa desserte de qualité, ce quartier est confronté à des dysfonctionnements liés notamment à la précarité de nombreux habitants et des ensembles immobiliers vieillissants et complexes sur le plan technique et juridique.

Afin d'améliorer l'environnement et les conditions de vie des habitants, Grenoble-Alpes Métropole, les Villes de Grenoble et d'Échirolles, et les bailleurs sociaux, Actis et SDH se sont engagés auprès de l'ANRU et de l'ANAH à «garantir l'excellence énergétique et la qualité d'usage des opérations de réhabilitation» en proposant différentes actions :

- garantir l'excellence énergétique des bâtiments ;
- concevoir un bouquet de services pour les habitants ;
- mettre en place une évaluation et un suivi du reste-pour-vivre des ménages.

Dans le cadre de la poursuite de la restructuration/ réhabilitation lourde des ensembles de logements publics et privés des Villeneuves, l'amélioration de la qualité d'usage et de la performance énergétique est visée avec un niveau BBC Rénovation -20 % en exploitation. Les retours d'expérience de bâtiments de logements collectifs neufs ou rénovés au niveau BBC montrent que la **régulation des conditions de confort est perfectible** : la solution technique usuelle du robinet thermostatique (associé à une loi d'eau ou loi de chauffe) ne permet pas d'éviter des défauts d'uniformité

Frein identifié

Pour certaines opérations, la distribution verticale par colonnes montantes ne permet pas une régulation logement par logement, avec une vanne deux voies pilotée sur la valeur mesurée par la sonde de température de chaque logement. Dans ce cas, il est prévu une régulation par colonne montante, selon une programmation horaire et un automate permettant une analyse des températures de l'ensemble des logements. Cette solution nécessite une solution intégrant l'élaboration d'algorithmes adaptés et donc une compétence particulière à confier au maître d'œuvre, puis à l'entreprise en charge des travaux et de la mise au point.

Bilan prévisionnel

L'impact attendu de cette solution sur la consommation de chauffage est un gain de l'ordre de 20 % entre

la solution classique (avec robinet thermostatique et loi d'eau) et la solution préconisée avec une vanne deux voies et un thermostat d'ambiance.

Perspectives

Il est prévu le suivi des performances énergétiques globales et de chauffage via une plateforme de monitoring commune à l'ensemble des gestionnaires, qui permettra de confirmer les gains réels et l'efficacité de la solution. Ainsi, en cas d'efficacité avérée, ce type de solution pourra être déployé dans le cas d'opérations de rénovation similaires sur le territoire métropolitain.

Contact : **Éric RUIZ**, responsable de la mission Rénovation urbaine, et **Laetitia BERTIN**, chargée de mission Politiques territoriales d'efficacité énergétique du bâtiment, Grenoble Alpes Métropole – eric.ruiz@grenoblealpesmetropole.fr; laetitia.bertin@grenoblealpesmetropole.fr

2.4. Intégrer un approvisionnement en énergie renouvelable

Selon les premiers retours de la démarche Bâtiment E+C³³ :

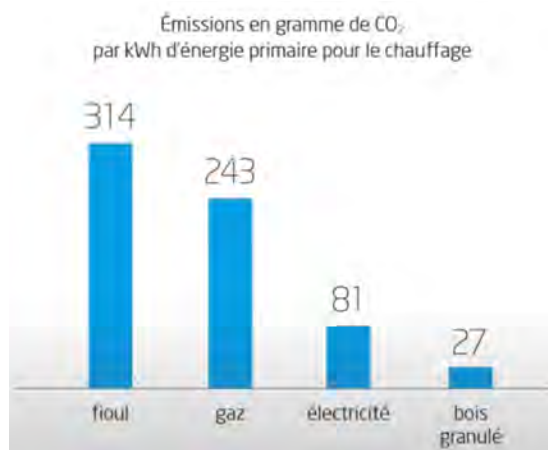
> Au niveau du bilan Bepos, la chaleur d'origine renouvelable est particulièrement favorisée :

- Le recours à la biomasse permet de diminuer le bilan Bepos de 5 à 20 %.
- Le recours à un réseau de chaleur alimenté à plus de 50 % en EnR&R permet également un gain important.
- Aucun vecteur énergétique n'est exclu, mais selon le mode de chauffage, une compensation avec du photovoltaïque peut être nécessaire.

> Le poids du contributeur énergie représente entre 15 et 30 % des émissions de GES :

- le recours à la biomasse permet de limiter les impacts de 5 à 15 %;
- la mise en œuvre de solutions avec pompes à chaleur impacte le contributeur PCE du fait des fluides frigorigènes.

Le choix du vecteur énergétique pour répondre aux besoins énergétiques et de l'approvisionnement favorisant le recours aux EnR&R est particulièrement impactant en amont des opérations de MOE (esquisse et APS), avec un fort enjeu sur le chauffage et des conséquences très différentes en matière d'émissions selon les sources énergétiques.



Comparaison des émissions de CO₂ selon les sources d'énergies primaire pour le chauffage – Source : CSTB

33. Source : programme OBEC : http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c_synthobec_200506.pdf.

Les types d'EnR&R et leurs grandes caractéristiques

Types d'EnR&R / Usages	CARACTÉRISTIQUES	ÉCHELLE	Précisions / Questions à se poser selon le contexte
Réseaux de chaleur existants (RC)			
Chauffage ECS	Raccordement à RC existant / créé, constitué de : - une ou plusieurs centrales de production d'énergie; - un réseau de distribution avec des canalisations en aller et retour; - des sous-stations / points de livraisons (transfert de l'énergie à l'abonné).	Quartier / Ville	Présence d'un RC à proximité, distance de raccordement avec seuil de rentabilité des investissements et rendements (densité d'énergie livrée par le réseau avec un niveau visé > 1,5 MWh / ml). Sources à privilégier : chaleur fatale incinération et industries, géothermie profonde, boucle géothermique, récupération eaux usées, biomasse. Enjeu de mutations approvisionnements de RC au fioul ou au gaz. Prix de vente moyen : 73,7 € HT/MWh pour le chaud et 150 € HT/MWh pour le froid. <i>Subvention fonds chaleur ADEME possible sous conditions pour la création de RC (taux de 40 à 60 % des investissements).</i>
Chaleur fatale (activités, industries, incinération de déchets)			
Chauffage ECS	Turbine électrique et/ou chaleur distribuée par un réseau	Quartier / Ville	Selon proximité d'industries, d'activités , dont unités d'incinération de déchets (IUOM), stations d'épuration, data centers et selon leurs process. Chaleur récupérée à haute température (> 90°C) pour du chauffage, de la production d'ECS ou exportée vers un réseau de chaleur. Chaleur basse température (< 60°C) pour chauffage basse température, préchauffage ECS - possibilité de recours à des pompes à chaleur pour rehausser la température. <i>Subvention fonds chaleur ADEME possible sous conditions (taux de 20 à 30 % des investissements).</i>
Chaleur fatale par récupération sur eaux usées			
Chauffage ECS	Système de récupération (échangeur) et pompe à chaleur	Bâtiment	Selon l' analyse des réseaux d'assainissement (nécessite un certain diamètre / débit / températures), pertinent sur de gros émissaires , ou à proximité d'une station d'épuration (potentiel viable si le débit est > 10 L/s ou 36 m³/h).
	Système de récupération (échangeur), réseau de chaleur à basse température et PAC	Quartier	
Méthanisation Biogaz (agriculture, agroindustriels, déchets ménagers et boues urbaines) - stockage des déchets organiques, préparations; - digesteur / méthaniseur; - équipement valorisation biogaz; - cuve de stockage du digestat.			
Chauffage ECS Électricité	Injection dans le réseau de distribution de gaz (biométhane) ou carburant	Quartier / Ville	Selon gisements (industrie, agriculture, collectivité) et portage collectivité. Selon débouchés énergétiques et besoins.
	Cogénérateur (ECS et dans le réseau d'électricité)	Quartier / Ville	Localisation des contacts périurbains, industriels, autorisations environnementales.
	Chaudière gaz collective, avec réseau de chaleur	Quartier / Ville	<i>Subventions fonds chaleur ADEME possible sous conditions (taux 20 à 30 % de l'investissement).</i>

Solaire thermique : - Valorisation du rayonnement avec capteurs - Circulation d'un fluide vers un ballon de stockage d'eau chaude avant distribution			
Chauffage ECS	Panneaux solaires thermiques capteurs plans standards (ECS)	Bâtiment	Pertinent pour les besoins en ECS des logements (avec une demande continue dans l'année, dont usages estivaux) - température entre 40 et 70°C. À condition de toitures terrasses ou en pente bien ensoleillées, sans effet de masques, orientées sud, sud-est ou sud-ouest. À objectiver avec autres utilisations de toitures (des solutions mixtes végétation / eaux pluviales / panneaux existents). <i>Subvention fonds chaleur ADEME possibles sous conditions (taux entre 40 et 70 % de l'investissement; pour les installations < 500 m² de capteurs, aide au forfait entre 40 et 50 €/MWh sur 20 ans selon régions et production).</i>
	Panneaux solaires thermiques capteurs sous vide ou plan haute performance	Bâtiment / Quartier	Pertinent pour les besoins ECS des logements (avec une demande continue dans l'année, dont usages estivaux) et pour des réseaux de chaleur. Températures entre 70 et 150°C. <i>Subvention fonds chaleur ADEME possibles sous conditions (taux entre 40 et 70 % de l'investissement; pour les installations < 500 m² de capteurs, aide au forfait entre 40 et 50 €/MWh sur 20 ans selon régions et production).</i>
Solaire photovoltaïque			
Électricité	Panneaux solaires PV indépendants par bâtiments (autoconsommation et revente)	Bâtiment	Potentiel de production électrique. Idem que panneaux solaires thermiques sur les utilisations de toitures autres usages.
	Panneaux solaires PV dans les espaces extérieurs (autoconsommation ou revente)	Espaces publics	Complexe en milieu urbain des QPV, possible en ombrières de parking.
Aérothermie			
Chauffage Froid	Pompe à chaleur qui exploite l'air intérieur ou extérieur PAC air-air (air puisé à l'extérieur ou extrait du bâtiment par VMC), PAC air-eau	Bâtiment	Système performant avec un bon rendement quand la température extérieure n'est pas trop basse, pour produire du chaud ou du froid (si PAC réversible). Selon données météo et températures extérieures.
Marine / thalassothermie / hydraulique			
Électricité	Hydroliennes, usine marémotrice, usine houlomotrice...	Ville	Selon présence masse d'eau / proximité du littoral. Pour les boucles d'eau tempérée de mer (thalassothermie) : eau captée entre 5 et 10 m de profondeur, récupération de chaleur par un échangeur thermique (température variable entre 12 et 25°C selon la saison), eau de mer refroidie et rejetée, pompes à chaleur qui alimentent un réseau urbain, pour chauffage, froid et eau chaude sanitaire.
Chauffage Froid	Boucle eau tempérée, eau de mer (thalassothermie) / réseau de chaleur	Ville	Pour l'hydroélectricité, l'eau fait tourner une turbine qui entraîne un générateur électrique. La différence entre petite et grande hydraulique se fait sur la puissance et des seuils fixés par la Commission européenne.
Électricité	Petite / grande hydraulique (barrages et centrales hydroélectriques)	Ville	En mer, les hydroliennes ou usines marémotrices produisent de l'électricité grâce aux courants et marées.

Sur les toitures « utiles » et le potentiel de développement de l'énergie solaire

Sur le développement du solaire dans le logement social :

- Guide pour l'intégration du photovoltaïque dans le logement social (Union sociale pour l'habitat) : https://earth-avocats.com/fichier/Demarche_Photovoltaïque_Guide_Sept_2013.pdf
- Installation solaire thermique dans le logement social (Repère n° 4, Union sociale pour l'habitat) : https://www.union-habitat.org/sites/default/files/articles/documents/2018-03/rep4_installation_solaire_thermique.pdf
- Guide pratique de l'ADEME sur l'énergie solaire : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide-pratique-electricite-solaire.pdf>
- Guide Systèmes photovoltaïques sur toitures terrasses, à usage des acteurs du bâtiment (FFB et GMPV) : http://www.aldeau.com/ouvrages_libres/80.pdf
- Ressources sur les projets d'EnR participatifs (ADEME) : <https://www.ademe.fr/collectivites-secteur-public/animer-territoire/mobiliser-acteurs-territoire/developpement-projets-energie-renouvelables-a-gouvernance-locale>
- Étude sur les retombées économiques locales des projets citoyens d'EnR (Énergie partagée) : <https://energie-partagee.org/etude-retombees-eco/>
- Citoyen cherche toitures ! Guide de sélection de toiture pour projet photovoltaïque (Énergie partagée) : <https://energie-partagee.org/guide-identification-toitures-solaires/>

Sur les toitures intégrant plusieurs usages (production d'énergie, alimentaire, végétalisation, gestion de l'eau pluviale) :

Le sujet d'optimisation des toitures pour différents

usages fait l'objet de plusieurs travaux, parmi lesquels :

- Projet de recherche Proof (Photovoltaïque and green ROOF) : <https://www.cerema.fr/fr/actualites/evaluer-performances-environnementale-energetique-toitures>

Le projet s'intéresse aux solutions et systèmes combinés associant végétalisation et panneaux photovoltaïques et entend vérifier quatre hypothèses : ces solutions contribuent à une diminution de la température de l'air l'été et fournissent les conditions à un rendement favorable aux panneaux solaires ; la végétation extensive et le stockage des eaux pluviales favorisent l'évapotranspiration ; le bilan énergétique global du bâtiment est plus avantageux pour un système combiné qu'un système classique végétalisé ou qu'une toiture nue ; un système combiné rend des services écosystémiques supplémentaires évaluables à l'échelle du quartier. Avec : Agence française pour la recherche, Cerema, Laboratoire d'énergétique et de mécanique théorique et appliquée (LEMTA), Laboratoire matériaux optiques, photonique et systèmes (LMOPS), Laboratoire sols et environnement (LES), CSTB, Efficacity.

- Nombreuses publications et ressources du CSTB sur les bénéfices et dispositifs de toitures végétalisées : <http://www.cstb.fr/archives/webzines/editions/19-fevrier-2008/toitures-vegetalisees-une-contribution-au-developpement-durable.html>
- Rapport technique sur la compatibilité entre panneaux solaires et conception de toitures vertes (Brussels Environnement, 2010) : https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF_RT_BATEX_Fiche4.2_Toitures_FR.pdf



Toit PV vert (Système Heliogreen) – source : <https://www.ecovegetal.com/toitures-vegetales/heliogreen-photovoltaïque>

des flux physiques (mesures, suivi, prédictions...) et commerciaux. Au-delà de la coordination (prédictions, actions, suivis) des productions et consommations, l'outil offrira des services de communication et de formations collectives aux bons comportements des habitants

dans leur utilisation rationnelle de l'énergie.

Le projet intègre également le volet arrosage des espaces extérieurs. En effet, pour remédier à l'enjeu de disponibilité de la ressource hydrique pour l'arrosage et la maîtrise de son coût pour assurer une gestion qualitative des espaces, Se@nergies valorise l'eau de pluie et l'eau brute issue du canal de Provence.

Actions mises en œuvre

Quatre études ont été menées pour consolider les objectifs stratégiques de la démarche :

- Études techniques pour la mise en place du système EnR.
- AMO pour la mise en place et la structuration du groupement d'intérêt public (GIP), structure juridique de gestion et d'exploitation des ressources et énergies naturelles : cette étude a permis d'établir la structure juridique à élaborer dans le cadre de la mise en place du système EnR. La solution d'une société d'économie mixte à opération unique (Semop) a finalement été choisie.
- Étude préopérationnelle de réhabilitation thermique du bâti de la Ville de Port-de-Bouc.

Cet accompagnement a permis de définir les conditions de réhabilitation du parc social du bailleur 13 Habitat, en lien avec un objectif de performance énergétique quantifié avec la mise en place du réseau EnR.

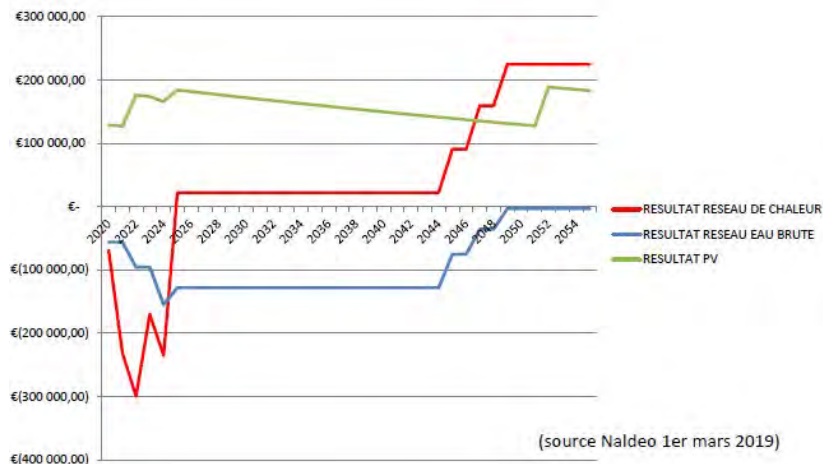
— Mission d'ingénierie (AMO) relative à la réhabilitation thermique du parc du bailleur social 13 Habitat.

Bilan prévisionnel

Les résultats attendus du projet :

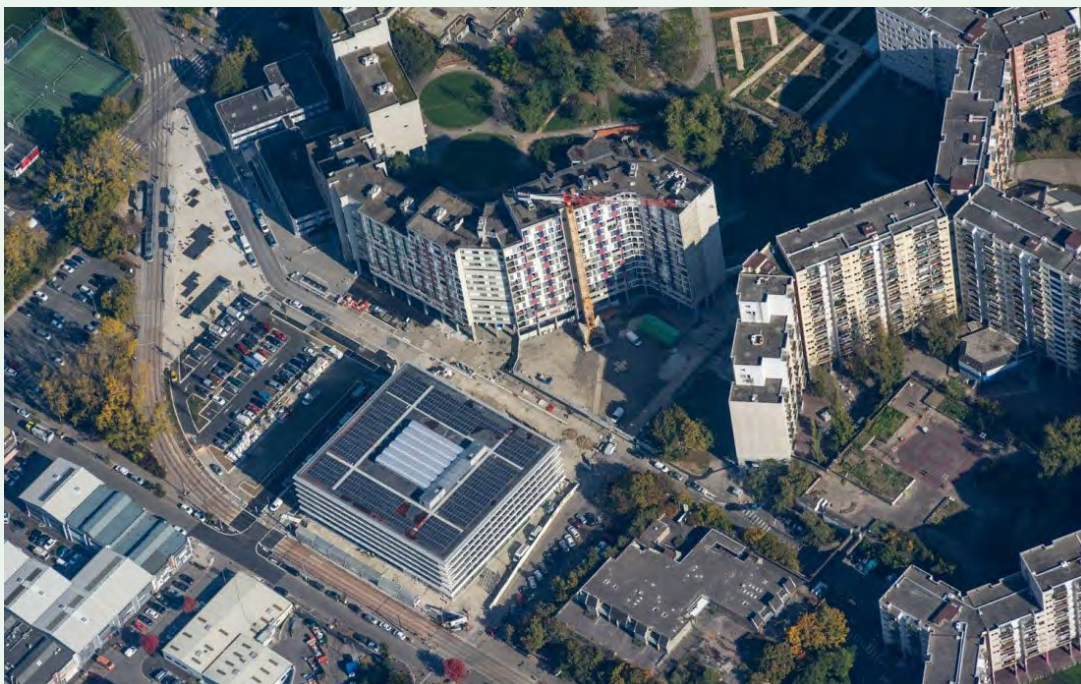
- Énergie : 100 % de consommation thermique renouvelable au terme du programme de rénovation (plus de 50 % dès la mise en service du réseau collectif), et jusqu'à 70 % d'électricité EnR en autoconsommation collective.
- Carbone : jusqu'à 97 % de réduction de l'empreinte carbone GES de manière pérenne.
- Charges : stabilisation des tarifs des EnR (électrique et thermique) pendant 25 ans, économies jusqu'à 500 € HT/an par foyer.
- Une gestion énergétique pilotée commune et citoyenne apportant la maîtrise des données de fonctionnement, la sécurité des données dans les échanges énergétiques, voire transactionnels, apportant des outils d'accompagnement des habitants dans leur comportement énergétique et citoyen.
- Un réseau d'arrosage d'eau brute des espaces verts à charges locatives constantes.

Résultats économiques attendus



FICHE PROJET N° 10

Optimisation du réseau de chaleur existant – QPV Les Villeneuves à Grenoble et Échirolles (38)



Les Villeneuves – Crédit : Ville de Grenoble

Contexte du projet

Construites entre 1968 et 1980, les Villeneuves de Grenoble et d'Échirolles rassemblent plus de 8 000 logements pour près de 20 000 habitants. Malgré différents atouts comme sa localisation, ses équipements et sa desserte de qualité, ce quartier est confronté à des dysfonctionnements liés notamment à la précarité de nombreux habitants et des ensembles immobiliers vieillissants et complexes sur le plan technique et juridique.

Afin d'améliorer l'environnement et les conditions de vie des habitants, Grenoble-Alpes Métropole, les Villes de Grenoble et d'Échirolles, et les bailleurs sociaux, Actis et SDH se sont engagés auprès de l'ANRU et de l'ANAH à «garantir l'excellence énergétique et la qualité d'usage des opérations de réhabilitation» en proposant différentes actions :

- garantir l'excellence énergétique des bâtiments ;
- concevoir un bouquet de services pour les habitants ;
- mettre en place une évaluation et un suivi du reste-pour-vivre des ménages.

Dans le cadre de la poursuite de la restructuration/ réhabilitation lourde des ensembles de logements publics et privés des Villeneuves, l'amélioration de la qualité d'usage et de la performance énergétique est visée avec un niveau BBC Rénovation -20 % en exploitation.

Les immeubles constituant les Villeneuves ont été raccordés à leur construction au réseau de chauffage urbain développé pour assurer les besoins de chauffage et de production d'énergie des Villeneuves de Grenoble et Échirolles.



Citernes de stockage d'eau chaude

Perspectives

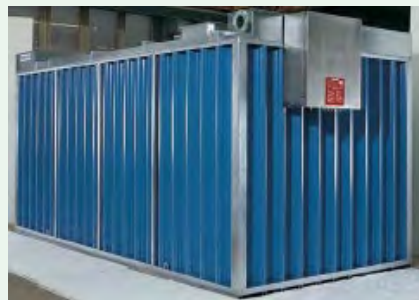
Les travaux débutés en mai 2020 s'achèvent en juin 2021. Le principe général de l'opération est reproductible sur d'autres réseaux de chaleur, le résultat en matière d'impact CO₂ dépendant toutefois naturellement du mix d'approvisionnement initial.

Contact : **Éric RUIZ**, responsable de la mission Rénovation urbaine, et **Laetitia BERTIN**, chargée de mission Politiques territoriales d'efficacité énergétique du bâtiment, Grenoble Alpes Métropole - eric.ruiz@grenoblealpesmetropole.fr; laetitia.bertin@grenoblealpesmetropole.fr

Actions mises en œuvre

- Une **étude de faisabilité** visant à rechercher un équilibre technico-économique optimal entre la production d'énergie et les besoins du site de la Cité des arts a été réalisée fin 2017. Copilotée avec l'ADEME, celle-ci a mis en exergue un manque de capacité de production de froid, et **deux grands postes de consommation : éclairage et climatisation** (60 % des consommations). Avec 1 051 MWh en 2017 (consommation projetée sur le dernier trimestre 2017), la consommation électrique de la Cité des arts représente la consommation d'environ 300 foyers réunionnais. L'estimation du montant de la consommation électrique au titre de l'année 2017 s'élève à 146 657 €, dont 60 % pour climatisation et l'éclairage (soit 90 k€/an).
- Plusieurs scénarios ont été étudiés, dont un scénario de **production et autoconsommation photovoltaïque (PV)** sans stockage et une variante avec stockage de l'électricité excédentaire. La Cinor a choisi la solution de **stockage frigorifique**, la considérant plus robuste, plus pratique, moins coûteuse et environnementalement préférable à des batteries lithium-ion ou à une solution hydrogène.
- La mission de MOE a débuté en 2018, le marché de travaux publié en septembre 2019 et attribué début 2020, et les travaux ont débuté au second semestre 2020 pour une durée de huit mois. Une centrale PV de 200 kWc a donc été installée en surimposition sur la toiture tôle des bâtiments; les panneaux sont directement apposés au-dessus de la toiture par l'intermédiaire de supports métalliques. Ce type de montage permet une pose simple et rapide, sans découverture de la toiture. Une **gestion technique centralisée (GTC)**

de l'ensemble du complexe culturel, intégrée dans la mission de MOE, valorise au mieux le surplus photovoltaïque dans l'unité de stockage froid. Cette solution de stockage devrait permettre d'augmenter le taux d'autoproduction de plus de 4 % et le taux d'autoconsommation de près 14 %. Le fonctionnement du groupe froid est « forcé » lorsque l'énergie solaire est disponible afin de stocker puis restituer l'énergie frigorifique sur le réseau d'eau glacée en fonction de la demande (spectacles, concerts...). Le groupe froid peut ainsi fournir l'énergie frigorifique en base la journée, tandis que l'unité de stockage vient en complément aux heures les plus chaudes, permettant ainsi d'effacer la consommation du groupe froid aux heures de pointe. Parallèlement, un nouveau groupe froid a été installé pour sécuriser la fourniture de froid et parer à toutes les conditions d'exploitation du site. En effet, le bilan de puissance frigorifique de tout le complexe culturel représente environ 754 kW froid, alors que la puissance du groupe existant n'était que de 230 kW froid. Cet inconfort thermique, occasionné par la sous-capacité de production de froid, a été confirmé par l'analyse du profil de charge extrapolé à partir d'une campagne de mesure. La Cinor a décidé que le groupe existant serait conservé pour être couplé avec un groupe froid complémentaire. La puissance cumulée des deux groupes froids peut alors répondre à l'appel de puissance froid maximum évalué dans le bilan de puissance frigorifique. Ainsi, le nouveau groupe froid fonctionne en direct sur l'unité de stockage frigorifique qui fournit elle-même l'énergie au réseau d'eau glacée. L'ancien groupe froid reste raccordé au réseau d'eau glacée en « secours » afin de pallier un éventuel manque de puissance frigorifique ou une défaillance du système de production d'eau glacée principale.



Toitures prêtes à accueillir les panneaux PV et cuve de stockage frigorifique – Source : Éco-Stratégie Réunion

Focus sur l'autoconsommation collective photovoltaïque

Une opération d'**autoconsommation** est le fait pour un producteur, dit autoproducteur, de consommer lui-même tout ou partie de l'électricité produite par son installation. On distingue deux types d'autoconsommation : l'autoconsommation individuelle et l'autoconsommation collective.

Une opération d'autoconsommation individuelle permet de consommer pour soi-même tout ou partie de sa production. En cas de surplus, celui-ci peut être :
— vendu de gré à gré à un opérateur de marché;

- vendu au travers de l'obligation d'achat pour les contrats de vente du surplus (autoconsommation individuelle);
- ne pas être produit en bridant volontairement la production de la centrale photovoltaïque.

Une autoconsommation collective correspond à la possibilité de partager l'énergie produite par l'installation entre plusieurs consommateurs / producteurs géographiquement proches. L'autoconsommation collective diffère de l'autoconsommation individuelle car la production locale autoconsommée passe par le réseau public de distribution.

Sur l'autoconsommation collective, Cegibat³⁴

Contexte réglementaire

L'autoconsommation collective (ACC) est définie dans l'article **L. 315-2 du code de l'énergie**. Elle permet une fourniture d'électricité entre :

- un ou plusieurs **producteurs** d'électricité;
- un ou plusieurs **consommateurs** finaux;
- liés entre eux au sein d'une **personne morale organisatrice (PMO)**;
- sur le réseau basse tension et se trouvant dans un cercle de rayon 1 km.

Le principe de l'ACC, introduit dans la législation française en 2016, est donc de **mettre à disposition une ou plusieurs sources de production locale directement auprès de plusieurs consommateurs finaux**.

En ACC, la production locale passe par le réseau public de distribution d'électricité et sa mise en œuvre nécessite la signature d'une convention d'autoconsommation collective avec Enedis.

Principes de fonctionnement

L'autoconsommation collective diffère de l'autoconsommation individuelle car la production locale passe par le réseau public de distribution, permettant ainsi de partager la production entre plusieurs consommateurs, au sein du même bâtiment (exemple des copropriétés), ou entre bâtiments proches géographiquement.

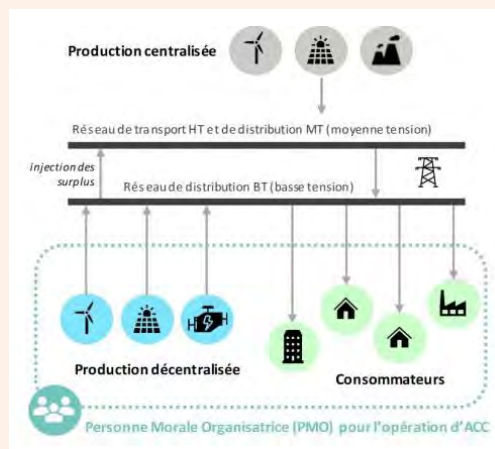


Schéma de principe de l'autoconsommation collective

Sa mise en œuvre nécessite :

- **Que l'ensemble des participants de l'opération d'ACC possèdent un compteur communicant.** Les compteurs communicants vont notamment permettre à Enedis de réaliser les calculs de répartition de l'électricité autoconsommée entre les différents consommateurs de l'opération, sur la base des clés de répartition définies dans la convention d'autoconsommation collective signée avec la PMO.

34. Source : <https://cegibat.grdf.fr>.

Entre 2009 et 2016, les prix de l'électricité ont augmenté plus rapidement que l'inflation (+ 4,3 % contre + 0,5 %) ³⁵, tout comme le volume d'électricité acheté par les ménages. D'après Egis Conseil, **cette double augmentation rend pertinent le développement de l'autoconsommation** puisqu'elle permettrait de :

- limiter le développement des infrastructures réseau et ainsi de limiter l'évolution des frais réseaux (et les émissions de carbone);
- participer à la transition énergétique nationale en développant la part des EnR dans le mix électrique.

Par ailleurs, cette augmentation du prix de l'électricité est concomitante à la baisse du coût des panneaux solaires. Plusieurs membres du groupe de travail (lauréats VDS et ANRU+) portent des projets d'autoconsommation collective, à des stades d'avancement hétérogènes en 2021 : certains sont engagés dans le déploiement opérationnel (Marseille, Saint-Pierre de la Réunion), d'autres démarrent les études préalables nécessaires au montage du projet (Lille, Besançon). Néanmoins, ils se rejoignent pour avoir été soutenus par le PIA dans leurs démarches à plusieurs titres :

- D'abord, pour leur caractère innovant puisque seulement une vingtaine d'opérations

d'autoconsommation collective ont abouti en France à ce jour, certains lauréats sont donc pionniers sur leur territoire. Ces opérations peuvent aussi, sous certaines conditions, **favoriser l'innovation sur des technologies connexes aux projets** (blockchain, cellules pérovskites, utilisation de la technologie permise par les compteurs Linky, etc.).

Ensuite, pour les **impacts positifs que de tels projets offrent**, d'une part pour l'**image du quartier qui est valorisé par ces opérations**, d'autre part aux habitants. Ces derniers sont particulièrement touchés par la précarité énergétique et les opérations qui viennent **diminuer leurs charges à terme** trouvent un intérêt particulier dans les quartiers prioritaires. L'autoconsommation offre à leurs habitants la possibilité de :

- mutualiser l'achat pour obtenir de meilleurs tarifs;
- ne pas subir l'évolution des tarifs de l'électricité.

Les PRU représentent ainsi une **opportunité pour intégrer des projets d'autoconsommation collective en toiture des bâtiments du quartier**. Ces innovations viennent amplifier l'ambition des PRU en matière de développement durable.

Principes à intégrer pour réussir une opération d'autoconsommation PV :

1. Consommer l'énergie au bon moment (à sa production)	
Problématique : Stockage de l'électricité et énergie solaire intermittente : enjeu de consommer l'énergie au bon moment Dimensionnement d'une opération pour des logements complexe : selon les consommations des utilisateurs (différentes selon le type de populations et variable selon les heures de la journée et les saisons : souvent le logement est moins occupé en journée), à faire coïncider avec les périodes de production (généralement optimales aux heures chaudes en milieu de journée).	Pistes de solutions : Anticiper les consommations et déplacer les consommations par programmation (production d'eau chaude, refroidissement, chauffage, pilotage de l'électroménager - lave-vaisselle, lave-linge). Mise en place de dispositifs de stockage pour des consommations différées pour certains usages thermiques d'eau chaude ou de chaud et froid (encore problématique à ce stade, coûts économiques et environnementaux du stockage d'électricité par batteries lithium ou plomb, hydrogène). Raisonner plus globalement et en synergie avec le territoire, et les usages limitrophes (par exemple consommation d'énergie pour une crèche à côté de logements vides en journée).
2. Évaluer la capacité d'autoproduction de l'opération	
Problématique : Évaluer les besoins et la capacité du bâtiment à autoconsommer l'énergie solaire produite : quantité d'énergie consommée en temps réel, quantité d'énergie à injecter sur le réseau électrique.	Pistes de solutions : Grâce aux bases de données de puissance électrique appelées des dernières années (disponibles via les fournisseurs électricité), comparaison avec les productions photovoltaïques prévisionnelles : si même ordre de grandeur alors autoconsommation, si inférieures alors injection du surplus dans le réseau, si supérieure alors utilisation d'une fourniture d'électricité complémentaire.

35. Source Insee, analyse du coût de l'électricité

4. S'assurer de l'adhésion des habitants	
Problématique : L'autoconsommation est une offre d'électricité, les occupants des logements ont la liberté d'y adhérer ou non . Le manque d'adhésion pour un investisseur tiers est un risque. Le bailleur doit associer les locataires pour les convaincre en levant les freins et complexités (adhésion au contrat, réception de deux factures).	Pistes de solutions : Pédagogie et accompagnement comportemental pour la mise en adéquation des consommations à la production. Lisibilité des gains et de la réduction de la facture , économies réalisées dans la durée (plutôt que sur le court terme). Accompagnement de mesures de réduction de la consommation , plus facile du fait du suivi mis en place pour l'autoconsommation.
5. Identifier l'organisation autour de la personne morale organisatrice (PMO)	
Problématique : Les consommateurs et producteurs se regroupent désormais via une personne morale organisatrice : elle centralise les fonds permettant à chacun d'investir en fonction de ses capacités (récupération d'un loyer pour équilibrer ses frais, dont émission des factures et procédures de gestion), elle est l'interlocutrice d'Enedis et elle gère la centrale (maintenance, exploitation).	Pistes de solutions : Les bailleurs , du fait de la proximité avec les locataires, sont pertinents comme PMO (exemple : adhésion possible au projet par avenant au bail). L'ensemble des participants à l'opération doivent posséder un compteur communicant de type Linky pour faciliter l'affectation des flux entre participants.

L'autoconsommation collective reste une approche relativement récente, mais qui mobilise un nombre croissant de porteurs de projet, notamment des bailleurs sociaux qui en saisissent tout l'intérêt parce qu'elle intègre leur stratégie patrimoniale mais également parce qu'elle répond à des problématiques à la fois environnementales et financières pour leurs locataires. Si le marché du photovoltaïque est mature et la technologie des panneaux maîtrisée, **le potentiel d'innovation de ces projets reste important**, en particulier pour établir et **stabiliser un modèle juridique et économique viable**. Des **innovations techniques** peuvent émerger, notamment sur les technologies de **stockage** et l'ampleur des opérations (qui ne porteraient pas uniquement sur un ou une poignée de bâtiments mais sur un **quartier entier**), etc. L'application des **taxes** sur la part autoproduite, contrairement à l'autoconsommation individuelle, et le **Turpe** qui majore le coût de la part autoproduite impactent négativement le business model des projets.

Les expérimentations subventionnées par le PIA devront permettre de démontrer les conditions d'atteinte de l'équilibre économique en conditions réelles, et leur retour d'expérience sera fondamental pour convaincre de l'intérêt de l'autoconsommation et envisager la répliquabilité de tels projets sur d'autres

PRU. Cependant, les retours d'expérience ne permettront pas aux futurs porteurs de projet de faire l'économie d'études préalables fines et spécifiques au territoire. En effet, **de nombreux facteurs influent sur le modèle économique d'une opération d'autoconsommation collective** : localisation de l'opération, profils réels de consommation, etc. **Des études préalables de qualité sont donc indispensables avant de démarrer un projet.**

de 36kWc, mais à ce stade, le contexte juridique ne permet pas de faire de l'autoconsommation collective. Il n'est possible de faire que de l'autoconsommation individuelle ou bien de revendre l'électricité produite, voire d'utiliser l'électricité produite pour le siège de Gironde Habitat, voisin de la résidence. Finalement, le bailleur se tourne vers l'autoconsommation collective à la suite de l'évolution réglementaire de 2017 et la sollicitation d'Enedis, alors à la recherche d'un lieu d'expérimentation. Le bailleur passe une convention avec Enedis (distribution d'électricité) et un contrat avec EDF en tant que responsable d'équilibre (chargé de faire l'équilibre entre production et consommation en temps réel). L'expérimentation ne porte d'abord que sur l'alimentation électrique des parties communes. Or, l'énergie solaire est principalement produite en journée, quand la consommation des parties communes comme l'éclairage et les ascenseurs est relativement faible. Avec le net surplus de production, Gironde Habitat décide donc d'inclure l'alimentation des logements des locataires l'année suivante : en 2018, 18 ménages sur 60 donnent leur accord pour expérimenter l'autoconsommation collective. Mais le montage étant complexe, la mise en œuvre effective n'est prévue qu'à partir de 2020. Une association loi 1901 pourrait réunir Gironde Habitat (en tant que « producteur » et au titre de « consommateur » pour les parties communes et les bureaux) et les locataires de la résidence souhaitant participer au projet; elle fixerait notamment la clé de répartition qui figure dans la convention signée avec Enedis et sécuriserait les aspects juridiques.

Fonctionnement technique : L'énergie produite par les panneaux est consommée par l'immeuble, et le surplus éventuel est revendu. Quand il n'y a pas de soleil, le réseau d'Enedis prend automatiquement le relais. Pour calculer le différentiel (consommation solaire/réseau public), le système utilise les compteurs communicants Linky dont sont dotés chaque logement et parties communes (ascenseurs, ventilation, éclairage). À partir de cette donnée (la courbe de charge), une clé de répartition est appliquée pour partager la production entre l'ensemble des occupants. La clé de répartition pour les parties communes a été faite à partir des données de consommations des années précédentes (se révélant stables d'une année sur l'autre). Pour les logements, le choix a été fait de partir sur une clé de répartition

proportionnelle à la surface afin de favoriser des comportements sobres en énergie. À noter qu'un des points de livraison correspond aux bureaux de Gironde Habitat, ses usagers consommant l'électricité produite par les panneaux en journée. Le bailleur a fait le choix de payer cette énergie et de déduire cette consommation de celle des parties communes pour faire bénéficier tous les locataires d'une baisse de charges.

Difficultés et clés de réussite

Création d'une structure ad hoc :

cette opération d'autoconsommation collective n'a été rendue possible que par la loi du 24 février 2017 et son décret d'application du 28 avril 2017, qui permettent à plusieurs consommateurs et producteurs de se lier entre eux au sein d'une personne morale pour autoconsommer collectivement l'électricité (en se répartissant la production d'électricité renouvelable en aval d'un même poste de distribution publique d'électricité). Il fallait donc trouver une forme de personne morale organisatrice qui fonctionne malgré les changements réguliers de locataires. Pour ce faire, Gironde Habitat avait décidé de créer une « personne morale » sous la forme d'une association loi 1901, où chaque locataire qui le souhaite serait membre. Grande première pour le bailleur, la création juridique et effective de cette association a pris quasiment un an (il faut trouver les premiers locataires motivés, créer les statuts, etc.). La première assemblée générale pour voter les statuts et désigner son président et son trésorier devait se tenir le 20 mars 2020.

À cause de la crise sanitaire du Covid-19, elle a été reportée. Quand l'association sera effective, une nouvelle convention sera alors à signer avec Enedis et d'autres locataires pourront se joindre à l'aventure. À noter qu'une évolution réglementaire est probable en faveur des bailleurs sociaux : la personne morale organisatrice serait le bailleur, incluant par défaut tous ses locataires (sauf avis contraire explicite de leur part).

Au vu de la poursuite de la crise sanitaire, le bailleur a choisi d'attendre cette évolution réglementaire.

Gestion des données : pour que le système fonctionne, le locataire doit formellement autoriser l'accès à sa courbe de charge, qui est une donnée considérée comme sensible par la CNIL.

- Le maintien de la performance initiale recherchée, une pérennité des solutions mises en place et une **réactivité dans le déploiement de solutions de correction et d'ajustement** si celle-ci n'est pas atteinte.
- Le confort et la maîtrise d'une partie des charges pour les habitants.
- La preuve des retours sur investissements pour les MOA par un bon fonctionnement et des gains réels.

(qui peuvent être variés : réduction des consommations énergétiques, critères de confort, réduction d'émissions de GES, etc.). Sur la base de données réelles et constatées, et dans le cas de non-atteinte des objectifs et de la performance visée (par exemple consommation énergétique réelle après travaux supérieure à la consommation énergétique prévue), les responsabilités sont recherchées, si la prestation est défaillante des solutions sont déployées (systèmes de pénalités et dédommagements sur la base de l'écart constaté).

Pour les PRU, la mobilisation d'**outils de garantie de performance énergétique porte des enjeux de massification adaptés aux projets** (bâtiments existants à l'échelle d'un quartier souvent homogènes dans leurs période de construction, mode constructif, matériaux; et cadre partenarial des PRU propice au développement de ces outils) :

- Potentiels de **mutualisation** sur plusieurs opérations, voire plusieurs quartiers, **reproductibilité** et effets leviers du renouvellement urbain dans l'atteinte des objectifs de transition énergétique et de trajectoire de neutralité carbone.
- **Ingénierie financière**, phasage des investissements dans le temps, retours sur investissement et économies réalisées en fonctionnement.
- **Montée en compétence des acteurs** (MOA, MOE, habitants), **économies d'échelles et de moyens** (mutualisations de postes, industrialisation des solutions à déployer, achats en quantité, etc.), association des habitants dans l'évolution des comportements et usages, et gains dans l'amélioration du confort et le reste-pour-vivre.

a) Garantie de performance énergétique (GPE) et garantie de résultats énergétiques (GRE)

« La garantie de performance énergétique permet de sécuriser les maîtres d'ouvrage et de développer des démarches de qualité dans l'atteinte du Facteur 4 de réduction des émissions de GES. »⁴³

La GPE se décline en deux **dispositifs contractuels** (la garantie de performance énergétique intrinsèque « GPEI » et la garantie de résultat énergétique « GRE ») **fixant les modalités d'atteinte des objectifs fixés**

43. Source ADEME : <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-l'action/outils-services/garantie-performance-energetique>.

La mise en place d'une GRE implique plusieurs étapes préalables et outils à activer :

Situation de référence Audit préalable	Caractériser l'état initial (énergie et carbone) du bâtiment et de ses équipements (relevés, simulations), des conditions d'utilisations et comportements (attentes des usagers en terme de confort, d'appropriation des objectifs et enjeux de l'opération, acceptabilité aux changements de vie dans le bâtiment)
Objectifs et méthodes	Déterminer les travaux à réaliser dans l'opération , définir les objectifs de performance sur la base de simulations : voies de progrès, niveau de performance atteignable Méthode de suivi, protocole de mesures et vérifications, commissionnement : coordination des intervenants, moyens et modalités de contrôles à effectuer par phases de réalisation, réception, exploitation
Protocole et Plan de Mesures et Vérifications	Spécifier et structurer le dispositif de mesures Renseigner les mesures avec transparence Identifier les besoins d'amélioration et correction, leurs impacts - Choix des options de l'IPMVP (<i>International Performance Measurement and Verification Protocol</i> - protocole et méthodologie validé par la réglementation et obligatoire) - Choix des méthodes d'ajustement, de suivi de la performance - Mesures : instrumentation, échantillonnage, durée

Étapes à intégrer dans une GRE – Source : Inddigo

b) Les contrats de performance énergétique (CPE)

Lorsque la GRE est proposée dans le cadre d'un contrat signé entre le propriétaire et un prestataire, on parlera alors de **Contrat de performance énergétique (CPE)**. Ce contrat est défini par la directive européenne 2012/27/UE du 25 octobre 2012 relative à l'efficacité énergétique : « *Un accord contractuel entre le bénéficiaire et le fournisseur d'une mesure visant à améliorer l'efficacité énergétique, vérifiée et surveillée pendant toute la durée du contrat, aux termes duquel les investissements (travaux, fournitures ou services) dans cette mesure sont rémunérés en fonction d'un niveau d'amélioration de l'efficacité énergétique qui est contractuellement défini ou d'un autre critère de performance énergétique convenu, tel que des économies financières.* »

Dans un CPE, le garant est **le groupement qui regroupe le constructeur, le concepteur, le mainteneur**; la répartition des responsabilités entre ces acteurs (notamment dans le cadre de pénalités par la MOA) est régie par une convention de groupement interne, qui permet de clarifier qui paie les pénalités (celles-ci étant adressées par la MOA à l'ensemble du groupement).

Il existe plusieurs types de CPE :

- Les CPE services : amélioration de systèmes à faible investissement pour la gestion, régulation, optimisation des équipements énergétiques.
- Les CPE systèmes : optimisation et exploitation de travaux sur les systèmes.
- Les CPE globaux : qui portent sur des rénovations globales, à la fois sur les travaux sur les équipements et sur le bâtiment.

Le principal contrat pouvant intégrer des engagements de performance énergétique et l'outil « **dédié** » sont les **marchés publics globaux de performance** (ex. : « CREM ») : spécifiquement conçus pour « *remplir des objectifs chiffrés de performance* » définis notamment « *en matière d'efficacité énergétique ou d'incidence écologique* » (L. 2171-3 du code de la commande publique), ces marchés associent la conception et/ou la réalisation des travaux et l'exploitation et/ou la maintenance et comportent obligatoirement des objectifs de performance mesurables et vérifiables. D'autres formes de contrat existent (marchés de partenariats ou concession) mais peuvent être moins adaptés aux PRU.

Guide CPE et lien avec les Certificats d'économie d'énergie⁴⁵ (CEE)

L'ADEME a publié en 2015 un ouvrage destiné aux MOA sur la base de retours d'expérience en Rhône-Alpes et adapté aux opérations de rénovations de logements : **«Contrat de performance énergétique, les clés pour réussir son cahier des charges»**

<https://librairie.ademe.fr/cadic/246/contrat-performance-energetique-cahier-charges-2015.pdf>

CPE et CEE : les opérations standardisées d'économies d'énergie correspondent à des opérations couramment réalisées pour lesquelles une valeur forfaitaire de certificats d'économies d'énergie a été définie. Ces opérations font l'objet de fiches. La fiche « AR-SE-105 : Contrat de performance énergétique services (CPE Services) » concerne les CEE en secteur résidentiel.

https://www.ecologie.gouv.fr/operations-standardisees-deconomies-energie#scroll-nav__5



La démarche EnergieSprong : déployer à grande échelle des rénovations zéro énergie garantie

L'ambition d'EnergieSprong est de déployer à grande échelle des rénovations énergétiques « zéro énergie » en démocratisant l'accès à cette démarche au plus grand nombre, en commençant par le logement social, pour ensuite bénéficier à d'autres marchés (bâtiments éducatifs, logement privé...).

La démarche repose sur un principe simple :

industrialiser la préfabrication des éléments nécessaire à la rénovation, permettant ainsi une baisse des coûts, ainsi qu'une **rapidité et facilité de mise en œuvre**. L'objectif visé est celui de l'optimum collectif par la **réplicabilité**, et non pas l'optimum du projet, tel que généralement visé dans les projets de rénovation via la réalisation d'études spécifiques. Cette démarche n'a pas vocation à traiter l'ensemble du parc mais

vise la rénovation d'un patrimoine dit « classique », représentant une partie importante du marché. EnergieSprong propose ainsi un cahier des charges orienté sur les résultats plutôt que sur les moyens :

- Des bâtiments à **zéro énergie garantie sur 30 ans** : le logement produit autant d'énergie qu'il en consomme grâce à une meilleure **efficacité énergétique** et à la **production locale d'EnR**.
- Des **travaux réalisés en site occupé en un temps court** grâce à l'utilisation d'éléments préfabriqués de haute qualité et d'**outils numériques**.
- Un surinvestissement **financé par les économies d'énergie** et de maintenance réalisées sur 30 ans, sans surcoût pour les occupants.

energie
sprong
fr

45. Les CEE ont été créés dans les articles 14 à 17 de la loi POPE, ils visent à promouvoir les économies d'énergie des fournisseurs d'énergie (les « obligés ») auprès de leurs clients : économie sur les installations des fournisseurs, incitation des clients par sensibilisation ou aides financière, ou achat des CEE revendus. Toute personne morale ou physique éligible (collectivité, association, entreprise, etc.) qui réalise des économies d'énergie se voit délivrer sous conditions un CEE qu'elle peut revendre à ses fournisseurs.

mais dans la pratique, en raison du manque de temps ou de budget, cette mise en service se limite souvent à constater l'achèvement des travaux et la mise en pratique des équipements, sans interroger leur performance effective. Dans ce contexte, les objectifs de consommation d'énergie minimale sont difficiles à atteindre.

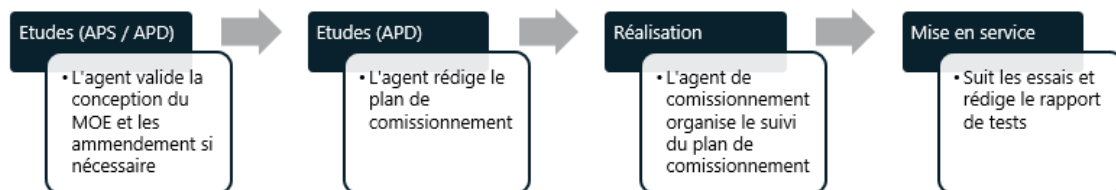
Le commissionnement est un processus systématique et planifié permettant de s'assurer que tous les systèmes du bâtiment sont conçus, installés, réglés et testés pour opérer et performer conformément au concept technique d'une part, et aux besoins opérationnels de l'utilisateur d'autre part. Il est complémentaire et ne remplace pas les opérations préalables à la réception supervisées par la maîtrise d'œuvre.

La mise en œuvre de cette démarche souffre, historiquement, de la faible disponibilité des données

en temps réel, et plus largement d'intégration tardive dans le processus de construction.

En pratique, ce type de mission est initiée par le MOA qui désire s'assurer dans le temps de la bonne performance de son installation, elle est donc **complémentaire des missions de MOE classiques** (définis dans la loi MOP) et fait intervenir un « **agent de commissionnement** » qui aura la charge de valider les études détaillées pour :

1. Intégrer les moyens nécessaires (capteurs, compteurs, remontée d'information, etc..) permettant de mesurer en temps réel et en conditions de fonctionnement réelles la performance des systèmes des systèmes.
2. Valider les règles de fonctionnement des systèmes de production (ces règles sont définies dans les analyses fonctionnelles des différents lots.
3. Définir et organiser les procédures de tests à réaliser par les entreprises en compléments de leur OPR⁴⁶.
4. Suivre les essais de fonctionnement.



Rôle de l'agent de commissionnement dans les étapes de l'opération – Source : Egis Conseil

Cette démarche peut ne pas s'arrêter à la livraison du bâtiment et se poursuivre sur les premières années d'exploitation du bâtiment, on parle alors de « commissioning » saisonnier (suivi de la performance sur la première année, validation de la performance sur les différentes saisons climatiques). Bien que cette démarche soit ancienne

et couramment mise en œuvre pour les processus industriels, ce n'est qu'avec le développement des certifications environnementales qu'elle a émergé, d'abord pour les bâtiments tertiaires, la mise en œuvre des modèles Garanties de performance venant renforcer ce besoin et touchant alors toutes les typologies de bâtiments.

Mettre en œuvre une démarche de commissionnement

Guide méthodologique « Comment suivre la performance d'un bâtiment »

(Effinergie, EnvirobotBDM, BE Adret) :

http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/1607_suivrelaperformancedunbatiment_v2_evbdm_effinergie-2.pdf

Boîte à outils de l'ADEME intégrant une aide à la rédaction du cahier des charges :

<https://www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-laction/outils-services/commissionnement>

46. OPR : Opérations préalables à la réception.

— **Périmètres spatial, fonctionnel, temporel :**

certaines émissions de CO₂ peuvent être liées à une activité ayant lieu au sein du périmètre spatial mais peuvent être « consommées » à l'extérieur de celui-ci, posant la question des émissions à prendre en compte.

— **Unité fonctionnelle :** le mètre carré de surface de plancher ne paraît pas être une unité opportune pour appréhender la consommation carbone, qui mérite d'être envisagée en tonnes équivalent CO₂, rapportées au nombre d'usagers (sous réserve que la notion d'« usager d'un quartier » soit précisée).

— **ACV statique ou dynamique :** l'ACV dynamique n'affecte pas le même poids aux émissions de CO₂ selon la période du cycle de vie, elle donne plus d'importance aux émissions produites en début de cycle de vie (production) qu'en fin de vie (la RE2020 devrait se baser sur une méthode dynamique simplifiée).

La mise en œuvre d'une méthode d'écoconception nécessite également d'en préciser la **gouvernance**. Les ambitions, pour être réalisables, doivent être suivies et transmises efficacement tout au long du projet (ce qui suppose également que les résultats soient adaptables en fonction des différents destinataires).

Évaluation énergie et carbone des projets

— **État des lieux sur les besoins** d'évaluation en énergie et carbone des acteurs de l'aménagement :

<http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2019/09/L2.1-QEC-ADEME-Etat-des-lieux-et-besoins-en-%C3%A9valuation.pdf>

— **Analyse des outils et méthodes existants** sur l'évaluation énergie et carbone des projets : <http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2019/09/L2.3-QEC-ADEME-Analyse-outils-et-methodes-existants.pdf>

— **Recommandations pour utiliser les outils d'écoconception de type ACV pour l'aménagement de projets urbains** (projet PULSE PARIS) : <https://bibliothèque.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/4440-ecoconception-et-economie-circulaire-a-l-echelle-des-projets-urbains-pulse-paris.html>

et des espaces publics existants (infrastructures vs superstructures), et du PRU selon l'analyse du cycle de vie sur l'ensemble des ouvrages.

- Évaluer les potentiels de réduction des impacts environnementaux.
- Sensibiliser les différents acteurs du projet à la sobriété : entreprises pour la création de Fiches de déclarations environnementale et sanitaire (FDES), élus sur la thématique de la sobriété énergétique en menant des ateliers et en rédigeant des fiches actions et les habitants par extension sur les volets « alimentation, santé, déplacements, énergie... » et toute autre consommation dont l'impact environnemental pourrait être négatif mais minimisé.

Bilan

Sur les facettes énergie et carbone, cette étude a permis de quantifier, évaluer, dépasser les subjectivités et de confirmer les grands enseignements suivants :

- Le **recours à un réseau de chaleur vertueux comme la géothermie**, faisant appel à une source énergétique renouvelable et faiblement carbonée, est un levier très efficace pour viser durablement la sobriété (carbone et énergétique) des ouvrages réalisés.
- Le **contributeur « énergie » ne représente que 25 % des impacts environnementaux** par rapport au **contributeur « produits de construction et équipements »** (75 %) via l'indicateur « potentiel de réchauffement climatique ». Ce ratio est accentué par le réseau de chaleur géothermique.
- Les **éléments du gros œuvre** (procédé

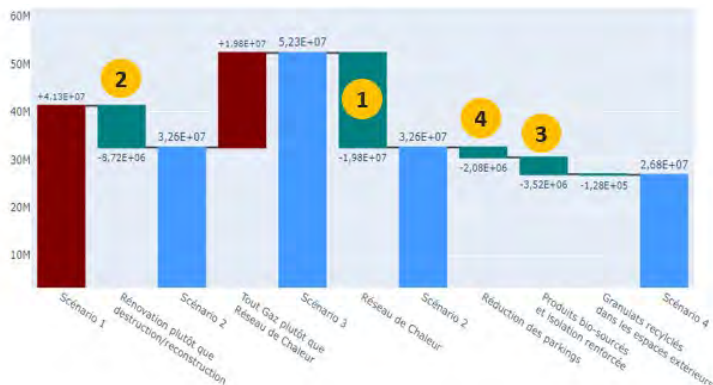
constructif, niveaux de parking, etc.) sont **deux fois plus impactant** que les éléments du second œuvre (isolations, menuiseries, etc.).

Diminution des impacts de l'ordre de 20 % en mettant en place matériaux biosourcés + mutualisation des parkings (diminution des travaux de gros œuvre) + isolations renforcées.

Les bâtiments rénovés ont un impact sur le changement climatique moindre par rapport aux constructions neuves (-40 à -50 % de différence sur la base des résultats exprimés en m² de SDP). Les opérations de démolition/reconstruction sont plus impactantes d'un point de vue environnemental que les opérations de réhabilitation à durée de vie égale (50 ans pour les ACV). La MOA précise toutefois que cette approche environnementale ne saurait se suppléer aux approches urbaines, sociales, économiques, etc. Cela oblige à **travailler l'allongement de la durée de vie des bâtiments construits ou rénovés**, en matière de qualité urbaine et architecturale, de **modularité** ou mutabilité permettant à terme des **changements d'usages et de fonctions et ainsi leur réhabilitation**.

Ces actions bénéfiques sur le prisme carbone ont d'autres effets environnementaux notamment sur le respect des ressources naturelles : les matériaux biosourcés maintiennent une végétation locale, le réemploi permet de moins solliciter les ressources naturelles, le parking mutualisé a une influence sur la mobilité quotidienne... *« En objectivant la sobriété énergétique et carbone, il s'agit aussi d'aller plus loin sur le reste ».*

Comparaison des scénarios d'aménagement du quartier des navigateurs (indicateur changement climatique exprimé en valeur absolue et en kg équivalent CO₂)



Démarche Quartiers Energie Carbone

REFERENTIEL

Réseau de partenaires variés

Démarches/ Labels
Performance
environnementale Quartiers

*Exemples : EcoQuartiers,
HQE Aménagement,
Citergie, ...*

METHODES / OUTILS

Données
Outils (ACV, ...)
Aide à la décision
Evaluation

*Projet CSTB/Efficacity & Co
Quartiers Energie Carbone
(URBANPRINT / 8 sites
pilotes) (2018-2021)*

EXPERIMENTATION

Retour d'expérience
Leviers/freins
Indicateurs de performance

*Expérimentation ADEME
Quartiers Energie Carbone
(22 sites) (2020-2022)*

Dans le cadre du projet de R&D piloté par le CSTB, huit premières opérations ont déjà permis d'expérimenter la méthode de calcul de la performance, et ont réalisé un premier test de l'outil-logiciel de type ACV appelé UrbanPrint :



Quartier Bas Carbone
Atlantech, communauté
d'agglomération de La Rochelle



Ecoquartier « Les nouveaux Echats »
(Beaucauzè), porté par l'aménageur
public Anjou Loire Territoire.



Quartier de la Cite Descartes à
Champs-sur-Marne (Champs-sur-
Marne) porté par l'EpaMarne



Quartier de la gare de Saint-
Julien, de Saint-Julien-en-
Genevois (74).



Partie nord du parc
d'activité des portes de
Paris d'ICADE



Cœur de Ville, Issy-les-
Moulineaux



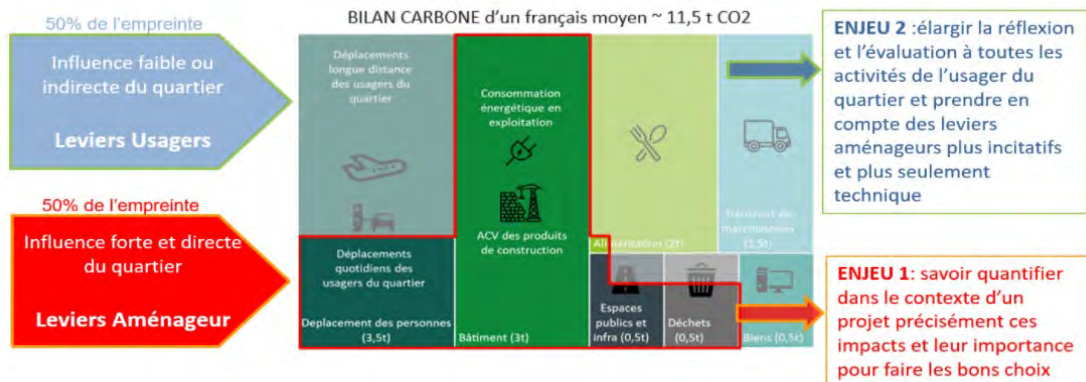
Projet immobilier 17&Co
de BNP Paribas Real
Estate



EcoCité Euroméditerranée
porté par l'EPA
Euroméditerranée

Les **premiers résultats de l'expérimentation Quartier E+C-** détaillent la méthodologie développée par le consortium piloté par le CSTB, entres autres éléments essentiels :

> **Une vue aménageur et une vue usager** : ces deux approches permettent de distinguer les leviers directs dont dispose l'aménageur et les aspects sur lesquels son influence est faible ou nulle.



Empreinte carbone et responsabilité de l'aménageur - Source : Alliance HQE-GBC

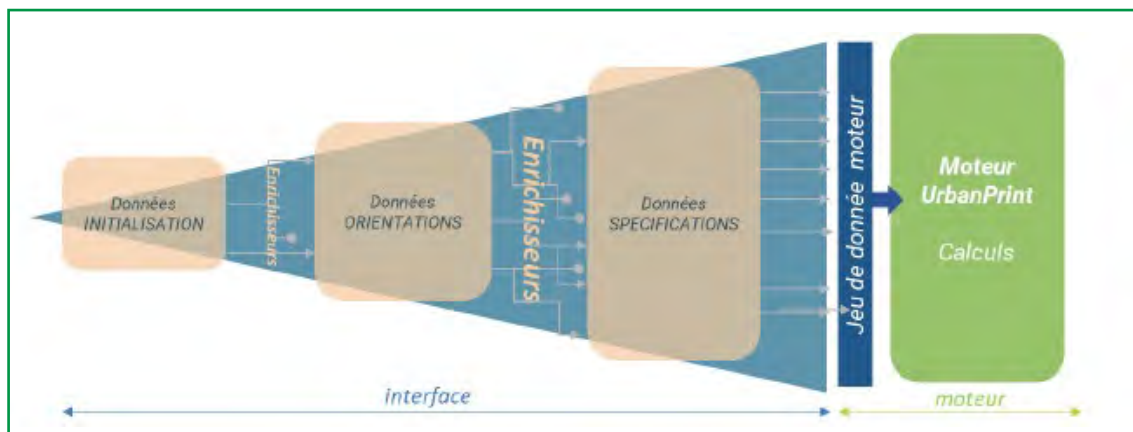
> Trois principaux indicateurs de sortie :

- gain par rapport à la référence «Business As Usual»;
- performance à l'utilisateur (par rapport à l'objectif de 2 tonnes de CO₂ en 2050);
- le potentiel atteint, écart par rapport à un scénario «idéal».

> Des enrichisseurs de données pour évaluer

le projet et l'accompagner dès les premiers stades de la réflexion avec le logiciel UrbanPrint développé par le CSTB et Efficacity :

«**L'outil UrbanPrint**, en permettant de tester et de modéliser plusieurs variantes d'un projet,



aide l'aménageur à identifier ses différents leviers

d'action technique, tels que les produits de construction, les systèmes énergétiques, les modes de déplacement et à connaître leurs impacts sur la performance globale du projet.»

> Plus-value et suites :

L'évaluation «Énergie Carbone» à l'échelle du quartier replace l'utilisateur au centre du processus de conception de l'espace urbain. Cette démarche, pour aboutir aux meilleurs résultats possible, doit donc être

FICHE PROJET N° 14

Accompagnement E+C- spécifique sur deux quartiers en renouvellement urbain - Bel-Air – Grand-Font à Angoulême et l'Étang des Moines à La Couronne (16)



Bel-Air – Grand-Font à Angoulême et L'Étang des Moines à La Couronne – Crédit : GrandAngoulême

Contexte du projet

L'opération de renouvellement urbain portée par GrandAngoulême concerne deux QPV : Bel-Air – Grand-Font à Angoulême et l'Étang des Moines à La Couronne. La maîtrise d'ouvrage est partagée entre différents acteurs : les communes d'Angoulême et de La Couronne, les bailleurs sociaux, et une copropriété. Le projet comprend 210 démolitions de logements, 675 réhabilitations, 200 reconstitutions hors site et 10 logements construits sur les toits d'immeuble, 3 équipements publics réhabilités, la construction de nouvelles écoles et d'une salle polyvalente, la reconversion d'un ancien centre commercial en pôle de santé et de services, l'aménagement d'entrée de quartier, ainsi que la création d'un espace vert et de convivialité, d'une coulée verte, de liaisons douces...

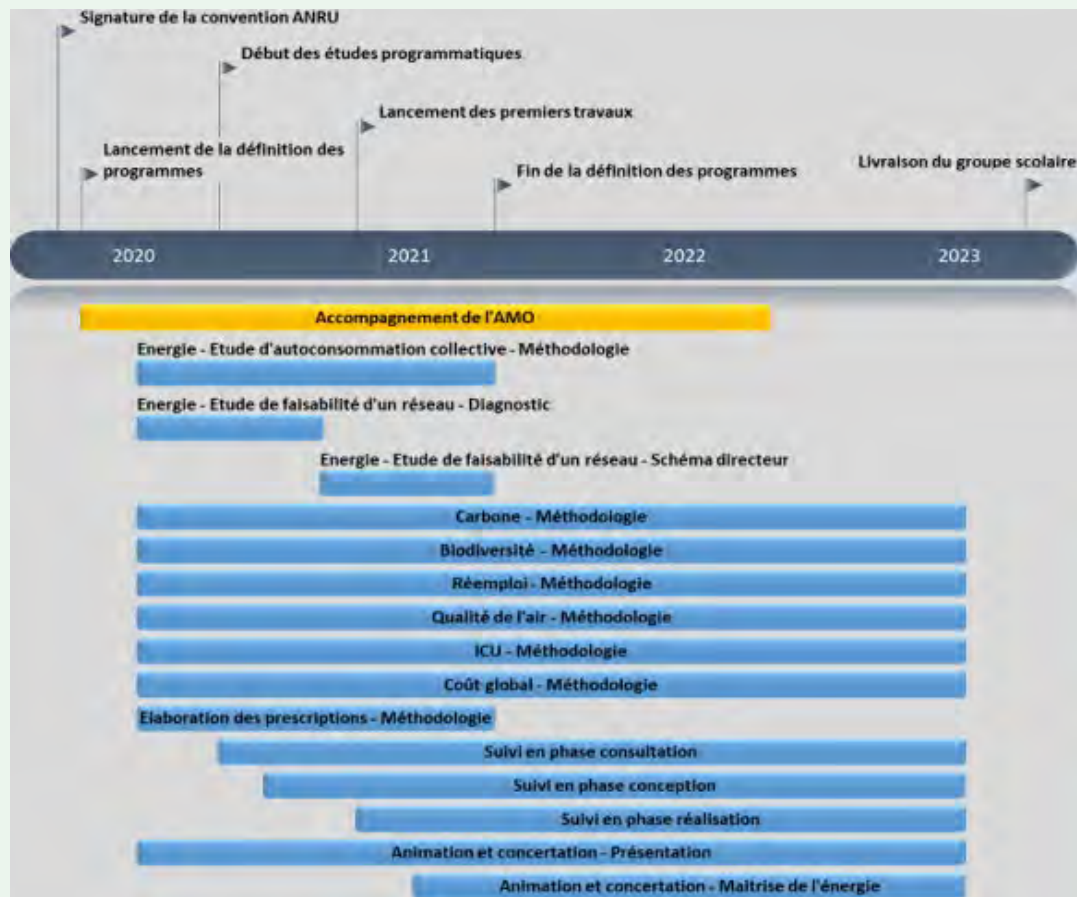
Actions mises en œuvre

Les ambitions en matière de performance environnementale ont été définies au fur et à mesure de l'avancement du projet. **Une mission d'AMO E+C- a été lancée et s'articule en trois axes :**

1) Une mission dominante : l'étude d'opportunité (diagnostic) et de faisabilité (schéma directeur) d'un réseau de chaleur urbain à Bel-Air – Grand-

Font. Sur l'ensemble du périmètre de GrandAngoulême, les réseaux et chaufferies collectives ont historiquement été réalisés par les bailleurs, en particulier dans les précédentes opérations de RU, et alimentés en gaz ou biomasse. L'accompagnement E+C- et l'arrivée à échéance de certains contrats d'exploitation ou de chaufferies sur la zone de Bel-Air – Grand-Font incitent GrandAngoulême à s'interroger sur la prise de compétence « création et exploitation de réseaux de chaleur urbains » sur son territoire. Le projet est en phase d'étude de faisabilité. Les scénarios envisagés substituent à 80 % la référence actuelle au gaz par de la biomasse. L'enjeu se situe sur la maîtrise des coûts à la fois vis-à-vis des partenaires abonnés et des habitants dans un contexte d'agglomération de taille moyenne et de densité thermique (nombre de logements raccordés par unité de longueur du réseau) intermédiaire. Le « scénario 3 » (cf. tableau ci-après) permettrait de réunir sur ce réseau un lycée, deux collèges, des logements, la cité administrative, une maison d'arrêt, ainsi que des équipements communaux (écoles, gymnase, crèche...). Les prochaines étapes consistent à valider l'étude de faisabilité, optimiser les financements, réaliser les études technico-juridiques et clarifier la question de l'exercice de la compétence « réseau de chaleur ».

Perspectives (planning)



Contact : **Marine PRADEL**, cheffe de projet ORU et **Boris LE JOLLY**, responsable du service Développement durable, GrandAngoulême - m.pradel@grandangouleme.fr

Réseau de chaleur de Lille



Actions mises en œuvre

1) Études énergie & carbone

Suivant l'article L. 128-4 du code de l'urbanisme, «**toute action ou opération d'aménagement** telle que définie à l'article L. 300-1 et faisant l'objet d'une étude d'impact doit faire l'objet d'une étude de faisabilité sur le potentiel de développement en énergies renouvelables de la zone, en particulier sur l'opportunité de la création ou du raccordement à un réseau de chaleur ou de froid ayant recours aux énergies renouvelables et de récupération». Les choix réalisés dans le cadre d'un aménagement engageant la collectivité et les occupants sur plusieurs dizaines d'années. En matière d'énergie, ces choix ont une conséquence directe sur le coût pour les usagers, l'impact sur le climat et sur l'environnement. Ils doivent donc être justifiés par une analyse objective, prenant en compte les investissements, les coûts d'exploitations/maintenance et les avantages et inconvénients de chaque énergie. Une étude EnR a donc été réalisée en février 2020 par Agi2d, en parallèle de l'étude d'impact. Elle avait pour objectif d'**identifier le potentiel de mobilisation des EnR et de récupération à l'échelle du nouvel aménagement du quartier Concorde**, à partir des besoins énergétiques déterminés. En conclusion, il a été mis en avant l'intérêt d'un scénario couplant le recours au **réseau de chaleur et du solaire photovoltaïque ou thermique**.

Ce scénario permet d'atteindre le niveau de performance **E3** selon le label E+C- pour l'ensemble de la ZAC, correspondant à une diminution des émissions de GES de **95 TqCO₂/an** à l'échelle du quartier **par rapport à un scénario de référence gaz**. Le recours à la géothermie est également possible mais le coût d'investissement

reste important et ne permettrait d'alimenter qu'une partie des bâtiments de la ZAC.

Fort de ces enseignements, deux nouvelles études ont été lancées au printemps 2021 :

- La première réalisée par le BE INEX, viendra compléter la production d'Agi2d pour définir la faisabilité technique et économique de la mise en œuvre de ce scénario. Elle procédera également à une mise à jour consécutive aux dernières évolutions réglementaires (notamment sur le PV) et traduira les ambitions énergétiques du projet, davantage formalisées depuis.
- La seconde réalisée par les BE Tilia et SWA, déterminera les conditions de montage de la centrale PV en autoconsommation collective sur le talus acoustique de Concorde. Une étude de potentiels réalisée en 2019 avait déjà permis de quantifier les éléments suivants :
 - Potentiel de puissance crête de 220 à 440 kWc, selon le maintien ou non de la végétation sur le versant sud du talus, côté autoroute (soit environ 231 à 463 MWh/an de production)
 - Investissements initiaux : 200 à 400 k€
 - Gain sur la facture d'électricité de l'ordre de 250 € (pour une puissance de 220 kWc) à 290 € (pour une puissance de 440 kWc) par logement par an, sur 30 ans, dans l'hypothèse où 100 logements sur le quartier seraient raccordés à la centrale.

2) Cahier des prescriptions architecturales environnementales et paysagères (CPAUEP)

Pour l'ensemble de la ZAC, la philosophie prônée par le CPAUEP d'un point de vue énergétique est,

3.2. Considérer les usages dans le temps : programmer & concevoir avec des stratégies urbaines de sobriété et de circularité

a) Les deux principes de sobriété et de circularité dans une approche énergie carbone

Deux principes d'urbanisme durable (qui convergent sur plusieurs notions et approches) permettent d'aborder une stratégie carbone et énergie sous l'angle des usages, déjà présents et en évolution dans les PRU :

- contributeurs des **déplacements, des déchets, alimentations et biens, voire dessertes énergétiques**;
- ou parce qu'ils renvoient à des **stratégies sur le fonctionnement urbain et l'exploitation/vie du quartier**.

Principe 1 : La sobriété, ou comment réduire les besoins, modérer la production

et consommation de produits, matières, énergies

La sobriété est « une notion ancienne plus que jamais d'actualité, elle regroupe des réalités multiples à travers des démarches de frugalité, simplicité, zéro gaspillage, efficacité, sobriété énergétique, ou encore de déconsommation. Le dénominateur commun de ces approches est la recherche de **modération dans la production et la consommation de produits, de matières, ou d'énergie** »⁴⁷.

L'association négaWatt⁴⁸ propose une grille d'analyse de la sobriété énergie et carbone en quatre niveaux :



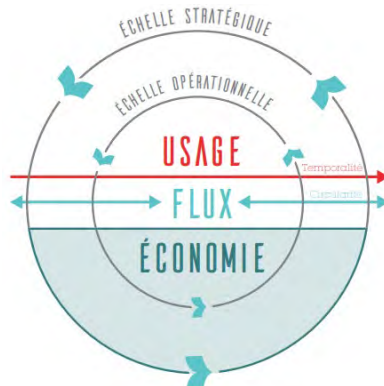
— **La sobriété dimensionnelle**, consistant à s'équiper au juste niveau par rapport à ses besoins (achat d'appareils électroménagers à la bonne taille par exemple).

— **La sobriété d'usage**, consistant à limiter le niveau et la durée d'utilisation de nos équipements (par exemple en programmant le chauffage selon sa présence).

En QPV, apparaît davantage que dans d'autres territoires une **sobriété «subie»** qui touche les ménages modestes par exemple en situation de précarité énergétique, se distinguant d'une **sobriété «voulue»** où les ménages réduisent par choix leurs consommations et productions.

Principe n° 2 : La circularité, ou comment boucler (réduire les dépendances, créer de valeur locale, limiter les rejets), optimiser, mutualiser-substituer.

L'économie circulaire est un ensemble de pratiques visant à préserver et **mieux utiliser les ressources naturelles**, un nouvel état d'esprit et le **passage d'un modèle linéaire** d'extraction, transformation, consommation et rejet des ressources **à un modèle de circularité** de bouclage de flux, mutualisation, recyclage des espaces urbains, transformation de l'existant et d'intensification des usages. L'ADEME a précisé la notion d'**économie circulaire appliquée à l'urbanisme et l'aménagement** à l'échelle des **territoires et des projets** à travers trois principes de **flux, usages et nouveaux modèles économiques**.



47. ADEME, Florian Cezard, Marie Mourad : Panorama sur la notion de sobriété, Collection Expertises. 2019 : <https://www.ademe.fr/panorama-notion-sobriete>.

48. Source : association négaWatt : <https://negawatt.org/La-sobriete-energetique>.

Les outils de l'ADEME : intégration de l'économie circulaire aux projets urbains



ADEME, Livre blanc : <https://bibliothèque.ademe.fr/dechets-economie-circulaire/1169-economie-circulaire-un-atout-pour-relever-le-defi-de-l-amenagement-durable-des-territoires-9791029711817.html>;

Guide économie circulaire et urbanisme : <https://www.ademe.fr/guide-economie-circulaire-urbanisme>

b) Recommandations sur les principaux contributeurs carbone et énergie d'un QPV : déplacements, alimentation-sols-eau-végétation, déchets

La mise en place d'une stratégie énergie carbone pour un PRU, axée sur les usages et la programmation, doit viser une plus grande **performance énergétique**, et orienter vers **des choix de CO₂ évités, réduits, compensés** par des **principes de sobriété, et de circularité** à toutes les étapes de vie du quartier.

Les leviers et recommandations de cette stratégie peuvent se traduire également spatialement :

- à l'échelon **stratégique territorial** (planification, politiques publiques, projets hors QPV);
- à l'échelon **opérationnel** dans la programmation du PRU sur l'ensemble du quartier, **sur les espaces publics, ou sur les îlots et bâtiments.**

I. DÉPLACEMENTS DES PERSONNES ET APPROVISIONNEMENTS, MOBILITÉ ET MIXITÉ FONCTIONNELLE

La **stratégie énergie et carbone** sur ce champ vise à :

- réduire les émissions de CO₂ générées par les déplacements de personnes, d'interventions de gestion, d'approvisionnements;
- promouvoir des modes de déplacements décarbonés et limiter la consommation d'énergies fossiles;

- limiter l'impact de l'énergie consommée et du stock de carbone lié aux infrastructures (routes, stationnement, etc.).



Trois leviers, déclinés en enjeux pour le PRU, et en orientations programmatiques à l'échelle des espaces publics, et des îlots et bâtiments :

- 1. Programmer selon une logique de quartier / ville des proximités**, et d'approvisionnements vertueux, pour réduire et optimiser les distances.
- 2. Développer une offre de mobilités alternatives** à la voiture individuelle, et décarbonées.
- 3. Apaiser et régénérer des espaces extérieurs** stérilisés par des logiques routières et fonctionnelles, et intégrer la voiture à une juste place.

2. Développer une offre de MOBILITÉS DÉCARBONÉES & ALTERNATIVES à la voiture individuelle

ENJEUX dans le PRU	Pistes de SOLUTIONS	
	à l'échelle des ESPACES PUBLICS	à l'échelle des ÎLOTS et BÂTIMENTS
Modes actifs : mettre en place un système vélo (services, stationnements, infrastructures) et des espaces dédiés et partagés pour les piétons et cyclistes .	- Aménager des itinéraires vélos sécurisés, apaisés et adaptés (zones 30, de rencontre; bandes ou pistes cyclables, voies vertes, autoroutes vélos). - Développer une offre de stationnement sécurisé dans les espaces publics (consignes, arceaux). - Intégrer une offre de locations en libre-service (VLS): type Vélib', Vélo'v, etc. - Développer des ateliers de remise en selle et d'apprentissage du vélo. - Concevoir des parcours piétons, sportifs, de sensibilisation à l'environnement (eau/biodiversité), de promenade et/ou d'activité physique, etc.	- Dimensionner et anticiper la gestion et sécurisation des locaux de stationnements vélos et poussettes accessibles, bien dimensionnés, confortables (éclairés, points d'eau) et évolutifs (réparation, vélos électriques, vélos cargos). - Intégrer des services de location vélos longue durée / dont offre vélos à assistance électrique (VAE); et de services-ateliers de réparation et de locations de vélos, sensibilisation et remise en selle.
Management de la mobilité : organiser l' intermodalité et le report vers les transports collectifs (TC), optimiser l' offre TC (fréquences, amplitudes, accessibilité); et développer des services et solutions de mobilité partagée et autres usages de la voiture .	Optimiser la desserte TC dans une logique de maillage et de points d'intermodalité ou pôle d'échanges multimodaux (PEM): gares ferroviaires ou routières / arrêts de bus / P+R (parc de stationnement réalisé à proximité d'une station de TC et conçu pour inciter les automobilistes à utiliser les TC), etc. - Encourager le report modal vers ces PEM ou mini PEM : accessibilité par les modes actifs/piétons; offre de stationnement et dépose pour le rabattement voiture. - Intégrer à l'espace public une offre d'autopartage (flotte de véhicules partagés). - Intégrer à l'espace public les mobilités émergentes (trottinettes, gyropodes, smartboard, monoroues, skateboard électrique...). - Anticiper l'installation de bornes de recharges électriques (voitures ou mobilités émergentes et VAE).	Programmer des centrales de mobilité – services de mobilité partagée et ses nombreuses déclinaisons possibles: informations, services, locations, réparations et garages solidaires, etc. - Programmer des P+R en ouvrage, réversibles, avec stationnements voitures et services intermodalité (vélos, TC, recharges électriques, etc.) et services « autres » (conciergeries, casiers logistique urbaine, etc.). - Intégrer les recharges pour véhicules électriques (voitures ou mobilités émergentes et VAE).

3. Apaiser et régénérer des espaces extérieurs stérilisés par des logiques routières et fonctionnelles, et intégrer la voiture à une juste place

ENJEUX dans le PRU	Pistes de SOLUTIONS	
	à l'échelle des ESPACES PUBLICS	à l'échelle des ÎLOTS et BÂTIMENTS
Clarifier, hiérarchiser les trames viaires et de circulation , de déplacement, dans une logique d'apaisement , de partage et cohabitation des modes, et d' optimisation de linéaire de voiries (mètres cubes de bétons et bitume évités).	- Organiser les sens de circulations dans une logique de réduction de vitesses, selon les fonctions circulatoires, les densités de population, les pôles générateurs, les types de profils, les contraintes de gestions (déchets, pompiers) et des sûreté (accidentologie, sécurité). - Mettre en place des zonages (aire piétonne, zone de rencontre limitée à 20 km/h, zone 30) et les aménagements correspondants, intégrant un partage avec les autres modes.	- Clarifier les espaces avant / arrière, espaces avec/sans voiture (dont stratégies de résidentialisation, cheminement et orientations des halls). Optimiser les accès voiture aux îlots et bâtiments (béton et bitume évités).
Optimiser les surfaces de stationnement et leurs accès (m ³ de béton et bitumes évités), par des stratégies de foisonnement (différentes temporalités et usages du stationnement entre les logements, commerces, activités), de mutualisations (regroupement du stationnement), et de réversibilité (changement d'usages).	- Appliquer les principes de foisonnement, mutualisation, et réversibilité (revêtements notamment) du stationnement à l'espace public (nappes et voirie). - Comprendre les besoins et les usages / temporalités de stationnement, et mettre l'offre (localisation, réglementation et prix) en adéquation avec les objectifs de parts modales et avec les offres alternatives à la voiture.	- Appliquer les principes de foisonnement, mutualisation, et réversibilité du stationnement aux îlots et bâtiments (extérieur, souterrain ou en ouvrage). Opter pour du stationnement collectif et non individualisé, éviter les box et cloisons (risques d'usages de caves et saturation de l'espace public).
Apaiser en réduisant la place du béton et bitume (émissions GES évitées voire stockage de carbone).	Intégrer à la conception des voiries et des stationnements les principes de désimperméabilisation et végétalisation (parkings végétalisés), le recours à des granulats recyclés issus de démolitions ou à des matériaux biosourcés.	Opter pour des parkings végétalisés.

51. <https://www.securite-routiere.gouv.fr/reglementation-liee-la-route/le-code-de-la-rue>.

II. ALIMENTATION ET BOUCLE «DU CHAMP À L'ASSIETTE AU CHAMP» – SOLS / EAU / VÉGÉTATION

La **stratégie énergie** et carbone vise à :

- Réduire les émissions de CO₂ générées par des circuits alimentaires longs, aux différentes étapes de la boucle (production, transformation, distribution, gestion des déchets organiques),
- Régénérer les sols (et leurs multiples fonctions), et permettre, par la végétalisation, désimperméabilisation, les apports organiques d'augmenter les pouvoirs de séquestration du carbone par les sols et la biomasse.
- Limiter l'impact de l'énergie consommée et du stock de carbone lié aux infrastructures du cycle de l'eau (potable, eaux pluviales, eaux usées).



Deux leviers, déclinés en enjeux pour le PRU, et en orientations programmatiques à l'échelle des espaces publics, et des îlots et bâtiments :

1. Structurer une **boucle alimentaire locale** selon les différentes étapes de création de valeur, à reterritorialiser : production, transformation et distribution, valorisation des déchets organiques
2. **En lien avec la mise en culture, régénérer les sols** (séquestration carbone et sols vivants), et intégrer une stratégie écosystémique de **gestion de l'eau** (limitant les rejets et les ouvrages) et de **végétalisation** (séquestration carbone par la biomasse, renforcement de la biodiversité, confort d'été et régulation des risques).

1. Structurer une BOUCLE ALIMENTAIRE LOCALE selon les différentes étapes de création de valeur, à reterritorialiser

ENJEUX dans le PRU	Pistes de SOLUTIONS	
	à l'échelle des ESPACES PUBLICS	à l'échelle des ÎLOTS et BÂTIMENTS
Recenser le foncier mobilisable, et déployer plusieurs typologies et programmes d'espaces de production , et les modèles associés en lien à l'écosystème d'acteurs.	Espaces en frange de quartier / de superficie conséquente pour : — des jardins collectifs partagés, familiaux, pédagogiques; — des microfermes urbaines et des fermes périurbaines en pleine terre. Espaces interstitiels : comestibles (bacs, arbres fruitiers, ...), pour une place de l'animal en ville (poules, ruches, écopâturage, etc.).	— Fermes urbaines spécialisées, toitures terrasses ou parkings accessibles pour des cultures hors sol. — Espaces interstitiels comestibles (pieds d'immeubles, jardin collectif).
Développer une transformation et distribution locale, qui valorise les cultures et les savoirs faire (éventuellement créateur d'emplois), qui réduit les distances d'approvisionnement, et lutte contre le gas-pillage alimentaire .	— Marchés de producteurs, et espaces de livraisons de paniers AMAP, paniers solidaires. — Espaces de pique-nique.	— Locaux de RDC ou locaux à vocation économique et d'insertion : laboratoires de cuisines individuels ou mutualisés, légumeries, conserveries fixes ou mobiles, plateformes alimentaires de proximité, commerces alimentaires de produits sains, frais, locaux. — Locaux communs et polyvalents de RDC : distribution de paniers, ateliers culinaires et fêtes des voisins, cuisines partagées, frigos partagés et solidaires.
Collecter les déchets organiques (d'entretiens d'espaces verts et alimentaires) pour les valoriser (en matière-compost ou énergie).	— Collecter et valoriser les déchets d'espaces verts (élagage, feuilles mortes). — Dans le cas d'une massification de collecte des biodéchets (méthanisation, plateformes de compostage), intégrer les points d'apport volontaire biodéchets. — Mettre en place des composteurs collectifs dans le quartier et ses espaces plantés (compostage collectif), ou des poulaillers.	— Équiper les ménages et usagers de bio-seaux pour faciliter la collecte. — Déployer le compostage individuel en appartements (lombricompost), ou collectif dans les espaces extérieurs (avec formation de maîtres composteurs sous sensibilisation des responsables d'équipement et de leurs équipes).

52. La LTECV prévoit une généralisation du tri à la source des biodéchets d'ici à 2025. Les collectivités doivent offrir une solution de tri aux particuliers localisée (de type compostage individuel ou collectif, lombricompostage) ou centralisée (avec collecte pour valorisation en plateforme de compostage ou en unité de méthanisation). Les gros producteurs de biodéchets (plus de 10 tonnes) ont l'obligation depuis 2016 de trier séparément leurs biodéchets et d'assurer leur retour au sol.

2. Régénérer les sols, et intégrer une stratégie écosystémique de gestion de l'eau et de végétalisation (séquestration carbone, optimisation des infrastructures)

ENJEUX dans le PRU	Pistes de SOLUTIONS	
	à l'échelle des ESPACES PUBLICS	à l'échelle des ÎLOTS et BÂTIMENTS
Ménager les sols dans le temps et intégrer la trame brune dans la stratégie carbone (séquestration de CO₂), et dans une stratégie de renforcement de la biodiversité.	— Déployer une stratégie de désimperméabilisation des sols, en adéquation avec la trame bleue (gestion de l'eau), et la trame verte (stratégie de végétalisation). Éviter des fosses de plantations captives dans des sols inertes et maçonnés, privilégier une continuité des substrats. — Connaître les qualités intrinsèques des sols initiaux, et les enrichir (anthroposols, exemple de technique en « lasagnes »), et s'en servir comme base de création de biotopes (milieux rocheux / rupestres (enrochements pas exemple), milieux secs, milieux humides (couplé à une gestion alternative des eaux pluviales), diversification des sols (pH, granulométrie), microreliefs et faciès. — Développer une stratégie d'aggradation⁵³ : maintien de matière végétale caduque ou taillée, amendements organiques naturels (engrais naturel, compost, paillage, bois raméal fragmenté, etc.), apports en eau, choix de essences adaptées (activité microbienne, mycorhizienne, symbioses racinaires, etc.).	
Développer des solutions locales et maillées pour éviter une gestion de l'eau pluviale par des ouvrages enterrés gourmands en énergie et en carbone. Adopter une approche globale du cycle de l'eau qui préserve et économise la ressource en eau potable, limite les rejets d'eaux grises (eaux usées, eau pluviale), et déploie des dispositifs de récupération et réutilisation de l'eau pluviale.	— Déployer une stratégie de gestion de l'eau pluviale basée sur les grands invariants, et la topographie : bassins versants et sous bassins versants, axes d'accélération des ruissellements et réseaux, points de connexion et convergences en surface (ruissellement) et dans les réseaux. — Préciser les fonctions (ralentir ou freiner, disperser, récolter, infiltrer, stocker, etc.) visées par types d'espaces (espaces de pleine terre plantés, espaces publics, voiries) dans une logique de maillage pour éviter le surdimensionnement d'ouvrages. — Associer la stratégie de gestion alternative à une diversification des espaces végétalisés et milieux alimentés en eaux pluviales; capter et réutiliser les eaux pluviales non polluées ou dépolluées pour l'arrosage et pour le nettoyage des espaces extérieurs.	— Adapter les aménagements possibles, en privilégiant les systèmes alternatifs et aériens au tout enterré (noues, bassins aériens, espaces de tamponnement et pleine terre, etc.) selon les typologies d'espaces, et en adéquation aux caractéristiques des réseaux.
		— Déployer des solutions peu gourmandes en énergie ou carbone, pour récolter, ralentir, disperser, infiltrer, stocker : entoitures et à l'îlot (systèmes aériens dans les espaces perméables ou semi-perméables). — Mettre en place dans les logements et les équipements du matériel et des équipements hydroéconomes (réducteurs de débit ou de pression, mousseurs...)
Décliner une stratégie de végétalisation articulant les enjeux d'usages et gestion, de séquestration carbone par la biomasse, d'adaptation et de lutte contre les îlots de chaleur, et de renforcement de la biodiversité.	— Prendre en compte la trame verte et bleue dans le quartier, et les logiques d'espaces d'ancrages, stratégiques ou relais, de liens et continuités écologiques, et d'adaptation des milieux. — Intégrer les notions d'intensité et de densité végétale, et une variation morphologique des masses végétales : présence de strates (tapissante / rampante, basse, arbustive, arborée), stratégie de l'arbre ou de plantations (bosquets, arbres isolés, arbres alignés), végétation ou verte ou fermée. — Décliner une palette végétale adaptée aux conditions climatiques (micro ou macroclimatiques), intégrant une majorité d'essences locales, d'essences ingénieuses⁵⁴ ou parapluie⁵⁵ (mellifères, à floraison hivernale, fruitières, odorantes, etc.), avec des principes d'associations végétales (cortège végétal et reconstitution d'assemblages recensés dans les milieux naturels, logique d'habitats). — Déployer des niches faunistiques spécifiques aux espèces présentes dans les espaces extérieurs ou sur les bâtiments en exostructure végétale ou intégrée à l'enveloppe (hôtel à insectes, nichoirs à oiseaux, troncs, souches en décomposition pour espèces xylophages, abris pierreux pour reptiles, ruches, etc.) — Concevoir l'éclairage nocturne selon une trame noire et des principes raisonnés d'ambiance, de gradation, de nature de la lumière (tonalité, couleur), orientation du faisceau lumineux, préservation des zones de végétation, éclairage lumineux (lux) plafond, etc.	

53. L'aggradation en agroécologie et permaculture est un processus qui permet de reconstituer un sol vivant.

54. Une espèce ingénieuse peut par sa seule présence modifier significativement son environnement en faveur des autres espèces.

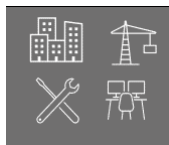
55. Une essence (ou espèce) parapluie en écologie désigne une espèce avec une étendue de territoire ou niche écologique.

Si elle est protégée, cette espèce permet la protection d'un grand nombre d'autres espèces.

III. DÉCHETS : RÉDUCTION, RÉUTILISATION / RÉPARATION, RÉEMPLOI, RECYCLAGE

En matière de gestion des déchets, la **stratégie énergie et carbone** vise à :

- en phase chantier, réduire les émissions de CO₂ générées par les approvisionnements de matériaux et par le traitement des déchets de chantier;
- en phase d'exploitation et de vie du quartier, réduire les émissions de CO₂ générés par les approvisionnements d'équipements pour les logements et par le traitement des encombrants (mobiliers et D3E);
- limiter l'impact de l'énergie consommée et du stock de carbone lié à la fabrication des produits et matériaux, par la réparation, réutilisation et réemploi.



Deux leviers, déclinés en enjeux pour les PRU, et en orientations programmatiques à l'échelle des espaces publics, et des flots et bâtiments :

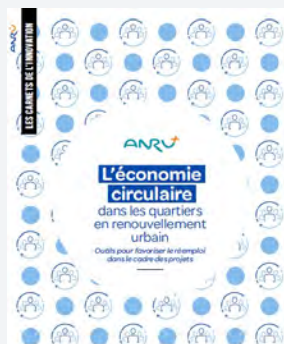
- 1.** Pendant la phase de réalisation des travaux du PRU, favoriser le **réemploi des matériaux et équipements issus de déconstructions sélectives et de démolitions**, et optimiser la valorisation des déchets de chantier vers des filières courtes de réemploi ou recyclage,
- 2.** Pendant la phase de gestion, encourager la **réduction, réparation, réutilisation, et le réemploi** des équipements du logement (mobilier, DE3, bricolage).

2. Pendant la phase de gestion : encourager la réduction, la réparation / réutilisation et le réemploi des équipements des logements (mobilier, D3E, bricolage)

ENJEUX dans le PRU	Pistes de SOLUTIONS	
	à l'échelle des ESPACES PUBLICS	à l'échelle des ÎLOTS et BÂTIMENTS
Encourager la réduction des déchets et des déplacements associés : sensibilisation, réutilisation.	— Sensibilisation à la réduction par la collectivité en compétence de la gestion des déchets et en appui au Plan local de prévention des déchets : Défis famille zéro déchets, ambassadeurs, actions dans les écoles, distribution d'autocollants «stop pub» pour les boîtes aux lettres, etc. — Sensibiliser et communiquer sur les acteurs du réemploi et de la réutilisation locaux : ressourceries et recycleries, structures de l'ESS, etc.	— Mettre en place des espaces de stockage avant statut de déchets, espaces favorisant le troc et l'échange d'équipements et matériels : local commun en RDC, maison de ressources, outillage avec casiers et étagères, buanderies partagées, etc.
Développer la réparation , le réemploi et la revente potentiellement créateurs d'emplois et de gains pour le budget des ménages.	— Mettre en place des dispositifs d'urbanisme tactique ou transitoires, chantiers participatifs : parcours et signalétiques urbains, mobiliers urbains, chantiers collectifs de jardinage, etc. — Programmer des dispositifs de types ressourceries / recycleries, fixes ou mobiles.	— Mettre en place des espaces et ateliers de réparations du type <i>Repair café</i>, espaces et ateliers de bricolage.
Accompagner la gestion des déchets encombrants (collecte vers recyclage et traitement).	— Intégrer des lieux de stockage d'encombrants intérieurs ou extérieurs aux bâtiments, protégés des intempéries et des incendies, organisation de collectes par la collectivité ou un prestataire.	

POUR ALLER PLUS LOIN

Le réemploi des matériaux issus des démolitions dans les PRU



Le secteur du bâtiment produit plus de 40 millions de tonnes de déchets dont 75 % d'inertes, 23 % de non dangereux, et 2 % de déchets dangereux.

Le réemploi de matériaux issus de la déconstruction de bâtiments existants est une piste prometteuse pour limiter l'impact énergie carbone des PRU.

Dans le cadre du NPNRU, environ 110 000 logements seront démolis ou déconstruits : le gisement de matériaux est donc très important. En parallèle, environ 100 000 logements devraient être construits et 150 000 réhabilités, ce qui nécessitera une grande quantité de ressources, sans compter les interventions sur des équipements publics et en aménagement général des quartiers. Le champ des possibles est large, et pour mieux l'adresser un guide spécifique a été réalisé par l'ANRU en 2020 à l'issue des travaux du groupe de travail du Club ANRU+ dédié à l'économie circulaire :

«L'économie circulaire dans les quartiers en renouvellement urbain : Outils pour favoriser le réemploi dans le cadre des projets»

<https://www.anru.fr/actualites/favoriser-le-reemploi-dans-vos-projets-de-renovation-telechargez-le-guide>

en désenclavant les quartiers et en apaisant les déplacements. Si elles sont couplées à des stratégies de **désimperméabilisation**, de **végétalisation des espaces extérieurs**, ces réponses contribuent à **diminuer de l'empreinte carbone du quartier** en allégeant le poids carbone lié à la mise en œuvre de matériaux de revêtements issus des énergies fossiles (enrobés de voiries ou de parkings) et en séquestrant par la biomasse, les sols, la végétation.

c) Le principe de réversibilité appliqué aux aménagements et bâtiments des PRU

Qu'il s'agisse de réemploi, de réutilisation ou de recyclage des bâtiments et aménagements, l'**adaptation de ceux-ci** conduit à intégrer des **principes de réversibilité et d'optimisation de surfaces** (par une intensification d'usages et

mutualisation). La réversibilité dans les aménagements ou les constructions est définie comme un **changement de fonction et d'usages au moment opportun**. Elle est une réponse à des **formes d'incertitudes**, et positionne un projet **dans le temps et l'espace**, selon un **horizon souhaitable** et potentiellement plusieurs **trajectoires possibles**⁵⁶. Clarifier les principes de réversibilité revient donc à **clarifier les données d'entrée** : types d'espace, temps, acteurs, ce qui semble **permanent ou invariant** (généralement géographiquement les sols, l'eau, le relief, l'orientation... voire des objectifs stratégiques donnés), et ce qui semble plus **incertain, provisoire ou réversible** (démontabilité, déconstruction), soit pour revenir à un **état initial**, soit pour évoluer et **accueillir d'autres usages et une seconde vie**.



56. Pour aller plus loin : ateliers « L'urbanisme réversible, un outil d'aménagement durable du territoire ? » dans le cadre du programme de recherche-action « Paysage, Territoire et Transition » : <http://paysages-territoires-transitions.cerema.fr/l-urbanisme-reversible-un-outil-d-amenagement-a177.html>;

De l'hypothèse de réversibilité à la ville malléable et augmentée, Villes, territoires, réversibilité, F. SHERRER, M. VANIER, 2013, Édition Hermann, p 205-219. Disponible sur : <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00957051/document>

AUCAME (Agence d'Urbanisme de Caen Normandie Métropole). La notion de réversibilité en urbanisme, Qu'en savons-nous n° 88, 2016 : https://www.aucame.fr/images/catalogue/pdf/QSN088_reversibilite.pdf

3.4. S'inspirer avec, et au-delà de l'approche énergie carbone

a) Des ÉcoQuartiers de renouvellement urbain

La démarche ÉcoQuartier, portée par les ministères de la Transition écologique et de la Cohésion territoriale et des relations avec les collectivités territoriales, favorise de nouvelles façons de concevoir, construire et gérer la ville durablement. Un ÉcoQuartier est un « *projet d'aménagement durable multifacettes, qui intègre les enjeux et les principes du développement durable à l'échelle de la ville ou du territoire* ».



Le référentiel correspond à une **grille de questions** que tout porteur de projet ou aménageur doit se poser dès le départ s'il projette de construire un ÉcoQuartier. L'objectif est de garantir la qualité des projets sur un **socle commun d'exigences fondamentales**.

Le label se décline en quatre étapes :

- L'étape 1 : l'ÉcoQuartier en **projet**
- L'étape 2 : l'ÉcoQuartier en **chantier**
- L'étape 3 : l'ÉcoQuartier **livré**
- L'étape 4 : l'ÉcoQuartier **confirmé**

Le socle commun d'exigences fondamentales se décline en **20 engagements**. Plusieurs d'entre eux permettent de se poser les questions préalables pour travailler sur la performance **énergie et carbone** des projets à l'échelle du quartier.

ZOOM SUR

La notion d'écoquartier dans le règlement général de l'ANRU relatif au NPNRU

Le règlement général de l'ANRU rappelle que « les porteurs de projet, en lien avec l'ensemble de leurs partenaires, **doivent s'appuyer sur une approche multicritères pour la réalisation du diagnostic urbain et la conception du projet** et fixer des priorités adaptées au contexte et enjeux locaux. Pour cela, **les collectivités sont invitées à s'appuyer sur la démarche ÉcoQuartier initiée**

par l'État et notamment son référentiel adapté au renouvellement urbain. Le porteur de projet doit fixer avec ses partenaires des cibles quantitatives et qualitatives liées aux objectifs prioritaires retenus pour le projet au regard des caractéristiques territoriales différenciées en matière de dynamiques économique, démographique et de marché du logement. »

L'engagement 17 est celui qui est plus directement relié à l'approche énergie et carbone :

— « **Viser la sobriété énergétique, la baisse des émissions de CO₂ et la diversification des sources au profit des énergies renouvelables et de récupération.** »

D'autres engagements sont reliés plus **indirectement à une approche énergie carbone** :

- l'engagement 3 (recherche d'optimisation du projet), l'engagement 4 (notion de cycle de vie);
- l'engagement 8 (relation étroite entre énergie, carbone, et d'autres déterminants de santé tels que la qualité de l'air, etc.);
- les engagements 12 et 13 (recherche de réduction des distances, ville des proximités et circuits

courts), l'engagement 14 (action sur les déplacements décarbonés);

- l'ensemble des cinq engagements de la dimension environnement et climat.

Les quartiers prioritaires en renouvellement urbain faisant l'objet d'une démarche ÉcoQuartier sont référencés sur la plateforme officielle : <http://www.ecoquartiers.logement.gouv.fr/carte-interactive/>

En date d'avril 2021, **66 quartiers ANRU font l'objet d'une démarche ÉcoQuartier**. Parmi eux, au moins onze se situent à l'étape 3 « ÉcoQuartier livré », le projet le plus abouti étant celui du quartier La Duchère à Lyon, premier et seul QPV labellisé au stade 4 à ce jour.

FICHE PROJET N° 16

Premier QPV labellisé ÉcoQuartier « confirmé » - Quartier La Duchère à Lyon (69)



Jardin des Belvédères - Crédits photo : Laurence Danière / Mission Lyon La Duchère

Contexte du projet

La rénovation urbaine du quartier de La Duchère, quartier de 120 hectares de grands ensembles des années 1960, situé dans l'ouest lyonnais, participe à la démarche d'agglomération visant la recherche d'un équilibre en matière d'habitat, de mixité sociale et fonctionnelle et de qualité de vie à l'échelle de la Métropole de Lyon. La Duchère fait partie des quatre sites (avec Rillieux-la-Pape, Vaulx-en-Velin et Vénissieux) du Grand Projet de Ville de l'agglomération lyonnaise. Celui-ci concerne au total 75600 habitants soit 7 % de la population du Grand Lyon, et 29000 logements (dont 83 % en HLM). Le Projet de Renouvellement Urbain qui sera achevé fin 2021 a vu la démolition de 1711 logements sociaux anciens et leur reconstitution à l'échelle de l'agglomération pour un rééquilibrage de l'offre locative sociale. Le PRU a programmé la reconstruction de 1875 logements aux typologies variées (accession libre et abordable, locatif libre, intermédiaire et social, logement étudiant...), permettant de ramener le taux de logement social à 56 % en 2021. Parallèlement, 1150 logements sociaux anciens

et 1180 logements privés (copropriétés anciennes) ont bénéficié de travaux de réhabilitation, afin d'améliorer le confort des occupants et les **performances thermiques des bâtiments**. Une concertation et une évaluation étroite a été menée avec les habitants et les différents partenaires. La première tranche de la ZAC a été achevée en 2014 et la seconde est en cours d'achèvement.

Actions mises en œuvre

D'abord centrée sur la diversification de fonctions et de l'habitat, la Métropole de Lyon et son aménageur la SERL ont progressivement évolué vers un urbanisme durable et ont mis en œuvre à La Duchère un certain nombre d'actions liées directement ou indirectement aux facettes énergie et carbone parmi lesquelles :

- dès 2001, une démarche environnementale sur le bâtiment, puis en 2008, avec une évaluation des premières étapes du projet, et une **Approche environnementale de l'urbanisme** (AEU) consécutive à l'appel à projets ANRU « Urbanisme durable et rénovation urbaine »;

b) Perspectives : vers des PRU bio-inspirés ?

Une véritable transition énergétique et environnementale nécessite de mener une **réflexion globale multithématique à l'échelle des territoires et sur le long terme**. Les chapitres précédents illustrent bien la transversalité des sujets à traiter, ne serait-ce que sur les seuls prismes énergie et carbone. Le défi à relever est

de taille et nécessite assurément un **changement de paradigme** par rapport aux pratiques actuelles.

La conception de projets urbains inspirés des principes du biomimétisme semble être une approche prometteuse.

DEFINITIONS

Bio-inspiration, biomimétisme, biomorphisme... ?

Le biomimétisme, par la compréhension et l'inspiration des systèmes vivants et en particulier des écosystèmes, regroupe plusieurs termes associés :

- « La **bio-inspiration** est le concept le plus englobant, puisqu'il désigne **l'ensemble des approches** créatives basées sur l'observation des systèmes biologiques.
- La **biomimétique** désigne l'approche visant à résoudre, par une coopération interdisciplinaire allant de la biologie à la technologie ou d'autres domaines de l'innovation, des problèmes pratiques par le biais de l'analyse fonctionnelle des systèmes biologiques, de leur abstraction en modèles, ainsi que le **transfert et l'application de ces modèles à la solution** (le velcro, inspiré par la graine de la bardane, ou "l'effet lotus" qui permet de concevoir des surfaces autonettoyantes, en sont des exemples).
- La **bionique** est une discipline technique qui cherche à reproduire, améliorer ou remplacer des fonctions biologiques par leurs équivalents **électroniques et/ou mécaniques** (le radar inspiré par l'écholocation des chauves-souris en est un exemple).
- Le **biomorphisme** consiste à s'inspirer des formes du vivant à des fins essentiellement **esthétiques**, et donc sans ou avec peu de préoccupations d'ordre fonctionnel ou technique (la piscine olympique de Pékin en forme de nid d'hirondelle en est un exemple).
- Le **biomimétisme**, enfin, désigne une **approche philosophique et conceptuelle** interdisciplinaire prenant pour modèle la nature afin de relever les défis du développement durable dans ses dimensions sociales, environnementales et économiques (les bâtiments inspirés des termitières qui régulent leur température sans apport d'énergie en sont des exemples). »⁶²

Si dans la nature « rien ne se perd, rien ne se crée, tout se transforme », **la ville doit s'en inspirer pour se renouveler sur elle-même** à rebours de l'étalement urbain. Les travaux ré-émergents sur le biomimétisme sont alors une opportunité à saisir pour changer les pratiques actuelles des projets urbains, en atténuer les impacts négatifs et maximiser les impacts positifs autant

en phase travaux que dans le **fonctionnement sur le long terme** des quartiers rénovés.

Pensés comme des écosystèmes naturels, les quartiers et villes de demain peuvent appliquer des **stratégies bio-inspirées** pour tendre vers des **modèles performants en énergie et en carbone**.

62. Emmanuel Delannoy, « Biomimétique, répondre à la crise du vivant par le biomimétisme », Éditions Rue de l'Échiquier – Mars 2021.

Le renouvellement dans le vivant

Les espèces vivantes maintiennent l'intégrité de leur organisme tout au long de leur vie par une grande diversité de processus tels que la mue, la cicatrisation, le renouvellement cellulaire, le renouvellement des feuilles, etc. La durée de ces phases de renouvellement varie suivant les groupes d'espèces : de quelques heures (mue des insectes, reptiles ou crustacés) à plusieurs semaines (renouvellement de la fourrure, peau, plumes) ou plusieurs mois (renouvellement des feuilles des arbres caduques). La mue – phénomène de **renouvellement total ou partiel** de l'enveloppe de certains animaux sous l'influence de la croissance, l'âge et des conditions du milieu – est une des stratégies biologiques privilégiées pour **maintenir la performance** de l'enveloppe d'un organisme. Elle peut être réalisée **ponctuellement** au cours de la vie de l'organisme (mue des arthropodes pour leur permettre de grandir) **ou de manière cyclique** (renouvellement des feuilles non persistantes chaque année). Les poils et plumes des mammifères se renouvellent par exemple chaque année afin de garantir des matériaux biologiques aux performances thermiques, acoustiques ou encore mécaniques constantes malgré les variations climatiques et l'usure auxquelles ces organismes sont soumis. Ces stratégies biologiques sont mises en œuvre suivant le cahier

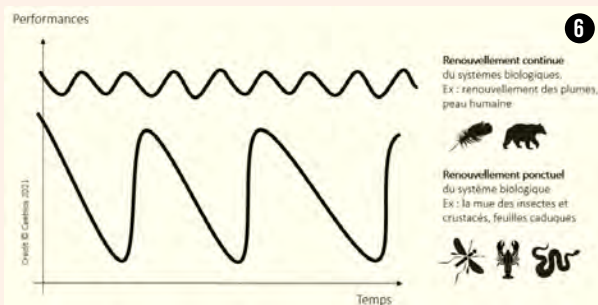
des charges du vivant : la mue est alors **réalisée dans des conditions de température et pression ambiante, et les « déchets » sont rapidement dégradés car recyclables** et compatibles avec la biosphère, **la nouvelle « peau » ou « enveloppe biologique » est un système multifonctionnel**, etc.

Renouveler le bâtiment (et le quartier?) par la bio-inspiration

Appliquées au bâtiment, deux stratégies différentes peuvent être mises en œuvre (Figure 6) :

— **Un renouvellement continu** du bâtiment pour assurer des performances constantes. Cette stratégie correspond à renouvellement ou une maintenance continue des matériaux de construction, systèmes de façade ou systèmes de chauffage, ventilation et rafraîchissement avant de n'être plus opérationnels (Figure 7).

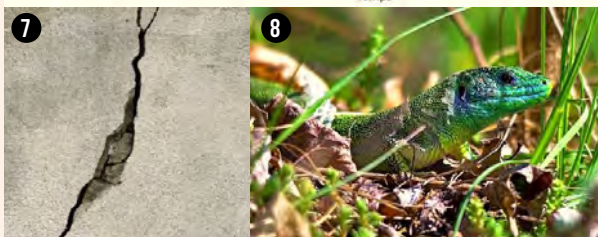
— **Un renouvellement ponctuel et cyclique** du bâtiment consécutif au déclin des performances de l'enveloppe, des systèmes de régulation thermique ou encore des matériaux. Telle une mue, les matériaux et systèmes constructifs employés pour un renouvellement ponctuel doivent ainsi être compatibles avec le cahier des charges du vivant, soit être produits à température et pression ambiantes, être 100 % recyclables et compatibles avec la biosphère (Figure 8).



• Figure 6. Deux stratégies de rénovations bio-inspirées. Crédit : © Ceebios 2021

• Figure 7. Béton autocicatrisant développé par l'université TU Delft (Pr. Henk Jonkers). Les bactéries encapsulées dans le béton entrent au contact de l'air lors de fissures et permettent la « cicatrisation » du matériau. Crédit : Licence Pixabay

• Figure 8. Mue d'un lézard vert occidental (*Lacerta bilineata*) réalisée à température et pression ambiantes. La peau issue de la mue est rapidement dégradée et recyclée par les micro-organismes du milieu de vie de l'organisme. Crédit : CC BY-NC-ND 2.0 Image Improbables.



Pour aller plus loin :

- Projets urbains bio-inspirés, Ceebios & BCL, 2020
- Synthèse État de l'art bio-inspiré, Ceebios, 2019
- Analyse comparative des façades bio-inspirées, E. Cruz, T. Hubert et al, 2021, Energy & Buildings
- La certification LBC – Living Building Challenge
- Travaux de recherche appliquée en biomimétisme de l'Université de Stuttgart : laboratoire ICD/ITKE

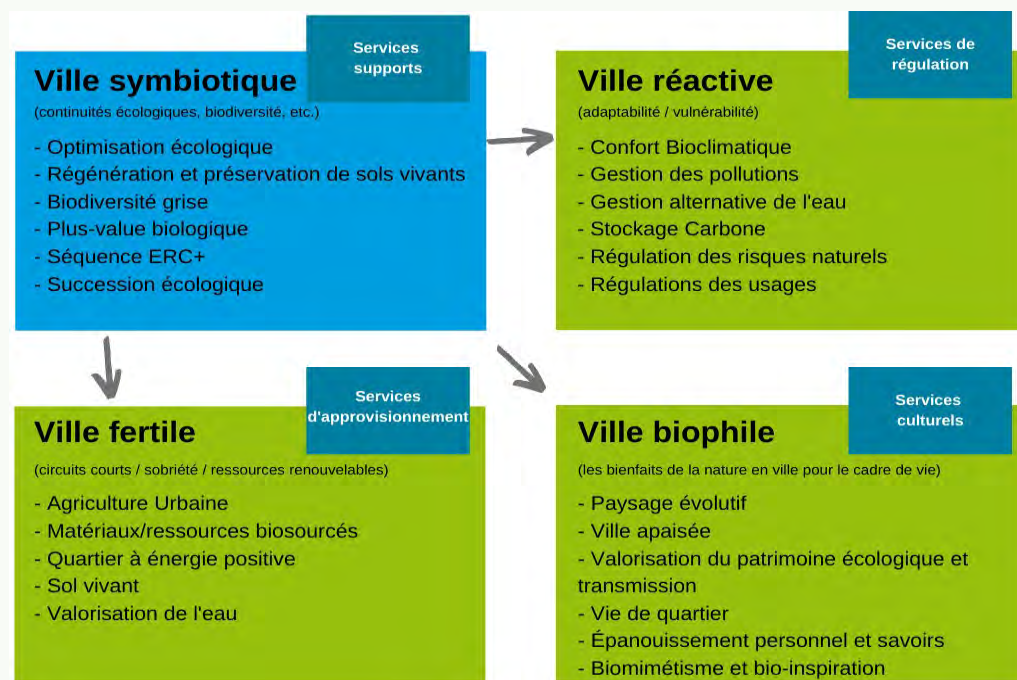
La démarche sur la recherche et promotion des SFN de Bordeaux Métropole

Iddigo, Orée, Pikaïa et l'Atelier TçPç accompagnent Bordeaux Métropole dans un accord cadre d'études, recherches, promotion et mise en œuvre de SFN **pour une métropole résiliente face aux vulnérabilités environnementales.**

La Métropole engage une démarche d'évaluation de la **capacité de résilience des projets urbains** et de leur **plus-value environnementale.**

Face à la raréfaction des ressources et la perte de biodiversité ou encore l'augmentation des événements climatiques extrêmes exposant territoires et populations à des risques toujours plus forts, Bordeaux Métropole souhaite renforcer sa culture de l'aménagement durable pour affronter ces enjeux et en tirer un bilan positif. **La nature est ainsi perçue comme source de solutions pour le projet urbain** pour à la fois favoriser

la résilience face aux vulnérabilités environnementales qui touchent le territoire, et tirer avantage des multiples plus-values dont la nature est porteuse. Dans le cadre de la mission, une **charte** (pour comprendre et s'engager) et une **boîte à outils** ont été mises en place, permettant de mettre en œuvre les SFN dans les projets, évaluer et enrichir les projets, et promouvoir une culture d'aménagements résilients. La charte développe 5 notions (définition des SFN, défis de société, services écosystémiques, services rendus par la nature, plus-values et bénéfices pour la nature) et un modèle urbain de ville résiliente à travers **4 piliers : la ville symbiotique** (services de supports) ; **la ville réactive** (services de régulation) ; **la ville fertile** (services d'approvisionnements, production de biens par les écosystèmes) ; **la ville biophile** (services culturels, sociaux).



Piliers du modèle de Ville résiliente, basés sur les services écosystémiques, charte des Solutions fondées sur la nature – Source : Bordeaux Métropole, Iddigo, Orée, Pikaïa, TçPç

Avec les habitants

4.1. Les étapes d'implication des habitants dans une démarche de performance énergie carbone

Une démarche de performance et notamment desobriété peut être initiée à différentes échelles (bâtiment, opération, quartier) et différentes étapes du cycle de vie d'un projet. L'approche à adopter

est différente en fonction du niveau d'avancement :

- _____ avant de se lancer (il est nécessaire de clarifier les objectifs, la stratégie et la méthodologie, en posant les questions essentielles et en orientant les diagnostics sur ces enjeux spécifiques);
- _____ lors de la conception du PRU;
- _____ lors du chantier et à la livraison;
- _____ après travaux, pendant l'exploitation des bâtiments et la vie du quartier.

a) Avant de se lancer dans une démarche de performance avec les habitants, les questions à poser

Le lancement d'une démarche de performance et sobriété d'usage avec les habitants implique de poser les bonnes questions en préalable, pour **clarifier la stratégie.** (cf. tableau)

b) Lors de la conception : concerter les habitants

Dans le cadre des PRU, **une inclusion précoce et continue des habitants dans la conception du projet** (rénovations, constructions neuves, ou aménagements) permet de faciliter à terme l'efficacité des travaux menés et l'évolution des comportements en faveur de la maîtrise des consommations énergétiques et de la diminution des émissions de GES, en favoriser **l'appropriation du projet et l'acceptabilité des travaux (voire la décision de les engager pour le cas des copropriétés privées).**

Les habitants sont les meilleurs experts des pratiques énergétiques et environnementales de leur logement et de leur quartier. À ce titre, ils peuvent apporter des éléments de diagnostic intéressants pour les concepteurs, liés à leur maîtrise d'usage, détecter des difficultés potentielles au regard du projet proposé, voire être force de propositions pour concevoir des aménagements permettant de limiter leurs émissions de carbone ou leurs consommations énergétiques à terme.

DEUX EXEMPLES CONCRETS :

- *À l'échelle du logement, la cuisson de certains aliments induit l'émission de grandes quantités de vapeur d'eau, ce qui peut conduire à ouvrir la fenêtre quelle que soit la période de l'année pour l'évacuer. Des hottes ou systèmes de ventilation adéquats peuvent être une réponse adaptée aux besoins de ces locataires, tout en limitant les déperditions énergétiques du bâtiment en hiver.*
- *À l'échelle du quartier, la participation des habitants en amont d'un projet d'autoconsommation collective photovoltaïque facilitera leur adhésion au projet et sa rentabilité.*

Les habitants auront **plus de facilité à adopter les bonnes pratiques associées aux solutions techniques qu'ils auront eux-mêmes contribué à retenir.** Le lien entre « expertise d'usages » et « expertises techniques » ne peut se faire que si les modalités de contribution, voire de coconstruction du projet, sont anticipées et mises en place dès le départ. Les pratiques des maîtrises d'ouvrage et des urbanistes et architectes, comme le planning du projet, doivent ainsi être adaptés pour le permettre.

D'un point de vue organisationnel, la stratégie de participation doit se définir en amont du projet, pour ensuite l'explicitier aux différentes parties prenantes (objectifs, contenu, calendrier, modalité

d'animation, etc.). Les techniciens devront notamment vulgariser leurs discours et adopter un esprit d'ouverture pour pouvoir dialoguer efficacement avec les habitants, tandis que ces derniers devront posséder sinon acquérir un minimum de connaissances pour se sentir légitimes et capables d'adapter ou d'enrichir les propositions des concepteurs, et pour appréhender la plus-value concrète des interventions envisagées dans le cadre du projet sur leur vie quotidienne.

En matière de planning, il s'agira à la fois de dégager du temps pour permettre d'intégrer les habitants au process et de faire vivre la dynamique tout au long du PRU. En effet, la temporalité de ce type d'opération peut sembler longue pour les habitants, qui risquent de se désengager progressivement. Tous ne voudront pas ou ne pourront pas s'impliquer de la même manière (contraintes personnelles et professionnelles). **Un petit groupe d'habitants « moteurs » ou « d'ambassadeurs du changement »** peut ainsi émerger au cœur de la dynamique de coconstruction (ayant à la fois l'envie et la possibilité de dégager du temps pour s'impliquer dans l'opération), à l'image des « défis familles à énergie positive », tandis que les autres pourront être intégrés dans le dispositif de manière moins soutenue. Ils devront néanmoins faire l'objet de mesures de concertation régulières pour s'assurer de leur adhésion au projet.

Au-delà de l'aspect pratique, **rendre les habitants parties prenantes de l'opération** a une forte dimension symbolique : elle **renforce leur pouvoir d'agir**, et leur apporte une certaine forme de **reconnaissance sociale**. Cet aspect est d'autant plus crucial que l'opération en QPV cible par définition un public pour l'essentiel en difficulté ou fragilisé. L'intérêt et l'écoute qui leur sont portés peuvent ainsi les inciter à adopter les comportements attendus.

Le logement et le quartier sont des objets urbains mais avant tout sociaux, généralement porteurs d'une identité, d'une mémoire et donc d'une forte empreinte sentimentale et affective. Or, les aménagements et rénovations supposent parfois un relogement et donc un déménagement, parfois des travaux en sites occupés à l'intérieur du logement et d'espaces intimes, ce qui peut être vécu comme une intrusion, créant de la peur, de la défiance, voire des stratégies de sabotage de la part de certains habitants. **L'implication active des habitants dès l'amont**

du projet permet de prévenir ces situations critiques et la défiance globale vis-à-vis de l'intervention sur le cadre de vie immédiat : prendre le temps d'expliquer pourquoi il y a des travaux, comment cela va se passer, répondre aux questions des locataires, adapter le projet initial à leurs contraintes et aspirations... La phase de préparation du chantier permet ainsi de limiter les conflits et de faciliter le respect du planning, dans une logique nécessairement forte d'accompagnement du changement.

c) Lors du chantier et à la livraison : favoriser la bonne appropriation du nouveau logement

Une fois le chantier engagé, les habitants ont peu de marge de manœuvre pour orienter le projet.

L'essentiel du travail portera sur l'(in)formation et la sensibilisation des habitants, et sur le traitement des nuisances qui peuvent être générées par le chantier (nuisances sonores, accessibilité des espaces, déchets de chantier...). Cette sensibilisation et cet accompagnement en continu permettent d'anticiper **l'appropriation des espaces extérieurs et des nouveaux systèmes énergétiques mis en place dans les bâtiments et les logements.** En effet, certains dispositifs exigent des explications approfondies pour comprendre comment ils fonctionnent, voire questionnent ou induisent en erreur les usagers. S'ils n'ont pas fait l'objet de rénovation efficace auparavant, les bâtiments existants dans les PRU peuvent présenter des problématiques en matière de confort (problèmes d'étanchéité à l'air, problèmes acoustiques, etc.). Dans l'attente de travaux, les habitants développent des stratégies d'adaptation, qui peuvent dans certains cas aller à l'encontre de la sobriété énergétique, du confort, de la santé, de la qualité de l'air... Une fois la rénovation réalisée, l'enjeu est de **permettre une réadaptation au nouveau logement** qui implique une évolution des habitudes.

DEUX EXEMPLES CONCRETS :

• Les radiateurs basse température donnent l'impression qu'ils sont froids ; certains habitants pensent qu'ils sont cassés ou inefficaces. Dans le cas de travaux en site occupé, les entreprises jouent parfois un rôle en sensibilisant individuellement les locataires aux nouveaux dispositifs dès la phase travaux (ex. : un bailleur social rennais demande aux entreprises de fournir directement une formation aux habitants sur les systèmes qu'ils installent).

tel écogeste (comme peut le faire une affiche), **mais lui transmettre cette donnée n'induit pas forcément chez l'utilisateur un changement de pratique.**

L'information ne se suffit pas à elle-même si elle n'est pas associée à des **mesures de sensibilisation qui permettent d'abord de rendre réceptif** le public à ce sujet, **puis de l'inciter à agir.** L'ADEME, dans son avis sur « *les compteurs communicants pour l'électricité (Linky)* » (septembre 2018), précise ainsi que si l'accès à une information plus précise est une opportunité de mieux comprendre sa consommation d'énergie, il est nécessaire d'engager des actions de pédagogie et de conseils pour accompagner les ménages, et ce à différentes échelles (fournisseurs d'énergie, collectivités, bailleurs sociaux, etc.). La coordination des messages et des actions est primordiale, afin que l'ensemble des acteurs qui interviennent auprès

de ce public aient un discours cohérent qui fasse sens pour l'utilisateur et pour le logement dans lequel il vit.

Enfin, attention à la réutilisation de supports existants : pour être pertinent, le message doit être construit **en fonction des spécificités du quartier** et des bâtiments, en connaissant finement les équipements présents sur site et leur fonctionnement (aération des pièces, nettoyage de la VMC, régulation du chauffage...), le tout en articulation avec les actions déployées dans les politiques publiques et documents de planification à l'échelle territoriale.

Le chapitre suivant présente des exemples de **démarches et outils** innovants à disposition des acteurs du renouvellement urbain **pour faciliter l'implication des habitants.**

POUR ALLER PLUS LOIN

L'accompagnement au changement

L'ADEME développe des axes de formations et ressources sur l'accompagnement au changement comme moteur de la transition énergétique et écologique :

—— Guide sur la prise en compte de processus psychologiques, sociologiques et psychosociologiques dans les stratégies d'actions :

<https://www.bretagne.ademe.fr/sites/default/files/changer-comportements.pdf>

—— Offre de formation gratuite en e-learning : « Acquérir les fondamentaux du changement de comportement ! » :

<https://bourgogne-franche-comte.ademe.fr/sites/default/files/plaquette-espace-ressources-e-learning.pdf>



a) Le Smart Home

Le logement « intelligent » ou Smart Home rassemble différents objets sous systèmes connectés et dispose d'une centralisation de l'ensemble des données sur une interface faisant office de tableau de bord du logement. L'utilisateur peut renseigner et faire évoluer ses paramètres de confort (température, luminosité...), mais le dispositif peut également intégrer un ensemble d'autres règles telles que la **maîtrise des consommations énergétiques**.

Le système peut ainsi engager des actions automatiques, comme éteindre le radiateur d'une pièce lors de l'ouverture de la fenêtre. Des alertes peuvent y être associées, afin de prévenir l'habitant (lors d'une intrusion par exemple). Le niveau « d'intelligence » du logement dépend du nombre de capteurs, d'actionneurs et de règles.

Les points clés d'une solution Smart Home pour une opération dans un QPV :

— L'importance de l'accompagnement :

si le potentiel d'innovation théorique existe, il y a cependant un risque quant à l'utilisation réelle de l'outil par les utilisateurs. Ce type de projet fonctionne bien actuellement pour les populations déjà très connectées, mais n'est pas forcément adapté à tout public (différence de modes de vie entre populations, jeunes actifs, retraités, familles). Un projet développé par un bailleur social lyonnais semble avoir connu un succès mitigé en raison d'incompréhensions concernant la plateforme mise en place, dont l'appropriation par les habitants n'aurait pas été totalement au rendez-vous. La sensibilisation et l'accompagnement des ménages dans l'utilisation de ce nouvel outil sont primordiaux.

— La facilité d'utilisation et l'ergonomie

des interfaces : elles devront être au cœur du développement de l'action, pour, en complément d'une démarche d'accompagnement, faire naître intuitivement de nouveaux usages et comportements performants.

— **La sécurité des données :** elle est indispensable, d'où la nécessité absolue, pour rassurer les utilisateurs, d'une transparence

de la part des différents acteurs dans la gestion des données. Il est également essentiel de permettre la maîtrise et l'extraction des données par l'utilisateur.

— L'anticipation de l'évolution des

technologies : l'infrastructure et le bouquet de services doivent être en capacité d'évoluer pour permettre l'intégration de nouveaux appareils ou le développement de nouveaux services. Ces deux systèmes doivent pouvoir évoluer de manière différenciée pour éviter ou diminuer les risques d'obsolescence du système.

— Si le locataire est équipé d'un smartphone sans connexion Internet : il sera possible d'utiliser une application en local depuis le logement pour connaître ses consommations d'électricité et pour piloter le chauffage ainsi que les prises de courant et l'éclairage.

— Si le locataire est équipé d'un smartphone avec une connexion à Internet : il sera alors en capacité de connaître à distance l'état de son logement mais également de le piloter : allumer le chauffage, connaître sa consommation d'électricité, se fixer un cap de consommation à ne pas dépasser, ou encore d'avoir accès à distance à son détecteur incendie et recevoir une notification en cas de déclenchement de l'alarme.

Le locataire peut aussi choisir à tout moment d'éteindre le logement connecté via un bouton physique. Cette solution est déployée sans surcoût pour le locataire : pas d'augmentation de loyer, de charges, ou de frais d'abonnement. L'application est également complètement gratuite.

Actions mises en œuvre

Le projet a été lancé fin 2018, et a abouti dès mars 2019 par l'inauguration d'un démonstrateur sous la forme d'un logement témoin au sein du siège de l'entreprise à Versailles. Ce démonstrateur a permis d'initier la démarche de concertation avec l'ensemble des acteurs (dont les associations de locataires, les gardiens ou encore la maîtrise d'ouvrage) de mars à septembre 2019. Afin de choisir la solution la plus adaptée, une démarche de concertation a été mise en place pour la coconstruire avec l'ensemble des acteurs concernés. Plusieurs solutions existantes sur le marché ont été étudiées ; l'objectif était d'identifier la solution la plus compréhensible possible pour l'ensemble des locataires. Cette démarche de coconstruction a permis de sélectionner l'une des solutions existantes mais pour laquelle un certain nombre de développements spécifiques ont été demandés au prestataire afin de répondre très précisément aux besoins. Après une phase test début 2020, sur une résidence d'une trentaine de logements, la massification a été lancée depuis la fin du mois d'août 2020 avec l'installation sur 100 % des opérations du bailleur. L'installation représente un facteur de réussite important, c'est pourquoi propose une formation gratuite à l'attention des électriciens en charge de la pose.

Facteurs de réussite

— **Proposer une offre adaptée au contexte et aux besoins** : il existe un grand nombre d'acteurs et de solutions sur le marché. Des études sur

les besoins réels des locataires sont nécessaires pour proposer une offre spécifique utile.

— **Rassurer les locataires sur la sécurité du dispositif, et en particulier des données :**

les données sont stockées directement dans le logement, le bailleur n'a pas la possibilité de contrôler ou de suivre les consommations ou informations relevées.

— **Avancer sur des engagements responsables :**

le choix s'est porté sur un fournisseur basé en France dont le cœur de l'offre est conçu et fabriqué en France. Un travail a été réalisé pour réduire les emballages et assurer le recyclage des déchets électroniques dans des filières spécialisées.

— **Respecter un budget :** l'objectif a toujours été

de proposer un service de qualité sans augmenter les dépenses des locataires. Il a donc été recherché le meilleur ratio de qualité et de service pour un coût maîtrisé. Cela passe par des développements spécifiques et des technologies plus durables afin de réduire les effets de l'obsolescence sur le moyen et le long terme. Le protocole de communication choisi permettra notamment d'ajouter une liste d'équipements compatibles, pour permettre au bailleur ou au locataire de développer son propre logement connecté sans intermédiaire.

— **Limiter l'effet gadget :** Le logement connecté peut offrir de nombreux services qui peuvent sur le long terme s'apparenter à du gadget. Le risque identifié était une moindre utilisation par des locataires au bout de quelques semaines ou mois, passé l'effet de nouveauté. La pédagogie et la communication sont donc au centre de la démarche pour accompagner les locataires dans leurs usages : présentation en amont de l'installation, explication du fonctionnement le jour de l'installation, nouveau rendez-vous un mois après (pour répondre à des questions plus concrètes), mise en place de vidéos sur YouTube, mode d'emploi en format dépliant, hotline téléphonique gratuite et formation des gardiens pour accompagner les locataires et les aider à utiliser leur logement.

Bilan

Le déploiement est trop récent pour un bilan chiffré, la réduction des consommations pourra être communiquée après un an d'utilisation en euros économisés par les locataires ainsi qu'en émissions de CO₂ évitées. La réduction de consommation attendue est de l'ordre de **-5 à -15 %**. Un premier bilan qualitatif

appareils de mesure (température, qualité de l'air...). L'utilisateur sera accompagné dans son utilisation de ces outils via la mise en place d'un accompagnement spécifique : information, sensibilisation, formation.

b) Les maquettes 3D

La maquette 3D d'une opération, c'est-à-dire sa représentation en trois dimensions, permet de s'immerger dans le projet de manière assez concrète et évolutive, quels que soient son niveau d'avancement et sa taille. Elle peut être utilisée à l'échelle d'un projet de bâtiment ou à l'échelle d'un projet urbain. En approche énergie carbone, elle peut être utile aux équipes de conception pour optimiser les aspects bioclimatiques, en matière d'ensoleillement ou d'aérodynamique par exemple, mais elle peut aussi avoir un objectif pédagogique en facilitant l'interaction avec les habitants.

La maquette 3D peut être un **support innovant d'échanges dans le cadre d'une stratégie de sensibilisation ou de concertation**. Elle peut être

mise à disposition du public sous différents formats (web, tablette, smartphone) en fonction des objectifs et de la démarche d'animation qui lui sont associés. Elle sert à **anticiper la gestion future** de l'opération et à réaliser plus facilement des **arbitrages** en cours de projet avec ses différentes parties prenantes (habitants, bailleurs, etc.). Au-delà de la représentation graphique, elle permet en effet d'analyser et de **simuler les comportements** du bâti et de ses habitants selon les modifications proposées. La maquette 3D offre ainsi la possibilité de montrer les résultats de scénarios ou actions liées directement ou indirectement à la performance énergétique et environnementale, ce qui peut s'avérer un **moyen ludique pour mobiliser** les habitants sur ces enjeux.

Les retours d'expérience montrent que la **complexité de certains outils** ne permet pas toujours à tous les habitants de se l'approprier. La maquette 3D peut être utilisée avec des petits groupes d'habitants (dix personnes), formés au préalable, dans le cadre de démarches de coconstruction.

ZOOM PROJET

Maquette 3D du quartier comme support pour inciter à la sobriété énergétique – à Saint-Denis de La Réunion (974)

Une maquette numérique du quartier est en cours de développement pour le suivi du projet urbain Prunel (Projet de Rénovation urbaine Nord Est Littoral) à Saint-Denis de La Réunion. Cet outil de communication visuel devra permettre de mieux appréhender la dynamique du projet urbain et d'en faciliter la compréhension des aspects programmatiques, spatiaux et temporels, et sera accessible au grand public.

L'idée, en cours d'études, serait d'intégrer un volet énergie (électricité, et éventuellement l'eau) à la maquette 3D du quartier afin de **rendre visualisables les consommations des différents bâtiments de manière ludique et pédagogique**, pour une prise de conscience du sujet et de ses enjeux par la population. Cette maquette pourrait utiliser un jeu de couleurs pour mettre en avant les îlots les plus vertueux (couleur verte) ou les plus consommateurs (couleur rouge) en fonction de seuils définis. Une **démarche d'animation** serait mise en place

autour de la maquette pour permettre à la population de s'approprier l'outil, la comprendre, dans le but de réajuster leurs consommations et ainsi réduire leurs factures. Des animations à l'échelle du quartier permettraient **de récompenser les meilleures performances ou l'atteinte d'objectifs** prédéfinis, par exemple à l'échelle de plusieurs îlots constitués en équipes. La maquette numérique pourrait également permettre d'alerter les services de proximité des bailleurs qui mettraient alors en place des **actions correctives** pour diminuer les consommations trop élevées, ou servir de base d'arbitrage pour prioriser des travaux, ou actions de sensibilisation. Le point dur actuellement à l'étude concerne la faisabilité et les conditions de récupération des données de consommations.

Contacts : Elodie Pourny ou **Florence Desnot**,
Direction générale des services, Mairie de Saint-Denis -
e.pourny@saintdenis.re ; f.desnot@saintdenis.re

EGREEN - Faciliter l'efficacité énergétique grâce au jeu



eGreen propose une solution innovante permettant de réduire sa consommation énergétique par le biais du monitoring et du changement de comportement.

3 questions à Jérémie JEAN, fondateur d'eGreen

1. Quelle est l'idée innovante de eGreen?

«eGreen développe une solution innovante pour **réduire les consommations d'énergie et d'eau** dans les logements et les bâtiments tertiaires au travers du **suivi des consommations et de l'incitation au changement de comportement des occupants**.

L'axe innovant d'eGreen est l'utilisation du jeu pour faciliter la prise de conscience et la motivation.

Les études montrent une ambivalence : compteurs communicants et suivi de consommation peuvent avoir un vrai impact sur les changements de comportement si leurs données sont compréhensibles et accessibles. Or sous leur forme "brute", elles ne suscitent pas beaucoup d'intérêt de la part de l'utilisateur. Même s'ils sont sensibles au développement durable, ils ne changent pas pour autant leurs habitudes au quotidien.

J'ai mené à Berkeley une étude dans le **champ de la psychologie et de la motivation** au cours de laquelle j'avais identifié des leviers permettant d'engendrer des changements de comportement. Ces leviers se retrouvent dans notre solution :

- **Le suivi de sa consommation en euros**, des bilans et des projections sur les économies possibles permettent à l'utilisateur de les appréhender de façon concrète.
- **Le recours au jeu** est un levier extrêmement puissant pour induire des changements de comportements.

Nous avons donc pris le parti d'utiliser ce levier pour **susciter de l'intérêt, de l'engagement et une adhésion des utilisateurs**. Comme les données sont accessibles sous une forme ludique et attrayante, l'utilisateur va pouvoir les appréhender et les intégrer à sa vie quotidienne.

Les économies générées sont de l'ordre de 5 à 15 %, contribuant ainsi à réduire l'impact environnemental des bâtiments grâce à des comportements plus écoresponsables.»

2. Quel fonctionnement?

«Ce que nous proposons c'est d'abord d'**agréger toutes les données de consommation du bâtiment**, qu'elles soient issues de capteurs, de compteurs communicants, ou de données de GTB (Gestion Technique du Bâtiment) pour le tertiaire. Nous développons ensuite des **algorithmes qui analysent l'ensemble de ces données pour identifier des gisements d'économies**. Enfin, nous avons intégré à la solution des fonctionnalités de gaming qui permettent de sensibiliser les occupants aux comportements écoresponsables, qu'ils soient sur leur lieu de vie, de travail, de loisirs ou dans un bâtiment public. Via l'application, la plateforme web et le jeu, l'objectif de la démarche est triple :

- La compréhension des consommations.
- La recherche des économies d'énergie.
Nos algorithmes scannent l'ensemble des données de consommation, le profil de l'occupant (bâtiment tertiaire ou résidentiel, mode de chauffage) pour identifier des gisements d'économie.
- La motivation aux les éco-comportements par le jeu.

Nous proposons par exemple des **challenges** que nous mettons en place aussi bien dans des logements étudiants que dans des bâtiments tertiaires, des tours à La Défense... Nous avons développé dans le cadre d'un projet européen l'un des premiers **jeux vidéos connectés**. Il s'agit d'une expérience de jeu classique, avec tous les codes des jeux actuels, mais pour avancer dans ce jeu, il faut relever des défis d'économie d'énergie dans sa vie réelle. Ces économies sont validées par les capteurs ou les compteurs communicants et le joueur, en collectant des points, peut, dans le jeu, dépolluer une petite île et y réintégrer un écosystème vivant.»

3. À qui s'adresse cette solution?

«Nous nous adressons aux bailleurs sociaux, aux collectivités pour leurs immeubles administratifs, aux entreprises pour l'ensemble de leurs bâtiments de bureau et également aux promoteurs pour leur proposer d'intégrer nos solutions lors de la construction, et garantir ainsi que l'exploitation de futurs bâtiments sera en adéquation avec ce qu'ils ont conçu.»

FICHE PROJET N° 18

Nudges pour réduire les consommations d'eau chaude sanitaire – QPV Frais-Vallon à Marseille (13)



Quartier Frais-Vallon à Marseille – Crédit : Aix-Marseille Provence

Contexte

Frais Vallon est un QPV situé dans le 13^e arrondissement au nord-est de Marseille. Son périmètre compte 1 348 logements locatifs sociaux dans 14 bâtiments du **baillieur social Habitat Marseille Provence (HMP)** et 89 logements du bailleur social 13 Habitat. Le quartier est représentatif des difficultés des quartiers nord, marqués par une précarité socio-économique forte ; plus de 50 % de la population du quartier vit sous le seuil de pauvreté national.

Sur le plan énergétique et environnemental à l'échelle territoriale, le Plan Climat Air Énergie métropolitain (PCAEM) adopté en septembre 2019 porte trois orientations majeures pour 2050 : atteindre la neutralité carbone pour la Métropole, réduire de 50 % les consommations énergétiques, couvrir 100 % des besoins par des énergies renouvelables. À l'échelle de Frais Vallon, les études menées par la **Métropole Aix-Marseille Provence** de 2017 à 2018 ont abouti à une stratégie énergétique assortie d'un programme d'actions démonstratrices d'un point de vue

socio-environnemental (projet « Sirius »). Il avait été constaté des consommations énergétiques des logements (ECS + chauffage) plus élevées de 50 % par rapport à la moyenne nationale (221 kWh/m²/an contre 148 kWh/m²/an), et mécaniquement des dépenses associées également supérieures (24 € TTC/m²/an contre 14,3 € TTC/m²/an). Afin de **réduire les consommations et améliorer le reste-pour-vivre des ménages**, une expérimentation s'inscrivant dans la thématique « Énergie » du projet Sirius sous l'égide d'HMP et de la Métropole a été menée par le **Laboratoire de psychologie sociale (LPS) d'Aix-Marseille Université** sur la consommation d'eau chaude sanitaire (ECS). Il s'agissait de travailler sur les comportements par la mise en place de **petites actions incitatives et peu coûteuses, les « nudges »**. Sur la base de réunions de brainstorming et de focus group préalables, la **douche** a été ciblée. Elle est apparue comme un comportement à la fois **énergivore, facile à modifier et susceptible de produire des effets positifs significatifs à court terme pour les locataires**, la motivation financière étant apparue comme prioritaire pour eux.

de la pose des pommeaux (réduction d'environ 50 %) peuvent être une base de comparaison ainsi que l'estimation des besoins journaliers moyens en ECS par personne sur une année réalisée par l'ADEME en 2016 (56 ± 23 litres à 40°C - inclut d'autres besoins que la douche mais celle-ci en représente une très grosse part). L'étude des moyennes de consommation en litres par logement montre par ailleurs une assez **grande diversité dans les usages d'un logement à l'autre**. En outre, le pommeau en lui-même a été perçu favorablement par les utilisateurs, ergonomique et agréable à utiliser.

Pour autant, **l'application a été peu téléchargée** (6 utilisateurs sur 17 foyers) et encore moins utilisée par les locataires concernés (un seul utilisateur régulier). En conséquence, les potentiels effets comportementaux de l'application n'ont pas pu être étudiés, mais ce constat constitue en lui-même un résultat important. L'application est majoritairement perçue comme peu intuitive par les locataires qui l'ont installée. Ces derniers ont déclaré ne pas en voir l'intérêt ou avoir des difficultés de connexion. Par ailleurs, la grande majorité des locataires a déclaré ne pas avoir changé de comportement depuis l'installation du pommeau. La plupart n'ont pas encore de perception claire des économies réalisées grâce au pommeau car ils n'ont pas encore reçu de facture.

Les moyennes de consommation en litres des groupes exposés ou non à la sensibilisation lors de la pose du pommeau ont également été comparées. Les résultats sont très contrastés. Il semblerait que les locataires exposés à la sensibilisation aient davantage consommé d'eau par douche que les locataires non exposés (+ 6,2 L/douche en moyenne). En revanche, ils ont pris des douches significativement moins chaudes ($- 2,6^{\circ}\text{C}$ en moyenne). On pourrait y voir un effet de réactance des locataires face à la sensibilisation proposée, mais cela ne rend pas compte de l'effet positif de cette action sur la température moyenne observée.

Perspectives

En résumé, l'installation du pommeau a permis une baisse très significative de la consommation mais la population cible n'a pas souhaité utiliser l'application associée malgré des relances multiples et un accompagnement humain. Ce constat ne doit pas être conçu comme rédhibitoire mais doit amener à bien réfléchir aux conditions de déploiement d'un outil connecté. On peut y voir une limite des conceptions dominantes parmi les tenants des approches «nudges» technophiles, qui présentent un risque de vision réductrice de la complexité des comportements environnementaux. Ces approches alimentent l'idée de solutions génériques, insensibles au contexte.

En outre, les objectifs de changement comportemental visés sont généralement insuffisamment discutés, pouvant dès lors être mal perçus selon les priorités et les enjeux pour les populations concernées (par exemple, défendre un objectif d'économies d'énergie auprès de populations en situation de précarité énergétique).

Les résultats mitigés concernant la sensibilisation vont dans ce sens. Il paraît nécessaire, d'une part, de coconstruire ces objectifs et, d'autre part, de pouvoir faire évoluer ces dispositifs techniques ou leurs interfaces (par exemple via des interfaces «bricolables» par les usagers) pour en faciliter l'appropriation (et éviter les effets d'habitation).

Enfin, une réduction des charges locatives liées à l'eau pourrait être une incitation supplémentaire pour les locataires.

Contacts : **Christophe DEMARQUE**, directeur du département de Psychologie sociale, Aix-Marseille Université - christophe.demarque@univ-amu.fr;
ALEXANDRE LAPOUJADE, responsable programmes, HMP - a.lapoujade@hmpmarseille.fr

e) Les défis citoyens locaux

Parmi les défis citoyens locaux, le Défi familles à énergie positive est un modèle reconnu pour avoir fait ses preuves depuis 2008 : plus de **40 000 familles ont participé**, avec pour résultat **en moyenne une réduction de 12 % des**



consommations d'énergie (soit environ 200 € par an par ménage).

Le principe est de **constituer des équipes de familles** (en général entre 5 à 10 ménages) avec pour objectif de réduire à minima de 8 % leurs consommations d'énergie et d'eau sur un an. Cet objectif est collectif (à l'échelle de l'ensemble

FICHE PROJET N° 19

Défis famille et école à énergie positive – QPV Le Hamois à Vitry-le-François (51)



Animation du Défi école à énergie positive; Réalisation d'écoparcours en vue de la construction de leur future école à énergie positive – Crédits : Ville de Vitry-le-François

Contexte

Le Hamois, QPV d'intérêt national d'une superficie de 28 ha, est situé au nord et à proximité immédiate du cœur de ville, de l'autre côté de la RN4 qui constitue une importante rupture urbaine. Le choix a été fait de procéder à la déconstruction complète de l'ensemble des immeubles représentant 1384 logements à l'exception de deux immeubles équipés d'ascenseurs. Ces déconstructions à grande échelle vont permettre la création d'une cité-jardin : en engageant une mutation urbaine du quartier pour retrouver l'attractivité résidentielle, en créant une nouvelle identité écologique (constructions biosourcées, trame verte, trame noire, création d'espaces favorables à la biodiversité et aux habitats, continuité écologique), en requalifiant les espaces publics existants et en créant un espace de centralité structurant pour le quartier (transformation de la rue principale du quartier en coulée verte, repositionnement du groupe scolaire au cœur du quartier à proximité du centre commercial récemment réhabilité), en insérant le quartier dans la Ville (trames viaires, liaisons

piétonnes et cyclables, travail sur la mobilité...).

Afin de mettre en place cette nouvelle identité écologique et y **faire adhérer les habitants du quartier**, des défis « famille » et des défis « école » à énergie positive ont été mis en place et se poursuivront durant les prochaines années. Ces défis sont portés par des associations locales, le directeur de la section de primaire du groupe scolaire Louis-Pasteur et des associations telles que UNIS-Cité avec laquelle une convention a été signée autour du projet intitulé Médiaterre.

Défis Familles (sous le pilotage de la Ville de Vitry-le-François) : il s'agit d'accompagner des familles volontaires par les services civiques d'UNIS-Cité afin de leur donner les moyens dynamiques de mettre en pratique les écogestes pour une consommation responsable : énergies, eau, déchets... L'opération mêle interventions individuelles, accompagnements collectifs et organisation d'événements : création de composteurs, création et visites avec les familles d'un appartement type « zéro déchets et basse consommation », présentation d'écogestes quotidiens...

f) Les projets d'énergie citoyenne

La transition énergétique ne peut se réaliser sans lien étroit avec les territoires et les habitants.

L'intégration d'une production EnR sur un quartier en renouvellement urbain peut ne pas sembler pertinente, surtout en cas de situation locale présentant des conflits voire des blocages comme parfois rencontrés dans la vie des PRU.

L'idée de l'énergie citoyenne vise justement à **créer les conditions d'un dialogue serein en associant le plus tôt possible les acteurs locaux et en maximisant les retombées et bénéfices pour le territoire et ses habitants.**

Est « citoyen » un projet de production d'EnR qui ouvre son financement et ses instances de gouvernance aux acteurs locaux et citoyens. Il leur permet

de **choisir**, de se **réapproprier** et de **gérer les modes de production et de consommation de leur énergie**, de trouver ensemble des solutions équilibrées basées sur la compréhension des enjeux et attentes de chacun.

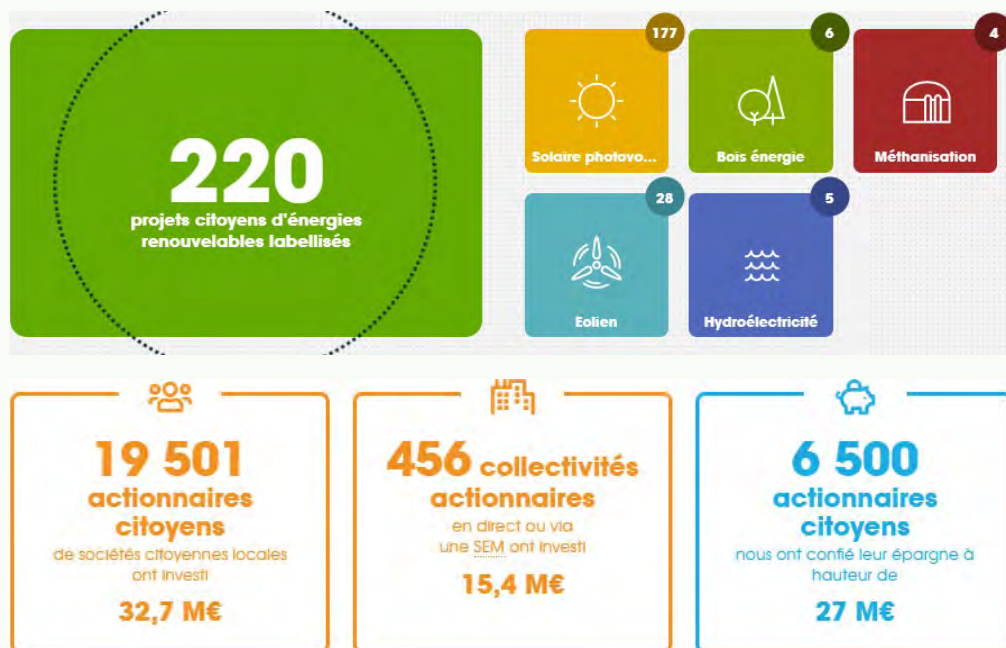
La réappropriation du sujet énergie carbone par les habitants peut alors non seulement être financière par une implication même symbolique au capital de ces projets, mais peut aussi passer par une **participation active aux réflexions de fond.**

En guise d'ouverture, les **coopérations** mises en place autour des projets de production d'EnR **peuvent faire école et s'élargir à d'autres sujets et enjeux locaux**, ce qui in fine a le potentiel de **renforcer le lien social** et d'assurer une meilleure **résilience collective.**

ZOOM SUR

Le mouvement « Énergie partagée », en chiffres et en images

Énergie partagée accompagne les initiatives de production d'énergies renouvelables qui associent les habitants et acteurs de leur territoire.



g) L'autoréhabilitation accompagnée

La démarche d'autoréhabilitation accompagnée (ARA) repose sur un **accompagnement de ménages précaires dans la rénovation de leur logement** au travers d'un chantier d'autoréhabilitation. Les travaux menés peuvent concerner simplement l'entretien, l'agencement, l'embellissement et la remise en état du logement, mais peuvent également aller jusqu'à des **travaux de second œuvre notamment dans le cadre des rénovations**

thermiques (voire de gros œuvre et tout corps d'état pour des sorties d'insalubrité). Pour aller vers une amélioration pérenne des quartiers fragilisés, agir directement auprès des habitants sous la forme d'un accompagnement favorise le développement de la capacité d'agir de chacun : par le **«faire-ensemble»**, l'habitant peut recouvrir la dignité de son logement et des relations de bon voisinage, et retrouver confiance en lui-même en devenant acteur de la vie de sa résidence et de son quartier.

Les Compagnons Bâisseurs



«L'Autoréhabilitation accompagnée (ARA), un outil de lutte contre la précarité énergétique»

Depuis plus de 60 ans, les Compagnons Bâisseurs (CB) développe l'ARA auprès des ménages les plus précaires, rencontrant des problématiques sociales et de mal-logement, indépendamment de leur statut d'occupation. La démarche d'ARA répond à un objectif social de **mobilisation des habitants les plus exposés** aux situations de mal-logement et qui cumulent souvent plusieurs formes de précarité. Cette démarche impulse des **dynamiques collectives et de solidarité** qui favorisent l'appropriation du cadre de vie par les habitants. L'association intervient dans le champ de la précarité énergétique. Depuis une dizaine d'années, le **travail pédagogique** mené par les équipes permet aux habitants de gagner en confort et/ou de réaliser des **économies d'énergie et d'anticiper la hausse du coût de l'énergie** qui impacte le budget des ménages. En 2020, le mouvement CB a décidé d'optimiser les actions de lutte contre la précarité énergétique auprès de chaque ménage rencontré et d'aller plus loin grâce à l'ARA, avec trois volets d'actions :

1. D'abord, en rôle de tiers de confiance, les CB interviennent dans le repérage et le diagnostic de situations de précarité énergétique. Les dynamiques engagées au travers d'animations collectives et pédagogiques dans les espaces publics

ou communs, d'opérations de porte à porte, et de l'accueil dans des lieux ressources (ateliers, outilleries, etc.), participent à nouer une relation de confiance et de proximité avec les habitants, et à repérer et diagnostiquer d'éventuels besoins ou priorités d'interventions. Les comités techniques de suivi réguliers animés par les CB réunissant les partenaires locaux de l'action sociale, de la santé, de l'habitat, de l'énergie, permettent d'apporter collectivement une solution personnalisée à chaque situation (relais vers des dispositifs, travaux, etc.).

2. Le second volet d'intervention permet de penser l'énergie à travers son usage par les habitants, dans le parc social comme privé (en copropriété dégradée notamment). D'une part, des actions de sensibilisation sont proposées aux habitants sur le sujet de **l'économie des énergies, les usages liés aux équipements, les écogestes**, etc. Elles permettent de se former collectivement à la maîtrise des énergies. D'autre part, les CB accompagnent individuellement les ménages dans des **chantiers d'entretien** locatif, et dispensent des conseils quant aux usages, à l'utilisation des équipements, ou encore à la **lecture des factures et au suivi des consommations**. Dans le cadre d'opérations de rénovation plus globales, les CB assurent l'Assistance à maîtrise d'usage pour les bailleurs sociaux, favorisent l'acceptation des travaux en site occupé, et optimisent l'appropriation du projet de réhabilitation par les locataires. Enfin, des actions de **dépannage ou de petites interventions techniques** peuvent être proposées aux habitants dans une visée pédagogique

FICHE PROJET N° 20

L'Autoréhabilitation accompagnée – QPV Argonne et La Source à Orléans et Les Chaises à Saint-Jean-de-la-Ruelle (45)



Autoréhabilitation accompagnée à Orléans - Crédits : Compagnons Bâtitisseurs



Contexte du projet

Trois quartiers prioritaires sur la Métropole d'Orléans font l'objet d'un projet de renouvellement urbain : l'Argonne et La Source (quartiers d'intérêt national) à Orléans, et Les Chaises situé sur la commune de Saint-Jean-de-la-Ruelle (quartier d'intérêt régional). Un projet d'Autoréhabilitation accompagnée (ARA) par les Compagnons Bâtitisseurs Centre-Val de Loire a été inscrit dans la convention d'Orléans Métropole. Il a été construit en partenariat étroit avec les 5 bailleurs sociaux du territoire (Pierres et Lumières, Les Résidences de l'Orléanais, Valloire Habitat, Logem Loiret, 3F), la Métropole, l'ANRU, et les services de l'État. Il bénéficie d'un soutien de l'ANRU, de la Métropole, ainsi que des bailleurs sociaux maîtres d'ouvrage au prorata du nombre de logements concernés dans leur parc.

Le projet d'ARA répond à plusieurs objectifs de la convention :

- L'appropriation du logement par son occupant en lui apportant un avis et un soutien technique

à la réalisation de travaux locatifs de rénovation et d'entretien dans son logement, et en l'aidant à l'agencement et/ou l'ameublement à coût réduit de son logement (réemploi, transformation de meubles, etc.).

- L'accompagnement du programme de réhabilitation, notamment thermique, des résidences.
- La veille sociale sur la situation générale des familles, sur la maîtrise de leurs « restes pour vivre » ou des charges de chauffage, et en facilitant la relation entre les travailleurs sociaux et le ménage.
- Le développement, l'échange de savoirs et le lien social.

Actions mises en œuvre

Dans le cadre du projet, les Compagnons Bâtitisseurs accompagnent des ménages locataires du parc social pour la réalisation de travaux de finitions et d'embellissement des pièces sèches (mur/sol/plafond), ainsi que des petits travaux d'entretien locatif.

Conclusion

Cette réflexion autour de la performance énergétique et environnementale des quartiers prioritaires de la politique de la Ville et des approches énergie et carbone des projets de renouvellement urbain est une contribution collective non exhaustive aux travaux qui se renforcent en la matière et qui aura vocation à se poursuivre.

Après un ciblage évident de la performance énergétique des bâtiments avec la RT 2012, la prochaine réglementation **RE 2020** intégrera également des objectifs de performance carbone. La prise en compte des émissions de gaz à effet de serre des bâtiments sur l'ensemble du cycle de vie est en effet indispensable pour atteindre les objectifs de l'Accord de Paris et limiter le dérèglement climatique.

Le passage du PNRU au NPNRU rejoint cette évolution avec un premier programme essentiellement tourné, en matière de transition, vers la performance énergétique du bâti, là où le NPNRU invite à une appréhension des enjeux énergétiques et environnementaux à l'échelle globale du quartier, à travers les interventions sur les bâtiments, mais aussi les espaces publics, ainsi que les usages ou encore les pratiques en matière de gestion urbaine. Ces stratégies d'ensemble sont de nature à encourager la mise en place d'objectifs à la fois énergie et carbone, et à ouvrir d'autres réflexions en matière environnementale.

La question de la performance énergétique et environnementale, très vaste, même ramenée au prisme énergie et carbone, implique en effet de **mener à l'échelle des quartiers une réflexion systémique et multithématique** puisque transverse à de nombreux sujets tels que l'économie circulaire, l'agriculture urbaine, le numérique (qui font l'objet d'autres groupes de travail dans le cadre du Club ANRU+), la mobilité... et cela **à toutes les étapes**

du projet. En effet, monter un projet ambitieux sur les plans énergétique et environnemental implique une réflexion à toutes les échelles, sur la durée en phases de conception, réalisation, exploitation, car à chaque étape existe le risque que les objectifs ne soient pas atteints.

Cette prise en compte ouvre par ailleurs la voie à de nouveaux modes de faire les bâtiments, les espaces publics, la ville. Elle mettra en avant la nécessité prioritaire de **sobriété** et par exemple de privilégier la réhabilitation des surfaces existantes avant la construction de nouvelles surfaces, ou encore d'utiliser en priorité des **Solutions fondées sur la nature** séquestrant du carbone plutôt que des équipements techniques souvent consommateurs d'énergie grise.

Les projets de renouvellement urbain devront évoluer pour se fixer des objectifs carbone au-delà des seuls objectifs énergétiques, innover pour intégrer des matériaux dont l'impact environnemental est plus faible alors même que certaines de ces filières sont encore en développement, et **s'assurer de la pérennité des performances** par le suivi des consommations réelles en phase de fonctionnement.

Le critère de performance énergétique et carbone, s'il n'est évidemment pas exclusif, peut être considéré dans les arbitrages menés dans le cadre du projet de renouvellement urbain quant aux choix à mener en matière de réhabilitation du bâti ou de démolition/reconstruction. Avec l'appui du CSTB, l'ANRU est en train de mener une étude d'analyse de l'impact énergétique du NPNRU qui viendra consolider les données objectives en la matière dès 2021.

Pour autant, ces contraintes sont autant de perspectives positives de transition

Lancée en 2017, la démarche ANRU+ vise à accompagner le Nouveau Programme National de Renouvellement Urbain (NPNRU), dont l'Agence Nationale pour la Rénovation Urbaine (ANRU) est opérateur, en y amplifiant l'innovation et les investissements économiques.

Ce dispositif mobilise de manière articulée des moyens issus du NPNRU et des Programmes d'investissements d'avenir (PIA) « Ville durable et solidaire » et « Territoires d'innovation » en subvention et en fonds propres. Véritable supplément d'âme du NPNRU, ANRU+ est ainsi une démarche d'accompagnement individuel et collectif des porteurs de projets et de leurs partenaires. Son rôle est de soutenir certaines expérimentations mais aussi de favoriser et partager les pratiques les plus innovantes, efficaces et pertinentes pour les quartiers prioritaires de la politique de la ville en renouvellement urbain et leurs habitants, dans le cadre d'un réseau structuré.

ANRU+ se traduit ainsi notamment par la mobilisation de 121 millions d'euros de subvention issues du PIA et dédiées au financement d'actions innovantes dans certains projets pilotes du NPNRU, par une expertise coordonnée au niveau national pour soutenir la montée en compétences des territoires, et par une programmation d'animation du réseau des acteurs de l'innovation dans le renouvellement urbain, le Club ANRU+ (événements, plateforme collaborative...).

Des groupes de travail thématiques se sont structurés dans le cadre de cette dynamique pour analyser les verrous à l'innovation sur les thèmes explorés par les collectivités et les maîtres d'ouvrage et esquisser ensemble les solutions opérationnelles pour les lever.

Les Carnets de l'innovation de l'ANRU rendent compte de ces réflexions croisées entre territoires, qui se veulent des contributions collectives aux travaux pour une ville plus durable et inclusive.



ActionLogement



BANQUE des TERRITOIRES



ANRU

Agence Nationale
pour la Rénovation
Urbaine

69 bis, rue de Vaugirard
75006 Paris
tél. : 01 53 63 55 00
fax : 01 45 44 95 16
www.anru.fr

ISBN : 978-2-9566379-6-7

