



# 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<sup>er</sup> 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<sup>ère</sup> 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<sup>er</sup> 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



## Édito

Depuis quinze ans, l'ANRU est investie d'une mission : changer la vie des 5 millions d'habitants des quartiers français qui concentrent les difficultés sociales et urbaines les plus fortes.



ANRU accompagne des interventions décisives réalisées sur tout le territoire et qui vont se poursuivre ces prochaines années en générant, à travers le seul Nouveau Programme national de Renouvellement Urbain (NPNRU), près de 40 milliards d'euros d'investissement : démolition de nombreux grands ensembles, reconstruction de logements à échelle humaine, création de centaines d'équipements scolaires, de crèches, de médiathèques ou encore de locaux d'activité, aménagement d'espaces publics de qualité... Beaucoup a été fait, mais beaucoup reste à faire pour réussir la transformation complète de ces territoires encore trop souvent stigmatisés.

C'est précisément pourquoi l'ANRU s'est donné l'ambition de stimuler l'innovation dans les 450 quartiers dont elle finance la transformation à travers le NPNRU. Le renouvellement urbain n'est pas l'occasion d'un simple rattrapage de ce qu'offrent les quartiers les plus attractifs des métropoles, il doit être saisi comme une véritable occasion de prendre un temps d'avance.

Les projets de rénovation urbaine offrent l'opportunité de tester des pratiques et des technologies inédites, placées au service des habitants, de l'amélioration de leur qualité de vie et de l'attractivité des territoires. Les solutions d'innovation doivent trouver en ces projets de nouveaux terrains d'expérimentation et en renforcer l'ambition.

Ces innovations ont vocation à être pensées et portées par les territoires. Les premiers enseignements dont dispose la communauté du renouvellement urbain en matière d'innovation émanent ainsi du terrain et les expertises mobilisées au niveau national ne sauraient se substituer aux retours d'expérience issus des initiatives menées localement.

C'est là le sens des groupes de travail thématiques mis en place dans le cadre du Club ANRU+, réseau des acteurs de l'innovation dans le renouvellement urbain. Ils constituent des espaces d'échanges autour de problématiques partagées et de pratiques bonnes ou moins bonnes, mais aussi d'identification collective de solutions opérationnelles pour concrétiser l'innovation et lever ses verrous. Les travaux de ces groupes ont vocation à éclairer les pratiques du renouvellement urbain de demain pour concrétiser, partout où l'envie émerge, des dynamiques d'innovation réellement vertueuses pour les quartiers et leurs habitants.



Olivier Klein, président de l'ANRU, et Nicolas Grivel, directeur général



# 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

les projets de renouvellement urbain (PRU), lauréats du PIA ou non, ainsi que des solutions mises en œuvre sur d'autres territoires dont la démarche apparaît utile et pertinente à partager en matière d'enseignements;

- la mobilisation de personnes ressources venues apporter leurs éclairages et expertises.

La thématique « Performance énergétique et environnementale » regroupe un vaste ensemble de sujets. Lors de la première séance en mai 2018, les participants se sont accordés pour que le groupe de travail se centre sur certaines thématiques prioritaires identifiées :

**La performance énergétique** des bâtiments, qui dépend notamment des caractéristiques techniques choisies lors de sa phase de construction ou de rénovation : réduction des besoins, efficacité des systèmes, énergies renouvelables.

**La performance carbone**, visant à réduire l'impact environnemental de la construction ou de la réhabilitation des bâtiments, ainsi que des espaces publics : ACV, réemploi des matériaux, utilisation de matériaux biosourcés...

**L'implication des habitants**, à travers des dispositifs de coconstruction, sensibilisation et accompagnement, visant à transformer les occupants en acteurs de la gestion de leur logement, la transition

énergétique et environnementale ne pouvant se réaliser sans les usagers.

**Cette approche veut répondre aux enjeux spécifiques des thématiques énergie/carbone dans le contexte particulier du renouvellement urbain des quartiers prioritaires de la politique de la Ville, qui se caractérise par des problématiques dites de « dysfonctionnements urbains » mais aussi par des données socio-économiques dégradées, liées à la pauvreté des ménages qui y résident.**

**Le présent document a ainsi vocation à :**

- synthétiser les grands enseignements issus des réunions du groupe de travail;
- mettre en avant des solutions opérationnelles et recommandations méthodologiques associées aux problématiques et verrous identifiés;
- faire ressortir les facteurs clés de réussite et rendre les démarches reproductibles pour les autres territoires souhaitant engager des projets à haute performance énergétique et environnementale;
- plus largement, inspirer tous les acteurs de la Ville et les inciter à intégrer dans leurs projets une démarche de réflexion autour des enjeux énergétiques et environnementaux afin de contribuer à leur échelle à la transition de leur territoire.

# 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 (Sofrinov) – 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



# Introduction

## 1.1. Transition énergétique et trajectoire de neutralité carbone à l'horizon 2050 : éléments de cadrage

Dans un contexte de dérèglement climatique et de vulnérabilité grandissante, de déclin de la biodiversité, de raréfaction des ressources énergétiques et naturelles et de tensions associées, ou encore d'aggravation des risques sanitaires, les cadres réglementaires européen et français fixent depuis le protocole de Kyoto en 1992 les grands objectifs en matière de transition énergétique, d'adaptation et d'atténuation : diminution des émissions de gaz à effet de serre (GES), amélioration de l'efficacité

énergétique, augmentation de la part d'énergies renouvelables et de récupération (EnR&R). L'approche carbone vise à compléter les actions visant une plus grande performance énergétique par un objectif de réduction des émissions de GES, dont notamment le dioxyde de carbone, principal contributeur à l'effet de serre d'origine anthropique. Il s'agit, par l'empreinte carbone, de mesurer les émissions de GES causées par l'activité humaine. Cette approche apparaissait encore marginale dans le secteur du bâtiment et de l'aménagement urbain, qui a pu avoir tendance à se concentrer sur les enjeux d'efficacité énergétique.

### a) Les objectifs réglementaires européen et français Le cadre européen

Le cadre réglementaire européen vise une politique commune de l'énergie, durable, compétitive,



## QUELQUES NOTIONS UTILES

**L'adaptation et l'atténuation** ont toutes deux pour objectif de lutter contre le changement climatique, mais avec des moyens différents : la première s'attaque à ses **conséquences**, en réduisant la vulnérabilité sociale et écologique; la seconde traite ses **causes**, en limitant les émissions de GES.

**L'efficacité énergétique** est « le rapport entre les résultats, le service, la marchandise ou l'énergie que l'on obtient et l'énergie consacrée à cet effet » (directive européenne 2010/31/UE). À l'échelle d'un bâtiment, il s'agit de la quantité d'énergie utilisée ou récupérée et l'énergie consommée. Elle s'appuie sur une optimisation des consommations. L'efficacité énergétique **passive** concerne l'enveloppe bâtie, l'isolation, les systèmes de ventilation. L'efficacité énergétique **active** concerne la régulation, la gestion

de l'énergie et la gestion technique du bâtiment. **La performance énergétique globale d'un bâtiment** est la combinaison de ces deux efficacités.

**EnR&R** : les énergies renouvelables ou de récupération sont des sources d'énergie dont le renouvellement naturel est assez rapide par rapport à leur utilisation par l'homme pour être considérées comme inépuisables (à l'échelle du temps humain). Elles s'opposent à d'autres sources d'énergie dont le renouvellement est plus lent que leur consommation, comme les énergies fossiles. Les EnR&R couvrent un large champ : biomasse énergie, biogaz, biocarburants, chaleur de récupération de processus industriels (énergie fatale qui peut être récupérée et valorisée), énergies marines, éoliennes, géothermie, hydroélectricité, pompes à chaleur, énergie solaire...

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.

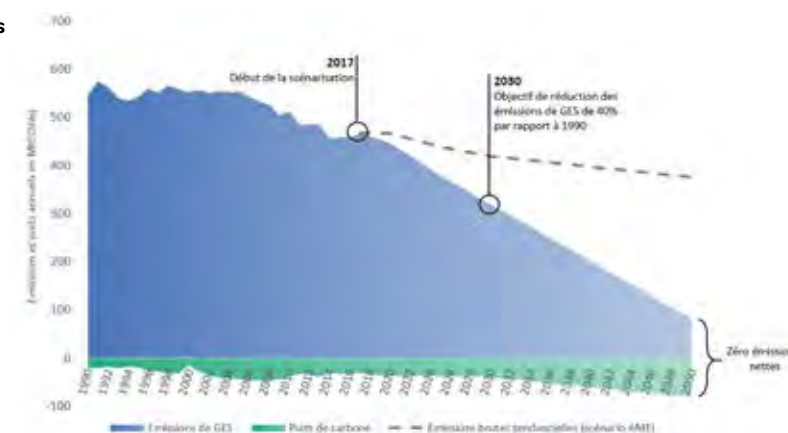
La LTECV vise également la réduction de production de déchets (-50 % de déchets mis en décharge à 2025). Elle se décline en deux documents cadres : la **Stratégie nationale bas carbone (SNBC)** et le Programme pluriannuel de l'énergie (PBE).

	2020	2030	2050
<b>TRAJECTOIRE DE NEUTRALITE CARBONE</b>			
Réduction des émissions de GES (par rapport à 1990)	-20% Facteur 4	-40%	Europe : -80% à 95% Facteur 6 France : neutralité carbone
<b>TRANSITION ENERGETIQUE</b>			
Consommation d'énergie finale (par rapport à 2012)	-20%	-40%	-50%
Consommation d'énergies fossiles (par rapport à 2012)		-30%	
Part des ENR+r (dans la consommation finale d'énergie)	+23%	+32% (et 40% d'ENR+r dans la production d'électricité)	
Nucléaire		50% de la production électrique (en 2025)	

### Synthèse des objectifs réglementaires européens et français

### Scénario d'évolution des émissions et des puits de GES sur le territoire national jusqu'en 2050 (avec « mesures supplémentaires »)

Source : MTEs, synthèse de la SNBC



La SNBC de novembre 2015 va plus loin que la LTECV en déclinant des objectifs à plus long terme mais aussi en proposant un scénario réaliste et en identifiant certains leviers et des objectifs intermédiaires. En effet, le scénario proposé vise une **neutralité carbone à horizon 2050**. Aussi, même si la trajectoire décrite est envisageable et utilise des technologies qui existent déjà, elle sera progressivement renforcée et nécessitera des « mesures supplémentaires ». Ce qui implique que le cadre réglementaire actuel n'est pas suffisant pour atteindre les objectifs fixés et que **les différents acteurs, notamment ceux de la construction et du bâtiment, devront progressivement s'adapter à de nouvelles exigences.**

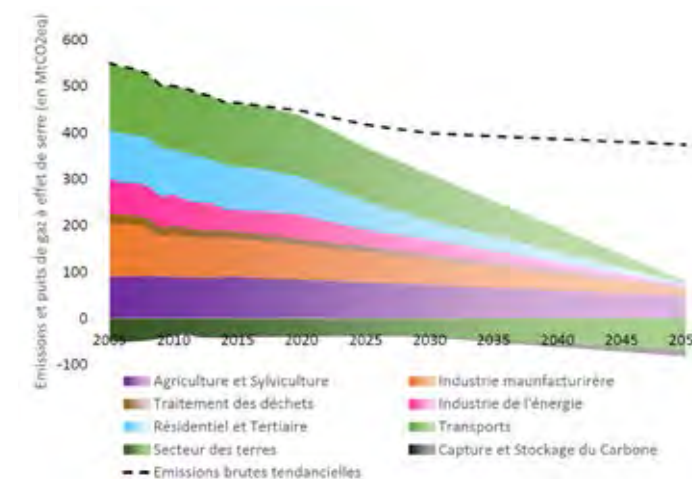
**La SNBC propose une trajectoire « personnalisée » pour plusieurs secteurs qui concernent directement ou indirectement le renouvellement urbain, qu'il s'agisse du bâtiment, des transports, de l'industrie ou encore des déchets.**

C'est pourquoi le renouvellement urbain joue un rôle important dans l'atteinte des objectifs, et l'ambition de quartiers bas carbone constitue un levier significatif.

Enfin, **la loi Climat et résilience**, en cours d'examen parlementaire en 2021, offrira un cadre législatif à l'atteinte des objectifs de la SNBC, en particulier à l'horizon 2030. Elle devrait par exemple proposer

### Trajectoire des missions et des puits de GES sur le territoire national entre 2005 et 2050, par secteurs

Source : SNBC, mars 2020



la création d'un score CO<sub>2</sub> 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 »<sup>2</sup>. La loi fixe ainsi les objectifs suivants<sup>3</sup> :

- 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 exemplaires<sup>4</sup>, ou en visant la promotion des

bâtiments à énergie positive ou à haute performance environnementale »<sup>5</sup> en anticipation de la RE 2020 (bâtiments à énergie positive et bas carbone).

La thématique de la performance énergétique n'est pas un sujet récent dans le domaine de la construction et des bâtiments. La première réglementation

a été instaurée après le premier choc pétrolier de 1973, qui a déclenché une prise de conscience de la nécessité d'économiser l'énergie. Dès 1974, la première « réglementation thermique » (RT) est mise en place : s'appliquant uniquement aux bâtiments neufs d'habitation, elle avait pour objectif de baisser de 25 % la consommation énergétique des bâtiments. Aujourd'hui,

Réglementation	Logements collectifs		Tertiaire	
	Neufs	Rénovations	Neufs	Rénovations
Thermique-énergie	RT 2012 À venir : RE 2020	RTex	RT 2012 À venir : RE 2020	RTex + décret « tertiaire » <sup>6</sup>
Carbone	- À venir : RE 2020	-	- À venir : RE 2020	-

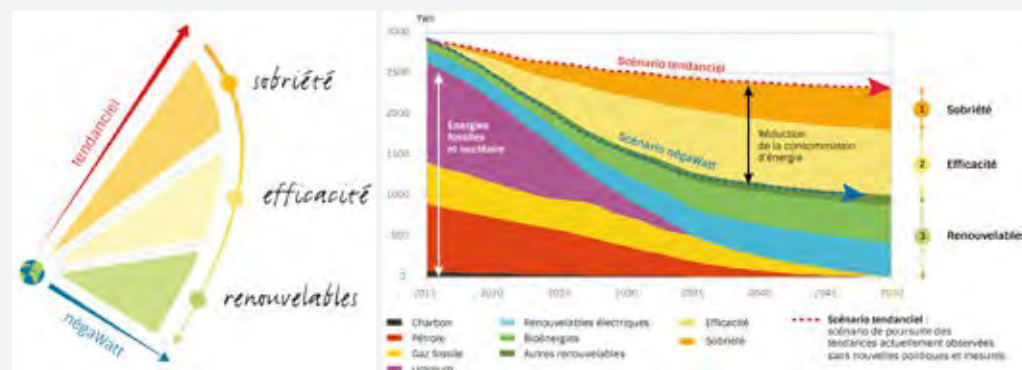
Réglementations énergie et carbone applicables aux opérations de rénovations et constructions

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 négaWatt<sup>1</sup>, 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).

ZOOM SUR

## Les opérations de rénovations et reconstitutions financées par le NPNRU

— Dans le cadre des **opérations de requalification de logements locatifs sociaux**, « un diagnostic technique approfondi est systématiquement effectué » ainsi qu'une « simulation de la répercussion des coûts des travaux de requalification des bâtiments prévisible sur les loyers et l'évolution des charges », le programme de travaux retenu devant être pertinent en vue de la réduction de la consommation énergétique visée afin de favoriser la réduction ou la maîtrise des charges pour les locataires. **Seules les opérations de requalification qui obtiennent a minima**

**le label « haute performance énergétique rénovation » (HPE Rénovation 2009) sont finançables par l'Agence, et les opérations obtenant le label « BBC Rénovation 2009 » donnent lieu à une majoration du taux de financement (+10 %).**

— Quant aux **opérations de constructions neuves**, elles doivent respecter la réglementation en vigueur : RT 2012, et bientôt RE 2020. Comme pour toute nature d'opération, les **financements peuvent faire l'objet de modulations à la hausse (jusqu'à +15 %) au regard du niveau d'ambition et d'excellence projeté.**

la réglementation RT 2012 intègre la performance énergétique, mais pas la performance carbone. La RE 2020 va permettre d'y remédier, pour les constructions neuves uniquement. **L'enjeu est donc, pour les rénovations, d'aller au-delà de la réglementation (en s'appuyant par exemple sur des labels).**

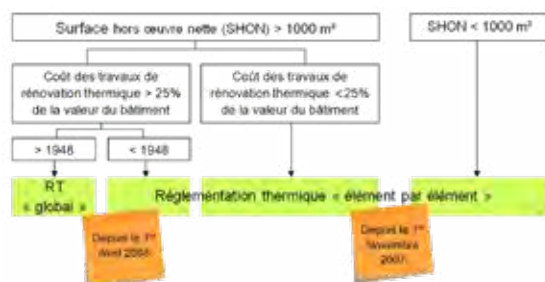
### Réglementation pour les rénovations

Le **Plan rénovation énergétique des bâtiments (PNRB)** réaffirme le cap fixé par la LTECV pour les bâtiments existants : 500 000 logements devront être rénovés par an, dont 150 000 « passoires thermiques » (étiquettes énergétiques F ou G) dans le parc privé et 100 000 dans le parc public.

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

6. Décret du 23 juillet 2019 relatif aux obligations d'actions de réduction de la consommation d'énergie finale dans les bâtiments à usage tertiaire : <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000038812251>.

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 éléments<sup>7</sup>. À noter une hausse depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2018 des performances minimales requises pour plusieurs composants<sup>8</sup> : 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/m<sup>2</sup>/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<sup>er</sup> 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)<sup>9</sup>.

### 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 kWh/m<sup>2</sup>/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/JORFTEXT00000822199/>; 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>.

POUR ALLER PLUS LOIN

## RTex, copropriétés, rénovation performante

### Sur la RTex :

- Le site «RT Bâtiments» : <http://www.rt-batiment.fr/>
- Fiche d'application de la RT dans l'existant : [http://www.rt-batiment.fr/IMG/pdf/20130523\\_fa\\_application\\_volet\\_existant.pdf](http://www.rt-batiment.fr/IMG/pdf/20130523_fa_application_volet_existant.pdf)
- Travaux de rénovation et réglementation thermique, ADEME : <http://www.rt-batiment.fr/IMG/pdf/fiche-travaux-renovation-logement-reglementation-thermique.pdf>
- Ravalement, rénovation de toiture, aménagement de pièces, quand devez-vous isoler? ADEME : <https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/fiche-ravalement-refection-toiture-amenagement-travaux-isolation.pdf>

### Sur les copropriétés :

- Guide « Mener une rénovation énergétique en copropriété », ADEME : [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/guide\\_ademe\\_renovation\\_energetique\\_copropriete\\_1\\_.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/guide_ademe_renovation_energetique_copropriete_1_.pdf)
- Guide « Copropriétés : viser la sobriété énergétique » : <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/2525-coproprietes-viser-la-sobriete-energetique-9782358389846.html>

### Sur la «rénovation performante» :

Aujourd'hui, aucune définition légale n'existe sur la notion de rénovation performante, si ce n'est

un consensus quant à la nécessité de clarifier le terme dans le cadre de la future loi Climat et Résilience, en lien avec l'objectif national pour l'ensemble du parc bâti d'un niveau BBC Rénovation ou équivalent à 2050. L'ADEME<sup>10</sup> définit la **rénovation performante** de la manière suivante : «**La rénovation performante d'un bâtiment est un ensemble de travaux qui permettent au parc bâti d'atteindre à minima le niveau BBC Rénovation ou équivalent, en moyenne nationale et à l'horizon 2050, sans mettre en danger la santé des occupants, en préservant le bâti de toute pathologie liée à ces travaux et en assurant le confort thermique été comme hiver. Le bâtiment rénové performant peut soit atteindre lui-même le niveau de consommation BBC, soit contribuer à l'atteinte de cet objectif pour le parc bâti en moyenne nationale par la mise en œuvre d'une combinaison de travaux précalculée à cet effet. Un bâtiment rénové performant est un bâtiment qui a traité les six postes de travaux suivants : isolation des murs, des planchers bas et de la toiture, remplacement des menuiseries extérieures, ventilation et production de chauffage/eau chaude sanitaire, ainsi que les interfaces (jonctions physiques entre ces postes de travaux assurant l'étanchéité à l'air et la continuité de l'isolation) et les interactions entre ces postes (bon dimensionnement des systèmes). La rénovation globale, dite rénovation complète et performante, d'un bâtiment est une rénovation performante menée en une seule opération de travaux réalisée en moins de douze mois.**»



**Définition d'une rénovation performante** – Source Doremi (<https://www.renovation-doremi.com/fr/>)

10. La rénovation performante par étape, ADEME, janvier 2021 : [https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/4168-renovation-performante-par-etapes.html?search\\_query=Rénovation+performante+par+etapes&results=243](https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/4168-renovation-performante-par-etapes.html?search_query=Rénovation+performante+par+etapes&results=243).

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

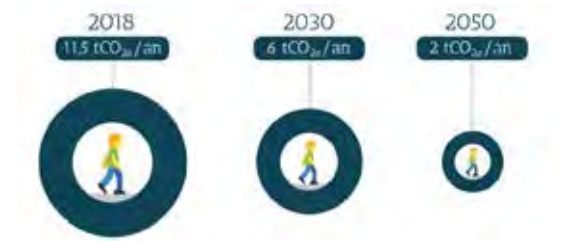
RÈGLEMENTATION ENVIRONNEMENTALE

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<sup>er</sup> 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**.



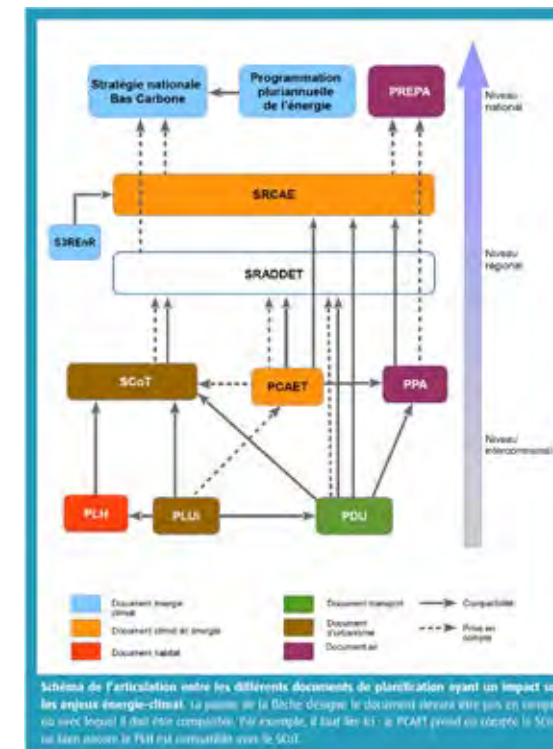
Scénario de réduction de l'empreinte carbone du Français moyen (avec objectif de maintien des 2°C et prise en compte de l'évolution démographique) – Source : Projet BBKA Quartier

### 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 CO<sub>2</sub>, 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).

### a) À l'échelle des territoires et des acteurs du renouvellement urbain

Le cadre réglementaire présenté précédemment, et notamment la **LTECV et la SNBC, se décline localement dans différents documents de référence et de planification des territoires** : Srdadet<sup>11</sup>, SCOT<sup>12</sup>, PLU (i) et PLU<sup>13</sup>, PCAET<sup>14</sup>, PDU<sup>15</sup>, PAT<sup>16</sup>, etc. Les PRU sont des terrains de déclinaisons concrètes et spatiales des objectifs et ambitions de transition énergétique et de trajectoire de neutralité carbone à 2050.



Articulation des plans climat-air-énergie avec les planifications habitat-urbanisme-mobilité – Source : Cerema

Les **documents cadres des PRU** (Contrat de Ville, protocole de préfiguration du PRU, convention pluriannuelle de renouvellement urbain, dispositifs d'accompagnement et stratégies de relogement, charte d'insertion, convention de gestion urbaine et sociale de proximité) s'appuient sur un **changement d'échelle** selon laquelle les quartiers prioritaires de la politique de la Ville (QPV) doivent s'intégrer à une approche et dans les stratégies et politiques publiques intercommunales, et font valoir une **vocation affirmée** au sein d'un territoire.

Par ailleurs, l'atteinte des objectifs de transition n'est possible que par un **décloisonnement des approches**. La **politique de la Ville** intègre depuis ses débuts une **logique de gouvernance transversale** qui pose un **cadre partenarial** (élus et techniciens des collectivités territoriales, services déconcentrés de l'État, bailleurs sociaux, régions et départements, représentants des Conseils citoyens, travailleurs sociaux, Caisse des dépôts et consignation, ANCT, Foncière Logement, etc.), assure le pilotage, définit la stratégie de concertation et d'accompagnement, et met en place les dispositifs de suivi et d'évaluation continue. Ce cadre est propice à une **montée en compétence des acteurs du renouvellement urbain, à un essaimage des bonnes pratiques, à leur répliquabilité** à différentes échelles (très locale ou sur plusieurs intercommunalités).

Enfin, la transition énergétique et la trajectoire de réduction carbone, couplées aux investissements et travaux massifs prévus par les PRU, sont potentiellement **créatrices de valeur locale, de structuration de filières et de création d'emplois**, répondant ainsi directement à **plusieurs objectifs incontournables définis dans le règlement général de l'ANRU relatif au NPNRU** tels que « favoriser la mixité fonctionnelle et consolider le potentiel de développement économique » et, bien sûr, « viser l'efficacité énergétique et contribuer à la transition écologique des quartiers ».

11. Srdadet : Schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires.

12. SCOT : Schéma de cohérence territoriale.

13. PLU / PLU (i) : Plan local d'urbanisme / intercommunal.

14. PCAET : Plan climat air-énergie territorial.

15. PDU : Plan de déplacement urbain.

16. PAT : Projet alimentaire territorial.



## 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

de construction et de rénovation, d'aménagement urbain.

- En phase d'exploitation, le **fonctionnement des services urbains**, impactant en matière d'énergie et de carbone, peut s'appuyer sur des principes de **sobriété** et de **circularité**, des solutions à déployer pertinentes à l'échelle du quartier, tout en répondant à des problématiques et dysfonctionnements rencontrés spécifiquement dans la gestion.

- De manière transversale, une approche énergie et carbone à l'échelle du quartier interroge

également **les usages**. Sur le long terme, les postes de l'**alimentation** ou de la **mobilité** représentent une grande part des émissions de GES d'un quartier.

Aussi, **le PRU est à envisager comme un moment opportun** pour identifier les moyens à mettre en œuvre pour inscrire un quartier et ses usagers dans une dynamique de sobriété carbone et énergie. Au-delà des leviers opérationnels liés à la construction, la réhabilitation et l'aménagement, l'approche énergie/carbone permet d'appréhender les réponses

### Français moyen = 11,5 tCO2e/an



Les grandes composantes de l'empreinte carbone des Français - Source : BBKA

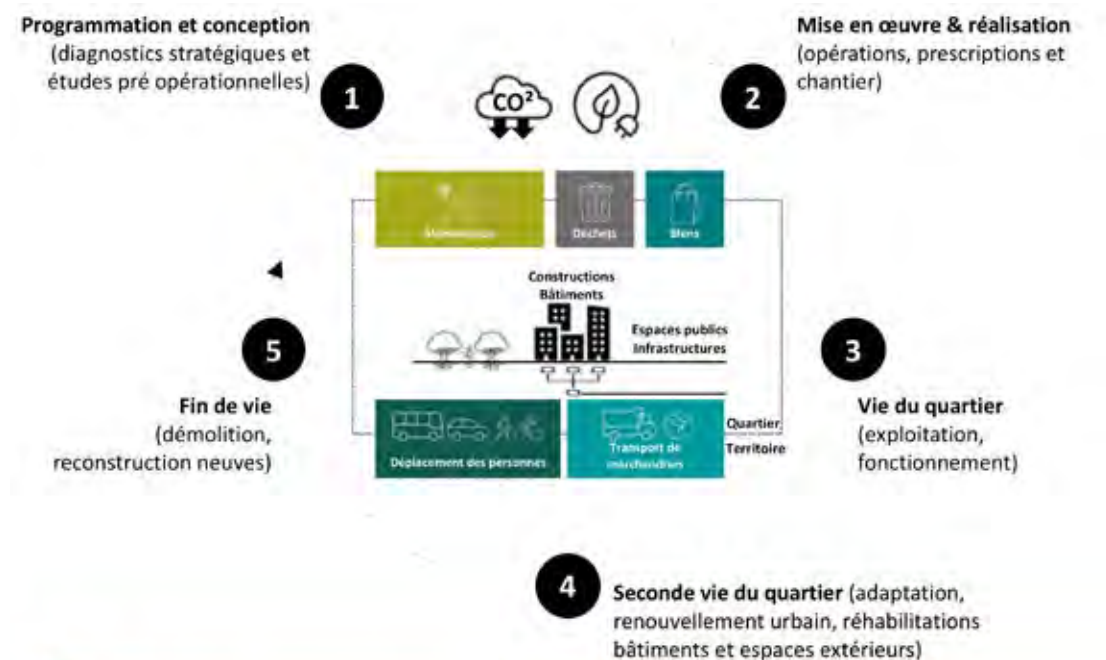
### Usager BBKA quartier



Estimation des réductions d'empreinte carbone réalisables à l'échelle du quartier - Source : BBKA

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



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

approche **réinterroge l'acte d'aménager**, la particularité des PRU étant de pouvoir intégrer et **tirer parti d'un « déjà-là »** représentant un **stock de carbone existant** constitué par les bâtiments, espaces publics et infrastructures déjà présents. La notion de **seconde vie ou d'allongement de la durée de vie des bâtiments et espaces extérieurs** devient alors une question incontournable.

Dans cette optique de seconde vie à l'échelle des quartiers ou des bâtiments et d'évolution des usages, la capacité des quartiers à répondre à de nouveaux besoins des populations, tout comme la recherche de mixité sociale, invitent à rechercher des **principes de programmation souples, évolutifs, intégrant les notions d'optimisation, de mutualisation, de changement de fonction ou usages et de réversibilité des aménagements.**

Enfin, si l'inscription dans une trajectoire énergie et carbone poursuit des objectifs d'atténuation du changement climatique, elle doit **intégrer également les perspectives d'adaptation des quartiers aux changements climatiques** à venir ou d'ores et déjà engagés. Les perturbations engendrées (périodes caniculaires et problématiques d'îlots de chaleur urbains, dégradation de la qualité de l'air, risques d'inondations, développement de maladies vectorielles, zoonoses, parasites, impacts sur la biodiversité, etc.) signifient une plus grande vulnérabilité des quartiers, affectant directement la santé des populations, les rendant potentiellement plus exposées aux facteurs de risques et de nuisances. Une approche énergie/carbone à l'échelle d'un quartier s'intéressera donc plus globalement au comportement futur, prenant en compte les **enjeux de santé et de résilience** dans les PRU.

### NOTION UTILE

**La résilience en écologie est la capacité d'un écosystème, d'un biotope ou d'un groupe d'individus à se rétablir et retrouver un fonctionnement ou développement après une perturbation extérieure. Appliquée à l'aménagement, il s'agit de la capacité des territoires à limiter les effets de catastrophes et à retrouver rapidement un fonctionnement normal.** Pour Naomie Klein dans « Plan B pour la planète : le new deal vert », « *les ingrédients de la résilience [...] se trouvent dans les groupes de citoyens et les cercles sociaux réunissant des gens qui, par leur proximité et le partage d'espaces communs, se connaissent et prennent soin les uns des autres. Le plus grand danger, en période d'anxiété ou de risques, c'est l'isolement. La recherche de moyens de multiplier les espaces publics et de favoriser l'engagement citoyen, plus qu'un vague projet progressiste, est une stratégie de survie.* ».

### c) À l'échelle des opérations de réhabilitation ou de reconstruction des bâtiments, et des habitants et usagers

Les PRU sont constitués, à l'échelle des bâtiments, d'opérations de **réhabilitation** de l'existant, de **démolition et (re) construction** neuve, de **logements, équipements et locaux d'activités économiques et commerciales.**

En matière énergétique, **les bâtiments existants**, majoritairement dans des tissus de grands ensembles construits dans les années 1960, présentent

POUR ALLER PLUS LOIN

### Sur les enjeux de santé dans les PRU

L'ANRU publie en juillet 2021 le Carnet de l'innovation « La santé et le bien-être dans les quartiers en renouvellement urbain : outils et méthodes pour des projets de renouvellement urbain favorables à la santé ».



# Dans les bâtiments

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 exécutable. 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 ménages<sup>17</sup>, 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 riches<sup>18</sup>, ayant pour incidence la création d'une précarité énergétique<sup>19</sup>.* 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

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 CO<sub>2</sub> 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).

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 séquestration<sup>20</sup> de CO<sub>2</sub> 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.

## 2.1 État des lieux énergie/ carbone et perspectives pour les bâtiments dans le cadre des PRU

### a) Performances énergie/carbone actuelles du parc social

**Le bâtiment étant le secteur le plus consommateur d'énergie en France**, sa rénovation est de fait un des piliers de la transition énergétique.

La rénovation des logements fait partie intégrante des préoccupations des collectivités qui, si elles disposent pour certaines de la compétence habitat, sont parfois dépourvues devant l'ampleur de la tâche et sa relative complexité, notamment pour le parc privé qui se caractérise par une diversité de logements, de publics cibles, une pluralité de réglementations (urbanisme, droit de propriété), des difficultés de financement et surtout des processus de décision qui répondent parfois à des mécanismes cognitifs difficilement appréhendables.

La loi Énergie Climat de novembre 2019 introduit l'accélération de la rénovation des **« passoires thermiques »** (étiquettes énergétiques F ou G) :

**4,8 MILLIONS**  
de passoires thermiques  
actuellement identifiées

Incitation des propriétaires des logements concernés : pas d'augmentation libre des loyers sans avoir réalisé des travaux de rénovation et, à partir de 2022, obligation d'audit énergétique à la vente des logements assorti de propositions de travaux de rénovation adaptés et estimatif du coût, information des acquéreurs sur le coût de facture énergétique.

21. Selon l'étude de la Caisse des dépôts « Éclairages » juillet 2014 : [https://www.caissedesdepots.fr/fileadmin/PDF/Rapports\\_et\\_etudes/fonds\\_d\\_epargne/Eclairages\\_no5.pdf](https://www.caissedesdepots.fr/fileadmin/PDF/Rapports_et_etudes/fonds_d_epargne/Eclairages_no5.pdf).

— Obligation de travaux d'ici à 2028 pour passer des classes énergétiques F ou G à au moins la classe E.

### État des lieux « consommations d'énergie »

La **consommation d'énergie moyenne du parc de logements collectifs (publics et privés)**, selon le calcul thermique réglementaire (sur les postes chauffage, eau chaude sanitaire, auxiliaire, éclairage et ventilation selon un scénario conventionnel d'utilisation, en énergie primaire et hors consommation électroménager, hi-fi...), est d'environ **280 kWh/m<sup>2</sup>/an**. Le chauffage est le poste principal (70 %), suivi par la production d'eau chaude sanitaire (15 %).

**Les bailleurs sociaux sont en majorité mieux engagés dans la dynamique de rénovation énergétique que le parc privé**, la consommation moyenne des 4,6 millions de logements sociaux (16,5 % du stock du parc résidentiel - 50 % construits avant 1975) ne s'élevant « qu'à » environ **190 kWh/m<sup>2</sup>/an**<sup>21</sup>. Les logements d'étiquette énergétique F (331-450 kWh/m<sup>2</sup>/an) et G (> 450 kWh/m<sup>2</sup>/an) représentent 7 % du parc social, alors qu'ils représentent 33 % des habitations principales du parc privé. Il n'en reste pas moins que **21 % du parc social est considéré comme énergivore** (classes E, F, G, c'est-à-dire consommant plus de 230 kWh/m<sup>2</sup>/an).



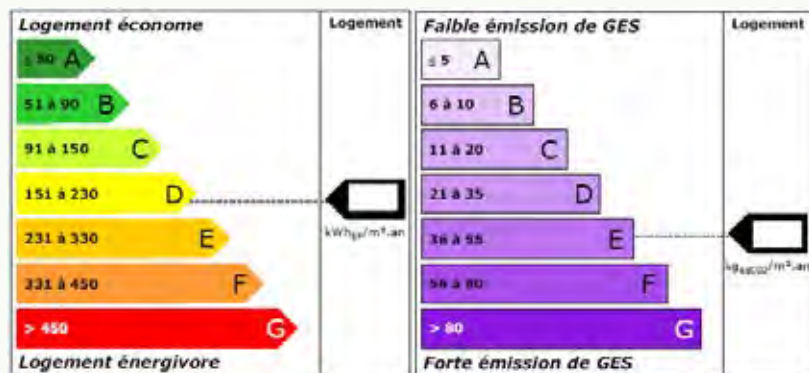
Désormais, les **logements collectifs neufs** consomment moins de **50 kWh/m<sup>2</sup>/an (étiquette énergie classe A)** sur les postes de consommation considérés par la réglementation thermique, et environ **120 kWh/m<sup>2</sup>/an sur tous les postes de consommation** (comprenant les usages de type électroménager, multimédia...).

## Diagnostic de performance énergétique (DPE) et ses étiquettes

Le diagnostic de performance énergétique (DPE)<sup>22</sup> 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<sup>er</sup> septembre 2006), lors d'une location (1<sup>er</sup> 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<sup>er</sup> juillet 2021 et l'estimation de la facture énergétique devra être affichée à compter du 1<sup>er</sup> janvier 2022.**

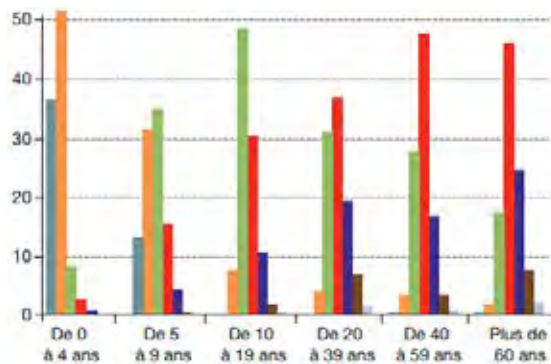


Étiquette énergie sur la consommation d'énergie primaire & étiquette climat sur la quantité de GES émis

Remarque : les consommations d'énergie sont exprimées en énergie primaire (kWh<sub>ep</sub>), la consommation d'électricité est ainsi multipliée par un coefficient de 2,58 pour passer d'énergie finale à énergie primaire.

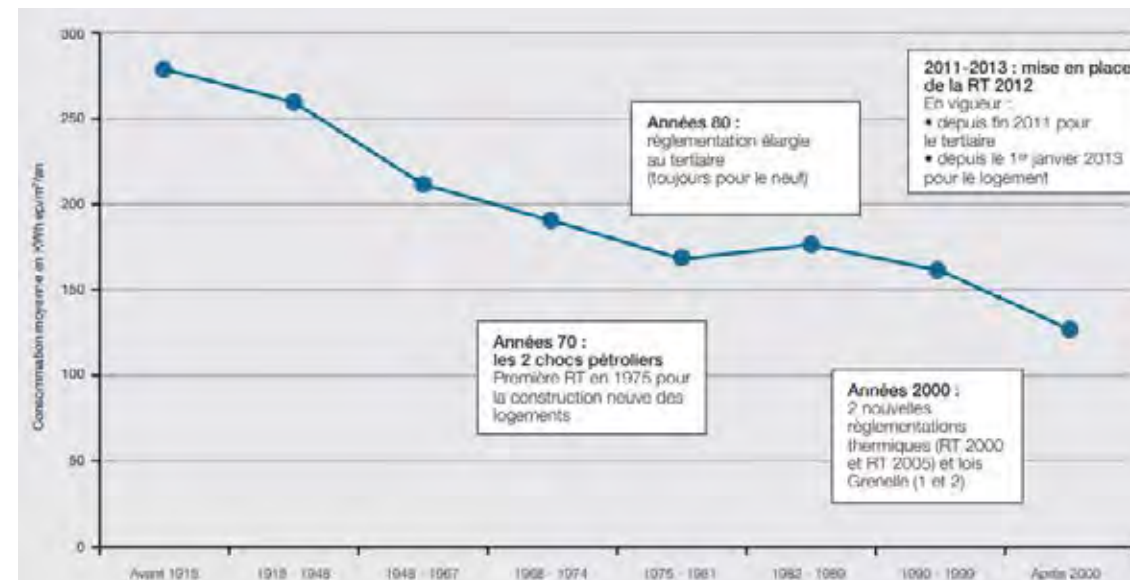
En %

A 3  
B 8  
C 29  
D 39  
E 16  
F 4  
G 1  
NR 0



Répartition DPE des logements sociaux au 1<sup>er</sup> janvier 2018, et répartition par tranche d'ancienneté – Source : SDES, RPLS

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



Évolution de la consommation moyenne du parc social – Source : Caisse des dépôts

Le poste de consommation «Autres usages», lié aux équipements de l'occupant, devient donc le principal poste de consommation d'énergie d'un logement.

La forte réduction des postes réglementaires explique ce basculement. Des actions de performance énergétique sont à envisager sur ce poste et sont abordées dans le chapitre «Avec les habitants» (exemple : achat groupé d'équipements performants classe A+).

### État des lieux «carbone»

Côté performance carbone, les **émissions des logements collectifs liées à la consommation d'énergie** seraient d'environ **50 kgCO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/an** en moyenne.

Dans le parc social, l'émission moyenne ressort à environ **40 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/an**. La moitié du parc social est considérée comme peu performante (c'est-à-dire dégageant plus de 35 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/an).



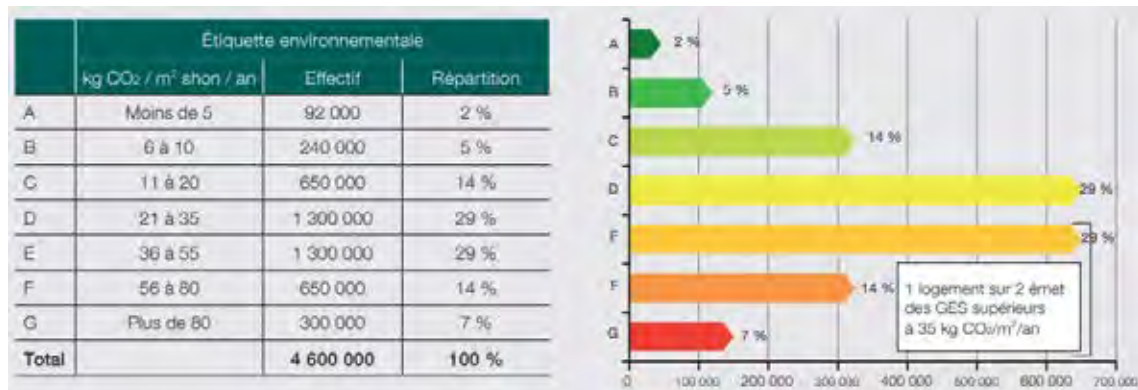
### b) Évaluation et amélioration des performances par l'Analyse de cycle de vie

L'Analyse de cycle de vie (ACV) est une **méthode**

d'évaluation de l'impact environnemental d'un produit ou d'un bâtiment **qui prend en compte toutes les étapes de son cycle de vie** et plusieurs catégories d'impact environnemental. C'est l'outil de base de toute démarche d'écoconception.

**Appliquée au bâtiment**, elle est utilisée comme **outil d'aide à la décision dans les choix de programmation et de conception**. Elle permet d'avoir une vision quantitative des impacts environnementaux du bâtiment sur l'ensemble de son cycle de vie, à savoir :

- la phase de **production** / fabrication des équipements et matériaux de construction (en incluant l'extraction et le transport des matières premières jusqu'à l'usine, puis les procédés de transformations dont elles font l'objet);
- la phase de **construction** du bâtiment en elle-même (transport du produit jusqu'au chantier et son installation);
- la phase d'**utilisation** du bâtiment pour une durée de vie théorique de 50 ans (entretien et maintenance, consommation énergétique et d'eau, renouvellement des matériaux et équipements...);



**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...)<sup>23</sup>.

**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 / Ceteq), Lesosai (édité par E4Tech Software SA), Visual TTH (édité par FAUCONNET 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.

### Quels sont les acteurs impliqués dans une démarche d'ACV ?

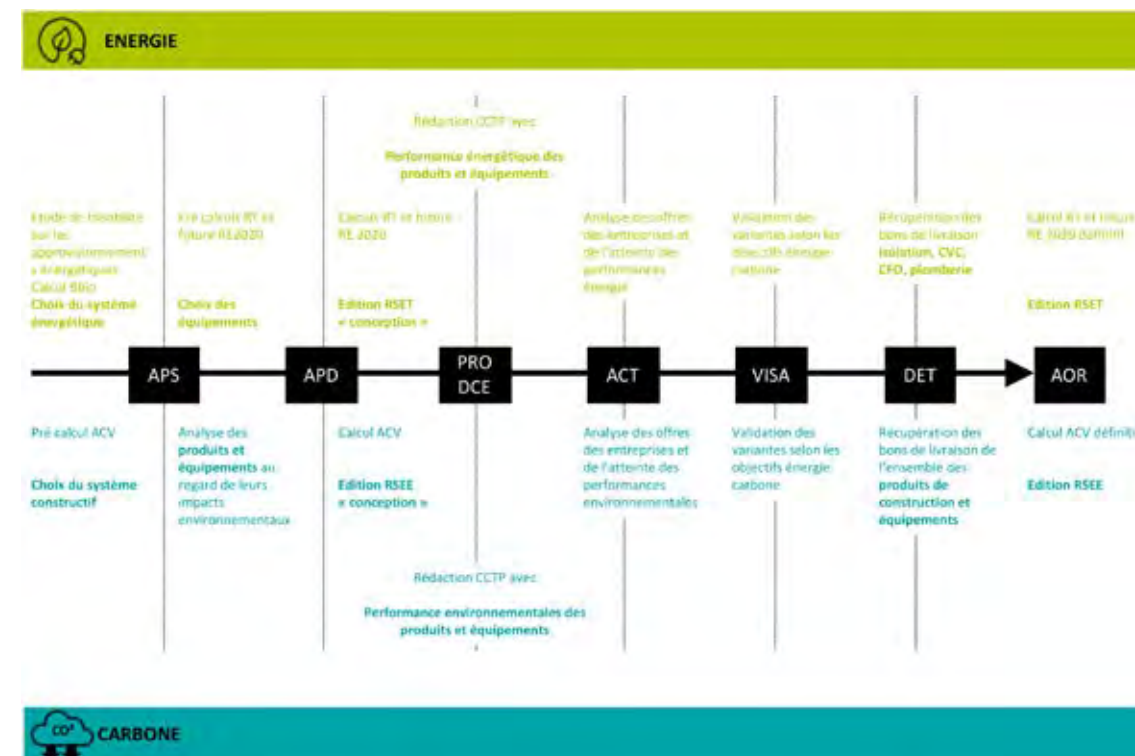
Une ACV à l'échelle d'un bâtiment implique plusieurs acteurs :

- le **maître d'ouvrage (MOA)**, qui en fait la demande, puis arbitre entre les différents choix constructifs proposés par son équipe de maîtrise d'œuvre;
- le **maître d'œuvre (MOE)** qui réalise l'ACV du projet qu'il conçoit, puis propose des scénarios permettant d'optimiser les impacts environnementaux de l'opération;
- parfois un **assistant à maîtrise d'ouvrage (AMO) Environnement** est également dans la boucle pour établir le programme et les ambitions, vérifier l'ACV réalisée par le MOE, challenger l'approche d'écoconception du MOE et aiguiller le MOA dans les choix constructifs.

### Quelles peuvent être les principales difficultés rencontrées dans la réalisation d'une ACV ?

Les outils et bases de données ont beaucoup évolué ces dernières années, mais nécessitent d'être encore consolidés. **Les principales difficultés d'ordre technique reposent sur la fiabilité des hypothèses de base et du périmètre de l'ACV, et sur le manque de données disponibles** pour réaliser une ACV, ce qui réduit la fiabilité et la complétude des analyses.

À noter que l'ACV d'un bâtiment utilise les données des ACV réalisées pour chacune des références de matériaux ou équipements proposées sur l'opération, ce qui implique donc indirectement les fabricants et les industriels. **Les ACV de chaque produit prennent la forme de fiches appelées «Fiches de déclaration environnementale et sanitaire» (FDES)** pour les produits de gros œuvre et corps architecturaux,



**Les bonnes pratiques dans les phases de MOE bâtiment** - Source : Inddigo, inspiré du Guide de conduite d'une opération à faible impact carbone V3 - mai 2020 - Cerema et Tribu Énergie pour l'ADEME et la Dreal Pays de la Loire : [https://www.cerema.fr/system/files/documents/2020/05/200513\\_guide\\_cop\\_bas\\_carbone\\_maj\\_2020\\_0.pdf](https://www.cerema.fr/system/files/documents/2020/05/200513_guide_cop_bas_carbone_maj_2020_0.pdf)

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.

Lot du référentiel E+C-*	Nombre de FDES (individuelle ou collective)		Nombre de valeurs ministérielles (DÉD)		Répartition de l'empreinte carbone en % de l'empreinte PCE moyenne des lots 1 à 7		
					Maisons individuelles	Logements collectifs	Bureaux
1. VRD	43	3%	133	16%	17%	8%	12%
2. Infrastructure	63	4%	76	9%	9%	10%	22%
3. Superstructure	99	6%	105	13%	23%	35%	28%
4. Couverture	297	18%	119	15%	8%	7%	6%
5. Cloisonnement	717	44%	160	20%	11%	10%	12%
6. Façades	250	15%	104	13%	17%	13%	15%
7. Revêtements	148	9%	118	14%	15%	18%	6%
<b>Total</b>	<b>1617</b>	<b>100%</b>	<b>815</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>

- \* 1. VRD (Voie et Réseaux Divers)
- 2. Fondations et Infrastructure
- 3. Superstructure - Maçonnerie
- 4. Couverture - Plancher - Charpente - Zinguerie
- 5. Cloisonnement - Double - Plafonds suspendus, ...
- 6. Façades et menuiseries extérieures
- 7. Revêtements des sols, murs et plafonds - Chape, ...

**Comparaison de répartition des fiches de la base Inies par lots du référentiel E+C- - Source : Ifpeb, Carbone 4, «Hub des prescripteurs bas carbone, les messages clefs», Avril 2020 : <http://www.carbone4.com/wp-content/uploads/2020/04/Hub-prescripteurs-bas-carbone-Avril-2020.pdf>**

**QUANTITES**  
Consommations (énergie, eau)  
Matériaux (en m3, kg, m², etc.)  
Distances (en km)

*Exemple : 18m² de fenêtre en PVC, dans le calcul Egés PCE*

**DONNEES ENVIRONNEMENTALES**  
(base INIES) & DUREE  
(taux de renouvellement sur 50 ans)

**IMPACT ENVIRONNEMENTAL DU BATIMENT**

Taux de renouvellement : 2 (durée de vie 25 ans)	Par m2	Résultats pour ces 18m2 de fenêtres PVC
Indicateurs d'impact		
Potentiel de réchauffement climatique	54,6 kg eq CO2	1 985,6 kg eq CO2
Utilisation totale d'énergie non renouvelable	1 600 MJ	57 600 MJ
Déchets non dangereux éliminés	54,1 kg	1 947,6 kg

**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**

Typologie	Organisme déclarant	Nom Fiche	UF	Réchauffement climatique (kg CO2 eq./m² sur 50 ans)
Individuelle	SELECTION ELEKTROKIMYA SAN. VE TIC. LTD. STI.	Fenêtre double vitrage en pin ARBOR 68s	Permettre à la lumière d'entrer à travers une ouverture de 1 m² réalisée dans un mur, avec un facteur de transmission lumineuse de 80%, tout en assurant une isolation thermique de 1,3 W/(m².K), un affaiblissement acoustique de 29 dB, et en permettant l'ouverture pour ventilation, pendant 25 ans.	148,8
Collectif	INSTITUT TECHNOLOGIQUE FCBA	Fenêtre et porte-fenêtre double vitrage, fabriquée en France, en bois tropicaux provenant d'Afrique, d'Amérique du Sud ou d'Asie du Sud Est	Fermer une ouverture permanente de 1 m² de surface dans une paroi extérieure, tout en permettant le passage de la lumière et assurant un coefficient de transmission thermique inférieur ou égal à 1,4 W/(m².K), sur une durée de vie référence de 30 ans.	109,8
Collectif paramétrable	INSTITUT TECHNOLOGIQUE FCBA	Fenêtre ou porte-fenêtre, double vitrage, fabriquée en France, en chêne ou pin sylvestre européen	Fermer 1 m² de surface d'ouverture d'un bâtiment, avec une "fenêtre", dont le coefficient de transmission thermique est inférieur ou égal à 1,4 W/(m².K), sur une durée de vie référence	88,7
Donnée environnementale par défaut	MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE	Fenêtres en bois massif double vitrage [Uw=1,4 W/(m2.K)] [Gestion durable] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DÉFAUT	1 m² de surface d'ouverture d'un bâtiment, fermée par une fenêtre, dont le coefficient de transmission thermique est inférieur ou égal à 1,4 W/(m².K), sur une durée de vie référence de 25 ans.	310,0
Donnée environnementale par défaut	MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE	Fenêtres en bois massif double vitrage [Uw=1,4 W/(m2.K)] [Gestion non durable] - DONNEE ENVIRONNEMENTALE PAR DÉFAUT	1 m² de surface d'ouverture d'un bâtiment, fermée par une fenêtre, dont le coefficient de transmission thermique est inférieur ou égal à 1,4 W/(m².K), sur une durée de vie référence de 25 ans.	360,0
			Aucune donnée	0,0

**Exemple d'écart de résultats selon les hypothèses (FDES) pour une fenêtre bois double vitrage - Source : Inddigo**

Principaux labels énergie et/ou carbone	Caractéristiques et niveaux d'exigences (pour logements collectifs)	Informations pratiques
	<b>Énergie</b> : niveau Énergie 2 du référentiel E+C -. - Modulation du Bbiomax, CEPmax -20 %. - Perméabilité à l'air : Q4Pa-surf $\leq$ 0,8 à 1 m <sup>3</sup> /h/m <sup>2</sup> 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. <b>Carbone</b> : niveau Carbone 1 du référentiel E+C -.	<b>Qui</b> : Effinergie <b>Applicable</b> depuis 2017 <b>À quel stade?</b> Vérification documentaire en phase étude, et audit sur site en fin de réalisation. <b>Coût</b> : ~ 15 000 € <b>Particularités</b> : - Délivrés dans le cas de certifications NF Habitat HQE (Cerqual, Promotelec, Prestaterre). - 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 CO <sub>2</sub> besoins couverts par les EnR par usages) et guide Effinergie. <b>Pour aller plus loin</b> : Site Effinergie : <a href="https://www.effinergie.org/web/les-labels-effinergie/comment-obtenir-le-label-bbc-effinergie">https://www.effinergie.org/web/les-labels-effinergie/comment-obtenir-le-label-bbc-effinergie</a> Observatoire BBC : <a href="https://www.observatoirebbc.org/">https://www.observatoirebbc.org/</a>
	<b>Énergie</b> : CEP max $\leq$ 80 kWh/m <sup>2</sup> /an selon la zone climatique. - Obligation de mesures perméabilité à l'air (avec Q4Pa-surf $\leq$ valeur dans la consommation).	
	<b>Énergie</b> : niveau Énergie 3 du référentiel E+C -. - Bâtiment producteur d'énergies renouvelables. <b>Carbone</b> : niveau Carbone 1 du référentiel E+C -.	
	<b>Énergie</b> : niveau Énergie 4 du référentiel E+C -. - Bâtiment producteur d'énergies renouvelables. <b>Carbone</b> : niveau Carbone 1 du référentiel E+C -.	
	<b>Carbone</b> : mesure de l'empreinte carbone (teqCO <sub>2</sub> ) du bâtiment sur tout son cycle de vie. <b>3 niveaux</b> : Standard (25 points); Performant (40 points); Excellent (50 points). 1 point correspond à 10 kg de CO <sub>2</sub> non émis, ou à 15 kg de CO <sub>2</sub> stockés. <b>Score calculé sur la base de 4 indicateurs en 2 familles</b> : 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).	<b>Qui</b> : Multiacteurs <b>Applicable</b> depuis 2016 <b>À quel stade?</b> Fin de la phase conception et de la phase réalisation <b>Coût</b> : ~ 6500 € + coût référent BBCA <b>Particularités</b> : - Délivré seul ou en association avec une certification NF Habitat HQE. - Nécessite un référent BBCA. <b>Pour aller plus loin</b> : Association BBCA : <a href="https://www.batimentbascarbonate.org/">https://www.batimentbascarbonate.org/</a>
	<b>Carbone</b> : - 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.	

	<b>Carbone</b> : intégrer une part significative de matériaux biosourcés, issus de la biomasse végétale ou animale (bois, chanvre, paille, laine de mouton, plume, etc.). Pour le neuf : -Quantité minimale de matériaux biosourcés incorporée : niveau 1 (18 kg/m <sup>2</sup> de surface plancher), niveau 2 (24 kg/m <sup>2</sup> ), niveau 3 (36 kg/m <sup>2</sup> ). -Mixité des produits : niveau 1 (au moins 2 produits de construction pour des fonctions différentes : structure, isolation, revêtements, etc.); niveaux 2 et 3 (au moins 2 familles de produits : bois, paille, ouate de cellulose, coton recyclé, chanvre). -Les performances environnementales et sanitaires : Fiches de déclaration environnementales et sanitaires, étiquetage selon décret du 23 mars 2011, et classe A ou A+ selon l'arrêté du 19 avril 2011; preuve gestion durable de forêts si produit bois et dérivés.	<b>Qui</b> : État <b>Applicable</b> depuis 2013 <b>À quel stade?</b> Phase étude et phase réalisation <b>Coût</b> : ~ 10 000 € pour HQE et 2500 € pour biosourcé <b>Particularités</b> : Délivré avec certification HQE ou PEQA ou Bâtiment durable. <b>Pour aller plus loin</b> : Label biosourcé : <a href="http://produitbiosource.eu/">http://produitbiosource.eu/</a> À noter, la proposition de Karibati d'adaptation du label à la rénovation : <a href="http://www.karibati.fr/wp-content/uploads/2016/09/160817-Avis-expert-criteres-biosources-renovation.pdf">http://www.karibati.fr/wp-content/uploads/2016/09/160817-Avis-expert-criteres-biosources-renovation.pdf</a>
	<b>Énergie</b> : - Besoins de chauffage < 15 kWh/m <sup>2</sup> /an. - Consommations (tous les usages) < 120 kWh/m <sup>2</sup> /an. - Étanchéité air n50 < 0,6 vol/h. <b>Carbone</b> : Sans objet	<b>Qui</b> : label d'origine allemande <b>Applicable</b> depuis 2000 <b>À quel stade?</b> Fin de conception et réception <b>Organisme certificateur</b> : La Maison passive <b>Pour aller plus loin</b> : <a href="http://institutdubatimentpassif.com/">Institut du bâtiment passif, Passivhaus Institut</a> Base de données des opérations certifiées : <a href="http://passivehousebuildings.com/">Passive House Buildings (passivehouse-database.org)</a>
	<b>Énergie</b> (en phase d'exploitation et utilisation) : 4 niveaux par rapport à la RT 2012 selon les indicateurs Bbio, CEP, et bilan énergétique Bepos (usages RT étendue aux ascenseurs, parkings, parties communes, mobiliers). Bepos = consommations - Énergie renouvelable ou de récupération « exportée ». - Énergie 1 et 2 (sobriété et efficacité) : CEP entre -5 et -10 % et / ou recours aux EnR&R pour la chaleur. - Énergie 3 (sobriété + efficacité + EnR) : CEP -20 % et recours aux EnR pour les besoins du bâtiment. - Énergie 4 (sobriété + efficacité + EnR) : production d'EnR&R équivalente ou supérieure aux consommations. <b>Carbone</b> (dans tout le cycle de vie estimé à 50 ans) : 2 niveaux et repères basés sur une Analyse du cycle de vie (ACV). - Carbone 1 : empreinte carbone $\leq$ 800 kgeqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> pour les produits et équipements. - Carbone 2 : empreinte carbone $\leq$ 750 kgeqCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> pour les produits et équipements.	<b>Qui</b> : État <b>Applicable</b> depuis 2016 <b>À quel stade?</b> Vérification au stade du permis de construire et mise à jour en fin de phase réalisation <b>Pour aller plus loin</b> : Site de l'expérimentation, fiches pédagogiques et formations : <a href="http://www.batiment-energiecarbone.fr/fiches-videos-pedagogiques-formationen-r16.html">http://www.batiment-energiecarbone.fr/fiches-videos-pedagogiques-formationen-r16.html</a>

## 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.

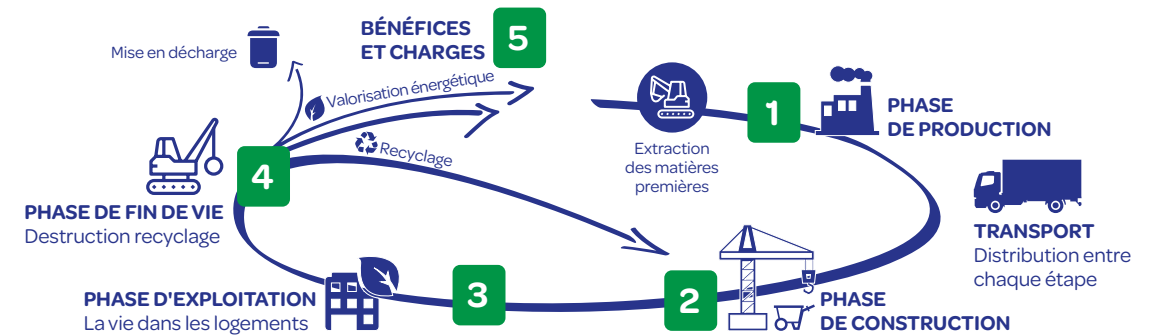
Cette expérimentation offre aux acteurs un cadre national d'évaluation de la performance énergétique et carbone des bâtiments qui s'appuient sur l'échelle d'évaluation de la performance du bâtiment basée sur :

#### 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



Indicateurs énergétiques (phase utilisation)		Indicateurs environnementaux / carbone (tout le cycle de vie)	
<b>Au-delà de la RT 2012 :</b> Bbio : besoins bioclimatiques Cep : consommation en énergie primaire		<b>Eges :</b> niveaux d'émissions de GES / CO <sup>2</sup> maximal sur tout le cycle de vie du bâtiment. <b>Eges (PCE) :</b> niveaux d'émissions de GES / CO <sup>2</sup> relatifs aux produits de construction et équipements	
<b>Bilan BEPOS :</b> Consommation d'énergie primaire hors ENR+r – énergie primaire ENR+r « exportée »		4 contributeurs pour les calculer :	
		<b>Produits de construction et équipement (PCE) :</b> somme des impacts environnementaux de tous les composants du bâtiment et de sa parcelle = Quantité de produit x impact environnemental du produit (base de donnée INIES) x facteur de renouvellement sur les 50 ans	ACV : 1 à 4
<b>Energie 1 :</b> Cepmax – 5%	<b>Bureaux :</b> Cepmax – 15%	<b>Consommation d'énergie en exploitation :</b> = Quantité d'énergie x impact environnemental du vecteur énergétique x 50 ans	3
<b>Energie 2 :</b> Cepmax – 10%	<b>Bureaux :</b> Cepmax – 30%	<b>Consommation et rejet d'eau en exploitation :</b> = impact carbone de la potabilisation de l'eau consommée, du traitement des eaux usées, de la gestion des eaux pluviales	3
<b>Energie 3 :</b> Cepmax – 20% Et recours à 20 kWh/m <sup>2</sup> /an aux ENR	<b>Bureaux :</b> Cepmax – 40% Et recours à 40 kWh/m <sup>2</sup> /an aux ENR	<b>Chantier :</b> = pendant le chantier, consommation d'énergie, consommation d'eau et rejet, traitement des déchets et terrassements	2
<b>Energie 4 :</b> Bâtiment producteur Production ENR équivalente aux consommations sur tous les usages du bâtiment Equivalent label BEPOS.			

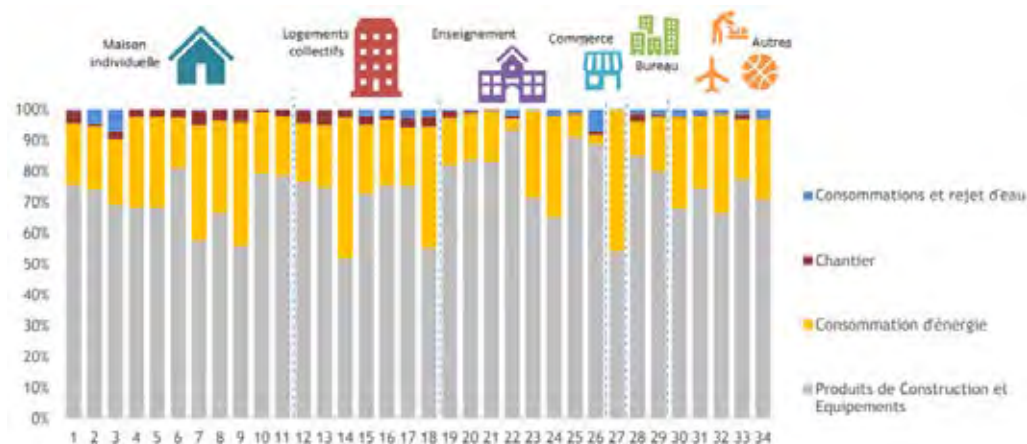
Cycle de vie d'un bâtiment et synthèse des indicateurs et modes de calculs du référentiel E+C-  
Source : Inddigo (mai 2021, sous réserve des évolutions de la future RE 2020)

et équipements (tout le cycle de vie), consommation d'énergie, d'eau et rejets d'eau pendant l'utilisation, et phase de chantier (consommation d'énergie, d'eau, rejet d'eau, déchets de chantiers). Ils ne comprennent pas dans cette expérimentation l'empreinte carbone liée aux déplacements des occupants, à la gestion des déchets ou aux consommations autres que l'énergie et l'eau (alimentation, habillement, etc.).

#### Grands enseignements de l'expérimentation E+C-

À ce stade, les résultats montrent un poids prépondérant dans les émissions de CO<sub>2</sub> du contributeur « produits de constructions et équipements » (entre 55 et 90 % du bilan d'Eges), puis du contributeur « énergie » qui dépend fortement du vecteur (gaz, électricité, biomasse, etc.). Les contributions de l'eau et du chantier sont plus faibles dans l'ensemble des retours de l'expérimentation :



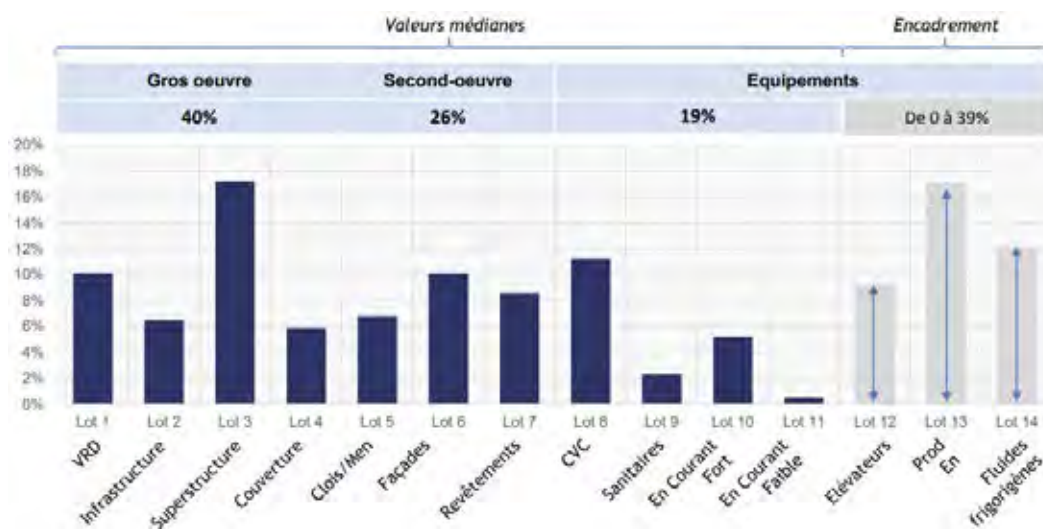


**Poids des différents contributeurs carbone sur l'indicateur changement climatique sur 34 opérations**

Source : ADEME / CSTB, Colloque Bâtiments à énergie positive et réduction carbone, Expérimentation E+ C- en Île-de-France et Centre-Val de Loire, Mars 2019 : <https://ile-de-france.ademe.fr/sites/default/files/obec-idf-cvl-analyse-nepsen-cstb-beprc-290319.pdf>

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) :



**Contributions par lot sur le contributeur Egés PCE** - Source : ADEME / CSTB, Colloque Bâtiments à énergie positive et réduction carbone, Expérimentation E+ C- en Île-de-France et Centre-Val de Loire, Mars 2019, <https://ile-de-france.ademe.fr/sites/default/files/obec-idf-cvl-analyse-nepsen-cstb-beprc-290319.pdf>

### Ces retours d'expérience de l'expérimentation E+C- font émerger des leviers pour la réduction de l'impact carbone :

Réhabiliter un bâtiment permet de **conserver des matériaux de gros œuvre et de structure**, et d'économiser plus de 50 % des émissions liées aux matériaux par rapport à une construction neuve. Rénover est bénéfique pour les émissions carbone **à condition d'engager une rénovation thermique performante** et limiter les émissions liées à l'exploitation et aux consommations énergétiques et en eau, en phase de gestion.

- Le **choix des matériaux et produits de construction** est impactant, notamment dans la structure : bois, matériaux biosourcés, bétons bas carbone, matériaux recyclés ou réemployés.
- Le **gros œuvre contribue fortement au poids de carbone** d'une construction, il est primordial d'optimiser les surfaces et de mutualiser certains usages, par exemple pour les constructions neuves par la **mutualisation du stationnement et parking silos**.
- Le **recours à des réseaux de chaleur faiblement carbonés** permet de générer des gains considérables d'émissions.

**POUR ALLER PLUS LOIN**

### L'expérimentation E+C- en 4 chiffres

En mai 2021, l'expérimentation comptabilise :

**1182 opérations - 323 en logement collectif - 9 opérations au niveau E4 - 130 opérations au niveau C2**

- Le référentiel Énergie-carbone pour les bâtiments neufs : <http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/referentiel-energie-carbone-niveau-de-performance-2016-10.pdf>
- Le guide de conduite d'une opération à faible impact carbone : [https://www.cerema.fr/system/files/documents/2020/05/200513\\_guide\\_cop\\_bas\\_carbone\\_maj\\_2020\\_2.pdf](https://www.cerema.fr/system/files/documents/2020/05/200513_guide_cop_bas_carbone_maj_2020_2.pdf)
- Les enseignements sur le programme OBEC (Objectif bâtiment énergie carbone) de l'ADEME : <https://www.ademe.fr/expertises/batiment/passer-a-l'action/labels-signes-qualite/programme-objectif-batiment-energie-carbone>; [http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c\\_synthobec\\_200506.pdf](http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c_synthobec_200506.pdf)

## 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 m<sup>2</sup> 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

les planchers. Les murs extérieurs sont en caissons bois préfabriqués, comportant une **isolation en bottes de paille** (origine nord-Drôme). L'**étanchéité à l'air** visée est le niveau passif, soit n50 = 0,6 vol/h. À partir du rez-de-chaussée, toute l'inertie est apportée par une centaine de tonnes de **terre crue** sous deux formes différentes : briques d'argile crue dans les planchers (récupérées car considérées comme déchets), et briques fabriquées localement avec la terre excavée du terrain pour l'habillage des murs intérieurs. Les menuiseries extérieures sont en bois **triple vitrage** à haut facteur solaire. Au sud, elles sont équipées de brise-soleil orientables, et sur les autres façades de volets en bois, coulissants ou battants traditionnels. Une attention particulière a été apportée à la qualité environnementale des matériaux : complément d'isolation intérieure en laine de bois, isolation phonique en **laine de bois**, sol souple en linoléum naturel, peintures certifiées à faibles COV, menuiseries intérieures en bois local (frêne, cèdre et peuplier), plafonds bois laissés bruts (sauf dans les circulations où un faux-plafond intègre les chemins de câbles électriques), ameublement en bois traité simplement à l'huile dure. Le **ventilation double flux**, avec récupération des calories sur l'air extrait, était impérative : chaque bureau dispose d'un ou plusieurs caissons de ventilation indépendants, prenant et rejetant l'air à travers la façade, pilotés par un simple interrupteur et modulables sur quatre débits. Le bâtiment est **sans installation de chauffage fixe**. Il a été optimisé par **simulation thermique dynamique** pour que le besoin de chauffage soit proche de zéro, sans dégrader l'exigence du confort d'été. Le besoin de chauffage calculé est de 4 kWh/m<sup>2</sup>SU/an, assuré actuellement par des radiateurs électriques mobiles d'une puissance totale de 4 kW pendant une période très courte de l'année (moins de deux mois, période la plus froide). La puissance installée est de 7 W/m<sup>2</sup> pour assurer des besoins 4 fois plus faibles que pour un bâtiment passif. Les premières années d'utilisation et les retours sur le confort en hiver par toute l'équipe détermineront le besoin ou non du passage à un poêle à granulés central (une réservation a été prévue pour le conduit de fumées). L'éclairage, à très basse consommation, a été conçu à l'aide du logiciel Dialux pour assurer 200 lux en base plus appoint par des lampes de bureau. Les luminaires sont équipés de **LED**, ce qui a permis de réduire la puissance installée à 2 W/m<sup>2</sup>. L'**éclairage naturel** est également favorisé par les surfaces vitrées assez généreuses : 17 % de surface

vitree par mètre carré de surface utile, un ratio suffisant pour un usage de bureau et largement inférieur aux 40 à 45 % fréquemment rencontrés dans les bâtiments récents. Pour la gestion de l'éclairage des circulations, une simple temporisation (assez courte) a été retenue plutôt que des détecteurs afin de laisser le choix à l'utilisateur d'allumer ou non selon ses besoins. Les ordinateurs portables consomment moins de 25 W par poste, les imprimantes sont paramétrées pour se mettre en veille automatiquement, et les serveurs consommant moins de 50 W (3 fois moins que le précédent) sont éteints en dehors des heures d'occupation. Pour limiter les consommations en inoccupation, un **interrupteur manuel de coupure générale** permet d'éteindre tout le réseau électrique (sauf alarme et calculs nocturnes éventuels), mission du dernier usager quittant les bureaux. La toiture sud-est couverte de 153 m<sup>2</sup> de **capteurs photovoltaïques** (puissance de 24 kWc) fabriqués en Auvergne-Rhône-Alpes. Les équipements de bureautique consomment peu et, par conséquent, dégagent peu de chaleur également. Ces faibles apports, associés à la **forte inertie** du bâtiment (100 tonnes de terre crue) et à la ventilation double-flux, permettent de limiter l'augmentation de température dans les bureaux en journée. Le rafraîchissement nocturne des bureaux est assuré par l'ouverture manuelle des menuiseries au départ des occupants, les volets bois et les brise-soleil orientables assurant protection contre les intempéries et contre l'intrusion. Enfin, **toutes les entreprises du chantier sont établies dans un rayon de 40 km**, les sociétés principales (ossature bois et gros œuvre-VRD) respectivement à moins de 10 et 20 km.

#### Difficultés rencontrées

La principale difficulté a été de réaliser la superstructure bois-paille en filière sèche pendant les mois d'hiver, pluvieux et soumis au gel. L'entreprise de charpente bois a constamment veillé à la protection contre la pluie de ses ouvrages (caissons paille), protection qui est le gage essentiel de la pérennité des performances de ce type de matériau. De la même manière, le remplissage des planchers bois avec la terre crue (aucune intempérie ne pouvait être tolérée à ce moment-là), a nécessité une attention particulière de la part du maître d'œuvre en pilotage de chantier et une réactivité très forte des entreprises. Les procédés et matériaux inusuels de ce projet ont ajouté une difficulté technique pour les entreprises. Le travail et la présence continue

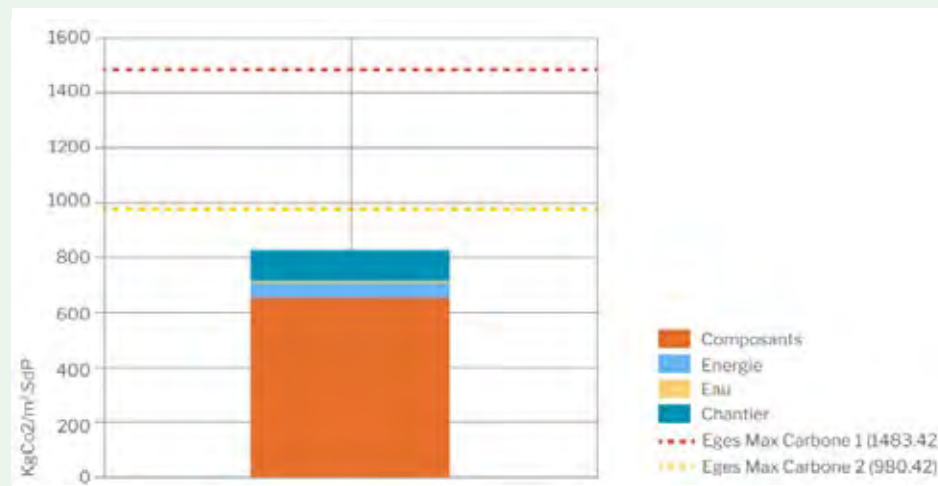
de la maîtrise d'œuvre et l'implication des entreprises a permis de relever ces challenges. Toutefois, la majorité des acteurs du chantier sont apparus fortement intéressés par ce projet « expérimental » et désireux de faire évoluer leurs métiers.

## Bilan

- Coût des travaux : 817 600 € HT + 114 400 € HT de VRD, soit 1120 € HT/m<sup>2</sup> 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 de 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 CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SDP, 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 CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>SDP, ce qui est inférieur au niveau Carbone 1 (< 1063) et au niveau Carbone 2 (< 913). **Les impacts CO<sub>2</sub> 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)

## Perspectives

LowCal était le rêve de la Scop Enertech : concevoir, construire et utiliser un bâtiment confortable, sans système intégré de chauffage ni de climatisation, à bas carbone et à budget maîtrisé. Après une année dans les bureaux et de bons retours, Enertech se dit prêt à travailler sur le concept LowCal à plus grande échelle et **à adapter à d'autres usages (logement par exemple)**. Quelques points pourraient être retravaillés comme l'amélioration des volets bois (difficilement manipulables), l'amélioration de l'acoustique entre niveaux, l'intégration des réseaux électriques dans un plancher (complexe avec le plancher en terre crue) ou encore un travail sur la consommation d'eau

des sanitaires (réduction des temporisations des robinets). Aujourd'hui, la Scop est tournée vers l'avenir : les premiers retours, l'analyse des difficultés rencontrées et les bons résultats de cette première année de mesure enrichissent un projet de recherche ADEME qui permettra **de reproduire et promouvoir le concept LowCal**.

### En savoir plus :

[https://leblog.enertech.fr/images/documents/2018-05\\_LOWCAL-ENERTECH\\_presentation.pdf](https://leblog.enertech.fr/images/documents/2018-05_LOWCAL-ENERTECH_presentation.pdf); <https://www.enertech.fr/retour-dexperience-sur-le-lowcal-nos-bureaux-a-energie-positive-en-bois-paille/>

Contact : **Enertech**, [contact@enertech.fr](mailto:contact@enertech.fr)

## e) ... à la RE 2020

Consécutivement aux enseignements de l'expérimentation E+C-, la RE 2020 confirme trois grands objectifs :

- 1) des bâtiments qui **consomment moins et utilisent des énergies moins carbonées**;
- 2) ménager une transition progressive vers des **constructions bas carbone**, misant sur la diversité des **modes constructifs** et la mixité des matériaux;
- 3) des bâtiments **plus agréables en cas de forte chaleur**.



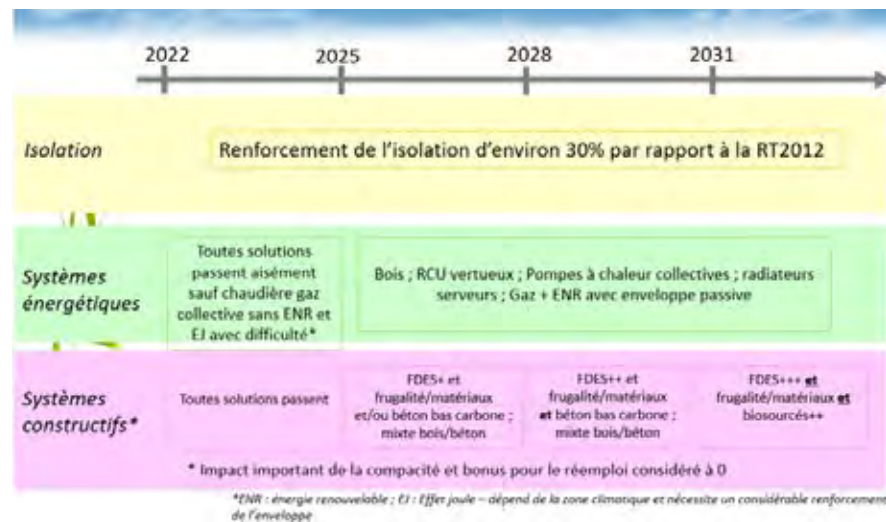
### Indicateurs de la RE 2020

Source : Tribu Énergie

## 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 CO<sub>2</sub> 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

À mi-2021, il reste un certain nombre de points à définir : publication officielle des textes, mise à disposition des moteurs de calcul aux éditeurs de logiciel, arrêtés pour les autres typologies d'usage, arrêtés pour les attestations, modalités pour un label d'exigence supérieure...

La RE 2020 devant s'inscrire dans une démarche cohérente par rapport à la stratégie bas carbone, elle va inciter à innover pour aller plus loin, avec une application de seuils progressifs permettant aux maîtres d'ouvrage de se projeter, ainsi qu'une **clause de revoyure** qui permettra d'ajuster au mieux selon les pratiques courantes et à venir.

## Le futur label associé à la RE 2020

Le **Plan bâtiment durable** est rattaché à la Direction générale de l'aménagement, du logement et de la nature (DGALN). La structure fédère les acteurs du bâtiment et de l'immobilier dans différents groupes de travail pour favoriser l'atteinte des objectifs de TEE, informe des évolutions réglementaires, sensibilise aux enjeux et formalise des propositions auprès des pouvoirs publics. **Le label associé à la RE 2020 accompagnera la réglementation et permettra d'anticiper la hausse du niveau d'ambition prévue par mise à jour de la RE 2020 tous les trois ans.** Le « E » de la RE 2020 correspond à l'élargissement de l'approche à l'environnemental,

et donc à l'intégration d'autres sujets (eau, biodiversité, confort et santé, etc.). Le groupe de travail «Réflexion bâtiment responsable & territoires» permettra de clarifier l'architecture du label lié à la RE 2020, et **l'intégration de sept thématiques et travaux** de sous-groupes dans le label. Le label permettra donc de valoriser les bâtiments et opérations qui anticipent les étapes de la RE 2020 (avance sur la courbe d'apprentissage, prise en compte de nouveaux critères et thématiques, innovations). De premières propositions émergent à ce stade : <http://www.planbatimentdurable.fr/label-accompagnant-la-re2020-le-plan-batiment-a1527.html>

<b>Groupe de travail 1 : Neutralité carbone</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Réduire les émissions du bâtiment</li> <li>▪ Contribuer aux réductions de GES au-delà du périmètre de construction du bâtiment</li> <li>▪ Augmenter les puits de carbone</li> </ul>
<b>Groupe de travail 2 : Mesurer les performances énergétiques effectives</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mesure de perméabilité de l'air de l'enveloppe</li> <li>▪ Mesure du niveau d'isolation de l'enveloppe</li> <li>▪ Performance à la réception des installations de ventilation</li> <li>▪ Performance à la réception des systèmes de génie climatique</li> <li>▪ Le commissionnement</li> <li>▪ La mesure des consommations d'énergie</li> </ul>
<b>Groupe de travail 3 : Bâtiment qui coopère avec les réseaux</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Valoriser les solutions performantes au niveau de l'îlot et du quartier : bâtiment / îlots / quartiers à énergie positive et qui exportent de l'énergie</li> <li>▪ Valoriser la forme de la courbe de charge (énergie importée d'un réseau par un bâtiment, lien entre ce qu'il consomme et produit)</li> <li>▪ Prendre en compte la mobilité (impact de la mobilité des biens et personnes, et de la mobilité électrique sur la courbe de charge des bâtiments)</li> <li>▪ Ouvrir à des investissements au-delà du quartier via de la compensation (EnR achetées, compensations renouvelables - lien bâtiment et territoire)</li> </ul>
<b>Groupe de travail 4 : Confort et santé</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Confort hygrothermique (indicateurs de température et humidité relative, et de perception / satisfaction des occupants)</li> <li>▪ Qualité de l'air intérieur (indicateurs particules fines, composés organiques volatils, CO<sub>2</sub>, mesure du débit et de la pression aux bouches de ventilation, radon pour les zones géographiques concernées, formaldéhyde et moisissures)</li> <li>▪ Environnement acoustique (indicateurs de bruit de choc, isolement au bruit aérien extérieur, au bruit aérien intérieur, bruit des équipements)</li> <li>▪ Environnement lumineux (indicateur d'autonomie en lumière jour et lumière naturelle, pour la lumière artificielle modulation temporelle, température de couleur et indice de couleur normalisé)</li> </ul>

<b>Groupe de travail 5 : Gestion durable de l'eau</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Préservation de la ressource et économies d'eau</li> <li>Valorisation de nouvelles pratiques de gestion de l'eau (eaux de pluie, eaux grises)</li> <li>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.</li> </ul>
<b>Groupe de travail 6 : Économie circulaire</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Analyse des flux de matières des opérations</li> <li>Opération réversible / démontable</li> <li>Innovation et soutien de filières circulaires émergentes</li> <li>Gérer les déchets en phase de chantier (constructions neuves)</li> <li>Capitaliser les données dans le temps</li> <li>Activer les ressources matérielles et humaines des territoires.</li> </ul>
<b>Groupe de travail 7 : Biodiversité</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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+)</li> <li>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»)</li> </ul>

#### 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 :

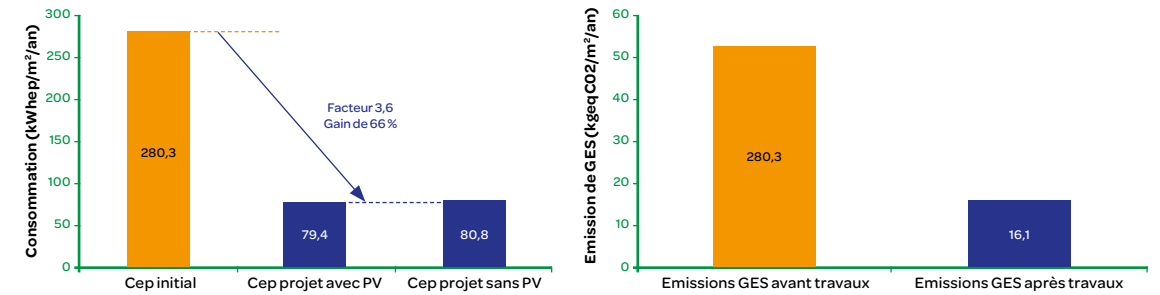
- > **La moitié des réhabilitations prévues dans le cadre du NPNRU visent le niveau BBC Rénovation** (< 80 kWhep/m<sup>2</sup>/an), l'autre moitié visant le niveau HPE Rénovation (< 150 kWhep/m<sup>2</sup>/an).
- > **Une requalification type** porte sur un bâtiment construit en 1968, consommant 200 kWhep/m<sup>2</sup>/an avant travaux et environ 100 kWhep/m<sup>2</sup>/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/m<sup>2</sup>/an par un bâtiment neuf consommant 50 kWhep/m<sup>2</sup>/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 **rénovation 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/m<sup>2</sup>/an et 16 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/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



Consommation énergétique & émissions de GES types avant / après travaux labellisés BBC Rénovation en logements collectifs

Source : Effinergie, Observatoire BBC



Les poids carbone des différents lots des produits de construction et équipements (PCE)	Logements collectifs – CONSTRUCTION NEUVE	Logement collectifs-RENOVATION
Superstructure et maçonnerie	40%	-
Fondation et infrastructures	15%	-
Façades et menuiseries extérieures	9%	9%
CVC (Chauffage, Ventilation, refroidissement, eau Chaude sanitaire))	5%	5%
Revêtements des sols, murs et plafonds ; chape ; peinture ; produits de décorations	7%	7%
Cloisonnement, doublage, plafonds suspendus, menuiseries intérieures	7%	-
VRD et aménagements extérieurs de la parcelle	4%	-
Appareils élévateurs et autres équipements de transport intérieur	2%	2%
Réseaux d'énergie (courant forts)	4%	4%
Couverture, étanchéité, charpente, zinguerie	3%	3%
Installations sanitaires	3%	3%
Réseaux de communication (courants faibles)	0%	-
<b>SOMME en % des lots pour le poids carbone des PCE</b>	<b>100%</b>	<b>33%</b>

Poids carbone en % des produits de construction et équipements (PCE) d'une opération de logements collectifs - Données pour la construction neuve issue du retour de l'expérimentation E+C- (projet OBEC)

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/m<sup>2</sup>/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 <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> 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
<b>Gains de carbone (état existant / rénovation BBC)</b>		1 510 eq kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> sur 50 ans 30 kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> .an	-
<b>Investissement carbone (rénovation BBC)</b>		365 kg eq CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> sur 50 ans	
<b>Temps de retour carbone d'une rénovation BBC (temps pour atteindre investissement carbone par rapport au gain carbone)</b>		12 ans	
<b>Gains carbone (Neuf / Rénovation BBC)</b>		194 kg eq. CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> sur 50 ans	

**PCE rénovation = PCE construction neuve x 33% = 1 107x0,33**

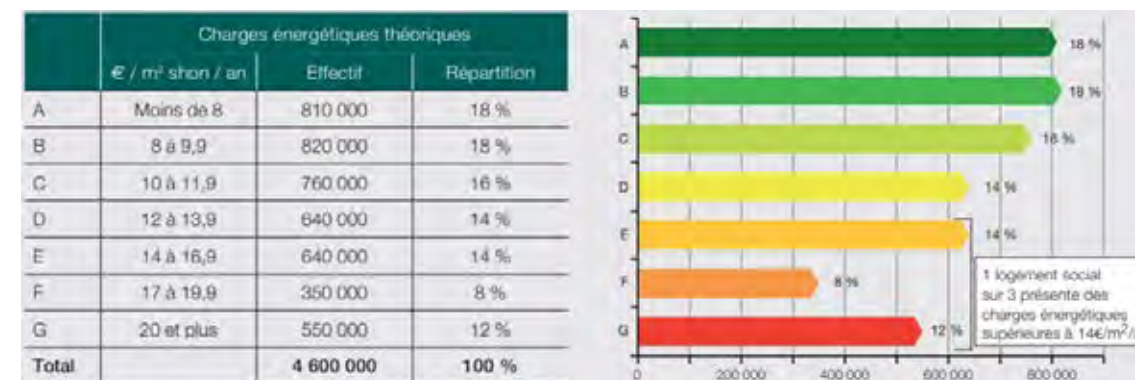
Une analyse type du poids carbone de différents scénarios et temps de retour carbone du scénario rénovation – Source : Inddigo

## QUID DES CHARGES ÉNERGÉTIQUES?

En moyenne, les charges énergétiques supportées par le locataire dans le parc social s'élèvent à environ **12 €/m<sup>2</sup>/an<sup>25</sup>**, soit de 840 € pour un logement de 70 m<sup>2</sup>.

**Pour les constructions neuves, d'étiquette A,** les charges énergétiques passent en moyenne à **moins de 8 €/m<sup>2</sup>/an**, soit 560 € pour un logement de 70 m<sup>2</sup>.

PLUS D'UN TIER DES LOGEMENTS A DONT CHARGES ÉNERGÉTIQUES THÉORIQUES SUPÉRIEURES À  
**14 €/m<sup>2</sup>/an**



Charges énergétiques théoriques en fonction de l'étiquette DPE des logements sociaux – Source : graphiques Énergies Demain, pour la Caisse des dépôts

> Après une **rénovation de type BBC**, en fonction de l'état initial du bâtiment, du type de travaux réalisés (isolation, changement d'énergie), et bien évidemment de la surface du logement, les charges énergétiques peuvent théoriquement baisser de l'ordre de 200 à 400 € par an par logement. Néanmoins, un effet rebond peut s'observer et réduire de 5 à 50 % les économies théoriques, sans compter l'augmentation du prix de l'énergie qui peut aussi mettre à mal les efforts consentis. Des actions sont à envisager sur ce sujet et sont abordées dans le chapitre « Avec les habitants » (exemple : sensibilisation et accompagnement à la maîtrise des charges, suivi des consommations, mise en place d'un observatoire...).

En tout état de cause, l'ensemble des considérations précédentes, sous les prismes purement énergétique et carbone, ne doivent pas occulter les gains en matière de **confort** pour les habitants, de **valeur immobilière** et d'**attractivité du bien**, et de la **contribution au respect des objectifs nationaux de transition.**

25. Selon étude Caisse des dépôts, «Éclairages», juillet 2014 : [https://www.caissedesdepots.fr/fileadmin/PDF/Rapports\\_et\\_etudes/fonds\\_d\\_epargne/Eclairages\\_no5.pdf](https://www.caissedesdepots.fr/fileadmin/PDF/Rapports_et_etudes/fonds_d_epargne/Eclairages_no5.pdf).

## 2.2. Sobriété énergétique et carbone : implantation, enveloppe des bâtiments, matériaux

Un bâtiment **performant en énergie** réduit les besoins et la consommation d'énergie non renouvelable, embarque des systèmes et équipements efficaces, et renforce le recours aux EnR&R, tandis qu'un bâtiment **performant en carbone** réduit les émissions de GES sur tout son cycle de vie, ce qui suppose un effort en amont sur la conception, puis en aval sur l'exploitation du bâtiment. **Les choix opérés en amont des études de maîtrise d'œuvre** à l'échelle du bâtiment (étapes de programmation, esquisse, APS) génèrent des impacts plus importants en matière de performance énergie et carbone : **le premier levier** d'une approche énergie carbone dans les bâtiments est celui d'une recherche de sobriété et d'optimisation des besoins dès l'amorce des réflexions de programmation et de conception, qu'il s'agisse de rénovation ou de construction neuve.

a) Agir sur l'implantation, l'enveloppe du bâtiment, le chantier et le gros œuvre<sup>26</sup>

ENJEUX DE SOBRIÉTÉ énergie et carbone	PRINCIPES À INTÉGRER	
	Dans le neuf	En rénovation
<p>Dans l'<b>implantation et l'aménagement de la parcelle</b>, dans la <b>programmation</b>, viser une <b>sobriété carbone</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— 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 »).</li> <li>— Optimiser la quantité de matière et de produits de construction.</li> <li>— Limiter les émissions liées aux déplacements de personnes et de biens (cf. partie « Dans les quartiers »).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Privilégier une <b>implantation accessible par modes alternatifs</b> (transports en commun et modes doux) qui optimise les distances de déplacements des usagers et rechercher une <b>mixité programmatique</b> pour raccourcir les distances (cf. partie « Dans les quartiers »).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Diagnostic ressources, pour réemployer et réutiliser</b> en garantissant une performance énergie et carbone des produits et équipements déjà présents.</li> <li>— <b>Recherche de massification des solutions</b> par un patrimoine plus ou moins homogène à l'échelle d'un quartier.</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Optimiser l'<b>impact VRD des aménagements extérieurs de la parcelle</b> : 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 »).</li> <li>— Optimiser les <b>surfaces et besoins fonctionnels</b> : espaces communs et mutualisés, mixité fonctionnelle, mutualisation des locaux, mutabilité et réversibilité / adaptabilité intérieure (cf. partie « Dans les quartiers »).</li> </ul>	
<p><b>Réduire les consommations énergétiques</b> par une optimisation des besoins et des principes <b>bioclimatiques</b> du bâtiment :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Favoriser les apports solaires l'hiver pour limiter les besoins de chaud, et d'éclairage artificiel.</li> <li>— Lutter contre les surchauffes l'été et limiter l'utilisation de systèmes de rafraîchissement actif.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Intégrer la <b>compacité</b> du bâtiment : forme urbaine et volume, optimisation et limitation des surfaces potentiellement déperditives (murs, toitures).</li> <li>— S'adapter à l'<b>orientation</b> des bâtiments (exposition, prise en compte des volumétries et effets de masque).</li> <li>— Pour le <b>confort d'été et d'hiver</b>, concevoir des <b>façades</b> avec des <b>ouvertures</b> selon les orientations et masques solaires.</li> <li>— Pour le <b>confort d'été</b>, adapter les <b>protections solaires</b> 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).</li> <li>— Pour le <b>confort d'été</b>, développer des <b>locaux et logements traversants</b> ou bi-orientés permettant une ventilation naturelle.</li> <li>— Pour le <b>confort d'été</b>, en cas de <b>rafraîchissement actif</b>, privilégier les <b>systèmes de brasseurs d'air</b> aux systèmes de climatisation à fluides frigorigènes.</li> <li>— <b>Autour du bâtiment</b>, voire sur le bâtiment, intégrer une <b>végétation</b> qui laisse entrer la lumière l'hiver et apporte de l'ombrage et de l'évapotranspiration l'été.</li> </ul>	

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](https://www.cerema.fr/system/files/documents/2020/05/200513_guide_cop_bas_carbone_maj_2020_0.pdf).

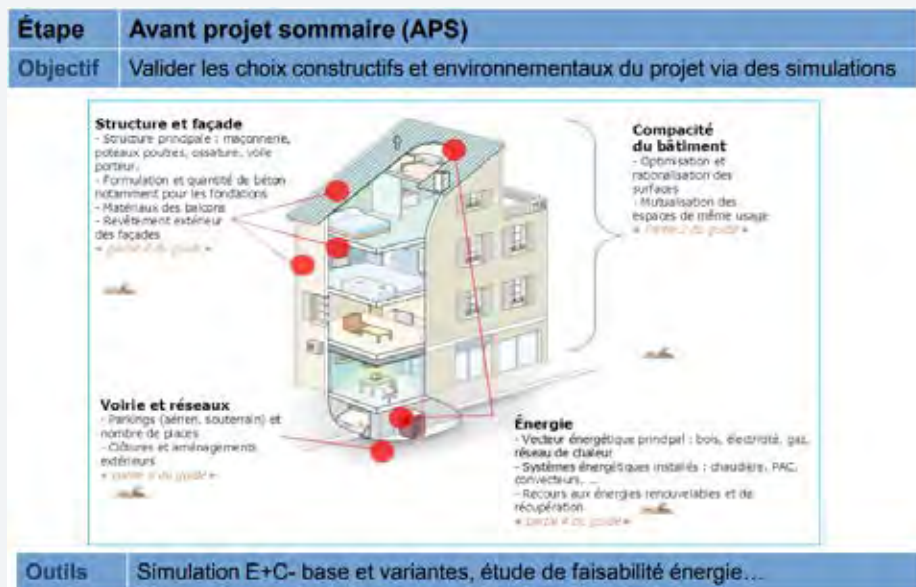
27. Cf. partie « Efficacité des systèmes et des équipements et Approvisionnement en EnR&R ».

<p><b>Dès l'APS</b> : étudier des principes, les optimiser, comparer des variantes dans l'ACV (choix constructifs, énergétiques, produits) sur l'<b>enveloppe des bâtiments, et le gros œuvre</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Limiter les déperditions thermiques</b> : isolation par l'intérieur ou l'extérieur, étanchéité, lutte contre les ponts thermiques.</li> <li>— <b>Choisir un vecteur énergétique peu carboné</b> et valoriser les EnR&amp;R sur le CVC (chauffage, ventilation, climatisation) et d'un équipement de production locale d'électricité<sup>27</sup>.</li> <li>— Rechercher une <b>qualité de l'air intérieur</b>, un <b>confort d'été et d'hiver</b>, et la <b>réduction d'émissions de GES dans les choix constructifs</b> et d'équipements et produits.</li> <li>— <b>Écoconception par la limitation de la quantité de matériaux</b>, par la forme architecturale et en évitant les produits de construction et équipements superflus.</li> <li>— <b>Anticiper la fin de vie</b> et recherche de faible production de déchets (produits et matériaux séparables, démontabilité, déconstruction sélective, réemploi, réutilisation, recyclage).</li> </ul>	<p><b>Choix des modes constructifs des fondations et infrastructures</b> : affiner et optimiser le dimensionnement des fondations, minimiser la quantité de rampes, d'escaliers, d'ascenseurs, comparer le recours à du béton classique ou bas carbone.</p> <p><b>Choix de la superstructure et des maçonneries</b> : Comparaison de variantes sur la structure principale (maçonnerie, poteaux-poutres, ossature bois ou métal, voile porteur, quantité de matériaux). Choix des matériaux et produits de planchers horizontaux et planchers hauts. Matériaux et dimension des escaliers intérieurs / extérieurs.</p> <p><b>Traitement de la couverture et de l'étanchéité</b> : optimiser les dimensions et matériaux de la charpente et toiture, le choix des revêtements et isolants, de l'étanchéité, rationaliser le circuit d'évacuation des eaux de pluie ou recourir à un mode de gestion alternative et stockage en toitures végétalisées, penser les toitures comme une cinquième façade, avec des espaces productifs utiles (agriculture urbaine, gestion alternative de l'eau pluviale, plantations, production d'EnR telles que panneaux solaires).</p> <p><b>Traitement des façades et menuiseries extérieures</b> : choix du procédé (isolation thermique par l'extérieur – ITE – ou par l'intérieur – ITI), choix du bardage et de l'enduit, de l'épaisseur de matériaux, optimisation des protections solaires et occultations (volets, brise-soleil, stores...), dimensionnement des balcons (filants ou rapportés, nombre et taille), identification des rupteurs et solutions de traitements des ponts thermiques, optimisation quantité / dimension des garde-corps, choix de type de menuiseries (bois, aluminium, PVC, mixte).</p>	<p>— Choix du <b>type de rénovation</b> en site occupé ou avec relogement, et <b>programmation des postes / lots de travaux</b> : toitures, façades et menuiseries, communs, logements...</p>
<p><b>Dès l'APD</b> : étudier des principes, les optimiser, comparer des variantes dans l'ACV (choix de produits) pour le <b>second œuvre</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Équilibre entre la <b>performance «santé environnementale»</b> (confort acoustique et hygrothermique, qualité de l'air intérieur) et carbone (limiter la quantité de matériaux, isolants bas carbone, revêtements sains).</li> <li>— <b>Anticipation de la fin de vie</b> et recherche d'une faible production de déchets du second œuvre, importance du choix des produits, de leurs impacts carbone et de leur durée de vie.</li> <li>— <b>Optimisation des réseaux et équipements</b> (cf. partie « Efficacité des systèmes et équipements »).</li> </ul>	<p><b>Choix des cloisonnements – doublage – plafonds suspendus – menuiseries intérieures</b> : matériaux des portes intérieures, choix de l'ossature des cloisons (bois, métal, plâtre), choix du matériau d'isolation des murs extérieurs (biosourcés, minéraux, ou issu de la pétrochimie), choix du procédé de plafond suspendu (arbitrage carbone / acoustique).</p> <p><b>Choix des revêtements des sols, plafonds, murs</b> : type de chape et de sous-couche acoustique, type de revêtements de sols et durée de vie, type de revêtements pour murs et plafonds.</p> <p><b>Choix pour les réseaux, gaines, appareillages (courants forts et courants faibles), ascenseurs</b> : linéaire de câbles et de fourreaux, matériaux, choix en matière d'éclairage et types de luminaires intérieurs et extérieurs.</p>	
<p><b>Avant et pendant le chantier</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Limiter les <b>émissions liées à la consommation d'énergie</b> (base vie, grues et engins), au <b>rejet d'eaux usées</b> (volume d'eau potable consommée), au <b>traitement des déchets</b> (volumes de déchets et de terres, distances vers les centres de traitements).</li> </ul>	<p><b>Anticiper les modes de calcul liés au contributeur carbone chantier</b> : simplifié (par ratios issus de retours de chantiers et nombres de mois avec grues) ou détaillé (par mesures et suivi).</p> <p><b>Mise en place d'une charte chantier durable</b>, validation d'un plan de chantier, désignation des responsabilités et de la gouvernance de chantier, d'un responsable pour le suivi : mode de tri des déchets de chantier, emplacement des bennes de collecte de déchets, modalité de suivi, validation des points de comptages eau et énergie, de la fréquence des relevés, équipements de la base de vie sobres en énergie et en eau, formation et sensibilisation des compagnons.</p>	

## 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-**.



**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](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%3c3%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%3c3%a8se%20AAP%20Bourgogne%20diff.pdf>

## > Deux exemples de choix constructifs pour l'enveloppe des bâtiments, adaptés aux rénovations dans les PRU

Façade préfabriquée avec ossature bois et isolant intégré	Surtoiture isolante avec panneaux solaires photovoltaïques intégrés et préfabriqués
<p><b>Un procédé adapté pour les rénovations de logements des PRU :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Pour des façades existantes, aux trames régulières</li> <li>— Intervention par l'extérieur facilitant les rénovations en site occupé (minimisation des perturbations de fonctionnement)</li> </ul> <p><b>Caractéristiques et procédés de mise en œuvre :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Modules préparés en atelier : structure des caissons, pare-pluie étanches, remplissage d'isolant, menuiseries extérieures</li> <li>— Habillages ou bardages pouvant être mis en place sur site</li> <li>— Éléments de fixation mis en œuvre dans le béton avant pose des caissons préfabriqués (opération à planifier en avance et limitée dans le temps pour gérer les nuisances sonores)</li> <li>— Façades préfabriquées rapportées sur la façade existante intacte, dépose et remplacement des vitrages local par local, des modules de finition, des éléments de modénature verticaux</li> </ul> <p><b>Atouts :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Possible en site occupé, réduction des nuisances travaux</li> <li>— Mise en œuvre rapide (par exemple : trois mois pour 4000 m<sup>2</sup> de façade) : légèreté des matériaux</li> <li>— Adaptation aux structures existantes, amélioration de l'étanchéité à l'air</li> <li>— Matériaux à plus faible impact carbone (selon approvisionnement et filière bois localement), et séquestration carbone</li> <li>— Amélioration du confort d'hiver et limitation des effets de parois froides, amélioration de la perméabilité à l'air</li> <li>— Amélioration du confort d'été par un traitement global pouvant intégrer des brise-soleil</li> <li>— Amélioration du confort d'hiver et limitation des effets de parois froides, amélioration de la perméabilité à l'air</li> <li>— Amélioration du confort visuel avec remplacement des menuiseries et protections solaires</li> </ul> <p><b>Contraintes et points de vigilance :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Nécessité de rénover la ventilation simultanément pour le renouvellement des débits d'airs et l'humidité</li> <li>— Nécessité d'intégrer des rupteurs de ponts phoniques</li> <li>— Relevé précis des façades existantes</li> <li>— Intégration des contraintes de sécurité incendie</li> <li>— Forte coordination de chantier pour la gestion des interfaces et nuisances</li> <li>— Validation du prototype en amont</li> <li>— Maîtrise dans la réalisation : dans l'étanchéité (membrane par pluie extérieure à la façade existante et traitement des angles de menuiseries), dans les points de fixation en bois ou métal (risques de ponts thermiques), dans l'épaisseur de murs au niveau des ouvertures, dans les choix des bardages (durabilité et résistance aux sollicitations, poids carbone)</li> </ul> <p><b>Pour aller plus loin :</b>                  Réhabilitation solutions bois, retour d'expériences, CNDB (Comité national pour le développement du bois) : <a href="https://facadebois.com/storage/files/information/d6c281e53c366f4ec6b2f3e828a47af3dcca4b8.pdf">https://facadebois.com/storage/files/information/d6c281e53c366f4ec6b2f3e828a47af3dcca4b8.pdf</a></p>	<p><b>Un procédé adapté aux toitures terrasses des logements, majoritaires dans les PRU :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Pour des toitures existantes</li> <li>— En site occupé, réduction des nuisances</li> </ul> <p><b>Caractéristiques et procédés de mise en œuvre :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Création de surtoiture à partir de caissons préfabriqués en usine en ossature bois, remplis d'isolants, avec une étanchéité et l'intégration de panneaux photovoltaïques</li> <li>— Caissons portés par une charpente rapportée sur le bâtiment, avec pente pour le rendement des panneaux solaires et la descente des eaux pluviales vers le point d'évacuation</li> <li>— Lanterneaux de désenfumage intégrés dans les caissons ossature bois, à la place de panneaux photovoltaïques</li> <li>— Surtoiture posée au niveau des acrotères, et déplacement des systèmes intégrés dans un nouveau comble isolé et éclairé</li> </ul> <p><b>Atouts :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Possible en site occupé, réduction des nuisances liées aux travaux</li> <li>— Rapidité de mise en œuvre, sans reprise de l'étanchéité ou de l'isolation existante,</li> <li>— Adaptation à la toiture existante</li> <li>— Performance de l'isolation, supprime les ponts thermiques</li> <li>— Maximisation de surfaces de panneaux photovoltaïques</li> <li>— Matériaux à plus faible impact carbone (selon approvisionnement et filière bois localement), et séquestration carbone</li> <li>— Adéquation avec développement de toitures utiles pour la gestion d'eau pluviale et la végétalisation de toitures (comestibles et biodiversité)</li> </ul> <p><b>Contraintes et points de vigilance :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Forte coordination de chantier pour la gestion des interfaces et nuisances</li> <li>— Validation du prototype en amont</li> </ul> <p><b>Pour aller plus loin :</b>                  Guide pour l'intégration du photovoltaïque dans le logement social, Union sociale pour l'habitat : <a href="https://earth-avocats.com/fichier/Demarche_Photovoltaïque_Guide_Sept_2013.pdf">https://earth-avocats.com/fichier/Demarche_Photovoltaïque_Guide_Sept_2013.pdf</a>                  Repère n° 4 Union sociale pour l'habitat : Installation solaire thermique dans le logement social : <a href="https://www.union-habitat.org/sites/default/files/articles/documents/2018-03/rep4_installation_solaire_thermique.pdf">https://www.union-habitat.org/sites/default/files/articles/documents/2018-03/rep4_installation_solaire_thermique.pdf</a></p>



## 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](mailto:yves.martorana@syscobat.com)

## L'intérêt du passif : priorité à la réduction drastique des besoins énergétiques



### Laurence Bonnevie, présidente de l'association La Maison passive

« Notre association promeut un standard européen de **sobriété énergétique** des bâtiments appelé Bâtiment passif ou Passive House. Ce standard s'applique aux bâtiments neufs et à la réhabilitation. Son principe est simple : réduire à sa plus simple expression le besoin de chauffage. **Les apports solaires par les surfaces vitrées représentent la principale source de chauffage des bâtiments passifs.** Les apports internes (occupants, électroménager, etc.) y contribuent également. L'enveloppe thermique, avec une **isolation renforcée et une étanchéité à l'air exemplaire**, permet de conserver la chaleur à l'intérieur en évitant les déperditions. Un système de **ventilation double-flux** permet de gérer le renouvellement de l'air de manière optimale tout en assurant la récupération de la majeure partie des calories de l'air extrait. Le

résultat est un bâtiment particulièrement confortable avec un besoin de chauffage minimal. Ses atouts et sa rationalité ont été démontrés par de nombreux projets en France comme à l'étranger au cours des dernières décennies. Le standard passif assure des performances parmi les plus élevées possible avec un équilibre économique viable. Il bénéficie de retours d'expérience importants, documentés et monitorés. À ce jour, plus de **1100 logements sociaux ont obtenu le label Bâtiment passif en France**. Une étude a récemment été menée afin de déterminer l'impact économique réel au quotidien auprès de locataires de logements sociaux passifs construits depuis 2014. Leur **dépense de chauffage était de 1,3 € par m<sup>2</sup> et par an**. Le standard passif, en neuf ou en réhabilitation, est donc une excellente **réponse à la précarité énergétique** des ménages, générant une **économie mensuelle de 54 € par rapport à la moyenne nationale** des logements sociaux. »

## 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/m<sup>2</sup>/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

et les espaces extérieurs seront conçus et gérés avec et par les habitants pour réduire les charges d'exploitation, et des produits robustes et durables seront choisis pour réduire la provision annuelle pour grosses réparations du bailleur, le tout réduisant in fine le loyer payé par les locataires.

#### Actions mises en œuvre

Plus de 160 leviers ont été identifiés lors d'ateliers de conception collaborative et modélisés en **coût global sur 60 ans**, par une estimation des montants

d'investissement, des coûts d'entretien et de maintenance, et de l'impact sur les charges des locataires et sur le reste-pour-vivre des habitants (en €/mois/logement). À l'issue de ces modélisations financières, 25 leviers ont été validés par les partenaires du projet et intégrés au programme de construction, permettant d'envisager un coût du logement diminué en moyenne de 100 € par mois et par logement pour les futurs locataires de l'opération en comparaison d'un programme de construction similaire.



Pour réduire les besoins énergétiques et améliorer le reste-pour-vivre des habitants, les choix programmatiques au niveau du bâti se sont portés prioritairement sur l'atteinte d'une performance Passivhaus, qui passe notamment par :

- Une isolation renforcée : isolation par l'intérieur d'épaisseur 20 cm pour les façades, 21 cm d'isolation des planchers bas (constitués de 20 cm de béton et 5 cm de chape thermoacoustique), isolation en combles de la charpente en sapin (les épaisseurs d'isolant seront adaptées en fonction des résultats des calculs thermiques).
- Des menuiseries en bois-aluminium avec triple vitrage isolant thermique et acoustique.
- Une ventilation double flux, avec un réseau aérodynamique d'étanchéité renforcée (conduits flexibles proscrits), et un apport calorifique par des bouches de soufflage en logement comportant une résistance électrique intégrée et raccordées à un thermostat d'ambiance.
- Une production ECS collective assurée par deux pompes à chaleur, un réseau de récupération

de chaleur sur les eaux grises et un calorifugeage renforcé des réseaux.

- Une production photovoltaïque (envisagée pour de l'autoconsommation), par équipement des toitures en pentes.
- L'installation d'équipements performants (LED, chasse d'eau double débit, mousseur, mitigeur thermostatique, etc.) et de détecteurs de présences dans les espaces communs.

Près de 60 % des économies sur le coût du logement pour les futurs locataires sont représentées par ces investissements relatifs à la surperformance énergétique du programme en comparaison d'une construction similaire.

#### Bilan

La coconception sur le projet a permis de faire émerger 160 idées (leviers) qui visent à améliorer les programmes de construction de logements sociaux. Ils ont tous été chiffrés en coût global, afin d'identifier leurs impacts sur le coût d'investissement, mais aussi sur les frais d'entretien et d'exploitation de l'immeuble sur 60 ans.

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

de la réglementation, il est nécessaire d'intégrer ces réflexions dans la mise en œuvre des prochaines opérations. Par ailleurs, dans une perspective de répliquabilité à large échelle, il est important que cet optimum programmatique soit équilibré sans l'apport de financements exceptionnels liés à l'innovation. L'analyse en coût global est un bon moyen de s'assurer de cet équilibre financier sur le temps long et de valider des surinvestissements éventuels à la construction, qui garantissent des économies en phase exploitation.

Enfin, cette opération permettra à SSDH d'expérimenter une démarche de participation des habitants en phase travaux et en phase d'exploitation de l'immeuble, qui pourrait se répliquer dans l'avenir si le bilan qui en sera tiré montre qu'elle renforce l'appropriation des logements et garantit l'amélioration du reste-pour-vivre des locataires.

**Contact :** Lucas COLOMBIES, responsable Innovations, Seine-Saint-Denis habitat - Lucas.Colombies@seinesaintdenishabitat.fr

**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

celle des locataires des logements sociaux d'EMH aux Buers qui sont « captifs » de leur habitat (dans le sens où leur niveau de ressources les retient dans ces logements qui sont parmi les moins chers de la ville). Une évaluation d'impact en santé, conduite en 2015 par la Ville et réalisée par l'Observatoire régional de santé, a amené à réfléchir à une meilleure intégration des enjeux de santé au projet urbain.

Parmi les actions engagées, les réhabilitations visent à améliorer la qualité de l'air intérieur, le confort et la santé, tout en impliquant les habitants dans une meilleure connaissance de leur environnement et dans le changement des pratiques d'usage des logements. Le projet de **réhabilitation lourde de la « Grande Barre » de 117 logements** est une réponse à ces enjeux.

**Plan d'action**

Le projet retenu a été proposé par l'équipe RVA/Monokrom/Franck Boutté consultant/Berim/Alhyange, avec des propositions architecturales et techniques répondant en particulier à cinq sujets : nuisances acoustiques, pollution atmosphérique et qualité de l'air, modes de vie, changement climatique et flot de chaleur urbain, cadre de vie.

— **Performance énergétique** : une simulation thermique dynamique sera réalisée pour optimiser la conception thermique en matière de consommation et de confort, qui devrait conforter le choix de fortement isoler le bâti par l'extérieur, de mettre en place un sas thermique à l'entrée des logements pour limiter les déperditions, de remplacer les menuiseries et de raccorder le bâtiment au réseau de chaleur urbain. L'objectif est une consommation théorique de 60 kWh/an. m<sup>2</sup> (ambition supérieure au label BBC Rénovation qui se situe à 80 kWh/an. m<sup>2</sup>).

— **Façade optimisant les apports solaires et la ventilation naturelle** : orientée est/ouest, la Grande Barre ne bénéficie pas facilement de la ventilation traversante. L'idée est de concevoir des panneaux capte-vent matérialisés par des persiennes coulissantes permettant d'améliorer le rafraîchissement naturel par courants d'air dans les logements. Différents paramètres tels que leur profil, leur géométrie, leur positionnement, la taille des perforations... seront étudiés et testés en soufflerie pour optimiser les apports solaires et le renouvellement de l'air.



**Approche constructive pour la façade**

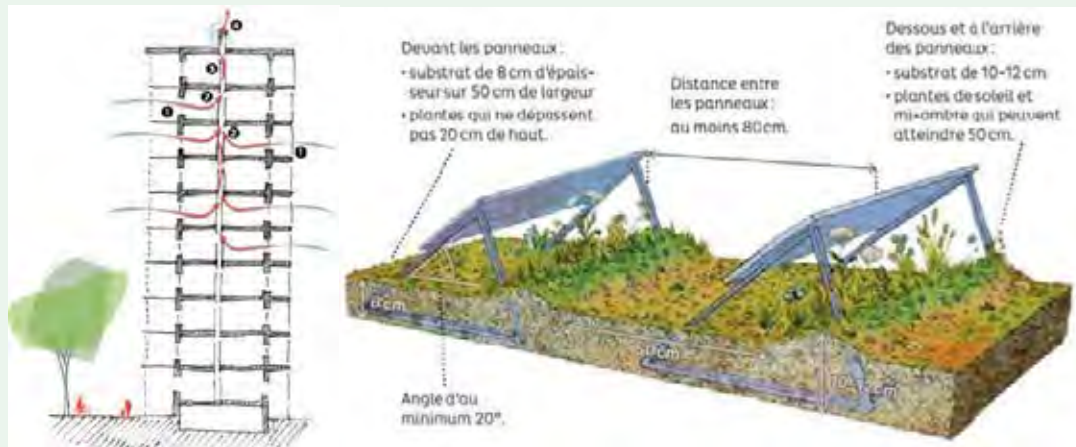


### Ventilation naturelle hybride assistée :

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 CO<sub>2</sub> 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.

### Perspectives

Le relogement des 105 ménages a démarré en 2020 et se poursuit en 2021. Les retours d'expérimentations menées sur d'autres immeubles à proximité (en matière de ventilation notamment) seront analysés afin d'envisager leur reproductibilité sur la Grande Barre, si la pertinence d'une mise en œuvre cumulative des différents systèmes est confirmée. Des mesures de pollutions et nuisances acoustiques en rez-de-chaussée, en façades et en toiture pourront être réalisées par une entreprise spécialisée. Parallèlement à la mise

au point des systèmes de ventilation envisagés et de la façade spécifique, un protocole de mesures et de suivi de la qualité de l'air sera élaboré en interface avec l'AMO Tribu. Les travaux débuteront début 2022, avec un coût prévisionnel de 10,7 M€ HT, le surcoût lié à ces innovations restant à maîtriser, mais paraissant justifié par le caractère expérimental et le gain en attractivité pour la résidence et le quartier.

**Contact :** **Thomas VALLET**, chargé d'opérations rénovation, Est Métropole Habitat - t.vallet@est-metropole-habitat.fr

### PAROLE À UN ACTEUR

## Effinergie, une association incontournable depuis 2006, et son label BBC Rénovation

**Sébastien Lefevre, responsable financier de l'association, responsable de l'Observatoire national des bâtiments Bepos et basse consommation**

«Le label **BBC-Effinergie Rénovation**



est une démarche globale qui assure une performance énergétique et environnementale exemplaire, avec une réduction des émissions de GES du bâtiment après travaux. Il permet également un meilleur confort de vie, des économies financières pour les habitants et une augmentation de la valeur patrimoniale du logement. **Lorsqu'une rénovation de niveau BBC n'est pas possible en une seule étape, les travaux doivent s'inscrire dans des démarches de rénovation BBC par étape** pour minimiser de nombreux risques liés aux travaux

par étapes (surcoûts économiques, impasses techniques, problèmes sanitaires, pathologie du bâtiment). Elle doit **traiter en priorité la sobriété énergétique, la qualité de l'air intérieur et prendre en compte les risques au niveau des interactions et interfaces des lots**. Enfin, rénover les bâtiments au niveau basse consommation, c'est assurer le renouvellement de nos villes, de nos quartiers, ainsi que la valorisation de votre patrimoine (Effinergie Patrimoine).»

**Pour aller plus loin :** l'Observatoire BBC et sa page dédiée aux projets de rénovation ANRU : <https://www.observatoirebbc.org/anru/> Rénovation BBC par étape : [https://www.youtube.com/watch?v=8Dq\\_7\\_KDVho&t=2s](https://www.youtube.com/watch?v=8Dq_7_KDVho&t=2s) / Effinergie Patrimoine : <https://www.effinergie.org/web/les-labels-effinergie/le-label-effinergie-patrimoine>

## FICHE PROJET N° 4

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



Crédit : Ville de Saint-Étienne

#### Contexte du projet

Le quartier de Tarentaise-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

privé. Les modes constructifs ne sont pas les mêmes et le parc privé, plus ancien, est bien plus énergivore (100 kWh/m<sup>2</sup> de plus). L'habitat ancien stéphanois a la spécificité d'être basé principalement sur l'utilisation de matériaux locaux issus de l'industrie minière (mâchefer) ou d'un type de sous-sol particulier, le grès houiller. Ce dernier est très présent dans les immeubles d'avant 1900 et pose certaines interrogations quant à son comportement lors d'une rénovation énergétique. Il était donc essentiel pour toute la profession du bâtiment et de la rénovation d'éclaircir ce sujet.

##### Développement d'un observatoire intelligent du logement

L'outil Imope, développé dans le cadre du PIA en partenariat avec l'École des Mines de Saint-Étienne, permet d'agréger les données disponibles sur chaque bâtiment, de dresser leur fiche d'identité précise (date de construction, type de chauffage, entretien/salubrité, type d'occupation, diagnostic de performance énergétique...) et de les cartographier à l'échelle d'un territoire. Déployé en phase de test sur l'agglomération stéphanoise, Imope a permis de cibler, avec les partenaires de terrain, les adresses les plus énergivores et pour lesquelles une rénovation énergétique serait pertinente. S'il a nécessité d'importants investissements en R&D et qu'il est en partie confronté à la question RGPD et du droit d'accès aux données, il n'en reste pas moins un gain de temps et financier pour la collectivité ainsi que pour ses différents partenaires sur la question de l'habitat (agence d'urbanisme, agence locale de l'énergie, opérateur de l'Opération de traitement de l'habitat ancien - OTHA).

##### 2) En phase opérationnelle

Le passage à la phase de mise en œuvre consiste à expérimenter différentes solutions innovantes envisagées en phase d'études pour la rénovation énergétique de l'habitat (social et privé). Les différents travaux sont complétés par l'installation de l'**instrumentation** pour le suivi thermique et hygrométrique. L'objectif visé par chaque expérimentation est différent et permettra de statuer sur des sujets où une incertitude existait, ou permettra de vérifier les performances de nouvelles technologies.

**Expérimentation sur l'enveloppe : isolation des murs en grès houiller et comportement post-travaux**  
Saint-Étienne Métropole et la Ville de Saint-Étienne ont souhaité disposer d'éléments complémentaires

et détaillés permettant de trouver une solution de rénovation de qualité, pérenne et facilement reproductible pour les immeubles anciens en grès houiller. Ce type de construction est très répandu sur le territoire stéphanois, mais les connaissances sur le comportement de ce matériau sont faibles concernant l'impact des différentes méthodes d'isolation sur la longévité et le vieillissement de la structure du bâti. Deux solutions techniques présentant des atouts et garanties sur le long terme ressortent des études par rapport à la solution traditionnelle fréquemment utilisée (laine de verre + membrane hygrovariable). Il s'agit de solutions d'enduit isolant à base d'**aérogel de silice** ou à base de **liège**. Des comparatifs théoriques ont alors été réalisés en faisant notamment varier l'épaisseur mise en œuvre de ces solutions tout en gardant comme niveau seuil l'atteinte du niveau BBC Rénovation. Il en est ressorti, pour limiter l'impact financier, le choix de préférer une épaisseur réduite d'aérogel et de l'accompagner par des solutions plus performantes sur d'autres postes. Ainsi, il est plus économique et plus intéressant d'un point de vue énergétique de limiter l'enduit aérogel à une épaisseur de 8 cm et de mettre en place du **triple vitrage**, plutôt que d'en prévoir 10 cm et du double vitrage. Afin de suivre et analyser convenablement le comportement réel du mur une fois que celui-ci aura été isolé, une instrumentation conséquente a été imaginée par le bureau d'études Greencitizen selon un protocole sur dix ans afin de visualiser finement l'évolution de la teneur en eau du mur (à l'intérieur et en surface) et son comportement dans la durée. Les enregistrements de valeurs au pas horaire seront analysés une fois par an, afin de pouvoir conclure sur les facteurs de risque suivants : évolution et accumulation de la quantité d'eau totale de la paroi, risque de condensation intérieure, amélioration ou détérioration de la quantité d'eau dans le mortier en comparaison avec la solution d'isolation traditionnelle.

**Expérimentations sur les équipements : chaudière gaz thermodynamique et batteries de stockage d'électricité**

Le fonctionnement et les performances annoncées d'un nouveau type de chaudière vont être testés en conditions réelles. La société BoostHeat a commencé la commercialisation de chaudières gaz thermodynamiques en 2019; c'est la première fois qu'elles seront testées avec un montage « en cascade ». Les freins identifiés sont :

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/m<sup>2</sup>/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'essai. 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

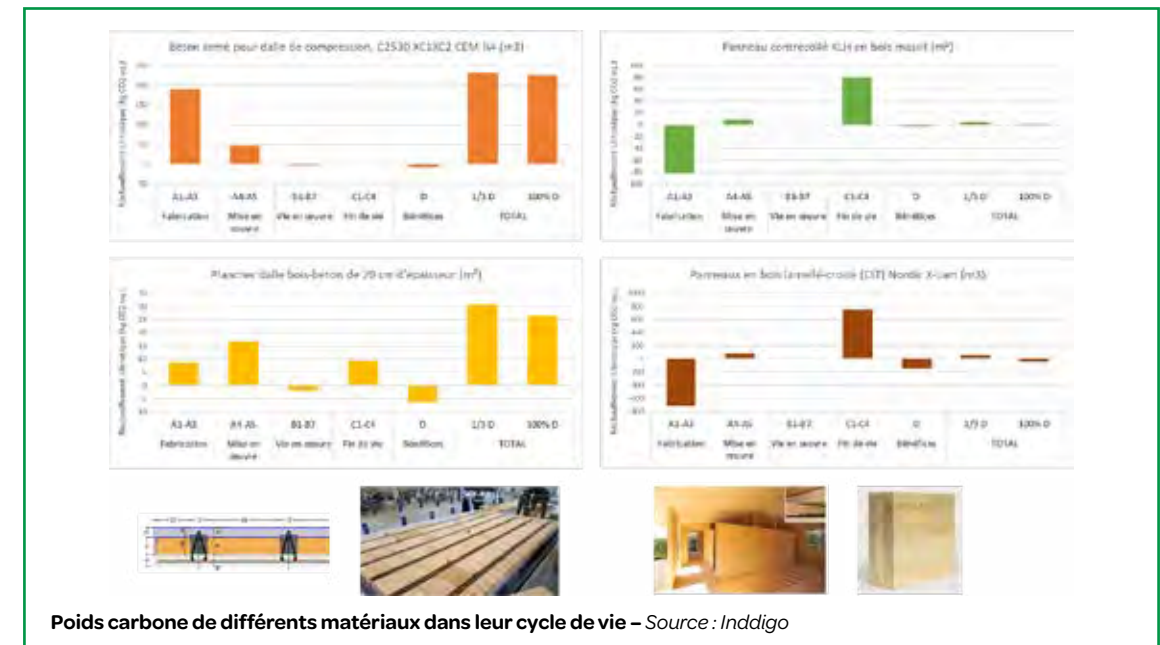
#### b) Concevoir avec des matériaux performants en énergie et en carbone

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 GES<sup>28</sup> (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)<sup>29</sup>. 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](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/toutes_les_notes_thematiques.pdf).

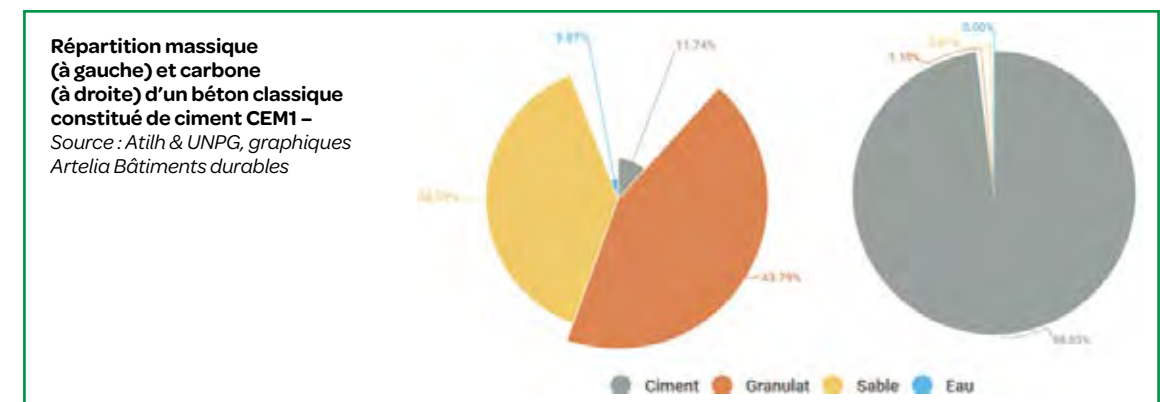
29. Source programme OBEC : [http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c\\_synthobec\\_200506.pdf](http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c_synthobec_200506.pdf).



> **La construction bois** permet un gain variable de 5 à 50 % sur les émissions de GES par rapport à une construction béton et selon les systèmes constructifs et les données environnementales utilisées<sup>30</sup>.

> **Le béton, majoritaire dans la construction**, est principalement constitué de ciment, de granulats, d'eau et potentiellement d'adjuvants. **Le recours à des bétons bas carbone** renvoie à des **ciments bas carbone** car le ciment est responsable de la quasi-totalité (98 %) des émissions de carbone

émis, du fait du procédé de cuisson du clinker à haute température (1450°C) avec des combustibles fossiles ou de substitution (40 % des émissions GES), et de la décarbonation du calcaire lors de la cuisson (60 % des émissions). Les différents types de ciments sont définis en fonction de leurs compositions, dont les impacts carbone sont très différents en fonction de l'optimisation de la quantité de calcaire à décarbonater (matériaux de substitution comme les cendres des centrales thermiques ou les laitiers de hauts fourneaux).



30. Source programme OBEC : [http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c\\_synthobec\\_200506.pdf](http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c_synthobec_200506.pdf)

## Étude ACV sur le béton bas carbone, Envirobat 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](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 CO<sub>2</sub>.



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

ATOUPS et potentiels des matériaux biosourcés	FREINS à anticiper
<p><b>Variété des utilisations possibles :</b> matière première, produits de construction et décoration, mobilier, isolants, cloisonnement, mortier, bétons, composites plastiques ou substituts de produits chimiques (vernis, colles, peintures, etc.). Adaptés à de nombreuses opérations en rénovation et constructions neuves.</p> <p><b>Performances techniques singulières :</b> propriétés respirantes, déphasage thermique, insonorisation, confort d'été et d'hiver, hydrothermie.</p> <p><b>Impact environnemental réduit :</b> émissions de GES, stockage de carbone, préservation de ressources naturelles épuisables, limitation de déchets en fin de vie et valorisation en énergie ou matière.</p> <p><b>Avantages économiques :</b> développement local, structuration de filières pourvoyeuses d'emplois, gains sur le coût global intégrant les coûts d'exploitation et de fin de vie, possibilité de disposer de subventions (ADEME, certaines Régions).</p> <p><b>Qualités sanitaires et sociales :</b> confort, qualité de l'air intérieur, sensation de bien-être, réduction de nuisances en phase chantier, amélioration des conditions de travail pendant le chantier, etc.</p>	<p><b>Sensibilisation</b> des MOE et entreprises aux matériaux biosourcés (durabilité, résistance incendie, mécanique, spécificités de mise en œuvre selon le matériau, etc.).</p> <p><b>Assurabilité</b> selon :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Des techniques courantes dans le contrat des MOE sur la responsabilité décennale : avis techniques des Documents techniques unifiés (DTU), normes de l'Afnor, avis techniques et règles professionnelles approuvées par la Commission prévention produit (C2P) de l'Agence qualité construction (AQC).</li> <li>Des techniques non courantes : conditions d'assurance selon les assureurs (règles professionnelles et avis techniques).</li> </ul> <p>Sensibilisation des bureaux de <b>contrôle technique et des services incendie</b> aux performances des matériaux nécessitant, dans certains cas, des démarches d'expérimentation et une Attestation technique d'expérimentation (ATex).</p> <p>Adaptation aux opérations <b>d'immeubles de grande hauteur</b> (IGH) soumises à des contraintes spécifiques.</p> <p><b>Maturité et structuration des filières pour l'approvisionnement local</b>, et connaissance des structures et fournisseurs de matériaux (enjeu de l'appui sur les centres de ressources régionaux).</p>
<p><b>Recommandations pour les maîtres d'ouvrage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Intégration dès la programmation de l'opération.</li> <li>Appui sur les labels pour les études d'AMO et de MOE (BBCA, E+C-, bâtiment biosourcé, PassivHaus), pour l'achat des matériaux ou pour la qualification des professionnels.</li> <li>Définition d'objectifs d'incorporation précis en quantité par mètre carré, ou sur un type de matériau.</li> <li>Recours à un AMO environnement pour la définition des objectifs poursuivis, des critères et de l'accompagnement de l'opération (atteinte des objectifs).</li> </ul>	



## 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 (DGALN) / 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\\_publicque\\_dgaln.pdf](http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/202004_guide_materiaux_biosources_et_commande_publicque_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>



**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](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](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>

## L'École bas carbone du logement social, Union sociale pour l'habitat



**L'Union sociale pour l'habitat** a annoncé en septembre 2020 la création d'une École bas carbone du logement social, en association avec l'**Ifpeb** et **Carbone 4**. Cette école a pour ambition d'**aider les organismes de HLM** à appréhender les enjeux de l'**empreinte carbone de leurs opérations** et à élaborer leurs **stratégies d'écoconception et d'évaluation** à l'aune de la RE 2020.

L'École du bas carbone du logement social se structure autour de **trois axes** :

— **Outils** pour appréhender et comprendre les enjeux avant de développer des visions stratégiques et opérationnelles propres à chaque organisme de HLM :

- un outil basé sur l'exploitation de la base de données des projets E+C- et demain les projets RE 2020 ;
- un outil d'analyse des matériaux regroupant l'information ordonnée et traitée par la base Inies et Batiprix.

— **Évaluations** de la maturité et de la trajectoire des filières avec en complément l'identification des innovations bas carbone :

- des briefs de filière ont pour objectif de présenter l'état de l'art d'une filière, ses grands objectifs, sa trajectoire bas carbone à l'horizon 2030 et 2050 ainsi que sa contribution à la construction bas carbone.

Ils sont l'occasion de réaliser un véritable «**book innovation du bas carbone**», avec une cartographie des acteurs et un panorama des meilleures pratiques. Plusieurs briefs seront publiés chaque année. Un premier brief est disponible : le brief filière béton.

— **Modules de formation** destinés aux équipes de maîtrise d'ouvrage :

- un cycle de formation proposé par l'Afpols, avec l'appui de l'**Ifpeb** et de **Carbone 4**, est en cours d'élaboration et sera proposé dès publication de la RE 2020. Il sera construit autour de trois modules : des ateliers pratiques autour des outils de L'École bas carbone, le contexte et les enjeux bas carbone dans un projet de construction, l'analyse pratique détaillée du texte de la RE 2020.

**Plus d'informations :**

**Support de présentation générale** [https://www.union-habitat.org/sites/default/files/articles/pdf/2021-05/presentation\\_ecole\\_bas\\_carbone\\_du\\_logement\\_social.pdf](https://www.union-habitat.org/sites/default/files/articles/pdf/2021-05/presentation_ecole_bas_carbone_du_logement_social.pdf)

**Nicolas CAILLEAU**, responsable du département **Énergie et environnement**, [nicolas.cailleau@union-habitat.org](mailto:nicolas.cailleau@union-habitat.org)

## 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.



crédit photo : Egis Conseil

- 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. »

## FICHE PROJET N°5

### Matériaux bas carbone et biosourcés - QPV Merisiers / Plaine de Neauphle à Trappes (78)



Square Camus, Trappes (école Camus et résidence Valophis-Sarepa) - photo : Becardmap, 2019

### Contexte du projet

Le processus de transformation de la ville de Trappes a été accéléré par un projet de rénovation urbaine financé par l'ANRU sur la période 2006-2015. Dans le cadre du NPNRU, le quartier prioritaire des Merisiers / Plaine de Neauphle, quartier de plus 17 000 habitants, bénéficie de nouveau des programmes de l'ANRU. Une première étape d'études et d'ingénierie a duré deux ans et représenté 1,5 million d'euros d'investissements, cofinancés par l'ANRU, la Caisse des dépôts et le Programme d'investissement d'avenir. Elle sera suivie d'un plan d'action de mise en œuvre des travaux à partir de 2021 qui s'étendra jusqu'en 2024. Deux secteurs opérationnels sont concernés par le NPNRU : le secteur Camus d'une part (démolition de logements sociaux, construction de logements en diversification, maillage viaire reconfiguré, réaménagement d'un parc, reconfiguration et agrandissement d'un groupe scolaire... ; et le secteur Barbusse/Cité-Nouvelle d'autre part (démolition et requalification de logements sociaux, requalification ou création de voiries, création de logements en diversification). La stratégie du projet d'innovation de Trappes consiste à tendre vers la création d'un quartier bas carbone,

en identifiant puis actionnant les principaux leviers afin de réduire l'empreinte carbone du quartier et de ses habitants. En effet, l'empreinte carbone des ménages français est fortement dépendante de leur logement – environ 3 t éq.CO<sub>2</sub>/an par habitant, sur une empreinte totale d'environ 11,5 t éq.CO<sub>2</sub>/an<sup>31</sup> – ce qui en fait l'un des premiers leviers de réduction de l'empreinte carbone des habitants. Le projet vise donc à étudier et mettre en œuvre une stratégie ciblée sur les principaux postes d'émission de GES en se concentrant sur le processus de construction et d'exploitation de la ville à l'échelle du quartier et des bâtiments.

Deux axes font ainsi l'objet d'expérimentations :

- L'utilisation de **solutions constructives biosourcées et/ou bas carbone** dans le cadre des constructions neuves (ou extensions) et des réhabilitations. Le caractère industriel des procédés constructifs proposés et leur reproductibilité à l'échelle du territoire et des maîtres d'ouvrage sont privilégiés. Une approche en matière d'analyse de cycle de vie est systématiquement menée pour aider au choix des solutions présentant le moins

31. Source : Brochure quartier bas carbone BBKA, CSTB / ELIOTH, 28 novembre 2018.

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 m<sup>2</sup> concernés, plus de 2 km), un granulats recyclés 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

agricoles, placage en écorce de bananier...

Pour les pièces intérieures, test de peintures à base d'algues ou de résidus agricoles.

### Difficultés rencontrées et facteurs clés de réussite

Saint-Quentin-en-Yvelines est porteur du PRU de Trappes et par conséquent du projet d'innovation : le portage par cet EPCI, à compétence aménagement et politique de la Ville permet de faciliter l'implication des partenaires qui est primordiale pour la réussite du projet, notamment la Ville de Trappes et les bailleurs sociaux (ICF Habitat La Sablière, Les Résidences Yvelines Essonne, I3F, Valophis-Sarepa). L'expertise externe sur ces sujets de solutions constructives bas carbone et de réemploi est également indispensable, et est apportée en l'occurrence par les bureaux d'études Karibati et Cycle Up, bureaux d'études missionnés par SQY de manière mutualisée pour le compte de l'ensemble des maîtres d'ouvrage. Les difficultés principalement rencontrées ont été l'enjeu de tenir le niveau d'ambition et d'implication

des maîtres d'ouvrage sur la durée, et l'aversion du risque de certaines entités rebutées par les difficultés potentielles d'ordres techniques ou juridiques.

### Perspectives

Depuis le second semestre 2020, les maîtres d'ouvrage bénéficient d'un accompagnement opérationnel. En 2021, il est prévu de lancer une nouvelle AMO mutualisée pour accompagner les partenaires du projet sur la stratégie bas carbone, l'économie circulaire, le réemploi et l'usage des matériaux bio et géosourcés. En perspective, le projet à Trappes pourrait viser un changement d'échelle et une massification en travaillant la reproductibilité de la démarche sur d'autres opérations. Par ailleurs, une attention particulière est portée au recours à des filières locales pour allier les ambitions environnementales à une logique de développement de filières économiques sur le territoire régional.

**Contact : Arnaud MOGA**, chef de projet Rénovation urbaine, Saint-Quentin-en-Yvelines - arnaud.moga@sqy.fr

## 2.3. Efficacité : des systèmes et équipements performants en énergie et carbone

Après une recherche de sobriété et d'optimisation des besoins, il s'agit de **répondre à des besoins optimisés par l'efficacité des systèmes et équipements déployés au sein du bâti**, qui vont permettre à la fois d'influer sur les émissions de GES liées au contributeur « énergie » (qui représente entre 15 et 30 % des émissions<sup>32</sup>), et à la construction (via le contributeur « produit de constructions et équipement »).

Les **systèmes et équipements** vont concerner des **usages** :

- **CVC** : production de chauffage, de froid ou refroidissement, d'eau chaude sanitaire et ventilation;
- de distribution **d'électricité, d'éclairage, et autres usages électriques** (électroménager, etc.);

— d'alimentation en **eau potable** et de traitement des **eaux usées**.

Leur efficacité énergie et carbone s'appuie sur **plusieurs leviers** :

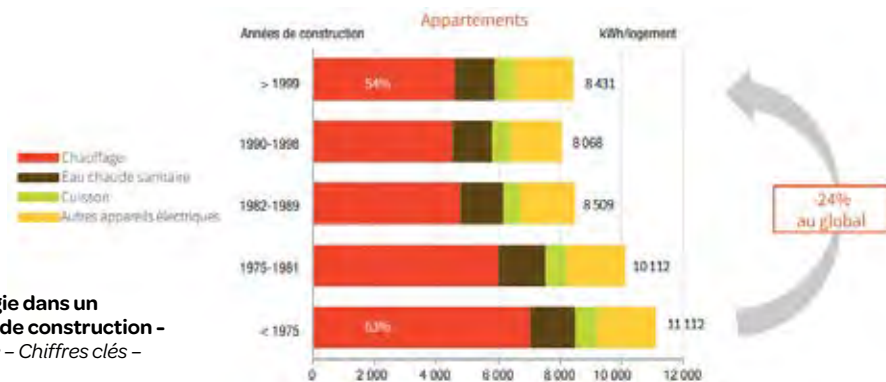
- Enjeu de l'**approvisionnement** : choix du vecteur énergétique en privilégiant le recours aux EnR&R pour les systèmes et équipements énergétiques (cf. partie suivante «Intégrer un approvisionnement en EnR&R»), et les dispositifs de réutilisation d'eau pour les équipements sanitaires.
- Systèmes adéquats, bien **dimensionnés**, bien **régulés** et correctement mis en œuvre.
- Le choix des **équipements**, des **émetteurs**, des **réseaux** et la **régulation** globale.

**Pour les PRU**, et notamment pour des opérations de rénovations de logement, il s'agit autant que possible de **valoriser les systèmes et équipements existants** (raccordement à un réseau de chaleur peu carboné, conservation des radiateurs si encore efficaces, modification du régime des températures...),

32. Source : programme OBEC : [http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c\\_synthobec\\_200506.pdf](http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c_synthobec_200506.pdf).

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.



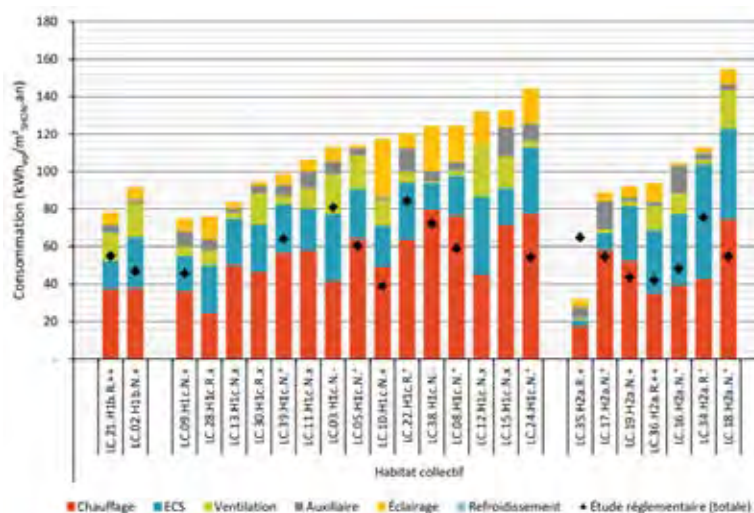
Consommations d'énergie dans un appartement par année de construction - Source : Climat Air Energie - Chiffres clés - ADEME 2018

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

entre 5 et 30 kWhep/m<sup>2</sup>/an. La ventilation représente entre 1 et 10 kWhep/m<sup>2</sup>/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/m<sup>2</sup>/an.

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

**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



ENJEUX EFFICACITÉ et performance énergie carbone	PRINCIPES À INTÉGRER dans le neuf et les rénovations
<p><b>En amont de l'opération et de la MOE (programmation, esquisse, APS), valoriser un approvisionnement en EnR&amp;R</b> (cf. partie «Intégrer un approvisionnement en EnR&amp;R»)</p>	<p><b>Pour les plus gros postes et le CVC (chauffage, ventilation, refroidissement, eau chaude sanitaire) :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Utiliser les résultats d'<b>étude de faisabilité des approvisionnements</b> en énergie, privilégier un approvisionnement en EnR&amp;R.</li> <li>Chercher à se <b>raccorder à un réseau de chaleur</b> existant et à décarboner les approvisionnements de celui-ci.</li> <li>Sans possibilité de raccordement à un réseau de chaleur, opter pour des <b>solutions d'approvisionnement décentralisé</b> (à l'échelle de l'îlot ou du bâtiment) à moindre impact carbone (EnR&amp;R).</li> </ul>
<p><b>Concevoir des systèmes et choisir des équipements simples, efficaces en énergie et en carbone :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Améliorer les <b>rendements</b>.</li> <li><b>Mutualiser</b> les systèmes et optimiser les <b>dimensionnements</b>;</li> <li><b>Limiter les émissions</b> de GES du cycle de vie du bâtiment (en exploitation).</li> <li>Optimiser la <b>régulation</b> et garantir le <b>suivi et le pilotage</b> (cf. partie «Aller vers un suivi des performances» et chapitre «Avec les habitants»).</li> </ul>	<p><b>Conception des systèmes de CVC :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>Éviter le recours à la climatisation</b> ou aux solutions avec fluides frigorigènes qui émettent des GES (privilégier la ventilation naturelle ou les brasseurs d'air).</li> <li><b>Optimiser les réseaux de ventilation</b>, comparer les VMC (ventilation mécanique contrôlée) simples ou double flux (ou hybrides), et trouver un juste équilibre entre performance énergétique (étanchéité et isolation pour limiter les déperditions thermiques) et performance environnementale (qualité de l'air intérieur et santé notamment). Pousser l'étude de réutilisation de systèmes de ventilation naturelle dans les rénovations</li> <li><b>Optimiser les circuits d'eau chaude sanitaire</b> (ECS), interroger les usages de l'ECS : choix des systèmes (par exemple ballons thermodynamiques, ballons solaires, récupération d'énergie sur eaux grises), longueur des réseaux, sectorisation, calorifugeage, matériaux.</li> </ul> <p><b>Cycle de l'eau et choix des équipements sanitaires :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Choix d'équipements et de dispositifs économes en eau.</li> <li>Distribution et optimisation des réseaux intérieurs, matériaux.</li> <li>Récupération des eaux pluviales pour réduire la consommation d'eau potable pour des usages ne le nécessitant pas : alimenter des blocs sanitaires, arroser ou nettoyer les espaces extérieurs.</li> </ul> <p><b>Courants forts, éclairage :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Optimisation des linéaires de câbles et fourreaux, choix des matériaux.</li> <li>Choix des systèmes de régulation et des types de luminaires intérieurs et extérieurs peu consommateurs et émetteurs (exemple : LED, pilotage sur présence ou luminosité, etc.).</li> </ul>

## La start-up Qarnot et son radiateur numérique



L'entreprise Qarnot 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 Qarnot :**

### 1. Quelle est l'idée innovante de Qarnot 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 Qarnot 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. Quoiqu'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 m<sup>2</sup>. 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<sup>e</sup> 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 : Qarnot

## FICHE PROJET N° 6

### Quartier Bois d'Olive à Saint-Pierre de la Réunion, « packs » de rénovation thermique pour les logements

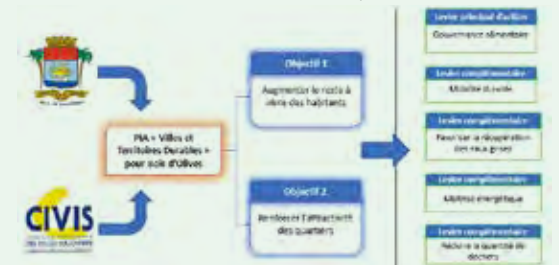


Crédit : Ville de Saint-Pierre de la Réunion

### Contexte

Le quartier prioritaire de Bois d'Olive est situé dans les hauteurs de Saint-Pierre de la Réunion, à plus de 5 km du centre-ville. Bois d'Olive et La Ravine des Cabris accueillent un quart de la population de Saint-Pierre, 8 000 habitants, dans 2 911 logements qui sont, à la différence de la plupart des quartiers prioritaires, en majorité des maisons individuelles avec jardin. Le passé agricole riche du territoire est encore perceptible. Ainsi en résulte une majorité d'habitants propriétaires (66 %) présentant de faibles revenus, et un taux de chômage très élevé (44 %). Adossé au NPNRU et aux objectifs du Contrat de Ville, le PIA « Ville et territoires durables » est pour Saint-Pierre une opportunité à saisir pour intervenir sur le quartier de manière durable en matière de transition écologique et énergétique, avec pour finalité d'augmenter le reste-pour-vivre

des habitants et renforcer l'attractivité des quartiers. La Commune de Saint-Pierre et la Civis ont défini cinq axes se déclinant en un programme d'actions énergétiques et environnementales à l'échelle du quartier :



### Enjeux énergie carbone

La Réunion est une zone non interconnectée (ZNI). Cette situation la rend exposée et vulnérable

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 CO<sub>2</sub>éq./ 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 :

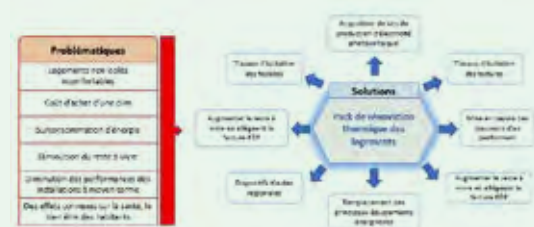
- Les conditions thermiques en été dans le quartier rendent les logements non isolés inconfortables.
- Les foyers sont de plus en plus attirés par la climatisation, alors que son coût en investissement et en fonctionnement a un impact très significatif sur leur budget. Par ailleurs, les foyers aux plus 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 souhaitent 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

sur le reste-pour-vivre des familles concernées. Ainsi, en fonction du pack énergétique, l'économie est attendue dans une fourchette allant de 65 € par an (pour un investissement de l'ordre de 5000 €) à 380 € par an (pour un investissement de l'ordre de 21330 €). Ces actions seront complétées d'un accompagnement des familles par un coach énergie.

### Perspectives

Cette démarche pourrait constituer une référence en matière d'intervention sur les quartiers de « mi-pentes »

aux typologies « cases à terre » qui restent le mode d'habitat prédominant sur l'île de La Réunion, mais également potentiellement un exemple pour d'autres territoires similaires dans les DOM et en Afrique. Cela permettrait d'énoncer de grands principes sur les solutions techniques, mais aussi plus généralement sur les modes d'intervention dans le domaine privé et les initiatives solidaires possibles dans ce type de quartiers.

**Contact : Roberto DE BOISVILLIERS**, mairie de Saint-Pierre - roberto.deboisvilliers@saintpierre.re

## 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<sup>e</sup> 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).

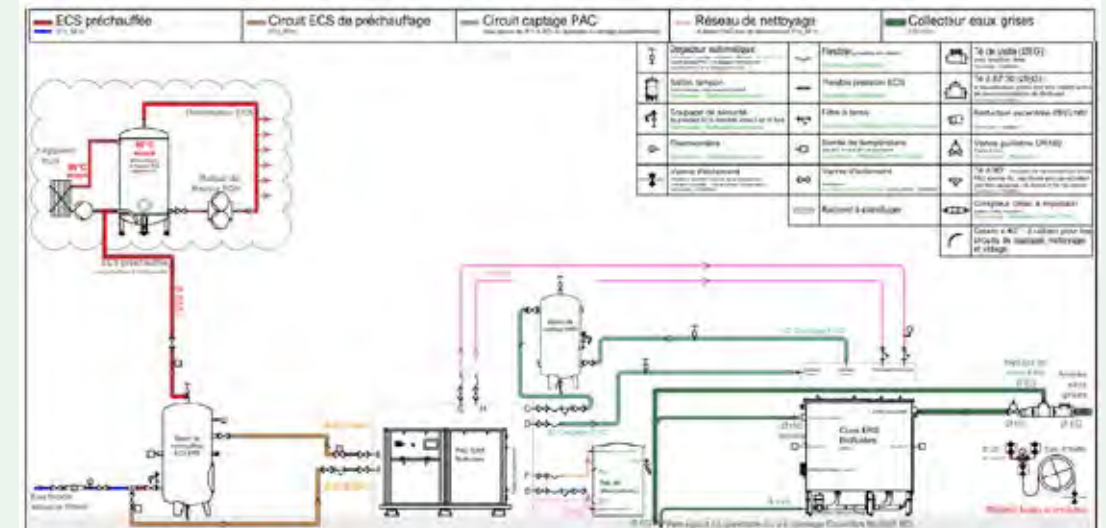


Schéma de fonctionnement de l'ERS sur la tour pilote à Nanterre

### Bilan prévisionnel

- Énergie : le système contribuera à l'atteinte du label BBC Rénovation pour les Tours Aillaud qui devraient voir tous travaux cumulés leur consommation théorique baisser de 84 % (le système de récupération de chaleur contribuant à -12kWh/m<sup>2</sup>/an pour l'amélioration de l'indicateur de consommation théorique CEP dans le calcul thermique réglementaire). Sur le poste eau chaude sanitaire, la réduction est estimée à -86 % par rapport aux charges annuelles actuelles.
- Confort : il sera notamment amélioré par l'instantanéité de la production d'eau chaude et par le désencombrement des logements grâce à la suppression des deux ballons d'eau chaude individuels électriques actuellement présents dans chacun des logements.
- Frais de maintenance : le coût annuel d'entretien lié aux ballons d'ECS individuels dans les logements est actuellement important et le bailleur prévoit que les frais liés au système ERS seront mieux maîtrisés avec une estimation à 3 000 € par an pour les 99 logements.

### Points de vigilance :

- Coût et financement : ce système peu mis en œuvre à ce jour a un coût prévisionnel global de 500 000 € HT pour les 99 logements de la tour du 15 allée des Demoiselles-d'Avignon, soit un coût

moyen de 5 000 € HT par logement. Le PIA « Ville durable et solidaire » cofinance le projet au titre de l'innovation, qui pourrait également faire l'objet d'un financement via le fond chaleur de l'ADEME dans la limite de 40 % de l'investissement.

- Le dimensionnement du ballon de stockage d'eau chaude doit être finement étudié au regard des périodes de pointe de production de calories d'eaux grises et de consommation d'eau par les usagers (en l'occurrence pour les locataires : matin, heures des repas, soir).
- Un protocole d'évaluation devra être suivi pour confirmer après travaux et fonctionnement que les performances attendues sont bien atteintes : baisse de la consommation et des charges, amélioration du confort.

### Perspectives

Le démarrage prévisionnel des travaux est prévu à compter du quatrième trimestre 2021 ; le retour d'expérience pourra être apprécié à compter de 2023/2024. La mise en œuvre de ce système sur la tour pilote du 15 allée des Demoiselles d'Avignon vise à entériner le rôle démonstrateur de cette tour, devant ainsi alimenter le maître d'ouvrage en retour d'expérience avant déploiement sur les autres tours réhabilitées.

Contact : Stéphane THOUS, chargé d'opérations, Nanterre Coop' Habitat, sthous@nanterre-coop-habitat.fr

## 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 20000 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

des températures entre les logements suivant leur localisation (jusqu'à 5°C de variation). Un risque d'inconfort notable est souvent constaté si les lois d'eau sont abaissées afin de limiter les surchauffes dans les logements bénéficiant d'apports gratuits, alors que les robinets thermostatiques restent généralement en position maximale dans les logements défavorables. De plus, une fois l'enveloppe traitée de manière efficace sur le plan thermique, on constate que la programmation d'un réduit nocturne par loi de chauffe abaissée devient inefficace, les robinets restant en position maximale; les puissances réduites d'émetteurs sont suffisantes pour maintenir les températures d'ambiance à la consigne diurne. C'est pourquoi, pour l'ensemble des opérations de réhabilitation du projet NPNRU des Villeneuves de Grenoble et d'Échirolles comportant 1600 logements, un système de régulation **performante est déployé**.

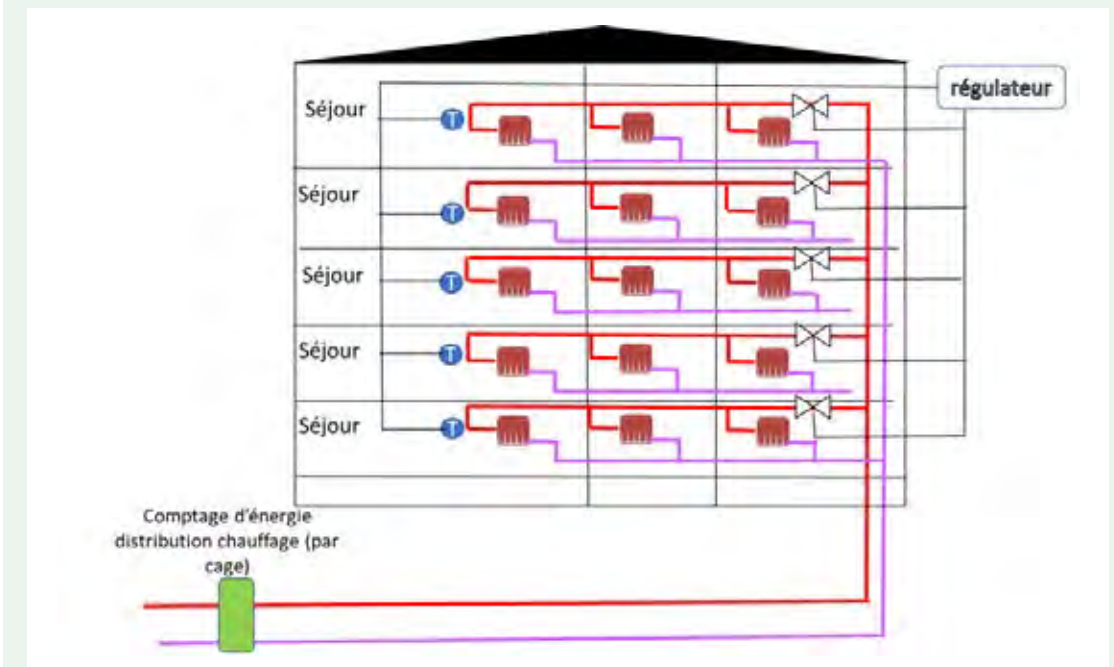
#### Actions mises en œuvre

Pour chaque opération de réhabilitation est mis en œuvre un système de régulation permettant de :

- Disposer d'une **mesure de la température ambiante dans chaque logement au niveau**

**de la pièce de vie** pour délivrer une information objective en exploitation et permettant la régulation des conditions de confort logement par action sur la distribution de chauffage.

- Réaliser concrètement un **réduit nocturne** dans les logements en période de chauffe, par l'arrêt de la distribution du fluide caloporteur dans les émetteurs, avec une programmation sur une plage horaire pendant laquelle les températures ambiantes peuvent être réduites sans raisonnablement induire un inconfort pour les occupants.
- Limiter les surchauffes dans les logements en période de chauffe durant la journée, par l'**arrêt de la circulation du fluide caloporteur** si tous les logements de la résidence ont atteint ou dépassé la température de consigne pendant la période de chauffage diurne prédéterminée.
- Obtenir un **système communicant paramétrable à distance** pour disposer de l'enregistrement des données de mesure, d'un réglage fin des consignes, et d'une remontée des informations en vue de faciliter l'exploitation en temps réel.





### 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+C-<sup>33</sup> :

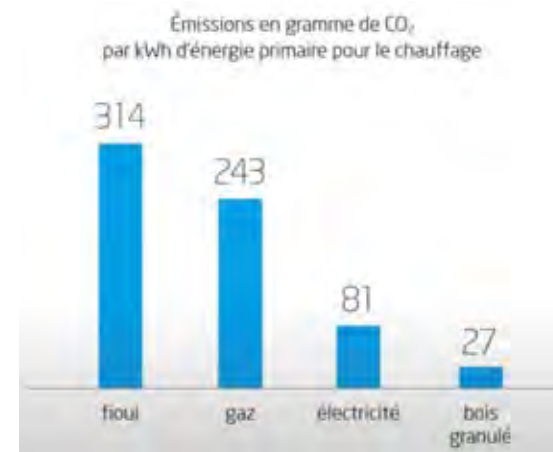
> **Au niveau du bilan Bepos, la chaleur d'origine renouvelable est particulièrement favorisée :**

- 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.

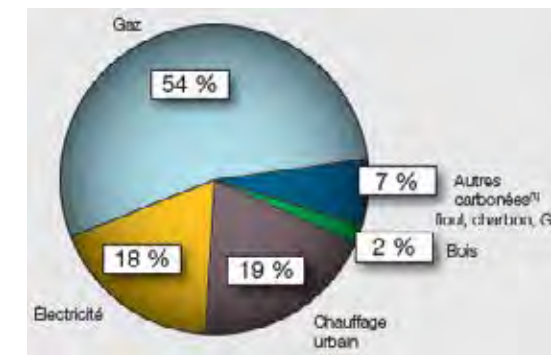
**Le choix du vecteur énergétique pour répondre aux besoins énergétiques et de l'approvisionnement favorisant le recours aux EnR&R** est particulièrement impactant en amont des opérations de MOE (esquisse et APS), avec un fort enjeu sur le chauffage et des conséquences très différentes en matière d'émissions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



Comparaison des émissions de CO<sub>2</sub> selon les sources d'énergies primaire pour le chauffage – Source : CSTB

En France, **50 % des usages finaux de l'énergie concernent en effet la chaleur**, dont deux tiers consommés par le résidentiel et le tertiaire. Les EnR couvrent seulement 11 % de la consommation d'énergie primaire (dont un tiers pour la chaleur et l'électricité sont produites en 2020 à partir de biomasse).

**Actuellement, les logements du parc social sont chauffés principalement par du gaz, des réseaux de chauffage urbains, et de l'électricité :**

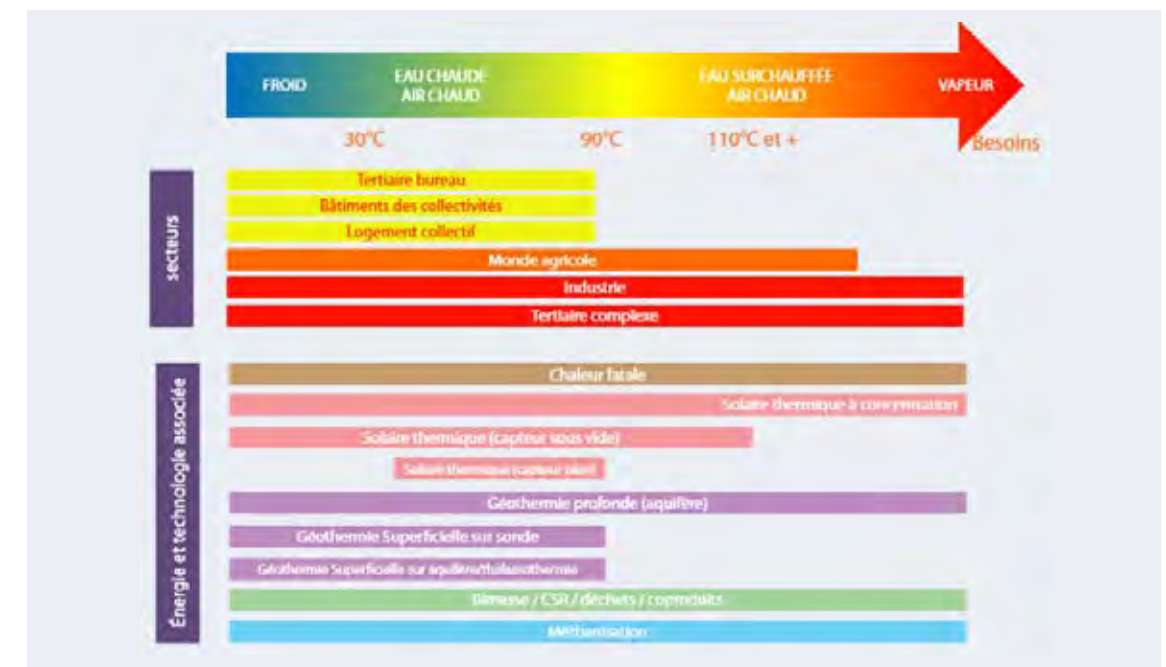


Type de chauffage utilisé dans les logements sociaux – Source : données Insee et RPLS, graphique Énergies Demain

Le cadre réglementaire français, la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE), fixe **un objectif de 33 % d'EnR&R en 2028 avec une hiérarchisation des sources :**

- priorité à la valorisation de la **chaleur fatale** (usines d'incinération, process industriel, etc.);
- puis à la chaleur EnR selon les ressources présentes sur les territoires et usages (géothermie profonde, puis solaire, géothermie, biomasse, méthanisation).

**L'éventail de choix des solutions en matière d'EnR&R** pour la production de chaleur est donc **large pour les PRU**, en grande partie composés de logements collectifs : **biomasse, chaleur fatale, solaire thermique, géothermie profonde ou superficielle sur sonde/aquifère/ thalassothermie, méthanisation...**



Domaines d'usages des EnR en fonction des secteurs et filières – Source : Inddigo

33. Source : programme OBEC : [http://www.batiment-energiecarbone.fr/IMG/pdf/h3c\\_synthobec\\_200506.pdf](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
<b>Réseaux de chaleur existants (RC)</b>			
<b>Chauffage ECS</b>	<b>Raccordement à RC existant / créé, constitué de :</b> - 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).	<b>Quartier / Ville</b>	<b>Présence d'un RC à proximité, distance de raccordement</b> avec seuil de rentabilité des investissements et rendements (densité d'énergie livrée par le réseau avec un niveau visé > 1,5 MWh / ml). <b>Sources à privilégier :</b> chaleur fatale incinération et industries, géothermie profonde, boucle géothermique, récupération eaux usées, biomasse. <b>Enjeu de mutations approvisionnements de RC au fioul ou au gaz.</b> 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>
<b>Chaleur fatale (activités, industries, incinération de déchets)</b>			
<b>Chauffage ECS</b>	<b>Turbine électrique et/ou chaleur distribuée par un réseau</b>	<b>Quartier / Ville</b>	<b>Selon proximité d'industries, d'activités</b> , 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>
<b>Chaleur fatale par récupération sur eaux usées</b>			
<b>Chauffage ECS</b>	<b>Système de récupération (échangeur) et pompe à chaleur</b>	<b>Bâtiment</b>	Selon l' <b>analyse des réseaux d'assainissement</b> (nécessite un certain diamètre / débit / températures), pertinent sur de <b>gros émissaires</b> , ou à proximité d'une <b>station d'épuration</b> (potentiel viable si le débit est > 10 L/s ou 36 m3/h).
	<b>Système de récupération (échangeur), réseau de chaleur à basse température et PAC</b>	<b>Quartier</b>	
<b>Méthanisation Biogaz (agriculture, agroindustriels, déchets ménagers et boues urbaines)</b> - stockage des déchets organiques, préparations; - digesteur / méthaniseur; - équipement valorisation biogaz; - cuve de stockage du digestat.			
<b>Chauffage ECS Électricité</b>	<b>Injection dans le réseau de distribution de gaz (biométhane) ou carburant</b>	<b>Quartier / Ville</b>	Selon gisements (industrie, agriculture, collectivité) et portage collectivité. Selon débouchés énergétiques et besoins.
	<b>Cogénérateur (ECS et dans le réseau d'électricité)</b>	<b>Quartier / Ville</b>	Localisation des contacts périurbains, industriels, autorisations environnementales.
	<b>Chaudière gaz collective, avec réseau de chaleur</b>	<b>Quartier / Ville</b>	<i>Subventions fonds chaleur ADEME possible sous conditions (taux 20 à 30 % de l'investissement).</i>

<b>Géothermie</b>			
<b>Chauffage Froid ECS</b>	<b>Géothermie très basse énergie (&lt;30°C) superficielle avec sondes horizontales</b>	<b>Bâtiment</b>	Avec <b>capteurs horizontaux</b> (surface de capteurs couvrant généralement 2,5 à 3 fois la surface chauffée, et une faible inclinaison). En milieu urbain, peu pertinent au regard de la <b>densité et des disponibilités foncières</b> .
	<b>Géothermie très basse énergie (&lt;30°C) superficielle avec sondes verticales</b>	<b>Bâtiment / Quartier</b>	Avec <b>sondes verticales</b> (200 m de profondeur maximum) et pompes à chaleur pour transférer l'énergie du sous-sol dans le bâtiment. Selon l' <b>atlas du BRGM</b> en région et <b>secteurs favorables</b> . Attention si secteur en zone rouge GMI (risques géologiques sous-sol), besoin d'une procédure d'autorisation. Contraintes sur <b>foncier</b> , nécessité d'implanter des forages espacés de 10 m en rang. Pour un bâtiment et besoin de 100 kW, une longueur nécessaire de 70 m. <i>Subvention fonds chaleur ADEME possible sous conditions (taux de 40 à 60 % des investissements, forfait 40 €/MWh EnR sur 20 ans).</i>
	<b>Géothermie très basse (&lt;30°C) et basse énergie (entre 30 et 90°C) sur nappe</b>	<b>Bâtiment / Îlot</b>	Avec <b>sondes verticales</b> dans un aquifère peu profond (200 m maximum) et pompes à chaleur pour transférer l'énergie du sous-sol dans le bâtiment. Selon l' <b>atlas du BRGM</b> en régions et <b>secteurs favorables</b> ; attention si secteur en zone rouge GMI (risques géologiques sous-sol) besoin d'une procédure d'autorisation au regard des caractéristiques de sol et relevés piézométriques (profondeur de la nappe, débit). Espacement des sondes selon la capacité de la nappe, entre 50 et 100 ml. <i>Subvention fonds chaleur ADEME possible sous conditions (taux de 40 à 60 % des investissements, forfait pour les installations de moins de 1000 MWh EnR).</i>
	<b>Géothermie profonde (avec réseau de chaleur / froid)</b>	<b>Ville</b>	<b>Selon les potentiels locaux et très spécifiques</b> des nappes et aquifères.
<b>Biomasse / CSR (combustible solide de recyclage ou récupération) / bois énergie</b>			
<b>Chauffage ECS</b>	<b>Chaudière biomasse d'immeuble</b>	<b>Bâtiment</b>	Potentiel à objectiver selon la <b>disponibilité de la ressource localement</b> (ressource disponible sur tout le territoire français, filière, fournisseurs).
	<b>Chaufferie biomasse collective, avec réseau de chaleur :</b> - un silo de stockage, désilage et convoyage du combustible; - un générateur de chaleur (chaudière); - des équipements d'évacuation des cendres; - un système de filtration et cheminée pour l'évacuation des fumées.	<b>Quartier / Ville</b>	Potentiel à objectiver selon la <b>disponibilité de la ressource localement</b> (ressource disponible sur tout le territoire français, filière, fournisseurs), au regard des <b>besoins énergétiques du programme et phasage</b> (besoins énergétiques importants et mutualisés pour rentabiliser les investissements). Selon <b>contraintes d'insertion spatiale</b> (foncier à identifier avec accès camions pour acheminement des combustibles). <i>Subvention fonds chaleur ADEME pour la création de réseaux de chaleur possible sous conditions (taux de 40 à 60 % des investissements).</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 &lt; 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 &lt; 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.

Éolien			
Électricité	Petit éolien	Quartier / Petits programmes	À promouvoir <b>pour l'image et l'aspect pédagogique</b> , moins pour l'efficacité énergétique : aléatoire et faible ampleur, pour alimenter de petits besoins (par exemple des besoins en électricité pour une cabane de jardins partagés ou pour puiser de l'eau souterraine).
	Grand éolien	Quartier / Ville	Nécessite d'être dans une zone à fort potentiel pour le grand éolien, à proximité d'un projet de grand éolien : pas de possibilité d'implantation dans des secteurs urbanisés et denses.

### Les principes à intégrer dans les opérations

ENJEUX approvisionnement EnR&R	PRINCIPES / QUESTIONS À INTÉGRER dans le neuf et dans les rénovations
Réaliser une <b>étude d'approvisionnement en EnR&amp;R</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Quelles <b>caractéristiques et besoins</b> de l'opération? Quels usages / types de consommation (chaud, froid, eau chaude sanitaire, électricité)? Quel pourcentage de recours aux EnR viser?</li> <li>Quelle <b>sobriété et efficacité viser</b>? Quels travaux programmés et niveaux de performance énergétique (BBC Rénovation, Bepos pour le neuf, etc.)? Y a-t-il de la chaleur fatale à récupérer et valoriser?</li> <li><b>Quels potentiels sur les EnR&amp;R et perspectives de mutualisation</b>? Existence d'un réseau de chaleur (distance, capacité et modes d'approvisionnement)? Présence d'autres bâtiments consommateurs ou producteurs à proximité? Ressources EnR localement disponibles?</li> </ul>
Proposer et comparer des <b>scénarios et un mix d'approvisionnement énergétique favorisant les EnR&amp;R</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Solutions centralisées-mutualisées</b> (de type <b>réseau de chaleur</b>) ou <b>décentralisées</b> (à l'échelle de l'îlot ou du bâtiment)</li> <li><b>Comparaison des scénarios d'approvisionnement selon les critères financiers</b> (coûts d'investissement, de fonctionnement et prix de revente / charges pour les ménages, gains économiques selon évolution des prix de l'énergie), environnementaux (émissions de GES, particules, production de déchets), et sociaux (intégration paysagère et architecturale, confort pour les occupants, etc.).</li> </ul>
Développer le <b>potentiel des toitures productives pour l'énergie</b> , en lien et équilibre avec les autres utilisations possibles (gestion de l'eau pluviale, végétalisation, toitures comestibles et agriculture urbaine, etc.)	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Identifier les toitures d'un quartier potentiellement intéressantes pour le développement du solaire</b> (toits terrasses ou en pente bien orientés, sans effets de masques, « équipables »), en <b>équilibre et non-concurrence avec les autres usages potentiels</b> (gestion de l'eau et végétalisation, production alimentaire et agriculture urbaine, voire toitures accessibles).</li> <li><b>Développer des toitures « équipables » pour accueillir des panneaux solaires thermiques ou photovoltaïques, à même d'attirer des développeurs de projets sur plusieurs toitures</b> : limitation des contraintes et intégration des gains, ascenseurs, protubérances techniques ; anticipation d'un local pour l'ondulateur solaire, intégration d'un point d'eau pour la maintenance et l'entretien des panneaux, etc.</li> <li>Développer l'<b>autoconsommation photovoltaïque collective</b> (cf. <i>focus ci-après</i>) : recours à un porteur, voire fédérer un projet citoyen participatif (cf. <i>partie « Énergie citoyenne »</i>)</li> </ul>

Parmi les EnR&R possibles, le **solaire photovoltaïque** est souvent identifié par les porteurs de projet dans les premiers leviers activables, au même titre que la création ou le **raccordement à un réseau de chaleur renouvelable** (géothermie, biomasse...).

Parfois, la création d'un **microgrid** est envisagée pour permettre d'adapter à tout moment la production d'EnR&R aux besoins grâce à un pilotage fin des installations de production et des consommations. Les fiches suivantes présentent une poignée de ces projets.

## 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](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](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](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



Toit PV vert (Système Heliover) – source : <https://www.ecovegetal.com/toitures-vegetales/heliover-photovoltaique>

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](https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/IF_RT_BATEX_Fiche4.2_Toitures_FR.pdf)

## FICHE PROJET N° 9

### Création d'un réseau de chaleur thalasso-thermique – QPV Aigues-Douces La Lèque à Port-de-Bouc (13)



Quartier Aigues Douces – La Lèque – Crédit : Ville de Port-de-Bouc

#### Contexte du projet

Le quartier d'intérêt national de la presqu'île de Port-de-Bouc est constitué par les quartiers des Aigues Douces et de La Lèque. Il concentre environ 30 % de la population des trois QPV faisant partie du NPNRU du Pays de Martigues, soit 2350 habitants représentant 980 familles. Le projet d'innovation porté par la Ville de Port-de-Bouc, intitulé Se@nergies, a pour objectif de réduire, ou a minima maintenir le niveau actuel des charges locatives tout en s'inscrivant dans le développement durable et en mobilisant les ressources du territoire. La question des charges est un enjeu primordial pour les locataires et les propriétaires, notamment en prévision des opérations de résidentialisation des espaces extérieurs développées dans le cadre du NPNRU. La mobilisation des EnR sur la ville permettra de créer un réseau de chaleur qui, cumulé à la réhabilitation thermique des bâtiments, stabilisera la facture énergétique des habitants. La mise en place du réseau de chaleur devrait également permettre une nouvelle alimentation en eau brute et permettrait ainsi à la collectivité de reprendre en charge l'arrosage

des espaces et de rendre viables les investissements sur les espaces verts du NPNRU tout en économisant l'eau potable. Le projet énergétique consiste donc à :

- Mettre en place et développer un réseau de chaleur thalasso-thermique pour répondre aux besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ainsi qu'aux besoins éventuels de froid) : récupération de calories sur la mer alimentant un réseau de chaleur en boucle d'eau tempérée pour l'ensemble des bâtiments raccordables, éventuellement complétée d'une récupération de chaleur sur les eaux usées et sur le refroidissement d'une centrale innovante de trigénération.
- Mettre en place et développer la production photovoltaïque, en autoconsommation pour répondre aux besoins électriques des bâtiments collectifs et publics du quartier (mise à disposition collective de surfaces à équiper en capteurs : toitures, pignons de façades, ombrières de parking et de bâtiments).
- Créer un pilotage énergétique global électrique et de type Smart Grid, avec gestion intégrée

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.

### Risques identifiés

- Un coût de l'énergie non optimisé pendant la phase travaux.
- Maintien dans le temps du réseau de chaleur par l'opérateur.
- Contrat mal ficelé au détriment de l'utilisateur.
- La gestion des impayés.

### Facteurs clés de réussite identifiés

- Un réseau de chaleur urbain qui se construit par tranche, chacune économiquement indépendante.
- Avantage de la Semop.
- Importance de s'appuyer sur le REX des bailleurs qui ont déjà expérimenté les RC.
- S'appuyer sur le guide de bonnes pratiques de la FNCCR sur les interactions à avoir avec les habitants.

### Perspectives

La Ville de Port-de-Bouc lance en 2021 une consultation pour un marché d'AMO qui aura pour missions :

- Accompagner les discussions entre la Commune et la Métropole dans la définition des principes et des impératifs d'investissement, de gestion et d'exploitation du projet, et la validation du cadre de consultation.
- Analyser, calibrer et traduire les résultats des études juridiques et techniques déjà réalisées au sein d'un cahier des charges de consultation

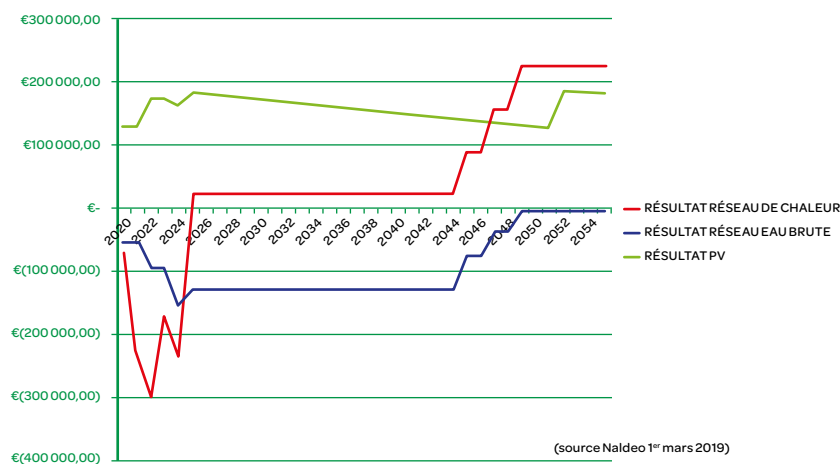
pour trouver un opérateur qui réalisera le projet Se@nergieS.

- Accompagner la Ville et la Métropole, sur la base des résultats des études juridiques et techniques réalisées, pour trouver un ou des opérateurs qui réaliseront le projet Se@nergieS.
- Une assistance dans la construction du dossier de consultation. Ce dossier devra préciser l'articulation entre la Ville et la Métropole dans la procédure de consultation et permettre aux opérateurs répondant à la consultation de proposer le véhicule juridique qui leur semble le plus adapté.
- Apporter un soutien dans l'analyse des réponses des candidats.
- Assurer un suivi technique, juridique et financier de la mise en place du projet sur les premières années.

En parallèle, la Ville va lancer une étude technique pour amorcer le branchement de son patrimoine au réseau. Côté bailleurs, Logirem a la volonté de s'inscrire également dans le projet de thalassothermie, d'ans la mesure où le dispositif permettra de limiter et maîtriser les charges des locataires, et sous conditions de coûts de réalisation des réseaux, et le bailleur 13 Habitat poursuit les études techniques sur son parc.

**Contact : Séverine MIGNOT**, architecte-urbaniste, service Habitat de la Ville de Port-de-Bouc; severine.mignot@portdebouc.fr

### 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 8000 logements pour près de 20000 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.

L'évolution du réseau de chauffage urbain et son recours massif aux EnR permettent d'afficher un meilleur bilan environnemental avec un taux d'EnR de plus de 60 % en 2018.

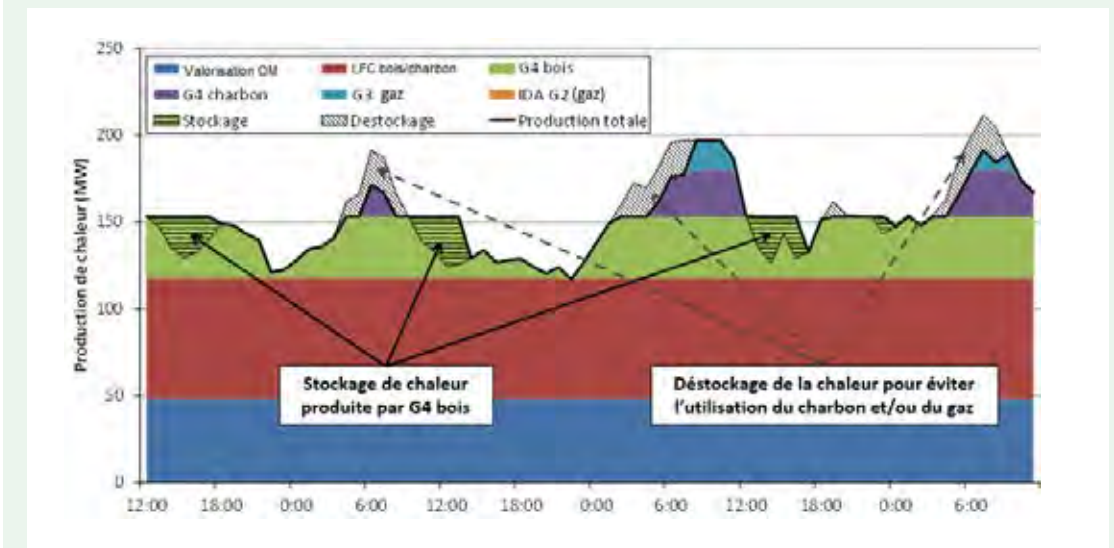
#### Présentation synthétique du projet :

Le projet consiste, sans modifier l'outil de production du réseau de chaleur, à réduire le recours aux énergies fossiles utilisées pour absorber les appels de puissances des bâtiments raccordés.

Les attentes sont doubles, tant sur l'aspect environnemental que sur l'aspect financier :

les combustibles utilisés pour assurer ces pics de puissance sont le charbon et le gaz, forts émetteurs de CO<sub>2</sub> et onéreux. Les économies financières attendues se feront au niveau de la réduction des consommations de combustibles et par la baisse des quotas de CO<sub>2</sub> attribués au site de production.

La mise en place d'un stockage d'énergie permet de conserver l'énergie produite grâce aux combustibles non fossiles (bois, valorisation de l'incinération des ordures ménagères) et de l'injecter sur le réseau lors des demandes importantes, permettant de limiter le recours aux énergies fossiles.



Effet du stockage sur la courbe de charge du réseau de chaleur alimentant les Villeneuves

#### Actions mises en œuvre

Construction de trois citernes, permettant de stocker environ 700 m<sup>3</sup> d'eau surchauffée à 180°C et 22 bars. Caractéristiques : hauteur 20 m, diamètre 4 m, poids de 72 tonnes chacune (à vide), puissance nominale de 20 MW, capacité de stockage de 60 MWh.

#### Freins et facteur clé de réussite identifiés :

- Complexité de gestion du réseau de chaleur, sur lequel sont raccordées cinq centrales de production et autant de combustibles, ce qui complique la gestion des combustibles et les cycles de stockage et déstockage.
- Malgré un bon dimensionnement du stockage,

le fonctionnement optimum de ce dernier nécessite une grande précision dans la conduite des différentes chaufferies du réseau.

- Mise en place d'un monitoring pour contrôler et piloter finement les cycles de charge et de décharge du stockage.

#### Bilan

Cette opération devrait permettre de lisser les pics de demande de chaleur en période hivernale (en l'occurrence 90 % des pics de puissance effacés), et d'éviter environ 5600 tonnes de CO<sub>2</sub>. L'impact prévisionnel pour la facture des habitants, à la baisse, est en revanche relativement faible.



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 CO<sub>2</sub> 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

## FICHE PROJET N° 11

### Autoconsommation photovoltaïque avec stockage frigorifique pour un équipement public – QPV Le Butor à Saint-Denis de La Réunion (974)



Cité des Arts – Crédit: CINOR

### Contexte

La Ville de Saint-Denis et la Communauté intercommunale du nord de la Réunion (Cinor) se sont engagées dans une démarche d'ÉcoCité depuis 2014. Les collectivités misent sur le programme de rénovation urbaine pour assurer un développement durable et harmonieux de leur territoire. Le Projet de renouvellement urbain nord-est littoral (Prunel) est en coconstruction avec les habitants, les élus de la Ville, les partenaires privés et publics, ainsi que les bailleurs sociaux. L'objectif est d'aboutir à des orientations d'aménagement

partagées sur un territoire prioritaire de la politique de la Ville qui regroupe trois quartiers : le Butor, Bas-Maréchal Leclerc et Vauban. Sur 76 hectares, il s'agit de tendre vers une autonomie énergétique d'ici à 2025, un des leviers phares envisagés étant l'autoconsommation énergétique. C'est le principe retenu à la Cité des arts, vaste complexe culturel situé à la périphérie du centre-ville dans le quartier du Butor. Construite sur un ancien site industriel, son architecture confère une identité forte au site constitué d'une dizaine de bâtiments, dont deux salles de spectacles.

## Actions mises en œuvre

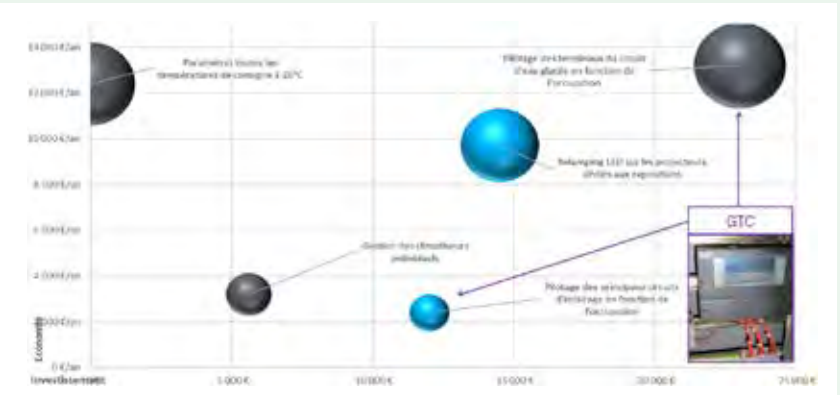
- Une **étude de faisabilité** visant à rechercher un équilibre technico-économique optimal entre la production d'énergie et les besoins du site de la Cité des arts a été réalisée fin 2017. Copilotée avec l'ADEME, celle-ci a mis en exergue un manque de capacité de production de froid, et **deux grands 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 découverte de la toiture. Une **gestion technique centralisée** (GTC)



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

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.

## Coût et économies prévisionnelles des différentes actions MDE – Source : Éco-Stratégie Réunion



- En parallèle, des actions de maîtrise de demande en énergie sont également conduites pour diminuer la consommation.

## Bilan

- Financier : investissement de l'ordre de 750 k€, avec une maîtrise d'œuvre à hauteur de 50 k€ (groupement Éco-Stratégie Réunion / Socetem), aide de l'ADEME de 100 k€ et subvention PIA de 262 k€.
- Énergétique : la réduction prévisionnelle de la facture est estimée à **-43 %**.
- Carbone : il a été estimé que la construction d'un générateur PV représentait en moyenne l'émission d'environ 2kg/Wc d'équivalent CO<sub>2</sub>. Ces émissions seront absorbées en approximativement deux ans grâce à la substitution aux énergies fossiles. L'électricité du réseau sur l'île de La Réunion est en effet fortement carbonée car produite principalement à partir de centrales au charbon. La simulation sur une année entière évalue un effacement de la consommation sur le réseau entre 36 % et 40 % des besoins en électricité. Dans une configuration sans stockage, la consommation d'électricité effacée sur le réseau représenterait l'équivalent de la consommation de 73 foyers réunionnais. L'intégration du stockage permettrait d'effacer environ 15 % d'émissions carbone supplémentaires. Les émissions évitées devraient être de **212 TCO<sub>2</sub> éq. / an** (correspondant à l'équivalent de **85 foyers**).

## Points de vigilance :

L'association des deux technologies, stockage latent et PV,

nécessite la mise en place d'une régulation dédiée afin de piloter au plus juste le groupe froid. Le système de contrôle et d'acquisition de données en temps réel doit permettre de surveiller, coordonner et commander les systèmes de production et de distribution des flux d'énergie afin de favoriser l'alimentation du TGBT par l'énergie PV. Il pilote par ailleurs le groupe froid pour valoriser le surplus PV sous forme d'énergie frigorifique. Cette régulation doit être envisagée dès la phase de conception et clairement indiquée au marché de travaux – de préférence pour l'entreprise en charge des travaux frigorifiques. L'installation nécessite un suivi de ses performances : le matériel installé doit ainsi pouvoir transmettre l'ensemble des données au bureau d'études ayant réalisé la conception afin de s'assurer du bon fonctionnement et d'ajuster éventuellement certaines variables.

## Perspectives

Ce projet a vocation à préparer une intervention plus ambitieuse à l'échelle de Prunel. Sur un périmètre regroupant un ensemble de bâtiments aptes à recevoir un dispositif de microgrid, il s'agirait d'optimiser la production d'énergies non carbonées pour répondre aux besoins des habitants. Ceci permettrait de rendre ces quartiers plus autonomes et de réorienter une partie des économies de factures énergétiques vers le développement d'actions culturelles. Le stockage sous forme d'énergie frigorifique n'est pas développé à La Réunion, ses avantages devraient permettre d'envisager une duplication de ce système à plus large échelle lorsque ce projet pilote aura fait ses preuves.

**Contact : Philippe LENA**, directeur de l'Aménagement du territoire, Cinor – philippe.lena@cinor.org



### 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, Cegibat<sup>34</sup>

### 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 :

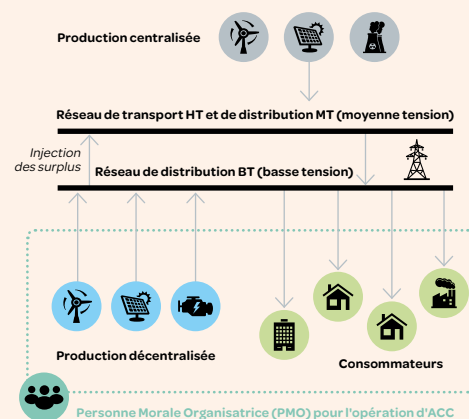
- un ou plusieurs **producteurs** d'électricité;
- un ou plusieurs **consommateurs** finaux;
- liés entre eux au sein d'une **personne morale organisatrice (PMO)**;
- sur le réseau basse tension et se trouvant dans un cercle de rayon 1 km.

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.

### Que l'ensemble des consommateurs et producteurs soient raccordés sur le réseau basse tension d'électricité.

Seuls les consommateurs et producteur en aval de postes de distribution publique peuvent participer à une opération d'autoconsommation collective. Les consommateurs ou producteur raccordés en amont d'un poste HTA ou disposant de leur propre poste HTA ne sont, pour le moment, pas éligible à l'ACC.

### Que l'ensemble des producteurs et consommateurs se trouvent dans un cercle d'un rayon de 1 km.

Initialement, tous les consommateurs et producteurs devaient être raccordés sur le même poste de distribution publique. Cette condition très contraignante a été remplacée par une condition de proximité géographique par l'arrêté du 21/11/2019. Par ailleurs, la puissance de production maximale admise dans l'opération d'ACC est de 3 MW.

### La constitution d'une personne morale organisatrice (PMO) rassemblant l'ensemble des consommateurs et producteur.

La PMO sera notamment chargée de signer la convention d'ACC avec Enedis. Elle a également pour rôle de faire le lien entre les producteurs et les consommateurs de l'opération.

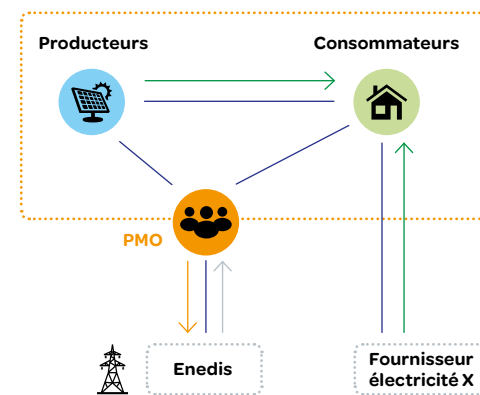
### Focus sur la PMO (personne morale organisatrice)

La PMO est une structure juridique dont la constitution est indispensable pour lancer une opération d'ACC. Son rôle est :

- de regrouper et faire le lien entre les producteurs et les consommateurs;
- de signer une convention d'autoconsommation collective avec Enedis;
- de déterminer les clés de répartition de l'électricité produite entre les consommateurs et les transmettre à Enedis.



### Rôle de la PMO, essentiel dans une opération d'autoconsommation collective



Le code de l'énergie ne donne aucune recommandation quant à la forme juridique de la PMO. Les retours d'expérience des opérations déployées présentent des PMO aux structures variées :

- **Association loi 1901** : cadre juridique souple qui permet une entrée/sortie facilitée des membres.
- **Société** : telle que la SCI (Société civile immobilière), la SEM (société d'économie mixte), la SA (société anonyme).
- **Copropriété** : peut être déployée dans le cas

d'une opération d'ACC sur un logement collectif par exemple.

- **Bailleur social** : dans le cas d'une opération dans un HLM, le bailleur social peut se constituer PMO de l'opération.
- **Coopérative** : La constitution de la PMO est complexe et nécessite un appui (création de la forme juridique, contrats, relation avec Enedis, clés de répartition). La charge ainsi que les coûts associés ne doivent pas être négligés. Plusieurs sociétés se positionnent sur la mise en œuvre des 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 %) <sup>35</sup>, 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)	
<p><b>Problématique :</b> Stockage de l'électricité et énergie solaire intermittente : enjeu de <b>consommer l'énergie au bon moment</b> Dimensionnement d'une opération pour des logements complexe : selon les <b>consommations des utilisateurs</b> (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 <b>coïncider avec les périodes de production</b> (généralement optimales aux heures chaudes en milieu de journée).</p>	<p><b>Pistes de solutions :</b> <b>Anticiper les consommations et déplacer les consommations</b> par programmation (production d'eau chaude, refroidissement, chauffage, pilotage de l'électroménager - lave-vaisselle, lave-linge).  Mise en place de <b>dispositifs de stockage pour des consommations différées</b> pour certains <b>usages thermiques d'eau chaude</b> ou <b>de chaud et froid</b> (encore problématique à ce stade, coûts économiques et environnementaux du stockage d'électricité par batteries lithium ou plomb, hydrogène).  <b>Raisonner plus globalement et en synergie avec le territoire, et les usages limitrophes</b> (par exemple consommation d'énergie pour une crèche à côté de logements vides en journée).</p>
2. Évaluer la capacité d'autoconsommation de l'opération	
<p><b>Problématique :</b> Évaluer les besoins et la <b>capacité du bâtiment à autoconsommer</b> l'énergie solaire produite : quantité d'énergie consommée en temps réel, quantité d'énergie à injecter sur le réseau électrique.</p>	<p><b>Pistes de solutions :</b> Grâce aux <b>bases de données de puissance électrique</b> appelées des dernières années (disponibles via les fournisseurs d'électricité), <b>comparaison avec les productions photovoltaïques</b> 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.</p>

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

3. Vérifier les conditions de rentabilité de l'opération	
<p><b>Problématique :</b> La <b>rentabilité dépend de cinq critères :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>le coût du MWh photovoltaïque qui dépend du coût d'investissement et de l'ensoleillement;</li> <li>le coût TTC du MWh acheté via le réseau de distribution public;</li> <li>le tarif de revente des surplus réinjectés au réseau <sup>36</sup>;</li> <li>le taux d'autoconsommation <sup>37</sup> et profil électrique du ou des bâtiment(s);</li> <li>les frais de réseau applicable (Turpe : tarif d'utilisation des réseaux publics d'électricité).</li> </ul> <p>L'équation est la suivante pour une opération d'autoconsommation collective : (coût du MWh photovoltaïque X quantité consommée) - (tarif auquel sont revendus les surplus injectés sur le réseau X quantité de surplus injectée) + frais de réseau applicables</p> <p>Rentabilité si la valeur est &lt; (coût TTC du MWh acheté via le réseau de distribution public X quantité consommée)</p>	<p><b>Pistes de solutions :</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>- Coût investissement :</b> éviter le <b>sous-dimensionnement ou le surdimensionnement</b>, optimiser la taille de l'opération. Les panneaux PV (50 %) et l'onduleur <sup>38</sup> représentent une part importante de l'investissement, intérêt de négocier sur un périmètre large (regroupement d'opérations, centrales PV).</li> <li><b>- Prix de l'énergie :</b> le prix relativement faible de l'électricité en France (entre 115 et 140 € TTC/MWh) peut être considéré comme un frein au développement de projets d'autoconsommation. L'opération sera <b>plus rentable si le prix de l'électricité augmente</b> (ce qu'un nombre important d'indicateurs semblent confirmer - attention toutefois à ne pas utiliser d'hypothèses d'augmentation de prix trop élevée).</li> <li><b>- Vente au surplus :</b> Dans le cas de l'autoconsommation collective (puissance &gt; 3 kWc), la réglementation oblige à gérer le surplus de production. Cela peut se faire de deux façons : soit en le rattachant à un <b>responsable d'équilibre</b> <sup>39</sup>, soit en <b>limitant la puissance produite</b> par la centrale. Cependant, cette limitation de puissance des onduleurs pour éviter d'injecter trop d'énergie sur le réseau est complexe dans le cadre d'une opération d'autoconsommation collective puisqu'elle <b>oblige à installer</b> chez tous les participants de l'opération un <b>système permettant de connaître en temps réel la consommation</b>. Si le surplus est produit, plusieurs difficultés se posent. Premièrement, la <b>revente d'électricité</b> peut être soumise à l'<b>IFER</b> <sup>40</sup> (imposition forfaitaire des entreprises de réseaux). Pour rappel, l'IFER s'applique aux centrales de production d'énergie électrique d'origine PV dont la puissance est supérieure ou égale à 100 kW. Le montant de l'IFER est fixé à 3,1€ par kW de puissance installée pour les centrales de production d'énergie électrique d'origine PV. Le montant de l'IFER est donc indépendant du volume injecté sur le réseau. Le produit de la revente doit donc au minimum couvrir ces frais qui sont proportionnels à la puissance de la centrale, et non à la quantité d'énergie revendue. Si la puissance de la centrale est élevée mais la quantité d'énergie revendue faible, la vente au surplus peut être contre-productive. Deuxièmement, le prix de marché de revente est d'environ 40 €/MWh <sup>41</sup> (en fonction du prix de marché de gros <sup>42</sup>). Il n'existe pas d'acteurs de marché intéressés pour acheter au-dessus du prix marché. Il est actuellement plus avantageux de ne pas produire de surplus, et limiter l'énergie produite non autoconsommée.</li> <li><b>- Frais de réseaux applicables :</b> la facture d'électricité est composée de l'abonnement, de la consommation, de taxes. Celles-ci limitent l'impact pour les habitants car la part de la consommation est variable et représente moins de 50 % du prix payé. Les taxes génèrent une résistance à la baisse sur la facture, ce qui devrait évoluer avec des encouragements par la Commission européenne à l'autoconsommation.</li> </ul>
4. S'assurer de l'adhésion des habitants	

36. À la différence d'une opération d'autoconsommation individuelle, la gestion de l'énergie injectée sur le réseau doit trouver un débouché puisqu'il est difficile de brider la puissance des onduleurs, la revente de cette énergie est comprise entre 4 et 6 cts €/kWh pour les petites installations, un tarif plus élevé permet d'améliorer le bilan financier en particulier si le taux d'autoconsommation est plus faible que prévu.

37. Taux autoconsommation : part de la production énergétique consommée sur site = (production consommée sur site / production totale). Taux d'autoconsommation : taux de couverture des besoins du consommateur = (consommation produite sur site / consommation totale).

38. Onduleur : appareil qui sert de passerelle entre le système PV et le réseau électrique.

39. À tout moment, la quantité d'électricité injectée sur le réseau doit être égale à la quantité d'électricité soutirée. Soumis aux aléas de consommation ou de production (risque météo, disponibilité du parc de production, etc.), l'équilibre entre production et consommation est assuré en temps réel par RTE, gestionnaire du réseau public de transport d'électricité. Les responsables d'équilibre sont des opérateurs qui se sont engagés contractuellement auprès de RTE à financer le coût des écarts constatés a posteriori entre l'électricité injectée et l'électricité consommée. En cas d'écart positif (injections > soutirages), ils reçoivent une compensation financière de RTE. Ils peuvent être fournisseurs d'électricité (français ou étrangers), consommateurs (site d'un groupe, entreprise désignée par un groupe d'entreprises) ou n'importe quel tiers (banque, courtier, etc.).

40. Article 1635-0 quinquies du code général des impôts.

41. Valeur de marché epexspot 2019.

42. Marché de gros : marché où l'électricité et le gaz sont négociés avant d'être livrés sur le réseau à destination des clients finaux.

<p><b>Problématique :</b> L'autoconsommation est une offre d'électricité, les <b>occupants</b> des logements ont la <b>liberté d'y adhérer ou non</b>. Le manque d'adhésion pour un investisseur tiers est un risque. Le bailleur doit <b>associer les locataires pour les convaincre</b> en levant les freins et complexités (adhésion au contrat, réception de deux factures).</p>	<p><b>Pistes de solutions :</b> <b>Pédagogie et accompagnement comportemental</b> pour la mise en adéquation des consommations à la production.  <b>Lisibilité des gains et de la réduction de la facture</b>, économies réalisées dans la durée (plutôt que sur le court terme).  Accompagnement de <b>mesures de réduction de la consommation</b>, plus facile du fait du suivi mis en place pour l'autoconsommation.</p>
<p><b>5. Identifier l'organisation autour de la personne morale organisatrice (PMO)</b></p>	
<p><b>Problématique :</b> Les consommateurs et producteurs se regroupent désormais via une <b>personne morale organisatrice</b> : 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).</p>	<p><b>Pistes de solutions :</b> Les <b>bailleurs</b>, 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 <b>compteur communicant</b> de type Linky pour faciliter l'affectation des flux entre participants.</p>

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.**

## FICHE PROJET N° 12

### 1<sup>ère</sup> autoconsommation photovoltaïque collective en logement social – hors QPV, à Bordeaux (33)



Toiture PV de la résidence Les Souffleurs à Bordeaux – Crédit : Gironde Habitat

#### Contexte

Gironde Habitat est un bailleur social engagé pour le développement durable. Depuis 2005, il croit à l'énergie solaire et expérimente un ensemble de solutions : d'abord du solaire individuel avec chauffage électrique, puis du solaire thermique collectif, puis du solaire photovoltaïque en revente totale... Ce bailleur a candidaté à divers appels à projets régionaux dans l'idée d'avoir un temps d'avance sur les réglementations et de réduire les charges pour les locataires. À terme, son ambition est de parvenir à proposer des logements 100 % autonomes en énergie et en eau.

La résidence « Les Souffleurs », composée de 60 logements, a été construite en 2014. Elle est située à proximité de la gare Saint-Jean à Bordeaux – un quartier mixte métamorphosé depuis le début des années 2000.

L'objectif du photovoltaïque pour cette opération était double : à la fois produire de l'énergie renouvelable et lutter contre la précarité énergétique en diminuant les charges pour les locataires. À terme, une réduction de 30 % des frais liés à l'électricité pour le locataire est visée (que ces frais soient au titre des charges ou de sa facture d'électricité individuelle), ce qui représente des économies potentielles par logement entre 50 € et 70 € par an (dont près de la moitié en charges locatives).

#### Actions mises en œuvre

Dès la conception du bâtiment, Gironde Habitat passe un contrat de prestation intellectuelle avec Inelia, un bureau d'études spécialisé dans le développement de projets photovoltaïques. C'est ainsi qu'à sa livraison, l'immeuble est doté de 144 panneaux solaires pour une surface d'environ 260 m<sup>2</sup> et une puissance totale

de 36kWh, 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.

#### Pédagogie et accompagnement

**comportemental :** un travail est à mener auprès des locataires pour leur expliquer comment fonctionne le dispositif et comment en profiter (par exemple les inciter à lancer leur machine à laver ou leur lave-vaisselle en journée pour utiliser l'énergie quand elle est produite par les panneaux solaires). Les économies financières réalisées à l'échelle de l'opération peuvent ainsi être maximisées. Gironde Habitat et ses partenaires ont travaillé sur ce sujet avec la chaire Reset (Réseaux électriques et société en transition) de l'université de Bordeaux (financée par Enedis). Les étudiants de la chaire ont notamment organisé un événement fin 2018, à la résidence pour informer et sensibiliser les locataires à ce projet (une vingtaine de participants).

### Bilan

Production énergétique : **39 MWh d'électricité produite** en 2018, dont 17 MWh ont été consommés par les parties communes (dont la consommation totale est de 42 MWh), le surplus étant donc de 22 MWh. Les résultats ont été similaires en 2019 et 2020 à l'exception d'une baisse des consommations.

Économies réalisées pour les locataires : régularisation de charges de **-20 € à -30 € pour les années 2018 à 2020** (le dispositif n'incluait que les parties communes et le tarif de rachat de l'électricité par EDF restait faible).

Les habitants : des entretiens avec les locataires ont permis de constater que si le degré d'appropriation et de compréhension du concept

*«Notre conseil est d'avoir un bureau d'études spécialisé dans le photovoltaïque, qui étudie le dimensionnement de l'installation solaire en fonction des besoins des résidents, et non pas uniquement en fonction de ce qui convient pour le calcul réglementaire.»*

Fabienne Gonzalez, Gironde Habitat

d'autoconsommation collective est variable, tous partagent les mêmes motivations, à savoir **diminuer leurs charges**, faire un «geste citoyen pour la planète» et créer du lien social.

### Perspectives

Gironde Habitat a étudié la possibilité de généraliser cette solution à d'autres projets en phase chantier, mais il s'est avéré que cela n'était pas pertinent au-delà du périmètre des parties communes car le niveau de production n'était pas suffisant. Le bailleur a donc privilégié l'autoconsommation individuelle sur le point de livraison des parties communes. Au contraire, le dimensionnement à la résidence correspond à une partie des besoins du bâtiment; si tous les locataires adhèrent au dispositif, le surplus de production permettra d'alimenter la consommation «permanente» des logements (veilles, réfrigérateurs, horloges...).

**Contact :** Fabienne GONZALEZ, responsable du service Gestion du patrimoine, Gironde Habitat - f.gonzalez@gironde-habitat.fr

## 2.5. Aller vers un suivi des ambitions et une garantie de performances et de résultats

Dans le cadre d'une rénovation globale, ou dans le cas d'une construction neuve, un niveau de performance énergie et carbone est recherché et calculé dans les phases de conception amont avec les leviers précédents de sobriété, d'efficacité et d'approvisionnement. Cependant, **cette performance**

**visée initialement peut différer des consommations énergétiques et émissions de GES réelles**, celle-ci dépendant de la réalisation et des travaux de mise en œuvre, de la maintenance, de l'exploitation et du comportement des usagers.

Le suivi des ambitions sur l'énergie et le carbone va permettre de **rechercher des objectifs de résultats** sur la réduction des consommations énergétiques et émissions de GES, **au-delà d'objectifs de moyens pour garantir dans le temps :**

- 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 défailante des solutions sont déployées (systèmes de pénalités et dédommagements sur la base de l'écart constaté).

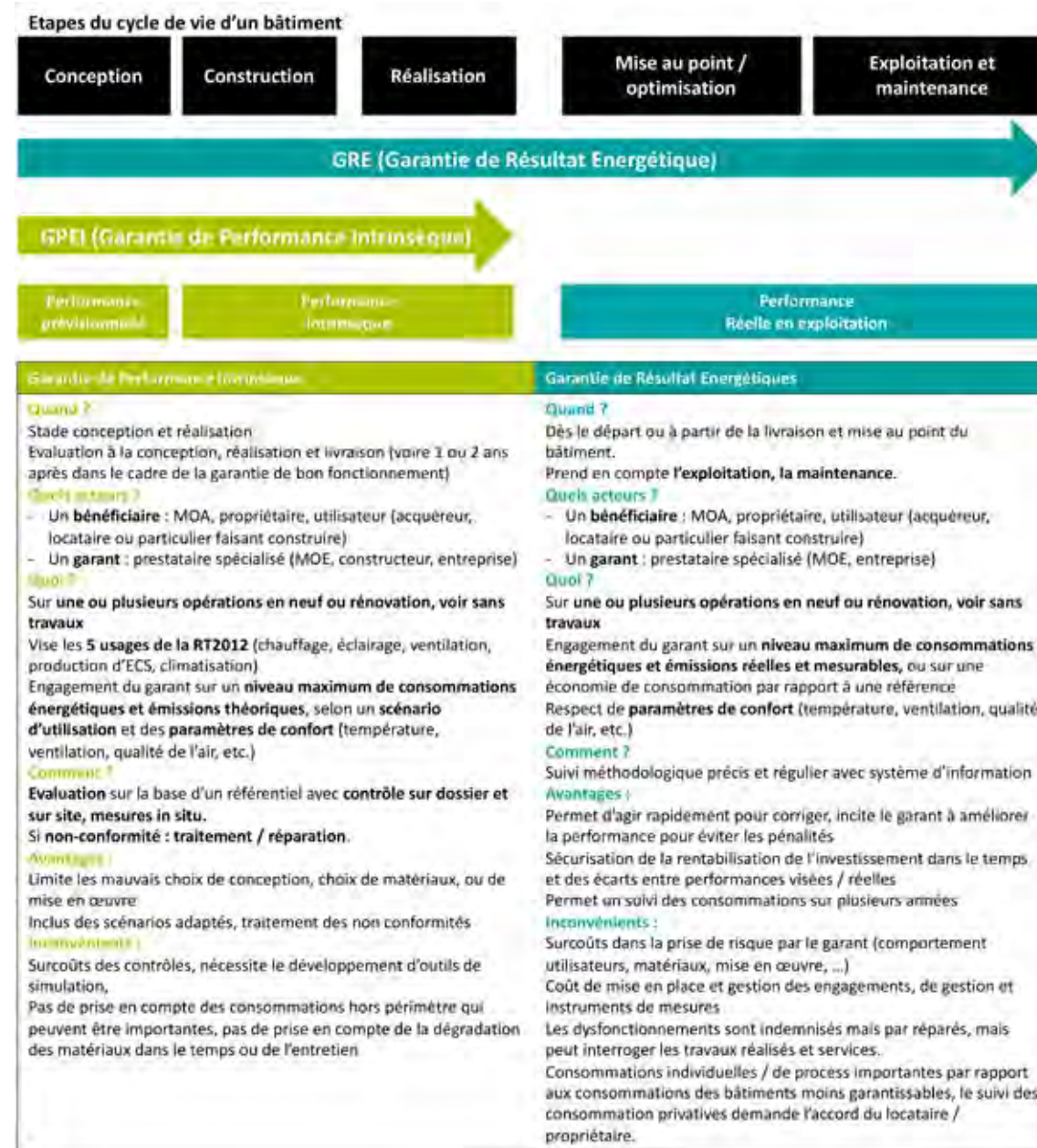
Pour les PRU, la mobilisation d'**outils de garantie de performance énergétique porte des enjeux de massification adaptés aux projets** (bâtiments existants à l'échelle d'un quartier souvent homogènes dans leurs période de construction, mode constructif, matériaux; et cadre partenarial des PRU propice 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. »<sup>43</sup>

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**



GPEI et GRE, principales caractéristiques – Source : Inddigo

### Il existe plusieurs types de GRE :

- Les GRE initiale, GRE (I), avec des travaux (conception, réalisation, exploitation), durée d'exploitation limitée à la fourniture de la preuve de performance.

- Les GRE exploitation avec engagement sur le maintien et l'amélioration de la GRE (I).
- Les GRE optimisation avec remise à niveau des équipements et des systèmes de régulation.

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 :

<b>Situation de référence Audit préalable</b>	<b>Caractériser l'état initial</b> (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).
<b>Objectifs et méthodes</b>	<b>Déterminer les travaux à réaliser dans l'opération</b> , définir les objectifs de performance sur la base de simulations : voies de progrès, niveau de performance atteignable. <b>Méthode de suivi, protocole de mesures et vérifications, commissionnement</b> : coordination des intervenants, moyens et modalités de contrôles à effectuer par phases de réalisation, réception, exploitation.
<b>Protocole et Plan de Mesures et Vérifications</b>	<b>Spécifier et structurer le dispositif</b> de mesures. <b>Renseigner les mesures</b> avec transparence. Identifier les <b>besoins d'amélioration et correction, leurs impacts.</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Choix des options de l'IPMVP (International Performance Measurement and Verification Protocol - protocole et méthodologie validé par la réglementation et obligatoire)</li> <li>— Choix des méthodes d'ajustement, de suivi de la performance</li> <li>— Mesures : instrumentation, échantillonnage, durée</li> </ul>

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.* »

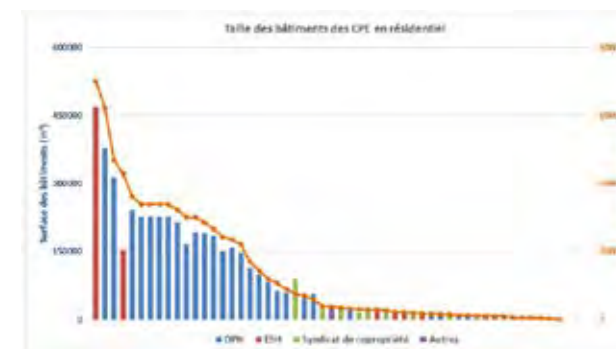
Dans un CPE, le garant est **le groupement qui regroupe le constructeur, le concepteur, le mainteneur**; la répartition des responsabilités entre ces acteurs (notamment dans le cadre de pénalités par la MOA) est régie par une convention de groupement interne, qui permet de clarifier qui paie les pénalités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

### Il existe plusieurs types de CPE :

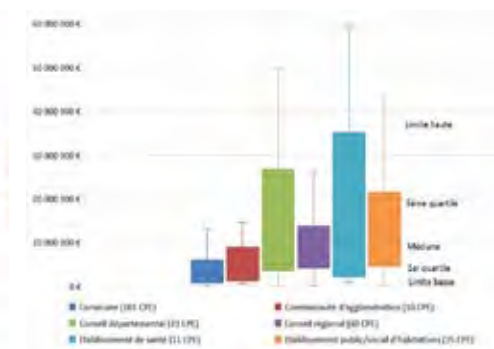
- Les CPE services : amélioration de systèmes à faible investissement pour la gestion, régulation, optimisation des équipements énergétiques.
- Les CPE systèmes : optimisation et exploitation de travaux sur les systèmes.
- Les CPE globaux : qui portent sur des rénovations globales, à la fois sur les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

D'après l'observatoire des CPE, en 2019, **les bailleurs sociaux portent 16 % des CPE (294 CPE attribués en 2019)**. Certains bailleurs systématisent d'ailleurs cette forme de contrat lorsqu'ils s'engagent dans des travaux<sup>44</sup>.



**Surfaces concernées des CPE en résidentiel**  
En moyenne 2 080 logements par CPE pour les OPH (sur 28 CPE)  
Source : Observatoire des CPE (juin 2019)



**Distribution des montants de marchés selon types de MOA** – Source : Observatoire des CPE (juin 2019)

Les **principaux constats** sont les suivants :

- La majorité des CPE est conclue pour une **durée de 6 à 10 ans** et des marchés de **travaux à partir de 5 à 6 M€** (donc qui portent sur plus d'un bâtiment).
- Les actions portent en priorité sur les **systèmes énergétiques** (l'intervention **sur le bâti représente 40 %** des cas recensés).
- Seuls les **contrats avec travaux sur les systèmes** permettent d'atteindre **40 % d'économie d'énergie**.
- L'**optimisation et meilleure exploitation des systèmes** permettent d'atteindre de **10 à 15 % d'économie d'énergie**.
- Pour la majorité des contrats, les performances atteintes sont globalement conformes aux engagements contractuels, la majorité

des **écarts est liée à des évolutions sur les conditions d'utilisation des bâtiments**.

- Côté offre, les solutions techniques sont portées principalement par des **opérateurs émanant de grands groupes énergétiques ou de la construction**, ayant les capacités de répondre à ce type de demande et de s'engager dans un tel montage juridique (néanmoins, les CPE étant généralement réalisés en groupement, des entreprises indépendantes souvent locales sont également représentées).
- Ces contrats impliquent une **évolution des métiers côté MOA**, et notamment des bailleurs (organisation, contractualisation, suivi et démarches de qualité, formes de communication avec les locataires pour atteindre les résultats attendus).

44. Source : Observatoire des contrats de performance énergétique, résultats en juin 2019 : [https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ocpe\\_chiffres-cles\\_n2.pdf](https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/ocpe_chiffres-cles_n2.pdf).

## Guide CPE et lien avec les Certificats d'économie d'énergie<sup>45</sup> (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](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 de d'autres marchés (bâtiments éducatifs, logement privé...).

La démarche repose sur un principe simple : **industrialiser la préfabrication** des éléments nécessaires 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

visé 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.



**Niveau Énergie Zéro (E=0) garanti sur 30 ans et tous usages**

— Une attention spécifique portée au confort des occupants, à l'esthétique et à la qualité d'usage (avec l'inclusion de travaux d'amélioration non énergétiques).

Aux **Pays-Bas**, 5 000 logements rénovés ont déjà été livrés, et plus de 14 000 le seront dans les prochaines années. En **France**, la démarche est déployée **depuis 2016**. Les premiers démonstrateurs ont été

**Dans le quartier NPNRU Grande-Île à Vaulx-en-Velin**, le bailleur social **Est Métropole Habitat** a testé une démarche « EnergieSprong compatible » sur les 988 logements des résidences Noirettes et Grand-Bois.

C'est la première fois en France qu'une telle démarche compatible avec l'approche EnergieSprong, portée par GreenFlex avec le soutien des pouvoirs publics, est utilisée sur un nombre de logements aussi important. Au total, 25 M€ sont engagés avec plusieurs objectifs : réduire les consommations énergétiques, améliorer le confort des habitants et changer l'image du quartier par une architecture plus contemporaine. Les façades, toitures et vides sanitaires ont été isolés, en partie par l'utilisation de panneaux préfabriqués. Après un scan 3D des bâtiments, les éléments de façades sont construits à proximité de Lyon et sont ensuite posés directement sur la façade existante. Cette « seconde peau » se différencie par sa composition : l'ossature est faite de bois issu majoritairement de forêts françaises écolabellisées et tous les isolants sont créés à partir de bouteilles en plastique recyclées provenant du tri sélectif. En parallèle, les réseaux de chauffage et d'eau chaude sont également remplacés. Ces travaux permettront d'atteindre le label BBC Effinergie Renovation.

### c) Le commissionnement

L'écart entre la consommation d'énergie théorique calculée par les différents moteurs de calcul et la consommation d'énergie réelle est un constat largement reconnu.



**Travaux réalisés en temps court et en site occupé**



**Satisfaction et confort des occupants**

subventionnés pour permettre le lancement de la démarche (cf. ci-après), et les premiers retours d'expérience ont permis de réduire les coûts. EnergieSprong souhaite aujourd'hui travailler sur des patrimoines de plus grande taille (au-dessus du R+7) pour développer de nouvelles techniques.

En savoir plus : <http://www.energiesprong.fr>



**Un équilibre économique sans subvention à terme**



Si le coût de cette opération est plus élevé que celui d'une réhabilitation classique, l'opération contribue au déploiement et à la montée en compétence sur le volet préfabrication de ce type de rénovations, et la durée des travaux a pu être divisée par deux (18 mois contre 3 ans en méthode classique), tout en étant peu intrusifs et limitant les désagréments notamment sonores pour les locataires.

Source : [https://www.est-metropole-habitat.fr/wp-content/uploads/2020/11/DP\\_EMH\\_Visite-chantier-de-rhabilitation-de-1000-logements-sur-Noirettes-Grand-Bois--Vaulx-en-Velin\\_BD.pdf](https://www.est-metropole-habitat.fr/wp-content/uploads/2020/11/DP_EMH_Visite-chantier-de-rhabilitation-de-1000-logements-sur-Noirettes-Grand-Bois--Vaulx-en-Velin_BD.pdf)

Au-delà des différences sur les **hypothèses d'usages des bâtiments**, la **performance réelle des systèmes installés** n'atteint pas toujours les performances visées. La mise en service pour une performance énergétique optimale devrait être un processus clé pour y remédier,

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.

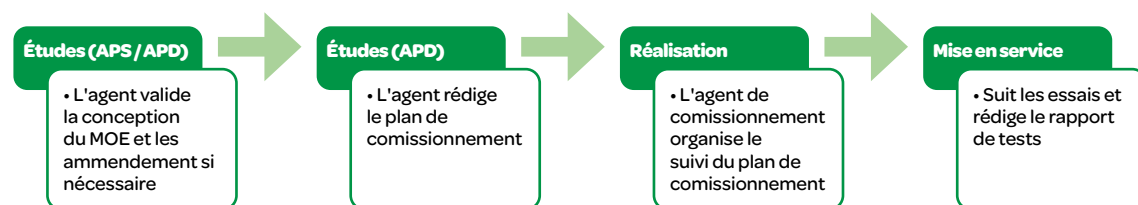
**Le commissionnement est un processus systématique et planifié permettant de s'assurer que tous les systèmes du bâtiment sont conçus, installés, réglés et testés pour opérer et performer conformément au concept technique d'une part, et aux besoins opérationnels de l'utilisateur d'autre part.** Il est 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 OPR<sup>46</sup>.
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.

POUR ALLER PLUS LOIN

## Mettre en œuvre une démarche de commissionnement

— **Guide méthodologique** « Comment suivre la performance d'un bâtiment » (Effinergie, EnvirobatBDM, BE Adret) : [http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/1607\\_suvrelaperformancedunbatiment\\_v2\\_evbdm\\_effinergie-2.pdf](http://www.planbatimentdurable.fr/IMG/pdf/1607_suvrelaperformancedunbatiment_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.

3

# Dans les quartiers

Si les travaux du groupe de travail « Performance énergétique et environnementale » du Club ANRU+ se sont principalement centrés sur des solutions à l'échelle du bâtiment à l'image du PNRU, un certain nombre d'enjeux énergie et carbone sont à envisager à l'échelle du projet de renouvellement urbain, et donc du quartier, voire plus largement à l'échelle du territoire. Les leviers sont formalisés plus récemment mais permettent d'agir sur des contributeurs importants en matière de consommation énergétique et d'émissions carbone. À l'image du futur « E » pour Environnement du label RE 2020, ils ouvrent également vers une approche systémique et intégrée qui recouvre de nouvelles thématiques avec des stratégies de circularités, d'urbanisme favorable à la santé, de biodiversité, de solutions fondées sur la nature, etc.

## 3.1. Évaluer, pour cibler les priorités énergie carbone et aider à la prise de décision

À l'image d'une approche environnementale déployée à l'échelle du bâtiment, une évaluation énergie et carbone à l'échelle du quartier ou du projet urbain doit permettre :

- De quantifier les émissions de CO<sub>2</sub> produites et l'énergie consommée par un projet dans son ensemble afin de comparer ces performances à des ambitions nationales (SNBC, PPE, LTECV...).
- De servir d'outils d'aide à la décision à tous les stades de la réflexion et de la conception en quantifiant l'impact potentiel des leviers et leur hiérarchie selon les phases du projet.
- De proposer une base pour le suivi de la phase de vie du quartier en intégrant les usages.

### a) Les questions posées par l'évaluation énergie carbone à l'échelle d'un quartier

Les méthodes développées utilisent l'analyse de cycle de vie (ACV). Toutefois, le quartier est un système complexe, notamment avec la prise en compte des usages. Certains points méthodologiques doivent donc être définis avec précision. Parmi eux :

- **Périmètres spatial, fonctionnel, temporel** : certaines émissions de CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub>, 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 CO<sub>2</sub> 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://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/4440-ecoconception-et-economie-circulaire-a-l-echelle-des-projets-urbains-pulse-paris.html>

### FICHE PROJET N° 13

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



Les Navigateurs et la ZAE des Cosmonautes

### Contexte

Le quartier sud de Choisy-le-Roi, avec son emblématique grand ensemble des Navigateurs, concentre les familles les plus défavorisées de la ville. L'urbanisme de ce quartier enclavé autour d'un grand parc végétal a la particularité d'être apprécié par ceux qui y vivent et décrié par ceux qui n'y habitent pas. Pour ancrer le quartier dans l'avenir et éviter qu'il ne se referme en n'attirant que ceux qui n'ont pas le choix, une intervention publique est indispensable. Le projet de renouvellement urbain est mené par l'Établissement public territorial Grand-Orly-Seine-Bièvre, avec les Villes de Choisy-le-Roi et le bailleur social Valophis Habitat; son objectif sera de parvenir à une mixité sociale et urbaine en travaillant à la fois sur le cadre de vie renouvelé et à l'accompagnement au changement. Il prévoit une dominante résidentielle et la restructuration d'une zone d'activité économique, des démolitions, réhabilitations et constructions neuves avec une légère densification. Une démarche d'innovation vient s'articuler, en partenariat étroit avec le PRU d'Orly, autour de trois axes : **la coconstruction par le numérique et la réalité**

### virtuelle, l'innovation pédagogique, et la réduction du coût global environnemental des opérations.

Deux maîtrises d'œuvre urbaine ont travaillé à l'échelle du plan guide et à l'échelle plus locale du quartier. Un groupement spécifique à la mise en place du statut de ZAC est prévu : il sera composé d'un architecte/urbaniste (Atelier Lion), d'un AMO développement durable (Vizea) et d'un AMO architecte conseil. La MOA est actuellement accompagnée par l'AMO développement durable dans la rédaction des prescriptions environnementales pour les réhabilitations, les constructions neuves et les espaces publics, ces prescriptions étant à caractère évolutif et pouvant être enrichies et affinées au fur et à mesure des résultats des différentes études.

### Actions mises en œuvre

Une convention d'étude a été établie **avec le CSTB sur les thématiques de l'ACV et de l'optimisation du cycle de l'eau**, avec les objectifs suivants :

- Évaluer le bilan carbone et énergétique des bâtiments, des infrastructures

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

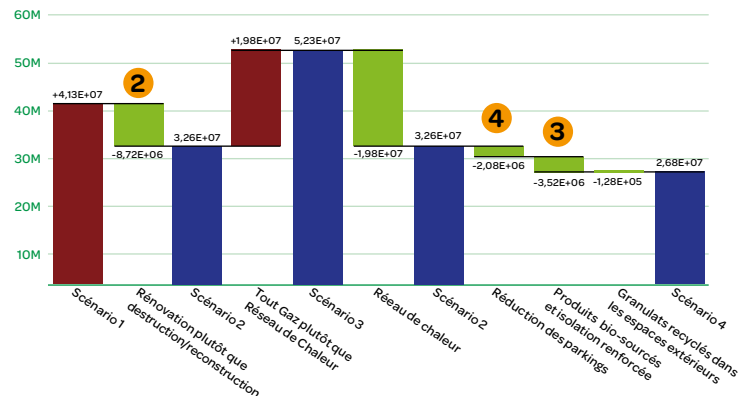
Sur les facettes énergie et carbone, cette étude a permis de quantifier, évaluer, dépasser les subjectivités et de confirmer les grands enseignements suivants :

- 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 m<sup>2</sup> 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)



En parallèle, le CSTB de Nantes, spécialisé autour de la question de l'eau, a permis de quantifier et qualifier les solutions techniques en matière de gestion alternative des eaux pluviales, dans le but limiter les rejets vers le réseau d'assainissement, d'optimiser l'infiltration ainsi que la collecte et le stockage afin de réduire l'apport en eau potable pour couvrir des besoins ne le nécessitant pas. « *L'objectif est que chaque goutte de pluie qui tombe sur le quartier retourne immédiatement, ou après stockage collectif, dans le sol au bénéfice de la végétation et de la biodiversité.* »

## Freins identifiés

- **Techniques** : manque de maîtrise des acteurs de la construction et des collectivités sur les sujets techniques en écoconstruction (offre de formations en cours de structuration), perception d'une « complexité » qui freine la décision et l'action opérationnelle. Par ailleurs l'ACV est aujourd'hui fragilisée par le manque de données fiables concernant les FDES des produits et matériaux dits biosourcés ou géosourcés (sur la base INIES), les hypothèses liées au début et à la fin du cycle de vie de ces matériaux sont également à fiabiliser à l'instar des produits dits classiques.
- **Économiques / financiers** : surcoûts liés à une industrialisation encore faible des matériaux biosourcés et des filières en cours de structuration, perception d'un risque lié à une éventuelle perte d'assurance décennale et autres garanties relatives aux matériaux et produits « alternatifs » mis en œuvre, incertitude quant à une potentielle inflation

des coûts de construction entre 2020 et 2030 liée aux grands projets franciliens et au contexte de crise sanitaire et économique.

- **Juridiques** : les réglementations et décrets techniques (ex. : sur la sécurité incendie) peuvent aujourd'hui pénaliser la mise en œuvre de matériaux d'origine géosourcée en complexifiant leur application et entraînant des surcoûts.

## Perspectives

Il est prévu un approfondissement des études et AMO spécifiques sur ces sujets. Les enseignements seront insufflés dans les études préopérationnelles du projet urbain pour une mise en œuvre à compter de début 2021. Des livrables spécifiques et des séminaires de sensibilisation autour des enjeux liés à la construction bas carbone et sobres en ressources et énergies sont prévus en 2022, et un référentiel commun des bonnes pratiques en matière de renouvellement urbain décarboné de la conception à la réalisation des programmes sera élaboré et partagé à l'ensemble de la chaîne d'acteurs. L'essai sera progressif de l'échelon communal/intercommunal à un échelon territorial (Grand-Orly Seine Bièvre), puis potentiellement départemental et national ; un travail synthétisant les recherches et enseignements couplé à une ingénierie supplémentaire permettront de porter ces sujets et démarches vertueuses à la connaissance d'un maximum d'acteurs pour sensibiliser, échanger et agir.

**Contact** : Luc SIMONOT, chef de projet Développements économique et durable NPNRU Choisy Sud / EPT Grand-Orly Seine Bièvre - luc.simonot@grandorlyseinebievre.fr

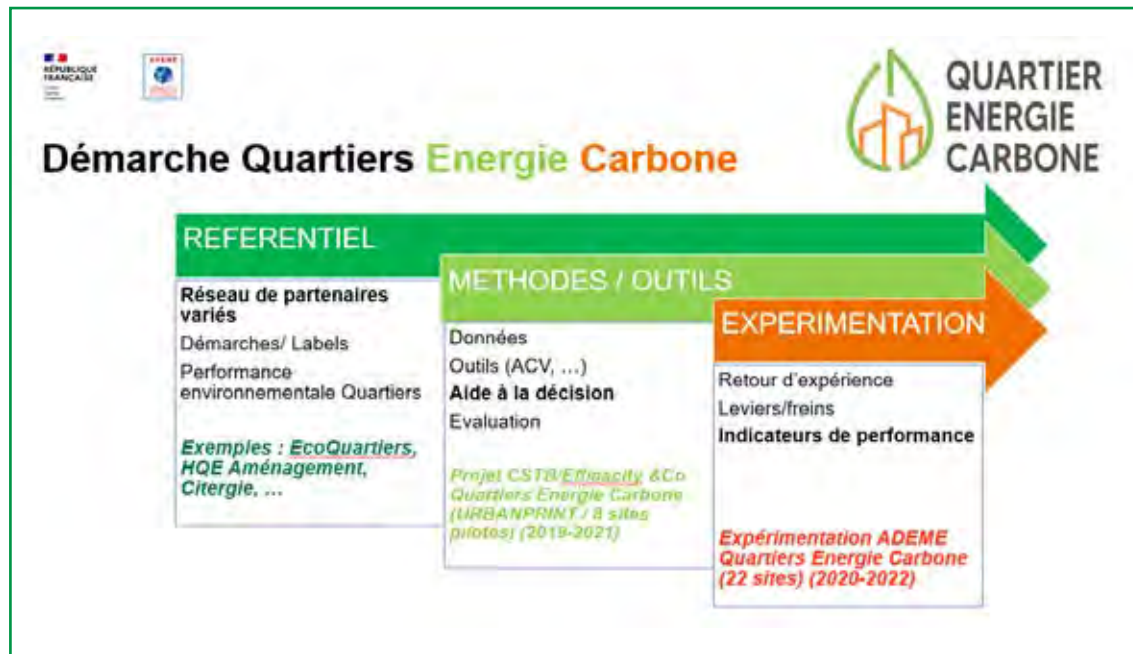
## b) Méthode & outil UrbanPrint et expérimentation ADEME « Quartier Énergie Carbone »

L'ADEME a lancé l'expérimentation Quartier E+C- en 2019, renommée **Quartier Énergie Carbone**, pour accompagner 22 projets de quartiers volontaires vers une haute performance énergétique et un faible impact carbone.

En parallèle, un projet de recherche soutenu financièrement par l'ADEME et piloté par un consortium fédérant le CSTB, Elioth, l'Alliance HQE-GBC, Efficacy,

Effinergie, Certivéa, l'Association BBCE et Atlantech, avec la participation au comité de pilotage du ministère de la Transition écologique vise à développer une méthode de suivi de la performance Énergie Carbone à l'échelle du quartier.

Ces projets s'inscrivent dans une démarche globale visant à déployer à plus long terme un référentiel Énergie Carbone dédié à l'échelle quartier dont la méthode, les outils et les indicateurs de performance auront été expérimentés et testés sur le terrain au préalable.

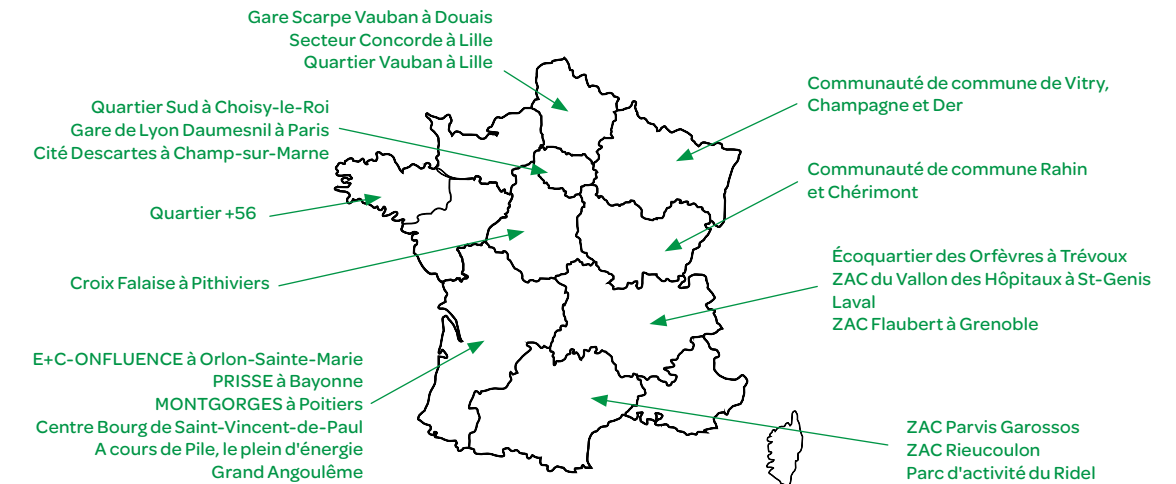


Dans le cadre du projet de R&D piloté par le CSTB, huit premières opérations ont déjà permis d'expérimenter la méthode de calcul de la performance, et ont réalisé un premier test de l'outil-logiciel de type ACV appelé UrbanPrint :



L'outil sera ensuite testé à l'automne 2021 dans une version plus complète sur les **22 Quartiers Énergie Carbone**, de nature et de portage très différents, qui comptent parmi eux cinq ÉcoQuartiers et **quartiers quartiers prioritaires du NPNRU** :

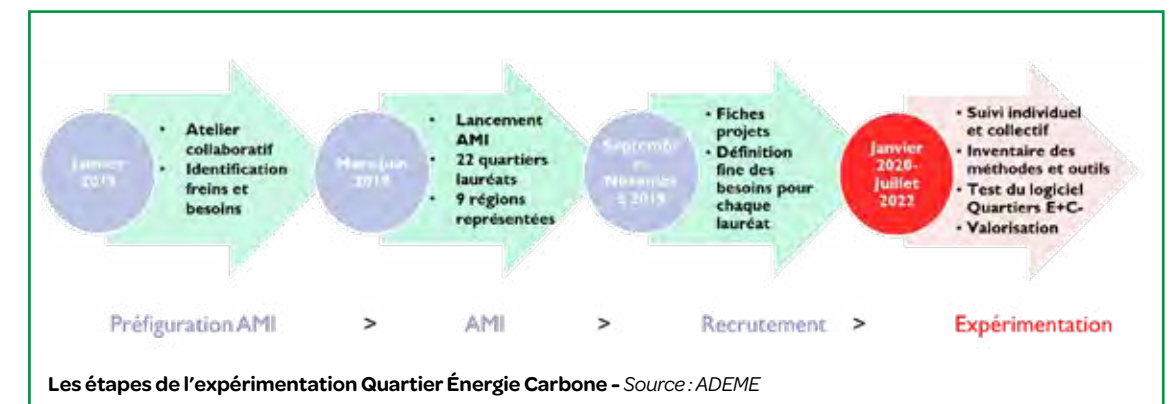
- Quartier sud à Choisy-le-Roi et Orly,
- Secteur Concorde à Lille,
- Quartier Le Hamois à Vitry-le-François,
- Quartier Bel-Air – Grand-Font à Angoulême.



Territoires accompagnés dans le cadre de l'Expérimentation « Quartiers Énergie Carbone » - Source : ADEME

L'accompagnement des 22 lauréats est en cours, collectivement et individuellement, par un groupement d'AMO multipartenaires (Amoes / Une autre Ville / H3C énergies / S2T, Fida / Ingetec / Tecsol / Vie to B) : conseil

et aide à l'ingénierie, pistes d'action techniques, juridiques et financières, boîte à outils et méthodes pour les lauréats, partage et capitalisation, animation d'un groupe d'échange, valorisation des résultats.



Les **premiers résultats de l'expérimentation Quartier E+C-** détaillent la méthodologie développée par le consortium piloté par le CSTB, entre 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.

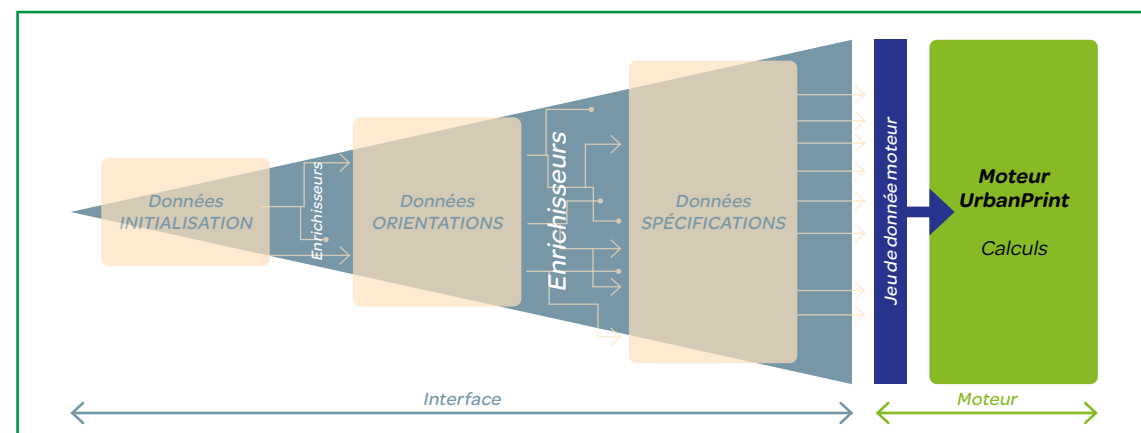


Empreinte carbone et responsabilité de l'aménageur - Source : Alliance HQE-GBC

> **Trois principaux indicateurs de sortie :**

- gain par rapport à la référence «Business As Usual»;
- performance à l'usager (par rapport à l'objectif de 2 tonnes de CO<sub>2</sub> 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 remplace l'usager au centre du processus de conception de l'espace urbain. Cette démarche, pour aboutir aux meilleurs résultats possible, doit donc être

accompagnée de concertation et d'information et devient alors un levier supplémentaire vers une plus grande cohésion sociale.

de labellisation, mais les premiers retours d'expérience pourront servir de base à l'élaboration d'un référentiel dans cette perspective.

- Diffusion de la méthode définitive et mise à disposition d'UrbanPrint à l'automne 2021.
- L'expérimentation ne proposera pas directement

- La méthode sera supportée par des mises à jour régulières, afin d'implémenter progressivement des sujets absents ou d'en augmenter le niveau de détail.

**POUR ALLER PLUS LOIN**

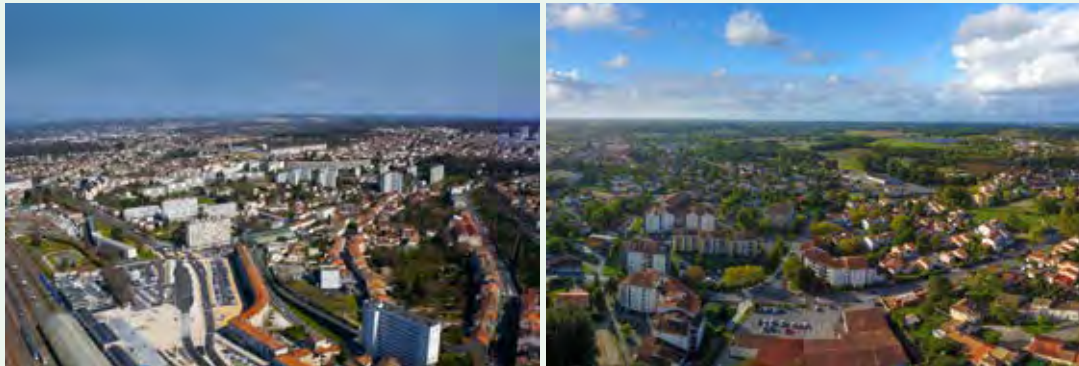
**«Quartiers Énergie Carbone»**

- Projet Quartier Énergie Carbone : <http://www.hqegbc.org/projet-quartier-energie-carbone/>
- Présentation Quartier Énergie Carbone (mars 2021) : [http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2021/03/QEC\\_support-de-com-M28-Mars-2021.pdf](http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2021/03/QEC_support-de-com-M28-Mars-2021.pdf)
- Expérimentation Quartiers Énergie Carbone sur le site de l'ADEME : <https://experimentationsurbaines.ademe.fr/quartiers-e-c/>
- Fiche outil UrbanPrint : [http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2021/03/EFFICACITY\\_fiche-UrbanPrint\\_2021.pdf](http://www.hqegbc.org/wp-content/uploads/2021/03/EFFICACITY_fiche-UrbanPrint_2021.pdf)

QUARTIER ENERGIE CARBONE

## 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 ».

Impact environnemental			
	Scénario 1	Scénario 2	Scénario 3
Besoins couverts	10 GWh	12 GWh	16 GWh
Puissance chauffe	9 MW dont 2,4 MW de biomasse	9 MW dont 2,7 MW de biomasse	12 MW dont 3,8 MW de biomasse
Taux E+R (biomasse)	80%	80%	80%
Emissions CO2 totales	634 t CO2	747 t CO2	1 044 t CO2
Emissions évitées	2 043 t CO2	2 396 t CO2	3 332 t CO2

Impact carbone des scénarios énergétiques envisagés

**2) Une opération dominante : création de nouvelles écoles à Bel-Air – Grand-Font.** La Ville a pour ambition d'atteindre une performance de niveau Bepos et E3C2. La contrainte budgétaire est le principal frein à l'atteinte de cet objectif. L'AMO E+C- a accompagné la Ville dans la rédaction de la note environnementale diffusée dans le cadre du recrutement du futur MOE de l'équipement prévu en juillet 2021. Le profil Qualité environnementale du bâtiment (QEB) de l'opération identifie le niveau de performance visé pour chacune des 14 cibles identifiées (cf. ci-dessous). L'accompagnement de l'AMO E+C- va se poursuivre par l'assistance

à la désignation du MOE (analyse des offres) et le suivi des études de conception jusqu'au dossier PRO/DCE.

**3) Un accompagnement méthodologique et stratégique transférable.** Dans le cadre des opérations d'aménagements d'ensemble, un cahier de prescriptions sur la lutte contre les îlots de chaleur urbains est rédigé et déjà approprié par les MOA; il sera adapté au fur et à mesure en fonction des pratiques locales partagées entre partenaires et collectivités de GrandAngoulême. Par ailleurs, le bailleur OPH de l'Angoumois est accompagné dans la rédaction de notes environnementales à insérer dans les cahiers des charges de MOE afin d'élever le niveau de performance pour ses opérations de réhabilitation et construction de logements (au stade de la rédaction de la convention de RU, les bailleurs visaient majoritairement les labels Effinergie+ et NF Habitat pour le neuf et HPE pour l'existant). Ce bailleur est retenu dans le cadre d'un AMI « Achats publics : économie circulaire et diagnostics bâtiments » et intégrera un niveau d'exigence environnementale plus ambitieux (la mission démarrera en juin 2021). Enfin, une mission émerge en matière de prescriptions sur le sujet de l'autoconsommation collective.

#### ÉCO-CONSTRUCTION

- 1 Relation du bâtiment avec son environnement
- 2 Produits, systèmes et procédés de construction
- 3 Chantier à faibles nuisances

#### ÉCO-GESTION

- 4 Gestion de l'énergie
- 5 Gestion de l'eau
- 6 Gestion des déchets
- 7 Entretien-maintenance

#### CONFORT

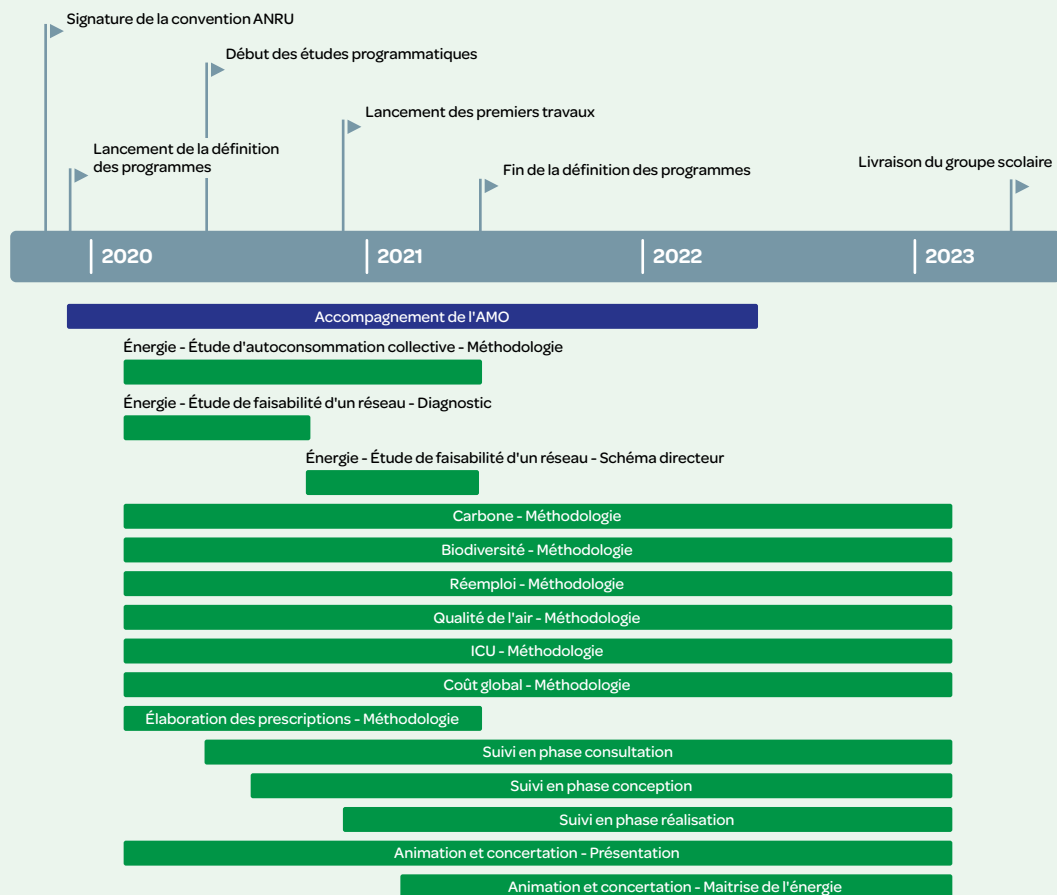
- 8 Confort hygrothermique
- 9 Confort acoustique
- 10 Confort visuel
- 11 Confort olfactif

#### SANTÉ

- 12 Qualité sanitaire des espaces
- 13 Qualité de l'air
- 14 Qualité de l'eau

Cibles QEB

## Perspectives (planning)



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

## FICHE PROJET N° 15

### Stratégie énergétique à l'échelle du quartier – QPV Concorde à Lille (59)



Secteur Concorde à Lille – Crédits : Ville de Lille

#### Contexte

Le secteur Concorde situé dans le quartier Faubourg de Béthune au sud de Lille, accueille 1500 logements sociaux, pour près de 4000 habitants. Le revenu médian y demeure inférieur à 1100 € en 2014 (contre 1500 € sur Lille et ses communes associées) et 51 % des habitants du quartier se situent sous le seuil de pauvreté (25 % en moyenne sur Lille et ses communes associées). Concorde se trouve particulièrement enclavé par de grands axes routiers, qui le soumet à d'importantes **nuisances environnementales** : 150 000 véhicules par jour sur le boulevard périphérique, 5 % des logements en « point noir du bruit » et plus de 30 % au-dessus des normes préconisées par l'OMS, dépassement récurrent des valeurs réglementaires pour les particules fines (PM10) et dioxyde d'azote... Paradoxalement, c'est aussi un site bénéficiant d'un important **patrimoine paysager**, avec des espaces verts et une densité de construction relativement faible offrant un **potentiel de mutation important**.

Pour contribuer à la **transition énergétique du territoire**, la Métropole européenne de Lille (MEL) et Reosonor, filiale de Dalkia, réalisent un programme

de travaux conséquent. L'enjeu est de réussir la transformation du mode de distribution de la chaleur en ville, afin de pouvoir importer la chaleur récupérée du Centre de valorisation énergétique situé à Halluin. La part EnR&R de Reosonor, actuellement de 50 % (et 50 % au gaz), va atteindre plus de 60 %. L'intérêt principal de ce réseau de chaleur aujourd'hui est de permettre simplement et rapidement le recours aux EnR&R. Changer les points de productions centraux change l'approvisionnement de dizaine de milliers de logements. La première partie des travaux sur le réseau lillois a été réalisée en 2020. La seconde phase, retardée par la crise sanitaire, devrait être menée à bien d'ici la fin d'année 2021. Ce développement est nécessaire pour l'atteinte des objectifs de réduction des émissions de GES sur le territoire lillois. Sur le secteur de la ZAC Concorde, la solution réseau de chaleur est à ce jour pressentie pour desservir le futur quartier. En complément, une réflexion est menée par la Ville pour équiper le talus acoustique en panneaux photovoltaïques, dans une démarche d'autoconsommation collective.

## 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 TeqCO<sub>2</sub>/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'Agid2 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,

dans un premier temps, de diminuer autant que possible les besoins en énergie en promouvant la sobriété énergétique puis dans un second temps de recourir prioritairement aux énergies disponibles au sein des îlots, avant celles fournies par les concessionnaires, ce qui a pour objectif d'inciter les concepteurs des futurs lots à **étudier tous les potentiels de récupération de chaleur fatale**. Le concepteur est ensuite invité à étudier tout système d'EnR qui pourrait permettre de décarboner l'énergie thermique consommée par les bâtiments : solaire, thermique, géothermie (dans un contexte où le raccordement au RCU est obligatoire). La stratégie énergétique menée à l'échelle du quartier intègre une réflexion sur la gestion intelligente de l'énergie : les bâtiments devront être conçus pour pouvoir interagir avec une potentielle application **smart grid** développée sur la ZAC.

#### 3) Démarche d'excellence sur deux opérations

- **Construction d'une cité des équipements** : La programmation fonctionnelle et environnementale pour la cité des équipements sera validée à la fin du premier semestre 2021. Cet équipement regroupera une médiathèque, un groupe scolaire, un centre petite enfance et un espace associatif. Les premières réflexions du programmiste tendraient aujourd'hui vers une performance **E4C2**. La ville se dote d'une AMO, de la conception à la livraison puis pour l'appropriation du lieu par les futurs usagers. La livraison de l'équipement est prévue pour 2025.
- **Réhabilitation de la tour Renoir** : La sélection du programmiste pour la réhabilitation de la tour Renoir est en cours et sera effective au troisième trimestre 2021. Cette opération est symbolique car elle constitue pour l'instant la seule réhabilitation prévue sur Concorde et se donne l'ambition de tendre vers les exigences thermiques du neuf.

#### Freins

- «*Nous avons à la fois un devoir d'exigence pour viser la performance à long terme (fin du NPNRU à l'horizon 2035) tout en ne sachant pas réellement quelles seront les réglementations dans les prochaines années. Nous jonglons entre l'obligation d'être contraignant et la nécessité de faire preuve de souplesse. C'est pourquoi par exemple, le CPAUEP émet des obligations*

*de résultat et non de moyens.*»

- «*Les études ont alimenté la maîtrise d'ouvrage ainsi que la maîtrise d'œuvre. Cependant, il n'est pas toujours aisé de faire vivre les études dans le temps et de les faire "dialoguer" entre elles, tant elles sont nombreuses. Cela demande un travail d'appropriation et de vulgarisation qui peut prendre un peu de temps si de nouveaux interlocuteurs arrivent en cours de route.*»
- «*Enfin, ces études nous éloignent malheureusement parfois du terrain et des réalités. Nous préparons l'avenir et anticipons au mieux les futurs aménagements, nous ne devons cependant pas oublier les habitants actuels. Ceux pour la partie est (non conventionnée pour l'instant avec l'ANRU) qui ne sont pas prioritaires dans le relogement subissent toujours des nuisances. Nous devons aussi, dans la mesure du possible, les atténuer et participer à l'amélioration de leur cadre de vie. C'est pourquoi la gestion transitoire est un enjeu crucial.*»

#### Clés de réussite

- «*Le projet d'innovation est rattaché à la fois à une stratégie territoriale et opérationnelle. La mise en cohérence de ces différentes échelles permet une meilleure intégration des enjeux de transition énergétique ainsi qu'une mobilisation de tous les acteurs territoriaux.*»
- «*Les études financées dans le cadre de l'innovation apportent des compétences nouvelles sur le territoire. Veiller à l'articulation entre expertises techniques pointues et acteurs de la mise en œuvre, permet la bonne conduite des opérations.*»
- «*Depuis 2018 une politique volontariste en matière de ville bas carbone s'est développée avec notamment la co-construction d'un Pacte « Lille Bas Carbone » dont la signature est prévue en juin 2021. Tous les aménagements, constructions et rénovations de Concorde devront ainsi respecter les exigences « Lille Bas Carbone » qui s'articulent autour de six priorités : énergie et eau, matériaux bas carbone et économie circulaire, nature biodiversité et agriculture urbaine, adaptation au changement climatique, mobilité durable et bien être.*»

**Contacts** : **Nina COLOMBO**, directrice Projets de renouvellement urbain, Ville de Lille - ncolombo@mairie-lille.fr; **Ophélie BANNIER**, cheffe de projets Innovation et renouvellement urbain - obannier@mairie-lille.fr

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

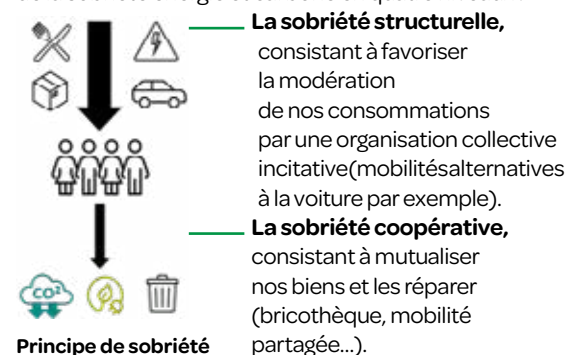
#### a) Les deux principes de sobriété et de circularité dans une approche énergie carbone

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** »<sup>47</sup>.

L'association négaWatt<sup>48</sup> propose une grille d'analyse de la sobriété énergie et carbone en quatre niveaux :

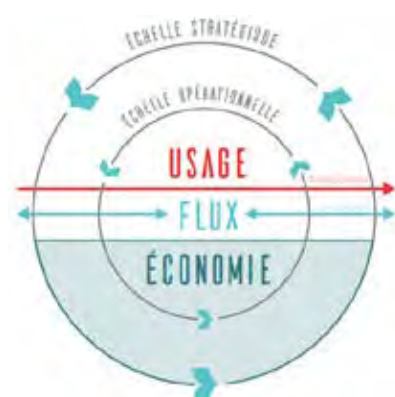


- **La sobriété dimensionnelle**, consistant à s'équiper au juste niveau par rapport à ses besoins (achat d'appareils électroménagers à la bonne taille par exemple).
- **La sobriété d'usage**, consistant à limiter le niveau et la durée d'utilisation de nos équipements (par exemple en programmant le chauffage 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.

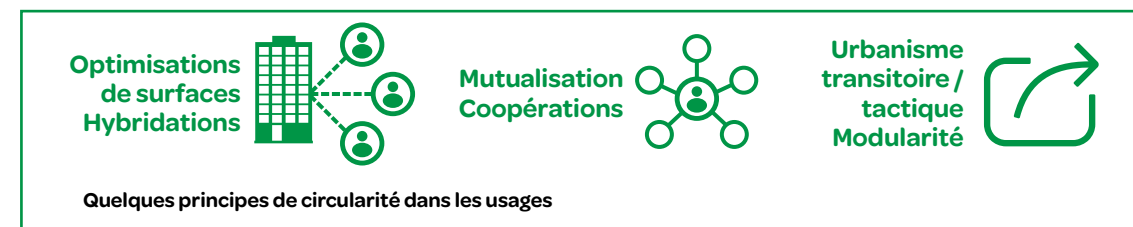
**Principe n° 2 : La circularité, ou comment boucler (réduire les dépendances, créer de valeur locale, limiter les rejets), optimiser, mutualiser-substituer.**

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**.



- **Les usages (dans le temps)** : pour anticiper dès la conception la manière dont les habitants des QPV vont vivre leur quartier et leur ville demain : hybridation, intensité et proximité,

temporalités d'usages, mutualisation des espaces et optimisation des surfaces, urbanisme transitoire, allongement de durée d'usages et modularité...



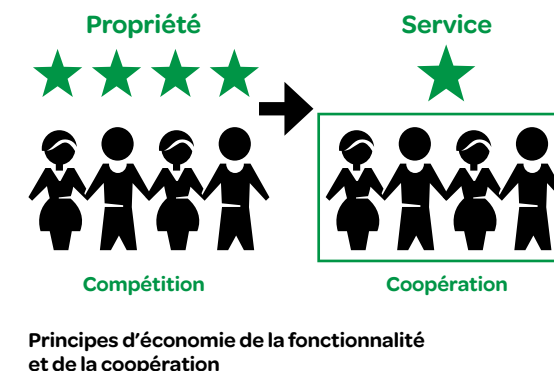
- **Les flux (et petites boucles)** : pour gérer efficacement les ressources, s'engager vers de nouvelles modalités de gestion (réduction, réutilisation, réemploi, mutualisation, substitution), pour limiter les rejets dans la biosphère (CO<sub>2</sub>, déchets), réduire les distances, réduire les dépendances des QPV et approvisionnements lointains, créer de la valeur localement dans les quartiers en bouclant les flux, développer les circuits courts.

Généralement, approche sur **5 flux – petites boucles récurrents** :



**5 petites boucles récurrentes dans les projets urbains**

- **Les nouveaux modèles économiques** : pour contribuer au développement économique et à l'attractivité du QPV, créer de la valeur et des emplois localement, consolider les modèles d'espaces partagés ou tiers lieux ... Cela peut prendre les formes de **l'économie sociale et solidaire, de l'économie de la fonctionnalité et de la coopération, de l'écologie industrielle et territoriale, ou encore de l'économie collaborative, avec souvent un passage de la propriété au service**, et des coopérations qui s'appuient sur des chaînes de création de valeurs et des sphères fonctionnelles<sup>49</sup>.



47. ADEME, Floran 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>.

49. Les sphères fonctionnelles sont un ensemble d'activités et de solutions dans le domaine de l'habiter, la santé et le bien-être, l'alimentation, la connaissance, la mobilité des biens et des personnes, etc. Ces solutions regroupent généralement des acteurs différents engagés dans des processus de coopération qui permettent de réduire les externalités environnementales et sociales négatives.



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



ADEME, Livre blanc : <https://librairie.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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> 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.

### 1. Programmer selon une logique de quartier/ville des proximités, et d'approvisionnements vertueux, pour réduire et optimiser les distances

ENJEUX dans le PRU	Pistes de SOLUTIONS	
	à l'échelle des ESPACES PUBLICS	à l'échelle des ÎLOTS et BÂTIMENTS
Appréhender les besoins et l'offre afin de <b>décliner les programmes</b> pour <b>habiter, travailler, apprendre, se divertir et se promener, se soigner, faire ses courses.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Concevoir des <b>espaces publics</b> inclusifs et confortables, multifonctionnels.</li> <li>— Anticiper et optimiser une <b>gestion future</b> (nettoyage, élagages...) <b>mutualisée</b> et si possible créatrice de valeur localement: régie de quartier, ASL, appui sur la GUSP.</li> <li>— <b>élaborer des cartes isochrones</b> : accessibilités (PMR et par modes) aux lieux de vie.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Dimensionner et concevoir</b> des espaces potentiels pour <b>des tiers-lieux et communs; activer les RDC, les espaces collectifs extérieurs</b> et optimiser leurs surfaces et utilisations dans le temps.</li> <li>— <b>Penser les réhabilitations selon une modularité des logements</b> : télétravail, pièce en plus, accès à une espace extérieur, habitat partagé et intergénérationnel, PMR, etc.</li> </ul>
<b>Localiser</b> les programmes en <b>distances et en temps</b> à portée de marche à pied, de vélo, de transports en commun.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Coconstruire le <b>jalonement, la signalétique, les parcours</b> avec les habitants, les écoles, confortables et inclusif,</li> <li>— Concevoir des <b>parvis d'équipements</b> lisibles, apaisés, <b>multimodaux</b> (intégration des conditions d'accessibilité par modes, et point de vue de l'utilisateur piéton).</li> </ul>	
<b>Semer les graines d'une logistique urbaine</b> : espaces logistiques (stockages) et modes de livraisons, qui s'appuient sur de nouveaux modèles économiques.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Prévoir des <b>espaces de livraisons mutualisés</b> entre besoins de livraisons, et les autres fonctions.</li> <li>— <b>Encourager les livraisons par des véhicules moins émetteurs</b> (vélo cargos, véhicules électriques ou aux biocarburants, voire tram fret).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Décliner des <b>espaces de stockage</b> pour le <b>retrait</b> des livraisons voire la logistique inverse et les <b>retours</b> (retours de colis, cartons et emballages, encombrants, etc.) : conciergeries, casiers, distributeurs, etc.</li> <li>— Anticiper une <b>consigne des emballages</b> et leur <b>réutilisation</b> possible.</li> </ul>

### Ville des proximités, ville des courtes distances

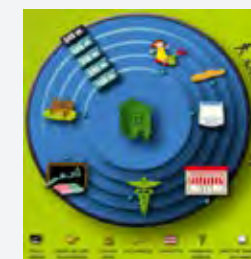
La notion de ville des proximités, ou ville des courtes distances, répond aux **enjeux de mixité fonctionnelle** d'un PRU par l'implantation de services, d'espaces, d'équipements (supérette, école, crèche, service médical café, parc...) implantés dans un **périmètre considéré comme facilement accessible en se passant de véhicules motorisés**. Développé par exemple par Philippe MADEC<sup>50</sup>, ou par le WWF, le concept de ville des proximités, peut être enrichi au-delà d'une simple approche programmatique ou de déplacements alternatifs à la voiture, par un travail sur nos modes d'habiter, se déplacer, consommer, et l'émergence de services de proximité, espaces ou biens mutualisés.

#### À lire / écouter :

- Urbanisme pour une ville désirable, WWF, octobre 2020 : [http://www.ecoquartiers.logement.gouv.fr/assets/articles/documents/2010\\_urbanisme-pour-une-ville-desirable-wwf.pdf](http://www.ecoquartiers.logement.gouv.fr/assets/articles/documents/2010_urbanisme-pour-une-ville-desirable-wwf.pdf)
- La ville de la pantoufle, Philippe MADEC, conférence du Grand Lyon à l'ENS de Lyon : [https://www.canal-u.tv/video/ecole\\_normale\\_superieure\\_de\\_lyon/la\\_ville\\_de\\_la\\_pantoufle\\_philippe\\_madec.6791](https://www.canal-u.tv/video/ecole_normale_superieure_de_lyon/la_ville_de_la_pantoufle_philippe_madec.6791)



Roue et «ville - pantoufle» - Source : Philippe MADEC



Programmations accessibles à pied (en distances) - Source : WWF

50. Philippe Madec, La ville en pantouffles, ecologiK, n° 05, octobre / novembre 2008.

## 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
<p><b>Modes actifs</b> : mettre en place un <b>système vélo</b> (services, stationnements, infrastructures) et des <b>espaces dédiés et partagés pour les piétons et cyclistes</b>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Aménager des <b>itinéraires</b> vélos sécurisés, apaisés et adaptés (zones 30, de rencontre; bandes ou pistes cyclables, voies vertes, autoroutes vélos).</li> <li>Développer une offre de <b>stationnement</b> sécurisé dans les espaces publics (consignes, arceaux).</li> <li>Intégrer une offre de <b>locations en libre-service (VLS)</b>: type Vélib', Vélo'v, etc.</li> <li>Développer des <b>ateliers</b> de remise en selle et d'apprentissage du vélo.</li> <li>Concevoir des <b>parcours piétons</b>, sportifs, de sensibilisation à l'environnement (eau/biodiversité), de promenade et/ou d'activité physique, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Dimensionner et anticiper la gestion et sécurisation des <b>locaux de stationnements vélos et poussettes</b> accessibles, bien dimensionnés, confortables (éclairés, points d'eau) et évolutifs (réparation, vélos électriques, vélos cargos).</li> <li>Intégrer des services de <b>location vélos longue durée</b> / dont offre <b>vélos à assistance électrique (VAE)</b>; et de <b>services-ateliers de réparation et de locations</b> de vélos, <b>sensibilisation</b> et remise en selle.</li> </ul>
<p><b>Management de la mobilité</b> : organiser l'<b>intermodalité</b> et le report vers les transports collectifs (TC), optimiser l'<b>offre TC</b> (fréquences, amplitudes, accessibilité); et développer des services et solutions de <b>mobilité partagée et autres usages de la voiture</b>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Optimiser la desserte TC</b> dans une logique de <b>maillage et de points d'intermodalité</b> 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.</li> <li>Encourager le <b>report modal</b> vers ces PEM ou mini PEM : <b>accessibilité</b> par les modes actifs/piétons; offre de <b>stationnement</b> et dépose pour le rabattement voiture.</li> <li>Intégrer à l'espace public une offre d'<b>autopartage</b> (flotte de véhicules partagés).</li> <li>Intégrer à l'espace public les <b>mobilités émergentes</b> (trottinettes, gyropodes, smartboard, monoroues, skateboard électrique...).</li> <li>Anticiper l'installation de bornes de <b>recharges électriques</b> (voitures ou mobilités émergentes et VAE).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>Programmer des centrales de mobilité – services de mobilité partagée</b> et ses nombreuses déclinaisons possibles: informations, services, locations, réparations et garages solidaires, etc.</li> <li>Programmer des <b>P+R</b> en ouvrage, réversibles, avec stationnements voitures et services intermodalité (vélos, TC, recharges électriques, etc.) et services « autres » (conciergeries, casiers logistique urbaine, etc.).</li> <li>Intégrer les <b>recharges</b> pour véhicules électriques (voitures ou mobilités émergentes et VAE).</li> </ul>

POUR ALLER PLUS LOIN

## Le «système vélo» et le programme Alvéole (soutien au financement de stationnements vélos pour les bailleurs et collectivités)

Le **système vélo** prend en compte, au-delà des aménagements cyclables et infrastructures, l'**ensemble des conditions pour accompagner le cycliste, sécuriser ses déplacements, conforter sa pratique et se former**. Il comprend : un réseau cyclable continu-maillé-sécurisé, l'intégration des règlements et du code de la rue (notamment intégration des doubles sens cyclables dans les zones 30, cédez le passage aux feux rouges...), l'accès à des vélos fiables et bien équipés pour un usage fréquent à prix abordables, les services liés (stationnement sécurisé à l'origine et destination, ateliers de réparations, services de location, signalisations, applications numériques, etc.), une communication sur les bénéfices du vélo pour les individus et collectivités, des formations au savoir rouler.



Extrait de l'infographie et du rapport « Impact économique et potentiel de développement des usages du vélo en France » - Mai 2020 DGE, DGITM, ADEME, FFC (Inddigo, Vertigo Lab, Cerema)

<https://bibliothèque.ademe.fr/mobilité-et-transport/332-impact-economique-et-potentiel-de-developpement-des-usages-du-velo-en-france-en-2020.html>

En matière de **stationnement vélo**, le **programme Alvéole** porté par la Fédération française des usagers de la bicyclette (FUB) et le bureau d'étude ROZO permet d'**aider les bailleurs sociaux et collectivités à financer et déployer des stationnements vélo**.

Grâce aux systèmes de certificat d'économies d'énergie, il permet un subventionnement jusqu'à 60 % à condition que les stationnements soient couverts et protégés des stationnements motorisés, confortables et accessibles, et munis d'un système de sécurisation sur cadre et roues.

<https://programme-alveole.com/le-programme/>

Critères de financement du programme Alvéole

	Alvéole	Alvéole	Alvéole
Système de rangement permettant d'attacher au moins le cadre et une roue du vélo à un point fixe avec un anneau en L2** (uniquement pour les vélos cargos)	✓	✓	✓
Système de rangement des vélos fixé au mur ou au sol**	✓	✓	✓
Le vélo ne doit pas être porté pour être rangé (pour les rangements à étages un système d'assistance doit permettre de lever le vélo sans forcer)	✓	✓	✓
Espace couvert	✓	✓	✓
Espace délimité***	✓	✓	✓
Accès sécurisé par badge, clé ou autre mode de contrôle	✓	✗	✓
Présence des bornes d'accessibilité aux personnes à mobilité réduite (accessibilité sans escalier ni ascenseur, largeur de porte, espace de circulation, absence de ressauts)	✓	✓	✓
Espace de stationnement vélo protégé des autres véhicules motorisés par une paroi ou un garde-corps	✓	✓	✓

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

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

POUR ALLER PLUS LOIN

## Partage de la rue et apaisement, mutualisation et foisonnement du stationnement



Guide « Aménager des rues apaisées » - Cerema, 2020

La notion d'**apaisement des circulations** est une traduction du code de la rue. Elle vise à un partage plus équitable de la rue entre les différents usagers et modes de déplacements, par de multiples solutions possibles de réduction de vitesses, de hiérarchie des voies, d'aménagements sécurisés et dédiés aux piétons, cyclistes, transports collectifs. La rue peut devenir un espace public à échelle humaine, intégrant à des fonctions de circulation des usages de rencontre, de déambulation, d'échanges, etc.

Le principe de **stationnement mutualisé** vise à équilibrer l'offre et la demande de stationnement, économiser et optimiser l'espace dédié au stationnement et les coûts associés, en regroupant les places de stationnement sur un quartier.

Le principe de **foisonnement du stationnement** intègre une complémentarité et un partage dans le temps (jour / nuit, semaine / week-end) des usages publics et privés du stationnement (logements, activités, commerces, équipements)

Fiches sur les concepts de foisonnement, modularité, réversibilité, mutualisation, dalles engazonnées et parkings inondables :

<http://www.voirie-pour-tous.info/Referentiel-thematique-Stationnement.html>

<https://www.cerema.fr/fr/centre-ressources/boutique/stationnement-elements-juridiques-fiches-ndeg-1-2>

## 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 CO<sub>2</sub> 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 <b>production</b> , et les modèles associés en lien à l'écosystème d'acteurs.	Espaces en <b>frange de quartier / de superficie conséquente</b> pour : — des jardins collectifs partagés, familiaux, pédagogiques; — des microfermes urbaines et des fermes périurbaines en pleine terre. Espaces <b>interstitiels</b> : comestibles (bacs, arbres fruitiers, ...), pour une place de l'animal en ville (poules, ruches, écopâturage, etc.).	— <b>Fermes urbaines spécialisées, toitures terrasses</b> ou parkings accessibles pour des cultures hors sol. — Espaces <b>interstitiels comestibles</b> (pieds d'immeubles, jardin collectif).
Développer une <b>transformation</b> et <b>distribution</b> locale, qui valorise les cultures et les savoirs faire (éventuellement créateur d'emplois), qui réduit les distances d'approvisionnements, et lutte contre le <b>gaspillage alimentaire</b> .	— <b>Marchés de producteurs</b> , et espaces de livraisons de <b>paniers AMAP</b> , paniers solidaires. — Espaces de <b>pique-nique</b> .	— Locaux de <b>RDC ou locaux à vocation économique et d'insertion</b> : laboratoires de cuisines individuelles mutualisées, légumeries, conserveries fixes ou mobiles, plateformes alimentaires de proximité, commerces alimentaires de produits sains, frais, locaux. — <b>Locaux communs et polyvalents de RDC</b> : distribution de paniers, ateliers culinaires et fêtes des voisins, cuisines partagées, frigos partagés et solidaires.
Collecter les <b>déchets organiques</b> (d'entretiens d'espaces verts et alimentaires) pour les valoriser (en matière-compost ou énergie).	— Collecter et valoriser les <b>déchets d'espaces verts</b> (élagage, feuilles mortes). — Dans le cas d'une <b>massification de collecte des biodéchets</b> (méthanisation, plateformes de compostage), intégrer les points d'apport volontaire <b>biodéchets</b> . — Mettre en place des <b>composteurs collectifs</b> dans le quartier et ses espaces plantés (compostage collectif), ou des <b>poulaillers</b> .	— Équiper les ménages et usagers de <b>bio-seaux</b> pour faciliter la collecte. — Déployer le <b>compostage individuel</b> en <b>appartements</b> (lombricompost), ou <b>collectif</b> dans les <b>espaces extérieurs</b> (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.

POUR ALLER PLUS LOIN

## L'agriculture urbaine dans les QPV



**L'appel à projets « Quartiers fertiles »** (lancé par l'ANRU, soutenu par le secrétariat général pour l'investissement via le PIA, le ministère de l'Agriculture et de l'Alimentation à travers le Plan France Relance, la Caisse des dépôts-Banque des territoires et l'ADEME) permet d'accompagner le déploiement de l'agriculture urbaine dans les territoires en renouvellement urbain. Une centaine de projets en QPV seront accompagnés financièrement et techniquement.

**Le Carnet de l'innovation du Club ANRU+ « L'agriculture urbaine dans les quartiers en renouvellement urbain »** présente plusieurs outils, retours d'expérience et clés de réussite pour l'intégration de projets d'agriculture urbaine dans les projets de renouvellement urbain :

[https://www.anru.fr/sites/default/files/media/downloads/clubanru\\_guideagriurbaine.pdf](https://www.anru.fr/sites/default/files/media/downloads/clubanru_guideagriurbaine.pdf)

## 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
<p><b>Ménager</b> les sols dans le temps et intégrer la <b>trame brune</b> dans la stratégie carbone (séquestration de CO<sub>2</sub>), et dans une stratégie de renforcement de la biodiversité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Déployer une <b>stratégie de désimperméabilisation des sols</b>, 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.</li> <li>— Connaître les <b>qualités intrinsèques</b> des sols initiaux, et <b>les enrichir</b> (anthrosols, 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).</li> <li>— Développer une <b>stratégie d'aggradation</b><sup>53</sup> : maintien de matière végétale caduque ou taillée, amendements organiques naturels (engrais naturel, compost, paillage, bois raméal fragmenté, etc.), apports en eau, choix de sésences adaptées (activité microbienne, mycorhizienne, symbioses racinaires, etc.).</li> </ul>	
<p>Développer des <b>solutions locales et maillées</b> pour éviter une <b>gestion de l'eau pluviale par des ouvrages enterrés</b> gourmands en énergie et en carbone.</p> <p>Adopter une approche globale du cycle de l'eau qui préserve et économise la <b>ressource en eau potable</b>, limite les <b>rejets d'eaux grises</b> (eaux usées, eau pluviale), et déploie des dispositifs de <b>recupération et réutilisation</b> de l'eau pluviale.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Déployer une <b>stratégie de gestion de l'eau pluviale</b> basée sur les grands invariants, et la <b>topographie</b>: 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.</li> <li>— Préciser les <b>fonctions</b> (ralentir ou freiner, disperser, récolter, infiltrer, stocker, etc.) <b>visées par types d'espaces</b> (espaces de pleine terre plantés, espaces publics, voiries) dans une <b>logique de maillage pour éviter le surdimensionnement d'ouvrages</b>.</li> <li>— Associer la stratégie de gestion alternative à une diversification des espaces végétalisés et <b>milieux alimentés en eaux pluviales</b>; <b>capter et réutiliser</b> les eaux pluviales non polluées ou dépolluées pour <b>l'arrosage et pour le nettoyage</b> des espaces extérieurs.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Déployer des <b>solutions peu gourmandes en énergie ou carbone</b>, pour récolter, ralentir, disperser, infiltrer, stocker: <b>entoitures</b> et à l'<b>îlot</b> (systèmes aériens dans les espaces perméables ou semi-perméables).</li> <li>— Mettre en place dans les logements et les équipements du <b>matériel et des équipements hydroéconomiques</b> (réducteurs de débit ou de pression, mousseurs...)</li> </ul>
<p>Décliner une stratégie de <b>végétalisation</b> articulant les enjeux <b>d'usages et gestion</b>, de <b>séquestration carbone</b> par la biomasse, d'adaptation et de lutte contre les <b>îlots de chaleur</b>, et de <b>renforcement de la biodiversité</b>.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Prendre un compte la <b>trame verte et bleue dans le quartier</b>, et les logiques <b>d'espaces d'ancrages, stratégiques ou relais</b>, de liens et <b>continuités</b> écologiques, et d'adaptation des milieux.</li> <li>— Intégrer les <b>notions d'intensité et de densité végétale</b>, et une variation morphologique des <b>masses végétales</b>: présence de <b>4 strates</b> (tapissante/rampante, basse, arbustive, arborée), stratégie de l'arbre ou de plantations (bosquets, arbres isolés, arbres alignés), végétation ouverte ou fermée.</li> <li>— Décliner une <b>palette végétale adaptée</b> aux conditions <b>climatiques</b> (micro ou macroclimatiques), intégrant une majorité d'essences locales, <b>d'essences ingénieurs</b><sup>54</sup> ou <b>parapluie</b><sup>55</sup> (mellifères, à floraison hivernale, fruitières, odorantes, etc.), avec des <b>principes d'associations végétales</b> (cortège végétal et reconstitution d'assemblages recensés dans les milieux naturels, logique d'habitats).</li> <li>— Déployer des <b>niches faunistiques spécifiques</b> 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 pierreaux pour reptiles, ruches, etc.)</li> <li>— Concevoir <b>l'éclairage nocturne selon une trame noire et des principes raisonnés</b> 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.</li> </ul>	

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

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

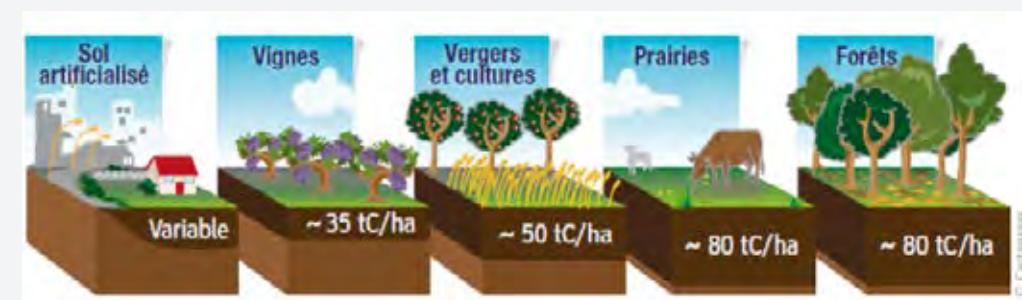
55. Une essence (ou espèce) parapluie en écologie désigne une espèce avec une étendue de territoire ou niche écologique. Si elle est protégée, cette espèce permet la protection d'un grand nombre d'autres espèces.

POUR ALLER PLUS LOIN

## Sols et séquestration carbone par la biomasse

Un sol résilient est un sol vivant, au carrefour de la lithosphère et de l'atmosphère. Le sol assure une **multitude de services et fonctions indispensables à la survie des écosystèmes terrestres** : provision de matériaux de constructions, héritages culturels, provision d'aliments, de fibres et combustibles, séquestration du carbone, purification de l'eau et réduction des contaminants, régulation du climat, cycle de vie des éléments nutritifs, habitat des organismes vivants, régulation des inondations, fondation pour les infrastructures humaines, etc.

La biologie du sol est fondamentale autant pour ses capacités structurelles que pour son rôle, en surface, d'accueil de végétation. Ses caractéristiques structurelles (composition, granulométrie, compacité...) déterminent ses fonctions de support du bâti, mais ont également une importance majeure sur son hydromorphie et donc ses fonctions biologiques. La séquestration du carbone est l'un des enjeux majeurs de la trajectoire de neutralité carbone à 2050 : **les sols, et plus globalement la biomasse, sont des puits de carbone considérables.**



Potentiels de séquestration du carbone selon les sols - Source : GIS Sols

### 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 CO<sub>2</sub> 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 CO<sub>2</sub> générés par les approvisionnements d'équipements pour les logements et par le traitement des encombrants (mobilier 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 îlots 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).

### 1. Pendant la phase de chantier : favoriser le réemploi des matériaux et équipements issus de déconstructions sélectives et démolitions, et optimiser la valorisation des déchets de chantiers vers des filières courtes de réemploi ou recyclage

ENJEUX dans le PRU	Pistes de SOLUTIONS	
	à l'échelle des ESPACES PUBLICS	à l'échelle des ÎLOTS et BÂTIMENTS
Point de départ, réaliser un <b>diagnostic ressources</b> et cadrer la <b>stratégie de réemploi</b> : évaluer les <b>gisements</b> et les <b>exutoires</b> in situ / ex situ; définir les <b>objectifs et la méthodologie</b> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Évaluer les <b>gisements et types de matériaux des espaces publics</b>: mouvements de terres, déblais et remblais, revêtements, mobiliers urbains.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Évaluer les <b>gisements en volumes et types de matériaux des îlots et bâtiments</b> réhabilités, démolis, ou neufs : éléments de structure, façades-toitures-dalles, second œuvre / menuiseries / équipements électrique...</li> </ul>
Anticiper et organiser la <b>déconstruction</b> , modalités de <b>dépose sélective et de stockage</b> , en associant les <b>habitants</b> et dans une perspective de <b>créations d'emplois</b> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Décliner les objectifs et méthodes dans les <b>cahiers des charges de MOE de dépose / déconstruction sélective</b>, notamment la faisabilité de dépose par matériaux; traduction en objectifs d'insertion et créations d'emplois.</li> <li>— <b>Identifier un foncier disponible dans le phasage des chantiers pour le stockage et le conditionnement</b>, voire pour la revente (si création d'une plateforme locale) : localisation, modalités de stockage et conditionnement, taille nécessaire et évolution des gisements dans le temps, coût (achat/location), intégration urbaine, paysagère et environnementale dans le territoire.</li> <li>— <b>Associer les habitants / et sensibiliser à l'intérêt du réemploi</b> : minimiser l'impact visuel des plateformes, communiquer sur l'impact environnemental (camions, CO<sub>2</sub> évités, gestion des nuisances bruit / poussières, etc.), ouvrir les chantiers, chantiers participatifs, ressourceries ouvertes et mise à disposition des matériaux, développement d'ateliers d'auto-réhabilitation accompagnée.</li> </ul>	
Favoriser le <b>réemploi in situ</b> pour optimiser les transports (optimisation des approvisionnements et de l'évacuation des matériaux).	<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Anticiper les sujets</b> liés à la revente des matériaux des MOA publics, de responsabilité dans la vente ou le don de matériaux, de proportion de matériaux réemployés autorisés dans une construction, et d'assurabilité des produits.</li> <li>— <b>Réaliser des tests</b> sur les matériaux réemployés, et des <b>prototypages</b> en début de chantier.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Intégrer</b> les matériaux de réemploi <b>dans les projets de réhabilitations et constructions neuves</b> : portes palières, boîtes aux lettres, nez de marches, fenêtres, concassage de béton et granulat, etc.</li> </ul>
Participer au changement d'échelle : <b>réemploi ex situ</b> et <b>massification de la demande / lisibilité de l'offre</b> , traitement et recyclage des déchets de chantiers en filières courtes.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Rendre <b>visible le gisement</b> sur les plateformes numériques, acheminer et distribuer les matériaux revendus.</li> <li>— <b>Anticiper la gestion des déchets de chantier</b> : stockage, tri, bordereaux de suivi (via une charte chantier par exemple), recenser dans les documents de planification (Plans de Prévention et de Gestion des Déchets du BTP) et dans le territoire élargi les filières de recyclage et structures de traitement des déchets.</li> </ul>	

## 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 <b>réduction des déchets</b> et des déplacements associés : sensibilisation, réutilisation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>Sensibilisation à la réduction</b> 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.</li> <li>— Sensibiliser et communiquer sur les <b>acteurs du réemploi et de la réutilisation</b> locaux : ressourceries et recycleries, structures de l'ESS, etc.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mettre en place des <b>espaces de stockage</b> avant statut de déchets, espaces favorisant le <b>troc et l'échange</b> d'équipements et matériels : local commun en RDC, maison de ressources, outillage avec casiers et étagères, buanderies partagées, etc.</li> </ul>
Développer la <b>réparation, le réemploi</b> et la <b>revente</b> potentiellement créateurs d'emplois et de gains pour le budget des ménages.	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mettre en place des dispositifs <b>d'urbanisme tactique ou transitoires, chantiers participatifs</b> : parcours et signalétiques urbains, mobiliers urbains, chantiers collectifs de jardinage, etc.</li> <li>— Programmer des dispositifs de types <b>ressourceries / recycleries</b>, fixes ou mobiles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Mettre en place des <b>espaces et ateliers de réparations</b> du type <i>Repair café</i>, espaces et ateliers de <b>bricolage</b>.</li> </ul>
Accompagner la gestion des déchets encombrants (collecte vers recyclage et traitement).	<ul style="list-style-type: none"> <li>— Intégrer des lieux de <b>stockage d'encombrants</b> intérieurs ou extérieurs aux bâtiments, protégés des intempéries et des incendies, <b>organisation de collectes</b> par la collectivité ou un prestataire.</li> </ul>	

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>

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

Les projets de renouvellement urbain représentent un gisement important d'opérations et de travaux (aménagement des espaces publics, résidentialisations, réhabilitations ou démolitions et constructions neuves), partant **d'une base existante plus ou moins performante au niveau énergétique et constituée d'un stock de carbone considérable**. Une approche énergie et carbone dans les PRU amène vers une évolution de posture et un nouveau critère dans les choix opérés.

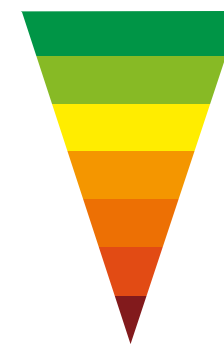
### a) Adapter les constructions : envisager de réhabiliter (réemploi, réutilisation) avant de démolir et reconstruire (recyclage)

Comme vu dans les chapitres précédents, **les opérations de réhabilitations** sont moins gourmandes en carbone et en énergie que les démolitions et constructions neuves. Une approche énergie carbone milite donc vers **un allongement de la durée de vie des constructions**.

Dès lors, pour les réhabilitations, il s'agit de **valoriser un stock de carbone déjà présent**, tout en rendant l'existant plus sobre et plus performant dans le temps.

Si l'on compare le cycle de vie d'un bâtiment à celui d'un produit, ces réhabilitations concernent la plupart du temps une **perspective de « réemploi » à usages identiques** (logement-logement ; équipement-équipement ; activités-activités).

Dans une logique d'allongement de la durée de vie, ces réhabilitations pourraient également viser une **perspective de « réutilisation » avec mutabilité et évolution des usages**, répondant ainsi à l'objectif recherché dans les quartiers de mixité sociale



et fonctionnelle (par exemple : transformation d'une partie des logements et RDC en locaux d'activités, transformation d'un bâtiment de logement en locaux d'activités et logements avec stationnements, mutation de parkings silos ou enterrés en ferme urbaine ou équipement culturel ou sportif, etc.).

Dans le cas d'une démolition et reconstruction, on parlera d'une perspective de **« recyclage »** du bâtiment qui ouvre à des stratégies de déconstructions sélectives, de démolitions partielles, de réemploi des matériaux.

Le choix de réhabiliter ou de déconstruire un bâtiment intègre bien sûr d'autres critères (économiques, structurels, de peuplement, de partis pris urbains, paysagers, etc.), dans le cadre d'arbitrages globaux de conception et de mise en place du projet urbain.

### b) Aménagements et espaces extérieurs : quand la diminution du stock et la séquestration carbone convergent avec les enjeux d'adaptation

Les PRU ont en commun d'offrir des espaces **extérieurs généreux, mais qui ont parfois progressivement été stérilisés, dans une logique d'artificialisation et d'imperméabilisation des sols**, qui constituent des problématiques fortes en matière d'adaptation au changement climatique (phénomène d'îlot de chaleur et inconfort d'été, mais également absence de régulation des risques d'inondations et ruissellements), et d'appréhension du niveau de vulnérabilité des habitants.

Ces espaces extérieurs ne sont **pas toujours fonctionnels** (déplacements, lisibilités des trames urbaines et des polarités, problématiques de sûreté et sécurité, etc.) ni très **chaleureux d'un point de vue urbain et paysager**. En raison d'un manque de lisibilité des espaces privatifs et publics, et d'**espaces de transition**, qui se traduit par des interventions de résidentialisation dans le cadre des projets, ils n'offrent pas toujours de **possibilités d'appropriation** et de réels communs par les usagers.

Ces espaces nécessitent donc très souvent une adaptation, et les **opérations d'aménagement** doivent répondre à ces problématiques en affirmant et valorisant des polarités de quartier, des lieux de vie et d'interactions sociales, en clarifiant les limites et les transitions entre sphère privée, collective et publique,

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**<sup>56</sup>. 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/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\\_reversible.pdf](https://www.aucame.fr/images/catalogue/pdf/QSN088_reversible.pdf)

Ingrédients de RÉVERSIBILITÉ	
dans le PRU, et dans les AMÉNAGEMENTS	dans les CONSTRUCTIONS
<p>La notion de réversibilité urbaine est <b>moins concrète qu'à l'échelle des constructions</b>, la ville et les quartiers étant toujours en mouvement et en évolution. Quelques <b>ingrédients généraux et méthodologiques</b> illustrés dans le schéma précédent permettent <b>d'imaginer de multiples applications</b> :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Penser les lieux et leurs évolutions dans un temps long, selon des principes de <b>trajectoire</b> souhaitable et différents chemins possibles en matière d'usages, de <b>polyvalence et non spécialisation, de multifonctionnalité, de modularité, d'adaptabilité</b>.</li> <li>— Prendre en compte l'<b>éclatement des temps individuels</b>, la désynchronisation, les rythmes individualisés : <b>chercher l'optimisation des surfaces et lieux et la mutualisation</b> entre usages, selon leurs temporalités, les besoins.</li> <li>— <b>Pour aider aux arbitrages, relier réversibilité et notion de coûts-bénéfices, coût global, d'externalités positives</b> : quelle création de valeur économique, environnementale ou sociale ici et ailleurs, aujourd'hui et demain ? Quelles modalités de participations ?</li> <li>— <b>Relier temps-participation-espaces</b> et prendre en compte : par les notions d'événements collectifs / cycliques, et de <b>nouvelles pratiques et expérimentations</b> : urbanisme d'éphémère, transitoire, de préfiguration, de programmation libre, d'optimisations et mutualisations des espaces.</li> </ul>	<p>La notion de réversibilité est <b>le plus souvent abordée et appliquée aux bâtiments</b> avec une distinction entre réversibilité <b>fonctionnelle</b> (changement d'usages) et réversibilité <b>constructive</b> (pour des adaptations et réhabilitations, voire pour revenir à un état initial). <b>Du point de vue constructif</b>, certains leviers favorisent la réversibilité des bâtiments :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— <b>L'insertion dans le quartier</b> : pour l'adaptation des accès aux usages, pour l'orientation à l'ensoleillement, aux vents (Lumière et ventilation).</li> <li>— <b>Les formes et enveloppes bâties</b> : épaisseur (ventilation, lumière) et longueur, les hauteurs minimales des étages, les principes de formes dont une partie peut être déconstruite ou démontée, ou au contraire en extension.</li> <li>— <b>Les systèmes constructifs</b> : libérations de façades démontables et adaptables aux usages (apports de lumière, de chaud et de froid), les trames constructives sans murs porteurs, avec poteaux-dalles, cloisons faux planchers permettant de dimensionner et intégrer les réseaux (eau, électricité), la position des circulations verticales, la répétition des systèmes constructifs (et fenêtres, ouvertures, etc.).</li> </ul>
<p><b>Quelques exemples :</b> À l'échelle territoriale, les dispositifs de type « <b>bureau des temps</b> » mis en place par les collectivités, pour, entre autres, <b>optimiser la planification des déplacements</b>, développer et clarifier les perspectives de <b>mutualisation sur les équipements</b> par exemple utilisation des écoles en dehors des temps scolaires (cf. projet d'équipement « <b>Espace Langevin</b> » dans le quartier sud de Choisy-le-Roi « à mi-chemin entre école et espace public »), voire pour développer une offre de <b>tiers lieux hybrides et d'espaces de travail-loisirs</b>, de coworking, etc. Les démarches d'<b>urbanisme éphémère, tactique ou de préfiguration</b> trouvent leurs concrétisations également dans la ville et les quartiers : les « <b>coronapistes</b> » mises en place pour favoriser l'utilisation du vélo et éviter l'engorgement des transports collectifs, la <b>participation des habitants dans les phases de chantiers</b>, ou en <b>préfiguration</b> d'espaces publics, de jardins, de fabrications de mobiliers, etc. (cf. « <b>La Fabrique du Clos</b> » dans le quartier du Clos Saint-Lazare à Stains). Les <b>stratégies d'urbanisme transitoire, de programmation libre</b>, sur un temps généralement plus long, souvent expérimentées sur des friches urbaines, permettent de reconquérir des espaces et locaux vacants, en proposant une hybridation d'usages culturels, festifs, d'activités voir de logements d'urgences en dehors des prix du marché immobilier. Les exemples de <b>programmes et changement d'usages sur les stationnements</b> : réversibilité de stationnements aériens par travail des accès, les plantations et des revêtements perméables / démontables, etc.</p>	<p><b>Quelques exemples :</b> <b>Lutte contre la vacance et transformation d'un logement en espace de services mutualisés</b> pour les habitants : local commun avec cuisine pour les repas entre voisins, ateliers de bien-être et cours de yoga, services esthétiques ou de coiffure, etc. <i>Exemples projets :</i> — projet <b>Régénération, rénovation d'un ancien logement social pour créer un espace partagé entre habitants en RDC sur le site de Firminy-Layat</b><sup>57</sup> — tiers-lieu « <b>Mille Lieux</b> » à Neufchâtel, dans le quartier des Mille-Pieds, en RDC de l'immeuble Fougères, logement transformé en espace commun et partagé entre habitants<sup>58</sup> — tiers-lieu par SIA Habitat à la Cité du Pinson à Raismes<sup>59</sup> <b>Toitures terrasses utiles et productives</b> pour différents niveaux d'usages : installation de panneaux PV ou solaires thermiques, toitures accessibles comme communs ou jardins, agriculture urbaine, ruches, gestion alternative de l'eau pluviale, etc. <b>Stationnements en ouvrage de type parking silo ou parking souterrain</b> devenant des fermes urbaines et champignonnières, des équipements culturels ou sportifs, des locaux d'activité économique. <i>Exemples projets :</i> — champignonnière <b>Porte de la Chapelle en pied d'habitat social</b><sup>60</sup> — publication de Sareco (<b>BE experts du stationnement</b>) sur des mutations de parking<sup>61</sup></p>

57. [https://www.union-habitat.org/sites/default/files/articles/pdf/2020-11/etude\\_prospective\\_-\\_nouveaux\\_usages\\_et\\_modes\\_dhabiter\\_compressed-1.pdf](https://www.union-habitat.org/sites/default/files/articles/pdf/2020-11/etude_prospective_-_nouveaux_usages_et_modes_dhabiter_compressed-1.pdf) (page 54-55).

58. <https://www.neufchatelebenbray.fr/actualites-fr/un-tiers-lieu-a-neufchatel-en-bray/>.

59. [https://www.banquedesterritoires.fr/sites/default/files/2019-03/SIA%20HABITAT\\_Tiers-lieu%20et%20nouvelles%20activit%C3%A9s.pdf](https://www.banquedesterritoires.fr/sites/default/files/2019-03/SIA%20HABITAT_Tiers-lieu%20et%20nouvelles%20activit%C3%A9s.pdf).

60. <https://www.novethic.fr/actualite/environnement/agriculture/is-rse/la-video-des-solutions-un-ancien-parking-souterrain-desaffecte-transforme-en-ferme-urbaine-bio-146342.html>.

61. [http://www.reseaunationalamenageurs.logement.gouv.fr/IMG/pdf/sareco\\_190704.pdf](http://www.reseaunationalamenageurs.logement.gouv.fr/IMG/pdf/sareco_190704.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 des territoires 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 CO<sub>2</sub> 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.

DIMENSION 1 démarche et processus	DIMENSION 2 cadre de vie et usages	DIMENSION 3 Développement territorial	DIMENSION 4 Environnement et climat
<b>ENGAGEMENT 1 : réaliser des projets répondant aux besoins de tous en s'appuyant sur les ressources et contraintes du territoire</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diagnostic territorial partagé,</li> <li>Objectifs prioritaires du projet et stratégie territoriale,</li> <li>Démarche de programmation.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 6 : Travailler en priorité sur la ville existante et proposer une densité adaptée pour lutter contre l'artificialisation des sols</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Politique foncière et localisation du projet,</li> <li>Densité adaptée.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 11 : Contribuer à un développement économique, local, durable, équilibré, social et solidaire</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Soutien et prise en compte du tissu économique existant,</li> <li>Accompagner et favoriser la création d'emploi locaux.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 16 : Proposer un urbanisme permettant d'anticiper et de s'adapter au changement climatique et aux risques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Adaptation au changement climatique,</li> <li>Prévention des risques,</li> <li>Sensibilisation et implication citoyenne.</li> </ul>
<b>ENGAGEMENT 2 : Formaliser et mettre en œuvre un processus de pilotage et une gouvernance partagée</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Pilotage politique et technique,</li> <li>Association de la population et de la société civile, mobilisation citoyenne.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 7 : Mettre en œuvre les conditions du vivre ensemble et de la solidarité</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diversité sociale et solidarités,</li> <li>Vivre ensemble,</li> <li>Aménagement inclusif.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 12 : Favoriser la diversité des fonctions et leur proximité</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Mixité fonctionnelle,</li> <li>Proximité et accessibilité des services et des emplois.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 17 : Viser la sobriété énergétique, la baisse des émissions de CO<sub>2</sub> et la diversification des sources au profit des énergies renouvelables et de récupération</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Sobriété et efficacité,</li> <li>Production d'énergies renouvelables ou de récupération,</li> <li>Dispositifs d'accompagnement.</li> </ul>
<b>ENGAGEMENT 3 : Intégrer la dimension financière tout au long du projet dans une approche en coût global</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Réduire les coûts par l'optimisation du projet,</li> <li>Faisabilité financière,</li> <li>Impacts socio-économico-environnementaux.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 8 : Mettre en œuvre un urbanisme favorable à la santé pour assurer un cadre de vie sûr et sain</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Bien-être et prévention santé,</li> <li>Prévention des nuisances et des pollutions,</li> <li>Sûreté et sécurité urbaine.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 13 : Optimiser l'utilisation des ressources et développer les filières locales et les circuits courts</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Economie des ressources et écoconception,</li> <li>Utilisation des ressources locales et approvisionnement durable,</li> <li>Développement de filières locales et des circuits courts – économie circulaire.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 18 : Limiter la production des déchets, développer et consolider des filières de valorisation et de recyclage dans une logique d'économie circulaire</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Limitation des déchets ménagers, d'entreprise et des déchets verts,</li> <li>Tri à la source, collecte et valorisation des déchets,</li> <li>Déchets de chantier.</li> </ul>
<b>ENGAGEMENT 4 : Prendre en compte les pratiques des usagers et les contraintes des gestionnaires dans les choix de conception tout au long du projet</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Prise en compte de la gestion et des usages dès la conception du projet,</li> <li>Pendant la réalisation,</li> <li>Et après la livraison.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 9 : Mettre en œuvre une qualité de cadre de vie, qui concilie intensité, bien vivre ensemble, et qualité de l'environnement</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Insertion urbaine, paysagère, et architecturale,</li> <li>Composition urbaine et nature en ville,</li> <li>Creativité architecturale et paysagère.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 14 : Favoriser les modes actifs, les transports collectifs et les offres alternatives de déplacement pour décarboner les mobilités</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Aménagement au service d'une mobilité durable,</li> <li>Usages des transports durables,</li> <li>Stationnement – livraison – services urbains.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 19 : Préserver la ressource en eau et en assurer une gestion qualitative et économe</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Réduction de la consommation d'eau,</li> <li>Gestion intégrée des eaux pluviales,</li> <li>Gestion des eaux usées.</li> </ul>
<b>ENGAGEMENT 5 : Mettre en œuvre des démarches d'évaluation et d'amélioration continue</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Objectifs du projet,</li> <li>Dispositifs d'évaluation,</li> <li>Amélioration continue.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 10 : Valoriser le patrimoine naturel et bâti, l'histoire et l'identité du site</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Patrimoine matériel et naturel,</li> <li>Patrimoine culturel immatériel.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 15 : Favoriser la transition numérique en faveur de la ville durable</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Réseaux numériques,</li> <li>Évolution des services urbains,</li> <li>Le numérique au service des usagers et du développement territorial.</li> </ul>	<b>ENGAGEMENT 20 : Préserver, restaurer et valoriser la biodiversité, les sols et les milieux naturels</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Préservation, restauration et valorisation de la biodiversité,</li> <li>Gestion, sensibilisation et implication des usagers.</li> </ul>

## 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 »;

- l'amélioration de la **performance énergétique des bâtiments**, levier décisif pour réduire les charges des habitants, certaines factures ayant été divisées par 3 à 4 dans des logements dont l'isolation initiale et le mode de chauffage dataient d'il y a près de 50 ans grâce au **passage au réseau de chaleur urbain à 60 % biomasse**;
- aujourd'hui, dans une **approche bioclimatique**, les immeubles sont orientés de manière à bénéficier d'un ensoleillement à minima de 2h au solstice d'hiver, avec un éclairage naturel des parties communes, et bénéficient d'un maximum de **végétalisation** pour lutter contre les îlots de chaleur;
- des **récupérateurs d'eau pluviale, locaux vélos** généreux et **cœurs d'îlots jardinés**;
- depuis 2003 ont été réalisés une **liaison bus optimisée** vers Lyon (terminus ligne D du métro) et le pôle universitaire et d'activités de l'ouest ainsi qu'un programme ambitieux d'équipements publics, d'activités et de commerces (dans le cadre de la Zone franche urbaine) faisant du quartier une destination désormais attractive;
- une attention portée sur la qualité des espaces publics et naturels (parc du Vallon de 11 ha), avec des voiries réduites, sachant que le quartier compte **25 % de surfaces végétalisées**, jardins privatifs, vergers et autres espaces verts (séquestration carbone).

#### Bilan

La première partie du programme avait été le premier ÉcoQuartier labellisé en 2013. **Désormais, La Duchère est le premier quartier labellisé étape 4.** La collectivité et l'aménageur évaluent régulièrement les processus et pratiques mis en œuvre, afin de tirer des enseignements en matière d'urbanisme durable pour les futures opérations. Cela a permis d'interroger les dispositifs de sensibilisation des habitants, de prise en compte en amont des demandes des usagers, les plus-values et limites des pratiques (cahier des charges à l'échelle de l'îlot, procédures de consultation, choix des projets...). Cela a été rendu possible grâce à la mission d'AMO sur le volet Développement durable confié à TRIBU. Le bilan global qui se dégage de cette expertise : des opérations plus performantes que la production « classique de la ville » et très performantes sur certaines thématiques (ex : performance de l'enveloppe), des innovations « techniques » (mesures de la qualité de l'air, récupération de chaleur sur les eaux grises...) et « sociales »

(accompagnement des habitants, compost, jardins partagés).

**Points positifs :** forte implication des professionnels (collecte de données, échanges autour des résultats, amélioration des pratiques), relation de confiance et constructive entre la maîtrise d'ouvrage et les équipes promoteurs/architectes, construction d'une culture commune, stabilité du cadre de travail partenarial, gain de temps et processus d'amélioration en continu, accompagnement des nouveaux résidents, initiatives individuelles inscrites dans le projet collectif, nouveaux espaces pour de nouveaux usages et méthodes d'accompagnement innovantes... La démarche a permis l'écriture d'un « cahier des charges de la qualité environnementale » pour les constructions de la tranche 2 de la ZAC et désormais dans le cadre du NPNRU du secteur de la Sauvegarde.

**Points de vigilance :** impression d'empilement des normes et des cahiers des charges, crainte d'une perte de lisibilité (malgré le travail de hiérarchisation mené) et d'intelligence globale du projet, nécessité d'accompagner les opérateurs et bailleurs dans leur démarche de sensibilisation des résidents.

#### Perspectives

Partant de l'expérience de La Duchère, la Métropole de Lyon a proposé en 2017 de tester la grille ÉcoQuartier sur les projets NPNRU. Un groupe de travail (avec la DDT 69, la direction Renouvellement urbaine et les services de la Métropole) a permis d'acculturer l'ensemble des directions de projet à la grille par la présentation des résultats et réponses apportées à La Duchère. Cette démarche a été conduite sur 3 projets et a induit l'engagement dans la labellisation du PRU St Fons Carnot Parmentier. La Duchère a permis de développer des savoir-faire (concertation, marketing, gestion des commerces, usages éphémères...) et des bonnes pratiques en matière d'aménagement qui peuvent être reproduits dans d'autres opérations. La présentation de l'évaluation aux partenaires du projet Duchère et à la SERL a permis des questionnements et des améliorations tant en conception, construction ou livraisons, à tester sur l'opération d'aménagement de la Sauvegarde et de prochaines ZAC de la Métropole.

**Contacts :** Bruno COUTURIER, directeur de projet Renouvellement urbain Mission Lyon La Duchère, Grand Lyon - bruno.couturier@mairie-lyon.fr, ou **Audrey DELALOY** et **Anna SARNER** - a.delaloy@serl.fr

## 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).»<sup>62</sup>

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.

### PAROLE A UN ACTEUR

## Le Ceebios : vers des rénovations bio-inspirées

**Le Centre d'études et d'expertises dédié au déploiement du biomimétisme en France a publié en 2020 un état des lieux des projets urbains bio-inspirés.**

### Biomimétisme : pour un urbanisme compatible avec le vivant

Le biomimétisme (bio = la vie; mimétisme = imitation) se définit comme une philosophie et approche conceptuelle interdisciplinaire prenant pour modèle le vivant afin de relever des défis du développement durable (social, environnemental et économique) selon la norme ISO 18458. Cette approche amène à mieux comprendre le **fonctionnement des organismes vivants** au sein des écosystèmes et les **services écosystémiques** qu'ils maintiennent (régulation du climat via le stockage du carbone, purification de l'eau, fertilité des sols, pollinisation, etc.) afin de **préserver des conditions favorables à la vie** sur Terre.

### L'habitat bio-inspiré

Le biomimétisme est donc un puissant outil pour rénover nos quartiers. Les bâtiments et l'ensemble des structures artificielles construites par l'Homme - routes, mobiliers urbains, etc. - sont ainsi considérés comme des éléments vivants de l'écosystème ville, soit intégrés

et adaptés à leur milieu, aptes à rendre des services écosystémiques tels que l'accueil de la biodiversité, la restauration de la qualité d'air, la purification et le stockage des eaux de pluie, la conversion de la lumière naturelle en énergie utilisable, etc.

Appliqué à l'habitat, le **cahier des charges du vivant** peut se décliner selon les catégories suivantes :

- **Énergie** : le solaire comme source principale d'énergie, optimisation de la consommation, recours à des sources diversifiées favorisant la résilience du système, séquestration du CO<sub>2</sub> (Figures 1, 2 et 3).
- **Matériaux** : hiérarchisés à toutes les échelles de taille, hybrides, composites, multifonctionnels, optimisés, adaptatifs, auto-assemblés, recyclables et recyclés (Figures 4 et 5).
- **Chimie** : utilisation de composés abondants (O, N, H, C principalement), réactions chimiques et fabrication des matériaux à température et pression modérées, utilisation de l'eau comme solvant universel (Figure 1).
- **Information** : capteurs, senseurs performants, intelligence collective, algorithmes pour gérer la complexité, stockage moléculaire.
- **Eau** : purification, collecte adaptée à chaque milieu, stockage in situ, transport, distribution optimisée, gestion de la surabondance (Figure 3).



• Figure 1. Feuille de ginkgo – Le solaire est la source principale d'énergie dans le vivant pour les plantes qui sont à la base de l'ensemble de la chaîne alimentaire dont la photosynthèse est réalisée à température et pression ambiante. Crédit : Pixabay Licence

• Figure 2. Bullitt Center, bâtiment certifié LBC (Living Building Challenge). Autonome en eau et énergie toute l'année, l'énergie solaire disponible sur la parcelle a conditionné le choix du programme et des usages. Crédit : CC BY NC 2.0 Nic Lehoux

• Figure 3. Façade Flectofin, inspirée du mécanisme d'ouverture réversible des étamines de la fleur de la plante oiseau de paradis contenant le pollen. Basée sur un principe d'instabilité mécanique, la façade utilise un minimum d'énergie pour déformer les brises soleil et ainsi réguler l'apport lumineux et thermique. Crédit : Kim Yong

• Figure 4. Écorce, enveloppe multifonctionnelle : absorption des contraintes mécaniques, atténuation thermique pour limiter la gelée ou évaporation de la sève. Crédit : Pixabay Licence

• Figure 5. Brise-soleil adaptatif, pavillon de recherche ICD HygroSkin. Multifonctionnalité de l'enveloppe inspirée du système d'ouverture et fermeture des pommes de pin : protection lumineuse et thermique, adaptations suivant le taux d'humidité dans l'air. Crédit : Florian Kleinfenn (Utilisation avec permission FRAC Val de Loire)

### Le renouvellement dans le vivant

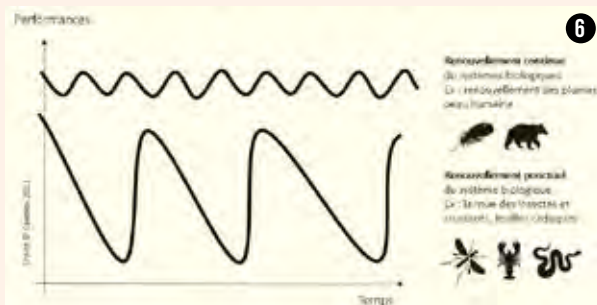
Les espèces vivantes maintiennent l'intégrité de leur organisme tout au long de leur vie par une grande diversité de processus tels que la mue, la cicatrisation, le renouvellement cellulaire, le renouvellement des feuilles, etc. La durée de ces phases de renouvellement varie suivant les groupes d'espèces : 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

À ce jour, il existe un certain nombre de projets de systèmes bio-inspirés intéressants en rénovation (telles que des façades avec brises soleils dont l'adaptation est intrinsèque aux matériaux ou centralisée avec une activation nécessitant un minimum d'énergie) mais les exemples semblent manquer quant à des rénovations bio-inspirées dans leur globalité. **Le potentiel d'innovation reste très important.**

Les exemples manquent *a fortiori* à l'échelle d'un même territoire, mais un certain nombre de territoires se montrent toutefois **de plus en plus réceptifs au concept des solutions fondées sur la nature**, qui elles aussi encouragent de fait une meilleure performance énergie carbone notamment en diminuant le recours aux équipements consommateurs d'énergie et émetteurs de GES et en séquestrant naturellement du carbone. **Les solutions fondées sur la nature**<sup>63</sup> (SFN) s'appuient

sur des écosystèmes sains, résilients, fonctionnels et diversifiés pour relever les défis sociétaux (**changement climatique, santé, accès à l'eau, sécurité alimentaire, gestion des risques naturels**, etc.). Les écosystèmes permettent en effet de nombreux services pour les humains. Ces services peuvent être de plusieurs ordres : **approvisionnement** (nourriture, combustibles, matériaux, espèces médicinales et médicaments, etc.), de **régulation** (du climat, des inondations, d'amélioration de la qualité de l'air, de pollinisation, etc.), **socioculturels** (non matériels, rapports de l'homme avec la nature : esthétiques, spirituels, récréatifs, éducatifs...), de **soutien ou services de supports** (fonctionnement de la biosphère : cycles de l'eau, du carbone, formation des sols, etc.). Enfin, les SFN génèrent une plus-value et des bénéfices environnementaux tangibles, en offrant des possibilités à la nature de se maintenir et de se développer.

Les solutions fondées sur la nature, un concept englobant diverses approches fondées sur les écosystèmes - Source : Cohen-Shacham E., Walters G., Janzen C. and Maginnis S. (eds.), 2016. *Nature-based Solutions to address global societal challenges*



63. Pour aller plus loin : [https://uicn.fr/wp-content/uploads/2016/09/Plaquette-Solutions-FR-07.2016.web\\_.pdf](https://uicn.fr/wp-content/uploads/2016/09/Plaquette-Solutions-FR-07.2016.web_.pdf).

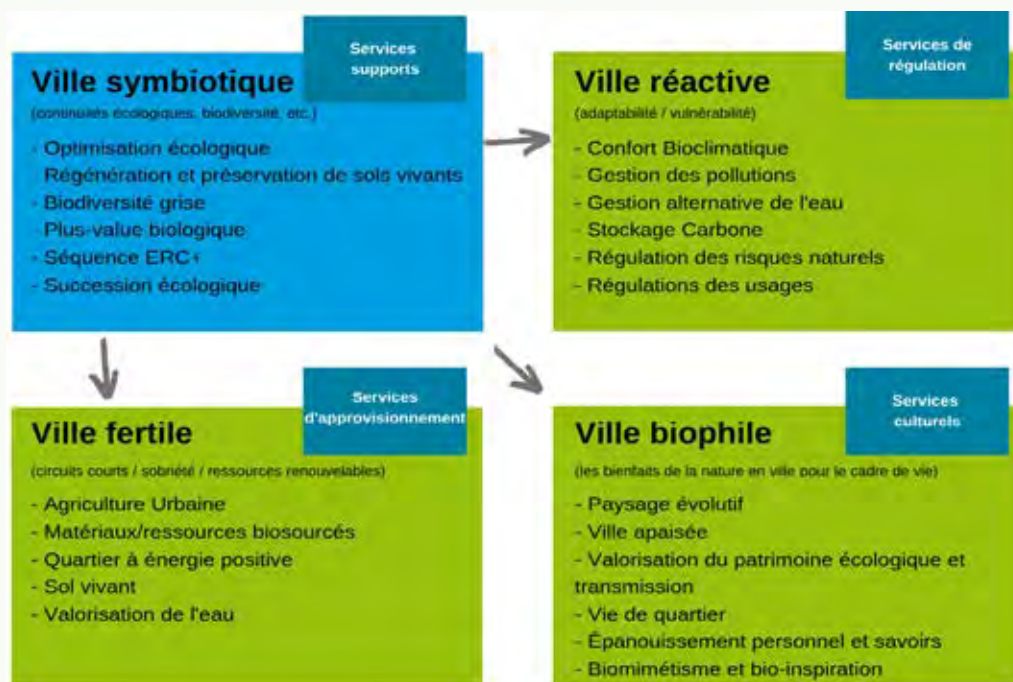
## La démarche sur la recherche et promotion des SFN de Bordeaux Métropole

Inddigo, Orée, Pikaia 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'approvisionnement, 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, Inddigo, Orée, Pikaia, TçPç

Ces piliers se déclinent en notions présentes aux différentes phases d'un projet :



Quelle notion développer à quel moment dans les 4 piliers? Extrait de la boîte à outils - Source : Inddigo, Orée, Pikaia, 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 de sobriété 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 favorisant **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 maîtres 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'expliquer aux différentes parties prenantes** (objectifs, contenu, calendrier, modalité

QUI sont les usagers et habitants ciblés?	COMMENT favoriser l'adhésion et l'implication des habitants?	Quels sont les OBJECTIFS, MOYENS, le CALENDRIER?
<p><b>Objectif : s'adapter à la diversité des profils et des situations face à l'énergie et au carbone</b></p> <p>Les quartiers en renouvellement urbain sont divers et multiples. Ils regroupent des habitants (locataires ou copropriétaires), des usagers (visiteurs, professionnels) avec une <b>grande diversité de profils socio-économiques</b>, que ce soit en matière de <b>compétences</b> (linguistique, numérique...), <b>d'équipements</b> (accès à Internet à faible ou haut débit, téléphone de capacité limitée ou smartphone dernière génération...), etc. Chaque usager et habitant véhicule ainsi <b>sa propre « culture » de l'énergie et du carbone et dispose d'habitudes</b> (thermique, alimentaire, de loisirs...) avec des conséquences énergétiques et carbone variées.</p> <p>À cette diversité des publics s'ajoutent d'autres facteurs comme : la diversité des <b>implantations géographiques</b> (rural/urbain, Nord/Sud/Est/Ouest de la France, contexte métropolitain ou ultramarin...), le <b>positionnement du quartier</b> et sa vocation souhaitée, le <b>taux d'occupation des logements</b> (avec un spectre large allant de la sous à la suroccupation des logements), l'état des relations avec le bailleur social, le voisinage, les institutions (défiance / confiance), etc.</p> <p>Tous ces éléments <b>conditionnent les pratiques énergétiques et carbone actuelles des usagers et leur réceptivité potentielle aux différentes actions</b> dont ils pourraient faire l'objet pour favoriser des pratiques plus sobres.</p> <p>Certaines actions pourront être pertinentes et efficaces pour certains, mais contre-productives pour d'autres. <b>Une phase de diagnostic est ainsi primordiale</b> pour identifier les publics ciblés, comprendre leurs pratiques énergétiques et carbone, <b>afin de proposer par la suite des démarches adaptées</b> aux différents segments de publics.</p>	<p><b>Objectif : maîtriser les fondamentaux pour une communication efficace</b></p> <p>Une grande attention doit être portée autant au <b>fond</b> qu'à la <b>forme</b> de toute action de communication. Il s'agit de <b>susciter d'abord l'intérêt et l'adhésion des habitants, et locataires dans le cadre du LLS, à la démarche, en privilégiant l'humain et le concret, pour pouvoir ensuite les engager dans l'action. Le cas du logement privé, en copropriété notamment, pose des problématiques spécifiques de prise de décision collective qui nécessitent d'être prises en compte très en amont.</b></p> <p>Aborder le sujet avec un angle « énergie » et « carbone », utiliser un vocabulaire ou des concepts techniques, un support textuel, ou un ton prescriptif, peuvent être excluant, anxiogènes, voire mal pris par certains habitants.</p> <p><b>Utiliser une thématique qui a du sens pour les ménages, associée à une approche pédagogique, ludique et conviviale</b>, sont de bons moyens de les intéresser à cette démarche. <b>S'appuyer sur des expériences concrètes</b> où le corps est engagé permettent de faciliter la compréhension (par exemple un atelier culinaire peut être un moyen non rébarbatif d'apprendre les écogestes liés à la cuisine).</p> <p>L'utilisation d'un <b>vocabulaire simple</b> et de <b>supports de communication variés</b> (dessins, photo, vidéo, etc.) permettent également d'être plus accessibles.</p> <p>Les ressorts qui poussent à l'action sont variés. Pour toucher tous les profils, il conviendra d'utiliser et de multiplier les <b>arguments en faveur des mesures de sobriété : économie financière, amélioration du confort, préoccupations écologiques, création de lien social, etc.</b> Cela est d'autant plus important que les gains économiques ne concernent pas toujours directement le locataire lui-même.</p> <p>Par ailleurs, <b>certaines personnes seront davantage sensibles au « vecteur » employé qu'aux arguments « rationnels »</b> utilisés, auront moins besoin de « comprendre pour agir » mais adhéreront plutôt par la <b>qualité du moment partagé</b>, l'attention qui leur sera portée, la <b>sympathie de l'interlocuteur</b>, la <b>création d'une dynamique collective...</b> Certains outils plus impersonnels, comme une application numérique, ne leur sont pas appropriés. Au-delà du message, c'est ainsi le <b>choix de l'animateur, du lieu et de la récurrence de l'événement</b> qui les mèneront à modifier petit à petit leurs comportements. L'appui de <b>relais existants (association, régie ou conseil de quartier, etc.)</b> et le choix du lieu (école, place publique, etc.) peuvent faciliter ces rencontres humaines et rassembler un public plus large qu'en aurait pu faire le bailleur ou la collectivité seule.</p>	<p><b>Objectif : avoir une démarche stratégique cohérente et de long terme</b></p> <p>L'approche de la sobriété est parfois <b>réduite à la proposition d'un « kit » ou d'un « outil »</b> à destination des usagers et habitants, de plus en plus sous forme numérique. Le déploiement de cette solution se fait en général à la suite d'une opportunité (un financement externe, un partenariat, etc.) sans véritable accompagnement, que ce soit lors de sa mise en place ou sur la durée. Les résultats de telles démarches sont le plus souvent décevants. On tombe ainsi sur <b>deux écueils récurrents : la proposition d'un outil qui n'est pas adapté à son public et l'absence de stratégie de long terme.</b></p> <p>Engager les habitants dans l'évolution de leurs modes de consommations demande <b>du temps et des moyens. L'accompagnement sur le long terme</b> doit ainsi être au cœur de tout dispositif. Or, quelle que soit sa forme, il <b>implique des besoins humains, financiers</b> (prestataire spécialisé, réalisation et impression de supports de communication, etc.) et techniques (mise à disposition de locaux, mise en place de compteurs, etc.) à ne pas sous-estimer.</p> <p>Bâtir une <b>relation de confiance</b> avec l'habitant et <b>assurer sa montée en compétence</b>, impliquent de la <b>présence, de la proximité, et de la répétition.</b></p> <p><b>En fonction de l'ambition</b> (s'il s'agit juste de sensibiliser à la sobriété, de limiter « l'effet rebond<sup>64</sup> » ou bien d'atteindre un % précis de réduction des consommations énergétiques et émissions carbone), les moyens à déployer et la durée du dispositif ne seront pas identiques. <b>Avant toute action, une véritable démarche stratégique est donc à construire par le porteur de projet.</b></p>

64. L'effet rebond, encore appelé paradoxe de Jevons, peut être défini comme l'augmentation de consommation liée à la réduction des limites à l'utilisation d'une technologie, ces limites pouvant être monétaires, temporelles, sociales, physiques, liées à l'effort, au danger, à l'organisation... Ainsi, les économies d'énergie ou de ressources initialement prévues par l'utilisation d'une nouvelle technologie sont partiellement ou complètement compensées à la suite d'une adaptation du comportement de la société.

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).*

• *L'ouverture des fenêtres en hiver par les habitants non sensibilisés aux systèmes de ventilation double flux en logements neufs, qui assurent déjà un renouvellement d'air efficace, réduit l'intérêt de ce système.*

**Un accompagnement humain individualisé, une écoute bienveillante, des explications simples et une approche didactique** seront des facteurs clés dans la bonne appropriation du logement par le locataire. La conception de cette formation peut impliquer un spécialiste en communication pour être la plus adaptée au profil des usagers qui seront rencontrés en QPV. Il est ensuite préférable qu'elle soit menée par une personne avec de véritables compétences en pédagogie, qui partage les codes, voire parle la langue des locataires à former. Pour ce faire, le porteur de projet peut s'associer à des partenaires locaux rompus à ce type d'exercice (associations, Espaces info énergie...).

**Il faudra ensuite assurer un suivi sur la durée,** le temps de l'adaptation au nouveau logement ou espace (par exemple sur une année complète, le temps d'expérimenter une période de chauffe et une période estivale). Certaines questions ou certaines lacunes dans l'apprentissage ne seront identifiées que plus tard, lorsque la situation sera effectivement vécue par l'usager. Le temps long peut aussi être l'occasion d'identifier d'éventuels dysfonctionnements qui n'auraient pas été détectés lors de la livraison, ou qui ne seraient vus qu'après un certain temps d'utilisation.

**d) Pendant l'exploitation du bâtiment : sensibiliser les habitants à la performance et sobriété**  
**Même bien après les travaux,** une démarche de performance et sobriété peut être lancée. Il s'agit alors d'informer et de sensibiliser les locataires aux pratiques économes en énergie et en carbone, en ciblant notamment le discours sur l'usage des équipements du quotidien. Les principes généraux précédemment définis restent valides : **adaptation du message aux publics cibles, construction d'une stratégie de long terme, approche ludique**

**et positive, répétition du message, prises de contact régulières avec les habitants...**

Si l'**efficacité** des appareils et matériaux utilisés quotidiennement est en progrès, une **surconsommation peut annuler ces bénéfices** (par exemple, bien que les véhicules consomment de moins en moins de carburant pour un même trajet, les distances parcourues sont en augmentation tout comme la taille des modèles<sup>65</sup>). La question posée est l'évolution des modes de consommation pour la satisfaction des besoins quotidiens (se chauffer, se nourrir, se déplacer, se divertir, etc.). La sensibilisation sur un temps long doit **permettre à des alternatives citoyennes de se développer**, ou, si elles existent déjà, de les valoriser (échanges de services et de matériels entre voisins, alternatives à la voiture ou covoiturage, etc.).

**L'évolution des habitudes et l'apprentissage de nouveaux gestes quotidiens prennent du temps et doivent être accompagnés.**

**Dans un logement,** les consommateurs connaissent souvent mal les caractéristiques de leurs dépenses d'énergie<sup>66</sup> : « Interrogés sur les comportements susceptibles de réduire leurs consommations, la plupart évoquent spontanément le fait d'éteindre les appareils en veille, alors que le fait de baisser le chauffage (qui représente plus de 60 % de la consommation moyenne d'un ménage) n'est évoqué que par un tiers des interrogés. » Après une rénovation thermique, a minima HPE et si possible BBC, ou en construction neuve, la diminution des consommations de chauffage est théoriquement automatique, mais une démarche de sobriété doit permettre de le garantir et de **réduire également les consommations d'eau chaude sanitaire et des « autres usages » notamment électriques** (électroménager, multimédia, etc.).

Certains supports permettront d'**objectiver les pratiques de consommation du ménage** (comme les compteurs), d'autres l'aiguilleront vers tel ou

65. D'après l'AIE (Agence internationale de l'énergie), environ 40 % des ventes annuelles de voitures dans le monde sont aujourd'hui des SUV, contre moins de 20 % il y a dix ans. Les SUV représentent ainsi le deuxième facteur contribuant à l'augmentation des émissions mondiales de CO<sub>2</sub> depuis 2010, après le secteur de l'énergie.

66. « La précarité énergétique pose la question du coût du logement en France » - Centre de recherche pour l'étude et l'observation des conditions de vie (Credoc), n° 258, mars 2013.

tel écogeste (comme peut le faire une affiche), **mais lui transmettre cette donnée n'induit pas forcément chez l'usager 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'usager 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>



## 4.2. S'inspirer : exemples de démarches et outils

Un renouvellement urbain ambitieux doit mettre en place sinon favoriser les initiatives locales de transition qui ont un impact énergie carbone positif (réduction des consommations, mobilité durable, économie circulaire, agriculture urbaine...), qu'elles soient portées par les collectivités et les bailleurs sociaux, ou bien par des associations, collectifs ou entreprises ou coopératives du tissu économique social et solidaire, ou encore directement impulsées par les habitants eux-mêmes.

Différents degrés d'implication des habitants : communication et sensibilisation, concertation, coproduction voire codécision. Les recherches sur le sujet semblent mettre en avant de meilleurs résultats lorsque les démarches et outils proposés sont à même de **développer le pouvoir d'agir.**

«Avec la transition socioécologique, la composante environnementale de la politique de la ville s'élargit bien au-delà des enjeux très locaux de pollutions et de nuisances – qui restent bien sûr importants – pour intégrer les défis

*planétaires de l'énergie, de l'alimentation, de la biodiversité, du climat... Les habitants peuvent désormais s'emparer de la possibilité de changer le monde, pas seulement leur monde mais notre monde commun à tous, ce qui améliore l'image que ces personnes ont d'elles-mêmes et renforce leur capacité d'action. On peut parler d'empowerment (ou encapacitation), processus par lequel un individu ou un groupe acquiert les moyens de renforcer sa capacité d'action, de s'émanciper.»<sup>67</sup>.*

La suite de ce chapitre **présente quelques retours d'expérience** sur des démarches et outils plus ou moins innovants mis en œuvre ou à disposition des acteurs du renouvellement urbain pour embarquer les habitants dans une performance énergie carbone : du high-tech à des démarches plus simples, avec des moyens et des durées d'actions hétérogènes, l'adaptation aux spécificités des quartiers prioritaires et l'accompagnement restant toujours nécessaires, tout comme le partage en amont des objectifs et impacts visés...

**Le champ des possibles est à continuer d'explorer et d'enrichir collectivement.**

PAROLE A UN ACTEUR

## Les OUTILS NUMÉRIQUES, une bonne idée sous conditions

**L'avis de Stéphane Chevrier, sociologue chez MANA, agence de sociologie et de communication ayant notamment participé à l'étude prospective «Paris 2050, prospective des modes de vie»**

Proposer un outil numérique sous-entend que les habitants ont accès à cet outil avec un équipement, une mémoire et une connexion de débit suffisant, en maîtrisent les codes... Mais ce n'est pas toujours le cas.

«Lors d'une expérience portant sur cinquante logements sociaux, les porteurs de projet ont testé une application numérique fondée sur les principes du nudge et du gaming, dans une résidence à majorité de personnes âgées. Cette application n'était absolument pas adaptée à leur profil. Même

*pour ceux qui savaient y accéder, l'interface assez enfantine était en décalage total avec leur culture graphique. Avant tout déploiement, il faut questionner l'outil par rapport à son public. L'outil ne doit pas s'imposer à la stratégie du bailleur, mais être un moyen de répondre à ses objectifs. Le sujet est moins la solution en elle-même que la démarche sur le long terme qui l'accompagne. Pour porter leurs fruits, les actions doivent avoir une certaine cohérence entre elles et s'inscrire dans la durée. L'outil numérique peut être un formidable support, s'il est bien pensé en amont, et ensuite accompagné sur le temps long par un programme d'information et de sensibilisation adapté. Mais parfois, l'accompagnement humain suffit, voire est plus efficace!».*

67. Nicolas Laruelle, urbaniste, Institut Paris Région -<https://www.goodplanet.info/2021/05/13/urbaniste-nicolas-laruelle-avec-la-transition-socio-ecologique-la-composante-environnementale-de-la-politique-de-la-ville-selargit-bien-au-dela-des-enjeux-tres-locaux-de-p/>



### 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 SmartHome 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.

## FICHE PROJET N° 17

### Objets connectés sur l'ensemble des opérations du bailleur social – QPV Val-Fourré à Mantes-la-Jolie (78)



Logement témoin à Versailles avant déploiement sur l'ensemble du parc du bailleur social –  
Crédit : Les Résidences Yvelines Essonne

#### Contexte

##### Les Résidences Yvelines Essonne (LRYE)

est une entreprise sociale de l'habitat présente sur l'ensemble des Yvelines et de l'Essonne qui héberge près de 100 000 locataires. Elle s'appuie sur un réseau de gardiens répartis sur les sept agences qui jalonnent le territoire. Les Résidences compte 31 219 logements sociaux, foyers, résidences étudiantes réparties sur 122 communes. LRYE est engagée dans une politique volontaire de remise à niveau de son patrimoine lors de la relocation sur huit ans, afin que l'ensemble du parc immobilier obtienne a minima une étiquette énergétique B d'ici à 2024. Dans le cadre de ce programme, Les Résidences déploie une brique numérique visant à renforcer le volet performance énergétique avec pour objectif de faire baisser les charges de ses locataires et de leur proposer des logements confortables et innovants. La décision de rendre tous les logements rénovés connectés a été prise pour fournir aux locataires des outils d'aide à la maîtrise de leur consommation.

#### Fonctionnement

Le dispositif, permet d'aider les locataires à réduire leurs charges en indiquant en temps réel leur

consommation et l'estimation de la facture à venir. Les équipements optimisent également le chauffage en fonction des habitudes de vie des occupants et de l'inertie thermique du logement. Le pack connecté permet également d'améliorer la sécurité du logement et de ses occupants via des détecteurs de fumée connectés qui alertent par SMS le locataire en cas départ de feu. Enfin, le confort des logements est aussi amélioré par des équipements domotiques comme des prises ou des volets connectés. Afin de s'adapter à chaque locataire, la solution déployée possède trois fonctionnements différents :

— En l'absence de smartphone : des boutons physiques (interrupteurs, thermostat d'ambiance...) permettent de piloter le chauffage, les lumières et les prises. Il s'agit du même principe que celui employé dans les hôtels : En fonction de l'absence ou de la présence, certains équipements sont mis en veille. Le système déployé possède cependant une fonctionnalité supplémentaire : au bout d'un mois, le logiciel va « apprendre » les habitudes du locataire, et sera alors en capacité d'anticiper les besoins, par exemple en augmentant le chauffage avant l'heure de retour estimé des habitants.

— 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 permettrait 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 un 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 CO<sub>2</sub> évitées. La réduction de consommation attendue est de l'ordre de **-5 à -15 %**. Un premier bilan qualitatif

peut cependant être établi dans le cadre de l'installation menée sur près de 1000 logements entre mars 2020 et mai 2021 :

— Appels et messages nombreux au démarrage de l'expérimentation pour répondre aux questions des locataires. Ces retours se sont rapidement réduits au bout de quelques semaines, confirmant que la prise en main de l'équipement nécessitait simplement une phase d'apprentissage qui devait être accompagnée par le bailleur et ses partenaires.

— Certains locataires non équipés dans un premier temps ont souhaité obtenir un pack logement connecté après avoir vu leurs voisins utiliser leurs logements.

— Des premières remontées terrain qui devront être validées par des études plus poussées tendent à montrer un effet d'économie d'énergie pour les logements équipés.

### Perspectives

Depuis septembre 2020, l'ensemble des opérations immobilières du bailleur (construction, réhabilitation, remises en location...) sont concernées. Les prochaines étapes concernent l'ajout de services et d'objets connectés par ou pour les locataires (alarmes, caméra...) et la mise en œuvre d'objets connectés pour le suivi des équipements techniques des bâtiments (contrôle d'accès, VMC, chaufferie...). LRYE souhaite également travailler sur le volet du logement senior pour accompagner l'aide au maintien à domicile (via la détection de chute ou la détection d'habitudes par exemple). Des actions « low-tech » sont aussi en cours

D'autres démarches similaires sont en cours. À **Vitry-le-François**, en lien avec les opérations de réhabilitation du NPNRU sur le quartier du Hamois, le porteur de projet a validé le développement d'une solution SmartHome. Cette démarche vise à démocratiser les outils de pilotage énergétique à destination d'un public mixte. L'expérimentation sera réalisée sur le parc locatif prévu à la réhabilitation de **Vitry Habitat** (désormais Foyer Rémois). Cette action a été imaginée sur un immeuble collectif de 20 logements. L'action unique se décline en deux sous-actions : équipement des logements d'une infrastructure commune, puis choix et mise en œuvre d'une plateforme proposant un bouquet de services numériques à choisir par les habitants. L'objectif est

de déploiement pour compléter les nouveaux services souhaités par les locataires. LRYE a la perception que la solution ne sera pas uniquement technologique, mais passera aussi par l'accompagnement au changement des comportements par une présence forte des équipes de proximité et au travers de procédés de construction plus responsables (gestion des infiltrations, artificialisation des sols, valeur perçue de la biodiversité, économie d'usage...). Les Résidences Yvelines Essonne souhaite s'appuyer sur les gardiens qui sont au quotidien sur le terrain et qui représentent des ambassadeurs forts des valeurs du bailleur auprès des locataires.

### Recommandations

*« Tester et mettre les mains dans le cambouis ! Il ne faut pas s'arrêter à une unique prestataire car il existe de nombreuses bonnes idées. Il ne faut pas hésiter à questionner, expérimenter et à intégrer le plus d'acteurs possibles dans le processus de décisions (les maîtres d'œuvre, les gardiens, les locataires...). Nous avons choisi de mettre en place un fonctionnement agile, pour pouvoir ajuster la solution au fur et à mesure des retours d'expérience : la solution a été conçue pour pouvoir évoluer et être régulièrement mise à jour pour que tous les locataires aient accès à la dernière version du service proposé. Pour pouvoir répondre à cet objectif, le choix a notamment été fait de ne pas équiper les logements de tablettes tactiles afin d'éviter l'obsolescence prématurée du système ».*

**Contact : Adrien ROLLAND**, responsable Innovation  
Les Résidences Yvelines Essonne, Adrien.rolland@lesresidences.fr

de pouvoir tester sur un public différent (jeune actif, retraité, famille), l'attractivité des différents services numériques qui seront proposés et de faire émerger l'intérêt des différentes catégories de locataires pour chacun des services. Les équipements (objets connectés) seront identiques dans chaque logement, la généricité de la solution technique permettra de connecter différents services. L'ambition portée au travers de cette action est de développer un système d'utilisation simple et ludique s'adaptant à tout public. Des outils adaptés permettront aux habitants de mieux maîtriser leurs dépenses énergétiques, et de les accompagner dans ce changement de comportement. Une instrumentation de l'habitation sera réalisée comprenant des compteurs communicants et des

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.

## 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

### c) Les Serious Games



Un Serious Game est une application informatique qui combine une intention sérieuse (en l'occurrence ici sensibiliser et favoriser la sobriété énergétique), avec un environnement d'apprentissage ludique prenant la forme d'un jeu vidéo.

#### Exemples de Serious Game :

**EnerGAware** est un projet de recherche et d'innovation lancé en 2015 et développé par un consortium sept partenaires académiques, scientifiques et industriels de quatre pays européens dont EDF. Il est financé à hauteur de 2 M€ par l'Union européenne dans le cadre du programme Horizon 2020. Son objectif est **d'aider les ménages à atteindre une baisse de 10 à 20 % des consommations dans la vie réelle, en utilisant une sorte de jeu vidéo**. Pour commencer, le joueur se dote d'un avatar, configure et personnalise son foyer virtuel. Il doit ensuite opérer des arbitrages pour trouver le bon équilibre entre sa consommation d'énergie, son niveau de confort et les impacts financiers de ses choix, pour pouvoir continuer. L'innovation repose sur le fait que le joueur doit réaliser les bons choix aussi bien dans le jeu, que dans la réalité, puisque l'interface est connectée à un dispositif de relevé en temps réel des consommations électriques et de gaz installé dans le foyer. De fait, l'avancement du joueur dans le jeu dépend de l'évolution de son comportement et des économies qu'il réalise concrètement dans son foyer. Il peut ensuite partager et challenger ses performances sur les réseaux sociaux.



**« Les enjeux de l'énergie »** : Mis à disposition sur un site Internet dédié, il est le premier Serious Game développé à destination des **collèges et lycées** pour appréhender la chaîne de l'énergie dans sa globalité (production, transport/distribution, consommation, développement durable). Cet outil interdisciplinaire a été développé par GDF Suez en adéquation avec les programmes scolaires de physique, SVT, technologie, géographie. Un espace personnel sur le site permet aux enseignants de personnaliser leurs propres missions (à proposer aux élèves en classe ou à la maison). Un guide enseignant propose des pistes d'exploitation pédagogique de l'outil, autour des points de programmes abordés, de l'orientation... Ce jeu numérique permet également de lancer des défis interétablissements, interacadémies.

#### Retour d'expérience et pièges à éviter :

Les Serious Games sont à envisager principalement dans le cas d'une population plutôt jeune et connectée, déjà réceptive et mature pour s'engager dans un jeu vidéo (collégien, etc.). Ils interviendront en complément de dispositifs de sensibilisation et d'accompagnement plus classiques.

Comme toute application informatique, le Serious Game est soumis à des régimes de protection par le droit de la propriété intellectuelle. Le porteur de projet peut ainsi se rapprocher d'un éditeur de logiciel. En fonction de la quantité de contenu, de la qualité souhaitée, de l'étendue des développements demandés, de la technologie utilisée... le développement d'une telle solution numérique personnalisée peut devenir significativement coûteux.

## 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 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.»

#### d) Les nudges

Le *nudge*, ou «*coup de coude*» en français, est souvent traduit par «*coup de pouce*».

La théorie du nudge est un concept des sciences du comportement qui fait valoir que des suggestions indirectes peuvent, sans forcer, influencer les motivations, les incitations et la prise de décision des groupes et des individus, au moins de manière aussi efficace sinon plus efficacement que l'instruction directe, la législation ou l'exécution. Le constat est qu'uniquement interdire ce qu'il ne faut pas faire ou ne pas choisir ne fonctionne pas forcément.

Le nudge peut permettre de changer des comportements sans contrainte ni obligation et en n'impliquant aucune sanction. Pour ressembler à un simple «*coup de pouce*», l'intervention doit être simple et facile à esquiver. Mettre l'évidence directement sous les yeux est considéré comme un coup de pouce.

Ce concept paraît applicable ou en tout cas pertinent à expérimenter dans des objectifs de réduction de la consommation énergétique ou de l'empreinte carbone des habitants d'un quartier en renouvellement urbain.

## 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

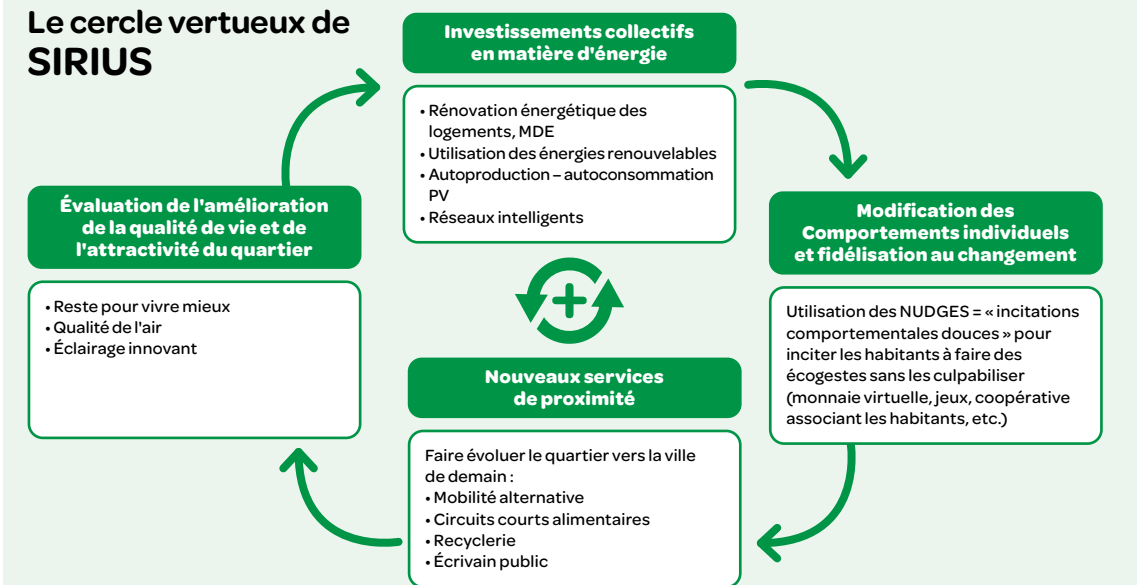
#### Contexte

Frais Vallon est un QPV situé dans le 13<sup>e</sup> arrondissement au nord-est de Marseille. Son périmètre compte 1348 logements locatifs sociaux dans 14 bâtiments du **baillieur social Habitat Marseille Provence (HMP)** et 89 logements du baillieur 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 métropolitaine (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

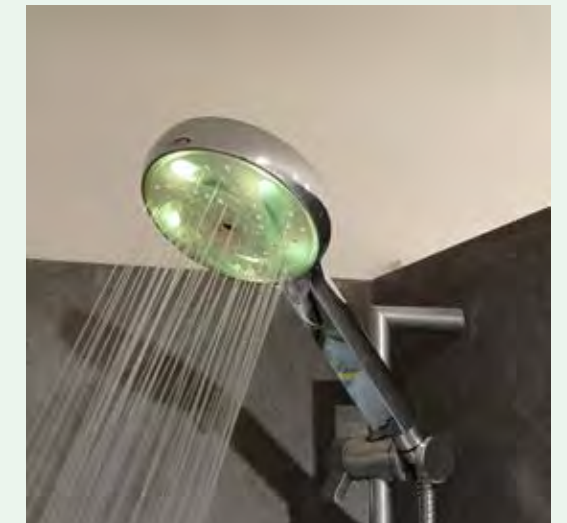
socio-environnemental (projet « Sirius »). Il avait été constaté des consommations énergétiques des logements (ECS + chauffage) plus élevées de 50 % par rapport à la moyenne nationale (221 kWh/m<sup>2</sup>/an contre 148 kWh/m<sup>2</sup>/an), et mécaniquement des dépenses associées également supérieures (24 € TTC/m<sup>2</sup>/an contre 14,3 € TTC/m<sup>2</sup>/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.

### Le cercle vertueux de SIRIUS



#### Actions mises en œuvre

Un pommeau de douche connecté est apparu comme un outil adapté pour inciter à modifier les comportements de consommation d'ECS des locataires. Ce dernier repose sur une **conception basse consommation** permettant de réduire mécaniquement la consommation lors d'une douche de 50 % en moyenne (avec accessoire limiteur). Le pommeau propose également une **incitation pédagogique** (il **change de couleur** tous les 10 litres, configuration par défaut mais modifiable). Les utilisateurs peuvent accéder à une application pour suivre leur consommation, visualiser les économies réalisées ou encore modifier les seuils de changement de couleur. Compte tenu des caractéristiques de la population (forte précarité et moindre connectivité en comparaison de la population hors habitat social), l'expérimentation a consisté à étudier : si le pommeau permettait de réaliser des économies d'ECS ; si la dimension connectée était un plus pour les habitants ; et si une sensibilisation préalable à ces aspects pouvait renforcer l'effet positif sur les comportements. Les 31 foyers retenus ont été répartis en 4 groupes homogènes : croisement des variables « sensibilisation » [sans ou avec – sensibilisation assurée par France Nature Environnement PACA], et « connexion du pommeau » [non connecté ou connecté – le pommeau en version « non connectée » n'était pas appairé au téléphone des locataires et ces derniers n'étaient pas informés de l'existence de l'application associée).



Pommeau de douche lumineux – Crédit : LPS UR 849

#### Bilan

Tout d'abord, **le pommeau apparaît globalement efficace pour réduire la consommation d'eau**. La consommation observée a été de 20,5 litres en moyenne (sur plus de 1500 douches mesurées). Sans accès aux données de consommation antérieures des locataires, les mesures de débit réalisées lors

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 installé. 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°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 réhibitoire 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'habituation).

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

de l'équipe) et doit être atteint uniquement grâce aux **changements de pratiques (sans investissement financier)**.

Pour participer, les familles volontaires s'inscrivent gratuitement sur le site Internet (directement en équipe ou bien en s'ajoutant à une équipe existante) et remplissent des informations sur leur logement, leurs équipements et leurs consommations. Elles sont alors contactées par un animateur spécialiste de l'énergie (souvent issus des espaces info énergie ou d'associations) qui les accompagnera tout au long de la démarche, notamment dans l'apprentissage de connaissances techniques sur le fonctionnement ou la manipulation de certains équipements. Elles répondent ensuite à un quizz de 100 questions afin d'évaluer leur potentiel de réduction et leurs connaissances. Au-delà de l'animateur, les équipes et les familles peuvent échanger entre elles toute l'année. Trois fois par an, elles se rencontrent lors d'**événements ludiques et festifs**, pour approfondir leurs connaissances, échanger et découvrir le **podium des familles les plus économes**. Ces familles ont ensuite

un rôle d'ambassadeur pour se faire le relais auprès des autres ménages de leur quartier des pratiques les plus vertueuses en matière d'économies d'énergie.

Dans le même esprit et dans une approche également environnementale, d'autres défis ont été développés tels que le **Défi familles zéro déchet**.

Point d'actualité : coordonné au niveau national par le CLER, le **programme Déclics (Défis citoyens locaux d'implication pour le climat et la sobriété)** succède au Défi familles à énergie positive, et propose désormais au grand public un ensemble de défis pour agir concrètement et de façon ludique pour le climat sur plus de thématiques : énergie, modes de consommation, alimentation, déchets, mobilité...



**Pour en savoir plus :** <https://cler.org/association/nos-actions/declics/>

### 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'écologistes 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 Méditerranée.

**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...

**Défis écoles** (sous le pilotage de la Communauté de Communes Vitry, Champagne et Der) : ces défis sont portés par les enseignants durant le temps scolaire mais sont également réalisés hors du temps scolaire au travers notamment du Contrat local d'accompagnement à la scolarité (CLAS) qui mène sur le groupe scolaire Louis-Pasteur un projet intitulé « Sauvons la planète ».

#### Actions mises en œuvre

Dans l'école primaire Louis-Pasteur, des **ateliers de travail** en petits groupes ont été menés par un prestataire, Les Petits Débrouillards :

- phase initiale **« brainstorming »** : qu'est-ce que l'énergie d'après les écoliers ?
- phase **« expériences »** : faisant découvrir les grandes notions liées à l'énergie : le principe des forces (faire décoller un gobelet grâce à la force de l'air et du mouvement), les différentes sources d'énergie et les circuits électriques (à quoi sert un moteur ?), l'isolation (qu'y a-t-il autour de nous, que doit-on isoler ?), le comportement de l'air en fonction de sa température (faire sauter le bouchon d'une bouteille grâce à la chaleur), la conduction thermique des matériaux (via de l'eau chaude)...
- dernière phase **« constructions »** : circuit électrique et pile citron, mini-éolienne, maquette de maison avec des matériaux d'isolation simples (carton, coton, aluminium) et réalisation d'un panneau explicatif de la construction (Défi garder sa maison chaude), construction d'une maquette de l'école du futur.

La construction d'une maquette de l'école du futur est le projet phare collectif de l'ensemble de la classe sous la direction de l'enseignante visant à élaborer une maquette uniquement avec des objets de récupération (carton, bouchons de liège coton, mousse, etc.), pensée pour en faire une école à énergie positive avec l'installation d'énergies renouvelables, des toitures végétalisées, d'une isolation performante, d'un bassin de récupération de l'eau de pluie, etc. Les élèves ont réalisé des panneaux pour accompagner et expliquer la maquette.

#### Bilan de la première année

Les supports offerts par Les Petits débrouillards ont permis aux enseignants de s'engager pleinement dans cette démarche. Les élèves ont été très réceptifs et très demandeurs, et ces défis leur permettent de devenir

des relais de ces préoccupations auprès de leur famille. L'action a prouvé son efficacité par son impact remarqué l'année suivante. Passés en classe supérieure, les élèves ayant participé aux Défis sont désormais très sensibles au gaspillage de l'électricité (ex. : forte attention portée aux lumières qui restent allumées sans raison dans l'école), ont globalement des réflexions démontrant une meilleure compréhension, et sont soucieux de mettre en pratique des écogestes pour économiser l'énergie. Facteurs de réussite : compétences de l'animateur, notamment bon relationnel auprès des enfants et rythme imprimé lors des séquences de travail ; caractère scientifique de la démarche, à bien mettre en valeur (questionnement, hypothèses, vérification, conclusion). Points d'amélioration : choix des thèmes parfois un peu trop généraux et pas toujours en rapport étroit avec les souhaits de l'instituteur ; manque de matériel, et des expériences qui ne fonctionnent pas toujours (« si ça avait fonctionné, on aurait dû voir... »).

#### Perspectives

Les prochaines actions porteront sur :

- la sensibilisation et l'accompagnement des habitants au sujet du recyclage et du réemploi, des objets de seconde main, avec détournement ou création à partir de matériaux réutilisables issus des chantiers de déconstruction (blocs béton, palettes...);
- la création d'un Serious Game de sensibilisation à l'environnement pour les élèves et les enseignants, l'outil simulant au plus proche le fonctionnement réel de la future école (visée pédagogique affirmée au travers d'un jeu vidéo « technique » – ce ne sera pas un jeu « de loisir »);
- la création d'un jardin partagé avec une partie « classique » et une partie « permaculture » afin d'inciter les habitants à jardiner et consommer autrement (en collaboration avec des associations locales);
- la lutte contre le gaspillage à commencer par des ateliers de réparation de vélos;
- la reconstruction des habitats naturels et la protection du vivant, par exemple avec la création, l'implantation et le suivi dans la durée de nichoirs et de gîtes pour petits mammifères.

**Contact** : **Sophie GAUBERVILLE**, cheffe de projet, Ville de Vitry-le-François - sgauberville@vitry-le-francois.net

### 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

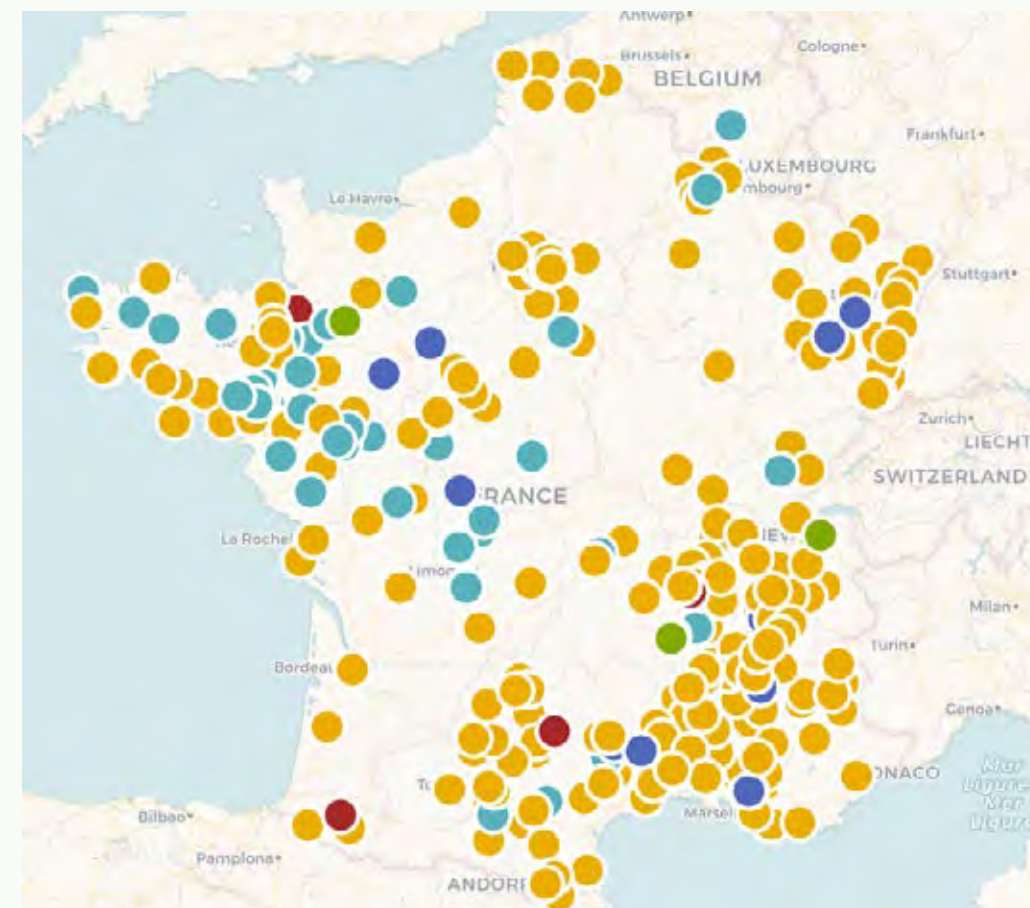
Énergie partagée accompagne les initiatives de production d'énergies renouvelables qui associent les habitants et acteurs de leur territoire.



**19 501** actionnaires citoyens  
de sociétés citoyennes locales ont investi  
**32,7 M€**

**456** collectivités actionnaires  
en direct ou via une SEM ont investi  
**15,4 M€**

**6 500** actionnaires citoyens  
nous ont confié leur épargne à hauteur de  
**27 M€**



Équivalent à la consommation électrique hors chauffage et eau chaude sanitaire de **693 485 personnes**  
Sur la base de 1 172 kWh d'électricité par personne et par an

Équivalent à la consommation en chauffage de **9 412 personnes**  
Sur la base de 4,5 MWh de chaleur par personne et par an

**Exemple de projet réalisé avec un bailleur social :**  
À Vienne, en Isère, Énergie partagée s'est associé à la société Subsol et au bailleur social Advivo pour équiper 265 toitures en panneaux solaires d'une puissance de 9 kWc. C'est un projet porté par le maire, financé par les collectivités locales et les citoyens, et développé pour valoriser le territoire. Des actions de sensibilisation à l'efficacité énergétique auprès des locataires sont prévues. Les 265 toitures PV,

d'une puissance totale de près de 2 MW, sont en service depuis décembre 2019. Le bilan est une production annuelle de 2097 MWh, soit la consommation électrique annuelle de 1789 personnes (hors chauffage et eau chaude sanitaire).

**Plus d'informations :** <https://energie-partagee.org>  
**Contact :** [association@energie-partagee.fr](mailto:association@energie-partagee.fr)



### 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 recouvrer 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, outils, 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 réhabilitation 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 (petite plomberie, «chasse aux fuites», etc.).

**3.** Enfin, l'association **accompagne les ménages dans la réalisation de travaux dans leur logement** : travaux de second œuvre voire de gros œuvre, et tout corps d'état pour des sorties d'insalubrité. Ces travaux peuvent être de l'ordre du confort ou de la correction thermique (**installation d'un mode de chauffage simple ou d'une VMC simple flux, isolation de certaines pièces**). L'association réalise également une mission d'AMO auprès des habitants pour les accompagner dans la mise en œuvre de chantiers plus complexes, de rénovation énergétique notamment. Ces interventions se font majoritairement auprès de propriétaires occupants. Elles visent des travaux d'efficacité énergétique et des rénovations globales et performantes, grâce à un **accompagnement sur mesure** (diagnostic, montage du dossier de financement, réalisation des travaux, etc.), en diffus, ou grâce aux missions de suivi-animation de lot ARA qui leur sont confiées dans le cadre de dispositifs d'amélioration de l'habitat (PIG, Plan de sauvegarde, OPAH, MOUS). Pour les tranches

de travaux qui ne pourraient être réalisées par le ménage, les CB comptent sur un réseau de professionnels partenaires labellisés RGE. L'association peut s'appuyer également sur ses **plateformes de réemploi Soli'Bât**, qui permettent l'accès à des équipements et des **matériaux principalement écologiques et biosourcés à faible coût**.

À travers ces actions, les CB accompagnent les personnes précaires en vue d'un mieux-être dans leurs logements, mais permettent également pour faire évoluer les pratiques dans l'habitat pour aller vers plus de sobriété environnementale.

**DASSIEU Martin**, directeur du Développement et de l'innovation - m.dassieu@compagnonsbâisseurs.eu  
**BASSET Eléonore**, chargée de mission Habitat - e.basset@compagnonsbâisseurs.eu  
**MILET Lydie**, chargée de mission Rénovation énergétique - l.milet@compagnonsbâisseurs.eu

## 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 Bâisseurs



#### 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 Bâisseurs 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 Bâisseurs 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.

Les interventions se font en priorité chez les ménages ayant les baux les plus anciens, car ce sont eux qui auront les plus fortes augmentations de loyers. Les travaux réalisés sont définis au cas par cas avec les habitants, et sont limités à deux pièces par logement et/ou dix jours d'intervention et/ou un budget matériaux de 650 €. Pour mener à bien ces chantiers, les Compagnons Bâisseurs mobilisent notamment leur plateforme de réemploi Soli'Bât. Elle a pour objectif de collecter auprès d'entreprises, fournisseurs et artisans, des dons de matériels et matériaux. Elle permet :

- de recueillir des dons en matériaux et matériels auprès d'entreprises du bâtiment, de fournisseurs ou de particuliers : fins de chantier, stocks morts, etc. ;

- d'attribuer, sous conditions, des dons aux ménages et aux associations bénéficiaires sur demande ;
- de favoriser la mise en œuvre de ces matériaux et matériels sur des chantiers de réhabilitation du bâti ou de réhabilitation thermique pour les bénéficiaires, que ce soit sur des chantiers « classiques » menés par des artisans ou en autoréhabilitation accompagnée ou encadrée : par un tiers compétent, tels que les Compagnons Bâisseurs ou en autogestion.

L'utilisation de ces matériaux récupérés via Soli'bât pour la réalisation des chantiers d'ARA a un impact à la fois économique pour le ménage modeste, mais aussi écologique. À titre d'exemple, pour la réfection d'un sol dans un T3 (75m<sup>2</sup>, en prévoyant la pose d'un lino), les économies prévisionnelles sont les suivantes :

	Coût du sol	Impact carbone
<b>Matériau acheté neuf</b> (entrée de gamme)	13,95 €/m <sup>2</sup> , soit 1046 €	60,5 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> , soit 4,5 tonnes de CO <sub>2</sub>
<b>Matériau issu de Soli'bât</b> (qualité supérieure)	4,17 €/m <sup>2</sup> , soit 312 €	0 + économie liée au traitement de ce type de sol de 7,2 kg de CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> soit 540 kg de CO <sub>2</sub>
<b>Économies réalisées</b>	-733 €	-5 tonnes de CO <sub>2</sub>

#### Bilan

Le projet d'ARA vient compléter les réhabilitations thermiques conduites par les bailleurs sur leur patrimoine, en garantissant une bonne finition des travaux par l'habitant lui-même, mais aussi une bonne appropriation et compréhension du logement par son locataire (charges, système de chauffage, ventilation, etc.). Le bilan à mi-parcours du projet fait état d'une grande satisfaction des familles accompagnées, ainsi que d'un travail partenarial optimisé, avec les bailleurs sociaux notamment. Entre novembre 2019 (lancement du projet) et décembre 2020, l'association a été en contact avec 118 ménages. Parmi ces ménages, 36 ont bénéficié du projet, 56 sont intéressés et en cours de réflexion, et 26 ont refusé. Parmi les ménages ayant bénéficié d'un chantier, 75 % ont souhaité apprendre des savoir-faire techniques, et 72 % ont même commencé les travaux avant le début du chantier d'ARA. Au total ce sont 115 pièces qui ont été rénovées, pour un budget matériaux d'une moyenne de 572 € par chantier (dont 21 % à la charge des ménages).

La participation des habitants sur leur chantier, ainsi que l'entraide avec des bénévoles est un axe structurant du projet. La crise sanitaire est toutefois venue contraindre le bon déroulement des chantiers. La vulnérabilité des publics cibles, à cause de leur âge et de leurs problèmes de santé, a empêché l'intervention chez de nombreuses personnes pourtant éligibles au projet. Sur la première année de déploiement, la participation aux chantiers a toutefois représenté 263 jours de travail par les habitants dans leur logement, 33 jours de mobilisation par des bénévoles et 78 journées de travail de volontaires en service civique.

#### Perspectives

Au vu du succès et de l'impact très positif de cette opération dans le NPNRU Orléanais, l'autoréhabilitation accompagnée a vocation à se poursuivre et s'amplifier, avec la prévision de 200 nouveaux chantiers entre 2022 et 2026.

**Contact :** **Virginie BOIREAU**, Directrice - v.boireau@compagnonsbâisseurs.eu et **Guillaume BEC**, Coordinateur territorial - g.bec@compagnonsbâisseurs.eu, Compagnons Bâisseurs Centre-Val-de-Loire

# 5

## 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

avec le **développement de filières locales** qui créeront des **emplois** dans les territoires.

**Le NPNRU, qui vise une transformation en profondeur des quartiers, représente une véritable opportunité de pouvoir expérimenter** de nouvelles pratiques sur tous ces sujets et d'avoir des retours d'expérience concrets par l'ampleur des financements et des travaux réalisés, et par le nombre et la typologie des acteurs rencontrés. Les expérimentations initiées en la matière devront faire l'objet d'une évaluation sur le long cours, pour envisager les impacts énergétiques et carbone à toutes les phases des projets, et en particulier après la livraison des opérations, en phase d'exploitation et donc de vie des quartiers.

Dans le cadre des réunions du groupe de travail dont le présent document est issu, plusieurs sujets appelant l'innovation et l'expérimentation pour tendre

vers la performance énergétique et environnementale globale des quartiers n'ont par ailleurs pas pu être suffisamment étudiés et **pourront faire l'objet de nouveaux cycles de rencontres :**

- approfondissement de l'approche à l'échelle quartier;
- nature en ville et urbanisme favorable à la biodiversité;
- gestion de l'eau (pluviale, usée, grise);
- qualité de l'air;
- zéro artificialisation;
- adaptation au changement climatique (ex. : lutte contre les îlots de chaleur);
- enjeux de résilience;
- mobilités alternatives et/ou décarbonées;
- relocalisation des productions et consommations...
- ... et autres facettes de la transition énergétique et écologique à explorer ensemble.

### CONTACTS

#### Pilotage du groupe de travail et rédaction

- **Stéphanie GAUCHER**, architecte urbaniste, Inddigo - s.gaucher@inddigo.com
- **Michel CASSINI**, directeur adjoint pôle Transitions, EGIS Conseil - michel.cassini@egis.fr
- **Jean-Benoît CARIOU**, chargé de mission Innovation et Transition écologique, ANRU - jcariou@anru.fr
- **Kim CHIUSANO**, responsable du pôle Innovation et ville durable, ANRU - kchiusano@anru.fr

**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](http://www.anru.fr)



ISBN : 978-2-9566379-6-7



9 782956 637967