

CVC

CONDITIONNEMENT D'AIR

CHAUFFAGE

VENTILATION

LE DOSSIER DES CLIMATICIENS
www.aicvf.org

octobre 2024

EXTRAIT
DU HORS-
SÉRIE N° 1
DE CVC

Efficiency : dix ans d'innovation pour la transition énergétique urbaine





Efficacity : dix ans d'innovation pour la transition énergétique urbaine

Dossier coordonné par Jean-Christophe Léonard (EDF R&D, comité de rédaction) et Jean Laterrasse (Efficacity, conseiller scientifique).

Traditionnellement, les bureaux d'études thermiques se concentrent sur des bâtiments individuels. Cependant, qu'il s'agisse de rénover un bâtiment existant ou d'en construire un nouveau, les décisions sont souvent prises en amont, basées sur des réflexions stratégiques à l'échelle d'un quartier, d'un parc de bâtiments, d'une ville, voire d'une métropole. Pour se projeter efficacement dans le futur et sur une large échelle spatiale, des outils adéquats sont alors nécessaires. C'est là qu'intervient Efficacity, un centre de recherche et de développement dédié à la transition énergétique des territoires urbains. Créé en 2014, cet institut souffle cet été ses dix bougies. Pendant ces dix années, au contact d'acteurs publics et privés, Efficacity a conçu et amélioré de

manière itérative de nouveaux outils, méthodes et solutions opérationnelles. Aujourd'hui, ces travaux atteignent leur maturité et sont prêts à être diffusés plus largement au sein de la filière. Dans ce dossier, nous invitons nos lecteurs à les découvrir. Tout d'abord, l'apport des Systèmes d'Information Géographique (SIG), transverses à toutes réflexions de stratégie énergétique, est présenté, qu'il s'agisse soit de détecter les bâtiments raccordables à un réseau de chaleur, soit d'analyser un potentiel d'ENR&R à l'échelle d'un territoire, avec EnergyMapper. Ensuite, des exemples illustrent la simulation des infrastructures énergétiques permises par le logiciel Powerdis. La réflexion peut être d'ailleurs encore plus globale, en intégrant, l'analyse du cycle de vie du quartier, la mobilité, l'eau et les déchets avec le logiciel UrbanPrint.

→ CROISEMENT DE DONNÉES → SIG → RÉSEAUX DE CHALEUR → BÂTIMENTS

Méthode de détection de bâtiments raccordables aux réseaux de chaleur

→ Les Réseaux de Chaleur Urbain (RCU) accompagnent les collectivités vers la décarbonation des territoires grâce à leur capacité à être alimentés par des énergies renouvelables et de récupération -EnR&R- (63 % dans les RCU en France en 2021). De nombreux projets de création et d'extension de RCU se développent. Cependant, tous les bâtiments ne peuvent pas être raccordés aux RCU car leurs systèmes de distribution de chauffage ne sont pas compatibles. Efficacity a créé une méthode de croisement de données géolocalisées pour détecter les bâtiments raccordables aux RCU de manière fiable et rapide et définir des scénarios pertinents de développement.

1. Contexte

Les RCU en France évoluent à la hausse. Ils sont 898 en 2021 (+ 100 par rapport en 2019) et poursuivent leur verdissement (63 % EnR&R en 2021 contre 34 % en 2012). Les objectifs à l'horizon 2030 sont ambitieux : 52 TWh livrés par les RCU (contre 30 TWh en 2021) dont 75 % sous forme d'EnR&R.

Historiquement associés aux grandes villes, ces RCU s'implantent aujourd'hui dans des communes plus petites. LADEME, en plus du Fonds Chaleur pour subventionner les projets de RCU vertueux, accompagne ces implantations grâce au dispositif « Une ville, un réseau » qui porte une partie du financement d'études de faisabilité de création de RCU dans les villes de moins de 50 000 habitants.

Parallèlement, les collectivités disposent de nouvelles plateformes pour déceler des opportunités de projets de RCU (EnRezo - CEREMA, France Chaleur Urbaine - Etat, schéma national des réseaux de chaleur 2030 - Via Séva) avec des approches diverses pour cibler des zones de développement.

Cependant, il est impératif pour aller plus loin dans la faisabilité de savoir quels bâtiments raccorder aux RCU. En effet, il est préférable que le bâtiment soit équipé d'une distribution de chaleur à eau (chaudières collectives) pour se raccorder. Dans les autres cas les plus classiques en milieu urbain (chaudières individuelles ou chauffage électrique), les travaux nécessaires pour installer ces colonnes d'eau sont prohibitifs et rarement soutenables.

C'est dans ce contexte qu'Efficacity a développé une méthode, en grande partie automatisée, reposant sur un croisement de multiples bases de données décrivant les bâtiments et leurs caractéristiques, qui permet de détecter les bâtiments équipés de chaudières collectives.

2. Explication de la méthode

La méthode est composée de trois étapes :

- Identification des bâtiments disposant d'un système de

chauffage collectif :

- Détermination des besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) ;
- Projection des besoins sur la voirie.

La première étape est la plus innovante et fait la plus-value de cette méthode. Plusieurs bases nationales, accessibles en open data sont utilisées. Elles caractérisent les bâtiments (BDNB - CSTB, BD TOPO® - IGN), les consommations en énergie (données locales de consommations d'énergie - MTECT - SDES), et les systèmes de chauffage et d'ECS (DPE - ADEME et données du recensement - INSEE).

La constitution d'une base unique, à l'échelle bâtiminaire, regroupant toutes les informations disponibles et nécessaires, est réalisée grâce à des requêtes spatiales entre les différentes bases sources, via un outil SIG. Ces requêtes consistent à harmoniser, pour chacun des bâtiments, les données de ces bases sources, initialement fournies à des échelles différentes (logement, adresse, bâtiment ou parcelle). Ces données sont soit les systèmes de chauffage du bâtiment, soit des informations permettant de déterminer ces systèmes grâce à des hypothèses.

Des recalages manuels et des vérifications permettent d'optimiser les résultats obtenus. En effet l'utilisation de données de différentes sources et échelles spatiales entraîne des biais. Enfin, un indicateur de fiabilité, selon les sources utilisées, permet d'ordonner les bâtiments repérés.

L'estimation des besoins thermiques est ensuite réalisée à l'aide de ratios annuels qui tiennent compte des caractéristiques compilées (usage, surface, année de construction et mode constructif associé) dans la base finale des bâtiments. Enfin, une projection à la voirie des besoins des plus gros consommateurs permet d'obtenir des densités thermiques¹ minimales. Pour rappel, elle doit être supérieure à 1,5MWh/

1. Densité thermique : quantité d'énergie desservie par un RCU ramenée à la longueur du réseau.

m/an pour que les projets soient éligibles à des subventions. Cette dernière étape offre la possibilité de prédéfinir un tracé du RCU raccordant les parcelles les plus énergivores.

3. Cas pratiques

Cette méthode a pu être testée sur différents territoires, dans le cadre de diverses études. Les résultats de deux exemples sont présentés succinctement ci-après.

Grand Poitiers

Dans le cadre du schéma directeur du RCU de la communauté urbaine de Grand Poitiers, cette méthode a été appliquée afin d'explorer les pistes de densification et d'extension du RCU existant. Les résultats (cf. fig.1) ont montré que, dans un périmètre géographique défini avec la collectivité, plus de 110 bâtiments sont raccordables (66 % de bâtiments de logements collectifs) pour des besoins thermiques de plus de 80 GWh/an.

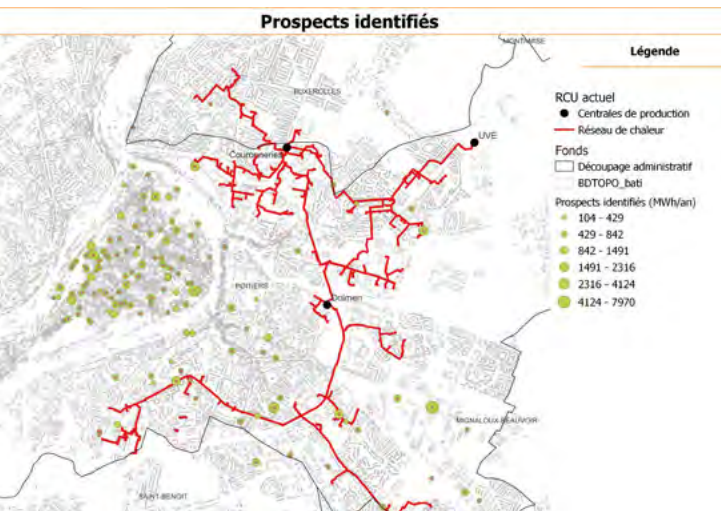


Figure 1 : Illustration des résultats obtenus pour l'identification de bâtiments raccordables

Ces résultats ont alimenté des ateliers avec la collectivité où plusieurs conclusions ont été tirées sur les zones prioritaires de raccordement et les chemins d'extension les plus intéressants, en prenant en compte les spécificités du territoire (passage d'une rivière, accès à des quartiers de la vieille ville impossible).

Il en a résulté un scénario d'extension en trois branches où 35 GWh/an seraient distribués par le RCU (environ 3600 équivalents-logement). Il est important de noter que ce scénario d'extension est une amélioration d'un précédent scénario imaginé avant la réalisation du schéma directeur et qui ne prenait pas en compte autant de prospects.

Toujours dans le cadre du schéma directeur, ce scénario avec trois extensions a été modélisé et simulé avec PowerDIS, le logiciel de simulation énergétique dynamique codéveloppé par Efficacity et le CSTB. Ces simulations ont permis de :

- vérifier l'intérêt technique de ces branches d'extension (calcul des densités thermiques de chacune des branches) ;
- analyser la capacité du réseau actuel à pouvoir injecter de l'énergie supplémentaire ;

- évaluer le taux d'EnR&R associé à trois scénarios d'extension.

Métropole Rouen Normandie

Sur le territoire de la Métropole Rouen Normandie, l'objectif était de détecter des bâtiments, résidentiels ou tertiaires, compatibles au raccordement aux RCU dans le cadre d'un projet d'extension et d'interconnexion, sur le secteur de la rive gauche de la Seine.

L'application de la méthode a augmenté de près de 30 % le volume des bâtiments raccordables identifiés lors d'une étude précédente mandatée par la Métropole, soit plus de 20 GWh/an estimés.

L'automatisation du croisement des données géolocalisées offre un gain de temps appréciable comparé à une étude classique. Les résultats (cf. fig. 2) disponibles sous forme de rendus cartographiques ont permis à la Métropole d'envisager des projets d'extension plus ambitieux qu'initialement planifiés.

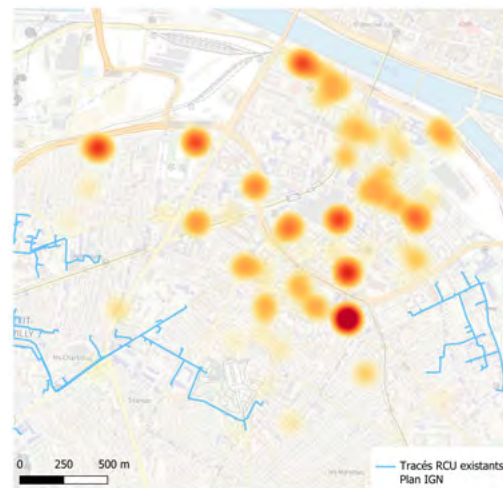


Figure 2 : Illustration en densité thermique estimée des potentiels de raccordement

4. Perspectives

Cette méthode, validée sur plusieurs cas d'application, est en cours d'amélioration. De plus en plus de bases de données présentant des informations sur les bâtiments sont disponibles et il est pertinent de capter toutes ces données pour rendre la méthode encore plus complète et fiable. L'automatisation de la plupart des étapes est également en cours, notamment pour les recalages nécessaires liés à des imprécisions des données d'entrée.

D'autres cas d'application sont réalisés à travers diverses études. Enfin, il est prévu d'intégrer cette méthode à la suite logicielle d'Efficacity.

Sophie Caro Ledard, responsable SIG Efficacity



Samuel Chiche, chef de projet réseaux de chaleur, Setec énergie environnement



→ ENR&R → SCÉNARIOS → MIX ÉNERGÉTIQUES

Identification, caractérisation et scénarisation des gisements d'énergies renouvelables et de récupération à l'échelle d'un territoire avec EnergyMapper

→ Le potentiel des gisements d'Énergie Renouvelable et de Récupération (ENR&R) d'un territoire n'est généralement pas connu de façon exhaustive et quantitative par les divers acteurs concernés.

Cela freine considérablement le déploiement des ENR&R à l'occasion des projets d'aménagement à l'échelle d'un quartier, ou à l'occasion des exercices de planification bas carbone à l'échelle d'une collectivité. EnergyMapper a été développé pour répondre aux besoins de ces projets et exercices.

Ce que permet de faire EnergyMapper

EnergyMapper peut être utilisé à différentes échelles territoriales (département, collectivité, quartier, etc.) et facilite le déroulement de toutes les études relatives à l'identification des meilleurs gisements d'ENR&R à ces différentes échelles de territoires et au choix de ces gisements pour la création/extension de Réseaux de Chaleur et de Froid Urbain (RCFU), en particulier dans les cas d'usage suivant :

- Les études réalisées à la demande des collectivités (par un AMO/BE) comme les schémas directeurs de réseaux thermiques, les SCOT, les PCAET, ou encore les études de pré-faisabilité pour la création ou l'extension de réseaux thermiques avec une valorisation des gisements ENR&R locaux ;
- L'alimentation des réflexions/études en phase de réponse à appel d'offres (aménageur, AMO, exploitant) ;
- Les études prospectives et de pré-faisabilité (réalisées par les bureaux d'études, aménageurs, industriels ou organismes de R&D).

Le logiciel se différencie par sa facilité d'utilisation et son côté pédagogique, qui permettent de générer des premiers résultats de simulations avec une précision au pas de temps horaire.

Dans un premier temps, EnergyMapper permet de localiser sur une carte et de caractériser les gisements ENR&R suivants sur différentes échelles territoriales :

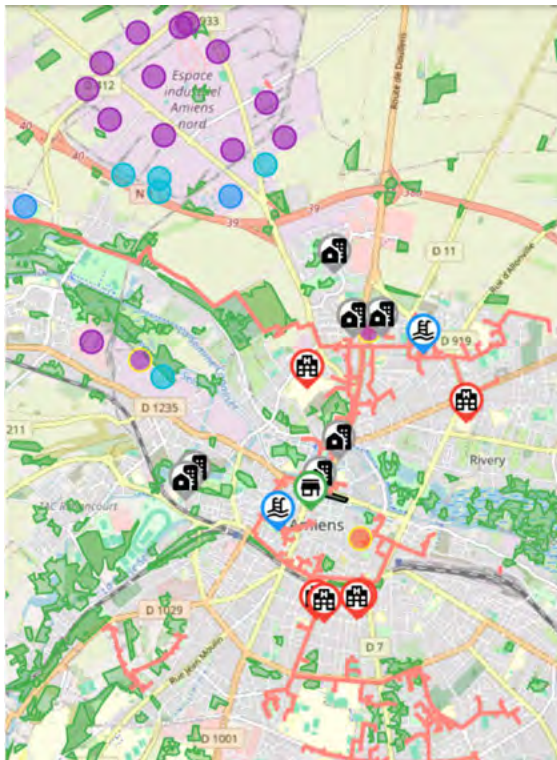
- Solaire thermique et photovoltaïque ;
- Géothermie superficielle et sur nappe aquifère ;
- Biomasse bois-énergie (hors déchet) ;
- Biogaz (biométhane, pyrogazéification, méthanation) ;

- Chaleur fatale urbaine (réseaux d'assainissement des eaux usées, stations d'épurations, entrepôts frigorifiques, datacenters, unités d'incinération des ordures ménagères) ;
- Chaleur fatale industrielle.

EnergyMapper permet aussi d'afficher (ou donner une indication de la localisation) les tracés des réseaux thermiques existants ainsi que les bâtiments identifiés comme étant gros consommateurs (par exemple : piscines, hôpitaux, centres commerciaux, gros logements collectifs, etc.)

Dans un second temps, EnergyMapper permet de simuler dynamiquement (i.e. au pas de temps horaire, sur une année) la valorisation énergétique des gisements thermiques et de proposer les mix énergétiques les plus intéressants selon des critères environnementaux (taux d'ENR&R) et économiques (LCOE, pour Levelized Cost Of Energy, en français « coût global actualisé de l'énergie »). Cet indicateur économique prend en compte les coûts d'investissement, de maintenance et d'énergie nécessaires au fonctionnement de la solution, actualisé sur 20 ou 25 ans), en testant différents scénarios de dimensionnement et combinaison des gisements identifiés lors de la première étape, tout en les comparant avec des besoins identifiés. Afin de renseigner ces derniers, il est possible de spécifier la ou les typologies de bâtiments (logement individuel/collectif, bureau, école, etc.) du territoire d'étude, leurs périodes de construction et leurs surfaces de plancher (le logiciel va alors calculer les profils dynamiques des besoins énergétiques) ou alors d'importer ses propres courbes de charges.





L'outil permet aussi d'estimer le potentiel solaire photovoltaïque en autoconsommation d'un quartier spécifique, et



Légende de la carte :

- Entrepôt frigorifique
- Datacenter
- Chaleur fatale industrielle
- Station d'épuration
- Usine d'incinération des déchets
- Biomasse
- Géothermie sur nappe
- Géothermie sur sonde
- Réseau d'assainissement des eaux usées
- Réseau de chaud

Figure 1 : Interface graphique d'EnergyMapper sur la commune d'Amiens et mise en perspective des gisements ENR&R (et sa légende), le tracé du réseau local, ainsi que certains gros consommateurs.

-  Logement collectif
-  Hôpital
-  Piscine
-  Centre commercial

d'optimiser la surface de panneau à déployer sur trois paramètres : le meilleur LCOE, le meilleur taux d'autoconsommation et le meilleur taux d'autoproduction.

Comment fonctionne EnergyMapper

Le logiciel s'appuie en premier lieu sur des bases de données géolocalisées caractérisant les gisements ENR&R sur le territoire de la France Métropolitaine. Ces dernières sont

construites à partir du croisement de plusieurs bases de données publiques ou privées dont les accès sont fournis par ou coconstruites avec les membres d'Efficity. Par ailleurs, la base de données construite afin de caractériser le gisement de chaleur fatale industrielle sur le sol français métropolitain a été choisie par le CEREMA et l'ADEME pour caractériser ce gisement sur la plateforme EnRezo. En plus d'une ou plusieurs bases de données, chaque gisement est caractérisé grâce à un modèle physique per-

Meilleurs LCOE par tranche de taux EnR&R cible

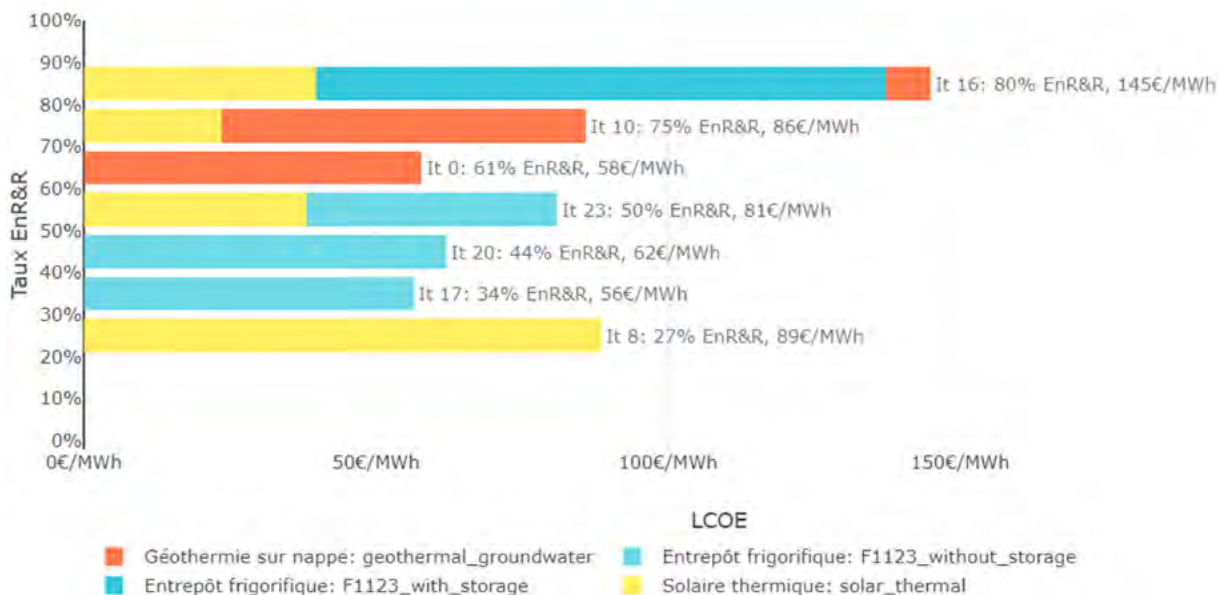


Figure 2 : Résultat d'EnergyMapper montrant les mix énergétiques les plus pertinents pour un territoire spécifique. Dans le graphique ci-dessus « It » signifie « Itération ».

mettant de quantifier sa valorisation énergétique à un pas de temps horaire. Ces modèles permettent d'identifier les gisements qui couvrent, en partie ou en totalité, les besoins énergétiques du périmètre d'étude spécifié par l'utilisateur. Ce dernier a le choix de l'utilisation ou non de chaque ENR&R présente sur le territoire pour l'optimisation des mix énergétiques au regard des besoins. Pour chaque gisement utilisé, l'algorithme d'EnergyMapper va classer ceux jugés les plus rentables, et les utiliser en priorité pour couvrir les besoins énergétiques horaires via plusieurs combinaisons de dimensionnement de ces gisements, caractérisant ainsi les scénarii simulés. Au final, EnergyMapper fournira une base de scénarii combinant les différents gisements ENR&R sélectionnés par l'utilisateur. Ces scénarii donneront les potentiels énergétiques récupérables pour chaque gisement au pas de temps horaire en prenant en compte des contraintes d'exploitation. Ces profils horaires pourront intégrer une variante avec stockage d'énergie. A chaque scénario seront associés les indicateurs pertinents :

- taux de couverture des besoins ;
- taux d'ENR&R ;
- coût global (coût global : LCOE, coût d'investissement, coût de l'énergie consommée, coût de maintenance) ;
- CO₂ équivalent émis par unité d'énergie ;
- et d'autres...

Des exemples de mise en application d'EnergyMapper

Une étude EnergyMapper a été réalisée sur la Communauté Urbaine du Grand Poitiers (CUGP) dans le cadre d'une mise à jour de son schéma directeur des énergies sur les réseaux de chaleur et de froid urbains. En seulement un jour, il a permis de géolocaliser et de quantifier l'ensemble des gisements ENR&R présents sur les 40 communes du CUGP. L'objectif a été aussi de voir si de nouveaux gisements ENR&R étaient intéressants à raccorder ou non au réseau existant. La conclusion de l'étude a été négative pour cause d'un potentiel trop faible, d'une intermittence trop élevée, ou d'un site trop éloigné de la production des nouveaux gisements ENR&R identifiés. Une étude plus poussée est en cours pour Amiens Métropole et Amiens Aménagement où l'outil est utilisé pour l'identification et la caractérisation des gisements ENR&R des territoires des deux structures. Pour la seconde, un focus tout particulier est réalisé afin d'estimer le ou les mix

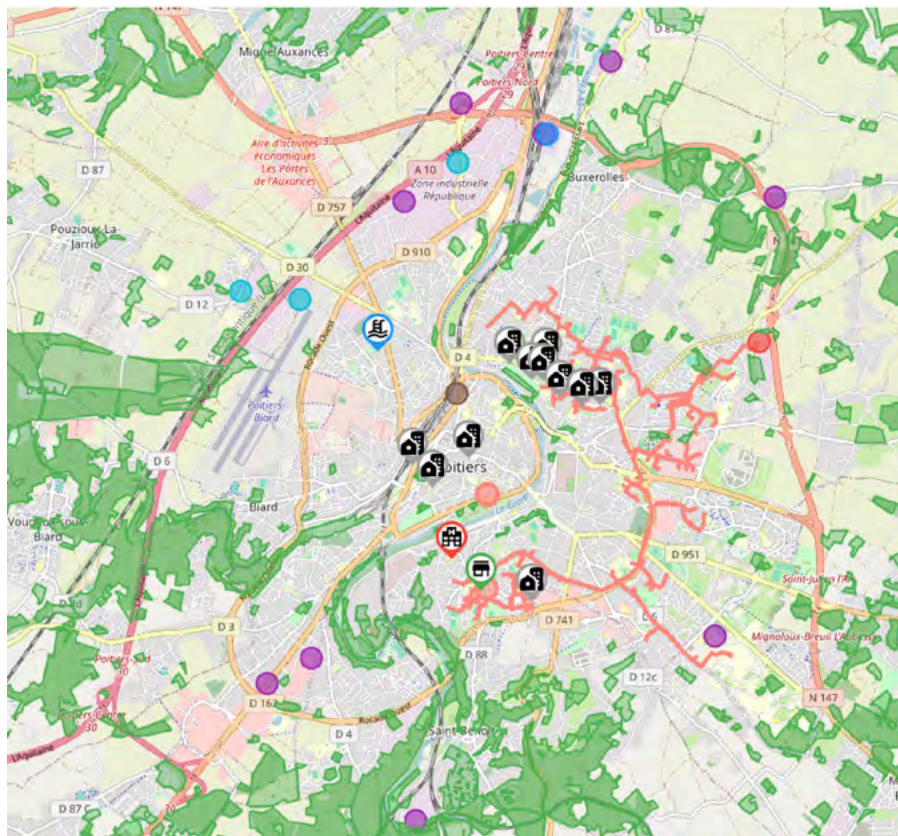


Figure 3 : Capture d'écran d'EnergyMapper présentant les gisements ENR&R, le réseau de chaleur et les gros consommateurs présents sur le périmètre de la CUGP (voir légende en figure 1).

énergétiques les plus pertinents à développer sur l'extension du réseau de chaleur existant sur une ZAC en rénovation.

Une arrivée imminente

EnergyMapper est encore en développement et sera commercialisé d'ici fin 2024. L'outil a déjà été et sera testé dans de nombreux projets, et une adaptation au contexte de La Réunion est prévu pour cette même période. En conclusion, EnergyMapper présente ainsi les premiers contours d'une stratégie énergétique, qui devra être complétée par des études plus approfondies sur chaque gisement ENR&R, notamment sur les gisements de chaleur fatale en lien avec les producteurs de cette chaleur. Ainsi, la principale valeur ajoutée d'EnergyMapper est, de façon très rapide et sans étude chronophage, de mieux connaître le potentiel énergétique d'un territoire et de définir les meilleures pistes notamment pour la création ou l'extension de réseaux thermiques avec un mix énergétique le plus décarboné possible.

Ludovic Durbiano
(chef de projet R&D),



Nicolas Bauclin
(ingénieur de recherche)



Modélisation de la stratégie énergétique d'un quartier avec l'outil PowerDIS

➔ Auxerre A.M.B.I.T.I.E.U.S.E. fait partie des projets lauréats de l'AMI France 2030 « Démonstrateurs de la ville durable ». Centré sur la revitalisation de deux quartiers via la création de zones mixtes sur un ancien site industriel réhabilité, ce projet comprend une phase d'incubation visant à conforter des choix stratégiques par des études techniques poussées. L'outil PowerDIS y est utilisé pour vérifier la pertinence de solutions énergétiques, et en proposer un premier dimensionnement. L'étude étant en phase d'incubation, les orientations techniques pourront être amenées à évoluer. Les résultats des études affichés ici sont donc provisoires.

PowerDIS dans le projet A.M.B.I.T.I.E.U.S.E.

L'outil PowerDIS a été déployé entre avril 2023 et mai 2024 pour une série de modélisations visant à appuyer les réflexions de la ville autour de la stratégie thermique et électrique du projet d'Auxerre A.M.B.I.T.I.E.U.S.E. Les études ont été réalisées par les équipes d'Efficacity et de SUEZ Consulting, utilisateur partenaire de longue date mandaté pour le projet. Cet accompagnement technique comprend :

- La simulation des besoins énergétiques des bâti-

ments selon les évolutions du projet :

- Le suivi de l'impact des évolutions du plan masse sur la demande énergétique du projet ;
- Une proposition de tracé de réseau de chaleur, et son optimisation par branches ;
- Le prédimensionnement des équipements énergétiques individuels et collectifs ;
- La définition d'une stratégie de priorisation de plusieurs sources d'énergie thermiques ;
- L'évaluation du potentiel de stockage thermique et électrique ;

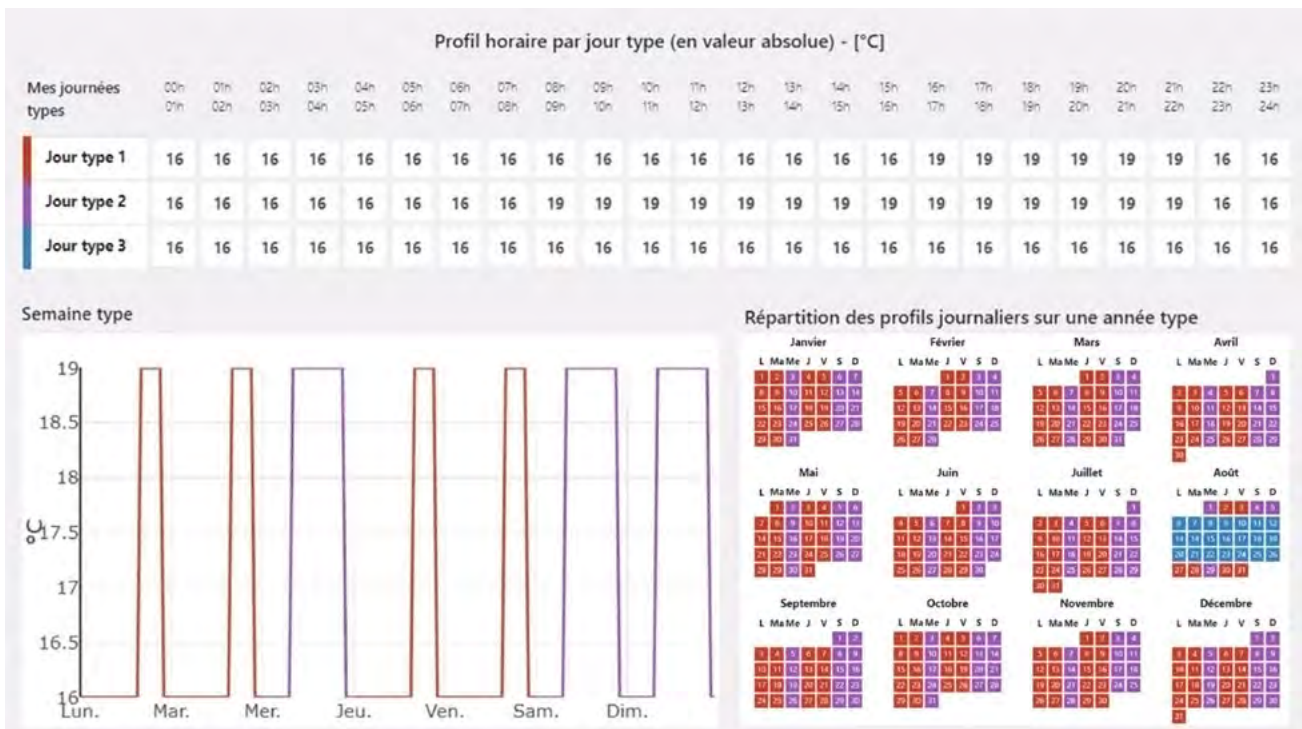


Figure 1 - Exemple de scénario : consignes de chauffage appliquées sur un gymnase



Figure 2 - Puissance appelée par source sur une partie du réseau pour une semaine d'hiver

- L'estimation du potentiel photovoltaïque, et de celui de bornes de recharge véhicules

Paramétrage adapté au degré de précision disponible

Auxerre A.M.B.I.T.I.E.U.S.E. est un projet d'aménagement urbain mixte, regroupant des locaux de logements, de commerces et de services, divisés entre des bâtiments existants, des programmes de rénovation lourde et des constructions neuves. La précision des données d'entrée est donc inégale.

La simulation des besoins énergétiques de PowerDIS a été conçue pour s'adapter à cette diversité. La modélisation des bâtiments du quartier s'appuie sur une bibliothèque de paramètres prédéfinis selon une vingtaine de typologies. Chacun de ces paramètres peut être personnalisé bâtiment par bâtiment, selon les informations disponibles à un moment de l'étude. Les scénarios d'utilisation permettent de détailler à l'échelle horaire les consignes de chauffage et de climatisation, les débits d'eau chaude sanitaire et de ventilation, les apports internes métaboliques liés à la fréquentation d'un local, et les demandes en électricité spécifique. Une fonction d'import des courbes de charge permet enfin d'intégrer les quelques consommations réelles collectées.

Cette approche à la carte facilite l'intégration des besoins des bâtiments existants, tout en laissant une très grande fluidité sur le paramétrage des bâtiments neufs ou rénovés. Sur le projet d'Auxerre A.M.B.I.T.I.E.U.S.E., l'estimation des besoins de plusieurs des gymnases et l'intégration des besoins réels d'acteurs dimensionnants comme le stade nautique ont ainsi été approfondis.

Modélisation des besoins à l'échelle du quartier

Véritable outil d'aide à la prise de décision dans le secteur énergétique, PowerDIS s'adresse aux collectivités, aménageurs et Bureaux d'Etudes souhaitant explorer le champ des possibles sur un quartier donné et comparer efficacement de nombreux scénarii en phase de faisabilité. Il s'appuie sur le moteur de calcul physique développé en collaboration entre Efficacity et le CSTB, qui permet la simulation des besoins thermiques des bâtiments à partir d'imports du modèle énergétique urbain depuis

les bases de données nationales pour les bâtiments existants, et d'un paramétrage complémentaire assuré par l'utilisateur. Il est possible d'y préciser les performances des bâtiments, de définir les scénarios d'usages de ces locaux (fig. 1), et de préciser les équipements énergétiques pressentis pour répondre aux demandes en énergie modélisées.

La simulation permet de distinguer les consommations associées aux besoins de chauffage, d'eau chaude sanitaire, de climatisation et à l'électricité réglementaire comme spécifique. Ces besoins sont ensuite distingués par vecteur énergétique selon les équipements de production et de distribution retenus (fig. 2). La réalisation des simulations horaires à l'échelle du quartier présente un intérêt particulier pour l'étude de faisabilité et le prédimensionnement des équipements collectifs.

Suivi des évolutions de la programmation

Quatre séries de calcul ont été réalisées sur le projet d'Auxerre A.M.B.I.T.I.E.U.S.E. Si la première simulation PowerDIS d'un quartier demande un travail conséquent pour créer le modèle initial et intégrer l'ensemble des données, le logiciel facilite la modification des projets dans le temps. La création de « variantes (cf. fig. 3) permet » ainsi de faire évoluer le périmètre, la géométrie des bâtiments, les hypothèses de performance énergétique et les systèmes énergétiques à partir d'une base commune. Cette approche a permis d'estimer un ordre de grandeur des besoins du quartier dès les premières étapes du projet pour alimenter les réflexions liées à l'approvisionnement en énergie du quartier et les premiers choix de technologies. Les simulations suivantes ont affiné ces estimations afin d'adapter la stratégie énergétique au fur et à mesure de l'évolution du plan masse.

Aide à l'élaboration de la stratégie énergétique

Une fois les consommations du quartier évaluées, une estimation de l'intérêt de la mise en place d'un réseau de chaleur a été faite. Les besoins de chaleur du quartier ont été estimés aux alentours de 12 GWh/an, pour une puissance maximale cumulée des consommateurs de l'ordre de 8 MW. PowerDIS propose un premier tracé puis calcule la densité thermique de chaque branche du réseau, afin d'identifier les

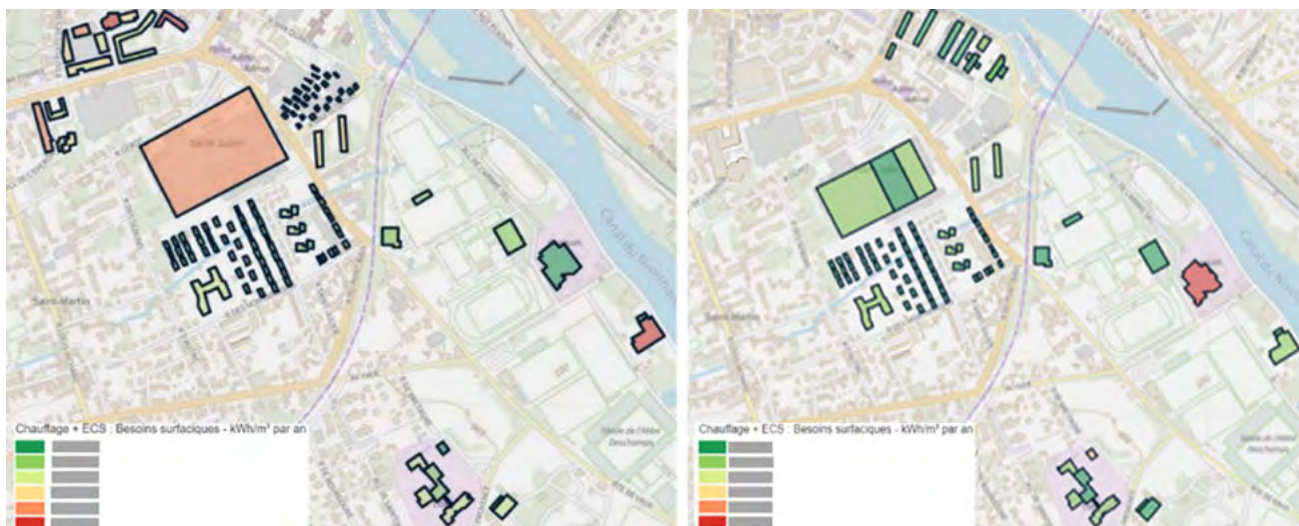


Figure 3 - Les besoins en énergie de deux variantes d'un même projet reflètent les modifications du périmètre, et le changement de paramétrage de certains locaux

bâtiments pour lesquels un raccordement serait peu pertinent. Des variantes de positionnement de la chaufferie sont également étudiées. Un prédimensionnement du diamètre des 4 000 à 5 000 mètres linéaires de tubes ainsi proposés et de la puissance de la chaufferie est ensuite présenté à l'utilisateur.

Plusieurs systèmes ont été modélisés sur le projet, dans l'optique d'un réseau multi-énergie visant à valoriser les principales ressources identifiées sur le site. La stratégie de mobilisation de ces ressources est définie par des contraintes et des niveaux de priorité (taux minimal d'ENR de 65 %, favorisation des récupérations d'énergies fatales sur le périmètre d'étude). Des seuils de modulation de puissance et des périodes de fonctionnement permettent de simuler les contraintes d'exploitation des installations. A l'issue des calculs, le mix énergétique et les premiers taux d'ENR obtenus sur le quartier ont pu alimenter une série d'études complémentaires et appuyer les choix de la collectivité.

Divers autres aspects de la stratégie ont par la suite été analysés afin d'étudier l'ensemble du spectre énergétique, et valoriser à la fois les énergies renouvelables et les technologies innovantes. Sans que la liste ne soit restrictive, le logiciel a permis la quantification des gains par l'ajout d'un hydrostockage lié au réseau et permettant de niveler les productions thermiques journalières, l'estimation des nouvelles consom-

mations électriques engendrées par l'implantation de bornes de recharges pour véhicules, ou encore la justification technique de la mise en place d'une autoconsommation collective à l'échelle du quartier en exploitant le potentiel solaire de toiture (panneaux photovoltaïques).

Conclusion

Le projet d'Auxerre A.M.B.I.T.I.E.U.S.E. présente de fortes intentions de transformation énergétique et écologique du territoire qui mêlent sobriété énergétique des bâtiments, énergies de récupération et innovations techniques. L'utilisation du logiciel PowerDIS d'Efficacity et l'expertise reconnue dans le domaine de Suez Consulting ont permis de répondre à des questionnements cruciaux dès les études de faisabilité.

Laure Maréchal
(Suez Consulting) -



Chef de projet énergies
Baptiste François (Efficacity) - Product Owner PowerDIS



→ FLEXIBILITÉ ► POMPES À CHALEUR ► RÉSEAU DE CHALEUR

Potentiel de flexibilité inter-énergies – Application au réseau de chaleur de Blagnac

→ L'essor croissant des énergies renouvelables électrogènes vient modifier structurellement la disponibilité de l'électricité bas carbone. En effet, la fluctuation du vent et de l'ensoleillement influencera fortement les prix et les quantités d'électricité décarbonée. Côté demande, l'électrification des usages s'accélère, avec notamment le déploiement des pompes à chaleur et des bornes de recharge électrique. Le système électrique de demain devra donc disposer de moyens de flexibilité, notamment à la maille locale. Les réseaux de chaleur urbains auront leur rôle à jouer, comme l'illustre l'exemple qui suit.

Efficacité et le CSTB ont réalisé une analyse, par simulation énergétique dynamique, des actions de flexibilité électrique en s'appuyant sur une installation réelle de réseau de chaleur à proximité de Toulouse et exploitée par Blagnac Energies Vertes (filiale de Veolia). La flexibilité électrique est obtenue en pilotant les moyens de production de chaleur, notamment les PAC - pompes à chaleur -, et en jouant sur l'inertie thermique du réseau de chaleur (distribution hydraulique et stockage centralisé) et des bâtiments. Deux types d'actions de flexibilité ont été simulées : l'effacement (scénarios « à la hausse ») et l'absorption d'électricité excédentaire (scénarios « à la baisse »), selon les besoins définis par le gestionnaire du réseau de distribution. Ces demandes potentielles sont considérées de manières différentes selon les périodes de l'année : en hiver l'objectif est

de réduire les demandes d'électricité pendant les heures de pointes en effaçant les consommations des PAC, tandis qu'en été l'objectif est d'augmenter les consommations des PAC afin d'absorber le surplus de production d'électricité d'origine renouvelable.

Méthode

Dans ce projet, l'impact de la gestion multi-fluide et multi-énergie pour de la flexibilité énergétique appliquée à des réseaux de chaleur est étudié par simulation avec le moteur de calcul du logiciel PowerDIS. Afin d'étudier différents mécanismes de flexibilité, le réseau de chaleur du quartier de Blagnac est simulé sous différents scénarios. Le quartier est composé d'une petite centaine de bâtiments connectés au

>>>

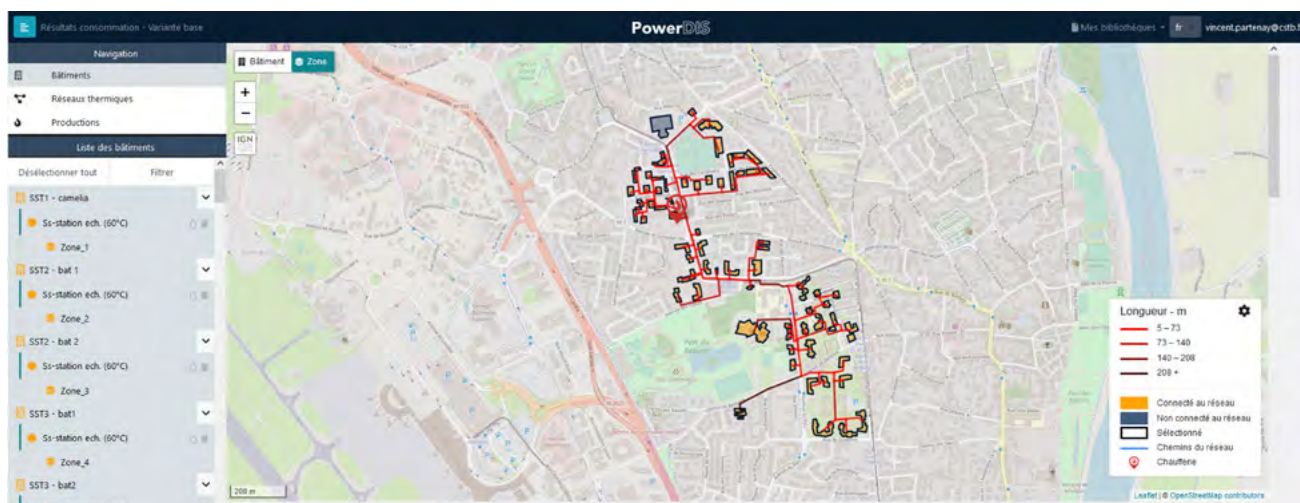


Figure 1 : Tracé du réseau de chaleur de Blagnac dans l'interface de PowerDIS

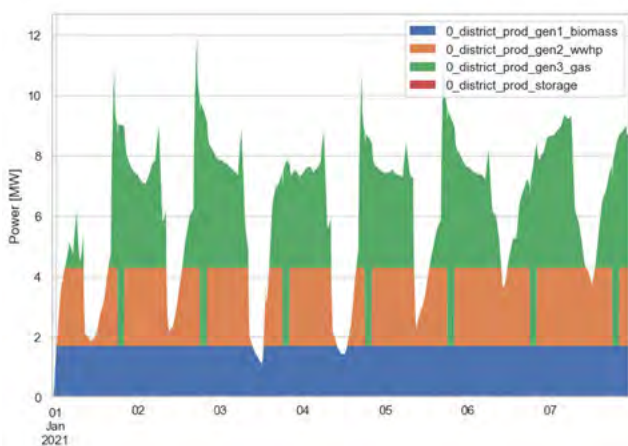


Figure 2 : Application des effacements hivernaux des PAC (wwhp : Water/water heat pump) sur une semaine type

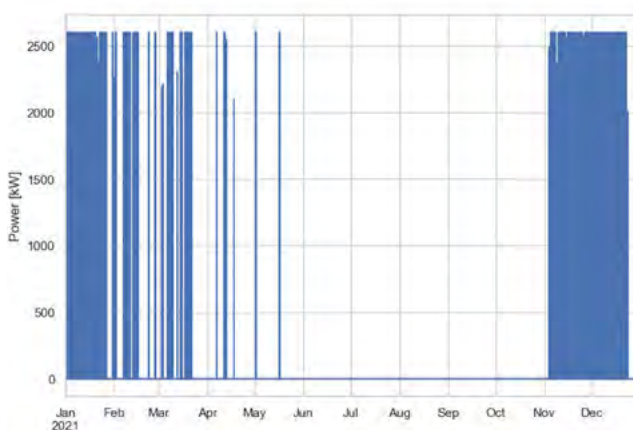


Figure 3 : Quantification du potentiel d'effacement hivernal (concentré sur déc.-janv.-fév.-mars)

réseau de chaleur urbain (fig.1). Ce site de Blagnac étant alimenté par une chaufferie contenant des chaudières gaz et biomasse, ainsi que plusieurs pompes à chaleur (PAC) électriques eau/eau sur nappe. Pour ce dernier, il est nécessaire de trouver un accord avec l'exploitant du réseau de chaleur dans le but d'effacer des puissances électriques connues et de pouvoir les planifier à l'échelle du réseau électrique.

La flexibilité est obtenue en pilotant les moyens de production (en particulier les PAC). Pour atteindre ces objectifs et visualiser les impacts de la flexibilité sur plusieurs indicateurs clés (Key Performance Indicator), différents mécanismes de flexibilité liés à du stockage sont testés dans le projet :

- du stockage thermique dans la distribution hydraulique via la variation de la température du fluide circulant ;
- du stockage thermique dans une cuve d'eau au niveau de la chaufferie en chargeant ou déchargeant l'énergie ;
- du stockage thermique dans les bâtiments (inertie de la structure et/ou ballon d'eau chaude).

Ces scénarios de flexibilité sont testés avec différentes stratégies de gestion des moyens de production de la chaufferie afin d'observer les dynamiques engendrées sur les tempé-

ratures et débits du réseau (fig. 2 et fig. 3). La configuration du réseau de Blagnac a l'avantage d'être particulièrement représentative de nombreux réseaux thermiques français présents et futurs, aussi bien sur la composition du panel de bâtiments raccordés, la taille et l'arborescence du réseau, que sur la diversité des équipements de production de la chaufferie, permettant de facilement transposer les résultats obtenus à d'autres cas d'étude.

Conclusions

L'ensemble des simulations ont permis de mieux visualiser l'impact de l'arrêt des PAC, avec et sans mécanismes d'effacement. Dans l'ensemble des scénarios simulés, un surcoût apparaît pour l'exploitant du réseau de chaleur, dû en partie aux pics de reprise de la chaufferie après l'arrêt des équipements ou à la compensation de production par des équipements plus coûteux, selon le scénario envisagé. La mise en œuvre de ces mécanismes de flexibilité suppose une gestion optimisée du réseau afin de garantir la qualité de service et de maintenir le taux ENR. Si certains scénarii sont simples et peu coûteux à mettre en place (augmentation de la température de réseau, gestion plus fine des PAC), d'autres peuvent impliquer des investissements significatifs (cuve de stockage d'eau).

Pour les scénarios d'absorption de l'électricité excédentaire, seule l'utilisation de la cuve de stockage en chaufferie permet d'absorber une énergie importante des PAC, tout en étant également pertinente pour les scénarios à la hausse (pour lesquels on peut bénéficier de l'inertie du réseau et de celle des bâtiments). Son utilisation tout au long de l'année pour assurer de la flexibilité à la chaudière biomasse et aux PAC et limiter les appels aux énergies d'appoint serait un attrait supplémentaire dans sa rentabilité.

Les conclusions de l'étude montrent également qu'il existe un réel potentiel de flexibilité pour le gestionnaire du réseau électrique de distribution. Le réseau de chaleur de Blagnac présente une configuration qui permet d'effacer de manière récurrente des consommations électriques importantes (plus d'une centaine de MWh annuels) en garantissant la qualité de service pour l'utilisateur et en tenant compte des contraintes techniques d'exploitation.

En extrapolant, cette étude montre que les réseaux de chaleur ont un potentiel de flexibilité énergétique important et ce potentiel est encore plus grand si on considère des réseaux de chaleur en application de chauffage seul pour lesquels les contraintes de qualité de service sont potentiellement moins strictes qu'elles ne le sont pour ceux fournissant également de la chaleur destinée à mettre en température l'ECS.



**Baptiste François (Efficacity -
Chef de projet et Product Owner PowerDIS)**



**Enora Garreau (CSTB - Ingénieur
Recherche & Expertise)**

PV > AUTOCONSOMMATION COLLECTIVE

Etude du déploiement de panneaux solaires photovoltaïques à Toulouse Matabiau avec le logiciel Powerdis

→ Le projet de développement urbain « Grand Matabiau, Quais d'Oc » à Toulouse, consiste en l'aménagement sur 135 hectares du quartier Matabiau de la gare (450 000 m² de surface de plancher).

Cette opération comprend une mixité d'usages des bâtiments : des immeubles de bureaux, des logements collectifs, des commerces et un pôle d'échanges multimodal. Ce dernier regroupe la création de la future ligne C du métro, le développement de l'offre de TER, la desserte de la ville par une ligne de train à grande vitesse et des aménagements ferroviaires au nord de la ville.

Ainsi, le projet porte un ensemble de transformations fondamentales pour l'agglomération toulousaine afin d'encourager la mutation des modes de transports, renforcer le centre-ville, recréer des espaces verts et naturels, et faciliter les déplacements du quotidien à la fois au sein et en périphérie de la ville.

Pilotée par Europolia, l'opération d'aménagement Grand Matabiau Quais d'Oc est intégrée dans la ZAC Grand Matabiau qui fait l'objet d'une concession d'aménagement de 15 ans (2017-2032).

Le projet s'est fixé des objectifs ambitieux dans plusieurs domaines, dont sa stratégie bas carbone puisque les nouveaux bâtiments seront approvisionnés thermiquement par une boucle d'eau tempérée. Une opération d'implantation de panneaux photovoltaïques (PV en abrégé) est étudiée pour répondre en partie aux besoins en électricité. Les objectifs de l'étude sont les suivants :

1. Évaluer les surfaces de panneaux PV qui peuvent être implantées sur les différents bâtiments afin d'estimer le potentiel de production PV de l'opération Grand Matabiau, Quais d'Oc (fig.1) ;
2. Évaluer les besoins d'électricité spécifiques des bâtiments du quartier considéré ;
3. Déterminer les utilisations potentielles de l'électricité produite : équipements électriques des réseaux éner-

gétiques (pompes à chaleur, thermofrigopompes, etc.), usages généraux des bâtiments, IRVE (infrastructures de recharge de véhicules électriques), éclairage public, etc. ;

4. Définir les modalités de pilotage et de gestion de cette production PV (stockage, interfaces entre les consommateurs et le réseau public de distribution, etc.) en maximisant l'autoconsommation ;

5. Évaluer les différents modèles économiques envisageables, et pour chacun des modèles identifiés, étudier les modalités de mise en œuvre d'une ou plusieurs communautés d'énergie.

L'étude est réalisée par l'Institut Efficacity, institut dédié à la transition énergétique et écologique des villes, en association avec un de ses membres, la société Urbanomy, filiale de conseil stratégique énergie et climat du groupe EDF. Celle-ci, créée en 2020, appuie ses recommandations sur des méthodologies et des outils en propre et développés avec la R&D d'EDF sur les expertises carbone, énergie, valeur et externalités positives, ainsi que sur des outils et méthodologies de partenaires stratégique dont Efficacity.

- Des productions électriques en bâtiment : cogénéraisons, panneaux photovoltaïques ;
- Des consommations : besoins des bâtiments, IRVE, etc. ;
- Des éléments de stockage et de régulation du réseau : batteries lithium, respect de contraintes du réseau, optimisation de l'autoconsommation, etc.
- Des centrales de production spécifiques : production d'une turbine, ombrières recouvertes de PV.

Profitant d'un modèle solaire très détaillé et prenant notamment en compte les ombres portées des bâtiments dans les apports radiatifs, le module développé pour la production PV a rapidement trouvé sa place au sein de PowerDIS. Les PV étant placés sur les toits ou en champs solaires, il est possible de paramétrer plusieurs technologies et de pré-dimensionner les surfaces en fonction des besoins de l'utilisateur.

L'implantation des batteries électriques (Lithium-ion à ce jour) est possible en définissant notamment les puissances et énergies de stockage, mais également l'étendue de leur périmètre d'action dans le quartier. L'élément de paramétrage le plus important repose sur la sélection de la stratégie de régulation environnant ces éléments. L'utilisateur peut choisir parmi de nombreuses configurations telles que l'autoconsommation maximale, la gestion de secours électrique en cas de coupure de courant ou l'injection continue de productible sur le réseau par exemple.

Enfin, peut intervenir à l'échelle d'un bâtiment ou du quartier global, la configuration de bornes de recharge pour véhicules électriques, nouveau type de besoins urbains particulièrement intermittent et complexe à estimer. Pour cela, PowerDIS met à disposition des utilisateurs une banque de profils types issus de relèves réelles statistiques de

consommations. Permettant de créer un foisonnement nécessaire, ces profils (cf. fig. 3) s'adaptent en fonction de l'emplacement sélectionné (résidentiel, tertiaire, publiques etc.) et à différentes puissances de bornes actuellement disponibles sur le marché.

Enjeux de l'autoconsommation

Dans un contexte énergétique mondial en pleine mutation, l'autoconsommation collective (ACC) est un modèle qui gagne du terrain dans le paysage énergétique français. Fin 2023, Enedis comptabilisait 305 opérations actives en la matière, représentant plus de 3500 sites de consommation et plus de 500 sites de production. L'enjeu est de favoriser la production verte, décentralisée et locale d'énergie électrique, en y associant ou non des dispositifs de stockage et de régulation afin d'en maximiser l'efficacité.

Cette solution consiste à organiser et optimiser le partage de la production d'une ou plusieurs installations de production d'électricité - généralement photovoltaïque - auprès d'un ensemble de sites consommateurs situés à proximité (tous les sites de production et de consommation doivent tenir dans un diamètre de 2 kilomètres et pouvant, sur dérogation, aller jusqu'à 20 kilomètres en zone rurale). Elle s'inscrit donc pleinement dans une démarche d'économie circulaire, permettant collectivement de produire, de partager et de consommer localement sa propre électricité renouvelable, tout en contribuant à la transition énergétique.

L'autoconsommation collective est ouverte à toutes et à tous : particuliers, PME, grandes entreprises, associations, collectivités... Les membres d'une telle opération peuvent être producteurs, consommateurs ou les deux à la fois (cf. fig. 4 et 5). L'autoconsommation collective peut avoir lieu entre différents acteurs mais aussi, fréquemment, entre différents sites d'un même acteur.

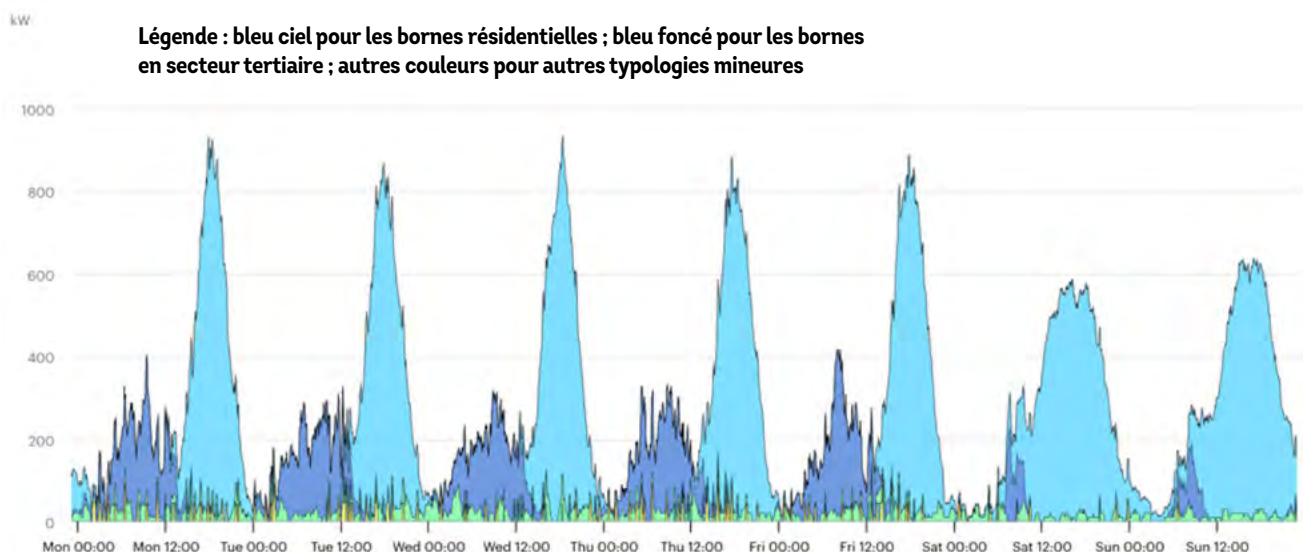


Figure 3 : Profils types de consommation de plusieurs groupes de bornes de recharges pour véhicule installé dans la ville

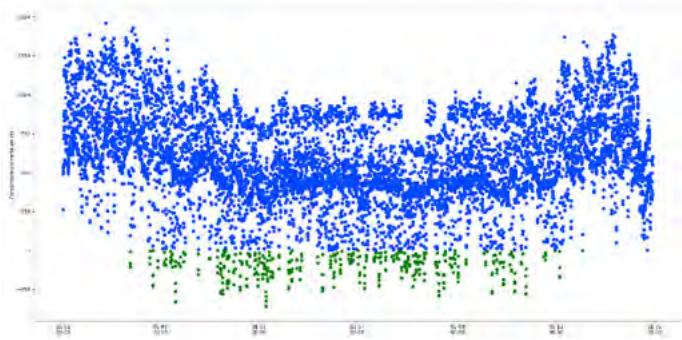


Figure 4 : Exemple de profils de consommation (bleu) et d'injection (vert) à l'échelle du quartier, en stratégie d'autoconsommation maximale

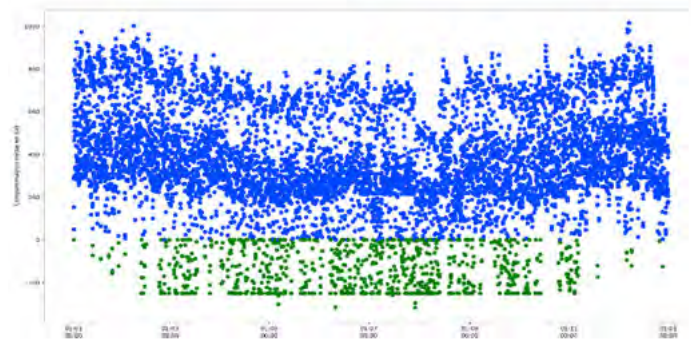


Figure 5 : Exemple de profils de consommation (bleu) et d'injection (vert) à l'échelle du quartier, en stratégie de respect de contrainte en puissance d'injection et de soutirage

Conclusion

La production photovoltaïque couplée à l'autoconsommation électrique est un modèle innovant de production et consommation d'énergie qui invite à repenser notre rapport à l'énergie, en privilégiant des solutions locales, renouvelables et partagées. Le projet ambitieux et durable du quartier « Grand Matabiau, Quais d'Oc » à Toulouse en est une parfaite mise en application en complément d'une forte volonté d'intégration sociale et environnementale. Les outils logiciels d'aide à la prise de décision d'Efficacity

couplés à l'expertise en décarbonation d'Urbanomy offrent une solution de choix pour les études de cette opération emblématique de la ville rose.

Benjamin Mousseau
(Urbanomy - Directeur général)



Baptiste François (Efficacity - Chef de projet et Product Owner PowerDIS)



➔ Ne manquez plus aucun numéro de la revue CVC !

Rejoignez l'AICVF dès maintenant pour recevoir votre exemplaire trimestriel et bien plus encore.

En devenant membre, vous accédez à une riche bibliothèque d'articles, de dossiers, et d'avis d'experts. De plus, vous serez au cœur des 70 événements annuels organisés partout en France.

Scanez le QR code ou suivez le lien pour adhérer et rester connecté à l'actualité de votre région :

<https://aicvf.org/aicvf/adhesion>



→ SIMULATION ÉNERGÉTIQUE → DYNAMIQUE DE BÂTIMENTS TERTIAIRES → SCÉNARIOS DE RÉNOVATION

Simulations énergétiques dynamiques de scénarios de rénovation pour le parc de bâtiments publics de la ville de Noisy-le-Grand

→ Les bâtiments résidentiels et tertiaires consomment 44 % de l'énergie finale en France. La part des bâtiments tertiaires représente 32 %, soit 14 % du total et c'est pour agir sur ce levier d'économie d'énergie que le décret tertiaire a vu le jour fin 2018. Son application qui est en cours a pour finalité de réduire la consommation d'énergie finale des bâtiments du secteur tertiaire de 60 % en 2050 par rapport à une année de référence comprise entre 2010 et 2022. C'est dans ce contexte que s'inscrit le projet RECITAL.

Le projet RECITAL est coordonné par la ville de Noisy-le-Grand : il a démarré en 2023 et s'étale sur une période de 3 ans. L'objectif de RECITAL est de quantifier les impacts de scénarios de rénovation des bâtiments publics et d'aboutir à une plateforme permettant de visualiser et d'optimiser les consommations énergétiques en temps quasi-réel. CitéGestion, filiale d'EDF, met en place la plateforme (hyperviseur). Data-numia, autre filiale d'EDF, est responsable de la collecte de données in situ. Eridanis, spécialiste de l'intelligence artificielle, met à contribution son expertise sur le traitement de données. Enfin, Efficacity a la charge de réaliser l'ensemble des SED (Simulations Énergétiques Dynamiques) des scénarios de rénovation et de calculer les indicateurs de performance associés à l'aide du logiciel PowerDIS¹. Ces résultats seront utilisés par Eridanis et Efficacity afin de proposer la liste des bâtiments à rénover en priorité. La ville quant à elle met à disposition les données concernant les bâtiments publics étudiés et apporte sa vision sur la priorisation des scénarios de rénovation à simuler.

Méthode de travail

Nous avons limité nos analyses aux consommations énergétiques liées au chauffage : cet usage représente en moyenne 47 % des consommations énergétiques des bâtiments tertiaires et c'est aussi celui sur lequel les rénovations bâtimentaires ont l'impact énergétique le plus fort (en kWh/m²/an évités). Les SED ont été réalisées sur une soixantaine de bâti-

ments pour lesquels beaucoup de données sont disponibles (année de construction, surface, historique des consommations électriques et de gaz mensuelles et annuelles, caractéristiques des systèmes énergétiques, caractéristiques des enveloppes - propriétés thermo-physiques et taux de vitrage).

Les équipes techniques de la ville de Noisy-le-Grand ont été disponibles :

- Pour analyser les données existantes et fournir des données complémentaires pour chaque bâtiment (températures de consigne et profils d'occupation notamment) ;
- Déterminer les bouquets de solutions de rénovation à simuler. Plusieurs gestes de rénovation sont possibles : ITI (isolation thermique par l'intérieur) des murs, du plancher bas, du toit ; ITE (isolation thermique par l'extérieur) toutes parois ; passage au double vitrage ; changement/amélioration du système de chauffage. Chaque scénario de rénovation est composé d'une combinaison de plusieurs gestes en fonction de la nature des bâtiments.

La figure 1 (page suivante) montre l'état du parc de bâtiments sélectionnés selon trois catégories : gymnases, groupes scolaires et autres (espace culturel, crèches, maisons pour tous).

Les SED ont permis de calculer différents indicateurs pour chaque bâtiment, tous évalués par rapport à l'état de référence (avant rénovation). Les principaux indicateurs sont les gains énergétiques en MWh/an, les gains de réduction des émissions de GES (gaz à effet de serre) en t_{eq}CO₂/an, les économies sur les factures énergétiques en euros/an et l'étiquette énergie. Ces indicateurs vont être utilisés par la ville

¹ <https://efficacity.com/powerdis/>.

de Noisy-le-Grand pour sélectionner les scénarios de rénovation les plus rentables (kWh/m²/an économisés par euro investi) par bâtiment et donc les bâtiments à rénover en priorité

Exemples de résultats par typologie de bâtiments

Nous donnons ci-après les résultats obtenus pour deux bâtiments types.

Gymnase : ce bâtiment construit dans les années 80 a une surface de plancher d'environ 1000 m² avec des simples vitrages (27 % de surfaces vitrées). Il n'y a pas eu de rénovation énergétique effectuée.

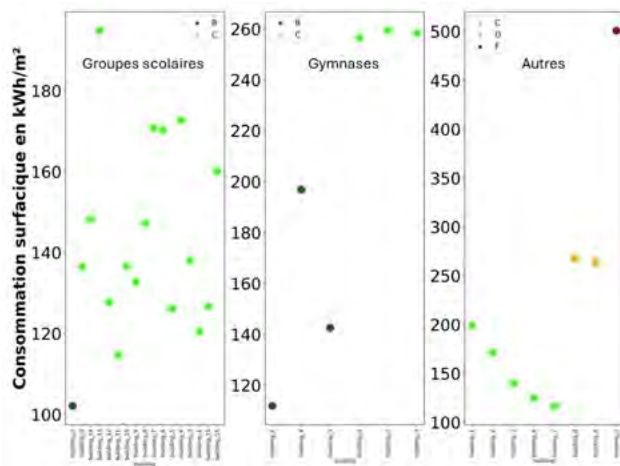


Figure 1 : consommations surfaciques annuelles en énergie primaire (kWh/m²/an) et étiquette énergie (DPE) par catégories de bâtiment

GESTES DE RÉNOVATION	CONSOMMATION GAZ	EMISSION CO ₂	ETIQUETTE DPE
ITI toutes parois, épaisseur 10 cm, laine de verre	-26 %	-27 %	Passage de E à D
ITE toutes parois, épaisseur 10 cm, laine de verre	-28 %	-28 %	Passage de E à D
Passage au double vitrage	-34 %	-34 %	Passage de E à D
Passage à une chaudière gaz à condensation	-11 %	-11 %	E (pas d'amélioration)
ITI et double vitrage	-55 %	-56 %	Passage de E à C

Groupe scolaire : ce bâtiment construit dans les années 70 a une surface de plancher d'environ 4000 m² avec des simples et doubles vitrages (35 % de surfaces vitrées). Une rénovation partielle a déjà été effectuée.

GESTES DE RÉNOVATION	CONSOMMATION GAZ	EMISSION CO ₂	ETIQUETTE DPE
ITI toutes parois, épaisseur 10 cm, laine de verre	-49 %	-48 %	Passage de C à B
ITE toutes parois, épaisseur 10 cm, laine de verre	-54 %	-54 %	Passage de C à A
Passage au double vitrage	-25 %	-24 %	Passage de C à B
Passage au triple vitrage	-42 %	-42 %	Passage de C à B
Passage à une chaudière gaz à condensation	-12 %	-11 %	Passage de C à B
ITI et double vitrage	-68 %	-68 %	Passage de C à A

Conclusion

Le projet RECITAL s'inscrit parfaitement dans le contexte actuel où la rénovation énergétique des bâtiments tertiaires est un des éléments essentiels de la transition énergétique. La

méthodologie de simulation proposée permet d'étudier un grand nombre de scénarios de rénovation du parc bâti de la ville de Noisy-le-Grand et de sélectionner les plus rentables, tout en respectant les contraintes budgétaires et de délais d'étude. Les résultats des SED seront ensuite appuyés et enrichis par des diagnostics plus poussés (structuraux ou aérodynamiques par exemple).

Le logiciel de simulation énergétique dynamique PowerDIS a été adapté afin de simuler automatiquement tous les scénarios de rénovation spécifiés ; cela permet de faire de nouveaux calculs si nécessaire en optimisant les temps d'étude. A partir des résultats actuels des simulations avec PowerDIS, Eridanis a procédé à une analyse de croisement de données : un algorithme de clustering (partitionnement de données) de type « DBscan » (density-based spatial clustering of applications with noise) a permis de montrer que les scénarios de rénovation les plus intéressants (en termes de performances énergétiques) proposés par PowerDIS sont quasiment les mêmes pour les bâtiments d'un cluster. Ce premier résultat tend à montrer que l'approche proposée dans le projet RECITAL a un caractère générique et pourrait être dupliquée sur d'autres collectivités pour la rénovation des bâtiments publics. Un algorithme d'optimisation (développé par Eridanis) va ensuite être testé pour choisir la meilleure trajectoire à l'échelle du parc bâti de la ville de Noisy-le-Grand afin de sélectionner les solutions de rénovation qui permettent de minimiser les investissements tout en maximisant les économies d'énergie.

Remerciements

Nous remercions la ville de Noisy-le-Grand pour la mise à disposition des données, en particulier Laurent Vignel, Responsable service bâtiments et Philippe Sajhau, Directeur smart city, innovation et données.

Rémi Roussel, ingénieur R&D, Efficacity.



Ludovic Durbiano, chef de projet et product owner, Efficacity.



→ QUARTIER ► BILAN CARBONE

Accompagner la définition d'une stratégie carbone avec la méthode Quartier Energie Carbone et UrbanPrint

→ En développant la méthode Quartier Energie Carbone, avec le soutien de l'ADEME, et UrbanPrint, le logiciel permettant son application, Efficacity, le CSTB et leurs partenaires ont souhaité faciliter la réalisation d'un bilan énergétique et carbone d'une opération d'aménagement, en neuf comme en rénovation, dès sa conception. En effet, les phases amont ont besoin d'un diagnostic déjà précis et complet en matière de performance énergie-carbone afin d'engager l'ensemble des acteurs de l'aménagement dans la définition d'une stratégie carbone ambitieuse et partagée.

Dans sa feuille de route de décarbonation de l'aménagement, le Ministère de la Transition Ecologique en fait son premier levier : « Connaître, quantifier, spatialiser les émissions de gaz à effet de serre dans l'aménagement et définir les trajectoires territoriales de décarbonation ». Il est vrai, comme il le rappelle, que « les émissions de gaz à effet de serre imputables à l'acte d'aménager ont été estimées, pour l'année 2019 à 47 Mt CO₂eq, soit 10 % de l'ensemble des émissions françaises ».

Une méthode complète, transparente et éprouvée

Développée entre 2018 et 2021, tout en s'appuyant sur des travaux antérieurs d'Efficacity sur l'ACV à l'échelle quartier, la méthode Quartier Energie Carbone s'appuie sur les principes de l'analyse de cycle de vie (norme EN15804) et évalue la performance énergie-carbone du quartier et de chaque objet décrit (bâtiment ou espace extérieur) sur la base des six contributeurs suivants :

- Energie : impacts liés aux consommations énergétiques du quartier en phase d'exploitation (chauffage, ventilation, éclairage, etc.) ;
- Produits de construction : impacts liés à la construction, l'entretien et la fin de vie des bâtiments et des espaces extérieurs. Les équipements liés aux systèmes énergétiques sont également inclus dans ce contributeur ;
- Eau : impacts liés aux consommations d'eau potable et au traitement des eaux usées du quartier ;
- Déchets : impacts liés aux déchets produits par le quar-

tier en exploitation¹ (bâtiments + espaces extérieurs) incluant le transport, le traitement et d'éventuelles revalorisations ;

- Mobilité quotidienne : impacts liés à la mobilité quotidienne des usagers du quartier et impacts des voiries de dessertes ;
- Chantier et usage des sols : impacts liés au chantier (terrassement, mise en œuvre du chantier) et au changement d'usage des sols.


Les impacts associés à l'exploitation du bâtiment (maintenance, consommations d'énergie et d'eau, etc.) sont sensibles au choix de la période de référence et une durée de vie de 50 ans est généralement utilisée pour le calcul. Il a été choisi d'appliquer cette durée de référence de 50 ans pour l'évaluation des opérations d'aménagement.

La méthode propose également une évaluation de l'impact carbone total du futur habitant en incluant en plus des contributeurs précédents : biens de consommation, voyage longue distance, transport de marchandise et alimentation. La méthode, publiée dans la librairie de l'ADEME², constitue un socle de calcul solide et complet, validé par de nombreux acteurs de l'aménagement et servant dès à présent de base de calcul au récent label BBQA Quartier³. Dans une logique d'amélioration continue, cette méthode, évolutive et >>>

1. Les déchets de chantier sont comptabilisés dans le contributeur chantier

2. Méthode Quartier Energie Carbone : <https://librairie.ademe.fr/urbanisme-et-batiment/5802-methode-quartier-energie-carbone.html>

3. Label BBQA Quartier : Le label BBQA Quartier introduit également la notion d'usager équivalent, permettant de prendre en considération l'impact non pas uniquement du futur habitant mais également des autres usagers du projet - salarié, commerçant, etc. - en élaborant une pondération entre ces différents usagers. Cela permet de calculer l'indicateur par exemple un nouvel indicateur, IcQ aménagement, qui correspond aux impacts totaux du quartier ramenés à un usager équivalent (Useq), exprimés en kgCO₂e/Useq/an. <https://www.batimentbas carbone.org/tout-savoir-sur-le-nouveau-label-bbqa-quartier/>



La filière métallique, un acteur majeur de la décarbonation

- ∞ Économie circulaire,
- 🌿 Éco-conception,
- ♻️ Réemploi,
- 🔧 Démontabilité,
- 🏠 Optimisation
et recyclabilité

Découvrez
nos plateformes



Bourse
des aciers neufs



Métal réemploi

maisonde laconstructionmetallique.com

M MAISON
DE LA CONSTRUCTION
MÉTALLIQUE

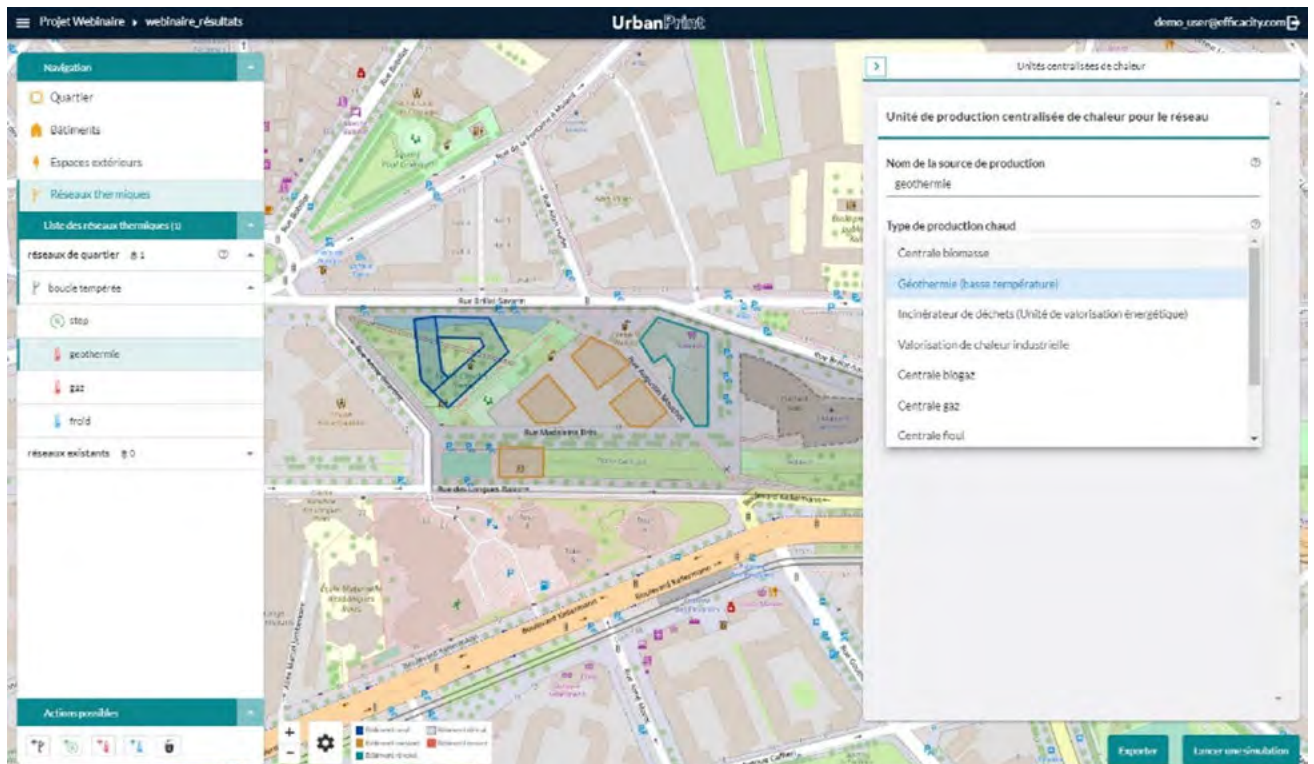


Illustration 1 : Exemple de la saisie de stratégies sur les réseaux de chaleur dans l'interface d'UrbanPrint (©Efficacity)

publique, intégrera, au fur et à mesure de son déploiement, les nouvelles connaissances sur les leviers d'actions et innovations ayant un fort impact carbone⁴. Elle a pour principe d'intégrer l'ensemble des solutions matures existantes.

Une centaine d'opérations accompagnées et des acteurs engagés

Depuis 2020, ce sont une centaine d'opérations qui ont été accompagnées avec UrbanPrint. Cela a permis de mettre en évidence les besoins en matière d'évaluation afin de donner de la visibilité à des leviers peu connus et d'objectiver les apports de chaque solution.

Cela a également permis d'accompagner la décision, la montée en compétence mais aussi le dialogue avec les différentes parties prenantes de l'aménagement, les promoteurs, la collectivité, le grand public. Avec UrbanPrint, il y a ainsi la possibilité d'enclencher une réelle réflexion sur la performance de son opération d'aménagement et de s'engager dans une stratégie carbone ambitieuse.

Les aménageurs ayant poussé les curseurs loin, comme la Solidéo avec le Village des Athlètes, ou Paris Métropole Aménagement avec le projet Saint Vincent de Paul, ont ainsi mis en avant qu'une fois les leviers activés sur les matériaux, les systèmes énergétiques, il faut aller chercher des actions autour de la gestion des déchets (système de com-

postage par exemple) ou encore réfléchir aux impacts que peut avoir l'aménageur sur l'empreinte carbone de l'habitant, autre indicateur fourni par UrbanPrint.

Des aménageurs ont également décidé de systématiser l'évaluation carbone de leurs opérations. Parmi eux, la SNEF avec qui nous avons développé une interface dédiée aux aménageurs et collectivités, plus simple et pédagogique, permettant de bien saisir les spécificités et questionnements d'un aménageur : ou encore Europolia-Oppidea que nous avons pu accompagner dans l'évaluation comparée de ses opérations permettant de valoriser et de faire la preuve de l'efficacité de leurs stratégies mises en œuvre ces dernières années.

UrbanPrint permet ainsi d'accompagner la conception de quartier bas carbone et d'engager les acteurs de l'aménagement dans la définition d'une stratégie carbone de leur projet avec des ambitions et des objectifs partagés avec l'ensemble des parties prenantes, permettant ainsi d'enclencher une démarche d'évaluation carbone tout au long du projet.

Morgane Colombert, Efficacity, directrice des études et des partenariats



Marie Frapin, Efficacity, cheffe de projet UrbanPrint



4. Des évolutions sont déjà envisagées prochainement sur la mobilité, l'aménagement des espaces extérieurs, la biodiversité.