



SEPTEMBRE | 2024

Étude sur le potentiel de décarbonation de la chaleur du parc social



Remerciements

Nous tenons à remercier les organismes membres du groupe de travail fédéral, Béziers Méditerranée Habitat, Hérault Logement, Inolya, meurthe & moselle HABITAT, OPAC Savoie, OPAC de l'Oise, Paris Habitat, Partenord Habitat et Vendée Habitat, pour leur participation aux travaux sous la direction de Laurent Goyard, directeur général, et Jean-Christophe Margelidon, directeur général adjoint, de la Fédération des OPH ainsi que nos prestataires Pouget Consultants et Énergies Demain pour la qualité de leurs expertises et de leurs productions.

Sommaire



Nantes Métropole Habitat © Valéry Lonchery



Lyon Métropole Habitat © N. Leblanc



Partenord Habitat © Rémy Ty

Introduction	5
Synthèse	6
1 Présentation des solutions de décarbonation étudiées	10
1.1. Systèmes de décarbonation du chauffage et de l'ECS	10
1.2. Systèmes de décarbonation de l'ECS	18
1.3. Production d'énergie décarbonée	22
2 Potentiels de décarbonation des logements du parc des adhérents de la FOPH et du parc social	24
2.1. Liste des critères évalués et traitement des données	24
2.2. Potentiel existant et prospectif de raccordement à un réseau de chaleur	27
2.3. Potentiel d'intégration d'une pompe à chaleur	32
2.4. Potentiel d'intégration d'une chaufferie biomasse	36
2.5. Potentiel d'intégration d'un système géothermique	38
2.6. Potentiel d'intégration d'un système de récupération sur eaux grises	40
2.7. Potentiel d'intégration d'un système de production solaire de chaleur thermique en collectif	42
2.8. Potentiel d'installation de panneaux photovoltaïques en toiture	44
2.9. Potentiel de production de biogaz à partir des déchets ménagers	45
2.10. Synthèse des différents potentiels forts	46
3 Classification des logements selon leur potentiel de décarbonation de la chaleur	48
4 Freins et leviers pour faciliter l'intégration de solutions de décarbonation à l'échelle du parc des adhérents de la FOPH	50
4.1. Freins à l'intégration des solutions de décarbonation	50
4.2. Leviers à mobiliser pour favoriser le déploiement des solutions de décarbonation	51
Annexes	54
Méthodologie	54



I ntroduction



Archipel Habitat, G. Ruhlmann © J.F. Molliere

Dans la continuité de l'étude menée sur les RCU, la FOPH a souhaité, en partenariat avec la Banque des territoires, s'appuyer sur l'expertise du tandem constitué par Pouget Consultants, Énergies Demain et de plusieurs de nos adhérents pour approfondir le potentiel de décarbonation de la chaleur et/ou de l'eau chaude sanitaire (ECS) que présentent huit solutions techniques (RCU, PAC, chaufferie biomasse, géothermie, solaire thermique, récupération de la chaleur sur eaux grises, photovoltaïque, méthanisation).

Cette étude permet ainsi de classer et quantifier de manière précise les logements sociaux selon leur potentiel de décarbonation compte tenu de chacune des solutions techniques envisagées. Au-delà de cette dimension technique, des leviers et des freins sont identifiés par solution technique. Combinant une approche à la fois stratégique et opérationnelle, l'étude permet à chaque organisme de se saisir à son niveau et compte tenu de ses enjeux spécifiques de la question désormais centrale de la décarbonation de son parc.

L'approche par coût global place la facture des ménages locataires au centre des préoccupations de la démarche de décarbonation.

Chaque adhérent recevra pour chacun de ses bâtiments une fiche descriptive des possibilités de décarbonation.

Enfin, cette étude n'aborde pas la question du coût et donc du financement de la décarbonation.

Une première approche financière a été réalisée dans notre première étude de 2022, pour nos seuls adhérents (2,3 millions de logements). Elle chiffrait les besoins financiers pour respecter la loi Climat et Résilience puis la SNBC à 3,5 milliards par an jusqu'en 2034 puis à 2,5 milliards par an jusqu'en 2050, soit un total estimé à 82 milliards, montant ne couvrant pas les travaux autres que ceux liés à l'amélioration thermique et à la décarbonation des énergies. **Une nouvelle étude, disponible, conduite par notre Comité fédéral d'autocontrôle confirme ces estimations.**

Il est donc essentiel que les Pouvoirs publics soutiennent financièrement, dans la durée, les bailleurs sociaux en créant "MaPrimeRénov' HLM" dotée d'au moins 1 milliard par an de subvention, afin que l'ensemble des logements HLM (plus de 5 millions de logements) soit au rendez-vous de la loi Climat et Résilience et de la SNBC, au bénéfice des habitants et de la planète !

Laurent Goyard

Directeur général de la Fédération nationale des Offices Publics de l'Habitat

Cette prolongation de notre partenariat avec la FOPH, sur le thème de la décarbonation des logements sociaux, s'inscrit dans le temps long de la réflexion et de l'action sur un sujet où l'intérêt général de la neutralité carbone en 2050 rejoint l'impératif social de la facture de fin du mois pour les locataires. En soi, c'est un facteur d'acceptation des efforts de chacun pour réaliser la transition énergétique qui contribue à notre paix sociale à court, moyen et long terme.

Le chantier est immense et ses enjeux financiers consistants sur la durée et c'est pourquoi il faut faire preuve de constance dans les investissements mais aussi d'innovation dans les financements. C'est ce que la Banque des territoires s'emploie à réaliser avec l'Éco-prêt, et désormais le financement de la seconde vie des bâtiments ou le prêt « Adaptéo » lancé en partenariat avec l'ADEME pour financer les changements de chaudières ou les raccordements aux réseaux de chaleur à des taux équivalents à ceux de l'Éco-prêt.

La vertu principale de cette étude est de proposer une analyse très concrète des solutions techniques offertes et de proposer un chemin vers le passage à l'action, dont on sait qu'il est un point crucial de la réussite de la transition, au-delà des questions financières. C'est aussi le sens du déploiement cette année de notre outil digital PrioRéno Logement social qui fournira aussi le moyen de connaître pour chaque bailleur son potentiel de décarbonation et d'économie d'énergie.

Gil Vauquelin

Directeur de la Transition écologique et énergétique à la Banque des territoires

Synthèse



ACTIS © Gilles Galoyer

1. Une multiplicité de solutions de décarbonation aux enjeux d'intégration différenciés

Afin de répondre aux futurs objectifs énergétiques et de réduction des émissions carbone, portés par la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) et l'objectif européen « Fit for 55 », la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique des adhérents de la FOPH, et plus largement du parc social, doit nécessairement augmenter.

Pour atteindre cet objectif, une partie des systèmes de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) existants, majoritairement carbonés à l'heure actuelle (54 % des logements sociaux sont chauffés au gaz), devra être remplacée par de nouvelles solutions de production de chaleur domestique.

Huit solutions de décarbonation de la chaleur et/ou l'ECS ont été étudiées :



Le raccordement à un réseau de chaleur



La pompe à chaleur



La chaufferie biomasse



Les systèmes géothermiques



Le solaire thermique



La récupération de chaleur sur eaux grises



La production photovoltaïque



La participation à la méthanisation



Nantes Métropole Habitat © Valéry Joncheray



OPH du Gers © Hasso

Tableau récapitulatif des potentiels d'intégration « forts » (voir Partie 2)

	TYPE DE SOLUTION	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)
DÉCARBONATION DU CHAUFFAGE ET DE L'ECS	Raccordement à un réseau de chaleur existant	55 000	112 000
	Raccordement à un réseau de chaleur en cas de création/extension d'un réseau	111 000	236 000
	PAC en logements collectifs	310 000	703 000
	PAC en maison individuelle	214 000	583 000
	Géothermie de minime importance (GMI)	20 000	45 000
	Chaufferie biomasse collective	43 000	87 000
DÉCARBONATION DE L'ECS UNIQUEMENT	Solaire thermique	284 000	689 000
	Récupération de chaleur sur eaux grises	25 000	48 000
PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE	Photovoltaïque	880 000	2 030 000

À l'échelle du parc des adhérents de la FOPH et du parc social, le potentiel de décarbonation associé à chaque solution varie selon les usages concernés (chauffage et/ou ECS, production d'énergie renouvelable) et le volume de logements présentant un potentiel d'intégration.

Potentiels d'intégration par solution

Le croisement et l'analyse de différentes sources de données relatives aux caractéristiques des bâtiments, des réglementations et des réseaux

existants ont permis d'estimer pour chacune de ces solutions, des potentiels d'intégration à l'échelle du parc social et des adhérents de la FOPH.

Ce sont donc les solutions de pompes à chaleur, suivies du solaire thermique et du raccordement à des réseaux de chaleur existants et prospectifs, qui présentent les plus grands potentiels pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire, avec une capacité d'intégration allant de 166 000 à 524 000 logements selon la solution.



2. Potentiel de décarbonation multi-solutions des logements du parc des adhérents

Afin d'orienter les stratégies patrimoniales des adhérents, le potentiel d'intégration des différentes solutions de décarbonation a été évalué pour chaque bâtiment du parc social. Ce potentiel au bâtiment permet de différencier à l'échelle du parc des adhérents, les bâtiments pouvant intégrer plusieurs solutions, de ceux pour lesquels un seul système semble à privilégier ou de ceux sans solution évidente de décarbonation de la chaleur avec les techniques et moyens actuels.

- **59 000 logements** présentent un potentiel fort pour au moins deux solutions de production de chaleur.
- **528 000 logements** présentent un unique potentiel fort d'intégration d'une solution de production de chaleur pour le chauffage et l'ECS dont :
 - 280 000 logements collectifs et 213 000 maisons pour l'intégration d'une pompe à chaleur ;
 - 28 000 logements collectifs pour le raccordement à un réseau de chaleur.
- **187 000 logements** présentent un potentiel fort uniquement pour une production d'ECS dont :
 - 110 000 logements pour l'intégration d'un système solaire thermique ;
 - 74 000 logements pour l'intégration d'un ballon thermodynamique.
- **897 000 logements** n'ont aucun potentiel fort d'intégration, mais 304 000 présentent néanmoins un potentiel moyen pour au moins une solution. Pour ces logements, des sauts technologiques et une facilitation des travaux de création de réseaux de distribution collective sont attendus afin d'espérer changer de vecteur énergétique avec un modèle économique viable.



© Plaine Commune Habitat

Dix propositions clés afin de massifier l'intégration de solutions de décarbonation, à condition que les moyens financiers soient au rendez-vous

- ▣ **Adapter les process des organismes bailleurs afin de faciliter l'intégration des solutions de décarbonation dans les projets :**
 - identifier les sites les plus favorables à la **création de mini-réseaux urbains ou boucles d'eau tempérée**, solution permettant une gestion optimisée et mutualisée de l'énergie ;
 - équiper les chargés d'opération et les services patrimoniaux avec des **outils pour pré-identifier les solutions les plus pertinentes**, ainsi que **l'ingénierie financière nécessaire en amont des projets** pour sécuriser le modèle ;
 - intégrer dans les **marchés de renouvellement des composants**, certains systèmes de décarbonation de la chaleur comme les ballons thermodynamiques et les pompes à chaleur (PAC).
- ▣ **Valoriser les retours d'expérience et profiter de l'expertise des fournisseurs :**
 - mettre en place des processus systématiques permettant de partager les **retours d'expérience** au sein de chaque organisme et entre pairs (suivi des expérimentations, des ateliers de formation, réseaux de partage de bonnes pratiques) ;
- **intégrer systématiquement les industriels** dans la mise en œuvre des systèmes innovants ;
- mettre en place des stipulations contractuelles de **garantie de performance** pour les opérations les plus ambitieuses ;
- intégrer des critères liés à la formation et au développement des compétences dans les modes de sélection des exploitants pour anticiper les changements d'énergie. Faire monter en compétence les équipes en régie des bailleurs sociaux sur les équipements individuels décarbonés.
- ▣ **Mobiliser les acteurs territoriaux et adapter les contraintes pour faciliter les projets :**
 - **obtenir une dérogation pour l'atteinte du label BBC** dans le cas de raccordement à des réseaux en voie de décarbonation ;
 - **identifier les potentiels de mutualisation avec d'autres usages**, notamment ceux des collectivités territoriales, afin de favoriser l'équilibre économique des opérations ;
 - **alléger les contraintes juridiques**, qui freinent actuellement le déploiement des solutions de décarbonation.

1

Présentation des solutions de décarbonation étudiées

Dans le cadre de cette étude, huit solutions de décarbonation ont été examinées et leurs potentiels d'intégration à l'échelle du parc des adhérents et du parc social ont été évalués. Avant de rentrer dans le détail de ces potentiels en partie 3, voici une description générale de chaque solution, des principales réglementations ainsi que des enjeux d'intégration.

1.1. Systèmes de décarbonation du chauffage et de l'ECS

1.1.1 Raccordement au réseau de chaleur

Le raccordement d'un bâtiment à un réseau de chaleur permet de profiter d'une chaleur centralisée à l'échelle d'un quartier ou d'une collectivité. Les enjeux, freins et leviers du raccordement du parc des adhérents de la FOPH ont été décrits dans une précédente étude de la Fédération : *Étude sur le développement du raccordement du parc des adhérents de la FOPH aux réseaux de chaleur urbains*. Les résultats sur l'état du raccordement ainsi que la méthode d'évaluation des potentiels ont été repris et mis à jour avec les nouvelles données disponibles (voir partie 2.2.).

En 2022, 946 réseaux de chaleur sont identifiés en France, livrant 29 TWh de chaleur, dont 19,4 TWh issus d'énergies renouvelables et de récupération (ENR&R). L'objectif fixé par la Stratégie nationale bas-carbone (SNBC) est de 39,5 TWh de chaleur livrée par des réseaux d'ici 2030. Cet objectif a été revu à la hausse et prolongé dans le cadre de la Stratégie française énergie-climat (SFEC) qui fixe un objectif **de 68 TWh de chaleur livrée par des réseaux en 2030, dont 75 % issus d'ENR&R (soit 51 TWh d'ENR&R livrés) puis 90 TWh dont 80 % (72 TWh) issus d'ENR&R en 2035. Il s'agit donc de tripler la chaleur livrée en 13 ans. Pour cela, la SFEC estime qu'il faudrait raccorder entre 300 000 et 360 000 logements en moyenne par an jusqu'en 2035 pour l'ensemble des parcs privé et HLM.**

Afin de promouvoir le raccordement à un réseau de chaleur, plusieurs mesures réglementaires ont été mises en place. Ainsi, le classement systématique des réseaux permet d'imposer le raccordement des bâtiments neufs et de ceux existants qui changent de système de chauffage, dès lors qu'ils se trouvent dans une zone de développement prioritaire définie par la collectivité.

Cependant, le raccordement de bâtiments résidentiels existants soulève plusieurs enjeux importants, parmi lesquels :

- ▣ **le prix de vente de la chaleur.** Le coût de la chaleur est théoriquement plus stable que les autres énergies, notamment pour les réseaux décarbonés, mais peut subir parfois de fortes variations, en fonction du mode de modulation des prix du gestionnaire. En outre, le raccordement peut, à court terme, augmenter la facture énergétique des locataires par rapport à la configuration initiale, s'il n'est pas réalisé en parallèle d'une rénovation énergétique ;
- ▣ **le coût et la faisabilité technique du raccordement :** selon le gestionnaire, la politique du réseau, le type de bâtiment, sa distance au réseau et le terrain, le raccordement d'un ou plusieurs bâtiments peut être plus ou moins coûteux. De plus, certains bâtiments, en raison de leur système initial, sont plus faciles à raccorder que d'autres. Ce potentiel technique est détaillé en partie 2.2.



Lyon Métropole Habitat © N. Leblanc

Pour faciliter le raccordement des bâtiments, plusieurs dispositifs d'accompagnement ont été mis en place :

- ❑ **le « Coup de pouce chauffage des bâtiments résidentiels collectifs et tertiaires »** permet jusqu'à fin 2025, de bénéficier d'une aide financière sur le coût de raccordement, en fonction du nombre de logements raccordés ;
- ❑ **les prêts à la réhabilitation de la Banque des territoires** (PAM livret A, Éco-prêt, et PAM taux fixe complémentaire à l'Éco-prêt). Les travaux de raccordement, lorsqu'ils sont associés à des travaux de rénovation des logements locatifs, sont éligibles à condition que les bâtiments concernés présentent une performance énergétique et climatique correspondant aux classes **D, E, F ou G du diagnostic de performance énergétique (DPE) avant travaux, et atteignent après travaux une étiquette A, B, C ou D avec un gain énergétique minimum de 40 %** ;
- ❑ **le prêt Adaptéo de la Banque des territoires**, bonifié par l'ADEME, permet de financer les travaux nécessaires au raccordement à un taux particulièrement avantageux (entre TLA -0,25 % et TLA -0,75 % en fonction de la maturité du prêt). Le réseau de chaleur doit présenter un taux d'ENR&R de minimum 55 % ou faire l'objet de travaux visant au moins 65 % d'ENR&R. Avec une enveloppe de 130 M€, ce dispositif a été mis en place pour aider les bailleurs face aux coûts importants que peuvent représenter ces travaux.

Bibliographie

- [1] - *Enquête des réseaux de chaleur et de froid – Édition 2023 – FEDENE*
- [2] - *Enquête sur le prix de vente de la chaleur et du froid en 2022 – AMORCE*
- [3] - *Classement des réseaux – CEREMA*
- [4] - *Chauffage urbain et réseaux de chaleur, solutions multi-énergies – XPAIR*
- [5] - *Sites de cartographie des réseaux, Viaseva, France Chaleur Urbaine*
- [6] - *Site de La Banque des territoires*



Archipel Habitat © Stéphane Chalmeau

1.1.2 Pompes à chaleur

La Stratégie française pour l'énergie et le climat (SFEC) accorde une place très importante aux pompes à chaleur aérothermiques dans le mix énergétique prévisionnel de la chaleur en France en 2035. En effet, l'objectif fixé, en seuil haut est de **102 TWh** de chaleur issue de PAC aérothermiques en 2035 contre 39 TWh en 2021, soit une **multiplication par 2,5**.

Si les pompes à chaleur sont un système privilégié par les bailleurs pour la décarbonation des systèmes de chauffage et d'ECS en maisons individuelles, elles ont encore du mal à trouver leur place dans les projets résidentiels collectifs en raison, notamment, des contraintes d'intégration plus importantes et du développement tardif d'une offre adaptée par les industriels.

Les principaux critères d'intégration d'une pompe à chaleur en logement collectif sont :

- ▣ **l'autorisation et la place disponible à l'extérieur pour positionner les unités extérieures des PAC.** Il est en effet rare de pouvoir disposer les unités extérieures des PAC (notamment Air/Eau) à l'intérieur des locaux existants, pour des raisons de place disponible et d'accès à l'air extérieur. De même, la mise en place des PAC dans les parkings est très contrainte pour des raisons d'inflammabilité des fluides frigorigènes, de perturbation de la ventilation des parkings ou de risque de recyclage de l'air (la PAC aspire l'air qu'elle rejette ce qui diminue sa performance). Si les unités extérieures ne peuvent être positionnées en toiture, elles peuvent être installées sur la parcelle. Elles doivent cependant être à bonne distance des baies, dans une installation spécifique protégée des intrusions potentielles. Si cela est envisageable lorsque l'immeuble est isolé sur la parcelle, ce type d'installation est exclu quasi systématiquement en milieu urbain dense ;
 - ▣ **le système initial :** le type de système existant peut faciliter ou complexifier l'intégration des solutions étudiées ;
 - ▣ **le type d'émetteur (radiateur, plancher ou plafond chauffant, ventilo-convecteur, ...) et son régime de température :** le régime de température des émetteurs exerce une forte influence sur la performance des pompes à chaleur. Lorsque le régime de température de l'émetteur est supérieur à 60-65°C, l'application d'une PAC est moins adaptée (risque d'intervention de l'appoint électrique, baisse des COP¹) ou peut alors être accompagnée d'un appoint gaz. Les bâtiments existants sont souvent équipés de radiateurs qui exigent un régime de température de 80°C ou 70°C avant rénovation ;
- Deux solutions peuvent être envisagées pour réduire le régime de température des émetteurs :
- isoler le bâtiment pour diminuer la puissance à fournir dans chaque logement et permettre de subvenir aux besoins en abaissant le régime des émetteurs existants ;
 - remplacer les émetteurs existants par des émetteurs fonctionnant à un régime plus bas (ex : 55/40 °C). Cela implique cependant une intervention dans tous les logements, un risque de blocage dans certaines situations, lié notamment à la taille des nouveaux émetteurs et au prix de ce type de travaux.
- Dans le cadre de l'étude, les données disponibles ne permettant pas de caractériser précisément le régime des émetteurs, la période de construction et le type d'émetteur ont été pris en compte pour l'estimer. Un lien a également été fait avec la capacité de réduction des températures des émetteurs grâce à l'isolation, selon la typologie du bâtiment.
- ▣ **la taille des bâtiments :** au vu du prix relativement élevé des solutions de PAC individuelles, de leurs contraintes d'intégration fortes et de leur non-accessibilité depuis les parties communes du bâtiment (la maintenance des solutions individuelles nécessite d'accéder au logement), les solutions collectives sont généralement privilégiées pour les bâtiments de plus de 25 logements considérés comme des « grands collectifs ». La situation est plus variable dans les « petits collectifs » de moins de 25 logements qui peuvent présenter des opportunités plus importantes de PAC partagées à plusieurs logements. Il convient également de souligner l'apparition de solutions individuelles sans unité extérieure qui peuvent intégrer des logements en remplacement de gaz individuel ;
 - ▣ **la place nécessaire en local technique** (non pris en compte dans l'évaluation du potentiel²) : le traitement de l'ECS en PAC collective implique la mise en place de ballons de stockage qu'il peut être difficile d'intégrer dans les chaufferies existantes. Pour faciliter l'intégration des PAC, il peut être envisagé d'agrandir le local technique (si des locaux adjacents sont disponibles), de ne pas traiter l'ECS par la PAC (hybridation sur le chauffage uniquement) ou de réduire les besoins du bâtiment par une rénovation globale performante afin de diminuer l'encombrement des chaudières. Le choix d'une hybridation ou non du système PAC impacte également la place nécessaire puisqu'une solution 100 % thermodynamique permet de limiter le nombre de composants en chaufferie.

1 COP = Coefficient de Performance, lequel mesure le rendement de la PAC apprécié de la manière suivante : chaleur produite/énergie électrique consommée.

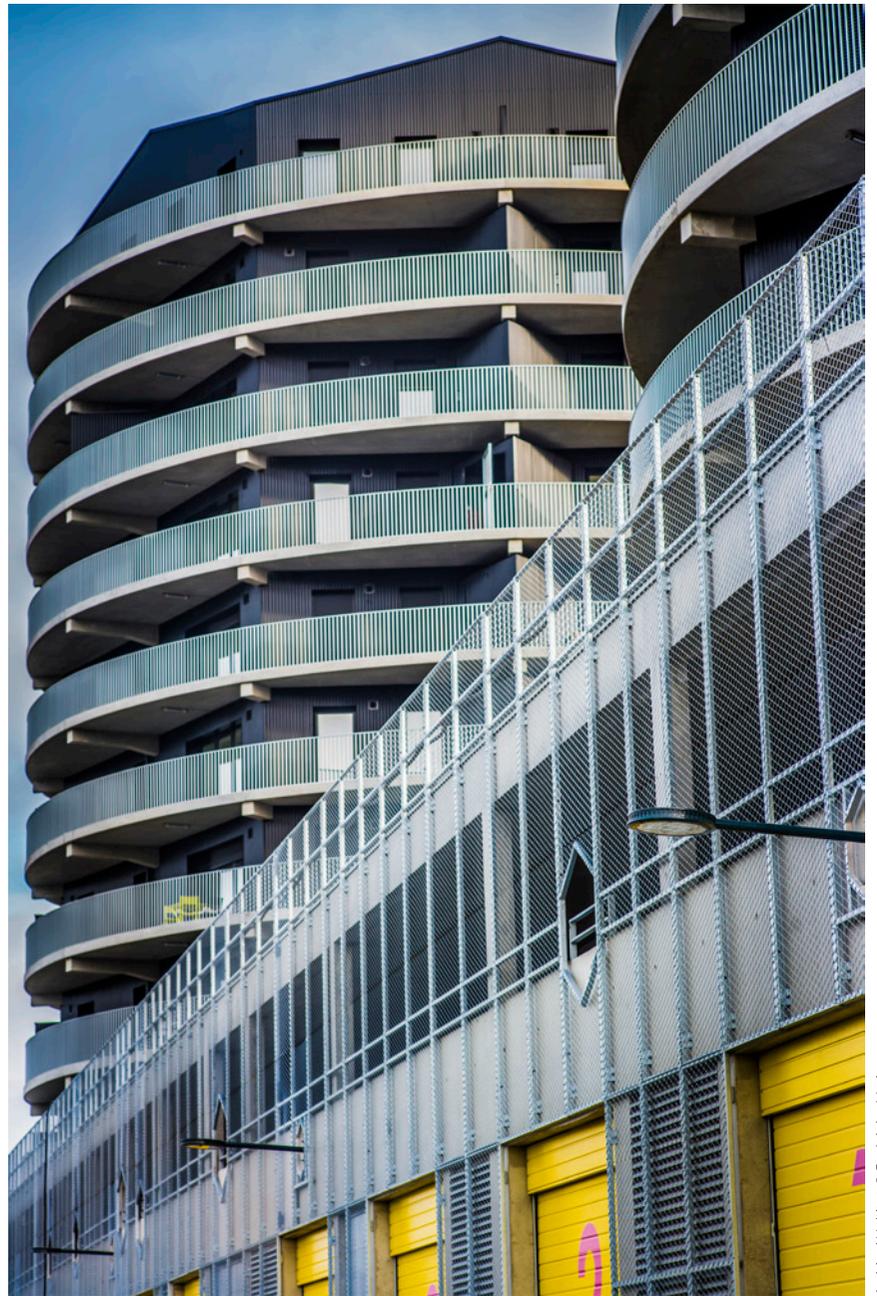
2 L'espace disponible dans le local technique n'est pas une donnée disponible à l'échelle de l'étude.



© Nèvre Habitat

Les pompes à chaleur disponibles sur le marché sont quasiment toutes réversibles. Si cela est intégré au projet, elles peuvent donc servir à produire du froid en condition estivale. Pour cela, il est, néanmoins, nécessaire de disposer d'émetteurs adaptés (ventilo-convecteurs, plancher ou plafond chauffant/refroidissant). En effet, un radiateur, même basse température ne peut être utilisé comme émetteur pour le froid.

Le prêt Adaptéo de la Banque des territoires, bonifié par l'ADEME, présenté en 1.1.1 est également mobilisable dans le cadre d'un projet de changement de vecteur vers l'installation d'une PAC aérothermique. Lorsque l'installation est réalisée sur un bâtiment classé en étiquette E, F ou G, celui-ci devra faire aussi l'objet d'une réhabilitation énergétique éligible à l'Éco-prêt de la Banque des territoires.



Archipel Habitat © Rodolphe Marics

Bibliographie

- [1] - Préparer 2050 – <https://www.preparer2050.fr>
- [2] - Étude sur les freins et leviers à la diffusion de la pompe à chaleur en logement collectif, DHUP, 2022
- [3] - Guides techniques de l'AFPAC – <https://www.afpac.org/>
- [4] - Panorama des pompes à chaleur (PAC) en immeubles de logements collectifs



1.1.3 Géothermie

La géothermie, c'est-à-dire l'exploitation de la chaleur du sol, se divise en deux catégories selon la profondeur d'exploitation. À moins de 200 mètres, on parle de « géothermie de surface », tandis qu'à des profondeurs supérieures, il s'agit de « géothermie profonde ». Cette dernière puise dans des nappes d'eaux souterraines à des températures comprises entre 30°C et 200°C et à des profondeurs généralement comprises entre 500 et 3 000 mètres³. Cela en fait une solution réalisable uniquement dans les grands bassins sédimentaires (Bassin parisien, Bassin aquitain, etc.), particulièrement adaptée à une production de chaleur importante et toujours associée à un réseau de chaleur pour la distribuer à l'échelle d'une collectivité ou d'une activité industrielle.

À l'inverse, la géothermie de surface correspond aux systèmes exploitant la chaleur du sol (autour de 30°C) à des profondeurs inférieures à 200 mètres. Il existe trois types de géothermie de surface : la géothermie sur pieux, réservée aux constructions neuves ; la géothermie sur nappes, nécessitant la présence d'une nappe souterraine pouvant être pompée ; et enfin la géothermie sur sondes, permettant de réaliser un échange conductif de chaleur entre le sol et un fluide caloporteur.

Pour une utilisation en résidentiel, l'énergie prélevée au sol peut être valorisée directement à l'échelle du bâtiment (individuel ou collectif) ou bien à une plus grande échelle au travers d'un dispositif de boucle d'eau tempérée qui permet la mutualisation de la production de chaleur.

En 2022, d'après l'AFPG⁴, en résidentiel, 3,9 TWh de chaleur sont issus de systèmes de géothermie de surface (PAC géothermique) dont plus de 95 % pour des logements individuels.

Cette production atteint 4,58 TWh tous secteurs confondus (résidentiel, tertiaire, industrie). Au total, il y a plus de 205 000 installations géothermiques en fonctionnement en 2022. Cette production est alignée avec l'objectif 2023 de la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) qui est fixé à 4,6 TWh. Cette dernière fixe ensuite un objectif entre 5 et 7 TWh pour 2028, tandis que la nouvelle Stratégie française énergie climat de 2024 vise 10 TWh en 2030, puis entre 15 et 18 TWh en 2035.

Parmi les installations de géothermie de surface, certaines sont qualifiées par décret⁵, comme relevant du régime de la géothermie de minime importance (GMI). Il s'agit des systèmes en boucle fermée (sondes géothermiques verticales) et en boucle ouverte (captage sur nappe d'eau souterraine) respectant plusieurs exigences, dont notamment :

- une profondeur des échangeurs géothermiques comprise entre 10 et 200 m ;
- une puissance thermique prélevée dans le sous-sol inférieur à 500 kW.

Selon la zone, le régime de géothermie de minime importance peut ne pas être possible (zone rouge), conditionné à un avis d'expert (zone orange) ou possible, sans avis d'expert (zone verte).

Le principal intérêt de ce régime réside dans sa simplicité administrative. En effet, les installations ne vérifiant pas les conditions de la géothermie de minime importance relèvent, en vertu du code minier, d'un régime d'autorisation auprès des services de l'État. À l'inverse, les installations profitant du régime GMI ne nécessitent pas d'autorisation préalable sauf celles imposées par le Plan local d'urbanisme.

³ Géothermie : un plan d'action pour accélérer, Ministère de la transition écologique, février 2023.

⁴ La géothermie en France : étude de filière 2023, AFPG, 2023.

⁵ Alinéa II de l'article 3 du décret n° 78-498 du 28 mars 1978 relatif aux titres de recherches et d'exploitation de géothermie.

Il est uniquement nécessaire de se rapprocher de la mairie avant de les réaliser et de télédéclarer l'ouverture de travaux d'exploitation *via* la plateforme geothermies.fr pour chacun des cas suivants :

- ❑ pour toute nouvelle installation de géothermie de minime importance, préalablement au début des travaux ;
- ❑ lors d'une modification d'installation (ajout/suppression d'ouvrage) ;
- ❑ lors du changement d'un intervenant (sous-traitant) ou de l'exploitant d'une installation déjà déclarée ;
- ❑ lors de la cessation de l'exploitation.

Comme système de décarbonation, la géothermie présente plusieurs avantages :

- ❑ en plus de produire de la chaleur renouvelable, les systèmes géothermiques peuvent être utilisés de manière réversible pour produire du froid. Cela est particulièrement avantageux lorsque le gisement géothermique est limité et que l'utilisation hivernale peut conduire à son appauvrissement. Utiliser le système de manière réversible pendant les périodes chaudes permet de recharger le sol en calories, qui pourront alors être récupérées lors de la prochaine période de chauffage. De plus, la production de froid présente l'avantage de ne pas réchauffer l'extérieur, contrairement aux pompes à chaleur et climatiseurs aérauliques ;
- ❑ un système géothermique est globalement plus facile et moins cher à entretenir que les autres solutions thermodynamiques de décarbonation⁶. Il possède de plus une durée de vie accrue (26-27 ans en moyenne pour la pompe à chaleur et encore plus pour le reste de l'installation) ;
- ❑ le volume sonore des pompes à chaleur géothermiques est considéré comme négligeable, ce qui élimine les enjeux acoustiques associés à l'intégration des pompes à chaleur aérauliques.

À l'échelle d'un projet, la production de chaleur par géothermie pour le résidentiel est néanmoins soumise à plusieurs contraintes et enjeux techniques :

- ❑ il est nécessaire que le sol présente un potentiel géothermique suffisant, ce qui suppose une étude géologique par un bureau d'étude spécialisé ;
- ❑ la parcelle doit disposer de la place nécessaire à l'implantation du champ de sondes. L'intégration de sondes corbeilles, pertinentes en logement individuel, peut être réalisée uniquement par déblayage, contrairement aux sondes verticales qui nécessitent la réalisation de forages ;
- ❑ il est nécessaire d'avoir un espace pour installer une pompe à chaleur dans le local technique ;
- ❑ il est important de bien dimensionner le système afin d'éviter, lorsqu'il est surdimensionné, un surinvestissement à l'installation (champs de sondes et PAC), des tarifs d'énergie plus élevés, une diminution de la performance et de la longévité de la PAC. Le sous-dimensionnement du champ de sondes conduit à une surexploitation, une diminution de la performance de la PAC, une augmentation des consommations électriques et une dégradation du sous-sol ;
- ❑ comme évoqué précédemment pour les solutions PAC, il est primordial de limiter le régime de température *via* un réseau basse température ;
- ❑ la réalisation d'un forage dans le cadre d'une géothermie verticale doit être effectuée par un professionnel qualifié. Le choix d'un RGE Quali'Forage garantit le respect des normes pour la géothermie. Il est conseillé de faire réaliser l'installation et la maintenance de la PAC géothermique par un professionnel qualifié RGE Quali'PAC.



Nantes Métropole Habitat © Valéry Joncheray

⁶ La géothermie en France : étude de filière 2023, AFGP, 2023.



La production de chaleur domestique par géothermie pour le résidentiel est également soumise à des contraintes organisationnelles.

- ▣ il peut être difficile de trouver des conseils et des entreprises compétentes. À ce titre, le site geothermie.fr référence l'interlocuteur régional AFPG ainsi que les acteurs régionaux compétents ;
- ▣ la durée de réalisation d'un projet de géothermie doit être prise en compte et nécessite d'envisager l'étude de son potentiel en amont du projet. En particulier, des études techniques doivent être menées rapidement dans le projet pour ne pas subir un décalage dans le temps trop important des travaux ;

- ▣ bien que ces solutions, avec une durée de vie importante et des coûts d'exploitation faibles par rapport aux autres solutions techniques, présentent une rentabilité économique sur le long terme, le coût d'investissement initial est important, et ce, dès les études préalables de faisabilité (31 000 € en moyenne pour de la géothermie par sondes verticales).

Sur ce dernier point, il convient de noter que les installations géothermiques de surface bénéficient de l'aide du Fonds Chaleur qui prend en charge, d'après l'ADEME, entre 20 et 40 % de l'investissement total selon les opérations⁷. De plus dans le cadre du « Coup de pouce chauffage », l'installation d'une PAC géothermique en logement individuel est aidée à hauteur 5 000 € minimum tandis qu'en logement résidentiel collectif, le volume des CEE de la fiche BAR-TH-166 est multiplié par quatre ou par cinq en fonction des configurations.

Enfin, il existe une garantie dénommée « Garantie AQUAPAC », qui couvre le risque d'échec relatif à la découverte d'une ressource en eau souterraine insuffisante, et une garantie pérennité qui couvre le risque de diminution ou de détérioration de la ressource durant les dix premières années d'exploitation.

Le prêt Adaptéo de la Banque des territoires, bonifié par l'ADEME, présenté en 1.1.1 est également mobilisable dans le cadre d'un projet de géothermie. Lorsque l'installation est réalisée sur un bâtiment classé en étiquette E, F ou G, celui-ci devra faire également l'objet d'une réhabilitation énergétique éligible à l'Éco-prêt de la Banque des territoires.

Bibliographie

- [1] - Étude filière AFPG 2023
- [2] - Vademecum BRGM 2021 sur la géothermie de minime importance
- [3] - Guide technique ADEME/BRGM 2012
- [4] - Geothermies.fr
- [5] - Guide AFPG 2020
- [6] - Guide ADEME 2019
- [7] - *Coûts de la géothermie Très Basse Énergie assistée par pompe à chaleur en Hauts-de-France ; UniLaSalle pour la Région Hauts-de-France*

⁷ Réussir un projet de qualité en géothermie de surface, Guide ADEME, 2019.

1.1.4 Chaufferie biomasse

La biomasse est la 1^{re} source de chaleur renouvelable en France. En lien avec une consommation de chaleur issue de la biomasse déjà importante et des interrogations sur la ressource à long terme, les objectifs nationaux pour la biomasse restent encore à préciser dans le cadre de la troisième Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE). Les éléments présentés dans le cadre de la SFEC publiés en novembre 2023, tendent plutôt vers une diminution de la quantité de chaleur issue de la biomasse consommée dans le résidentiel avec des objectifs 2035 entre 51 et 80 TWh, donc un seuil haut équivalent à celui d'aujourd'hui (79 TWh estimés en 2021).

Le bois-énergie est privilégié comme vecteur d'énergie par certains bailleurs, car il s'agit d'une ressource locale au coût plus stable que d'autres énergies (gaz, électricité, fioul), qui permet donc un meilleur contrôle des charges locatives.

En maisons individuelles, les systèmes de production de chaleur basés sur le bois-énergie sont multiples : foyers fermés, inserts, poêles et chaudières. En collectif, le bois énergie est utilisé à l'échelle du bâtiment, au sein de chaufferies collectives et d'installations de cogénération produisant conjointement de la chaleur et de l'électricité avec des hauts rendements de performance. Cependant, les coûts d'investissement importants et les contraintes techniques présentées ci-après, orientent souvent l'utilisation de la biomasse dans un cadre collectif vers des chaufferies mutualisées à l'échelle d'un quartier ou d'une collectivité et dont la chaleur produite est ensuite distribuée via un réseau de chaleur.

Comme pour les installations géothermiques présentées en 1.1.3, les installations biomasse nécessitent des travaux additionnels en espaces extérieurs en complément de la seule intégration d'équipements en locaux techniques. En effet, dans les bâtiments existants, le silo de stockage ne peut pas être directement intégré à l'intérieur du bâtiment.

L'intégration d'une chaufferie biomasse présente également d'autres enjeux :

- l'intégration en local de chaufferie, des équipements nécessaires à l'extraction des fumées et au stockage des cendres, en plus de la chaudière, peut être difficile dans les bâtiments existants ;

- afin de réaliser l'approvisionnement en combustibles, le silo de stockage doit être à proximité d'une route permettant le transport par camion. Il ne doit pas être placé à plus de 30 mètres de la chaudière. Son volume doit être adapté aux contraintes spatiales du site, à l'autonomie souhaitée (de trois jours à plusieurs semaines) et au moyen de livraison disponible. En effet, si la filière locale n'a pas la capacité de livrer de gros volumes ou que l'accessibilité ne le permet pas, le surdimensionnement du silo entraînera un surcoût inutile ;
- l'approvisionnement en combustible nécessite des filières locales, actives et durables. L'animateur bois-énergie est le contact à privilégier en amont du projet pour s'informer sur les différents acteurs et les possibilités d'approvisionnement.

Si l'investissement initial d'intégration d'une chaufferie est important, deux sources de financement principales existent : le Fonds Chaleur et la fiche CEE BAR-TH-113 primée dans le cadre du coup de pouce chauffage collectif et tertiaire. Le prêt Adapté de la Banque des territoires est également mobilisable dans le cadre d'un projet de changement de vecteur vers l'installation d'une chaufferie biomasse. Lorsque l'installation est réalisée sur un bâtiment classé en étiquette E, F ou G, celui-ci devra faire également l'objet d'une réhabilitation énergétique éligible à l'Éco-prêt de la Banque des territoires.

Bibliographie

- [1] - *Cahier des charges : Étude de faisabilité d'une chaufferie biomasse*, ADEME, 2014
- [2] - *Panorama de la chaleur renouvelable et de récupération – Édition 2023*
- [3] - *Exemples d'installation biomasse en collectivités*, ADEME, 2018
- [4] - *Concevoir l'implantation d'un silo ou d'une trémie à bois déchiqueté*, ITEBE, 2004
- [5] - *Les chaufferies automatiques au bois déchiqueté : guide des recommandations*, Mission régionale Bois Énergies Provence-Alpes Côte d'Azur, 2012
- [6] - *Questions-réponses – Bois-énergie – SER*
- [7] - *5 leviers d'action pour accélérer le développement du bois-énergie – SER*



1.2. Systèmes de décarbonation de l'ECS

1.2.1 Solaire thermique

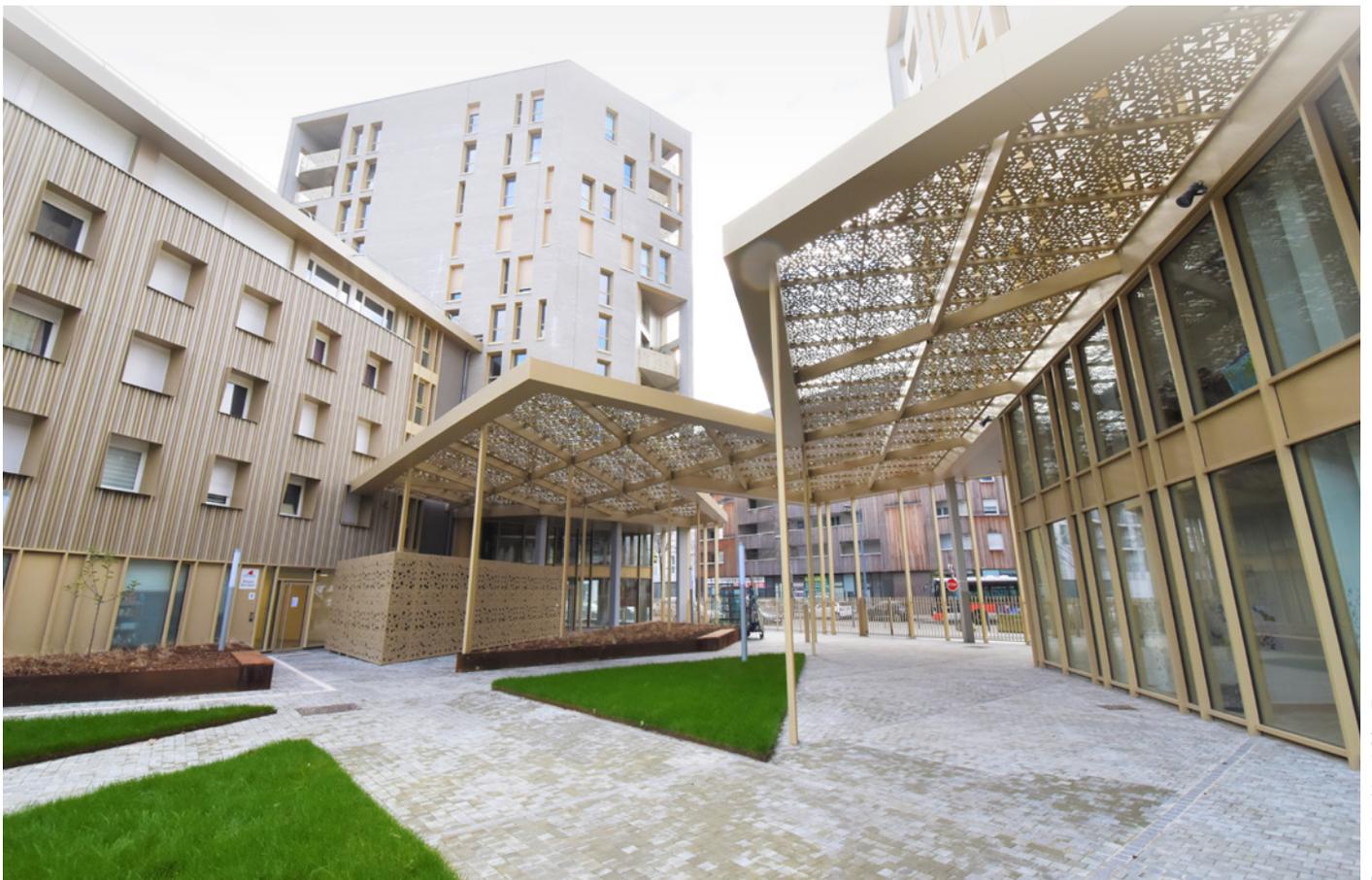
Les systèmes solaires thermiques permettent de profiter de l'énergie solaire pour produire de la chaleur. En logement individuel, différentes solutions techniques permettent, soit de produire de l'eau chaude sanitaire (chauffe-eau solaire individuel), soit de fournir une partie des besoins de chaleur pour le chauffage et l'ECS en association avec une autre source de chaleur (chaudière, PAC...). On parle alors de système solaire combiné. En logement collectif, le solaire thermique est mobilisable pour répondre à une partie des besoins d'ECS via un système de chauffe-eau solaire collectif.

▣ Dans une stratégie bas-carbone qui vise un parc résidentiel aux normes BBC en 2050, la part de l'ECS dans la consommation totale des logements augmente car les besoins d'ECS varient peu selon la performance du bâti. Le solaire collectif représente une alternative décarbonée pour la production d'ECS. Ainsi la SFEC, prévoit **pour 2035 une consommation de chaleur issue du solaire thermique de 10 TWh** alors qu'elle est estimée à 1,3 TWh en 2021, soit **une multiplication par près de 8 !**

Le marché du solaire thermique en France est dominé par les systèmes individuels, ce qui fait du déploiement du solaire thermique dans le résidentiel collectif existant l'un des enjeux principaux de la filière. Cependant, dans le secteur social, les projets de système solaire thermique collectif menés dans les années 2000 ont conduit à une défiance des acteurs autour de cette solution. En effet, en lien avec une filière du système solaire thermique pas encore mature, beaucoup d'équipements mal dimensionnés, mal installés ou non suivis ont rapidement dysfonctionné. Si certaines installations ont pu être remises en service au prix de travaux entraînant un surcoût important de l'opération, d'autres ont été complètement abandonnées.

Depuis plus de 10 ans, la filière du solaire thermique s'est structurée autour de cette défaillance et a travaillé pour améliorer la garantie de performance de ses systèmes notamment à travers l'initiative SOCOL, fondée autour de trois objectifs :

- ▣ développer le savoir-faire des acteurs de la chaleur solaire collective ;
- ▣ structurer l'offre par la performance et la qualité ;
- ▣ consolider la confiance et développer de nouvelles opportunités.



Cela a conduit à la création d'outils, de formations et de qualifications à destination des bureaux d'études, des installateurs, mais également des exploitants et des maîtres d'ouvrage. Dans les faits, un système solaire thermique peut avoir une durée de vie de 25 ans, lorsqu'il est :

- ❑ **bien dimensionné.** Un système solaire thermique surdimensionné entraîne une surchauffe du glycol caloporteur pouvant mener à sa caramélisation et à la détérioration du système. Le bon dimensionnement requiert une prise en compte des besoins du bâtiment, mais également de leur évolution saisonnière. En résidentiel collectif, la variation du taux d'occupation, notamment sur la période estivale, doit être prise en compte lors du dimensionnement de l'installation. Une intervention pour couvrir certains panneaux en été lorsque la production est importante et que les besoins sont moindres peut être envisagée afin de réduire la production si nécessaire ;
- ❑ **bien installé.** L'utilisation de matériaux adaptés et conformes aux différents DTU relatifs aux installations solaires thermiques, évite une dégradation précoce de l'installation. Dans le cadre d'une réhabilitation en site inoccupé, il est également important de bien réaliser la mise en service des panneaux après le retour des occupants ;
- ❑ **bien entretenu.** Les systèmes solaires nécessitent un suivi et une maintenance réguliers pour identifier tout dysfonctionnement et intervenir rapidement le cas échéant. D'autant qu'étant toujours associé à un appoint, un système solaire peut dysfonctionner sans entraîner un arrêt de la production d'ECS. Or, l'arrêt du système solaire peut alors conduire à une surchauffe au niveau des panneaux toujours exposés aux rayonnements et à une dégradation du système.

Pour s'assurer d'un dimensionnement et d'une installation corrects, il est recommandé de confier la conception à un bureau d'étude qualifié **OPQIBI 20.10 et/ou 20.14**⁸ et l'installation à un artisan qualifié **Qualibat pour le solaire thermique ou Qualisol Collectif**. De plus, pour garantir un cadre juridique permettant le fonctionnement optimal des installations réceptionnées sur une durée prolongée, SOCOL met à disposition des clauses et

chartes d'engagement à intégrer aux documents de marché⁹. Trois types de clauses sont proposés :

- ❑ **la mise en service dynamique.** Elle comprend un suivi de production sur une période de trois à six mois après livraison, permettant de valider le bon fonctionnement de l'installation ;
- ❑ **la mise en service dynamique et une garantie de bon fonctionnement.** Cette dernière est « un engagement par lequel l'exploitant s'oblige envers le Maître d'Ouvrage à exploiter pendant une période à définir, une installation de production d'eau chaude sanitaire solaire, dont il garantit et démontre sur site la capacité à assurer une production énergétique annuelle minimale d'origine solaire pendant cette même durée, conformément aux résultats constatés à la clôture de la phase de mise en service dynamique qui l'a précédée »¹⁰ ;
- ❑ **la mise en service dynamique et une garantie de résultats solaires.** Cette dernière correspond à une garantie de bon fonctionnement, non plus fixée sur les résultats constatés à la fin de la mise en service dynamique, mais dont la garantie de production solaire évolue selon l'irradiation moyenne et le volume réel d'eau chaude produit.

Au-delà des enjeux évoqués ci-avant, l'intégration technique d'un système solaire thermique comporte d'autres contraintes techniques d'intégration :

- ❑ au niveau des panneaux, **l'orientation et la disponibilité de la toiture** ainsi que sa **capacité structurelle** sont des éléments conditionnant la bonne intégration. La présence d'ombres portées est également déterminante ;
- ❑ compte tenu de son intermittence, la production solaire thermique doit être accompagnée de ballons de stockage (au moins deux) et d'un appoint pour assurer la couverture intégrale des besoins. L'intégration peut donc être contrainte par l'espace disponible en local technique.

Le prêt Adapté de la Banque des territoires, bonifié par l'ADEME, présenté en 1.1.1 est également mobilisable dans le cadre d'un projet de changement de vecteur vers l'installation d'un système solaire thermique. Lorsque l'installation est réalisée sur un bâtiment classé en étiquette E, F ou G, celui-ci devra faire également l'objet d'une réhabilitation énergétique éligible à l'Éco-prêt de la Banque des territoires.

8 20.10 : Étude d'installations de production utilisant l'énergie solaire thermique.

20.14 : Ingénierie des installations de production utilisant l'énergie solaire thermique.

9 Mise en service dynamique : clé de voûte du processus qualité SOCOL
<https://www.solaire-collectif.fr/achat/mise-en-service-dynamique-clef-de-voute-de-l-installation/4.htm>

10 Charte d'engagement de réalisation d'une mise en service dynamique pour la production d'eau chaude sanitaire suivie d'une garantie de bon fonctionnement. Disponible sur le site solaire-collectif.fr.

1.2.2 Récupération de chaleur sur eaux grises

Les eaux grises correspondent aux eaux usées domestiques faiblement polluées issues des douches, lavabos, lave-linge et lave-vaisselle, mais pas des sanitaires (eaux noires). Lorsque les eaux noires et les eaux grises sont séparées et évacuées par des canalisations distinctes, plusieurs solutions techniques existent pour récupérer une partie de la chaleur des eaux grises. On peut les distinguer en deux catégories : les solutions passives et les solutions actives.

Les solutions passives récupèrent la chaleur par échange conductif au travers d'un échangeur installé en remplacement d'une section de la canalisation d'évacuation. La chaleur récupérée par ce type de solution sert, dans la majorité des cas, à préchauffer l'eau arrivant dans un ballon d'ECS individuel et est donc plus pertinente en maisons qu'en logements collectifs. Certaines solutions, composées d'un groupe d'échangeurs placés en bas de colonne d'eaux grises, sont adaptées à une distribution collective d'ECS. Cependant, elles présentent des contraintes importantes de place en local technique et permettent uniquement de préchauffer l'ECS.

Les autres solutions, dites actives, correspondent à des pompes à chaleur captant la chaleur des eaux usées, qui sont préalablement collectées dans des cuves situées en bas de colonne. Avec l'intervention d'un appoint d'énergie pour compenser les pertes de bouclage, ce type de systèmes a la capacité de couvrir l'ensemble des besoins d'ECS d'un bâtiment. Les volumes nécessaires aux stockages des eaux

grises et de l'ECS sont néanmoins conséquents et peuvent limiter la possibilité d'intégration en local technique. Pour que le système soit performant, il est nécessaire d'avoir un volume d'eaux grises suffisant, ce qui suppose une taille de bâtiment minimale (au moins 40 logements), des canalisations calorifugées et une collecte des eaux usées mutualisée.

Bien que relativement matures, car présentes sur le marché depuis 2010 et bien maîtrisées par certains bureaux d'études et installateurs, ces solutions restent peu courantes (elles équipent quelques centaines de logements). En cas de projet d'intégration, il est pertinent de contacter directement le fabricant afin d'être dirigé vers les bons spécialistes, mais également de souscrire un contrat d'entretien et de maintenance spécifique. En effet, cette solution demande un suivi et un entretien régulier (vidange et nettoyage des cuves, suivi des performances...).

Bibliographie

- [1] - <http://www.biofluides.com>
- [2] - T. Thiry, *Étude technico-économique de la mise place d'un système de chaleur sur eaux grises pour un lotissement résidentiel du Grand-Duché de Luxembourg*, 2020
- [3] - F. Meggers, H. Leibundgut, *The potential of wastewater heat and exergy: Decentralized high-temperature recovery with a heat pump*, *Energy and Buildings*, Volume 43, Issue 4, 2011
- [4] - ALTO STEP, *Productions renouvelable d'Eau Chaude Sanitaire*, 2017



Partenord Habitat © Rémy Ty





© Archipel Habitat

1.3. Production d'énergie décarbonée

1.3.1 Électricité photovoltaïque

L'électricité produite par les cellules photovoltaïques peut-être réinjectée dans le réseau électrique ou directement consommée sur le site de production, on parle alors d'autoconsommation. Compte tenu d'un contexte économique, contractuel et réglementaire exigeant, l'électricité renouvelable produite était jusqu'à présent le plus souvent réinjectée sur le réseau. Les évolutions réglementaires récentes favorisent l'essor de l'autoconsommation étant donné :

- ▣ la diminution des tarifs d'obligation d'achat de l'électricité photovoltaïque ;
- ▣ les freins réglementaires qui se lèvent progressivement ;
- ▣ la baisse des coûts d'installation des équipements.

Le frein principal de l'autoconsommation en résidentiel réside dans le déphasage entre les pics de production et les pics de consommation. À l'échelle d'un bâtiment collectif, l'électricité autoconsommée peut permettre d'alimenter les parties communes (éclairage, parking, VMC), des bornes de véhicules électriques et/ou les logements. Certains acteurs étudient un usage direct en courant continu au bénéfice des véhicules électriques.

Le tertiaire possède quant à lui des pics de consommation en journée synchronisés avec les pics de production photovoltaïque. L'autoconsommation pouvant être individuelle ou collective, lorsque la fourniture d'électricité est effectuée entre un ou plusieurs producteurs et un ou plusieurs consommateurs finaux, l'autoconsommation collective peut permettre de consommer l'électricité produite à l'échelle d'un quartier et ainsi profiter de la mixité des usages (résidentiel/tertiaire).

L'autoconsommation collective permet ainsi de diminuer durablement la facture énergétique des locataires tout en contribuant efficacement à la transition énergétique d'un territoire. Malgré un allègement récent, il existe néanmoins de nombreux freins réglementaires, juridiques et administratifs autour des projets d'autoconsommation. ¹¹

Certaines contraintes peuvent également réduire l'injection de l'électricité produite au réseau électrique, notamment sa capacité à soutenir cette injection, ou la disponibilité des points de livraison. D'un point de vue de l'intégration technique, la pose et l'entretien des panneaux photovoltaïques dépendent des contraintes de la toiture (accessibilité, capacité structurelle, compatibilité des systèmes de fixations...).

Les retours d'expérience font état d'un autre potentiel photovoltaïque pour le bailleur, celui lié à une intégration de panneaux photovoltaïques sur les espaces non bâtis comme les parkings.

Bibliographie

- [1] - *Cahier repère n° 122. Production d'énergie et autoconsommation : faciliter la mise en place d'un projet d'autoconsommation collective*, USH, 2023
- [2] - *Cahier repère n° 44. Production d'énergie et autoconsommation* – USH
- [3] - *Intégration du photovoltaïque dans une opération de logement social – Guide*
- [4] - *Autoconsommation électrique : enjeux et pistes de valorisation* – CTB
- [5] - *Décret sur l'autoconsommation collective d'électricité en Hlm*
- [6] - *Panorama de l'électricité renouvelable – 2021 – SER*



Nantes Métropole Habitat © Valéry Joncheray

11 Cahier repère n° 122. *Production d'énergie et autoconsommation : faciliter la mise en place d'un projet d'autoconsommation collective*, USH, 2023.



1.3.2 Production de biogaz

Les déchets ménagers organiques produits par les occupants du parc des adhérents peuvent être valorisés au travers d'unités de méthanisation afin de produire du biogaz, pouvant ensuite participer à décarboner la production de chaleur des bâtiments au gaz. Il semble néanmoins difficile de mettre en œuvre des unités de micro-méthanisation à l'échelle du parc des adhérents de la FOPH pour des raisons de rentabilité économique et de contraintes réglementaires. En effet, la réalisation d'une unité de micro-méthanisation de biodéchets est fortement contrainte par la réglementation et s'envisage plutôt à l'échelle du quartier, voire de la collectivité, plutôt qu'à celle du bâtiment ou de la résidence. Elle nécessite notamment l'atteinte d'une quantité de déchets conséquente pour être économiquement rentable. Le taux de décarbonation lié à un projet de micro-méthanisation des biodéchets est, de plus, peu significatif. Néanmoins, la collecte des déchets ménagers organiques, en association avec des unités de méthanisation industrielles, peut être intéressante afin de valoriser ces déchets par production de biogaz directement injecté dans le réseau de gaz naturel. Le biométhane produit par ces unités pourrait être ensuite consommé par les bâtiments des adhérents de la FOPH via des garanties d'origine.

Afin de mieux connaître cette dernière opportunité à l'échelle du parc des adhérents de la FOPH, l'étude a permis d'estimer un nombre de logements situés à proximité de sites de valorisation des déchets ménagers organiques afin d'identifier les bâtiments et bailleurs qui pourraient être concernés.

Bibliographie

- [1] - *Étude d'opportunité pour la valorisation des biodéchets par micro-méthanisation au sein du parc des organismes Hlm – USH*
- [2] - *Évaluation des impacts Ges de la production et l'injection de biométhane dans le réseau de gaz naturel – Rapport de synthèse*
- [3] - *MODECOM 2017 – Campagne nationale de caractérisation des déchets ménagers et assimilés – ADEME*
- [4] - *État de l'art de la micro-méthanisation*
- [5] - *Sites d'injection de biométhane en France, gaz-mobilite.fr*

2

Potentiels de décarbonation des logements du parc des adhérents de la FOPH et du parc social

Le potentiel de décarbonation du chauffage et de l'eau chaude sanitaire s'appuie sur une modélisation du parc de logements des adhérents de la FOPH, croisée avec diverses données sur les potentiels ou les caractéristiques des logements analysés. Après la présentation des différentes données traitées, l'analyse est réalisée vecteur par vecteur, puis de manière globale.

2.1. Liste des critères évalués et traitement des données

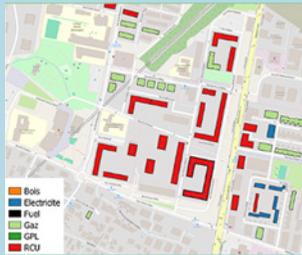
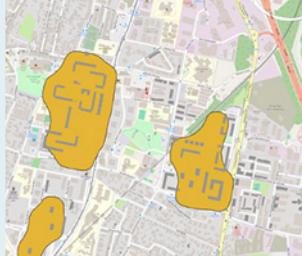
L'évaluation des potentiels de décarbonation par type de solution a été réalisée en se basant sur un important travail de recueil, traitement et croisement de données. Cette méthode a pour avantage de qualifier les potentiels à l'échelle de chacun des bâtiments accueillant des logements du parc des adhérents de la FOPH.

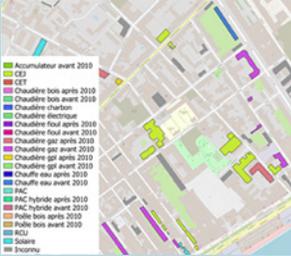
Une base de données a été créée pour accueillir :

- ▣ une description exhaustive des logements et des bâtiments du parc social, dans leurs composantes morphologiques (surfaces, hauteurs, types de toiture, implantations dans le tissu urbain) et énergétiques (étiquettes DPE, énergies et systèmes de chauffage et ECS, potentiels solaires en toiture, etc.) ;
- ▣ une caractérisation des réseaux de chaleur (tracés, points de livraison de chaleur, contenu CO₂ de la chaleur produite, puissance par productible, etc.) et des potentiels de création/extension ;
- ▣ des données sectorielles de potentiels (géothermie, potentiels développements RCU, etc.) et de contraintes (patrimoniales notamment).



Le socle de connaissances cadastrales ainsi constitué donne la possibilité d'évaluer des critères de mise en œuvre ou de contraintes entrant dans la qualification du potentiel de déploiement des ENR par vecteur. Pour permettre ce type d'analyses multi-critères de nombreux indicateurs ont été calculés à l'échelle de chaque bâtiment du parc social, dont les principaux sont présentés ci-après :

CRITÈRE D'ÉVALUATION DU POTENTIEL	PRINCIPAUX TRAITEMENTS	ILLUSTRATIONS/PRÉCISIONS	VECTEUR ENR&R
<p>Proximité d'un réseau existant</p>	<p>Calcul pour chaque bâtiment, via un traitement spatial, de la distance au réseau de chaleur le plus proche</p>		<p>RCU</p>
<p>Nombre de logements, type de bâtiment, année de construction</p>	<p>Données directement issues du RPLS</p>		<p>RCU, PAC, géothermie, biomasse, solaire PV et thermique</p>
<p>Morphologie et implantation dans le tissu urbain</p>	<p>Traitement des informations de la BD TOPO sur la hauteur gouttière et l'emprise au sol des bâtiments. Calcul des coefficients d'occupation du sol pour chaque unité foncière.</p>		<p>Géothermie, récupération de chaleur sur eaux grises</p>
<p>Énergies et mode de chauffage</p>	<p>Croisement des données de consommations réelles gaz et électricité, des informations contenues dans le DPE et du recensement général de la population</p>		<p>RCU, PAC, géothermie, biomasse</p>
<p>Zones de forts potentiels de développement des réseaux de chaleur</p>	<p>Récupération et traitement des zones de forts potentiels de développement du RCU de Enrezo (CEREMA)</p>		<p>RCU</p>

CRITÈRE D'ÉVALUATION DU POTENTIEL	PRINCIPAUX TRAITEMENTS	ILLUSTRATIONS/PRÉCISIONS	VECTEUR ENR&R
Zonage de protection du patrimoine	Identification des bâtiments situés dans des zonages de protection du patrimoine (SPR, abords des monuments)		PAC, solaire PV et thermique
Énergie et système d'Eau Chaude Sanitaire (ECS)	Récupération et traitement des données DPE		PAC, récupération chaleur sur eaux grises, solaire thermique
Potentiels solaires en toiture	Énergies Demain a mis à disposition de l'étude le résultat de sa modélisation nationale des potentiels solaires en toiture à partir des données LIDAR et des Modèles Numériques de Surface (MNS) de l'IGN		Solaire photovoltaïque et thermique
Espace disponible sur l'unité foncière	Pour chaque unité foncière a été calculée la surface du plus grand cercle pouvant être inscrit entre les bâtiments		PAC, géothermie, biomasse
Statut des sondes géothermales	Récupération et traitement des sondages géothermiques à 200 mètres pour identifier ceux compatibles à la GMI		Géothermie

55 000 logements

au potentiel fort en matière de raccordement à un réseau de chaleur existant



© Nièvre Habitat

2.2. Potentiel existant et prospectif de raccordement à un réseau de chaleur

Le raccordement des maisons individuelles déjà construites est économiquement extrêmement difficile à envisager. L'évaluation du potentiel de raccordement du parc des adhérents considère uniquement les logements collectifs.

2.2.1 Potentiel de raccordement à des réseaux déjà existants

Le potentiel de raccordement par bâtiment à un réseau existant s'appuie sur trois critères permettant d'estimer la faisabilité technico-économique du raccordement : **la distance du bâtiment au réseau de chaleur, le nombre de logements et l'opportunité technique.**

Pour chaque bâtiment non raccordé actuellement, **trois niveaux de potentiels sont définis :**

- ▣ **potentiel fort :** pour qu'un bâtiment bénéficie d'un potentiel technico-économique fort, les conditions suivantes doivent être réunies :
 - que le réseau soit situé à moins de 150 m du bâtiment ;
 - que le nombre de logements par bâtiment soit supérieur à 30 ;
 - que le bâtiment soit estimé à l'état existant en étiquette D, E, F ou G et que le système de chauffage soit collectif.

- ▣ **potentiel moyen :** trois configurations possibles permettent le positionnement d'un bâtiment en potentiel technico-économique moyen :

- le réseau passe à moins de 150 m du bâtiment, le nombre de logements du bâtiment est supérieur à 30, le bâtiment est dans l'état existant en étiquette D, E, F ou G et le système de chauffage est au **gaz individuel** ;

OU

- un réseau passe à moins de 150 m du bâtiment, le nombre de logements est supérieur à 30, le bâtiment est dans l'état existant en **étiquette A, B ou C** et le système de chauffage est collectif ;

OU

- un réseau passe à **une distance entre 150 et 500 mètres du bâtiment qui est dans une zone d'opportunité ou le nombre de logements est compris entre 15 et 30 logements**, le bâtiment est dans l'état existant en étiquette D, E, F ou G et le système de chauffage est collectif.

- ▣ **potentiel faible :** tous les autres bâtiments présentent donc un potentiel technico-économique faible.

À partir de ces critères appliqués aux bâtiments du parc social et des adhérents de la FOPH, il est déterminé le nombre de logements concernés pour chaque potentiel.

POTENTIEL	DISTANCE AU RÉSEAU DE CHALEUR EXISTANT	NOMBRE DE LOGEMENTS PAR BÂTIMENT	SYSTÈME DE CHAUFFAGE	ÉTIQUETTE DPE DU BÂTIMENT	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)
Fort	< 150 m	> 30	Chaudière collective	D ou plus	55 000	112 000
Moyen	< 150 m	> 30	Gaz individuel	D ou plus	19 000	43 000
	< 150 m	> 30	Chaudière collective	A, B ou C	44 000	90 000
	150 m - 500 m en zone d'opportunité	ou 15 - 30	Chaudière collective	D ou plus	52 000	108 000

Au total, plus de **170 000 logements des adhérents de la FOPH possèdent un potentiel fort ou moyen pour le raccordement à un réseau de chaleur déjà présent à proximité**. Cependant, les enjeux autour du raccordement ne sont pas les mêmes pour tous :

- ▣ les **55 000 logements au potentiel fort** sont ceux à privilégier à court et moyen terme puisqu'ils réunissent les conditions les plus favorables afin d'assurer une faisabilité technique forte et un coût de raccordement *a priori* maîtrisé ;
- ▣ le raccordement des **19 000 logements en gaz individuel** nécessite la création d'une boucle d'eau secondaire jusqu'à chaque palier, ainsi qu'un système de desserte jusqu'au réseau privatif des logements. Ces travaux, à la charge du bailleur compris entre 6 000 et 10 000 € d'investissement par logement¹², sont donc à intégrer au plan d'investissement. Certaines aides pourraient réduire ce montant, voire devenir disponibles grâce à ces travaux, comme celles mises à disposition des rénovations permettant l'atteinte de l'étiquette B du DPE ;
- ▣ près de **44 000 logements** présentent un potentiel technique et économique important, mais sont déjà **relativement performants du point de vue énergétique**. En effet, ils ne pourront pas bénéficier de l'Eco-PLS qui demande des gains énergétiques trop importants. La Banque des territoires propose donc un nouveau prêt « *prêt adapté* » permettant de financer ce

type d'opérations. L'impact sur la facture est également à étudier. En effet, bien que l'écart se réduise et que l'intérêt économique du passage à la chaleur urbaine soit de plus en plus important, le prix de la chaleur reste en moyenne plus élevé que celui du gaz. Sans rénovation, le changement d'énergie pourrait faire augmenter la facture et donc entraîner un surcoût pour le locataire au moins à court terme. Ces points sont donc à étudier au cas par cas ;

- ▣ enfin, **52 000 logements présentent un potentiel technique favorable**, mais sont situés à une certaine distance d'un réseau ou avec un nombre de logements par bâtiment plus faible, ce qui peut conduire à un coût important et/ou un **attrait limité du gestionnaire à les raccorder**. Le coup de pouce au raccordement peut améliorer cette situation et permettre de mieux envisager leur raccordement. Au-delà du financement, la capacité à mutualiser les raccordements avec d'autres bâtiments proches pourra permettre de réduire les coûts de raccordement et d'augmenter l'attractivité pour le gestionnaire.

¹² Guide résidentiel : Se raccorder à un réseau de chaleur, FEDENE, Septembre 2022.

Au total, 287 000 logements des adhérents situés à proximité d'un réseau de chaleur et non raccordés présentent un potentiel faible de raccordement. Si les conditions ne sont pas nécessairement réunies aujourd'hui, le fort développement des réseaux de chaleur, une augmentation sensible des cours du gaz ou la facilitation des travaux en partie privative pourraient, néanmoins, à moyen terme rendre ces raccordements favorables.

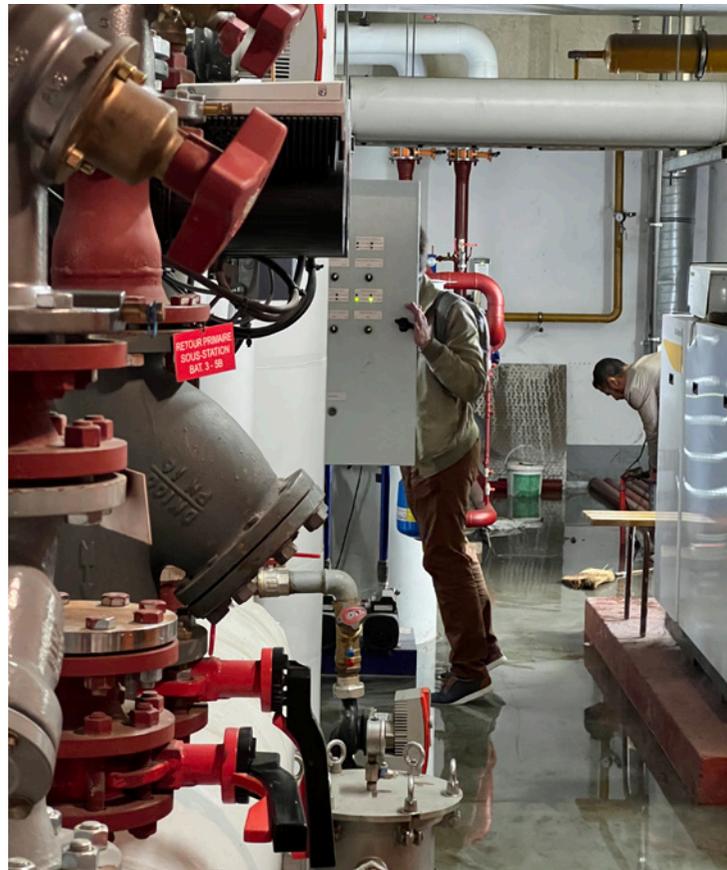
Autres paramètres non étudiés mais à prendre en considération lors d'un projet de raccordement en lien avec les enjeux d'intégration présentés en 1.1.1 :

- ❑ la période de fonctionnement du réseau, si elle est limitée à celle de chauffe, peut interdire le raccordement pour l'ECS utilisée toute l'année ;
- ❑ comme présenté en 1.1.1, si le bâtiment est situé en zone de développement prioritaire d'un réseau de chaleur, il peut avoir l'obligation de se raccorder lors d'un changement de son système de chauffage ;

- ❑ le contenu CO₂ du réseau doit être pris en compte puisqu'il contraint la possibilité d'atteindre le seuil de l'étiquette B du DPE lors d'une rénovation type BBC, et donc potentiellement l'atteinte des niveaux de ce type de labels ;
- ❑ l'équilibre financier pour le locataire doit également être étudié en amont. Si la performance initiale du bâtiment permet d'estimer en première approche l'intérêt et la possibilité de coupler le raccordement à une baisse des besoins énergétiques dans le cadre de travaux de rénovation, il reste nécessaire de pousser l'analyse économique plus loin. Pour cela il est pertinent de se renseigner sur le modèle économique du réseau, son évolution prévue et l'impact qu'elle pourrait avoir sur les coûts R2¹³, mais également de comparer les factures initiales avec celles projetées à partir des coûts de la chaleur du réseau.



© Plaine Commune Habitat



© Plaine Commune Habitat

¹³ La part fixe R2 correspond aux charges fixes d'exploitation du réseau par le gestionnaire (amortissement de la création et du raccordement, renouvellement des équipements, entretien...). Cette partie fixe varie en fonction des réseaux, certains étant beaucoup plus compétitifs que d'autres. Elle peut également dépendre du type d'abonnés (résidentiel/établissements publics, industriels ou tertiaire).

111 000 logements

au potentiel fort en matière de raccordement à un réseau de chaleur en cas de création ou d'extension

2.2.2 Potentiel de raccordement dans le cadre de création ou d'extension de réseaux

Lorsque le réseau est trop éloigné ou inexistant sur la commune, le raccordement d'un bâtiment ne peut pas se faire sans un projet d'extension ou de création de réseau. Le raccordement des bâtiments dans ce cas de figure n'est donc pas possible directement. Cependant, la dynamique de développement des réseaux de chaleur actuelle (+8 % de longueur de réseau en un an entre 2021 et 2022) permet d'envisager le raccordement d'une partie de ces bâtiments dans un avenir proche. Afin de quantifier le potentiel de ces raccordements dans le cadre d'une création ou d'une extension de réseau, l'étude se base sur les zones d'opportunités identifiées par le Cerema dans le cadre du projet EnRezo, financé par l'ADEME. Ce travail a permis de quantifier les gisements de chaleur qui pourraient être livrés en France grâce à la création ou l'extension d'un réseau.

La quantification du nombre de logements qui pourraient être raccordés en cas de projet d'extension ou de création d'un réseau repose sur trois critères :

- ▣ **la localisation du bâtiment dans une zone d'opportunité¹⁴** ;
- ▣ **le nombre de logements par bâtiment** : déjà utilisé pour qualifier le potentiel de raccordement à un réseau existant, ce critère reste utile ici car il définit la facilité à raccorder le bâtiment une fois le réseau à proximité ;
- ▣ **le potentiel technique** : de façon similaire au nombre de logements, cet indicateur caractérise la facilité technique et économique avec laquelle le bailleur pourra raccorder le bâtiment :
 - fort si les logements du bâtiment sont majoritairement en étiquette D, E, F ou G avec un système de chauffage existant collectif ;
 - moyen si les logements du bâtiment sont majoritairement en étiquette A, B ou C avec un système existant collectif **OU** en étiquette D, E, F ou G avec un système existant individuel au gaz.

POTENTIEL	POTENTIEL DE CRÉATION/ EXTENSION	NOMBRE DE LOGEMENTS PAR BÂTIMENT	POTENTIEL TECHNIQUE	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)
Fort	Oui	> 30	Fort	111 000	236 000
Moyen	Oui	> 30	Moyen	129 000	316 000
	Oui	15-30	Fort	42 000	84 000

¹⁴ Les zones d'opportunité sont construites à partir de trois paramètres : le besoin de chaleur des bâtiments inclus dans la zone, une densité thermique simplifiée, et une distance maximale entre les bâtiments servant à construire cette zone d'opportunité. Pour plus de détails, se référer à la note méthodologie sur la construction des zones d'opportunité des réseaux de chaleur et de froid. https://reseau-chaleur.cerema.fr/sites/reseau-chaleur-v2/files/fichiers/2024/06/Methodologie_zones_opportunite_VF.pdf



Nantes Métropole Habitat © Valéry Joncheray

Parmi les 111 000 logements appartenant aux adhérents de la FOPH et présentant un fort potentiel de raccordement si l'extension ou la création d'un réseau l'amenait à portée du bâtiment, **44 000** sont situés dans une commune sans réseau et ne pourront donc être raccordés que dans le cadre d'un projet inédit de création d'un réseau.

Le reste, soit 67 000 logements, est situé dans des communes où au moins un réseau est déjà présent. Cependant, afin de raccorder ces logements, il faudra étendre l'un des réseaux existants ou en créer un nouveau à partir d'une nouvelle source d'énergie renouvelable.

Autres paramètres non étudiés mais à prendre en considération pour préciser ce potentiel prospectif :

- ❑ si un réseau est présent dans la commune, l'étude de la stratégie prospective du gestionnaire, telle que décrite dans le schéma directeur du réseau, peut fournir des informations sur les évolutions futures du tracé ;
- ❑ si aucun réseau n'est présent dans la commune, prendre connaissance de la stratégie de la collectivité vis-à-vis du déploiement d'un réseau de chaleur permet d'avoir des éléments sur l'état prévisionnel de raccordement à un projet de réseau ;
- ❑ une volonté collective forte à l'échelle du quartier de se raccorder à un réseau de chaleur peut motiver une collectivité ou un acteur à monter un projet de réseau de chaleur.

310 000 logements

collectifs au potentiel fort en matière
d'intégration technique d'une pompe
à chaleur en chauffage et ECS

2.3. Potentiel d'intégration d'une pompe à chaleur

2.3.1 En logement collectif

Le potentiel d'intégration de pompes à chaleur dans les logements collectifs est évalué en fonction de six caractéristiques du bâtiment et de son espace extérieur, afin d'estimer la faisabilité technique de l'opération (selon les critères définis en 1.1.2) :

- ▣ présence dans une zone à caractère patrimonial ;
- ▣ espace en terrasse ou espace extérieur ;
- ▣ type d'émetteurs ;
- ▣ type de systèmes de chauffage et d'eau chaude sanitaire (ECS) ;
- ▣ type de bâtiment ;
- ▣ période de construction.

Huit configurations ont été évaluées, les solutions privilégiées étant décrites dans le tableau suivant :

- ▣ deux configurations au potentiel fort :
 - immeuble avec un **système de chauffage collectif**, construit entre **1945 et 2005**, n'étant **pas situé en zone patrimoniale** et possédant un **espace pour intégrer des unités extérieures** ;
 - immeuble avec un système de chauffage électrique et une distribution d'**ECS collective**, **n'étant pas situé en zone patrimoniale** et possédant un **espace pour intégrer des unités extérieures**.
- ▣ six configurations au potentiel moyen :
 - immeuble avec des **systèmes de chauffage et de production d'ECS individuels** associés à des émetteurs hydrauliques, construit entre **1945 et 2005**, n'étant **pas situé en zone patrimoniale** et possédant un **espace pour intégrer des unités extérieures** ;
 - « **Petit collectif** »¹⁵, avec des **systèmes de chauffage et de production d'ECS individuels associés** à des émetteurs hydrauliques, construit **avant 1945 ou après 2005**, n'étant **pas situé en zone patrimoniale** et possédant un **espace pour intégrer des unités extérieures** ;
 - immeuble avec un **système de chauffage collectif associé** à des émetteurs hydrauliques mais une **production d'ECS individuelle**, construit **avant 1945 ou après 2005**, n'étant **pas situé en zone patrimoniale** et possédant un **espace pour intégrer des unités extérieures** ;
 - immeuble avec un **chauffage et une production d'ECS individuels électriques**, **situé en zone patrimoniale** ou **sans espaces extérieurs permettant d'intégrer des unités extérieures** ;
 - immeuble avec un **chauffage et une production d'ECS individuels** associés à des émetteurs hydrauliques, construit **entre 1945 et 2005**, **en zone patrimoniale** ou **sans espaces extérieurs permettant d'intégrer des unités extérieures**.

¹⁵ Bâtiments collectifs de moins de 25 logements.

POTENTIEL	ESPACE EN TERRASSE OU ESPACE EXTÉRIEUR	TYPE D'ÉMETTEURS	TYPE DE SYSTÈMES	TYPE DE BÂTIMENT COLLECTIF	PÉRIODE DE CONSTRUCTION	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)	SOLUTION À PRIVILÉGIER
Fort	OUI	Hydraulique	Chauffage collectif	/	1945 - 2005	310 000	703 000	PAC Air/Eau collective double service
	OUI	Électrique	Chauffage individuel et ECS collective	/	/	19 000	67 000	PAC Air/Eau collective uniquement pour l'ECS
Moyen	OUI	Hydraulique	Chauffage et ECS individuels	/	1945 - 2005	16 000	36 000	PAC Air/Eau collective double service
	OUI	Hydraulique	Chauffage et ECS individuels	Petit collectif	Avant 45 ou après 2005	2 000	6 000	PAC Air/Eau individuelle
	OUI	Hydraulique	Chauffage collectif et ECS individuelle	/	Avant 45 ou après 2005	34 000	87 000	PAC Air/Eau collective uniquement pour le chauffage
	OUI	Électrique	Chauffage et ECS individuels	Petit collectif	/	24 000	61 000	PAC Air/Eau collective uniquement pour l'ECS
	NON ou zone patrimoniale	Électrique	Chauffage et ECS individuels	/	/	14 000	41 000	Chauffe-eau thermodynamique
	NON ou zone patrimoniale	Hydraulique	Chauffage et ECS individuels	/	1945 - 2005	26 000	69 000	Chauffe-eau thermodynamique

Parmi **les 329 000 logements collectifs au potentiel fort** du parc des adhérents de la FOPH, 19 000 ne le sont que dans le cadre de l'intégration d'un système PAC Air/Eau collectif permettant de décarboner la production d'ECS. Les **310 000** autres logements pourraient faire l'objet d'un changement de système vers une solution PAC Air/Eau collective double service* (chauffage et ECS).

116 000 autres logements collectifs des adhérents présentent un potentiel moyen pour l'intégration d'une solution thermodynamique :

- ▣ **16 000** d'entre eux pourraient intégrer une PAC Air/Eau collective double service à condition de créer un réseau collectif de distribution ainsi qu'un local technique collectif ;
- ▣ **2 000** logements pourraient potentiellement accueillir une PAC Air/Eau individuelle ayant néanmoins un enjeu d'encombrement intérieur ;

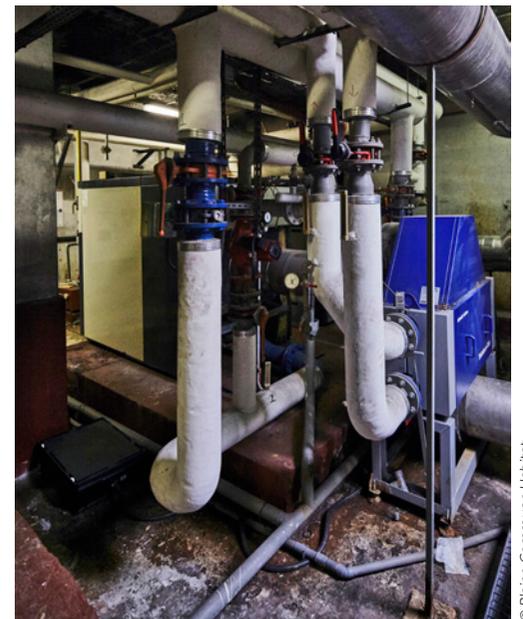
- ▣ **34 000** logements, construits avant 1945 ou après 2005 et pour lesquels il est difficile d'atteindre un régime de température des émetteurs inférieur à 60 °C, présentent une configuration propice à l'intégration d'une PAC Air/Eau collective uniquement pour le chauffage ;
- ▣ **64 000** logements présentent des caractéristiques pertinentes uniquement pour la pose d'un chauffe-eau thermodynamique permettant de décarboner la production d'ECS, faute d'autres solutions PAC intégrables.

**Nota : les types de solutions PAC exposés sont ceux à privilégier pour chaque configuration. Les configurations les plus propices pourraient, néanmoins, intégrer des solutions moins optimales (les immeubles à fort potentiel pour une PAC collective double service pourraient par exemple, également intégrer une solution uniquement pour le chauffage ou l'ECS).*

Autres paramètres non étudiés mais à prendre en considération pour la mise en place d'une solution PAC en lien avec les critères d'intégration présentés en 1.1.2 :

- ❑ si le logement n'est pas déjà adapté aux températures de production d'une pompe à chaleur, les travaux doivent permettre une baisse du régime de température des émetteurs, soit par l'isolation du bâtiment, soit par le changement d'émetteurs ;
- ❑ l'hybridation du système n'a pas été développée dans l'étude. Le choix entre une solution 100 % thermodynamique et une solution hybride avec une chaudière en relève de PAC dépend des besoins énergétiques du bâtiment, de la place disponible en local technique, de l'impact sur la facture énergétique, des objectifs environnementaux et de la politique patrimoniale de chaque bailleur ;

- ❑ si le vecteur de production de la chaleur du bâtiment n'est pas initialement électrique, la capacité du réseau électrique à supporter les puissances appelées par la PAC doit être vérifiée. L'hybridation du système peut permettre de limiter la puissance des PAC installées et donc la demande sur le réseau ;
- ❑ comme évoqué dans la présentation de la solution, la place disponible en local technique ou la capacité d'extension de celui-ci sont des critères pouvant limiter le potentiel d'intégration ici évalué ;
- ❑ les contraintes acoustiques liées aux niveaux sonores associés aux unités extérieures des PAC peuvent limiter assez fortement l'intégration, notamment en milieu urbain dense.



© Plaine Commune Habitat

214 000
maisons

au potentiel fort en matière
d'intégration technique d'une pompe à
chaleur

2.3.2 En logement individuel

Les contraintes d'intégration d'une solution thermodynamique en maison individuelle étant moins importantes qu'en collectif, le potentiel d'intégration de pompes à chaleur pour cette typologie de logements est important et s'appuie seulement sur la possibilité de placer une unité extérieure (espace disponible et zonage patrimonial) et sur le type d'émetteurs présents à l'état initial.

À partir de ces deux paramètres, les configurations à fort potentiel sont les suivantes :

- ❑ maisons individuelles situées **hors zone patrimoniale**, avec un espace extérieur disponible suffisant et des émetteurs électriques ;
- ❑ maisons individuelles situées **hors zone patrimoniale**, avec un espace extérieur disponible suffisant et des émetteurs hydrauliques.

Les maisons individuelles avec un espace extérieur insuffisant sont considérées comme présentant un potentiel moyen en lien avec la difficulté de pouvoir intégrer les solutions les plus classiques.



OPAL02 © Gregory Portelette

POTENTIEL	TYPE DE BÂTIMENT	ESPACE EXTÉRIEUR	TYPE D'ÉMETTEURS	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)	SOLUTIONS À PRIVILÉGIER
Fort	Maison individuelle	OUI	Électrique	84 000	187 000	PAC Air/Air ou PAC Air/Eau
	Maison individuelle	OUI	Hydraulique	130 000	396 000	PAC Air/Eau
Moyen	Maison individuelle	NON	/	18 000	46 000	PAC Air/Eau intérieure

214 000 logements individuels appartenant aux adhérents présentent un potentiel fort d'intégration d'une solution PAC. **Cela représente 78% des logements individuels du parc des adhérents de la FOPH.** Parmi eux, 84 000 logements pourraient directement intégrer une PAC Air/Air si l'isolation est suffisante¹⁶ ou bien une PAC Air/Eau à condition de créer un réseau hydraulique. Pour les 130 000 autres, il est intéressant de favoriser une pompe à chaleur Air/Eau puisqu'ils présentent déjà un réseau hydraulique adapté.

18 000 logements individuels appartenant aux adhérents ne permettent potentiellement pas, par manque de place ou par contraintes architecturales, d'intégrer une pompe à chaleur avec une unité extérieure mais plutôt une solution monobloc intérieure.

Autres paramètres non étudiés mais à prendre en considération pour la mise en place d'une solution PAC en lien avec les critères d'intégration présentés en 2.1. :

- ❑ si le régime de température des émetteurs n'est pas déjà adapté aux températures de production d'une pompe à chaleur, les travaux doivent permettre une baisse de ce régime, soit par l'isolation du bâtiment, soit par le changement d'émetteurs ;
- ❑ l'hybridation du système n'a pas été développée dans l'étude. Le choix entre une solution 100 % thermodynamique et une solution hybride avec une chaudière en relèvement de PAC dépend des besoins énergétiques du bâtiment, de l'impact sur la facture énergétique, des objectifs environnementaux et de la politique patrimoniale de chaque bailleur ;
- ❑ les contraintes acoustiques liées aux niveaux sonores associés aux unités extérieures d'une PAC peuvent limiter assez fortement l'intégration, notamment en milieu urbain dense.

¹⁶ L'intégration d'une PAC Air/Air est une solution qui doit être associée à une isolation de l'enveloppe pour garantir un confort. Les gains énergétiques de ce type de solution varient fortement selon la surface à chauffer par émetteurs. Si plusieurs pièces sont chauffées par la PAC, un système multi-split est à privilégier.

2.4. Potentiel d'intégration d'une chaufferie biomasse

Le potentiel d'intégration d'une chaufferie biomasse est uniquement évalué pour les logements collectifs et s'appuie sur trois critères d'intégration : **le nombre de logements, la possibilité d'installer un silo de stockage sur la parcelle et le type de chauffage existant.**

Les immeubles reliés à un **chauffage central collectif multi-bâtiments**, c'est-à-dire une chaufferie mutualisée desservant plusieurs

bâtiments au travers d'un mini-réseau de distribution de la chaleur, sont considérés comme présentant un **potentiel fort**.

Les immeubles de **plus de 20 logements**, ayant une **chaufferie collective** et possédant un **espace extérieur suffisant pour intégrer un silo de stockage**¹⁷ sont considérés comme ayant un **potentiel moyen**.

FAISABILITÉ TECHNIQUE ET ORGANISATIONNELLE	NOMBRE DE LOGEMENTS	POSITIONNEMENT DU SILO EN EXTÉRIEUR	TYPE DE CHAUFFAGE À L'ÉTAT EXISTANT	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)
Forte	/	/	Chauffage central collectif multi-bâtiments	43 000	87 000
Moyenne	> 20	Possible	Autre chauffage collectif	213 000	478 000

Les **43 000** logements appartenant aux adhérents de la FOPH présentant un potentiel fort pour l'intégration d'une chaufferie biomasse font partie de résidences d'immeubles pour lesquelles une unique chaufferie alimente plusieurs bâtiments. Il est alors plus pertinent d'envisager le passage à des systèmes de production comme la biomasse ou la géothermie (voir 2.5.) qui nécessitent un investissement conséquent plus facilement rentabilisé par la mutualisation des espaces (en chaufferie et en extérieur) et par le nombre plus important d'usagers de la chaleur.

213 000 autres logements ne sont pas reliés par un mini-réseau à une chaufferie mutualisée. Cependant, les bâtiments concernés présentent, en plus d'un espace extérieur permettant l'intégration d'un silo de stockage du bois, un nombre de logements suffisant pour envisager le changement de système de chauffage vers un système de combustion de biomasse.

Autres paramètres non étudiés mais à prendre en considération pour l'intégration d'une chaufferie biomasse en lien avec les critères d'intégration présentés en 1.1.4 :

- le besoin d'un approvisionnement en bois régulier nécessite une filière territoriale bois énergie opérationnelle. Cette donnée territoriale n'a pas été prise en compte dans l'étude mais il est nécessaire, avant d'envisager un projet de chaufferie biomasse, de vérifier la capacité de la chaîne d'approvisionnement locale ;
- si la compatibilité spatiale de la parcelle avec l'intégration d'un silo a été étudiée, celui-ci doit également être accessible par camion pour le réapprovisionnement. La présence d'une route jusqu'au silo ou à proximité est donc nécessaire et non prise en compte dans l'évaluation du potentiel ;
- en plus des éléments de stockage extérieurs, l'intégration d'une chaufferie biomasse requiert de la place dans les locaux techniques afin d'y installer la chambre de combustion, l'échangeur et les unités de traitements des fumées et des cendres.

¹⁷ Si le bâtiment ne possède pas de volumes dédiés au stockage du combustible, il est nécessaire de créer un silo de stockage. Bien que le dimensionnement de ce silo puisse être adapté aux contraintes du site et qu'il varie selon les configurations (puissance de la chaufferie, durée d'autonomie, type de poids lourds pouvant accéder au silo), il est nécessaire d'avoir une surface au sol disponible suffisante. Dans le cadre de l'étude réalisée, la surface minimale requise est fixée à 20 m² et un coefficient d'occupation des sols (surface bâtie/surface totale de l'unité foncière) inférieur à 0,3.



43 000

logements collectifs

au potentiel fort en matière d'intégration d'une chaufferie biomasse



Résidence Micheline Ostermeyer - Lyon Métropole Habitat © Jean-François Marin



Archipel Habitat © Stéphane Chalmeau

20 000 logements collectifs

au potentiel fort en matière d'intégration d'une solution géothermique sur sondes

2.5. Potentiel d'intégration d'un système géothermique

Le potentiel d'intégration d'un système géothermique est évalué en considérant quatre critères d'intégration : **le type de bâtiment, la possibilité d'installer un champ de sondes géothermiques sur la parcelle, le type de chauffage à l'état existant** ainsi que l'adéquation avec les **zones réglementaires de géothermie de minime importance**.

Comme évoquée en 1.1.3, la géothermie profonde est une solution adaptée à une production de chaleur importante qui requiert une distribution par réseau de chaleur à l'échelle d'une collectivité. Les contraintes et potentiels à l'échelle des bâtiments et des logements sont alors ceux associés au raccordement à un réseau de chaleur. Ici, **seul le potentiel d'intégration de systèmes utilisant une ressource géothermique de surface a été évalué**. De plus, afin d'éviter les contraintes juridiques du code minier, les projets en résidentiel sont majoritairement limités au cadre d'une **géothermie de minime importance**. L'évaluation du potentiel est donc limitée aux solutions permettant de rester dans ce cadre qui simplifie administrativement la déclaration et la réalisation d'un forage géothermique.

En collectif, l'absence de données permettant de caractériser la présence d'une nappe phréatique à l'échelle du site empêche pour cette étude la distinction entre sondes sur nappe et sondes verticales. Les hypothèses prennent donc uniquement les contraintes d'intégration de sondes verticales. En maison individuelle, seules les

sondes de type corbeilles géothermiques ont été considérées car il s'agit de la solution actuellement privilégiée pour ce type de bâtiments.

Comme pour le potentiel d'intégration d'une chaufferie biomasse, les immeubles reliés à un **chauffage central collectif multi-bâtiments**, c'est-à-dire une chaufferie mutualisée desservant plusieurs bâtiments au travers d'un mini-réseau de distribution de la chaleur, sont considérés comme présentant un potentiel fort. Il faut cependant également **qu'ils soient situés dans une zone d'éligibilité à la géothermie de minime importance**.

Deux configurations sont considérées comme **présentant un potentiel moyen** :

- ▣ les **immeubles** chauffés par un système collectif n'étant pas un chauffage central collectif multi-bâtiments mais **situés dans une zone éligible à la GMI** et possédant un espace extérieur suffisant pour potentiellement **implanter un champ de sondes verticales** ;
- ▣ les **maisons situées dans une zone éligible à la GMI** et possédant un espace extérieur permettant d'envisager **l'implantation des corbeilles géothermiques**.

Il est considéré que l'espace extérieur disponible est suffisant si le coefficient d'occupation des sols est inférieur à 0,3 et que la surface désimpermeabilisée disponible sur la parcelle est supérieure à la surface du champ de sondes¹⁸.

¹⁸ Dans le cadre de l'étude, en collectif, la surface de champ de sonde par logement est fixée à 60 m² en prenant en compte une déperdition moyenne par logement de 4 kW, une puissance moyenne par mètre linéaire de sonde 50 W/ml, une profondeur moyenne des sondes de 100 mètres et un écart entre les sondes de 10 m². En maison individuelle, le nombre de corbeilles géothermiques nécessaires varie selon la surface habitable.

POTENTIEL	ESPACE EXTÉRIEUR DISPONIBLE	ZONE GMI RÉGLEMENTAIRE	TYPE DE BÂTIMENT	SYSTÈME DE CHAUFFAGE	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)
Fort	/	Éligible à la GMI	Collectif	Chauffage central collectif multi-bâtiments	20 000	45 000
Moyen	OUI	Éligible à la GMI	Collectif	Autres chauffages collectifs	37 000	76 000
	OUI	Éligible à la GMI	Individuel	Tout système non électrique	61 000	204 000

Les **20 000** logements appartenant aux adhérents de la FOPH au potentiel fort pour l'intégration d'une production géothermique de chaleur sont situés dans une zone de géothermie de minime importance et font partie de résidences d'immeubles pour lesquelles une unique chaufferie alimente plusieurs bâtiments. Ils présentent également un fort potentiel pour l'intégration d'une chaufferie biomasse (voir 2.4.).

98 000 autres logements présentent un potentiel moyen, dont **37 000** sont des logements collectifs avec un système de chauffage collectif et qui sont situés sur une parcelle où pourrait être implanté un champ de sondes adapté à leur besoin de chaleur. Les **61 000** autres logements au potentiel moyen sont des maisons individuelles avec un réseau hydraulique existant et un espace extérieur permettant d'implanter un nombre de corbeilles géothermiques suffisant.

Autres paramètres non étudiés mais à prendre en considération pour l'intégration d'un système géothermique en lien avec les critères d'intégration présentés en 1.1.3 :

- pour produire de la chaleur domestique, un système géothermique repose sur l'échange de calories entre le fluide caloporteur de la sonde et le fluide distribué dans les logements. Cet échange est réalisé par une pompe à chaleur qui doit être intégrée dans les locaux techniques, ce qui suppose un espace suffisant ;

- la ressource géothermique naturelle n'est pas homogène sur le territoire, et certains sous-sols ne peuvent fournir assez de chaleur sur un temps suffisant pour que la géothermie puisse être une solution pertinente. La capacité effective du sol à répondre sur la durée au pompage thermique doit être vérifiée par une étude géologique du sol réalisée par un bureau d'études spécialisé et n'a donc pas été prise en compte ici ;
- comme décrit en 1.1.3 la géothermie de minime importance n'encadre que les installations géothermiques en dessous de 500 kW. Pour les bâtiments les plus importants, ce seuil de puissance peut être dépassé et le projet doit alors se conformer au code minier et faire l'objet d'une autorisation de forage par les services déconcentrés de l'État.

2.6. Potentiel d'intégration d'un système de récupération sur eaux grises

Malgré des possibilités techniques d'installation d'échangeurs passifs sur les canalisations d'eaux grises en maison individuelle, elles dépendent fortement de la configuration de la maison et de l'accès à ces canalisations. Cela ne pouvant être estimé en première approche, **seuls les immeubles ont été évalués**. Parmi eux, seuls les

immeubles présentant un **réseau d'ECS collectif** et une **morphologie favorisant la récupération centralisée d'une quantité d'eaux grises importante** ont été retenus. Il s'agit des immeubles ayant une **hauteur supérieure à 40 mètres et une emprise au sol inférieure à 1 500 m²**.

POTENTIEL	TYPE DE LOGEMENTS	MORPHOLOGIE DU BÂTIMENT	TYPE D'ECS	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)
Fort	Collectif	Bâtiments collectifs verticaux	Collective	25 000	48 000



Réseau de chaleur © Nièvre Habitat

Si 25 000 logements présentent un potentiel fort pour l'intégration d'une solution de récupération de chaleur sur eaux grises via une pompe à chaleur, d'autres solutions passives existent comme les échangeurs sur canalisation d'eau grise ou sous les douches. Cependant, ces solutions sont à étudier au cas par cas et peuvent être compliquées à intégrer dans des immeubles collectifs existants.

Autres paramètres non étudiés mais à prendre en considération pour l'intégration d'un système de récupération de chaleur sur eaux grises en lien avec les critères d'intégration présentés en 1.2.2 :

- ▣ les solutions reposant sur la récupération de la chaleur des eaux grises par une pompe à chaleur afin de préchauffer l'ECS nécessitent l'intégration d'une cuve de stockage et d'une pompe à chaleur dans le local technique. L'espace disponible dans le local technique est donc une contrainte non évaluée dans le potentiel ;
- ▣ bien que les éléments morphologiques évalués permettent de rendre fortement probable la présence d'une canalisation d'eaux grises centralisée qui favorise l'équilibre économique de l'opération, cette donnée doit, dans les faits, être vérifiée ;
- ▣ comme présenté en 1.2.2, d'autres solutions passives existent (échangeurs sur la canalisation d'eau grise ou sous les douches) mais n'ont pas été évaluées ici.



25 000 logements collectifs

au potentiel fort en matière
d'intégration technique
d'une pompe à chaleur sur
eaux grises

284 000 logements collectifs

au potentiel fort en matière d'intégration d'un système solaire thermique

2.7. Potentiel d'intégration d'un système de production solaire de chaleur thermique en collectif

Bien que le solaire thermique soit très pertinent pour les maisons individuelles afin de décarboner leur production d'ECS, l'évaluation du potentiel d'intégration d'un système de production de chaleur thermique est uniquement réalisée pour les immeubles collectifs.

Pour cela, le type de production d'ECS existant est pris en compte afin de vérifier la compatibilité du réseau. Le potentiel de production solaire est estimé selon un indicateur de « potentiel solaire thermique » défini à partir du cadastre solaire LOMIA réalisé par Énergies Demain selon les critères suivants :

□ potentiel de production solaire fort :

- ensoleillement de la toiture supérieur à 1 000 kWh/m².an et une surface potentielle de panneaux en toiture supérieure à 215 m².¹⁹

□ potentiel de production solaire moyen :

- ensoleillement de la toiture entre 800 et 1 000 kWh/m².an et une surface potentielle de panneaux en toiture supérieure à 215 m² ;

OU

- ensoleillement de la toiture supérieur à 1 000 kWh/m².an et une surface potentielle de panneaux en toiture supérieure à 53 m².

Enfin, les panneaux modifiant l'aspect extérieur du bâtiment et pouvant altérer la ligne d'horizon peuvent être compliqués à intégrer en zone patrimoniale remarquable. La présence du bâtiment dans l'une de ces zones est donc un élément pris en compte dans le potentiel.

POTENTIEL INTÉGRATION	ZONE PATRIMONIALE REMARQUABLE	TYPE DE PRODUCTION	POTENTIEL DE PRODUCTION SOLAIRE	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)
Fort	Non	ECS collective	Fort	284 000	689 000
Moyen	Non	ECS collective	Moyen	77 000	188 000
	Non	ECS individuelle	Fort	123 000	277 000
	Oui	ECS collective	Fort	142 000	273 000

284 000 logements des adhérents de la FOPH présentent un potentiel fort d'intégration. En effet, pour les immeubles concernés, l'installation de panneaux en toiture n'est pas contrainte par un

enjeu patrimonial et permettra une production de chaleur suffisante pour chauffer l'ECS distribuée ensuite dans un réseau collectif déjà existant.

¹⁹ La valeur de 1 000 kWh/m² est utilisée dans les différents cadastres solaires métropolitains comme la valeur seuil permettant de définir une bonne exposition solaire. Associée à une surface de panneau supérieure à 215 m², cette valeur permet d'avoir un potentiel solaire suffisant pour produire 36 kWc d'électricité photovoltaïque. Ce critère est pertinent pour caractériser un potentiel de production solaire en solaire thermique.



Lyon Métropole Habitat © N. Leblanc collectif

342 000 autres logements présentent un potentiel moyen pour l'intégration d'un système solaire thermique. Parmi eux :

- **77 000** logements appartiennent à un bâtiment possédant un réseau d'ECS collectif mais bien que l'intégration de panneaux solaires ne soit pas contrainte par le caractère patrimonial du bâtiment ou de la zone, le potentiel de production solaire en toiture y est limité. L'intégration d'un système solaire thermique permettra de fournir seulement une partie des calories nécessaires pour chauffer l'ECS. Le reste devra être fourni par une autre source d'énergie. Cela limite la pertinence de la solution en matière de décarbonation et d'investissement ;
- **123 000** logements présentent un potentiel de production solaire fort. Cependant l'absence de réseau d'ECS collectif existant oblige, pour intégrer une solution solaire thermique, de réaliser des travaux de création d'une boucle secondaire d'ECS et suppose de trouver l'espace suffisant en locaux techniques pour y intégrer les ballons de stockage d'ECS ;
- **142 000** autres logements pourraient être limités dans l'intégration de panneaux solaires car ils se trouvent dans une zone ou un bâtiment au caractère patrimonial remarquable.

Autres paramètres non étudiés mais à prendre en considération pour l'intégration d'un système solaire thermique en lien avec les critères d'intégration présentés en 1.2.1 :

- l'espace disponible requis en local technique pour intégrer le ou les ballons ECS nécessaires au stockage de l'eau n'a pas pu être évalué et peut limiter le potentiel ;
- la présence du local technique en toiture permet d'optimiser les déplacements de fluides et d'éviter les déperditions linéaires de chaleur des panneaux solaires vers le local, puis du local vers les logements ;
- la bonne intégration et l'entretien des panneaux en toiture sont limités par l'accessibilité et les caractéristiques de la toiture. L'accès à la toiture, sa capacité structurelle et la compatibilité des systèmes de fixation sont des éléments non évalués dans l'étude mais qui doivent être considérés lors d'un projet de production solaire ;
- le bon dimensionnement de la production de chaleur solaire est primordial pour garantir la pérennité du dispositif. La couverture des besoins d'eau chaude du bâtiment doit être réfléchi en fonction des usages et des caractéristiques du bâtiment notamment la répartition des consommations annuelles ;
- la capacité du bailleur ou de ses prestataires à réaliser le suivi, la maintenance et l'entretien du système à des coûts permettant de conserver l'avantage économique de la solution est primordiale et n'a pas pu être évaluée à partir des données disponibles.

880 000 logements collectifs

au potentiel fort en matière d'intégration
de panneaux photovoltaïques

2.8. Potentiel d'installation de panneaux photovoltaïques en toiture

En reprenant le potentiel de production solaire présenté en 2.7 et les zones patrimoniales, il est possible d'évaluer le potentiel d'intégration de panneaux photovoltaïques en toiture puisqu'il n'y a pas d'enjeux de distribution dans le bâtiment.

Ce potentiel traduit une pré-évaluation du potentiel de production photovoltaïque, mais certaines

contraintes techniques du bâtiment, non prises en compte, peuvent limiter la conversion de ce potentiel (voir ci-dessous les paramètres non étudiés). Ce potentiel ne tient pas compte du modèle économique qu'il est nécessaire de bien cadrer et qui dimensionne la faisabilité du projet.

POTENTIEL INTÉGRATION	ZONE PATRIMONIALE REMARQUABLE	POTENTIEL SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)
Fort	Non	Fort	880 000	2 031 000
Moyen	Non	Moyen	389 000	896 000
	Oui	Fort	349 000	713 000

Autres paramètres non étudiés mais à prendre en considération pour l'intégration d'un système solaire thermique en lien avec les critères d'intégration présentés en 1.3.1 :

- si l'électricité produite doit être renvoyée totalement ou en partie dans le réseau, il est nécessaire de vérifier auprès d'Enedis sa capacité à recevoir cette injection ;
- la bonne intégration et l'entretien des panneaux en toiture sont limités par l'accessibilité et la capacité structurelle de la toiture. L'accès à la toiture, sa capacité structurelle et la compatibilité des systèmes de fixation sont

des éléments non évalués dans l'étude mais qui doivent être considérés lors d'un projet d'énergie solaire en toiture ;

- le type de valorisation possible de l'électricité produite (autoconsommation, revente, autoconsommation collective) peut jouer sur la pertinence d'un projet photovoltaïque. Afin de choisir entre les différents modèles, la couverture des besoins énergétiques du bâtiment et la rentabilité de l'installation font partie des éléments non évalués dans cette étude.



© Nièvre Habitat

2.9. Potentiel de production de biogaz à partir des déchets ménagers

Comme présenté en 1.3.2, la valorisation des déchets organiques sous forme de biométhane, produit par une unité de micro-méthanisation à l'échelle de la parcelle, n'apparaît pas comme une solution de décarbonation pertinente pour les bailleurs. Néanmoins, dans une optique de décarbonation des usages du parc des adhérents, il est intéressant d'étudier les possibilités de valorisation de ces déchets de manière mutualisée sur un site d'injection de biométhane à condition qu'il en existe un sur le territoire. Afin d'estimer le nombre de logements qui, à l'échelle du parc des adhérents et du parc social, pourraient faire l'objet d'une collecte de déchets ménagers en vue de les valoriser en biogaz, les paramètres suivants ont été retenus :

- la **présence d'une unité de valorisation des biodéchets en biogaz à moins de 40 km du bâtiment**. Pour cela, les sites de méthanisation « Déchets ménagers », « Déchets ménagers et biodéchets » et « Agricole territorial » ont été cartographiés²⁰.
- seuls **les grands immeubles collectifs** (dont le nombre de logements est supérieur à 25) sont considérés, afin que la collecte des déchets ménagers soit suffisamment conséquente pour être pertinente ;
- à l'échelle du parc des adhérents de la FOPH, ce potentiel de valorisation des déchets concerne **18 000 logements** dont **6 000** sont situés à proximité de sites de méthanisation consacrés aux déchets ménagers et/ou biodéchets. Les autres logements sont situés à proximité d'un site de méthanisation « Agricole territorial », ce qui limite les possibilités effectives de valorisation, car ce type de site utilise majoritairement des intrants agricoles et est géré par des collectifs agricoles ;
- à l'échelle du parc social, ce potentiel concerne **42 000 logements** dont **16 000** se situent à proximité de sites de méthanisation valorisant uniquement des déchets ménagers et/ou biodéchets.

²⁰ Les sites sont différenciés selon les intrants qu'ils valorisent et le type de gestion. D'après gaz-mobilité.fr, les sites de méthanisation « agricole territorial » utilisent majoritairement des matières agricoles mais intègrent également d'autres déchets du territoire. Les sites de « déchets ménagers » ou « déchets ménagers et biodéchets » ciblent la fraction organique des déchets ménagers et les biodéchets.

2.10. Synthèse des différents potentiels forts

Tableau récapitulatif des potentiels forts et analyse des résultats à l'échelle de la décarbonation du parc des adhérents de la FOPH

	TYPE DE SOLUTION	NOMBRE DE LOGEMENTS SOCIAUX (ADHÉRENTS DE LA FOPH)	NOMBRE TOTAL DE LOGEMENTS (PARC SOCIAL)
DÉCARBONATION DU CHAUFFAGE ET DE L'ECS	Raccordement à un réseau de chaleur existant	55 000	112 000
	Raccordement à un réseau de chaleur en cas de création/extension d'un réseau	111 000	236 000
	PAC en logements collectifs	310 000	703 000
	PAC en maison individuelle	214 000	583 000
	Géothermie de minime importance (GMI)	20 000	45 000
	Chaufferie biomasse collective	43 000	87 000
DÉCARBONATION DE L'ECS UNIQUEMENT	Solaire thermique	284 000	689 000
	Récupération de chaleur sur eaux grises	25 000	48 000
PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ RENOUVELABLE	Photovoltaïque	880 000	2 030 000

Comme présenté en introduction de la partie 2, les différentes solutions étudiées représentent des potentiels de décarbonation inégaux.

Les solutions les plus intéressantes sont celles permettant de décarboner la production de chauffage ainsi que celle d'ECS. Il s'agit des réseaux de chaleur, des pompes à chaleur, de la chaufferie biomasse ou encore des installations géothermiques permettant de récupérer la chaleur du sol.

▣ Le parc des adhérents de la FOPH, et plus largement le parc social, est historiquement très raccordé par rapport à la moyenne du parc résidentiel français (22 % contre 12 %). Si les opportunités actuelles de raccordement restent importantes (55 000 logements), le gisement d'énergie que représentent les immeubles des adhérents possédant une chaufferie collective constitue **un potentiel deux fois plus important de raccordement à un futur réseau.**

- ▣ Les solutions à fort investissement initial que sont la géothermie et la biomasse sont des configurations bénéficiant fortement de la mutualisation pour trouver un équilibre économique à moyen terme, ce qui limite le nombre de logements concernés par une intégration à la parcelle. La mutualisation à l'échelle d'un quartier pourrait permettre d'améliorer le gisement.
- ▣ La pompe à chaleur apparaît dans les conditions actuelles être la solution la plus déployable massivement à l'échelle du parc des adhérents de la FOPH. En effet, intégrable en immeubles ou en maisons, elle pourrait remplacer sans difficultés techniques importantes les systèmes existants de près de la moitié du parc.



Nantes Métropole Habitat © Valéry Joncheray

D'autres solutions comme le solaire thermique, les ballons thermodynamiques ou la récupération de chaleur sur eaux grises permettent de partiellement ou totalement produire l'ECS décarbonée nécessaire.

Parmi elles, le solaire thermique semble être la solution la plus généralisable à l'échelle du parc des adhérents. Il convient cependant de rappeler qu'au-delà de son intégration technique, c'est le bon dimensionnement de l'installation et son suivi qui permettent d'en faire une solution pertinente dans le temps.

La production d'électricité renouvelable grâce à l'installation de panneaux photovoltaïques en toiture est techniquement pertinente pour 42 % du parc des adhérents. Cependant, la rentabilité économique limite ce potentiel. La production photovoltaïque sur les espaces non bâtis représente un gisement important qui n'a pas été pris en compte ici.

3

Classification des logements selon leur potentiel de décarbonation de la chaleur

Les résultats présentés ci-avant font état du nombre de logements présentant un potentiel d'intégration en considérant chaque solution de décarbonation séparément. Dans les faits, pour chaque bâtiment, une unique solution sera favorisée et intégrée. Il est donc intéressant d'analyser pour chaque bâtiment du parc des adhérents, les possibilités d'intégrer une ou plusieurs solutions. Le graphique ci-après permet de visualiser la décomposition du parc en fonction du nombre et du type de solutions intégrables pour chaque logement.

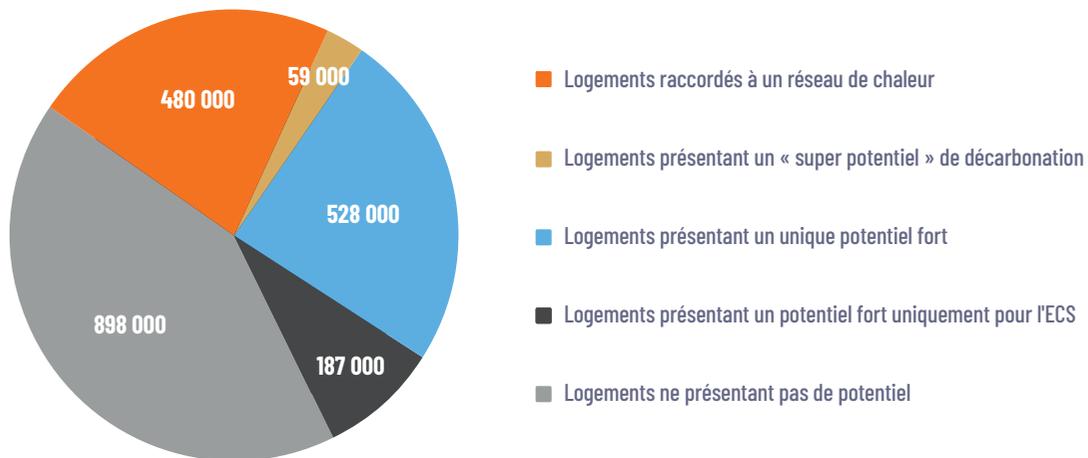


Figure 1 - Répartition des logements du parc des adhérents en fonction du nombre et du type de solutions de décarbonation pouvant être intégrées.



Un bâtiment est considéré comme ayant un « super potentiel » lorsqu'il présente un potentiel fort d'intégration pour **au moins deux solutions de décarbonation du chauffage et de l'ECS**

La décomposition du parc des adhérents de la FOPH selon le type de solutions de décarbonation pouvant être intégrées est répartie en cinq blocs principaux :

- **480 000** logements sont déjà raccordés à un réseau de chaleur et n'ont pas besoin de changer de système de chauffage. Cependant, certains réseaux conservent un mix très carboné et devront, pour permettre aux logements raccordés de respecter les objectifs bas-carbone, se décarboner dans les années à venir ;
- **59 000** logements présentent un potentiel fort d'intégration pour au moins deux solutions de décarbonation double service (chauffage et ECS). Une majorité d'entre eux (42 000) n'en présente que deux. Les logements ayant un fort potentiel en géothermie présentent également un potentiel pour l'intégration d'une chaufferie biomasse. De plus parmi eux, 75 % présentent également un potentiel fort pour l'intégration de pompes à chaleur ;

- **528 000** logements présentent un unique potentiel fort d'intégration d'une solution de décarbonation double service. Cette solution est majoritairement thermodynamique avec 280 000 immeubles collectifs et 213 000 maisons individuelles avec un potentiel fort pour l'intégration d'un système PAC. 28 000 logements possèdent uniquement un potentiel de raccordement à un réseau de chaleur existant et 7 000 uniquement à l'intégration d'une chaufferie biomasse ;
- **187 000** logements ne présentent pas de potentiel fort pour une des solutions de décarbonation du chauffage et de l'ECS, mais un potentiel fort pour une solution de décarbonation de l'ECS uniquement. Parmi eux, 110 000 ont un potentiel fort pour le solaire thermique, tandis que 74 000 autres présentent un potentiel fort pour l'intégration d'un ballon thermodynamique. Seulement 3 000 logements présentent un potentiel d'intégration d'une solution de récupération sur eaux grises (sans présenter d'autres potentiels de décarbonation du chauffage et de l'ECS).

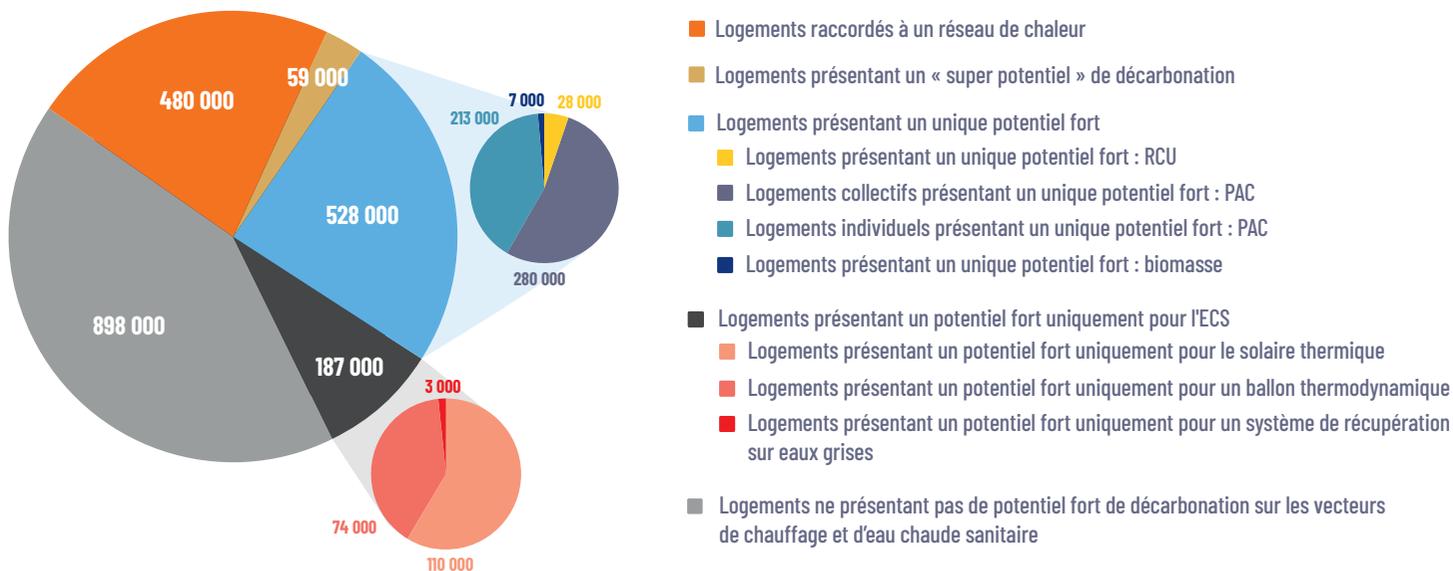


Figure 2 - Répartition des logements du parc des adhérents en fonction du nombre et du type de solutions de décarbonation pouvant être intégrées.

Parmi les 898 000 logements sans potentiel fort de décarbonation, certains présentent un potentiel moyen d'intégration pour au moins une des solutions étudiées :

- **181 000** pour l'intégration d'une **solution de décarbonation double service** (RCU, PAC, biomasse et/ou géothermie) ;
- **124 000** pour l'intégration d'un **système solaire thermique**.

Le reste, 593 000 logements, ne présente **aucun potentiel moyen ou fort de décarbonation du chauffage ou de l'ECS**. Ce sont très majoritairement des logements collectifs (92%) chauffés au gaz individuel pour plus de la moitié (51%). Si la décarbonation de leurs systèmes de production de chaleur est plus complexe pour le moment, 192 000 d'entre eux présentent néanmoins un potentiel fort d'intégration de panneaux photovoltaïques.

4

Freins et leviers pour faciliter l'intégration de solutions de décarbonation à l'échelle du parc des adhérents de la FOPH

4.1. Freins à l'intégration des solutions de décarbonation

4.1.1 Freins économiques

Les investissements financiers nécessaires pour la mise en œuvre des solutions de décarbonation représentent un obstacle majeur pour les bailleurs. Même avec les dispositifs d'aide actuellement disponibles, le montant des capitaux à engager reste élevé. Cette exigence financière est souvent exacerbée par l'augmentation des charges non récupérables, en particulier lors du renouvellement des composants, ce qui limite le retour économique sur ces investissements. Les bénéfices économiques liés à la mise en œuvre de ces systèmes ne compensent donc pas toujours les surcoûts supportés par les bailleurs. Par ailleurs, malgré l'augmentation des prix du gaz, certaines de ces solutions peuvent paradoxalement entraîner une hausse des factures comparativement à une solution entièrement basée sur le gaz. Ce déséquilibre économique constitue un frein important à l'adoption de ces technologies de décarbonation.

4.1.2 Difficultés organisationnelles

Sur le plan organisationnel, les bailleurs rencontrent plusieurs obstacles. Premièrement, les ressources internes nécessaires pour la gestion, l'entretien ou l'ingénierie des systèmes de décarbonation sont souvent insuffisantes ou inadaptées. De plus, certaines solutions, comme le solaire thermique, souffrent encore d'une mauvaise image auprès des bailleurs, malgré les évolutions récentes des filières. Le manque de retours d'expérience positifs partagés renforce cette perception négative. En outre, il est souvent difficile de trouver des professionnels qualifiés pour le dimensionnement, l'installation et l'entretien de ces systèmes, ce qui complique davantage leur adoption. Les systèmes énergétiques ne sont pas systématiquement intégrés dans les marchés d'exploitation et de renouvellement de composants, en particulier pour les systèmes individuels, ce qui pose des problèmes de cohérence et de continuité dans leur gestion. Enfin, la réalisation d'études préalables, nécessaires à la mise en œuvre de certaines solutions, n'est pas systématique, ce qui retarde et complique leur déploiement.

4.1.3 Besoin de structuration sectorielle

La capacité des réseaux électriques et de chaleur à répondre à la demande est une préoccupation majeure. Cette insuffisance entraîne le blocage de certains projets, principalement en raison des surcoûts liés au renforcement du réseau ou des refus de raccordement par les gestionnaires. De plus, la décarbonation de certains réseaux de chaleur est actuellement insuffisante pour espérer atteindre l'étiquette B, seuil exigé pour certains financements. L'intégration des solutions nécessitant une unité extérieure se heurte également à des obstacles réglementaires, notamment les règlements d'urbanisme locaux ou le caractère patrimonial des sites. Ces contraintes limitent actuellement la capacité à déployer des solutions de décarbonation dans certaines zones. Une dynamique d'allègement de ces contraintes réglementaires dans le cadre de la décarbonation des logements, est néanmoins observée.



Moulines Engilbert Tamerie - Chaudière à granulés © Nièvre Habitat

4.2. Leviers à mobiliser pour favoriser le déploiement des solutions de décarbonation

4.2.1 Évolution de l'organisation des bailleurs

Plusieurs adaptations au niveau des organismes permettraient de faciliter l'intégration des solutions de décarbonation :

- identifier les sites les plus favorables à la création de mini-réseaux urbains ou boucles d'eau tempérée, solutions permettant une gestion optimisée et mutualisée de l'énergie, à envisager avec les autres acteurs locaux ;
- il est essentiel d'équiper les chargés d'opération et les services patrimoniaux des outils

nécessaires pour pré-identifier les solutions les plus pertinentes, en intégrant une analyse en coût global et en tenant compte de l'ensemble des dispositifs de financement (prêts bonifiés, CEE, etc.). Cette démarche permettra de cibler plus efficacement les interventions et d'optimiser les investissements ;

- par ailleurs, l'intégration de certaines solutions individuelles, comme les ballons thermodynamiques et les pompes à chaleur (PAC), dans les marchés de renouvellement de composants est une stratégie clé pour assurer une transition énergétique progressive et cohérente.



© Plaine Commune Habitat



Lyon Métropole Habitat © N. Leblanc

4.2.2 Valorisation des retours d'expérience

La valorisation des retours d'expérience, issus de projets de réhabilitation réalisés par des bailleurs et intégrant l'une des solutions, pourrait faciliter l'adoption de ces solutions à grande échelle. Il serait pertinent de mettre en place des processus systématiques pour partager ces retours d'expérience, tant au sein de chaque organisme qu'entre pairs. Cela pourrait se concrétiser à travers des plateformes d'échanges, des processus de suivi des expérimentations, des ateliers de formation, ou des réseaux de partage de bonnes pratiques, tels que le Lab Habitat ou les associations régionales de l'habitat.

Intégrer systématiquement les industriels dans la mise en œuvre des systèmes innovants pourrait également permettre d'assurer une meilleure adaptation des solutions aux besoins réels et d'optimiser leur performance. L'ensemble de la filière de l'entretien, maintenance et exploitation doit monter en compétences sur ces enjeux pour s'assurer d'une consommation maîtrisée, d'un entretien des équipements adaptés et donc limiter les charges pour les locataires et le bailleur. Cela peut passer par l'ajout de critères liés à la montée en compétences sur les équipements décarbonés lors de la sélection des prestataires pour l'exploitation des équipements collectifs et/ou individuels, ainsi que par l'accompagnement des équipes en régie dans l'entretien de ces systèmes.

Enfin, la mise en place de stipulations contractuelles de garantie de performance pour les opérations les plus ambitieuses offre une sécurité supplémentaire aux bailleurs, en garantissant les résultats escomptés et en minimisant les risques financiers. On peut notamment citer le Contrat de performance énergétique (CPE) du solaire thermique.

4.2.3 Mobilisation des acteurs territoriaux

La mobilisation des acteurs territoriaux est essentielle pour surmonter les obstacles à la décarbonation. Une mesure clé est l'obtention de dérogations pour l'atteinte du label BBC dans le cas de raccordement à des réseaux en voie de décarbonation, comme cela est le cas pour la RE2020. Cela permettrait de faciliter le déploiement de ces réseaux en phase de transition.

Il est également important d'identifier les potentiels de mutualisation avec d'autres usages, notamment ceux des collectivités territoriales, afin de favoriser l'équilibre économique des opérations. Cette mutualisation à l'échelle d'une boucle d'eau tempérée permet de profiter des complémentarités entre logements sociaux et infrastructures publiques dans le cadre d'un projet commun avec d'autres acteurs locaux.

Enfin, l'allègement en cours de certaines contraintes juridiques, qui freinent actuellement le déploiement des solutions de décarbonation, pourrait grandement accélérer leur adoption. Cela pourrait notamment inclure :

- ▣ l'adaptation des règlements d'urbanisme et des contraintes patrimoniales afin de faciliter des dispositifs extérieurs de solutions décarbonées (panneaux solaires, unités de pompe à chaleur, etc.) ;
- ▣ la clarification et l'allègement des contraintes juridiques pour le bailleur dans le cadre d'une autoconsommation collective ;
- ▣ l'ajustement de l'encadrement des unités de méthanisation afin de prendre en compte le volume de l'installation pour faciliter l'intégration d'unités de micro-méthanisation ;
- ▣ l'adaptation des critères acoustiques liés à l'installation des pompes à chaleur.



A nnexes

Méthodologie

L'évaluation des potentiels de décarbonation par type de solution a été réalisée en se fondant sur un important travail de recueil, traitement et croisement de données. Cette méthode a pour avantage de qualifier les potentiels à l'échelle de chacun des bâtiments accueillant des logements du parc des adhérents de la FOPH.

Une base de données a été créée pour accueillir :

- ▣ une description exhaustive des logements et des bâtiments du parc social, dans leurs composantes morphologiques (surfaces, hauteurs, types de toiture, implantations dans le tissu urbain) et énergétiques (étiquettes DPE, énergies et systèmes de chauffage et ECS, potentiels solaires en toiture, etc.) ;
- ▣ une caractérisation des réseaux de chaleur (tracés, points de livraison de chaleur, contenu CO₂ de la chaleur produite, puissance par productible, etc.) et des potentiels de création/extension ;
- ▣ des données sectorielles de potentiels (géothermie, potentiels développement RCU, etc.) et de contraintes (patrimoniales notamment).

Description des logements et bâtiments du parc social

Le Répertoire des logements locatifs des bailleurs sociaux (RPLS), décrivant plus de 5 millions de logements, a constitué la brique élémentaire dans les traitements entrepris. Les autres bases de données utilisées ont toutes fait l'objet d'un recoupement ou d'un appariement avec le RPLS (recoupement spatial, appariement par adresse ou variable commune).



© Plaine Commune Habitat

BASE DE DONNÉES	SOURCE	MILLÉSIME	PRINCIPALES INFORMATIONS RECUEILLIES
RPLS	Ministères Écologie Énergie Territoires	2023	Description des bâtiments : adresse, année de construction, type construction, géolocalisation Description des logements : bailleur, surface, DPE énergie, DPE climat
BD TOPO	IGN	2023	Géométries des bâtiments
Plan Cadastral Informatisé	Etalab	2023	Parcelles cadastrales
Fichiers des locaux et des parcelles des personnes morales	Ministère de l'Économie, des Finances	2023	Propriété des parcelles (si personne morale)
Base DPE 2020	ADEME	2020	Énergie et système de chauffage, énergie et système d'ECS, DPE énergie, DPE climat ancienne méthode 3CL
Base DPE 2023	ADEME	2023	Énergie et système de chauffage, énergie et système d'ECS, DPE énergie, DPE climat méthode 3CL 2021
BDNB	CSTB	2023	Énergie et système de chauffage, énergie et système d'ECS, DPE énergie, DPE climat
Données locales de consommation d'énergie (maille adresse)	Ministères Écologie Énergie Territoires	2021	Consommations de gaz, électricité, chaleur et froid
Recensement Général de la Population	INSEE	2019	Énergie et mode de chauffage (maille IRIS)
Base adresse nationale	Data Gouv	2021	Géolocalisation des adresses
Base adresse interne	Énergies Demain	2021	Lien adresse - bâtiment
Cadastre solaire	Énergies Demain	2021	Potentiels solaires en toiture

Figure 3 - Description des bâtiments et logements, données sources

Les données traitées ont permis d'enrichir le RPLS, notamment sur le volet énergétique, mais pas de manière exhaustive. Pour les besoins de l'étude, il a été décidé de ne pas reconstituer les données manquantes afin de rester dans une analyse de

données réelles, à l'exception des étiquettes DPE méthode 2021 des logements des adhérents de la FOPH, modélisées sur la base des étiquettes DPE méthode 2012 et des énergies de chauffage.

VARIABLE	NOMBRE DE LOGEMENTS ENSEMBLE PARC SOCIAL	TAUX DE COMPLÉTION ENSEMBLE PARC SOCIAL	NOMBRE DE LOGEMENTS PARC ADHÉRENTS FOPH	TAUX DE COMPLÉTION PARC ADHÉRENTS FOPH
Surface	5 143 685	100 %	2 191 674	100 %
Type de construction	5 143 685	100 %	2 191 674	100 %
Année de construction	5 143 685	100 %	2 191 674	100 %
Bailleur	5 143 685	100 %	2 191 674	100 %
Géométrie bâtiment	5 117 752	99 %	2 182 613	99 %
Énergie de chauffage	4 143 082	81 %	1 763 647	81 %
DPE énergie/climat - méthode 2012 ou 2021 présents dans le RPLS	4 420 986	86 %	1 932 460	88 %
DPE énergie/climat - méthode 2021 (présent dans le RPLS ou reconstitué)	3 661 702	72 %	1 587 737	72 %

Figure 4 - Taux de complétion des variables reconstituées par logement

Caractérisation des réseaux de chaleur et identification des raccordements

Plusieurs sources de données ont été combinées et traitées pour obtenir une description spatiale des réseaux et des points de livraison de chaleur :

- ▣ opendata France Chaleur Urbaine (tracés réseaux, productibles, contenu CO₂), 2024 ;
- ▣ données ouvertes de la DRIEAT Île-de-France (tracés réseaux, sous stations), millésime 2022 ;
- ▣ données ouvertes de la DREAL Auvergne-Rhône-Alpes (tracés réseaux, productibles, contenu CO₂), millésime 2017 ;
- ▣ points de livraison de chaleur à la maille adresse, millésime 2021, SDES Ministère de la Transition écologique (géolocalisation du point de livraison, productibles, contenu CO₂) ;
- ▣ données locales de consommation de chaleur et de froid à l'échelle IRIS, SDES Ministère de la Transition ;
- ▣ données locales de consommation de chaleur et de froid à l'échelle communale, SDES Ministère de la Transition écologique, millésime 2021 ;
- ▣ opendata plateforme EnRezo (zones de potentiels), Cerema, 2024.

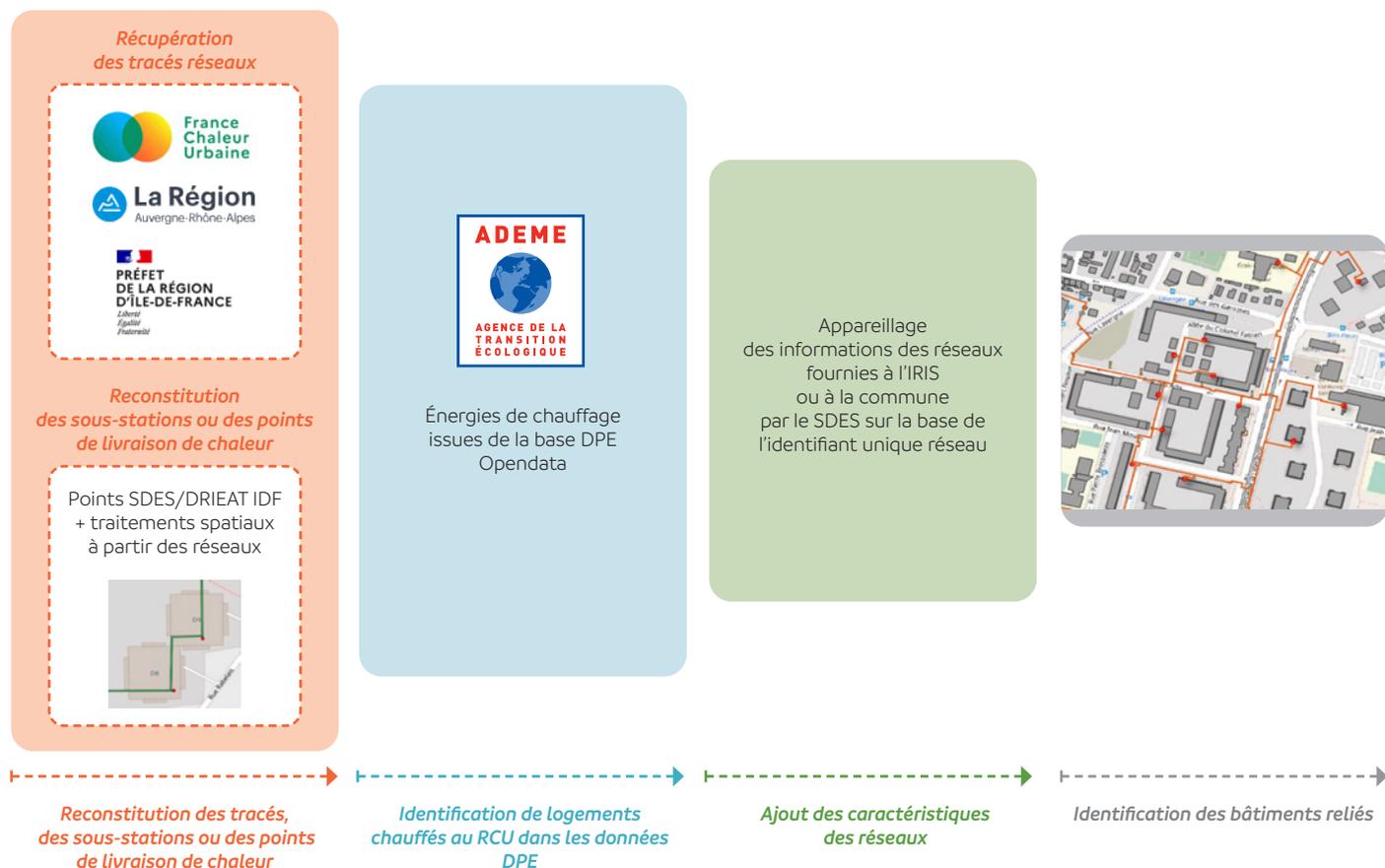


Figure 5 - Méthode générale d'identification des réseaux et des bâtiments raccordés, Énergies Demain 2024



© Ville de Nantes/Nantes Métropole Habitat

Au-delà de la reconstitution physique des réseaux et des sous-stations, les données descriptives des vecteurs énergétiques et des contenus CO₂ ont fait l'objet d'un travail de recoupement multi-échelles entre les sources IRIS, communales et cadastrales

afin d'obtenir un niveau de connaissance homogène de chaque réseau identifié. Les bâtiments situés sur les parcelles et unités foncières à proximité immédiate des sous-stations et points de livraison de chaleur ont été considérés comme raccordés.

Données sectorielles

BASE DE DONNÉES	SOURCE	MILLÉSIME	PRINCIPALES INFORMATIONS RECUEILLIES
Ressources géothermales	BRGM	2024	Zonages des ressources géothermales, éligibilité à la GMI
Atlas du patrimoine	Ministère de la Culture	2023	Zonages de protection du patrimoine
Enrezo	CEREMA	2024	Zonages de potentialité d'extension/création de réseaux de chaleur urbains
Biométhane	GRTGaz	2024	Points d'injection de biométhane en service par type

Pour couvrir toutes les solutions ENR ainsi que leurs contraintes de déploiement, des données sectorielles ont été récupérées et incluses dans le socle cadastral dans le but de décrire notamment les potentiels géothermiques, les contraintes patrimoniales pouvant proscrire certains vecteurs ENR (solaire notamment) ou encore les solutions existantes d'injection de biométhane.

Toutes les données présentées ci-dessus ont été regroupées au sein d'une même base de données et ont été appareillées aux bâtiments accueillant des logements sociaux, permettant une exploitation précise et directe dans le cadre de la qualification des potentiels de déploiement des solutions ENR&R.



Fédération nationale des Offices Publics de l'Habitat
14 rue Lord Byron · 75008 Paris

www.foph.fr



Réalisation : Fédération nationale des Offices Publics de l'Habitat - Coordination FOPH : Axelle Lebigot-Dymon - Septembre 2024

Conception/exécution : **Obe** - Crédits photos couverture : © BCF Partenord Habitat © Rémy Ty - Lyon Métropole Habitat © N. Leblanc
Archipel Habitat_G_Ruilhenn © JF Molliere - Archipel Habitat © Stéphane Chalmeau - Archipel Habitat © Luc Boegly