

LES BESOINS EN FROID DES BÂTIMENTS PARISIENS

 NOTE n° 149

AVRIL 2019

DES STRATÉGIES À ADAPTER
SELON LE CONTEXTE URBAIN



© Apur



**2-3
TWh/an**

besoins actuels
de froid à Paris

Les consommations liées au froid progressent. En 20 ans, elles ont ainsi doublé dans les commerces parisiens. Au niveau national, le marché de la climatisation affiche une croissance continue (+ 8 % en 2017). Évolutions culturelles et climatiques sont autant d'éléments qui permettent d'expliquer cette tendance.

À Paris, on estime aujourd'hui ces consommations à 2-3 TWh. Les moyens utilisés pour répondre aux besoins de froid sont aujourd'hui de diverses natures : solutions autonomes plus ou moins vertueuses, boucles locales, ou réseau de froid maillé. Le réseau de froid de Paris, exploité actuellement par Climespace, couvre 456 GWh/an (2017), soit environ 20 % de ces consommations.

En 2050, les besoins de froid devraient être de 3,5 à 4TWh/an en tenant compte à la fois des évolutions climatiques, et de l'amélioration des bâtiments. L'évolution à la hausse de ces besoins implique

de déployer une stratégie pour réduire fortement l'impact environnemental de ces besoins croissants pour aller vers une ville neutre en carbone et résiliente en 2050.

Le Plan Climat de la Ville de Paris comporte le schéma directeur des réseaux de chaleur et de froid qui définit les objectifs de développement de ces services publics à horizon 2050. Le schéma directeur du réseau de froid vise la construction d'une nouvelle centrale fonctionnant à l'eau de Seine, la livraison de plus d'1 TWh d'énergie frigorifique et la consommation d'énergie 100 % d'origine renouvelable à terme.

L'objet de la présente note est ainsi de livrer des éléments pour adapter des stratégies selon le contexte urbain et de contribuer à un développement « équilibré » et optimal de ce grand service urbain que constitue le réseau de froid.

Un enjeu de limitation des besoins de froid

L'essor de la climatisation est intimement lié à l'évolution de notre rapport au confort dans les bâtiments, et ce plus particulièrement dans les immeubles de bureaux ou dans les commerces. La surface climatisée est en constante augmentation dans nos villes, le graphique ci-dessous issu d'une étude réalisée en 2002 pour le compte de la commission européenne montre l'évolution de cette surface depuis 1990 et donne à voir des perspectives à horizon 2025. À Paris, l'évolution de la consommation d'énergie des commerces entre 1990 et 2009 met en exergue l'essor de la climatisation dont la consommation a doublé sur cet intervalle alors que sur la même période, la plupart des autres postes de consommations d'énergie sont à la baisse (eau chaude sanitaire, cuisson, et surtout chauffage) ou en légère hausse (électricité spécifique). Cet essor récent a des effets sur l'environnement avec

les émissions de gaz à effet de serre qui lui sont associés, mais aussi en contribuant au phénomène d'îlot de chaleur par les rejets de chaleur sur l'espace public de certaines solutions autonome de climatisation.

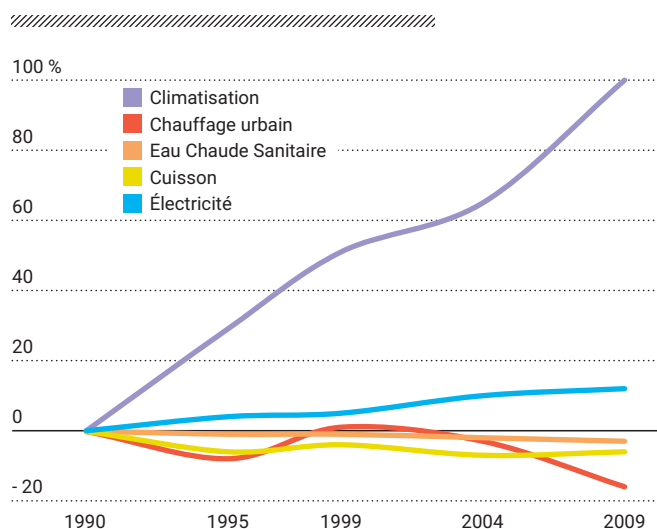
La limitation et la réduction des impacts environnementaux liés à la climatisation des bâtiments parisiens représentent un enjeu de premier plan dans la perspective d'une ville résiliente et neutre en carbone en 2050. Cela implique en particulier de maîtriser le développement rapide de la climatisation et de renouveler les installations les plus énergivores par des dispositifs plus respectueux de l'environnement.

À l'échelle globale, la stratégie de végétalisation/désimperméabilisation mise en œuvre à Paris (30 nouveaux ha d'espaces verts en 2020, 20000 nouveaux arbres, 100 ha de toitures et murs

végétalisés, etc.) permet de limiter les effets d'îlots de chaleur urbain et constitue une première réponse globale pour limiter les besoins de froid sur l'espace public mais aussi dans les bâtiments.

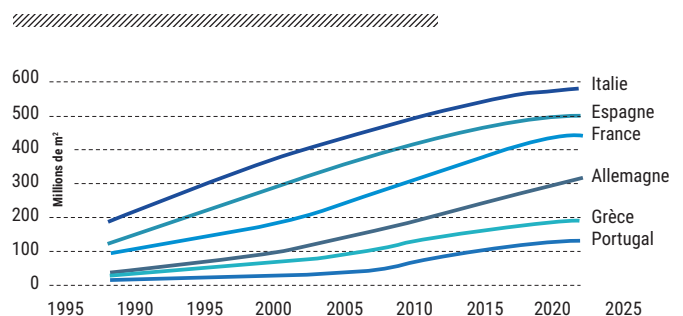
À l'échelle du projet urbain et/ou du bâtiment, d'autres actions sont possibles pour limiter voire supprimer les besoins de froid. Dans bien des cas, la climatisation peut être évitée totalement ou en partie grâce à une conception/rénovation bioclimatique du bâtiment (ventilation naturelle, protections solaires extérieures, isolation, végétalisation). L'optimisation des systèmes existant ou la mise en place de nouveaux équipements de rafraîchissement performants (pompes à chaleur sur nappe ou récupérant de l'énergie fatale, etc.) permet aussi de limiter l'impact environnemental du rafraîchissement lorsqu'il est nécessaire.

ÉVOLUTION DES CONSOMMATIONS D'ÉNERGIE DES COMMERCES PARISIENS DE 1990 À 2009



Source : CEREN

ÉVOLUTION DE LA SURFACE CLIMATISÉE EN EUROPE À L'HORIZON 2020



Source : Étude Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners pour la Commission Européenne, 2002

Une diversité de solutions pour répondre aux besoins de froid

Il existe plusieurs réponses à la demande de froid des bâtiments parisiens. On peut distinguer trois grandes catégories de systèmes de climatisation et de rafraîchissement dont les principales caractéristiques, avantages et inconvénients sont détaillés ci-dessous.

Le réseau de froid maillé

Un réseau de froid est constitué de centrales de production, d'un double réseau de canalisations aller/retour souterraines et de postes de livraison dans chacun des bâtiments desservis. La production peut se faire par l'intermédiaire de centrales frigorifiques de plusieurs dizaines de mégawatts mais aussi par des centrales de « froid renouvelable » à l'image des centrales du réseau parisien utilisant l'eau de Seine.

Un réseau maillé présente de nombreux avantages sur le plan environnemental :

- au niveau macroscopique, réduction des émissions de gaz à effet de serre par kWh de froid produit et de l'impact sur l'infrastructure électrique grâce à son bon rendement et à la possibilité de valoriser des ENR&R ;
- au niveau local, réduction de l'îlot de chaleur urbain en évacuant les calories par le sous-sol et réduction des risques sanitaires.
- à l'échelle du bâtiment, il permet de réduire significativement la surface nécessaire (seulement 15 m² pour une sous-station) et assure au client une modularité de la puissance souscrite. En revanche, son insertion en milieu urbain dense peut s'avérer complexe et coûteuse (travaux de voiries, foncier nécessaire pour les sites de production). Le coût de raccordement pour le client peut s'en voir impacté.

Les boucles locales

Sur le même modèle que le réseau de froid maillé, certains acteurs publics ou privés

développent leur propre réseau de froid autour d'un site de production centralisée avec un développement limité. Celle-ci peut être d'origine renouvelable (géothermie, valorisation de chaleur fatale, etc.). À Paris, à côté de boucles locales publiques, il existe quelques exemples de réseaux privés : le réseau de froid du Ministère de la Défense (bâtiment Hexagone) à Balard utilise directement la fraîcheur de la nappe phréatique pour assurer plus de 90 % des besoins annuels de froid du site ; les réseaux propres à l'APHP.

Comme le réseau maillé, la boucle locale présente de nombreux avantages environnementaux et permet de valoriser des ENR&R (géothermie, solaire, chaleur fatale).

Les systèmes de climatisation et de rafraîchissement autonomes

Un dispositif de climatisation autonome repose sur un système de production de froid qui permet de choisir la température des locaux quelles que soient les conditions extérieures. Il existe une grande variété d'équipements de climatisation aux performances et aux impacts sur l'environnement très variables : de la climatisation air/air traditionnelle à la machine à absorption à partir d'une source renouvelable (solaire, énergie fatale, etc.). Ces systèmes de climatisation autonomes assurent une part importante des besoins de froid des bâtiments parisiens, c'est pourquoi la question de leur renouvellement ou substitution par d'autres dispositifs plus vertueux doit être posée.

Les solutions autonomes de climatisation classique de type groupe de froid à condensation ou climatiseurs nécessitent des surfaces importantes en toiture pour l'évacuation de la chaleur. Le fonctionnement de tels dispositifs génère des nuisances locales (bruit, îlot de chaleur, foncier « gelé », risque de légionnelle) et globales du fait de la consommation

importante d'électricité (émissions de GES). Il existe des solutions de climatisation plus vertueuses d'un point de vue environnemental comme les machines à absorption fonctionnant à partir d'une source renouvelable.

Le rafraîchissement se distingue de la climatisation par l'absence de système à puissance garantie. Cela signifie une température intérieure dépendante des conditions extérieures lors des périodes estivales.

Les pompes à chaleur réversibles (PAC) permettent de produire soit de la chaleur soit du froid à partir de l'énergie de l'air, de l'eau ou du sol. On retrouve de nombreuses installations de PAC géothermiques sur nappe dans le Grand Paris pour le rafraîchissement de bureaux ou de commerces, et ce même en milieu urbain dense. Il existe aussi d'autres solutions de rafraîchissement moins répandues comme les puits canadiens qui consistent à refroidir (en été) de l'air prélevé à l'extérieur par le sol avant de le diffuser dans le bâtiment pour le rafraîchir.

Les systèmes de rafraîchissement actifs à partir de pompes à chaleur permettent de valoriser localement des ENR&R. Elles présentent des performances variables selon leur nature, les solutions eau/eau sont particulièrement intéressantes : elles affichent un très bon rendement, elles ne nécessitent pas d'équipement en toiture et permettent d'évacuer la chaleur vers un milieu nature (sol, nappe, cours d'eau), elles sont peu bruyantes et sont réversibles. L'investissement nécessaire peut représenter un frein, comme la nécessité d'avoir des bâtiments disposant de réseaux et d'émetteurs basse température. Les systèmes de rafraîchissement passifs comme le « géocooling » sont particulièrement intéressants dans le cadre de nouvelles opérations.

Le réseau de froid parisien

Le réseau opéré par Climespace et ses 75 km de réseau alimentent plus de 650 clients, soit environ 470 GWh d'énergie frigorifique délivrée. Il est constitué de quatre secteurs indépendants, le secteur du quartier central des affaires qui est alimenté par 6 sites de production et disposant de 3 sites de stockage, le secteur de Bercy qui dispose de 2 sites de production, le secteur de Paris Nord Est (PNE) où la production de froid est combinée à la production de chaleur de la CPCU à partir d'un forage géothermique au dogger et le secteur Philharmonie avec une centrale de production propre à la salle.

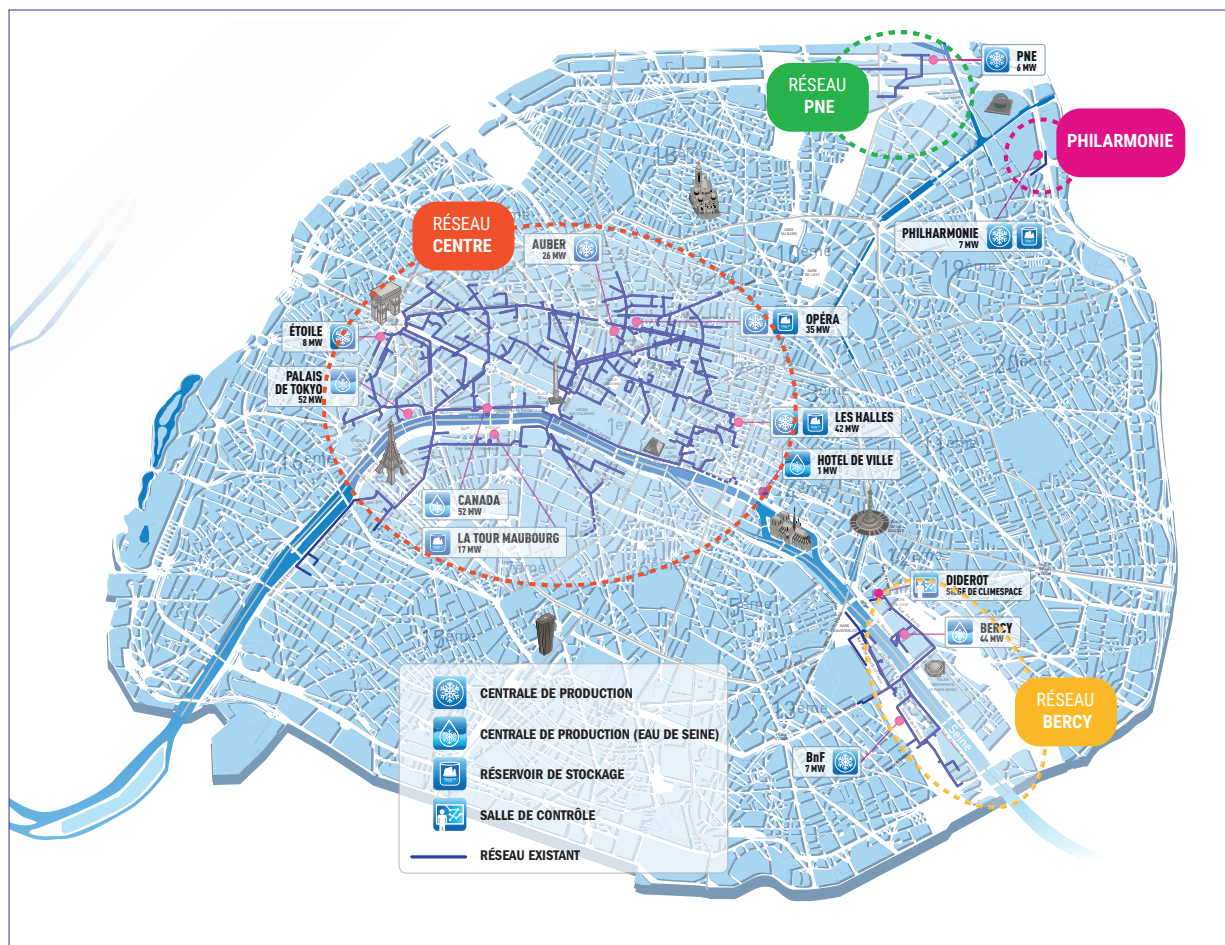
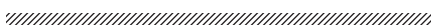
La production est assurée par échange direct avec la Seine lorsque sa température le permet (période

hivernale) et par des machines thermiques alimentées à l'électricité 100 % renouvelable¹. La chaleur fatale générée est majoritairement rejetée en Seine (sauf quand sa température est trop élevée).

Le reste est en grande partie dissipé dans l'air ambiant par des tours aéroréfrigérantes non visibles et sans production de panache de vapeur et une faible part est rejetée sur le réseau d'eau non potable ou encore valorisée pour alimenter une boucle d'eau chaude du réseau opéré par CPCU (secteur PNE).

¹ – Climespace, le concessionnaire actuel du réseau de froid parisien achète son électricité avec des garanties d'origine pour avoir une source d'énergie primaire 100 % renouvelable.

LE RÉSEAU DE FROID URBAIN À PARIS À FIN 2017



Source : Climespace

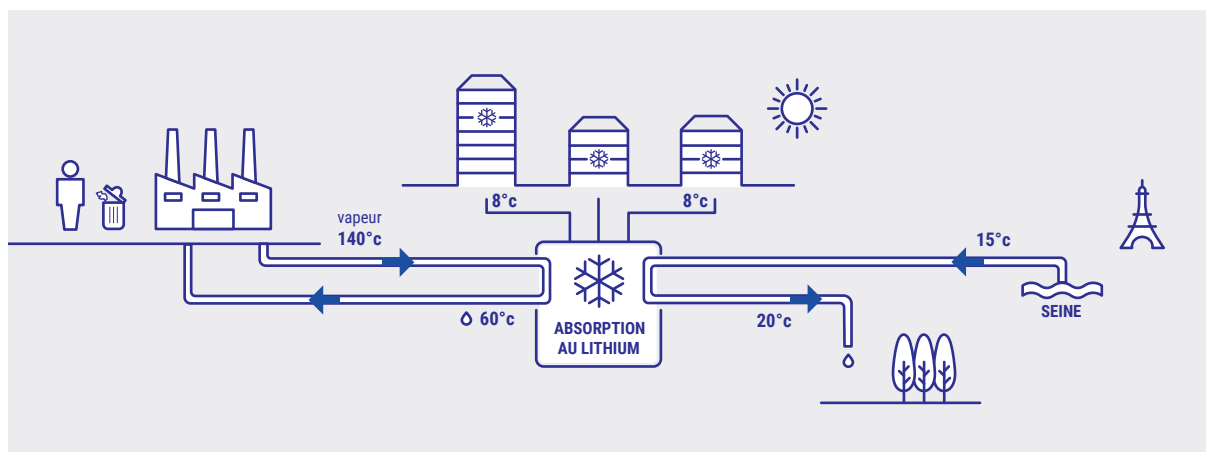
67/69 avenue Victor Hugo – une climatisation « éco-logique »

C'est dans le cadre de la réhabilitation en 2014 d'un immeuble post-haussmannien construit en 1912 que le groupe Fausto Facioni Construcciones (FFC) a conçu un système de chauffage et de climatisation reposant sur une stratégie multi-réseaux. Cette technologie, baptisée « i-vert », a été développée en partenariat avec la CPCU et Eau de Paris, dont les réseaux respectifs sont partie intégrante du dispositif, et permet d'assurer le chauffage et le rafraîchissement des 11 000 m² de bureaux, logements et du centre d'analyses médicales présent dans l'immeuble.

Les réseaux comme sources d'énergie fatale

La mixité fonctionnelle du site et donc la diversité des usages présente ont poussé les ingénieurs de FFC à

réfléchir à un système respectueux de l'environnement et assurant conjointement les besoins de chauffage et de climatisation. Après avoir listé l'ensemble des solutions envisageables sur le site et constaté l'absence du réseau de froid, les ingénieurs de FFC vont opter pour une pompe à chaleur à absorption au lithium¹. Ce dispositif présente un intérêt majeur car il permet de valoriser deux sources d'énergie alors non utilisées en été pour produire du froid : une source chaude avec la vapeur de la CPCU pour alimenter la pompe à chaleur à absorption et une source froide (pour optimiser le rendement de la machine) avec les frigidités de l'eau Non Potable (circulant à 13 °C dans le réseau). La mise en route du système a permis de soulager localement le réseau électrique en s'affranchissant de la consommation électrique de la climatisation et a aussi contribué à l'atténuation de l'îlot de chaleur urbain grâce à la suppression des tours de refroidissements.



© FFC / CPCU / Eau de Paris

Clichy-Batignolles, un engagement de tous pour des immeubles tertiaires sans climatisation

Lancé en 2002 par la ville de Paris, le projet de Clichy Batignolles est un éco-quartier de 54 hectares, 3 400 logements et plus de 200 000 m² de surface tertiaire (bureaux, commerces et équipements). Déjà bien avancé, sa livraison se terminera en 2020. Dès le départ, la ville a souhaité faire de ce quartier un modèle de développement durable, concrétisant les ambitions du Plan Climat en matière de sobriété énergétique et de neutralité carbone.

Une attention particulière a été portée sur la consommation énergie et carbone des bâtiments.

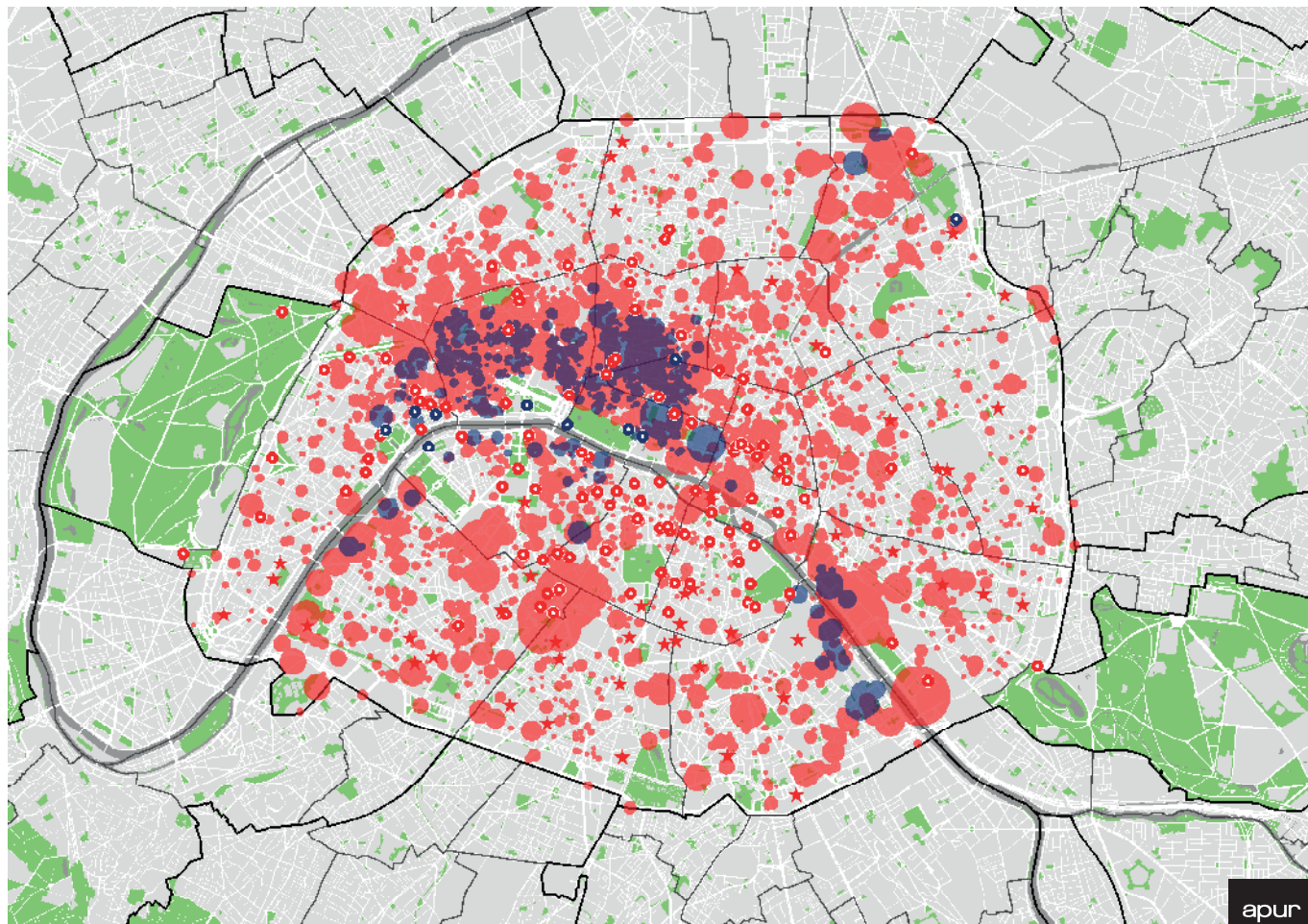
Cette ambition se traduit par un non-recours à la climatisation dans les bâtiments tertiaires hormis certains cas particuliers.

La conception des bâtiments intègre la problématique du rafraîchissement avec un travail sur les matériaux, la compacité, la double orientation et la protection solaire, la végétalisation, l'isolation par l'extérieur et les solutions de rafraîchissement par géothermie.

À titre d'illustration, l'immeuble de bureaux Thémis à la structure bois/béton est directement rafraîchi grâce à la géothermie sur nappe et ne dispose pas d'autre système de climatisation.

Pour plus d'informations sur le projet Clichy-Batignolles : <http://www.clichy-batignolles.fr/>

Les consommateurs de froid à Paris aujourd'hui



LOCALISATION DES CONSOMMATEURS DE FROID PARISIENS (SURFACE EN M²)



- Raccordé au réseau
- Non raccordé au réseau

Surface en m² (bureaux > 1 000m², commerces > 1 000m², hôtels > 1 000m²)

- 1 000 m²
- 10 000 m²
- 100 000 m²
- Hôpitaux
- Musées

Sources : Climespace, HBS Research, BDCOM (Apur), Apur

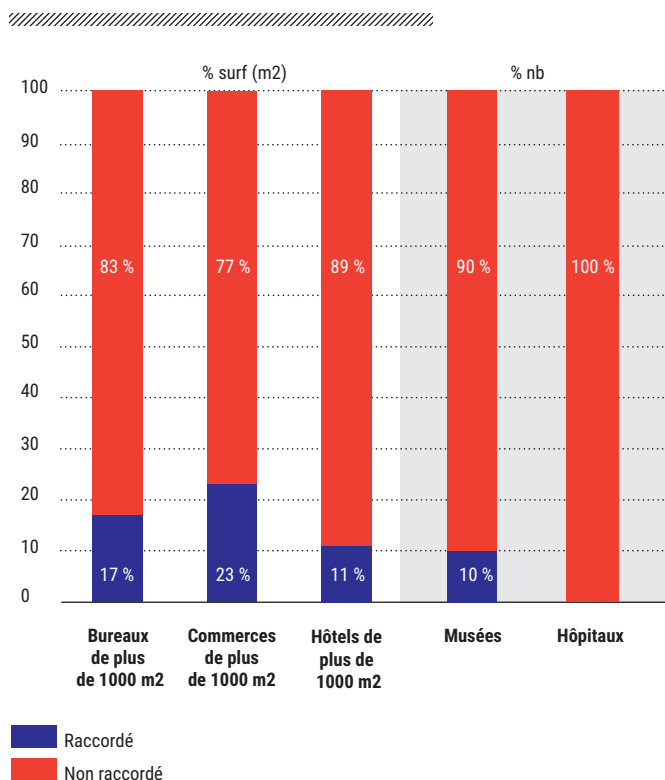
La connaissance des dispositifs techniques utilisés pour la production de froid est un sujet très peu documenté. Il n'existe pas de données permettant de dresser une cartographie des consommateurs de froid selon le type de système à la différence de la chaleur. Pour pallier ce manque de données, il est décidé de partir d'une approche typologique à partir de la notion de froid nécessaire défini par l'Ademe. Les bâtiments où les usages de froid sont considérés comme nécessaires ou indispensables sont identifiés comme des consommateurs de froid².

Cette approche présente certaines limites: elle n'englobe pas l'ensemble des consommateurs de froid et certains

consommateurs identifiés peuvent ne pas avoir recours à la climatisation.

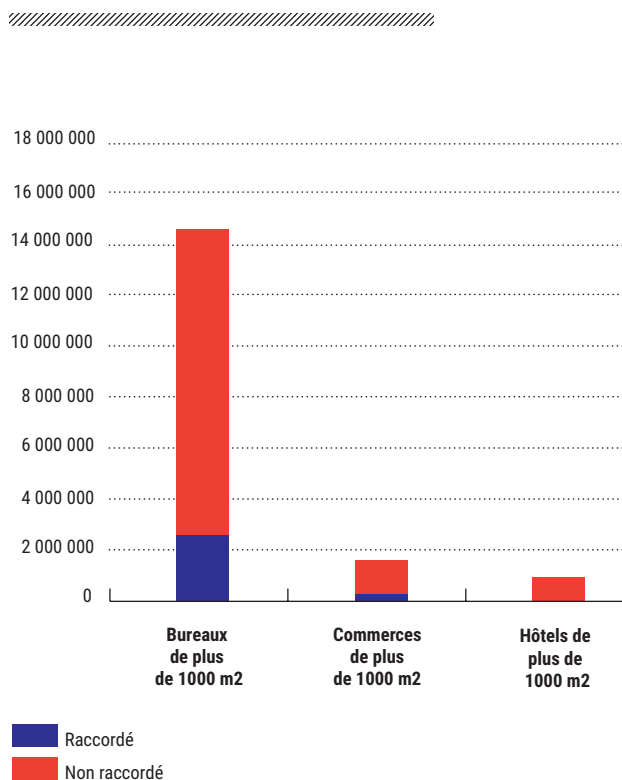
Sur la base de sa connaissance des tissus parisiens, l'Apur a localisé une grande partie des consommateurs de froid, à savoir: les bureaux de plus de 1 000 m², les surfaces commerciales de plus de 1 000 m², les hôtels de plus de 50 chambres, les musées et les hôpitaux. Sans considérer les musées et les hôpitaux, dont les surfaces sont difficiles à estimer, cela représente un total de 19 m de m² à l'échelle de Paris. **17 % de ce parc est raccordé au réseau de froid**, soit environ 3,3 m de m² desservis aujourd'hui. Les 83 % restants sont équipés de solutions de climatisation autonomes ou sont alimentés par des boucles locales.

TAUX DE RACCORDEMENT AU RÉSEAU DE FROID SELON LA NATURE DES CONSOMMATEURS



Sources : Climespace, HBS Research, BDCOM (Apur), Apur

RÉSEAU DE FROID ET SURFACE DES CONSOMMATEURS DE FROID



Sources : Climespace, HBS Research, BDCOM (Apur), Apur

Pour réduire l'impact environnemental de ces consommateurs de froid, il est nécessaire de définir une stratégie de remplacement des solutions autonomes peu performantes en tenant compte du contexte urbain (proximité ou non du réseau de froid, localisation dans une poche de forte densité de besoins de froid, etc.) et de la typologie des bâtiments (faisabilité technique, potentiel de rénovation).

Plusieurs solutions seront mises en œuvre en parallèle : réduction des besoins de froid, densification du réseau, nouveaux développements du réseau, création de boucles locales et promotion de solutions autonomes performantes.

L'Apur a localisé une grande partie des consommateurs de froid, à savoir : les bureaux de plus de 1 000 m², les surfaces commerciales de plus de 1 000 m², les hôtels de plus de 50 chambres, les musées et les hôpitaux.

2 – Définition, liste bâtiments considérés.

Un enjeu de densification du réseau de froid

Dans sa forme actuelle, le réseau Climespace est présent dans 11 des 20 arrondissements parisiens. Il est particulièrement bien implanté au sein des grandes concentrations tertiaires parisiennes que sont le quartier central des affaires, Paris Rive Gauche, Bercy-Gare de Lyon, etc. Près de 80 % des surfaces liées aux consommateurs de froids parisiens sont localisées dans ces 11 arrondissements (soit 15 m de m²). Cette réalité géographique fait ressortir la densification comme le principal enjeu de développement du réseau de froid parisien³.

Le raccordement de l'ensemble des consommateurs de froid situés à moins de 100 m du réseau représenterait au moins un doublement de la surface déjà alimentée par le réseau, avec :

- 5 m de m² de bureaux, commerces et hôtels de plus de 1 000 m² supplémentaires.
- des équipements publics ayant des besoins de froid comme les musées et les hôpitaux.
- voire aussi des consommateurs de plus petites tailles, d'une surface inférieure à 1 000 m² (commerces, bureaux, etc.).

Les besoins estimés en termes d'infrastructure pour assurer le raccordement des consommateurs de froid situés à moins de 100 m du réseau sont les suivants :

- Environ 50 km de réseau supplémentaires (estimation Apur voir carte ci-contre).
- La construction d'environ 18 nouvelles centrales de 15 MW. Une centrale de 15 MW permet de couvrir les besoins de froid de 280 000 m² de bureaux et nécessite une surface d'environ 1 000 m² qui peut s'étaler sur plusieurs étages sous

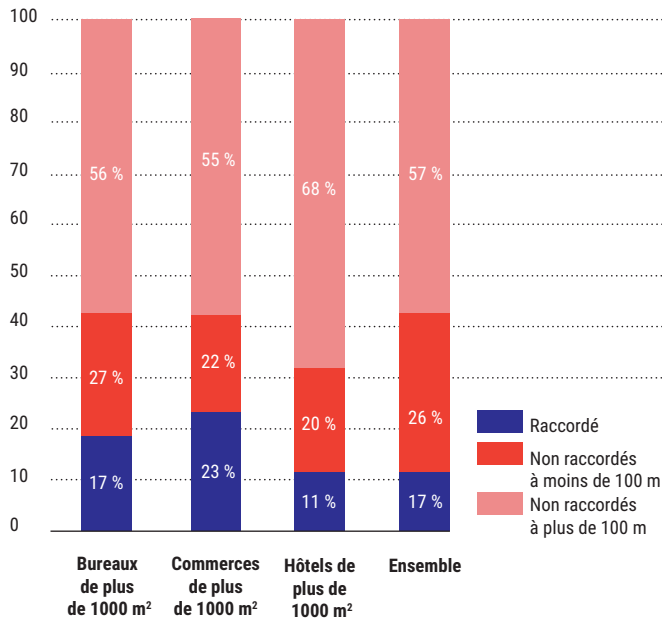
TABLEAU DE SYNTHÈSE DES CONSOMMATEURS DE FROID À L'ARRONDISSEMENT (2016)

	Surface des consommateurs de froid raccordés (total arr.)	Surface des consommateurs de froid non raccordés selon la distance au réseau (% total arr.)		Surface des consommateurs de froid à l'arr. (m ²)	Estimation du nb. de centrales de 15 MW nécessaires pour densifier à 100 m consommateurs de froid à l'arr. (m ²)	Nombre de musées raccordés	Nombre de musées non raccordés		Nombre d'hôpitaux non raccordés
		moins de 100 m	plus de 100 m				moins de 100 m	plus de 100 m	
1 ^{er}	40 %	46 %	14 %	1 033 523	2	5	2	2	0
2 ^e	34 %	51 %	15 %	1 092 158	2	0	2	1	0
3 ^e	0 %	0 %	100 %	259 216	0	0	0	0	0
4 ^e	3 %	12 %	85 %	339 623	0	0	0	8	2
5 ^e	0 %	0 %	100 %	133 637	0	0	0	8	4
6 ^e	0 %	0 %	100 %	293 510	0	0	0	12	1
7 ^e	20 %	27 %	53 %	866 781	1	1	5	14	1
8 ^e	28 %	54 %	18 %	3 135 063	6	1	2	8	0
9 ^e	35 %	51 %	14 %	1 951 445	4	1	3	3	0
10 ^e	0 %	0 %	100 %	524 481	0	0	0	2	3
11 ^e	0 %	0 %	100 %	486 273	0	0	0	3	1
12 ^e	6 %	26 %	68 %	1 446 951	1	0	0	1	5
13 ^e	29 %	18 %	54 %	1 232 412	1	0	0	0	6
14 ^e	0 %	0 %	100 %	674 129	0	0	0	0	8
15 ^e	4 %	11 %	85 %	1 951 183	1	0	0	6	6
16 ^e	17 %	15 %	68 %	1 093 732	1	3	5	11	3
17 ^e	0 %	0 %	100 %	952 848	0	0	0	2	1
18 ^e	0 %	0 %	100 %	418 936	0	0	0	3	3
19 ^e	7 %	0 %	93 %	873 391	0	1	0	1	2
20 ^e	0 %	0 %	100 %	257 582	0	0	0	1	4
Paris	17 %	26 %	57 %	19 016 874	18	12	19	86	50

Note de lecture : les consommateurs de froid dont il est fait référence ici correspondent aux bureaux et commerces de plus de 1 000 m² ainsi qu'aux hôtels de plus de 50 chambres. Les hypothèses considérées pour l'estimation du nombre de centrales sont détaillées plus bas.

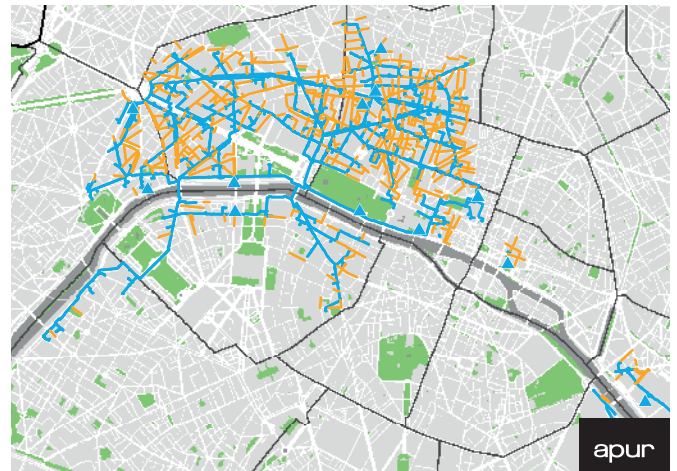
Sources : Climespace, HBS Research, BDCOM (Apur), Apur

RÉPARTITION DE LA SURFACE DES CONSOMMATEURS DE FROID SELON LEUR RACCORDEMENT OU NON ET LEUR DISTANCE AU RÉSEAU



Sources : Climespace, HBS Research, BDCOM (Apur), Apur

DENSIFICATION À 100 M DU RÉSEAU DE FROID EXISTANT



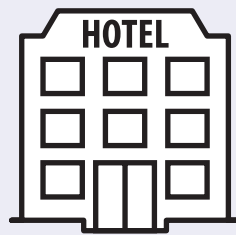
Note de lecture : un travail d'estimation du linéaire de réseau à créer pour densifier à 100 m a été réalisé. Ce travail permet d'avoir un ordre de grandeur mais n'est en aucun cas une proposition de nouveau tracé.

- Centrales & sites de stockages existants
- Réseau climespace existant
- Nouveau linéaire de réseau (densification à 100m)

Sources : Climespace, HBS Research, BDCOM (Apur), Apur

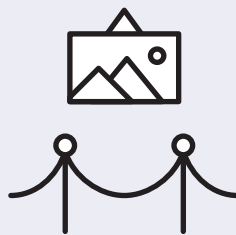
réserve d'avoir une hauteur libre de l'ordre de 4 m par endroits pour accueillir certains équipements (source Climespace). Un rapide exercice de répartition de ces sites de production par arrondissements a été réalisé à partir des surfaces des consommateurs de froid situés à moins de 100 m du réseau (cf. tableau). La question foncière peut représenter un frein à la densification du réseau. En considérant des niveaux de consommation par clients semblables à ceux observés aujourd'hui, le raccordement des consommateurs de froid situés à moins de 100 m du réseau équivaldrait à doubler la quantité de froid livrée pour la porter à environ 0,8-1 TWh. Cette densification nécessiterait environ 50 km de réseau supplémentaires et la construction de 18 centrales de 15 MW.

3 – Le taux de pénétration du réseau est très variable au sein de ces arrondissements. Le réseau est très développé dans le 1^{er}, 2^e, 7^e, 8^e, 9^e, 13^e et 16^e arrondissements. Il l'est moins dans le 4^e, 12^e, 15^e et 19^e. L'implantation physique du réseau au sein de ces arrondissements varie fortement.



potentiel de 1 350

parcelles de bureaux, commerces et hôtels de plus de 1 000 m²



19

musées non raccordés



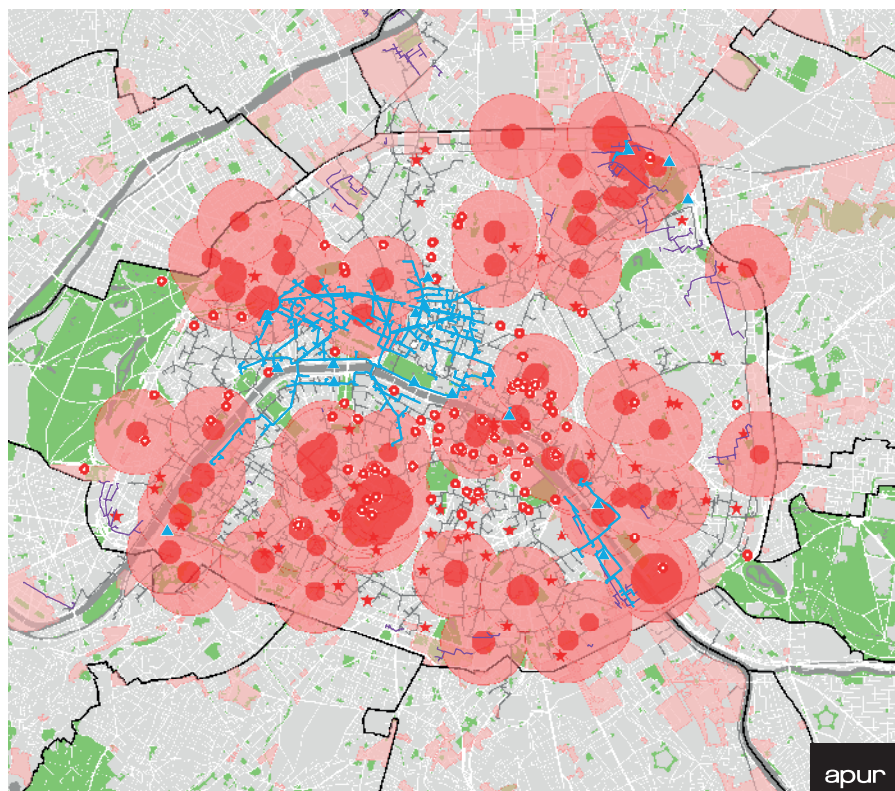
18

centrales de 15 MW à construire

Les chiffres clés du potentiel de densification à 100 m du réseau existant :

- 5 m de m² de bureaux, commerces et hôtels de plus de 1 000 m² non raccordés. Soit 400 à 500 GWh.
- Soit un potentiel de 1 350 parcelles de bureaux, commerces et hôtels de plus de 1 000 m²
- 19 musées non raccordés
- Environ 50 km de réseau supplémentaires à tirer
- 18 centrales de 15 MW à construire

Hiérarchiser les opportunités de développement du réseau et de boucles locales



GROS CONSOMMATEURS DE FROID PARISIENS DE PLUS DE 20 000 M², MUSÉES ET HÔPITAUX SITUÉS À PLUS DE 100 M DU RÉSEAU DE FROID

Bureaux, commerces et hôtels de plus de 20 000m² à plus de 100m du réseau

- 20 000 m²
- ★ Hôpitaux à plus de 100m du réseau
- Musées à plus de 100m du réseau
- Potentiels secteurs de développement (extension et création)
- Secteurs de projets
- ▲ Centrales & sites de stockages
- Réseau climespace
- Réseau vapeur de la CPCU
- Boucles d'eau chaude de la CPCU

Sources : Climespace, CPCU, HBS Research, BDCOM (Apur), Apur

En dehors de la densification de l'existant, des développements complémentaires pourront se faire autour de gros consommateurs de froid. Ces développements pourront être de deux natures : des extensions du réseau existant, la création de nouvelles boucles locales au sein des secteurs les plus éloignés du réseau existant représentant de gros potentiels de consommation de froid. La présence de gros consommateurs permet de sécuriser ces nouveaux développements.

Afin de hiérarchiser les secteurs avec de fortes densités de besoins de froid selon leur potentiel, l'Apur propose la méthodologie suivante :

- 1. Partir des gros consommateurs comme têtes de pont de ces nouveaux

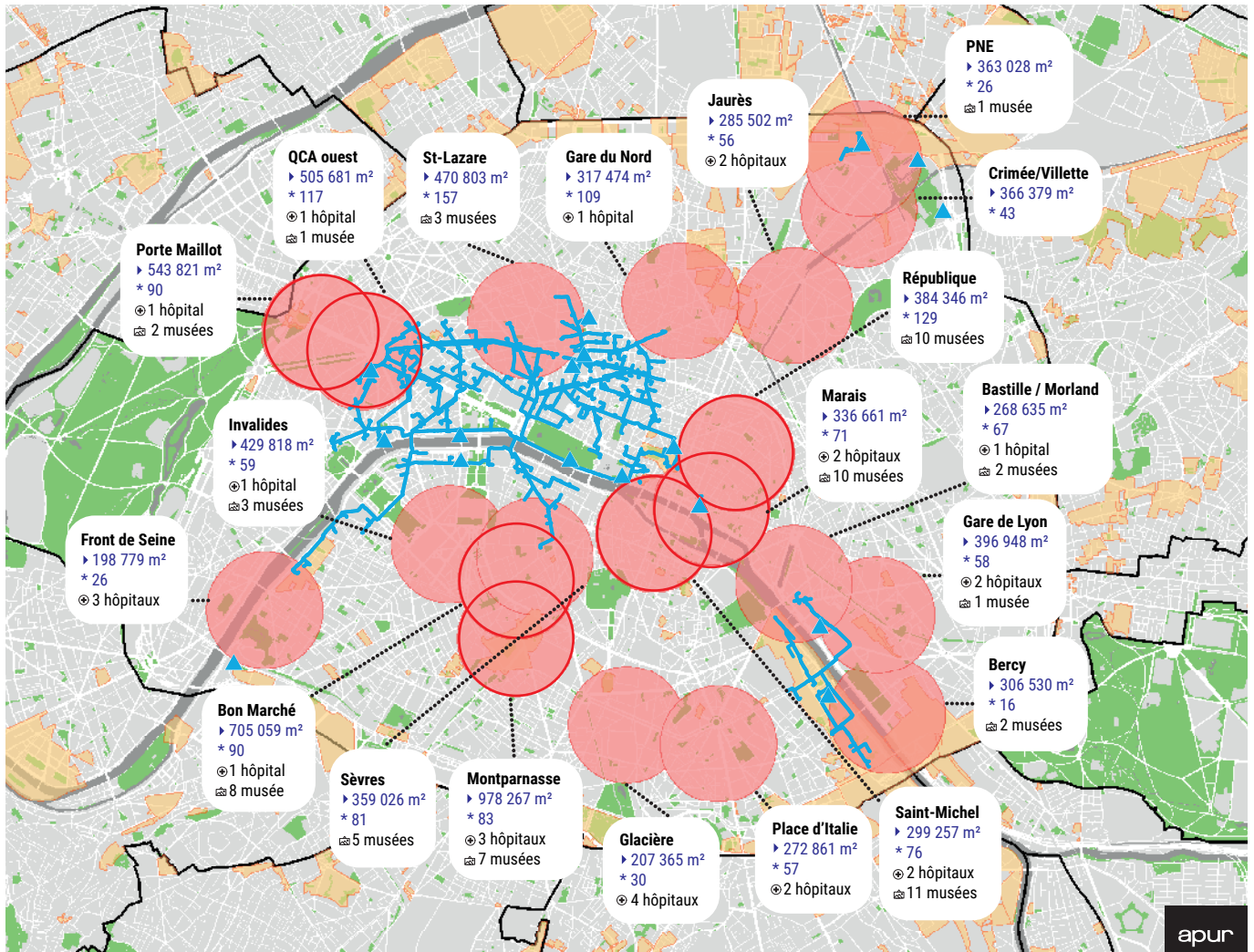
développements. Il est décidé d'isoler les consommateurs d'une surface supérieure à 20 000 m², non raccordés et situés à plus de 100 m du réseau existant.

- 2. Définir une « zone » de développement de 750 m de rayon autour des gros consommateurs précédemment sélectionnés.
- 3. Classer ces « zones » selon leur potentiel à partir de la densité des besoins de froid identifiés : surface et nombre de bureaux, commerces et hôtels de plus de 1 000 m² situés à plus de 100 m du réseau, nombre d'hôpitaux et de musées situés à plus de 100 m du réseau.

La carte ci-après présente les 20 secteurs présélectionnés et leurs caracté-

ristiques. Plusieurs pistes peuvent être envisagées pour aller plus loin dans la hiérarchisation de ces secteurs :

- S'appuyer sur la densité énergétique des nouveaux réseaux (quantité de froid à véhiculer en fonction du linéaire de réseau nécessaire – MWh/ml).
- Nuancer les potentiels selon la typologie des bâtiments. Les bâtiments anciens du Marais se prêtent-ils à un développement de systèmes de climatisation en considérant l'importante inertie de leurs murs ?
- Réfléchir à des opportunités de synergie chaud/froid avec des boucles locales ou avec les boucles d'eau chaude du réseau de chaleur opéré par la CPCU.
- Identifier du foncier mobilisable pour l'implantation des sites de production.



Note de lecture : certains secteurs s'entrecroisent, certaines surfaces sont donc comptabilisées plusieurs fois.

EXTENSION ET CRÉATION : LOCALISATION DE 20 SECTEURS À FORT POTENTIEL

Nom du secteur

▶ surface des consommateurs de froid à plus de 100m du réseau existant

* nombre de consommateurs de froid à plus de 100m du réseau existant

⊕ nombre d'hôpitaux à plus de 100m du réseau existant

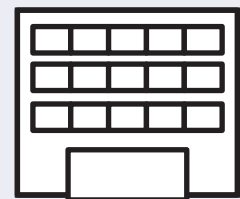
🏛️ nombre de musées à plus de 100m du réseau existant

○ Meilleurs classements

Sources : Climespace, HBS Research, BDCOM (Apur), Apur

Les chiffres clés au sein des 20 secteurs présélectionnés – potentiel d'extension et de création de boucles locales :

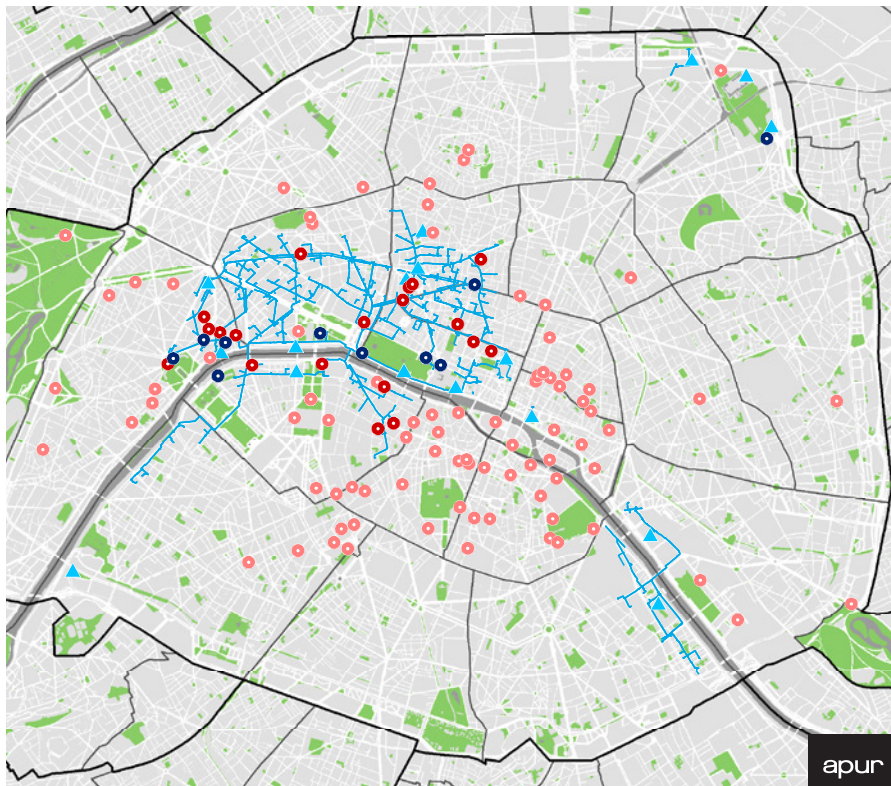
- 6 164 436 m² de bureaux, commerces et hôtels de plus de 1 000 m² situés à plus de 100 m du réseau existant (sans double comptes). Soit 500-600 GWh.
- Soit un potentiel de 1161 parcelles de bureaux, commerces et hôtels de plus de 1 000 m² situés à plus de 100 m du réseau existant
- 22 hôpitaux situés à plus de 100 m du réseau existant
- 47 musées situés à plus de 100 m du réseau existant



6 M de m²

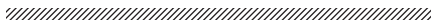
de bureaux, commerces et hôtels de plus de 1 000 m² situés à plus de 100 m du réseau existant (dans les 20 secteurs présélectionnés)

Parcours fraîcheur : des équipements à rafraîchir



Dans le cadre de sa Stratégie d'Adaptation face au changement climatique (2015) et du nouveau Plan Climat de Paris (2018), la Ville de Paris avec l'Agence Parisienne du Climat, l'EIVP et l'APUR a identifié des îlots et parcours de fraîcheur à Paris. Pour porter ces lieux à la connaissance de tous, une carte interactive (<https://capgeo.sig.paris.fr/Apps/IlotsFraicheurUrbaine/>) et une application mobile du nom de EXTREMA Paris ont été lancées. Les établissements ouverts au public naturellement frais ou rafraîchis comme les musées, les bibliothèques, les galeries commerciales ou encore les églises ont été identifiés comme des îlots de fraîcheur. À ce titre, un travail d'identification des établissements ouverts au public à rafraîchir en priorité pourrait être mené en croisant leur localisation avec les « zones blanches » de la cartographie des parcours fraîcheur.

FAIRE DU RACCORDEMENT DES MUSÉES UN AXE PRIORITAIRE DE DÉVELOPPEMENT DU RÉSEAU DE FROID



- Musées raccordés au réseau
- Musées non raccordés situés à moins de 100m du réseau
- Musées non raccordés situés à plus de 100m du réseau
- ▲ Centrales & sites de stockages
- Réseau climespace

Sources : Climespace, Apur

Directrice de la publication :

Dominique ALBA

Note réalisée par : **Olivier RICHARD,**

Gabriel SENEGAS

Sous la direction de : **Olivier RICHARD**

Cartographie et traitement statistique :

Gabriel SENEGAS

Photos et illustrations :

Apur sauf mention contraire

Mise en page : **Apur**

www.apur.org

L'Apur, Atelier parisien d'urbanisme, est une association loi 1901 qui réunit autour de ses membres fondateurs, la Ville de Paris et l'État, les acteurs de la Métropole du Grand Paris. Ses partenaires sont :

