

Le réseau de chaleur et de froid 5e génération de Paris-Saclay

par D2Grids Project / 2022-06-09 00:00:00 / France / 2706 / EN



Année de livraison : 2019

Impact CO2 : *

Energies Vertes : Production Energétique, Distribution Energétique, Stockage Energétique, Solaire photovoltaïque, Geothermique, Récupération d'énergies fatales, Efficacité énergétique, Electricité, Froid, Chaleur

Services Numériques : Données et réseaux, Data centers, Smart metering, Smart grid, Domotique

Economie Circulaire & Déchets : Economie Circulaire, Production, Valorisation, Optimisation des ressources, Economie de ressources



50 000 000 €

Constructeur

IDEX, EGIS

Gestionnaire / Concessionnaire

Etablissement Public d'Aménagement Paris-Saclay

INFOS GÉNÉRALES

L'EPA Paris-Saclay, l'autorité publique chargée de l'aménagement du territoire de l'agglomération de Paris-Saclay, est responsable du développement d'un pôle technologique et d'innovation de classe mondiale. A ce titre, **le réseau urbain de chaleur et de froid de Paris Saclay**, qui est l'un des réseaux de chauffage et de refroidissement urbain les plus innovants d'Europe, est la pierre angulaire de cette stratégie énergétique, en même temps qu'il sert de démonstrateur pour le projet européen D2Grids.

En chiffres

- 12 km de réseau en place
- 646 000 m2 de logements raccordés
- Objectif de 50% de taux d'énergie renouvelable et de récupération, permettant la production d'une chaleur majoritairement décarbonée.
- 24 / 24h Le réseau est piloté de manière automatique, 24 h sur 24, 365 jours par an.
- 1ère fois qu'un échange de chaleur et de froid d'envergure urbaine est bâti en France sur une boucle tempérée.
- 1 des 5 démonstrateurs européens des réseaux de 5e génération (5GDHC) dans le cadre du projet Interreg NWE D2Grids.
- Objectif de 25km de réseau cheminant en toute discrétion sous les voies publiques.
- Objectif : 2 000 000 m2 raccordés soit plus de 50 MW de puissance chaud et froid cumulée.

Le contexte du projet

L'aménagement du campus urbain Paris-Saclay est l'opportunité de mettre en œuvre la nouvelle gouvernance préconisée par la loi sur la transition énergétique pour la croissance verte tout en répondant aux objectifs fixés par la COP21. Cette ambition se traduit localement par l'adoption d'un modèle sobre en énergie et faiblement carboné qui implique de travailler conjointement sur la performance des constructions neuves, la rénovation du parc existant et la production in situ d'énergies renouvelables. La création du réseau d'échange de chaleur et de froid de Paris-Saclay s'inscrit dans cette dynamique. Ce dernier repose à la fois sur l'utilisation de la géothermie, source de chaleur locale et propre, ainsi que sur la récupération de chaleur issue du refroidissement de bâtiments ayant des besoins de froid spécifiques.

Un site pilote européen des réseaux de 5e génération

Le réseau d'échange de chaleur et de froid de Paris-Saclay est un démonstrateur des réseaux énergétiques de 5^e génération (5GDHC) dans le cadre du projet européen Interreg NWE D2Grids.

D'une durée de 3 ans (2018-2022), il vise à accélérer le déploiement du chauffage et du refroidissement urbains de 5ème génération.

Un réseau de chaleur et de froid urbain de 5ème génération (5GDHC) est basé sur l'échange d'énergie thermique entre des bâtiments ayant des besoins différents. Le réseau principal achemine un flux à basse température vers des sous-stations actives et distribuées qui élèvent la température au niveau requis. Le stockage thermique distribué amortit la fluctuation de l'offre et de la demande de chaleur et de froid. Cette architecture maximise la part des sources d'énergie renouvelables et des résidus de faible qualité.

Par ce procédé, l'EPA Paris-Saclay a équipé plusieurs résidences étudiantes de systèmes de gestion avancée de la demande énergétique, permettant de lisser les pics de consommation de chaleur sur le réseau et d'augmenter la part d'énergies renouvelables.

Voir la section "Solutions durables" à la fin de cette étude de cas pour en savoir plus sur les réseaux 5GDHC

Renforcer les synergies entre usages électriques et le chaud et le froid

En réponse au 2ème appel à capitalisation Interreg NWE, le bailleur social Seqens a rejoint le nouveau consortium du projet D2GRIDS dédié à une meilleure intégration des usages électriques et des capacités locales de production d'énergie renouvelable.

Seqens porte un projet innovant d'électricité photovoltaïque en autoconsommation collective couplée au réseau de chaleur de 5ème génération;

Les ambitions sont les suivantes :

- Améliorer son parc de logements neufs grâce à des bâtiments plus performants
- Produire et consommer des énergies renouvelables grâce aux panneaux photovoltaïques et le réseau de chaleur et de froid de 5ème génération
- Générer des économies d'énergie pour ses locataires par l'utilisation d'une partie de l'électricité produite dans les parties communes des logements et en revendant l'autre partie à l'exploitant du Réseau de chaleurs de 5ème génération de l'EPAPS.

Les résultats des études de faisabilités produites avec Greenflex et LLC Avocats présentent une production de 59 000 kWh / an d'électricité verte (soit l'équivalent de la consommation de 12 ménages) répartie de la façon suivante :

- Environ 30% pour les parties communes des logements sociaux,
- Environ 70% directement vendue à l'exploitant du réseau de chaleur et de froid de 5ème génération de l'EPAPS

Ce modèle économique, équilibré sur la durée d'exploitation, permet de générer des revenus afin d'assurer la pérennité du système ainsi que sa répliquabilité.

La confirmation de ces résultats sera permise à la mise en service des installations photovoltaïques une fois les bâtiments livrés en 2024.

[Voir l'étude de cas technique sur le réseau de chaleur et de froid de Paris-Saclay réalisée par l'étude externe de la commission européenne \(page 44 à 64\) !](#)

Etat d'avancement

Livré

Fiabilité des Données

Auto-déclaration

Type de Financement

Public

Entreprise/Infrastructure

<https://epa-paris-saclay.fr/nos-missions/amenager-durablement/le-reseau-dechange-de-chaaleur-et-de-froid-de-paris-saclay-un-modele-innovant-au-service-de-la-transition-energetique/>

<https://5gdhc.eu/project-cases/paris-saclay/>

<https://www.construction21.org/france/data/sources/users/18704/20220823090909-jrc12377120210211studyonsustainablehocrtiliavf4.pdf>

Developpement Durable

Attractivité :

Un démonstrateur thermique innovant pour contrôler la température depuis son téléphone

Le premier démonstrateur de gestion avancée de la demande thermique a été déployé dans sa phase pilote sur le réseau de chaleur et de froid de 5ème génération de l'EPA Paris-Saclay. L'objectif de ce démonstrateur est d'apporter une flexibilité thermique au réseau et ce, dans l'optique de réduire encore davantage les consommations énergétiques et les émissions de CO2.

En quoi consiste ce démonstrateur ?

Cette première expérimentation vise à équiper un certain nombre de **logements étudiants** du campus urbain de Paris Saclay de vannes thermostatiques connectées sans fil, sur le quartier du Moulon. Ces vannes thermostatiques seront couplées à des répéteurs qui seront chargés de communiquer les données recueillies à un contrôleur principal développé par VITO/EnergyVille. Ce **contrôleur STORM** permet ainsi le pilotage à distance de la température du réseau. Cela devra permettre une gestion plus fine des besoins en chauffage, pour deux raisons :

- les usagers pourront contrôler à distance la température de consigne de leur logement via une application dédiée
- Il sera possible obtenir à distance les informations de consommation et de réduire les pics de consommation en ajustant la température des logements lorsque nécessaire, sans pour autant en diminuer le confort.

Combien de logements sont concernés ?

Au total, **180 radiateurs** équiperont les logements de 69 étudiants de l'école CentraleSupélec qui se sont portés volontaires à la rentrée 2021.

Qui sont les intervenants sur ce projet ?

Le groupement **Aretic-Technologis** est en charge de la fourniture et de l'installation des divers éléments de domotique. **Naldeo Technologies & Industries**, en tant qu'Assistant à Maitrise d'Ouvrage de l'EPA Paris-Saclay assure le lien entre l'EPA et les différentes parties prenantes dont le **CESAL**, en charge de la gestion des résidences. Diverses **associations étudiantes** sont aussi impliquées dans le projet, dont Viarezo, l'association étudiante en charge des réseaux et des systèmes informatiques dans les résidences ou encore Impact, l'association de sensibilisation des étudiants de CentraleSupélec aux enjeux écologiques.

Résilience :

Un partenariat avec le réseau d'alimentation en eau potable

L'EPA a un partenariat avec le SEDIF sur ses forages, dans le cadre d'une alimentation en eau potable de dernier recours : c'est-à-dire qu'en cas d'urgence (plus d'eau potable disponible par des moyens conventionnels par exemple), l'eau géothermique (qui est une eau potable) extraite via les puits du réseau est mise à disposition du SEDIF pour l'alimentation de la population.

Le fonctionnement du réseau sur la production de froid contribue à diminuer l'effet d'îlot de chaleur urbain

En effet, le fait d'avoir une production de froid centralisée évite de rejeter dans l'air extérieur la chaleur évacuée des immeubles climatisés (et donc d'augmenter de manière locale la température extérieure), comme ça serait le cas si chaque bâtiment était équipée d'une climatisation indépendante.

Utilisation responsable des ressources :

La géothermie, une énergie propre et locale

Conçu autour de la plus grande boucle tempérée de France, le réseau d'échange de chaleur et de froid de Paris-Saclay est alimenté par la nappe souterraine de l'Albien, qui est à une température constante et inépuisable de 30°C. Pour valoriser cette énergie présente sur le territoire, des forages ont été réalisés à 700 mètres de profondeur sur chacune des ZAC du quartier de l'École Polytechnique et de Moulon, en partenariat avec le Syndicat des Eaux d'Île-de-France. Ces puits géothermiques permettent de pomper l'eau à 30°C puis, après en avoir prélevé les calories, à la réinjecter dans l'Albien.

Une gestion intelligente de l'énergie

Le fonctionnement

L'EPA Paris-Saclay a fixé comme objectif l'utilisation sur le campus urbain d'une énergie locale, à plus de 50% renouvelable, quatre fois moins émettrice de CO2 qu'une solution traditionnelle et décarbonée. En tant qu'infrastructure urbaine d'échanges d'énergie, le réseau de Paris-Saclay permet ainsi aux bâtiments qui y sont raccordés de devenir tour à tour producteurs ou consommateurs de chaleur et de froid. Le choix de cette solution a été validé en amont par des études techniques pilotées par l'EPA Paris-Saclay. Il a ensuite été confirmé par le Secrétariat général à l'investissement qui, en février 2015, a reconnu la pertinence environnementale et économique de cet équipement au regard d'infrastructures autonomes non coordonnées ou de réseaux classiques.

Un système de gestion mutualisée de l'énergie

Afin d'optimiser la distribution d'énergie en fonction des besoins et usages de chaque bâtiment, le réseau de chaleur et de froid de Paris-Saclay s'appuie sur une infrastructure numérique capable de collecter et de traiter plus de 5 000 données en temps réel. Situé au niveau d'un poste d'hypervision centralisé, ce système

de gestion intelligent permet d'adapter la production au plus près des besoins des bâtiments.

La valorisation de multiples sources d'énergies locales

Pour accompagner le développement des ZAC, l'EPA Paris-Saclay prévoit de multiplier et de diversifier les sources d'énergie locales et renouvelables dans son réseau d'échange de chaleur et de froid.

- Dès 2023, la boucle tempérée récupèrera la chaleur du supercalculateur Jean Zay.
- D'autres projets de récupération de chaleur sont à l'étude, notamment la chaleur du Synchrotron Soleil, un accélérateur de particules situé à Paris-Saclay qui produit le rayonnement synchrotron, une lumière extrêmement brillante qui permet d'explorer la matière inerte ou vivante ;
- Une partie de l'approvisionnement électrique du réseau de chaleur et de froid de Paris-Saclay sera également assurée par autoconsommation, d'électricité photovoltaïque produite sur les toitures du campus urbain.

Témoignages / Retour d'expérience

Entretien avec Nicolas Eyraud, Directeur de projet "réseau de chaleur et de froid" à la direction de la stratégie de l'innovation, EPA Paris-Saclay, Juin 2020

En quoi ce réseau de chaleur et de froid se distingue-t-il ?

NE-Le réseau de chaleur et de froid du Campus urbain participe au réseau multi-énergies intelligent Smart Energy Paris-Saclay. À cette échelle, il s'agit d'une première mondiale qui se fera en lien avec des industriels mais également par des partenariats de recherche avec les institutions présentes sur le territoire.

En quoi est-il innovant ?

NE-Le fait que ce réseau raccorde entre eux des bâtiments eux-mêmes extrêmement performants et qu'il ouvre des perspectives de gestion vertueuse de l'énergie et de coopération scientifique en font un des principaux démonstrateurs technologiques en France.

Depuis quand la nappe de l'Albien est-elle une ressource énergétique ?

NE-Cette nappe a été utilisée à plusieurs reprises, notamment par un forage à Orsay creusé il y a un siècle, et beaucoup plus récemment pour alimenter des réseaux de chaleur à Issy-les-Moulineaux et sur la ZAC Clichy-Batignolles par exemple. La surface souterraine exploitable de cette nappe occupe une bonne part de la moitié ouest de l'Île-de-France.

(...)

[Lire la suite](#)

Gouvernance

Etablissement Public d'Aménagement Paris-Saclay

Type : Société publique locale d'aménagement (SPLA)

IDEX, EGIS

Type : Gestionnaire de ressources

Etablissement Public d'Aménagement Paris-Saclay

Type : Public

Pour la mise en œuvre de ce réseau de chaleur et de froid, l'EPA Paris-Saclay a signé en 2015 un contrat de CREM (Conception Réalisation Exploitation Maintenance) avec le groupe IDEX et, en sous-traitance, un groupement d'entreprises composé d'IDEX Énergies et d'EGIS. D'une durée de sept ans, ce contrat permet d'ajuster les aspects techniques et financiers en coordination avec les établissements scientifiques et entreprises qui s'y raccorderont. Cette interaction en amont est indispensable pour la conception des bâtiments et des quartiers, et pour atteindre les performances environnementales et économiques optimales. Lors de la phase de conception et de réalisation du réseau, l'État et les collectivités ont, à travers l'EPA Paris-Saclay, la maîtrise intégrale du projet (périmètres, solutions techniques, coût de raccordement et prix de l'énergie). L'EPA Paris-Saclay est le garant de la défense des intérêts communs assurant la performance et la faisabilité du réseau d'une part et les intérêts des utilisateurs d'autre part.

Modèle économique :

La solution technique proposée par IDEX a répondu de façon performante au cahier des charges de la consultation, en apportant une innovation significative, tout en rentrant dans l'enveloppe financière provisionnée par l'EPA Paris-Saclay : lors des pointes de demande de chaud, en hiver, la boucle d'eau tempérée monte en température, ce qui permet de centraliser l'appoint gaz dans une unique chaufferie par quartier et conduit à des économies pour le réseau de chaleur et pour les abonnés.

Les investissements totaux du réseau de chaleur sont estimés à un budget total de 56 millions € :

- 10 millions par l'ADEME
- 1,5 millions par D2Grids sur les 2,5 millions des démonstrateurs
- Le reste étant financé par l'EPA finance le reste, en se rémunérant sur les coûts appliqués aux abonnés (sur environ 20ans) : la moitié en frais de raccordement payé par chaque constructeur qui raccorde son/ ses bâtiments au réseau et l'autre moitié en part des abonnements payés par les consommateurs.

Solution(s) Durables

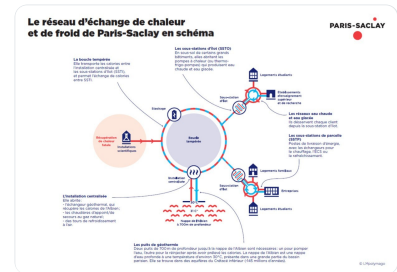
La technologie 5GDHC :

Description :

Les 5 principes de la 5GDHC

Les réseaux 5GDHC sont des réseaux énergétiques intelligents s'appuyant sur une boucle locale basse température et des productions décentralisées à partir d'énergies locales renouvelables. Cette boucle permet l'échange d'énergies entre les bâtiments grâce à des pompes à chaleur situées chez les utilisateurs.

Afin de garantir un réseau énergétique flexible et résilient pour répondre aux besoins actuels et futurs, un système de chauffage et de refroidissement de 5ème génération (5GDHC) est établi sur les cinq principes suivants :



Une boucle énergétique fermée



Le premier principe de la 5GDHC est d'éviter le gaspillage d'énergie dans le système. Un réseau de 5e génération se distingue en effet des autres réseaux de chaleur et de froid par sa capacité à échanger de l'énergie avec d'autres consommateurs/clients connectés : c'est un réseau thermique circulaire. Le réseau est conçu comme une boucle fermée réutilisant l'énergie autant que possible : les bâtiments chauffés fournissent du froid au système, tandis que les bâtiments refroidis transmettent leur chaleur excédentaire au réseau.

Le facteur clé de l'approche 5GDHC est la réutilisation optimale des flux de retour à différentes échelles spatiales et temporelles. Le stockage d'énergie est utilisé pour gérer le déséquilibre temporel entre l'offre et la demande au sein du système, sur une base quotidienne, mais aussi saisonnière.

Par exemple, nous retrouvons souvent des pompes à chaleur dans des bâtiments écologiques pour générer les températures demandées. Ces pompes à chaleur utilisent l'air extérieur, les eaux de surface ou le sol. D'une part, cela nécessite des investissements dans des installations de source qui ont également besoin d'espace, ce qui pourrait être un obstacle. D'autre part, une partie de l'énergie produite est perdue dans le milieu environnant. Dans le cadre de la 5GDHC, l'arrière de ces pompes à chaleur est connecté au réseau et de ce fait, le flux de retour de l'énergie est conservé dans le circuit.

Ce premier principe de 5GDHC est mis en œuvre dans le cadre d'une approche graduée, en échangeant d'abord de l'énergie au sein d'un bâtiment ou d'un îlot, puis au niveau du quartier, et enfin au niveau de la ville. Une optimisation supplémentaire du réseau serait également possible grâce à un aménagement territorial optimisé.

Valoriser l'énergie basse température



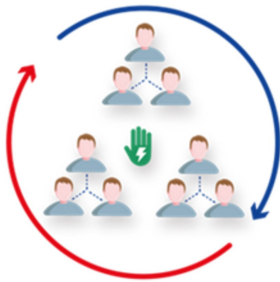
Les sources d'énergie peuvent être classées en fonction de leurs possibilités d'application. Un des fondements de la 5GDHC est l'observation des niveaux de demandes en chaleur et en froid, pour n'apporter dans le réseau que la quantité d'énergie nécessaire. Un système 5GDHC n'a pas besoin de beaucoup de sources haute température pour répondre à la plupart de ses besoins de chauffage et de refroidissement. Cela signifie que les flux disponibles d'énergie basse température (comme la géothermie peu profonde, les rejets industriels, la valorisation des déchets, l'énergie fatale des processus de refroidissement, les eaux usées, etc.) sont priorités lorsqu'il faut apporter au système tout chauffage ou refroidissement supplémentaire non satisfait par l'échange.

Afin d'optimiser la 5GDHC, un classement par priorisation concernant les types d'énergie d'entrée à utiliser a été créé. En priorité c'est l'énergie thermique échangée entre les utilisateurs qui va être utilisée. Ensuite, les sources thermiques à température ambiante ainsi que celles renouvelables dont les températures sont supérieures à la température "chaude" typique du réseau. La dernière source d'énergie dans le classement provient ainsi des combustibles fossiles.

Le deuxième principe du chauffage urbain de 5e génération consiste donc à faire correspondre les sources basse température disponibles avec la demande. Les besoins en énergie haute température sont alors réduits, et peuvent alors être couverts à 100 % par des énergies renouvelables telles que la géothermie

profonde, les éoliennes, le solaire, l'hydroélectricité et la biomasse.

Un approvisionnement énergétique décentralisé et piloté par la demande

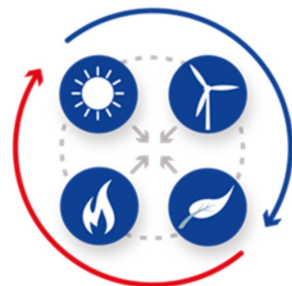


Les systèmes énergétiques traditionnels sont centralisés et font circuler une grande quantité d'énergie qui n'est finalement jamais utilisée.

A l'inverse, les systèmes 5GDHC sont "axés sur la demande", ce qui signifie qu'ils ne commencent à produire et à faire circuler de l'énergie que lorsqu'il y a une demande sur le réseau. L'énergie est ainsi économisée : elle n'est produite qu'au moment et à l'endroit où elle est nécessaire. Le système peut fournir simultanément des services de chauffage et de refroidissement à différentes températures, et à différents clients en s'adaptant à la demande.

En pratique, la 5GDHC permet de passer d'un système énergétique très centralisé à un réseau décentralisé et intelligent, constitué de petites d'installations proches de l'utilisateur final.

Une approche intégrée des flux d'énergie



De nombreux systèmes énergétiques contiennent des incitations silotées : ils n'optimisent pas les besoins entre systèmes et secteurs. Par exemple, un propriétaire d'immeuble alimenté par de l'électricité induisant de fortes pointes sur le réseau électrique, pourrait vouloir se réchauffer le matin après un réveil de nuit. L'utilisation de la masse thermique et de stockage thermique peut nécessiter des investissements supplémentaires pour le bâtiment mais permettre de réaliser des économies importantes sur le réseau électrique. L'objectif de la 5GDHC est de maximiser l'efficacité de la fourniture énergétique et de son utilisation. Ceci est rendu possible grâce à une approche intégrée de tous les autres flux d'énergie sur un territoire donné (réseaux électriques, les transports, l'industrie, l'agriculture, etc.)

En effet, des pertes énormes dans certains secteurs peuvent être déployées pour en servir d'autres. Les grandes centrales électriques qui gaspillent de grandes quantités d'énergie de refroidissement à température ambiante pourraient couvrir la demande en chauffage d'autres bâtiments. Les véhicules du secteur des transports ont également un faible rendement, perdant beaucoup de chaleur, et les nouvelles technologies, comme la conversion de l'hydrogène, ont des pertes thermiques élevées. L'intégration de ces différents secteurs peut permettre de réaliser d'importantes économies sur le bilan énergétique total.

En plus de permettre des économies d'énergie, l'intégration d'un réseau 5GDHC à un réseau électrique contribuera à l'équilibrer et à accroître sa flexibilité. Cela permettra de créer des infrastructures énergétiques plus petites et plus efficaces, nécessitant moins de matériel et d'énergie de fonctionnement. Le système, grâce à des capacités de pointe plus faibles, nécessitera également des investissements globaux moins importants dans les infrastructures (canalisations, pompes, pompes à chaleur, etc.) et réduira la capacité demandée par le réseau électrique.

Priorité aux sources locales et durables

Ce dernier principe des réseaux de chaleur et de froid urbain est une question de bon sens : privilégier ce qui peut être fourni localement plutôt que des sources thermiques lointaines.

Cette priorité au local revêt tout d'abord un avantage environnemental, de sobriété énergétique : privilégier les sources locales permet en effet de limiter les pertes énergétiques liées au transport. Mais cela constitue aussi un avantage économique important, en favorisant les investissements dans la production énergétique local, au profit du territoire dans lequel est implanté le réseau.

- EnR
- SmartGrids

Crédits photo

© Carlos Ayesta, EPA Paris-Saclay

Concours

 PDF



Date Export : 20230308080441