



DOSSIER

ÉNERGIES RENOUVELABLES

ACCÉLÉRER LA CADENCE



DOSSIER ÉNERGIES RENOUVELABLES

FOCUS SUR LA BETEG

L'Association française des professionnels de la géothermie (AFPG) a publié en août 2019 un guide technique ayant pour vocation de présenter la technologie d'une boucle d'eau tempérée à énergie géothermique (Beteg) et d'expliquer l'élaboration du montage d'une opération. Focus sur cette technologie.

Par L'Association française des professionnels de la géothermie

1. LA BETEG

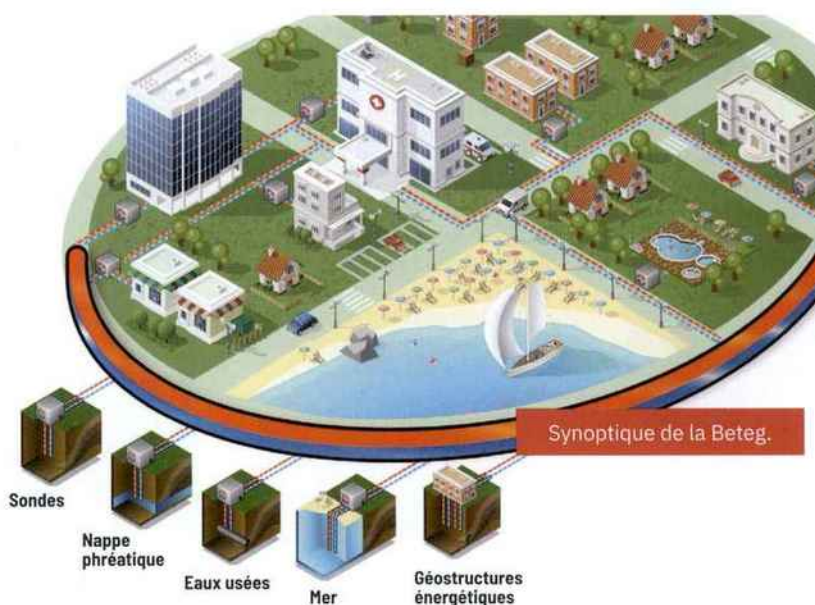
La boucle d'eau tempérée à énergie géothermique dite «Beteg» est assimilée à un réseau de chaleur.

Elle est constituée :

- D'un dispositif de captage (ressource géothermique) ;
- D'un dispositif de mutualisation (boucle d'eau tempérée) ;
- D'un dispositif de production (thermopompes ou Pac géothermiques eau/eau) ;
- D'un dispositif de régulation.

L'ensemble de ces 4 dispositifs représente le système énergétique constituant la boucle d'eau tempérée à énergie géothermique.

La Beteg est un dispositif basé sur une distribution de l'énergie thermique via le principe d'un réseau d'eau tempérée unique.



Il s'agit d'une technologie émergente qui s'est développée ces dernières années en France au regard de l'atteinte des objectifs fixés par la loi de transition énergétique. Elle constitue un réseau d'énergie thermique exploitant les ressources de la géothermie de surface. Elle permet aussi la valorisation des autres sources d'énergie renouvelable (solaire thermique...) ainsi que les sources d'énergie de récupération (EnR&R).

Elle se compose d'un réseau d'eau tempérée alimenté par une ou plusieurs ressources géothermiques couplées à des productions décentralisées. Elle repose sur une distribution à basse pression d'une eau à très basse température (généralement inférieure à 30 °C) ce qui caractérise la notion d'eau tempérée distribuée dans le réseau. Ce réseau d'eau à très basse température alimente des sous-stations équipées de thermopompes eau/eau (Pac géothermiques). Ces équipements de production décentralisée (Pac géothermiques) permettent une production de chaud, pour le chauffage et/ou l'eau chaude sanitaire (ECS), et de froid par bâtiment ou îlots ou bâtiments. Le montage en «thermofrigopompe» de ces pompes à chaleur permet de répondre simultanément aux besoins de chaud et de froid en aval de la sous-station. La Beteg peut être définie à partir du moment où est mise en œuvre une solution énergétique alimentant :

- a minima, deux bâtiments de typologies différentes (par exemple logement et tertiaire) ou bien identiques,
- au plus, un quartier (bâtiments ou îlots) à l'échelle d'une Zac.

La configuration de ce réseau d'énergie unique permet de mutualiser les échanges thermiques entre bâtiments et sources d'énergie. Par exemple, la consommation de froid d'un bâtiment rejettera des calories sur la boucle d'eau tempérée qui pourront être consommées par un bâtiment suivant. Du fait de la configuration des productions décentralisées et les différentes sources d'énergies qui l'alimentent, elle représente un «smart grid thermique» caractérisé par les spécificités de sa régulation.

Elle est juridiquement (réseau classé), réglementairement (RT 2012 et RE 2020) et économiquement (TVA à 5,5 % si le taux d'EnR&R est supérieur à 50 %) mise en œuvre sur le même principe que les réseaux de chaleur. La Beteg constitue un réseau d'énergie innovant, évolutif, modulable, multi-énergies/multipoints, mutualisant l'énergie et dotée d'une gestion «intelligente» du réseau.

2. LES RESSOURCES GÉOTHERMIQUES ASSOCIÉES

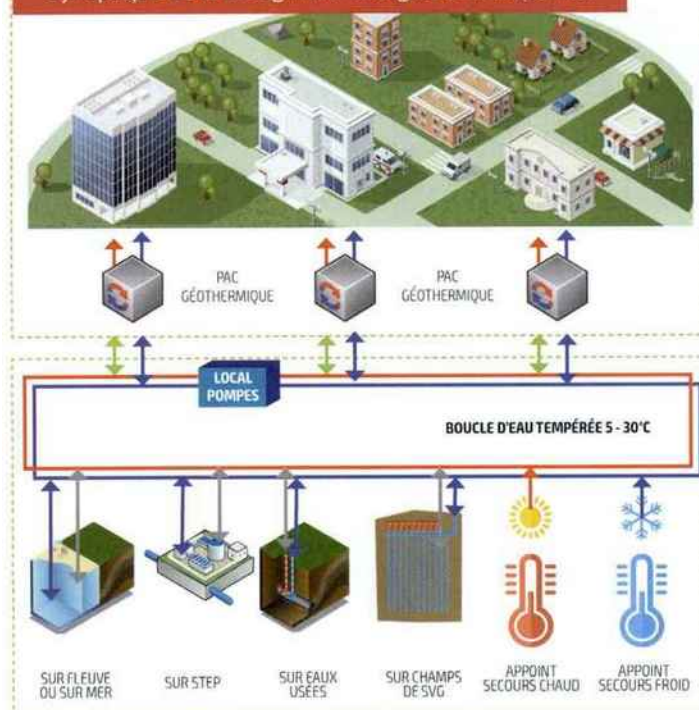
La boucle d'eau tempérée à énergie géothermique exploite les dispositifs de captage de la ressource géothermique de surface. Elle peut être développée à partir des dispositifs de captages géothermiques suivants :

- Sur nappe d'eau souterraine ;
- Sur sondes géothermiques verticales (SGV) ;
- Sur collecteurs d'eaux usées ;
- Sur eaux de rejet épurées des stations d'épuration (STEP) ;
- Sur fondations thermoactives (pieux, parois-moulées, radiers, voussoirs énergétiques) ;



- Sur fleuve ;
 - Sur mer ;
 - Sur plan d'eau (lac, eau de mines ennoyées, ...) ;
 - Sur infrastructures énergétiques (chaussées énergétiques).
- La Beteg peut être constituée d'une seule ressource géothermique mais également de plusieurs ressources géothermiques et ce tout au long du réseau. Les ressources peuvent alimenter la boucle en différents points. La Beteg peut aussi être alimentée par de la chaleur dite « fatale » comme la chaleur émanant des data centers, afin de compléter d'autres ressources. Elle peut être multi-énergies et multipoints.

Synoptique de la Beteg multi-énergies et multipoints.



3. SES DIFFÉRENTS MODES DE PRODUCTION

Contrairement à un réseau de chaleur alimenté par une production centralisée, la boucle d'eau tempérée à énergie géothermique implique une production décentralisée par bâtiments ou par îlots de bâtiments (Pac géothermiques décentralisées couplées à la boucle d'eau tempérée). Cette production décentralisée permet de produire :

- Du chaud (chauffage, piscine, process, etc...) ;
- De l'eau chaude sanitaire ;
- Du froid actif (climatisation, déshumidification et autres process) ;
- Du froid passif par géo-cooling (rafraîchissement).

Le mode de fonctionnement des dispositifs de production peut être simple (Cop ou EER) ou simultané par thermofrigopompe (rendement constituant l'addition du Cop et de l'EER de la Pac géothermique en rapport avec les besoins simultanés appelés, par exemple la production d'ECS et de froid actif en été).

4. SA CAPACITÉ À MUTUALISER L'ÉNERGIE ENTRE BÂTIMENTS

L'atout majeur de la Beteg réside dans sa capacité à mutualiser les besoins énergétiques entre bâtiments. Lorsqu'un bâtiment produit du chauffage, il refroidit la boucle d'eau. Simultanément lorsqu'un autre bâtiment appelle des besoins de climatisation il réchauffe la boucle. Cette simultanéité de besoins permet ainsi de mutualiser les besoins énergétiques entre bâtiments et d'optimiser les rendements énergétiques des équipements de production.

La mutualisation des échanges thermiques entre bâtiments permet de foisonner les besoins énergétiques d'une opération. Le foisonnement des besoins en puissances à installer permet de réduire le dimensionnement des dispositifs de captage de la ressource géothermique. Les besoins n'étant pas forcément simultanés, la ressource géothermique peut servir de stockage comme décrit au paragraphe 6.

5. SON ÉVOLUTIVITÉ ET SA MODULARITÉ

La boucle d'eau tempérée à énergie géothermique s'adapte à la programmation de l'aménagement d'un site. En effet un de ses intérêts réside dans sa capacité à permettre l'étalement dans le temps de la mise en place des captages géothermiques comme des équipements en sous-stations. Ceci permet de lisser les investissements dans le temps, par exemple lorsque les bâtiments à relier à la boucle d'eau font eux-mêmes partie d'un programme de construction ou de rénovation dans la durée. Le système de captage est dimensionné uniquement pour les besoins énergétiques connus. Si d'autres bâtiments venaient se greffer plus tard sur la boucle d'eau tempérée, le système de captage serait augmenté ou ajouté et connecté en n'importe quel point de la boucle, offrant ainsi une flexibilité totale.

5. SON ÉVOLUTIVITÉ ET SA MODULARITÉ

Elle peut être multi-énergies, multipoints. Elle constitue un réseau d'énergie thermique doté d'une grande évolutivité et flexibilité.

Deux des principaux atouts de la Beteg sont :

- sa modularité (déploiement progressif) à travers sa capacité à pouvoir s'adapter à l'échelle de la programmation d'une opération d'aménagement d'un « éco-quartier » ;
- son évolutivité au niveau des sources d'énergies géothermiques et EnR&R qui l'alimentent.

Les investissements qui la composent peuvent être lissés en lien avec le phasage d'une opération. Cette modularité de la boucle d'eau tempérée permet d'optimiser les coûts d'investissement et de réduire le CAPEX² (capital expenditure) de la solution.

6. SA VALORISATION DU STOCKAGE THERMIQUE

Le stockage de la chaleur ou froid donne une inertie thermique au système qui compose la Beteg. Cette inertie thermique permet :

- de foisonner (diminuer ou annuler) les appels de puissances des bâtiments couplés à la B ;
- de diminuer le dimensionnement des ouvrages de captages de la ressource géothermique ;
- de bénéficier d'une énergie neutre en impact environnemental ;
- d'optimiser le fonctionnement de l'installation.

6. SA VALORISATION DU STOCKAGE THERMIQUE

Plus largement, l'exploitation de la ressource géothermique



composée d'une eau tempérée permet de faciliter le stockage de la chaleur et de froid. Le faible écart de température entre le stockage (dans la boucle et dans le sol) et son environnement permet de réduire les pertes énergétiques du système.

Sur ce principe, le stockage de l'énergie couplé à la Beteg se retrouve sur les équipements suivants :

- Le stockage intrinsèque à la boucle d'eau tempérée (diamètre du réseau ; stockage additionnel sur la boucle) ;
- Le stockage adossé à la production (ballon de stockage pour la gestion des court-cycles des thermopompes (Pac géothermiques)) ;

Le stockage inter-saisonnier, sur aquifère (ATES - Aquifer Thermal Energy Storage) ou sur champ de SGV (BTES - Borehole Thermal Energy Storage), permet de valoriser l'inertie du sous-sol à travers le cycle saisonnier des besoins énergétiques des bâtiments. Le principe du stockage d'énergie thermique inter-saisonnier sur champ de SGV ou sur aquifère repose sur la notion de charge et décharge de calories sur le milieu exploité (sous-sol/nappe). Ce principe consiste en une extraction d'énergie en hiver pour recharger thermiquement la boucle d'eau tempérée (lors de la production des besoins calorifiques majoritaires des bâtiments) et en une injection d'énergie l'été pour évacuer le surplus de calories de la boucle d'eau tempérée (lors de la production de besoins frigorifiques majoritaires pour les bâtiments).

7. SA RÉGULATION

La gestion des différentes sources de production et la régulation de la Beteg impliquent l'introduction d'équipements intelligents et NTIC (Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication). Selon les différentes sources d'énergies exploitées, les smart grids électriques et thermiques peuvent être interconnectés afin d'optimiser les performances énergétiques et environnementales globales de la Beteg.

L'intégration des NTIC dans le Monitoring du système implique :

- La définition du principe de régulation de la Beteg (sous-station ou îlot de production/Beteg)
 - Définition de l'analyse fonctionnelle des sous-stations ;
 - Définition de l'analyse fonctionnelle de la Beteg ;
 - Définition de l'analyse fonctionnelle selon les sources d'énergies exploitées ;
- La définition du principe d'analyse et de supervision (connectiques et serveur associé local et distant) ;
- La définition des conditions d'exploitation (gestion à distance de la maintenance du site).

La mise au point de cette régulation est la clé de l'assurance d'un fonctionnement optimal avec une maximisation des EnR&R et une consommation maîtrisée des énergies classiques.

8. INTÉGRATRICE D'ENR&R - MULTI-ÉNERGIES

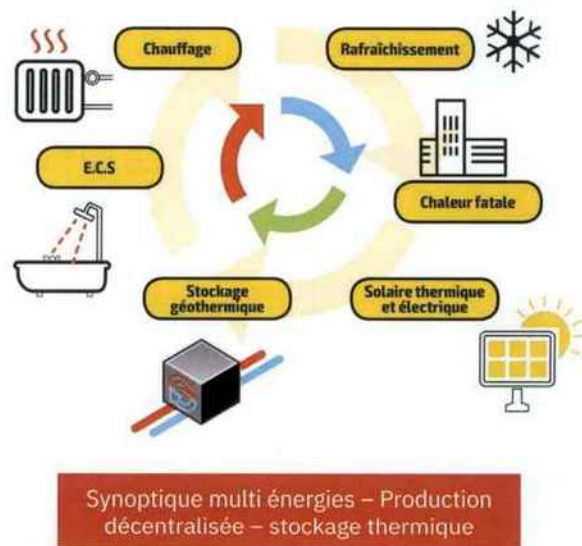
La Beteg permet de valoriser l'intégration d'autres sources d'énergies renouvelables (EnR) ou de récupérations (EnR&R) à l'échelle de chaque opération avec la notion de 'Load balancing' (répartition de charges).

Les énergies complémentaires susceptibles d'être adossées à la Beteg peuvent être :

- L'énergie solaire :

- Solaire thermique ;
- Solaire hybride.
- L'énergie fatale de :
 - Data center ;
 - Patinoire ;
 - Froid alimentaire ;
 - Surabondance de besoins de climatisation sur une opération d'aménagement ;
 - Process industriel.

A travers le déploiement d'une régulation dite «intelligente» qui lui octroie cette notion de «smart grid thermique», la Beteg peut être optimisée avec de l'autoconsommation procurée par des panneaux solaires photovoltaïques. A ce jour, l'autoconsommation d'électricité provenant de panneaux photovoltaïques installés dans le périmètre du projet n'est pas comptabilisée dans le calcul du taux d'EnR&R. Du fait de ces différentes sources d'énergies susceptibles de l'alimenter, la Beteg constitue un réseau multi-énergies, multipoints précepte de la ville durable.



9. LA BETEG VS RÉSEAUX DE CHALEUR

Les réseaux de chaleur classiques, même approvisionnés en énergies renouvelables (par exemple bois-énergie ou géothermie profonde), sont très différents d'une Beteg. En effet ces premiers sont encore dans le schéma d'une production d'énergie centralisée et unidirectionnelle :

- Ils ne permettent pas d'échanges d'énergie entre bâtiments.
- Ils n'offrent pas de potentiel de synergie énergétique et de réduction de la demande.
- Ils doivent s'adapter à la température de fonctionnement du bâtiment le plus énergivore, entraînant souvent des températures de réseau élevées (80 à 140 °C) et donc des pertes énergétiques importantes (rendement chaudière et surtout transport de l'eau chaude).

Il n'est donc pas cohérent de raccorder un bâtiment à haute performance énergétique (fonctionnement à «très» basse température < 45 °C) sur un réseau de chaleur à haute température (80 à 140 °C) ou basse température (60 à 80 °C). ●