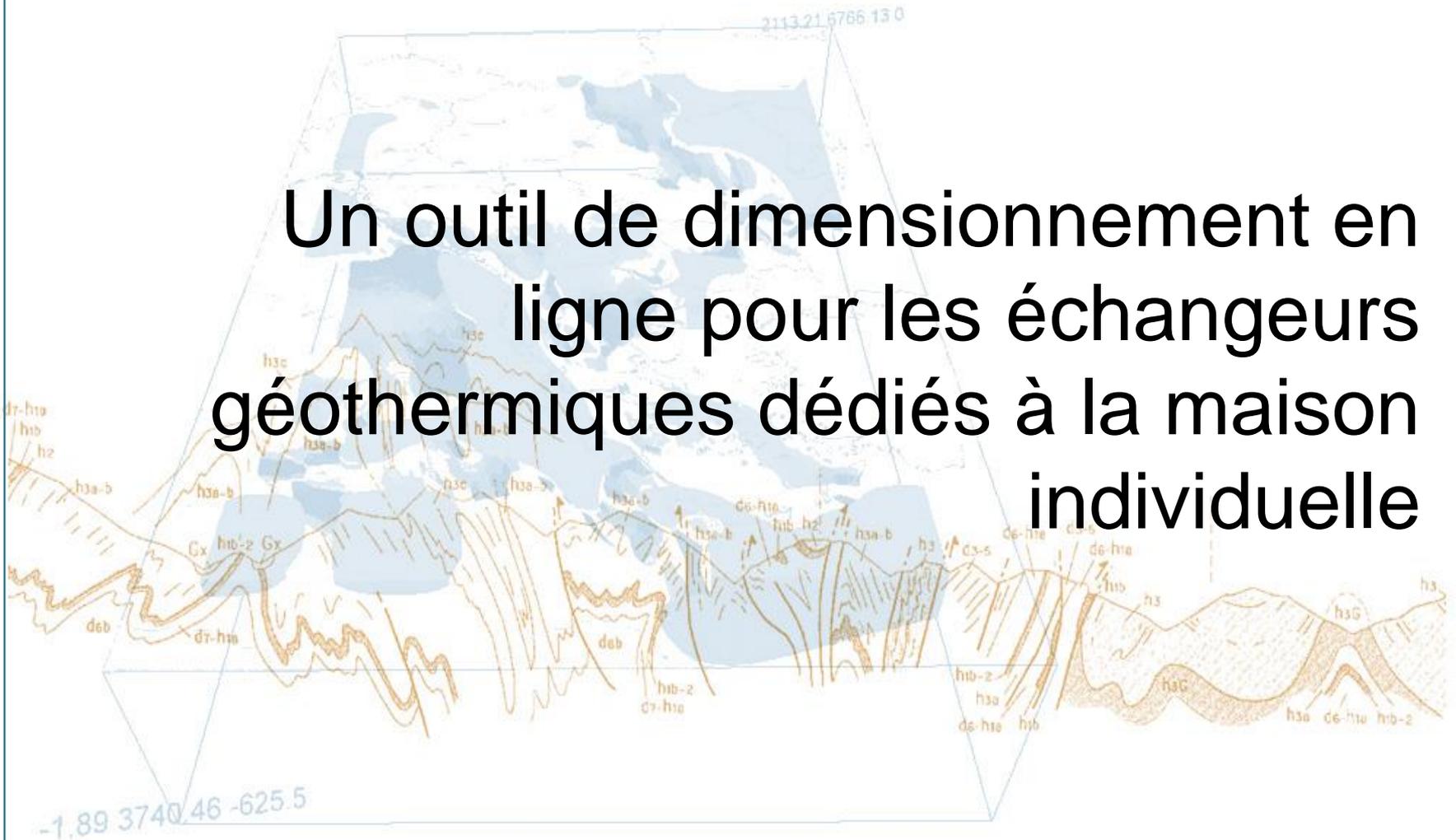


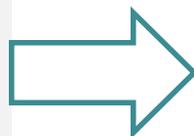


Un outil de dimensionnement en ligne pour les échangeurs géothermiques dédiés à la maison individuelle



Introduction

- > Une plateforme digitale de dimensionnement d'échangeurs géothermiques : qu'est ce que c'est ?



Un outil :

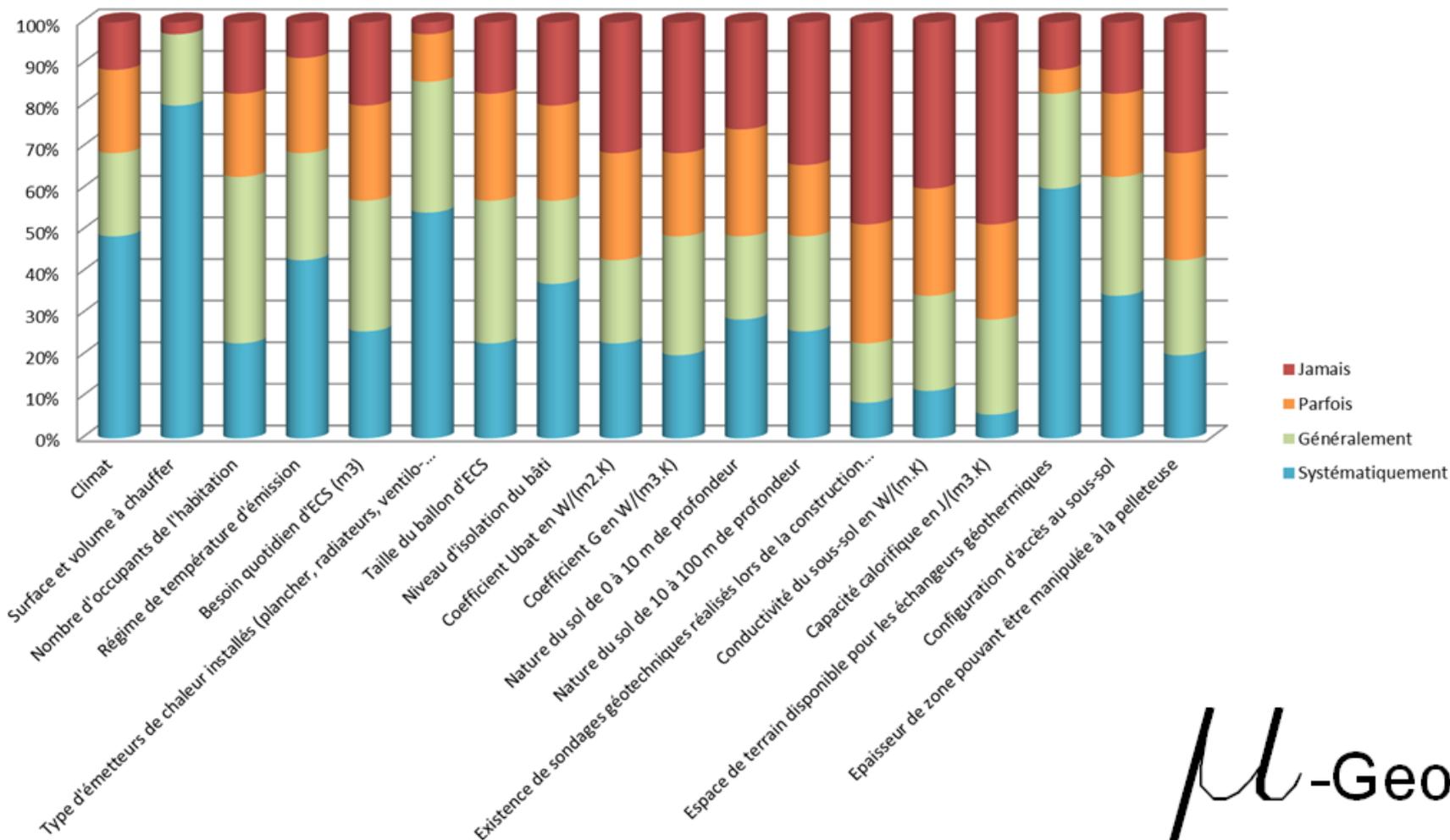
- > Lancé par le BRGM en 2015
- > Accessible en ligne
- > Destiné aux professionnels
- > Créé dans le cadre du projet [FUI MICRO-GEO](#)



Contexte de création de l'outil

Enquête réalisée auprès d'installateurs, BE et foreurs

Les données connues lors du dimensionnement



 M-Geo

Contexte de création de l'outil

Fonctionnement attendu

> **4 types d'échangeurs géothermiques**

- Sondes géothermiques verticales (en double U)
- Echangeurs géothermiques horizontaux (en serpentins)
- Corbeilles géothermiques (modèle Terrendis France)
- Micro-sondes géothermiques verticales (simple U de 10 m)

> **3 usages thermiques principaux**

- Chauffage (obligatoire)
- Production d'eau chaude sanitaire (ECS) (au choix)
- Rafraîchissement direct par géocooling (au choix)

> **Appoint pour le chauffage (au choix: puissance fixée)**

> **Dimensionnement pour un COP annuel cible**

- COP annuel cible : rapport sur l'année des énergies calorifiques pour le chauffage et l'ECS sur la consommation électrique (auxiliaires inclus)
- Dimensionnement : profondeur de forage, surface de terrain mobilisée, nombre de corbeilles ou nombre de micro-sondes géothermiques

Accès à l'outil

<http://plateforme-geothermie.brgm.fr/>

Bas de page :

PLATE-FORME 360 Au centre du dispositif Machinerie & Instrumentation Échangeurs horizontaux Échangeurs verticaux Échangeurs compacts	RECHERCHE & DÉVELOPPEMENT	OUTILS Plateforme digitale de dimensionnement	SUIVI DE SITES
--	--------------------------------------	---	-----------------------

Se connecter | Nous contacter | Informations légales / Crédits | Conditions générales d'utilisation Flux RSS

    Géosciences pour une Terre durable



Accès à l'outil

Menu Outil

Outils

- [Plateforme digitale de dimensionnement](#)

Plateforme digitale de dimensionnement

Indispensables au bon fonctionnement et au confort de tout habitat, le chauffage, le rafraîchissement ainsi que la production d'eau chaude sanitaire font partie des préoccupations auxquelles la géothermie très basse énergie peut apporter une réponse économique et performante.

Aussi, le BRGM a lancé une plateforme digitale d'aide aux professionnels. Créé en 2015 dans le cadre du [projet FUI MICRO-GEO](#), cet outil de dimensionnement d'échangeurs géothermiques pour la maison individuelle permet de proposer une solution optimale en réponse aux contraintes liées à l'habitation (niveau d'isolation, surface à chauffer, hauteur sous plafond...) et au terrain (accessibilité, type de sol, surface disponible...).

Le BRGM vous accompagne dans la prise en main de cet outil et vous propose des formations tout au long de l'année en France métropolitaine.

Prochaines sessions :

- Jeudi 9 novembre 2017 à Poitiers, de 14h à 17h
- Jeudi 7 décembre 2017 à Bordeaux, de 14h à 17h

Pour toute demande de renseignement complémentaire, contactez-nous à : plateforme-geothermie@brgm.fr

Cliquer [ici](#) pour accéder à l'outil de dimensionnement

Présentation de l'outil

Paramètres d'entrée (1/2)

> Caractéristiques de la maison individuelle

Climat

Sélectionner un Climat ▾

Altitude

Sélectionner une Altitude ▾

Coefficient de déperdition volumique G

0 [W.m⁻³.K⁻¹]

Surface habitable

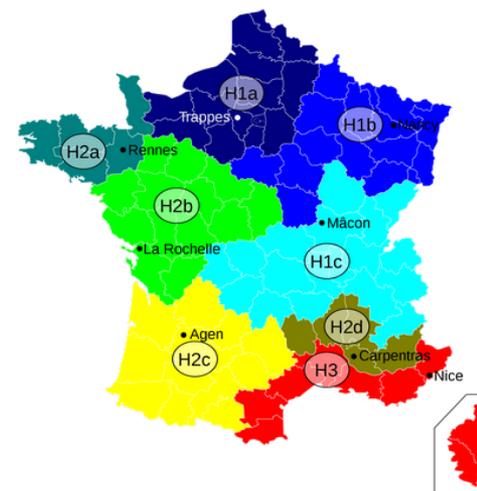
0 [m²]

Hauteur sous plafond

0 [m]

Nombre d'occupants

0



Puissance nécessaire

CALCULER

NB : Le coefficient G inclut les déperditions par ventilation

Présentation de l'outil

Paramètres d'entrée (2/2)

> Choix de la PAC et caractéristiques de l'échangeur géothermique

- Production d'eau chaude sanitaire par la pompe à chaleur
- Possibilité de by-pass de la PAC pour rafraîchissement direct

Emetteurs de chauffage / rafraîchissement

plancher chauffant

Choix de la PAC

Sélectionner une PAC

Puissance d'appoint pour la fonction chauffage

0 [kW]

Choix de l'échangeur géothermique

corbeille

Type de sol rencontré à la profondeur d'implantation de l'échangeur géothermique choisi

sol classique

	Plancher chauffant 30/35°C	Radiateur basse T° 40/45°C	Radiateur haute T° 47/55°C
G-NEO 18H	4,74	4,48	4,19
G-KUB 20H	5,42	5,16	5,10
G-KUB 33H	7,04	6,70	6,62
G-KUB 45H	9,79	9,31	9,21
G-KUB 45HT	9,78	9,31	9,20

Puissance calorifique des différentes PAC à 0/-3°C [kW]

Présentation de l'outil

Résultats obtenus

Calcul du dimensionnement minimal

CALCULER

Optimisation du COP à une valeur cible

(COP tenant compte des consommations des auxiliaires : circulateurs et veille)

CALCULER

> Dimensionnement minimal

- Dimensionnement permettant de fonctionner en maintenant la PAC dans un régime de fonctionnement d'au moins 0/-3 à l'évaporateur

> Optimisation du COP à une valeur cible

- Recherche du dimensionnement permettant d'atteindre au moins la valeur de COP souhaitée (nécessairement supérieure à la valeur obtenue pour le dimensionnement minimal)

Hypothèses de fonctionnement

Simulation énergétique de la maison individuelle

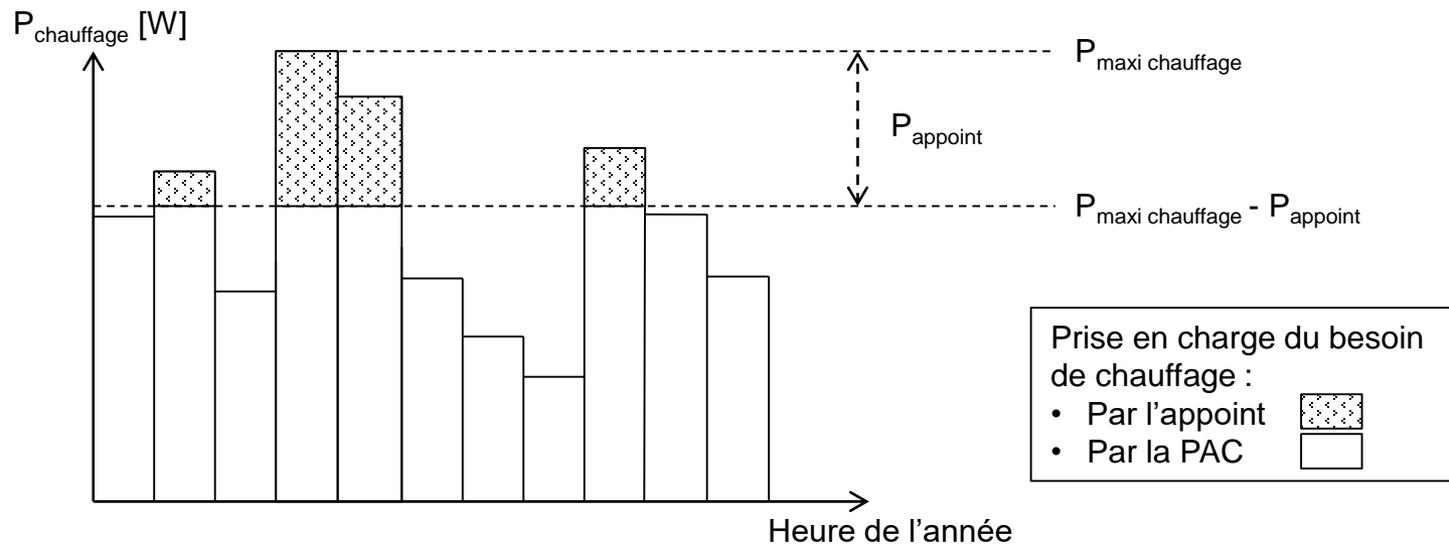
> **Besoins de chauffage et rafraîchissement**

- Calcul de deux tables de 8760 valeurs de puissance horaire (une par heure durant une année)
- Fonctionnement en chauffage du 16 octobre au 15 mai
- Consigne en chauffage variable sur la base d'un fonctionnement avec réduit de nuit :
 - 6 h – 22 h : 19°C
 - 22 h – 6 h : 16°C
- Consigne en rafraîchissement fixe : 26°C
- Apports internes constants au cours de l'année:
 - Présence humaine : 100 W par occupant
 - Usages internes : 6 W/m²

Hypothèses de fonctionnement

Prise en compte de l'appoint pour le chauffage

- **Modification des besoins de chauffage pris en charge par la PAC par écrêtage à hauteur de la valeur maximale de chauffage ôtée de la puissance de l'appoint**



Hypothèses de fonctionnement

Production d'ECS

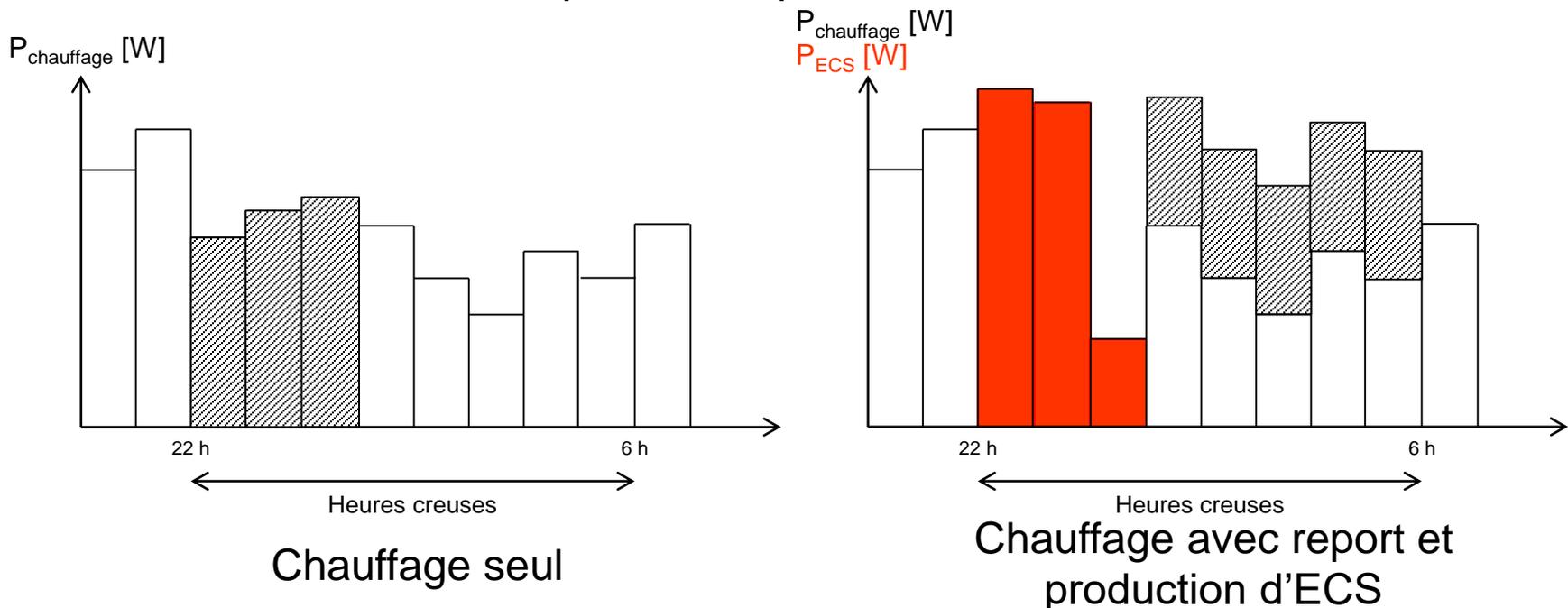
> Energie nécessaire à la production d'ECS

- 2,5 kWh/jour/occupant

> Pas de loi d'eau considérée ($T_{\text{production ECS}} = 50^{\circ}\text{C}$)

> Stratégie de production d'ECS

- Production d'ECS à partir de 22 h et report des besoins de chauffage sur les heures restantes pendant la période de réduit de nuit



Hypothèses de fonctionnement

Comportement des pompes à chaleur

- > **Calcul des puissances thermiques et électriques de la PAC par corrélation en fonction des températures entrée évaporateur et sortie condenseur**
- > **Données d'entrée demandées :**
 - Débit nominal en boucle d'échangeur géothermique
 - Puissance électrique consommée en veille active (arrêt par thermostat)
 - Puissance calorifique en régime 0/-3 et 30/35
 - Puissance électrique en régime 0/-3 et 30/35

Caractéristiques de ma PAC

Débit nominal échangeur géothermique

 [m³/h]

Puissance de veille

 [W]

Puissance calorifique

 [kW]

Puissance absorbée compresseur

Hypothèses de fonctionnement

Comportement des pompes à chaleur

> Données détaillées pré-renseignées pour les PAC géothermiques de la gamme CIAT

Exemple de fichier de données d'une PAC CIAT :

La PAC G-Néo 18h

```
nom: G-NEO 18H

# température émission minimum
# °C
T_emission_minimum: 22

# débit nominal échangeur géothermique
# m3/heure
debit_nominal: 1.15

# puissance réduite
# W
# Consommation PAC+auxiliaires lors des phases de veille
puissance_reduit: 12

## TABLES ##

# température entrée évaporation
# °C
T_in_evap: [0, 5, 10, 15]

# température sortie condensation
# °C
T_out_condens: [25, 35, 45, 55]

# puissance calorifique
# W
PC_unit: 1000 # kw -> w
Pc: [
  [5.47, 6.29, 7.22, 7.84],
  [5.20, 5.98, 6.86, 7.28],
  [4.95, 5.69, 6.53, 6.93],
  [4.83, 5.55, 6.37, 6.76],
]

# puissance absorbée compresseur
# W
Pa_unit: 1000 # kw -> w
Pa: [
  [1.12, 1.12, 1.12, 1.12],
  [1.30, 1.30, 1.30, 1.30],
  [1.59, 1.59, 1.59, 1.59],
  [1.89, 1.89, 1.89, 1.89],
]
```

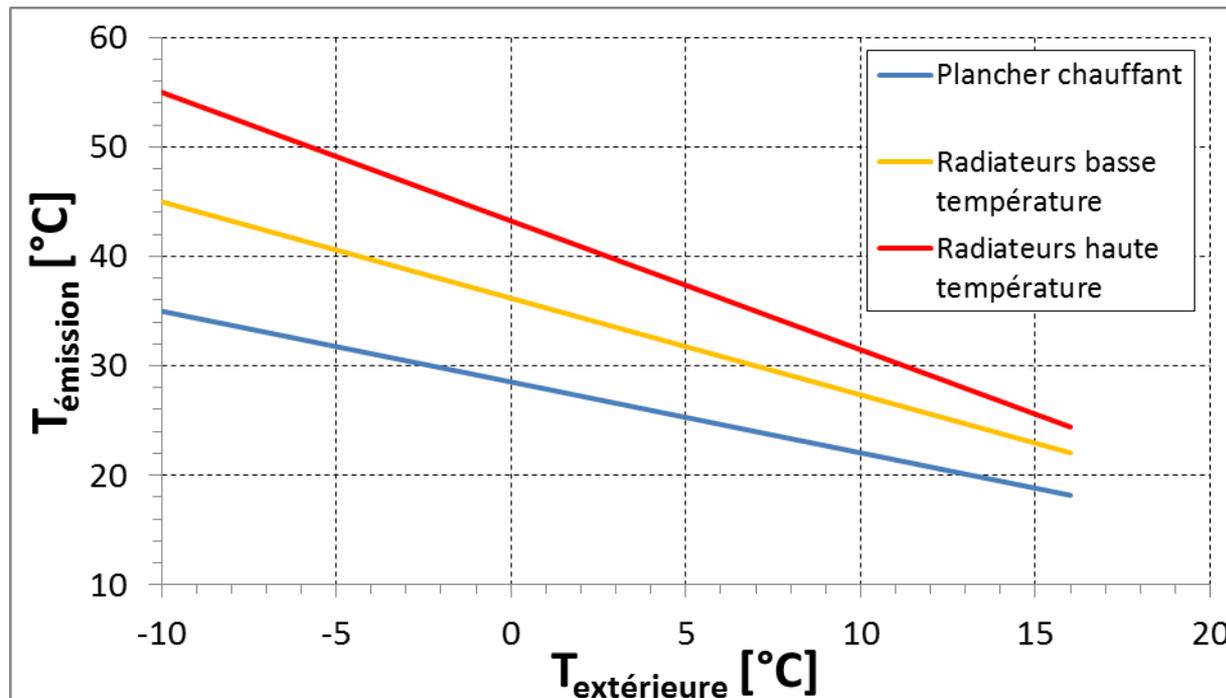
Hypothèses de fonctionnement

Modélisation des émetteurs

> Trois types d'émetteurs considérés

- Plancher chauffant
- Radiateurs basse température
- Radiateurs haute température

> Trois lois d'eau associées pour le chauffage



Hypothèses de fonctionnement

Rafrâichissement par géocooling

- > Calcul de la puissance de rafraîchissement disponible par géocooling par l'intermédiaire d'un coefficient d'échange h [$W/(m^2.K)$] pour chaque émetteur (surface considérée : surface habitable) :**
 - Plancher chauffant : $h = 15 W/(m^2.K)$
 - Radiateurs basse température : $h = 1 W/(m^2.K)$
 - Radiateurs haute température : $h = 0 W/(m^2.K)$ (*pas de rafraîchissement possible avec ce type d'émetteur*)

- > Puissance disponible par géocooling échangée jusqu'à atteindre le besoin de rafraîchissement demandé pour l'heure considérée (besoin supérieur = > dépassement de la consigne de rafraîchissement)**

Hypothèses de fonctionnement

Modélisation des échangeurs géothermiques

> **Prise en compte des différents types d'échangeurs géothermiques par une même méthode de calcul**

- Evaluation de la température du sol non perturbée T_0 par moyenne sur la profondeur couverte par l'échangeur géothermique
- Modélisation en régime permanent de l'échange fluide – sol en contact avec l'échangeur (contact sol – tuyau ou sol – coulis suivant les cas) par une résistance thermique d'échange R_b
- Modélisation de l'échange échangeur géothermique – sol par une fonction G traduisant l'évolution de la température en paroi d'échangeur suite à un Dirac de puissance (réponse indicielle)
- Calcul de l'évolution temporelle des températures par principe de superposition temporelle des puissances appliquées

> **Calcul réalisé sur une durée variable en fonction du type d'échangeur géothermique**

- 5 ans pour la sonde géothermique verticale
- 2 ans pour les trois autres types d'échangeur considérés

Hypothèses de fonctionnement

Paramètres retenus pour les différents échangeurs

> **Les sondes géothermiques verticales**

- Diamètre du forage = 160 mm
- $R_b = 0,06 \text{ m.K/W}$ (sonde en double U)
- T_0 évaluée en moyenne sur une profondeur de 100 m
- Fonction G : source linéique infinie

> **Les échangeurs géothermiques horizontaux**

- Profondeur de pose = 1 m
- Pas d'espacement du serpentin = $0,5 \text{ m}$
- Tube DN 20 SDR 11 en PE100 (conductivité thermique = $0,45 \text{ W/(m.K)}$)
- Écoulement laminaire du fluide ($Nu = 4,36$)
- T_0 évaluée à la profondeur de pose
- Fonction G : source plane infinie à la profondeur de pose avec condition isotherme à la surface du sol

Hypothèses de fonctionnement

Paramètres retenus pour les différents échangeurs

> **Les corbeilles géothermiques**

- Profondeur de pose (bas de la corbeille) = $3,7\text{ m}$
- Hauteur de la corbeille = $2,7\text{ m}$
- Diamètre de la corbeille = $1,14\text{ m}$
- Pas d'espacement des spires = $0,13\text{ m}$
- Tube DN 25 SDR 11 en PE100 (conductivité thermique = $0,45\text{ W}/(\text{m.K})$)
- $Nu = 8,72$ (Double du régime laminaire grâce au rainurage du tube)
- T_0 évaluée en moyenne couverte par la corbeille (de 1 à $3,7\text{ m}$)
- Fonction G : source cylindrique creuse

> **Les micro-sondes géothermiques verticales**

- Diamètre du forage = 130 mm
- Profondeur de pose (pied de sonde) = 10 m
- Hauteur unitaire de la micro-sonde = 9 m
- $R_b = 0,10\text{ m.K/W}$ (sonde en simple U)
- T_0 évaluée en moyenne sur la profondeur d'implantation (de 1 à 10 m)
- Fonction G : source linéique finie depuis la hauteur de tête de sonde

Exemple d'utilisation de l'outil

Renseignement des paramètres d'entrée / calcul préliminaire

- Caractéristiques de la maison individuelle -

Climat

H2a

Altitude

moins de 400 m

Coefficient de déperdition volumique G

1.1 [W.m⁻³.K⁻¹]

Surface habitable

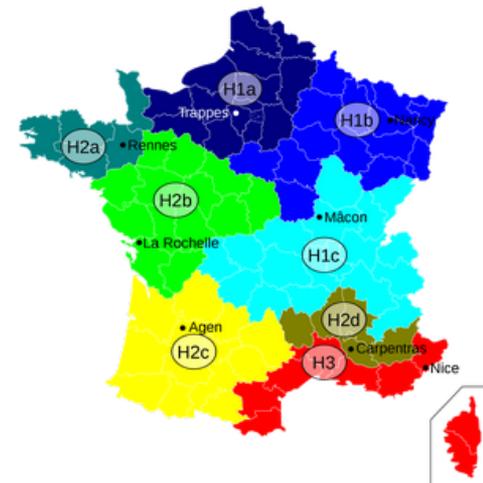
145 [m²]

Hauteur sous plafond

2.5 [m]

Nombre d'occupants

5



Puissance nécessaire

CALCULER

Puissance maximale nécessaire au chauffage de la maison individuelle :
7.27 kW

➤ **Le calcul de la puissance maximale nécessaire au chauffage de la maison permet de choisir le modèle de PAC adapté**

Exemple d'utilisation de l'outil

Dimensionnement minimal de bon fonctionnement

- Choix de la PAC et caractéristiques de l'échangeur géothermique

Production d'eau chaude sanitaire par la pompe à chaleur

Possibilité de by-pass de la PAC pour rafraîchissement direct

Émetteurs de chauffage / rafraîchissement

radiateurs basse température ▼

Choix de la PAC

ma PAC ▼

Caractéristiques de ma PAC

Débit nominal échangeur géothermique

2.5 [m³/h]

Puissance de veille

16 [W]

Puissance calorifique

9.5 [kW]

Puissance absorbée compresseur

2.3

	Plancher chauffant 30/35°C	Radiateur basse T° 40/45°C	Radiateur haute T° 47/55°C
G-NEO 18H	4,74	4,48	4,19
G-KUB 20H	5,42	5,16	5,10
G-KUB 33H	7,04	6,70	6,62
G-KUB 45H	9,79	9,31	9,21
G-KUB 45HT	9,78	9,31	9,20

Puissance calorifique des différents PAC à 0/-3°C [kW]

Puissance d'appoint pour la fonction chauffage

0 [kW]

Choix de l'échangeur géothermique

horizontal ▼

Type de sol rencontré à la profondeur d'implantation de l'échangeur géothermique choisi

sable saturé ▼

- Résultats

Calcul du dimensionnement minimal

CALCULER

Le coefficient de performance annuel de la PAC est de **4.31** avec un échangeur géothermique de **210.00 m²** d'échangeur horizontal.

Exemple d'utilisation de l'outil

Optimisation du dimensionnement pour obtenir un meilleur COP annuel (valeur visée)

- > **Dimensionnement minimal : $S = 210 \text{ m}^2$ et $COP = 4,3$**
- > **Souhait d'obtenir un COP annuel égal à 4,5 afin de réduire la facture d'électricité du client**

- Résultats

Calcul du dimensionnement minimal

CALCULER

Le coefficient de performance annuel de la PAC est de **4.31** avec un échangeur géothermique de **210.00 m²** d'échangeur horizontal.

Optimisation du COP à une valeur cible

4.5

(COP tenant compte des consommations des auxiliaires : circulateurs et veille)

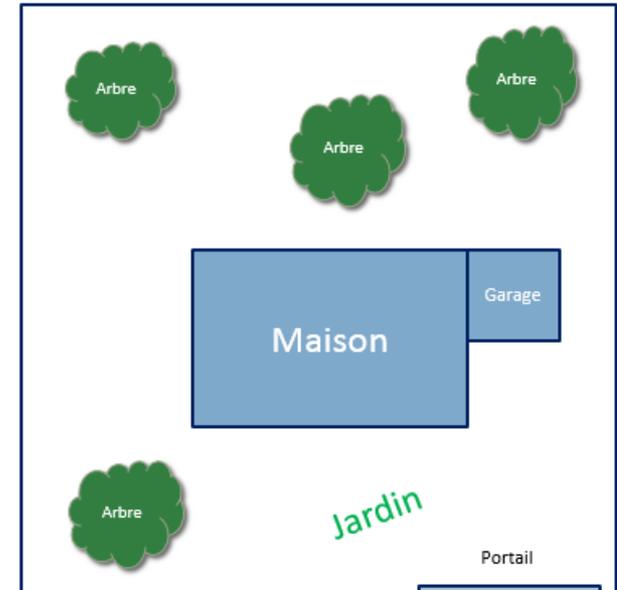
CALCULER

Le coefficient de performance annuel de la PAC est de **4.50** avec un échangeur géothermique de **265.00 m²** d'échangeur horizontal.

Cas pratiques et mise en situation

Cas d'étude 1

- > Vous êtes sollicité par M. & Mme Dupont qui s'intéressent à l'énergie propre et discrète qu'est la géothermie et qui souhaitent installer une PAC chez eux. Résidant depuis peu à la Rochelle, ils ont récemment acquis une maison neuve de 150 m² qu'ils partagent avec leur 3 enfants.
- > La PAC doit être en capacité d'assurer seule la production de chauffage, d'eau chaude sanitaire et le rafraîchissement par géocooling de la maison.
- > Pour que la diffusion de la chaleur soit homogène, M. & Mme Dupont ont opté pour un plancher chauffant.
- > La hauteur sous plafond est de 2,65 m.
- > La maison étant bien isolée, le coefficient de déperdition volumique s'élève à 0,65 W/°C m³.



- Quelle PAC leur conseillez-vous ?
- Compte-tenu de la surface disponible dans leur jardin (sol « classique ») et la présence de beaux arbres, quel type d'échangeur géothermique proposez-vous ?
- Quel dimensionnement d'échangeurs géothermiques préconisez-vous et quelle est la valeur du COP ?
- Vous proposez d'optimiser la valeur du COP à 4,4 pour réduire la facture d'électricité de vos clients ; quel dimensionnement faut-il retenir dans ce cas ?

Cas d'étude 2

> La chaudière de M. Julien est défaillante. Il souhaite donc la remplacer à l'occasion de la rénovation de son domicile. Son voisin, qui chauffe son logement par géothermie, est très satisfait de sa PAC. M. Julien souhaite à son tour s'orienter vers cette solution. Habitant à Châtelleraut dans la Vienne avec sa famille depuis 15 ans, il vous sollicite pour l'aider.

> Sa maison a été bâtie dans les années 70, est équipée de radiateurs haute température et est modérément isolée. Son coefficient de déperdition s'élève à $2 \text{ W/}^\circ\text{C m}^3$. Elle se situe à 83 m d'altitude, dispose de 123 m^2 habitables pour une hauteur sous plafond de 2,55 m et est occupée par 4 personnes. La maison comprend également un petit jardin de 100 m^2 .

> Compte-tenu de ses besoins, M. Julien souhaite que la PAC puisse assurer la production d'eau chaude sanitaire en plus du chauffage. A noter que M. Julien possède également un poêle à bois de 5 kW qu'il souhaite conserver notamment pour assurer un appoint lors des périodes de grand froid.

> Type de sol rencontré sur sa parcelle à Châtelleraut : sable saturé

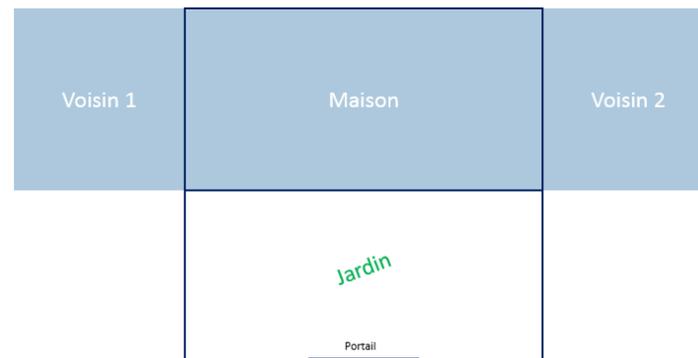
- Quelle doit être la puissance de la PAC pour répondre à sa demande ?

> Vous lui proposez donc une PAC en régime eau glycolée/eau de l'un de vos fournisseurs avec les caractéristiques suivantes :

- Débit normal : $2,1 \text{ m}^3/\text{h}$
- Puissance de veille : 49 W
- Puissance calorifique : 9,41 kW
- Puissance absorbée compresseur : 2,74 kWe

À régime de température $0/-3^\circ\text{C}$ $47/55^\circ\text{C}$

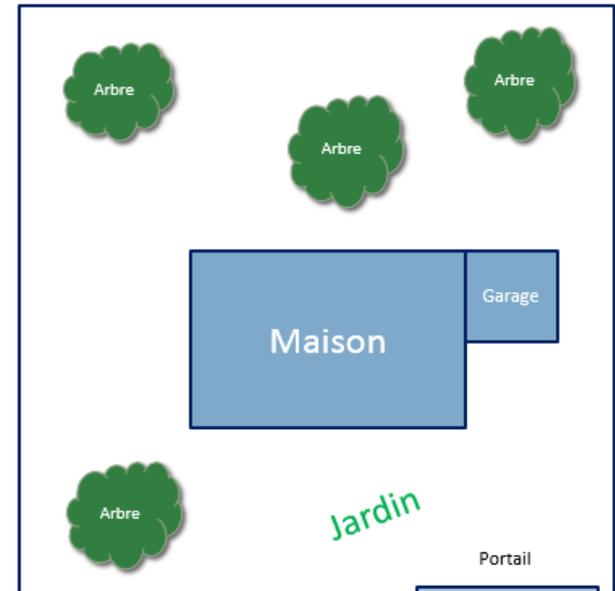
- Quel type d'échangeurs préconisez-vous ? Quel dimensionnement conseillez-vous ? Quelle est la valeur du COP ?



Solutions

Cas d'étude 1

- > Vous êtes sollicité par M. & Mme Dupont qui s'intéressent à l'énergie propre et discrète qu'est la géothermie et qui souhaitent installer une PAC chez eux. Résidant depuis peu à la Rochelle (**choix du climat : H2b**), ils ont récemment acquis une maison neuve de 150 m² qu'ils partagent avec leur 3 enfants.
- > La PAC doit être en capacité d'assurer seule la production de chauffage, d'eau chaude sanitaire et le rafraîchissement par géocooling de la maison.
- > Pour que la diffusion de la chaleur soit homogène, M. & Mme Dupont ont opté pour un plancher chauffant.
- > La hauteur sous plafond est de 2,65 m.
- > La maison étant bien isolée, le coefficient de déperdition volumique s'élève à 0,65 W/°C m³.



- Quelle PAC leur conseillez-vous ? **Résultat : 4,57 K/w donc GNEO 18H**
- Compte-tenu de la surface disponible dans leur jardin (sol « classique ») et la présence de beaux arbres, quel type d'échangeur géothermique proposez-vous ? **Corbeille**
- Quel dimensionnement d'échangeurs géothermiques préconisez-vous et quelle est la valeur du COP ? **4,24 pour 7 corbeilles**
- Vous proposez d'optimiser la valeur du COP à 4,4 pour réduire la facture d'électricité de vos clients ; quel dimensionnement faut-il retenir dans ce cas ? **4,43 pour 9 corbeilles**

Cas d'étude 2

> La chaudière de M. Julien est défaillante. Il souhaite donc la remplacer à l'occasion de la rénovation de son domicile. Son voisin, qui chauffe son logement par géothermie, est très satisfait de sa PAC. M. Julien souhaite à son tour s'orienter vers cette solution. Habitant à Châtelleraut dans la Vienne avec sa famille depuis 15 ans, il vous sollicite pour l'aider.

> Sa maison a été bâtie dans les années 70, est équipée de radiateurs haute température et est modérément isolée. Son coefficient de déperdition s'élève à $2 \text{ W/}^\circ\text{C m}^3$. Elle se situe à 83 m d'altitude, dispose de 123 m^2 habitables pour une hauteur sous plafond de 2,55 m et est occupée par 4 personnes. La maison comprend également un petit jardin de 100 m^2 .

> Compte-tenu de ses besoins, M. Julien souhaite que la PAC puisse assurer la production d'eau chaude sanitaire en plus du chauffage. A noter que M. Julien possède également un poêle à bois de 5 kW qu'il souhaite conserver notamment pour assurer un appoint lors des périodes de grand froid.

> Type de sol rencontré sur sa parcelle à Châtelleraut : sable saturé

- Quelle doit être la puissance de la PAC pour répondre à sa demande ? **13,35 kW**

> Vous lui proposez donc une PAC en régime eau glycolée/eau de l'un de vos fournisseurs avec les caractéristiques suivantes :

- Débit normal : $2,1 \text{ m}^3/\text{h}$
- Puissance de veille : 49 W
- Puissance calorifique : 9,41 kW
- Puissance absorbée compresseur : 2,74 kW
- **Ne pas oublier le poêle à bois : 5 kW**

À régime de température $0/-3^\circ\text{C}$ $47/55^\circ\text{C}$

- Quel type d'échangeurs préconisez-vous ? Quel dimensionnement conseillez-vous ? Quelle est la valeur du COP ? **Echangeurs verticaux ; Coefficient de performance annuelle de 4,48 avec un forage de 228 m**



Merci de votre attention,

Et à vous de dimensionner !

NB : Pour toutes questions concernant l'utilisation de cet outil,
une adresse mail unique : plateforme-geothermie@brgm.fr