

Compte-rendu des ateliers : réflexion autour des axes d'un programme de recherche

Synthèse des travaux des ateliers

Atelier « Démonstration » Jean-Christophe HADORN

1. Les besoins de différents démonstrateurs

L'atelier a permis d'identifier deux types de démonstrateurs :

- a) Le démonstrateur de recherche : il se situe entre la R&D et le marché, entre l'offre de services et la demande finale du client. Il valide un système global et non un simple composant comme une sonde. Ce démonstrateur permet de valider la performance du système, de mettre au point les détails de ce système comme par exemple la régulation.
- b) Le démonstrateur commercial se situe du côté de l'offre et de l'industrie. Ce démonstrateur est opérationnel et il peut être instrumenté dans le but de renforcer sa crédibilité. Il est en général mis en place avant le déploiement.

Des aides au financement existent dans les deux cas.

2. Les objectifs d'un démonstrateur

- a) Un démonstrateur doit démontrer le fonctionnement d'une technologie existante avec un recul d'exploitation d'un an ou deux. Il doit démontrer une performance énergétique et montrer le coût de la technologie mise en œuvre.
- b) Un démonstrateur doit faire la preuve du fonctionnement à long terme de la technologie. Il a pour vocation de réduire la confusion possible sur les différentes solutions géothermiques.
- c) Un démonstrateur peut aider à valider des outils de calcul. Quand un système est correctement dimensionné, le démonstrateur peut permettre à un constructeur de développer la technologie et de la diffuser.
- d) Un démonstrateur doit également servir à encourager une acceptation sociétale de la technologie.
- e) Toute démonstration doit avoir un objectif clairement préétabli, précis et quantifiable pour que les acteurs de la profession en tirent un bénéfice.

3. Les propriétés d'un démonstrateur

- a) L'attribut premier d'un démonstrateur réussi est sa proximité.
- b) Un démonstrateur peut être emblématique, mais cette caractéristique n'est pas essentielle.
- c) En revanche, un démonstrateur doit être représentatif du segment de marché qu'il cible. Chaque segment de marché, entre les différentes technologies en taille, en zones, en segments de marché comme le tertiaire ou l'individuel doit avoir son démonstrateur.

- d) Chaque démonstrateur doit être représentatif du client potentiel auquel il s'adresse. Tous les aspects de la clientèle potentielle doivent être couverts. Un démonstrateur doit pouvoir être visité.
- e) Un démonstrateur doit être suivi un certain temps par un prestataire indépendant qui n'aurait pas participé au projet. L'objectif est de connaître les performances réelles.
- f) Il faut communiquer les résultats, éviter les contre-références ou du moins les documenter si l'on ne peut les éviter. Les contre expériences doivent être documentées sans être nécessairement rendues systématiquement transparentes. Il faudrait lancer un chercheur sur cette piste.
- g) Dans la mesure du possible, un démonstrateur doit être lié à des bâtiments labellisés (BBC par exemple). Quand label et technologie sont liés, la notoriété du label rejaille sur la technologie. Il n'existe pas de label pour la géothermie basse température à l'heure actuelle.

4. Les cibles d'un démonstrateur

- a) Les cibles visées devraient être : les clients finals, les aménageurs, les architectes, les écoles pour les questions de formation, les artisans, les bureaux d'études.
- b) Avec la garantie décennale en France, les assureurs ont la capacité de freiner ou non l'avancée d'une technologie nouvelle. Le groupe propose de travailler avec des assureurs et d'utiliser les démonstrateurs pour les rassurer sur la technologie.
- c) Enfin, les mairies et services techniques sont demandeurs d'informations sur cette technologie.
- d) Les trois pôles de compétitivité qui traitent des énergies renouvelables devraient s'impliquer dans la géothermie.
- e) Des démonstrateurs liés aux pôles de compétitivité pourraient constituer un atout dans le développement de la technologie.

5. Quel démonstrateur pour quels marchés ?

- a) Un tableau à double entrée par technologie et par segment de marché a été construit. Les technologies retenues sont :
 - les sondes,
 - les champs de sondes,
 - les corbeilles,
 - les pieux,
 - les forages à moins de 1 000 mètres,
 - la chaleur des tunnels ou des tranchées couvertes qui se développe dans certains pays.

Les segments de marché retenus sont :

- les villas,
 - les quartiers de villas,
 - le tertiaire comprenant des bâtiments plus grands qui nécessitent généralement à la fois du chaud et du froid,
 - le segment de marché de la formation avec les artisans et les écoles techniques.
- b) La diffusion de résultats de retours d'expériences est souhaitable et semble suffisante pour les maisons individuelles comprenant une sonde unique.
 - c) Pour les besoins de formation aux technologies de sonde unique, un démonstrateur par département pourrait être ouvert aux visites dans un souci de proximité, peut-être dans une école. Cette solution permettrait de réaliser une centaine de démonstrateurs en France instrumentés ou documentés. La priorité d'une telle demande reste à préciser. Le coût est à évaluer.

- d) Le segment du champ de sondes pour un quartier de villas nécessite la réalisation d'un démonstrateur dédié à la construction neuve et d'un démonstrateur dédié à la rénovation, prenant en compte des solutions de stockage saisonnier et de régénération.
- e) La concurrence avec le solaire et la PAC rend la définition de ce démonstrateur plus complexe, mais le démonstrateur doit être optimisé et de qualité.
- f) La demande la plus forte en démonstrateurs concerne la production de chaud et froid dans les bâtiments du secteur tertiaire : besoin de démonstration dans des bâtiments de 4 000 à 10 000 mètres carrés en neuf et en rénovation. De tels démonstrateurs sont plus grands, plus coûteux que ceux qui utilisent des sondes uniques : un par région ou zone climatique suffirait à répondre à l'exigence de proximité. Des réalisations existent déjà en France mais il n'y a pas d'informations sur résultats et les performances obtenues. Avant de créer de nouveaux démonstrateurs, il serait intéressant de faire l'inventaire de l'existant (ce qui permettrait de gagner dix ans de recul en exploitant ces exemples).
- g) Le groupe de travail n'a pas exprimé de besoin de démonstrateurs mettant en œuvre des nouvelles technologies incluant notamment des pieux énergétiques.
- h) Les pieux seront certainement combinés à un champ de sondes : sur les dix ou vingt démonstrateurs de champs de sondes en France, quelques uns pourraient exposer des pieux.
- i) Aucune demande n'a été formulée sur les tunnels.

6. Le suivi des démonstrateurs

- a) Le suivi d'un démonstrateur doit pouvoir être réalisé par un prestataire indépendant pendant un an minimum, idéalement dix ans. L'appel à des installations existantes avec un recul d'exploitation est envisageable.
- b) La communication des résultats d'un démonstrateur peut prendre plusieurs formes. Par exemple, la revue Géothermie en France est considérée par le groupe comme une publication de bonne qualité, et sa diffusion pourrait être poussée.
- c) Le nom « Géothermie en France » fait penser à la géothermie de profondeur, ce qui ne permet pas de saisir toute la nouveauté de cette technologie. Un nouveau titre « Géothermie et chaleur du sol » est suggéré, qui permettrait d'introduire la géothermie basse température. Les éditeurs de cette revue doivent en discuter.
- d) L'ADEME « Ile-de-France » organise des réunions thématiques sur le sujet de la géothermie ou de la chaleur du sol. Il serait intéressant d'en organiser une tous les trois mois (durée : deux ou trois heures), pendant laquelle les acteurs viendraient partager les problèmes concrets qu'ils rencontrent sur les chantiers.
- e) L'édition de fiches présentant les bons et les mauvais exemples constituerait un apport intéressant.
- f) Les Espaces Info Énergie ne sont pas assez exploités.
- g) Le CLER pourrait être un vecteur intéressant, les inclure dans la réflexion sur la Géothermie constituerait un atout.

7. Le financement des démonstrateurs

- a) Qui paierait pour des démonstrateurs et leur suivi ?
- b) L'ADEME a des fonds à disposition et les régions également via le FEDER.

8. Les facteurs du développement de la géothermie basse température en France ?

- a) Le principal problème semble résider dans le manque d'offre de services pour les opérateurs qui voudraient lancer une activité : les systèmes sont complexes, les technologies se confondent, les limites de compétences entre les métiers sont difficiles à cerner sur un chantier entre le géologue, l'hydrogéologue, le chauffagiste, l'ingénieur, le plombier, le sanitaire, les allotissements, les assurances. Aucun document ne décrit clairement tous ces points.

- b) La mise en service est source de problème. Par expérience, le budget prévu pour le suivi du projet est utilisé la première année pour réaliser ce qu'on appelle le *fine-tuning* : la première année sert à réparer les erreurs et à ajuster le système. La véritable mesure des performances du système n'intervient qu'à l'issue de cette année de mise en service
- c) La formation de base et la formation continue sont des facteurs clés de succès.
- d) Y a t il suffisamment de bons foreurs ? Dans certaines régions les foreurs expérimentés sont peu nombreux.
- e) Une mise à niveau globale des connaissances des foreurs pourrait être utile.
- f) Les établissements publics locaux d'éducation pourraient être des relais utiles des démonstrateurs.
- g) Il n'existe pas d'association professionnelle de la géothermie en France. Elle existe au sein de l'EGEC au niveau européen. L'EGEC est d'ailleurs en train d'aider à la création de cette association professionnelle en France. Le CLER pourrait jouer un rôle. Les démonstrateurs peuvent contribuer à cette création, ou inversement. Ces associations sont un vecteur d'informations et pourront orienter les programmes de recherche vers les problématiques de terrain de la profession.
- h) Les démonstrateurs eux-mêmes sont une clé de développement de la géothermie basse température en France. Toutefois le groupe de réflexion ne semble pas convaincu que les démonstrateurs étaient essentiels pour le développement du marché.
- i) Combien de démonstrateurs faudrait-il en France ? Sans compter le besoin d'un démonstrateur de sondes verticales par département, le groupe estime que vingt à trente démonstrateurs doivent être instrumentés et documentés. La qualité de la communication autour des démonstrateurs est jugée plus importante que le nombre de démonstrateurs.



Compte-rendu des ateliers : réflexion autour des axes d'un programme de recherche

Synthèse des travaux des ateliers

Atelier « Accompagnement du marché » Philippe LAPLAIGE

1. L'accompagnement du marché suppose de monter des opérations de référence qui puissent être visitées, comportant des éléments visuels.
2. Il a été mis en exergue le besoin d'information des maîtres d'ouvrage car ils sont souvent incapables de discuter des possibilités avec leur maître d'œuvre. Ce besoin d'information pourrait être comblé par l'organisation de soirées ou de réunions d'information.
3. Les participants ont beaucoup insisté sur la discussion et le bouche-à-oreille. Ils estiment qu'il existe beaucoup de documents d'information mais pas forcément connus.
4. L'écrit n'est pas forcément un bon vecteur, ou du moins insuffisant.
5. Il convient de mobiliser des relais régionaux et locaux, tels les CCI et les associations régionales pour diffuser l'information.
6. Les guides techniques existants devraient être complétés.
7. La rédaction d'un document technique unifié (DTU) pour l'information sur les maisons individuelles est envisagée.
8. Les participants souhaitent que les informations réglementaires soient plus accessibles et que la réglementation soit simplifiée. Le groupe a exprimé le besoin d'obtenir des informations sur les professionnels, BET et opérateurs du domaine.
9. Le besoin exprimé de formation des foreurs qui réalisent des sondes géothermiques verticales n'est pas couvert par l'offre de formation actuellement proposée dans ce domaine, en particulier pour ce qui concerne la mise en œuvre.
10. Pour garantir la qualité des installations dans le secteur de la maison individuelle, le groupe propose de renforcer les contrôles sur les opérations. Dans le secteur des installations collectives, les professionnels sont jugés plus compétents.
11. L'offre de formation pour les BET est jugée insuffisante : elle devrait comprendre le dimensionnement des installations.
12. Une formation de base pour les maîtres d'ouvrage relèverait plutôt de l'information que de la formation.
13. Les relais sont donc essentiels. Une association nationale sur la géothermie pourrait porter le sujet et travailler à répondre à ces besoins.

o o o

Compte-rendu des ateliers : réflexion autour des axes d'un programme de recherche

Synthèse des travaux des ateliers

Atelier « Techniques de captage et sol » Hervé LESUEUR

1. Un besoin de retour d'expérience

- a) Les participants ont exprimé un besoin fort de retours d'expérience, d'informations sur des réalisations exemplaires. Trop peu de projets de ce type voient le jour en France, ou ne communiquent pas.
- b) Difficulté pour connaître les responsabilités du projet et les limites des garanties. Les professionnels qui travaillent sur la conception connaissent leur métier mais ignorent jusqu'où peuvent aller leurs propositions,
- c) Les participants font état d'un frein administratif ressenti: l'administration est coopérative mais elle ignore si elle a la compétence pour traiter le dossier.
- d) Il existe une confusion entre « extraire » et « échanger » de l'énergie. De même, la définition de la « réversibilité » ou de « l'équilibre » sont mal maîtrisées.
- e) La demande exprimée par les maîtres d'ouvrage aux opérateurs est mal retranscrite. Les BET sont-ils force de proposition ou osent-ils proposer des variantes techniques ?
- f) Les professionnels ont la compétence et la connaissance mais ils restent prudents dans leurs propositions.

2. Un besoin de connaissance du sous-sol

- a) Les professionnels estiment avoir des compétences mais pas la connaissance des propriétés locales du lieu où ils opèrent. Les Suisses et les Allemands disent connaître le milieu dans lequel ils opèrent tandis que les Français sont encore en demande de connaissances fondamentales sur le proche sous-sol dans le cadre de la géothermie basse température.
- b) Le maître d'ouvrage a besoin de disposer d'éléments lui permettant de choisir et d'orienter ses recherches : il manque des outils d'aide à la décision, simples.

3. La confiance dans la technologie

- a) Les professionnels ont confiance dans la technologie des sondes.
- b) L'expression des garanties pose visiblement problème : qui doit s'assurer ? Pour quelle couverture de risque ?

4. Les bureaux d'études

- a) Les BET sont-ils assez expérimentés ? La réponse est oui. Il leur manque simplement quelques données locales, faute d'une capitalisation des retours d'expérience.
- b) La profession a besoin de références qui puissent être visitées, fournissant des données technico-économiques et bénéficiant d'un recul d'exploitation. Ces informations ne sont disponibles qu'à l'étranger.

5. Les études de préfaisabilité

- a) Les études de préfaisabilité sont nécessaires. Elles aident la maîtrise d'ouvrage à orienter ses choix. Les conditions de réalisation et le contenu de ces études manquaient de clarté : la personne en charge, la durée de l'étude, le prestataire...
- b) Des outils de modélisation simples qui produisent des résultats comparables, sont nécessaires, ne serait-ce que pour borner les contours du dispositif envisagé.

6. La normalisation

- a) La mise en place de normes et de processus ne doit pas brider l'imagination de BET compétents.
- b) Malgré tout, il semble nécessaire de normaliser les procédures de test des pieux.
- c) Les professionnels ont envie de travailler sur les surfaces échangeuses de chaleur mais le public sent que la technicité est encore à acquérir et le risque parfois présent.
- d) Un outil de test opérationnel et simple pourrait être ajouté à la panoplie des géotechniciens. La simplicité doit être un objectif, au moins pour que les dossiers de demande au Fonds Chaleur puissent être élaborés.
- e) La technologie des sondes ne semble pas poser de problème de durabilité et de pérennité à très long terme, comparée aux autres technologies comme les nappes.
- f) Il est nécessaire de normaliser et de disposer d'un modèle pour prévoir l'exploitation et la maintenance (document guide évolutif).
- g) Il faut borner la demande en énergie du bâtiment et de ses usages car ces derniers peuvent évoluer : un bâtiment peut changer d'affectation, passer du tertiaire au résidentiel, et le système doit pouvoir être adapté.
- h) Des courbes-type permettraient aux modèles de produire des résultats comparables.
- i) Il est nécessaire de fournir des guides afin que les études avancent dans même sens et que l'information soit capitalisée.

7. La simulation dynamique

- a) Le domaine de la simulation dynamique est nouveau en géothermie, il n'est abordé que contraint et forcé. Il faut sans doute travailler à lever la confusion entre la notion de puissance installée, puissance de pointe et puissance d'appoint exprimée en atelier.
- b) Il existe une confusion dans les esprits sur les plages de fonctionnement, les cycles journaliers, hebdomadaires, saisonniers, en particulier pour les systèmes de type chaud/froid.
- c) Les clients n'expriment pas spontanément un besoin à la fois en chaud et en froid alors que ce besoin est quasi systématique. Il est nécessaire de travailler à faciliter l'expression de leurs besoins.

8. Le dossier administratif

- a) La complexité du dossier administratif pose moins de problème que l'identification d'un responsable de son traitement. Le groupe de réflexion suggère toutefois que le contenu soit simplifié.
- b) Les délais d'instruction d'une autorisation d'exploitation varient fortement selon les pays : le délai est de six à neuf mois en France pour parfois un mois et demi ailleurs en Europe.

9. La technologie

- a) La technologie sur nappes aquifères n'inspire toujours pas confiance car cette technologie doit être confiée à des professionnels pour durer. Contrairement aux maîtres d'ouvrages dont ce n'est pas le métier, les exploitants professionnels maîtrisent l'exploitation des nappes.

- b) La technologie des sondes est très favorablement perçue, le travail de communication de ces dernières décennies ayant porté ses fruits.
- c) Les sondes sont perçues comme une solution fiable et de long terme.
- d) Le captage horizontal est un marché de niche. La filière a fait des erreurs qui ont été identifiées et capitalisées, elle inspire confiance aujourd'hui. Cependant les échangeurs horizontaux de trente à cinquante watts sont peu courants en France.
- e) Les pieux posent la question de la répartition des risques. Il faut travailler dans ce domaine étant donné sa forte attractivité et le nombre d'opérateurs volontaires.
- f) Les capteurs compacts sont totalement méconnus. Or, ils représentent le domaine des outils qui peuvent fournir les trente à cinquante kilowatts nécessaires aux bâtiments à basse consommation. L'effort ne doit pas porter sur l'information mais sur la R&D. Il faut créer un démonstrateur.
- g) .Concernant le portage des projets, Les garanties décennales et les assurances posent beaucoup de problèmes aux BET, aux opérateurs et aux maîtres d'ouvrage. Le problème ne concerne pas seulement la géothermie. Personne ne sait comment contractualiser simplement le montage de projet, les engagements ou l'efficacité énergétique avec une périodicité annuelle ou saisonnière. Il apparaît nécessaire d'avoir un référentiel de performance, mais ce dernier existe peut-être au niveau européen et nous pourrions alors nous y raccrocher.



Compte-rendu des ateliers : réflexion autour des axes d'un programme de recherche

Synthèse des travaux des ateliers

Atelier « Bâtiments et Systèmes » Peter REIDERER

1. Les interrogations

- a) Comment convaincre les clients de l'intérêt de la géothermie ?
- b) Quels sont les freins éventuels à cette solution ?
- c) Quelles interactions entre le sol et le système ?
- d) Quelles sont les tendances côté captage ou échanges géothermiques ?
- e) La profession s'orienterait-elle vers la technologie sur nappe aquifère, verticale, horizontale ? Ce questionnement relevait plutôt des thématiques de l'autre atelier.
- f) Comment dimensionner le *geocooling* ?
- g) Quelle sera la place de la géothermie dans les bâtiments de demain ?
- h) Les besoins évoluent entre le chauffage, l'eau chaude sanitaire et le refroidissement.
- i) Quelles formations pour les installateurs, les foreurs et les écoles d'ingénieurs ?
- j) Comment coupler la géothermie avec d'autres énergies, surtout dans les bâtiments de demain où la tendance est à la réduction de l'énergie consommée ?
- k) Comment faire le lien entre les remontées du terrain et les BET ?
- l) Quelle l'intégration des quartiers urbains et lotissements dans le réseau ?
- m) Nous avons demandé aux participants leur vision du bâtiment géothermique de demain.
- n) Nous leur avons demandé quelles seraient, selon eux, les recherches à mener pour améliorer les performances.

2. Les attentes des acteurs du bâtiment

- a) Les acteurs du bâtiment sont convaincus que les systèmes utilisant la géothermie ont de bonnes performances énergétiques. L'avantage environnemental, la pérennité et la qualité des prévisions de consommation sont mis en avant. La possibilité d'obtenir gratuitement du froid par le procédé de *geocooling* est appréciée. La démarche qualité de la filière se met en place progressivement avec Qualipac. L'offre à destination du marché de la maison individuelle est mature.
- b) Les coûts d'investissement importants sont des freins fréquemment évoqués, ainsi que la compétence des installateurs.
- c) L'offre de forage est jugée insuffisante et peu compétitive.
- d) Les particuliers et certains professionnels sont mal informés.

3. Le bâtiment de demain

- a) Il est nécessaire de travailler sur les systèmes et bâtiments afin de minimiser la consommation d'énergie primaire et l'émission de gaz à effet de serre, mais également d'optimiser la fiabilité de ce système et d'en minimiser les coûts.
- b) Le rapport entre eau chaude sanitaire, refroidissement et chauffage va sans doute évoluer dans le bâtiment géothermique de demain. La consommation d'eau chaude sanitaire devrait rester constante tandis que la demande de chauffage se réduirait au profit de celle de refroidissement.
- c) Les PAC auront des puissances de plus en plus faibles. Dans les bâtiments neufs, l'eau chaude sanitaire sera le premier poste de consommation. Nous devons réfléchir à l'intégration de la géothermie dans les bâtiments en rénovation.

- d) La Suisse estime que la notion de choix des technologies en fonction des contraintes économiques s'estompera à long terme avec le renforcement de la réglementation. Le système de demain intégrera le *geocooling* et utilisera donc gratuitement le froid du sol. La géothermie se combinera à d'autres énergies comme le solaire, la biomasse ou des réseaux de chaleur.
- e) La gestion du bâtiment sera de plus en plus innovante, avec par exemple de moyens de régulation et de gestion des énergies couplées ou même des stores et de l'éclairage. On intégrerait les prévisions météorologiques à la gestion du bâtiment dans l'objectif de réduire globalement sa consommation d'énergie.
- f) Le dimensionnement des sondes géothermiques serait réduit. Les quartiers et lotissements devraient mutualiser les champs de sondes.

Des pistes de développement

- a) Améliorer la connaissance et des performances des échangeurs géothermiques, de la PAC, de l'émission et de la distribution de chaleur, la conception, et enfin la gestion du système.
- b) Le coût des systèmes de captage pèse dans le coût global d'une installation d'échangeurs géothermiques. La mise en œuvre de capteurs préfabriqués ou conçus pour minimiser les manipulations sur chantier est plébiscitée. Il manquerait des outils numériques fiables pour pouvoir intégrer les échangeurs géothermiques dans les outils de dimensionnement ou dans la conception du système global.
- c) Tous s'accordent sur le fait que l'amélioration de la performance de la PAC peut réduire les consommations d'énergie primaire. Nous avons parlé de PAC électriques mais nous n'avons pas véritablement exclu d'autres types de PAC comme celles à absorption ou la pompe magnétique actuellement à l'étude en Suisse. Nous devrions adapter la PAC au marché de la rénovation et à l'eau chaude sanitaire.
- d) Des PAC à très faible puissance modulante seraient plus adaptées aux bâtiments de demain mais nous devons tenir compte des pics de puissance : la PAC devra répondre à la fois à la demande d'eau chaude sanitaire et à celle de chauffage. Dimensionner la pompe uniquement pour le chauffage comme cela est fait aujourd'hui ne permettra pas d'assurer demain les pics de puissance générés par l'eau chaude sanitaire. Nous devons trouver des solutions. A long terme, nous pourrions travailler à l'amélioration les fluides. Une solution eau-air est envisagée.
- e) Nous pouvons coupler les énergies motrices avec d'autres sources comme le solaire au niveau thermique, ou la cogénération au niveau de l'alimentation électrique. Nous pourrions même combiner les couplages thermique et électrique en alimentant la PAC avec l'énergie de la cogénération par exemple.
- f) Nous devrions réduire la consommation des auxiliaires dont la part relative au sein de la consommation totale va augmenter à mesure que nous réduisons les besoins globaux du bâtiment. L'intégration systématique de pompes ou de ventilateurs à fréquence variable permettrait de gérer les flux de manière optimale et de réduire cette consommation des auxiliaires. Éteindre est une solution qui n'est guère employée aujourd'hui. Nous devons travailler sur des fluides qui améliorent les performances des systèmes.
- g) Pour optimiser le COP annuel d'une installation, nous devons d'un côté augmenter la température de la source –donc des sondes géothermiques, et de l'autre réduire les températures d'émission. Nous proposons de développer des émetteurs adaptés aux bâtiments en rénovation qui auraient la température la plus basse possible. Nous avons parlé des murs chauffants par exemple.
- h) Si nous voulons combiner la gestion des stores, de l'éclairage et les gains passifs du solaire, nous devons disposer d'émetteurs moins inertes que ceux sur le marché aujourd'hui. Cependant, il faut réfléchir à un optimum d'inertie de ces capteurs.
- i) La conception du système global est importante. Le tertiaire a besoin à la fois de chaud et de froid, les sondes géothermiques ne doivent pas nécessairement gérer l'ensemble de cette demande : il serait possible de coupler les besoins de froid et de chaud pour réduire

les extractions et les réinjections dans le sol. Nous pourrions ainsi réduire le dimensionnement des champs de sondes.

- j) Le stockage saisonnier est un aspect à intégrer pour améliorer les performances et réduire les coûts. Nous pourrions réduire le dimensionnement des sondes. La mutualisation des échangeurs au sein d'un quartier de maisons individuelles pose la question d'une PAC unique et centralisée ou de pompes décentralisées. Nous préférons par principe la décentralisation des PAC mais l'opportunité dépend des cas rencontrés.
- k) Concernant les fluides caloporteurs, il est suggéré de travailler plus fréquemment avec de l'eau dans les sondes. En effet, dans la mesure où les besoins énergétiques vont en s'amenuisant dans les bâtiments, nous pourrions sur-dimensionner tout en garantissant de ne pas dépasser la température de gel. Les avantages seront également écologiques car le glycol disparaîtrait.
- l) La possibilité d'intégrer des systèmes de stockage alternatifs au sol pour optimiser les performances et le tarif de l'électricité, n'ont pas été abordés.
- m) La combinaison avec d'autres sources énergies renouvelables est importante... La possibilité d'une combinaison avec d'autres énergies doit être intégrée dès la conception.
- n) Les outils de conception et de dimensionnement doivent intégrer les questions de stockage saisonnier. Les BET souhaitent des méthodes de dimensionnement dynamique plus accessibles. Ils manquent de temps et de moyens pour s'investir pleinement dans l'utilisation de TRNSYS par exemple
- o) Le groupe a relevé un manque de données sur les véritables caractéristiques des PAC. Elles ne sont pas satisfaisantes et ne permettent pas de réaliser des études de dimensionnement.
- p) Quelle place donner aux plateformes et méthodes d'essai en général, et dans les certifications? Le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) travaille sur une plateforme de tests dynamiques de PAC ou de systèmes globaux de PAC.
- q) Gérer de façon intelligente ce qui a évolué dans la conception globale du système reviendrait à travailler par exemple sur les pompes modulantes ou sur les ventilateurs. Dans le domaine du multi-énergies, la gestion de l'appel à l'une ou l'autre des sources d'énergie en jeu doit dépendre de données météorologiques ou tarifaires.
- r) La gestion des fonctionnalités de chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage doit être intégrée.
- s) Le stockage saisonnier dans le sol doit être utilisé de manière intelligente pour ne pas alterner des demandes d'énergie à la fois pour le froid et le chaud sans analyse du bilan énergétique global.
- t) Des « kits » de suivi des installations durant une opération pourraient être proposés aux opérateurs.

o o o

Compte-rendu des ateliers : réflexion autour des axes d'un programme de recherche

Synthèse des travaux des ateliers

Séance de questions/réponses

Jean-Michel PARROUFFE

Merci pour cette intervention. Nous allons maintenant répondre aux questions. Vous pourrez profiter de l'occasion pour réagir sur le contenu des ateliers. Nous ne traiterons pas toutes les questions aujourd'hui, mais l'ADEME a l'intention d'organiser ce type d'événements à intervalles réguliers car de nombreux thèmes vous intéressent et de nombreux sujets sont encore à approfondir.

Michel COEVOET

Il faudrait augmenter la part du coût de l'ingénierie dans les projets parce que les projets qui incluent des PAC, de la géothermie ou du solaire coûtent relativement cher. Des chiffres ont été donnés: les études d'ingénierie classiques ne représentent que 5 % du budget d'un tel projet. Il faut accepter d'aller au-delà dans ce type d'applications ; à cet égard, les marchés publics donnent l'exemple.

Jean-Michel PARROUFFE

C'est exact et valable pour tous les types de technologies, qu'il s'agisse de sondes ou de technologies plus complexes ou encore de combinaisons de technologies.

Michel COEVOET

La remarque ne concerne pas les installations pour des particuliers mais les marchés du tertiaire où l'on met en oeuvre des puissances importantes qui exigent des mélanges de technologies. Le dimensionnement est assez simple pour une installation comportant une technologie unique mais dès que l'on couple différentes sources d'énergie, l'étude devient autrement plus coûteuse. Il faut accepter d'augmenter à la fois le coût de l'étude préalable mais également l'ingénierie dans le projet.

Jean-Michel PARROUFFE

Dans le contexte du Fonds Chaleur et des projets qui lui seront soumis, ces coûts sont admissibles. Ces projets ont besoin d'une aide pour être réalisés.

Christian BOISSAVY

La question des coûts est importante. Sur les opérations de taille moyenne sur sonde simple, les temps de retour actuels sont de douze à quatorze ans. Sur l'eau, les retours se situent entre huit et dix ans. L'effort doit porter sur le coût de l'installation : tout fonctionne pour le moment avec les aides du Fonds Chaleur qui ont vocation à rester en place pendant vingt ans, mais cette technique doit absolument proposer des temps de retour qui justifient la réalisation d'opérations sans aides. Un travail conséquent est à mener mais le succès devrait être au rendez-vous car peu de sondes se posent en France. Je suis certain que personne dans la salle ne peut me faire visiter une opération comportant plus de 80 sondes. Tant qu'il n'y aura pas d'opérations importantes sur sondes, leur coût restera dissuasif.

Jean-Michel PARROUFFE

Où imaginez-vous des diminutions de coûts ? Dans quelle phase du projet ?

Christian BOISSAVY

La baisse de coût porterait sur la sonde elle-même.

Nicolas de VARREUX

Mais le coût d'un forage comprend des facteurs incompressibles : le coût du gasoil, les machines, le personnel. Il est difficile d'atteindre des tarifs inférieurs à la fourchette de 35 à 50 euros le mètre.

Antoine DOMINGUEZ

Le coût des sondes varie en fonction de la technicité à mettre en oeuvre : par exemple dans un sol simple, les coûts nets linéaires se situent aux environs de quarante euros le mètre. Dans un sous-sol aux caractéristiques plus complexes, les techniques à mettre en oeuvre sont différentes et plus coûteuses. Dans ma région, un tarif au mètre linéaire de 70 à 90 euros est assez élevé. Mieux vaut éviter de réaliser des forages trop profonds car ils génèrent des surcoûts impossibles à amortir. En fonction des difficultés rencontrées, mieux vaut poser six sondes à faible profondeur plutôt que quatre sondes à cent mètres qui nécessiteront un tubage *a posteriori* pour des raisons de sécurité. La connaissance du sous-sol permet d'éviter certains surcoûts.

Jean-Michel PARROUFFE

Il existe des solutions techniques pour éviter les risques.

Antoine DOMINGUEZ

Pour éviter les risques, outre les solutions techniques il faut savoir faire preuve de bon sens : forer vingt mètres de plus pour récolter un demi-degré supplémentaire de température est une opération visiblement coûteuse que l'exploitation ne pourra pas amortir. L'impact sur le COP de la PAC est trop important. Réduire la profondeur et augmenter le nombre de sondes est une solution qui permet parfois d'éviter des difficultés ultérieures. Par ailleurs, le tarif dépend du matériel que le foreur doit amortir. Une petite machine dédiée aux forages courts réduit le coût du mètre linéaire tandis qu'une foreuse de 350 chevaux avec double tête, à double sens de rotation et pré-tubage va sensiblement augmenter la fourchette de prix. Dans mon département, les Pyrénées-Orientales, le tarif au mètre linéaire évolue, selon la difficulté, autour de 45 à 60 euros avec le pré-tubage à l'avancement. L'usure du matériel et les couronnes adaptées coûtent cher.

Hervé LESUEUR

Nous savons que la moyenne des prix allemands est de cinquante euros.

Antoine DOMINGUEZ

Au salon de Stuttgart, j'ai rencontré des foreurs qui tarifaient à quarante euros. Je parle de tarifs dans un sous-sol simple, sans complications.

Nicolas de VARREUX

En Bretagne, les tarifs plancher de forage sont à 25 euros.

Antoine DOMINGUEZ

Le foreur commence son forage le matin et il l'achève le soir même. La qualité est différente selon les zones.

Jean-Michel PARROUFFE

Il n'existe pas de prix standard à l'heure actuelle. Les situations sont systématiquement particulières. Nous pouvons simplement espérer que la pratique et la connaissance des techniques permettra d'adapter les solutions de forage aux cas particuliers, entraînant à terme une baisse des coûts. Mais les projets de géothermie ne comprennent pas que la composante forage. Les autres aspects d'un tel projet seront probablement influencés par l'évolution de la courbe d'apprentissage du secteur. La géothermie demeure une industrie en émergence : la pratique de la conception de telles installations n'est que rarement maîtrisée par les BET. Nous constatons en région PACA que nous n'avons pas encore accès à une offre concurrentielle. Je suppose que d'autres régions françaises font le même constat. Les éléments recueillis aujourd'hui permettront à l'ADEME d'établir un diagnostic (*inaudible*).

Fabrice BOISSIER

Il serait bien utile que l'ADEME garde une trace écrite des tarifications de forage prévues dans les projets aidés par le Fonds Chaleur. Nous aurions ainsi à disposition des bases de données saines sur lesquelles nous appuyer, et nos débats à ce sujet seraient plus constructifs.

Nicolas de VARREUX

La question du forage en France est complexe. Les foreurs ont un certain niveau de compétence en géologie mais aujourd'hui ils doivent avoir plusieurs cordes à leur arc. La géothermie a vulgarisé le forage pour le particulier. Beaucoup de personnes se déclarent foreurs, mais en réalité n'y connaissent rien : ils ont une petite machine et doivent forer pour gagner leur vie. Aujourd'hui, les services d'une personne compétente dans ce domaine et qui dispose de machines adaptées coûtent 55 euros du mètre linéaire quoi qu'il arrive sur cent mètres et quel que soit le terrain. La question de la présence ou non d'une faille ou d'accidents de terrains est neutre.

Le forage de cent mètres est une pratique quotidienne, voire de deux cents mètres par jour. La seule question concernant les foreurs est celle de la formation et de l'utilisation de bons outils.

Jean-Michel PARROUFFE

Je retiens la suggestion de Fabrice qui correspond bien à ce que nous avons prévu. Le suivi des performances en fonction des coûts présentés nous permettra d'alimenter une base de données. Nous pourrions ainsi évaluer la compétitivité de l'offre et expliquer les écarts s'il y en a. Certains écarts peuvent être plus ou moins justifiés.

Philippe GRODZKI

Un cahier des charges a été mis en œuvre dans le cadre du BRGM. Ce cahier des charges aujourd'hui n'est pas tenu. Si l'on respecte le cahier des charges, c'est un problème de déontologie, de qualité du travail et de formation.

Jean-Michel PARROUFFE

Il est toujours utile de disposer de l'information sur les prix pratiqués pour les différentes composantes du marché. Les objectifs de la filière doivent être de progresser en termes techniques mais également en termes de coûts. Nous serons certainement amenés à nous positionner sur cet aspect.

○ ○ ○

Compte-rendu des ateliers : réflexion autour des axes d'un programme de recherche

Conclusions

Jean-Michel PARROUFFE

Je voudrais d'abord vous remercier pour vos contributions tout au long de ces journées d'échanges sur la géothermie basse température. Votre participation active est particulièrement appréciée de l'ADEME. Nous avons dépassé les objectifs fixés à ces journées. Nous avons déterminé les besoins et les mesures à mettre en place tout en les justifiant. L'ADEME est consciente des défis à relever ensemble et engagera des efforts plus importants sur cette filière, tant au niveau régional que national, via le Fonds Chaleur et le développement du système d'observation et de suivi des énergies renouvelables nommé SINOE EnR. Ce système suivra dans un premier temps la chaleur puis l'électrique. Notre intention est de donner suite aux propositions que nous venons d'identifier et d'amplifier nos efforts pour les noter.

10 propositions d'actions non priorisées, pour accompagner les développements de la géothermie à très basse température

- 1. Des démonstrateurs de recherche.**
- 2. Des démonstrateurs de marchés.**
- 3. Des formations pour l'ensemble des acteurs techniques de la conception à la réalisation.**
- 4. Une information visible et largement diffusée.**
- 5. Une association française de géothermie pour supporter la filière.**
- 6. Des suivis d'opérations et des retours d'expériences diffusés.**
- 7. Des outils de dimensionnement et d'optimisation pour les professionnels.**
- 8. Des documents techniques.**
- 9. Un forum d'échange et d'information entre professionnels et acteurs de la filière.**
- 10. Des journées régionales d'information et d'échange sur la géothermie.**

Avant de nous quitter, je souhaite remercier les personnes qui ont rendu possible cet événement. Je pense en particulier à Anne POMART de l'ADEME, Alain FILLOUX d'Alphééis, à Fabrice BOISSIER de BRGM, à Peter REIDERER du CSTB, à Jean-Christophe HADORN, à Hervé LESUEUR et à Ubiquis qui réalise aujourd'hui un travail de synthèse de nos travaux et discussions. Je vous souhaite au nom de l'ADEME d'excellentes fêtes de fin d'année et un bon retour dans vos foyers.