



Ce document contient la transcription textuelle d'une vidéo du MOOC UVED « Énergies renouvelables ». Ce n'est donc pas un cours écrit au sens propre du terme ; le choix des mots, l'articulation des idées et l'absence de chapitrage sont propres aux interventions orales des auteurs.

L'origine de la chaleur exploitée en géothermie

Jean SCHMITTBUHL

Directeur de recherche – CNRS

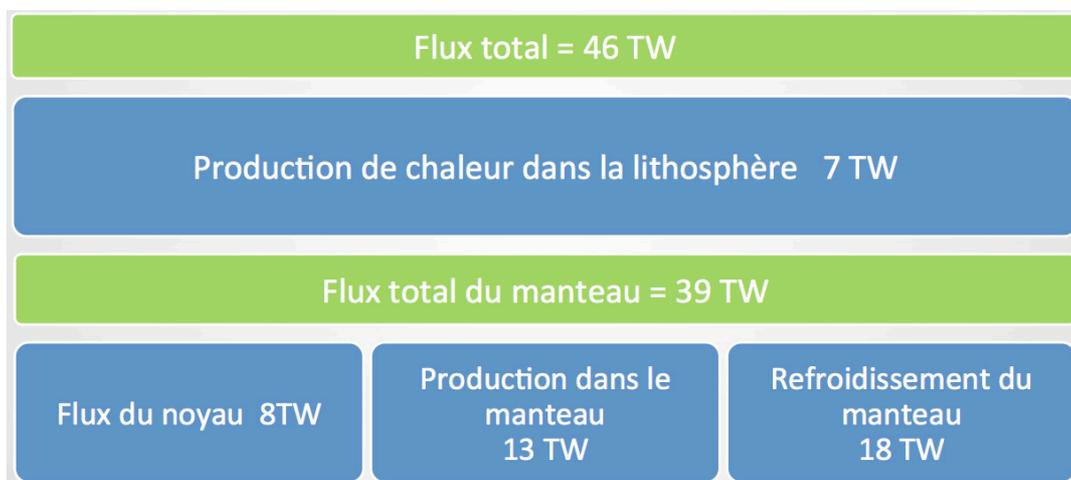
Alors, pour la géothermie profonde, une question assez primaire, première, c'est de savoir d'où vient cette chaleur qu'on cherche à exploiter. Et pour cela, on peut se poser la question à l'échelle du globe : quel est le flux de chaleur qui sort en permanence de la Terre sur tous les mètres carrés à la surface du globe ? Et voir comment se répartissent ces flux de chaleur, quel est son importance et on va essayer ensuite d'aller plus progressivement vers ce qui se passe en métropole pour voir comment se passe la situation en particulier en France.

- Alors, si on regarde la façon dont sort la chaleur du sol sur l'ensemble du globe, on peut voir sur cette figure qu'en permanence, quelques Watts, quelques fractions de Watts en fait sortent par mètre carré et que ce flux de chaleur, en fait il est tout petit et si on veut se faire une idée, typiquement, il est de l'ordre de 90 milliwatts par mètre carré donc si on prend 1 m² d'une surface, il n'y a même pas 1 Watt qui sort.
- Si on veut se faire une idée, c'est en regardant ce qui se passe, par exemple si on était capables de convertir toute cette énergie en électricité, la surface qu'il faudrait pour chauffer quelques ampoules et bien c'est plutôt du domaine d'un terrain de foot.
- ⇒ Donc c'est une petite chaleur qui existe et que l'on cherche à utiliser.
- Et puis, si on regarde de plus près, on voit bien sur cette figure que la distribution de l'émission de la chaleur en permanence elle n'est pas homogène.

- ⇒ Elle se distribue de façon différente entre les continents et les océans et en fait, sur les continents, elle est plus petite, elle est de l'ordre de 60 milliwatts par mètre carré, alors que sur les océans, elle est un peu plus forte.
- Donc, ça c'est le chiffre que l'on peut retenir : sur les continents, on est environ à 60 milliwatts, donc une petite fraction de Watts pour chaque mètre carré de la surface.
- Alors, ce chiffre de 90 milliwatts il faut le situer par rapport à d'autres choses et voir qu'en fait, si on est sur 1 m² à la surface du sol, en fait ces 90 milliwatts, c'est tout petit par rapport à ce qui va venir du Soleil.
- ⇒ Parce qu'on voit sur cette image, on a la distribution de la chaleur reçue par l'ensemble de la surface du globe et là, à chaque mètre carré, on va recevoir en moyenne 342 Watts, ce qui est 4000 fois supérieur à ce qui vient au fait du dessous, sous les pieds on a ce flux interne - 90 milliwatts - mais ce qu'on recevrait au niveau de la tête, ce serait plutôt ces 342 Watts.
- Donc on voit qu'exploiter la géothermie, c'est exploiter quand même une petite partie de l'énergie qui arrive à la surface de la Terre et un ordre de grandeur que l'on peut garder aussi, c'est en France, c'est plutôt de l'ordre de 150 Watts par mètre carré.
- ⇒ Et là on voit que déjà avec 1 m², si on était capables de convertir cette énergie en électricité, on peut déjà allumer pas mal d'ampoules.
- ⇒ Donc on se rend bien compte que c'est deux grandeurs bien différentes.
- Alors, là vous avez un schéma qui résume un peu cette même information.
- ⇒ Sur la surface, sur 1 m² de surface au sol à la surface du globe, on est principalement sensibles à la chaleur qui vient du Soleil, ces 342 Watts par mètre carré et il y a une petite quantité qui vient du sol, qui est ces 90 milliwatts ou 0,09 Watts par mètre carré.
- ⇒ Donc cette petite fraction que l'on cherche à exploiter dans le cadre de la géothermie.
- Alors voilà quelques chiffres pour aussi positionner un peu cette énergie. Elle paraît toute petite, mais en fait, elle reste quand même la deuxième source de dissipation de l'énergie à la surface du globe.

	W (J/sec)	
Énergie Solaire	$1.7 \cdot 10^{17}$	99,97%
Flux géothermique	$4.6 \cdot 10^{13}$	0.03%
Dissipation des marées	$3 \cdot 10^{12}$	0.0018%
Énergie des volcans	$3 \cdot 10^{11}$	0.00018%
Énergie sismique	$3 \cdot 10^{10}$	0.000018%
Production mondiale d'énergie	$1.3 \cdot 10^{13}$ (~9000 centrales nucléaires)	0.0076%
(1 centrale nucléaire: $\sim 1.5 \cdot 10^9$ W)		

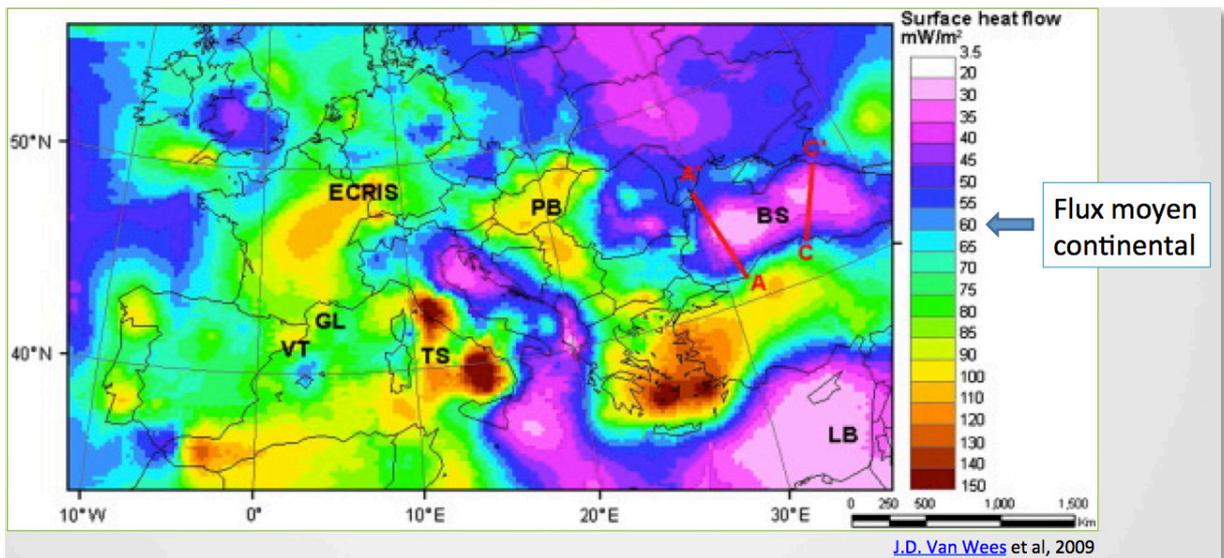
- ⇒ On le voit là, c'est une petite fraction par rapport à l'énergie solaire, comme on l'a dit, mais ça reste quand même plus important que l'énergie qui est dissipée par les marées par exemple ou l'énergie dissipée par les volcans et c'est presque 100 fois l'ensemble de l'énergie qui est dissipée par les séismes à la surface du globe.
- Ce que l'on peut voir aussi, c'est que cette énergie, ce flux géothermique (donc $4,6 \cdot 10^{13}$ Watts), c'est un ordre de grandeur qui est comparable à la production mondiale d'énergie et donc dans l'absolu, si tout était au mieux dans le meilleur des mondes, on devrait pouvoir assurer l'ensemble des besoins mondiaux par ce flux géothermique.
- ⇒ Alors, ce flux géothermique c'est ce qui se passe à la surface du globe, ces 46 TW (ou $4,6 \cdot 10^{13}$ Watts que l'on vient de voir), sur le haut de la figure là, on voit, c'est ce qui sort en permanence sur la surface du globe.
- Alors d'où vient cette chaleur ?



- Si on résume la situation en quelques chiffres clés, on voit que l'essentiel vient du manteau terrestre, donc en grande profondeur, avec une production au niveau du noyau, une production dans le manteau aussi et le refroidissement initial aussi qui contribue à

hauteur de 18 TW, mais un point qui n'est pas toujours bien connu, c'est qu'il y a quand même une partie non négligeable qui vient de la radioactivité qui est présente dans la partie supérieure de la Terre au niveau de la lithosphère.

- ⇒ Donc toute cette production s'échappe en permanence et forme ces 46 TW.
- Alors, cette chaleur, on l'a dit, elle sort en permanence autour du globe, elle est différente entre les océans et les continents mais même au niveau des continents, il y a des grandes variations géographiques et là, vous avez une carte de la distribution de ce flux de chaleur au niveau de l'Europe.



- ⇒ On voit en bleu qu'il y a les 60 milliwatts par mètre carré dont on a parlé qui sont le flux moyen continental.
- ⇒ Mais on voit par exemple qu'en France, il y a dans la partie Est de la France, une grande zone où on est sensiblement au-dessus de ce flux moyen, et puis il y a d'autres zones, comme en Italie, en mer Adriatique par exemple qui sont beaucoup plus froides, ou au sud de la Turquie, et on voit qu'il y a des contrastes importants avec des zones qui sont favorables à ce flux de chaleur et d'autres qui le sont beaucoup moins.
- Alors si on essaie de comprendre ça, on peut voir que c'est très lié à la géodynamique régionale et typiquement, la formation des Alpes contribue à cette distribution du flux de chaleur et également, par exemple, la subduction sur la mer Égée contribue à un potentiel énorme en Turquie, alors qu'au niveau de la mer Égée, le flux est beaucoup plus faible.
- ⇒ Donc il y a un lien fort entre géologie, géodynamique et distribution du flux de chaleur.
- Donc quand on zoome encore un peu plus cette analyse du flux de chaleur sur la métropole, la France métropolitaine, on voit qu'il y a cette distribution sur le centre et

l'Est d'un flux élevé mais que la situation alsacienne est vraiment singulière avec un flux de chaleur qui peut être très important, beaucoup plus important que le flux moyen continental de 60 milliwatts par mètre carré que l'on a discuté précédemment et il peut monter jusqu'à 300 milliwatts par mètre carré ce qui en fait une situation singulière.

- ⇒ Et donc on voit bien que l'exploitation de cette chaleur en particulier en profondeur est très dépendante du territoire et peut être beaucoup plus propice, par exemple en Alsace.
- ⇒ C'est effectivement dans ces régions-là que les grands projets, en particulier de Soultz-sous-Forêt, ont été développés.

