

formation continue universitaire

Valorisation de la géothermie :

Le rôle clé des réseaux de chaleur

Généralités sur l'énergie

J. Faessler

3 novembre 2016

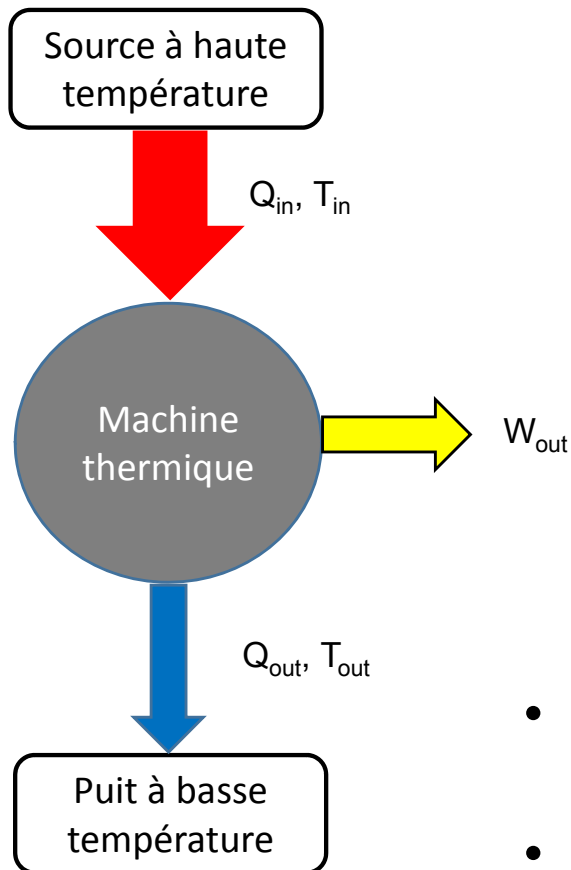
www.unige.ch/energie

www.unige.ch/formcont/geodh/

Energie : deux grands principes

- 1^{er} principe : $W_{in} + Q_{in} = W_{out} + Q_{out}$
 - L'énergie se conserve (quantitativement)
 - Bilan énergétique neutre
- 2^{ème} principe : $S_{in} < S_{out}$
 - Notion d'entropie
 - L'énergie se dégrade irrémédiablement → chaleur inutilisable («fatale»)
 - Rendement et efficacité

Rendement de Carnot



$$T_{out} < T_{in}$$

$$\frac{W_{out}}{Q_{in}} < \eta_c$$

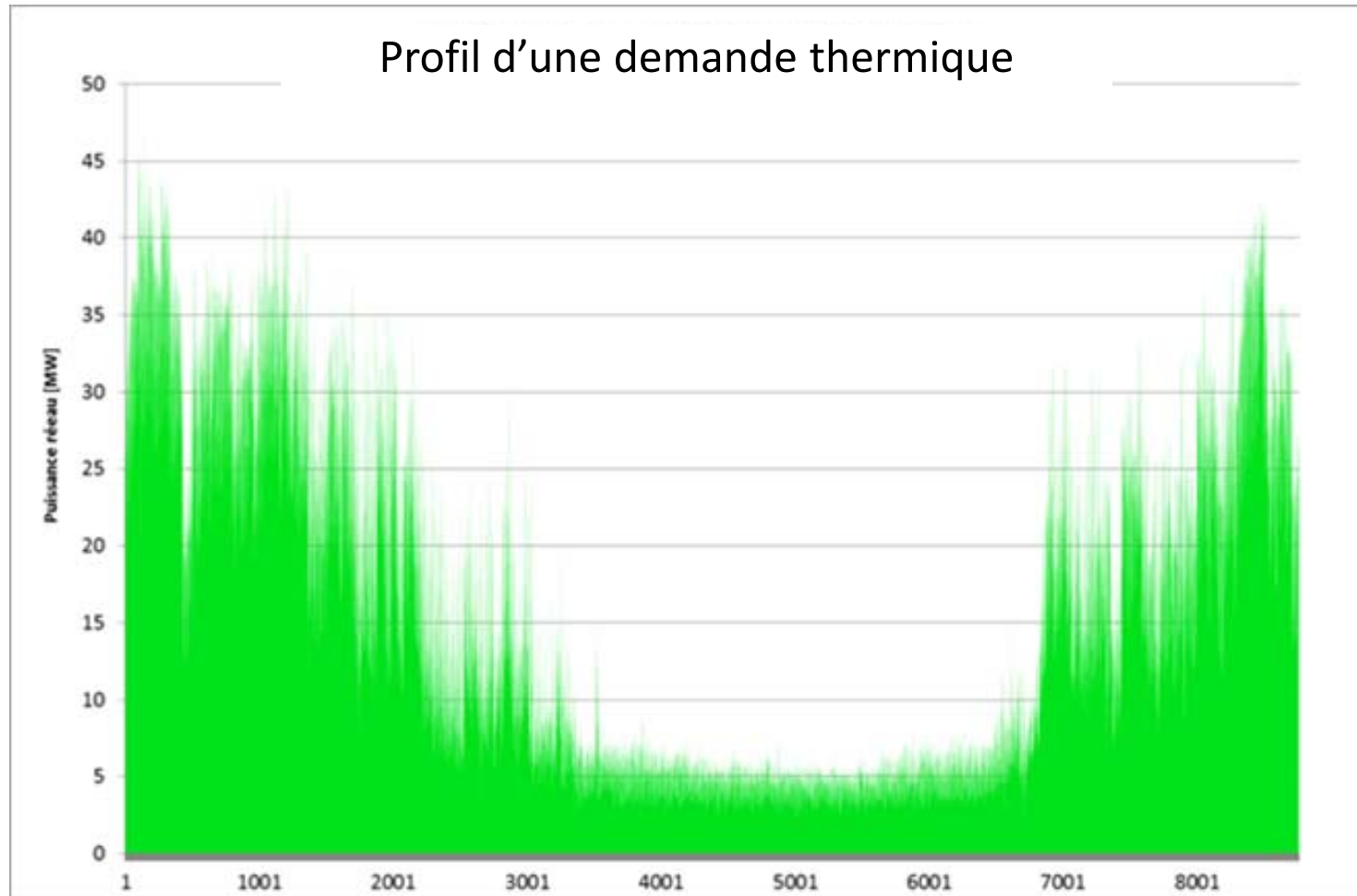
$$\eta_c = 1 - \frac{T_{out}}{T_{in}} = 1 - \frac{T_{froid}}{T_{chaud}}$$

η_c : rendement de Carnot

- Importance du ΔT
- Rendement typique pour la production d'électricité :
 - géothermie 10-15%
 - bois 20%
 - Nucléaire 35%
 - Charbon 35-45%
 - turbine à gaz à cycle combiné 55-60%
 - Hydroélectrique 100%

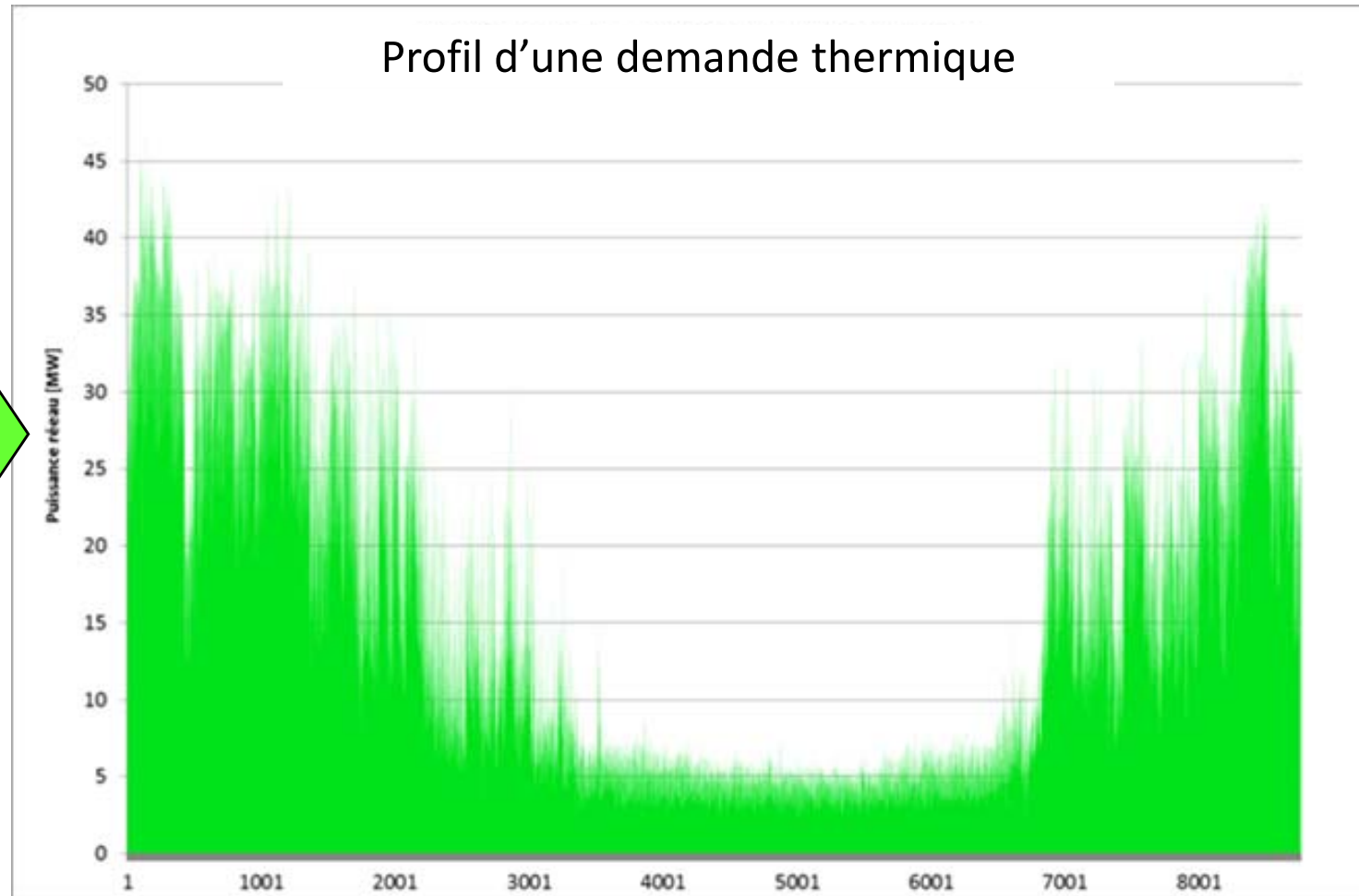
Unités d'énergie

- Tonne équivalent pétrole [tep] = énergie contenue dans 1 tonne de pétrole
 - 1 tep = 41.868 GJ = 11'630 kWh (valeur fixée par l'Agence Internationale de l'Energie - AIE) $\approx$ 1'163 litres
 - 1 baril (bl) = 159 litres = 0.14 tep
- Aussi cal, eV, BtU, etc...
 - Voir conversion sous <http://unit-converter.org/fr/energie.html>
- Société à 2000W : une **énergie annuelle** exprimée en terme de **puissance moyenne** par **habitant** (W/hab/an) en énergie primaire (E_{prim})
 - 2'000W * 8760h = 17'500 kWh = 1'750 litre pétrole = 1.5 tep (ou 11 baril)



Source données Cadiom 2009

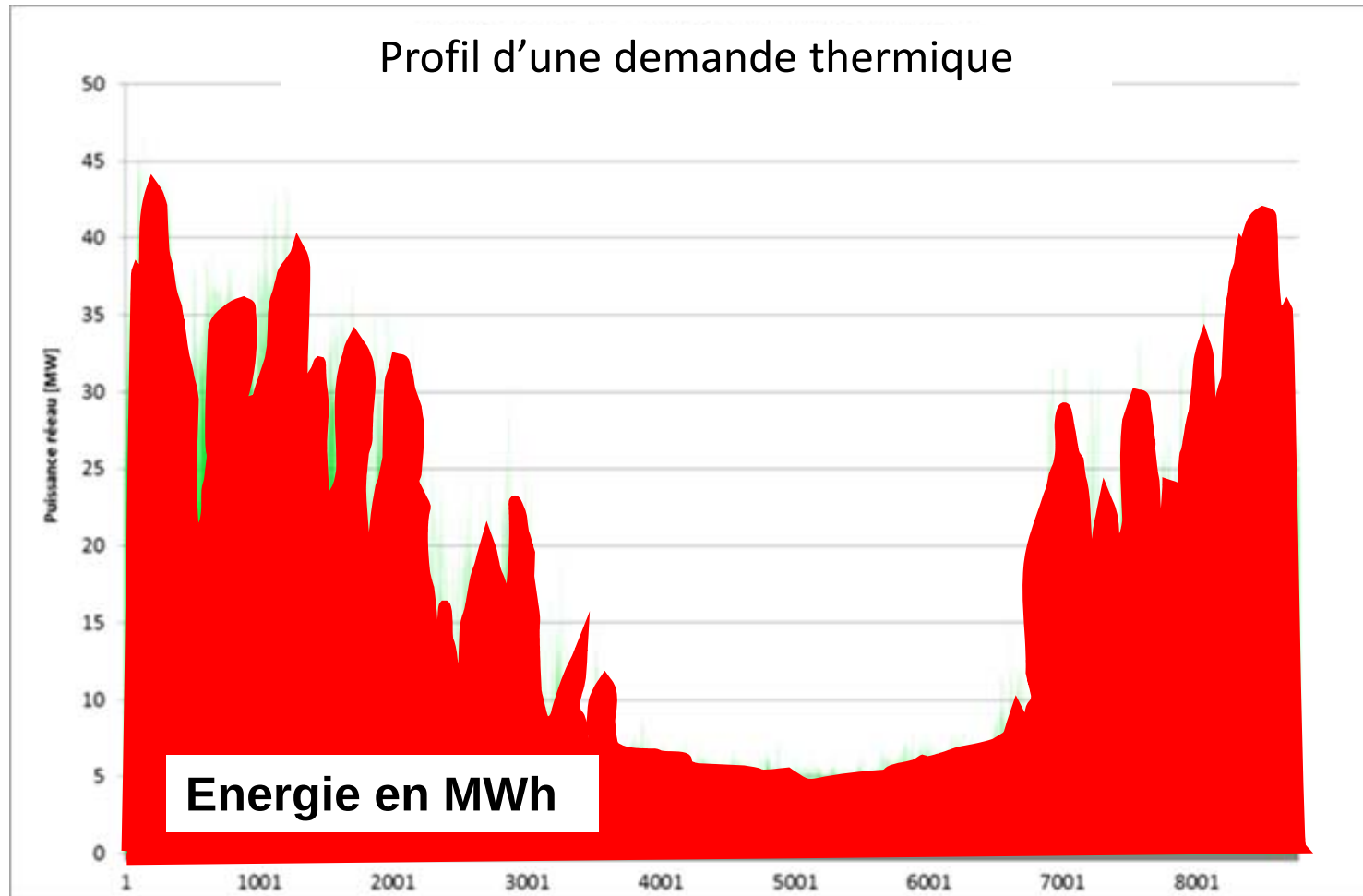
Relation puissance/énergie et demande thermique



Puissance
en MW

Temps en heures

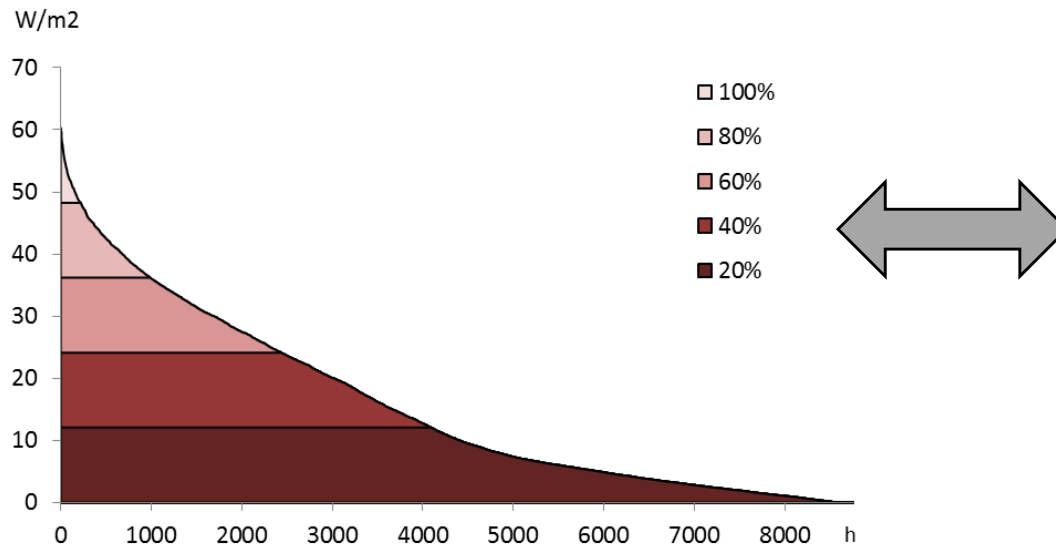
Source données Cadiom 2009



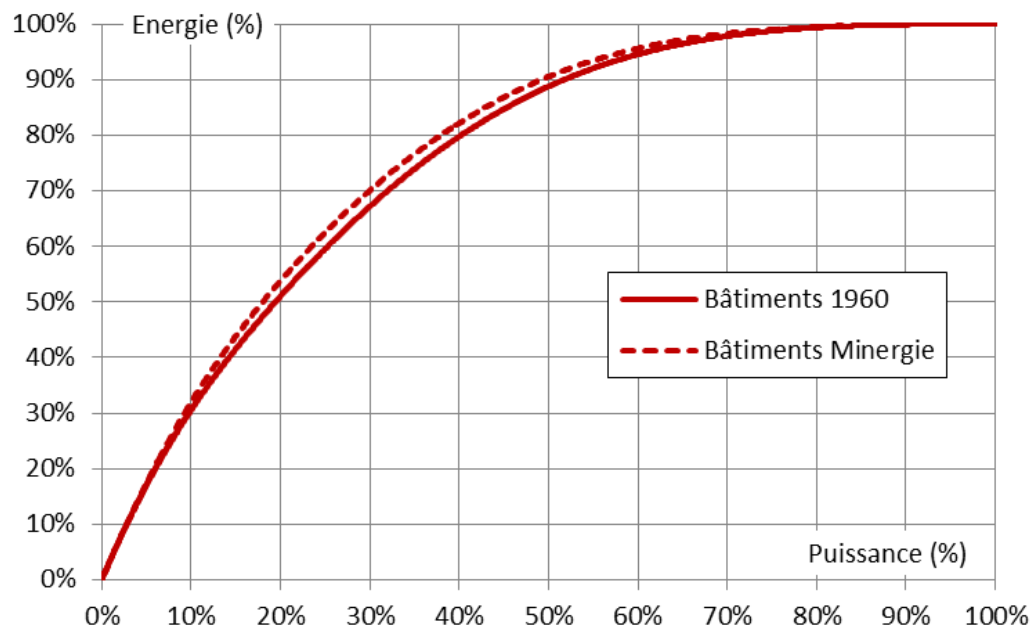
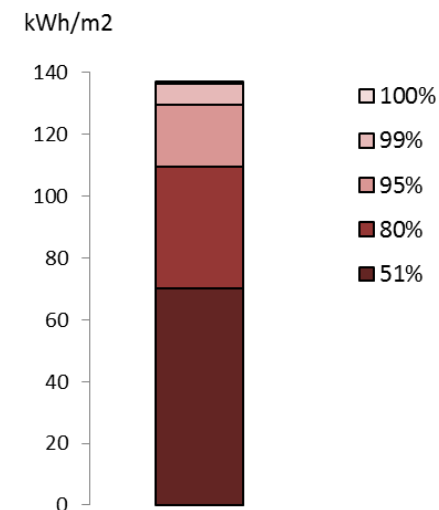
Source données Cadiom 2009

Puissance et Energie

Puissance (monotone de charge)



Energie



NB: cas des logements avec chauffage et ECS

Source : Holmuller, UNIGE

L'exemple des énergies renouvelables mondiales: puissance (capacité) et énergie

Solar Thermal Worldwide

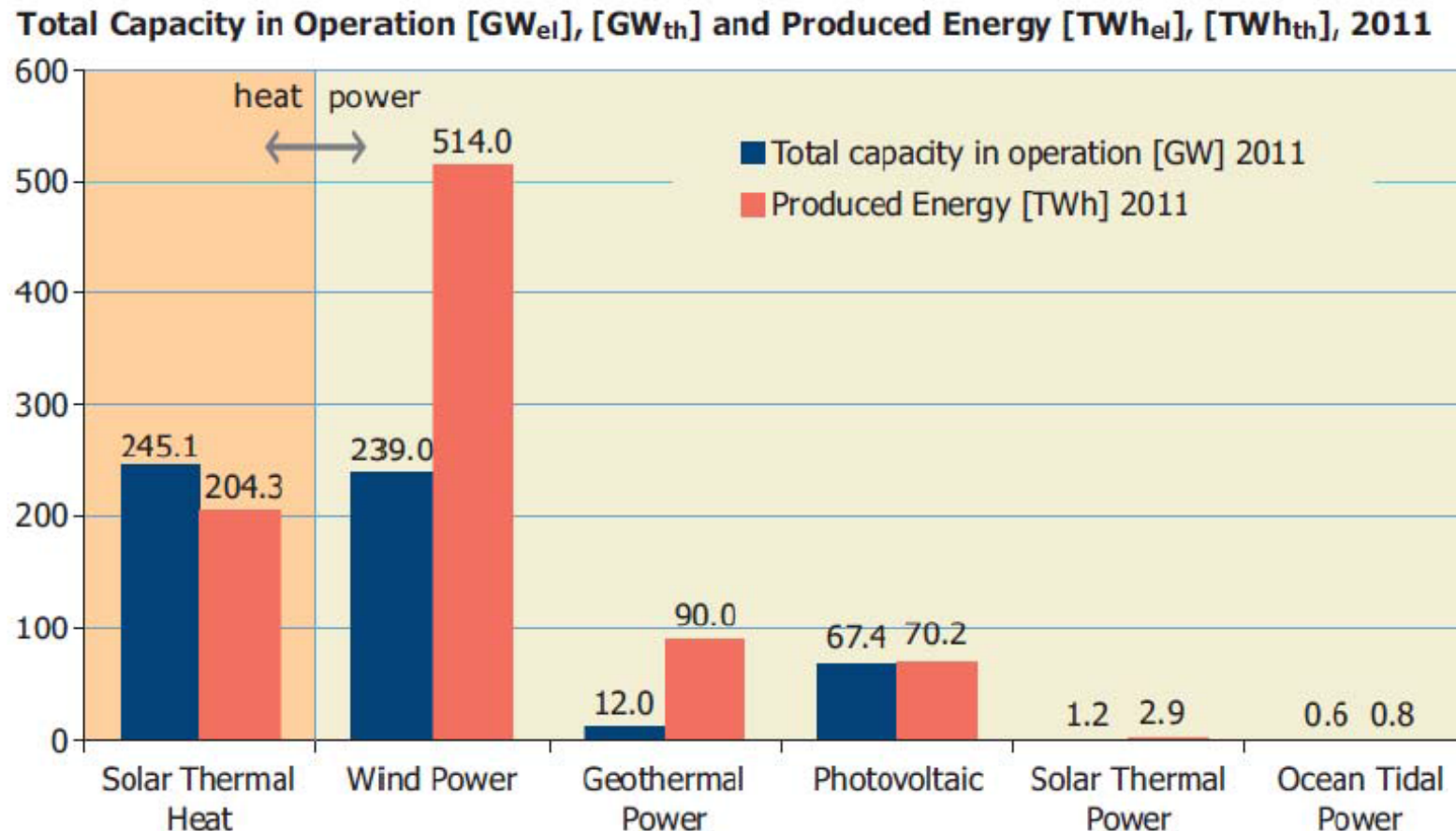


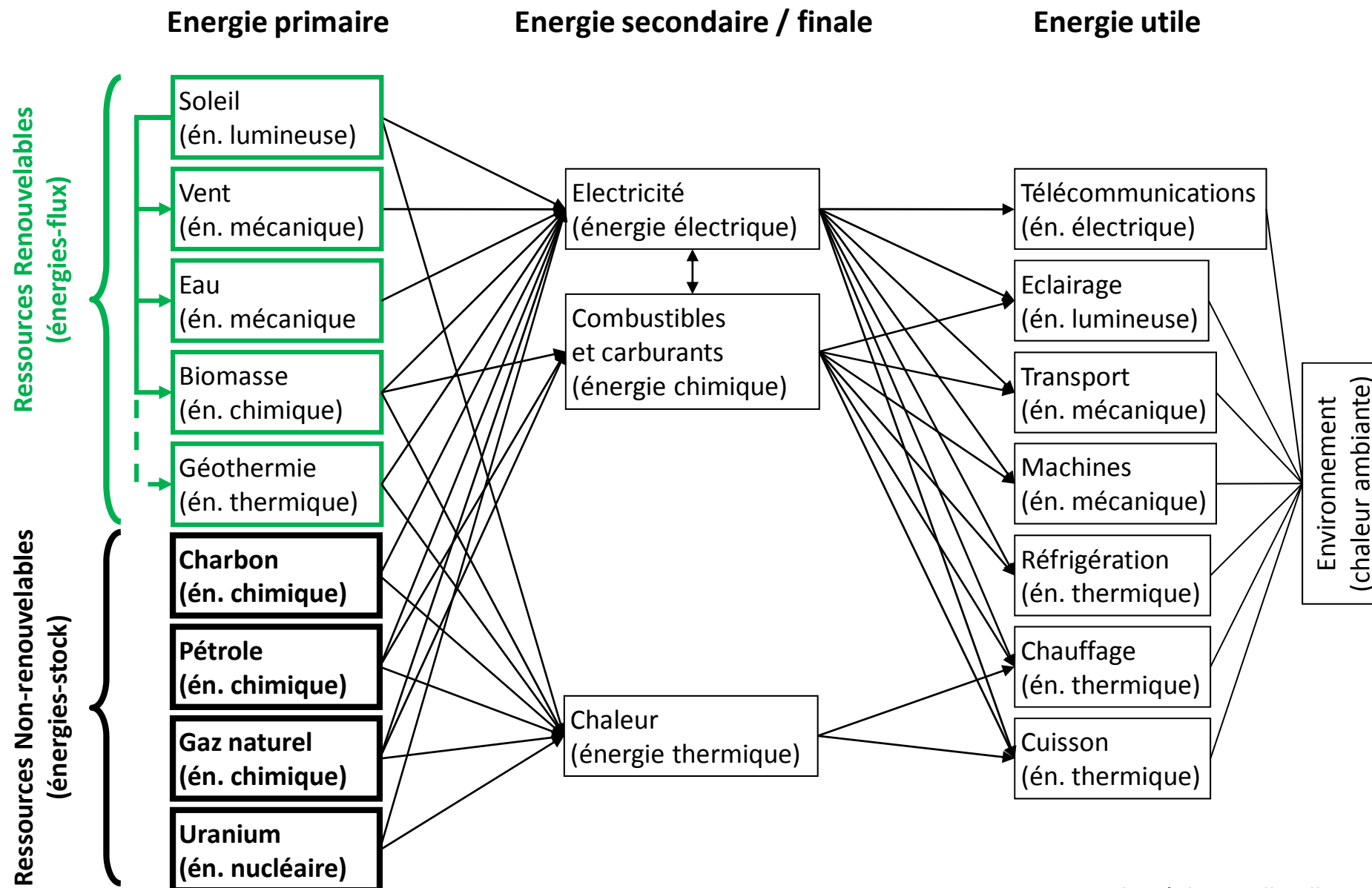
Figure 2: Total capacity in operation [GW_{el}], [GW_{th}] 2011 and annual energy generated [TWh_{el}], [TWh_{th}].

Sources: EPIA, EGEN, Earth Policy Institute, IEA SHC 2011, WWEA

Ressources énergétiques

-
- Renouvelables
 - Flux inépuisables
 - «Gisements»
 - Diffus
 - Soleil
 - Vent, eau
 - Biomasses
 - Chaleur de la terre
 - Ressource « gratuite »
 - Puissance coûte
 - Non renouvelables
 - Stocks finis
 - «Réserves»
 - Énergétiquement dense
 - Fossiles
 - Pétrole, gaz, charbon
 - Uranium
 - Coûts extraction ressource
 - Énergie coûte

Formes d'énergie



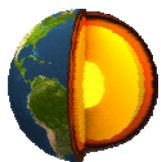
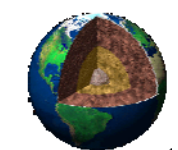
- Concordance de temps
 - l'énergie doit être disponible à certains moments (jour/nuit; saison)
 - exemple : stockage chaleur hiver/été
- Concordance de lieu
 - *«une communauté humaine a besoin d'énergie sur son lieu de résidence»*
 - exemples: réseau électrique continental, réseaux thermiques locaux
- Concordance de qualité
 - *«l'énergie finale doit répondre à des besoins précis»*
 - ceci suppose des transformateurs d'énergie adaptés aux besoins : chaleur, électricité, mobilité
 - exemples : chaudière, panneau photovoltaïque, voiture

- Le *Système énergétique* peut être défini comme un ensemble des *filières énergétiques* incluant « *d'une part, les caractéristiques écologiques et technologiques des filières (évolution des sources, des convertisseurs et de leurs rendements) et, d'autre part, les structures sociales d'appropriation et de gestion de ces sources et convertisseurs* »

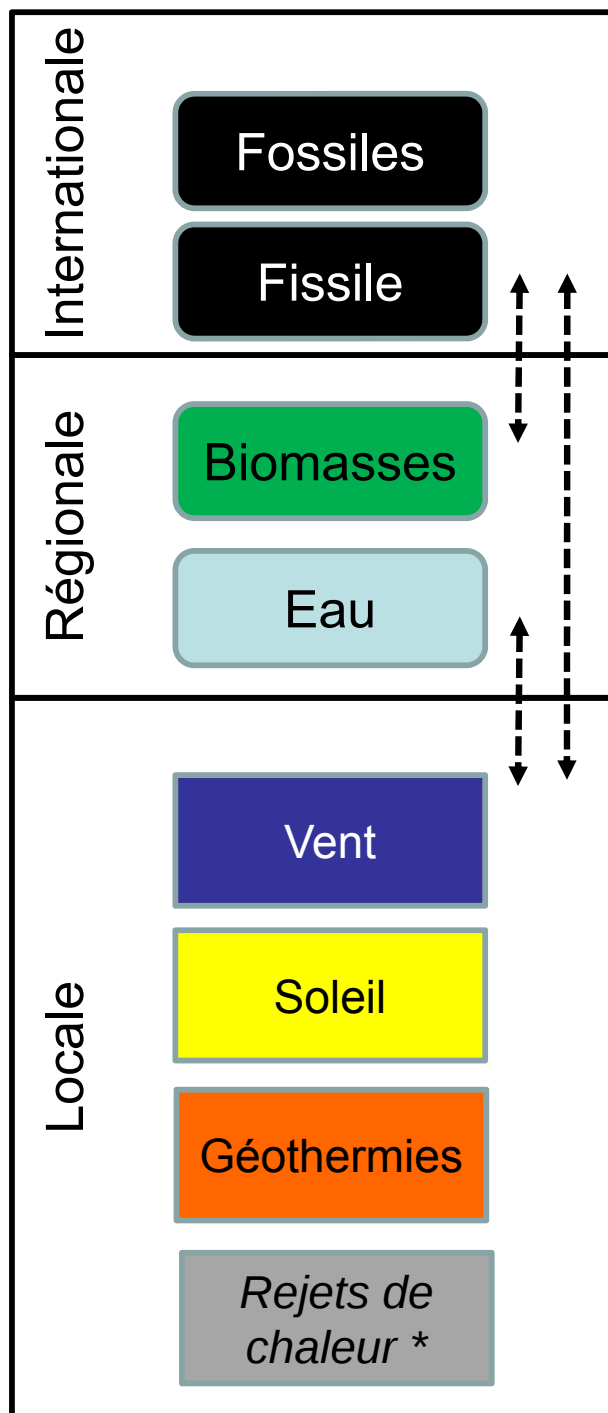
Debeir, Deléage, Hemery, *les servitudes de la puissance*, 1986 (p. 23)

- Notion d'efficacité, de rendement
- Contraintes techniques, économiques et sociales



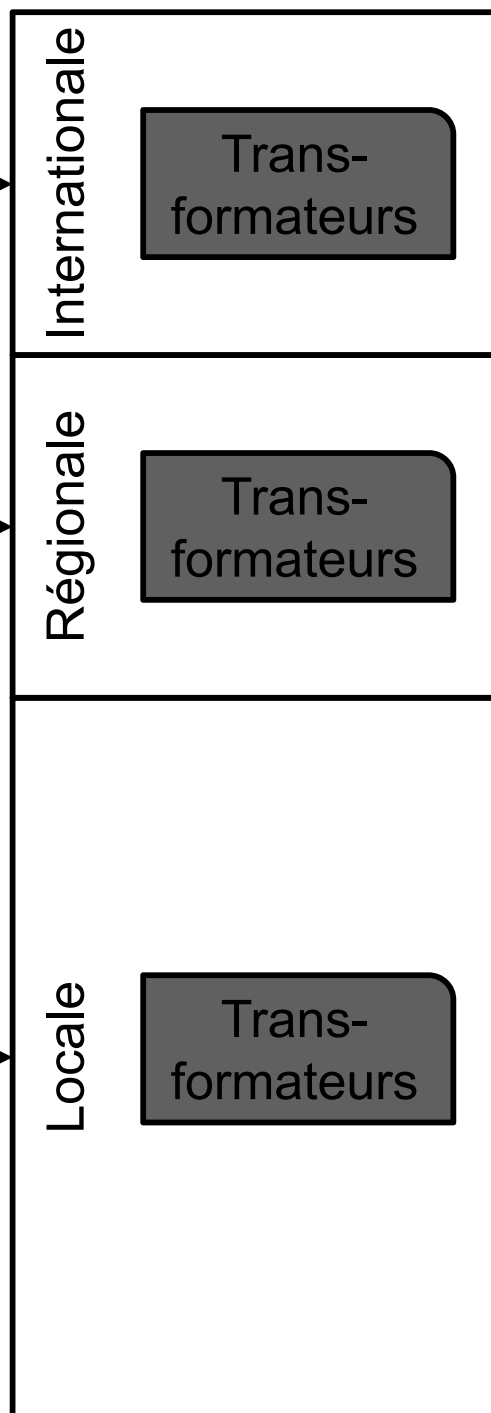


Ressource

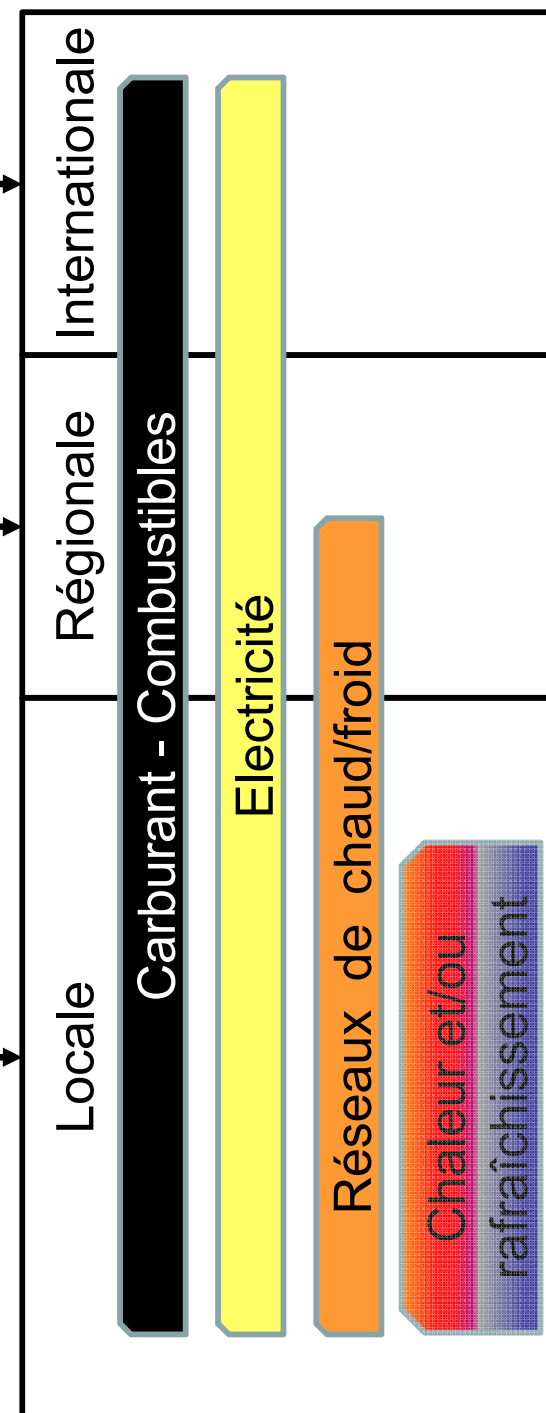


*ressource secondaire

Transformation



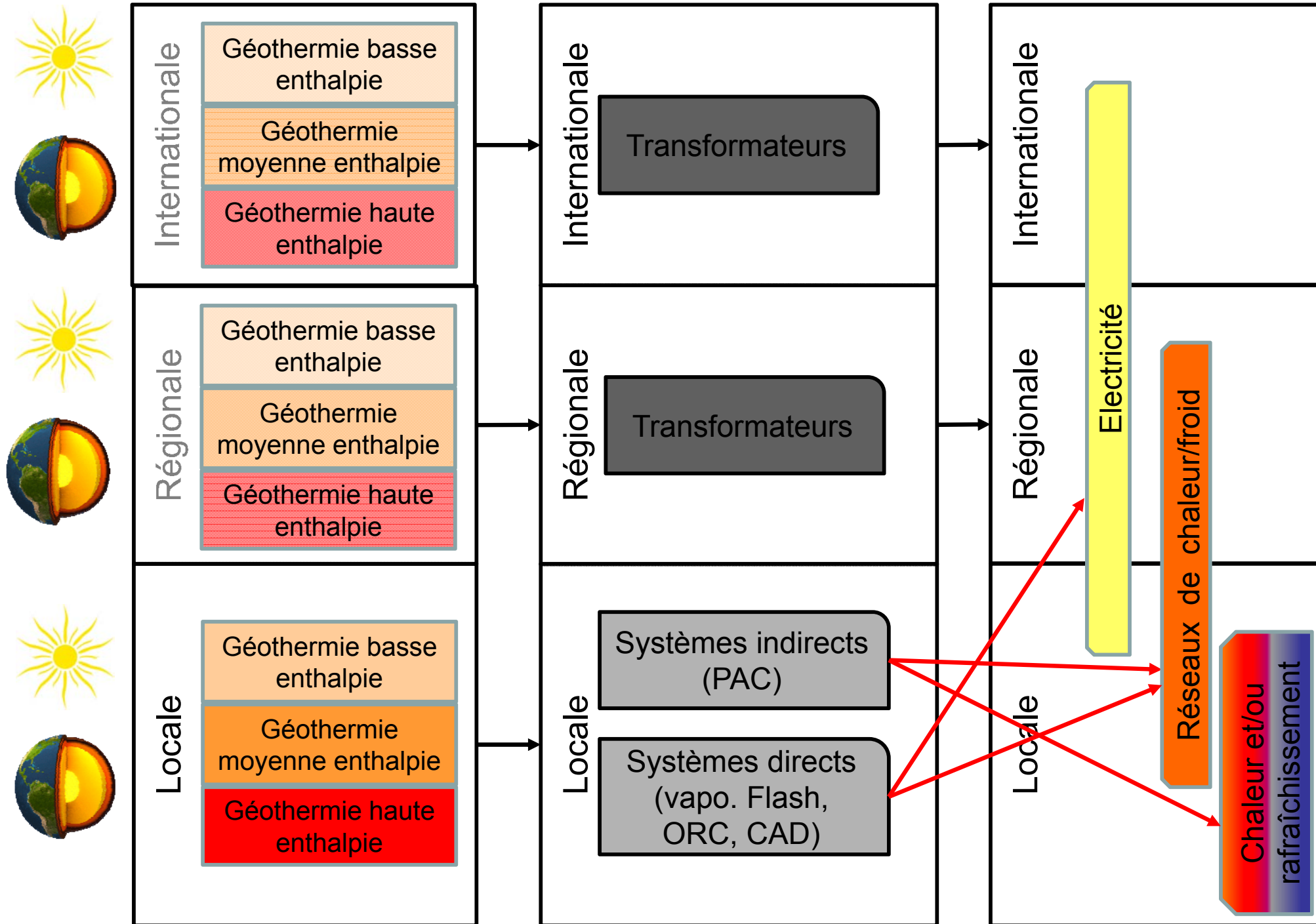
Valorisation



Ressource

Transformation

Valorisation



- **Ressources** énergétiques diverses et variées
 - Renouvelables ou non
 - Locales ou non
 - **Gisements** renouvelables **inépuisables**
- Les intégrer dans leurs **filières** respectives
 - Quantité/qualité
 - Conflits d'usages
 - Utiliser la grille de lecture Ressource → Transformateur → Valorisation et/ou énergie primaire/secondaire/finale/utile
 - **Filières** renouvelables **limitées**

Contact



Doublet géothermique (Tremblay – Paris)

Jérôme Faessler

Jerome.faessler@unige.ch

Université de Genève

Groupe Systèmes énergétiques -
Institut Forel et Institut des Sciences
de l'Environnement (ISE)

UNI Carl-Vogt

www.unige.ch/energie

Tél : +41 22 379 06 48