

Le management du vecteur chaleur

Remerciements aux co-auteurs du rapport:

Bernard Bourbiaux, Yvan Faure Miller, Roland Gérard, Christophe Goupil, Jean-Paul Gourlia , Laurent Levacher , Sylvain Mauran, Pierre Mercier, Hassan Peerhossaini , Daniel Tondeur

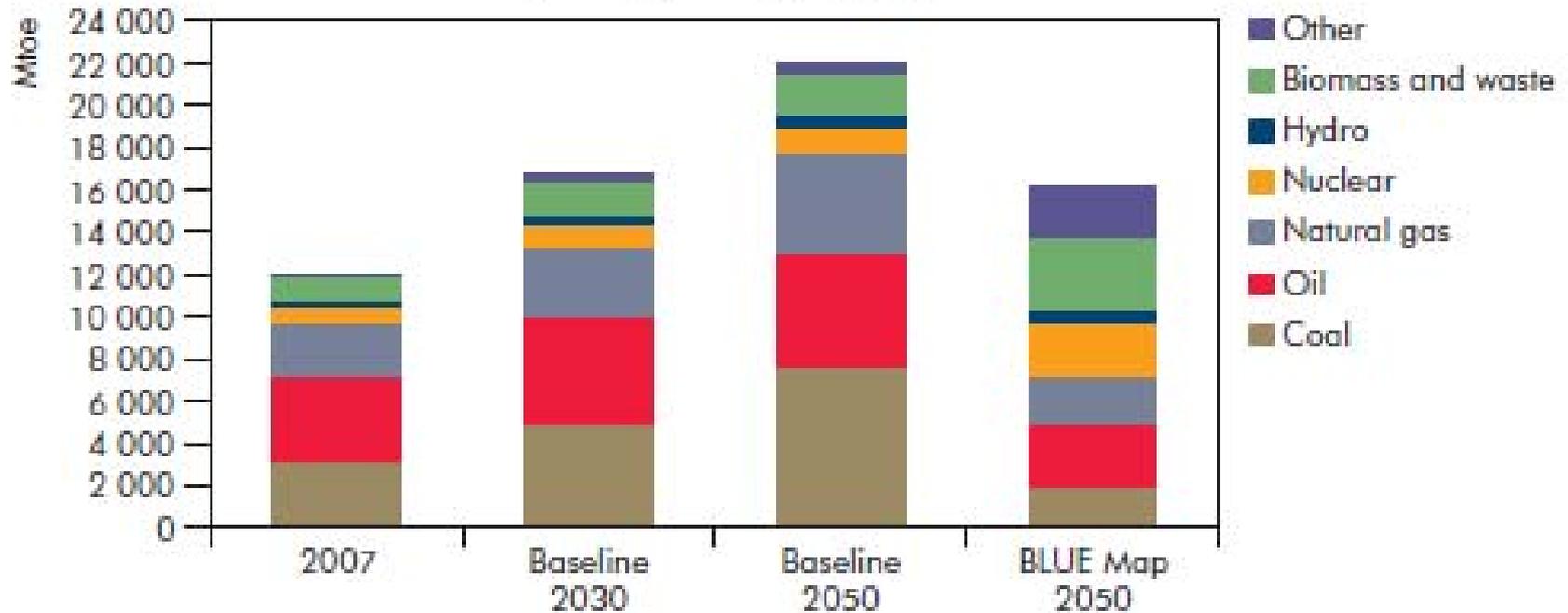
Remerciements aux participants de l'atelier volubiles ou silencieux!



TOTAL

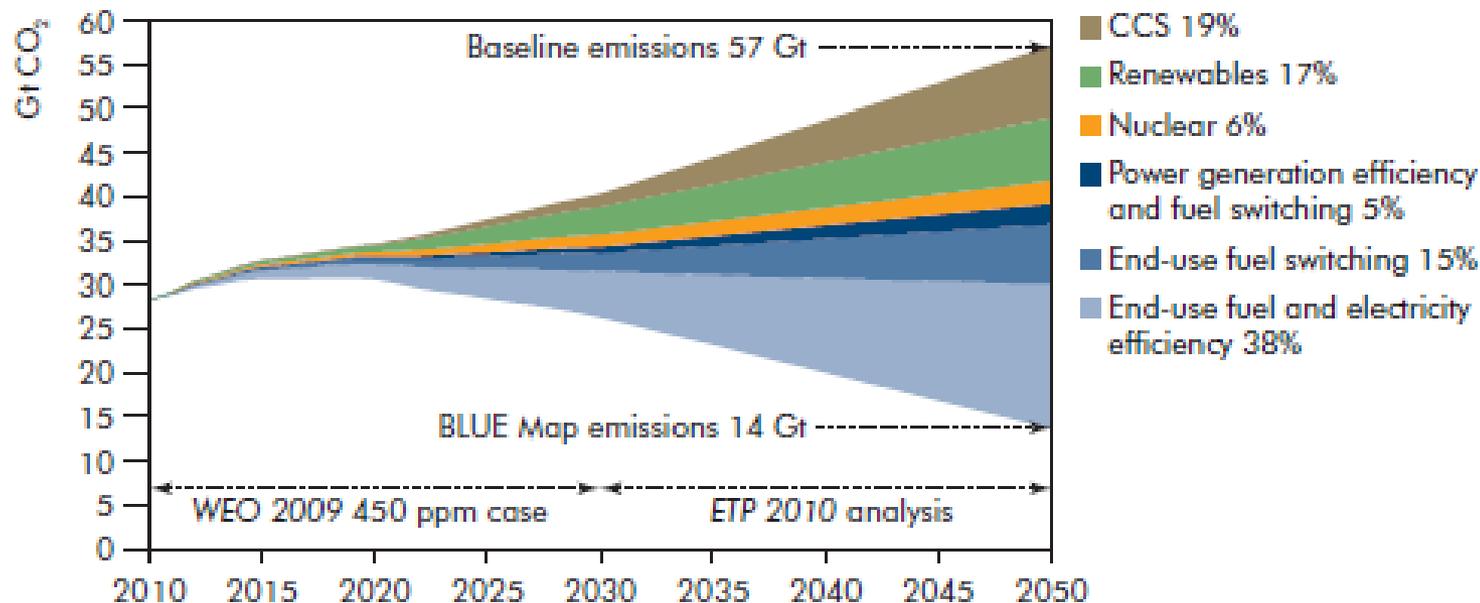
Les bilans énergétiques mondiaux

Figure 2.13 ► World total primary energy supply



Les bilans des scenarii Baseline et BLUE Map

Figure ES.1 ► Key technologies for reducing CO₂ emissions under the BLUE Map scenario



Les messages-clé

- **Une forte réduction de la consommation de charbon en Chine et aux US:**
 - Est-ce réaliste?
- **Une croissance des énergies non-carbonées dont le nucléaire:**
 - Est-ce toujours possible?
- **40% des gains dus aux économies d'énergie:**
 - Peut-on y croire?

Les enjeux:

Enjeu politique: mettre en place des outils réglementaires adaptés et pérennes

Enjeux sociétaux: imbrication des systèmes énergétiques, structure urbaine, décentralisation,

Enjeux technologiques: A vous de nous dire.....

Evaluation de la répartition des consommations énergétiques (Mtep/an)

		Rejets TBT	Chaleur HT	Chaleur BT	Transport	Usage non-énergie
Charbon			0,3	1,1		1,8
Pétrole			1,2	18,8	49	14
Gaz Naturel			3	31,8	0,1	1,8
Electricité						
Nucléaire	114	} 90	4	32,4	1,1	-
Charbon	6					
Pétrole	0,8					
Gaz	2,6					
ER	1,5					
ER				10,6	1,5	-
Total			8,5	94,7	51,7	16,6

Répartition des besoins en énergie

	chaleur BT	Chaleur HT	Force motrice mobile	Force motrice fixe	Usages spécifiques électricité	Total (Mtep)
Résidentiel-Tertiaire	chauffage locaux, eau chaude 70%	cuisson des aliments 4%		appareils ménagers, ascenseurs 10%	lampes, TV Ordinateurs 16%	70,6 (43,5%)
Industrie-Agriculture	chauffage locaux, séchage 30%	fours, HF, chaudières, 40%		moteurs thermiques, électriques 20%	éclairage, Automates, électrolyse 10%	39,9 (24,6%)
Transport			route, fer, avion			51,6 (31,9%)
Total	41%	13,5%	25%	10,5%	10%	162,1

La table ronde a essayé de contribuer à cette réflexion

Les thèmes abordés:

- ▶ Méthodologie d'intégration.
- ▶ Stockage de la chaleur.
- ▶ Echangeurs.
- ▶ Machines thermodynamiques.

Le système énergétique actuel

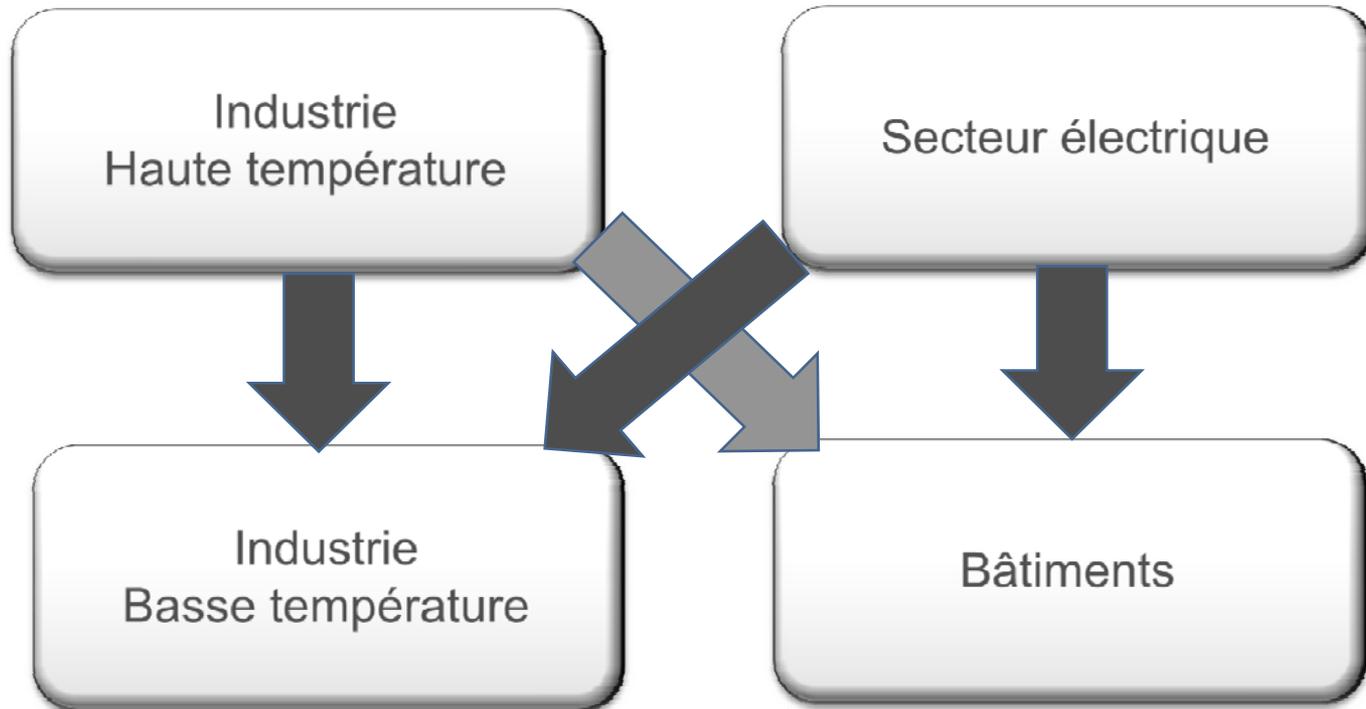
Industrie
Haute température

Secteur électrique

Industrie
Basse température

Bâtiments

Le système énergétique futur?



Les points-clé

► Quelles sont les conditions pour réussir:

- Formalisation d'un cadre contractuel (prix du transfert de la « calorie », garantie de fourniture)
- Développer des techniques/approches permettant de lisser la demande et éviter un dimensionnement calé sur les pointes
- Développer des méthodologies de « synthèse multi-période »

► Quels sont les verrous techniques:

- Définition de sous-systèmes pertinents et optimisation de leur structure
- Les réseaux de chaleur: technologie maîtrisée mais difficiles à implanter (traversée de voies...).
- Compétition entre réseaux et transport par d'autres « vecteurs »:
 - 1000 à 2000 €/m réseau
 - Seuil de compétitivité des techniques de stockage: 500 kWh/m³
- Identification des systèmes adaptés en fonction des niveaux thermiques des sources et puits

► Une autre voie : la revalorisation sous forme d'électricité (cf. machines thermodynamiques).

Le stockage de chaleur

Le stockage de chaleur (sensible, latente, chimique...) est une brique technologique incontournable:

- Intégration des ER
- Optimisation des procédés discontinus
- Intégration des systèmes (lissage temporel...)
- Adaptation des régimes transitoires et périodiques

■ Les enjeux techniques:

- Conception des procédés de stockage adaptée à la fonction recherchée et aux niveaux thermiques
- Augmenter la capacité de stockage sans pénalité sur la puissance délivrable
- Maîtrise du comportement des matériaux (phénomène de surfusion, vieillissement au cyclage...)
- Objectif en terme de capacité : 500 kWh/m³ (mais problème de puissance)
en terme de coût : 3000 €/m³

Les échangeurs de chaleur

- ▶ **Maîtriser les écoulements, en particulier instationnaire, pour garantir les performances des équipements**
- ▶ **Fonctionnalisation des parois (contrôle des phénomènes d'ébullition, mémoire de forme, nanostructuration.....: adaptation instantanée de l'échange)**
- ▶ **Développer des échangeurs très haut flux par exemple pulvérisation et jets impactants ...**
- ▶ **Des échangeurs classiques vers les échangeurs multifonction via:**
 - Matériaux. (mémoire de forme..)
 - Géométrie. (échangeur à vortex, modes stationnaires ou oscillants)
 - Contrôle réactions et sécurité. (couplage des actions unitaires)
- ▶ **De nouveaux matériaux pour les échangeurs : modification des modes de transfert et apparition d'une composante de transfert axiale (surtout pour les petites tailles)**

Les machines thermodynamiques

Un vaste sujet peu abordé au cours de l'atelier....

■ Néanmoins, des enjeux:

- Machines adaptés aux petites puissances (100 W – 10 kW)
- Intégration dans les systèmes existants
- Coût des composants
- Cartographie de l'adéquation entre machines et usages (Stirling et al., Thermoélectrique, magnétocalorique....)