

PRODUCTION COMBINEE DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE A PARTIR DE BIOMASSE EN CYCLE ORGANIQUE DE RANKINE

Jean-Pierre TACHET, CIBE

**PRODUCTION COMBINEE DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE
EN CYCLE ORGANIQUE DE RANKINE**

Qu'est ce qu'un cycle organique de Rankine ?

Pourquoi associer cette technologie à l'utilisation du bois ?

Panorama européen des réalisations

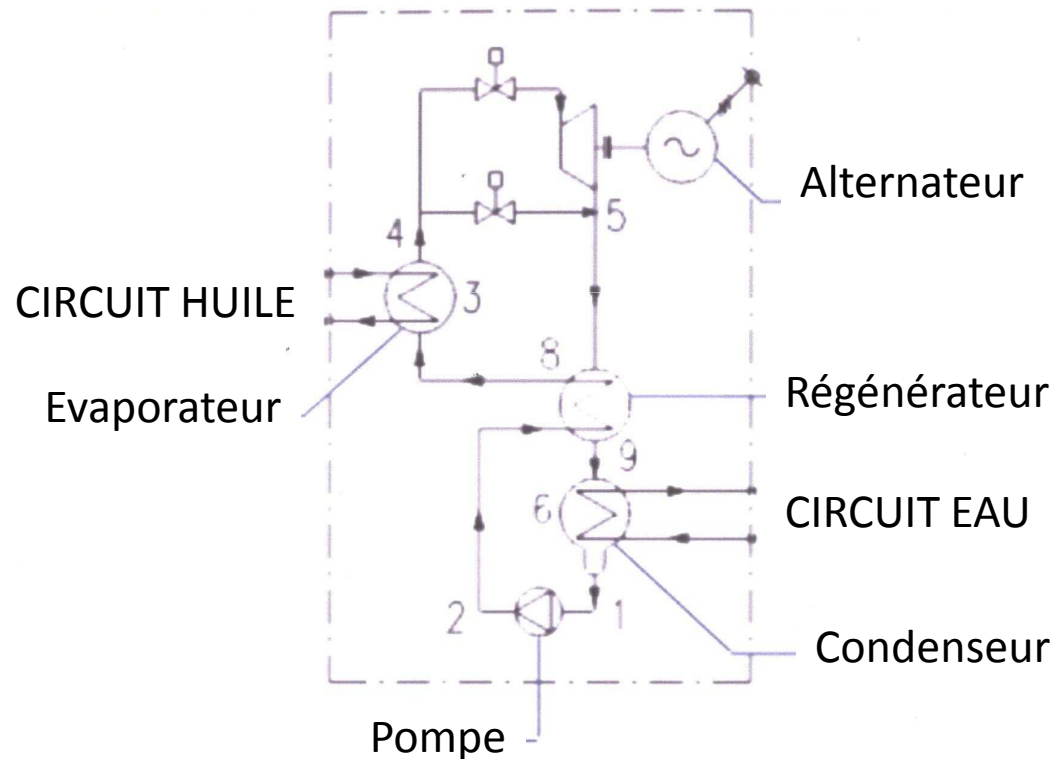
Et en France ?

PRODUCTION COMBINEE DE CHALEUR ET D'ELECTRICITE EN CYCLE ORGANIQUE DE RANKINE : le principe

**Une technologie initiée dans les années 80, maintenant mature
et significativement développée en Europe**

- **De l'huile thermique comme fluide caloporteur chauffée dans la chaudière bois à 300°C**
- **Un fluide organique à base de silicone comme fluide de travail se détendant dans la turbine**
- **Un ou plusieurs circuits d'eau chaude utilisateurs à basse température 80 à 110 °C**

Le principe



- $8 > 3 > 4$: vaporisation du fluide organique par l'huile à haute température
- $4 > 5$: détente du fluide organique dans la turbine et entraînement de l'alternateur
- $5 > 9$: refroidissement du fluide organique dans le régénérateur
- $9 > 6 > 1$: condensation du fluide organique dans le condenseur eau chaude d'utilisation
- $1 > 2 > 8$: pompage du fluide organique et préchauffage dans le régénérateur

Pourquoi associer cette technologie à l'utilisation de biomasse ?

Bon positionnement dans une gamme de puissances faibles à moyennes, de 0,5 à 3 MW électriques (en dessous d'un seuil où la filière eau-vapeur n'est plus viable économiquement) ...

... précisément dans une plage où la biomasse est adaptée car mobilisant des quantités en rapport avec des ressources locales et des approvisionnements en circuits courts

De nombreux avantages par rapport à un cycle eau / vapeur :

- *Inertie élevée de l'huile thermique par rapport aux variations de charge de la chaudière bois, d'où bonne stabilité de fonctionnement de l'ensemble ORC*
- *Moindres contraintes constructives du fait de pressions moins élevées dans les circuits*
- *Absence de traitement du fluide organique (vs traitement d'eau)*



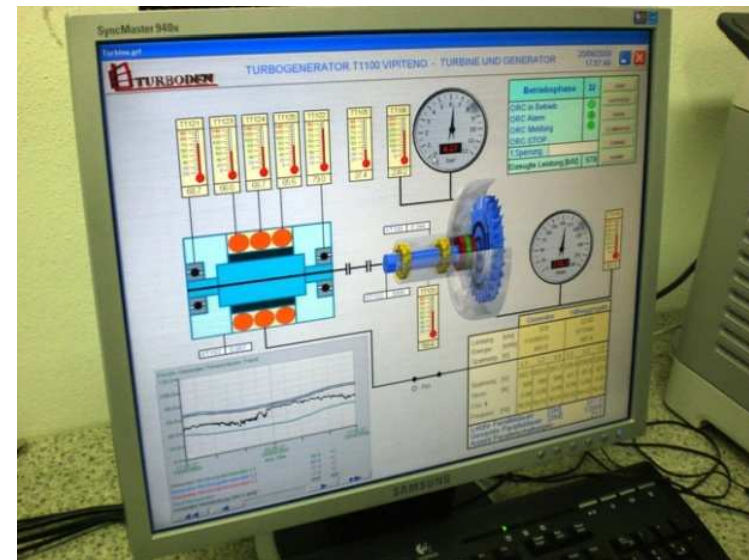
De nombreux avantages par rapport à un cycle eau / vapeur :

- *Moindre vitesse de la turbine autorisant un couplage direct à l'alternateur*
- *Moindre vitesse périphérique de la turbine et pas d'état diphasique, d'où peu d'érosion mécanique*
- *Ensembles compacts standardisés*



De nombreux avantages par rapport à un cycle eau / vapeur :

- Séquences de démarrage et d'arrêt simples et rapides
- Centrales sous autocontrôle, sans présence humaine permanente
- Maintenance réduite : quelques heures par semaine



Quelques inconvénients ou limites :

- *Une attention toutefois à porter au caractère inflammable des fluides utilisés*
- *Une nécessité de valorisation à basse température de la part thermique de l'énergie produite (pour maintenir un rendement électrique élevé)*

Mais des champs larges d'utilisation :

- *Chauffage*
- *Séchage*
- *Production de froid (par couplage de machine à absorption)*

Les performances :

- *Puissance électrique brute : 19% de la puissance sortie chaudière*
- *Puissance thermique utilisable : 71% de la puissance sortie chaudière*

D'où :

- *Un rendement électrique brut sur PCI : 16%*
- *Un potentiel thermique utilisable sur PCI : 60%*

Avec :

Une possibilité de fonctionnement à très basse charge et maintien du rendement nominal jusqu'à 40% de charge

Depuis les années 90 en Europe :

Près de 130 installations recensées fonctionnant à partir de biomasse :

En Allemagne (près de la moitié)

En Autriche

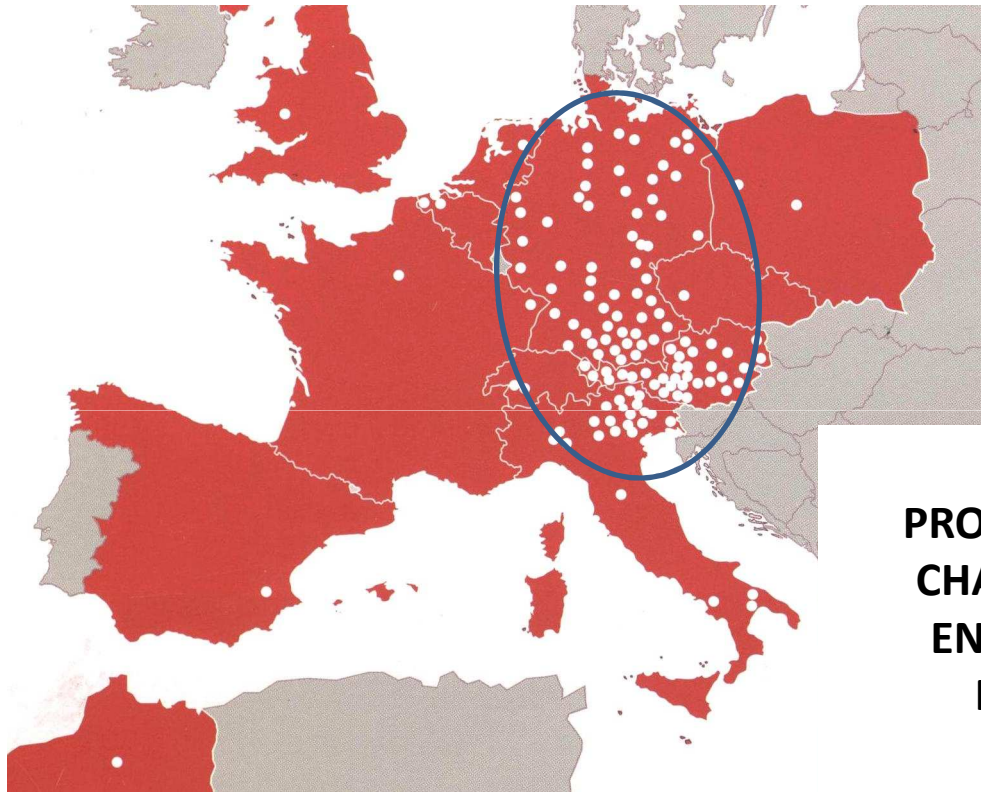
En Italie

Dans l'industrie pour plus de la moitié :

Scieries et séchage de bois (Allemagne et Italie) # 50% des installations

Fabrication de granulés (Allemagne principalement) # 25% des installations

Process industriels (Autriche principalement) # 25% des installations



**PRODUCTION COMBINEE DE
CHALEUR ET D'ELECTRICITE
EN CYCLE ORGANIQUE DE
RANKINE EN EUROPE**

Un développement important favorisé :

par un contexte énergétique...

Des prix élevés des énergies fossiles de référence

Des ressources biomasse autofournies ou mobilisées à des prix maîtrisés dans des périmètre géographiques réduits

et par des politiques incitatives, portant notamment sur un prix élevé d'achat de l'électricité produite

Et en France ?

Rappel du contexte politique, législatif et réglementaire :

- *La programmation pluriannuelle des investissements (PPI) et le recours aux appels d'offres : loi du 10 février 2000, relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité*
- *L'obligation d'achat électricité biomasse à prix garanti : arrêté du 16 avril 2002*
- *Les appels d'offres « Biomasse 1 » (2003), « Biomasse 2 » (2006), « Biomasse 3 » (2009)*
- *La réévaluation du prix d'achat « électricité biomasse » (Rapport Puech, discours d'Urmatt) : arrêté du 28 décembre 2009*

Et en France ?

Une programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité et de chaleur (révisée en 2009)

		situation 2006	passage fin 2012	objectif 2020
CHALEUR	biomasse (+ part chaleur de cogénération)	1400 Ktep	2500 (+540) Ktep	5200 (+2400) Ktep
ELECTRICITE	Biomasse yc biogaz et part EnR UIOM	240 Ktep (460 MW)	510 Ktep (980 MW)	1440 Ktep (2760 MW)

La programmation pluriannuelle des investissements (PPI) et le recours aux appels d'offres : loi du 10 février 2000, relative à la modernisation et au développement du service public de l'électricité

L'électricité biomasse en France : des résultats très mitigés

**Arrêté du 16/4/2002
(< 12 Mwe) :
49 € / Mwe
2 réalisations (7 MW)**

**AO 2003 « biomasse 1 »
(> 12 Mwe)
86 € /Mwe
14 lauréats (216 MW)
5 réalisations (~ 80 MW)**

**AO 2006 « biomasse 2 »
(> 5 Mwe)
128 € /Mwe
22 lauréats (315 MW)
1 réalisation en service
La moitié (?) abandonnée**

**AO 2009 « biomasse 3 »
(> 3 Mwe)
146 € /Mwe
32 lauréats (266 MW)**

L'électricité biomasse en France, demain ?

**Arrêté du 28/12/2010
(< 12 MWe) :
de 45 à 155 € / MWhe***

- 45 € jusqu'à 5 Mwe
- de 125 à 155 € de 5 à 12 Mwe

**AO 2010 « biomasse 4 »
(> 12 MWe)
à venir (200 MW)**

Un choix délibéré (pour l'instant ?) de privilégier les fortes puissances (> 5 MWe)

... et de décourager les petites ou moyennes

Rappel des positions du CIBE :

- *Une absolue nécessité de produire l'électricité en cogénération*
- *L'importance d'une efficacité énergétique conduisant à des économies d'énergie primaire*
- *Une place à accorder aux petites et moyennes puissances qui offrent de bonnes garanties sur :*
 - *la plus grande facilité de valorisation de la chaleur produite*
 - *la pérennité d'une ressource mobilisée localement*
- *Un prix d'achat de l'électricité reflétant la réalité économique*
- *Une préférence du dispositif d'obligation d'achat de l'électricité à prix garanti par rapport au système des appels d'offres*

Et pourtant, des exemples viables :

Le tarif biomasse du 28 décembre 2009 permettrait de réaliser des projets rentables en technologie ORC, sans modification autre que l'abaissement du seuil à de 5 MWe à 500 kWe. Ces projets sont plus porteurs en matière de développement local et permettraient d'éviter de transporter la biomasse sur de grandes distances avec les gains environnementaux associés en matière d'encombrement et de pollution.

Dans des secteurs industriels comme :

la première et seconde transformation du bois (séchage)

la fabrication de granulés combustibles

D'une façon plus générale les industries petites ou moyennes à fort besoins énergétiques, en chaud ou en froid

Exemple d'une centrale biomasse ORC avec production de pellets*

Hypothèses de départ

- Une centrale biomasse ORC de 640 kWe couplée à une usine de pellets
- Production de l'usine de Pellets : 22 000 t/an de Pellets
- Besoins thermiques pour sécher la sciure : 19 500 MWh/an
- Le tarif de revente de l'électricité est celui de l'Arrêté du 29/12/2009 relatif aux centrales biomasse de plus de 5MWe

Données d'une centrale type

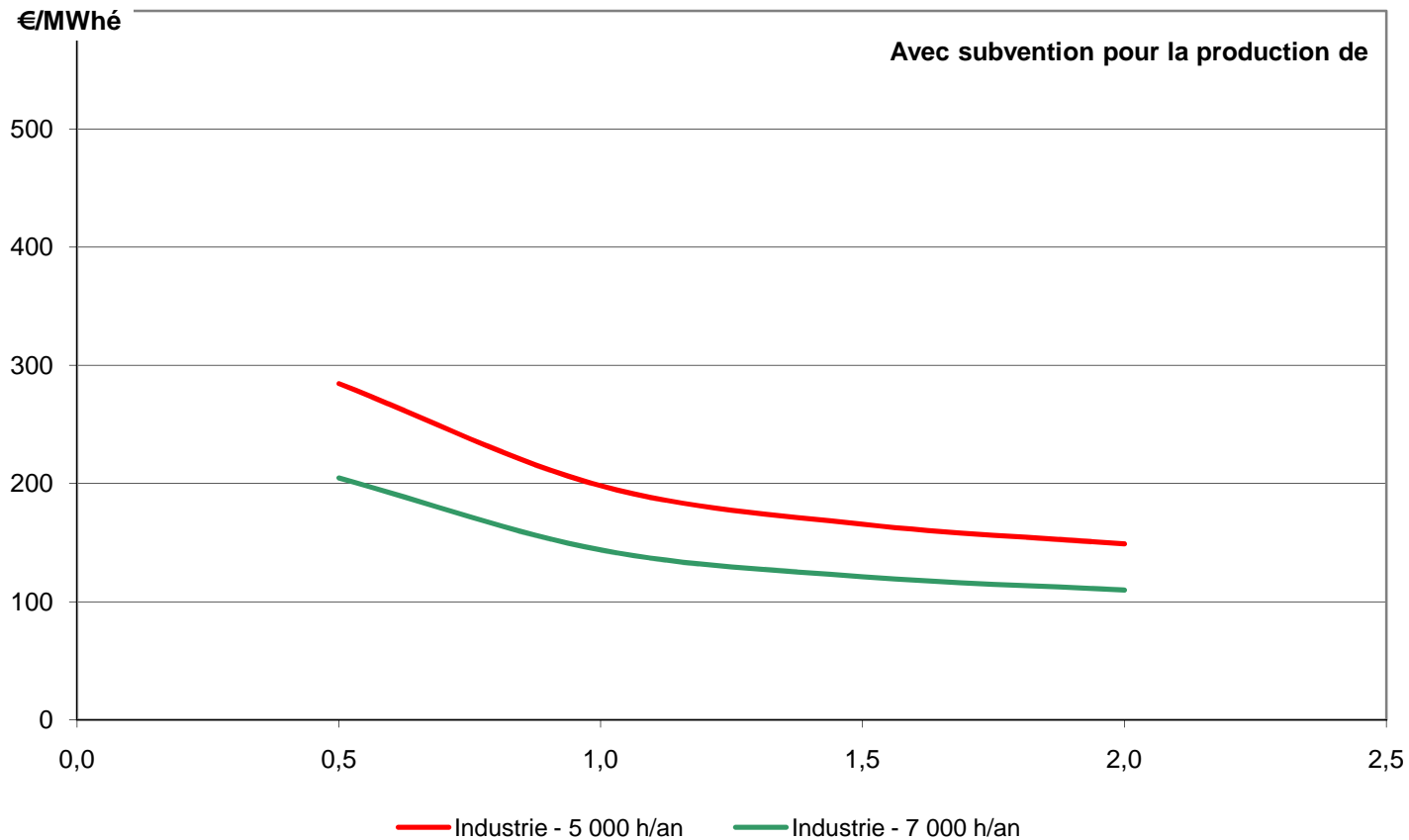
Investissement ORC	k€	3 500
Rendement net de l'installation	%	80%
Disponibilité	h/an	8 000
Puissance installée	MWe	0,617
Production électrique	MWh/an	4 874
Combustible Biomasse consommé (12 500 t/an)	MWh PCI/an	31 116

* source Enertime

Exemple d'une centrale biomasse ORC avec production de pellets : résultats en année 1

Chiffre d'affaires	k€	1 243
Production élec.	MWhe/an	4 874
Prix de vente (équiv. tarif 5MWe)	€/MWh	155
Production de chaleur	MWh/an	19 513
Prix de vente de la chaleur	€/MWh	25
Charges totales	k€	817
Prix combustible	€/MWh	15
Quantité de biomasse	MWh PCI/an	31 116
Exploitation et maintenance	k€	352
TRI avant impôt (sans subvention)		12,70%

Extrait des travaux réalisés par le CIBE en 2009 : simulations du prix d'achat de l'électricité produite en cogénération biomasse sur cycle ORC



Que conclure ?

Que la technologie Bois / ORC, qui a fait ses preuves en Europe, pourrait se développer en France :

par la réalisation (par exemple) de 3 à 8 opérations de petite puissance au lieu d'une seule de 5 MW dans des conditions économiques identiques (et notamment à coût constant en aides publiques),

*... mais avec **des assurances bien plus importantes** en matière :*

- de garantie de fourniture et de de coût de bois combustible
- de pérennité des débouchés chaleur

donc :

- de rentabilité
- et, en fin de compte **de contribution aux objectifs d'Etat de développement de la filière**

Mais, en dernière minute...

Le Comité interministériel d'aménagement et de développement du territoire 11 mai 2010 a décidé que :

Les scieries qui choisiront de s'équiper de chaudières à cogénération et qui s'engagent à disposer de capacités de séchage du bois bénéficieront d'un tarif d'achat de l'électricité préférentiel dès le seuil de 1MWe.

Une expérimentation sera menée dans trois régions forestières (Jura, Landes, Centre) pour mettre en oeuvre de nouveaux modes de partenariat entre propriétaires forestiers et industriels.

... mesures rejoignant les propositions du CIBE !

Merci pour votre attention



Comité Interprofessionnel du Bois-Energie
10, rue des Archers - 69002 LYON
Tél : 04 37 57 49 70 - Fax : 04 78 37 64 91
E-mail : contact@cibe.fr - Site Internet : www.cibe.fr