

---

# Usages énergétiques du bois :

## Cas du secteur électrique

---

[Vincent BERTRAND](#)

Maître de conférences en économie de l'énergie, Université de Franche-Comté (UFR STGI et laboratoire CRESE)

Chercheur associé à la Chaire Économie du Climat de l'Université Paris-Dauphine

Membre de l'[Association française des économistes de l'énergie](#)

# Structure de la présentation

---

1. Bois et énergie

2. Usages électriques du bois : Enjeux pour les secteurs énergétiques

3. Conclusions

# 1. Bois et énergie

---

## Pourquoi ? Comment ?

### ● Intérêt du bois et de la biomasse dans l'électricité

- Pas d'émissions de CO<sub>2</sub> (cycle du carbone) dans un contexte de tarification du carbone en Europe
  - ⇒ Réduction des émissions de CO<sub>2</sub> quand substitution aux fossiles
- Biomasse = Énergie Renouvelable (ENR)
  - ⇒ Augmentation de la part d'ENR dans la production d'électricité (Paquets Énergie-Climat)

### ● Options techniques

- Centrales dédiées biomasse = Centrales qui produisent exclusivement à partir de biomasse
- Co-combustion dans les centrales charbon = Combustion d'un mélange de biomasse et de charbon dans les centrales charbon
  - ⇒ Mise en œuvre dans les centrales charbon existantes = Pas ou peu d'investissement
  - ⇒ Potentiel (parc existant) = Jusqu'à 80% de la demande de biomasse du secteur électrique en Europe

# 1. Bois et énergie

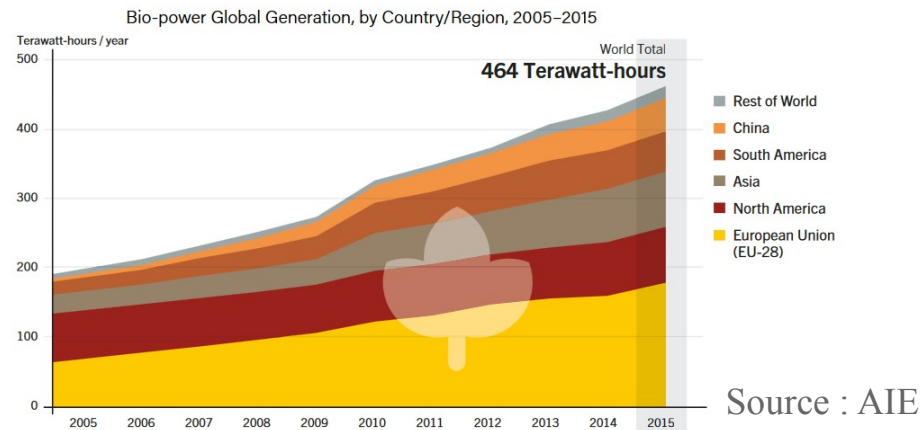
## Électricité et chaleur : Contexte et développements récents

- **Usage traditionnel dans la chaleur**

→ 85% des usages énergétiques du bois dans la chaleur (Ministère transition écologique)

- **Fort développement de la biomasse dans l'électricité depuis une décennie**

→ Tarification carbone et politiques en faveur des ENRs et du bois-énergie (principalement en Europe)



→ Fort développement à travers la co-combustion dans les centrales charbon couvertes par l'EU ETS (marché européen du carbone)

⇨ Exemples = Drax Power Station (UK, 3960 MW), Polaniec Power Station (Pologne, 1800 MW), Kladno-Dubská Power Station (République Tchèque, 1542 MW), *etc.*

# Structure de la présentation

---

1. Bois et énergie

2. Usages électriques du bois : Enjeux pour les secteurs énergétiques

3. Conclusions

## 2. Enjeux pour les secteurs de l'énergie : **Overview**

---

### Deux types de questions

- **Impact de filière = *Étude de filière***

- Compétition ou entraînement entre les secteurs de l'électricité et de la chaleur pour atteindre les objectifs français pour le bois-énergie (Rapport Grenelle de l'environnement, *Plan de développement des énergies renouvelables à haute qualité environnementale*, Dupuis et al., 2008)
- Effets de politique incitatives pour bois-énergie (coût budgétaire et bilan carbone)
- Caurla, S., Bertrand, V., Delacote, P., Le Cadre, E., 2018. [Heat or power: How to increase the use of energy wood at the lowest cost?](#), *Energy Economics* (niveau 2 CNRS), Volume 75, p 85-103.

- **Impact dans le secteur électrique = *Étude de la co-combustion avec le charbon***

- Effet de différentes politiques énergie-climat sur la contribution de la co-combustion
  - ⇨ Incitations plus ou moins fortes à utiliser la co-combustion = Opportunités et risques
- Bertrand, V. 2019. [Co-firing coal with biomass under mandatory targets for renewables and CO2 emissions: Implication for the electricity mix](#), *The Energy Journal* (niveau 1 CNRS), Volume 40(4), p 75-100.

## 2. Enjeux pour les secteurs de l'énergie : Démarche

### Étude de filière

- **Couplage (*allers-retours*) entre deux modèles économiques de simulation**

→ **FFSM** = [French Forest Sector Model](#) (Caurla *et al.*, 2010)

- Modèle forestier bio-économique = Module ressource et module économique

⇒ Simulation des prix et des volumes disponibles pour le bois-énergie en France =  
**Données transmises au modèle GES**

→ **GES** = [Green Electricity Simulate](#) (Bertrand et Le Cadre, 2015)

- Modèle économique pour le secteur électrique = Modélisation centrée sur l'utilisation de bois et de biomasse solide dans l'électricité

- Minimisation des coûts de production (dispatch) et d'investissement (augmentation demande, démantèlements, contraintes réglementaires, *etc.*) dans le secteur électrique = Équilibres annuels (sur des périodes intra-annuelles) entre l'offre et la demande à horizon 2030

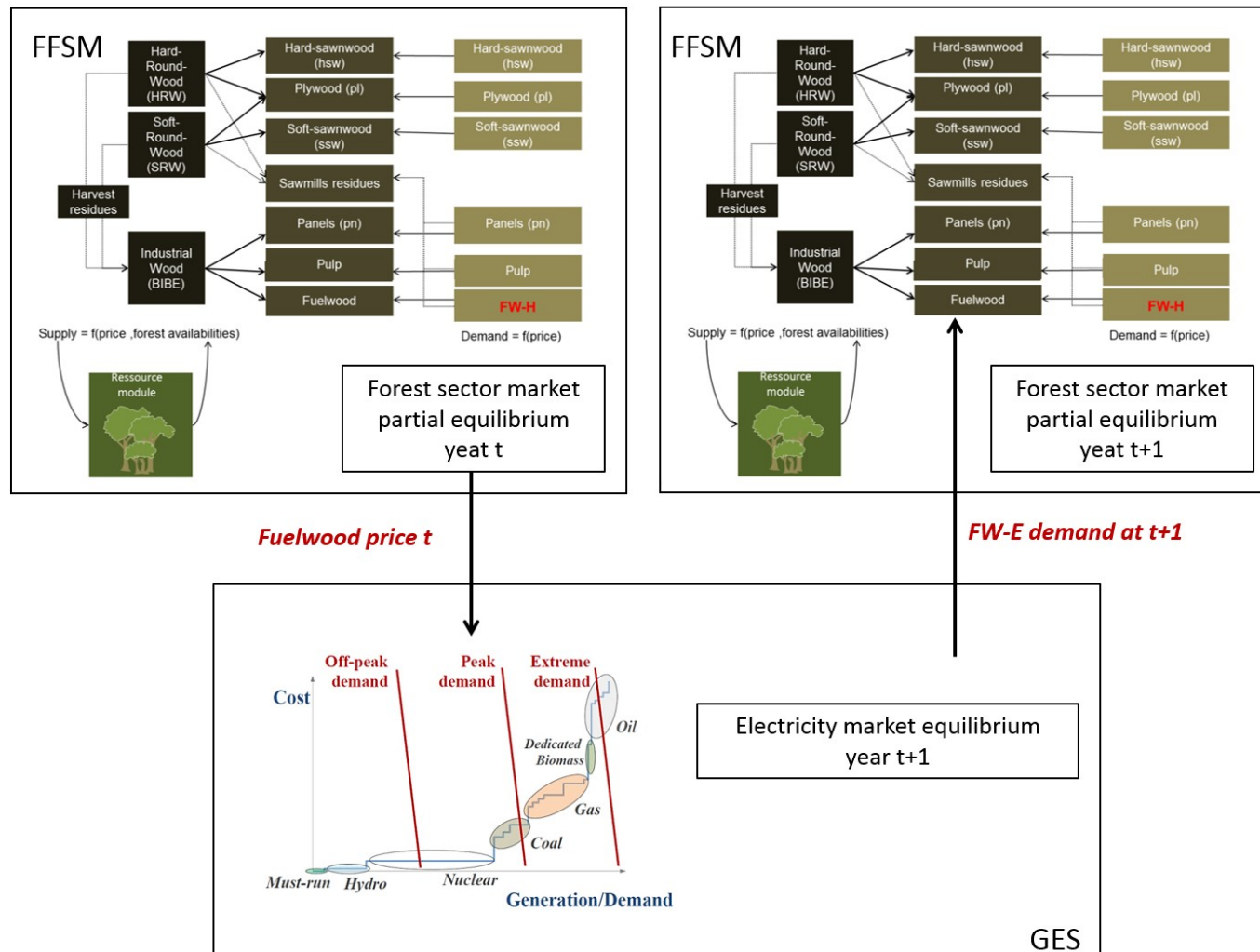
- Simulation des mixes de production (contribution des différentes technologies) et de capacité (évolution des capacités installées pour les différentes technologies)

⇒ Simulation des volumes de bois-énergie consommés en France par le secteur électrique =  
**Donnée transmise au modèle FFSM**

# 2. Enjeux pour les secteurs de l'énergie : Démarche

## Étude de filière

- Couplage (*allers-retours*) entre deux modèles économiques de simulation





## 2. Enjeux pour les secteurs de l'énergie : Démarche

---

### Étude de filière

- **Couplage (*allers-retours*) entre deux modèles économiques de simulation**

→ **Problématique** = Simulation du niveau de subvention nécessaire pour générer les consommations de bois-énergie qui correspondent aux objectifs français

→ Deux cas de figures envisagés

⇒ Seule la demande provenant du secteur de la chaleur est comptabilisée (Caurla *et al.*, 2013)

⇒ La demande provenant du secteur de l'électricité est comptabilisée en plus de la chaleur (Caurla *et al.*, 2018)

## 2. Enjeux pour les secteurs de l'énergie : Démarche

---

### Étude de la co-combustion avec le charbon

- **Simulations à partir du modèle GES seul**

→ **Problématique** = Analyse de l'effet de politiques énergie-climat sur le développement de la co-combustion

⇒ Simulation des conséquences si la co-combustion est valorisée comme une source d'énergie renouvelable pour atteindre les objectifs européens (Bertrand, 2019)

⇒ Estimation des conséquences pour les émissions de CO<sub>2</sub> et l'économie du secteur électrique

## 2. Enjeux pour les secteurs de l'énergie : Résultats

### Étude de filière : Résultat 1 – Arbitrage entre bilan carbone et coût budgétaire

- Ajouter le secteur électrique (en plus de la chaleur) permet de réduire la subvention et le coût budgétaire, mais avec un moindre volume de CO2 évité (moindre abattement)

→ **Moins de subvention** (pour atteindre l'objectif de +20Mm<sup>3</sup> en 2020) et **moindre coût budgétaire**

⇒ Autres drivers dans le secteur électrique pour générer une consommation de bois-énergie indépendamment de la subvention = Prix du carbone et réduction de la part du nucléaire

Scenario	Fuelwood subsidy level in % of the perceived price	Budgetary costs in M€	Share of fuelwood for power (FW-E) in % of the +20 hm <sup>3</sup> objective	Share of fuelwood for heat (FW-H) in % of the +20 hm <sup>3</sup> objective	Total emissions saved due to FW-H and FW-E (MtCO <sub>2</sub> eq)
Heat Only	74	798	0	100	10.57
Elec Carbon Base	36	684	87	13	1.75
Elec Carbon Plus	34	513	86	14	5.67
Elec Carbon Base Nuclear Reduction	25	406	99	1	-1.90
Elec Carbon Plus Nuclear Reduction	16	261	101	-1	1.94

Réduction de la subvention et du coût budgétaire

## 2. Enjeux pour les secteurs de l'énergie : Résultats

### Étude de filière : Résultat 1 – Arbitrage entre bilan carbone et coût budgétaire

- Ajouter le secteur électrique (en plus de la chaleur) permet de réduire la subvention et le coût budgétaire, mais avec un moindre volume de CO2 évité (moindre abattement)

→ **Mais réduction de l'abattement des émissions de CO2** (associé à l'objectif de +20Mm3)

⇒ L'utilisation du bois énergie génère davantage d'abattement dans la chaleur que dans l'électricité

⇒ Conséquence de l'empreinte carbone des mixtes énergétiques avant l'injection de bois = Beaucoup de carbone dans la chaleur et très peu dans l'électricité

Scenario	Fuelwood subsidy level in % of the perceived price	Budgetary costs in M€	Share of fuelwood for power (FW-E) in % of the +20 hm <sup>3</sup> objective	Share of fuelwood for heat (FW-H) in % of the +20 hm <sup>3</sup> objective	Total emissions saved due to FW-H and FW-E (MtCO <sub>2</sub> eq)
Heat Only	74	798	0	100	10.57
Elec Carbon Base	36	684	87	13	1.75
Elec Carbon Plus	34	513	86	14	5.67
Elec Carbon Base Nuclear Reduction	25	406	99	1	-1.90
Elec Carbon Plus Nuclear Reduction	16	261	101	-1	1.94

Réduction de l'abattement des émissions de CO2 associé à la mesure

## 2. Enjeux pour les secteurs de l'énergie : Résultats

### Étude de filière : Résultat 2 – Effet nucléaire

- Réduire la part du nucléaire se traduit par

→ **Réduction de la subvention encore plus importante**

⇒ Une partie du gap est comblé par le bois, indépendamment de la subvention

⇒ Permet de générer de la consommation de bois avec moins de subvention

Scenario	Fuelwood subsidy level in % of the perceived price	Budgetary costs in M€	Share of fuelwood for power (FW-E) in % of the +20 hm <sup>3</sup> objective	Share of fuelwood for heat (FW-H) in % of the +20 hm <sup>3</sup> objective	Total emissions saved due to FW-H and FW-E (MtCO <sub>2</sub> eq)
Heat Only	74	798	0	100	10.57
Elec Carbon Base	36	684	87	13	1.75
Elec Carbon Plus	34	513	86	14	5.67
Elec Carbon Base <b>Nuclear Reduction</b>	25	406	99	1	-1.90
Elec Carbon Plus <b>Nuclear Reduction</b>	16	261	101	-1	1.94

Réduction de la subvention et du coût budgétaire

## 2. Enjeux pour les secteurs de l'énergie : Résultats

### Étude de filière : Résultat 2 – Effet nucléaire

- Réduire la part du nucléaire se traduit par

→ **Mais augmentation des émissions de CO2 = Arbitrage**

⇒ À l'abattement généré par la bois, il faut retrancher l'augmentation des émissions résultant de la réduction du nucléaire

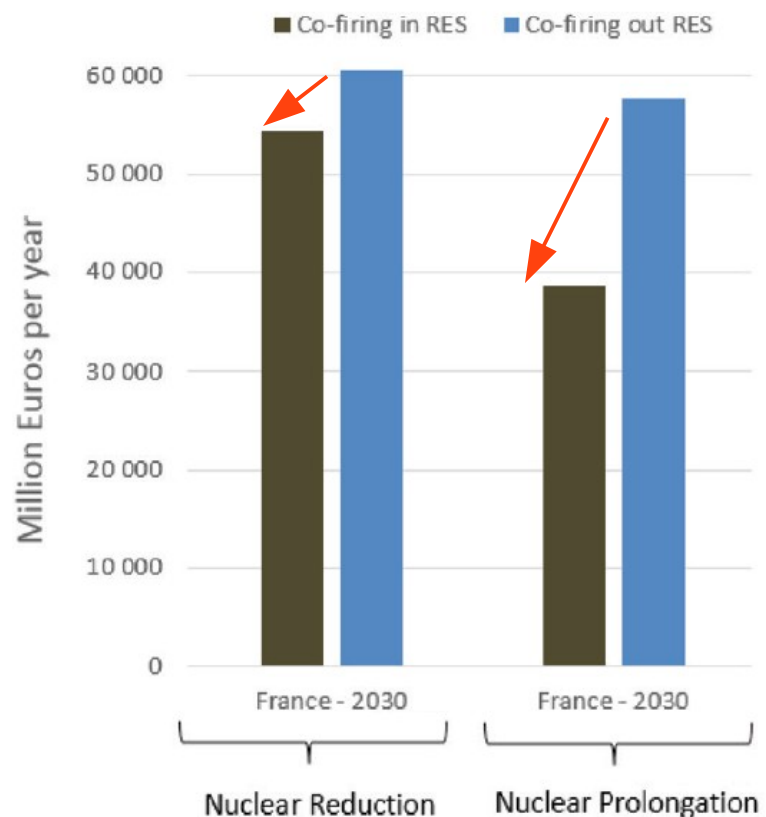
⇒ Si l'effet du nucléaire domine l'effet du bois, l'abattement est négatif = Le bilan carbone est pire que dans le scénario baseline (*Elec carbon Base* sans subvention pour le bois-énergie)

Scenario	Fuelwood subsidy level in % of the perceived price	Budgetary costs in M€	Share of fuelwood for power (FW-E) in % of the +20 hm <sup>3</sup> objective	Share of fuelwood for heat (FW-H) in % of the +20 hm <sup>3</sup> objective	Total emissions saved due to FW-H and FW-E (MtCO <sub>2</sub> eq)
Heat Only	74	798	0	100	10.57
Elec Carbon Base	36	684	87	13	1.75
Elec Carbon Plus	34	513	86	14	5.67
Elec Carbon Base <b>Nuclear Reduction</b>	25	406	99	1	-1.90
Elec Carbon Plus <b>Nuclear Reduction</b>	16	261	101	-1	1.94

Réduction de l'abattement des émissions de CO<sub>2</sub>, voire détérioration du bilan carbone (abattement négatif)

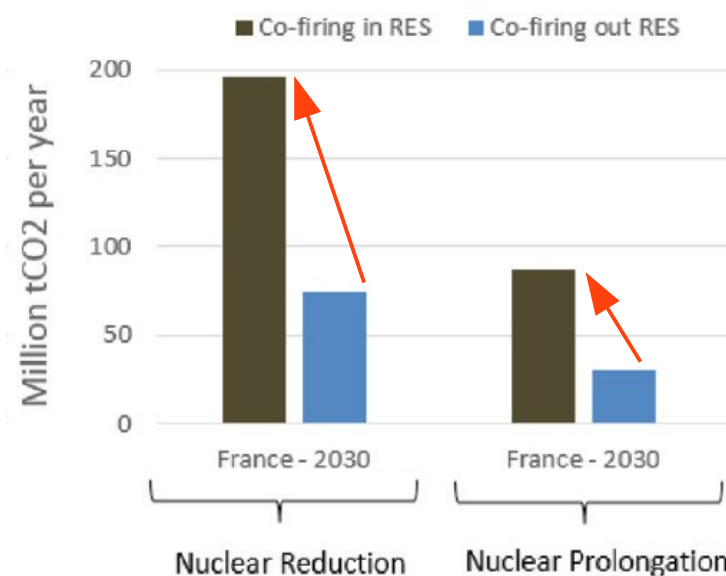
## 2. Enjeux pour les secteurs de l'énergie : Résultats

### Étude de la co-combustion : Résultat 1 – Bilan carbone vs coût pour le secteur électrique



→ **Réduction du coût** pour atteindre l'objectif d'augmentation de la part des renouvelables

⇒ Moins coûteux d'atteindre l'objectif avec la co-combustion (centrales existantes) qu'avec de nouveaux investissements



→ **Augmentation des émissions** de CO2

⇒ Substitution de la co-combustion (charbon avec moins d'émissions) aux renouvelables traditionnels (qui n'émettent pas de CO2)

# Structure de la présentation

---

1. Bois et énergie

2. Usages électriques du bois : Enjeux pour les secteurs énergétiques

3. Conclusions



### 3. Conclusions : Les principaux enseignements

---

- 1) En ajoutant l'électricité (en plus de la chaleur) parmi les secteurs énergétiques consommateurs de bois-énergie, on réduit le coût budgétaire pour atteindre l'objectif de croissance de la consommation (moins de subvention), mais on détériore le bilan carbone par rapport au cas où seule la chaleur est prise en compte
  
- 2) Abaisser la part du nucléaire permet de réduire le coût budgétaire d'une politique de subventionnement pour accroître la consommation de bois-énergie = Externalité positive associée à la réduction du nucléaire
  
- 3) Abaisser la part du nucléaire détériore le bilan carbone du secteur électrique dans tous les cas envisagés = Externalité négative associée à la réduction du nucléaire
  
- 4) Valoriser la co-combustion bois/charbon parmi les ENRs réduit les coûts pour le secteur électrique, mais augmente les émissions de CO<sub>2</sub> par l'éviction des ENRs non-carbonés
  - ⇒ Dans ce cas, le bilan carbone des usages énergétiques du bois devient négatif, indépendamment des éventuels déstockages qui peuvent exister par ailleurs dans les puits de carbone des forêts

# Green Electricity Simulate

Plus d'informations sur le site internet du modèle :

[Green Electricity Simulate Project](#)



# Pour aller plus loin

---

## Publications scientifiques sur l'économie du bois dans l'électricité

Bertrand, V., 2013. [Switching to biomass co-firing in European coal power plants: Estimating the biomass and CO2 breakeven prices](#). *Economics Bulletin*, 33 (2), 1535-1546.

Bertrand, V., Dequiedt, B., and E, Le Cadre., 2014. [Biomass for Electricity in the EU-27: Potential demand, CO2 abatements and breakeven prices for co-firing](#), *Energy Policy*, 73, 631-644.

Bertrand, V., and E, Le Cadre., 2015. [Simulating the use of biomass in electricity with the Green Electricity Simulate model: An application to the French power generation](#). CEC Working Paper Series, n°2015-03.

Caurla, S., Bertrand, V., Delacote, P., Le Cadre, E., 2018. [Heat or power: How to increase the use of energy wood at the lowest costs?](#) *Energy Economics*, Volume 75, p 85-103. [Cahier du LEF, n°2017-03](#).

Bertrand, V., 2019. [Co-firing coal with biomass under mandatory obligation for renewable electricity: Implication for the electricity mix](#). *The Energy Journal*, Vol. 40 (4). [CEC Working Paper Series, n°2017-04](#).

## Articles de valorisation scientifique

Bertrand, V., 2018. [La co-combustion de bois dans les centrales charbon aux États-Unis : Un moyen détourné de prolonger l'usage du charbon ?](#) CEC Policy Brief, n°2018-02.

Bertrand, V., 2018. [États-Unis : associer bois et charbon pour produire de l'électricité, une solution risquée ?](#) *The Conversation*.

Bertrand, V., 2019. Co-firing coal with wood pellets in the U.S. coal power stations: A risky solution? *International Journal of Energy, Environment, and Economics*, Volume 25 Issue 3.

## Relais dans les médias

[La co-combustion de bois dans les centrales à charbon aux États-Unis](#). *Connaissance des Énergies*, 6 février 2018.