Combination of a carbon tax and direct mitigation policies: potential impacts on the forest sector

Sylvain Caurla
Laboratoire d'économie forestière
UMR 356 AgroParisTech-INRA

INTERNATIONAL CONFERENCE
Tackling climate change: the contribution of forest scientific knowledge
Tours, May 21-24 2012

Plan of the presentation

1. Context and approach
2. A quick glance at FFSM
3. Policy scenarios and some preliminary results
4. Conclusion

Context and approach

- Two groups of mitigation mechanisms in forest:
  - **Substitution** (energy & materials)
  - **Sequestration** (forest & wood products)
- Mitigation policies in France (or policy projects) in the forest sector are based on these mechanisms, either:
  - **Directly**: policies to stimulate fuelwood consumption (energy substitution); voluntary carbon sequestration projects (forest sequestration)
  - **Indirectly**: intersectorial carbon tax (energy and material substitution)
- Up to now, we studied economic and environmental impacts of direct and indirect policies separately (Lecocq et al., 2010; Caurla PhD dissertation 2012, Barthes et al., 2010)

  →what would happen if a carbon tax was jointly implemented with a direct mitigation policy (fuelwood or forest sequestration)?

FFSM: a model to assess the impacts of mitigation policies on the forest sector

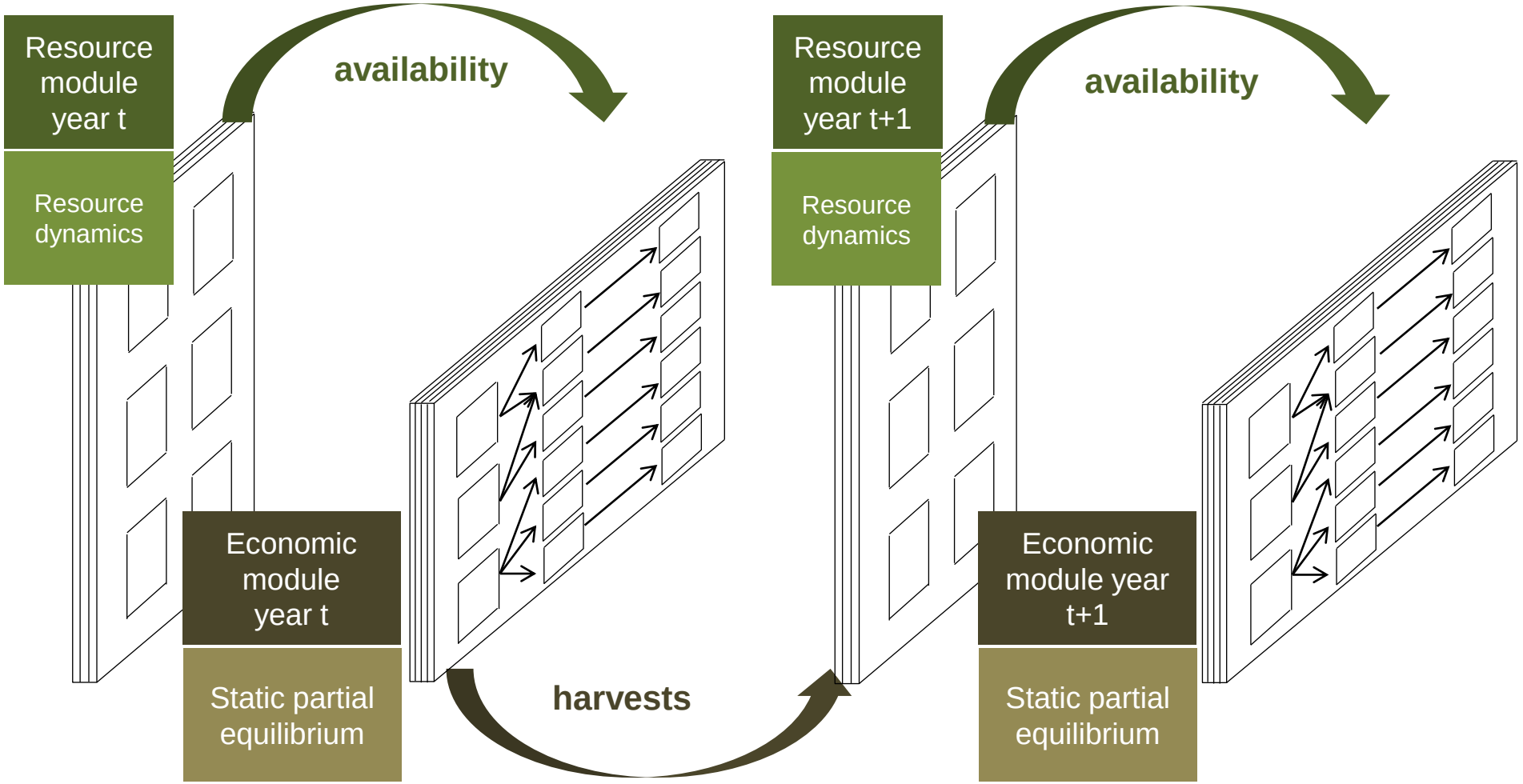
- The French Forest Sector Model makes it possible to assess economic and environmental impacts of a policy through 4 criteria:

Economic criteria	**Environmental criteria**
Costs and benefits and their distribution among economic agents	GHG balance
Trade balance	Sustainability: forest resource dynamics

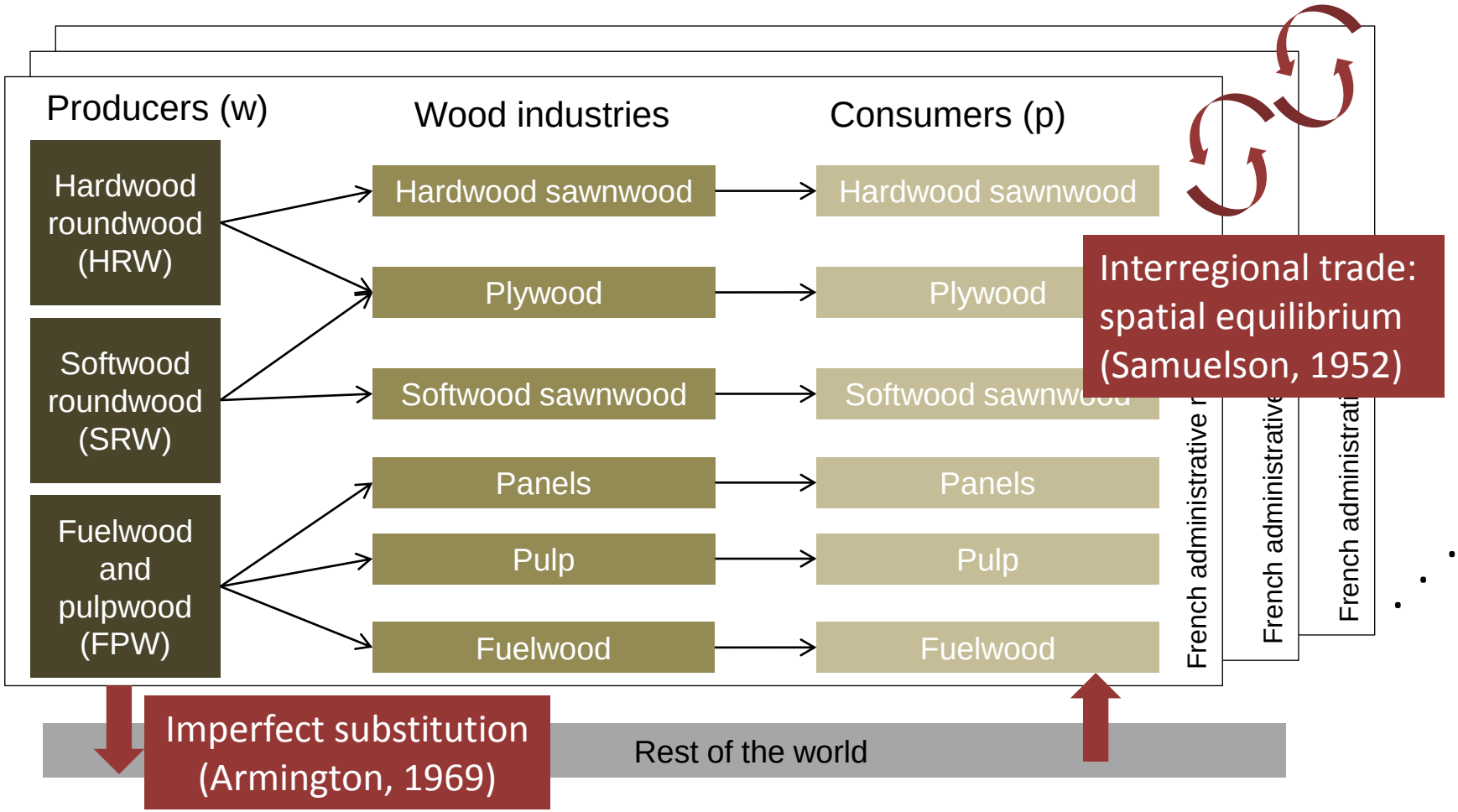
FFSM: three majors innovations to assess the consequences of mitigation policies

- Existing models do not represent French forest sector precisely enough
- FFSM is a partial equilibrium model that represents, for each French administrative region:
  - The sector economy and the behaviour of economic agents
  - Imperfect substituablity between domestic and foreign wood products (following Armington, 1969)
  - Forest resource dynamics and the links between resource and economics

FFSM: two interconnected modules in a recursive framework



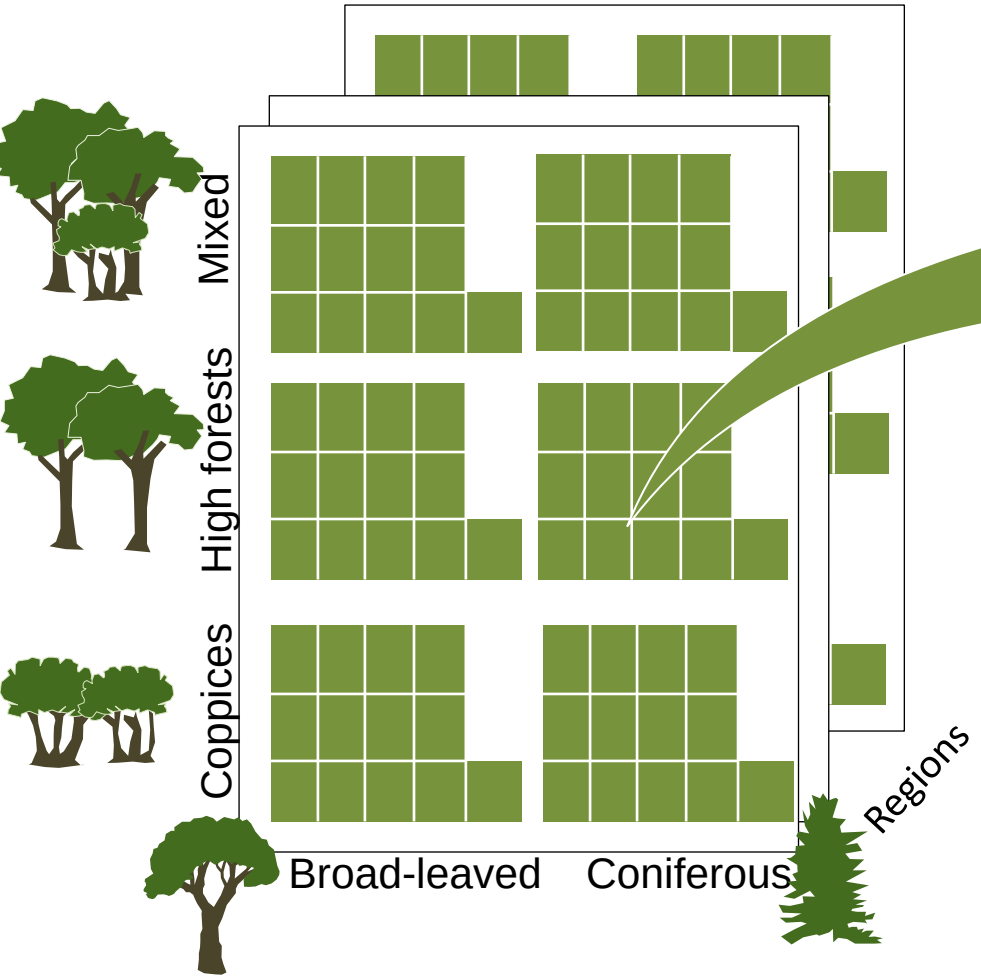
The economic module: three groups of agents and two ways to represent trade

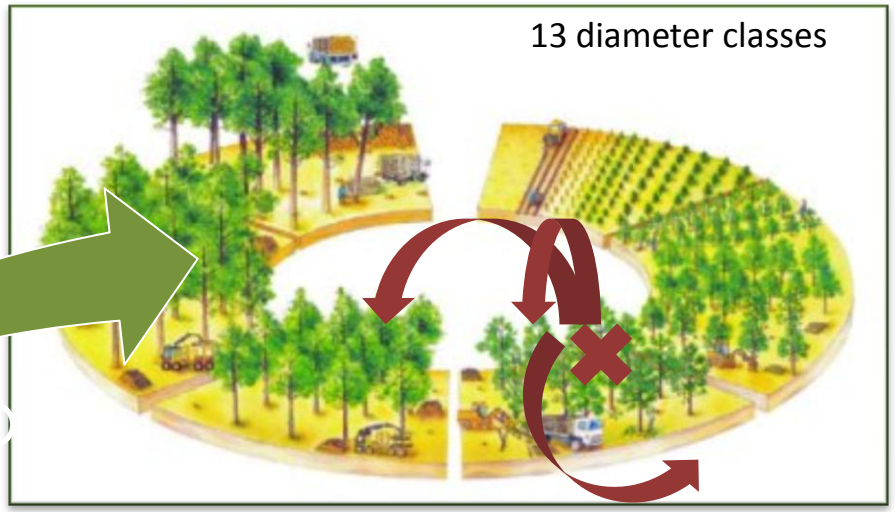


The economic module: outputs

- Each year the sum of economic agents surpluses is maximized under constraints
- This maximization results in a static equilibrium that gives, for each region, quantity of products p consumed, quantity of products w produced and products prices
- Besides, volumes of imports of p and volumes of exports of w are computed as well

Forest resource is divided in 132 « domains » in the resource module

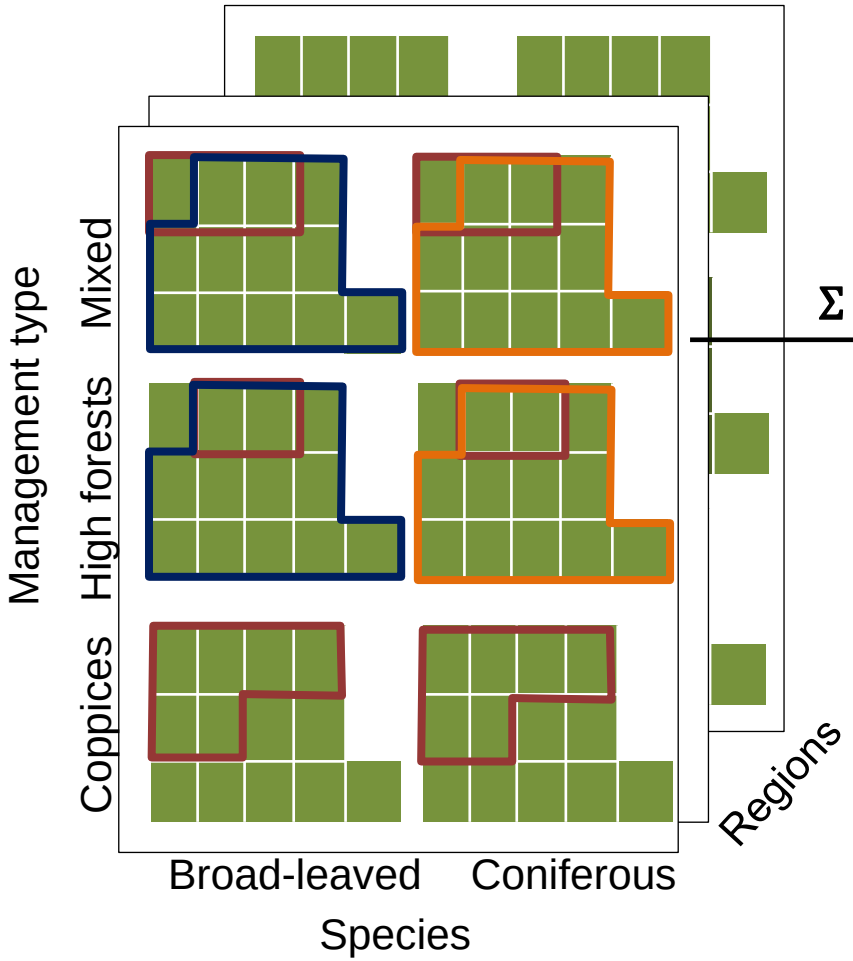




One domain (adapted from Bernard Patricot CPFA)

- For each domain and for each diameter class — i.e., 1716 cases —, one rate of increment and one rate of mortality are comptuted by the French Forest National Inventory
- Between years t and t+1, one specific tree can move to 4 different situations

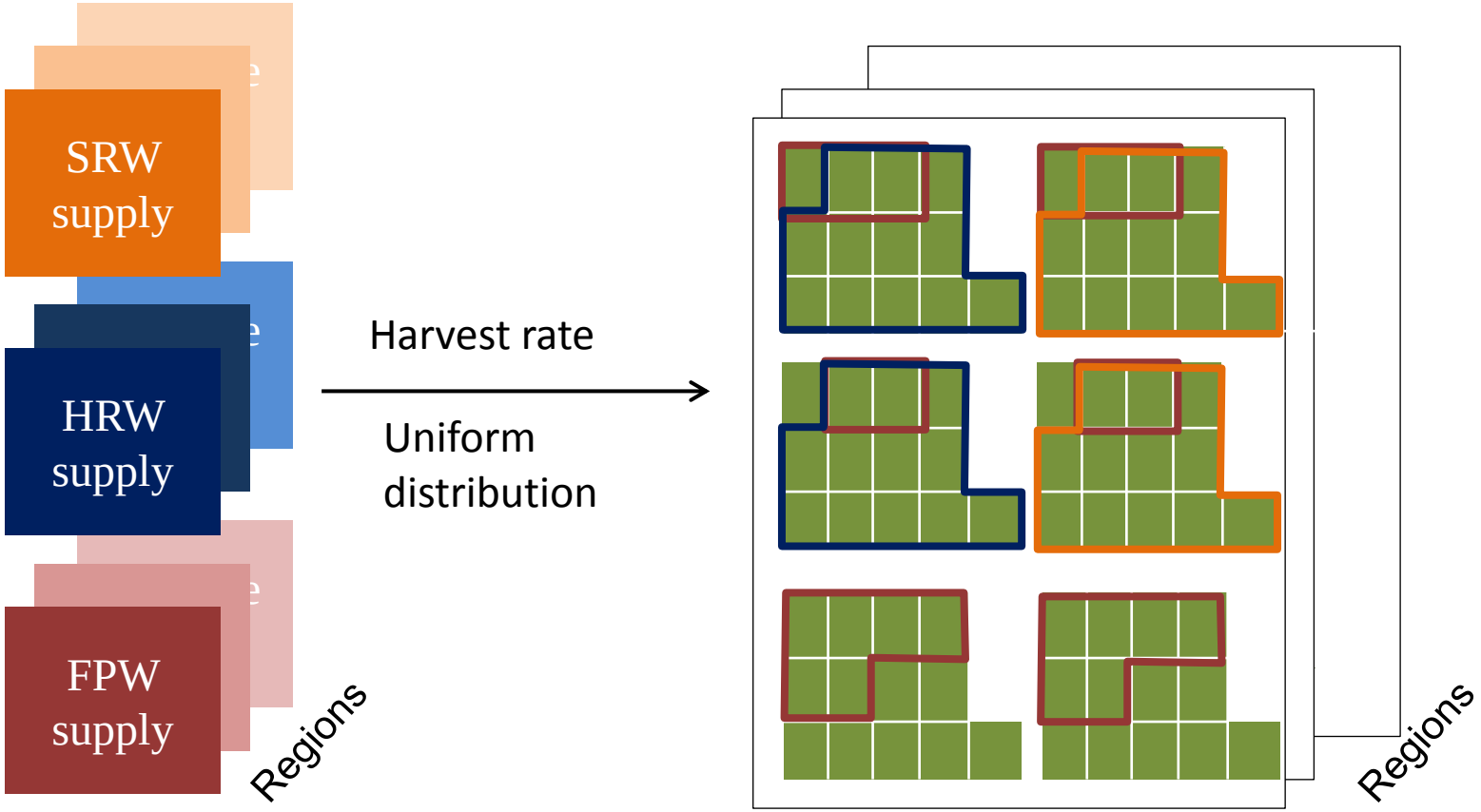
Link between resource and economic modules: level of availability $F_{w,i}$



Σ

$$S_{w,i,t} = S_{w,i,t-1} \left(\frac{\tilde{P}_{w,i,t}}{\tilde{P}_{w,i,t-1}} \right)^{\varepsilon_w} \left(\frac{F_{w,i,t}}{F_{w,i,t-1}} \right)^{\beta_w}$$

Link between resource and economic modules: harvest distribution over domains



More detailed presentations of FFSM…

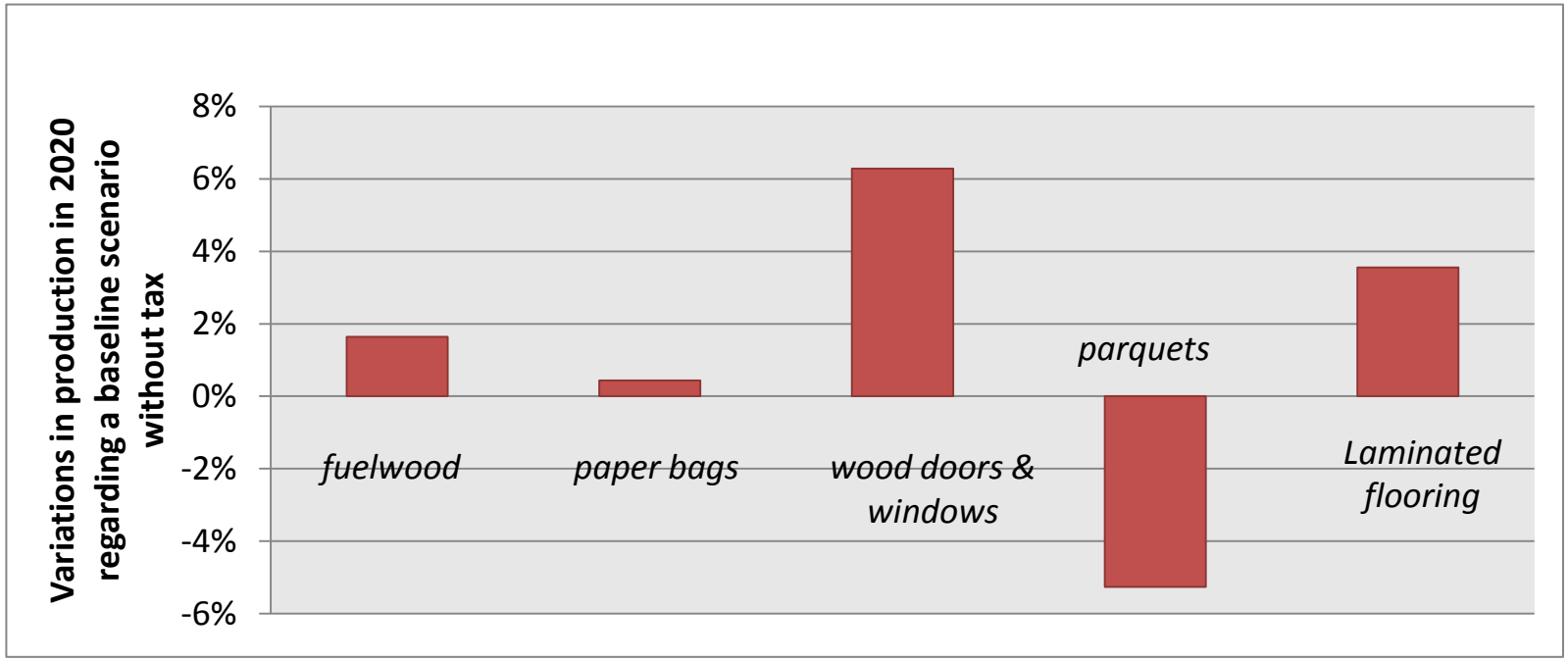
- Caurla, S. 2012. Modélisation de la filière forêt-bois française. Évaluation des impacts des politiques climatiques. PhD thesis *(In French, available online)*
- Caurla, S., Lecocq, F., Delacote, P., Barkaoui, A., 2012. FFSM 1.0: a bio-economic model to assess the impacts of climate policies on the French forest sector. Under revisions for *Environmental modeling and assessment*
- Caurla, S., Lecocq, F., Delacote, P., Barkaoui, A., 2010. The French Forest Sector Model: version 1.0. Presentation and theoretical foundations. *Cahier du LEF 2010-04 (avalaible online)*

Policies description

- The base year in FFSM is 2006. Policies are introduced in 2010 and the model run until 2020
- Carbon tax:
  - We represent competition for 5 markets depending on availability on carbon data (on products content, transformation, etc): fuelwood, paper bags, laminated floorings, parquets, wood doors & windows
- Two subsidies: one subsidy to fuelwood consumption and one subsidy to carbon sequestration in forest
- All policies are based on the same carbon price (17€/tCO_2 in 2010 +2€/tCO_2/yr up to 2020)

Impacts of a carbon tax when isolated (1/2)

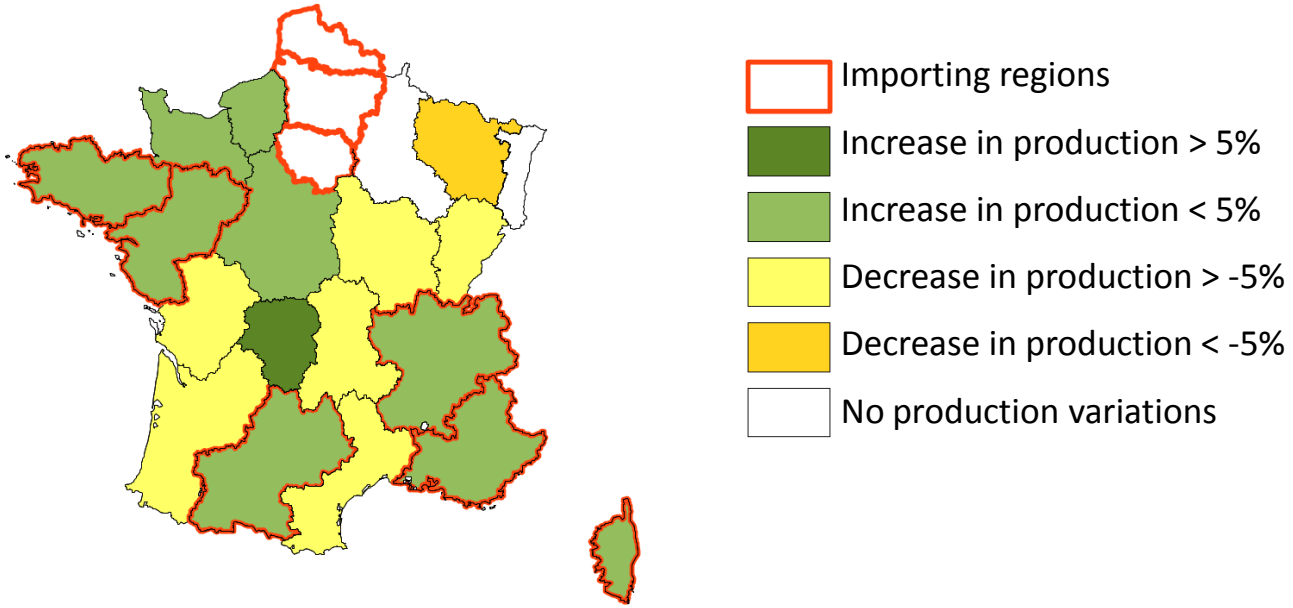
- When competition with non wood substitutes is explicitely represented, the production of wood products generally increases except for *parquets*



Impacts of a carbon tax when isolated (2/2)

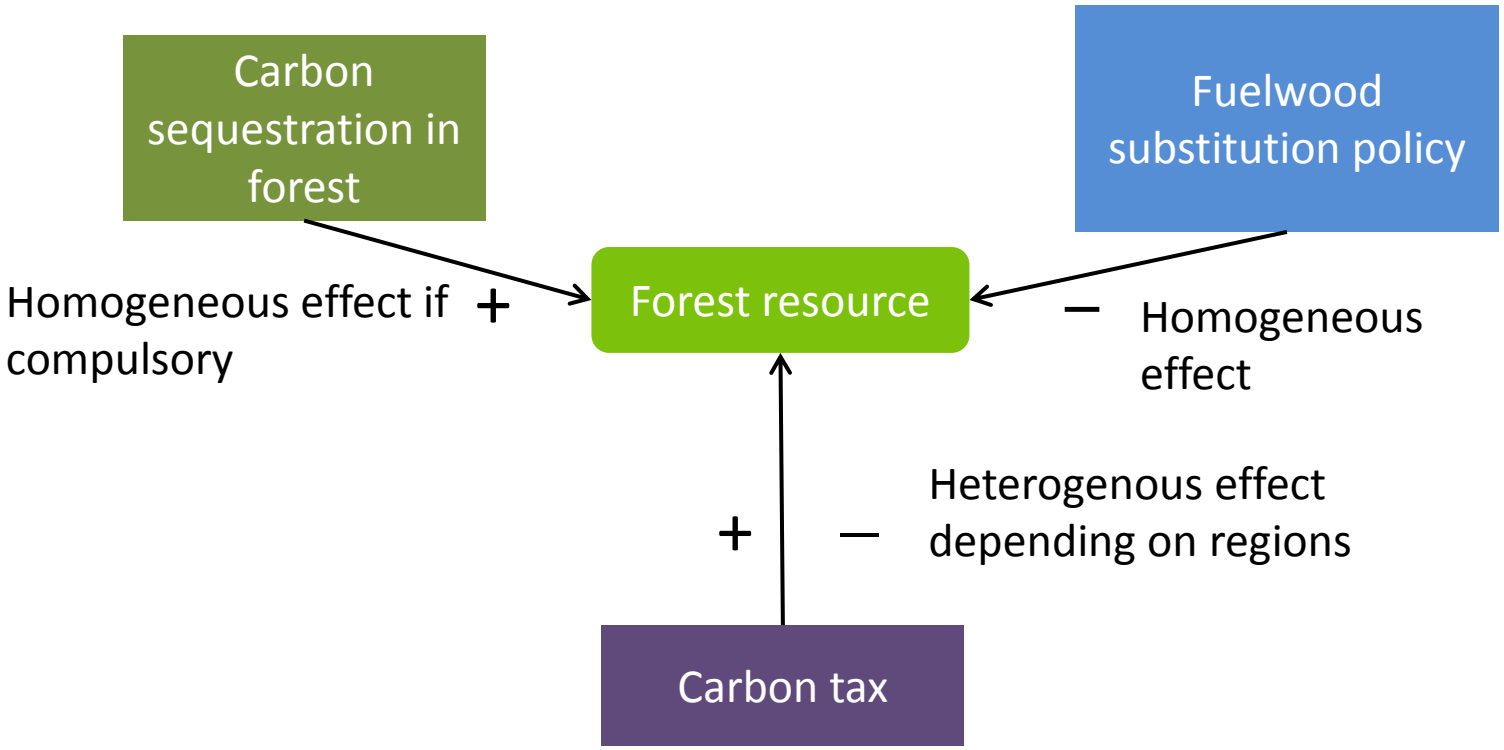
- By increasing the cost of transport, carbon tax decreases import volumes and relocates production near consumption area

e.g. fuelwood production:



Fuelwood regional production variations in 2020 with a carbon tax regarding a baseline scenario (without tax)

Carbon tax and direct policies: possible interactions on forest resource

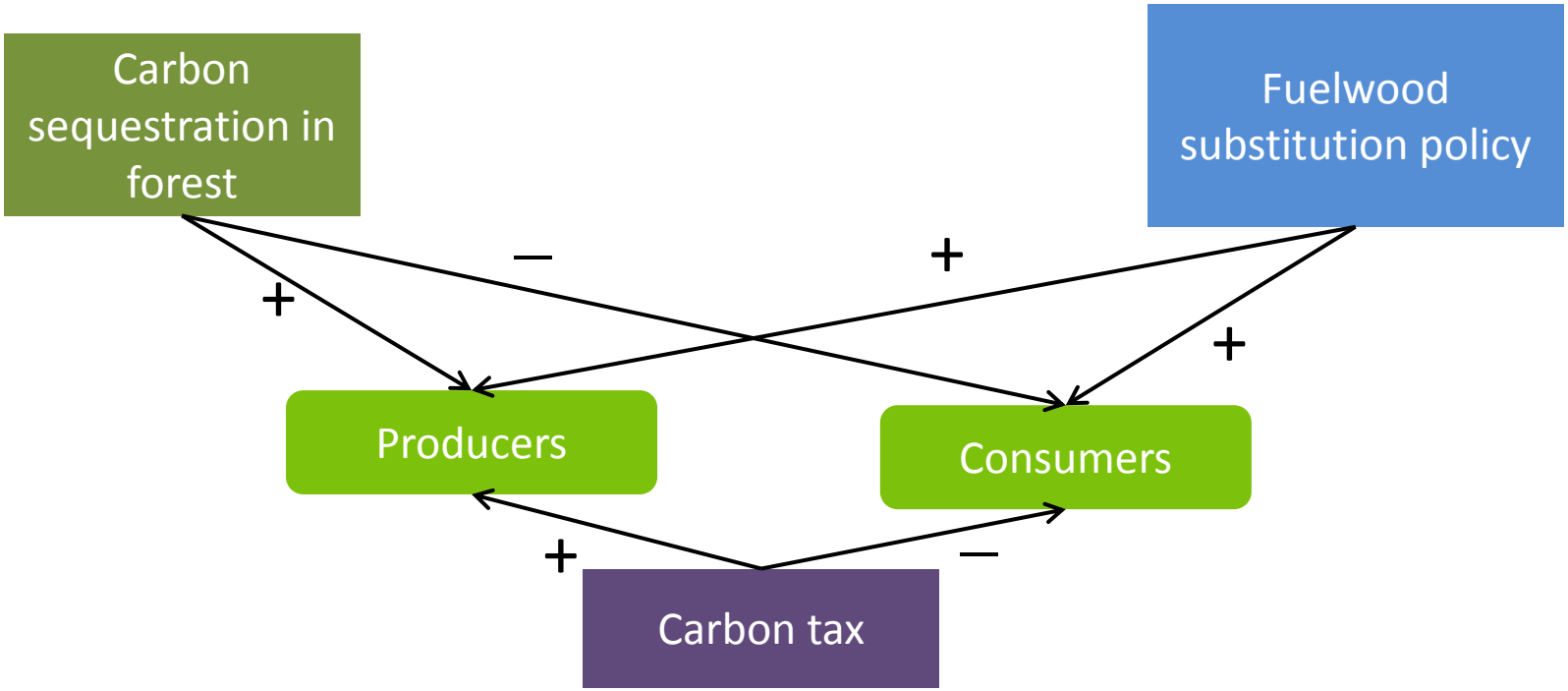


Does combing a carbon tax with a fuelwood policy lead to an overharvesting situation?

Result n°1:combining a carbon tax with fuelwood policy does not dramatically decreases resource stock

- Global rates of variation of forest stock on the 2007-2020 period are comparable (+/–1%) between a scenario fuelwood only and a scenario fuelwood + carbon tax
- More precisely stock is decreasing more in the scenario fuelwood + tax than in scenario fuelwood (≈–1%) except in one single region: Aquitaine (exporting region: tax → decrease harvest)
- This relatively low effect can be explained by a low carbon tax price

Carbon tax and direct policies: possible interactions on the sector economy



Does combining a carbon tax and a sequestration policy decrease consumer surplus?

Result n°2: combining a carbon tax and a sequestration measure may lead to a complex political economy

- ∀ region , producer surplus is higher in the scenario tax + sequestration than in the scenario tax only
- Conversely, ∀ region , consumer surplus is much lower in scenario tax + sequestration (≈– 100 %) than in the scenario tax only

  → political economy of combination may be complex
- From an environmental point of view, the two policies are antagonist.
  - One possibility to make them complementary would be to implement sequestration only in regions where production decreases because of tax
  - This could be done through a voluntary framework

Concluding remarks

- Direct or indirect policies are both willing to mitigate climate change by reducing CO_2 emissions from the anthropogenic pool
- However polices might be complementary or antagonist from environmental and economic point of view
- In a global mitigation strategy it is crucial to understand these complementarities/antagonisms in order to:
  - Reduce total costs of mitigation
  - Regionalize policies (e.g., sequestration in regions where production decrease because of carbon tax)
  - Comprehend political economy of policies

Thank you for your attention!

- References:

  - Caurla, S., 2012. Modélisation de la filière forêt-bois française. Évaluation des politiques climatiques. *PhD thesis, in French, available online*
  - Lecocq, F., Caurla, S.; Delacote, P.; Barkaoui, A. & Sauquet., A. 2010. Paying for forest carbon or stimulating fuelwood demand? Insights from the French Forest Sector Model, *Journal of Forest Economics, 17*, 157-168
  - Caurla, S., Lecocq, F.; Delacote, P. & Barkaoui, A. 2010. The French Forest Sector Model : version 1.0. Presentation and theoretical foundations, *Cahiers du LEF,* **2010***, 2009-04*
  - Barthes, J. 2010. Modèle économique de filière : compétition entre bois et autres matériaux *AgroParisTech-ENGREF, Nancy, in French, available on demand (sylvain.caurla@nancy-engref.inra.fr)*
  - Caurla, S., Delacote, P.; Lecocq, F. & Barkaoui, A. 2009. Fuelwood Consumption, Uncertainty over Resources and Public Policies : Which Impacts on the French Forest Sector? *Cahiers du LEF,* **2009***, 2009-03*

Séquestration en forêt et substitution énergétique: les enjeux

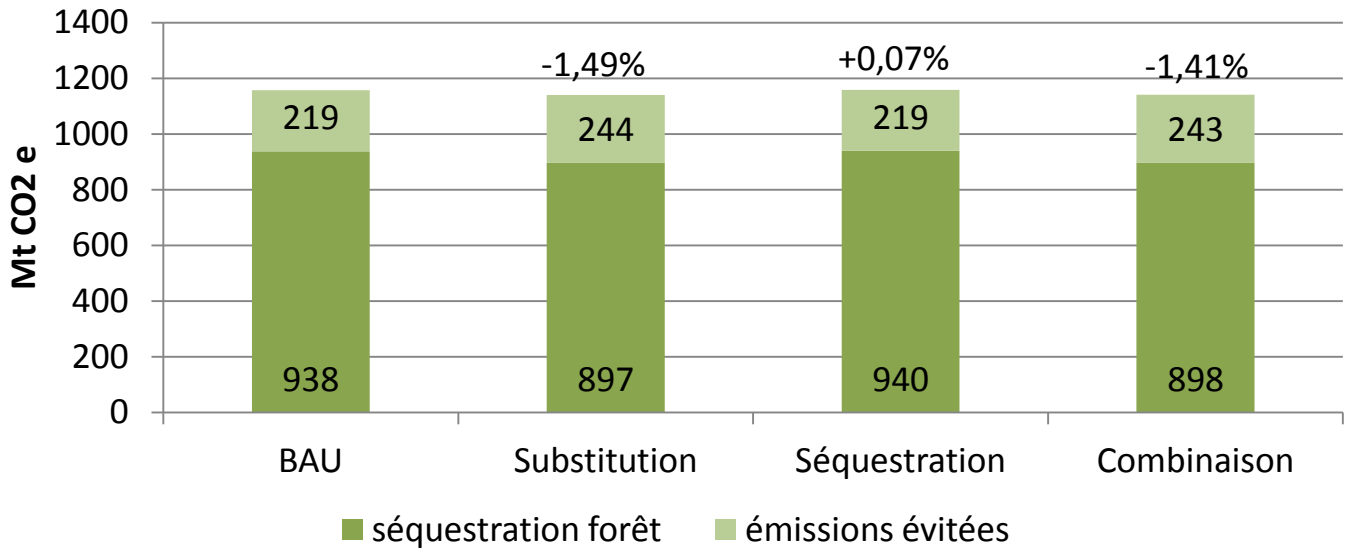
- Enjeu environnemental: bilan d'émissions
- Enjeux économiques: peu d'études approchent le problème sous l'angle économique, pourtant deux questions:
  - Comment se répartit la rente carbone dans la filière = comment les différents agents de la filière sont-ils affectés par l'introduction de cette rente?
  - Quel est le coût global et notamment le coût pour l'État qui en résulte?

Séquestration en forêt et substitution énergétique: méthode suivie

- **Trois instruments de politique**: une subvention à la séquestration en forêt, une subvention à la substitution énergétique (bois-énergie) et une combinaison des deux
- Mis en place à partir de 2010 et jusqu'en 2020
- Se basant sur le **même prix tutélaire du carbone**: 17€/tCO_2 en 2010 +2€/tCO_2/an jusqu'en 2020

Enseignement n°1: la séquestration en forêt conduit à un bilan d'émissions plus favorable que la substitution énergétique à court terme

Carbone séquestré en forêt et émissions évitées dans la filière dans les trois scénarios en 2020. Variations par rapport au scénario de référence sans politique.



- Des résultats asymétriques: rétribution permanente ou temporaire

Enseignement n°2: la séquestration en forêt est moins coûteuse que la substitution énergétique à court terme

Variations du surplus des producteurs et consommateurs et coûts budgétaires pour les trois scénarios en 2020 (en M€).

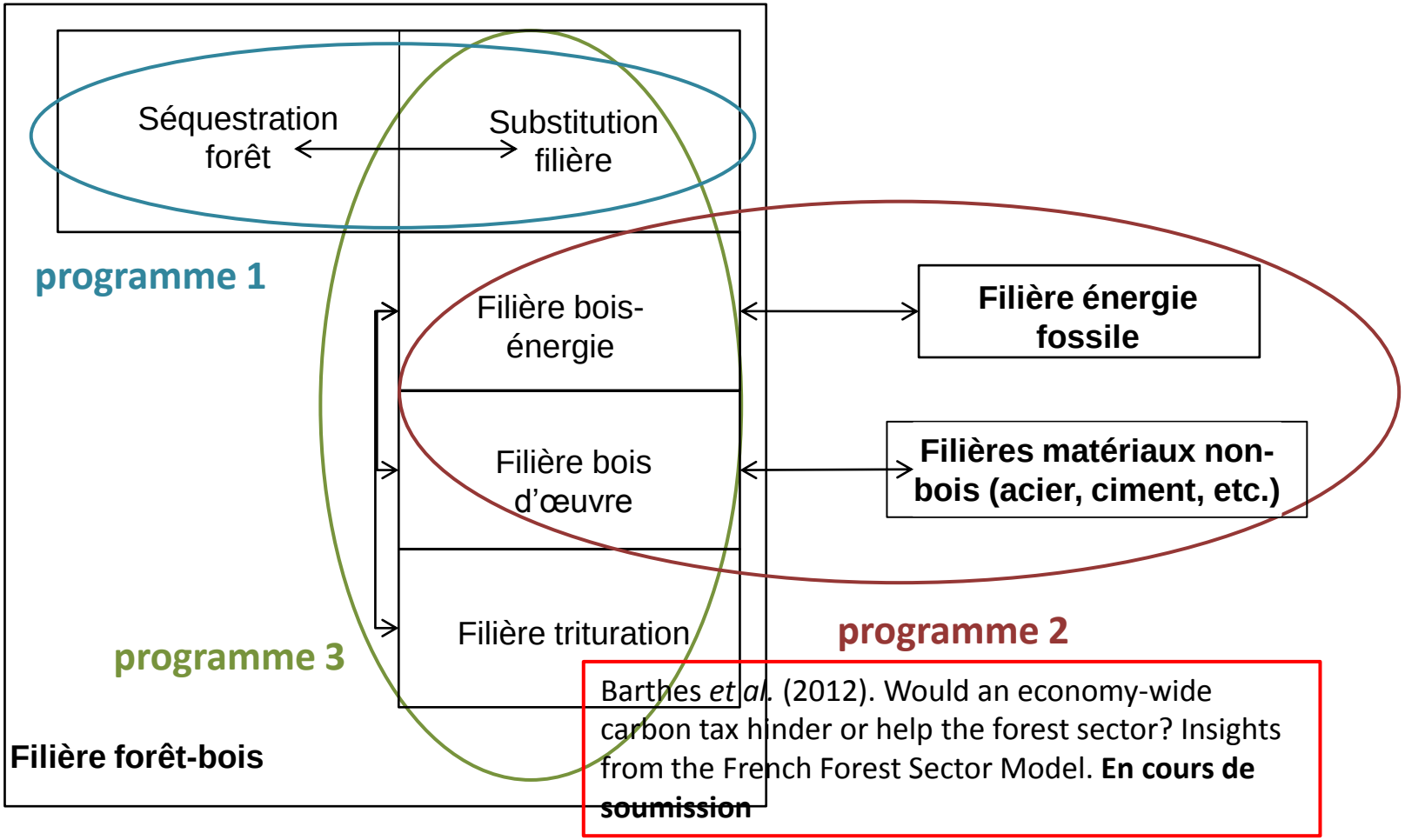
	Substitution	Séquestration	Combinaison
Surplus consommateur	+433,2	-12,3	+420,6
Surplus producteur	+174	+12,6	+108,8
Budget gouvernement	-703,7	-1,7	-641,2
Somme	-95,5	-1,5	-111,8

- Scénario séquestration : baisse du surplus des consommateurs
- Effet d'aubaine pour la subvention à la substitution

En définitive: trois résultats principaux

- Le **scénario séquestration conduit à un meilleur bilan d'émission que la substitution**. Résultat contingent à:
  - La valeur du coefficient de substitution
  - La non-prise en compte de la substitution matériaux (effet « cascade »)
  - La non-prise en compte des effets densité sur l'accroissement
  - Le choix du scénario de référence
- Une **double difficulté pour la mise en place politique de la séquestration**:
  - Le surplus des consommateurs diminue
  - Pose la question du choix du scénario de référence et des coûts de transaction
- La **combinaison des politiques conduit à des effets conflictuels**

Programme 2: taxe carbone intersectorielle



Barthes *et al.* (2012). Would an economy-wide carbon tax hinder or help the forest sector? Insights from the French Forest Sector Model. **En cours de soumission**

Quelles seraient les conséquences sur la filière forêt-bois d'une taxe carbone intersectorielle?

- A priori, trade-off entre deux effets:
  - **Effet revenu**: la taxe entraîne une hausse des prix des produits bois
  - **Effet substitution**: les hausse des prix des produits bois est plus faible que celle des prix des produits non-bois substituts
- Question: les produits bois bénéficient-ils de la taxe et, si oui, dans quelle mesure?
- FFSM est modifié à deux niveaux pour y répondre :
  - Représentation de la **compétition** entre produits bois et produits non-bois substituts
  - Modélisation de **la transmission de la taxe sur le prix final** des produits

La compétition est représentée à travers une modification de la fonction de demande pour quatre marchés de la seconde transformation

$$D_{p,i,t} = D_{p,i,t-1}\left(\frac{\tilde{P}_{p,i,t}}{\tilde{P}_{p,i,t-1}}\right)^{\sigma_p} \underbrace{\prod_s \left(\frac{\left(\frac{\tilde{P}_{p,i,t}}{P_{s,i,t}}\right)}{\left(\frac{\tilde{P}_{p,i,t-1}}{P_{s,i,t-1}}\right)}\right)^{-\varepsilon_{p,s}}}_{\text{Modulation par compétition}}$$

$\varepsilon_{p,s}$: élasticité prix croisée de la demande

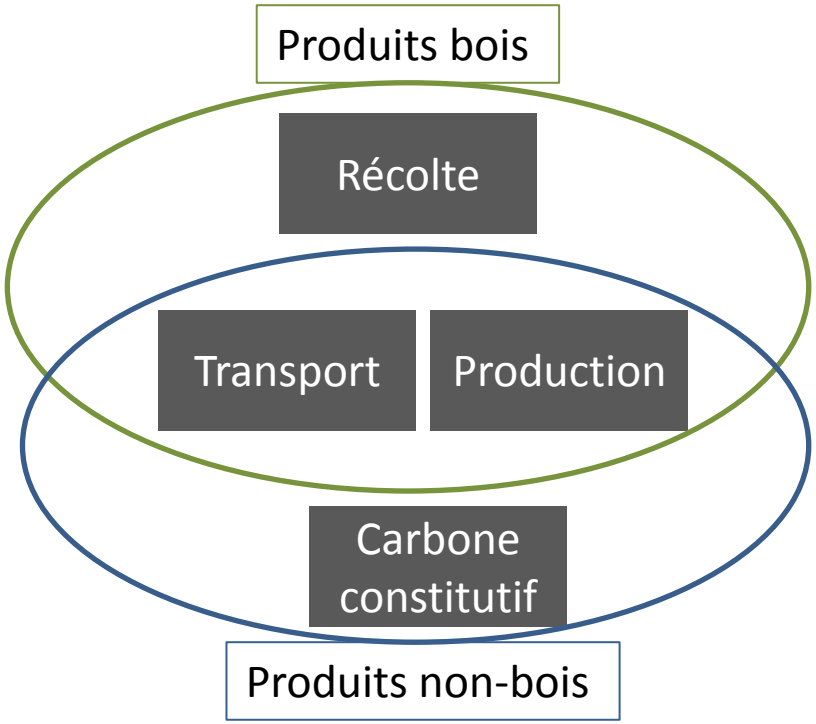
$P_{s,i,t}$: prix du produit substitut (s) dans la région i à la date t

- Modification de la version initiale de FFSM pour représenter les produits bois de 2nde transformation
- Quatre critères pour le choix des marchés:
  - Volume
  - Substituts avec contenus carbone significativement différents
  - Absence de domination sur le marché
  - Données disponibles
- 4 marchés retenus: sacs d'emballage— revêtements de sol — portes et fenêtres — énergie

→ **Une approche de type *proof-of-concept***

La taxe modifie le prix des produits à travers deux canaux d'action dans FFSM

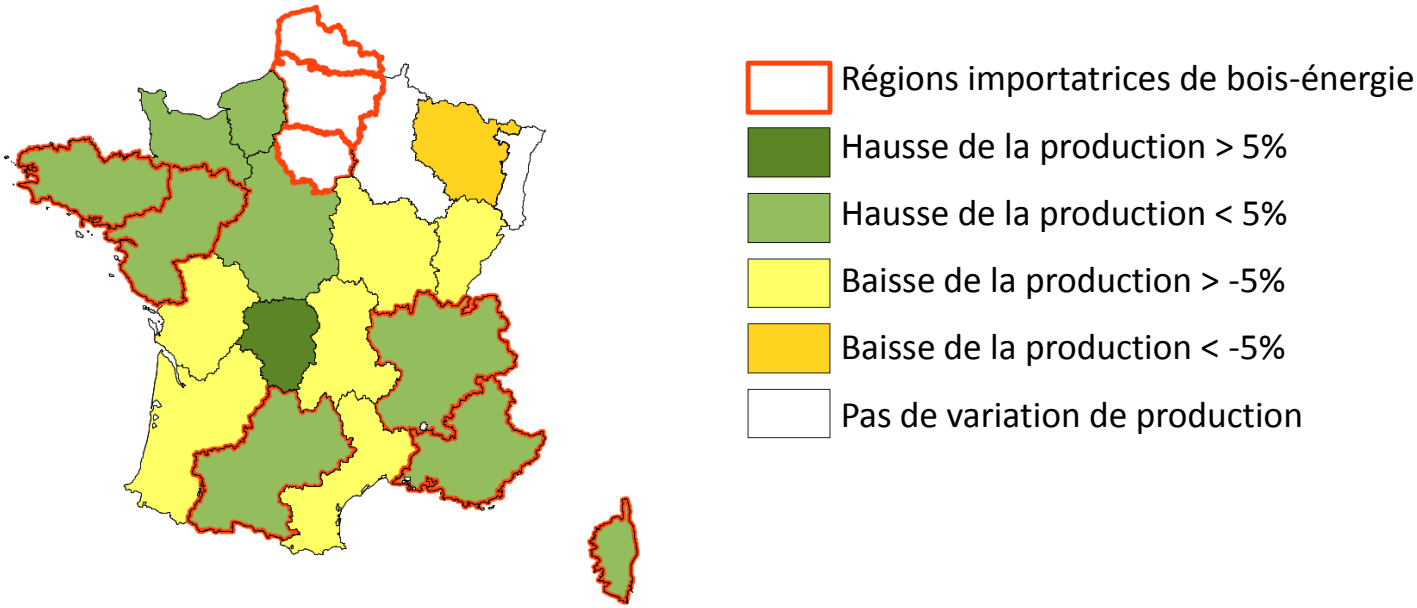
- Mode d'action technique: le prix final intègre les surcoûts associés à la taxe à quatre niveaux
- Relocalisation de la demande et de l'offre de produits par effets macroéconomiques: uniquement pour les produits bois



La taxe est intégrée au coût de quatre types d'activités. Calcul des coefficients techniques: Barthès, J. (2010).Mémoire de master 2.

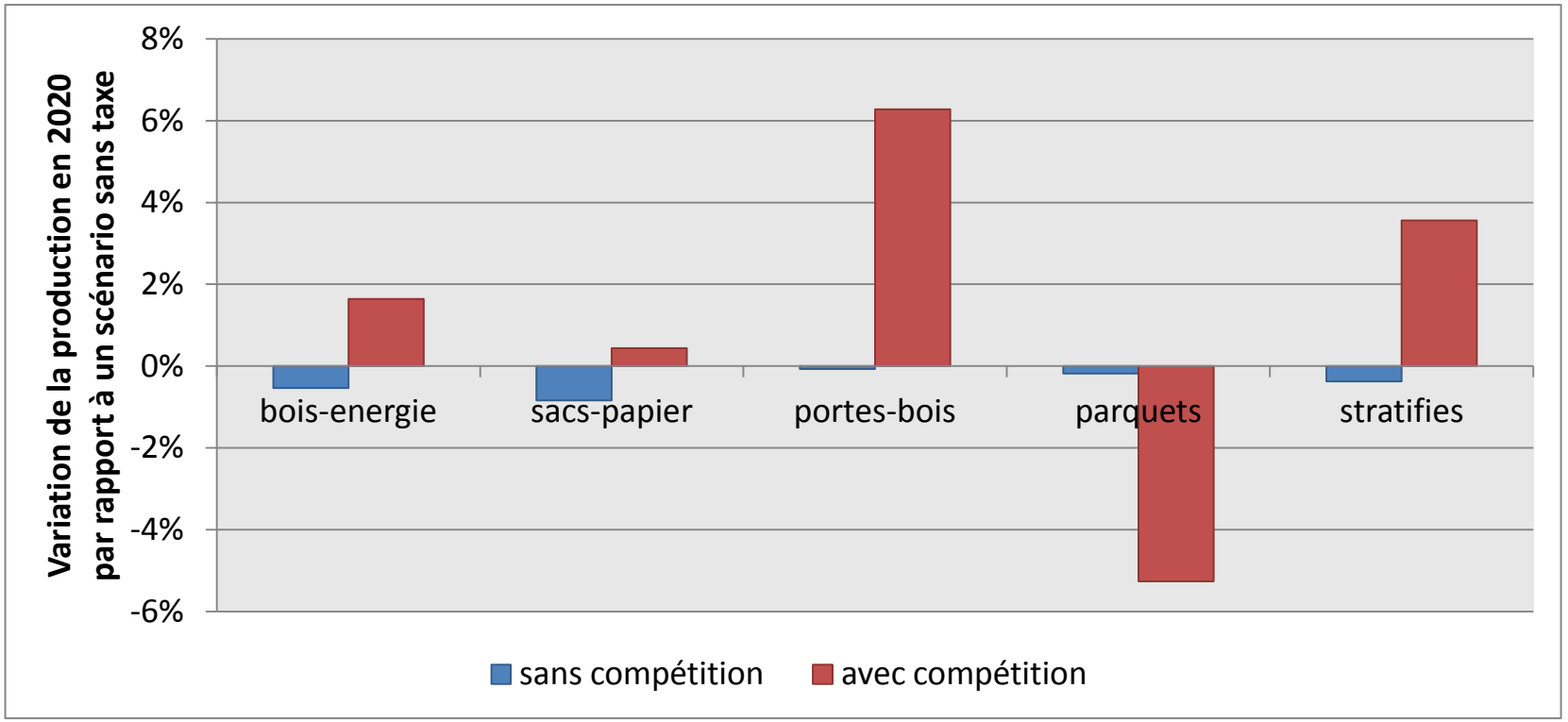
Enseignement n°3: la taxe diminue le volume de produits bois transportés et relocalise la production

Exemple du bois-énergie:

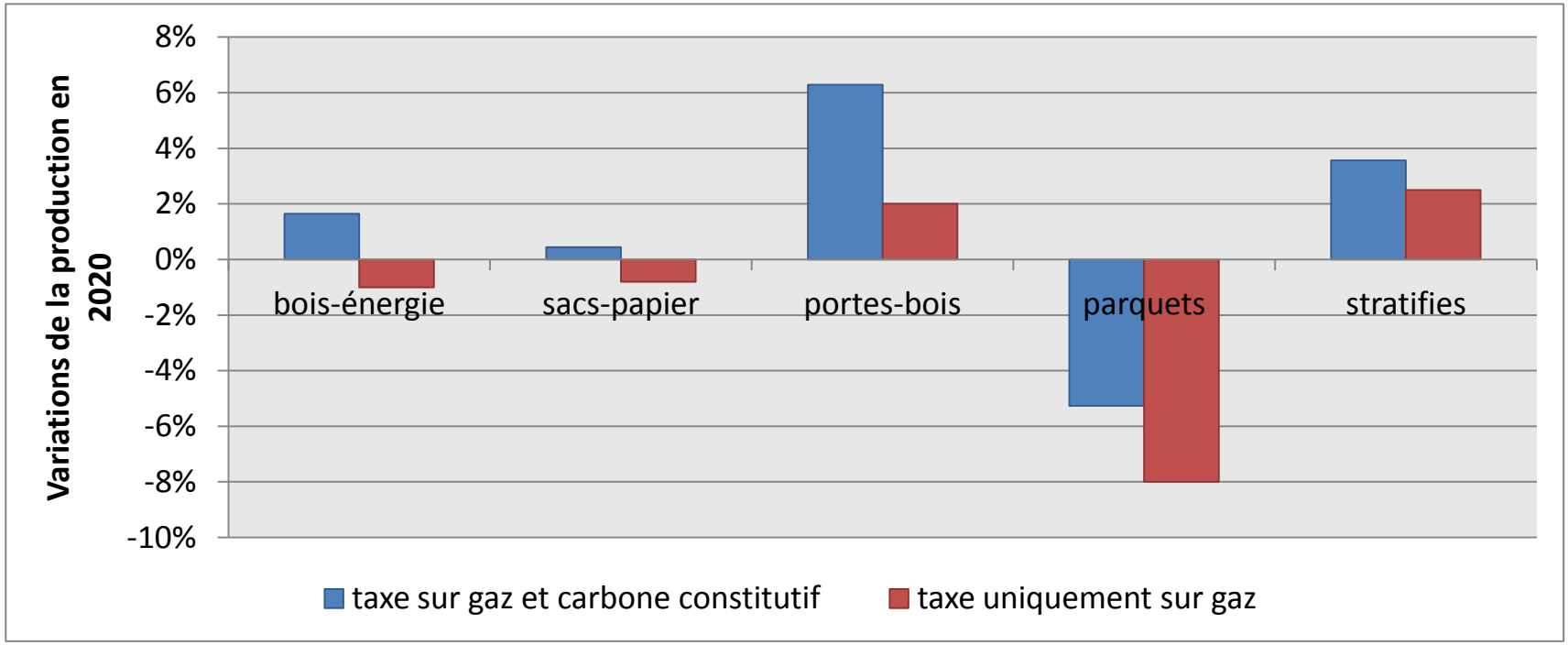


Variations régionales de la production de bois-énergie en 2020 après mise en place d'une taxe par rapport à un scénario de référence sans taxe.

Enseignement n°4: en situation de compétition avec les substituts non-bois, la production de la plupart des produits bois augmente

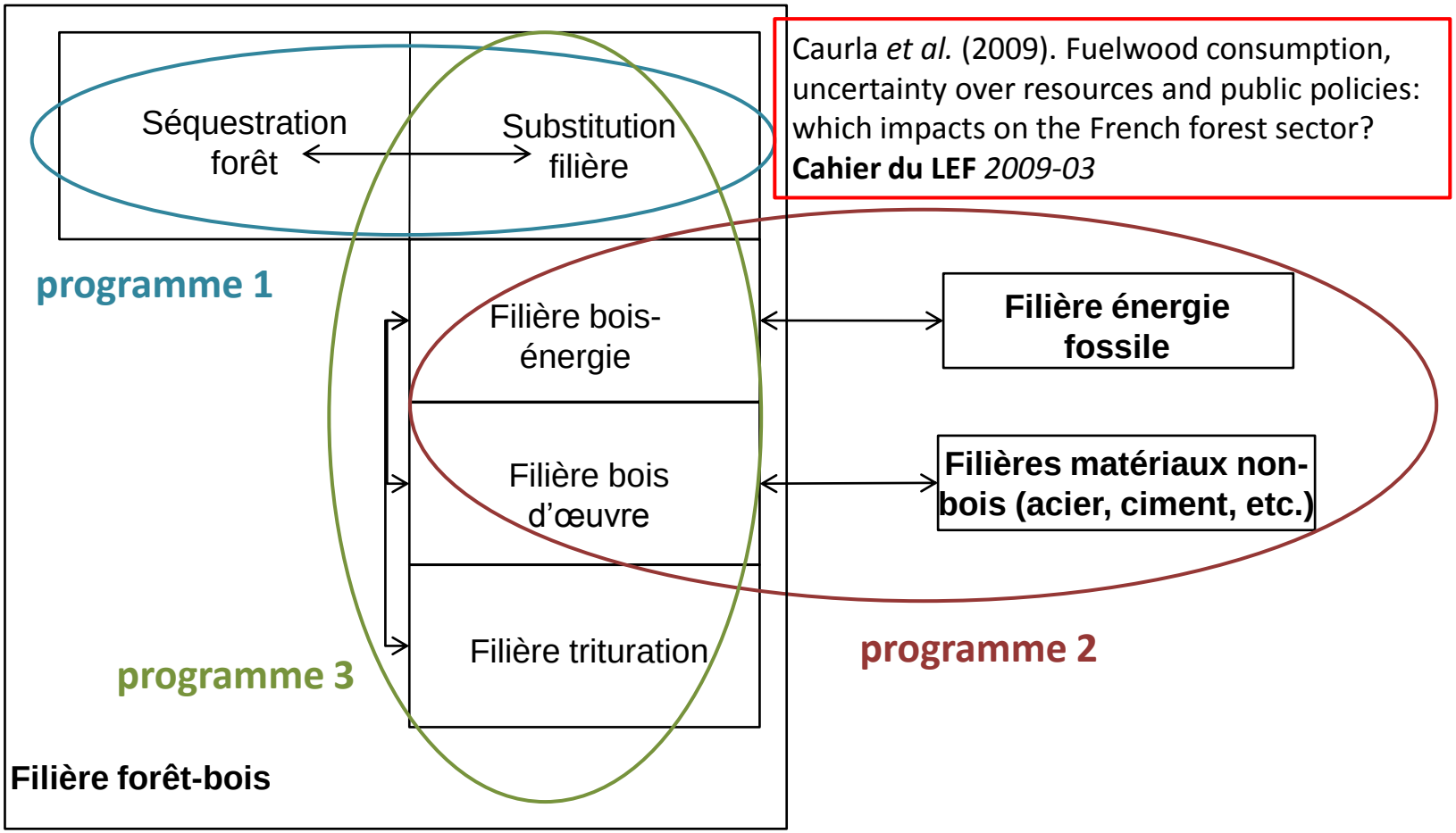


Ces résultats sont sensibles au choix de l'assiette de la taxe



Une taxe ne portant que sur l'émission de gaz lors des processus de production et de transport entraîne une baisse de la production de bois-énergie et des sacs papier

Programme 3: politiques de mobilisation du bois-énergie



Caurla *et al.* (2009). Fuelwood consumption, uncertainty over resources and public policies: which impacts on the French forest sector? **Cahier du LEF** *2009-03*

Questions posées

- Objectif : +6 Mm^3 de bois-énergie forestier en 2020 par rapport à 2006
- Quatre interrogations:
  - Quelles sont les conséquences sur la ressource forestière?
  - Sont-elles susceptibles d'entraîner une compétition avec la filière trituration?
  - Quelles sont les conséquences sur la balance commerciale de la filière?
  - Quels sont les coûts des mesures de mobilisation?

Trois manières de modéliser les objectifs de mobilisation supplémentaire de bois-énergie dans FFSM

	Politique de mobilisation directe (exemple: plans d'approvisionnement de la CRE)	Politique de mobilisation indirecte (exemples: fonds chaleur, plans bois-énergie ADEME)
Amont de la filière		**Subvention à la production de BIBE** $S_{w,i,t} = S_{w,i,t-1} \left(\frac{\tilde{P}_{w,i,t}(1 + sub_{w,t})}{\tilde{P}_{w,i,t-1}(1 + sub_{w,t-1})} \right)^{\varepsilon_w} \left(\frac{F_{w,i,t}}{F_{w,i,t-1}} \right)^{\beta_w}$
Aval de la filière	Politique de **demande fixe ou « fixed-demand »** $LD_{p,i} + \sum_j e_{p,i,j} + fd_{p,i} = S_{p,i} + \sum_k e_{p,k,i}$	**Subvention à la consommation de bois-énergie** $D_{p,i,t} = D_{p,i,t-1} \left(\frac{\tilde{P}_{p,i,t}(1 - sub_{p,t})}{\tilde{P}_{p,i,t-1}(1 - sub_{p,t-1})} \right)^{\sigma_p}$

Enseignement n°5: les trois politiques conduisent à des niveaux de tension sur la ressource différents

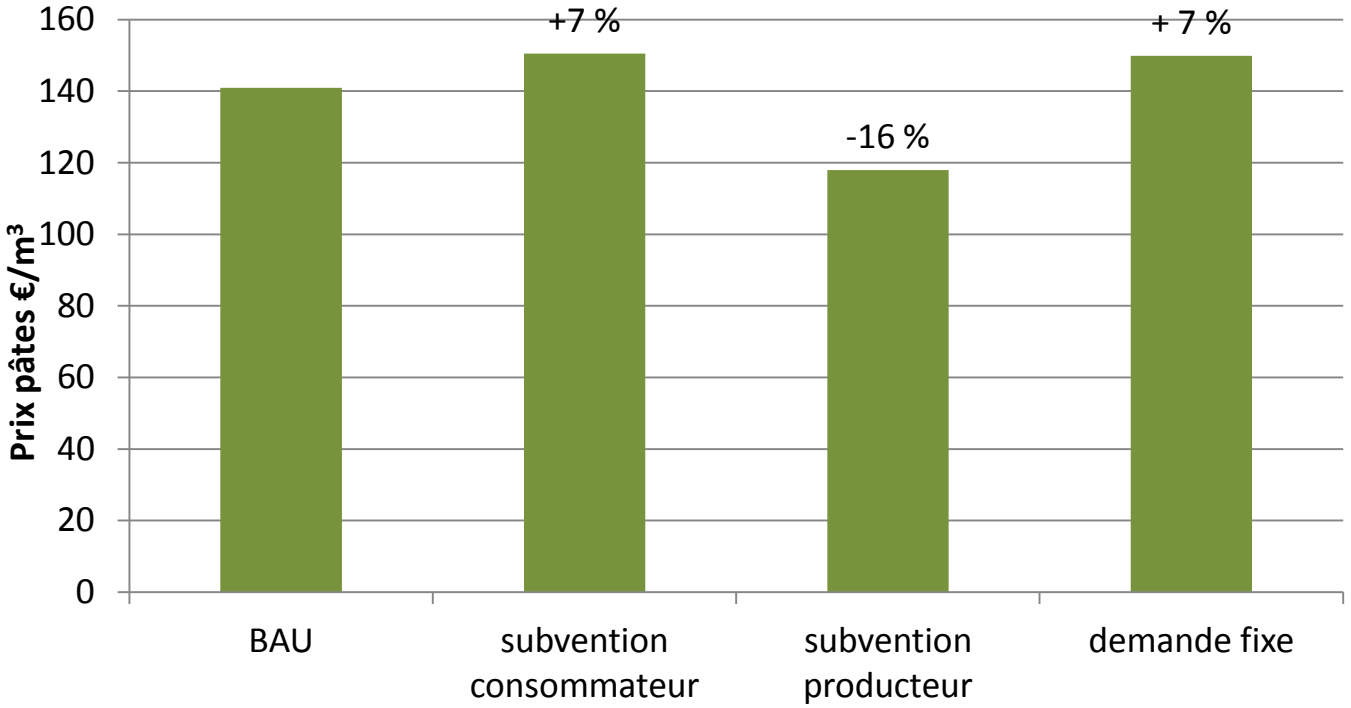
- Incertitude sur la disponibilité supplémentaire
- Incertitude sur le comportement des propriétaires forestiers
  - → Deux modalités de disponibilité supplémentaire sont testées
  - → Modalités intégrées à travers la restriction du volume initial de chaque domaine d'étude dans le module ressource

	Modalité optimiste (+12 Mm^3/an)				**Modalité pessimiste (+6 Mm^3/an)**			
Scénarios	BAU	fd	Sub_c	Sub_p	BAU	fd	Sub_c	Sub_p
Stock (%)	+0,72	+0,21	+0,21	-0,14	+0,2	-0,41	-0,41	-0,85

Taux de variation du stock forestier national de BIBE entre 2019 et 2020 (en %) pour les trois politiques considérées et le scénario de référence (BAU)
fd= demande fixe **Sub_c**= subvention consommateur **Sub_p**= subvention producteur

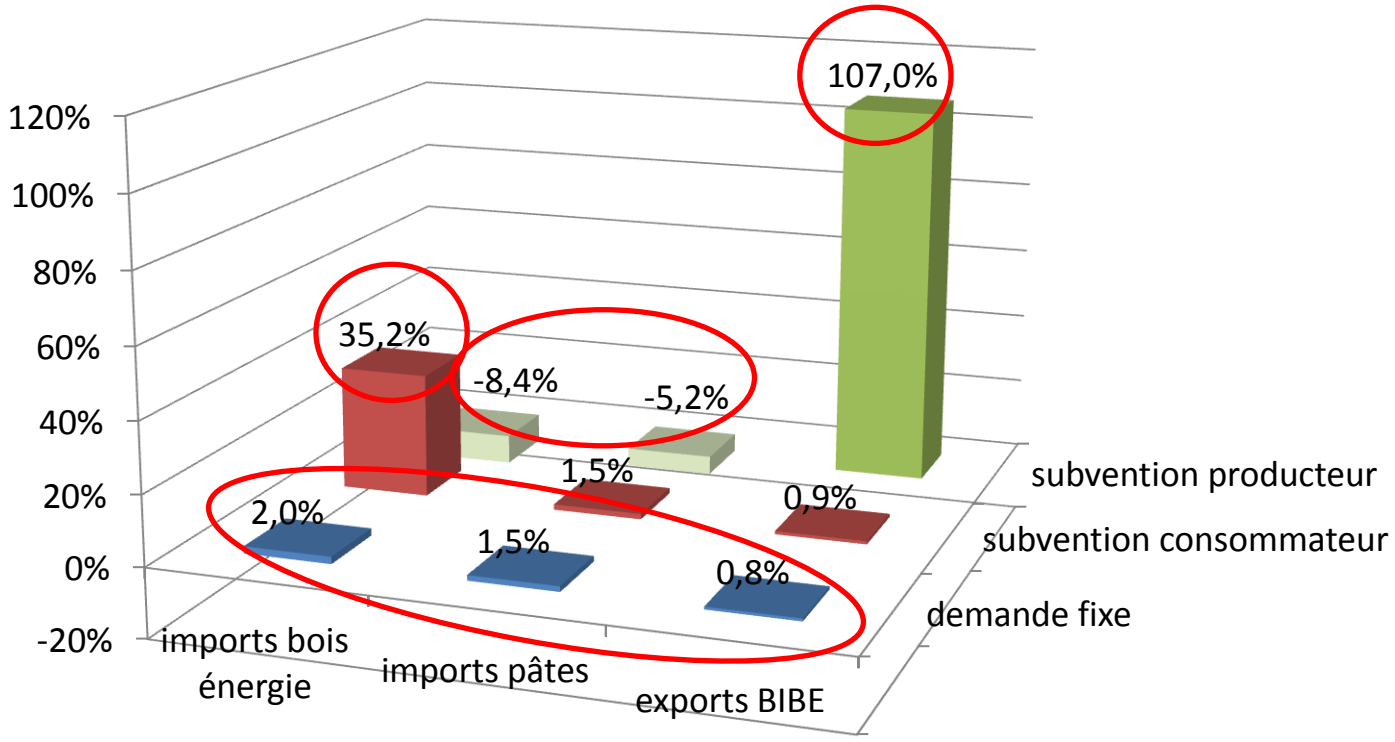
Enseignement n°6: la subvention au producteur « dynamise » l'ensemble de la filière BIBE

Prix des pâtes à papier en 2020 et variations par rapport au scénario sans politique (BAU)



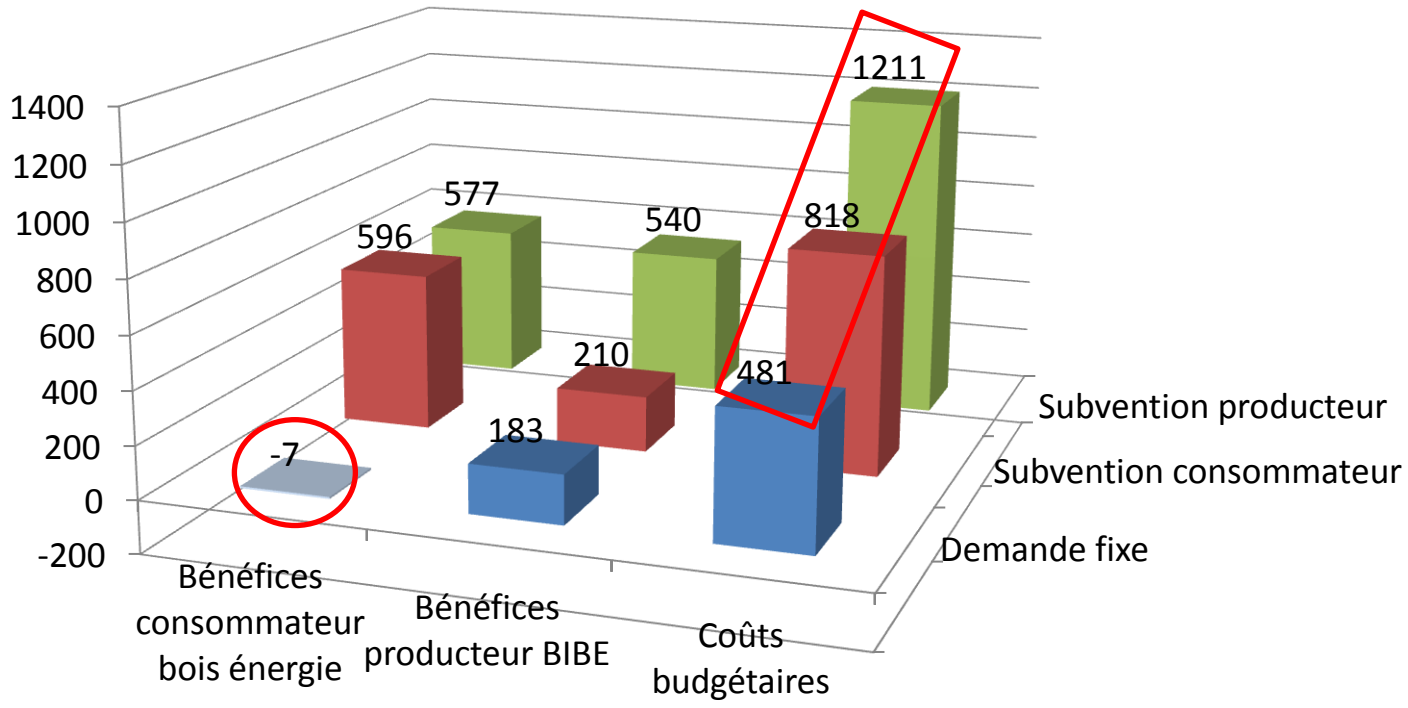
Enseignement n°7: la subvention au producteur réduit le déficit commercial et la subvention au consommateur le creuse

Évolution des échanges des produits de la filière BIBE avec l'étranger en 2020. Variations par rapport au scénario de référence (BAU)



Enseignement n°8: la politique « demande fixe » présente le coût budgétaire le plus faible mais conduit à un effet d'éviction sur la demande privée

Coûts budgétaires et bénéfices pour les agents de la filière en 2020 (en M€)

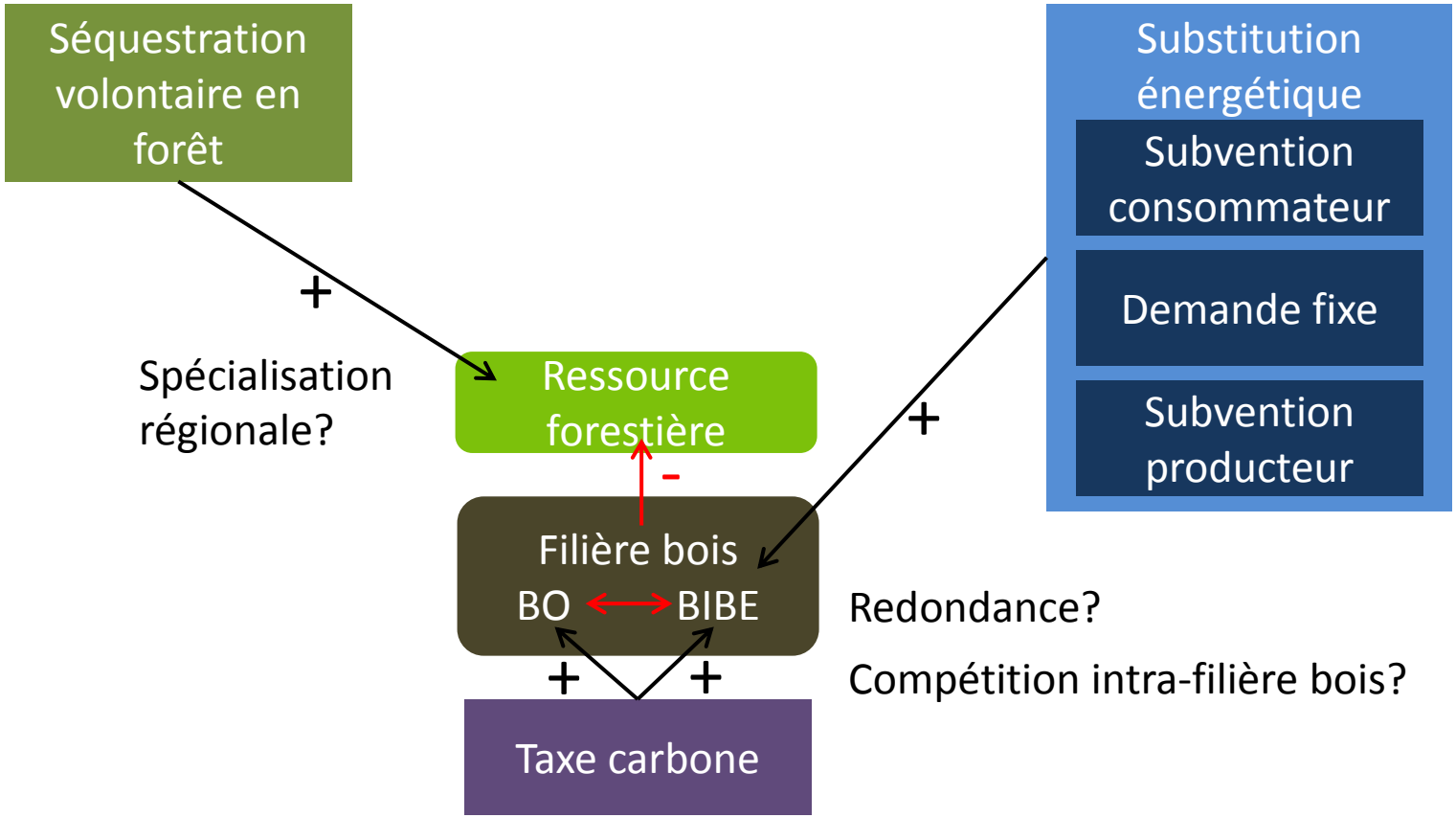


En définitive: quatre critères pour le choix d'instruments

	Subvention producteur	Subvention consommateur	Demande fixe
Tension ressource	↑↑	↑	↑
Dynamique du secteur BIBE	↑	↓	↓
Déficit commercial	↓	↑	0
Coûts budgétaires	↑↑↑	↑↑	↑

1. Définition et problématique
2. Le modèle: historique et méthodologie
3. Analyse des politiques climatiques
4. Conclusion

Et si politiques coexistantes? Interactions de la taxe carbone avec les autres politiques

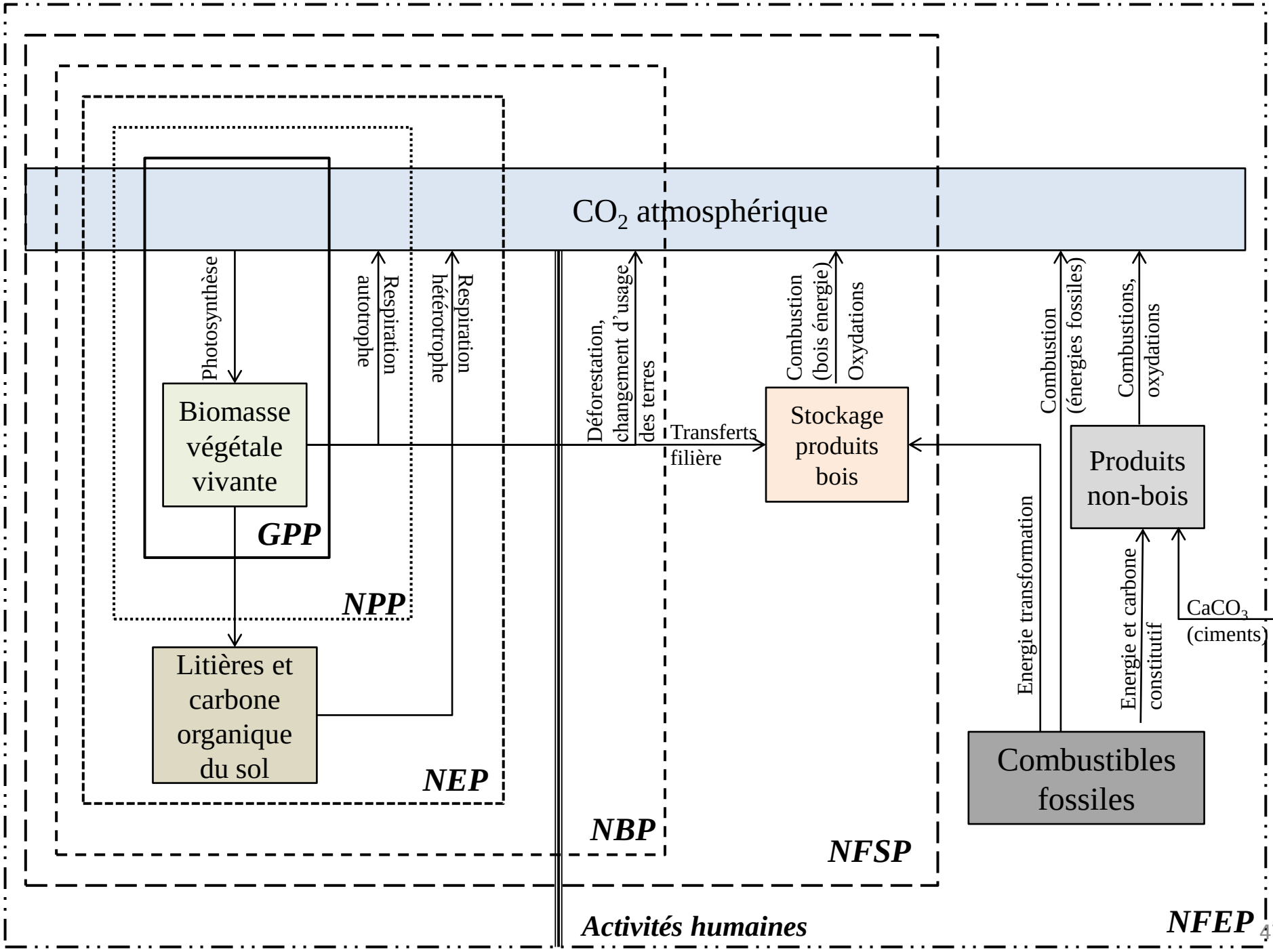


Des interactions qui expriment la nécessité d'une politique forestière intégrative

- Afin d'**éviter les redondances et les tensions sur la ressource ou dans la filière**
- Afin d'**éviter les compétitions** entre mesures qui procèdent toutes de la même ambition globale
  - Substitution énergétique versus séquestration en forêt (programme 1)
- Afin de mettre en avant les **complémentarités**
  - Taxe carbone intersectorielle et séquestration volontaire en forêt?
- Afin d'**intégrer les autres enjeux forestiers**:
  - e.g. multifonctionnalité
- Afin d'inclure la filière forêt-bois au sein de la stratégie globale d'atténuation et **pas seulement comme sa variable d'ajustement**

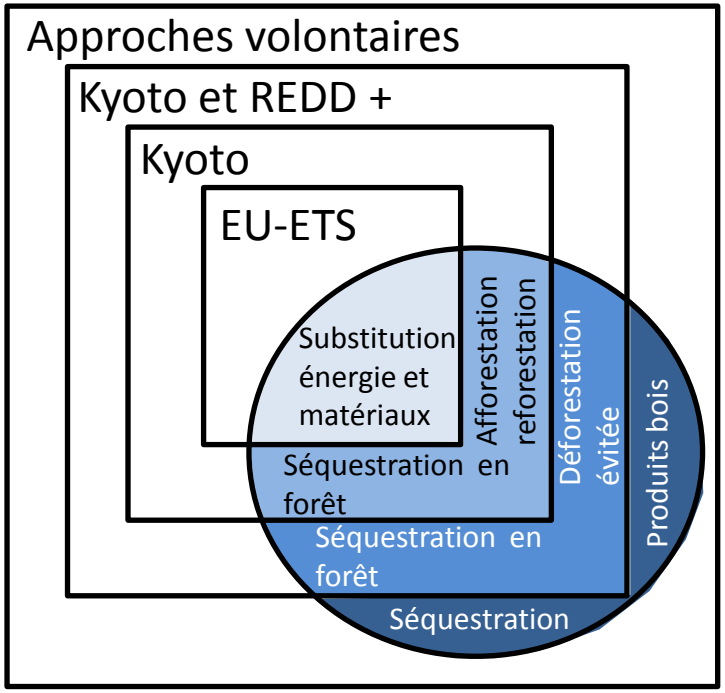
Merci de votre attention

Annexes


CO_2 atmosphérique
Photosynthèse
Respiration autotrophe
Respiration hétérotrophe
Déforestation, changement d'usage des terres
Combustion (bois énergie) Oxydations
Combustion (énergies fossiles)
Combustions, oxydations
Biomasse végétale vivante
GPP
NPP
Litières et carbone organique du sol
NEP
NBP
Transferts filière
Stockage produits bois
Produits non-bois
Energie transformation
Energie et carbone constitutif
$CaCO_3$ (ciments)
Combustibles fossiles
NFSP
Activités humaines
NFEP

Des options d'atténuation partiellement mobilisées à ce jour au niveau international

- Des projets de séquestration techniquement difficiles à mettre en œuvre:
  - Mesures de la séquestration
  - Choix du référentiel
  - Risques de fuites
  - Risque de non-permanence
- Une négociation internationale défavorable à la séquestration en forêt:
  - Débats idéologiques
  - Retrait de l'Australie et des Etats-Unis en 2001, pression du Brésil
  - Mais discussion sur REDD+

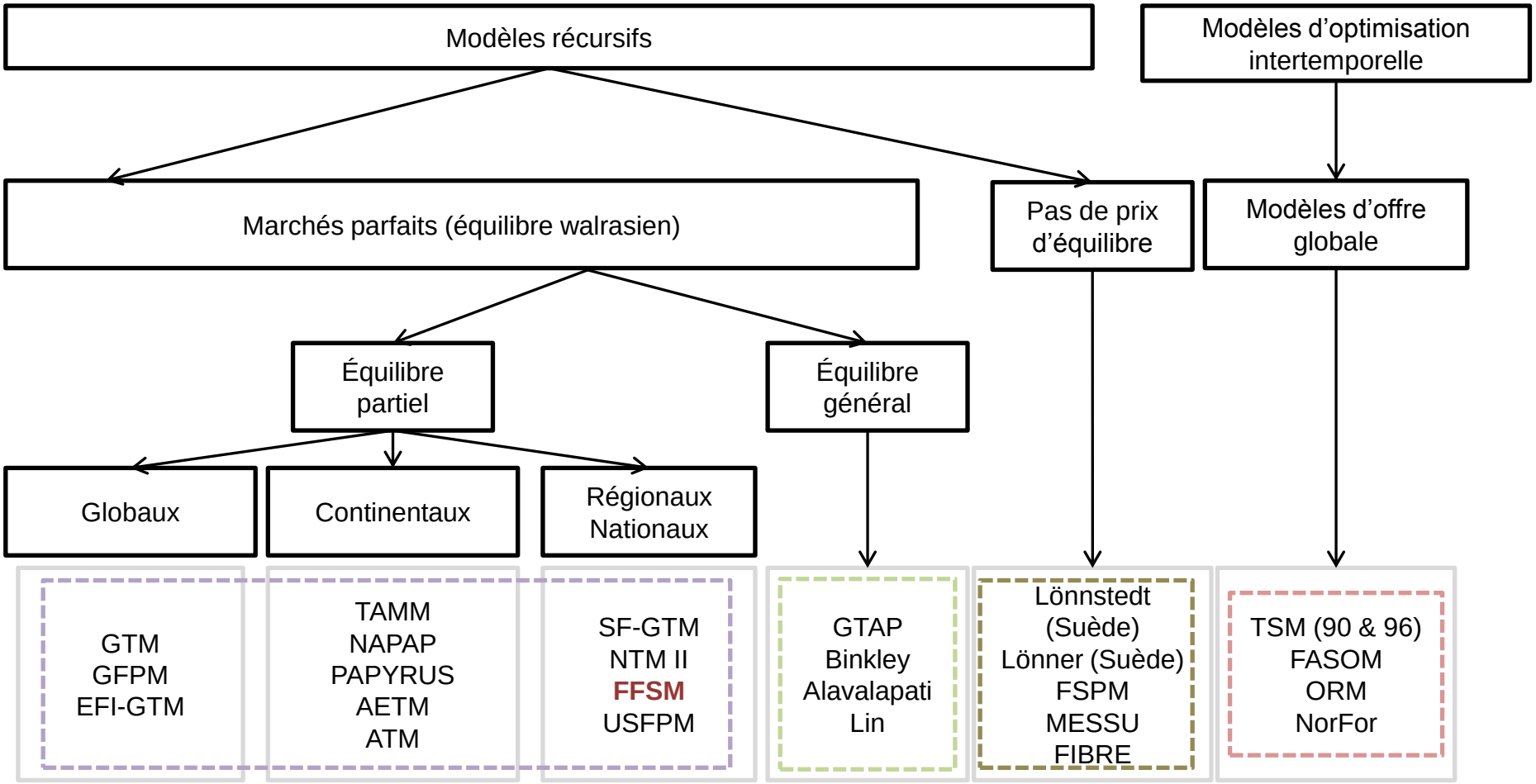


Mobilisation des options d'atténuation dans la filière forêt-bois par les instruments politiques actuels

En France, la substitution énergétique largement mobilisée

- Plusieurs mesures politiques (plans ADEME, appels d'offre CRE, Fonds chaleur, crédits d'impôt, « 1000 chaudières », etc)
- Le Protocole de Kyoto n'incite pas à la séquestration en forêt en France métropolitaine:
  - Le volume de bois croît d'environ 40 Mm^3/an (IFN, 2011) ≈ **40 $MtCO_2$/an** mais l'article 3.4 du Protocole de Kyoto ne le comptabilise qu'à hauteur de **3,2 $MtCO_2$/an**
- Des mesures volontaires de séquestration encore anecdotiques

FFSM au sein de la nébuleuse des modèles de secteur forestier



Spécification complète d'Armington pour la demande

$$D_{p,i} = \left[\left(1 - b_{D_{p,i}}\right) LD_{p,i}^{\frac{\varphi_{p,i}-1}{\varphi_{p,i}}} + b_{D_{p,i}} M_{p,i}^{\frac{\varphi_{p,i}-1}{\varphi_{p,i}}} \right]^{\frac{\varphi_{p,i}}{\varphi_{p,i}-1}}$$

$$M_{p,i} = b_{D_{p,i}}^{\varphi_{p,i}} D_{p,i} \left(\frac{\tilde{P}_{p,i}}{P_p^*} \right)^{\varphi_{p,i}}$$

$$LD_{p,i} = (1 - b_{D_{p,i}})^{\varphi_{p,i}} D_{p,i} \left(\frac{\tilde{P}_{p,i}}{P_{i,p}} \right)^{\varphi_{p,i}}$$

$$\tilde{P}_{p,i} = \left(P_{p,i}^{1-\varphi_{p,i}} \left(1 - b_{D_{p,i}}\right)^{\varphi_{p,i}} + P_p^{*1-\varphi_{p,i}} b_{D_{p,i}}^{\varphi_{p,i}} \right)^{\frac{1}{1-\varphi_{p,i}}}$$

$$\tilde{P}_{p,i} D_{p,i} = P_{p,i} LD_{p,i} + P_p^* M_{p,i}$$

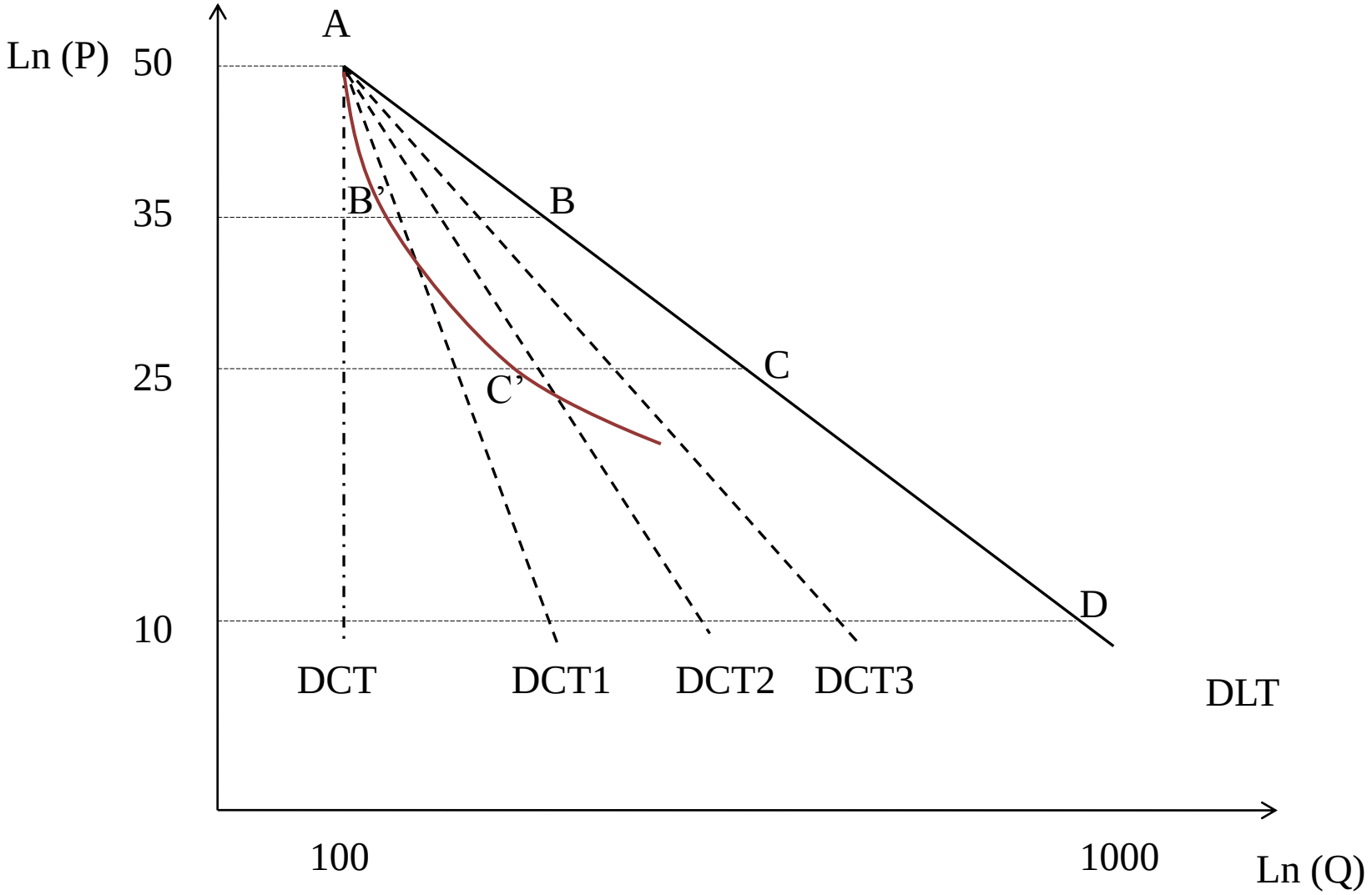
Fondements microéconomiques de la fonction de demande composite

- Exemple d'une entreprise de fabrication de meuble qui consomme une quantité D_p de placage au prix P_p et une quantité D_z d'autres inputs au prix P_z
- Fonction de production Cobb-Douglas
- L'entreprise minimise ses coûts de production:

$$Min_{D_p, D_z} P_p D_p + P_z D_z$$
$$\text{s.c. } D_p^a D_z^b = Y$$

$$D_p(P_p, P_z, Y) = \left(\frac{a}{b}\right)^{\frac{b}{a+b}} P_p^{\frac{-b}{a+b}} P_z^{\frac{b}{a+b}} Y^{\frac{1}{a+b}}$$

Mise en évidence des élasticités d'ajustement (Nerlove et Addison 1958)



Fonction objectif de FFSM

Pour une année donnée la somme des surplus de tous les agents est égale à:

$$\sum_{p,i}\left[\int_0^{D_{p,i}} \tilde{P}_{p,i}(D)dD - \tilde{P}_{p,i} \times D_{p,i}\right]$$
$$+\sum_{w,i}\left[\tilde{P}_{w,i} \times S_{w,i} - \int_0^{S_{w,i}} \tilde{P}_{w,i}(S)dS\right]$$
$$+\sum_{p,i} S_{p,i,t}P_{p,i} - \sum_{p,i} c_p S_{p,i} - \sum_{w,i} D_{w,i}P_{w,i}$$
$$+\sum_{p,i,j\neq i} \left(P_{p,j} - P_{p,i} - C_{p,i,j}\right) e_{p,i,j}$$
$$+\sum_{w,i,j\neq i} \left(P_{w,j} - P_{w,i} - C_{w,i,j}\right) e_{w,i,j}$$

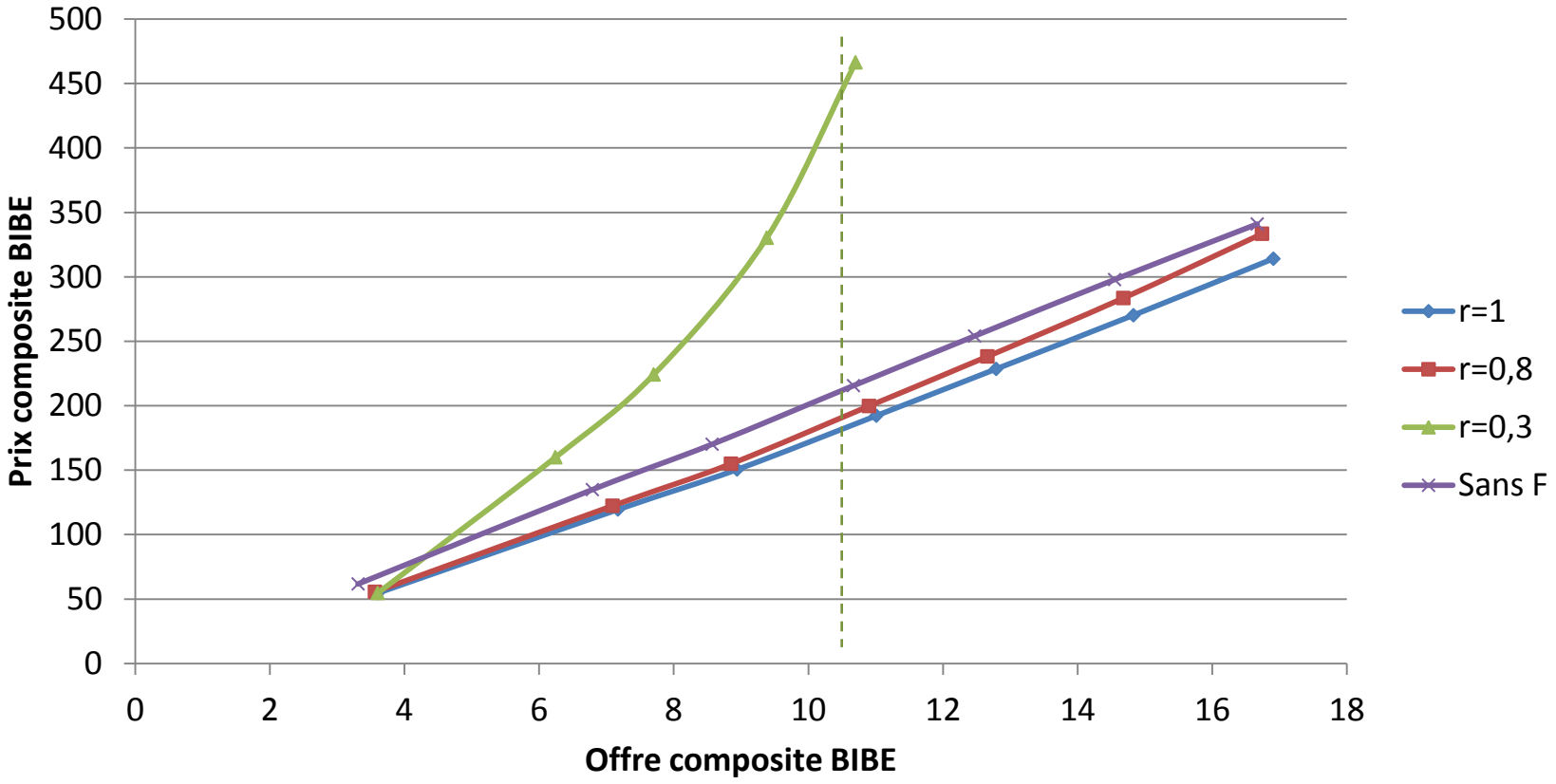
Sous les contraintes

$$
\begin{aligned}
h_1 &= LD_{p,i} + \textstyle\sum_j e_{p,i,j} - S_{p,i} - \sum_k e_{p,k,i} = 0 && \forall p,i,j,\\
h_2 &= \textstyle\sum_p a_{p,w} S_{p,i} + \sum_j e_{w,i,j} - LS_{w,i} - \sum_k e_{w,k,i} = 0 && \forall w,i,j,\\
h_3 &= D_{p,i} - \left[\left(1 - b_{D_{p,i}}\right) LD_{p,i}^{\frac{\varphi_{p,i}-1}{\varphi_{p,i}}} + b_{D_{p,i}} M_{p,i}^{\frac{\varphi_{p,i}-1}{\varphi_{p,i}}} \right]^{\frac{\varphi_{p,i}}{\varphi_{p,i}-1}} = 0 && \forall p,i\\
h_4 &= S_{w,i} - \left[\left(1 - b_{S_{w,i}}\right) LS_{w,i}^{\frac{\varphi_{w,i}-1}{\varphi_{w,i}}} + b_{S_{w,i}} X_{w,i}^{\frac{\varphi_{w,i}-1}{\varphi_{w,i}}} \right]^{\frac{\varphi_{w,i}}{\varphi_{w,i}-1}} = 0 && \forall w,i\\
h_5 &= D_{p,i} - \alpha \tilde{P}_{p,i}^{\sigma_p} = 0 && \forall p,i\\
h_6 &= S_{w,i} - \chi \tilde{P}_{w,i}^{\sigma_w} = 0 && \forall w,i\\
h_7 &= M_{p,i} - b_{D_{p,i}}^{\varphi_{p,i}} D_{p,i} \left(\frac{\tilde{P}_{p,i}}{P_p^*}\right)^{\varphi_{p,i}} = 0 && \forall p,i\\
h_8 &= X_{w,i} - b_{S_{w,i}}^{\varphi_{w,i}} S_{w,i} \left(\frac{\tilde{P}_{w,i}}{P_w^*}\right)^{\varphi_{w,i}} = 0 && \forall w,i\\
h_9 &= \tilde{P}_{p,i} D_{p,i} - P_{p,i} LD_{p,i} - P_p^* M_{p,i} = 0 && \forall p,i\\
h_{10} &= \tilde{P}_{w,i} S_{w,i} - P_{w,i} LS_{w,i} - P_w^* X_{w,i} = 0 && \forall w,i\\
h_{11} &= e_{p,i,j} \geq 0 && \forall p,i,j\\
h_{12} &= e_{w,i,j} \geq 0 && \forall w,i,j\\
h_{13} &= S_{p,i} \geq 0 && \forall p,i\\
h_{14} &= P_{p,i} \geq 0 && \forall p,i\\
h_{15} &= P_{w,i} \geq 0 && \forall w,i\\
h_{16} &= K_{p,i} - S_{p,i} \geq 0 && \forall p,i
\end{aligned}
$$

Samuelson

- Si $e_{j,i}$ = export de la région j vers la région j; $C_{i,j}$ = coût de transport entre les deux régions et P_i le prix dans la région i, les conditions de Samuelson s'expriment:
  1. Si $P_i - P_j \geq C_{i,j}$ alors $e_{j,i} \geq 0$. Réciproquement, $e_{i,j}>0$ entraîne $P_j - P_i = C_{i,j}$
  2. Si $P_i - P_j < C_{i,j}$ alors $e_{j,i} = 0$

Effet de la valeur du ratio de disponibilité en forêt sur l'offre



La calibration de FFSM en trois étapes

- 1ère étape: déterminer l'état (volume) de la ressource à la fin de 2005 → (Colin et Chevalier, 2009)
- 2ème étape: calibrer les variables économiques relatives à l'année 2006 nécessaires au calcul de l'année 2007: $LS_{w,i,2006}$; $X_{w,i,2006}$; $P_{w,i,2006}$, $LD_{p,i,2006}$, $M_{p,i,2006}$ et $P_{p,i,2006}$
- 3ème étape: déduire de (2) les prélèvements en 2006 et mettre à jour le module ressource pour 2006

Données utilisées pour calibrer FFSM

Variables	Sources
$LS_{w,i,2006}+X_{w,i,2006}$	E.A.B du Service de la statistique et de la prospective (SSP) du MAP
$X_{w,i,2006}$	Estimé au prorata de la production régionale dans la production nationale
$LS_{w,i,2006}$	$(LS_{w,i,2006}+X_{w,i,2006}) - X_{w,i,2006}$
$S_{p,i,2006}$	•E.A.B pour sciages (feuillus et résineux) •Confédération française de l'industrie des papiers, cartons et cellulose pour la pâte •Services des études et des statistiques industrielles (SESSI) du ministère de l'économie pour les panneaux et les placages
$X_{p,i,2006}$ et $M_{p,i,2006}$	Services des douanes
$CA_{p,i,2006}$	$S_{p,i,2006} - X_{p,i,2006} + M_{p,i,2006}$
$LD_{p,i,2006}$	$CA_{p,i,2006} - M_{p,i,2006}$
$P_{w,i,2006}$ et $P_{p,i,2006}$	SSP (valeur totale nationale divisée par volume total national). Pas de valeurs régionales.

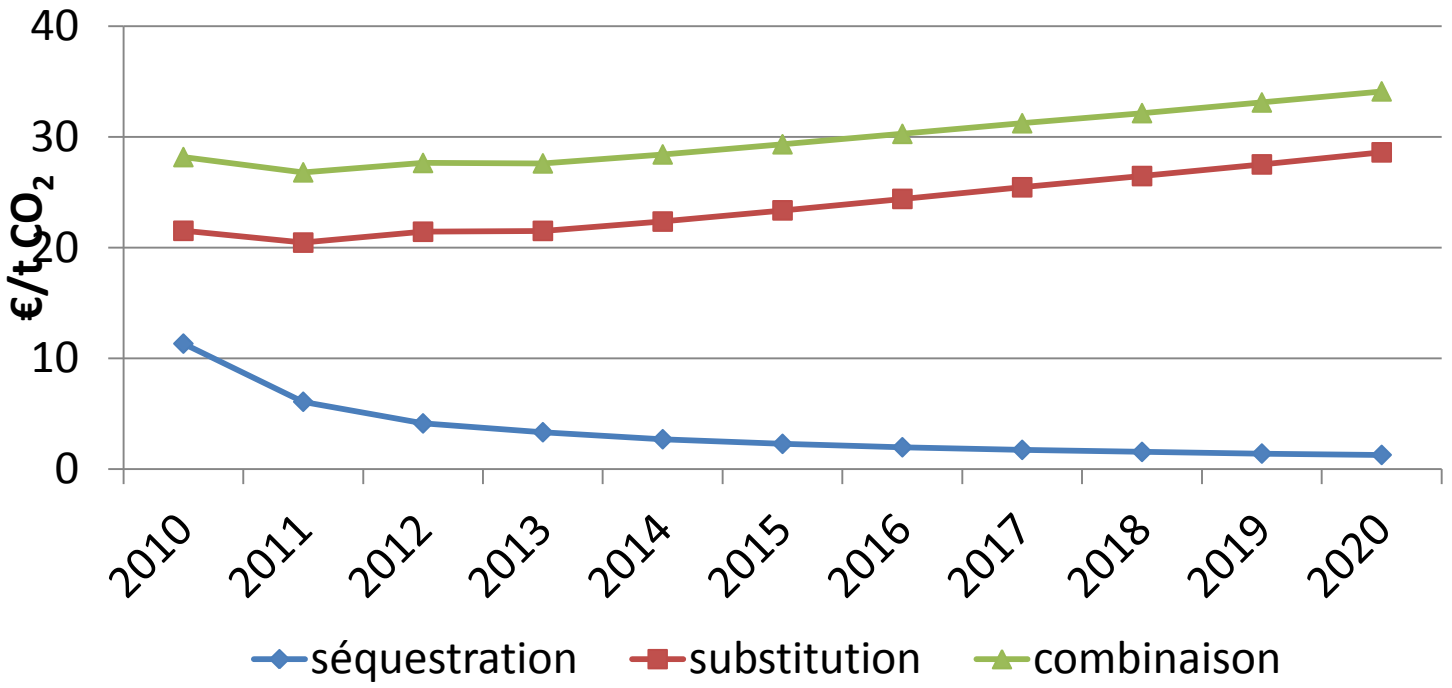
Calcul du prix temporaire de la séquestration

$$P_t = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{P_{c,t}}{(1+r)^i}$$

$$17 = \sum_{i=0}^{\infty} \frac{P_{c,t}}{(1+0{,}04)^i}$$

$$P_{c,t} = 17 \times \frac{0{,}04}{1+0{,}04}$$

Séquestration versus substitution: coûts d'atténuation pour les trois scénarios considérés



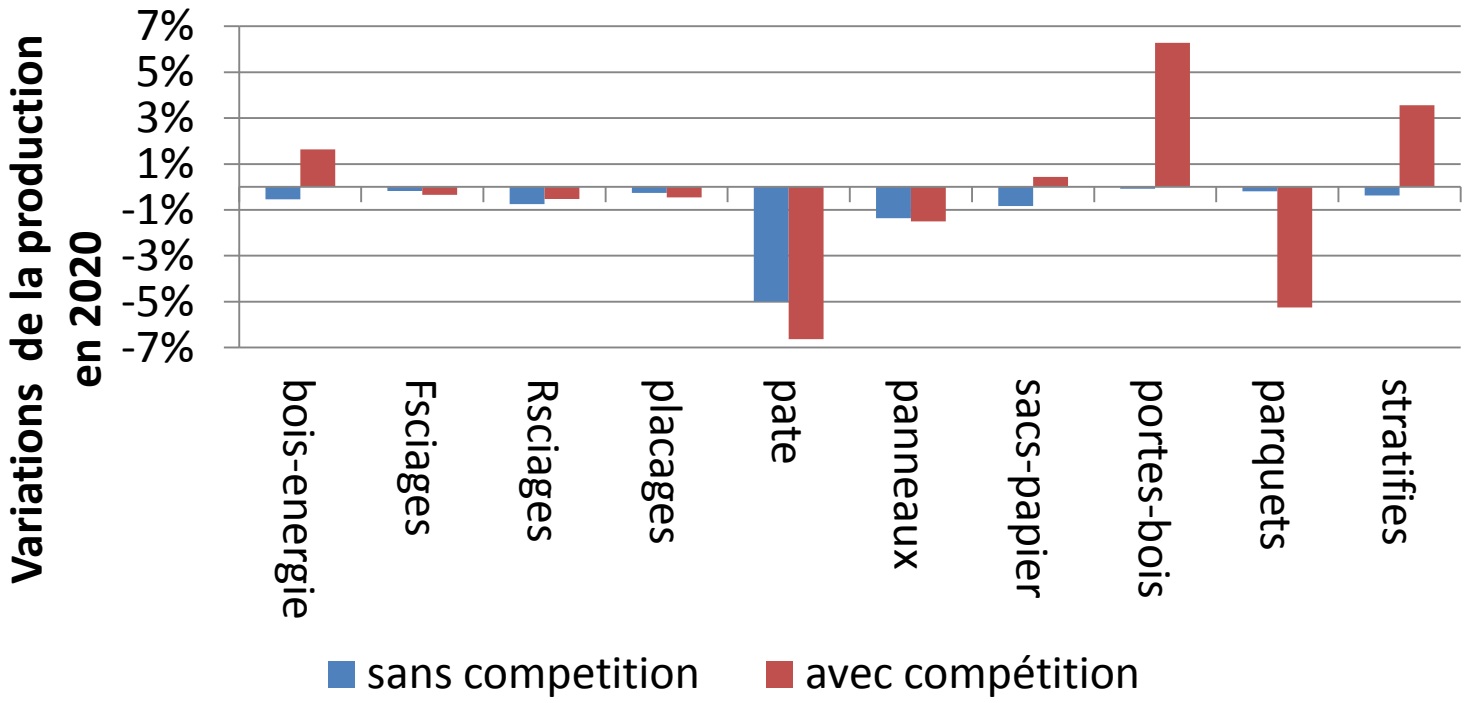
•La croissance dans scénarios substitution et combinaison s'explique par la croissance du prix du carbone

•La décroissance pour le scénario séquestration s'explique par le fait que les coûts en bien-être augmentent moins vite que le stockage du carbone en forêt

Séquestration versus substitution: réflexion sur les effets de long terme

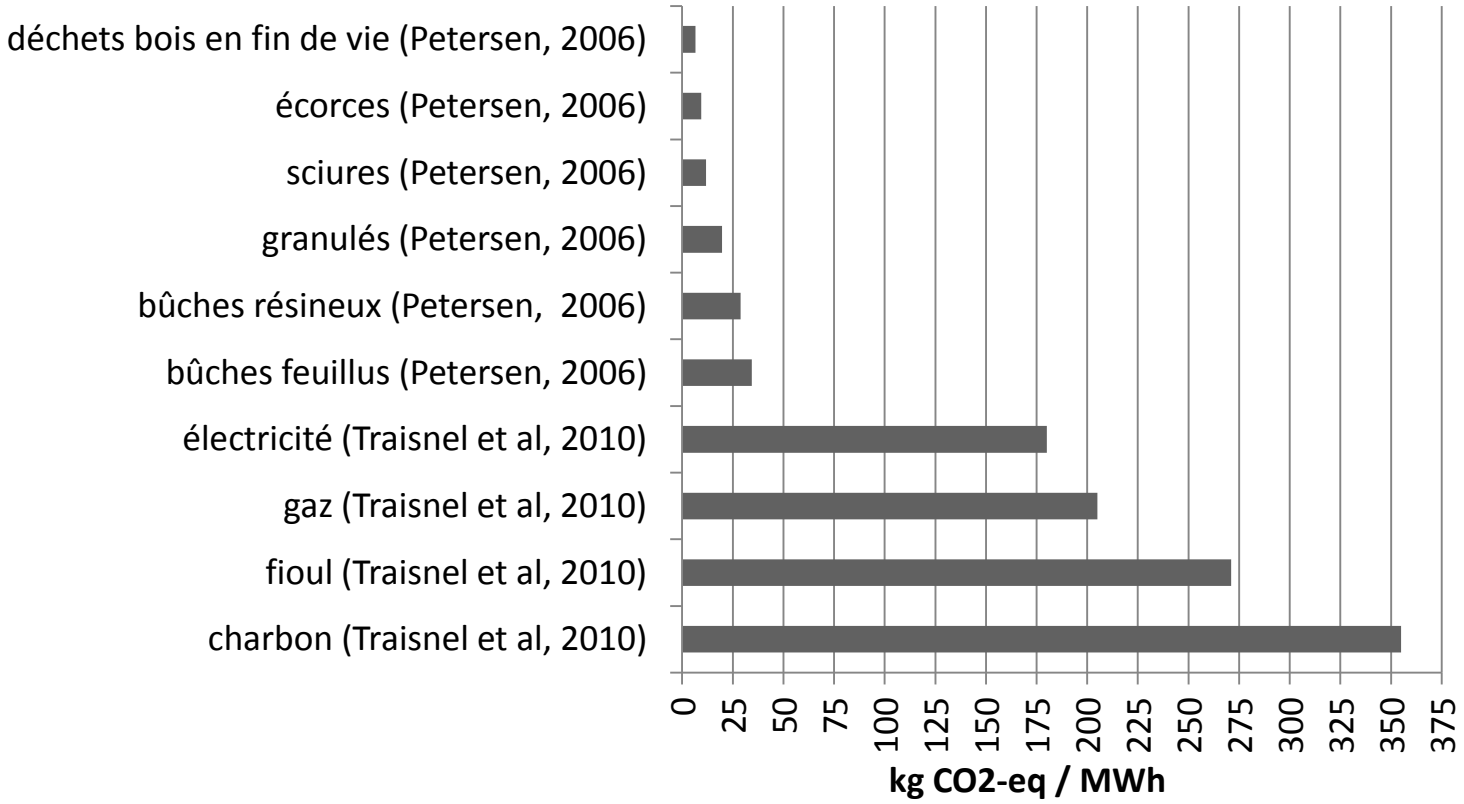
- D'un point de vue économique les coûts d'atténuation liés à la séquestration pourraient être croissants à long terme
  - À court terme, les coûts d'atténuation sont décroissants car les coûts en bien-être augmentent moins vite que le stockage
  - Or à long terme, les arbres conservés s'accumulent, le stock disponible se réduit et la fonction d'offre devient plus convexe
- D'un point de vue environnemental
  - Prise en compte des effets de densité (rebond de croissance et effets sur la mortalité) est un enjeu essentiel

Taxe intersectorielle: évolution de la production de l'ensemble des produits



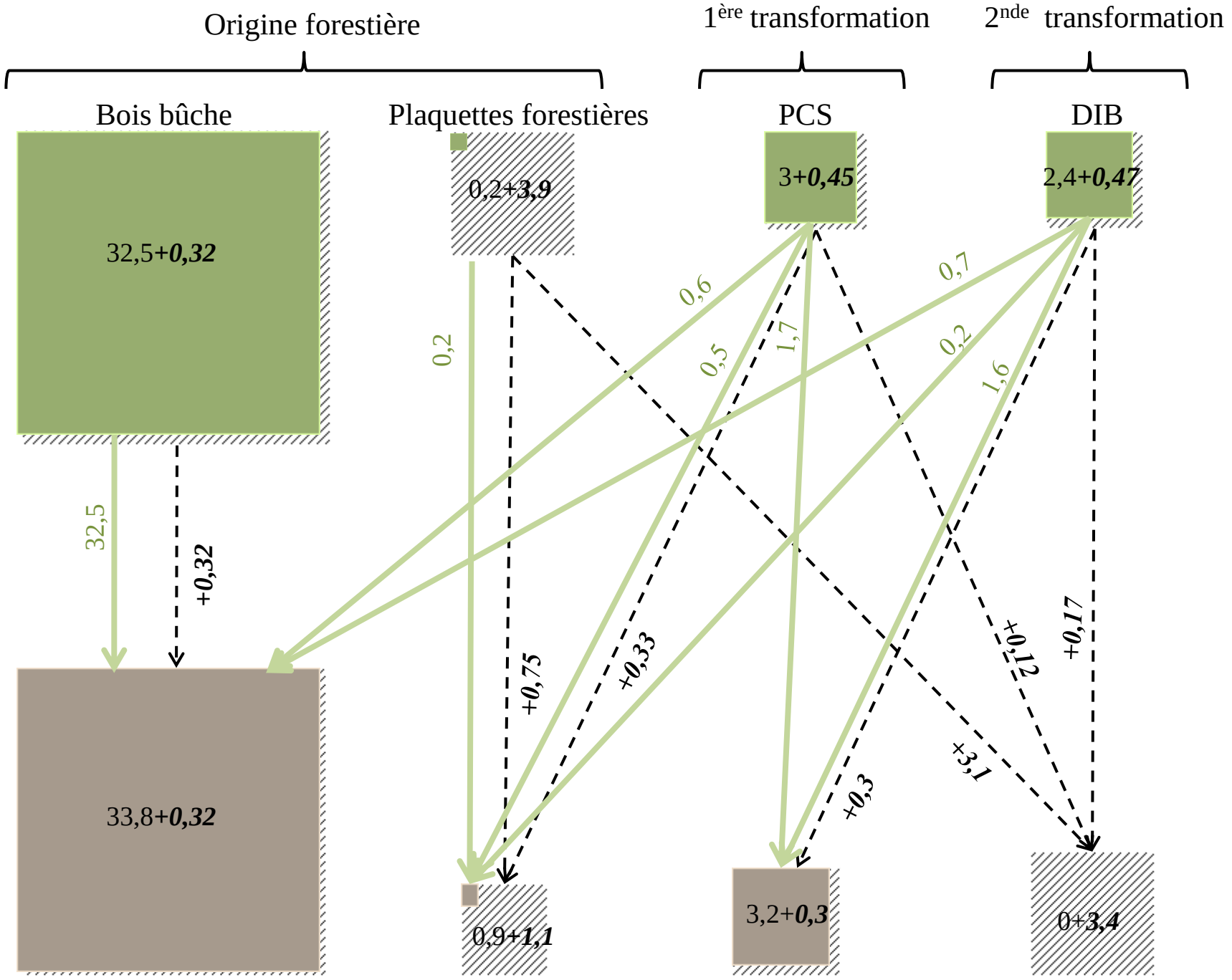
→ Pour les produits hors des quatre marchés considérés: les effets observés sont des effets indirects

Comparaison des émissions de plusieurs combustibles pour le chauffage

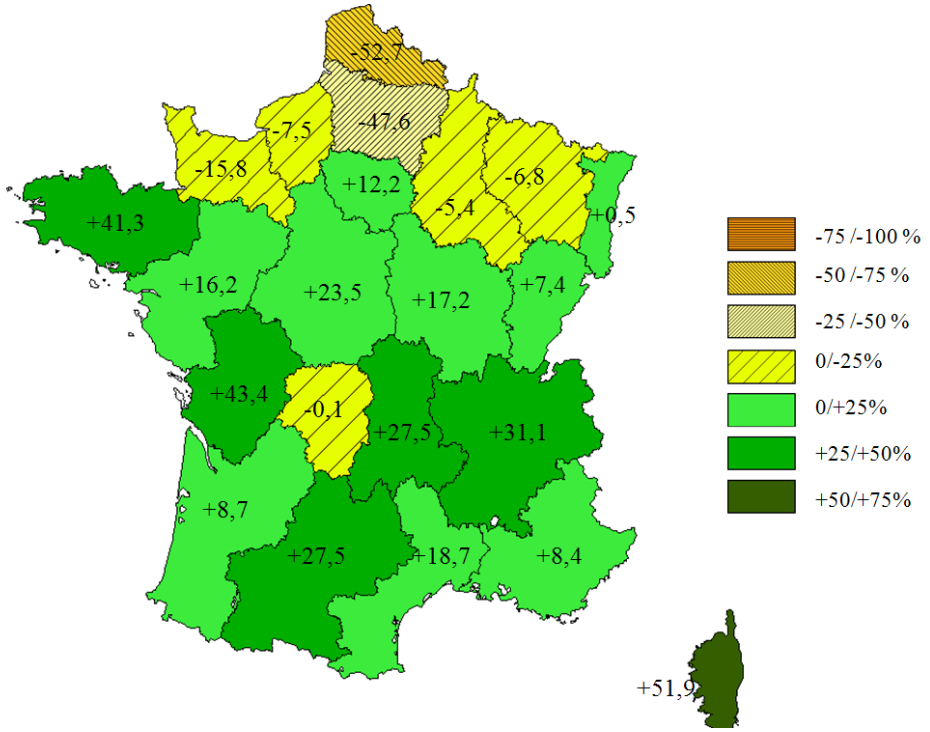


Consommation supplémentaire induite par les différents plans de mobilisation du bois-énergie

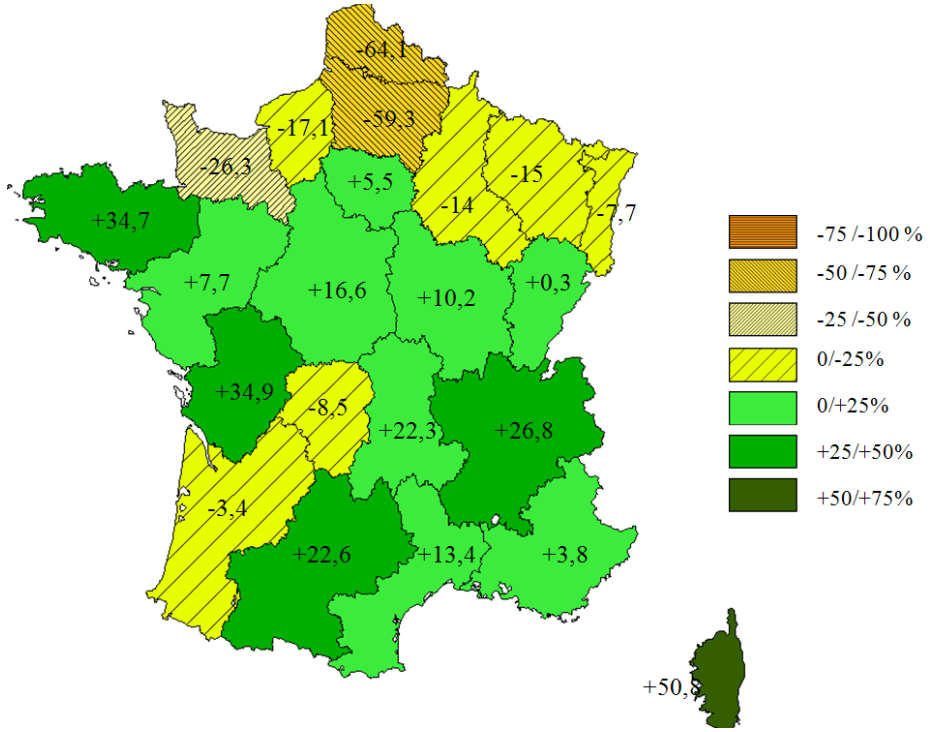
Politique	bûches	PCS	PF	DIB	Date de mise en oeuvre
Plan bois-énergie 2000-2006	365 030	249 756	134 485	163 303	2006
Plan bois-énergie 2007-2010	316 363	210 909	175 758	149 394	2010
Programme « 1000 chaufferies »			242 424		2012
CRE1		260 758	469 394	260 757	2007
CRE2			2 447 330		2010
CRE3		117 991	1 139 700	172 624	2012
Fonds chaleur 2009		82 863	175 130	45 327	2012
Fonds chaleur 2010		38 473	408 033	100 291	2012
Somme	681 394	960 751	5 434 584	891 697	


Origine forestière
1ère transformation
2nde transformation
Bois bûche
Plaquettes forestières
PCS
DIB
32,5+0,32
0,2+3,9
3+0,45
2,4+0,47
32,5
+0,32
0,2
0,6
0,5
1,7
0,7
0,2
1,6
+0,75
+0,33
+0,12
+0,17
+3,1
+0,3
33,8+0,32
0,9+1,1
3,2+0,3
0+3,4
Usage domestique
Usage collectif
Usage industriel
Cogénération

Variation du stock de BIBE disponible entre 2007 et 2020 dans le scénario de référence pour les deux modalités de disponibilité (en %)

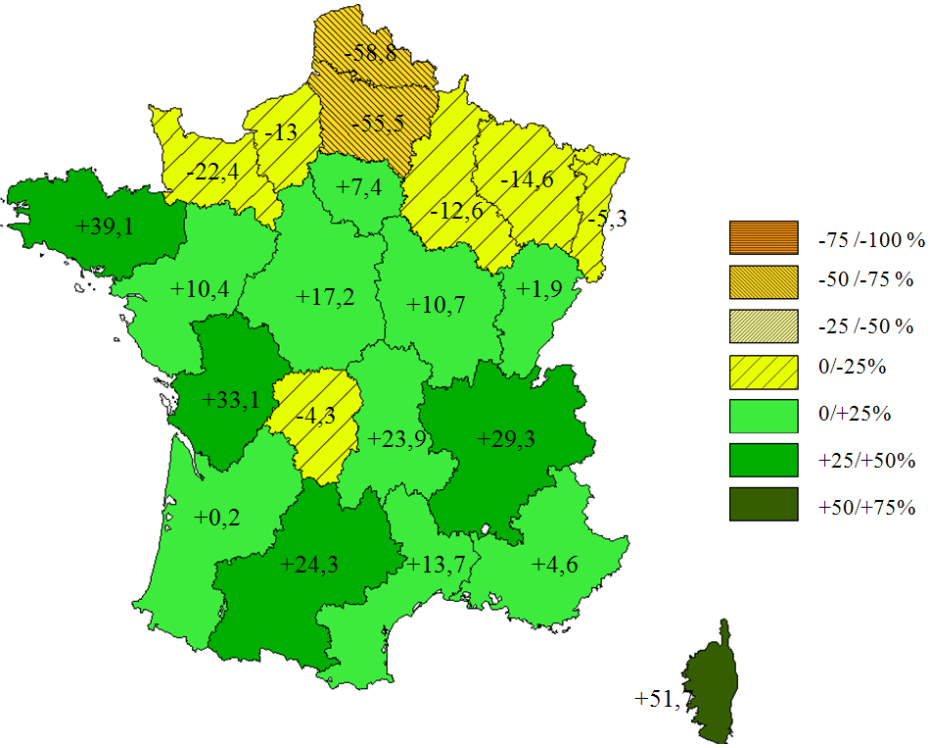


Modalité A (+12 Mm^3)

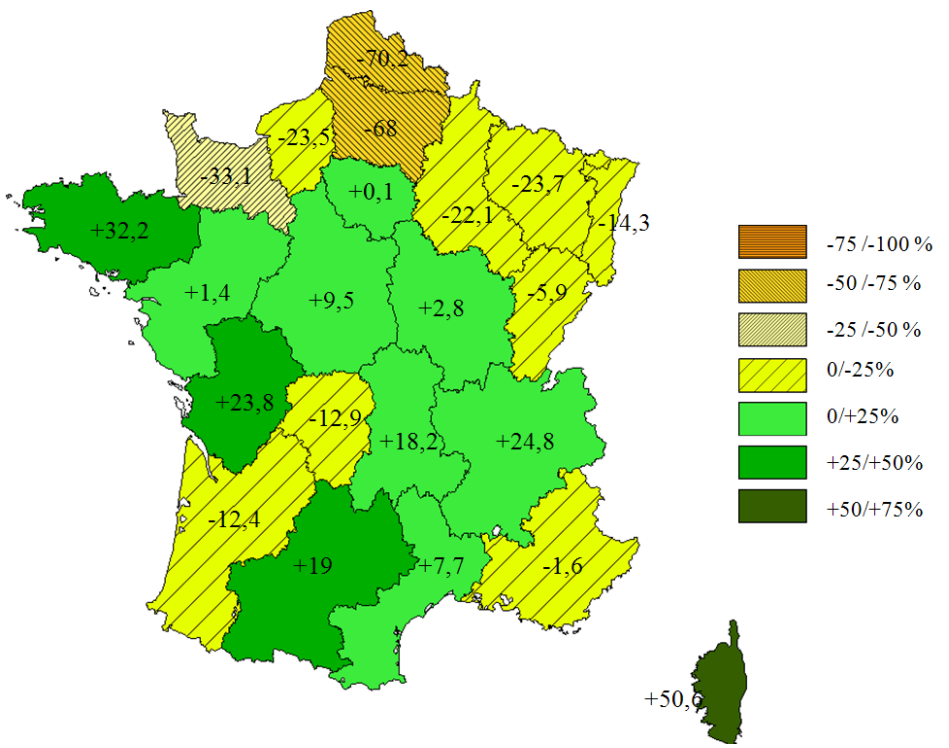


Modalité B (+12 Mm^3)

Variation du stock de BIBE disponible entre 2007 et 2020 pour la politique Sub_c pour les deux modalités de disponibilité (en %)

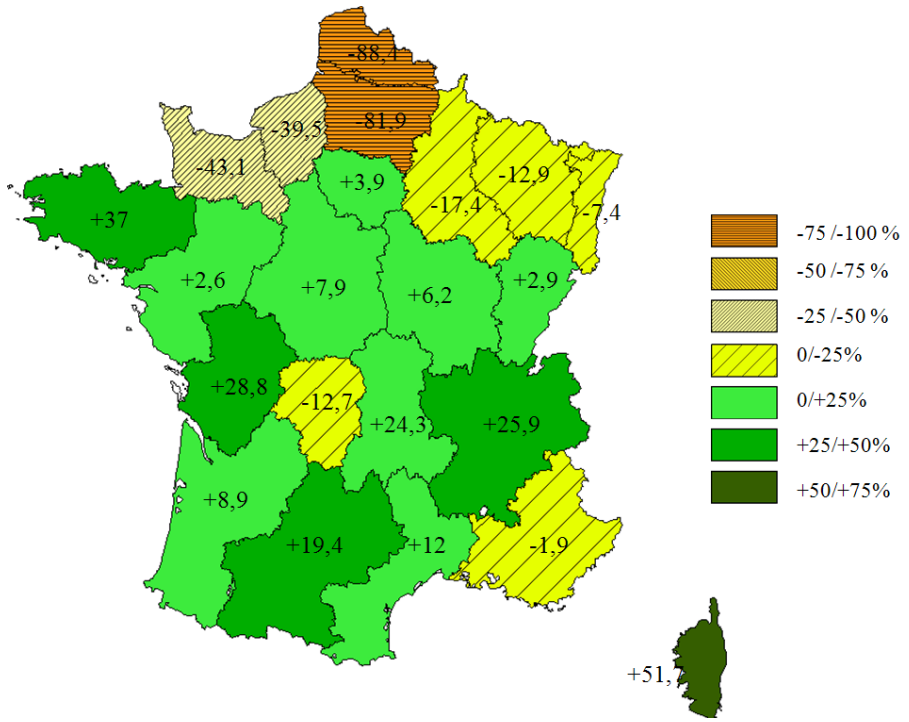


Modalité A (+12 Mm^3)

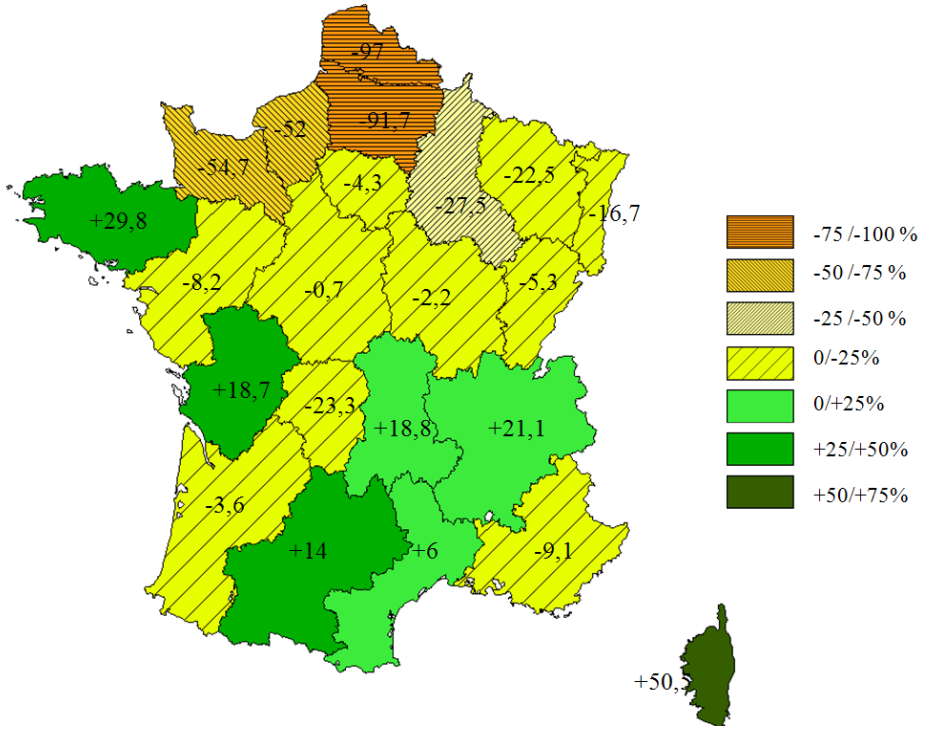


Modalité B (+12 Mm^3)

Variation du stock de BIBE disponible entre 2007 et 2020 pour la politique Sub_p pour les deux modalités de disponibilité (en %)

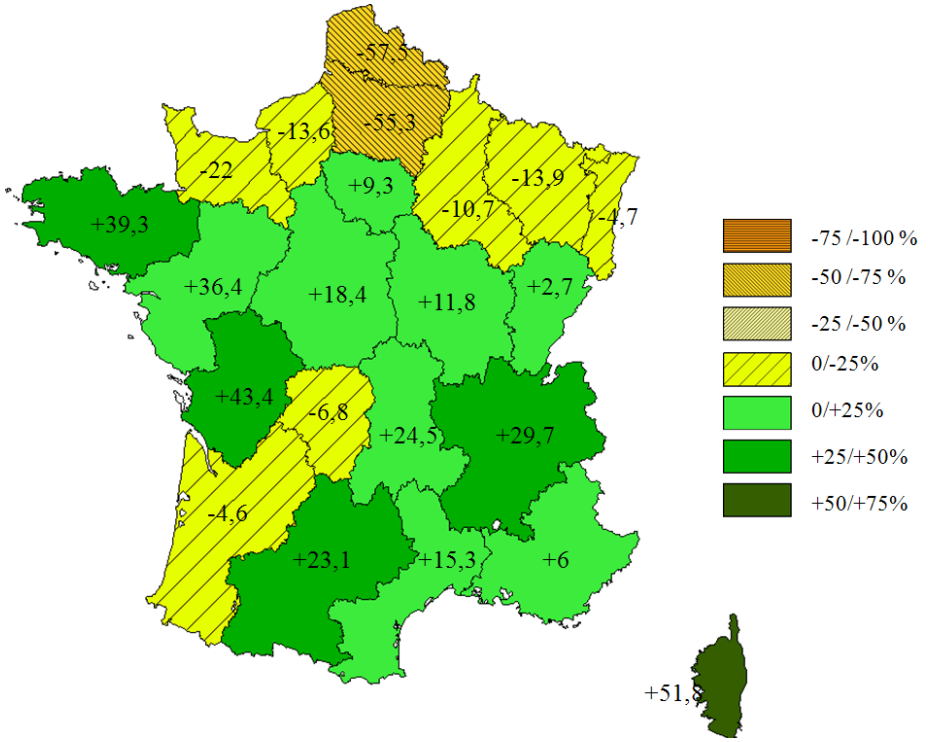


Modalité A (+12 Mm^3)

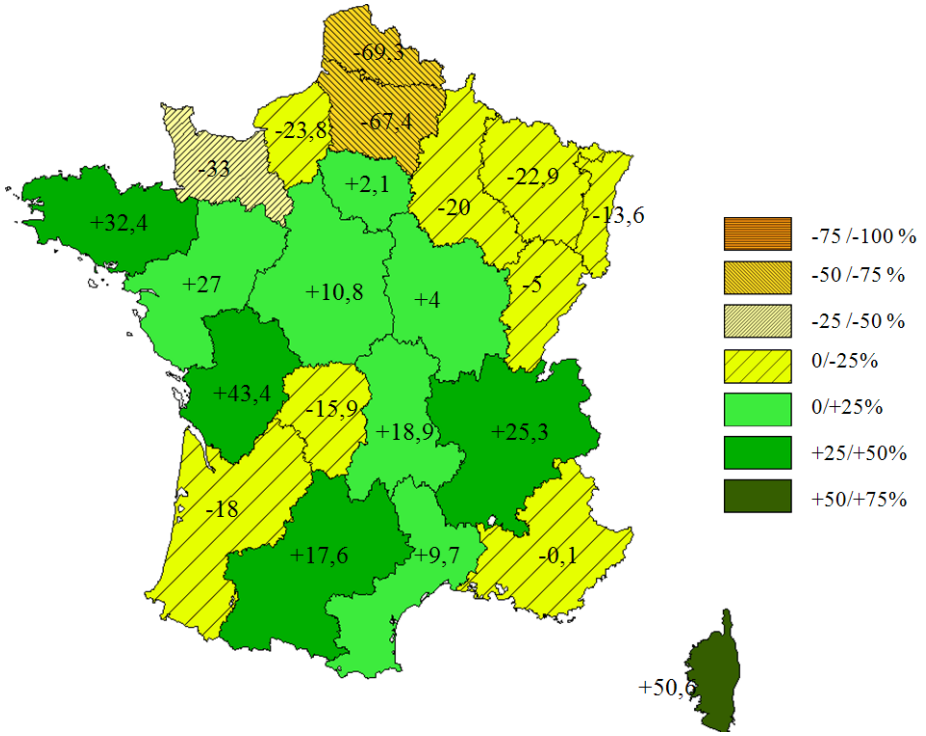


Modalité B (+12 Mm^3)

Variation du stock de BIBE disponible entre 2007 et 2020 pour la politique fd pour les deux modalités de disponibilité (en %)

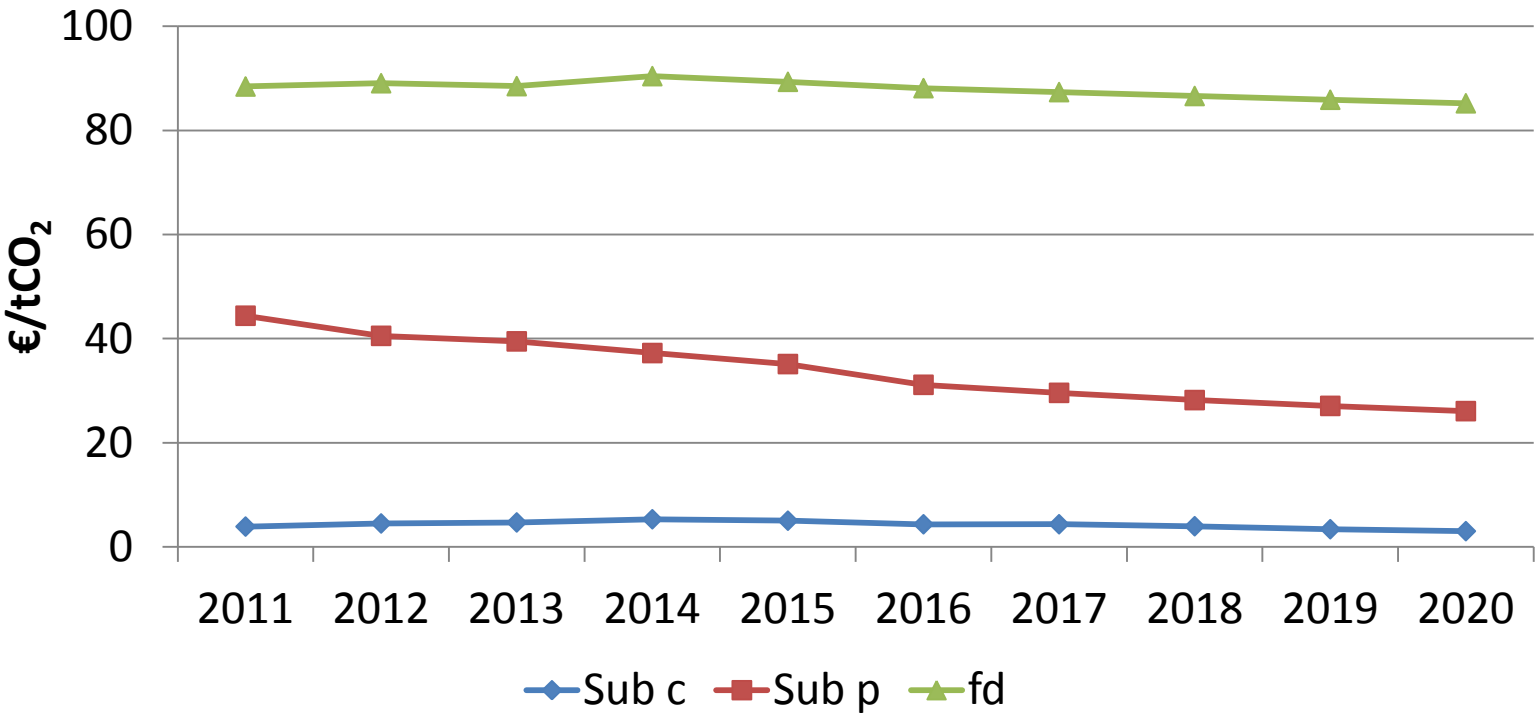


Modalité A (+12 Mm^3)



Modalité B (+12 Mm^3)

Politiques de mobilisation du bois-énergie: coûts d'atténuation des trois politiques



La décroissance des coûts pour la subvention au producteur s'explique par la décroissance des prix étrangers

Pourquoi formuler le problème de recherche d'équilibre comme un problème d'optimisation *à la* Samuelson?

- Prend explicitement en compte le transport
- Utilisé dans d'autres modèles de secteur forestier
  - Bien documenté
  - Nombreux travaux scientifiques
  - Gage de transparence, peer-review facilitée
- Il existe d'autres méthodes que l'optimisation pour le calcul de l'équilibre et ces méthodes doivent être explorées (Mathiesen et Rutherford → complémentarité linéaire)
- L'optimalité de la solution peut-elle être garantie?
  - Question de l'unicité de la solution: a priori la solution est unique du fait des conditions de conservations de la matière qui impose les valeurs 1 et -1 aux multiplicateurs de Lagrange λ_{10} et λ_9 dans notre problème
- Kallio et al (1987) montrent que l'introduction des transformateurs ne modifient pas les conditions d'équilibre en revanche il était nécessaire de prouver que les conditions d'équilibre existaient et rejoignaient les conditions de Samuelson lorsqu'Armington est introduit

Introduction des pertes de scieries (PCS) dans FFSM

- La représentation de l'économie des pertes de scieries est un enjeu
  - Même si elles ne représentent qu'environ 1/8ème du bois-énergie mobilisé par les plans d'approvisionnement (6/8ème de bois-énergie forestier et de 1/8ème DIB)
  - Aujourd'hui une majorité est captée par les industries du panneaux → compétition potentielle entre usages énergétiques et usages panneaux
- PCS et bois-énergie forestier ne sont pas substituables: deux produits différents utilisés à travers des technologies différentes
- L'introduction des PCS dans FFSM présente deux obstacles:
  - Un obstacle technique: la production de PCS est fonction de la production de sciage (production jointe). Ce n'est pas le cas pour les autres produits. Il faut vérifier les conséquences analytiques
  - La disponibilité des données pour calibrer la demande de PCS

Différence entre les résultats de la thèse et de l'article JFE (Lecocq et al. 2010)

- Passage de travaux disparates au manuscrit de thèse → uniformisation des versions du modèle utilisées
  - Même modèle mais produits plus ou moins désagrégés ou définition des produits différente
- La version utilisée dans la thèse est commune aux trois questions et intègre l'autoconsommation à la définition du bois-énergie (ce que la version utilisée par l'article ne faisait pas)
- Il s'agit d'un choix discutable: le bois-énergie autoconsommé n'a pas de « prix » mais présente un coût d'opportunité que l'on peut assimiler à un prix
- Les résultats sont ainsi très différents: les coûts sont multipliés par 10 dans les scénarios substitution et combinaison, le bois-énergie autoconsommé comptant pour environ 90% du bois-énergie total

Sensibilité aux hypothèses de distance pour les produits non-bois et les produits bois échangés avec l'étranger

- Rappel: on considère la distance moyenne de 87 km dans ces deux cas
- On teste une distance de 870 km et on mesure les effets sur la variation des produits bois
- Résultats
  - Les conclusions sont inchangées
  - La production de produits bois augmente légèrement lorsque la distance pour produits non-bois = 870 km. Les effets sont très faibles lorsqu'on teste la distance pour l'échange des produits bois avec l'étranger

Produits	Variations de la production pour distance non-bois = 870 km	Variations de la production pour distance produits bois étrangers = 870 km
Bois-énergie	0,00%	-0,0002%
Sacs-papier	0,15%	0,0003%
Portes-bois	0,64%	-0,0008%
Parquets	0,20%	-0,0002%
Stratifies	0,74%	0,0003%

Sensibilité du prix de la pâte à papier en fonction des politiques de mobilisation de bois-énergie

- Le modèle montre un effet non négligeable à court terme
- À long terme?
- Pour l'instant nous n'avons pas observé d'augmentation du prix des pâtes mais tempête Klaus??

Complémentarité entre séquestration et substitution?

- Du point de vue environnemental:
  - Allongement des rotations → augmentation de la production de BO → maximisation de l'effet cascade (Pingoud)
  - Modification de la référence: année de référence Vs. scénario de référence
  - Prise en compte de l'effet rebond: le scénario combinaison conduit à un meilleur bilan d'émissions
- Du point de vue économique:
  - Pour le propriétaire forestier la modification de la référence et la prise en compte de l'effet rebond semble augmenter le surplus par rapport à substitution seule