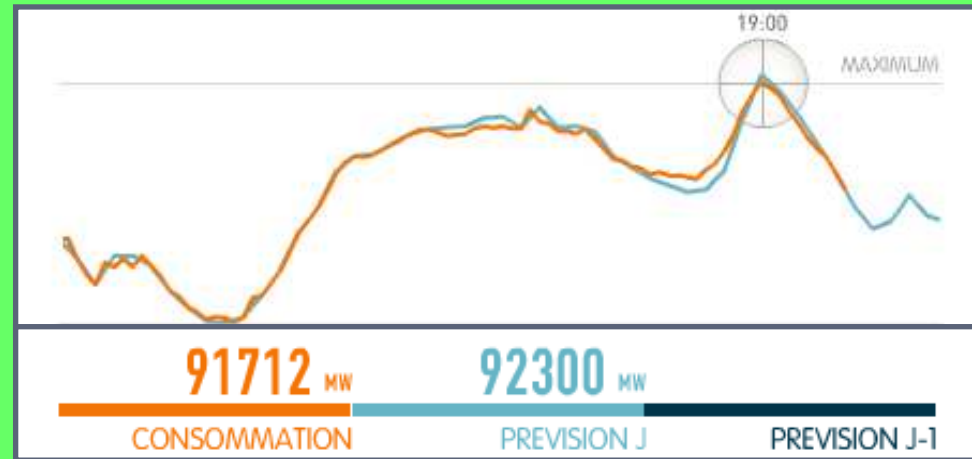




RTE, le 11 février 2010

Effacements diffus de la consommation d'électricité et impacts sur les émissions de CO₂

Becquart

Ducloz

Mounier

Timsit

Sommaire

- Sommaire
- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilan des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion

- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilans des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion

L'effacement diffus

Cyril Becquart

- Le chauffage et la consommation :
 - Résidentiel > 200 TWh/an
 - Chauffage principal poste de consommation
 - Consommation électrique fortement dépendante de la température
 - Pointe de consommation coûteuse
- Potentiel :
 - 8,7 millions de foyers en tout électrique
 - Effacement chauffage : ~ 1 kW/foyer

> 8 GW potentiel

Comment ça marche?

- Boîtier « bluepod » chez particulier -> Gratuit
- Emetteur GPRS -> connection avec central
- Coupure centralisé en fonction des besoins du marché
 - Chauffage électrique dans une pièce
 - Eau chaude sanitaire
- 5-10% d'économie sur la facture d'électricité

Business model ?

Sommaire

● L'effacement diffus

Emissions de CO₂ par filière

Bilan des émissions

Modélisation de l'effacement

Conclusion

- Réseau électrique
 - Conso = Prod
 - Sinon : Δ fréq
 - Trois réglages :
 - Primaire : auto, localisé, régulateur de vitesse
 - Secondaire : auto, centralisé, retour à 50Hz
 - Tertiaire : marché d'ajustement pour compenser les erreurs de prévisions de demande
- Revente de l'électricité effacée sur ce marché



Consommation électrique française du 5 février 2010 comparée aux prévisions des jours précédents

De multiples opportunités

- Coût du kWh
 - 0,5 €/W installé << centrales (0,6 gaz)
 - Frais Op très faibles
 - Revente sur le marché de l'ajustement
 - Controverse sur l'appartenance de l'e⁻
- Contrat d'effacement avec les fournisseurs
 - Réduction de la pointe
 - baisse investissement
 - Réduction émissions CO₂
 - Lissage de la courbe de consommation

D'où vient cette économie d'énergie?

Sommaire

● L'effacement diffus

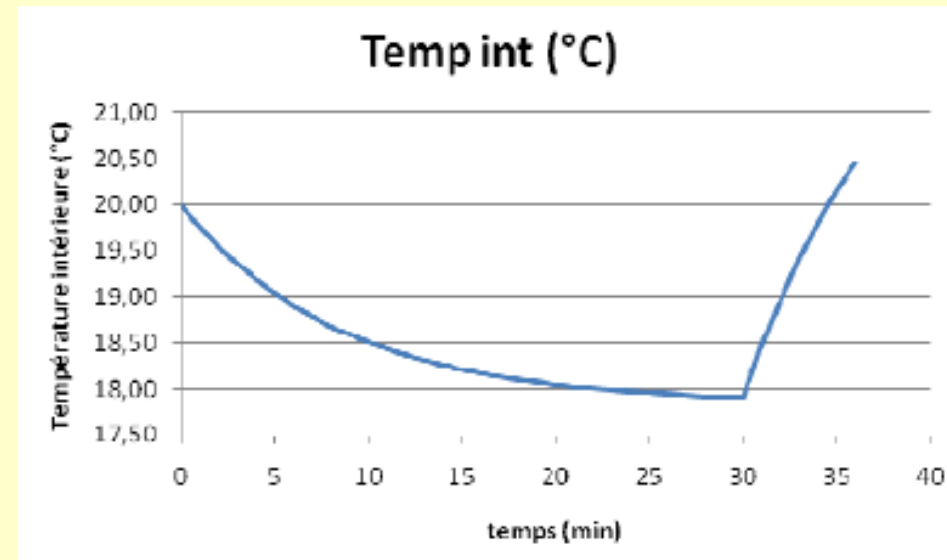
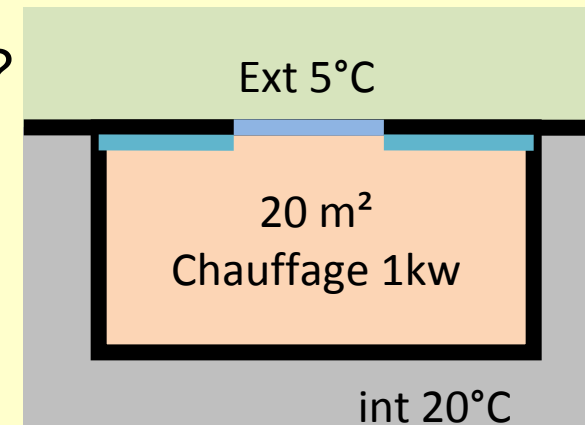
Emissions de CO₂ par filière

Bilan des émissions

Modélisation de l'effacement

Conclusion

- Effacement = report de consommation ?
- Modélisation pièce
 - Résultats cohérents
 - Trop d'hypothèse simplificatrices
 - Pont thermiques
 - Renouvellement d'air
 - Composition surfaces
 - Inertie -> non concluant



Emissions de CO₂ selon les modes de production d'électricité

François Ducloz

Mode de production à forte émission de CO₂

Sommaire
L'effacement diffus
Emissions de CO₂ par filière
Bilan des émissions
Modélisation de l'effacement
Conclusion

Méthode

- Calcul des émissions dues à la combustion :

$$m_{CO_2} = \frac{1}{PCI \cdot rendement} \cdot teneurCO_2_{combustible} \cdot \left(1 + \frac{2M_o}{M_C}\right)$$



- Négliger les autres étapes du cycle de vie :



Mode de production à forte émission de CO₂

- Sommaire
- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilan des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion

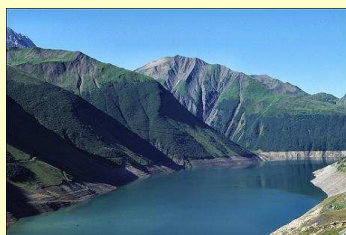
Résultats

Mode de production	Quantité de gr CO ₂ /kWh
Fioul lourd	<i>860</i>
Charbon	<i>1070</i>
Gaz cycle de Rankine	<i>730</i>
Gaz cycle combiné	<i>428</i>

Mode de production à faible émission de CO₂

Sommaire
L'effacement diffus
● Emissions de CO₂ par filière
Bilan des émissions
Modélisation de l'effacement
Conclusion

- Analyse complète du cycle de vie



Mode de production à faible émission de CO₂

- Sommaire
- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilan des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion

Résultats

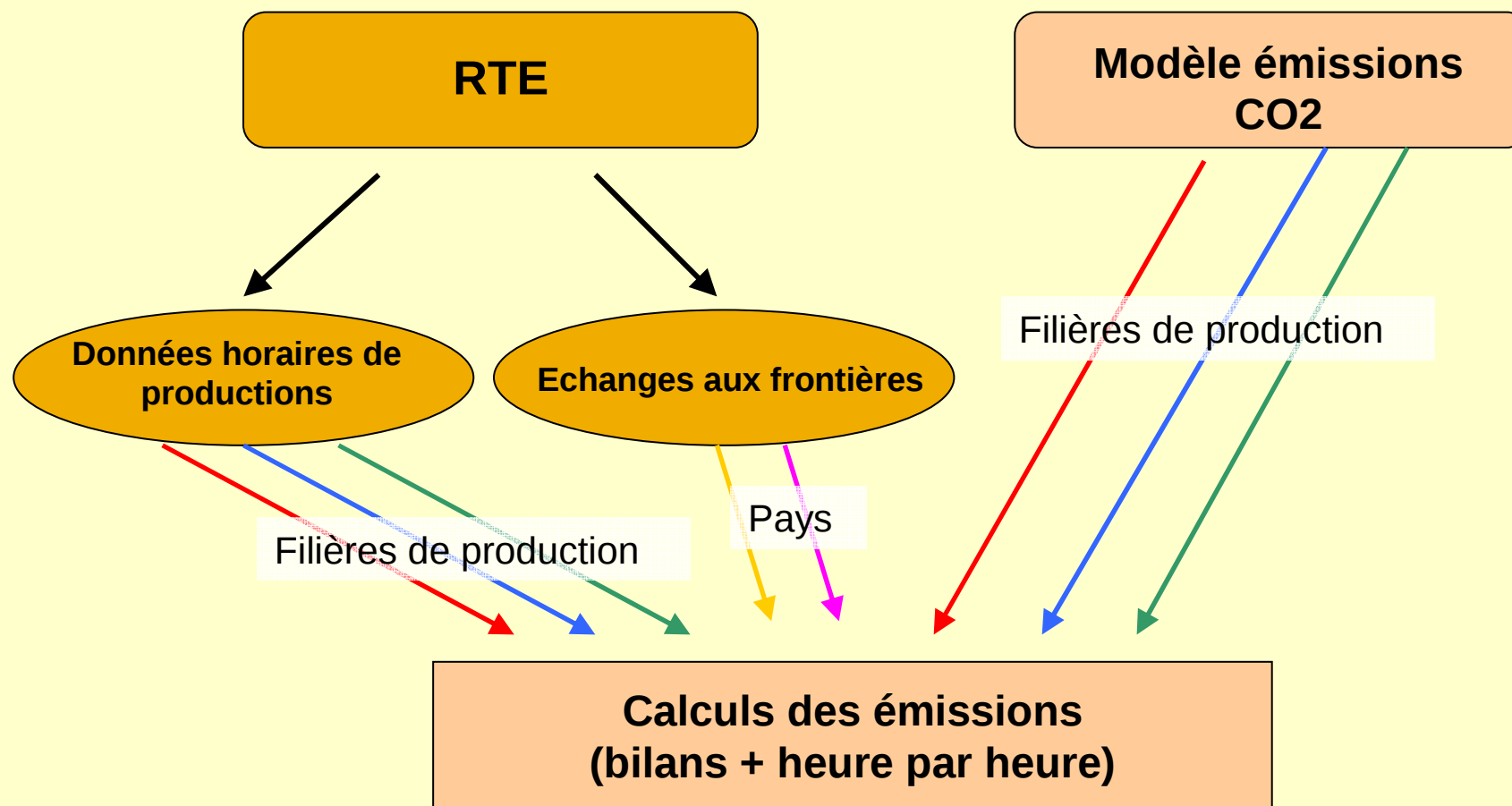
Mode de production	Quantité de gr CO ₂ /kWh
Nucléaire	2,4
Eolien	6
Hydraulique (fil de l'eau)	2,5
Hydraulique (pompage)	6,3
Solaire photovoltaïque	72,8

Bilans de la production d'électricité et des émissions de CO₂

Cyril Mounier

Méthodologie

Sommaire
L'effacement diffus
Emissions de CO₂ par filière
● Bilan des émissions
Modélisation de l'effacement
Conclusion



Données et hypothèses

- 10 filières de production :
 - Nucléaire
 - Eolien+Solaire
 - Biomasse
 - Gaz
 - Charbon
 - Fioul
 - Pompage hydraulique
 - Hydraulique classique
 - Importation
 - Exportation
- Données horaires de la somme des entités de production d'une filière :
 - Période 1 septembre 2008 au 31 août 2009.
- Teneur en CO₂ du parc électrique européen
 - 370 gCO₂/kWh
- Conso = Prod + Echanges frontières

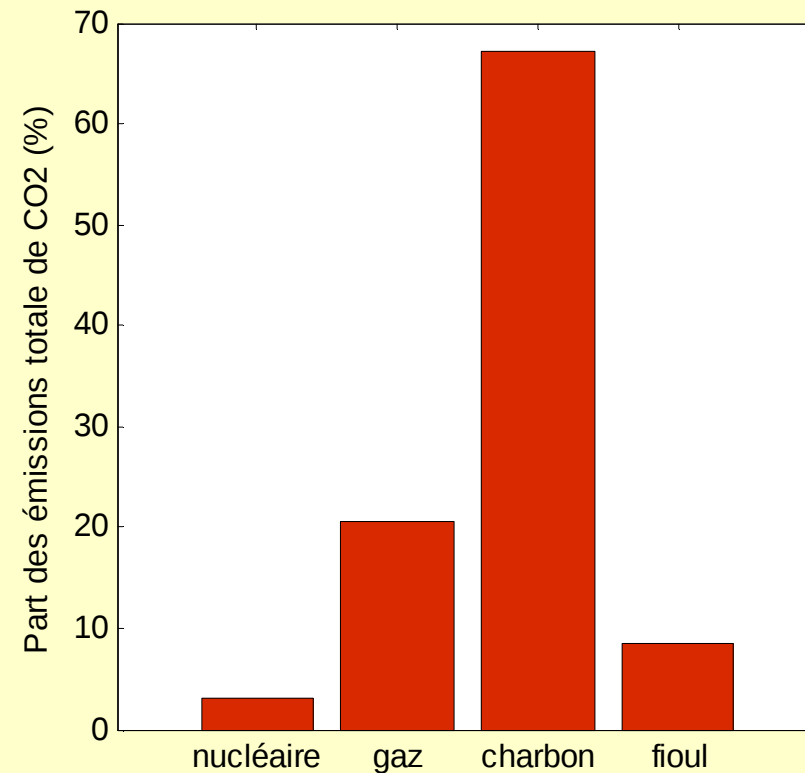
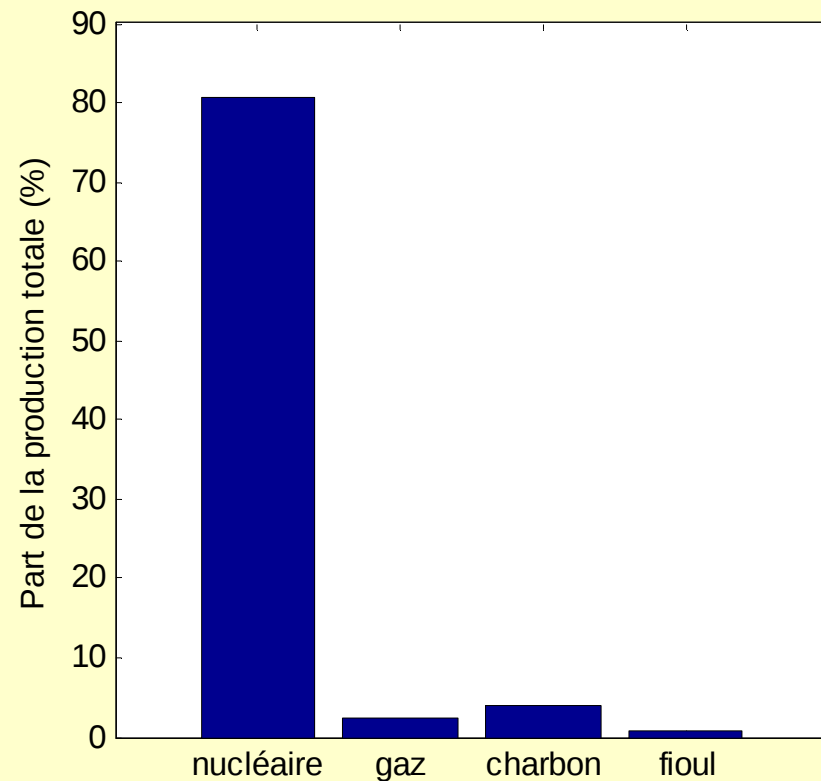
Résultats – Bilan (1)

- Sommaire
- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilan des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion

Filière	Production annuelle (TWh)	Part dans la production totale(%)	Emission (gCO ₂ /kWh)	Emissions annuelle (milliers de tonnes de CO ₂)	Part dans les émissions de la production (%)
Nucléaire	405,49	80,73	2,4	973,2	2,97
Eolien+Solaire	0,46	0,09	30	13,8	0,04
Biomasse	0,79	0,16	50	39,5	0,12
Gaz	11,42	2,27	589	6726,4	20,5
Charbon	20,56	4,09	1071	22019,8	67,12
Fioul	3,51	0,7	804	2822	8,6
Pompage	6,27	1,25	6,5	40,8	0,12
Hydraulique	53,77	10,71	3,2	172,1	0,52
Importation	14,8	-	370	5476	-
Exportation	-49,46	-	75	-3709,5	-
Total	467,61	100	-	34574,1	100

Résultats – Bilan (2)

- Sommaire
- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilan des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion



Résultats – Bilan (3)

Sommaire

L'effacement diffus

Emissions de CO₂ par filière

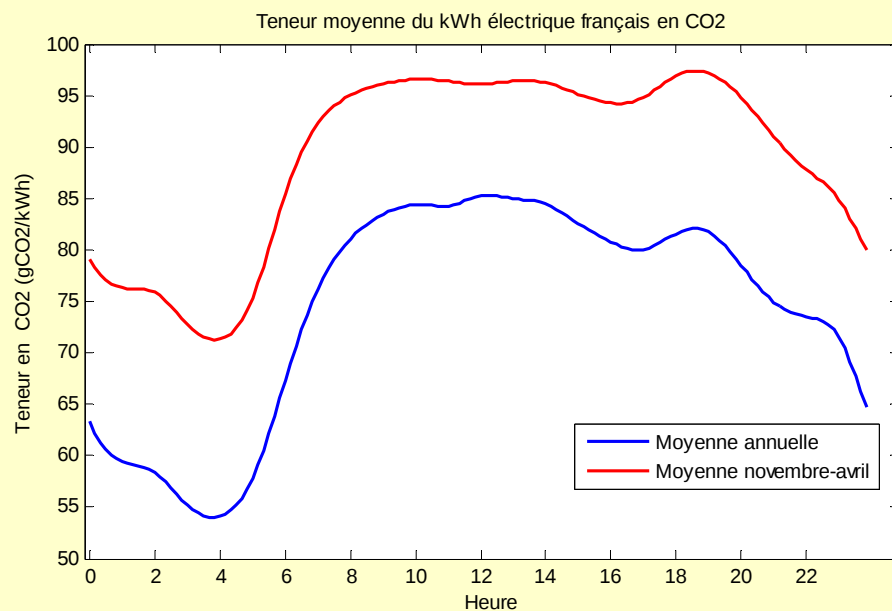
● Bilan des émissions

Modélisation de l'effacement

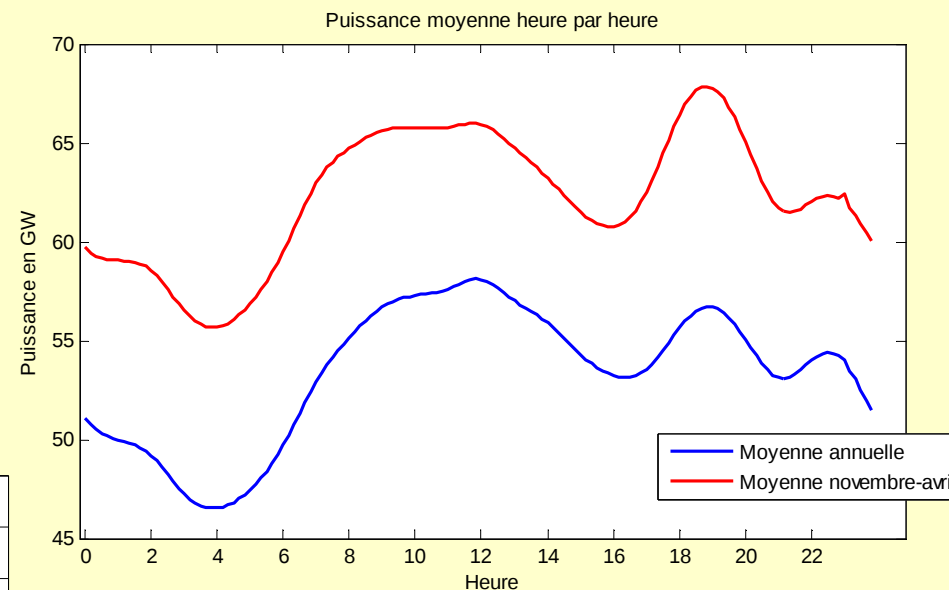
Conclusion

Puissance moyenne :

- Conso plus importante en hiver
- Forte pointe à 19h en période hivernale



12/02/2010



Emissions CO₂ du kWh :

- Très faible pointe à 19h
- Pointe assurée par des moyens de productions peu émetteurs de CO₂.

Effacements de la consommation et émissions de CO₂

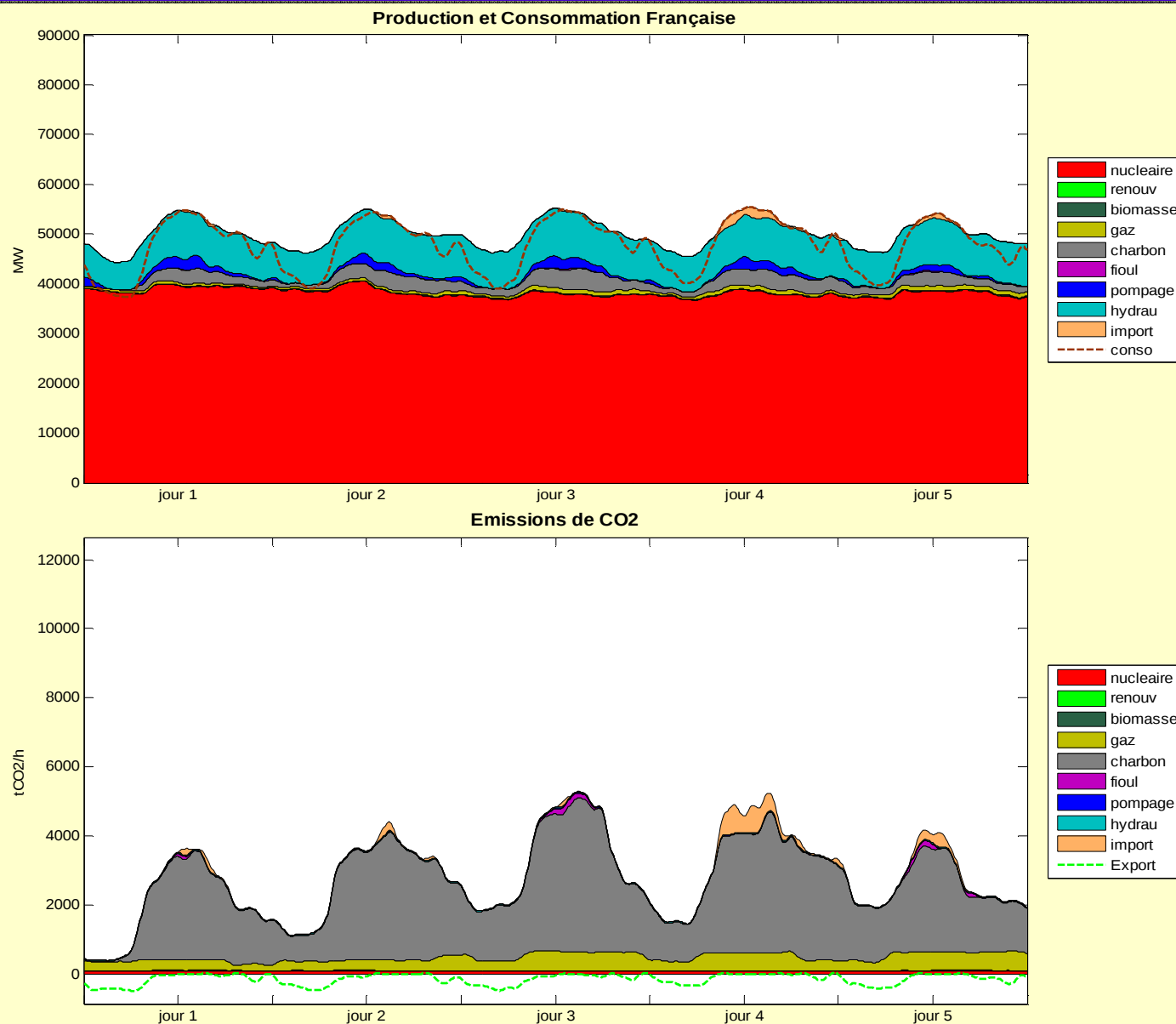
Résultats – Bilan (4)

- Sommaire
- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilan des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion

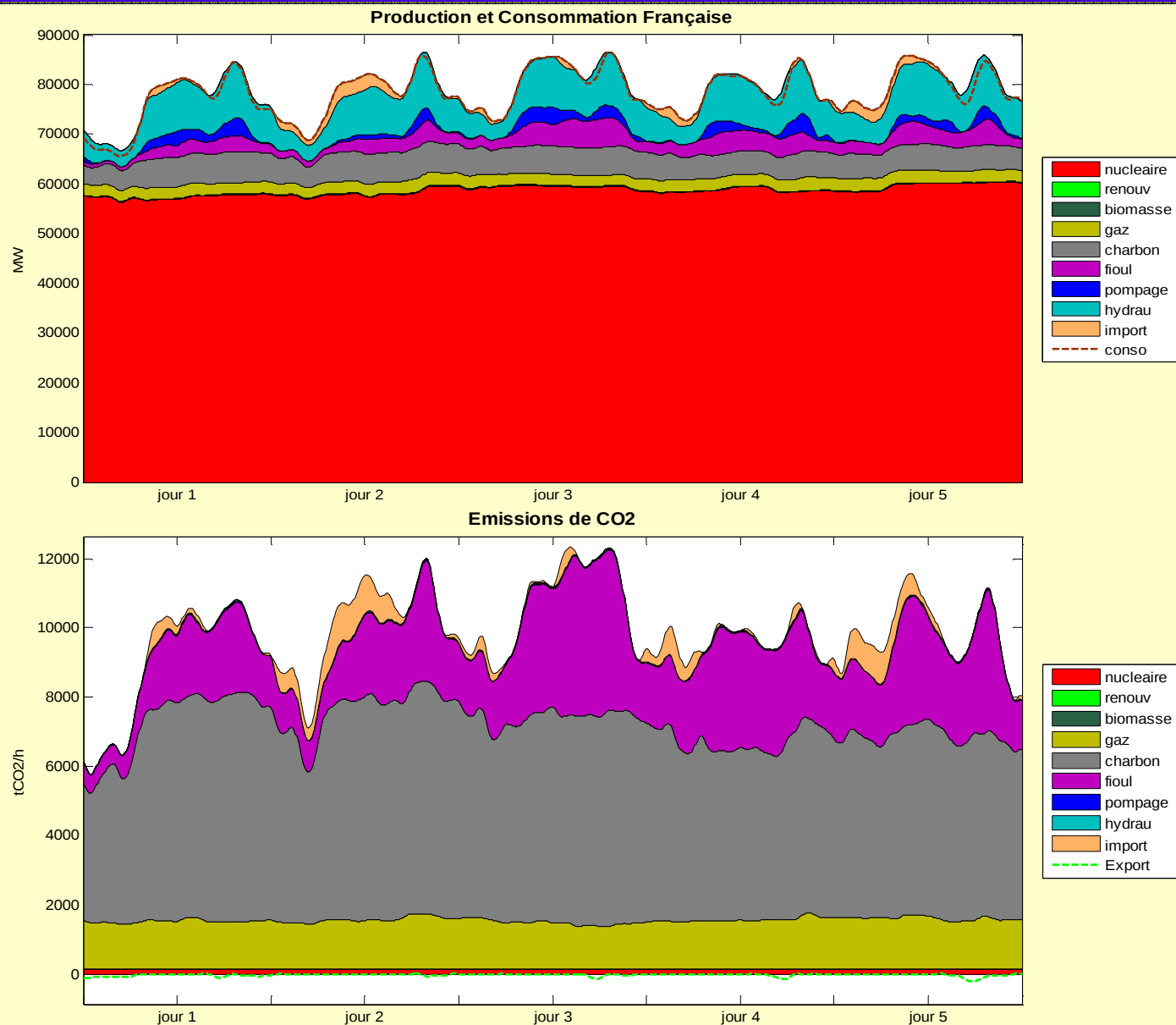
	Annuelle	Novembre - avril	16h novembre - avril	19h novembre - avril
Puissance moyenne (GW)	53,4	62,3	60,8	67,8 (+12%)
Emission moyenne de CO ₂ (g/kWh)	74,4	89,1	94,3	97,3 (+3%)

➤ Pointe de 19h assurée par des moyens de productions peu émetteurs de CO₂

Résultats – Détail : 5 jours d'été.



Résultats – Détail : 5 jours d'hiver.



Modélisation de la réduction des émissions de CO₂

Sébastien Timsit

- Effacement de x MW pendant une heure à la pointe par coupure du chauffage.
- Report sur la production
- Calcul de l'économie de CO₂ non émis.

Construction du modèle

- Sommaire
- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilan des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion

- Réduction du pas de temps
- Recherche des pointes journalières
- Calcul des variations autour de la pointe
- Classement de ces variations
- Choix de ce qui est supprimé
 - Import et productions émettrices (Charbon, gaz, fioul)
 - Étalement de la production hydraulique sur 24 heures.
 - Diminution du niveau d'utilisation des énergies émettrices.
- Calculs finaux

Construction du modèle

- Réduction du pas de temps
- Recherche de la pointe journalière
- Calcul des variations à la pointe
- → Interpolation linéaire des données de production entre deux heures.
- → Calcul du maximum de production et mise en mémoire de l'heure.
- → Taux de variation calculé pour chaque type d'électricité entre l'heure i et $i-1$

Construction du modèle

- Classement des taux de variations

	Rang 2	Rang 1
Nucléaire	0,01	0
Renouvelable	0,15	0,12
Biomasse	0,03	0,01
Gaz	0,05	0,03
Charbon	0,07	0,01
Fioul	0,18	0,19
Pompage	0,12	0,53
hydraulique	0,34	0,05
Import	0,03	0,05

- On ordonne les taux de variations entre eux pour une journée
- Quel est l'importance de chaque source dans l'ajustement de la pointe
 - Déterminer l'utilisation de de chaque type de centrale

Construction du modèle

- Sommaire
- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilan des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion

- Diminution de la production
 - → Suppression des énergies émettrices.
 - → Diminution des énergies hydrauliques (pompage ou hydraulique) à la pointe, étalement sur 24 heures et diminution correspondante sur les l'import et les productions émettrices.
 - Quelles différences?

Résultats

- Sommaire
- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilan des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion

Puissance d'effacement disponible	CO ₂ non émis (t)	Pourcentage par rapport aux émissions annuelles
10 MW	2170	0,006
100 MW	21714	0,061
1000 MW	217780	0,61
10000 MW	2629000	7,54

Changements et améliorations

- Sommaire
- L'effacement diffus
- Emissions de CO₂ par filière
- Bilan des émissions
- Modélisation de l'effacement
- Conclusion

- Considérer la consommation plutôt que la production pour une meilleure recherche des pointes. Estimer la pointe à partir de la variation plutôt que du maximum. Dans un deuxième temps, établir un schéma mensuel de la pointe.
- Changer la manière de classer, intégrer l'importance relative de la production.
- Modifier le comportement d'EDF. Répartir la réduction de production des sources émettrices. Mieux organiser l'ordre de suppression et d'étalement.

Conclusion

Questions ?