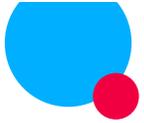


ACV dynamique

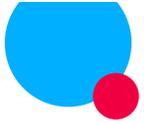
4 mars 2021

| Bruno Peuportier et Charlotte Roux



Sommaire

- **Principe de l'ACV dynamique, différences avec l'ACV statique**
- **Variations temporelles des procédés**
 - **Exemple du système électrique**
 - **Exemple du matériau bois**
- **Variations temporelles des inventaires de cycle de vie**
- **Variations temporelles des indicateurs environnementaux**
- **« ACV dynamique simplifiée », principe et exemples**
- **Conclusions**



Différence entre ACV statique et dynamique

- **pratique courante, ACV statique : impacts évalués sur une durée d'analyse sans tenir compte des variations temporelles**
- **consommer un kWh génère les mêmes impacts l'année 1 que l'année n, que cette énergie soit consommée l'hiver ou l'été, en semaine ou en week-end, le jour ou la nuit**
- **L'ACV dynamique prend en compte des variations temporelles à plusieurs niveaux**



ACV dynamique, variations temporelles

- **Au niveau des processus ayant lieu dans le système étudié (bâtiment, quartier) ou dans le système d'arrière plan (ex. système électrique)**
- **Au niveau de l'inventaire de cycle de vie (substances émises et puisées dans l'environnement)**
- **Au niveau des indicateurs d'impact (ex. ozone photochimique = smog d'été)**



Variation des procédés, exemple du système électrique

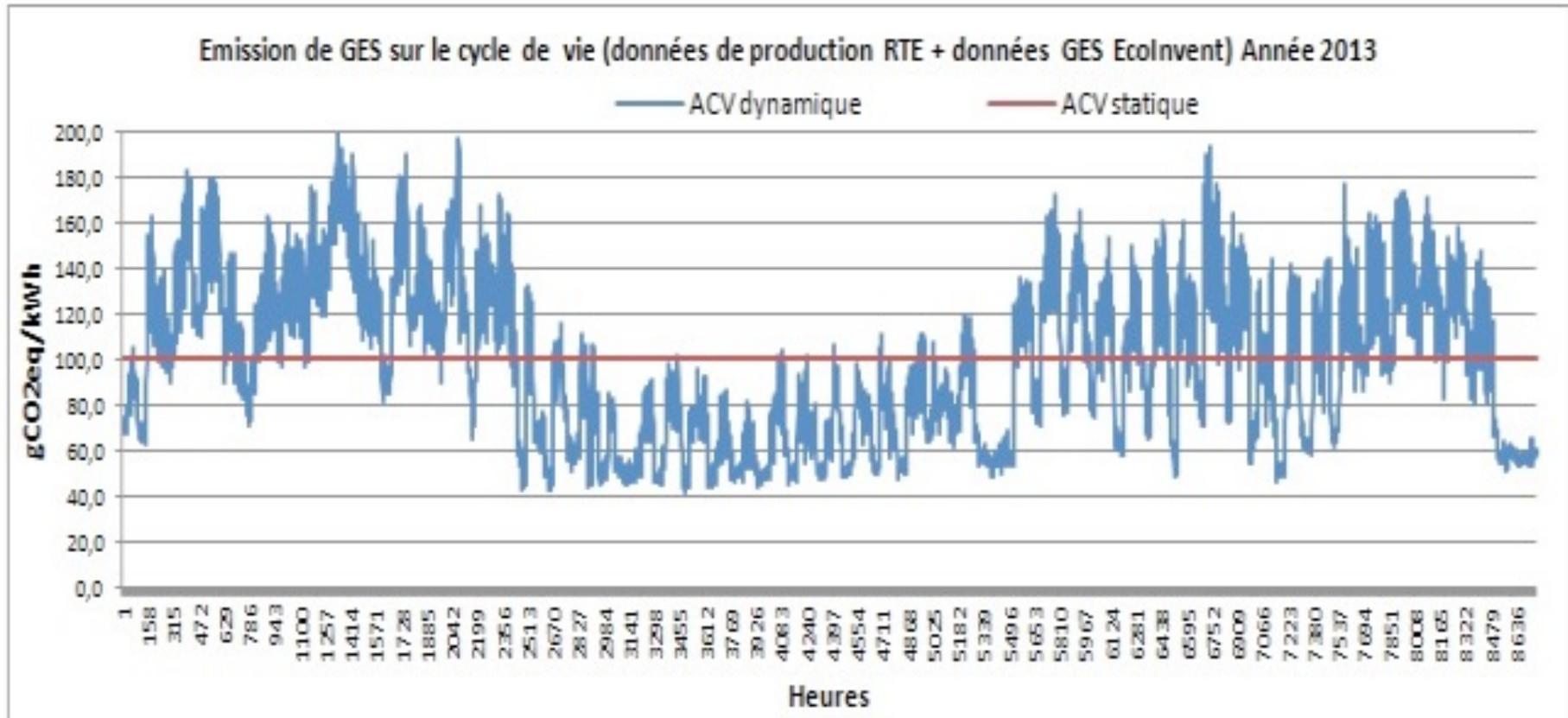
La consommation varie selon la saison (chauffage en hiver, climatisation en été), le jour de la semaine (diminue le week end), l'heure de la journée (diminue la nuit)

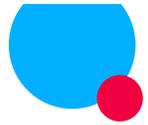
La production fait appel aux centrales disponibles produisant à moindre coût, données disponibles sur le site de RTE pour les années passées

Un modèle est nécessaire pour évaluer ce mix de production sur une année type (par exemple année climatique de la réglementation)

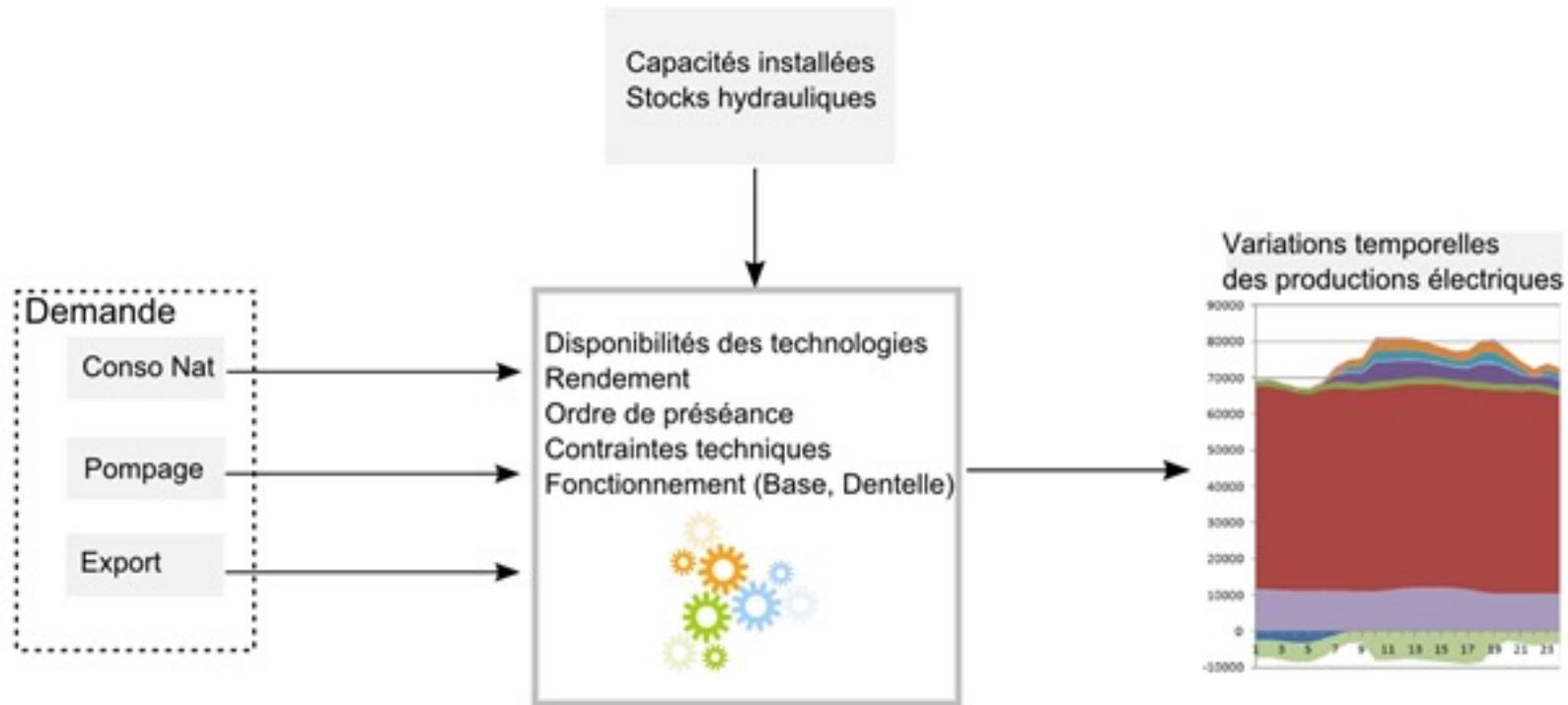


Variation temporelle des inventaires de cycle de vie





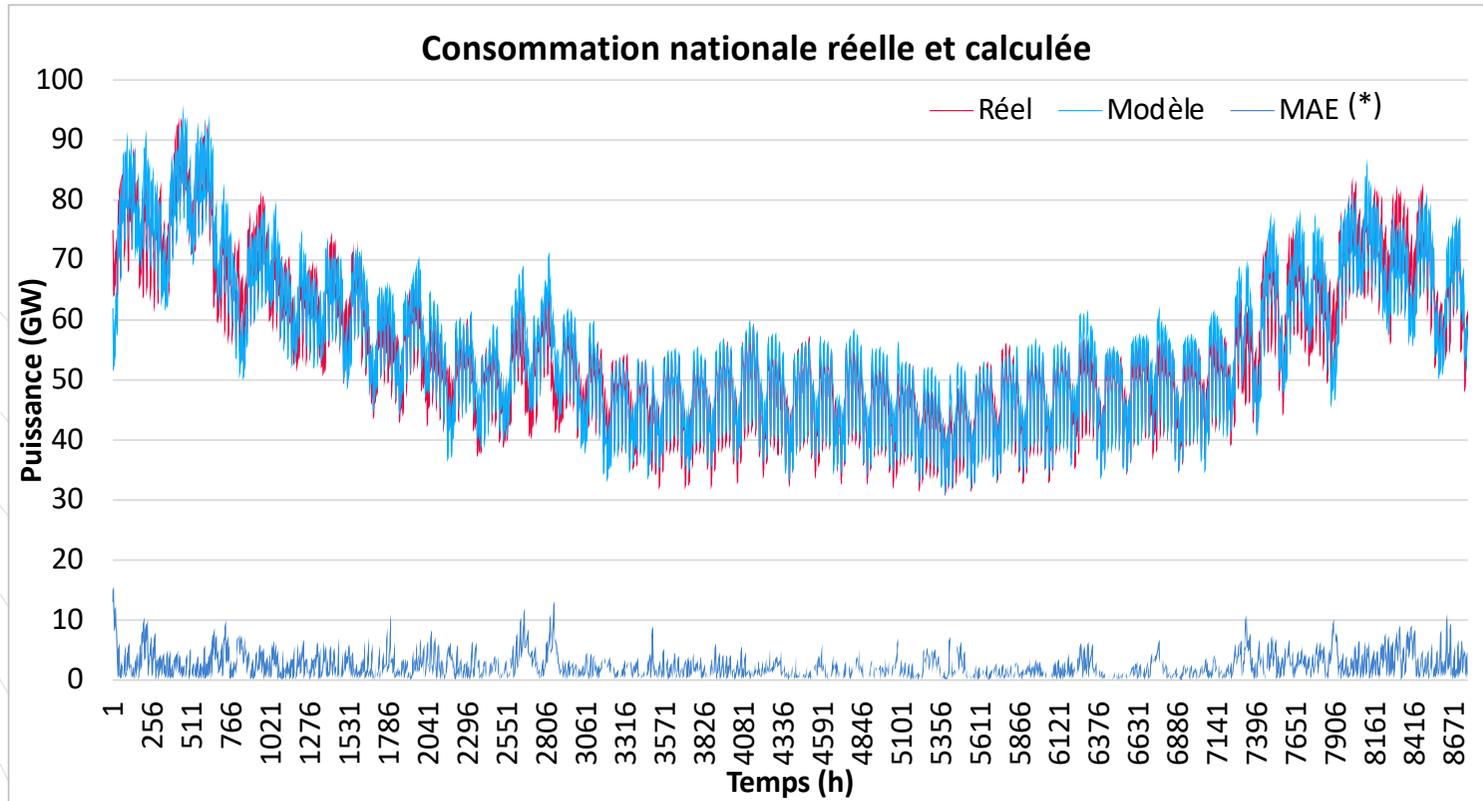
Modélisation du système électrique



Permet d'évaluer le mix heure par heure sur une année



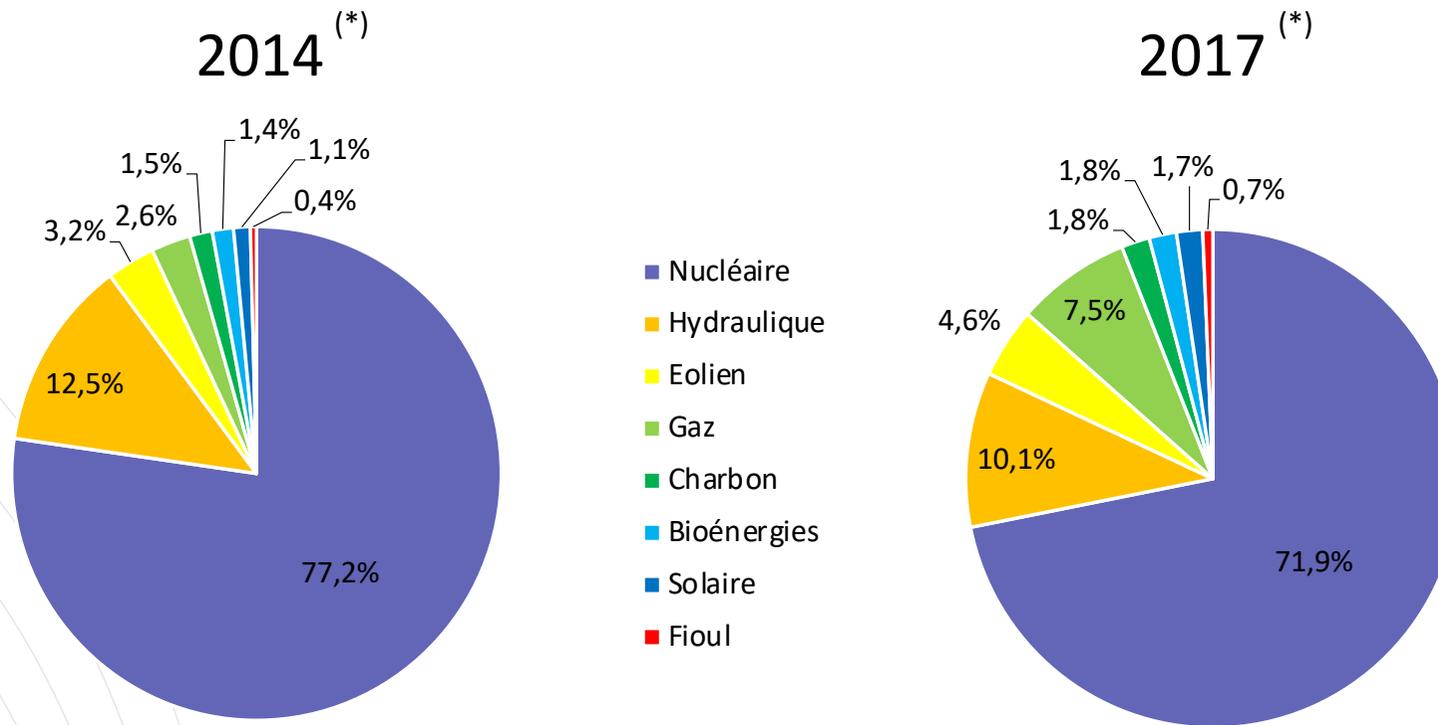
Validation du modèle, consommation nationale



(*) Mean Absolute Error, erreur absolue moyenne



Deux étapes de validation



- Nucléaire reste majoritaire
- Diversification du mix électrique

(*) Source : RTE (eco2mix), hors import/export (import 2017 <1 %)



Validation de différents sous-modèles



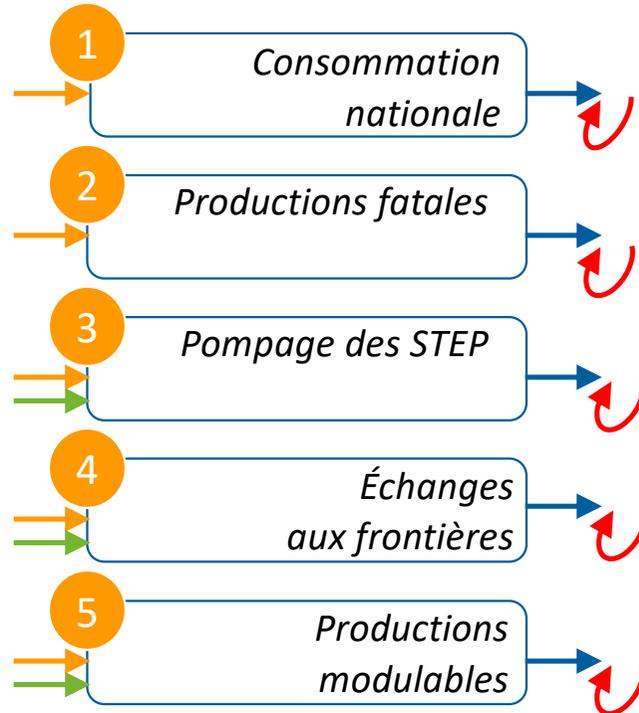
1. Récupération des données

→ Données d'entrée du modèle (capacités installées, disponibilités, ...)

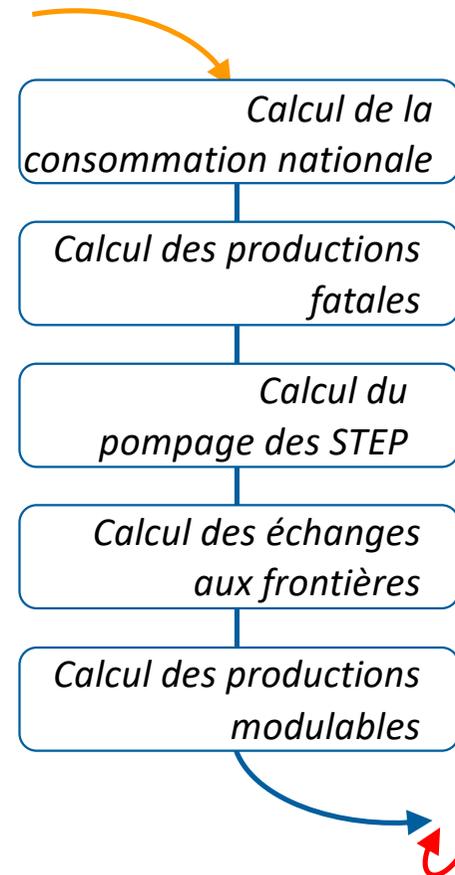
→ Données d'entrée « intermédiaires » pour la validation des sous-modèles (Consommation nationale, imports, ...)

↻ Données de sortie pour la validation des sous-modèles et du modèle complet (mix électrique)

2. Mise à jour et validation des sous-modèles

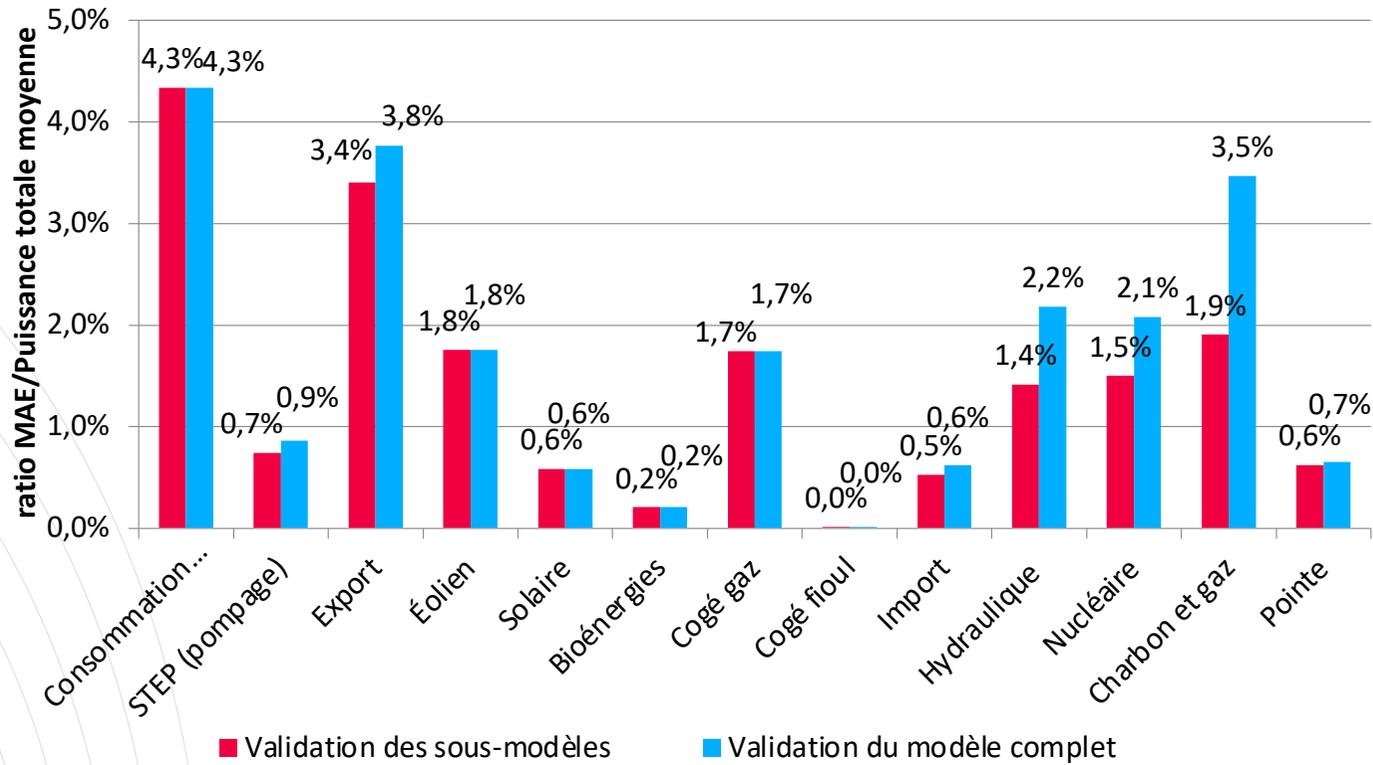


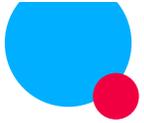
3. Validation du modèle complet





Validation du modèle mis à jour - 2017





Variations sur le long terme, scénarios prospectifs

Objectifs :

Caractériser un ensemble de trajectoires d'évolution du mix électrique français à l'horizon 2050-2060

Caractériser un ensemble de trajectoires d'évolution des filières gazières

Exprimer les productions et capacités futures en fonction de déterminants explicites sur lesquels les utilisateurs pourront agir

Afin de qualifier le système énergétique dans lequel s'insère un bâtiment



Dimension prospective : pourquoi?

Simplicité mais limites reconnues de l'utilisation de coefficients statiques sur toute la durée de vie des ensembles bâtis

Le recours à une démarche prospective

Complexité des interactions coûts-technologies-objectifs environnementaux dans la formation du mix énergétique

L'apport de la modélisation et du paradigme d'optimalité

Pas de vision unifiée des conditions futures

Caractériser plusieurs combinaisons de contraintes applicables aux systèmes gaz et électricité



Dimension prospective : **comment?**

TIMES-FR GAZEL

TIMES est une approche de modélisation de type « **Bottom-Up** » proposant deux intuitions simples:

La chaîne énergétique comme une structure linéaire d'articulation des technologies

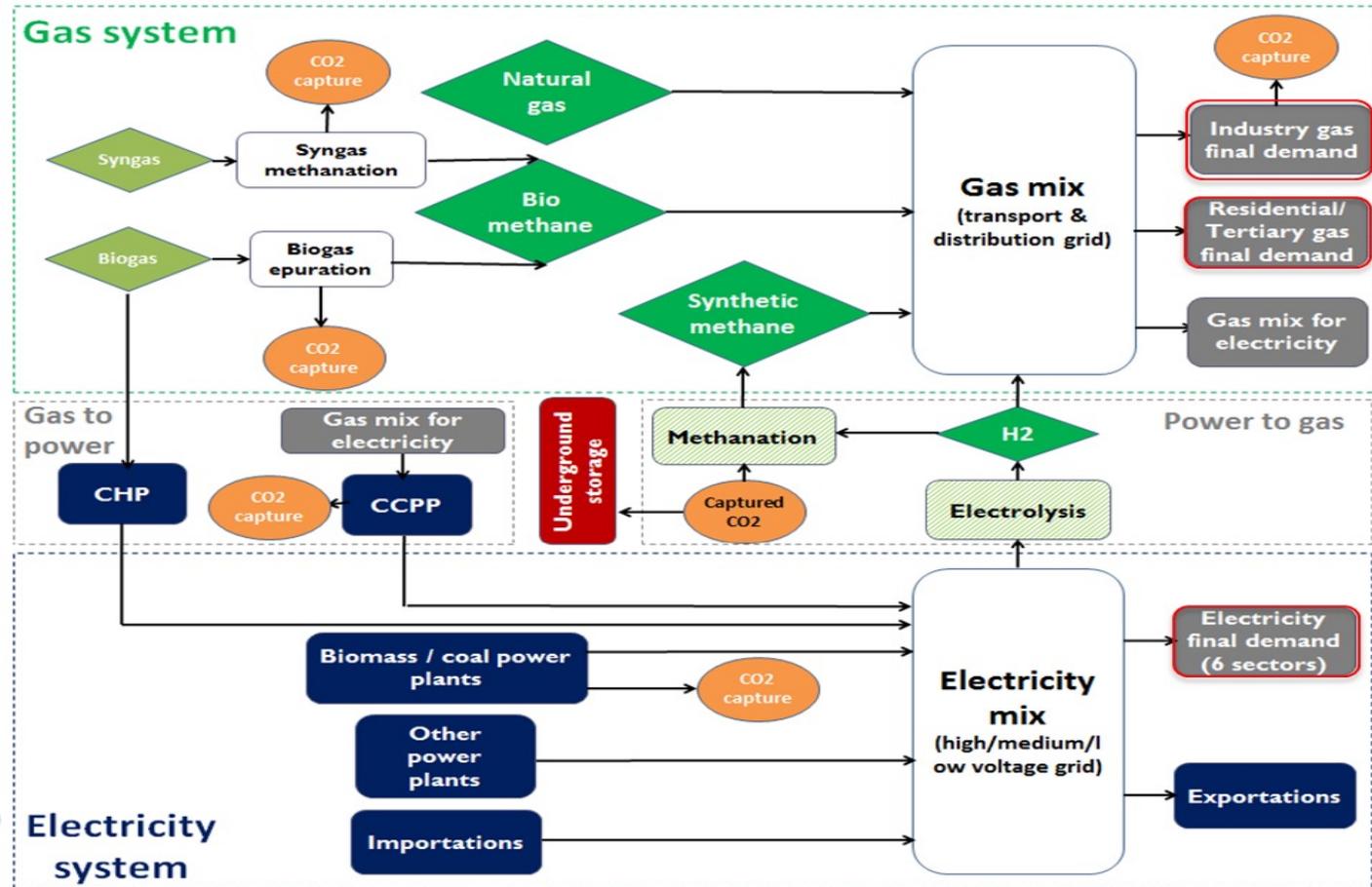
« Résoudre »: optimiser sous contraintes pour déterminer la contribution de chaque option

Le modèle GAZEL est un modèle TIMES développé pour évaluer des **politiques communes des filières gaz et électricité**



Dimension prospective : comment?

TIMES-FR GAZEL



- 12 mois x 2 jours (Sem, WE) x 24h



Dimension prospective : 48 variantes

POLITIQUE ENVIRONNEMENTALE

Contrôle par la pénalité

- **E1**: pénalité de référence taxe atteignant 30€/tCO2 en 2030, stable après.
- **E2**: pénalité EU E1 prolongé jusqu'à 100€/t CO2. Pénalité du scénario de référence de la commission Européenne périmètre ETS

Contrôle par le volume

- **E3**: E1 + budget carbone contraint et équivalent à une neutralité atteinte en 2060
- **E4**: E1+ budget carbone plus contraint et équivalent à une neutralité atteinte dès 2050

UNIVERS TECHNIQUE

Offre

- **O1**: technophile Nucléaire, capture et séquestration, demand response disponibles
- **O2**: acceptabilité CCS Pas de séquestration dont les question d'acceptabilité conduisent à chercher d'autres voies
- **O3**: O2 + acceptabilité EPR L'acceptabilité s'étend au nucléaire. Malgré sa présence historique, pas de nouveaux réacteurs

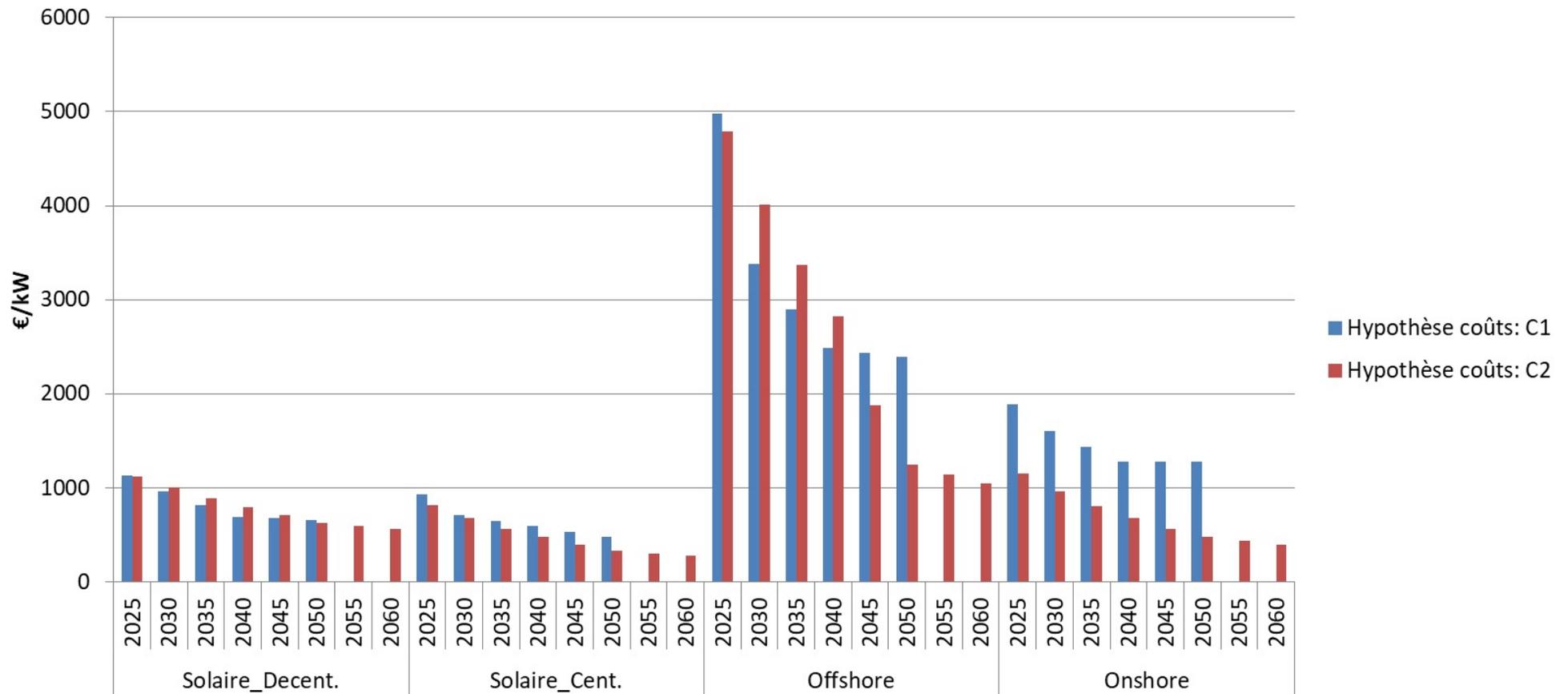
Demande

- **D1**: La diffusion des technologies de pilotage de la demande ne rencontre pas de réels problème d'acceptabilité et le potentiel de demande response est élevé
- **D2**: Développement plus controversé de la demande response traduit par un potentiel maximal plus faible

1 jeu de 24 scénarios (exemple E1O1D1)



Dimension prospective : 48 variantes



**Complétés par 24 scénarios ayant des hypothèses de CAPEX
PV et éolien beaucoup plus optimistes**



Etudes de cas sur des bâtiments types

Immeuble haussmannien, Paris



Maison Pierre, 2017, énergie positive



Résidence Les Roches Blanches, Jean-Paul Faure Architecte, 2016, BBC

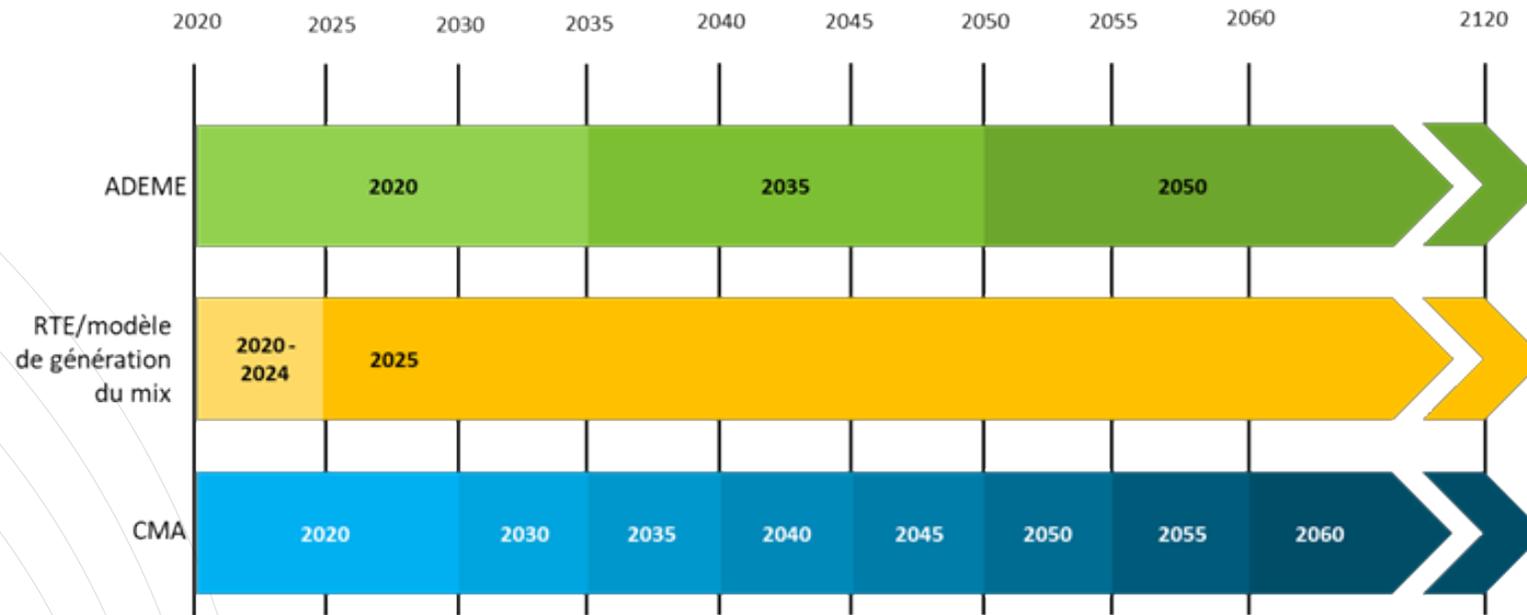


Bureaux Izuba, Vincent Rigassi Architecte, 2015, a) énergie positive et b) sans isolation





Trajectoires considérées

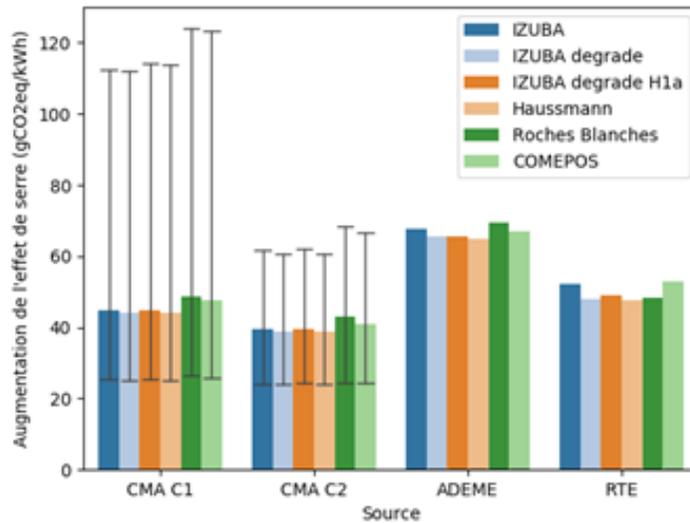


RTE (en jaune) correspond au futur proche

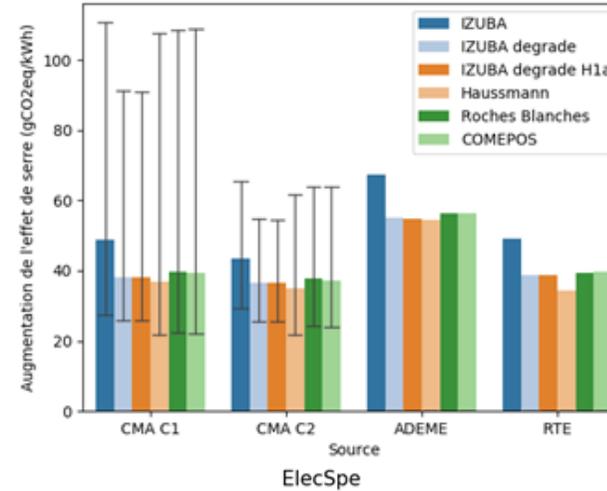


ACV attributionnelle (mix moyen), GES

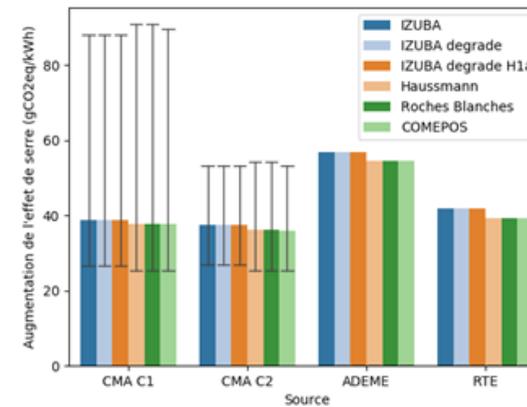
Chauffage



ECS



ElecSpe

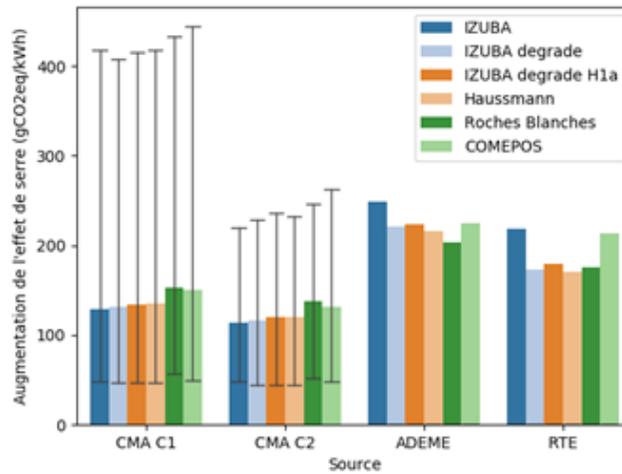


Peu de différence selon les usages
Forte dispersion selon les scénarios
Ecart entre bâtiments seulement
pour le solaire thermique (ECS)

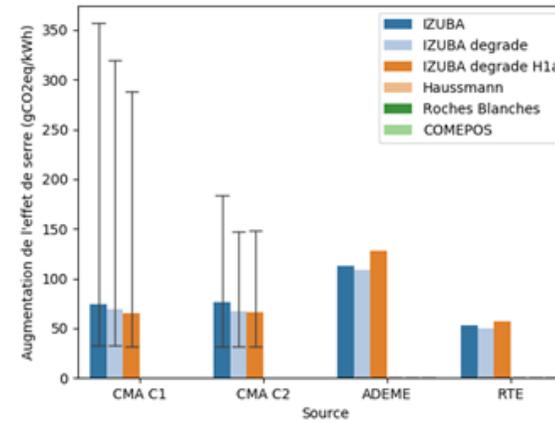


ACV conséquentielle (GHGP), GES

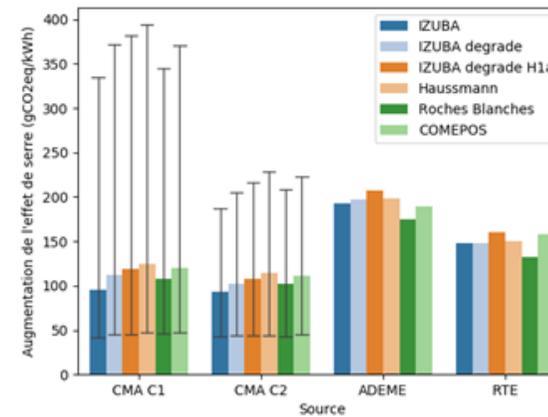
Chauffage



Clim



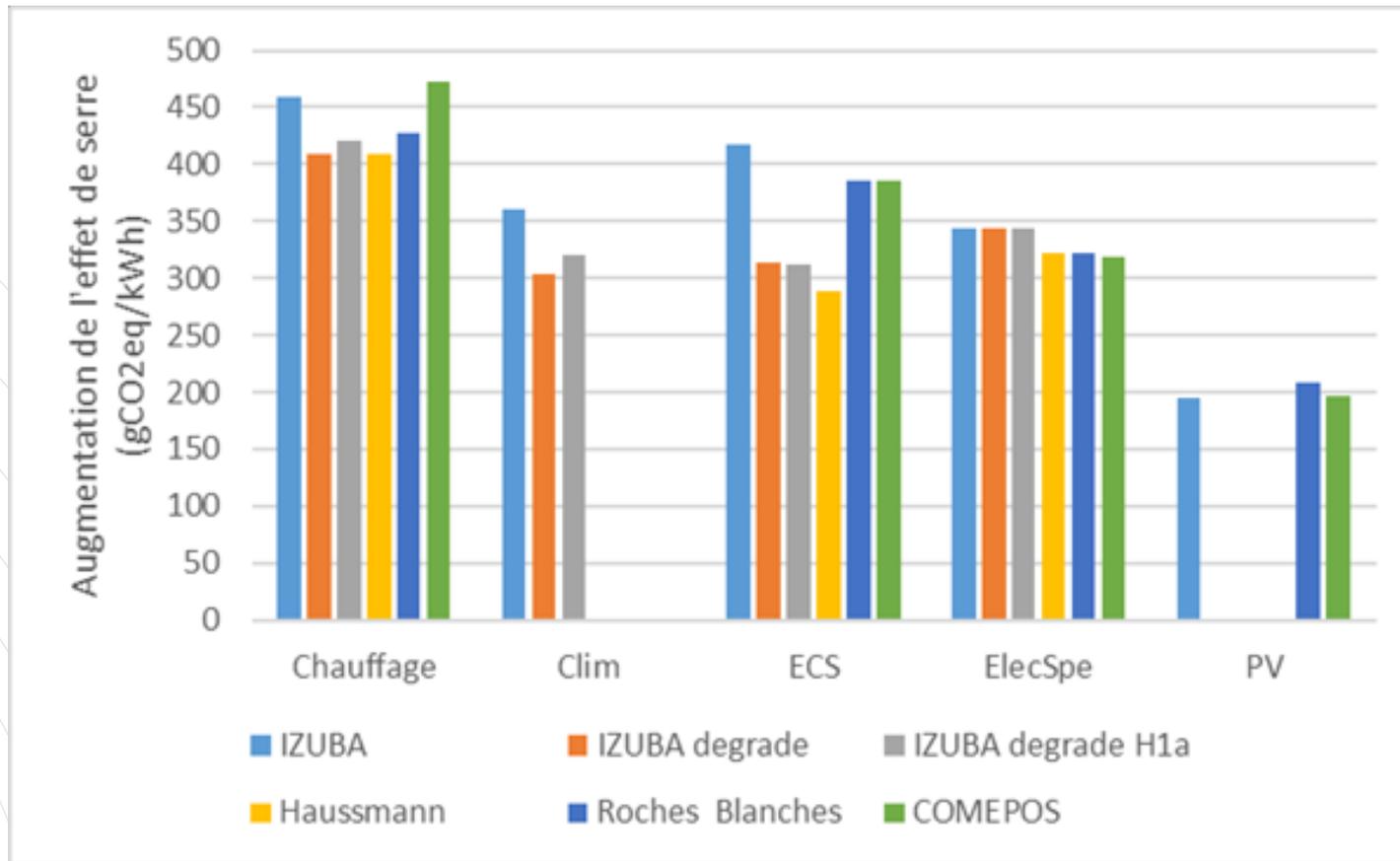
Consommation totale



Valeurs plus élevées qu'en attributionnel
 Différence plus marquée selon les usages
 Dispersion importante selon les scénarios



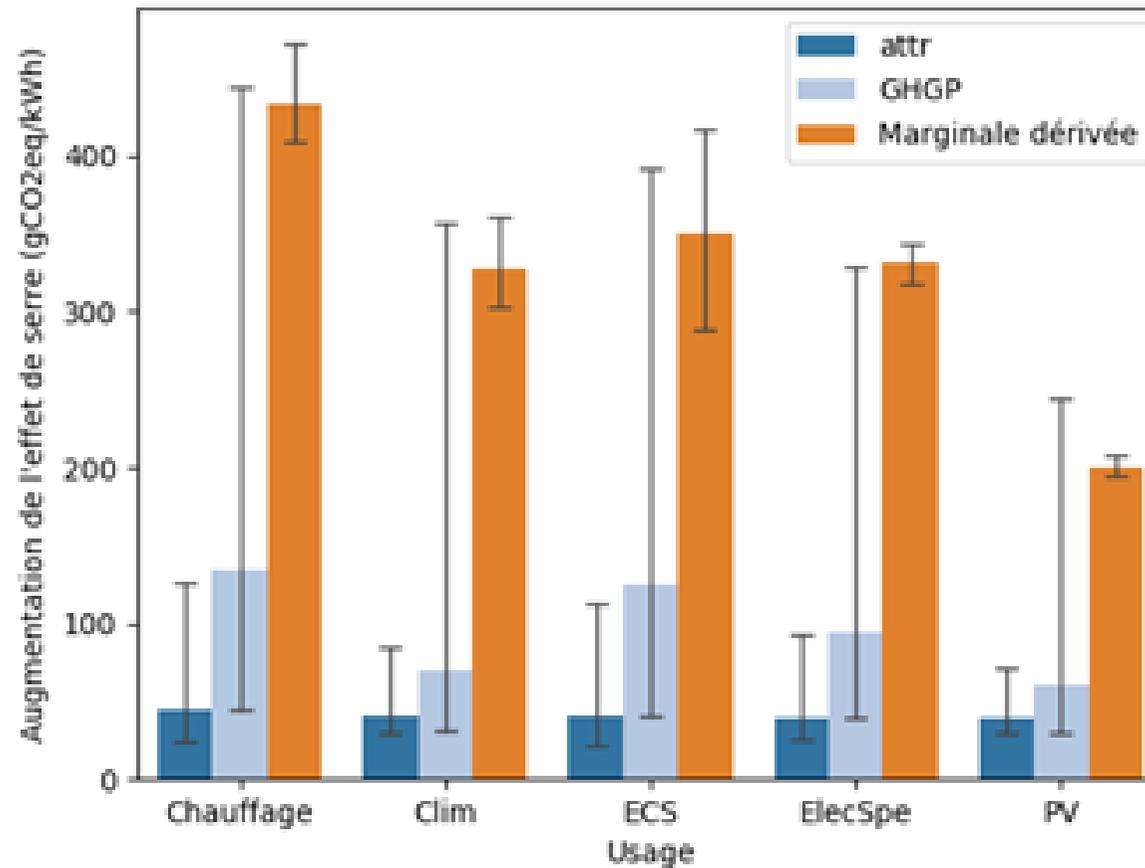
ACV conséquentielle (marginal dérivé), GES



Valeurs plus élevées qu'en attributionnel et GHGP, différence plus marquée selon les usages

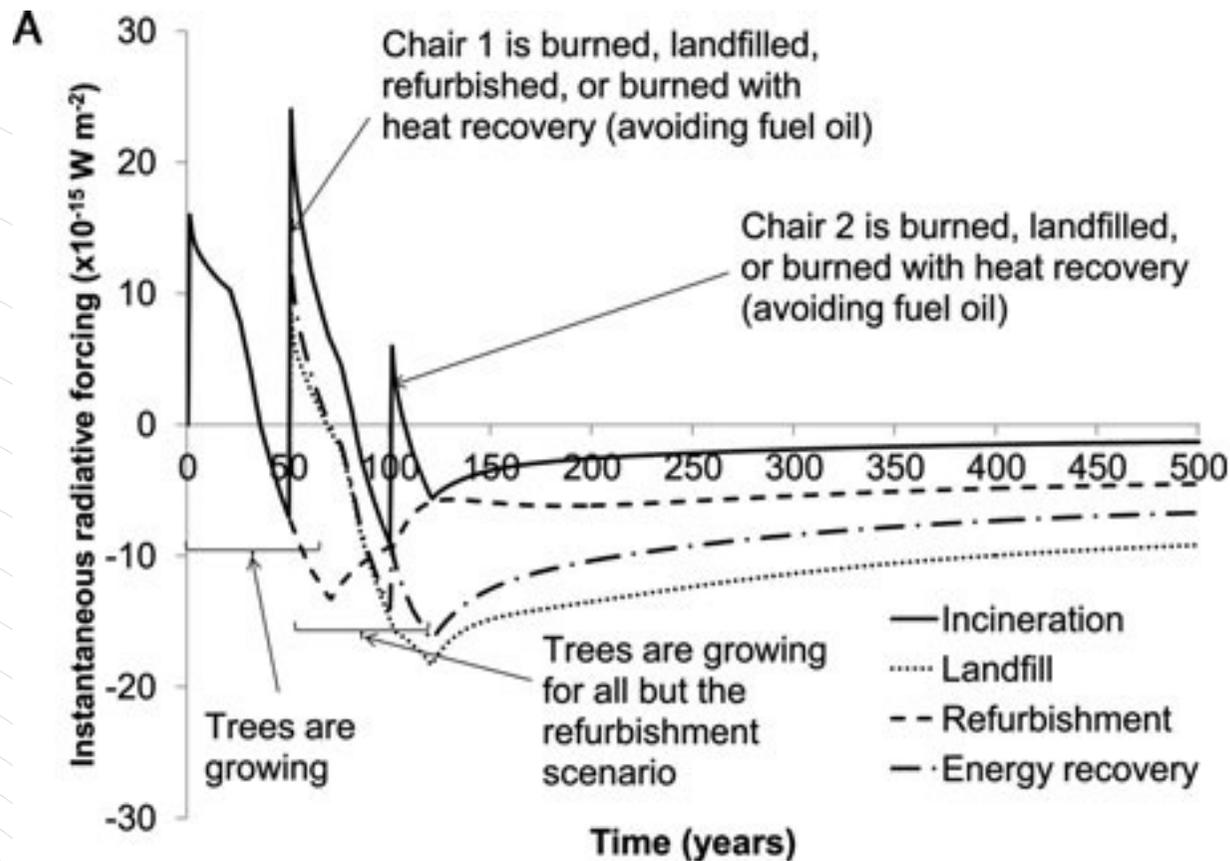


Comparaison des méthodes, GES





Autre exemple de modèle dynamique, cycle du bois



Levasseur, A., Lesage, P., Margni, M. and Samson R. (2013), Biogenic Carbon and Temporary Storage Addressed with Dynamic Life Cycle Assessment, Journal of Industrial Ecology, Volume 17, Number 1



Autre exemple de modèle dynamique, cycle du bois

Fin de vie ->	Incinération	Décharge, recyclage ou réemploi	Valorisation énergétique
Production			
Gestion durable de la forêt	-1 / +1	-1 / 0	-1 /+1 et impacts évités selon le rendement de la valorisation
Autre cas	0 / +1	0 / 0	0 /+1 et impacts évités selon le rendement de la valorisation

L'usage de bois dans la construction permet le stockage de carbone biogénique si un arbre repousse en remplacement d'un arbre coupé (gestion durable de la forêt).

En fin de vie, la même quantité de carbone biogénique est émise si le bois est incinéré. Des impacts sont évités dans le cas d'une valorisation énergétique, du recyclage ou de la réutilisation/réemploi.



Variation temporelle des impacts

Exemples : formation d'ozone photochimique, impact plus élevé des composés organiques volatils si émis par temps ensoleillé

Impacts de substances acidifiantes en fonction des concentrations de fond

Variation temporelle des effets d'eutrophisation et des dommages sur la biodiversité



Choix de l'horizon de temps

Indicateurs $GWP_{20, 100}$ et 500 définis par le GIEC

Horizon temporel glissant : l'effet d'une émission de GES est intégré sur les 100 années suivantes -> ne dépend pas de la date de l'émission

ACV « dynamique simplifié » de la RE2020 : horizon fixe, l'effet d'une émission l'année n est intégré de n à 100 -> l'effet des émissions futures est réduit

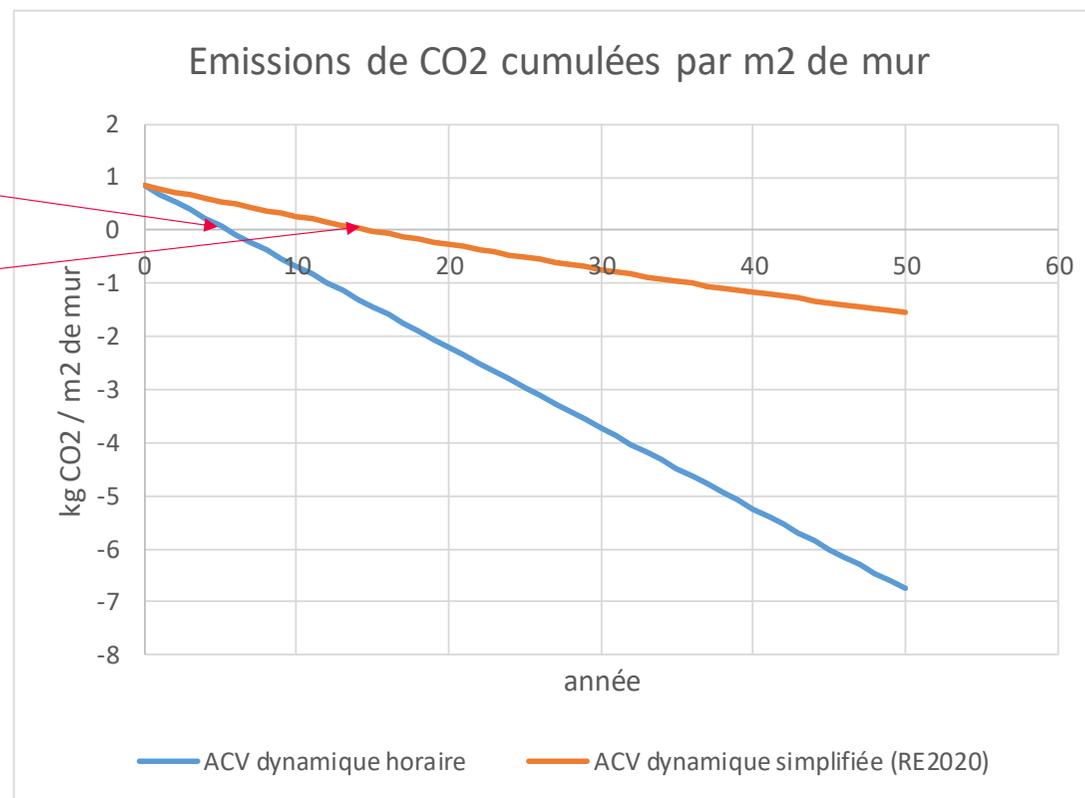
-> oriente les décisions vers le court terme, dette envers les générations futures

Urgence climatique -> rénover plus vite le parc existant et non limiter l'isolation des constructions neuves



Exemple, 15 -> 20 cm d'isolant

Temps de retour CO₂ :
5 ans (ACV dynamique
horaire et HT glissant)
et 15 ans (RE2020)

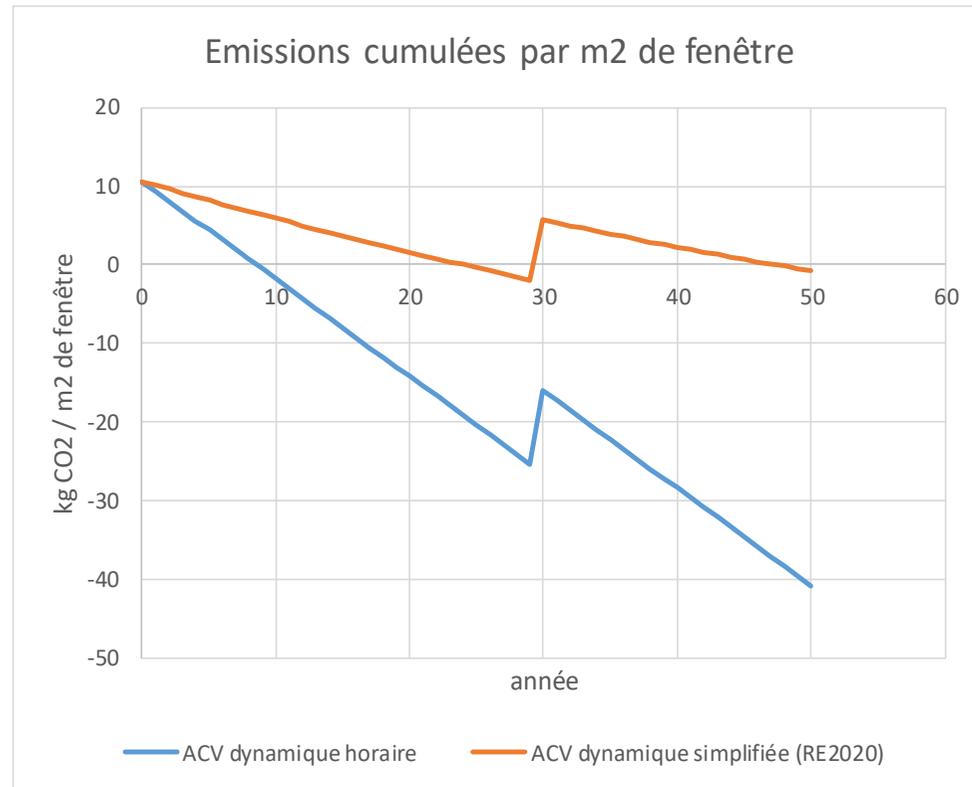


Cas d'un chauffage par pompe à chaleur électrique



Exemple, double -> triple vitrage

Selon l'ACV dynamique horaire, le triple vitrage réduit 5 fois plus les émissions que la quantité correspondant à sa fabrication mais selon la RE2020, il n'a pas d'intérêt



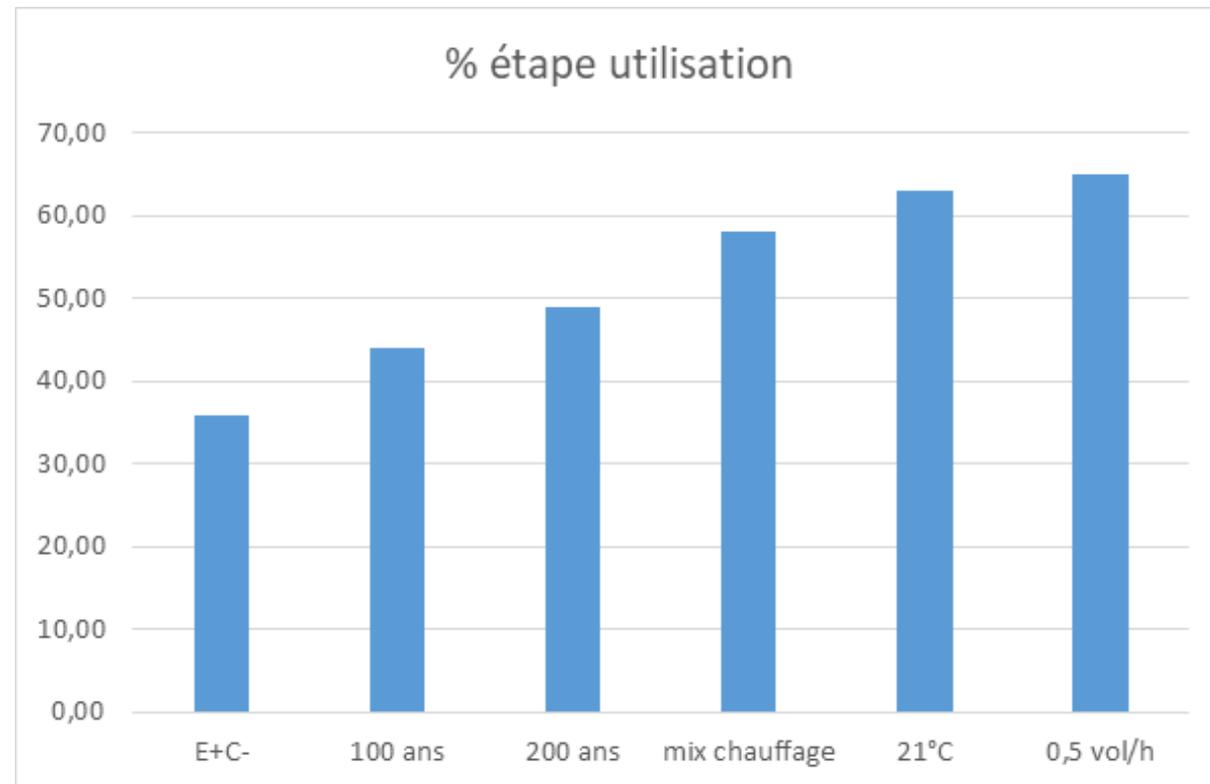
Cas d'un chauffage par pompe à chaleur électrique



Part de l'étape d'utilisation

Autres paramètres qui pénalisent l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables :

- Durée de vie réduite à 50 ans
- Température de chauffage entre 16 et 19°C
- Taux de renouvellement d'air (autour de 0,35 vol/h)
- Contenu CO2 du kWh électrique (79 g pour le chauffage)



Moyenne entre chaudière gaz et pompe à chaleur électrique



Conclusions

ACV dynamique horaire : variations temporelles à court terme (horaires, hebdomadaires, saisonnières) et à long terme (scénarios prospectifs)

Règlementation environnementale des bâtiments : un kg de CO2 émis dans 50 ans n'équivaut qu'à 0.575 kg de CO2 émis aujourd'hui

Non nécessaire pour valoriser les matériaux biosourcés, méthode défavorable aux économies d'énergie et ENR : investissement environnemental en fabrication, rentabilisé au cours du temps

Veiller à ce que cette méthode ne conduise pas à déplacer les impacts dans le temps, ce qui ne correspond pas au principe de développement durable, surtout si -comme c'est le cas- une limite est imposée sur les émissions liées uniquement aux produits sans tenir compte de leur performance énergétique à l'étape d'utilisation.

-> intérêt de l'écoconception pour aller au-delà du minimum réglementaire

Des questions ?

Bruno Peuportier et Charlotte Roux

bruno.peuportier@mines-paristech.fr

charlotte.roux@eivp-paris.fr

lab-recherche-environnement.org