



## **Prise en compte des questions de surface dans les scénarios de transition du système électrique européen**

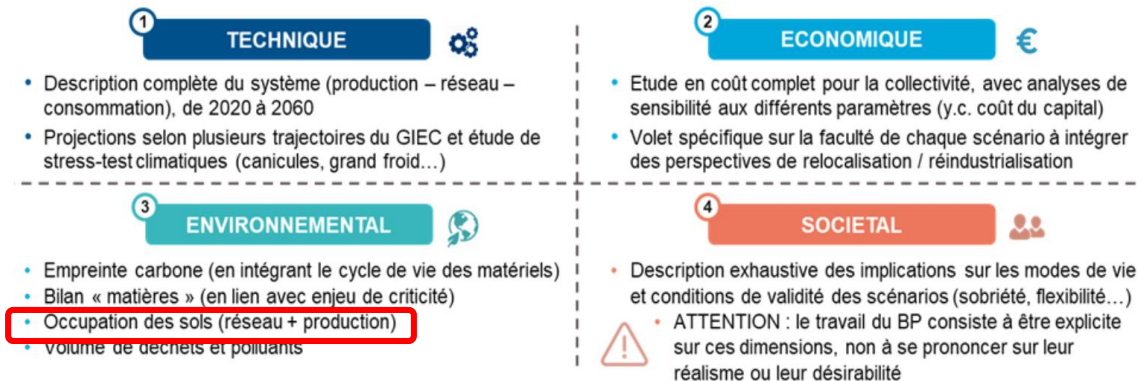
Victor GUILLOT, Edi ASSOUMOU, Gildas SIGGINI  
Centre de Mathématiques Appliquées, MINES ParisTech PSL

Séminaire de la Chaire Modélisation Prospective au service du Développement Durable  
Scénarios d'une France « renouvelable » : de 0 à 100 %

27 Mai 2021

[victor.guillot@mines-paristech.fr](mailto:victor.guillot@mines-paristech.fr)

# Premier constat: pour une meilleure prise en compte des effets externes



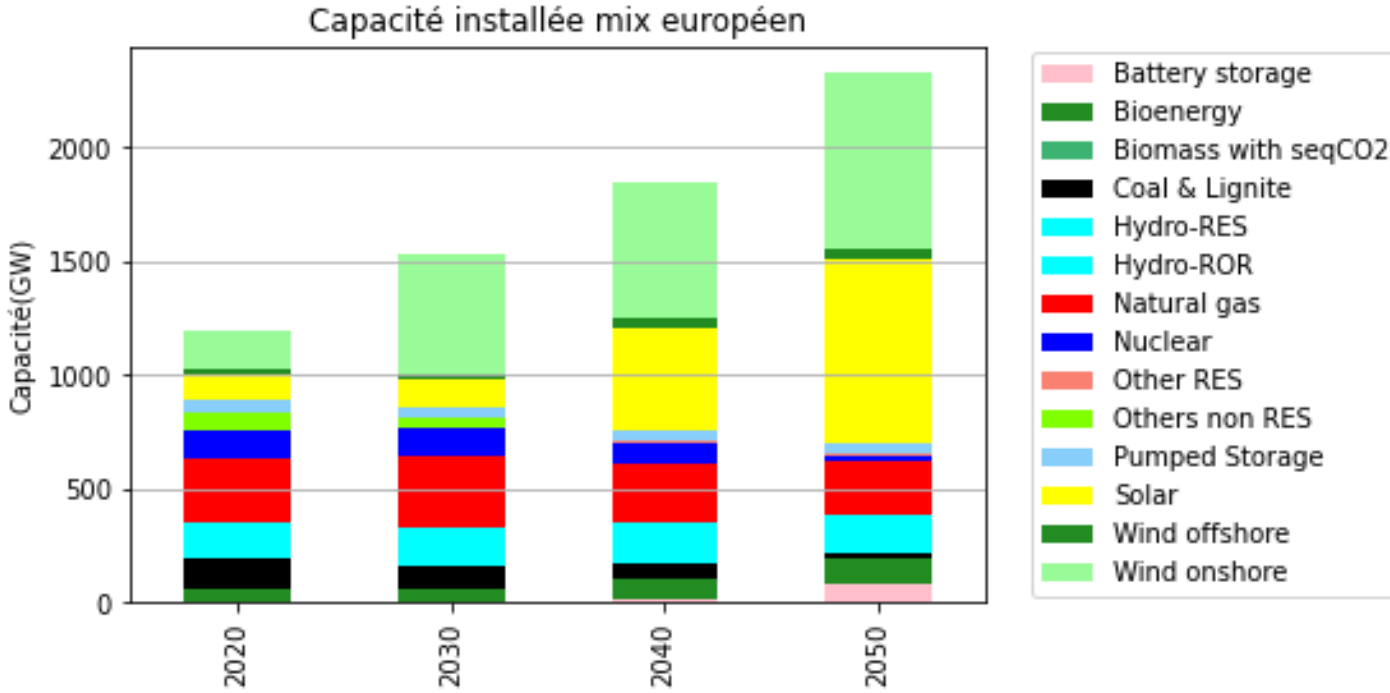
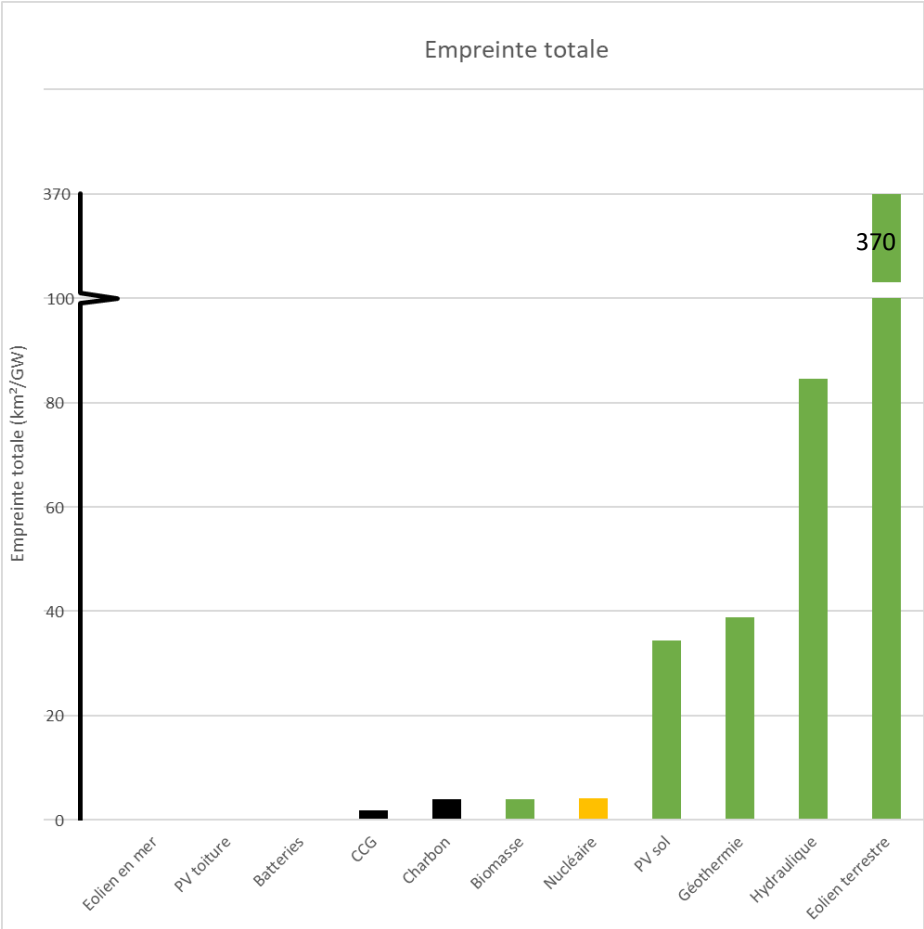
Source: Bilan prévisionnel long terme « Futurs énergétiques 2050 », Janvier 2021, RTE



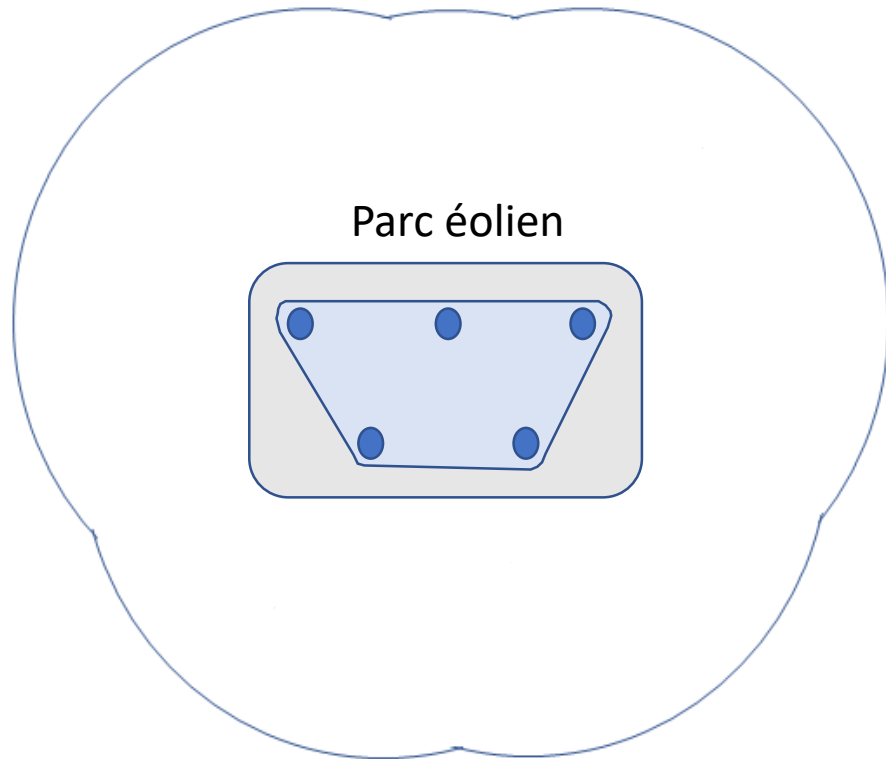
Source: observatoire des éoliennes en Hauts-de-France

- La transition du système électrique européen crée des effets externes
- Ces effets externes et les enjeux d'acceptabilité peuvent ralentir le rythme de déploiement
- Une meilleure prise en compte de ces effets permet de mieux anticiper les difficultés

# Second constat: une tendance à l'augmentation de la surface



# De quelle surface parle-t-on ?



- Empreinte directe
- Enveloppe convexe
- Empreinte totale
- Zone visibilité

Définition	Artificialisation	Conflits d'usages	Acceptabilité	Accès aux données
Empreinte directe	+	+	-	+
Enveloppe convexe	-	+	+	-
Empreinte totale	-	+	+	+
Zone de visibilité	-	-	++	-

# Des questions restent à élucider



*Mine de lignite, Hambach, Allemagne*

Comment prendre en compte les surfaces liées aux combustibles ?

- Importations
- Biomasse



*Poste de transformation près du Havre  
Source: géoportail*

Comment considérer la surface des lignes électriques

- Modification du réseau selon la part d'ENR ?
- Enfouissements de lignes ?
- Renforcements de lignes existantes ou création de nouvelles lignes ?
- Situations différentes selon les pays

# Prise en compte de la surface dans le modèle eTIMES-EU

**PSL**  
UNIVERSITÉ PARIS

**THÈSE DE DOCTORAT**  
DE L'UNIVERSITÉ PSL  
Préparée à MINES ParisTech

**Approche intégrée pour l'analyse prospective de la décarbonisation profonde du système électrique européen à l'horizon 2050 face à la variabilité climatique**

Soutenu par  
**Gildas SIGGINI**  
Le 25/03/2021

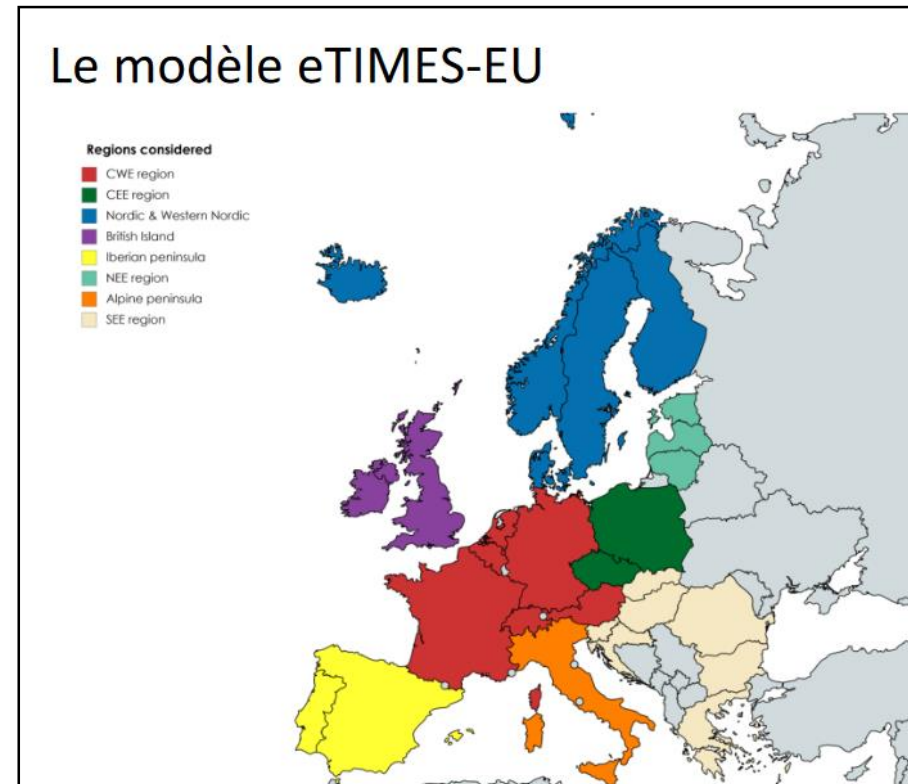
Ecole doctorale n° 84  
**Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication**

Spécialité  
**Contrôle, Prospective**      **Optimisation,**

Composition du jury :

François MIRABEL Professeur des Universités, Université de Montpellier	Rapporteur
Catherine AZZARO-PANTEL Professeur des Universités, ENSIACET	Rapporteur
Dominique PINON Directeur de recherches émérite, CIREQ	Rapporteur Président du jury
Wouter NIJS Ingénieur de recherche, Commission Européenne	Rapporteur
Yves-Marie SAINT-DRENAN Ingénieur de recherche, MINES ParisTech	Rapporteur
Sophie DEMASSEY Maître-assistante, MINES ParisTech	Directrice de thèse
Eti ASSOUMOU Maître de recherche, MINES ParisTech	Directeur de thèse

MINES ParisTech | PSL



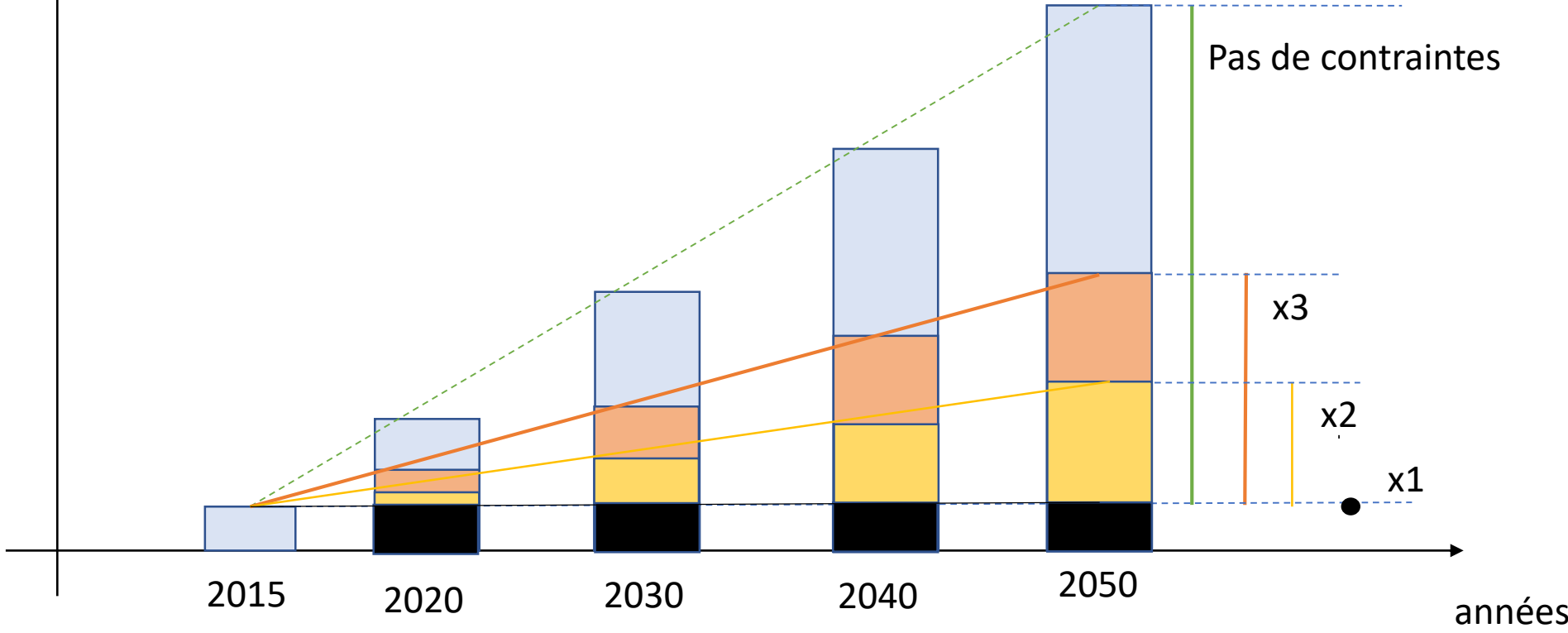
- Permet d'évaluer des politiques de transition du système électrique européen
- Minimisation du coût total actualisé
- Trajectoires d'investissement et d'activité explicites par technologies et par pays

Comment la trajectoire optimale est-elle modifiée lors de l'ajout de contraintes en surface (empreinte totale) ?

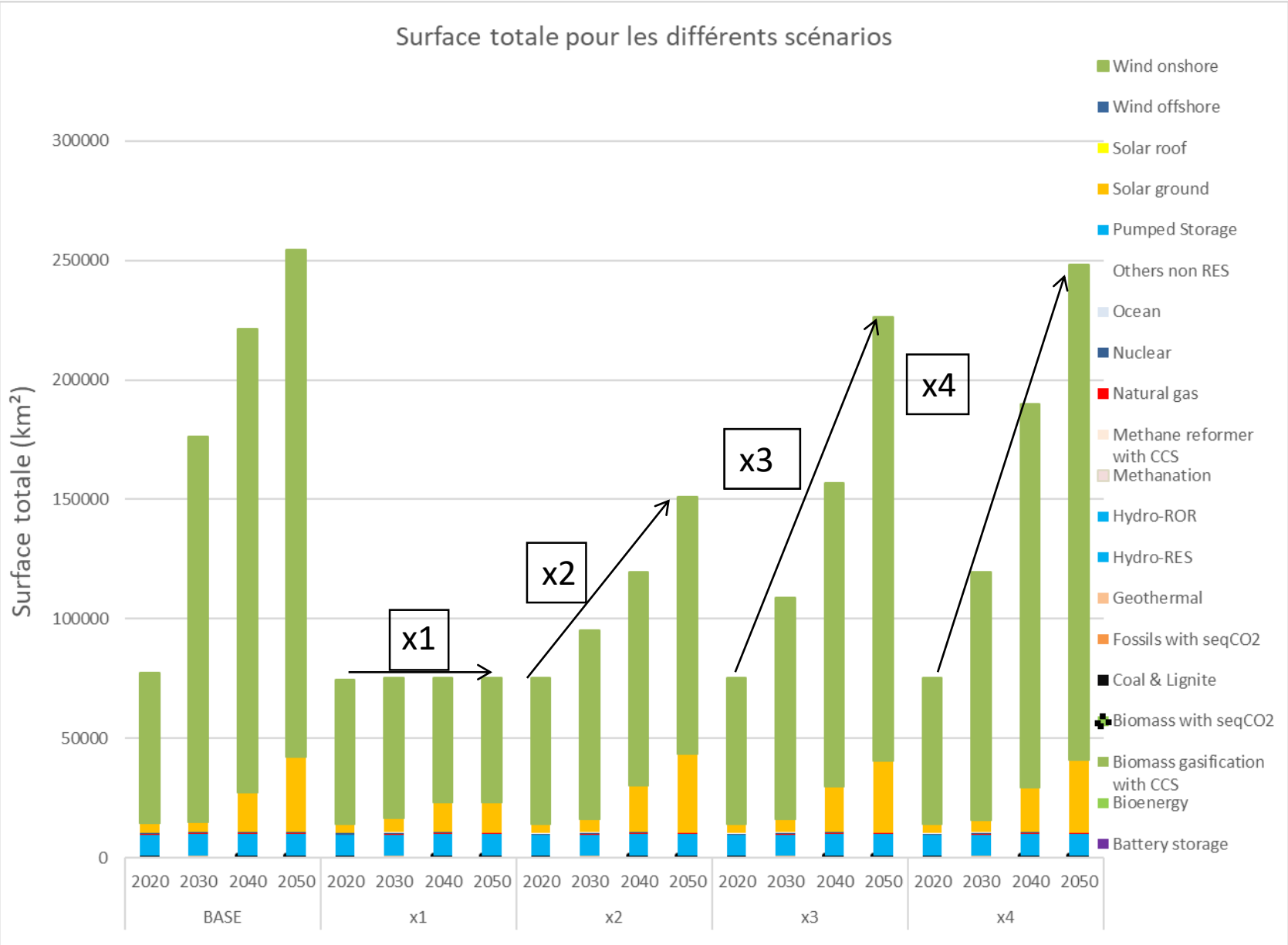
# Contraintes surfaces: limitation de l'accroissement en 30 ans

$$Surface_{2050} \leq \alpha * Surface_{2015}$$
$$\alpha \in \{1,2,3, +\infty\}$$
$$Surface_{pays} \leq 0,2 * Superficie_{pays}$$
$$Imports \leq 0,15 * Demande$$

Surface totale

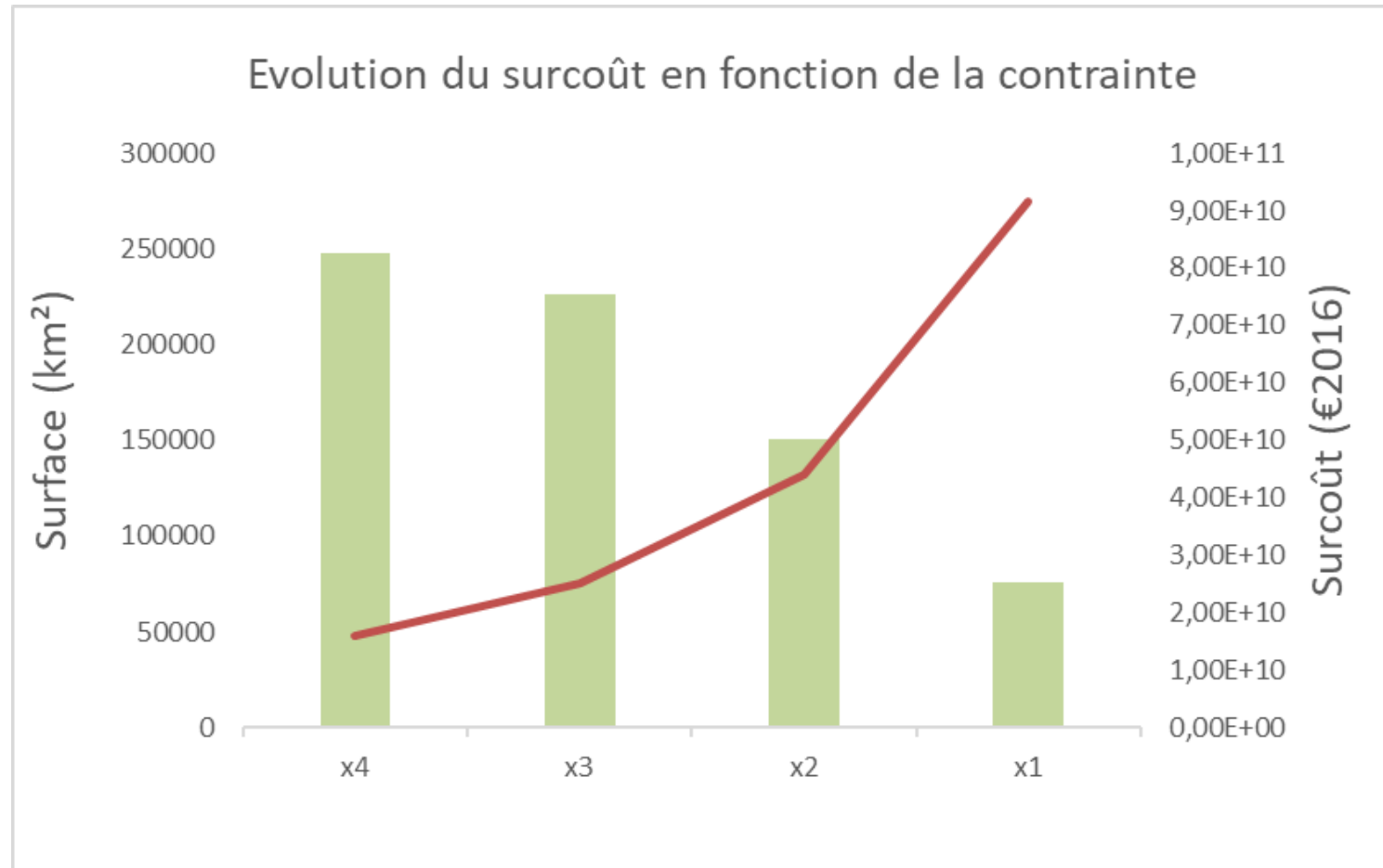


# Contraintes avec TIMES: un mix atteignable à un coût maîtrisé...

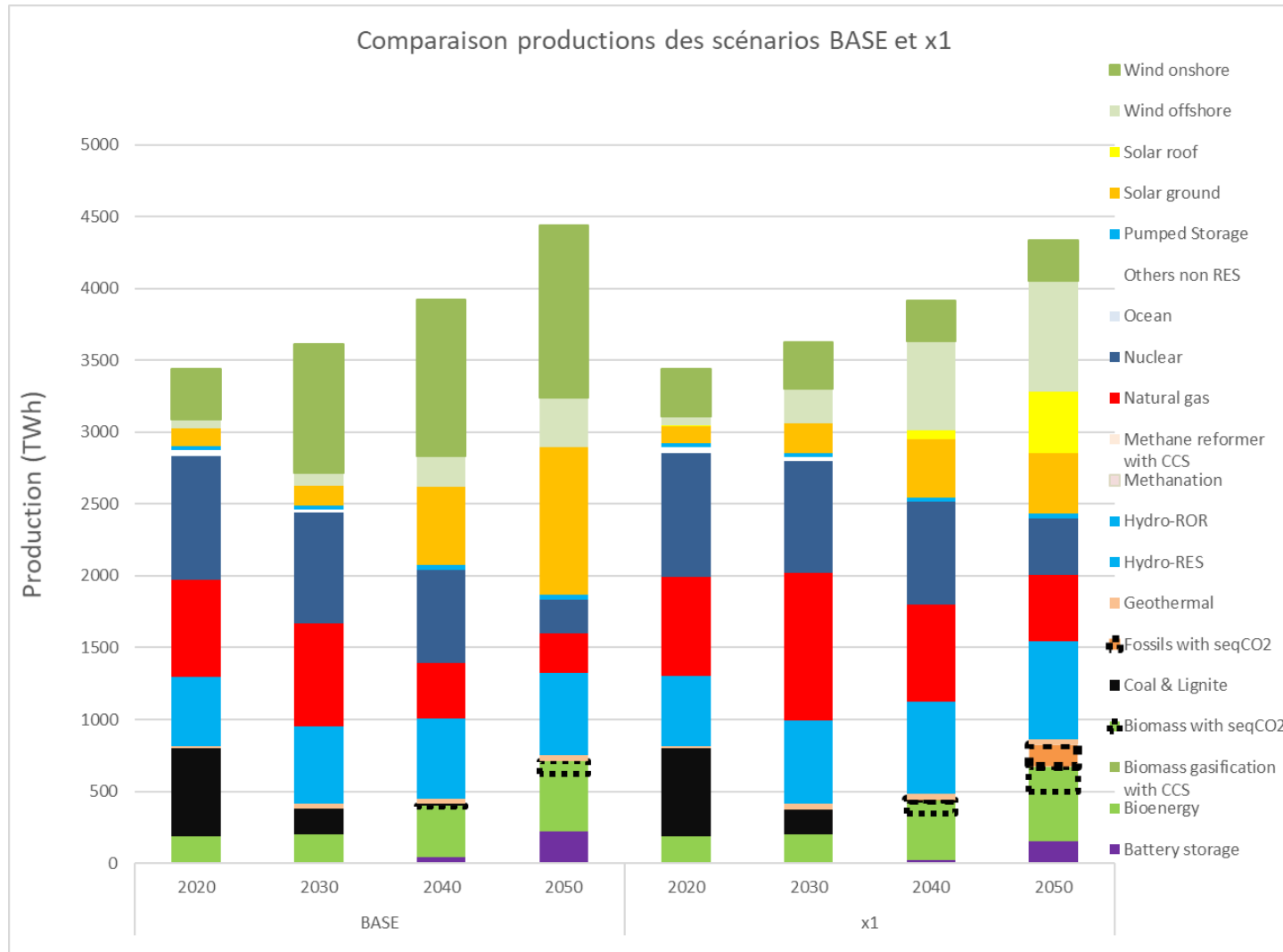




# Contraintes avec TIMES: un mix atteignable à un coût maîtrisé...

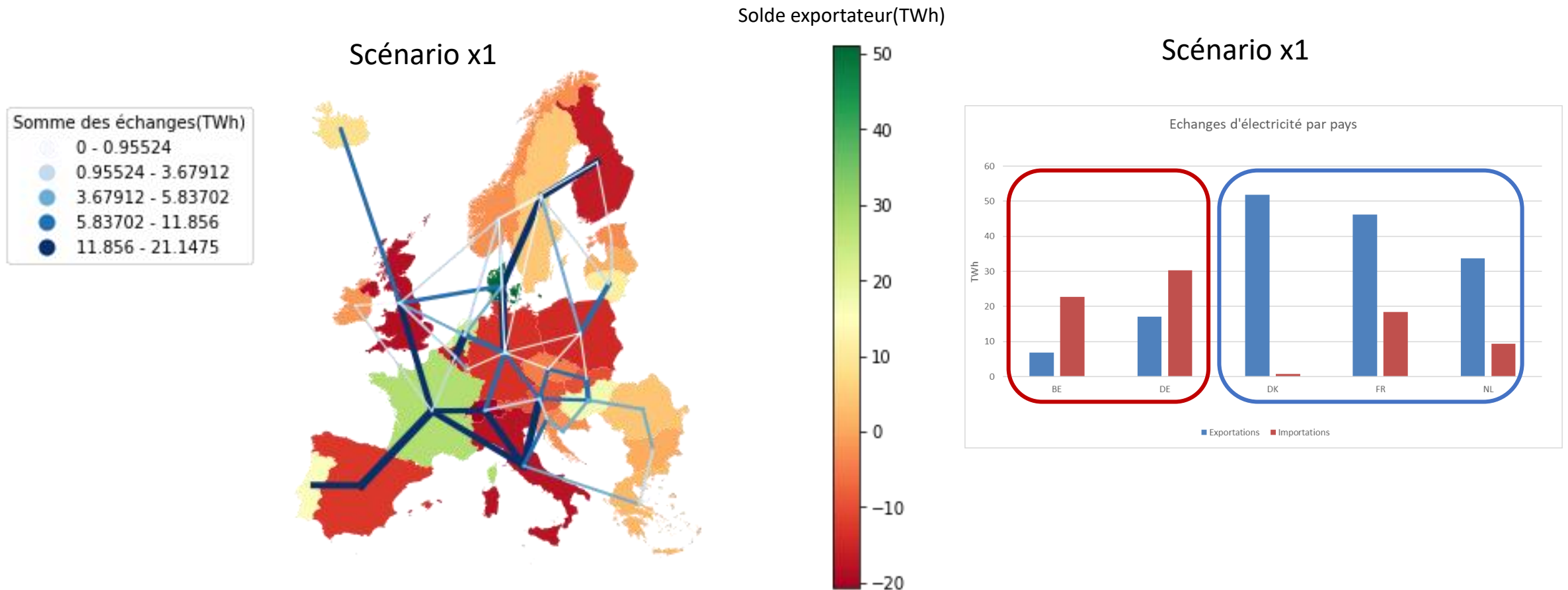


# Un mix atteignable à un coût maîtrisé...mais qui nécessite des choix affirmés



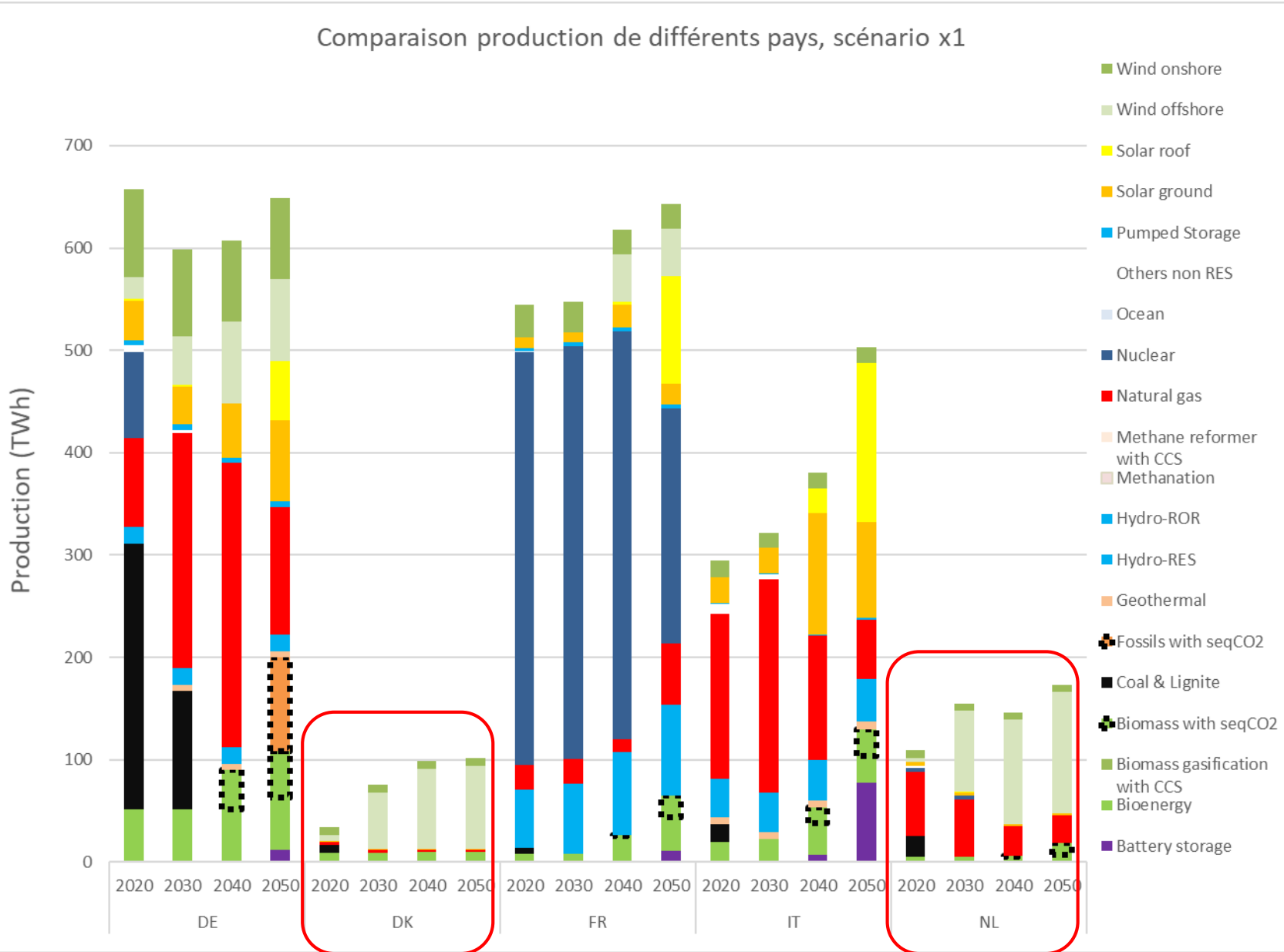
- Privilégier technologies ayant une empreinte faible: PV toiture, éolien offshore, Hydraulique fil de l'eau
- Utilisation CCS, Gaz, Nucléaire
- Pas d'éolien terrestre supplémentaire

# Les échanges permettent de tirer profit des avantages de chaque pays pour respecter la contrainte en surface...



- Acceptabilité des pays producteurs ?

Les échanges permettent de tirer profit des avantages de chaque pays pour respecter la contrainte en surface ...au prix d'une grande spécialisation de certains



# Conclusion

Comment la trajectoire optimale est-elle modifiée lors de l'ajout de contraintes en surface (empreinte totale) ?

- La prise en compte des questions de l'empreinte des différents moyens de production dans la planification du système électrique européen est pertinente
- Ne pas la considérer pourrait entraîner une forte augmentation de la consommation de surface
- Cette étude montre qu'un mix électrique avec une contrainte forte sur la surface est atteignable à certaines conditions:
  - PV toiture, éolien offshore, Hydraulique fil de l'eau
  - Utilisation CCS, Gaz, Nucléaire
  - L'empreinte totale impose une forte contrainte sur l'éolien terrestre

# Améliorations

- Faisabilité CCS, éolien offshore ?
- Acceptabilité éolien offshore ?
- Résilience système ?
- Niveau de coopération aux niveaux des interconnexions
- Prise en compte de la surface des combustibles issus de la biomasse
- Etudier le système énergétique global avec carburants liquides et le gaz

Possible impact of 2020 bioenergy targets on European Union land use. A scenario-based assessment from national renewable energy action plans proposals

Nicolae Scarlat\*, Jean-François Dallemand, Manjola Banja

*European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport, Renewable Energies Unit, Via E. Fermi 2749, TP 450, 21027 Ispra, Va, Italy*

