

Quelle contribution des gaz renouvelables à la décarbonation des systèmes énergétiques?

**Gabin MANTULET,
Adrien BIDAUD, Silvana MIMA**

Séminaire doctorants 2A - LPSC

I. Contexte de la thèse

1. La transition énergétique
2. L'importance du gaz renouvelable

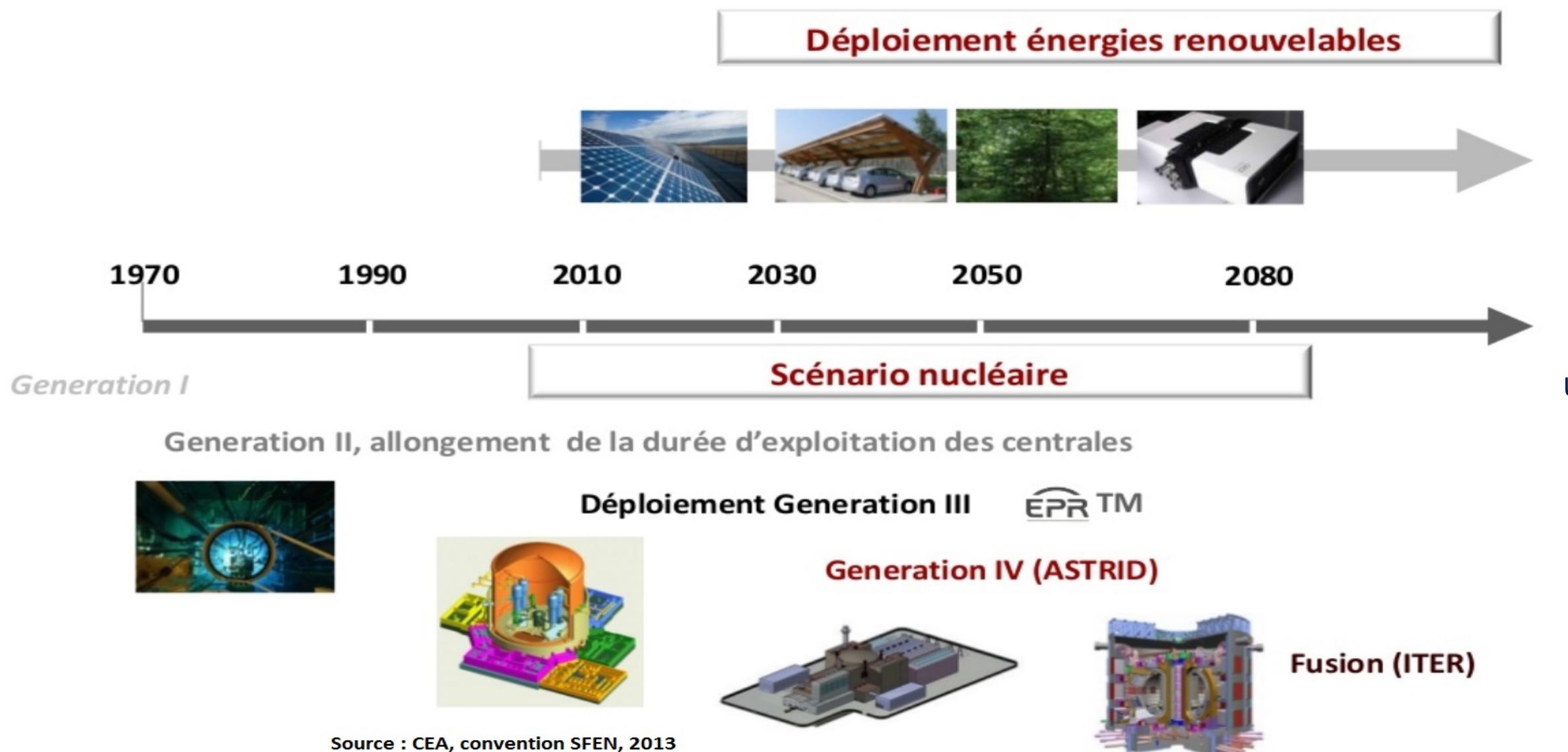
II. Méthodologie

1. Structure du travail
2. Outils utilisés

III. Travaux réalisés

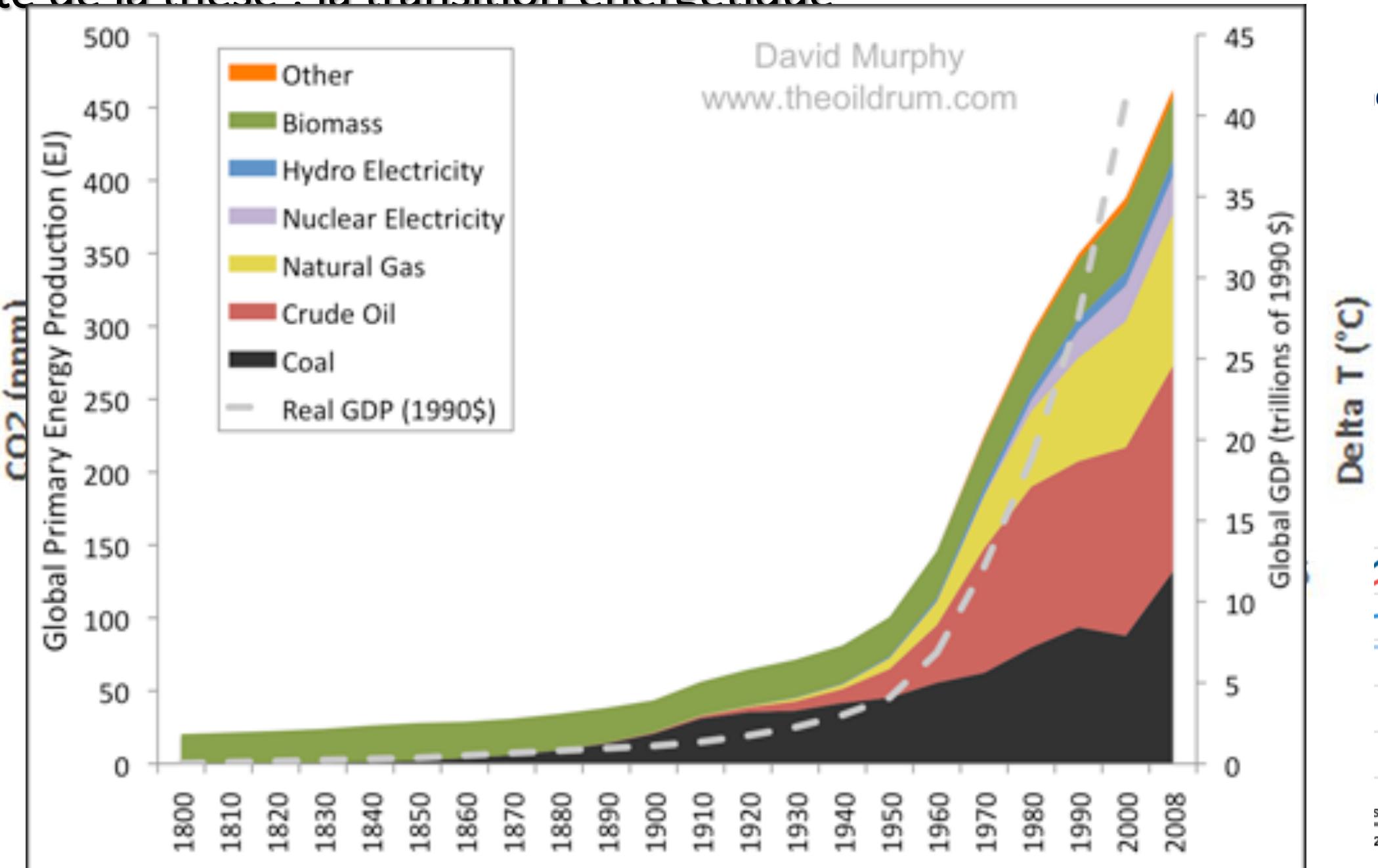
1. Le parc électrique français
2. Les bioénergies

0 – Contexte de la thèse : le projet à l'intérieur du LPSC



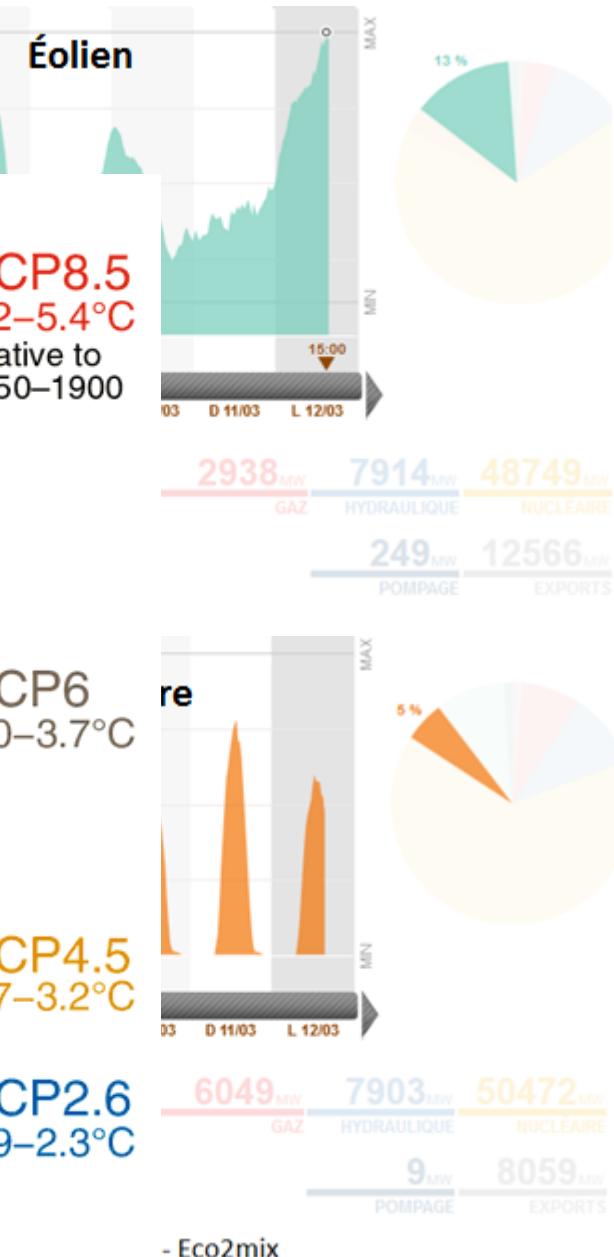
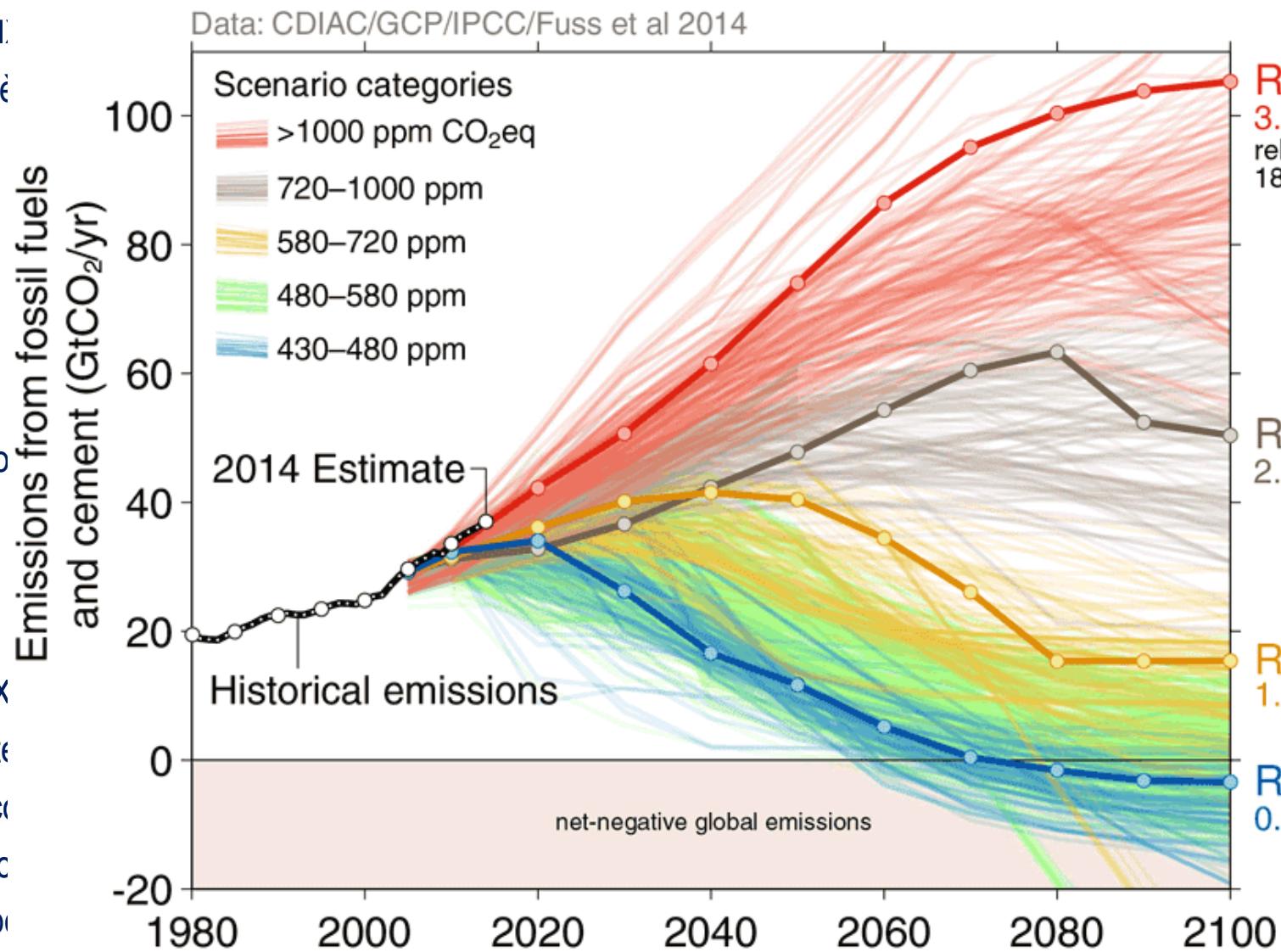
I – Contexte de la thèse : la transition énergétique

- Modes de révolution
- (émissions)
- ...
- Tout
- ...
- ...



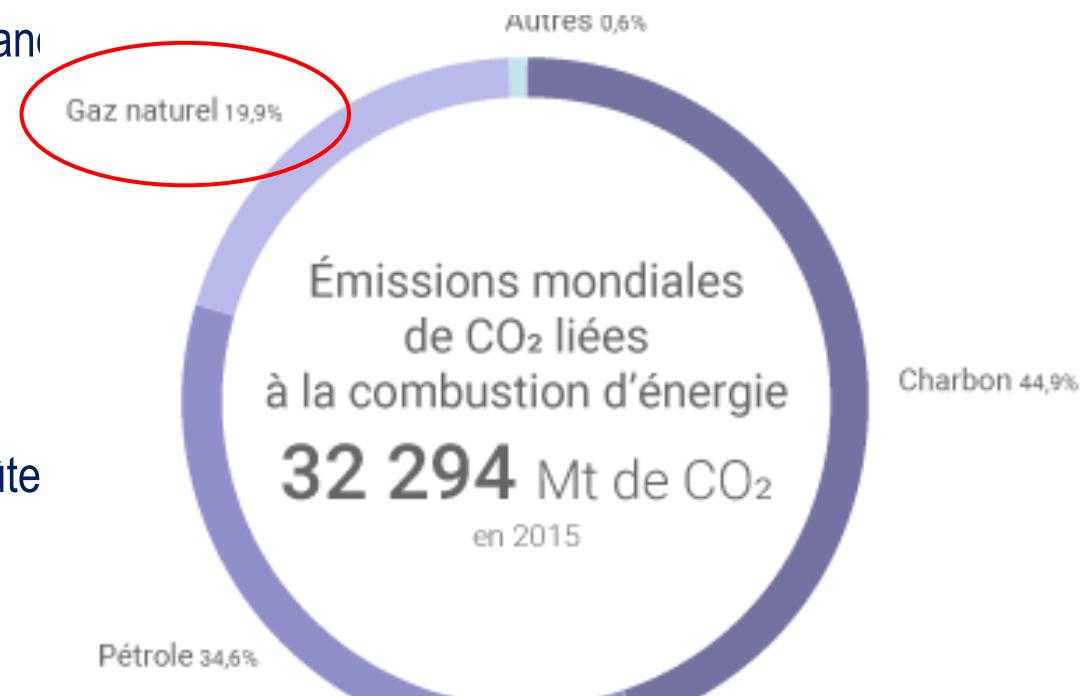
I – Contexte de la thèse : la transition énergétique

- Nouveau
 - Modèle
 -
 -
 -
 -
 -
 - Encodage
 -
 -
 -
 - Mais il existe
 - D'intérêt
 - De caractère
 - Concise
 - De portée



I – Contexte de la thèse : l'importance du gaz renouvelable

- Dans ce changement, le gaz est vu comme **une énergie de transition** ...
 - Qui rejette moins de CO₂ que le charbon ou le pétrole ...
 - ... tout en permettant les mêmes usages (production d'électricité, de chaleur, utilisé pour la mobilité) ...
 - ... avec la même flexibilité (ressource stockable, utilisable quand il faut, peu chère, réseau déjà existant)



- ... mais
 - rejette néanmoins du CO₂
 - nécessite des procédés d'extraction/transport polluants et coûteux

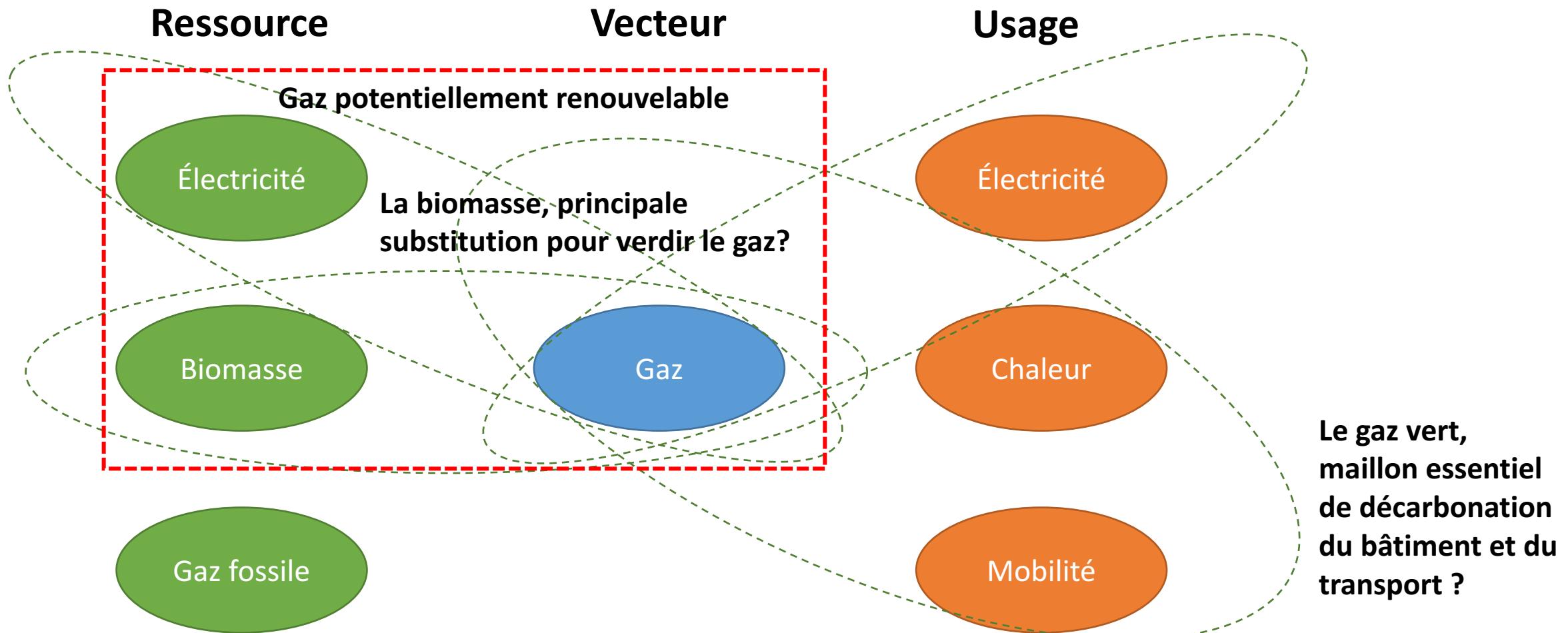


→ Importance de **la substitution au gaz naturel** du **verdissement au gaz** pour atteindre les objectifs climatiques (<2°C)

II – Méthodologie : structure du travail

Le réseau de gaz vu
comme un stockage
d'électricité?

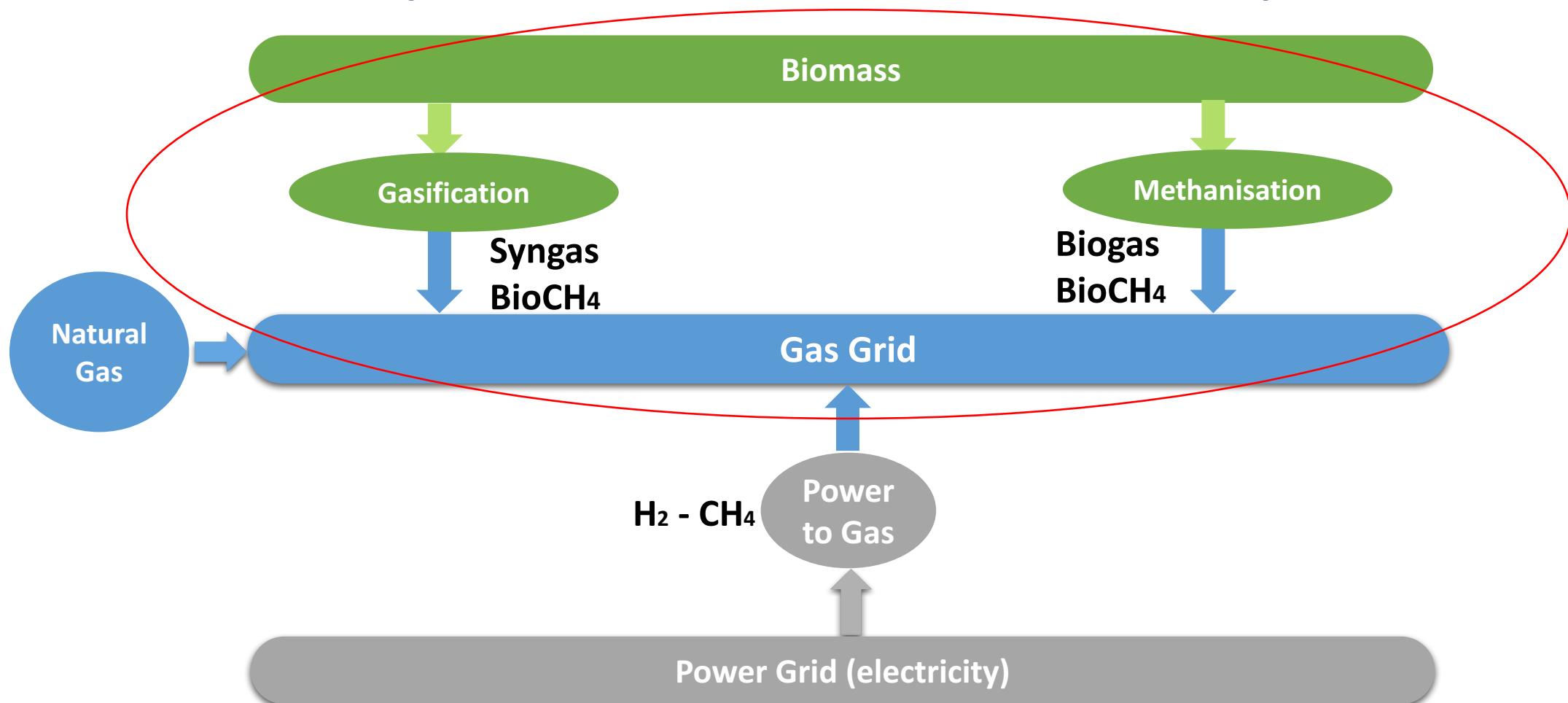
Le gaz vu comme LA
ressource flexible pour
produire de l'électricité?



II – Méthodologie : structure du travail

Participation au colloque : 2nd AIEE (Associazione Italiana Economisti dell'Energia) ENERGY SYMPOSIUM
Current and Future Challenges to Energy Security - 2- 4 November 2017, Rome - LUMSA University

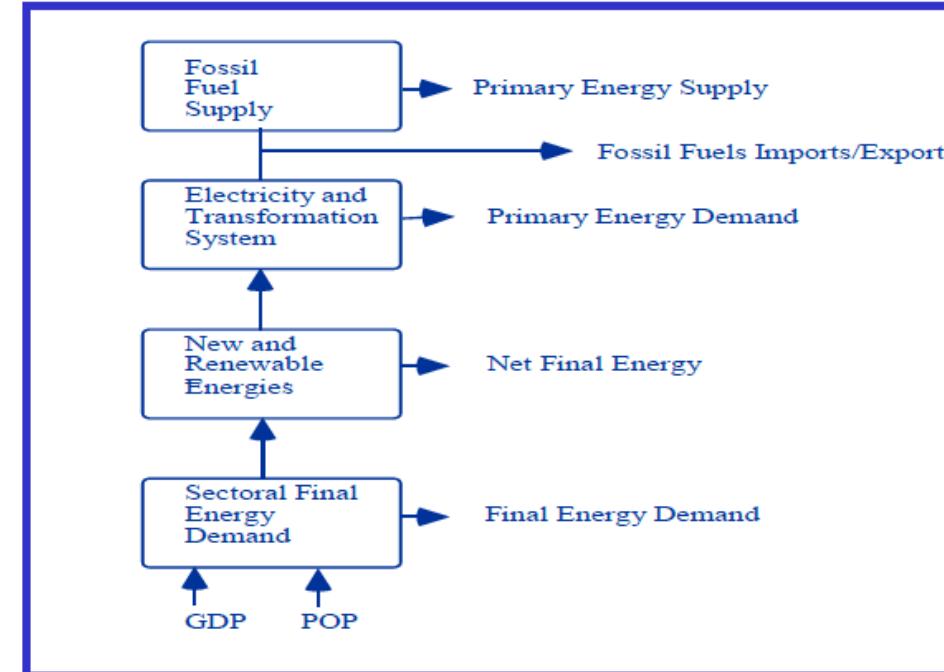
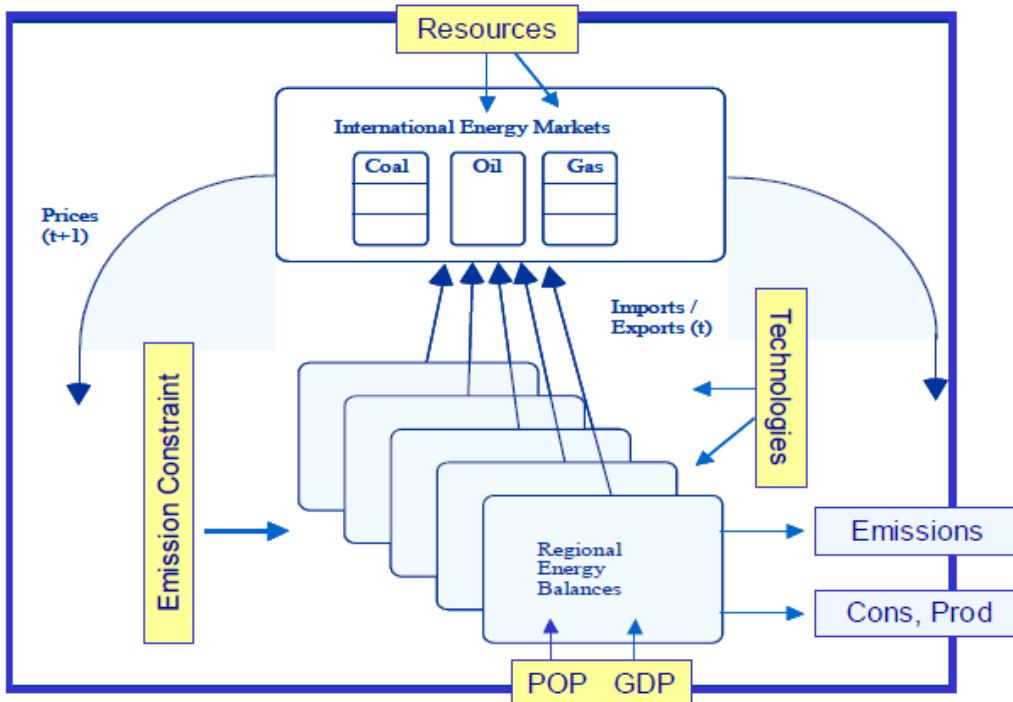
« The role of gasification and methanisation in decarbonisation strategies »



II – Méthodologie : les outils

POLES, un modèle de prospective énergétique de long terme GAEL

Prospective Outlook Long-term Energy Supply



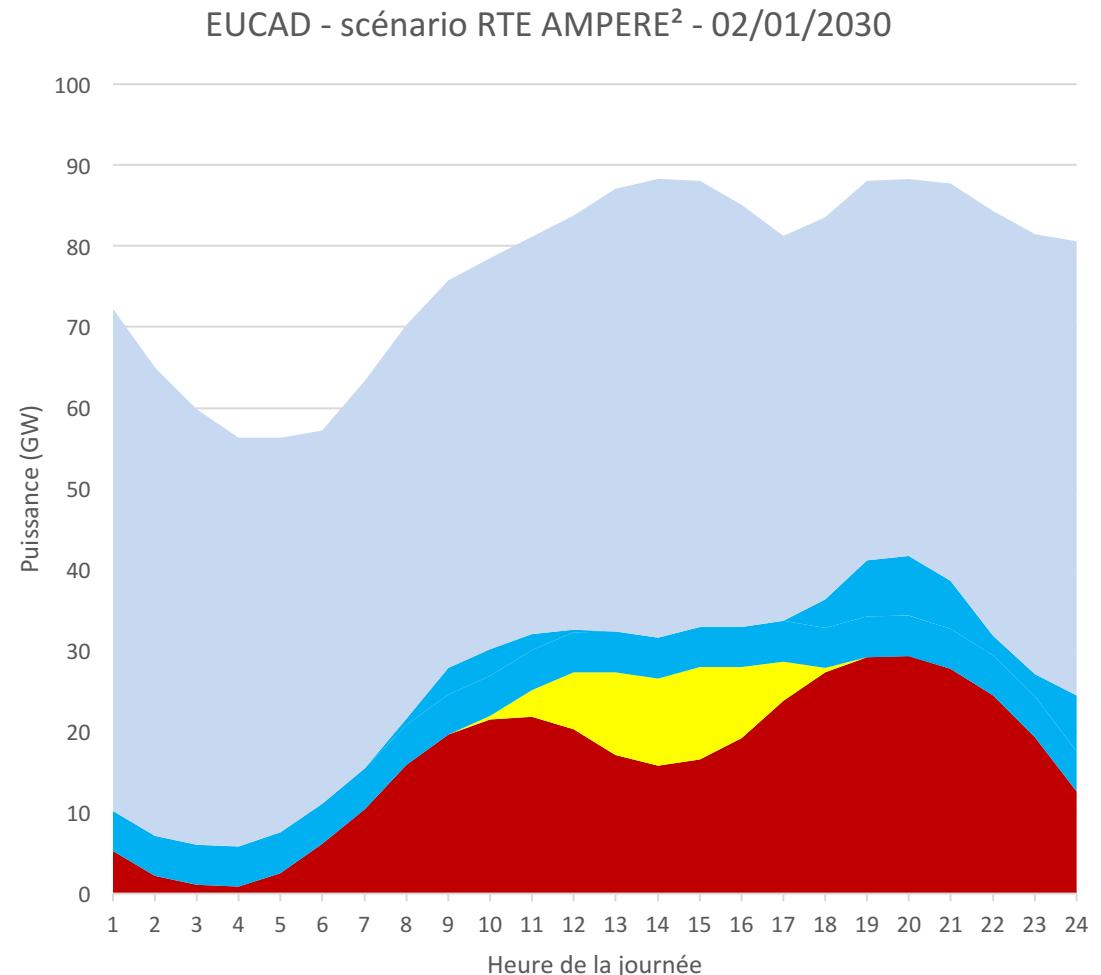
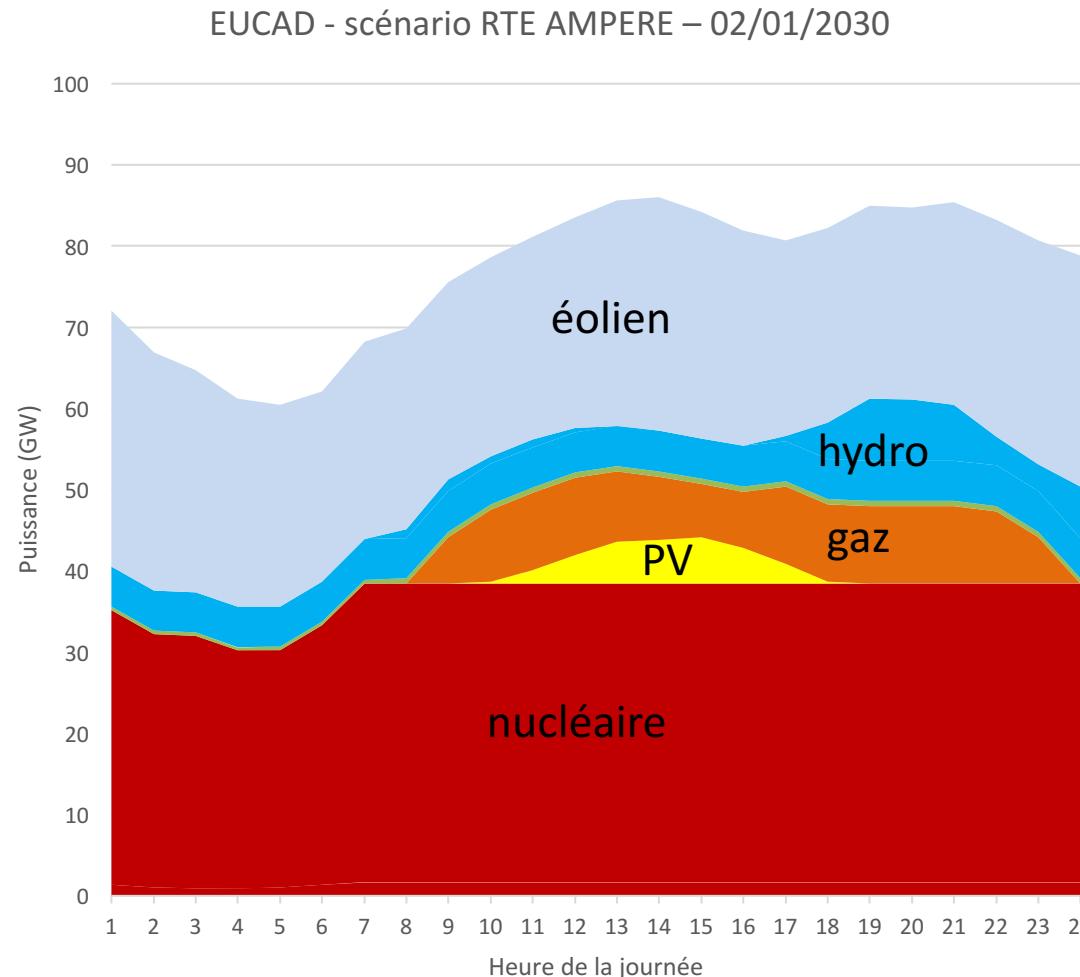
Modèle Bottom Up

Allocation des ressources par courbe de prix croissant (préséance économique)

II – Méthodologie : les outils

EUCAD, un modèle d'allocation horaire des moyens de production d'électricité

European Unit Commitment And Dispatch

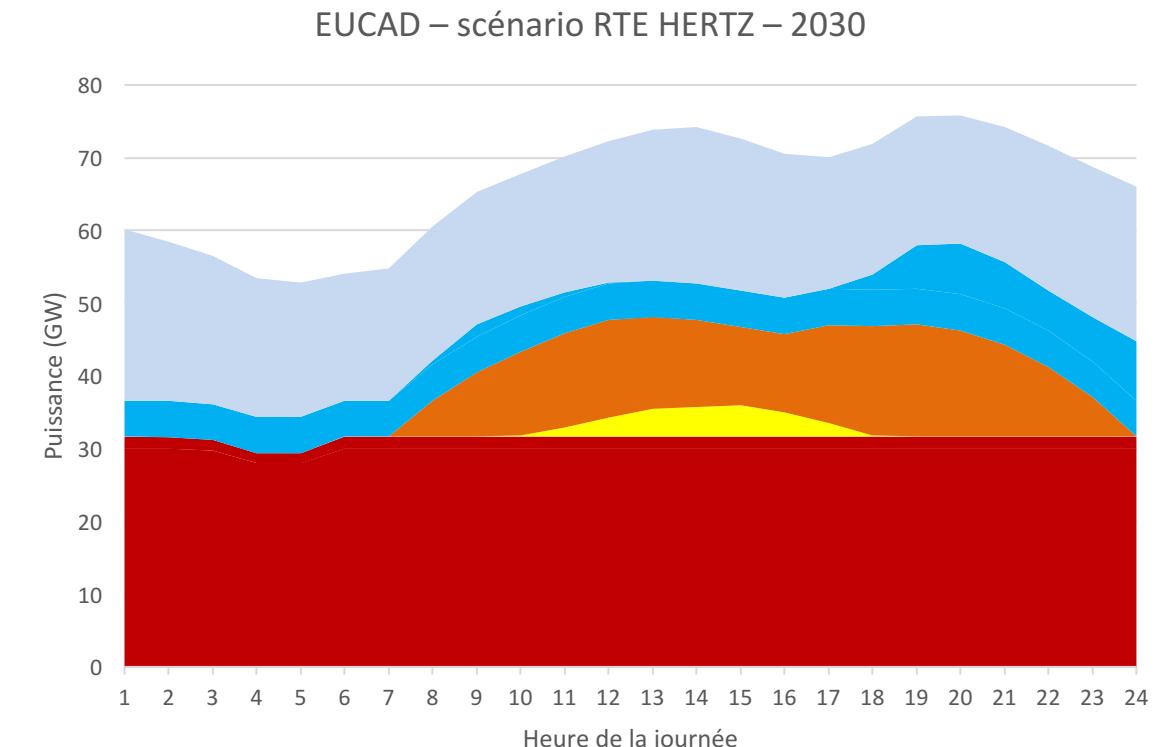
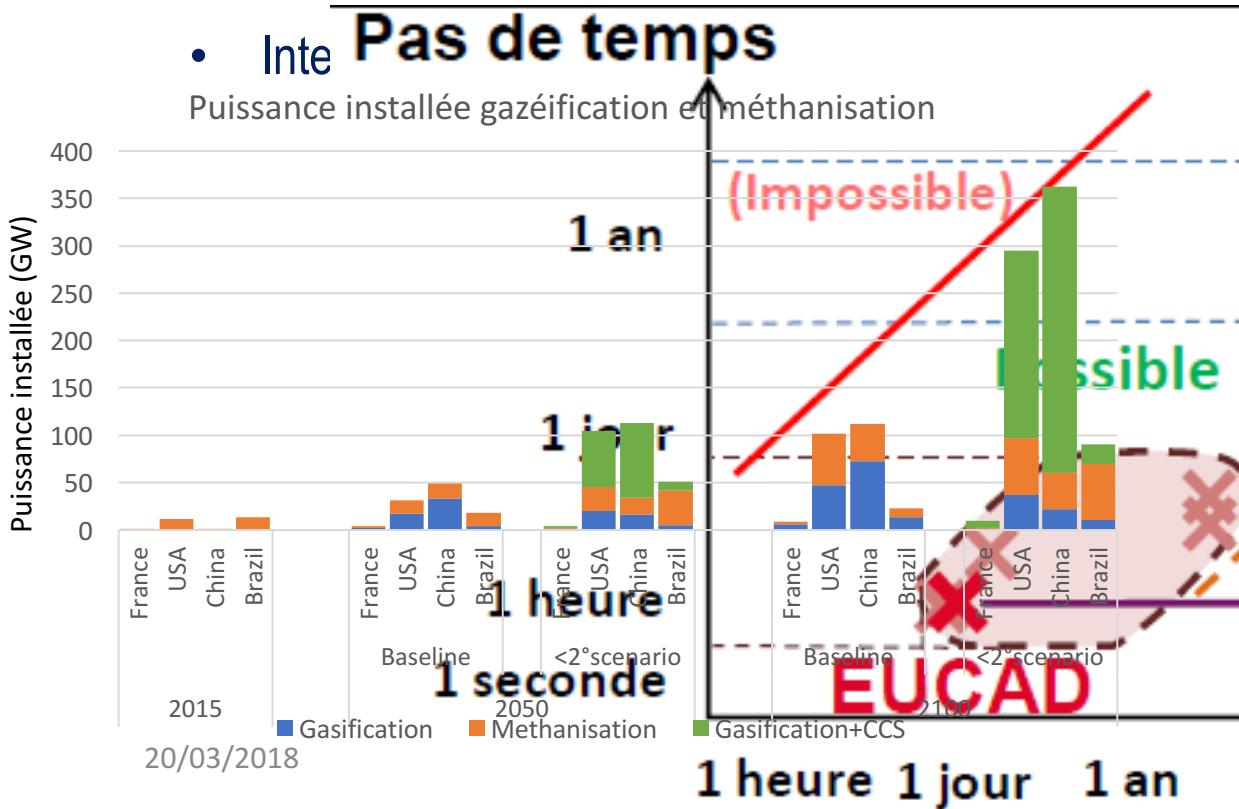


II – Méthodologie : les outils

POLES+EUCAD, un nouveau couplage

- Plus-value

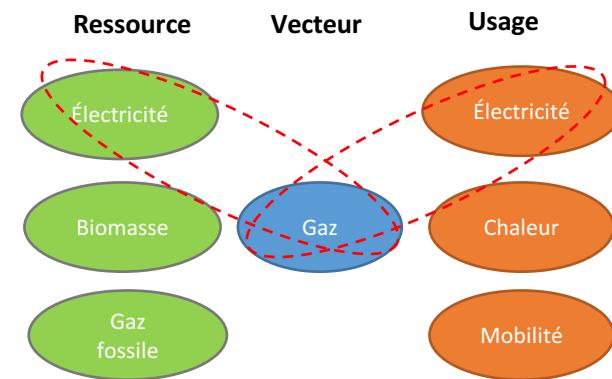
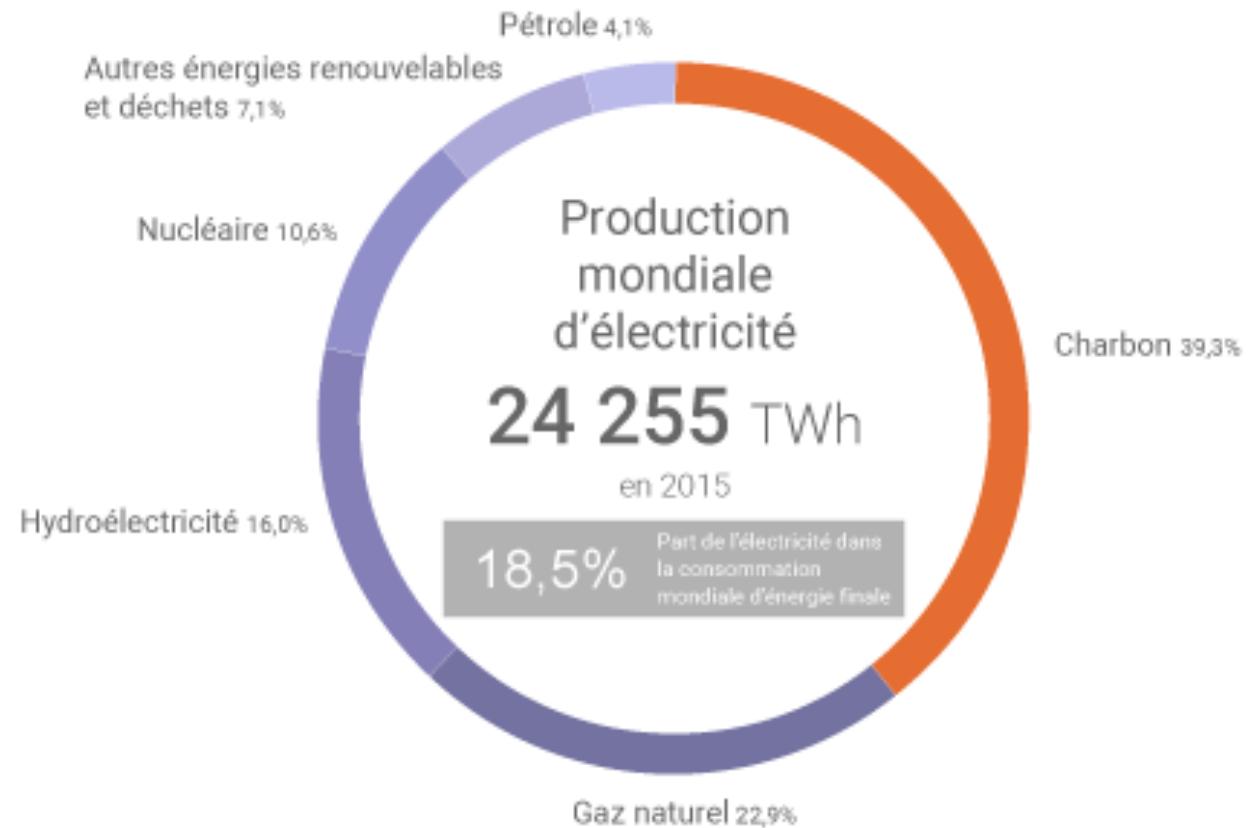
- Interaction très récente entre modèle d'optimisation court-terme (CT) et long-terme (LT)
- Possibilité de voir plusieurs horizons de temps : évolution long – terme de la pénétration du gaz/gaz renouvelable // utilisation horaire de la ressource



III – Travaux réalisés : le parc électrique français

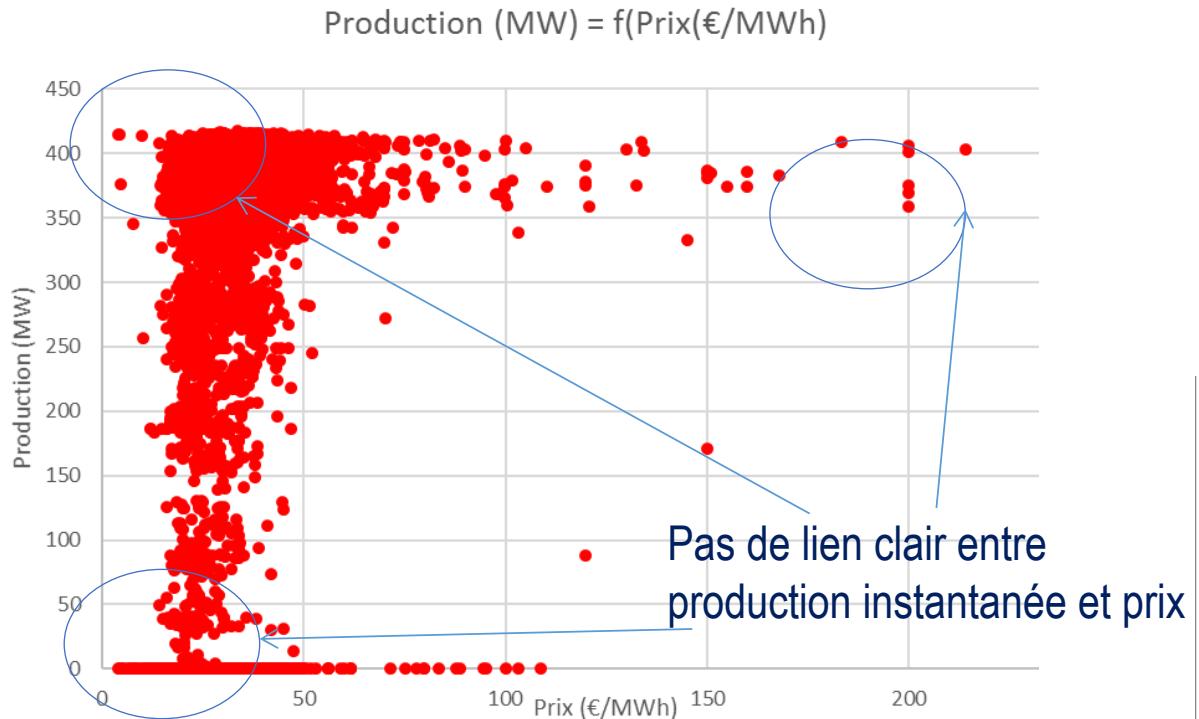
- Lien très étroit entre gaz et électricité

- La 1^{ère} utilisation du gaz dans le monde est dédiée à la production d'électricité
- ¼ de la production électrique mondiale vient du gaz, **tendance en hausse**



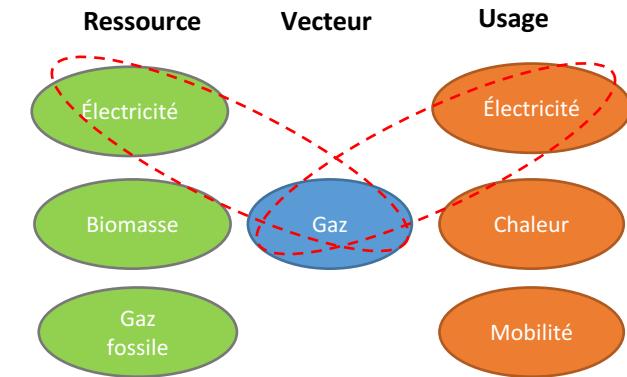
III – Travaux réalisés : le parc électrique français

Mode de fonctionnement d'une centrale à gaz (DK6 – 2016)

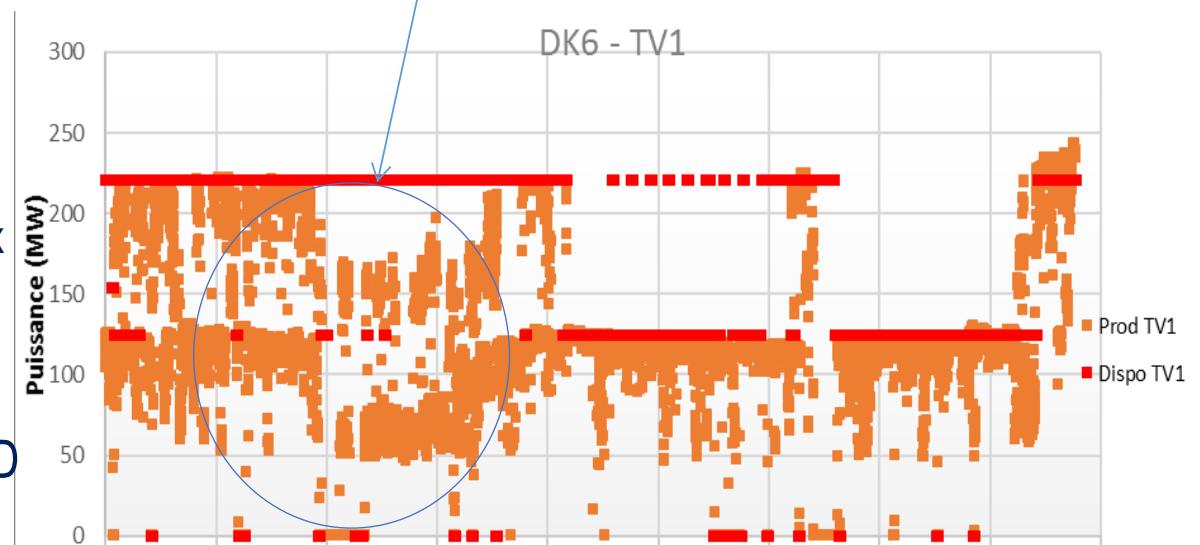


Étude de l'existant qui permet de calibrer EUCAD

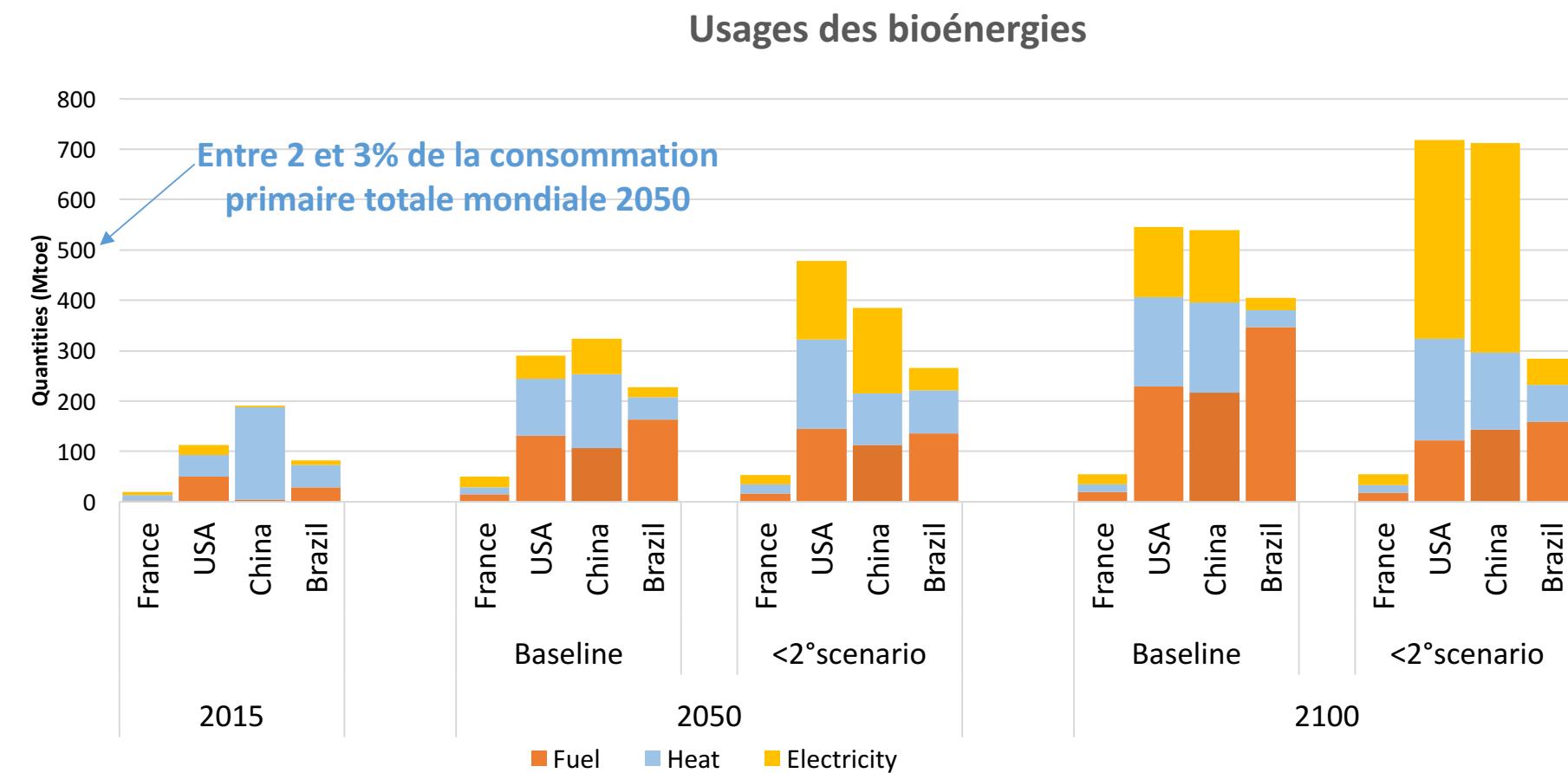
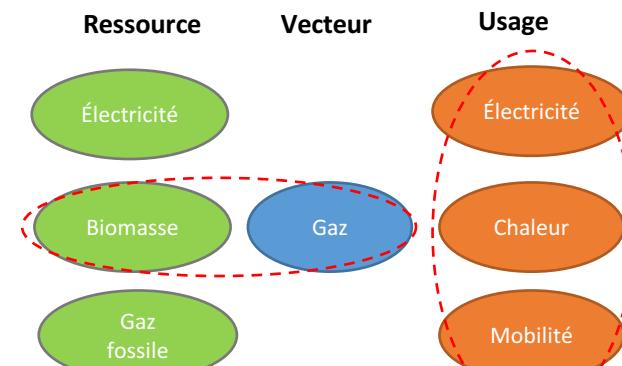
- Disponibilité des centrales
- Coûts marginaux (d'opération, de rampes)



Fonctionnement en semi base : adapte sa production aux contraintes locales (back-up EnRi) et demande = consommation



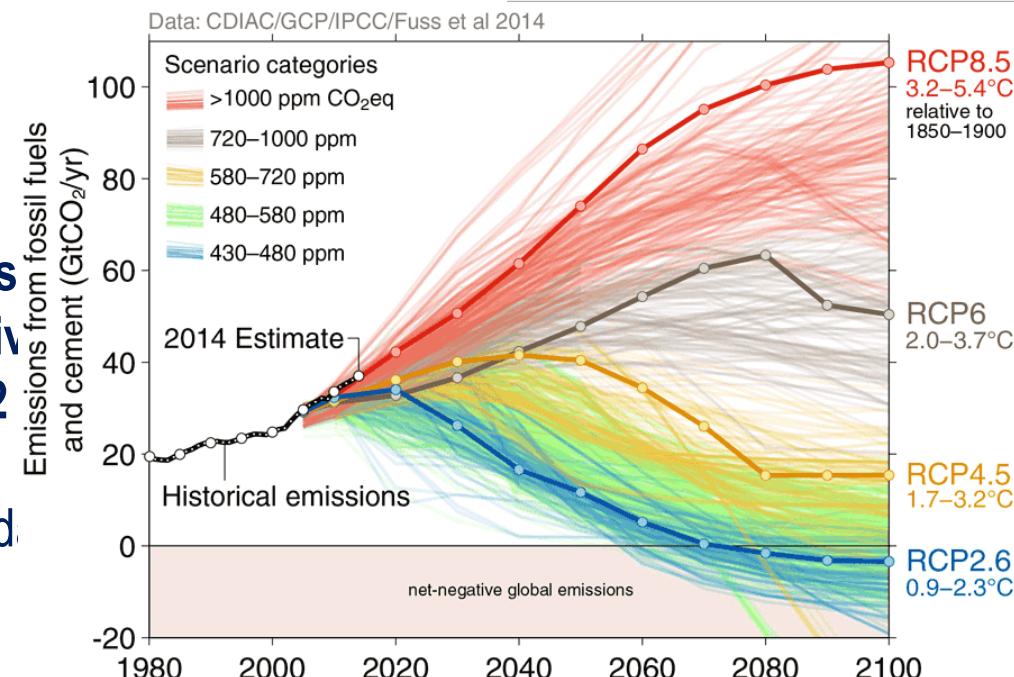
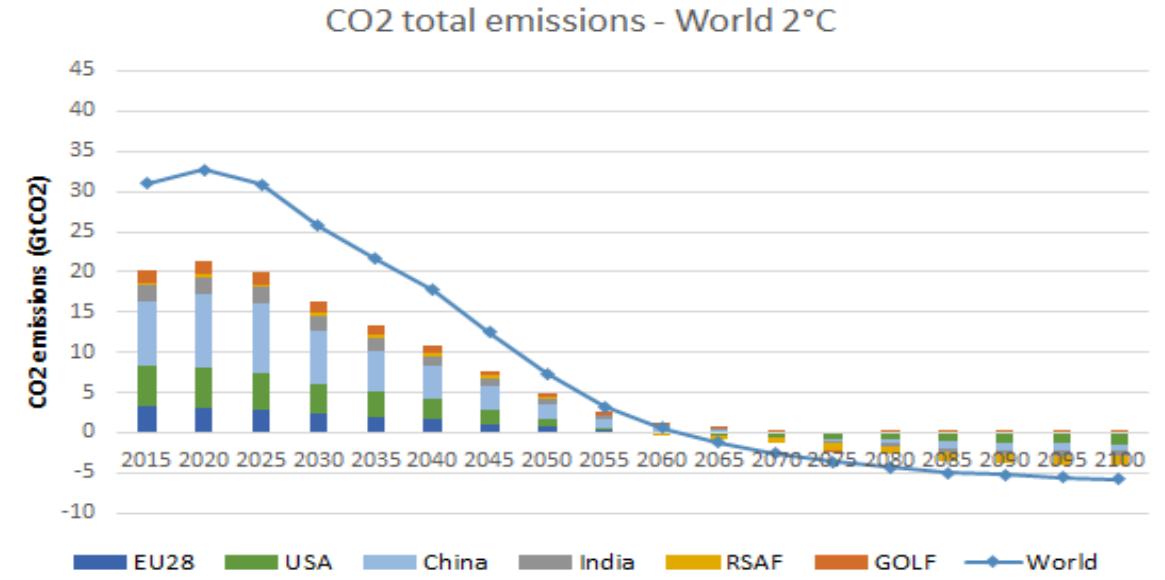
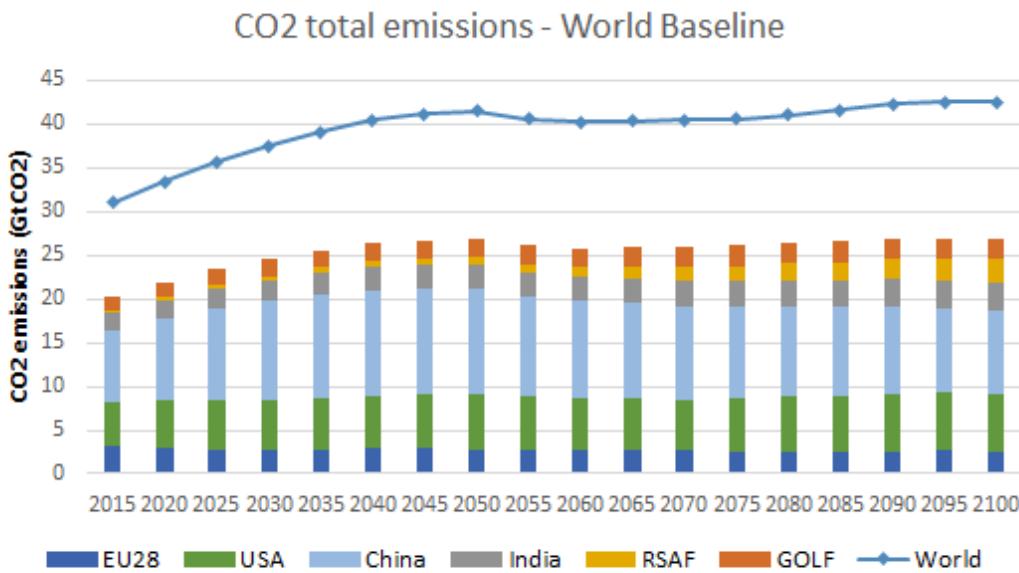
III – Travaux réalisés : usages des bioénergies



Différentes tendances selon les pays et scénarios

- Plus de consommation de bioénergies dans les scénarios de politique climatique, avec une répartition différente selon les vecteurs
- Plus de valorisation électrique dans les pays du Nord et plus de biocarburant dans les pays du Sud

III – Travaux réalisés : effet des bioénergies sur les émissions de gaz à effet de serre

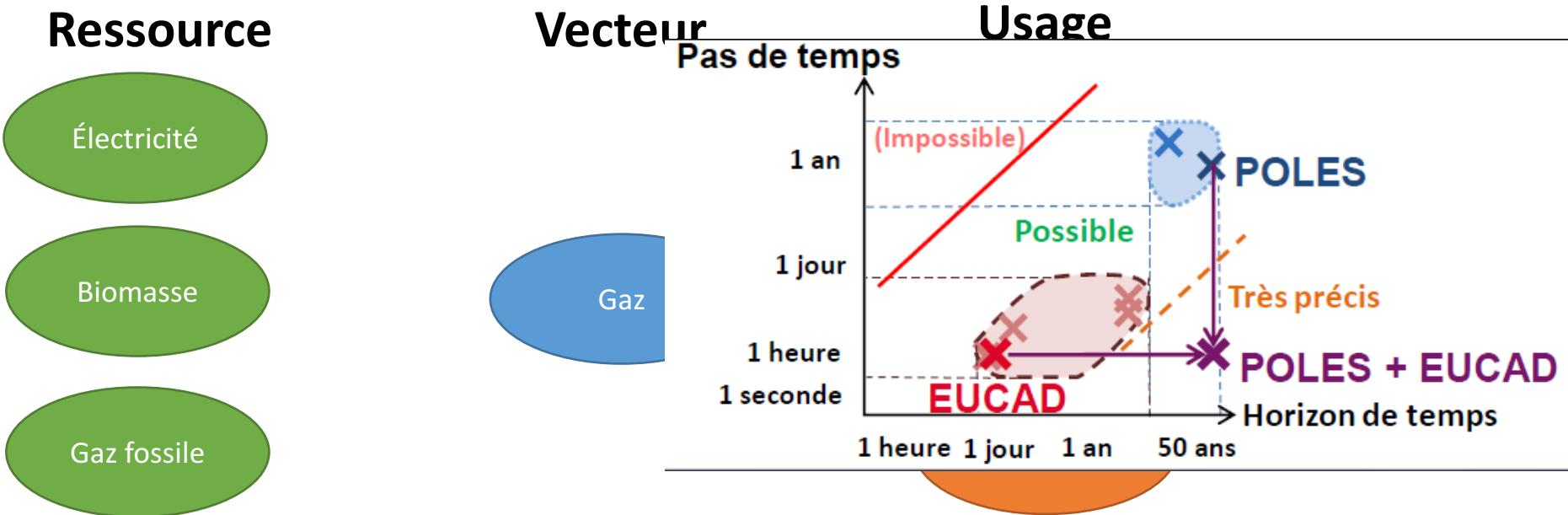


- Le déploiement des « émissions négatives » La quantité de CO2
- C'est un point clef de

one permet produire des 'à 1/3 des émissions actuelles.

Conclusions et perspectives

Quelle contribution des gaz renouvelables à la décarbonation des systèmes énergétiques?



- Quels paramètres clés influencent le développement des technologies de « gaz vert »? ...
- ... pour quelles utilisations des ressources et des technologies?
- Quelles émissions de gaz à effet de serre (GES) avec quels taux de pénétration de gaz vert dans les réseaux?

Merci de votre attention Des questions?

Gabin MANTULET, PhD, LPSC – CNRS, Laboratoire de Physique Subatomique & Cosmologie (LPSC) 53 Avenue des Martyrs, 38000 Grenoble
Tél: +33 (0) 6 18 13 03 72, Email: gabin.mantulet@univ-grenoble-alpes.fr

Adrien BIDAUD, chercheur Grenoble INP, LPSC – CNRS, Laboratoire de Physique Subatomique & Cosmologie (LPSC)
Tél : +33 (0)4 76 28 40 45, Email: Adrien.Bidaud@lpsc.in2p3.fr

Silvana MIMA, chercheur CNRS, GAEL – CNRS, UPMF - BP 47 - 38040 Grenoble
Tél : +33 (0)4 56 52 85 89, Email : silvana.mima@univ-grenoble-alpes.fr

Plan prévisionnel de la thèse

Quelle contribution des gaz renouvelables à la décarbonation des systèmes énergétiques?

- 1) Introduction/éléments de bibliographie - 2017
- 2) Les bioénergies comme grande source de gaz? - 2017
- 3) Gaz et mobilité – 2018-2019
- 4) Synergies système gaz et système électrique – 2018-2019

Plan prévisionnel de la thèse

1) Intro

- Etat de l'art et bibliographie sur le sujet
 - Rôle, quantification et temporalité des options de flexibilité dans le système énergétique
 - Complémentarité/liens entre les options, compétition ou synergie?
 - **Choix du gaz comme option de flexibilité clef (back-up (G2P), DR, stockage)**
- **Fil rouge : la flexibilité apportée par le vecteur gaz dans le contexte de décarbonation du système énergétique**

2) Source de biogaz : les bioénergies et technologies associées

- Ressource gaz : compétition biogaz / gaz naturel
- Potentiel de la biomasse : compétition biogaz avec les autres usages de la biomasse
- Compétition avec autres usages du biogaz biomasse (elec, chaleur, biofuel par ex)

3) Gaz et mobilité (à venir)

- *Compétition avec électricité*
- *Mobilité gaz : H2 ou GNV?*
- *Lien avec biofuel (partie 2)*

4) Gaz et électricité

- G2P (back-up gaz) (→ étude IGNIS)
 - moins CO2 que charbon
 - rôle du CCS
 - focus gaz vert (voir partie 4 – sources de gaz)
- Power to gas (H₂ et CH₄)

Revue de littérature

- **Scénarios ADEME :**
 - Mix électrique 100% EnR : le power to gas est un stockage nécessaire pour atteindre un système électrique 100% EnR
 - Réseau de gaz 100% EnR : deuxième énergie de réseau la plus consommée et qui doit être décarbonné dans le cadre de la transition énergétique
- **Scénarios Deep Decarbonisation Project** : le gaz représente l'énergie de transition pour atteindre les objectifs climatiques en remplaçant les énergies fossiles plus carbonées (pétrole, charbon)
- **Scénario NégaWatt 2011** : la réduction drastique de la consommation grâce aux efforts de sobriété et efficacité énergétique permet de diminuer la consommation totale de gaz et d'augmenter la part de gaz vert (221TWh gaz vert // 36TWh gaz conventionnel - 2050)
- **Scénarios de l'AIE** : le gaz est un vecteur d'indépendance énergétique pour bon nombre de pays grâce à un possible développement local du biogaz

Revue de littérature

- **Scénarios ADEME : Réseau de gaz 100% EnR**

<< Si ces résultats ambitieux [...] ils soulignent également l'enjeu d'utiliser au mieux les gisements de biomasse en optimisant l'équilibre entre les différents vecteurs énergétiques (chaleur, électricité ou gaz).

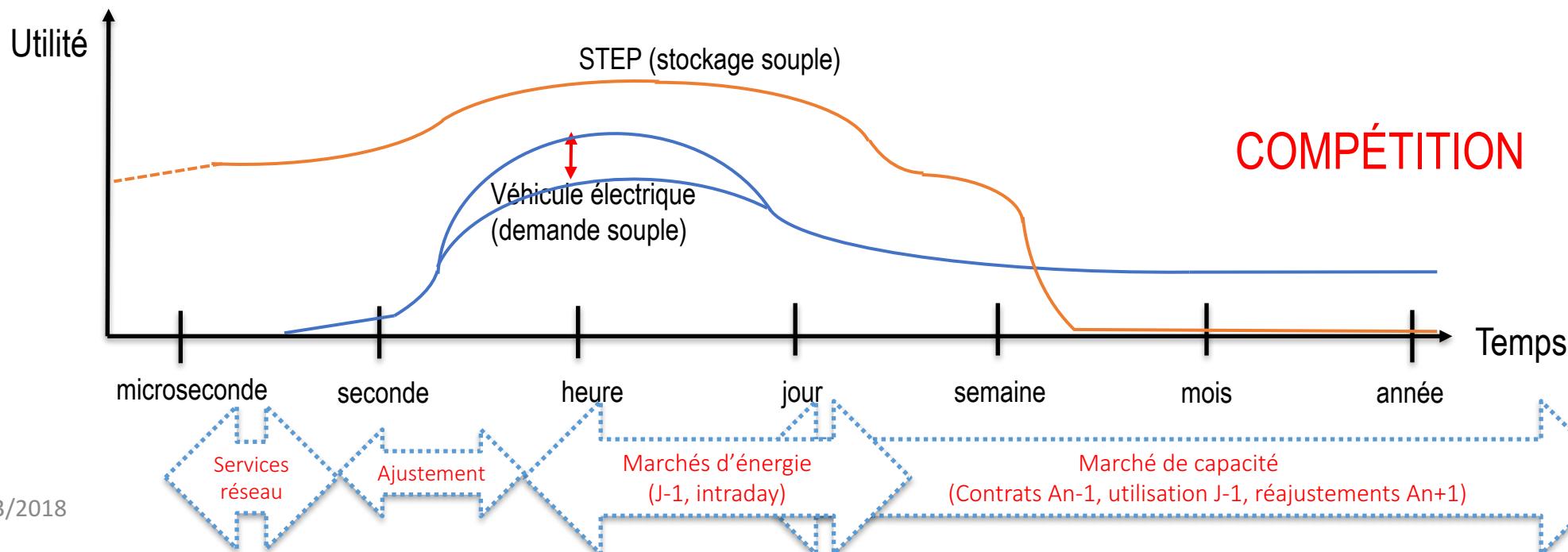
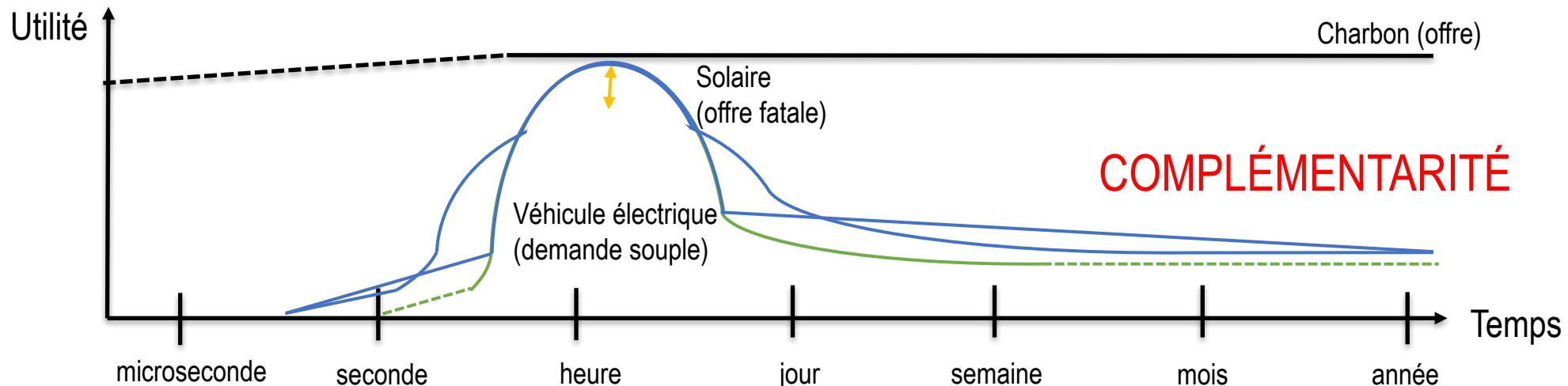
Ceci confirme que pour rendre notre système énergétique plus durable, il est nécessaire de renforcer les interactions entre les vecteurs énergétiques et d'optimiser leurs synergies et ce à différentes échelles de territoires >>.

<< D'autres scénarios pourraient être envisagés avec des arbitrages différents sur les usages de la biomasse ou ceux du gaz d'ici à 2050.

Pour exemple, ces scénarios pourront explorer la répartition optimale des vecteurs pour satisfaire la demande finale, ou explorer d'autres usages à plus haute valeur ajoutée, pour décarboner d'autres secteurs (industrie, transport, etc.) >>

La flexibilité

Concurrence et complémentarités entre options de souplesses : exemple vecteur électrique



III – Travaux réalisés : étude bioénergies

1) Scénarios

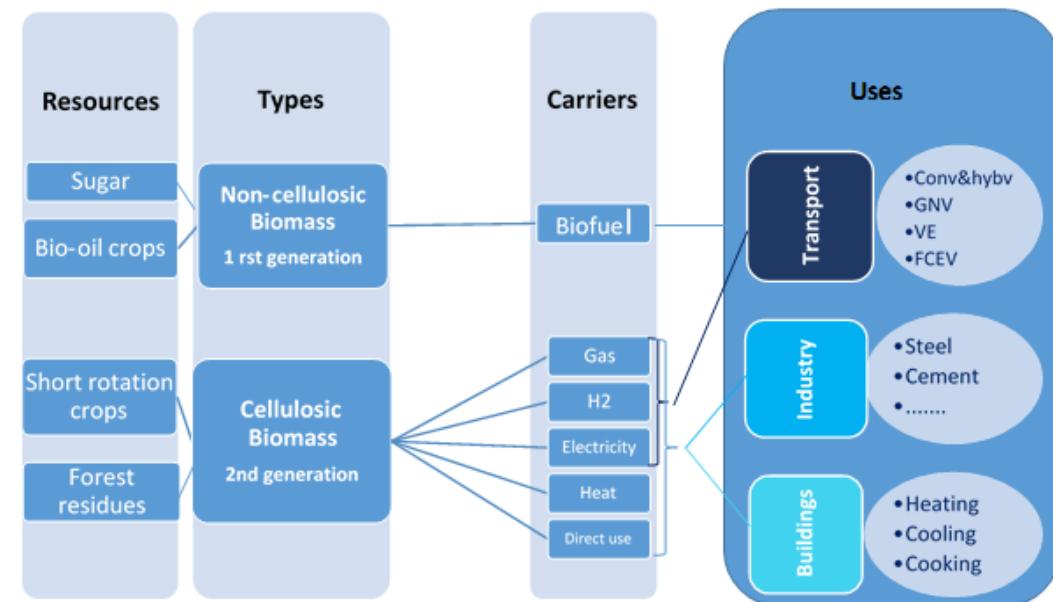
- Baseline : projection d'une tendance de "laisser-faire"
- <2°C scenario : permet d'atteindre les objectifs de reduction des émissions jusqu'à 900GtCO2 en 2100
- Avec ou sans CCS (technologies de capture et sequestration du carbone)

2) Scope

- Périmètre : monde et quelques régions: France, Chine, Brésil et USA
- Type de biomasse (1ère et 2ème generation de biomasse)
- Vecteur énergétique (électricité, chaleur, gaz et biocarburant)
- Technologies (gazéification et méthanisation)

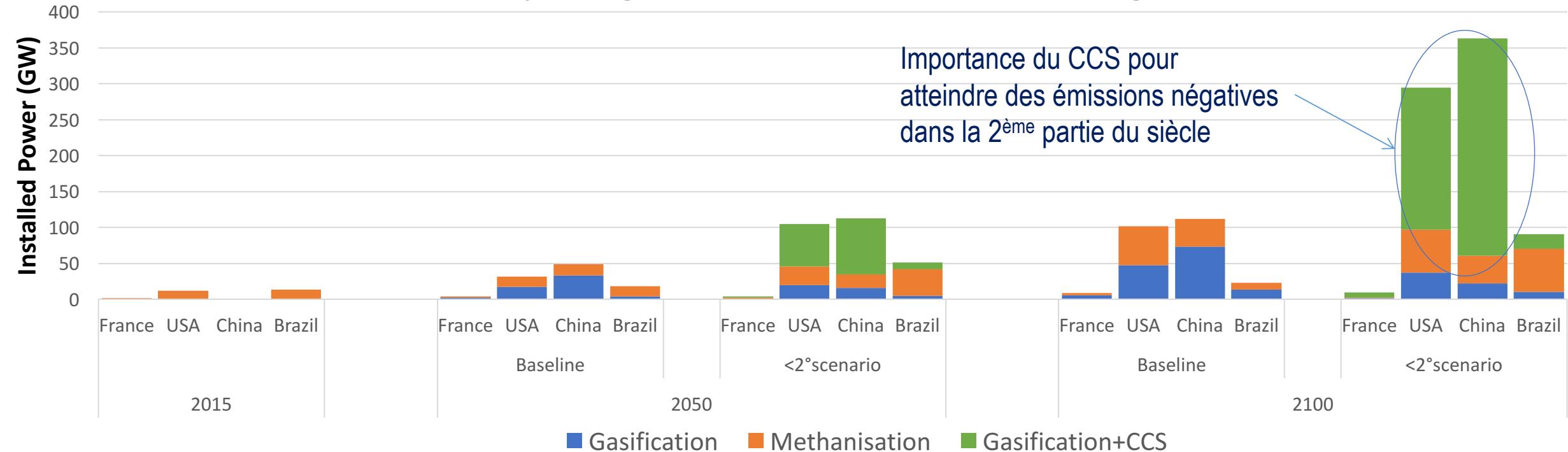
3) Outils

- Modèle POLES
- Modélisation de la biomasse énergie



III – Travaux réalisés : étude bioénergies

Installed power: gasification and methanisation technologies



- **Différents rythmes de déploiement des technologies** : la méthanisation se développe avant la gazéification et rapide croissance pour la gazéification par la suite
- **L'importance du CCS** qui permet, lorsqu'il est disponible, de permettre un fort développement de la gazéification dans les scénarios de contrainte climatique

VIII -Bibliographie

ADEME, Anne-Laure Dubilly, ARTELYS, Laurent Fournié, Alice Chiche, "Mix électrique 100% EnR en 2050 : quelles opportunités pour décarboner les systèmes gaz et chaleur ? ", 51p, sept 2017

Conseil Mondial de l'Énergie et Conseil Français de l'Énergie," Les Scénarios Mondiaux de l'Énergie à l'horizon 2050 - Mise en musique des futurs de l'énergie », 2013

CRIQUI P, MENANTEAU P, MIMA S, "Emissions Constraints and Induced Technical Change in the Energy Sector: simulations with the POLES model", February 2009, available online/
http://www.feem.it/userfiles/attach/200911914381252009.02.18_patrick_criqui_presentation.pdf

BELLEVRAT E, MENANTEAU P, "Energy technologies and depletable resource database - Biomass supply curves", MENGTECH, CNRS GAEL, 2012

CHEN Q and LIU T, "biogas system in rural China: upgrading from decentralized to centralized?", Department of Economic and technological Change, Center for development research (ZEF), University of Bonn, Germany, available online 11 May 2017 and consulted 8 September 2017

Commissariat général au développement durable, « Les énergies renouvelables en France en 2016 - Suivi de la directive 2009/28/CE relative à la promotion de l'utilisation des énergies renouvelables », sept 2017, 4 p. (Datalab essentiel n° 118), available online: <http://www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr/publications/p/2668/1023/energies-renouvelables-france-2016-suivi-directive-200928ce.html>

GRTgaz – GRDF – TIGF – SPEGNN, « Perspectives gaz naturel et renouvelable », 2016, available online: <http://www.grdf.fr/documents/10184/1291504/Perspectives-gaz-naturel-et-renouvelable.pdf/9ef0b81d-5873-469d-b2ac-2ba8d42370db>

Enerdata, Global Energy Statistical Yearbook 2017, available online : <https://yearbook.enerdata.net/total-energy/world-consumption-statistics.html>

IEA, "How to guide for bioenergy, roadmap development and implementation", 2017, available online: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/technology-roadmap-how2guide-for-bioenergy.html>

IEA, "Energy Technology Perspectives 2017: Catalysing Energy Technology Transformations", chapter 7: Delivering sustainable bioenergy, June 2017, 315-360 p., available online: https://www.iea.org/bookshop/758-Energy_Technology_Perspectives_2017

IEA, "World energy outlook 2016", 2017

LAMBERT M, "Biogas: a significant contribution to decarbonizing gas markets?", The Oxford institute for energy studies, June 2017, available online July 2017 and consulted 26 August 2017

LONG H an al., "Biomass resources and their bioenergy potential estimation: A review", College of Resources Science and Technology, Beijing Normal University, available online 25 June 2013 and consulted 15 June 2017.

OZTURKA M and al., "Biomass and bioenergy: An overview of the development potential in Turkey and Malaysia", Center for environmental studies, EGE University, Izmir, Turkey, available online 27 May 2017 and consulted 8 June 2017.

SANSANIWAL S.K. and al, "recent advances in the development of biomass gasification technology: a comprehensive review", Sardar Swaran Singh National institute of Renewable Energy, Kapurthala 144601, Punjab, India, available online 17 January 2017 and consulted 6 July 2017

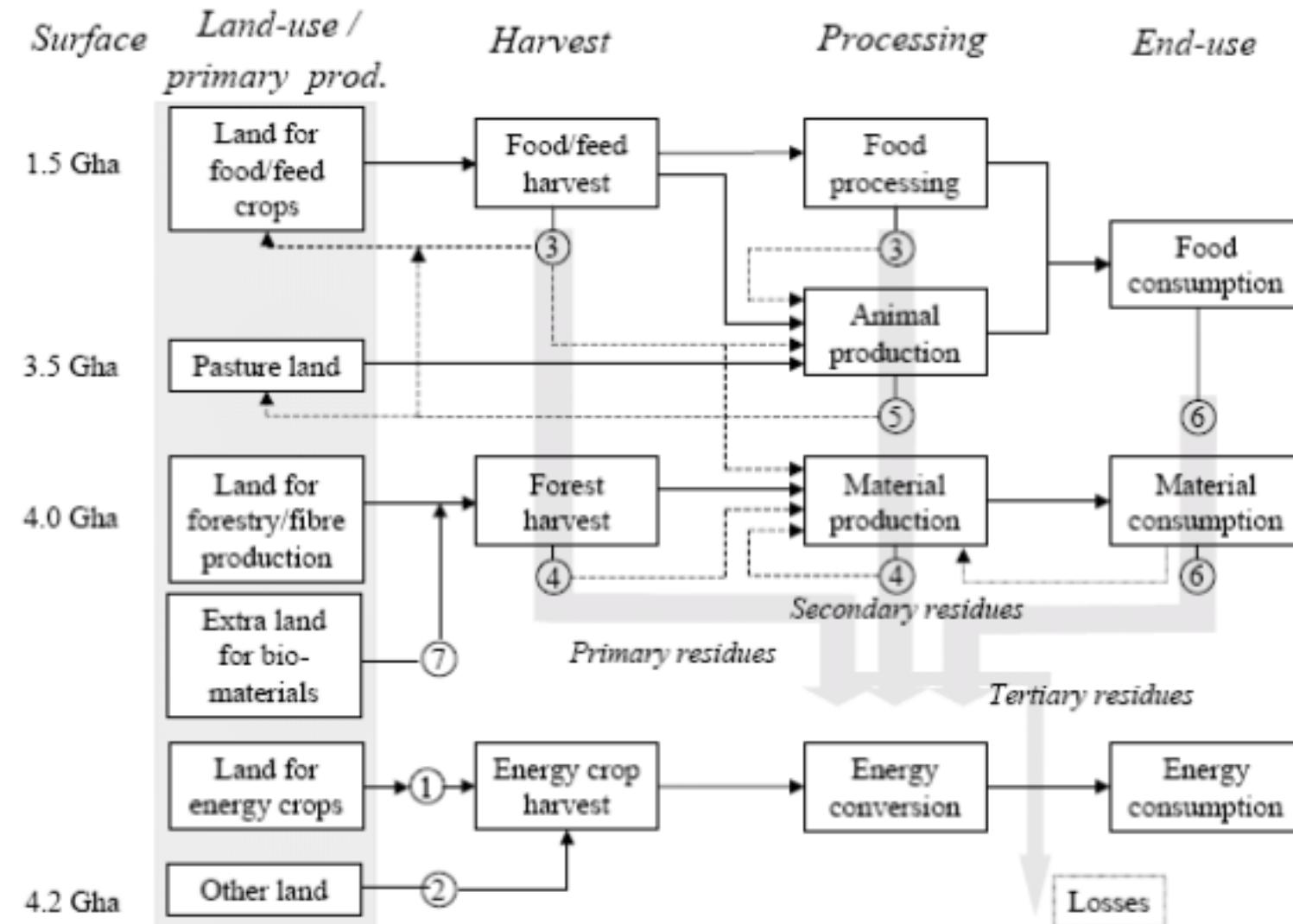
Déroulement prévisionnel de la thèse



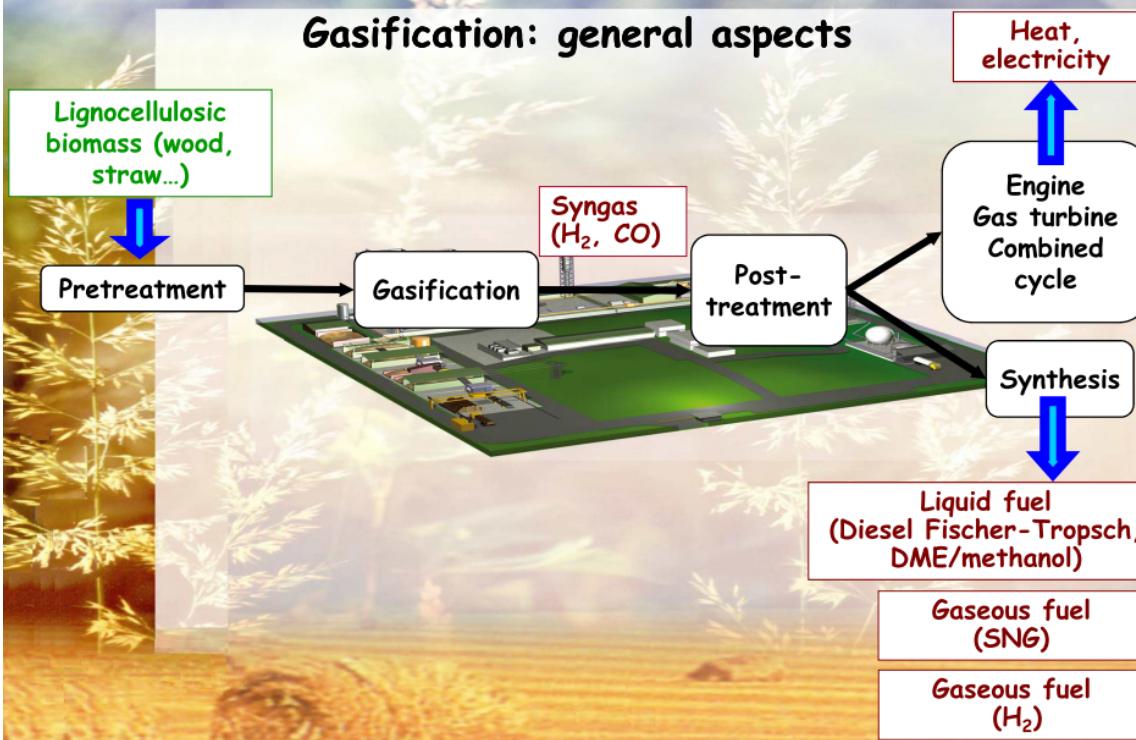
II – Bioenergies

End use competition for biomass resource

Figure 32: Overview of the biomass flows and the global land surface (Source: Hoogwijk, 2003)

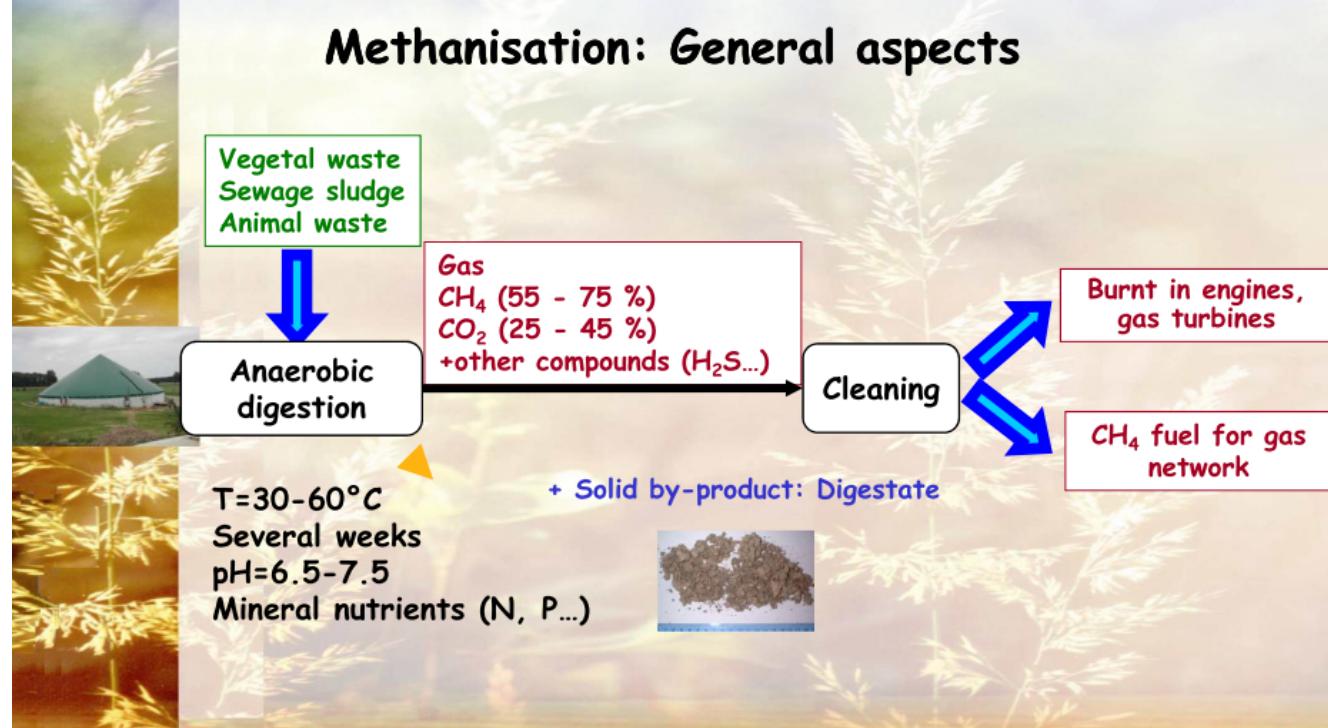


II – Gasification



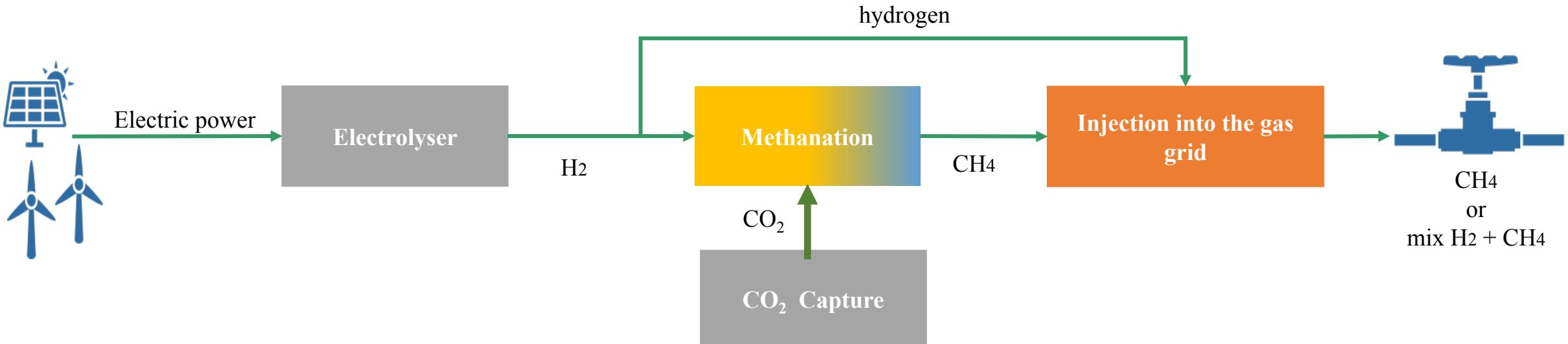
Advantages	Drawbacks
Able to convert lignocellulosic biomass and solid recovered fuels: 2nd generation biomass	High costs for the resource
Recovery of local resources (local lignocellulosic resource such as wood residues)	Suitable only for medium to large scale applications
Various final products , including fuels that are mixable with conventional fossil fuels	Field not very organised yet. Still R&D issues
The bioenergy technology with the best energy index = energy in fuel / total fossil energy consumed	High competition with other use for 2 nd generation of biomass such as direct heating and building timber.

II – Methanisation



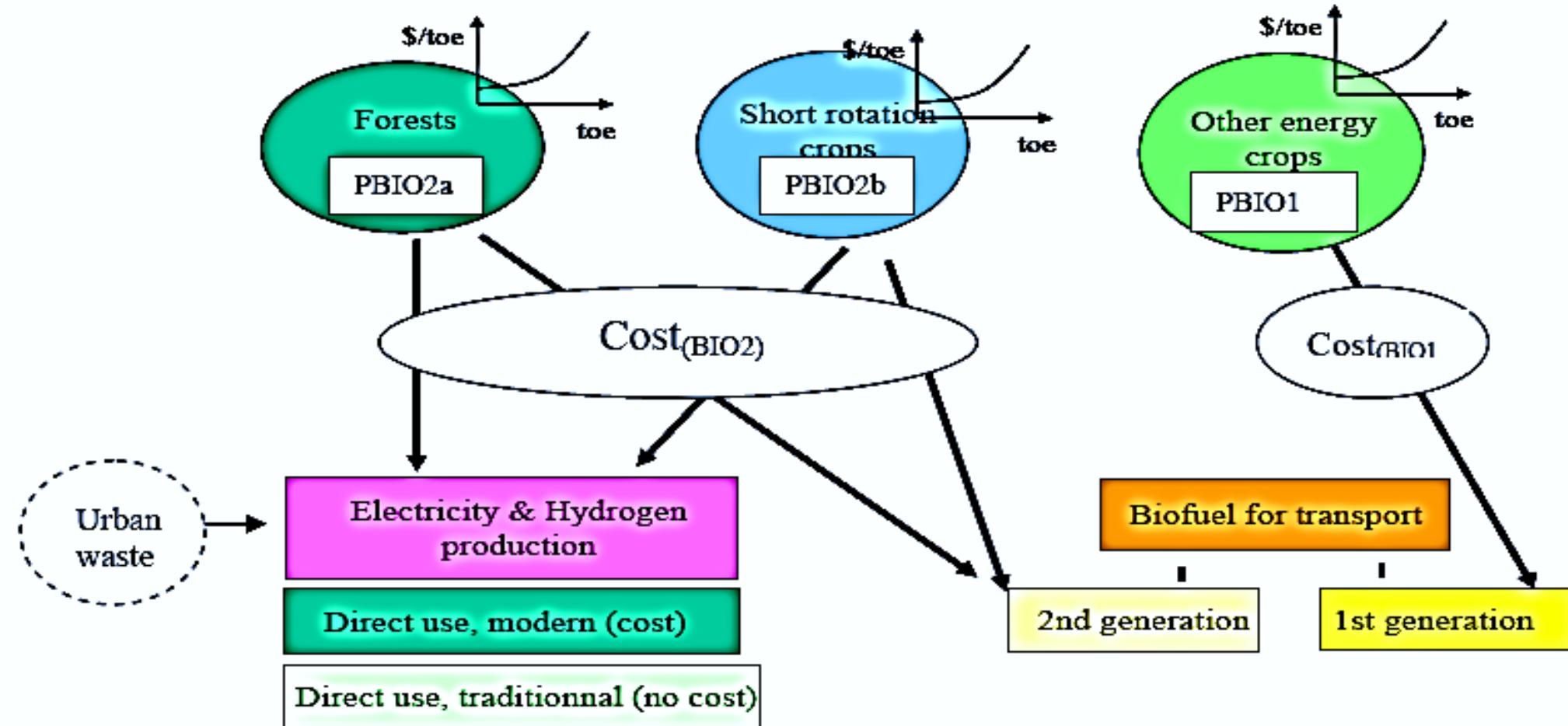
Advantages	Drawbacks
Robust and simple technology due to low temperature and pressure needed	Very low reaction rate (up to several weeks)
Recovery of local resources (wastes, agricultural by-products for farmers)	Not suitable for exclusive 2nd generation biomass valorization (lignocellulosic)
Suitable for wet biomass and liquids	Bacteria poisoning with some biomass
Production of CH₄ for use in the existing pipeline	Severe gas cleaning mandatory for fuel application
Recovery for by-products (the digestate can be used as soil fertilizer)	
Suitable for small scale units	

II – Power to gas



Advantages	Drawbacks
Valorization of electricity surplus produced by VRE	Yields to be improved
Large scale storage system	Yet expensive technology
Various valorization products , including electricity (gas to power), direct gas consumption, heat	Only at a early R&D step
CO₂ valorization (Carbon Capture and Use)	

III – Methodology: biomass modelling in the POLES model

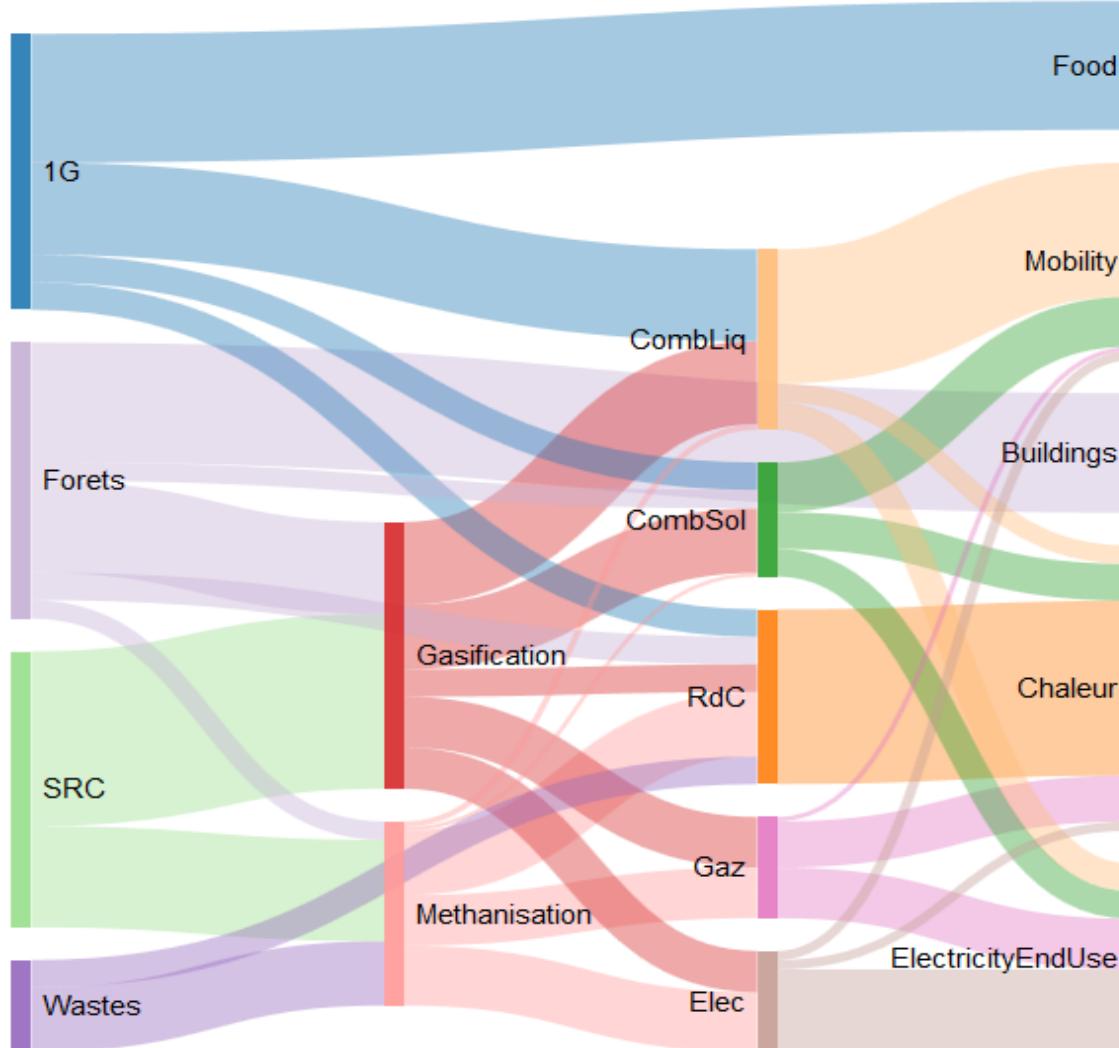


- Several biomass generations with different energetic valorization
- Each bio-energy feedstock is represented by a maximum potential and a marginal cost curve
- Information comes from specialist models: cost curves and potentials: GLOBIOM (default), Green-X, etc.

III – Travaux réalisés : étude bioénergies

- **Différents types de trajectoires** possibles pour différents pays, pour différents scénarios.
 - ex : saturation du développement des technologies ou pas

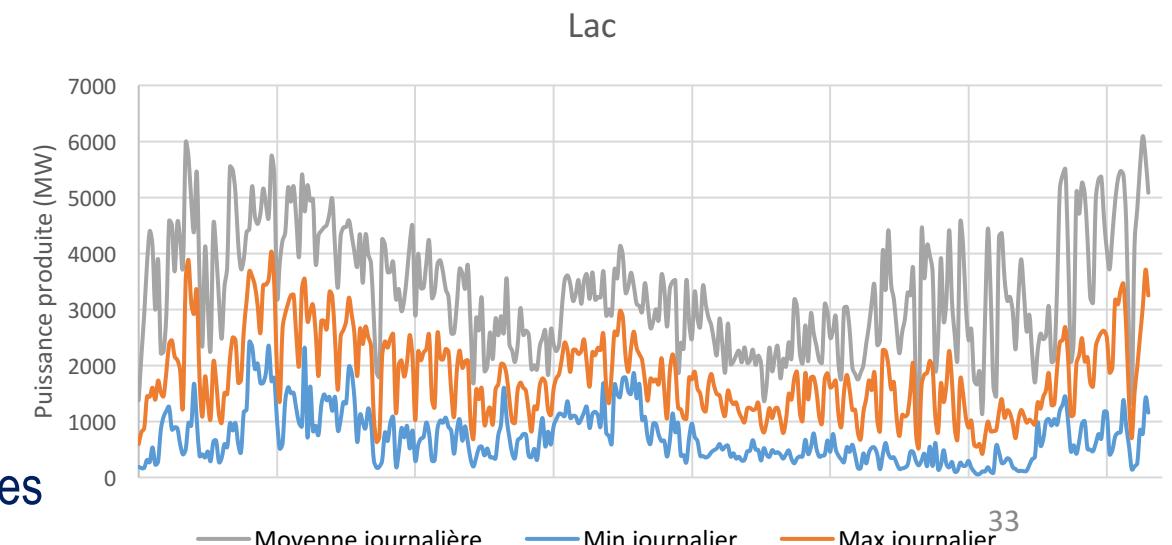
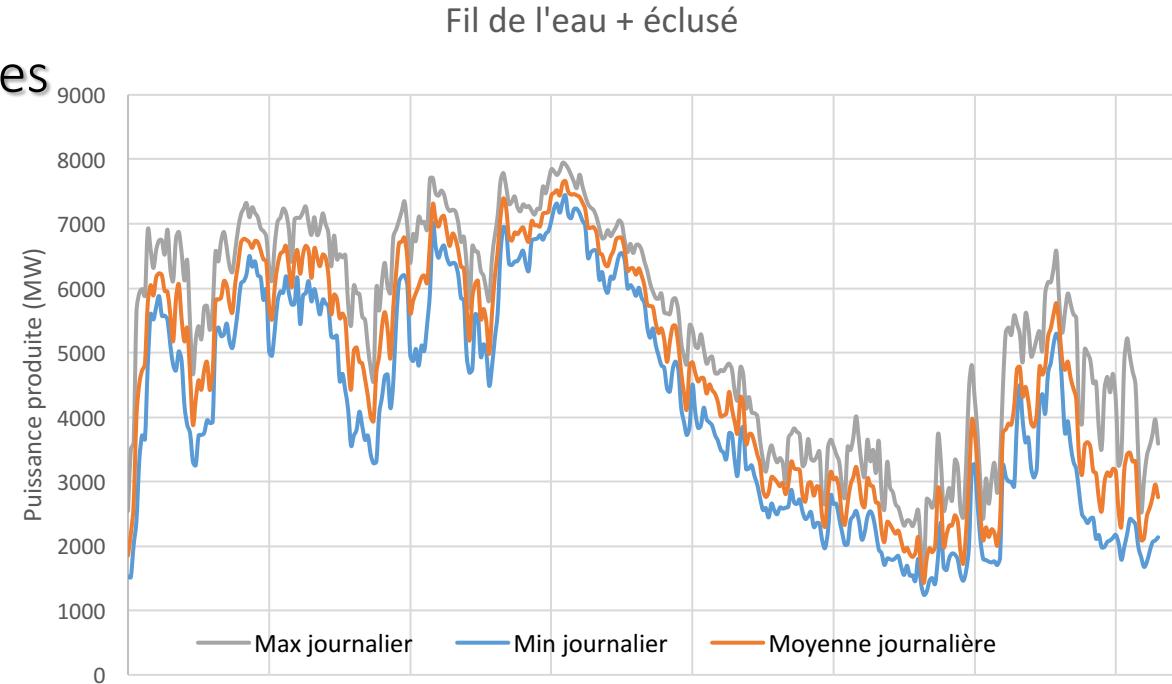
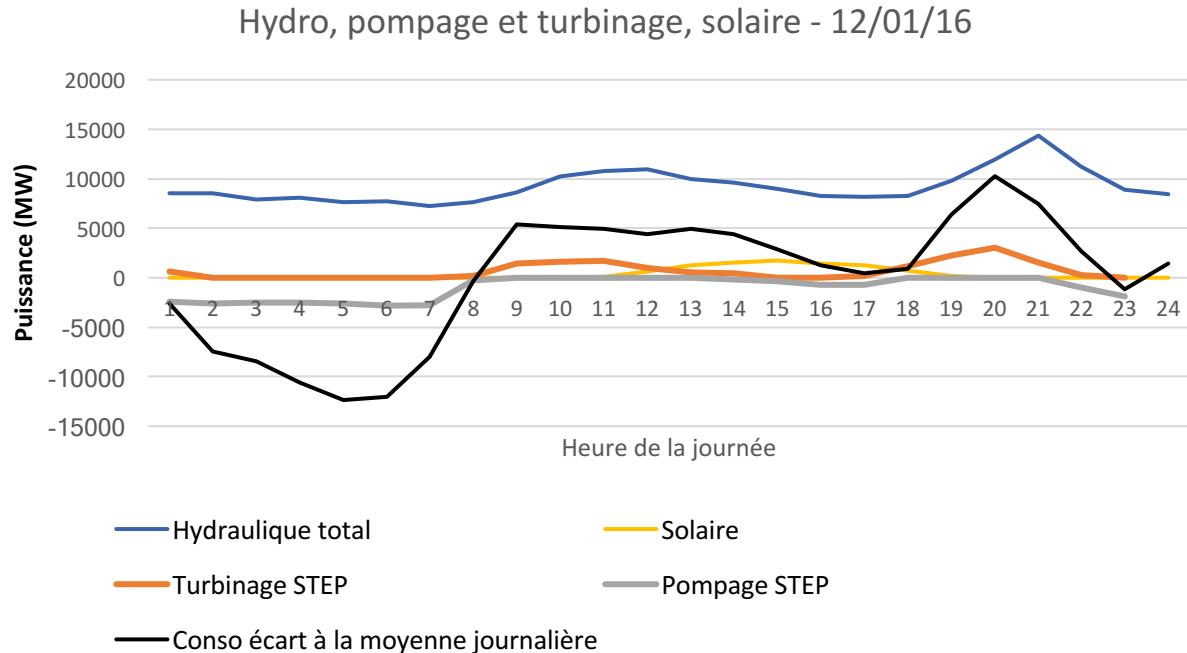
- Suivant les types, suivant ces trajectoires
 - ex : l'utilisation réelle du potentiel (Europe)
 - ex : la vitesse de déploiement de la compétitivité énergétique
- Suivant les cas, considérant
 - ex : développement de la biomasse
- Suivant les cas, prenant en compte
 - ex : le déploiement des technologies



s paramètres clefs pour
dans les régions à faible
s technologiques et de leur
ion versus méthanisation)
ies et usages
ord ou du Sud
conomiques
la valeur de la taxe carbone

III – Travaux réalisés : le parc électrique français

Mode de fonctionnement des centrales hydrauliques



- Importance de la **flexibilité apportée par les STEP** qui permettent un suivi de charge pour les pics de consommation journaliers et hebdomadaires
- Flexibilité des centrales **fil de l'eau + éclusé et lac** qui connaissent des variations de production journalières importantes
→ **Importance de moduler leur productible journalier**