



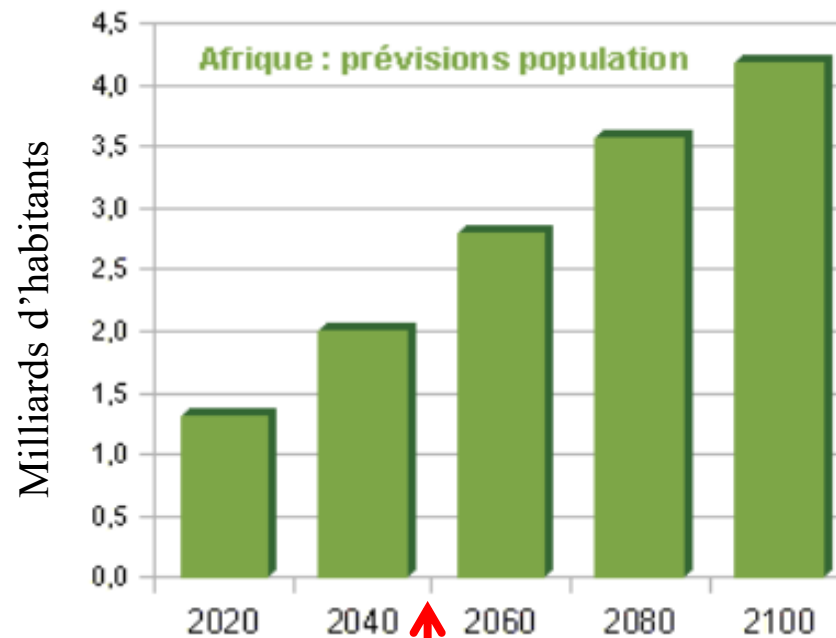
Département Energie

Hervé COMBEAU

herve.combeau@univ-lorraine.fr

Un contexte...

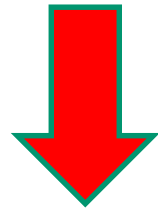
- **Croissance de la population mondiale**
- **Développement économique des continents, aujourd'hui l'Asie (Chine et Inde), demain l'Afrique**



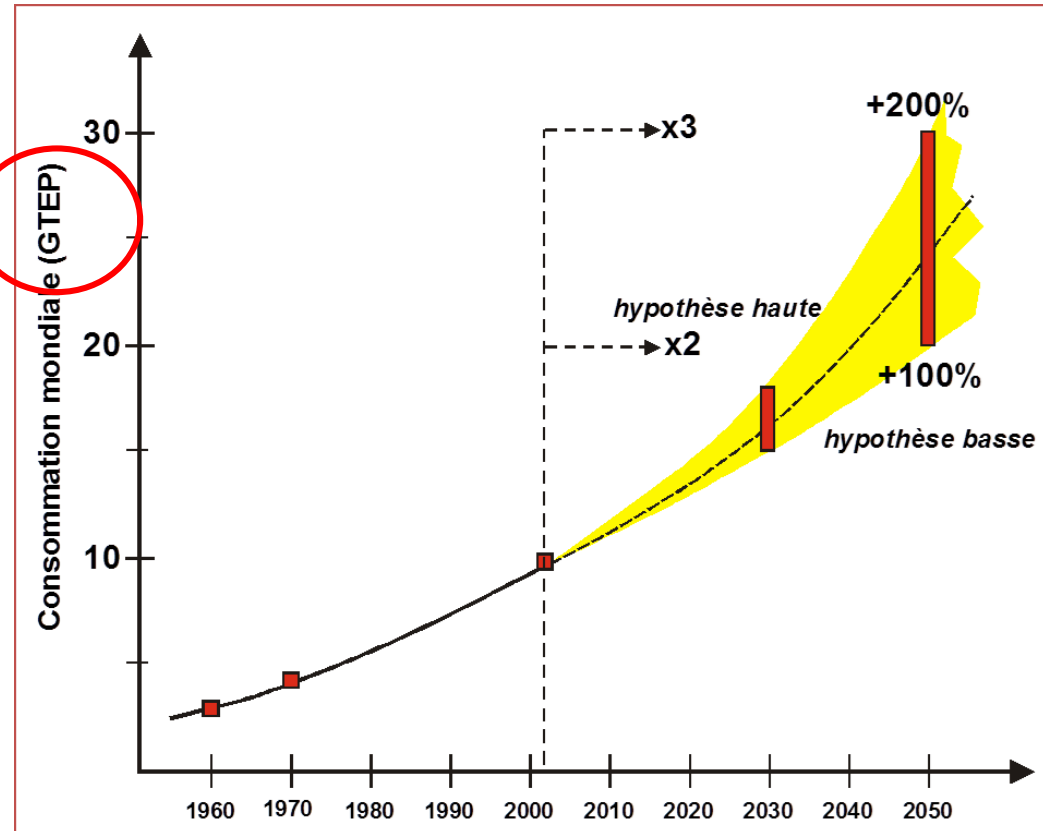
Quart de la population mondiale d'ici 2050

Un contexte...

- Croissance de la population mondiale
- Développement économique des continents, aujourd'hui l'Asie (Chine et Inde), demain l'Afrique



Croissance exp. de la consommation d'énergie dont 81% est carbonée!

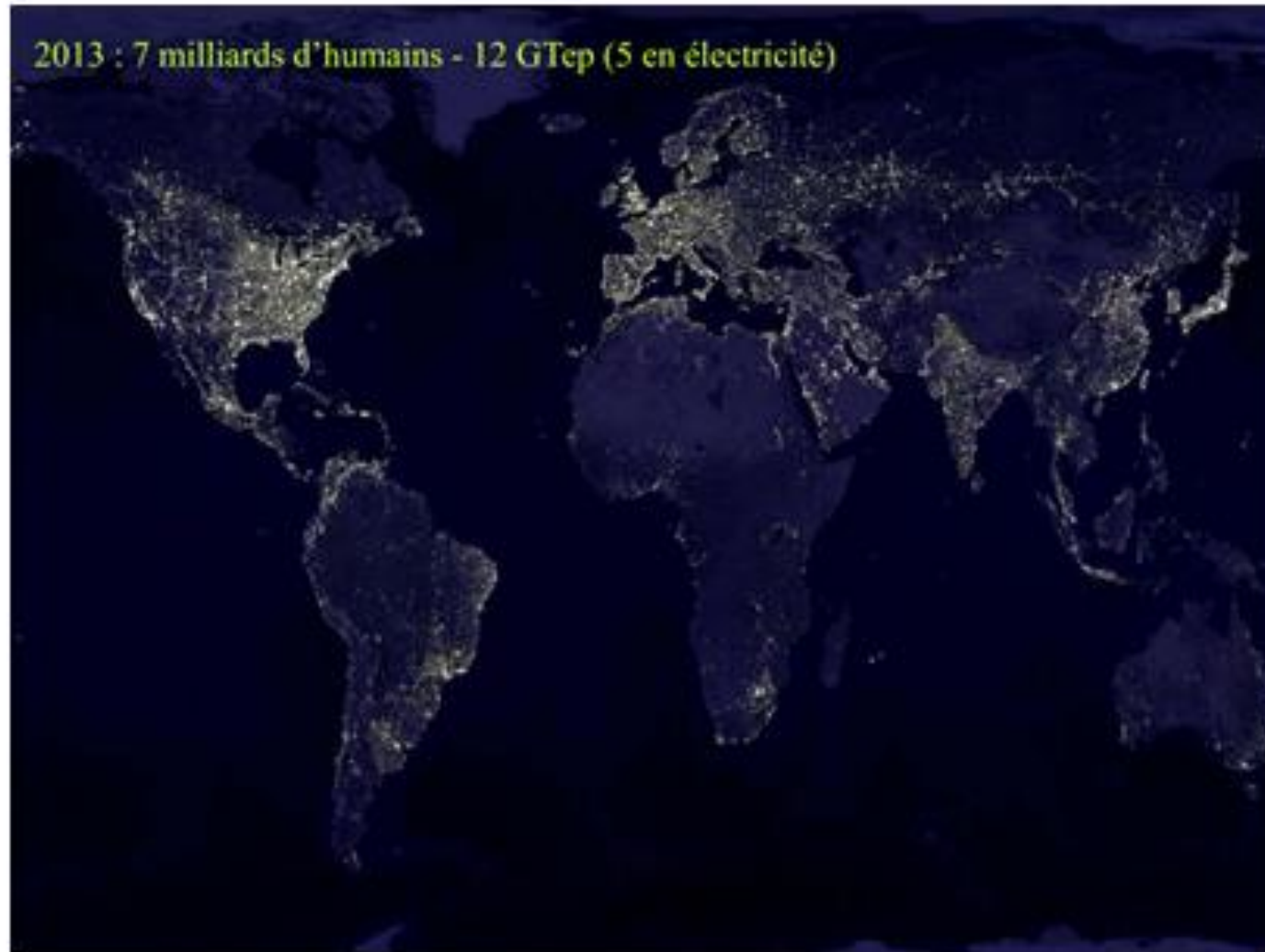


Une forte disparité géographique



Vue satellite de nuit

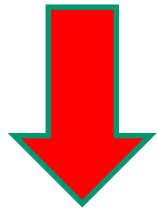
Une forte évolution dans le temps



Vue satellite de nuit

Un contexte...

- **Croissance de la population mondiale**
- **Développement économique des continents, aujourd'hui l'Asie (Chine et Inde), demain l'Afrique**

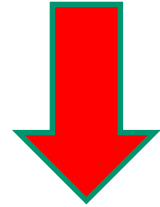


**Croissance exp. de la
consommation
d'énergie**

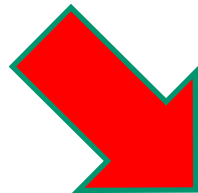
dont 81% est carbonée!

Un contexte...

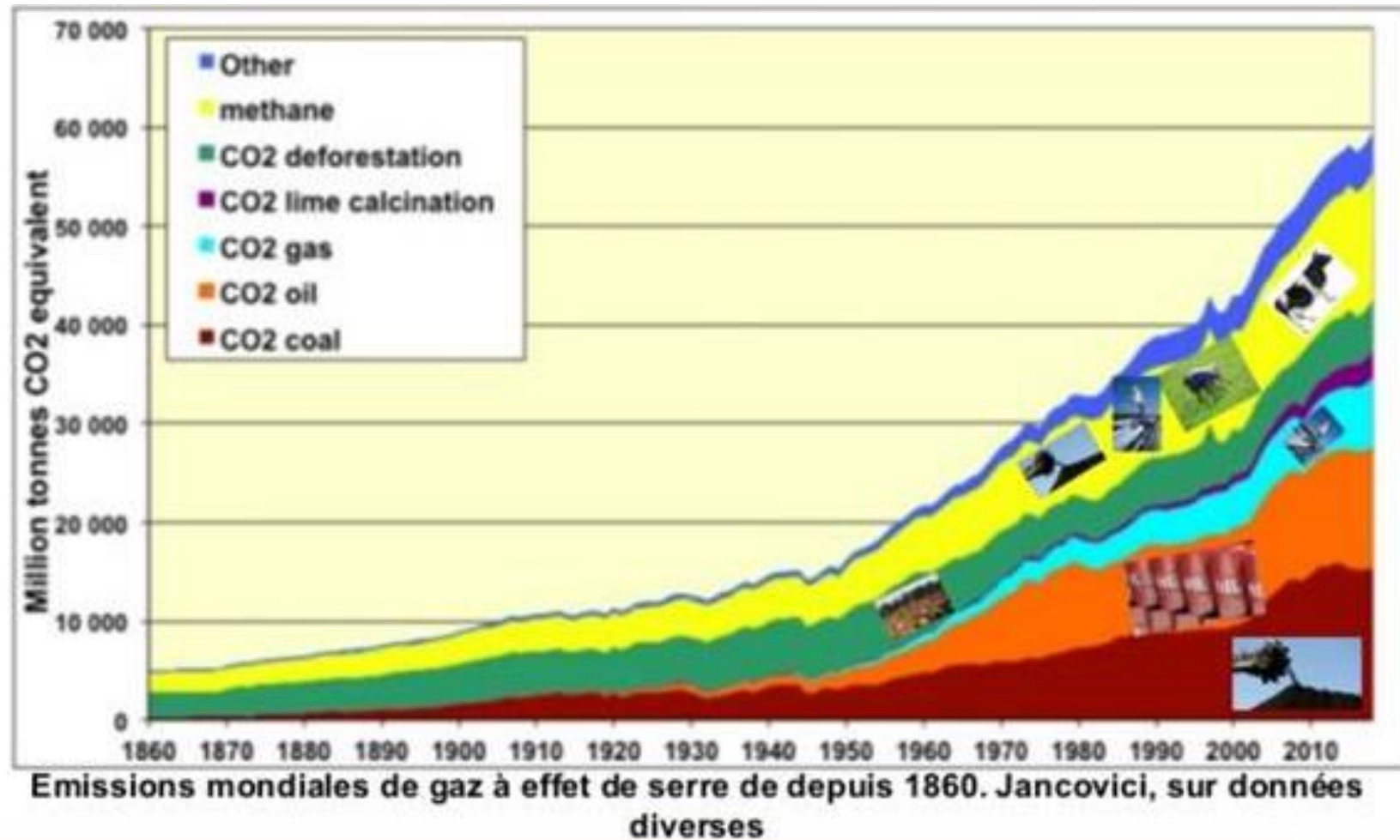
- **Croissance de la population mondiale**
- **Développement économique des continents, aujourd'hui l'Asie (Chine et Inde), demain l'Afrique**



Croissance exp. de la consommation d'énergie



- **Epuisement des combustibles fossiles ...**
- **Emission des GES: réchauffement climatique**

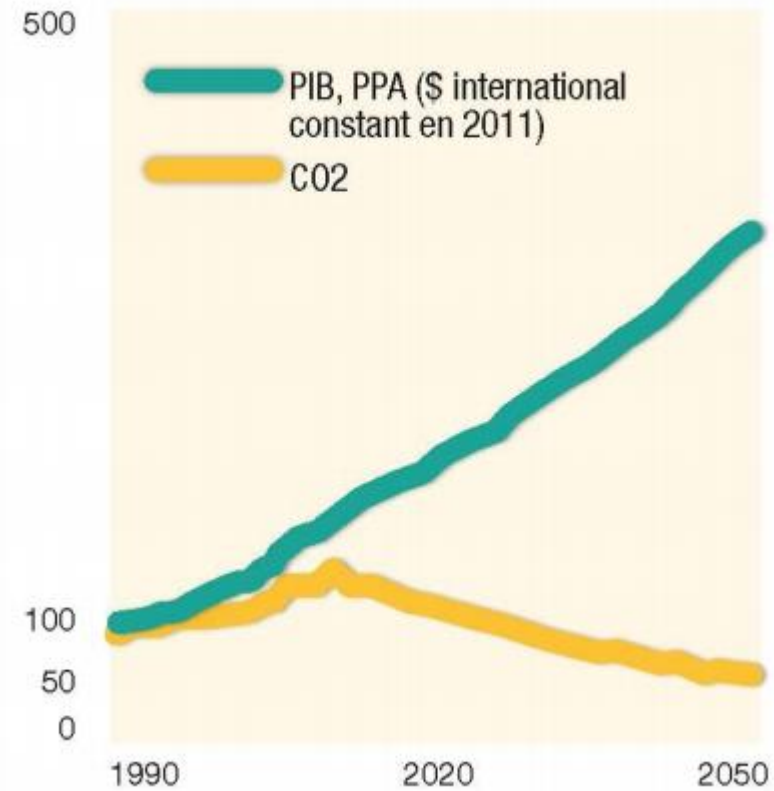
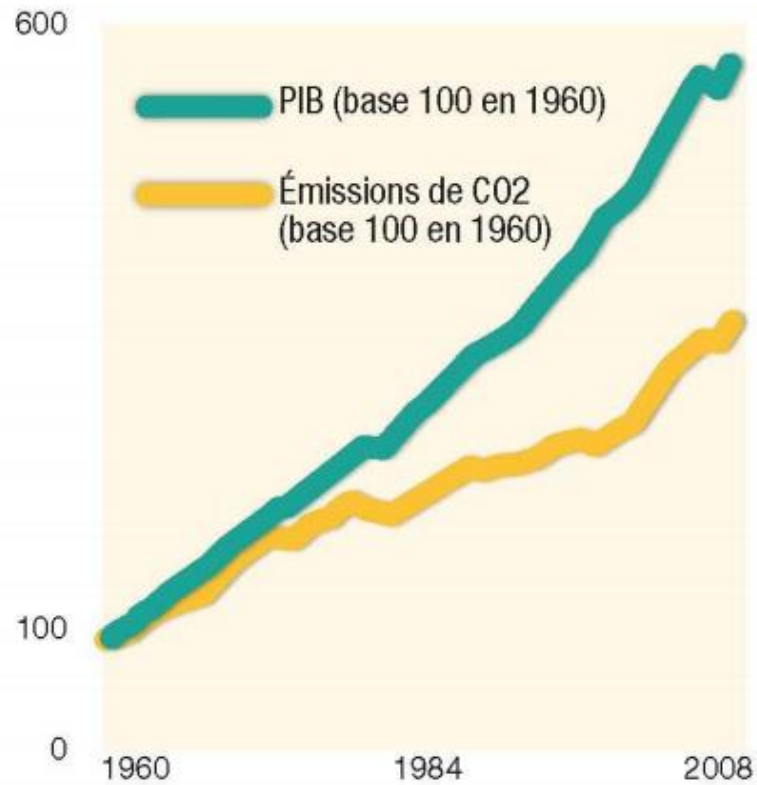


Pas de mécanisme d'épuration rapide du CO₂ de l'atmosphère !!!

http://hapen.fr/jancovici-pib-ou-co2-il-faut-choisir-sciences-po20190829.htm#_Toc19446087

Un défi important ...

Décorréliser croissance et émission de CO2



ENERGIE **les solutions**

Diversifier les sources d'énergie

- **Solaire (thermique, photovoltaïque ...), éolien**
- **Biomasse, biogaz, biocarburants**
- **Fissile (nucléaire) / question du retraitement, nouveaux réacteurs**
- **Hydrogène**

Réviser les grandes filières industrielles et développer de nouvelles filières

- **Réduire la consommation énergétique**
- **S'adapter à de nouveaux vecteurs énergétiques**

ENVIRONNEMENT

```
graph LR; A[ENVIRONNEMENT] --> B[Contraintes sur les émissions de gaz]; A --> C[Contraintes sur les effluents liquides]; A --> D[Contraintes sur les déchets];
```

Contraintes sur les émissions de gaz

- Limitation des gaz à effet de serre CO₂, CH₄
Réchauffement climatique
- Limitation des Composés Organiques Volatils (COV)
Santé publique
- Elimination des poussières
Santé publique

Contraintes sur les effluents liquides

- Traitement de l'eau

Contraintes sur les déchets

- Recyclage et retraitement

Des solutions techniques existent

Les prototypes, les idées de laboratoires existent. Reste à faire le changement d'échelle!



Océan



Géothermie



Hydroénergie



Biomasse



Nucléaire

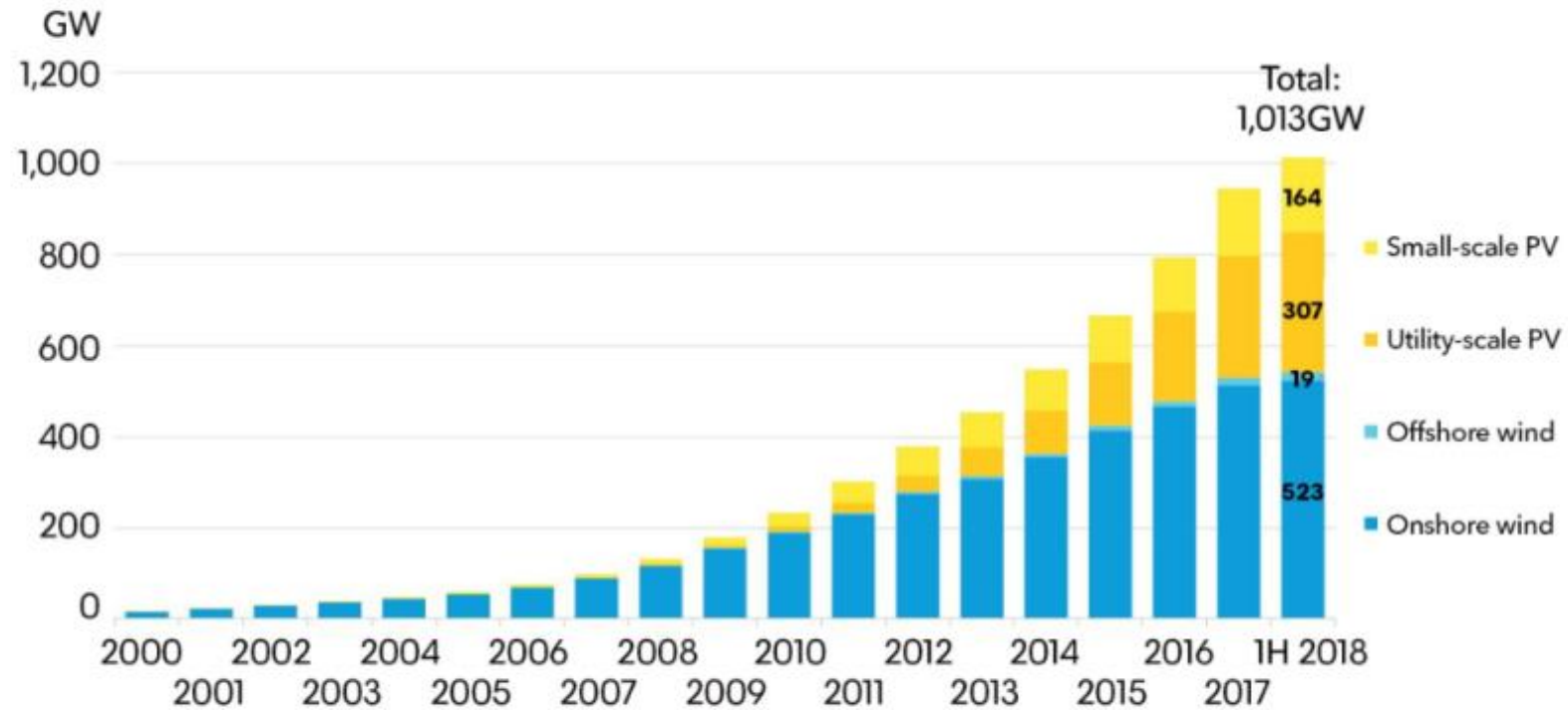


Eolien



Solaire

Evolution des capacités installées de photovoltaïque et d'éolien dans le monde



Suite à mon parcours à l'école des mines mon intérêt pour les nouvelles énergies m'a poussé vers le domaine du solaire. **Sunvie, PME** spécialisée dans le développement de projets photovoltaïques m'a proposé un stage puis un emploi, où j'efficie aujourd'hui en tant qu'**assistant chef de projet** dans le domaine de l'intégré **Bâti**. Je suis concerné par l'ensemble des projets sur grande toiture (centre commerciaux bâtiment logistiques stockage, etc...) ainsi que sur les couvertures de parkings. J'interviens de la **conception à la réalisation de ces projets de grandes envergures** ce qui me permet de découvrir les différentes facettes du métier (**aspect technique majoritairement, mais également financier, juridique, commercial, logistique, etc...**). Dans ce type de société les perspectives d'avenir sont intéressantes et les défis permanents.



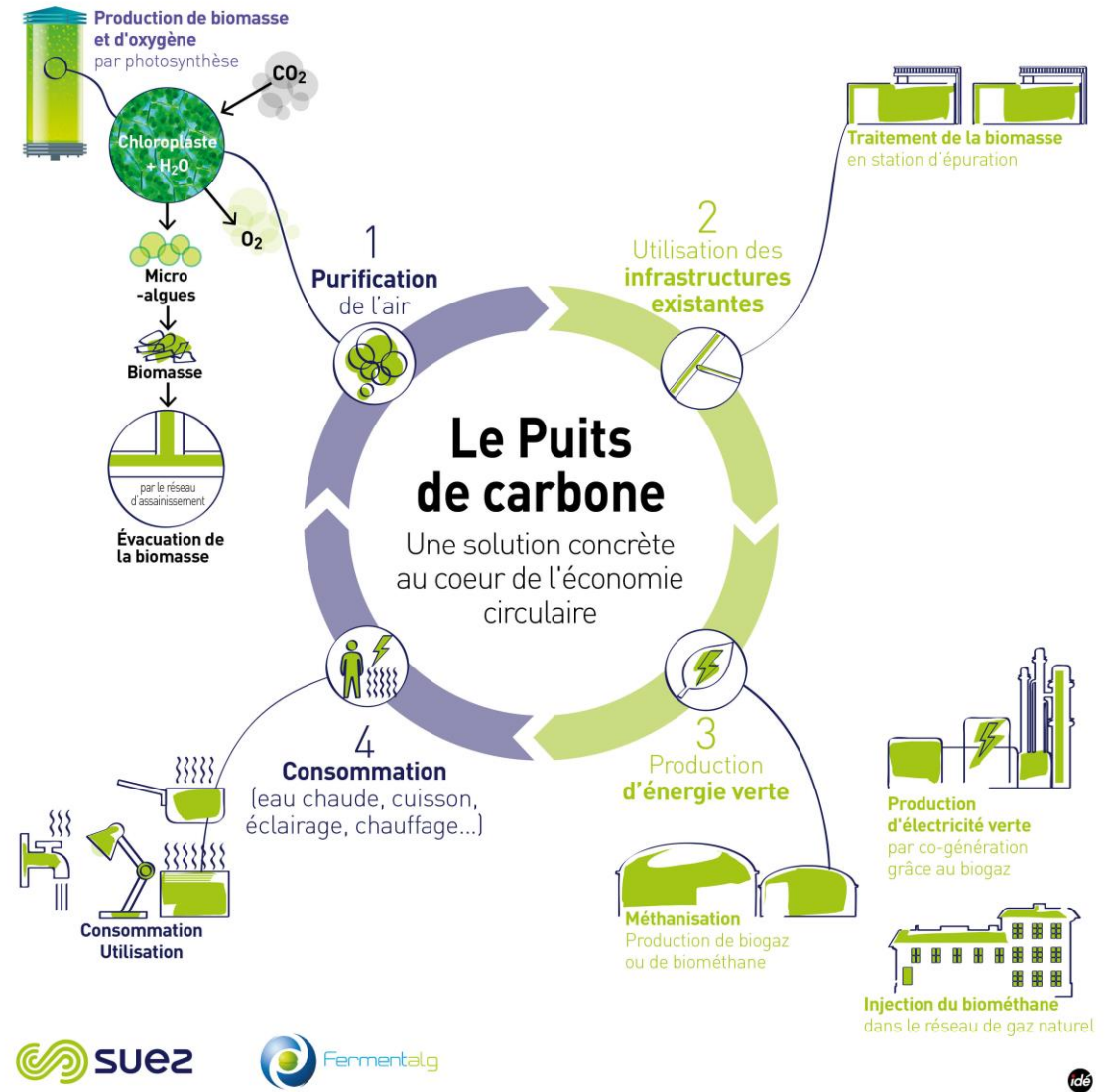
William HEUDE (promo 2006)



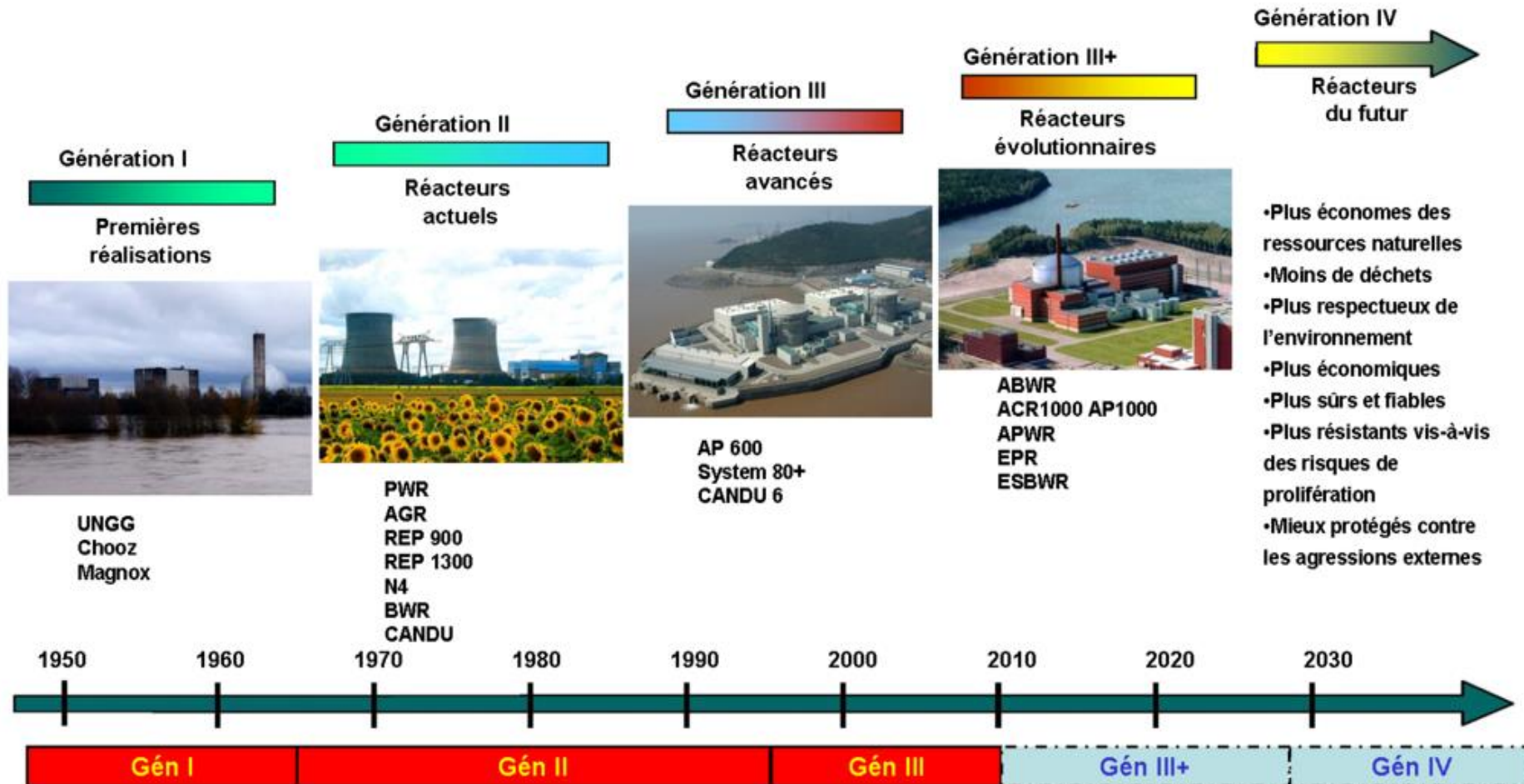
Vue aérienne de la centrale de cogénération du MIT couplée aux bioréacteurs à microalgues de GreenFuel Corporation (en vert sur la photo)



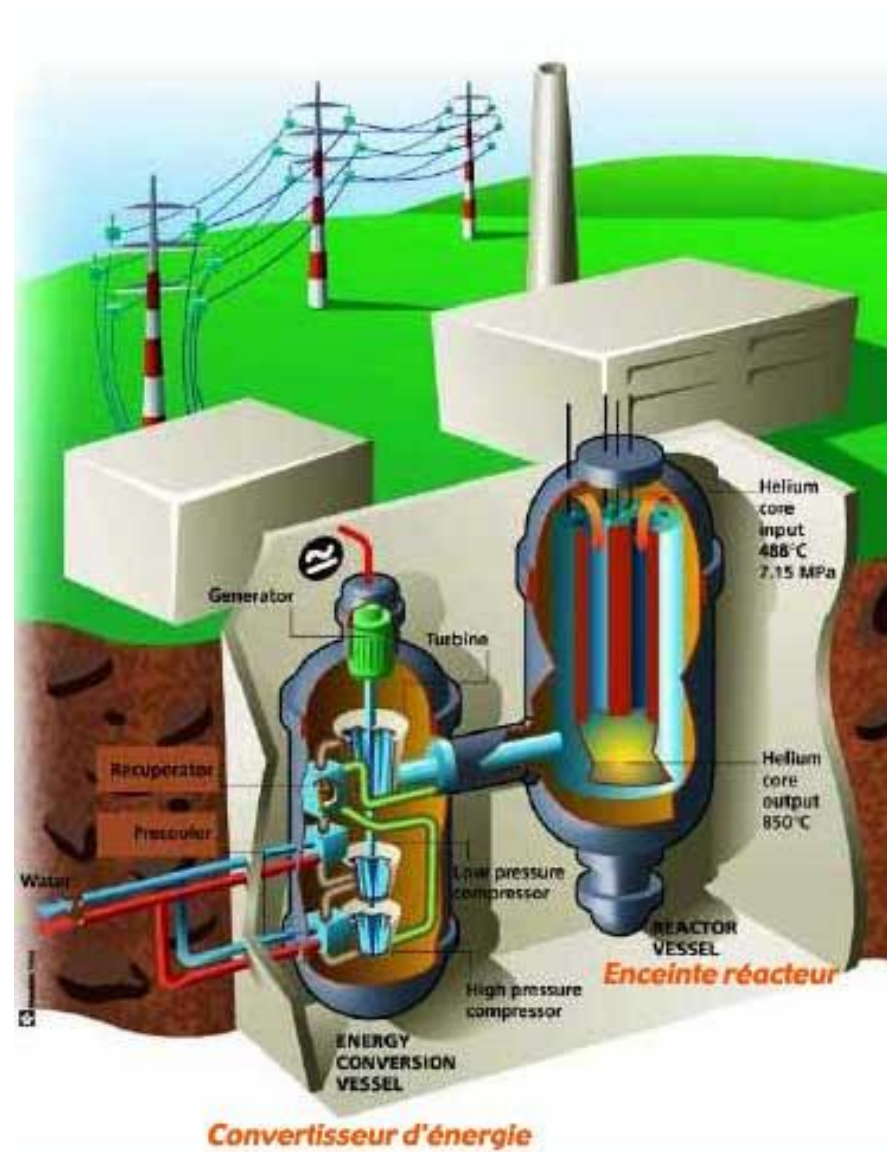
Paris test d'une colonne Morris remplie de micro-algues pour piéger une partie du CO₂ de l'air.



Energie nucléaire de nouvelle génération

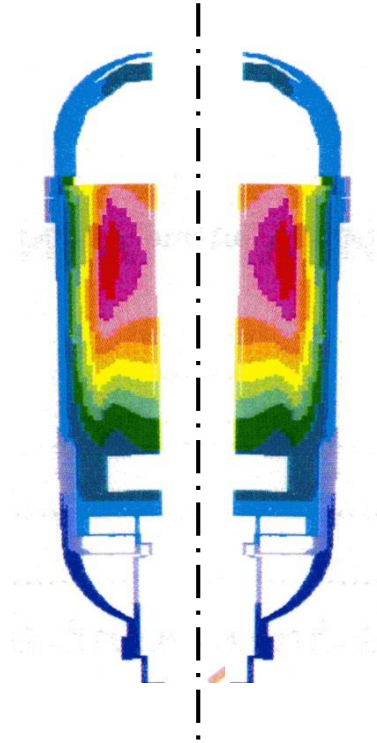


Réacteur HTR IV Génération

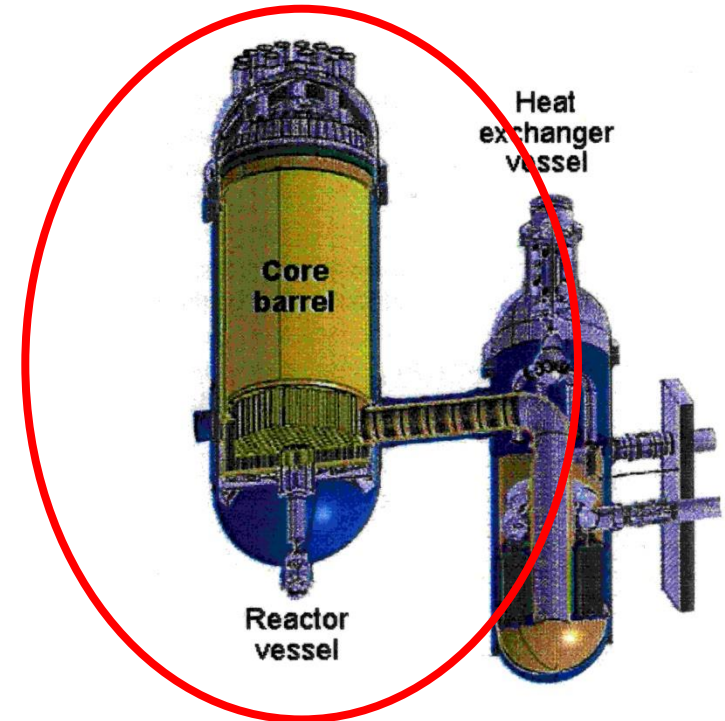


**Que peut faire un élève du
département ENERGIE??**

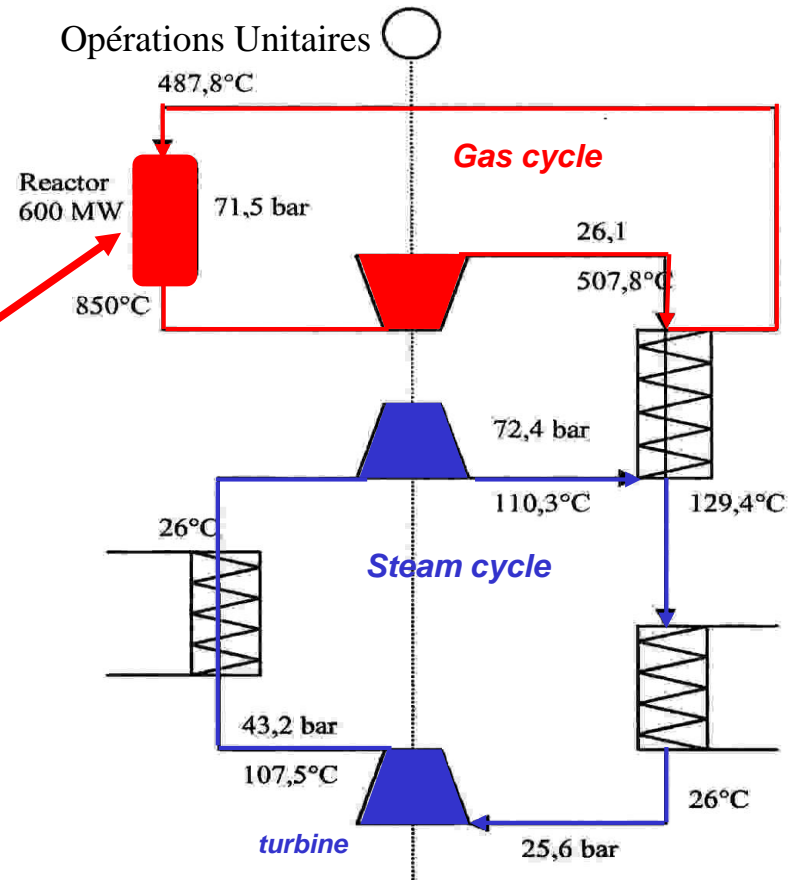
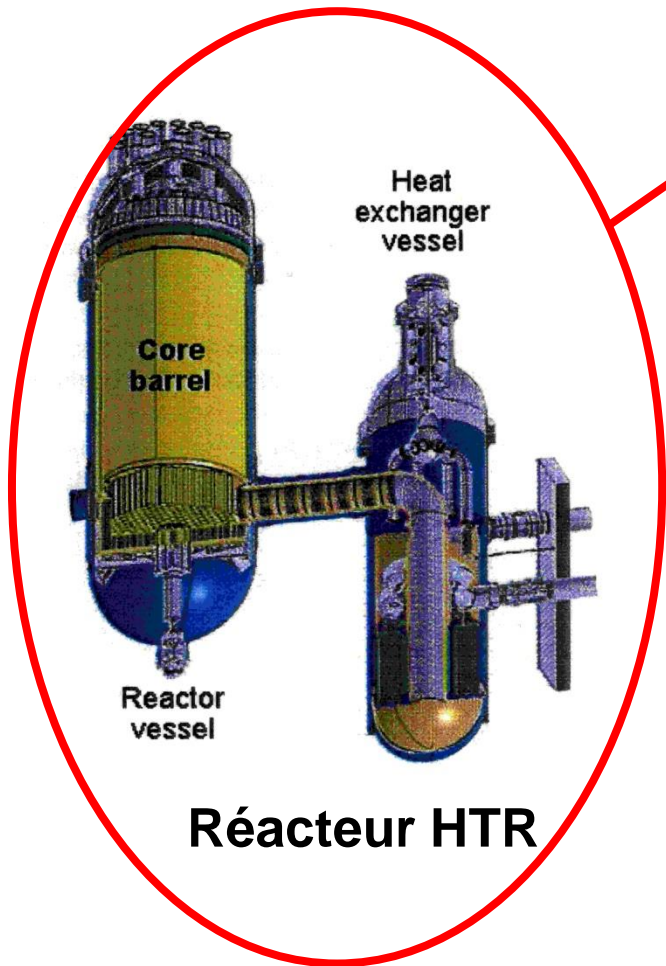
Analyse thermique/mécanistique Simulation Numérique



Champ thermique du gaz caloporteur

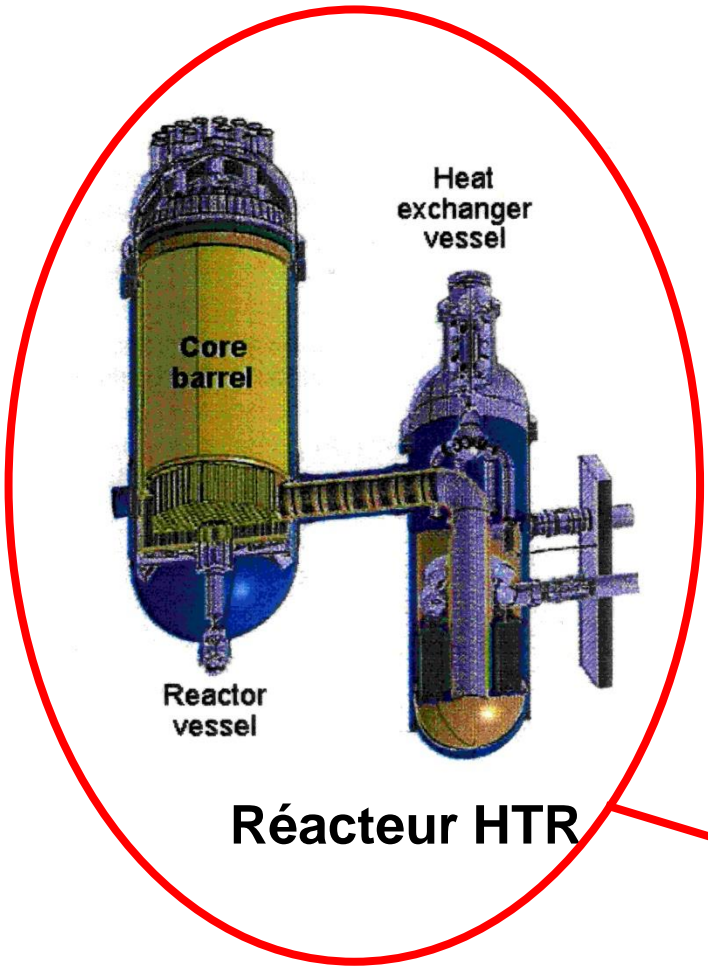


Analyse systémique

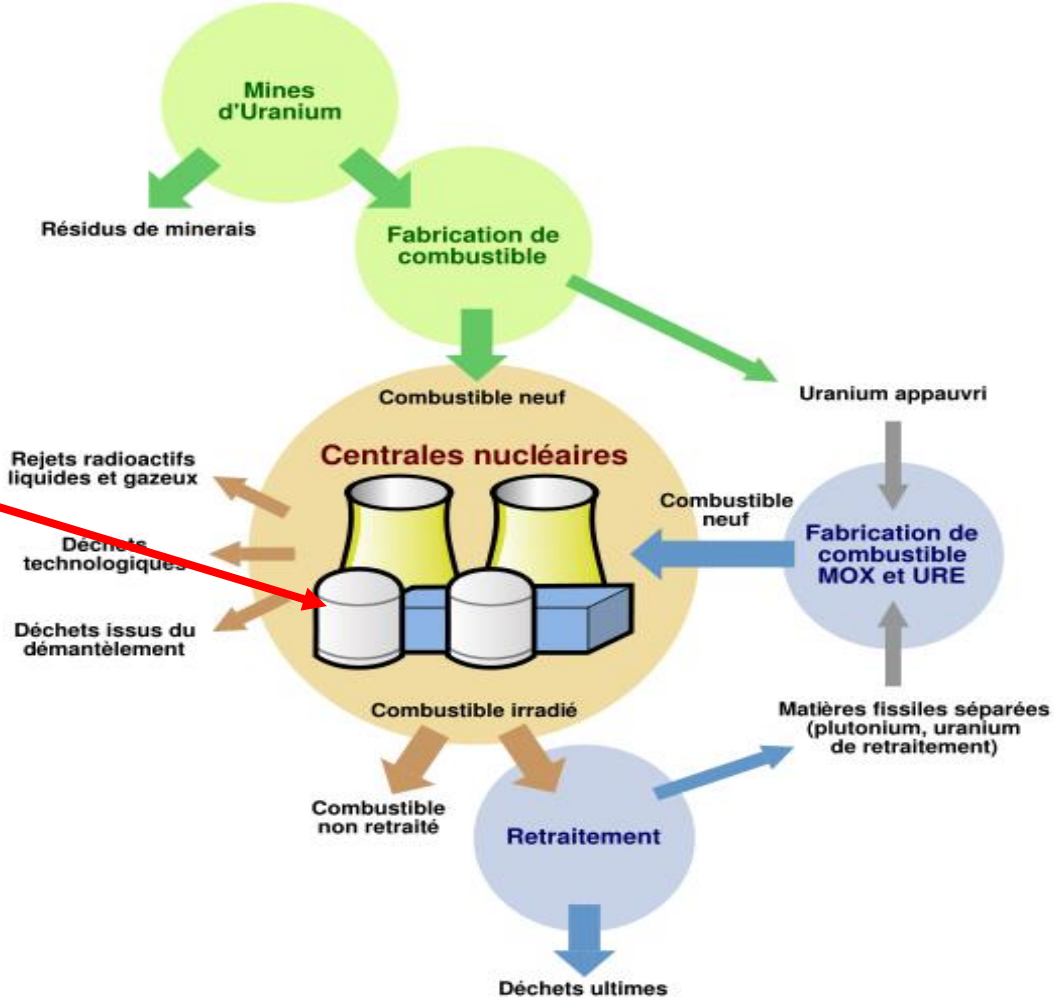


Cycles combinés gaz/vapeur avec cogénération

Analyse de Cycle de Vie

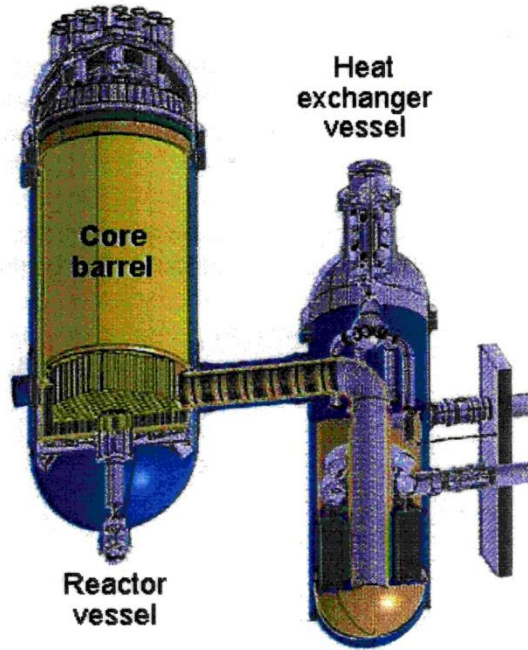


Évaluer les effets d'un produit sur l'environnement tout au long de son cycle de vie

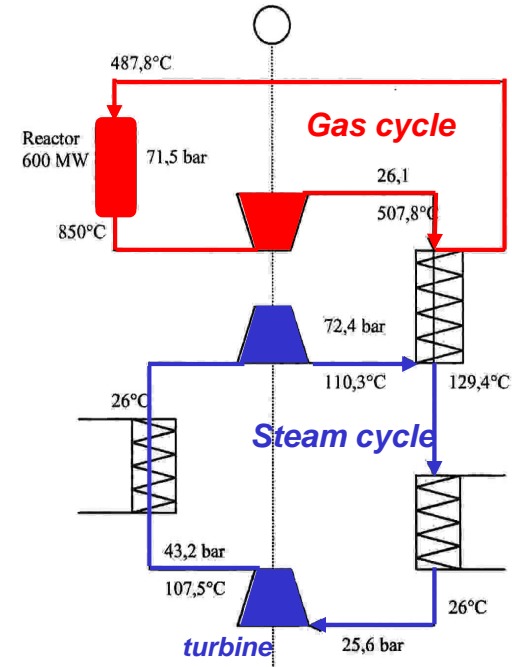




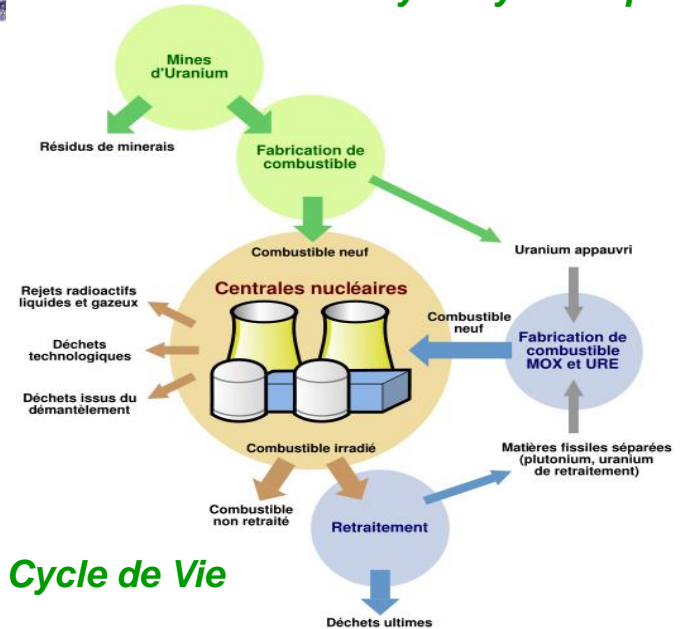
Analyse mécanistique



Réacteur HTR
IV Génération



Analyse Systémique



Analyse de Cycle de Vie



Depuis la sortie de l'École en 2004, je travaille chez **AREVA NP** en tant qu'*ingénieur* « *Systemes Fluides* ». Je réalise des *études thermo-hydrauliques* pour EDF (modifications et améliorations des circuits fluides sur les centrales du parc nucléaire français), ainsi que pour la *conception de nouveaux réacteurs* (projets A.T.M.E.A ou E.P.R). Les enseignements de département, en particulier en mécanique des fluides et en transfert thermique, m'ont permis d'acquérir des bases solides et un bon sens physique pour aborder divers sujets techniques dans mon travail de tous les jours.

TRAN Tu Loan (prom 01)



Des volets de micro-algues pour produire l'énergie des bâtiments (Hambourg)

<https://lenergeek.com/2017/06/07/micro-algues-depollution-air-production-energie/>



Réhabilitation de bâtiments (Paris XVI ème)

<https://www.stephanemalka.com/?portfolio=plug-in-city-i-habiter-les-facades-i-paris-2017&lang=fr>

A ma sortie de l'École en 2006, j'ai été embauché chez EDF en R&D en tant qu'ingénieur d'études dans l'Eco-efficacité énergétique des bâtiments.

Plus précisément je travaille sur des outils d'estimation de consommations pour évaluer des solutions de rénovations et améliorer la performance énergétique des bâtiments.

L'environnement de travail est très motivant compte tenu de l'implication et des moyens mis en œuvre dans ce domaine par EDF d'une part, mais aussi par les pouvoirs publics; ce poste est aussi très enrichissant sur le plan technique puisque je travaille au quotidien avec des experts en simulation, en technologies de l'enveloppe, en systèmes de chauffage et de ventilation, et en énergétique sectorielle.

Les cours du département m'ont donné les bases de compréhension de ce domaine passionnant, et la diversité des enseignements suivis à l'École me permet de l'appréhender de manière plus globale.



Vincent MAGNAUDEIX (promo 2003)

**ibenschmidt
erburg :
nquiétude**

ourquoi des documents
identifiants évoquant une
sible délocalisation de la
duction de l'usine de
se-Ham vers l'Europe cen-
e (lire RL du 4 janvier)
t-ils tombés entre les
ins des représentants syn-
dicaux de l'entreprise Kolben-
midt Pierburg ? « Honnête-
ment, on n'en sait rien. Ce qui
sûr, c'est que leur contenu
très inquiétant et que nous
avons le droit de nous poser
des questions et d'obtenir des
réponses », insiste Eugène Dos
Santos, délégué syndical
ULCVOS.

Dans cette entreprise leader
du marché de fabrication
des pompes à eau et à huile
dans le secteur automobile,
quelque 400 salariés sont
de plus en plus inquiets de-
puis que « l'affaire » a été mise
à la place publique. Ils le
sentent d'autant plus que la di-
rection du groupe allemand ne
peut pas encore exprimer : ni
pour confirmer, ni pour infir-
mer un tel scénario à l'horizon
2009. « Lorsque nous avons
appris l'éventualité d'une dé-
localisation lors d'un comité
d'entreprise extraordinaire le
15 décembre, nos dirigeants
ont nié en bloc. Une se-
maine plus tard, ils admet-
tent qu'une trentaine d'em-
plois allaient être supprimés
à l'automne. Aujourd'hui,
il semblerait être réellement
arrivé de ce que nous attend »,
explique Eugène Dos Santos.

La semaine prochaine, la di-
rection du groupe devrait dé-
léguer des représentants sur
le site de Basse-Ham. Auront-

Arcelor Mittal pourrait arrêter la filière liquide dès 2008 !

La direction d'Arcelor Mittal France menace ouvertement d'anticiper l'arrêt de la filière liquide de Florange au 1^{er} janvier 2008 si elle n'obtient pas de crédits d'émissions supplémentaires de CO₂. « Il nous manque 3,9 à 4,9 Mt. On veut asphyxier la sidérurgie française ! » affirme Daniel Soury-Lavergne directeur général d'u groupe en France.

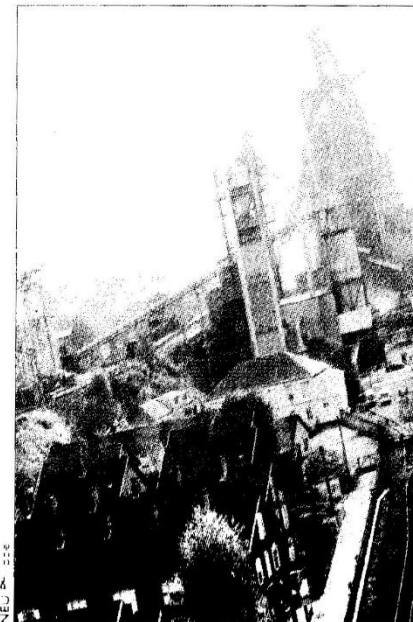
On voudrait nous inciter à
produire ailleurs qu'on
ne s'y prendrait pas au-
rement », lâche, excédé, Daniel
Soury-Lavergne, directeur gé-
néral d'Arcelor-Mittal France. A
l'origine de sa colère, la ques-
tion des quotas d'émissions de
CO₂. Le groupe sidérurgique
juge insuffisant les quotas de
gaz carbonique qui doivent lui
être alloués. Pour assurer ses
projets de développement, en
particulier sur les sites de Dun-
kerque et de Fos-sur-Mer, il a
besoin de 3,9 à 4,9 millions de
tonnes de crédits d'émission
supplémentaires. Il les réclame
au gouvernement, lequel vient
de remettre à la Commission
européenne son plan national
d'affectation des quotas
d'émission de gaz à effet de
serre (PNAQ II). Sous la pres-
sion de Bruxelles, Paris a dû ré-
duire son enveloppe de crédits
de CO₂, qui est passé de 150,6
Mt à 132,8 Mt de CO₂ par an
sur la période 2008-2012. Et
dans l'affaire c'est la sidérurgie
qui doit faire l'effort, son quota
passe de 28 Mt initiales à 24,9
Mt juste derrière l'électricité qui
hérite de 2,6 Mt. Et Arcelor
Mittal qui assure les trois

quarts de la production fran-
çaise est en première ligne. A
moins bien sûr d'acheter de
nouveaux crédits mais ce serait
au prix fort, le groupe prendrait
le risque de plomber ses résul-
tats et de sortir de la compéti-
tion mondiale. « C'est difficile
mais on ne peut pas le dire au-
rement : dans cette situation il
nous serait impossible de conti-
nuer à produire à partir de la fi-
lière liquide à Florange. Le ren-
chérissement de la tonne
d'acier à partir la filière fonte
qui émet 1,8 t de CO₂ par tonne
d'acier, ferait sortir la produc-
tion lorraine de la compétitivité
mondiale. On arrêterait Flo-
range au 1^{er} janvier 2008 ! »
menace le directeur du groupe
en France qui parle « dans l'hy-
pothèse la plus pessimiste de
catastrophe sociale. »

Consentir les plus gros efforts

Cela se traduirait en Lorraine
par la suppression anticipée
d'un millier d'emplois dans une
filière liquide chaude promise
pourtant il y a seulement trois
semaines à un sursis et une
prolongation jusqu'à l'horizon
2014. (Lire RL du 15 décembre

2006). Pourtant l'industrie si-
dérurgique en France a déjà
consenti de très sérieux efforts
pour réduire les émissions de
CO₂. « En quarante ans nous
avons réduit les émissions de
près de 50 %. Nous n'avons
plus de marge de progression,
sauf à long terme en utilisant
des technologies de rupture.
Pour faire de l'acier il y a des li-
mites physiques que l'on peut
pas transgresser », relève Jean-
Pierre Birat, l'homme d'Arcelor
Mittal Research, directeur du
programme européen ULCVOS
visant à réduire les émissions
de CO₂ sur la planète acier. Le
même rappelle simplement que
pour « faire une tonne d'alumi-
nium on produit 20 t de CO₂.
Et l'aluminium n'est pas
concerné par les quotas. Et en
roulant avec votre voiture vous
émettez dix fois plus de gaz
carbonique qu'en fabriquant de
l'acier. » Le groupe Arcelor
avait déjà fait un recours au-
près de la Cour de justice euro-
péenne lors du premier plan
national de quotas en 2004,
mais sans résultat. Aujourd'hui
le groupe ne veut utiliser la me-
nace juridique qu'en dernier
ressort. Ultime espoir d'une



**La filière
liquide de
Florange
pourrait
fermer au
1^{er} janvier
2008.**

sortie de l'impasse, l'obtention
de l'enveloppe destinée dans
ce plan national aux nouveaux
entrants. Elle est de 4 millions
de tonnes d'émissions de CO₂.
En attendant le groupe Arcelor
Mittal va étudier la situation
des quotas dans l'ensemble
des pays européens. Côté fran-

çais les dirigeants du sidé-
rurgiste doivent prochainement
rencontrer les politiques, dont
Jean-Pierre Masseret, président
de la Région, afin de les sensi-
biliser sur ce dossier ultra-sen-
sible.

Bernard KRATZ.

V
S

N
cui
de
Mc
For
Sin
chu
cor
ou
fai
bai
d'u
le
ne
co
pr
cu
de
fai
L'h
co
lèg
ga
tre
ye
to
pe
br
de
mi
ve
les
na
de
pc

C
Epa
N

Le problème vu du côté de l'industriel

250 Euros la tonne de fonte

1,8 tonne de CO₂ émis / tonne de fonte produite

En 2010, taxe : 25 Euros / tonne de CO₂ émis



surcoût de 40 Euros/tonne de fonte produite



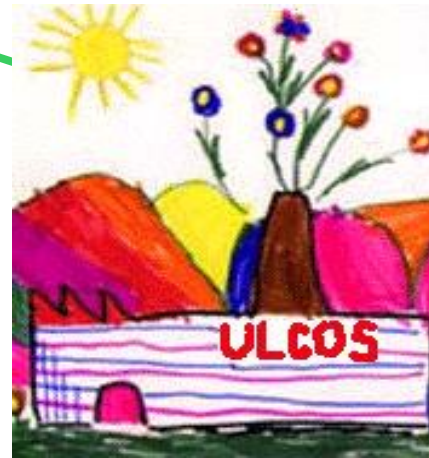
recherche de nouveaux procédés

Les possibilités de réduction des émissions de CO₂ à long terme

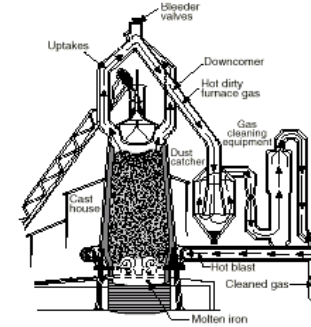
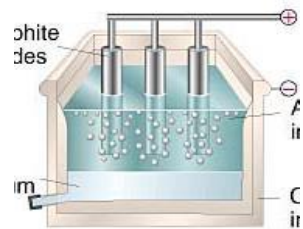
C-based steel production + CO₂ Capture & Storage



Biomass-based steel production



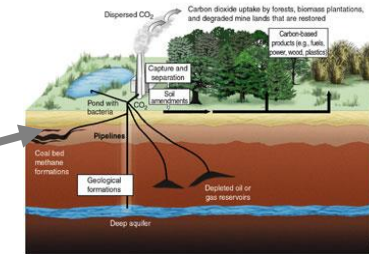
Electrolysis steel production



Natural Gas-based steel production



Hydrogen-based steel production



Besoin de jeunes ingénieurs capables de relever ces défis !!!



Débouchés et secteurs d'application

- Les secteurs où la mécanique des fluides et les transferts de chaleur et de masse sont importants : **Aéronautique, Automobile ...**
- La production d'électricité, d'H₂, de biocarburants, le gaz naturel, l'éolien, le traitement des hydrocarbures et de la houille, la production d'énergie à partir de biomasse, : **Total, BP, Shell, Exxon, Airliquide, IFP, EDF, ENGIE, Ineos, GRT-gaz...**
- La production et le retraitement des combustibles fissiles, les réacteurs nucléaires : **ORANO, FRAMATOME, CEA, IRSN**
- La production de chaleur (chaudières, réseaux de chaleur): **ENGIE, Veolia...**
- Les procédés fortement consommateurs d'énergie (métallurgie, industrie du verre, pétrochimie) : **Eramet, Mittal-Arcelor, Alcan, Constellium, StGobain, Vetrotex, Exxon...**
- Les procédés de traitement des déchets (incinération, thermolyse) et de l'eau : **IFP, Veolia**

- **3 Parcours dans la formation FICM :**

- Fluides**

- Transition Energétique**

- Procédés Environnement**

- **1 atelier ARTEM : Environnement Développement Durable**

- **1 spécialité de master M2 : Energie & Procédés**

- **4 Cours électifs**

- **Responsabilités de modules dans les formations FIGIM et FIIC, Formation continue**

Jean-Pierre BELLOT, Hervé COMBEAU, Mathieu JENNY, Jean-Sébastien KROLL-RABOTIN, Olivier MIRGAUX, Fabrice PATISSON, Emmanuel PLAUT, Vincent SCHICK, Philippe SESSIECQ

Site web du département **Energie**

- Développé et maintenu par J.S. Kroll Rabin

<http://energie.mines-nancy.univ-lorraine.fr>



mines nancy / DÉPARTEMENT ÉNERGIE

3 PARCOURS FICM **ÉNERGIE**

- Procédés et environnement
- Fluides
- Transition énergétique

ACTUALITÉS

Retrouvez le détail des actualités du département sur la page dédiée...

- 27/02/2020 – Conférence de Michael Hölling sur l'énergie éolienne (voir détails)
- 18-21/11/2019 – Semaine banalisée 2A
- 18-22/11/2019 – Cours IMT Grand Est: *Les métaux stratégiques pour la transition énergétique et numérique*
- 23-24/09/2019 – Soutenances de stages de fin d'études
- 4-12/09/2019 – Semaine de rentrée des 2A
- ... – Actualités plus anciennes

PRÉSENTATION DU DÉPARTEMENT

Le département **Énergie** propose trois parcours en Formation Ingénieur Civil des Mines :

- Énergie / Fluides,
- Énergie / Transition énergétique,
- Énergie / Procédés et Environnement.

MINESnancy

3 Parcours :

Fluides

Transitions

Procédés et
Environnement

☐ Fluides

Les fluides au service de l'énergie

☐ Transition Energétique

**Des connaissances et des outils pour
piloter la transition**

☐ Procédés Environnement

**Un lien fort entre l'énergie, les procédés et
l'environnement**

3 Parcours :

Fluides

Transitions

Procédés et
Environnement

Le premier semestre de 2A (S7) est un tronc commun aux trois parcours, **le choix du parcours s'opère en fin de S7.**

Semestre 7		
S7.1	S7.2	S7.3
Phénomène de Transport	Mécanique des Fluides I	Méthodes numériques
Couches limites et Rayonnement	Mécanique des Fluides II	Projet 2A

Structure matricielle des trois parcours S8

Parcours :	Fluides	Transitions	Procédés et Environnement
Semestre 8			
S8.1	S8.2	S8.3	
Systemes fluides pour la conversion énergétique	Génie électrique	Turbomachines hydrauliques et éoliennes	
Approche systémique des réacteurs	Traitement de l'eau et des déchets	Évaluation des impacts environnementaux	

Pour un parcours, si une colonne comprend un cours de la couleur correspondante au parcours, il est obligatoire. Sinon l'étudiant choisit un des deux cours.

Possibilité d'un cursus en S8 à



ou au



Structure matricielle des trois parcours S9

Parcours :	Fluides	Transitions	Procédés et Environnement
-------------------	---------	-------------	---------------------------

Semestre 9 - 1er trimestre -			Semestre 9 - 2ème trimestre -		
S9.1	S9.2	S9.3	S9.4	S9.5	S9.6
Transition to turbulence	Marchés de l'énergie et de l'environnement	Analyse environnementale des filières énergétiques	Transferts thermiques avancés	Optimisation énergétique	Electric energy management
Combustion	Open Codes for Fluid Dynamics	Transferts en écoulements multiphasiques	Biomasse énergie	Turbulence and wind energy (AFM2)	Comportement des phases dispersées

Pour un parcours, si une colonne comprend un cours de la couleur correspondante au parcours, il est obligatoire. Sinon l'étudiant choisit un des deux cours.