

14. Énergie biochimique

14.6 – Biomasse moderne

Anthony Goncalves, M.Sc.

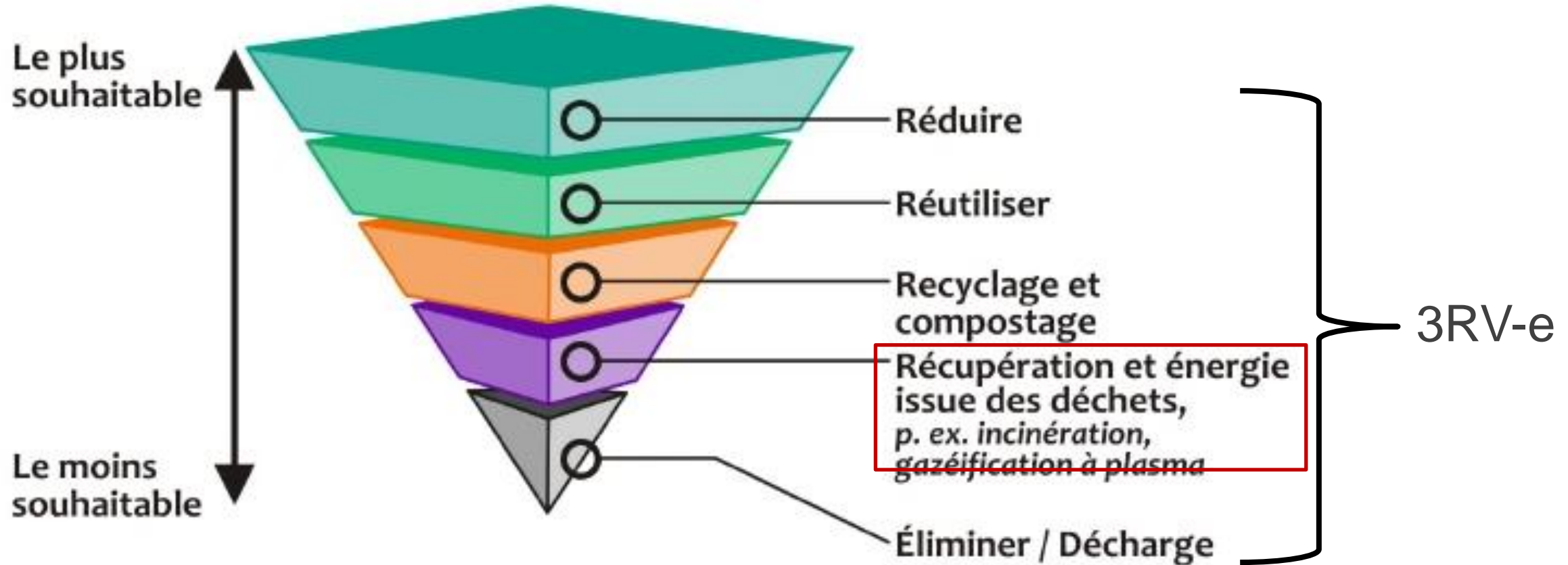
Président, Nexx Énergie

Daniel R. Rousse, ing., Ph.D.

Groupe t3e, Département de génie mécanique

Avant-propos

- Hiérarchie de gestion des ressources, où se situe la biomasse



http://ecoquartierpetermcgill.org/wp-content/uploads/2015/06/pyramide_3rve.jpg

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs
- Biomasse
- Ressource, disponibilité et transport
- Conditionnement
- Transformation (production d'énergie)
- Utilisation (vs utilisateur)
- Validité et critères
- Conclusion

Plan de la présentation

- ***Introduction et objectifs de la capsule***
- Biomasse
- Ressource, disponibilité et transport
- Conditionnement
- Transformation (production d'énergie)
- Utilisation (vs utilisateur)
- Validité et critères
- Conclusion

Introduction et objectifs

- Introduction

- Il est assez puéril de tenter de déterminer où se situe, chronologiquement et technologiquement, la frontière entre la biomasse dite **traditionnelle** et sa contre partie **moderne**;
- Dans ce cours, nous considérons que la biomasse dite moderne est employée pour **générer de l'énergie** dans des équipements et procédés dotés de **contrôles actifs**. Et elle doit être conditionnée au préalable.

Introduction et objectifs

- Objectifs
 - Présenter les éléments qui permettent d'appréhender ce qu'est la biomasse moderne et quels en sont les usages pour produire de la chaleur.

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs
- ***Biomasse***
- Ressource, disponibilité et transport
- Conditionnement
- Transformation (production d'énergie)
- Utilisation (vs utilisateur)
- Validité et critères
- Conclusion

Question

- Quelle fut la part d'électricité mondial générée à partir de la biomasse en 2014 ?

A. 0,4 %
B. 1,8 %
C. 6,3 %
D. 15,3 %
E. 26,2 %



ENR2020

Biomasse

- Qu'est-ce que l'on appelle biomasse?
- La biomasse est-elle une source d'énergie renouvelable?

Biomasse

- Wiki: « *Dans le domaine de l'énergie et plus particulièrement des bioénergies, le terme de biomasse désigne l'ensemble des matières organiques d'origines végétales (algues incluses), animales ou fongiques pouvant devenir source d'énergie par **combustion**, après **méthanisation** ou après de **nouvelles transformations chimiques** ».*
- Cette présentation s'attardera plus spécifiquement à la combustion de la biomasse.

Biomasse

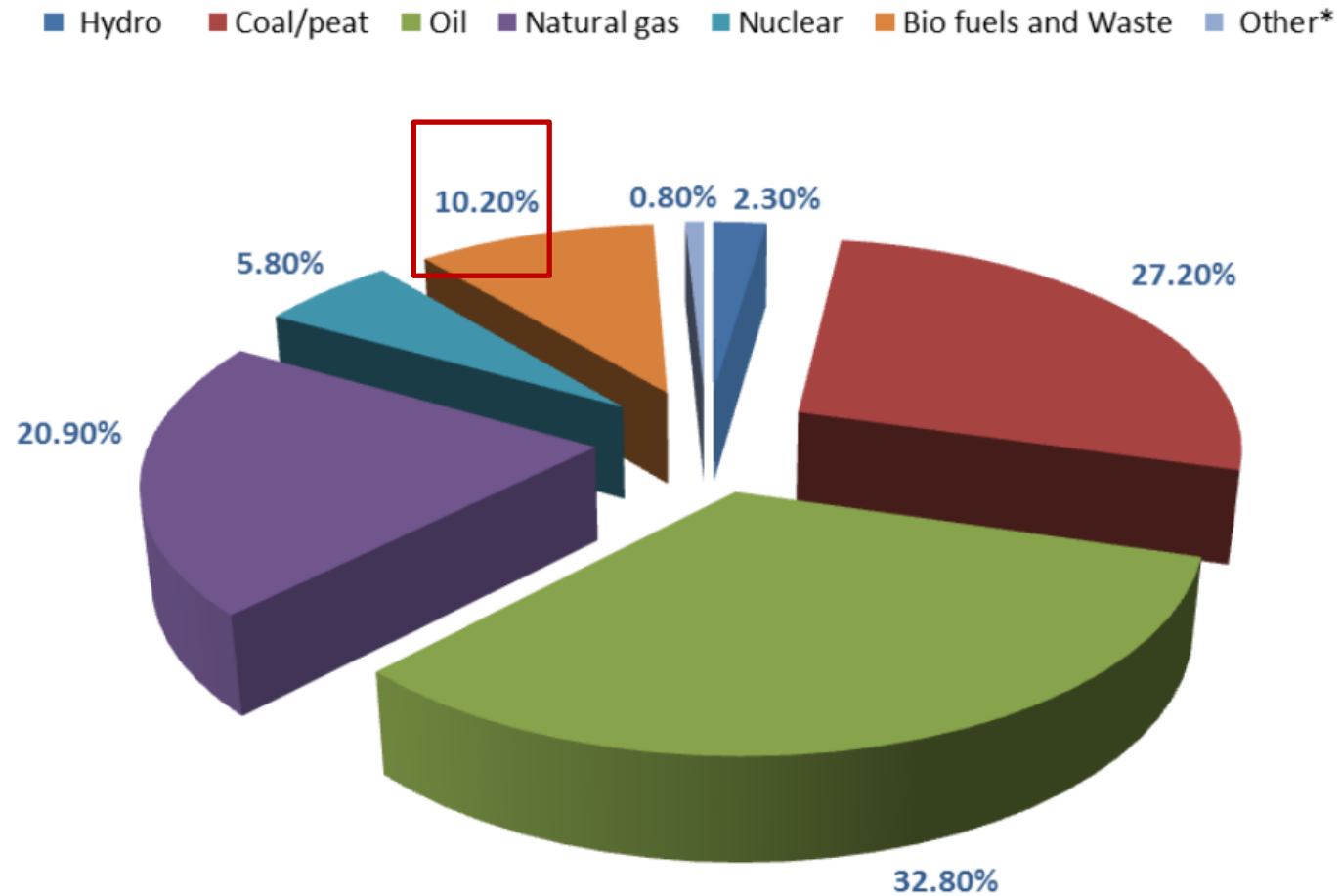
- Résidus forestiers (naissance de la filière bois énergie);
- Résidus agricoles;
- Résidus de l'industrie;
- Résidus des villes;
- Résidus des hôpitaux;
- Algues;
- ...



Biomasse

- Parmi les sources d'énergies renouvelables (solaire, vagues et marées, hydro électricité, éolien), quelle est la fraction (à 10% près) qu'occupe la biomasse (combustibles renouvelables et déchets) sous toutes ses formes?
- Vrai ou faux : Parmi les trois formes de biomasse possible, la biomasse solide occupe plus que 90% de la portion utilisée pour produire de l'énergie.

Biomasse

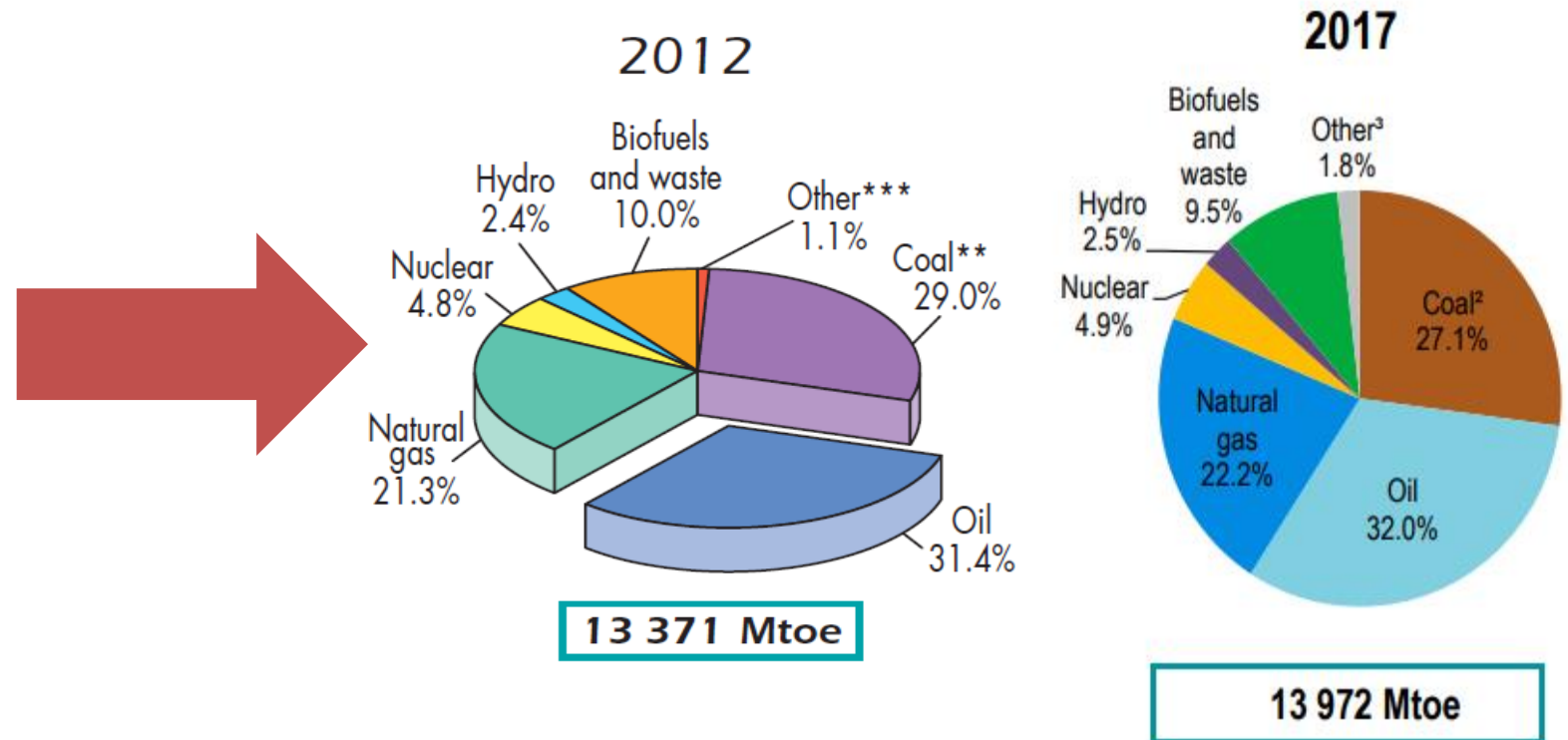


Source: IEA, Key World Energy Statistics, 2011 (Based on 2009 data)

Biomasse



Énergie primaire mondiale
Grande part de biomasse
traditionnelle



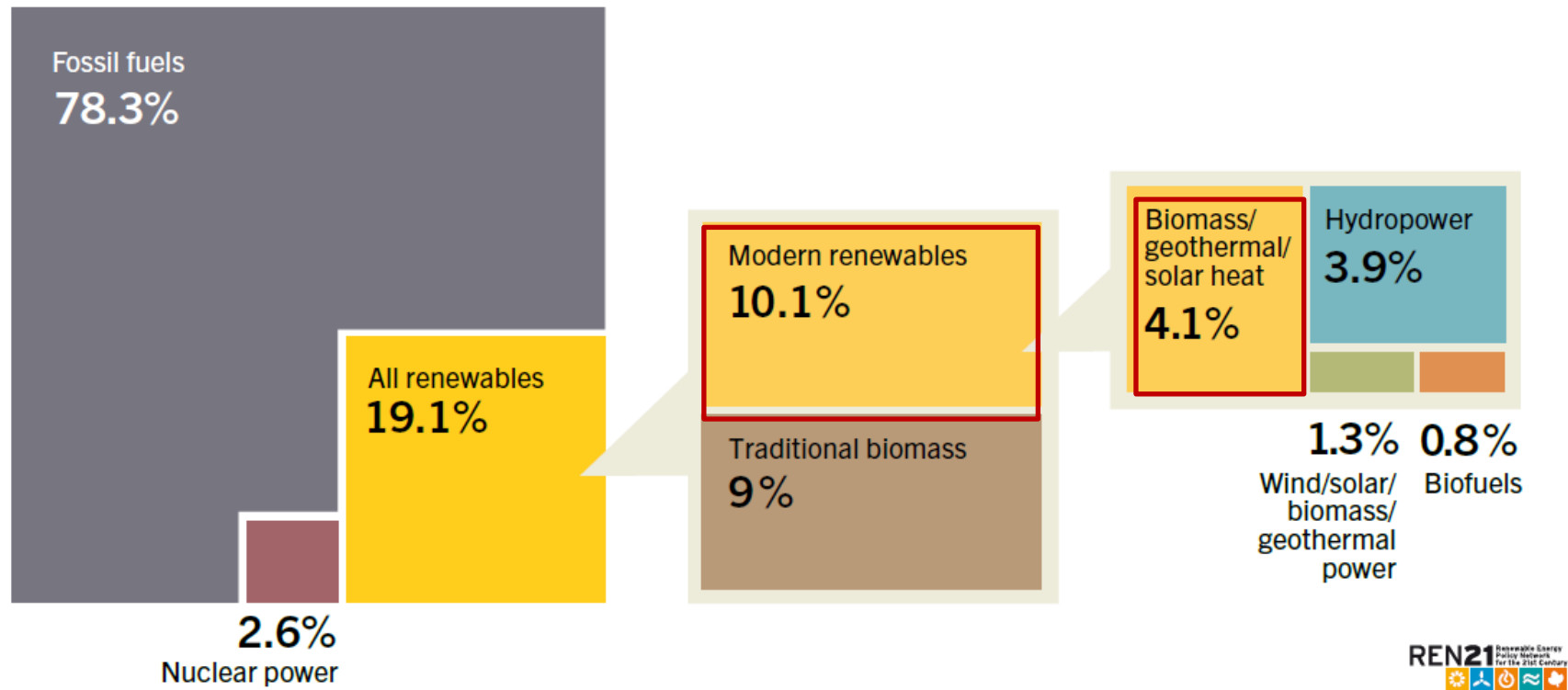
Source: IEA, World energy key stats, 2014 + 2019

Les applications telles que celle-ci ne concernent PAS la biomasse moderne

Biomasse

Renewables 2015 : Global Status Report, http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf

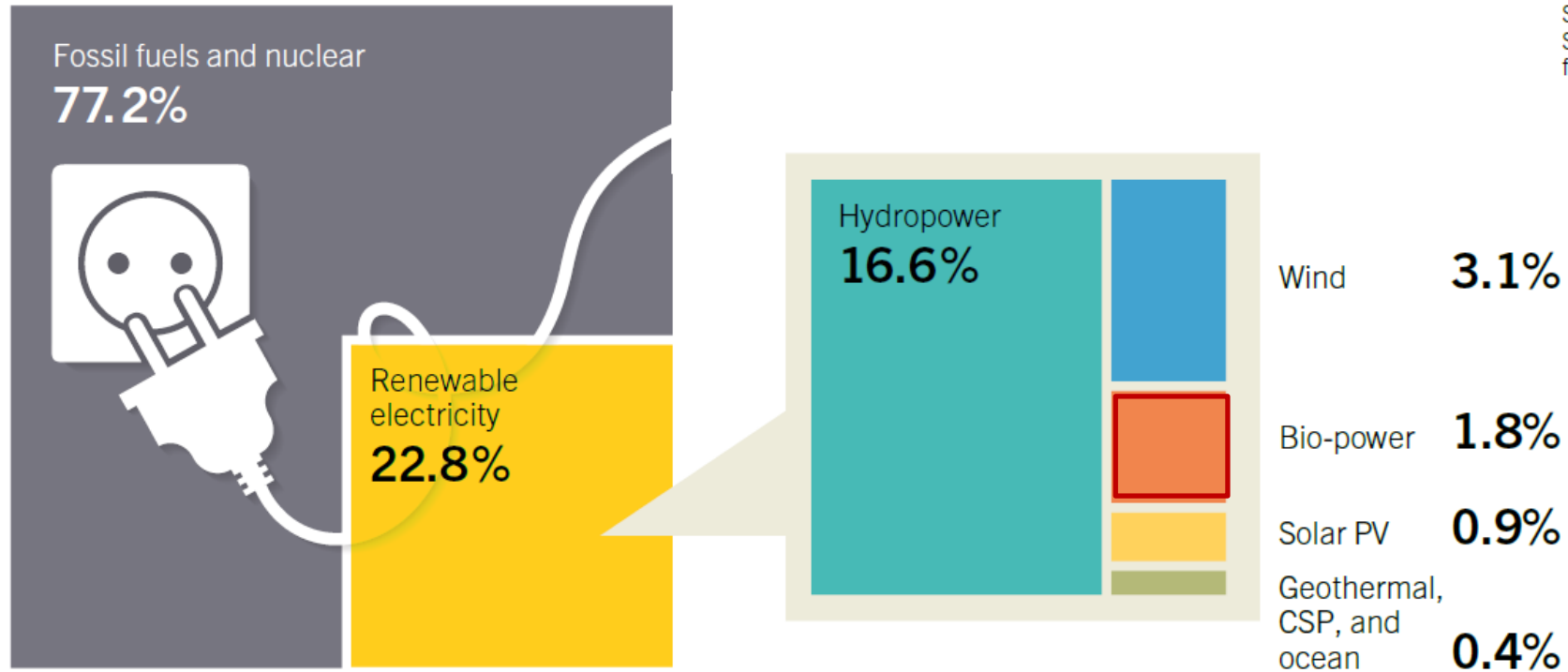
Figure 1. Estimated Renewable Energy Share of Global Final Energy Consumption, 2013



- i - An estimated 1.2 billion people worldwide lack access to electricity, and 2.8 billion people rely on traditional biomass for cooking and heating. See United Nations Sustainable Energy for All (SE4ALL), "United Nations Decade of Sustainable Energy for All 2014-2024," <http://www.se4all.org/decade/>, viewed 10 April 2015.
- ii - SE4ALL has three interlinked objectives: ensuring universal access to modern energy services, doubling the global rate of improvement in energy efficiency, and doubling the share of renewable energy in the global energy mix. See SE4ALL, "Our Objectives," <http://www.se4all.org/our-vision/our-objectives/>, viewed 10 April 2015.

Biomasse

Figure 3. Estimated Renewable Energy Share of Global Electricity Production, End-2014



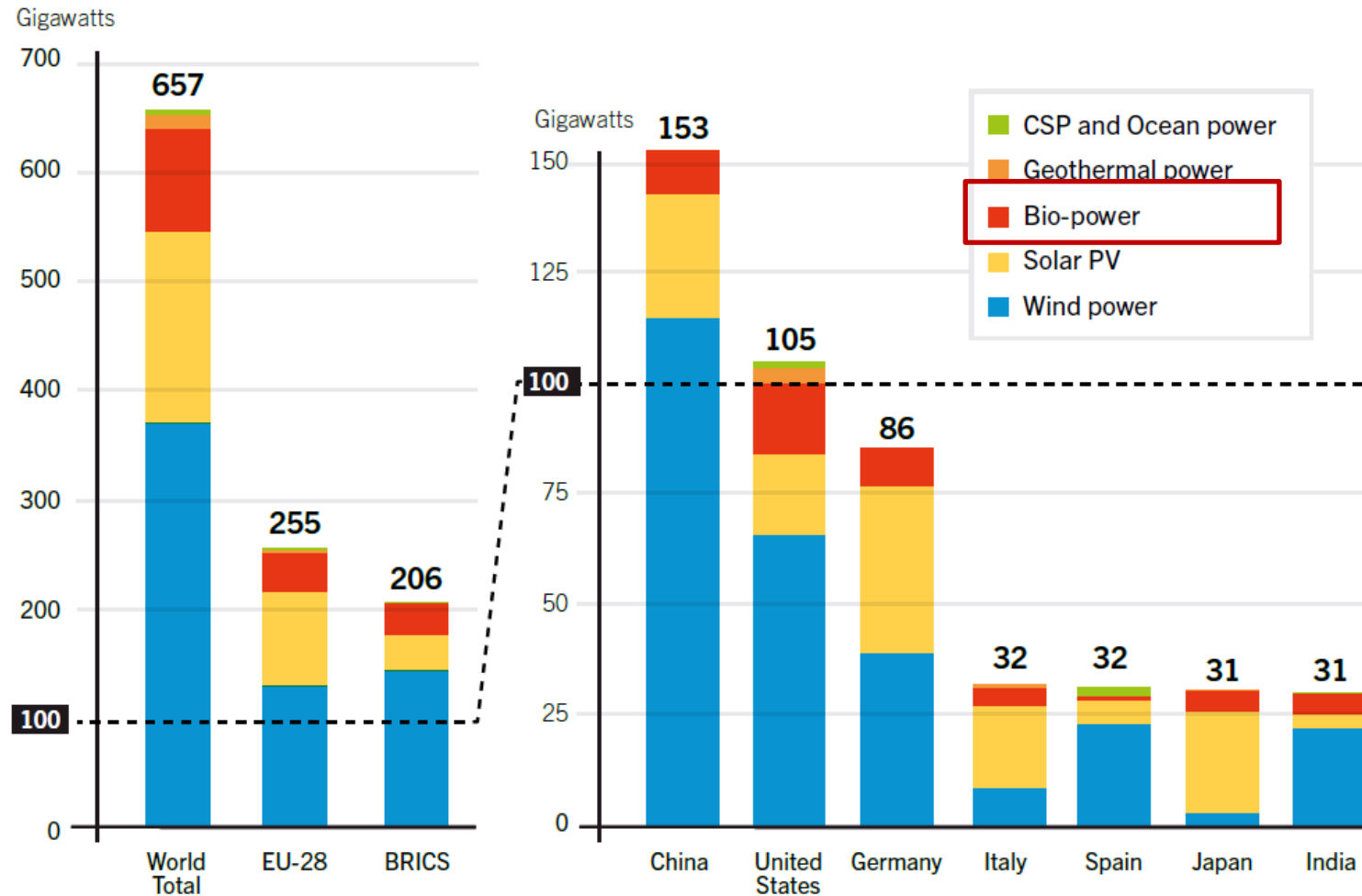
Source:
See Endnote 37
for this section.

REN21 Renewable Energy
Policy Network
for the 21st Century

Based on renewable generating capacity in operation at year-end 2014.

Biomasse

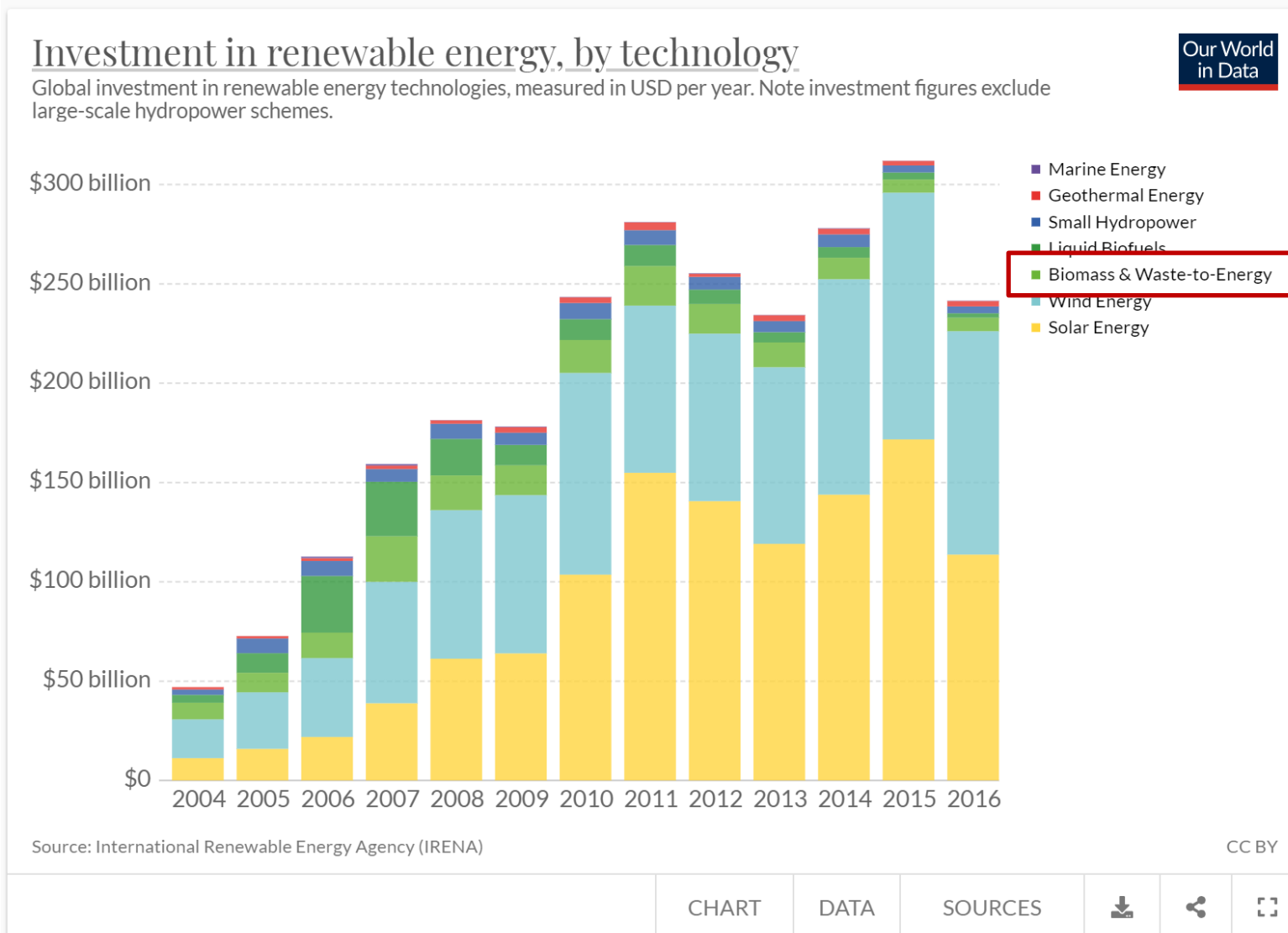
Figure 4. Renewable Power Capacities* in World, EU-28, BRICS, and Top Seven Countries, 2014



* not including hydropower (See Reference Table R2 for data including hydropower.)

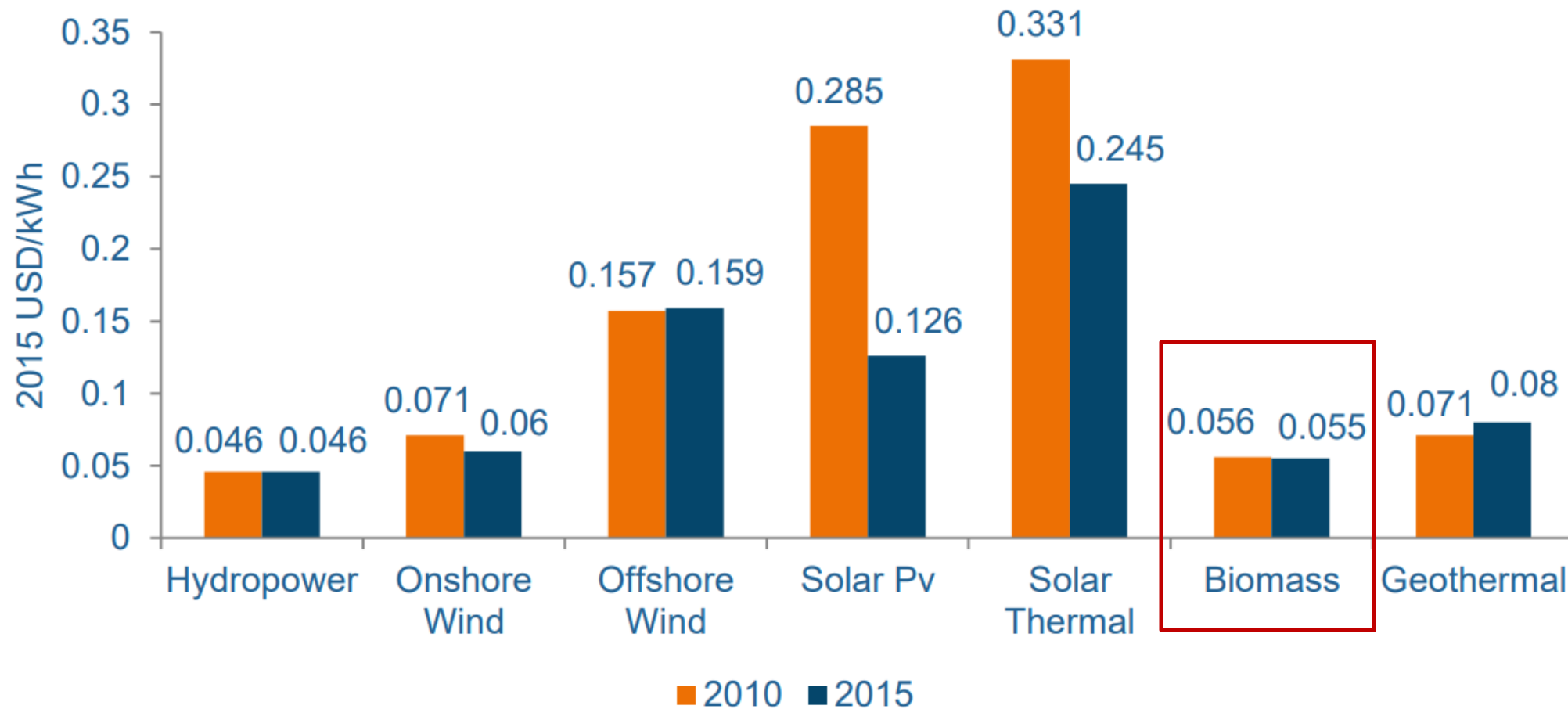


Biomasse



Biomasse

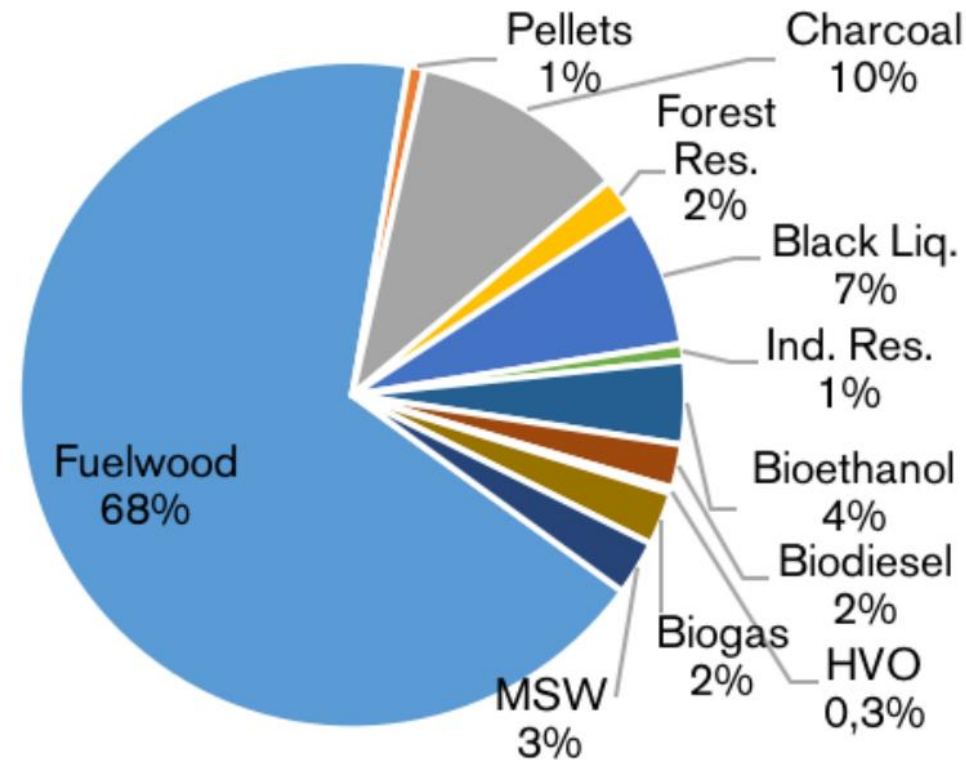
- Coûts actualisés



Source World Energy Resources, World Energy Council, 2016

Biomasse

- Énergie primaire provenant de la biomasse, 2013



Source: Based on data from World Bioenergy Association (2016)

Source World Energy Resources, World Energy Council, 2016

Biomasse

- Énergie primaire provenant de sources renouvelables, 2016

En Afrique, la production d'énergie primaire **renouvelable** est à plus de 95% assurée par la biomasse

	Total	Biomass	Hydro	Geothermal	Solar PV	Solar Thermal	Wind	Tide, Ocean etc.
Africa	16.9	16.3	0.42	0.15	0.01	0.01	0.04	0.000
Americas	16.7	10.7	4.99	0.66	0.20	0.16	1.14	0.000
Asia	31.4	21.8	6.09	1.92	0.58	1.04	1.12	0.002
Europe	11.4	7.38	2.98	0.44	0.39	0.18	1.10	0.002
Oceania	0.65	0.28	0.15	0.20	0.01	0.02	0.05	0.000
World	77.1	56.5	14.6	3.37	1.18	1.41	3.45	0.004

All values in EJ. Source: IEA Key World Energy Statistics

Source World Bioenergy Association, Global Bioenergy Stats, 2018

Pour tous les continents, le rôle de la biomasse parmi les sources d'énergie primaire **renouvelable** est très important, plus de 70% en moyenne

Biomasse

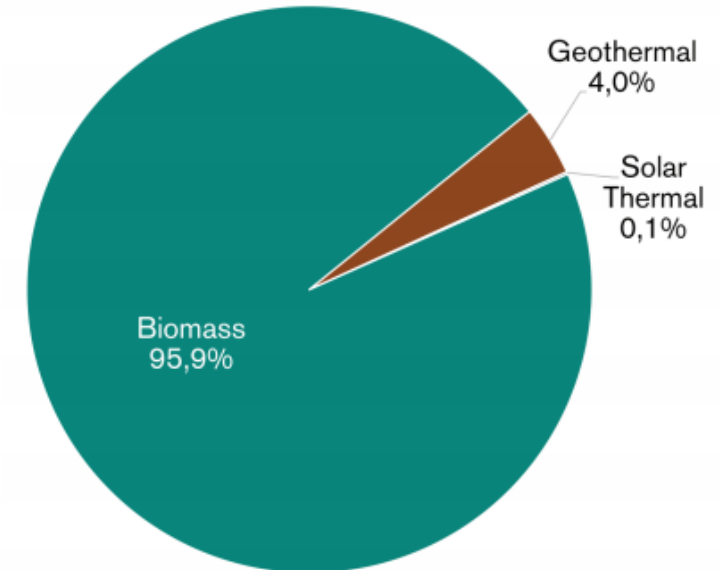
* La chaleur est fournie sous forme de chaleur directe ou de chaleur dérivée ou indirecte. Dans le cas de la chaleur dérivée, le principal vecteur d'énergie se dirige vers une usine de conversion (centrale de cogénération, installation de chauffage seul), puis la chaleur passe par un réseau de distribution d'eau chaude (par exemple, un réseau de chauffage urbain) au consommateur final.

- Génération de chaleur renouvelable indirecte* ou dérivée, 2016

Génération de chaleur dérivée à partir des énergies renouvelables

	Total	Biomass	Geothermal	Solar Thermal
Africa	0.00	0.00	0.00	0.00
Americas	63 419	63 419	0.00	0.00
Asia	77 747	77 747	0.00	0.00
Europe	957 963	912 695	43 704	1 564
Oceania	0.00	0.00	0.00	0.00
World	1 099 129	1 053 861	43 704	1 564

All values inTJ. Source: IEA Key World Energy Statistics



Parmi les options disponibles pour produire de la chaleur indirecte à partir de renouvelables, la biomasse est le choix le plus important. 1,05 EJ de biochaleur a été produite en 2016, suivi de 0,04 EJ de chaleur géothermique et 0,01 EJ de solaire thermique.

Source World Bioenergy Association, Global Bioenergy Stats, 2018

Biomasse

- Pour davantage sur le sujet
 - Consultez la version à jour



WBA GLOBAL BIOENERGY STATISTICS 2018

Summary Report

www.worldbioenergy.org

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs
- Biomasse
- ***Ressource, disponibilité et transport***
- Conditionnement
- Transformation (production d'énergie)
- Utilisation (vs utilisateur)
- Validité et critères
- Conclusion

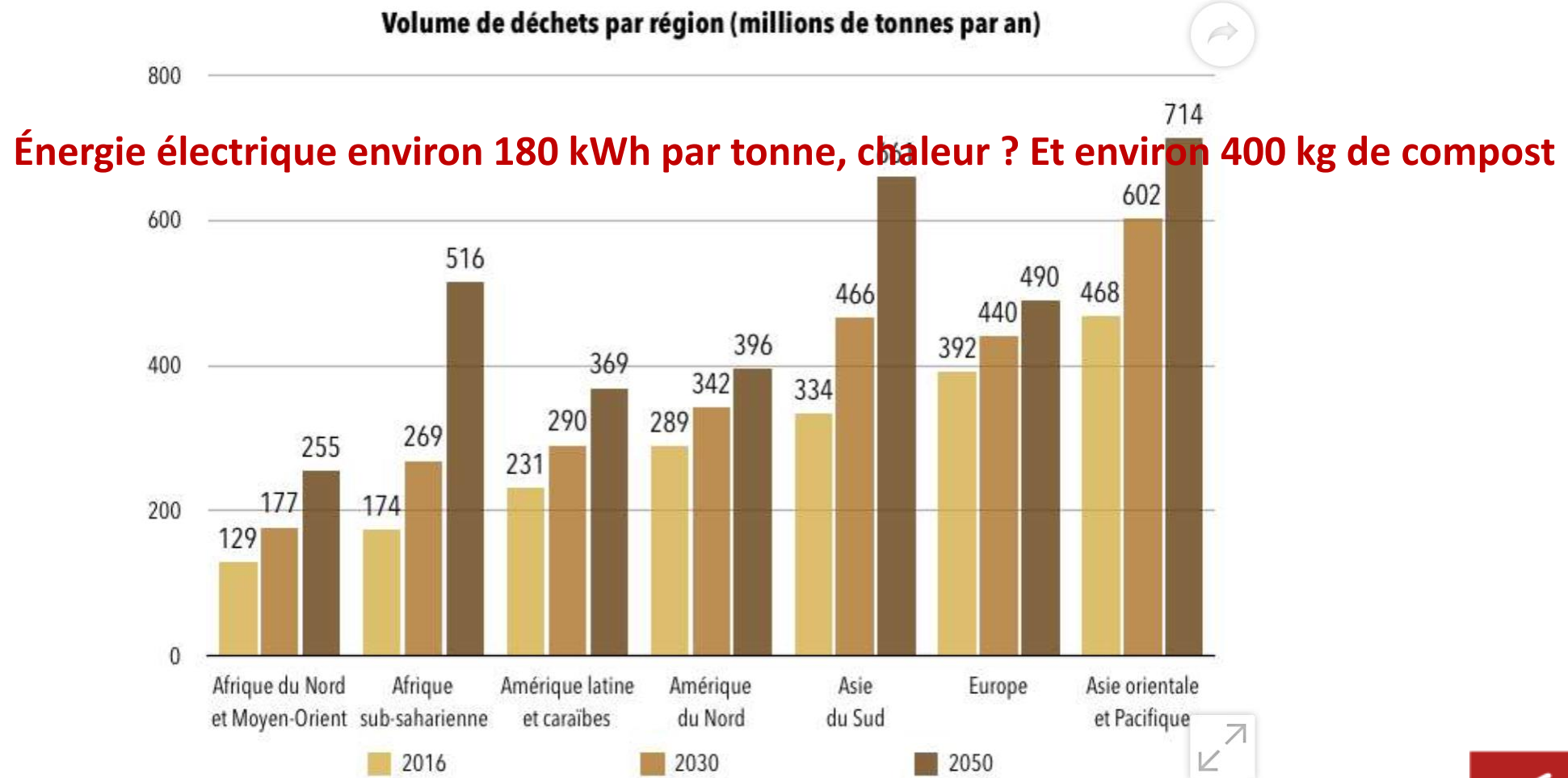
Ressource, disponibilité et transport

Parlons matières résiduelles...



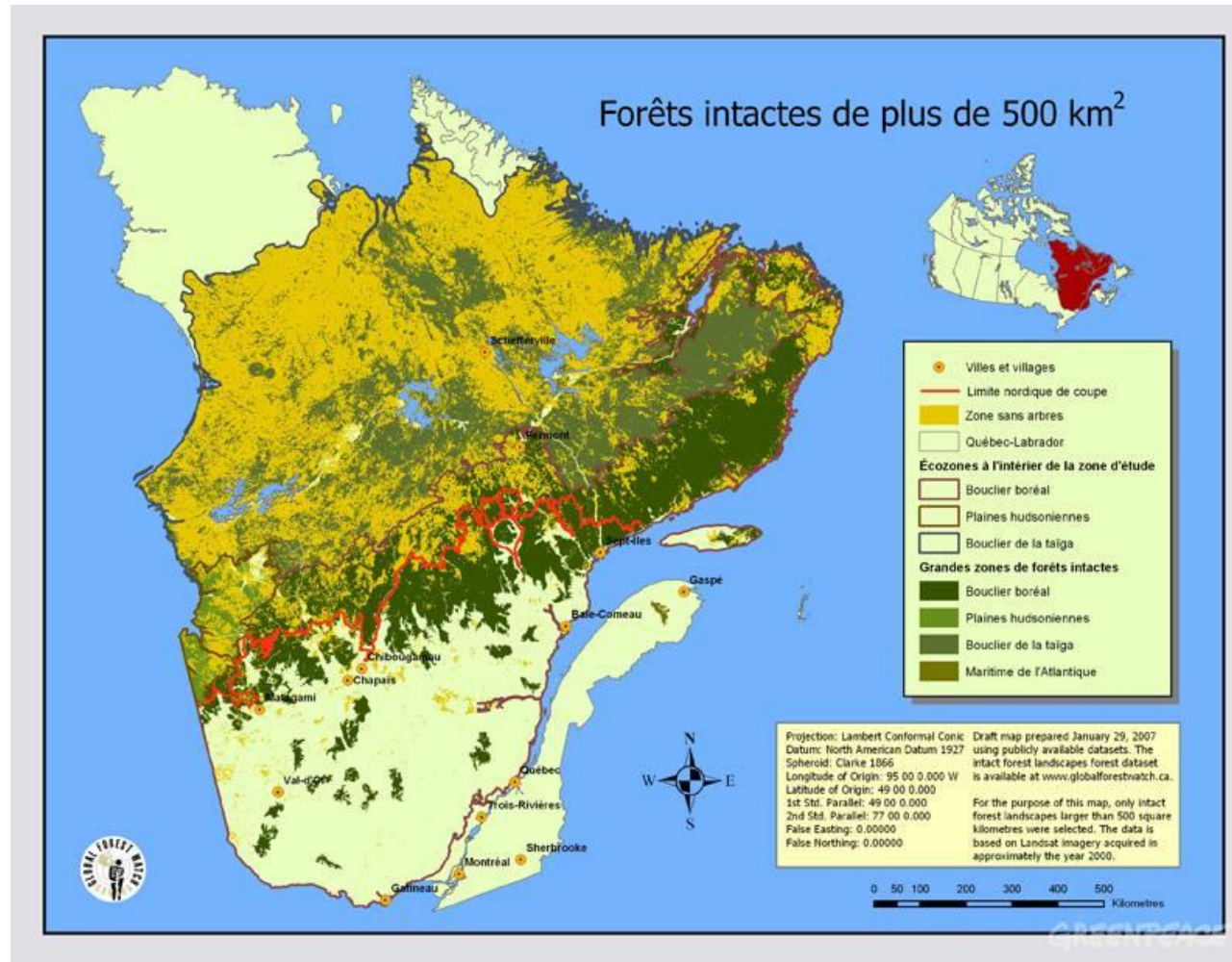
Ressource, disponibilité et transport

- Ressources (Bois-énergie, Villes, Industries, Agriculture).



Ressource, disponibilité et transport

- Ressources (Bois-énergie, Villes, Industries, Agriculture).



Ressource, disponibilité et transport

- Est-ce que les ressources sont disponibles?
 - Est-ce qu'il faut aller les chercher?
 - Est-ce que l'écosystème est déséquilibré?

- Transport
 - Quelle est la limite?
 - Le prix du pétrole?
 - Les GES?



Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Biomasse
- Ressource, disponibilité et transport
- ***Conditionnement***
- Transformation (production d'énergie)
- Utilisation (vs utilisateur)
- Validité et critères
- Conclusion

Question

- Quelles sont les limites du conditionnement de la biomasse ?
 - A. L'évaporation
 - B. Son instabilité
 - C. Le séchage est énergivore
 - D. Sa péremption
 - E. Toutes ces réponses



ENR2020

Conditionnement

- Intérêt (homogénéisation, utilisation, transportabilité)
 - Filière bois énergie
 - Résidus agricoles
 - Déchets
 - Algues
- Quelle est la limite du conditionnement?
 - La production des biocarburants est énergivore, parfois instable.
 - Le séchage est énergivore (chaleur latente vaporisation, 2200 kJ/kg)

Conditionnement

- Exercice séchage
 - Combien coûte le séchage d'une tonne de bois à 50% de siccité si du gaz naturel est employé comme molécule et si le rendement global du procédé de séchage est de 70%?
 - Combien de la portion sèche de la tonne de bois serait requise pour évaporer l'eau si l'on considère un PCI de 5330 kWh/tonne* et un rendement de 40%?
 - Combien resterait-il de bois sec à utiliser par tonne humide?

**Mesure des caractéristiques des combustibles bois, ADEME, 2001*

Conditionnement

- Exercice séchage (solution)
 - Vous devez donc savoir ce qu'est la siccité.
 - Ensuite, il faut que vous puissiez déterminer la chaleur latente d'évaporation de l'eau (ici on propose une valeur de 2200 kJ/kg)
 - Avec ces deux valeurs, vous obtenez de facto l'énergie requise pour évaporer l'eau. Soit la masse d'eau et h_{fg} . 1100 MJ
 - Il vous faut dénicher le PCI du GN
 - Avec le PCI et le rendement, vous obtenez la masse de gaz requise.

**Mesure des caractéristiques des combustibles bois, ADEME, 2001*

Conditionnement

- Exercice séchage (solution)
 - Le PCI du Gaz Naturel (GN) est de 38,1 MJ/kg ce qui avec un rendement de système de 100% demanderait 28,287 kg de GN.
 - Mais puisque le rendement est de 70%, il en faut plutôt 41,24 kg.
 - Avec un coût de GN à 6 \$/GJ (estimation 0,006\$/MJ), il vous coûtera donc 9,43\$ pour évaporer 500 kg d'eau de votre biomasse.

NOTE: cet exemple ne tient pas compte de l'énergie requise pour amener l'eau de sa température initiale (non spécifiée ici) à sa température d'ébullition. Il en coûterait en fait 10,87\$ en GN pour amener 500 kg d'eau de 20°C à 100°C (avec une chaleur spécifique de 4,2kJ/kg).

Conditionnement

- Exercice séchage (solution)
 - Le PCI du bois peut être estimé en moyenne à 19,191 MJ/kg (5330 kWh/tonne) ou la moitié de celui du gaz qui est lui-même inférieur à celui de l'essence.
 - Il faut donc 57,33 kg de bois, en théorie.
 - Avec le piètre rendement proposé de 40%, il en faut plutôt 143,32 kg
 - Ceci correspond à $(143/500)$ environ 28% de la masse de bois sec.
 - Cette constatation indique combien il est important de favoriser une biomasse sèche et combien le rendement peut affecter la rentabilité.

Plan de la présentation

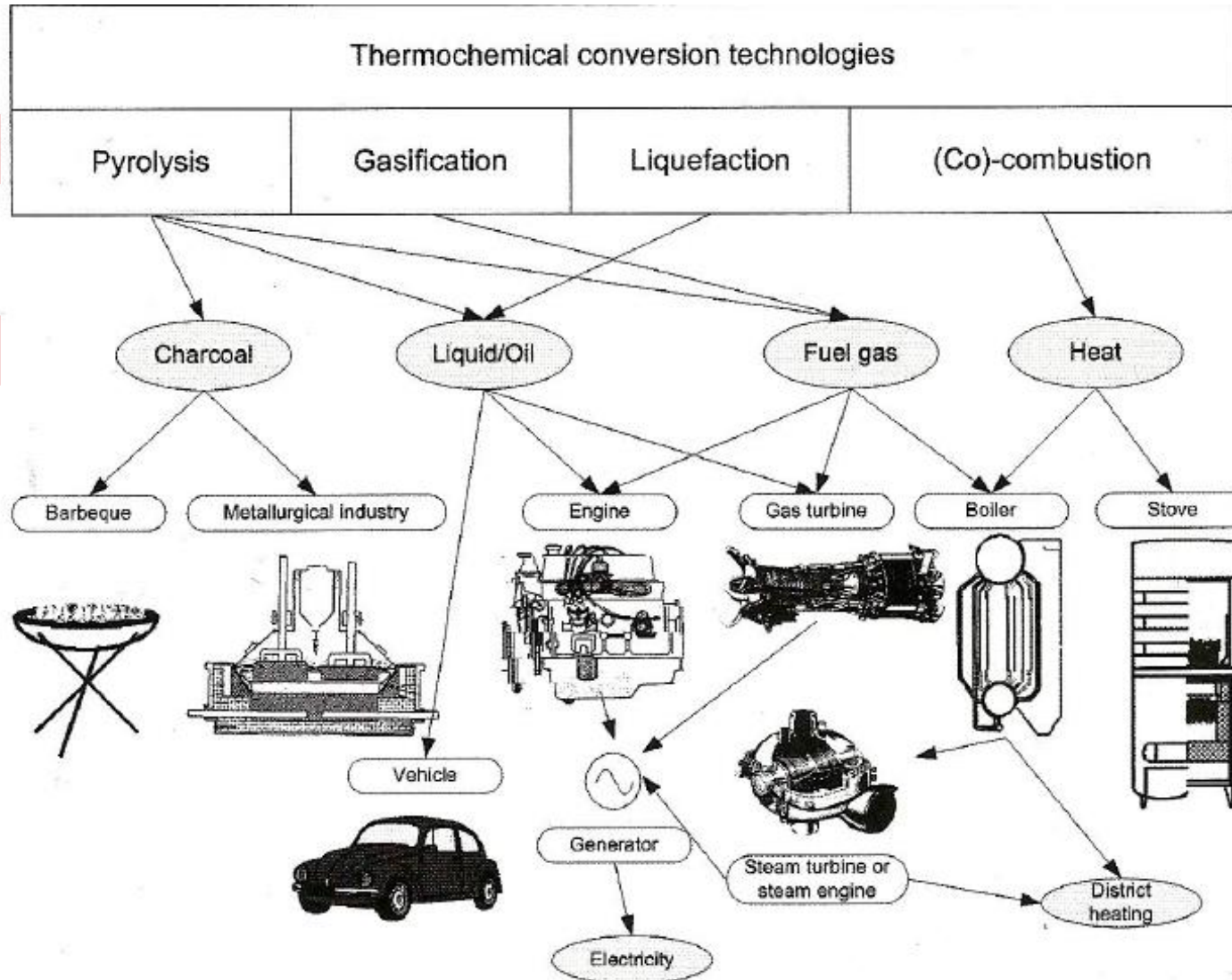
- Introduction et objectifs de la capsule
- Biomasse
- Ressource, disponibilité et transport
- Conditionnement
- ***Transformation (production d'énergie)***
- Utilisation (vs utilisateur)
- Validité et critères
- Conclusion

Transformation

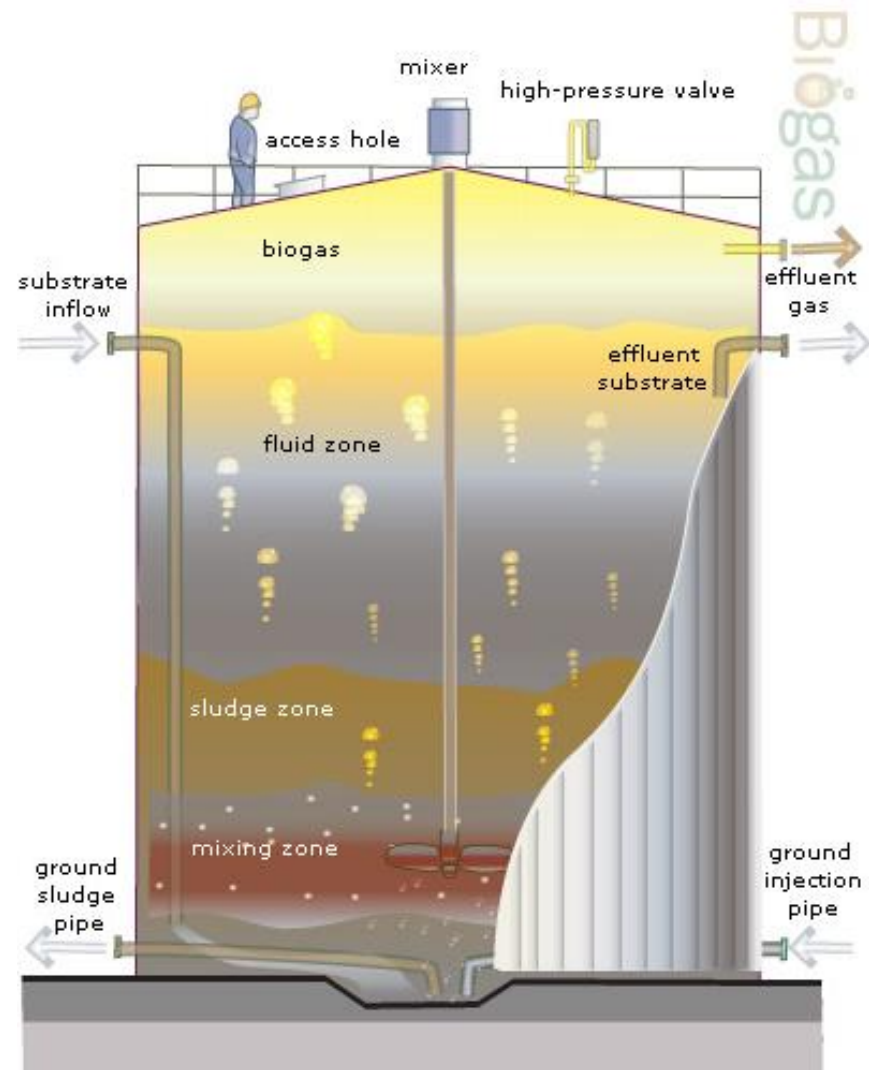
Quatre transformations

Produits de la réaction

Applications



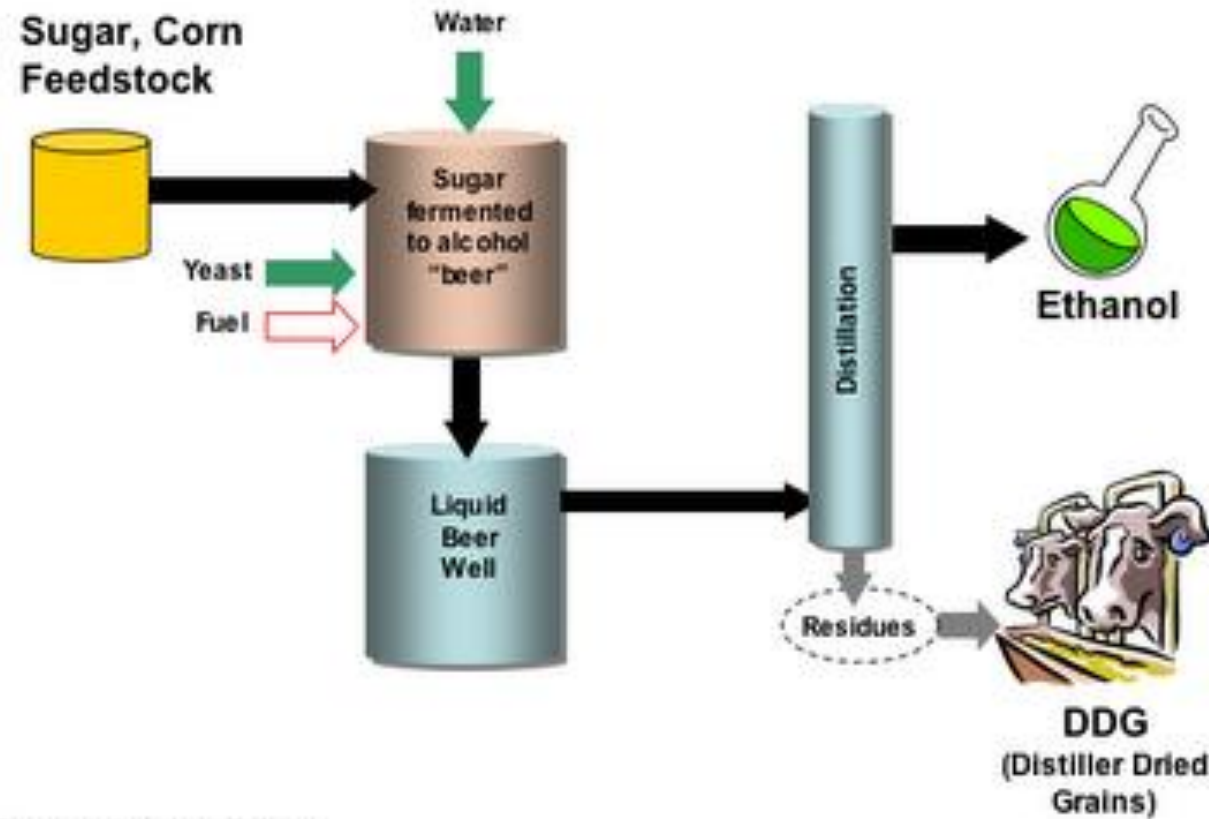
Transformation



Consulter la présentation sur la digestion anaérobie.

Transformation

Biochemical - Sugar fermentation



Process duration - 2 days

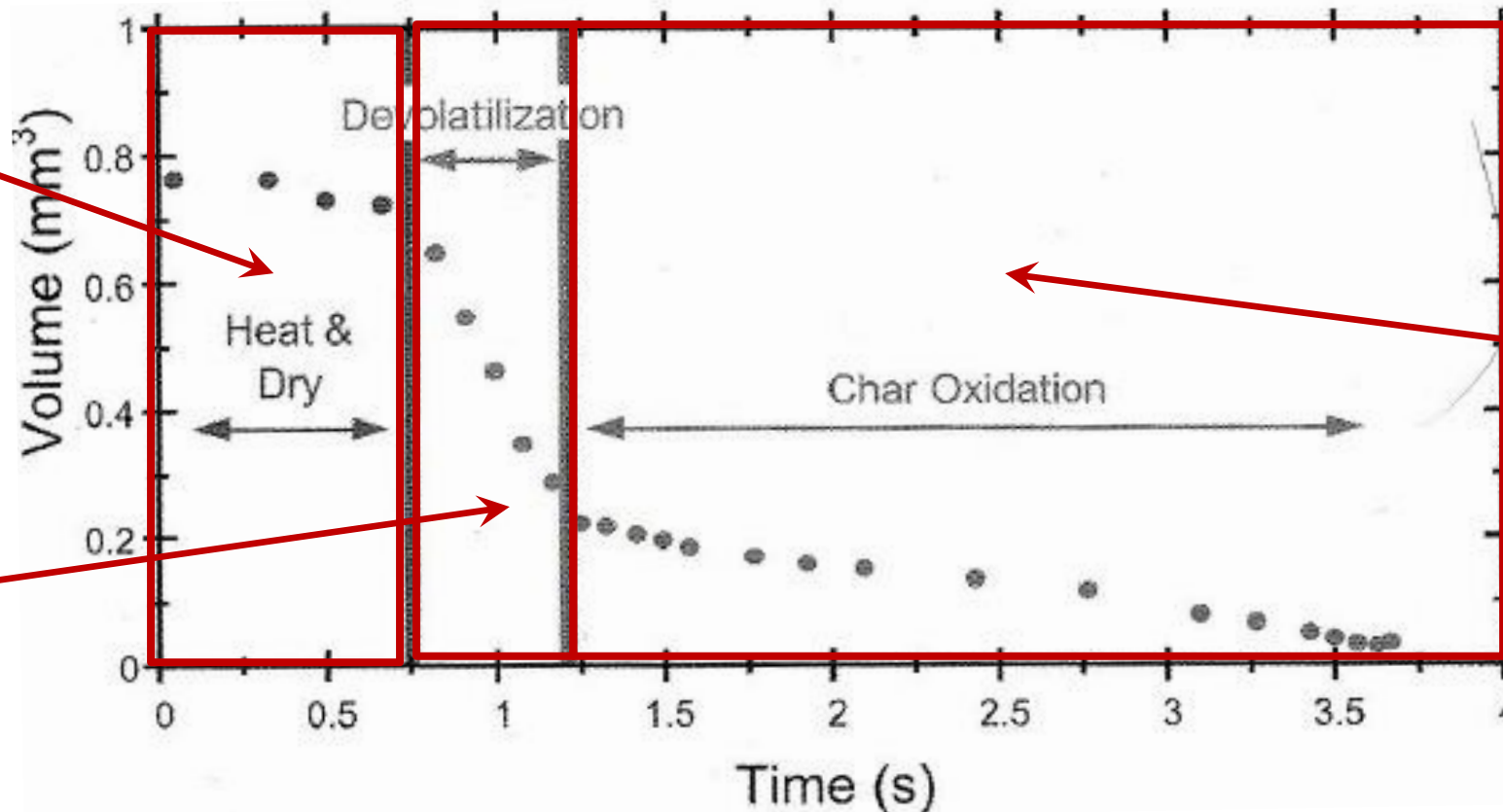
Transformation

- Combustion (gaz, liquide, solide)
 - Mélange homogène ou hétérogène

Consulter la présentation sur la combustion.

PHASE Séchage:
Dépend de l'humidité, évaporation progressive de H₂O.

PHASE Volatilisation:
Production de gaz, principale variation de volume. On peut choisir d'extraire les gaz dans un procédé de gazéification

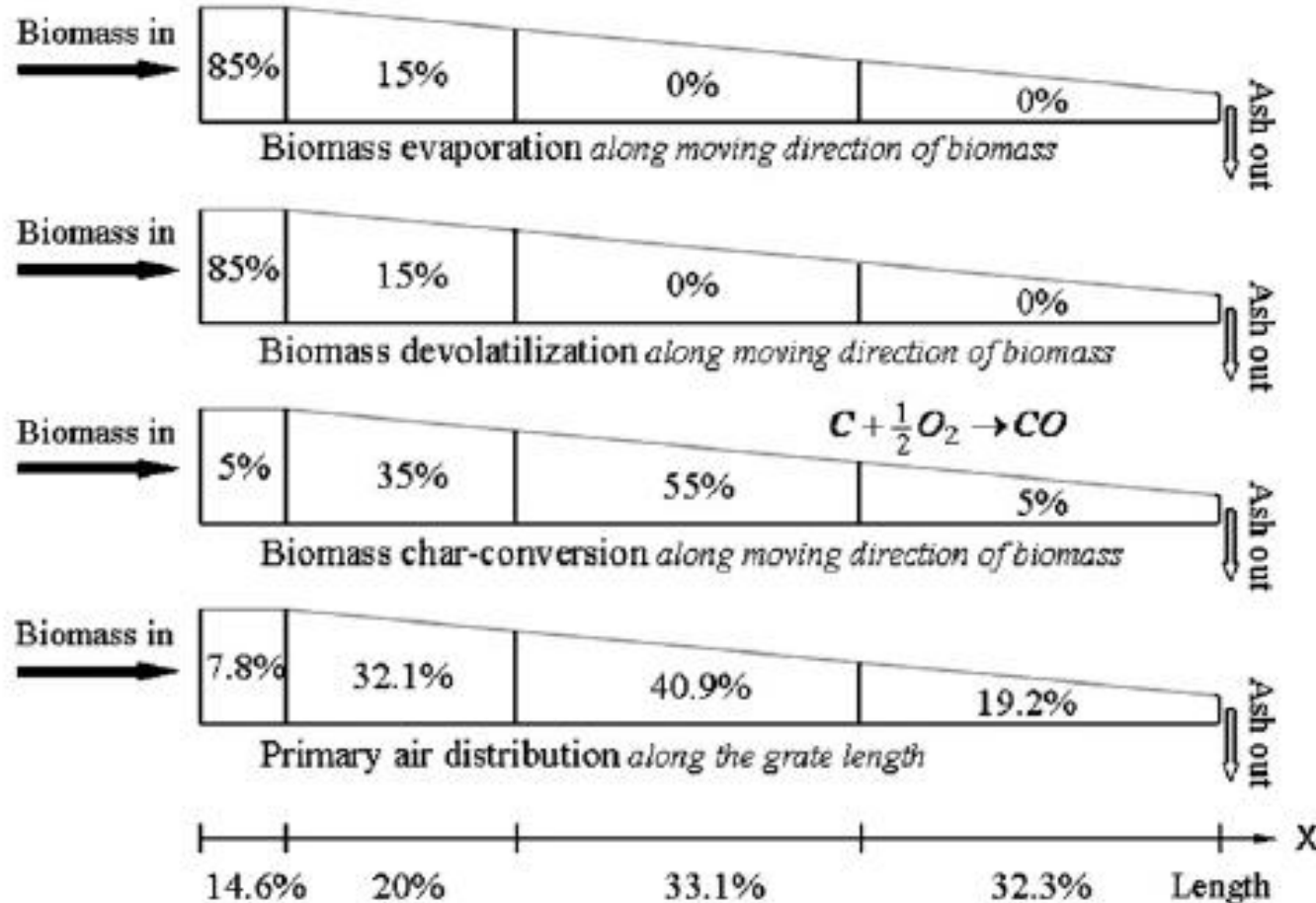


PHASE Oxydation:
Les gaz sont brûlés, puis c'est le charbon résiduel qui est brûlé si la réaction n'est pas arrêtée. Plus longue phase, diminution progressive et lente de la masse de charbon.

Transformation

- Combustion

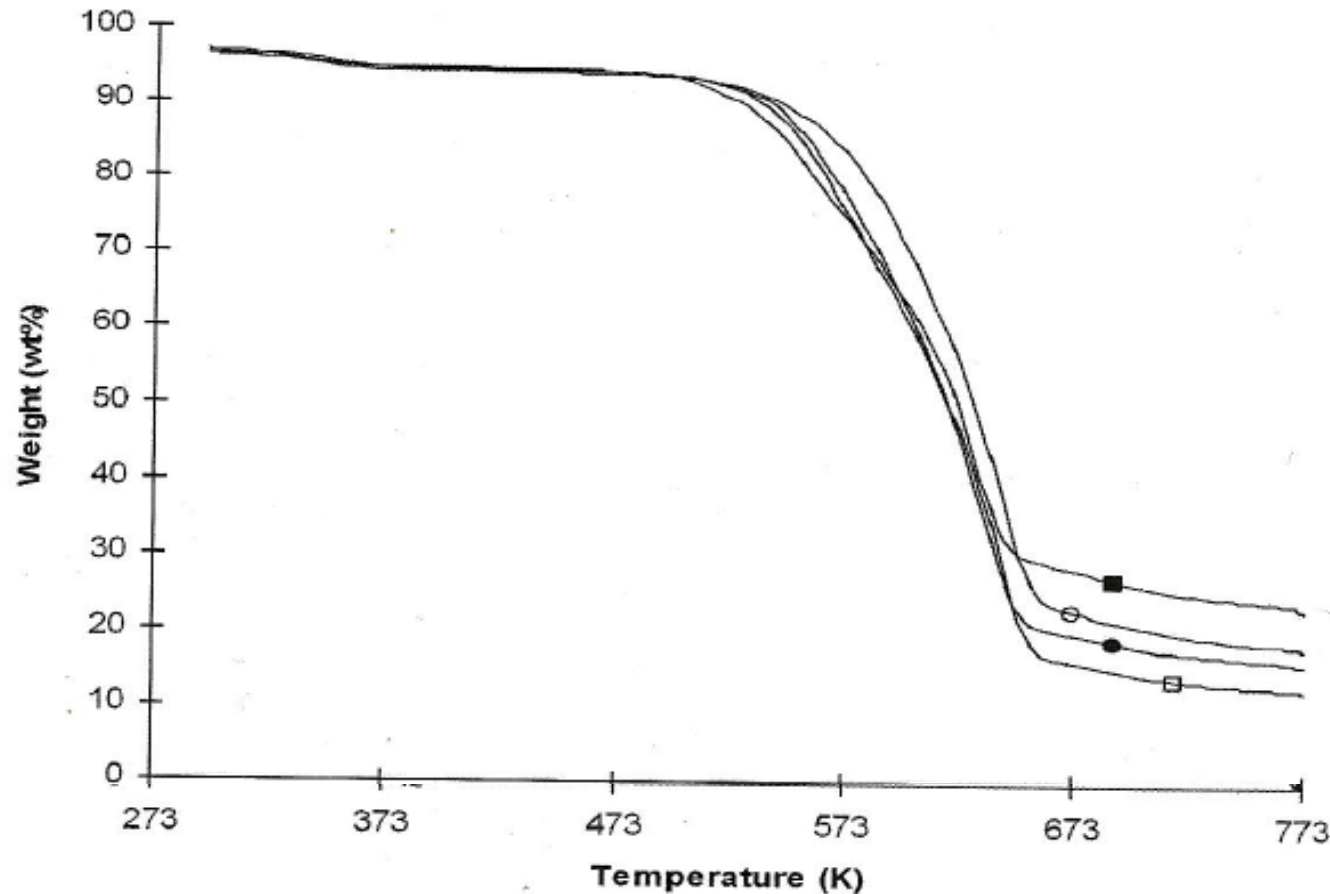
Phase en fonction de la direction du mouvement de la biomasse



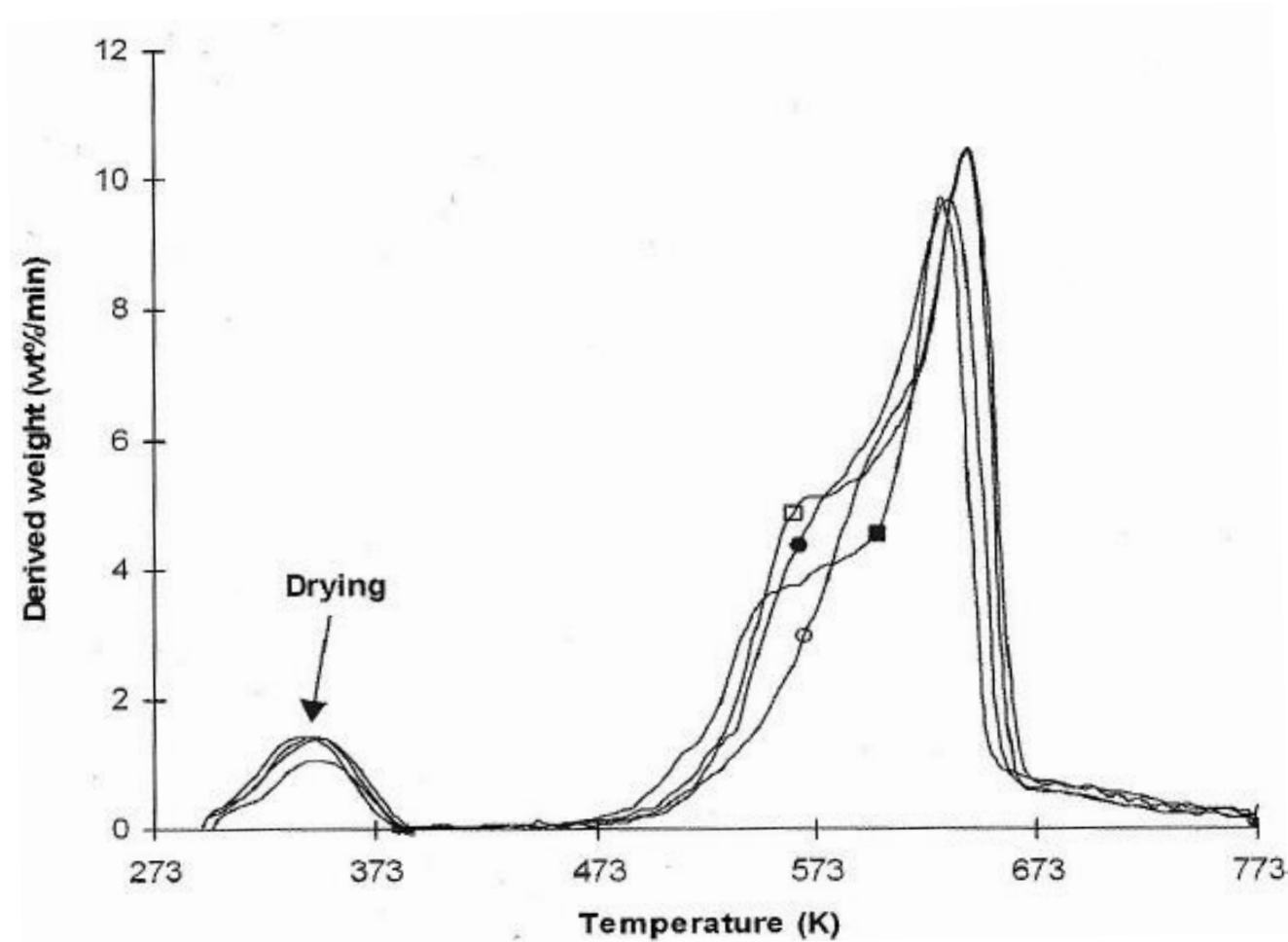
Transformation

- Combustion

Variation de la masse en fonction de la température du procédé.



Transformation



Transformation

- Technologie performante
 - Système de combustion adapté
- Combustible gazeux et liquide
 - Facilité de mise en œuvre
- Combustible solide
 - Importance du système de combustion

Transformation

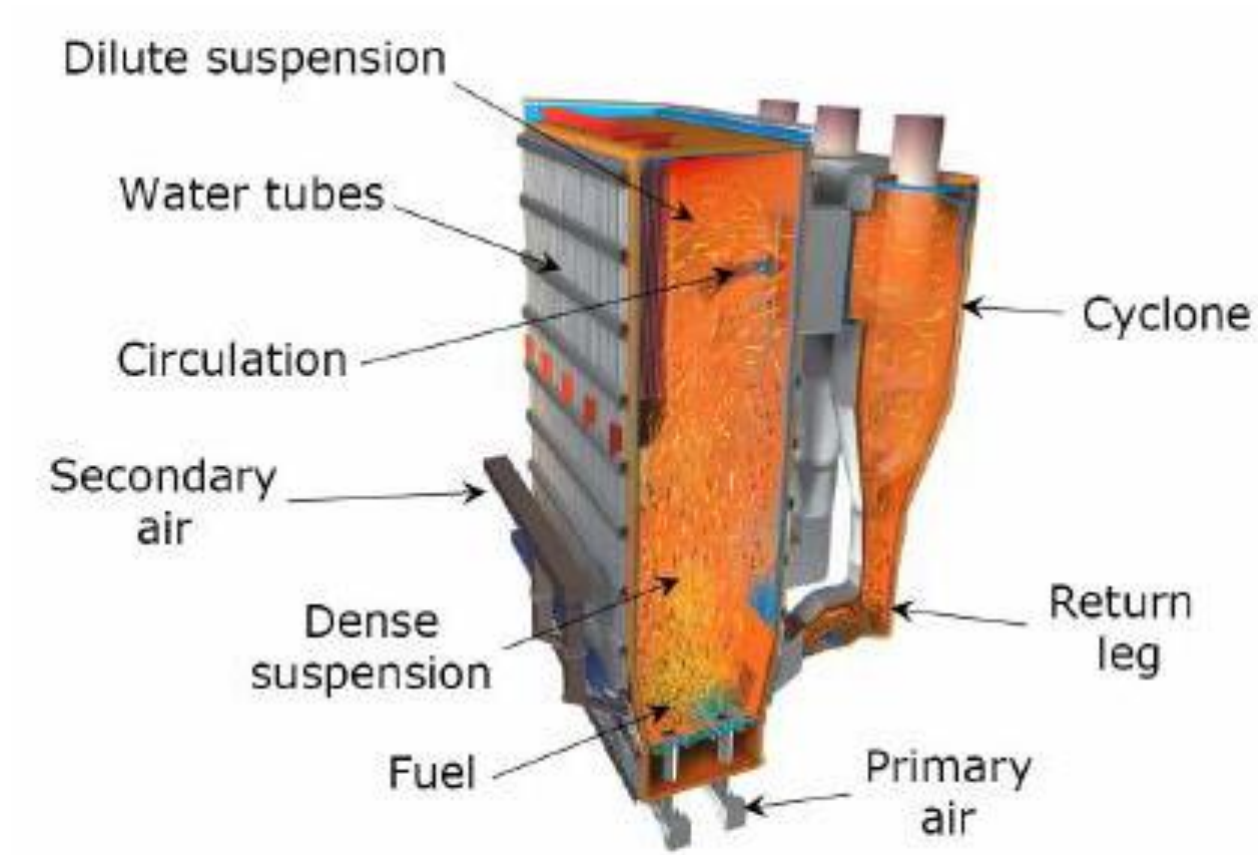
- Pouvez-vous me nommer un ou plusieurs systèmes de combustion pour combustible solide?

Transformation

- Systèmes de combustion pour combustible solide
 - Les **grilles** fixes, vibrantes, rotatives
 - Les **lits fluidisés** bouillonnants ou circulants
 - Les brûleurs spécifiques

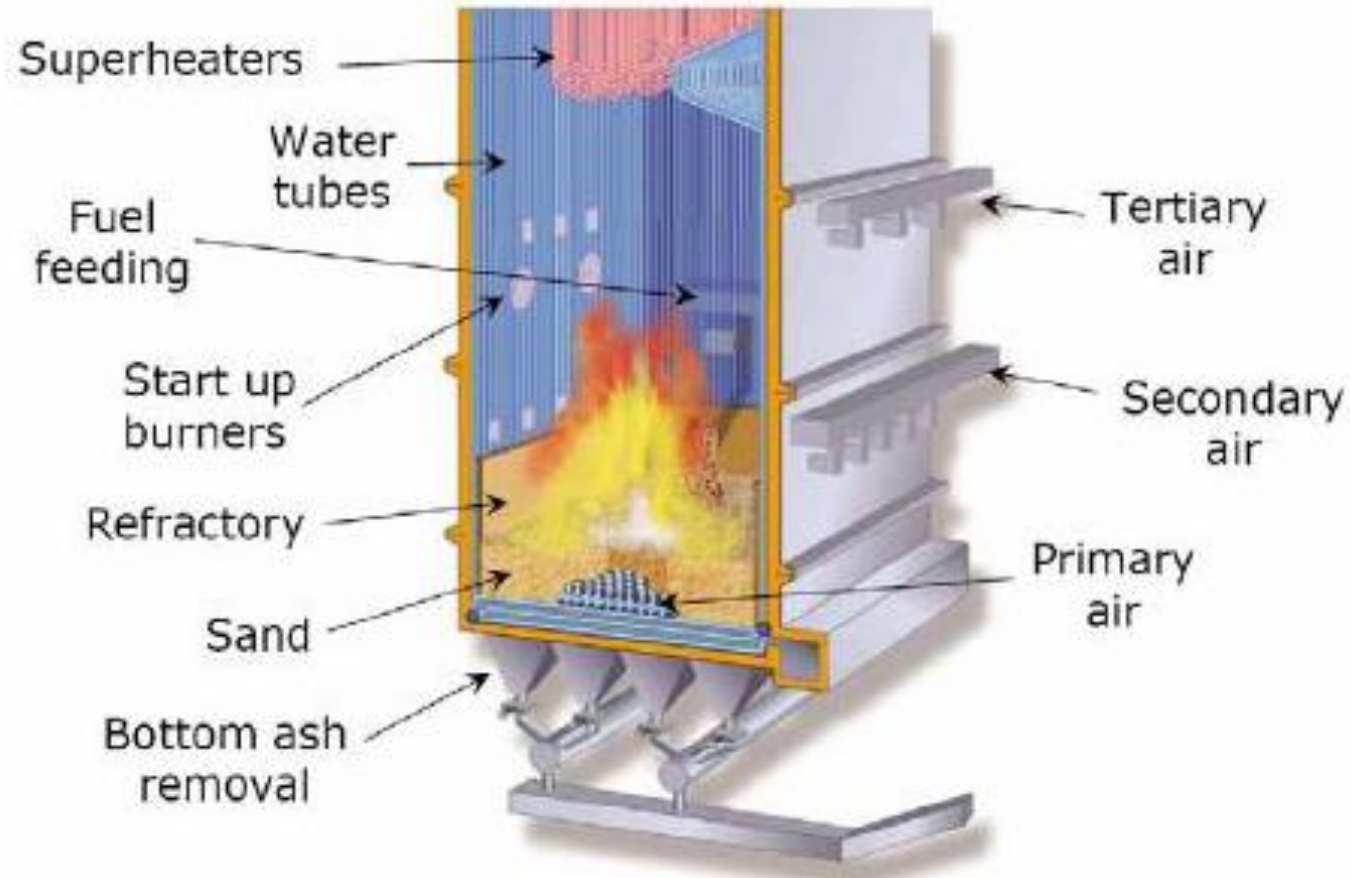
Transformation

- Exemple de systèmes



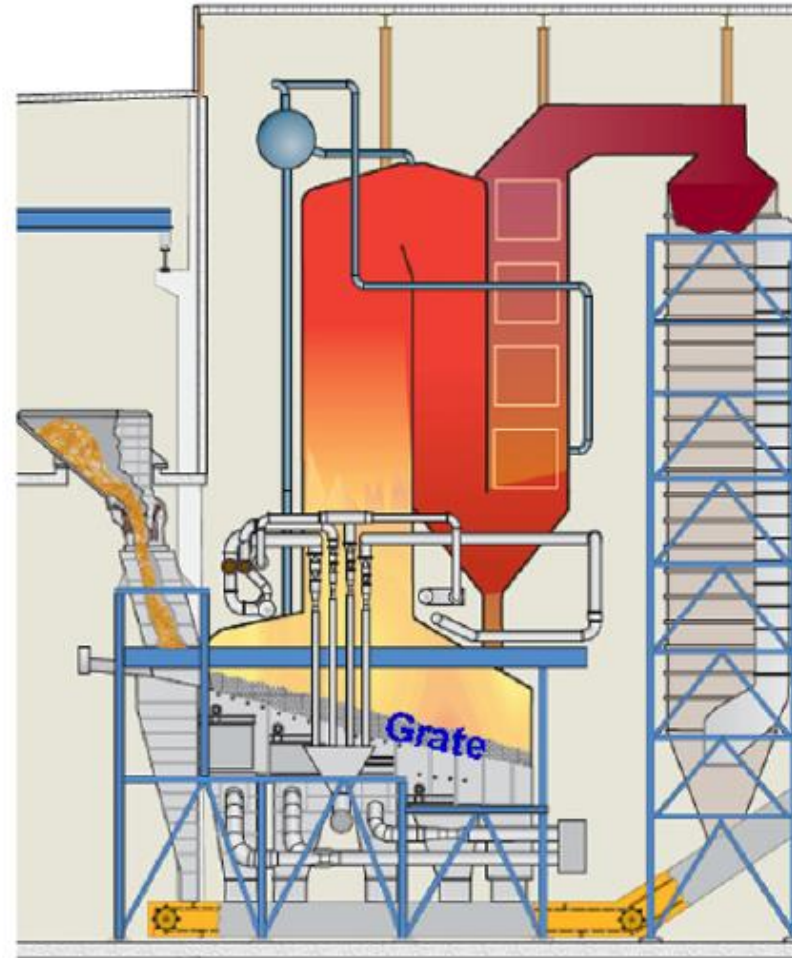
Transformation

- Exemple de systèmes



Transformation

- Exemple de systèmes

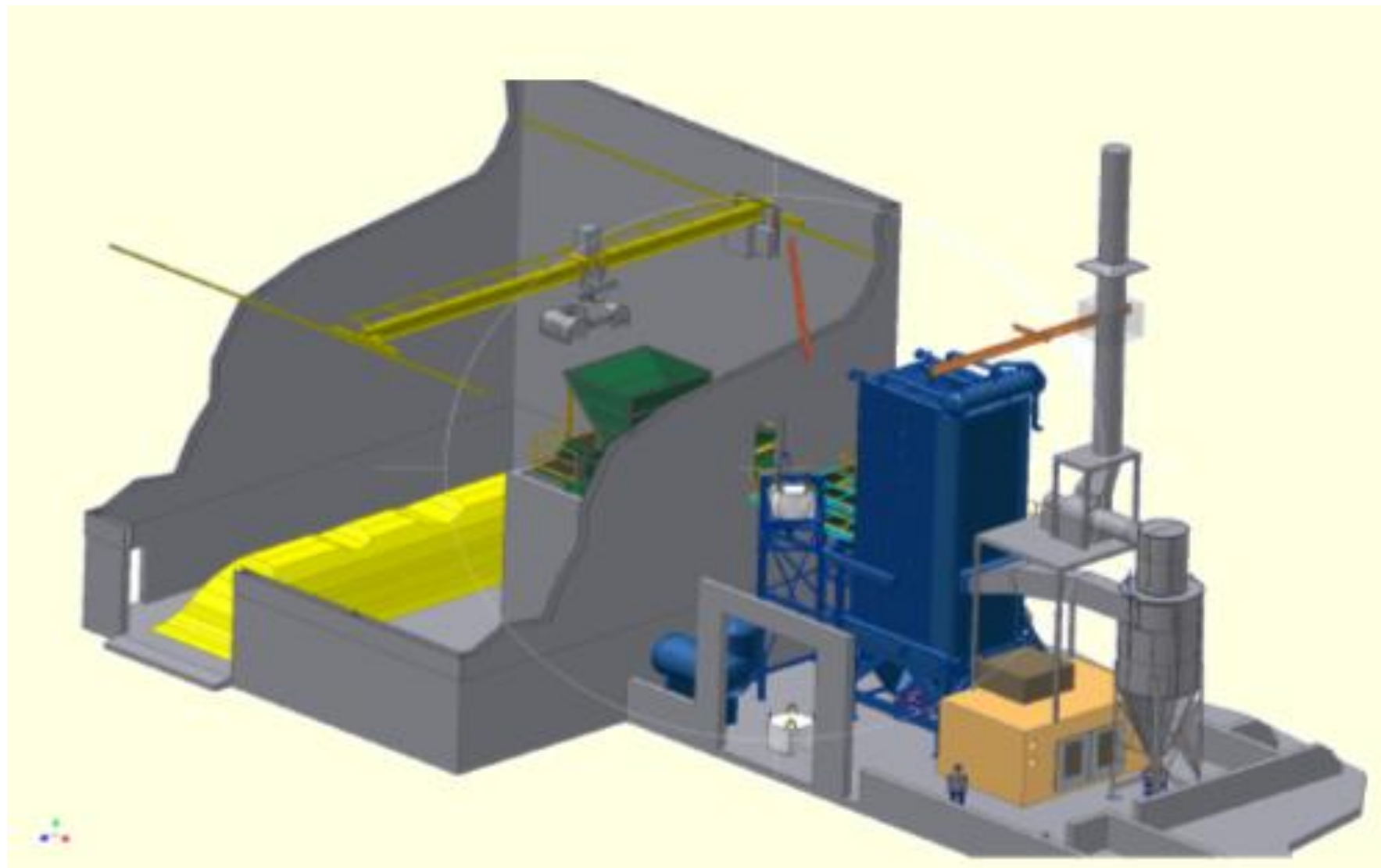


Transformation

- Présentation d'une centrale cogénération de 6MWth fonctionnant aux résidus forestiers
 - Procédé de lactosérum
 - Turbine de 1MW
 - Chaudière à tube d'eau
 - Système de combustion en lit fluidisé
 - Écorce à **50%H** sans prétraitement ou copeaux de bois à **30%H** ou résidus secs de construction mélangés à l'écorce

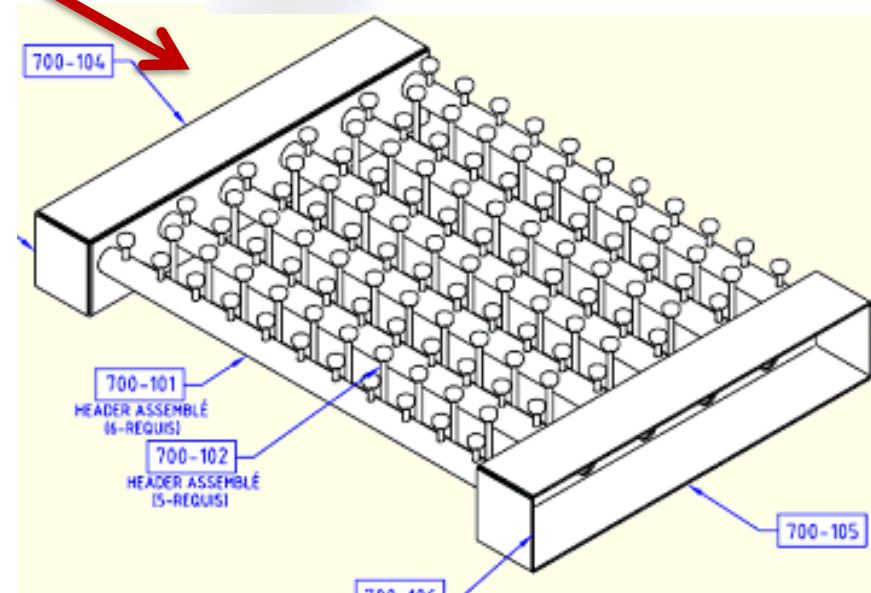


Transformation



Transformation

- Conception des buses
- Conception de la grille
- Intégration dans le foyer



Transformation



- Mélange air/combustible plus homogène
- Basse température de combustion
- Faibles coûts de maintenance
- Flexibilité de production de vapeur
- Fonctionne avec de forts taux d'humidité



- Connaissances supplémentaires requises
- Variation du taux d'humidité de la biomasse difficile
- Système de contrôle plus complexe
- Formation spécifique du personnel requise

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Biomasse
- Ressource, disponibilité et transport
- Conditionnement
- Transformation (production d'énergie)
- ***Utilisation (vs utilisateur)***
- Validité et critères
- Conclusion

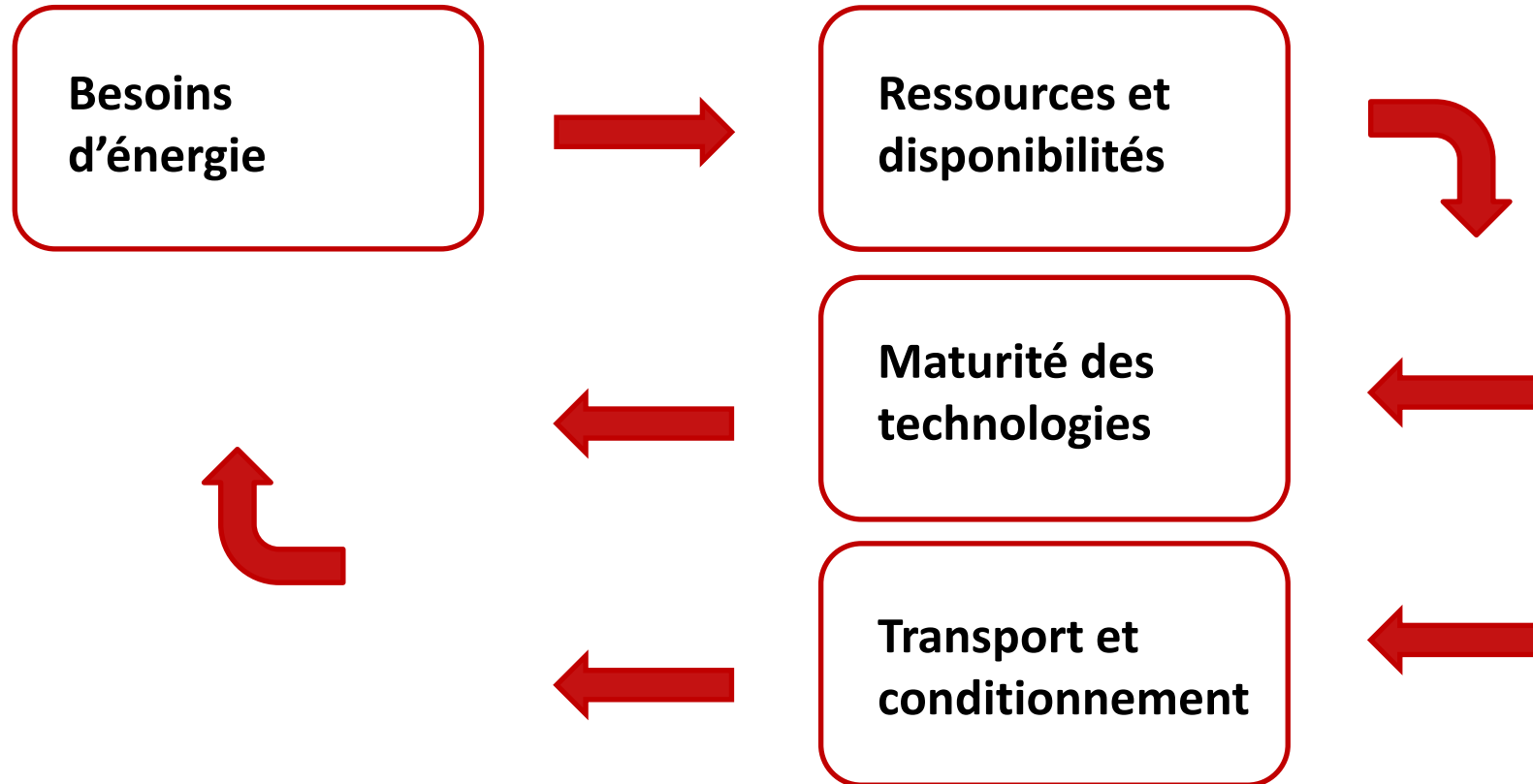
Utilisation

- Stockage (difficile dans plusieurs cas, grands volumes, compostage ou pourriture)
- Production (est-elle constante dans le temps? Que faire l'été si le client désire du chauffage urbain)
- Utilisation directe
 - Production d'électricité
 - Procédés industriels
 - Réseau de chauffage (urbain)
 - Moteurs

Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Biomasse
- Ressource, disponibilité et transport
- Conditionnement
- Transformation (production d'énergie)
- Utilisation (vs utilisateur)
- ***Validité et critères***
- Conclusion

Validité et critères de décision



Plan de la présentation

- Introduction et objectifs de la capsule
- Biomasse
- Ressource, disponibilité et transport
- Conditionnement
- Transformation (production d'énergie)
- Utilisation (vs utilisateur)
- Validité et critères
- ***Conclusion***

Conclusion

- Permet d'accroître l'indépendance énergétique du Québec;
- Source d'énergie à empreinte (presque) neutre;
- Ressource renouvelable lorsque gérée correctement;
- Il existe une vaste diversité de transformations possible;
- La disponibilité mondiale bien qu'inégalement répartie;
- Constitue un vaste domaine de recherche;
- Certaines technologies sont déjà démontrées et matures.

Conclusion

- Sujet de discussion
 - ❖ Le chauffage à la biomasse forestière résiduelle, une voie d'avenir écologique et économique?
 - ❖ Écouter : <https://ici.radio-canada.ca/premiere/emissions/moteur-de-recherche/segments/entrevue/153607/residus-forets-copeaux-environnement-renouvelable>
 - ❖ Développer une argumentation favorable (ou défavorable) à l'usage de la biomasse forestière résiduelle
 - ❖ Effectuer une recherche bibliographique pour appuyer vos affirmations

Références

- **Un système de combustion pour la combustion des résidus forestiers**, Anthony Goncalves, Mémoire maitrise, UQAC, 2010.
- Goncalves A., M.I. Farinas, L.I. Kiss, *Combustion of Forestry Residues in a Cogeneration plant*, proceeding of the 9th international conference on Heat Engines and Environmental Protection, 2009.
- Goncalves A., M.I. Farinas, L.I. Kiss, *Lit fluidisé bouillonnant pour la combustion des résidus forestier*, 10^{ième} Colloque interuniversitaire Franco-Québécois sur la Thermique des Systèmes, 2011
- Goncalves A., M.I. Farinas, L.I. Kiss, D. Rouse, *A bubbling fluidized bed combustion system for forest residues*, proceeding of the World Energy Renewable Congress, 2011.
- Goncalves A., Rouse D., Milot J., *Low exergy heat recovery for sustainable indoor agriculture*, proceeding of the World Energy Renewable Congress, 2011

Références

- **La valorisation énergétique des déchets par incinération**, Thiébaud KELLER, Mémoire de fin d'études, Majeure Finance, HEC, 2010
- **Grate firing of biomass for heat and power production**, *Progress in Energy and Combustion Science, Volume 34, Issue 6, December 2008, Pages 725-754* Chungen Yin, Lasse A. Rosendahl, Søren K. Kær
- **The Handbook of biomass and co-firing**, Edited by van Loo and Koppejan, 2008



Merci de votre attention !

Lorsque cette capsule de formation est présentée en asynchrone (PDF récupérable sur le site du cours), si vous avez des questions à formuler, veuillez les poser par écrit et spécifier le nom et le numéro de la présentation. Nous vous répondrons le plus rapidement possible.

Période de questions





