Technologies des bioénergies à base de la biomasse forestière et leurs impacts sur la qualité de l'air

Conférence organisée par l'APCAS

« Contrôle des émissions et assainissement de l'atmosphère »

Présenté par : Olga Solomatnikova
Chimiste, M. Sc., agente de recherche (CRIQ)

Le 9 février 2012

Centre de recherche industrielle Québec

CRIQ

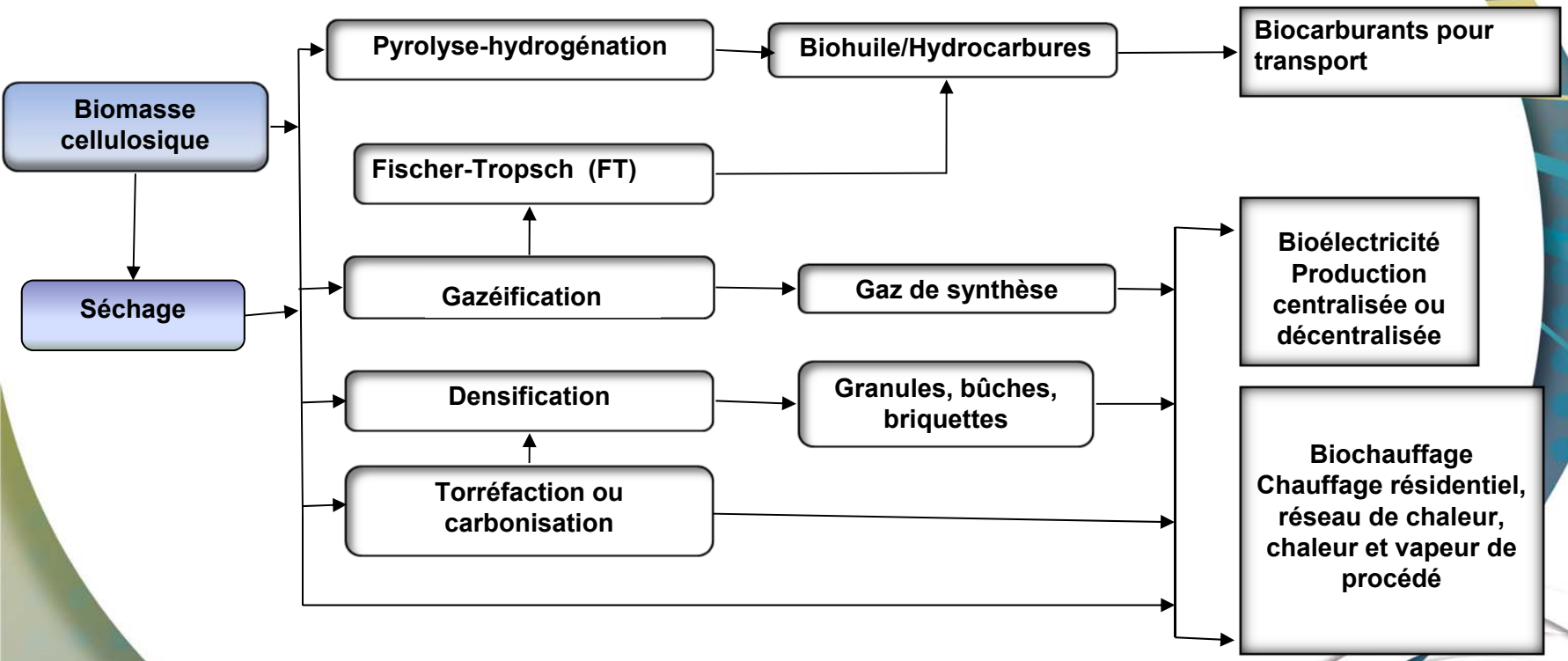
INTRODUCTION

- Plan d'action du MRNF (2009) pour la valorisation de la biomasse forestière
- Une des filières importantes visées → La filière énergétique
- Diminution des GES, remplacement des combustibles fossiles
- Étude réalisée par le CRIQ pour le compte du MRNF concernant les technologies de production de bioénergies à partir de la biomasse forestière
- Impacts de ces technologies sur la qualité de l'air

Centre de recherche industrielle Québec

© Centre de recherche industrielle du Québec, 2011. Tous droits réservés

QUELQUES VOIES DE CONVERSION DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE EN ÉNERGIE OU PRODUITS ÉNERGÉTIQUES



© Centre de recherche industrielle du Québec, 2011. Tous droits réservés

CRIQ

CONDITIONNEMENT DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

La biomasse doit être préalablement traitée afin de répondre aux exigences des différents procédés de conversion

- **Fragmentation (déchiquetage ou broyage)**
- **Tamisage (granulométrie requise)**
- **Séchage (teneur en humidité requise)**

CRIQ

PRODUITS DE TRANSFORMATION PHYSIQUE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE

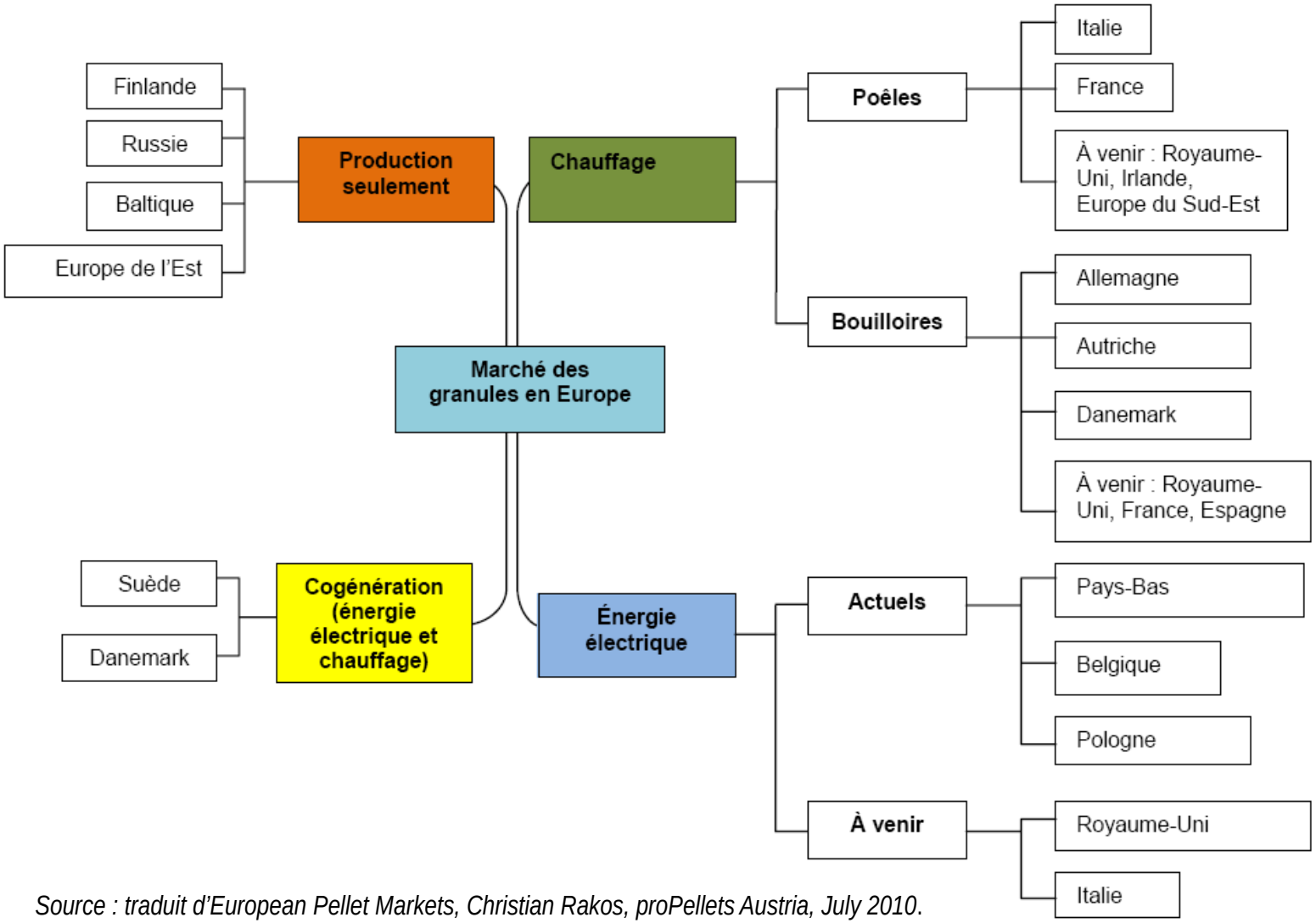
- Bûches de bois
- Copeaux
- Plaquettes
- Bûches synthétiques
- Briquettes
- Granules

Ces produits énergétiques sont utilisés comme :

- Substitut des produits pétroliers lourds (chaleur, électricité)
- Co-combustible avec d'autres substances

Centre de recherche industrielle Québec

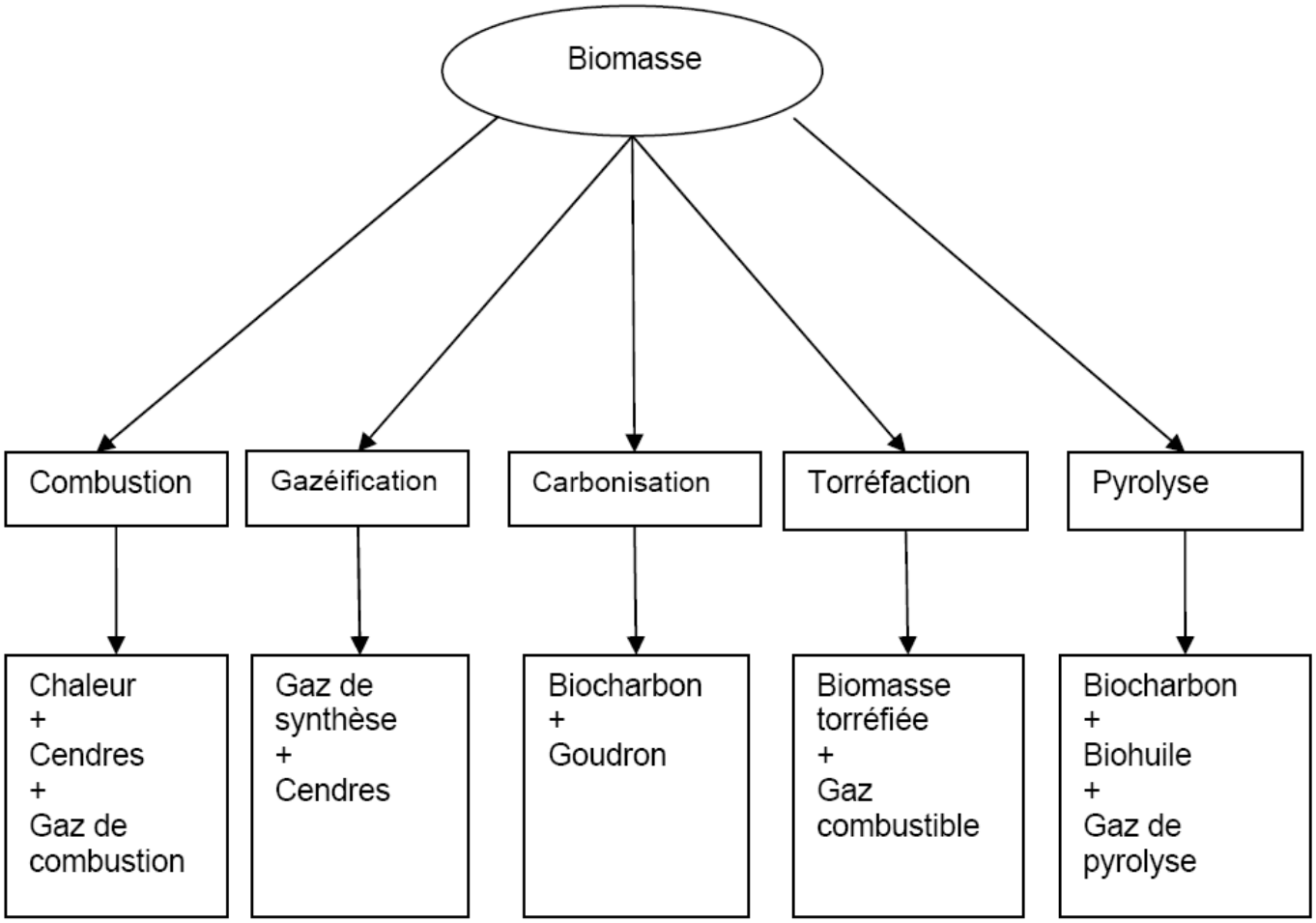
PRINCIPALES UTILISATIONS DES GRANULES (UE 2010)



Source : traduit d'European Pellet Markets, Christian Rakos, proPellets Austria, July 2010.

CRIQ

CONVERSION THERMOCHIMIQUE DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE



CRIQ

DÉFINITIONS

- **Combustion**

Oxydation complète de la biomasse en présence d'air. *Énergie pour le chauffage, l'électricité ou les deux.*

- **Gazéification**

Thermoconversion de la biomasse sous l'effet des températures élevées (900-1 400 °C). *Gaz de synthèse riches en CO et H_2*.

- **Pyrolyse**

Décomposition thermochimique de la biomasse à des températures entre 450 et 750 °C en absence d'oxygène. *Biohuile, biocharbon et de gaz pyrolytiques.*

- **Carbonisation**

Combustion lente de la biomasse en déficit d'air et une pression supérieure ou égale à la pression atmosphérique. *Biocharbon*.

- **Torréfaction**

Décomposition thermique de la biomasse à des températures entre 200 et 300 °C en absence d'oxygène et sous atmosphère contrôlée. *Produits torréfiés.*

Centre de recherche industrielle Québec

CRIQ

COMBUSTION DU BOIS

Combustion complète du bois

Bois + O_2 = CO_2 + H_2O + cendres + énergie

Combustion incomplète du bois

Bois + O_2 = CO_2 + H_2O + cendres + goudron + acides + poussières organiques + HAP + CO + énergie

La combustion n'est jamais tout à fait complète, ni avec le bois ni avec les mazouts traditionnels. Cependant, les émissions peuvent être très réduites.

Centre de recherche industrielle Québec

CRIQ

ÉMISSIONS DE LA COMBUSTION

Type de système et de combustible	Effic. (%)	SO_2	NO_x	COV et HAP	CO	CO_2	Particules
		mg/MJ					
Chaudière au mazout	75	220	55	10	50	78 000	5
Chaudière au gaz naturel	75	0,25	40	5	50	51 000	0,8
Chaudière au charbon	-	340	70	10	4 500	104 000	60
Chaudière à copeaux ou à granules	75	10	45	2	16	0	4
Chaudière moderne à bûches ou poêle certifié EPA	75	10	70	700	366	0	32
Poêle non certifié EPA	40	10	70	2 100	6 000	0	520

Le CO_2 généré par la combustion de la biomasse est considéré comme carbone neutre.

Centre de recherche industrielle Québec

TECHNOLOGIES D'ÉPURATION DES GAZ DE COMBUSTION

- Dépoussiéreur multi-cyclone
- Filtres à manches
- Électrofiltres
- Laveur de gaz (*wet scrubber*)
- Précipitateur électrostatique
- Condensation de la fumée suivie de filtration. (Chaudière à condensation qui permet la récupération de la chaleur transportée par la vapeur d'eau contenue dans les gaz de combustion)

RÈGLEMENTS QUÉBÉCOIS RELATIFS AUX ÉMISSIONS PARTICULAIRES DES APPAREILS DE CHAUFFAGE AU BOIS ET DES SÉCHOIRS DE LA BIOMASSE FORESTIÈRE (MDDEP)

Au Québec, il est interdit de fabriquer, de vendre et de distribuer des appareils de chauffage au bois non conformes à au moins l'une des normes suivantes :

- CAN/CSA-B415.1. Essais et rendement des appareils de chauffage à combustibles solides, publiée par l'Association canadienne de normalisation (ACNOR);

- Standards of Performance for New Residential Wood Heaters, 40 CFR 60 subpart AAA, publiée par United States Environmental Protection Agency (EPA).

Centre de recherche industrielle Québec

CRIQ

RÈGLEMENT SUR LA QUALITÉ DE L'ATMOSPHÈRE (MDDEP)

Puissance nominale (MW)	Combustible utilisé	Valeurs limites d'émission de particules (mg/m^3R de gaz sec)	
		Appareil existant	Nouvel appareil
<3	Bois ou résidus de bois, utilisés seuls ou avec un combustible fossile	600	150
≥ 3 et < 10	Bois ou résidus de bois, utilisés seuls ou avec un combustible fossile	340	150
≥ 10	Bois ou résidus de bois, utilisés seuls ou avec un combustible fossile	100	70
≥ 3	Matières résiduelles de fabrique de pâtes et papiers, utilisées seules ou avec un combustible fossile	100	70

COÛT DE CHAUFFAGE POUR DIFFÉRENTS COMBUSTIBLES

Type de combustible	Coût ($/unité)	Coût brut ($/kWh)	Efficacité de conversion (%)	Coût net ($/kWh)
Mazout n° 2	0,77 $/litre (1)	0,072	70-80	0,096
Gaz naturel	0,60 $/m^3 (2)	0,060	70-85	0,080
Électricité	0,08 $/kWh (3)	0,080	100	0,080
Copeaux	75 $/tmv (4)	0,025	70-80	0,033
Granules	200 $/tma (5)	0,040	70-80	0,053

1. Source : Régie de l'énergie. Moyenne pondérée des trois derniers mois d'hiver pour le Québec en entier.
2. Le coût moyen dépend de la consommation.
3. Basé sur le coût moyen au tarif M pour une école.
4. Comprend la récolte, le transport et le conditionnement.
5. Comprend l'achat et le transport.

Source : *Chaudières à biomasse et technologies de combustion*, Écosens énergie inc., Jean Baribeau, Jocelyn Millette, janvier 2010.

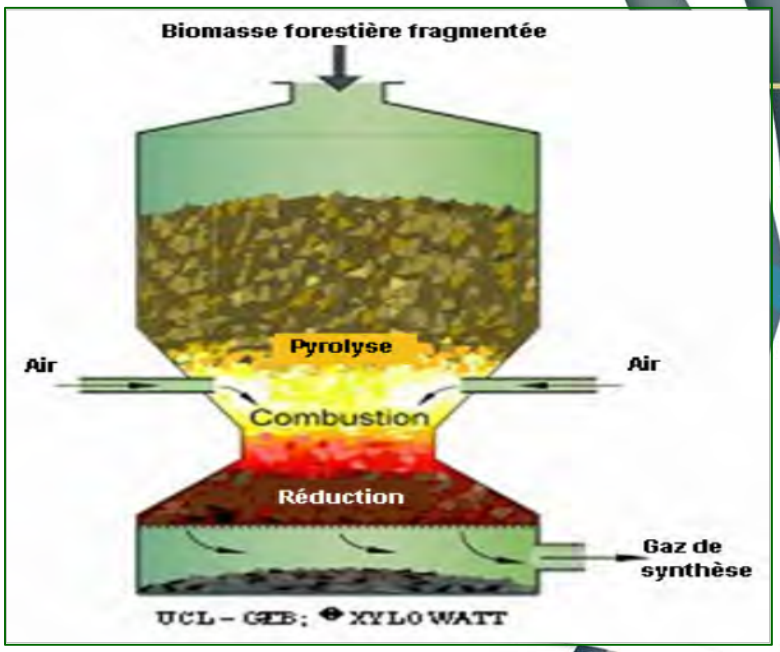
CRIQ

GAZÉIFICATION

Température > 700 C

<u>Produits</u> : Gaz de synthèse (ou syngas) riche en H_2 et CO

- CO_2, CH_4 et d'autres composés ne sont pas souhaités dans le syngaz
- Réacteurs sur le marché : fours tournants, à lit fixe, à lit fluidisé, à lit entraîné, à plasma, etc.
- Les plus populaires sont des gazogènes à lit fixe de type co-courant.
- Une gazéification bien contrôlée n'émet pas de polluants dans l'atmosphère



Centre de recherche industrielle Québec

CRIQ

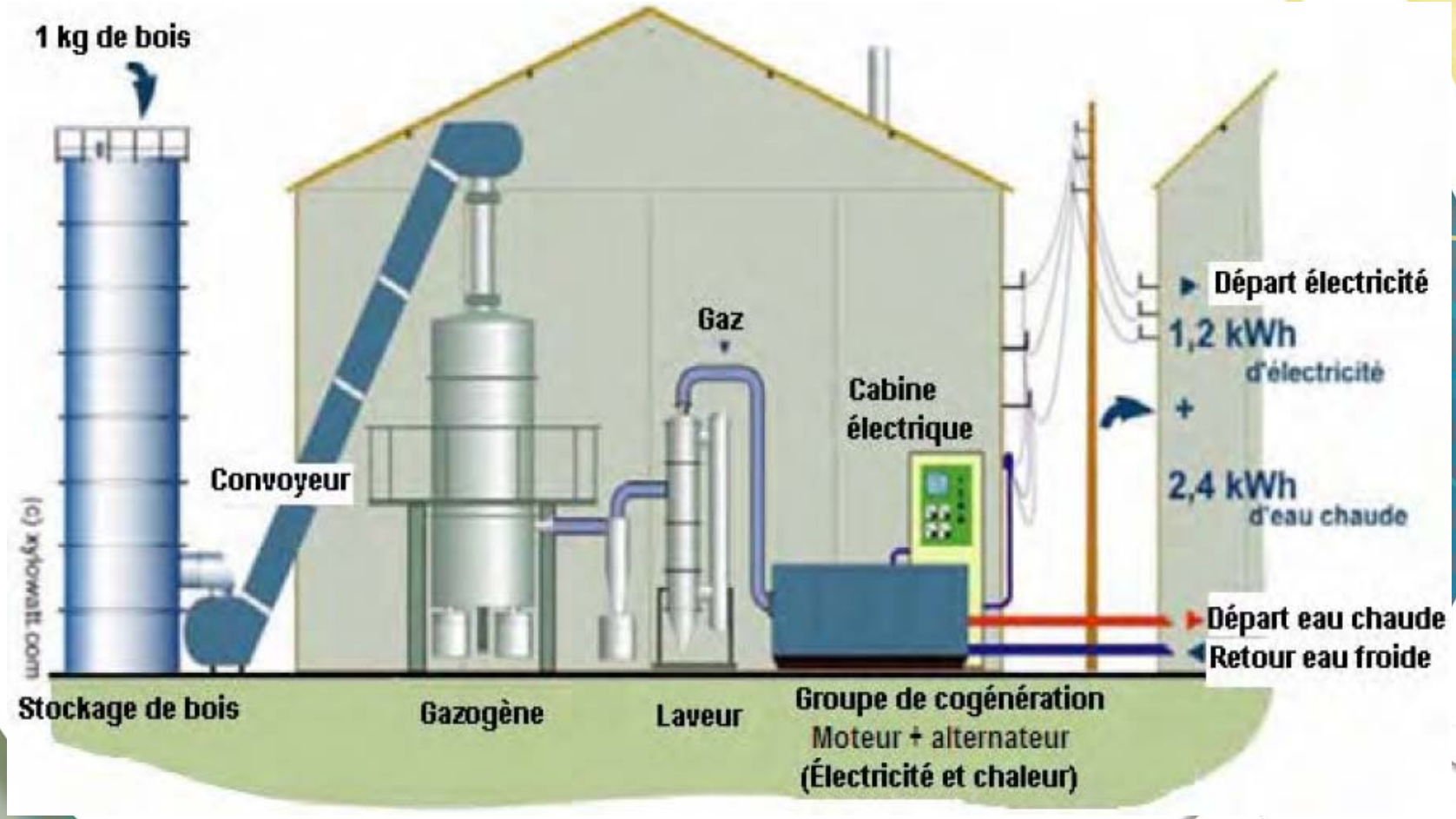
COMPOSITION TYPE DU SYNGAS

Le syngas sortant du réacteur est constitué de :

- CO, H_2, H_2O, CO_2, NH_3, NOx, goudron et cendres
- Goudron : composés phénoliques à haut poids moléculaire produits par des réactions secondaires
- Cendres (oxyde de calcium, de potassium et de magnésium)
- Le syngas utilisé comme combustible ne nécessite pas de prétraitement cependant, les gaz de combustion pourraient être traités
- Le syngas utilisé pour la synthèse d'alcool, d'éthers et d'hydrocarbures doit être purifié afin d'éviter l'empoisonnement des catalyseurs.

CRIQ

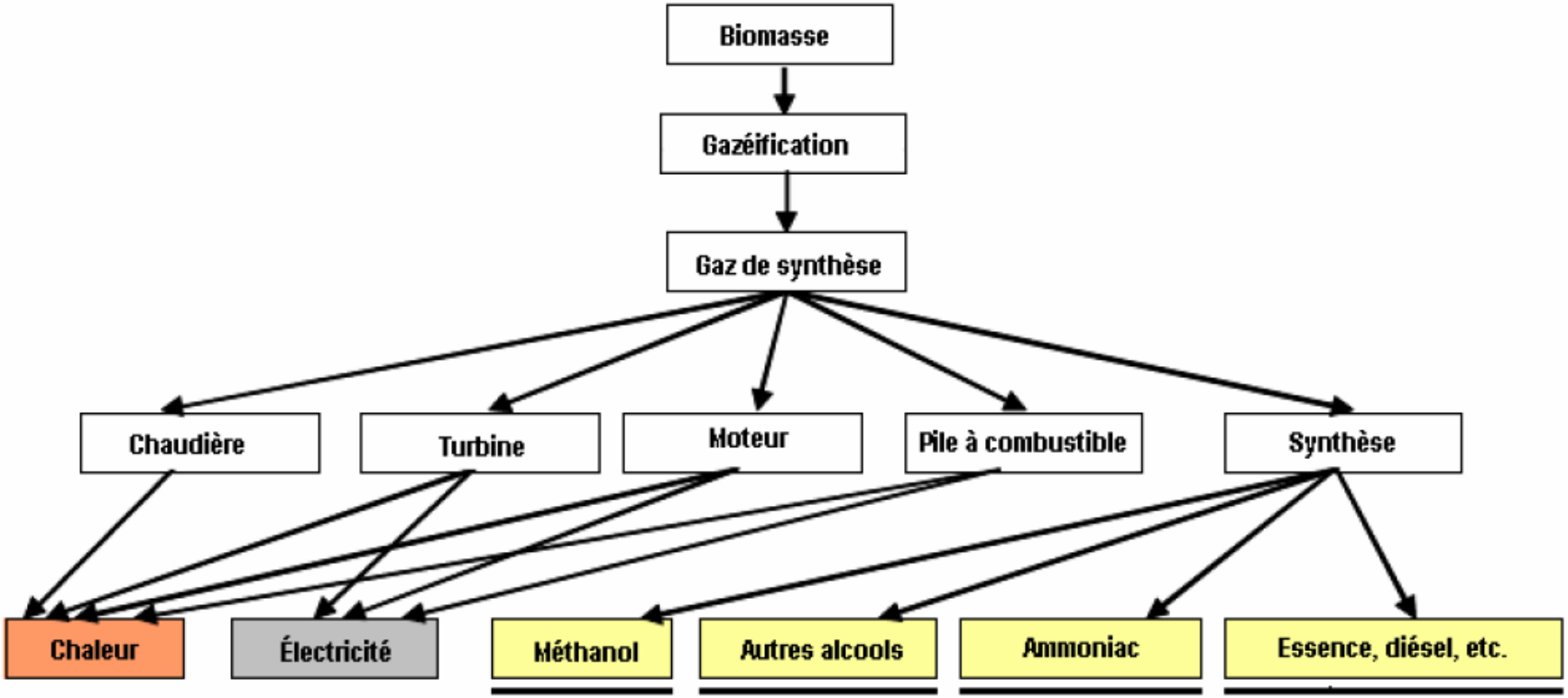
INSTALLATION DE GAZÉIFICATION (XYLOWATT SA)



Centre de recherche industrielle Québec

CRIQ

POSSIBILITÉS D'UTILISATION DU SYNGAS



CRIQ

PYROLYSE

Température entre 450-700 C en absence d'oxygène

Produits : Huile pyrolytique, biocharbon et gaz non condensables

- Plusieurs types de réacteurs sont utilisés

Le Canada est l'un des leaders mondiaux dans cette voie de conversion de la biomasse à grande échelle :

- Pyrovac inc. : Pyrolyse sous vide de la biomasse
- Ensyn Technologies inc. : Pyrolyse éclaire *(flash pyrolysis)*
- Dynamotive Energy : Pyrolyse éclaire (*flash pyrolysis*).

Les gaz de pyrolyse sont généralement brûlés dans l'unité elle-même.

CRIQ

COMPOSITION TYPE DES GAZ PYROLYTIQUES

Les gaz pyrolytiques incondensables sortant de l'unité de pyrolyse sont constitués de :

- H_2, O_2, N_2, CH_4, CO, CO_2,C_2H_4, C_2H_6, C_3H_6, C_3H_8 et des particules

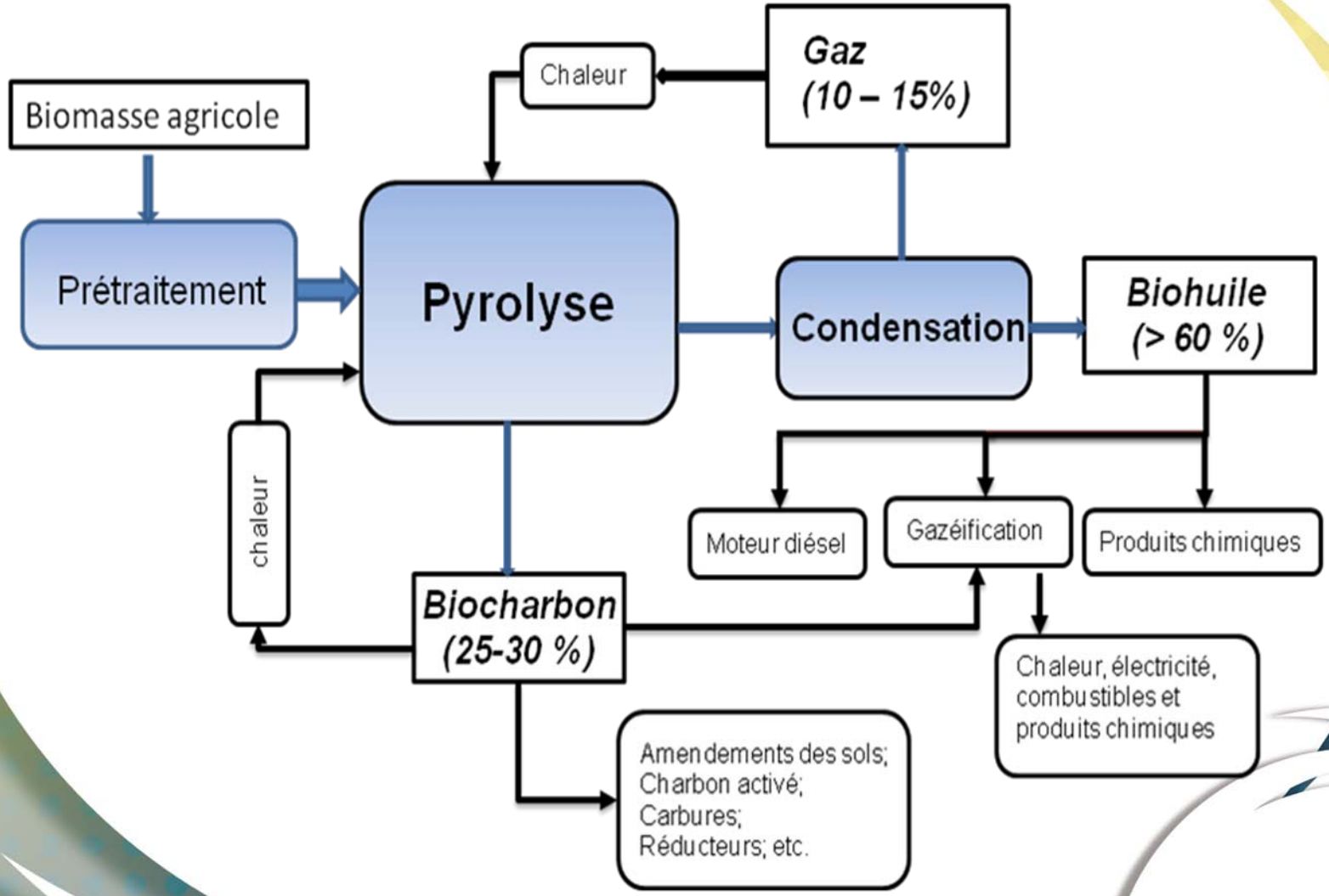
- Particules : fines particules de charbon qui passent à travers les cyclones

Les gaz pyrolytiques ayant une valeur calorifique très intéressante sont généralement utilisés comme combustible dans le procédé lui-même pour sécher la matière première ou la pyrolyse

Les gaz de combustion pourraient être traités.

CRIQ

PYROLYSE



Centre de recherche industrielle Québec

CRIQ

CARBONISATION

Décomposition thermique de la biomasse (bois) à partir de 280 °C

Produits : « Charbon de bois », « biochar », « biocarbone »

Il existe plusieurs techniques de fabrication de charbon comme les fours brésiliens en ruche d'abeilles, les fours métalliques (modèle TPI), les fours argentins hémisphériques, etc.

Ces procédés se distinguent par :

- Le concept de fabrication
- Le mode de chauffage (interne, externe, avec récupération de la chaleur fournie par la combustion des gaz de décomposition)
- La pression (atmosphérique, pression des vapeurs formées, haute pression)
- La matière première (granulométrie, essences de bois, bois recyclé, etc.)
- L'utilisation du charbon (industrie métallurgique, usage domestique, fabrication de carbures, etc.)

CRIQ

COMPOSITION TYPE DES GAZ DE CARBONISATION

L'effluent gazeux qui sort du réacteur de carbonisation contient des particules, du goudron, des acides pyroligneux et des gaz incondensables.

- Particules fines organiques (charbon, bois) et non organiques (cendres volantes constituées de CaO, MgO et K_2O)
- Le goudron et les acides pyroligneux corrosifs sont hautement polluants
- Gaz : CO_2, CO, CH_4, N_2, O_2 et autres
- Les gaz contiennent des particules fines et des aérosols. Ils peuvent être brûlés et les gaz de combustion pourraient être traités.
- Un mauvais contrôle du procédé peut causer une contamination de l'air, des eaux et du sol et affecter la santé humaine et animale.

CRIQ

TORRÉFACTION

Décomposition thermique de la biomasse (bois) à partir de 280 °C. La réaction est arrêtée avant d'arriver à la formation du charbon.

Produits : produits torréfiés.

La structure physique, la composition chimique et les propriétés physico-chimiques et mécaniques du bois torréfié se trouvent entre celles du bois vierge et celles du charbon.

Les techniques de torréfaction de la biomasse existant sur le marché se distinguent par :

- Le concept de fabrication
- Les vecteurs de chaleur (azote, CO_2, vapeur d'eau, huiles, esters, etc.)
- La matière première (granulométrie, essences de bois, bois recyclé…)
- L'utilisation des produits torréfiés (industrie du meuble, bois à usages extérieurs, granules énergétiques, amendement des sols, etc.)

Centre de recherche industrielle Québec

CRIQ

COMPOSITION TYPE DES GAZ DE TORRÉFACTION

L'effluent gazeux qui sort du réacteur de torréfaction contient des particules, du goudron, des acides pyroligneux et des gaz incondensables.

Particules fines organiques (charbon, bois) et inorganiques (cendres volantes constituées de CaO, MgO et K_2O)

Le goudron et les acides pyroligneux corrosifs sont hautement polluants

Gaz : CO_2, CO, CH_4, N_2, O_2 et autres

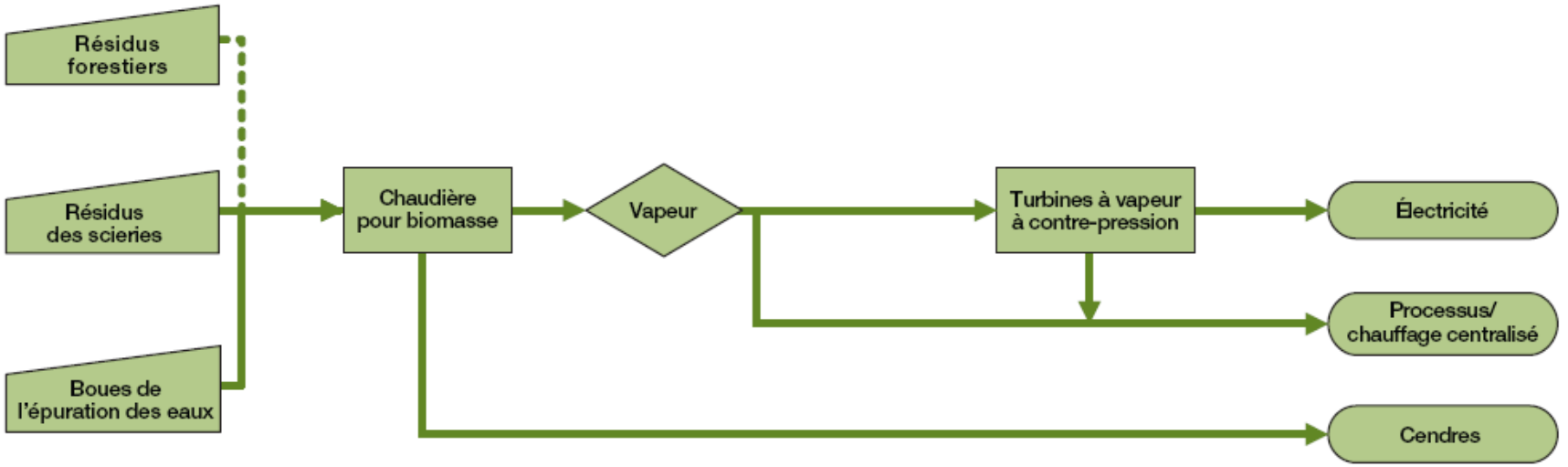
Les gaz contiennent des particules fines et des aérosols. Ils peuvent être brûlés. Les gaz de combustion pourraient être traités.

Un mauvais contrôle du procédé peut causer une contamination de l'air, des eaux et du sol et affecter la santé humaine et animale.

CRIQ

INTÉGRATION DES TECHNOLOGIES DES BIOÉNERGIES

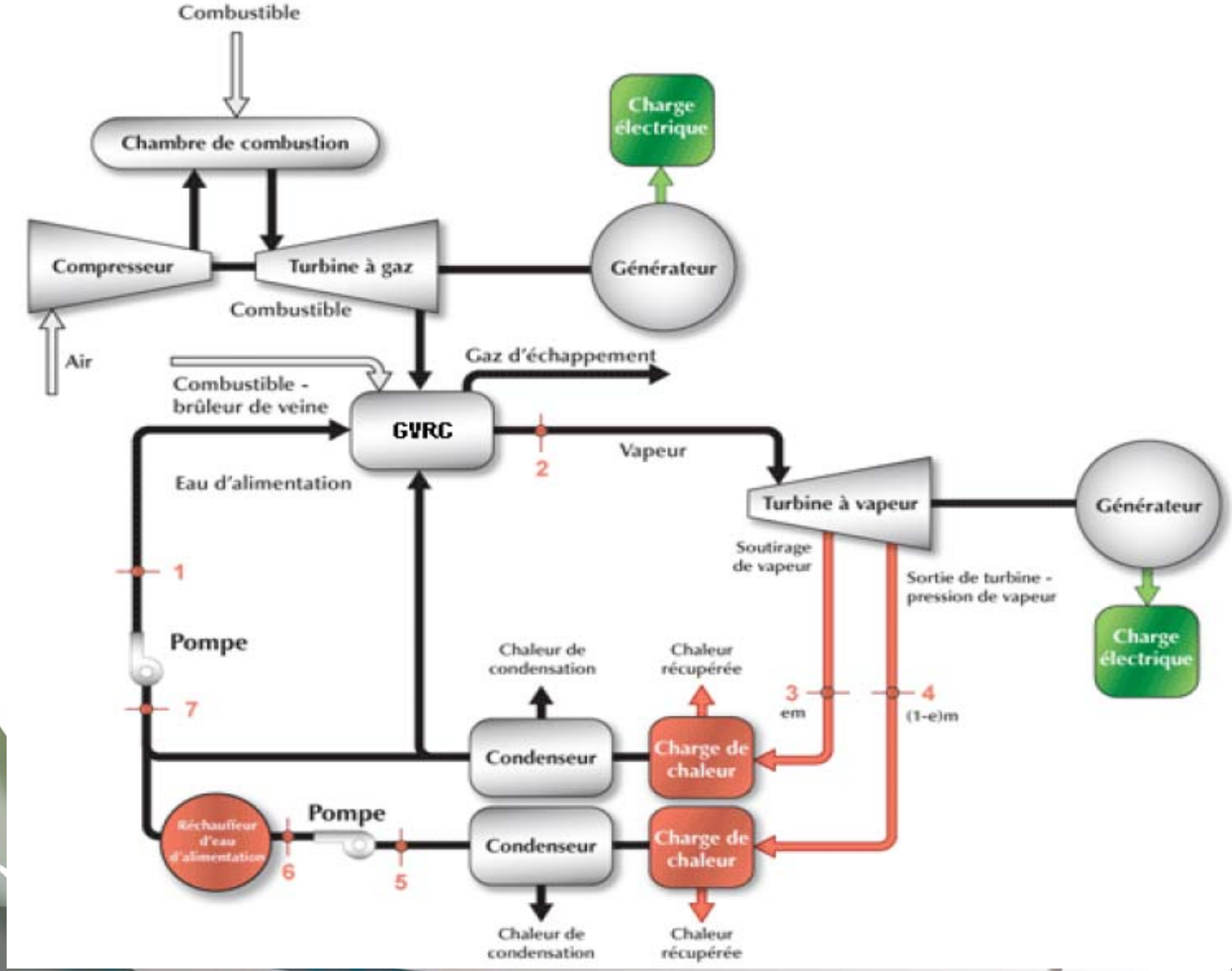
COMBUSTION ET COGÉNÉRATION



Centre de recherche industrielle Québec

CRIQ

CENTRALE DE GAZÉIFICATION À CYCLE COMBINÉ



de recherche
elle
Québec

CRIQ

CONCLUSIONS

« La grande question est peut-être de déterminer le meilleur usage que l'on puisse faire de nos forêts. Devrions-nous les exploiter davantage pour fabriquer plus de produits forestiers classiques (qui sont souvent plus respectueux du climat que les produits de remplacement), les préserver pour le stockage du carbone, nous en servir pour produire plus de bioénergie et ainsi compenser l'utilisation de combustibles fossiles, ou une combinaison de tout cela? »

Question que se pose RN Canada.

Centre de recherche industrielle Québec

CRIQ

MERCI

QUESTIONS ET COMMENTAIRES

Olga Solomatnikova, chim. M. Sc.

Pour plus de détails au sujet de technologies de bioénergie à base de biomasse forestière, vous pouvez consulter le rapport sur le site du MNRF à l'adresse suivante :

http://www.mrnf.gouv.qc.ca/publications/forets/entreprises/bioenergies-biomasse.pdf

Centre de recherche industrielle Québec