

# **BIOMASSE**

**Marcel Lacroix**

**Université de Sherbrooke**

# **LA BIOMASSE**

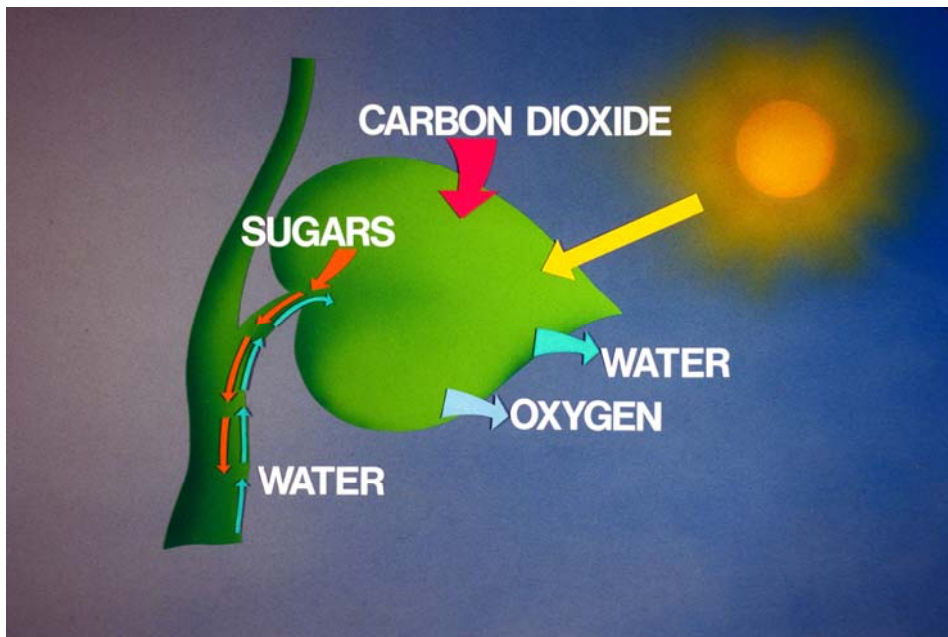
- 1. Matière animale ou végétale qui peut être convertie en énergie.**
- 2. Pendant la presque totalité de l'histoire humaine, la biomasse a été la principale forme d'énergie.**

# Énergie solaire en énergie chimique

L'énergie solaire captée par la chlorophylle est transformée en énergie chimique via la réaction chimique appelée *photosynthèse*:



↑  
(sucres)

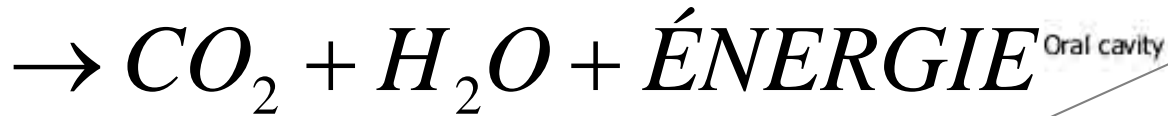


# Échelle des saisons ...



- **L'énergie chimique stockée dans les céréales (ou protéines) est convertie dans un estomac (réacteur chimique) et libérée sous forme de chaleur dans les muscles (moteurs). C'est le métabolisme.**

# 'COMBUSTION' ALIMENTAIRE

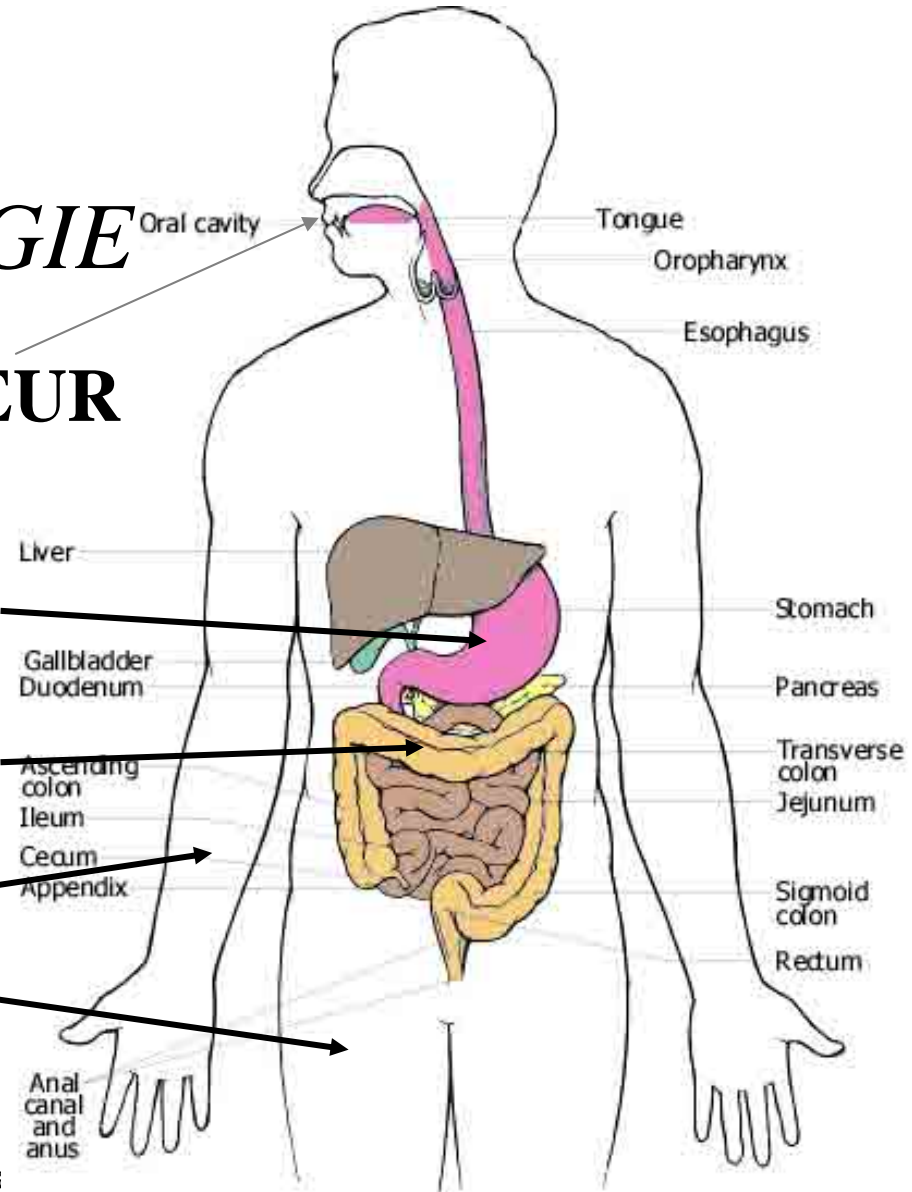


**BROYEUR**

**R\acute{E}ACTEUR BATCH**

**R\acute{E}ACTEUR PLUG FLOW**

**MOTEURS \grave{A} COMBUSTION: MUSCLES**



# Échelle des années ...



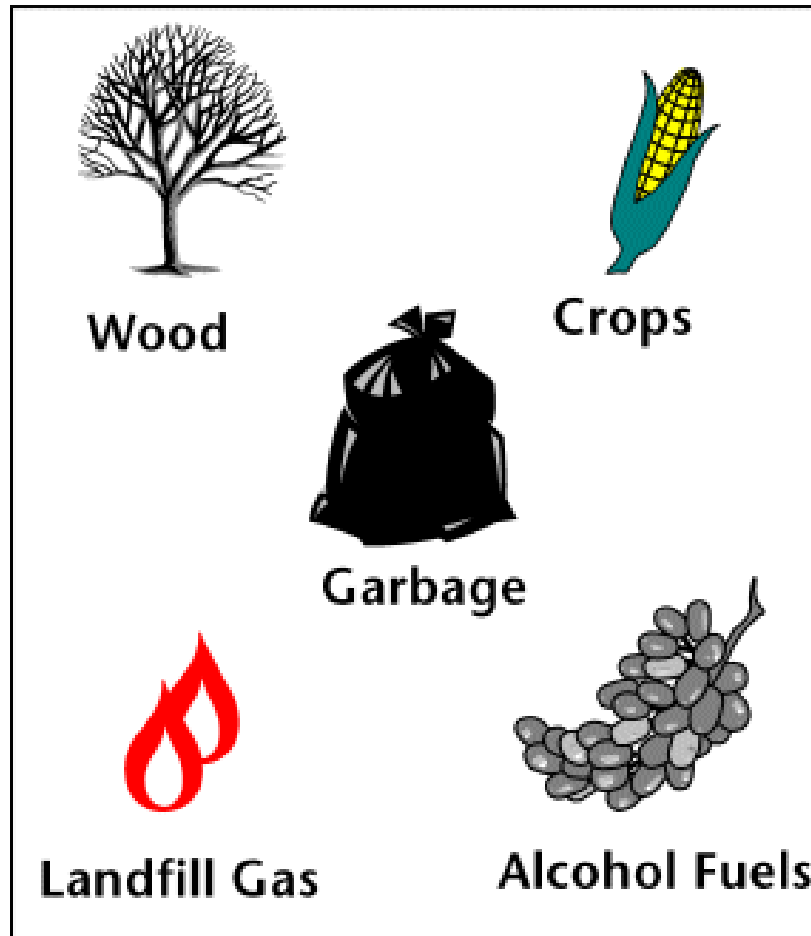
- **L'énergie chimique stockée dans la biomasse est libérée sous forme de chaleur dans une fournaise ou un moteur (combustion).**

# **LA BIOMASSE**

- 3. Plus de deux milliards de personnes dépendent entièrement de la biomasse pour combler leur besoins en énergie.**
- 4. Trois catégories de biomasse: les déchets, le bois et les cultures.**

# BIOMASSE

## Types of Biomass





# BIOMASSE: EXEMPLE



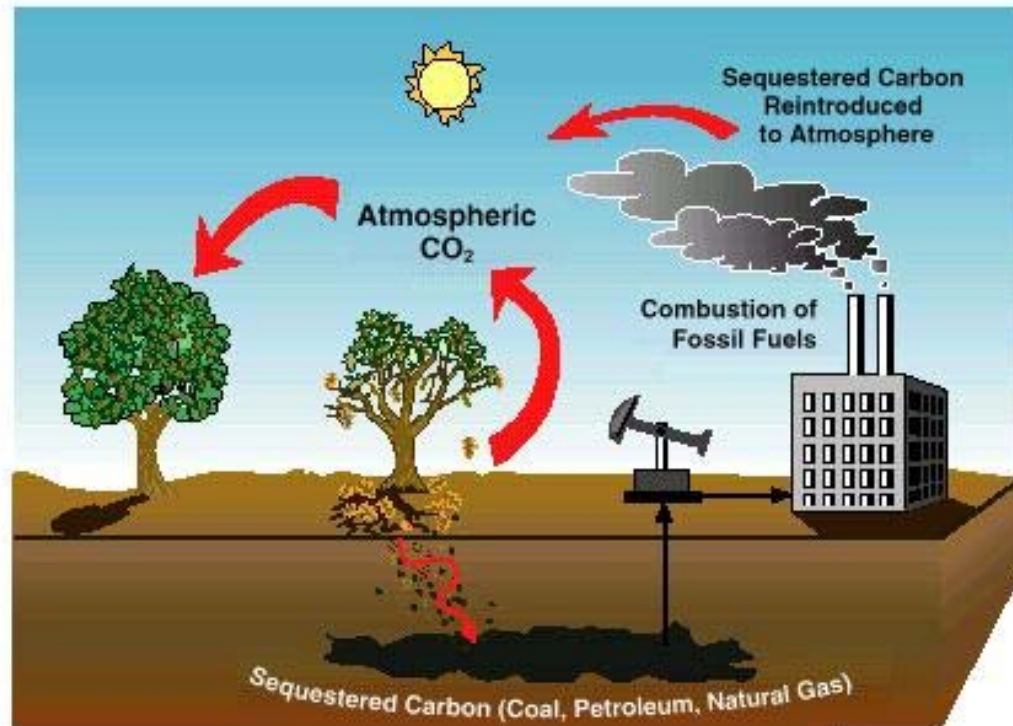
# **BIOMASSE: INTÉRÊT ET AVANTAGES**

- 1. Énergie solaire captée, transformée en énergie chimique par la photosynthèse et stockée dans les plantes.**
- 2. Ressource indigène.**
- 3. En théorie renouvelable.**
- 4. Moyen ingénieux de stocker l'énergie solaire.**

# **BIOMASSE: INTÉRÊT ET AVANTAGES**

- 5. Consommation de CO<sub>2</sub> pendant sa croissance.**
- 6. Combustible polyvalent: solide (bois, char, récoltes), liquide (méthanol, éthanol, etc.), biogaz.**
- 7. Personne n'est contre...pour l'instant.**

# BIOMASSE: BILAN DE CO<sub>2</sub>



**Simplified carbon cycle.** *Unlike fossil fuels, biomass does not increase atmospheric green house gases when burned.*

# **BIOMASSE: BILAN DE CO<sub>2</sub> NUL?**

- 1. En théorie, le CO<sub>2</sub> dégagé lors de la combustion de la biomasse a été absorbé lors de sa croissance.**
- 2. En pratique, c'est difficilement réalisable.**
- 3. Problème d'échelle de temps.**
- 4. Problème de récoltes successives.**
- 5. Problèmes de consommation d'énergie pour cultiver, récolter, transformer et transporter la biomasse.**

# **BIOMASSE: INCONVÉNIENTS**

- 1. Inefficacité de la conversion d'énergie solaire en biomasse: rendement ~ 1% (cellules photovoltaïques ~20%; capteurs solaires ~30%).**
- 2. Émission de polluants: CO<sub>2</sub>, CO, NO<sub>x</sub>, suies et cendres.**

# **BIOMASSE: INCONVÉNIENTS**

- 3. Choix de terres arables pour s'alimenter ou s'alimenter en énergie? (centrale thermique, ~ 6 km<sup>2</sup>/MW).**
- 4. Les procédés pour convertir la biomasse en énergie en consomment davantage qu'ils en génèrent.**

# **BOIS (solide): INTÉRÊT**

- 1. Jusqu'au début du 19ème siècle, 95% des besoins en énergie comblés par la combustion du bois.**
- 2. Pouvoir calorifique d'un bois de qualité sec ~ 12 000kJ/kg soit la moitié de celui du charbon et le quart de celui du gaz naturel.**





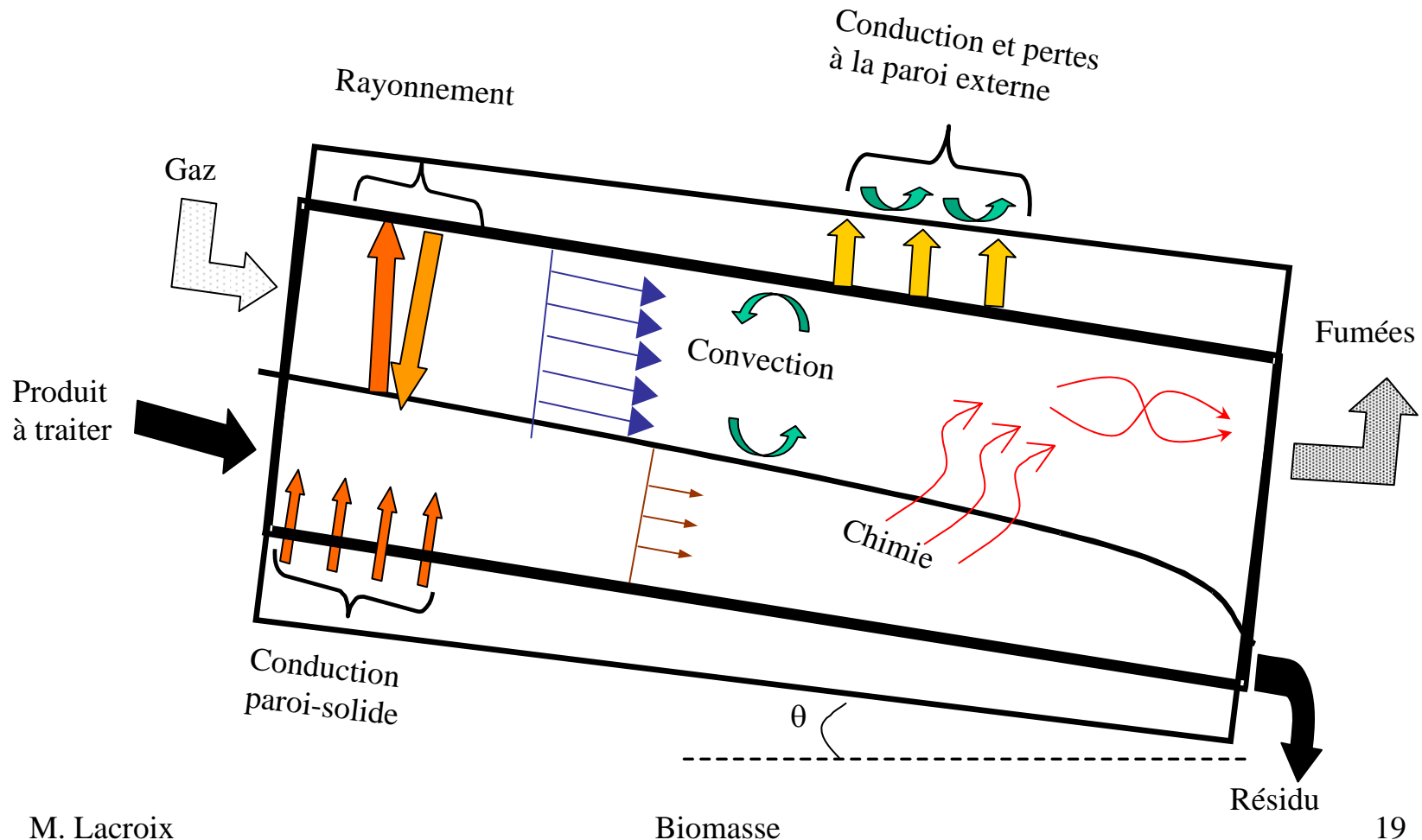
# **BOIS (solide): INTÉRÊT**

- 3. Combustion en feu ouvert: ~ 5% de la chaleur utilisée efficacement.**
- 4. Combustion dans un poêle moderne: ~ 20% de la chaleur utilisée efficacement.**
- 5. Combustion du bois émet moins de  $\text{NO}_x$  que la combustion du charbon ou de gaz naturel.**
- 6. Combustion du bois émet peu de  $\text{SO}_x$ .**

# **BOIS (solide): INTÉRÊT**

- 7. Pyrolyse du bois: chauffage du bois à 250<sup>0</sup>C en l'absence d'air pour la production de char facile à transporter et à manipuler.**
- 8. Gazéification du bois: conversion du bois en présence d'H<sub>2</sub>O et d'O<sub>2</sub> en gaz de synthèse tels le CO et l'H<sub>2</sub>.**

# PRINCIPE DE LA GAZÉIFICATION DE LA BIOMASSE



# **BOIS: INCONVÉNIENTS**

- 1. Voir inconvénients déjà énoncés (pouvoir calorifique faible, émissions, etc.).**
- 2. Secteur domestique: activité exigeante. Dans les pays pauvres, la cueillette peut prendre plusieurs heures par jour.**

# **BOIS: INCONVÉNIENTS**

- 3. Secteurs industriel et commercial:  
Déforestation ... destruction  
d'écosystème... érosion des sols ...  
pollution.**
- 4. Le bois est une source d'énergie  
renouvelable à condition (a) de replanter un  
arbre pour chaque arbre coupé et (b)  
d'admettre qu'un cycle complet dure  
plusieurs décennies...**

# **ALCOOLS (liquide): INTÉRÊT**

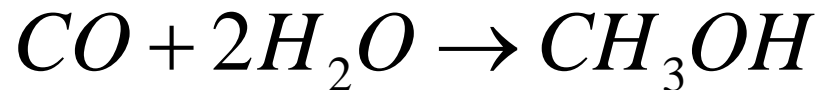
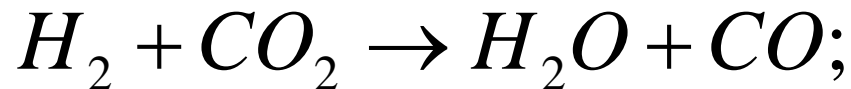
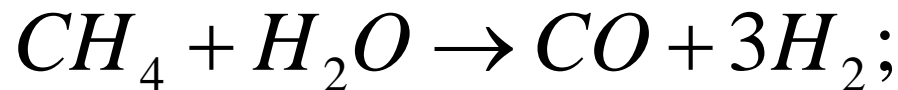
- 1. Les combustibles liquides sont bien adaptés aux moteurs à combustion existants.**
- 2. Si on cherche à remplacer le pétrole par un combustible liquide produit à partir de la biomasse, le méthanol et l'éthanol sont les candidats.**

# **ALCOOLS (liquide): INTÉRÊT**

- 3. L'utilisation de ces alcools dans les moteurs à essence (allumage par bougies) nécessite des modifications mineures.**
- 4. On sait déjà comment produire industriellement ces alcools à coût économique.**

# MÉTHANOL: INTÉRÊT

1. La presque totalité du méthanol est produit industriellement par la conversion du gaz naturel:



2. On peut toutefois remplacer le gaz naturel par n'importe quel combustible y compris la biomasse.



# MÉTHANOL: AVANTAGES

1. Moyennant quelques modifications mineures, un moteur de voiture peut marcher au méthanol.
2. Le méthanol peut aussi être mélangé à l'essence (ex: M85).



# MÉTHANOL: AVANTAGES

- 3. Le méthanol est d'ailleurs le combustible utilisé dans les voitures de course.**
- 4. L'indice d'octane élevé permet un taux de compression plus grand: rendement accru.**
- 5. Moins polluant: température d'allumage plus faible alors moins de  $\text{NO}_x$  produits.**
- 6. Pas de  $\text{SO}_x$  produits: le méthanol ne contient pas de soufre.**

# MÉTHANOL: AVANTAGES

7. Pas de suies produites.
8. Le méthanol peut aussi alimenter des piles à combustible (fuel cells).



# MÉTHANOL: AVANTAGES

- 9. Le méthanol est déjà produit industriellement à un coût comparable à celui du pétrole.**



# MÉTHANOL: INCONVÉNIENTS

- 1. Pouvoir calorifique par unité de volume: ~ 21200 kJ/litre (essence: 36800 kJ/litre).**
- 2. Sa flamme est invisible.**
- 3. Il ne doit pas être bu ou absorbé par la peau et ses vapeurs ne doivent pas être respirées.**

# **MÉTHANOL: INCONVÉNIENTS**

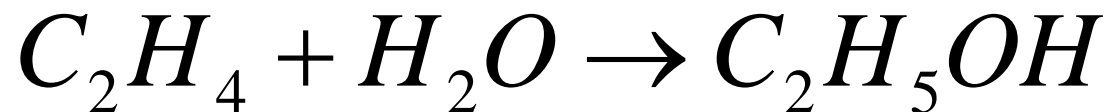
- 4. Contrairement à l'essence, il est soluble dans l'eau.**
- 5. Parce qu'il est moins volatile que l'essence, le démarrage du moteur par temps froid est plus difficile.**
- 6. Il peut dégrader les huiles lubrifiantes.**

# ÉTHANOL: INTÉRÊT

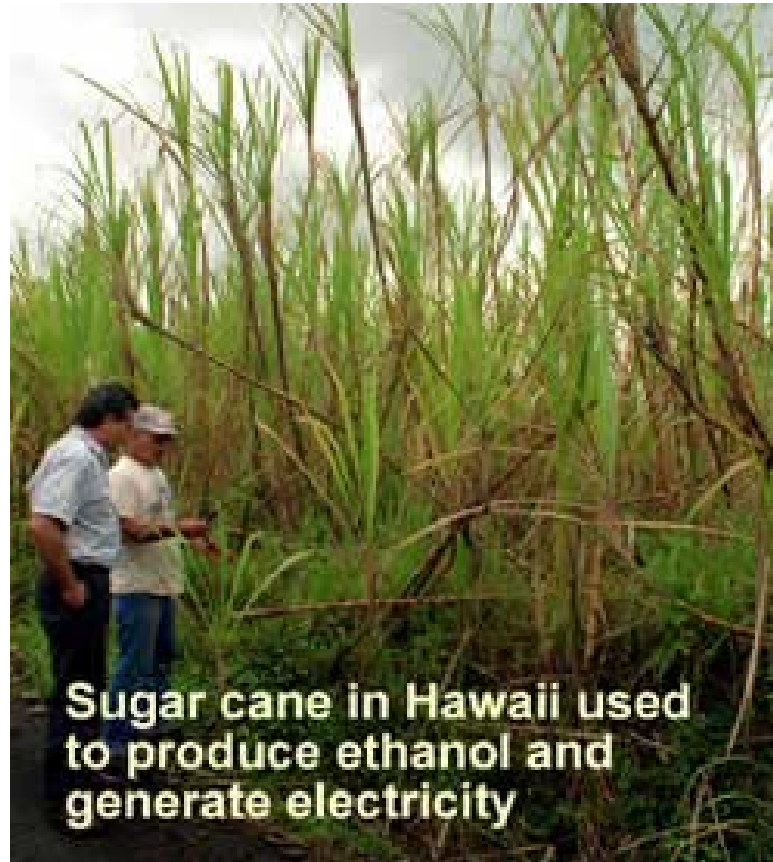
1. Aussi appelé alcool éthylique ou alcool à grains.
2. Production principale: fermentation d'hydrates de carbone dans les plantes (maïs, grains), procédé connu depuis ~ 10000 ans:



3. On le produit aussi à partir d'éthylène:



# DE LA CANNE À SUCRE À L'ÉTHANOL





# ÉTHANOL: AVANTAGES

- 1. N'importe quelle biomasse contenant des hydrates de carbone peut être transformée en éthanol.**
- 2. L'indice d'octane élevé permet un taux de compression plus grand: rendement accru.**
- 3. Combustible propre: pas de production de  $\text{NO}_x$  ou de  $\text{SO}_x$ .**
- 4. Consommable par l'humain...**
- 5. Expérience brésilienne.**

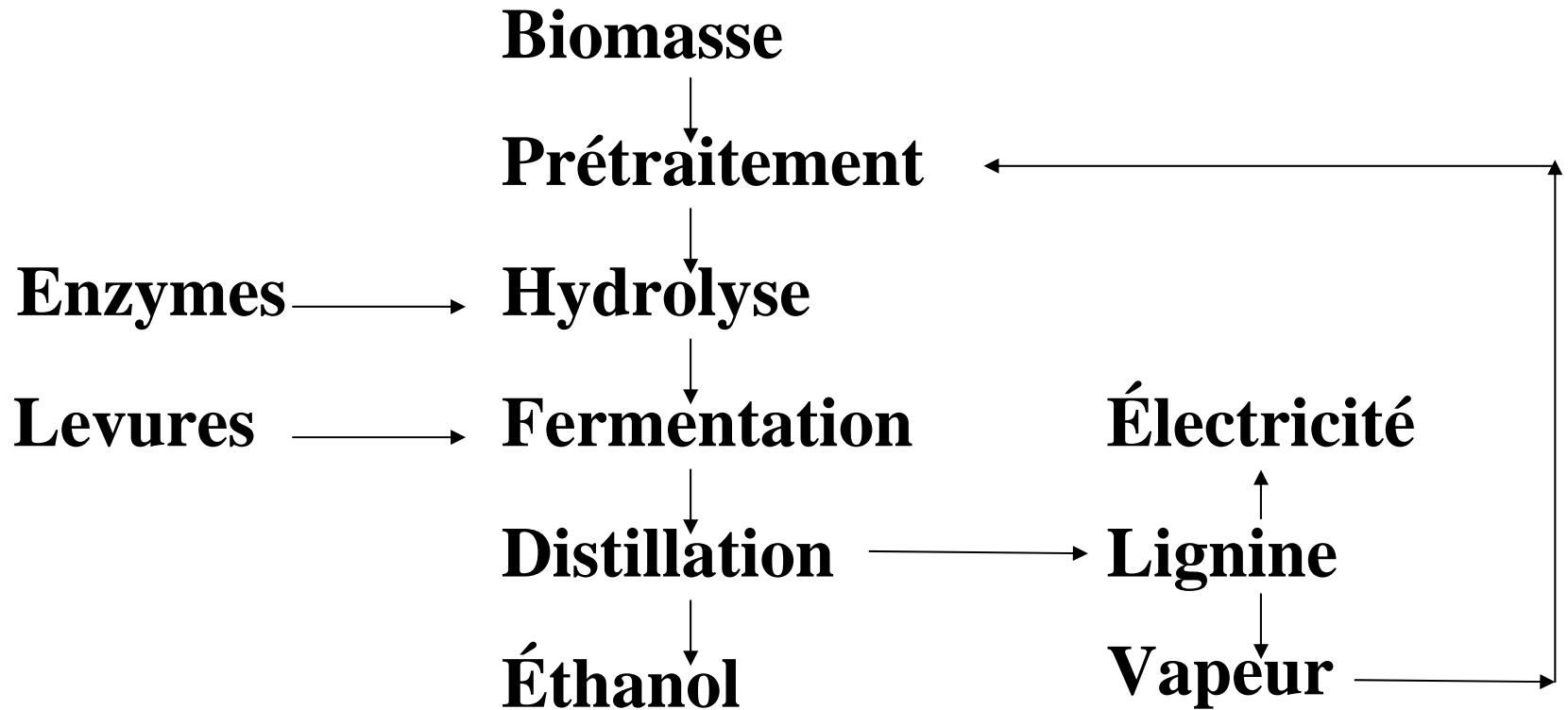
# ÉTHANOL À LA POMPE



# ÉTHANOL: INCONVÉNIENTS

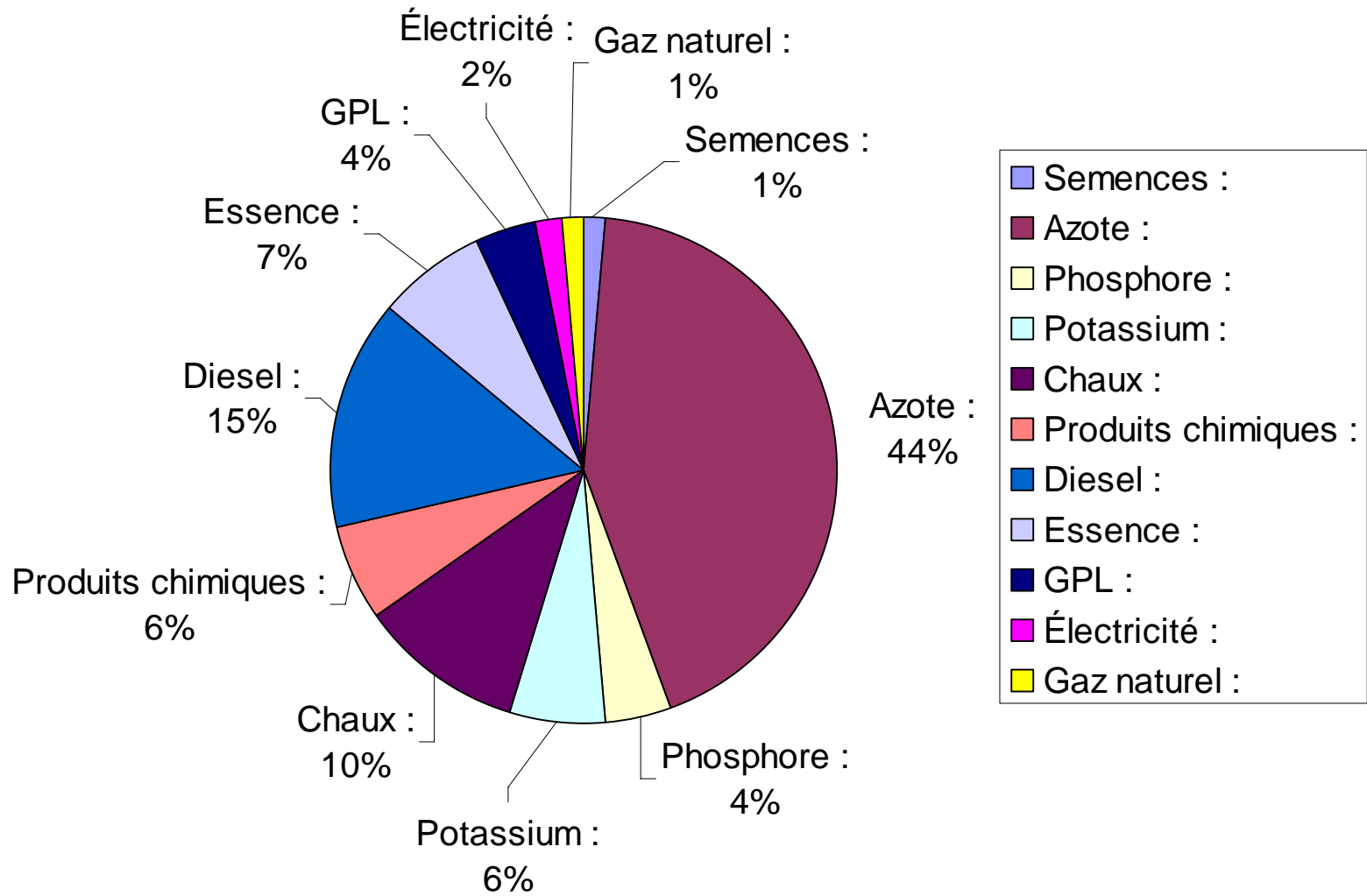
- 1. Pouvoir calorifique par unité de volume: ~ 28200 kJ/litre (essence: 36800 kJ/litre).**
- 2. Sa production consomme davantage d'énergie utile qu'elle n'en génère.**
- 3. Il est soluble dans l'eau.**

# Production d'éthanol: étapes\*



- La production d'éthanol comme carburant au Québec, Stéphanie Dumaine Allard, Rapport 2006

# Production d'éthanol: énergie



# **ÉTHANOL: INCONVÉNIENTS**

- 4. Parce qu'il est moins volatile que l'essence, le démarrage du moteur par temps froid est plus difficile.**
- 5. Il peut dégrader les huiles lubrifiantes.**

# HUILES VÉGÉTALES

- **Huiles d'olives, d'arachides, de maïs, de tournesol, de palme, etc.**
- **En 1900, le moteur diesel était déjà alimenté en huile d'arachides.**
- **Pouvoir calorifique par unité de volume:  
~ 37000 kJ/litre (diesel: 38000 kJ/litre).**

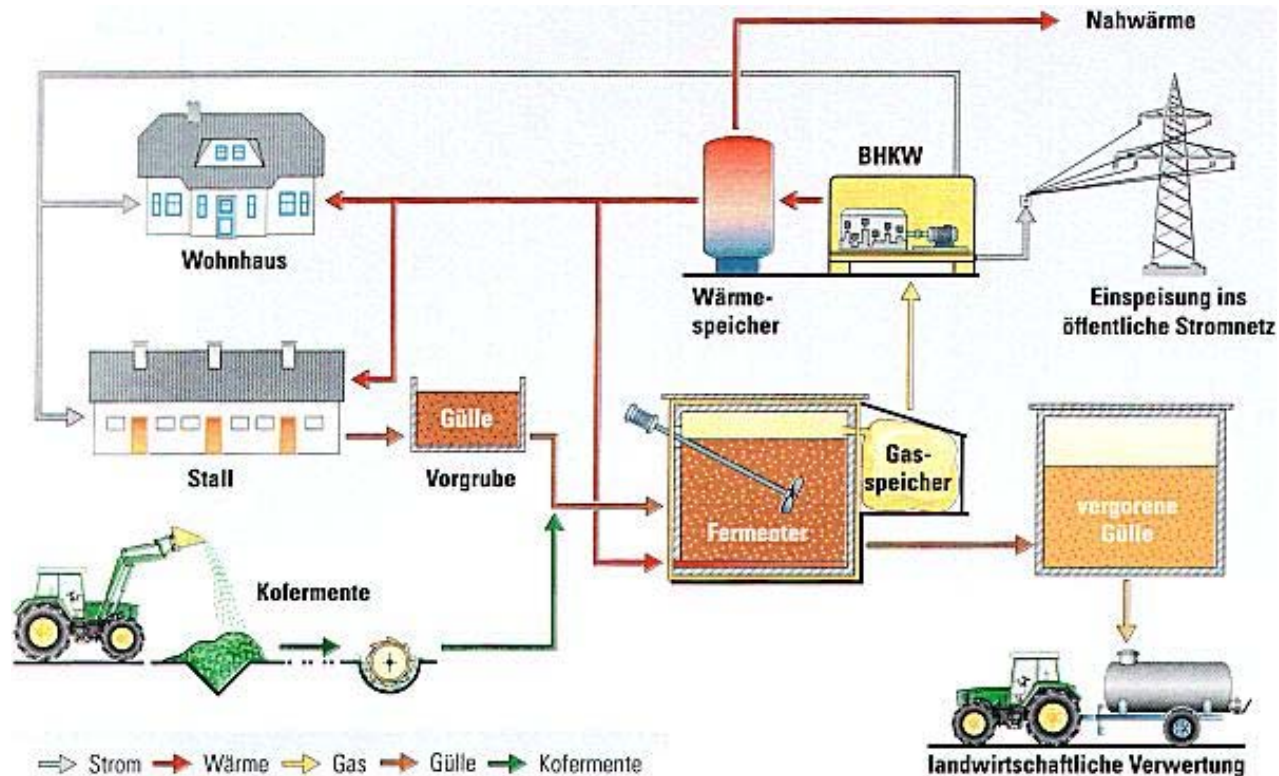
# DÉCHETS DOMESTIQUES



**Alternative à l'enfouissement: combustion, pyrolyse et gazéification.**



# BIOGAZ



**Digestion anaérobique de matières organiques produisant du méthane ( $\text{CH}_4$ ).**

# **Biomasse: conclusions**

- **Le grain, les déjections animales et les déchets peuvent être considérés comme une forme d'énergie renouvelable à condition que l'échelle de temps soit inférieure à l'année.**
- **Le bois ne peut toutefois pas être vu comme une forme d'énergie renouvelable. L'échelle de temps est trop longue.**
- **Si on pense que le réchauffement climatique est dû à l'augmentation des rejets de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère, alors la biomasse n'est pas la voie à prendre. L'avenir est à l'hydroélectricité, le solaire et le nucléaire.**