

Les options bioénergétiques pour le Québec



Roger Samson
Resource Efficient Agricultural Production (REAP)-Canada
Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec
www.reap-canada.com

REAP-Canada

- Leader dans la recherche et le développement de systèmes agricoles durables pour la production de bioénergie qui a pour but de diminuer les émissions de gaz à effet de serre (GES)
- 15 ans de R&D sur les cultures à haut potentiel pour la production de biocombustibles liquides ou solides
- Projets de développement rural et de bioénergie
 - ◆ Chine
 - ◆ Philippines
 - ◆ Afrique de l'Ouest



Optimiser le développement des bioénergies :

Afin de fournir une grande quantité d'énergie renouvelable provenant de la biomasse, nous devons :

- Capter avec un maximum d'efficacité l'énergie solaire sur une plus grande surface
- Convertir cette énergie le plus efficacement possible afin de la transformer en une forme d'énergie utile pour les consommateurs

Comparaison des plantes C3 et C4

Plantes C3

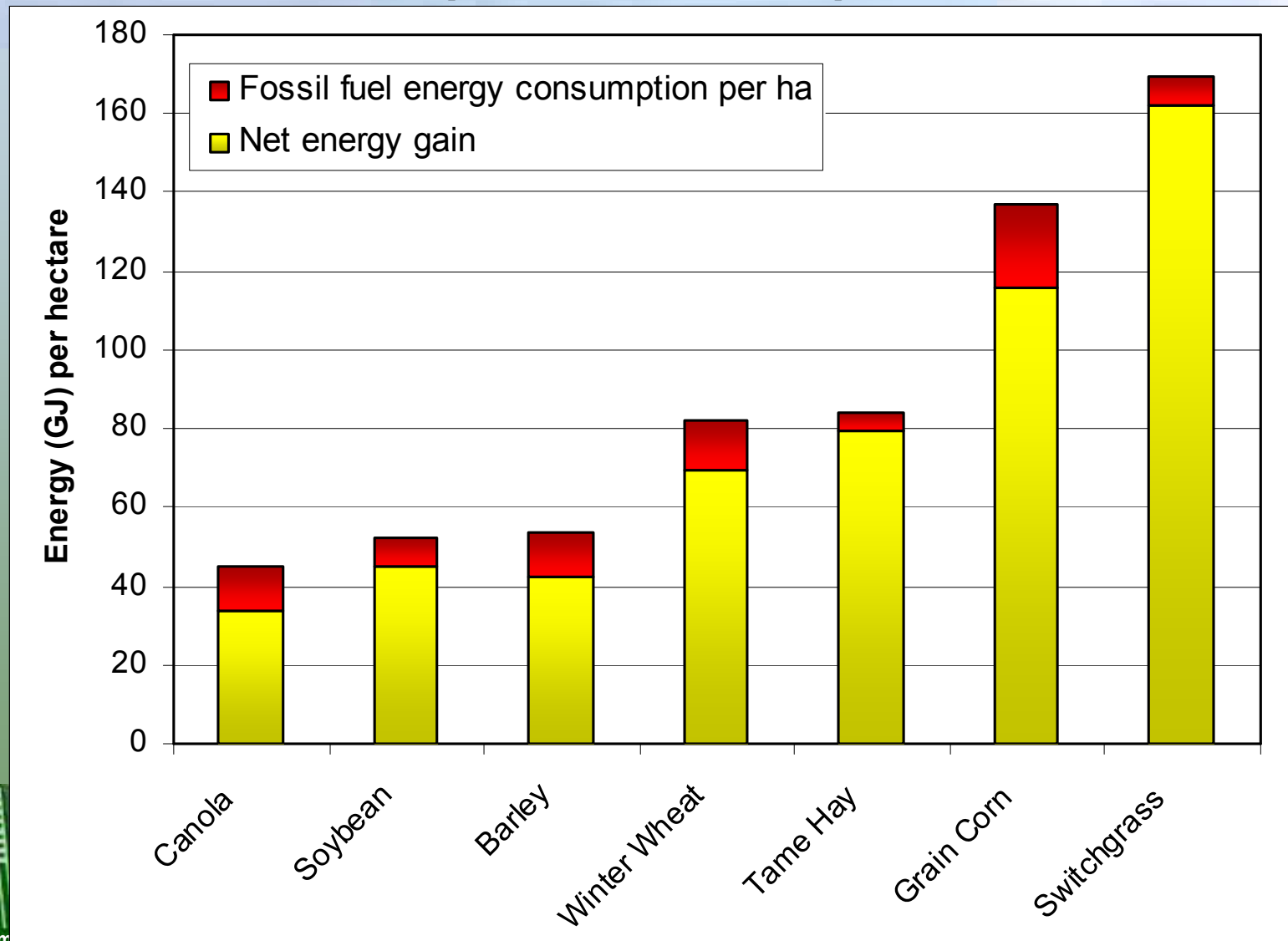
- Tolérance à des refroidissements plus importants
- Utilisation du rayonnement solaire efficacement au printemps et à l'automne

Plantes C4

- Meilleure capacité d'utilisation de l'eau (typiquement 50 % de la consommation C3)
- Utilisation du rayonnement solaire 40 % plus efficace
- Amélioration de la qualité de la biomasse
- Réagit au réchauffement du climat

Accumulation d'énergie solaire et demande d'énergie fossile pour des cultures ontariennes

(Samson *et al.*, 2008)



Graminées C₄

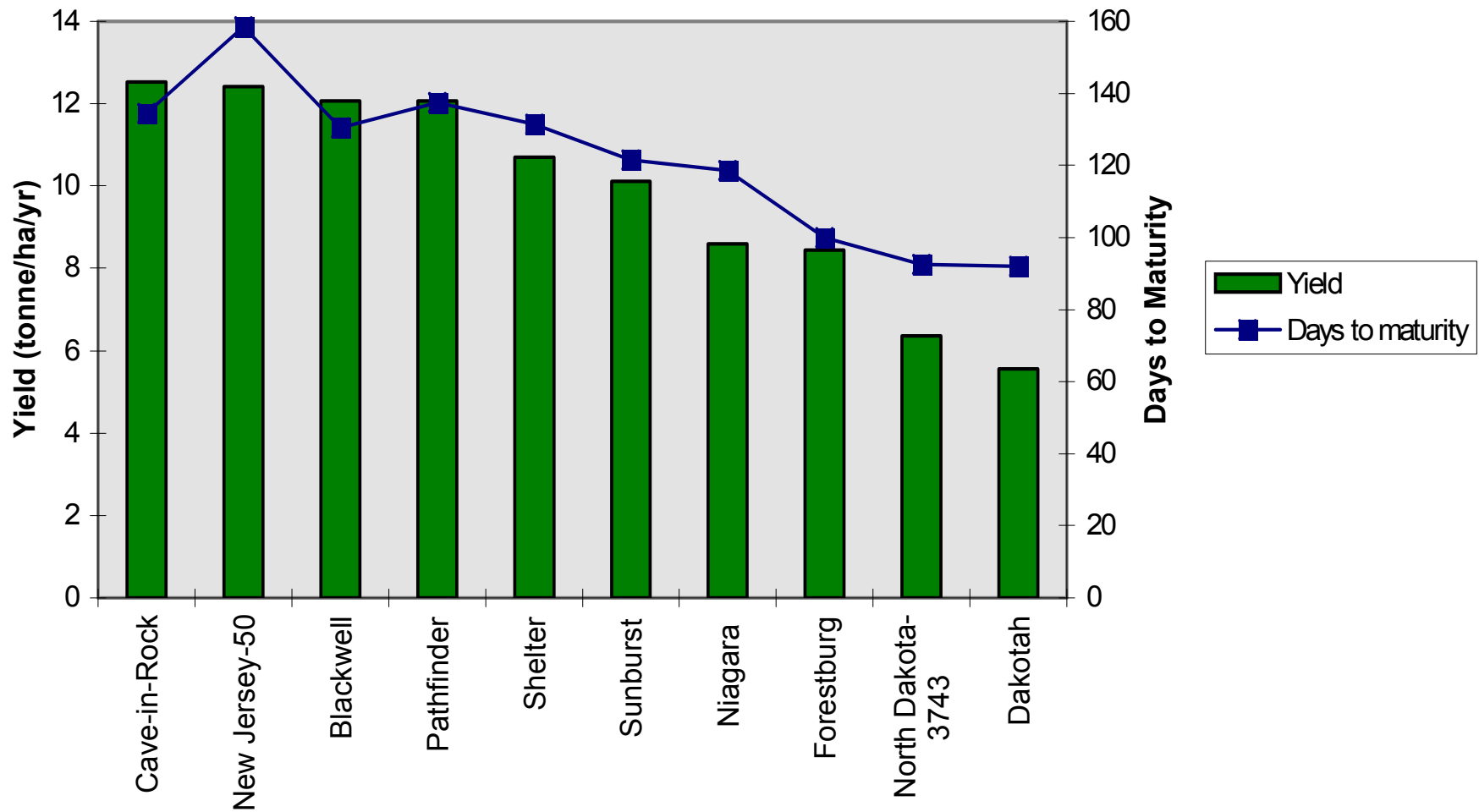
- Les graminées C₄, comme le panic érigé, sont des cultures idéales pour la bioénergie
 - ◆ productivité moyenne à très élevée
 - ◆ culture vivace
 - ◆ capacité de bien utiliser l'eau et les nutriments du sol
 - ◆ faible coût de production
 - ◆ adaptables aux sols marginaux



Andropogon gerardii



Rendements automnaux des essais de cultivars de panic érigé à Sainte-Anne-de-Bellevue, Québec (1993-1996)






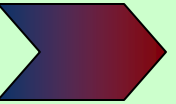

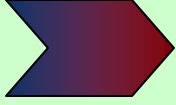





Terres agricoles pour la culture énergétique en Ontario et au Québec

	Utilisation des terres	Territoire ('000 ha)	Territoire pour bio-combustibles* ('000 ha)	Rendement potentiel des herbages ** ('000 tonnes)	Rendement potentiel total des herbages ('000 tonnes)
Ontario	Terres cultivées	2 254	450	4 192	8 883
	Fourrages	1 261	504	4 691	
Québec	Terres cultivées	940	188	1 748	5 221
	Fourrages	933	373	3 473	
Total pour l'Ontario et le Québec					14 104

* 20 % des terres cultivées estimé et 40 % des terres de fourrage converti à la production bioénergétique

** Rendement hypothétique de 9,3 tonnes/hectare

Voies d'utilisation énergétique de la biomasse agricole

SOURCES DE BIOMASSE		VOIE UTILISÉE		PRODUIT FINAL		
GRAINS DES CÉRÉALES, CULTURES DE BIOMASSE ET RÉSIDUS AGRICOLES		FERMENTATION/ DISTILLATION		ÉTHANOL (transports)		
SEMENCES OLEAGINEUSES		MÉCANIQUE / CHIMIQUE		BIODIÉSEL (transports)		
ENSILAGE AGRICOLE (PLANT DE MAÏS ENTIÈR, SEIGLE D'AUTOMNE ET HERBES ÉNERGÉTIQUES) LISIER		DIGESTION ANAÉROBIQUE		<table border="0"> <tr> <td> BIOGAZ  </td> <td> CHALEUR COGÉNÉRATION (MIXTE : THERMIQUE ET ÉLECTRICITÉ) BIOGAZ (TRANSPORTS) </td> </tr> </table>	BIOGAZ 	CHALEUR COGÉNÉRATION (MIXTE : THERMIQUE ET ÉLECTRICITÉ) BIOGAZ (TRANSPORTS)
BIOGAZ 	CHALEUR COGÉNÉRATION (MIXTE : THERMIQUE ET ÉLECTRICITÉ) BIOGAZ (TRANSPORTS)					
CULTURE D'HERBES ÉNERGÉTIQUES, RÉSIDUS AGRICOLES		COMBUSTION		CHALEUR COGÉNÉRATION		

BIOGAZ



Qu'est-ce que le biogaz?

● CH_4 , CO_2 , H_2S , NH_4 , H_2O

➤ CHALEUR, COGÉNÉRATION, TRANSPORTS

Sources :

- Lisier
- Cultures spécifiques énergétiques (maïs, graminées vivaces et seigle d'ensilage)

Effets sur l'environnement :

- Diminution des odeurs et de la pollution des eaux
- Maintien de la matière organique du sol

Technologies de la source aux produits finaux :

- 4 éléments : *matière organique, bactéries, chaleur, conditions de manque d'O₂*
- Produits finaux : *biogaz et résidus*
- Digesteurs: *à la ferme, centralisés*





BIOCHALEUR



Qu'est-ce que la biochaleur?

● Combustion de la biomasse ➡ CHALEUR, CHP

Sources :

- Résidus de meuneries (écorce d'avoine)
- Graminées vivaces (panic érigé)

Effets environnementaux : Sol, eau et biodiversité accrue

Technologies de la source aux produits finaux :

- Étape 1 : *Densification - granules ou briquettes*
- Étape 2 : *Combustion*



Chaudières Dekker Brand

3 x 800 kw chauffant une serre de 1,5 ha

BIODIESEL



Qu'est-ce que le biodiésel?

- Diésel d'origine organique équivalent au diésel dérivé du pétrole

➤ TRANSPORTS

Sources :

- Huiles végétales
- Huiles provenant de graisses animales
- Huiles de cuisine recyclées

Technologies de la source aux produits finaux :

- Étape 1 : *Production de l'huile végétale*
- Étape 2 : *Fabrication du biodiésel*

ÉTHANOL

Qu'est-ce que l'éthanol?

● Alcool éthylique C_2H_6O



TRANSPORTS

Sources :

● Éthanol-grain : *sources d'amidon*

● Éthanol cellulosique : *n'importe quelle partie de la plante non alimentaire*

Effets sur l'environnement : émissions des voitures plus propres

Technologies de la source aux produits finaux :

Éthanol-grain

● Broyage à sec \Rightarrow *grains secs distillés avec solubles (drèche de distillerie)*

● Broyage avec de l'eau \Rightarrow *huile de maïs, fin gluten de maïs, gros gluten de maïs*

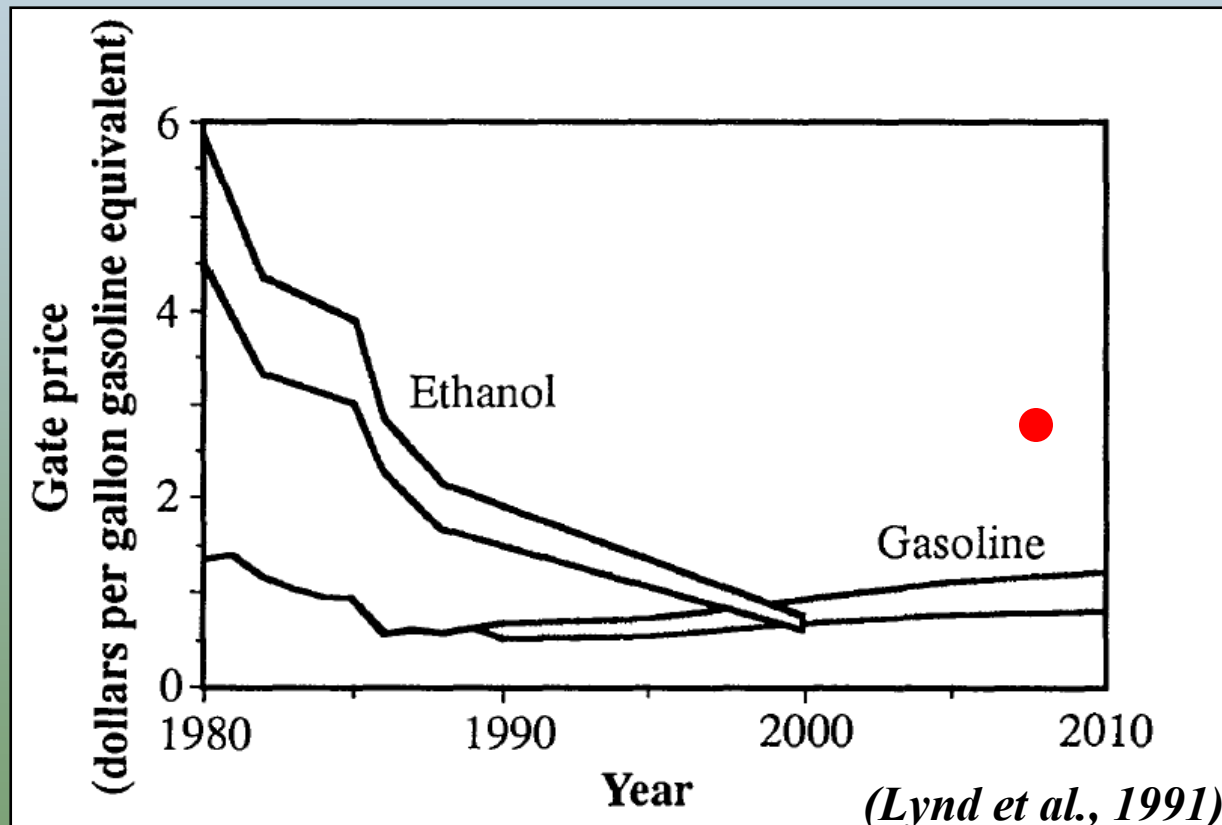
Éthanol cellulosique

● Hydrolyse par acide *vs* hydrolyse enzymatique



Où se situe le prix de l'éthanol cellulosique?

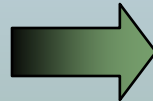
Coûts historiques et estimés de la gasoline et de l'éthanol



- Prix de la gasoline, à sa sortie de la raffinerie, juin 2008 : **3,00 \$/Gallon**

Exigences d'investissement de dépenses en immobilisation pour la bioénergie (\$ par gigajoule – installation de production d'énergie)

Granules d'herbe
5 \$/GJ



6 millions de dollars,
produisant 60 000 de
tonnes/année

Éthanol de maïs
24 \$/GJ



102 millions de dollars,
produisant 200 millions de
litres/année

Éthanol cellulosique
263 \$/GJ

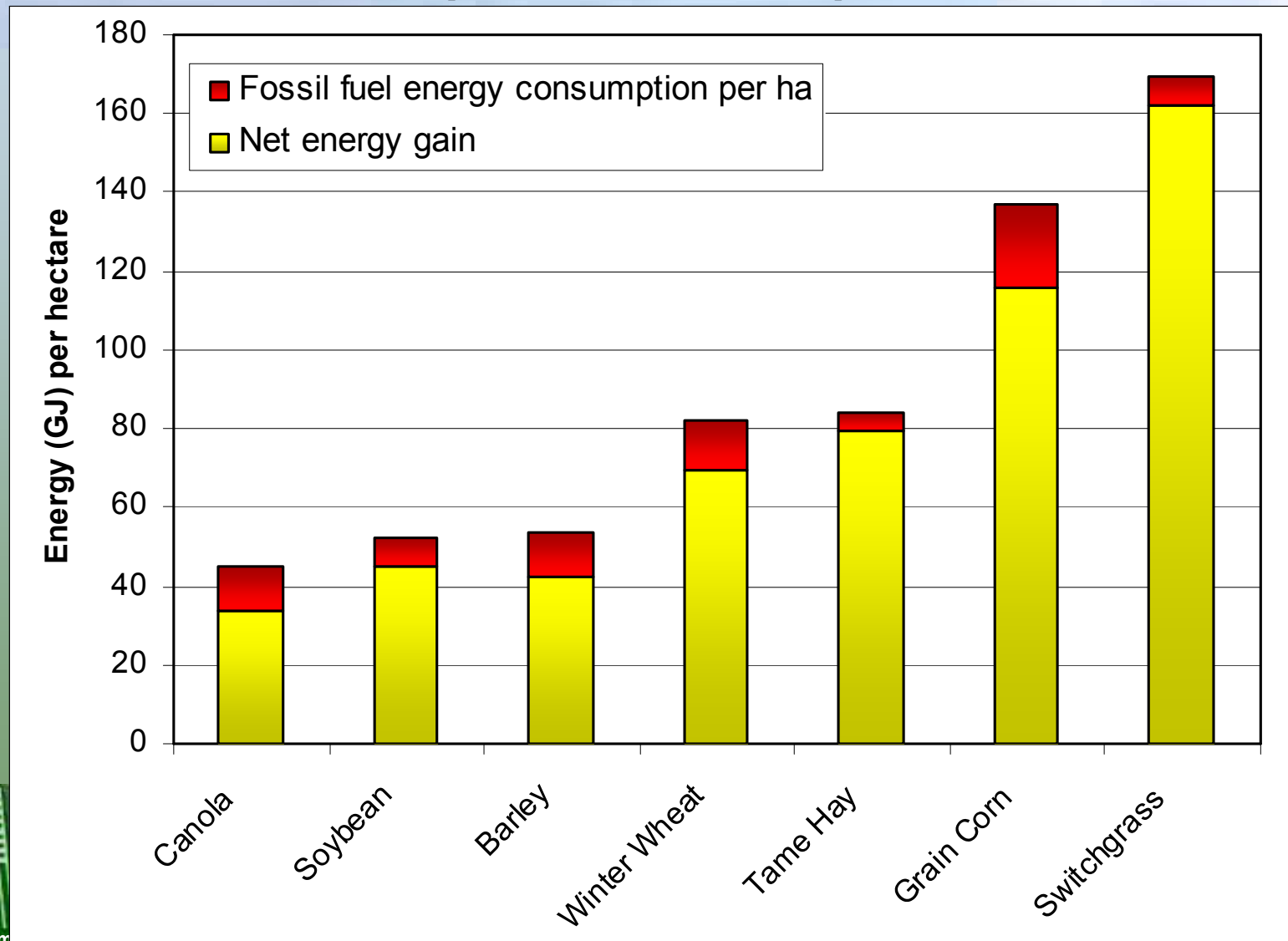


500 millions de dollars,
produisant 90 millions de
litres/année

(Globe and Mail, 15 mars 2008)

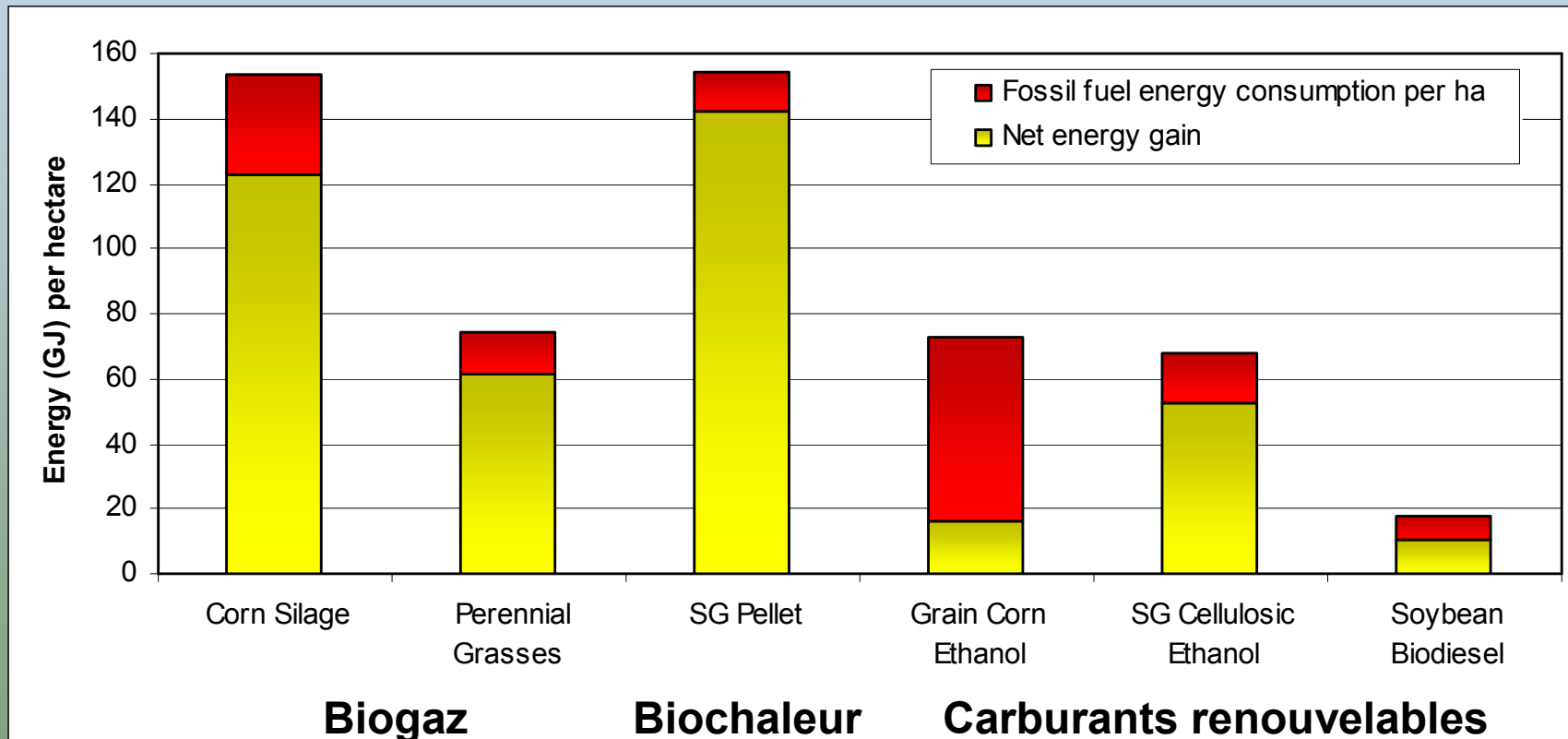
Accumulation d'énergie solaire et demande d'énergie fossile pour des cultures ontariennes

(Samson *et al.*, 2008)



Évaluation de différents types de biomasse d'Ontario, utilisés comme énergie renouvelable

(Samson *et al.*, 2008)



SG = Switchgrass, panic érigé

AUTOMNE



HIVER



PRINTEMPS



Rendements obtenus par récolte mécanique

Traitement	Rendement (ODT/ha)	Humidité (%)
Coupe d'automne & balle de printemps	6,574*	6,0
Coupe & balle de printemps	5,443	7,8

*Différence significative ($p < 0.05$)





Qualité de la biomasse du panic érigé par rapport aux granules de bois

Teneur	Granules de bois	Paille de blé	Panic érigé	
			Récolté à l'automne	Récolté au printemps
Énergie (GJ/t)	20,3	18,6-18,8	18,2-18,8	19,1
Cendres (%)	0,6	4,5	4,5-5,2	2,8-3,2
N (%)	0,30	0,70	0,46	0,33
K (%)	0,05	1,00	0,38-0,95	0,06
Cl (%)	0,01	0,19-0,51	n/a	n/a

Source : Samson *et al.*, 2005

Remplacement des GES

Les remplacements des GES sont établis en fonction de:

**La quantité totale
d'énergie
renouvelable (GJ)
produite par ha**
(énergie solaire captée
sur le champ moins
l'énergie perdue en
cours de
transformation)



**La quantité
d'énergie fossile
(GJ) utilisée pour
produire la
biomasse par ha**

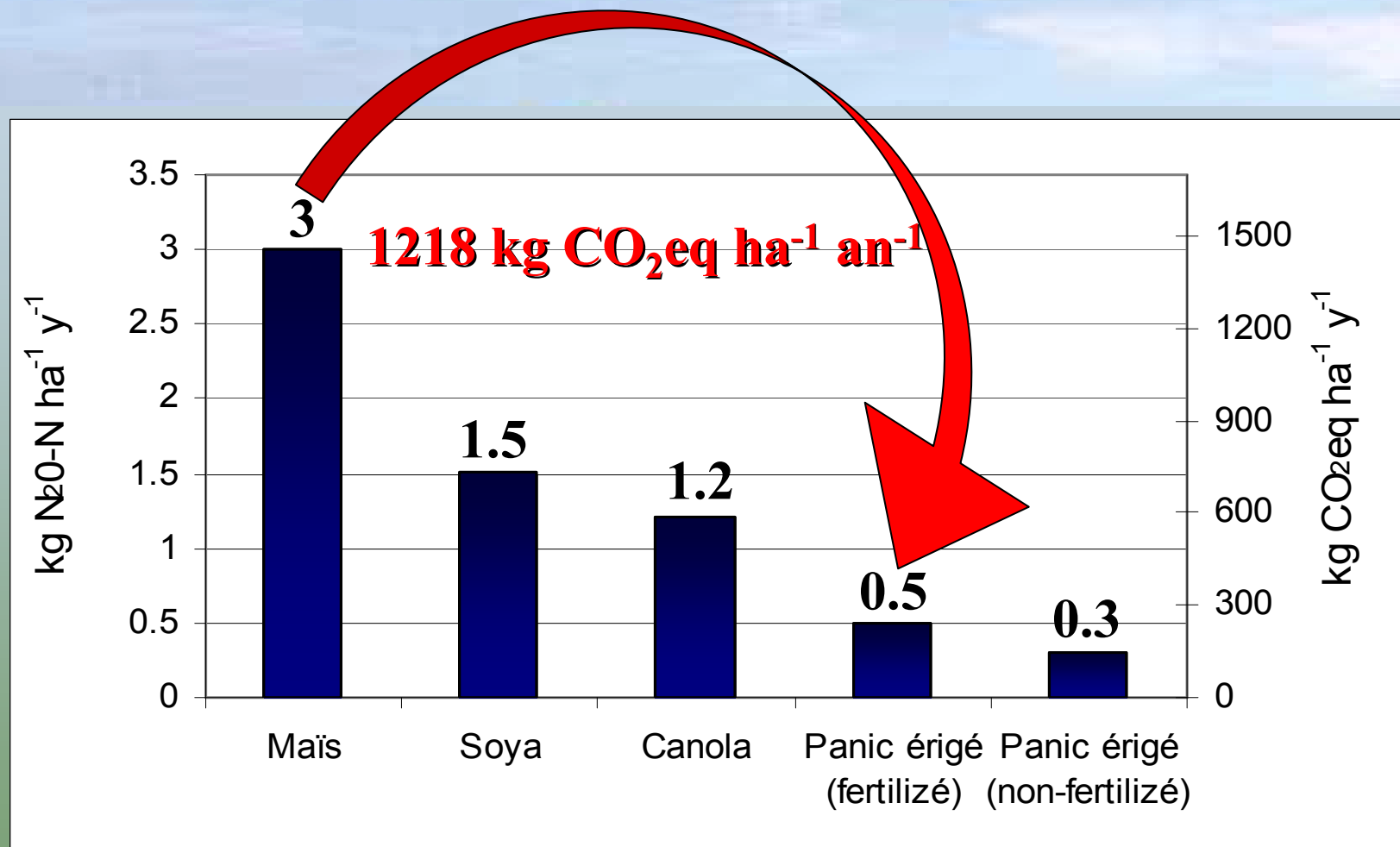
**La quantité
d'énergie fossile
utilisée pour
transformer la
biomasse en vrac
en biocarburant**

Comparaison des différents biocarburants en fonction des stratégies de remplacement

Facteurs à retenir :

- Les économies nettes de GES obtenues en remplaçant un carburant fossile par un biocarburant (en kg CO₂ équivalent / GJ)
- Le rendement du remplacement (en %)
- Le coût des subventions pour chaque unité d'énergie produite (en \$ / GJ)
- Le coût nécessaire pour remplacer 1 tonne de CO₂ équivalent (en \$ / tonne)

Le problème du N₂O



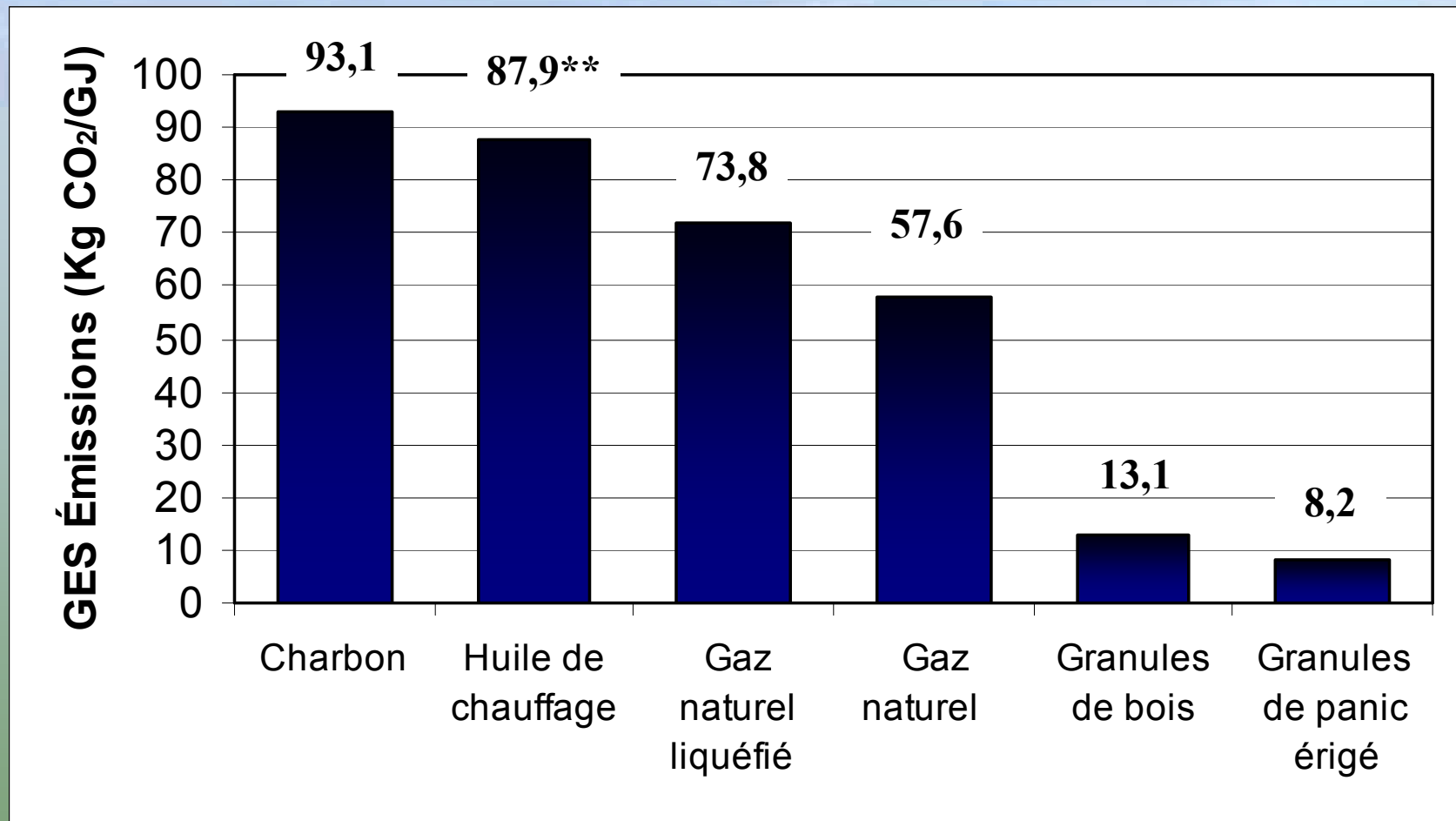
ex. : Maïs : $3 \text{ kg N}_2\text{O-N} \times 44/28 \times 310 = 1461 \text{ kg CO}_2\text{eq/ha}$
(Samson *et al.*, 2007)

Dette de carbone des biocarburants liquides pour les nouveaux usages des terres agricoles

- Le Canada n'a pas suffisamment de terres agricoles pour produire 5 M de tonnes de maïs (le blé est trop cher pour être utilisé comme matière première pour fabriquer de l'éthanol)
- Durée de la dette contractée pour la production d'éthanol à partir de maïs :
 - 167 ans** (Searchinger *et al.*, 2008)
 - 48-93 ans** (Fargione *et al.*, 2008)

Par contre, les graminées vivaces peuvent maintenir ou même améliorer le contenu en carbone du sol

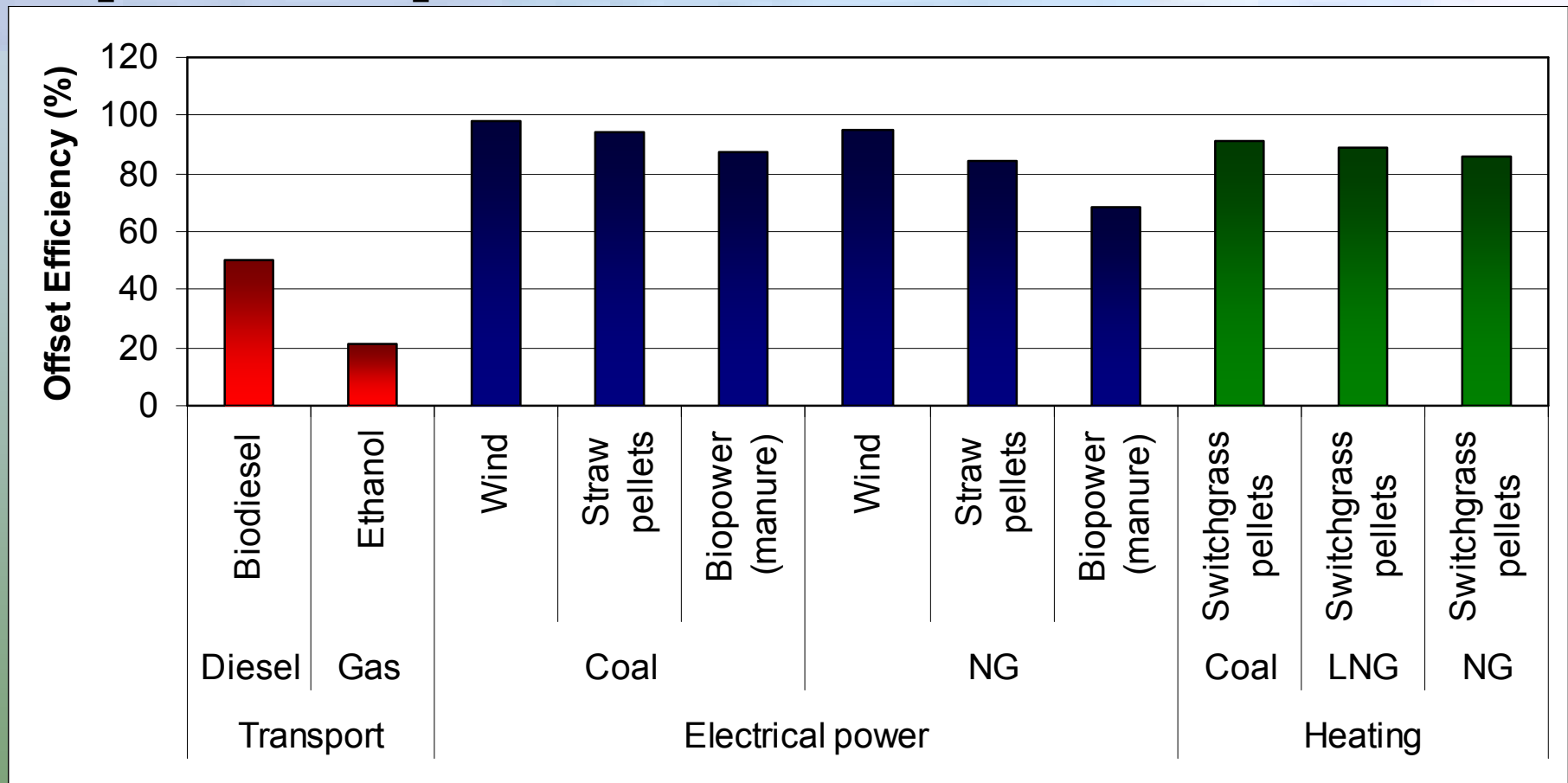
Émissions de GES des énergies fossiles *



*Basé sur GHGenius 3.9xls, Ressources Naturelle Canada, Samson *et al*, 2008

**Basé sur un mélange d'huile typique Canadien à 48 % de provenance domestique à 52 % de provenance internationale

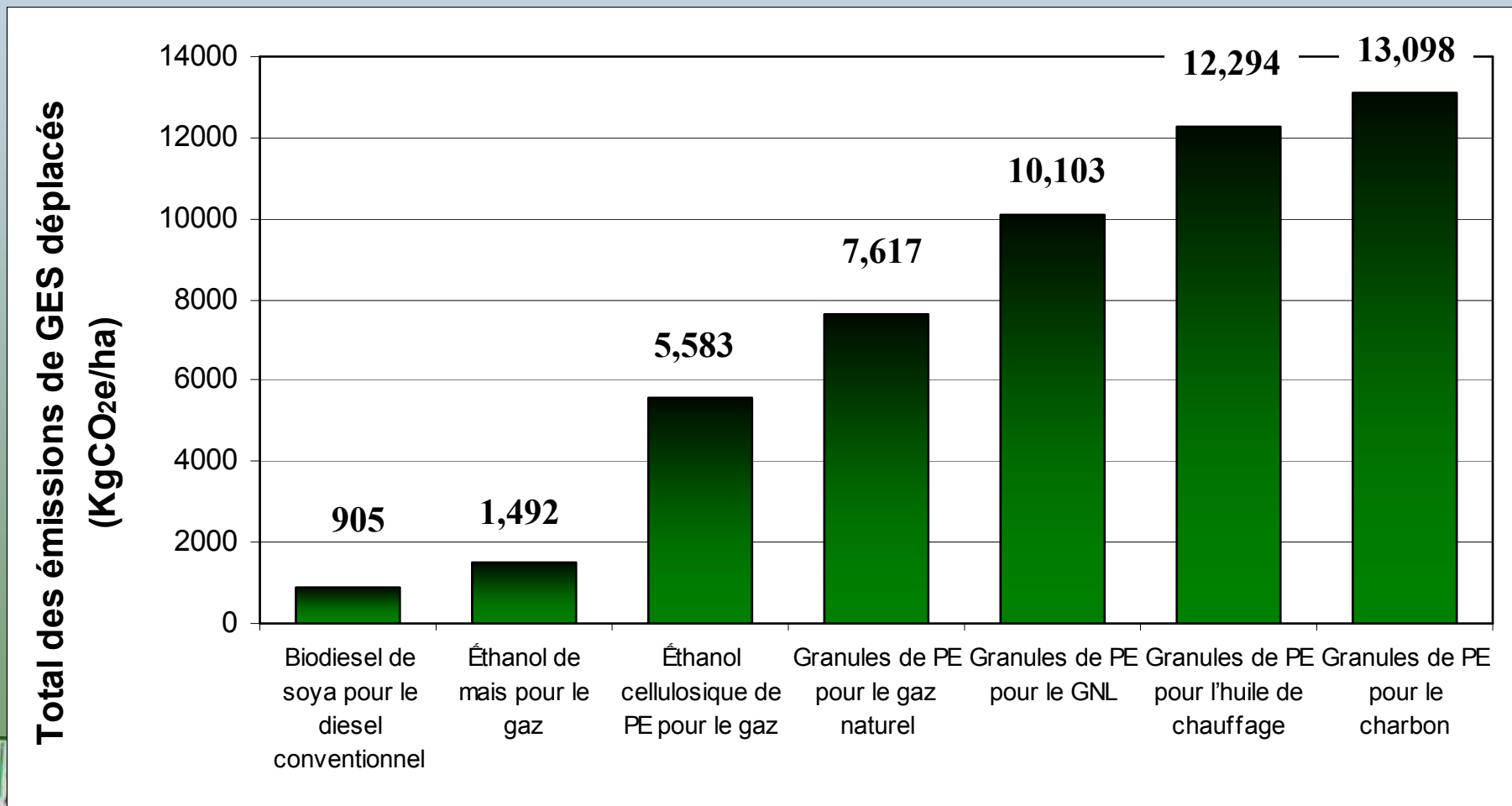
Rendement de déviation des options pour les biocombustibles



NG = Gaz naturel; LNG = Gaz naturel liquéfié

Samson *et al.*, 2008

Déplacements de GES en Ontario en utilisant des biocombustibles



PE= Panic érigé; GNL= gaz naturel liquéfié

Mesures incitatives pour les énergies renouvelables par \$/GJ en Ontario, Canada



Éthanol de maïs

➡ 8,00 \$/GJ



Énergie éolienne

➡ 15,28 \$/GJ



Granules de biomasse

➡ 2-4 \$/GJ

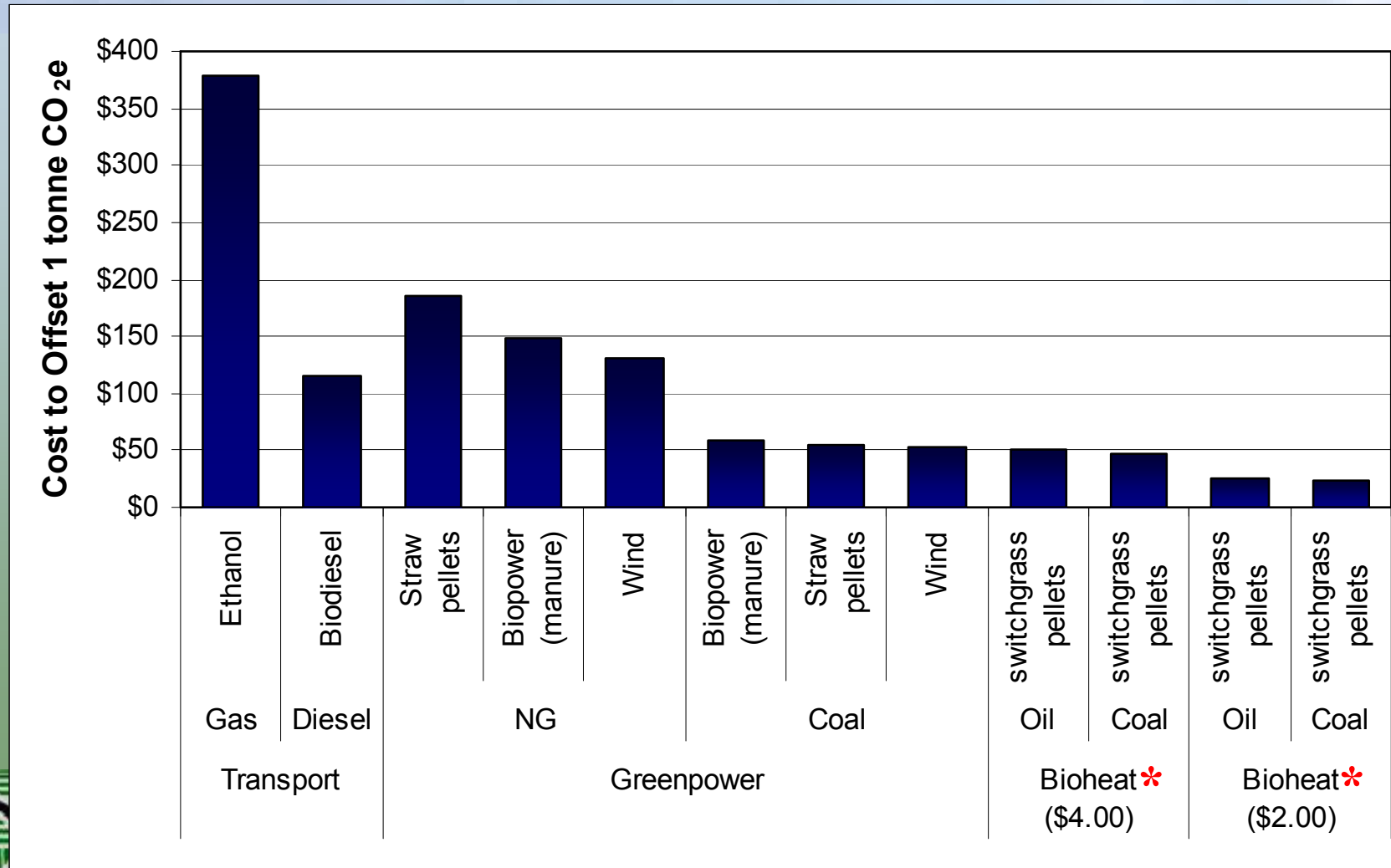
Prémises de base :

Éthanol de maïs (0,021 GJ/L @ 0,168 \$/L) basé sur 0,10 \$ du fédéral + 0,068 \$ de l'Ontario Ethanol Fund

Énergie éolienne (0,0036 GJ/kWh @ 0,055 \$/kWh) basé sur 0,01 \$ du fédéral + 0,045 \$ de la province de l'Ontario

Granules de biomasse (18,5 GJ/tonne @ 37-74 \$/t) il n'y a actuellement aucune mesure incitative pour cette option

Coûts pour déplacer 1 tonne de CO₂e avec les mesures incitatives de l'Ontario & fédérales



***Mesures incitatives suggérées**

Samson et al. 2008

Crise de la politique des biocarburants au Canada

- Québec abandonne en novembre 2007 la politique de production d'éthanol à partir du maïs, car il n'y a pas de bénéfices nets pour l'environnement
- L'usage des aliments pour produire des carburants a fait augmenter l'indice d'inflation du prix des aliments de 4,5 % aux USA, de 6,9 % en UE et de 23 % en Chine
- La production de biocarburants a requis ~100 millions de tonnes de grains en 2007-08 et les réserves mondiales de grain ont chuté de 5 %
- Le développement de l'éthanol cellulosique n'a pas atteint ses objectifs et sa production est encore loin d'être économiquement viable

Pour un développement durable des options bioénergétiques...

- Il faudrait la parité pour l'application plus juste des subventions fédérales (à présent les éoliennes sont subventionnées à 2,78 \$ / GJ, contre 5 \$ / GJ pour l'éthanol et 5,68 \$ / GJ pour le biodiésel et rien pour le biogaz ou pour un usage thermique de la biomasse).
- Si le but recherché est une diminution des émissions de CO₂ : nous devrions adopter une gestion axée sur les résultats, en visant seulement les technologies capables de vraiment réduire ces émissions de CO₂

Les meilleurs instruments politiques :

I. Établir une taxe de carbone de 25 \$ / t CO₂

II. Établir le programme 1-2-3-4-5 pour les énergies renouvelables et la défense du climat

1. Un programme national d'appui pour les énergies renouvelables;
2. 2 \$ / GJ pour l'usage thermique de la biomasse;
3. 3 \$ / GJ pour le biogaz;
4. 4 \$ / GJ biocarburants liquides et électricité verte;
5. 50 % minimum de réduction des émissions de GES nécessaire pour être subventionné.



Merci!

www.reap-canada.com

Partenaires

Conseil canadien de la gestion d'entreprise agricole

*MAAARO: Aperçu du Fonds de recherche sur
les carburants de remplacement renouvelables*

Ressources naturelles Canada