

## *Le combustible Bio Terre et l'impact environnemental de l'utilisation des résidus agricoles en substitution au charbon de bois*



**Mike Temmerman**

- ♪ Introduction
- ♪ Description du procédé BioTerre
- ♪ Le comportement du produit en combustion
- ♪ Evaluation environnementale comparative aux filières charbon de bois
- ♪ Evolution de la commercialisation depuis 2009
- ♪ Conclusions

## ♪ Introduction

♪ Description du procédé BioTerre

♪ Le comportement du produit en combustion

♪ Evaluation environnementale comparative aux filières charbon de bois

♪ Evolution de la commercialisation depuis 2009

♪ Conclusions

# Introduction



♪ La préservation des forêts, en particulier en zone aride, passe par la diminution des quantités prélevées pour une utilisation énergétique:

♪ Le bois de feu

♪ Le charbon de bois

♪ A cette fin, 3 axes d'action principaux sont envisageables

♪ L'amélioration des rendements de carbonisation

♪ L'amélioration des rendements d'utilisation

♪ L'utilisation de combustibles de substitution



# Introduction

## ♪ L'amélioration des rendements de carbonisation

- ♪ Le rendement maximum théorique de carbonisation est de 50%
- ♪ En carbonisation artisanale, le rendement dépend davantage du savoir faire du charbonnier que de la technique envisagée
  - ♪ les rendements varient de 10 à 25% généralement
- ♪ Les rendements en carbonisation industrielle peuvent atteindre 30 à 35%



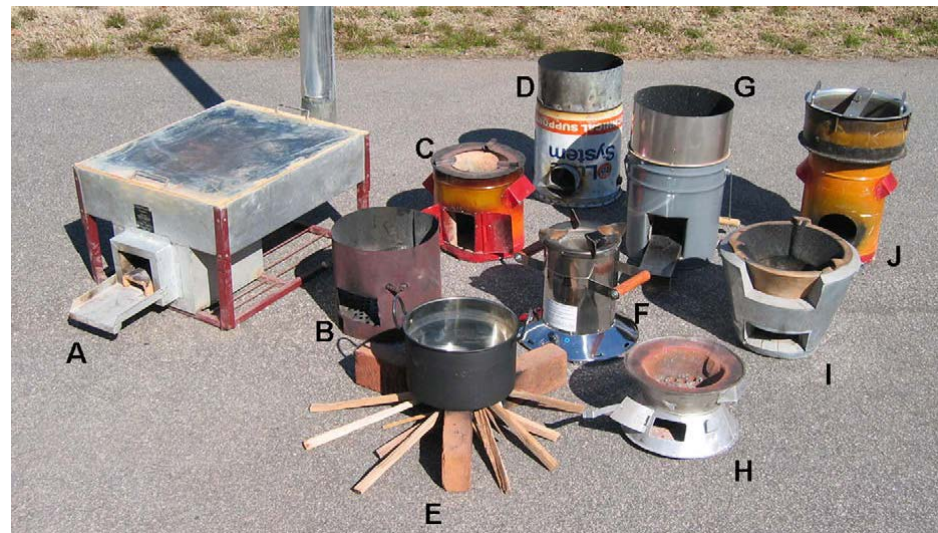
# Introduction

## ♪ L'amélioration des rendements d'utilisation

### ♪ Utilisation de foyers améliorés

♪ Si bien des études mettent en évidence la supériorité de certains foyers par rapport à d'autres, peu mesurent le rendement effectif de la récupération d'énergie à destination de la cuisson

♪ Ce rendement peut être estimé entre 10 et 35%



Jetter J.J., Kariher P., *Biomass & Bioenergy*, (2009) 294-305



# Introduction

♪ L'utilisation de combustibles de substitution

♪ Les possibilités des BioCombustibles solides sont vastes et vont

♪... des combustibles traditionnels fabriqués à la main en Inde ...



# Introduction

♪...Aux unités de production de pellets et de pellets de bois torréfié aux capacités annuelles se comptant en centaine de milliers de tonnes





# Introduction

♪... En passant par la densification sous forme de briquettes...

♪ Les briquettes ont été envisagées comme un possible substitut au charbon de bois, mais



♪ le procédé est exigeant vis-à-vis de la matière première (humidité faible & granulométrie réduite)

♪ les investissements sont élevés

♪ les coûts de fonctionnement sont élevés

♪ Le produit est hygroscopique et se désagrège en atmosphère humide

♪ est très chargé en matières volatiles et une grande quantité est nécessaire pour réaliser un travail de cuisson similaire à celui du charbon de bois

## Introduction

♪... En passant par les combustibles obtenus par granulation comme le boulet BioTerre



- ♪ Introduction
- ♪ Description du procédé BioTerre
- ♪ Le comportement du produit en combustion
- ♪ Evaluation environnementale comparative aux filières charbon de bois
- ♪ Evolution de la commercialisation depuis 2009
- ♪ Conclusions

# BioTerre: description du procédé

## Mélange de

♪ Biomasse broyée

♪ Matière carbonisée

♪ Argile





# BioTerre: Quelle Biomasse?

♪ Techniquement, toutes les biomasses, broyées, sont utilisables, Certaines ont déjà été testées:

♪ Bois (sciures)

♪ Résidus agricoles

▣ Coques d'arachide

▣ Balle de riz



# BioTerre: Quelle Biomasse?

♪ Techniquement, toutes les biomasses, broyées, sont utilisables, certaines ont déjà été testées:

- ♪ Bois (sciures)
- ♪ Résidus agricoles
  - ♪ Coques d'arachides
  - ♪ Balle de riz
  - ♪ Typha
  - ♪ Déchets de bananes





♪ D'autres biomasses sont techniquement envisageables:

♪ Bagasse de canne à sucre

♪ Coques, bourre & tige de coton

♪ Parche de café

♪...



# Quelle argile?

♪ Terre à brique

♪ Disponible en grande quantité

♪ De plus, une unité à la production annuelle de 1000 tonnes ne consomme environ que 300 m<sup>3</sup>/an





# Quelle biomasse carbonisée?

♪ Les fines de charbon de bois

♪ Récupération du poussier sur les points de ventes



# Quelle biomasse carbonisée?

## ♪ Système de carbonisation simple en fût pour la biomasse

♪ Des résultats très satisfaisants ont été obtenus avec

♪ Typha

♪ balle de riz

♪ coque d'arachide

♪ Présente l'avantage d'être mobile



# Quelle biomasse carbonisée?

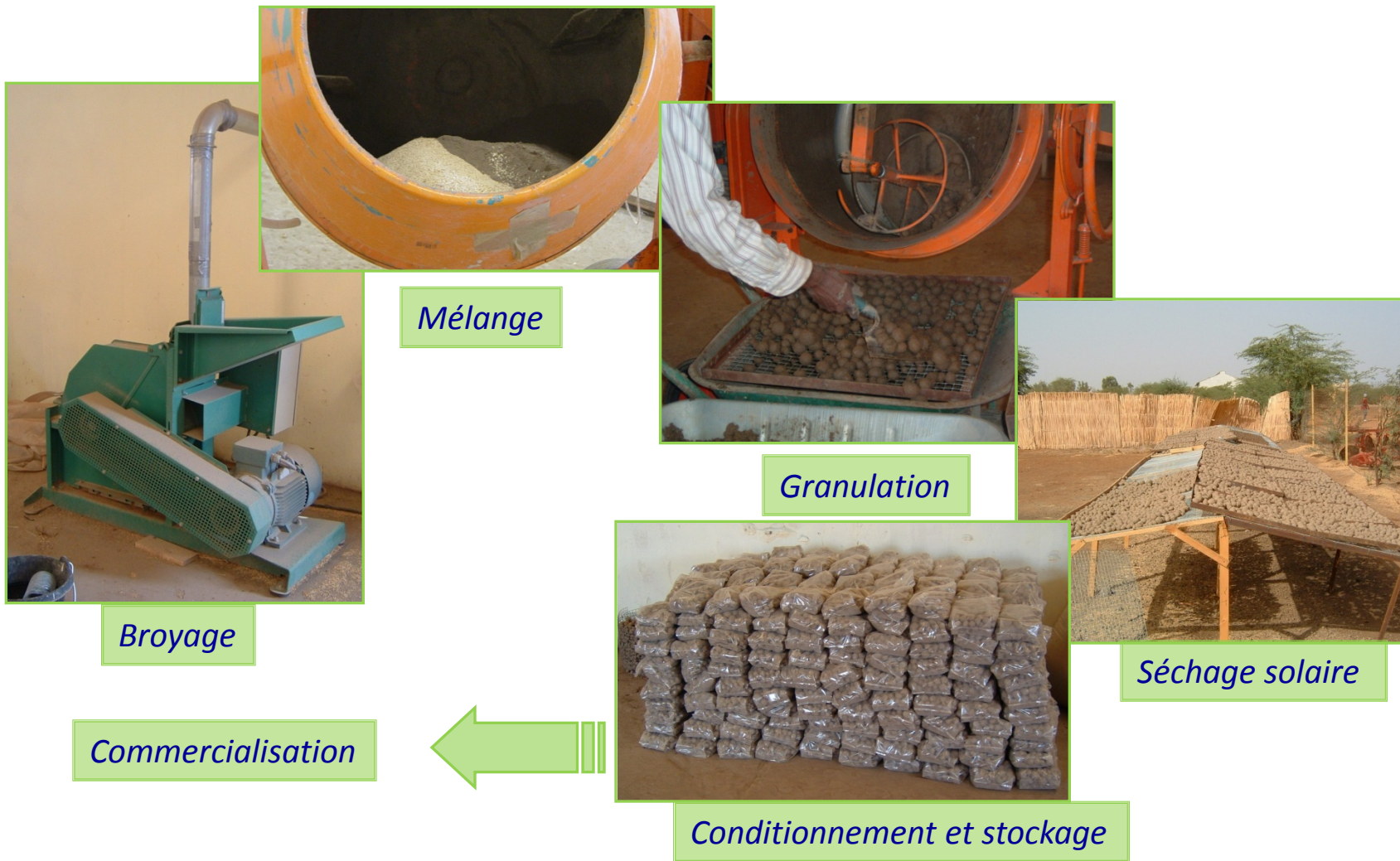
## ♪ Séchoir carbonisateur

♪ La chaleur issue de la carbonisation est récupérée pour alimenter le séchage final du combustible (après pré-séchage solaire)





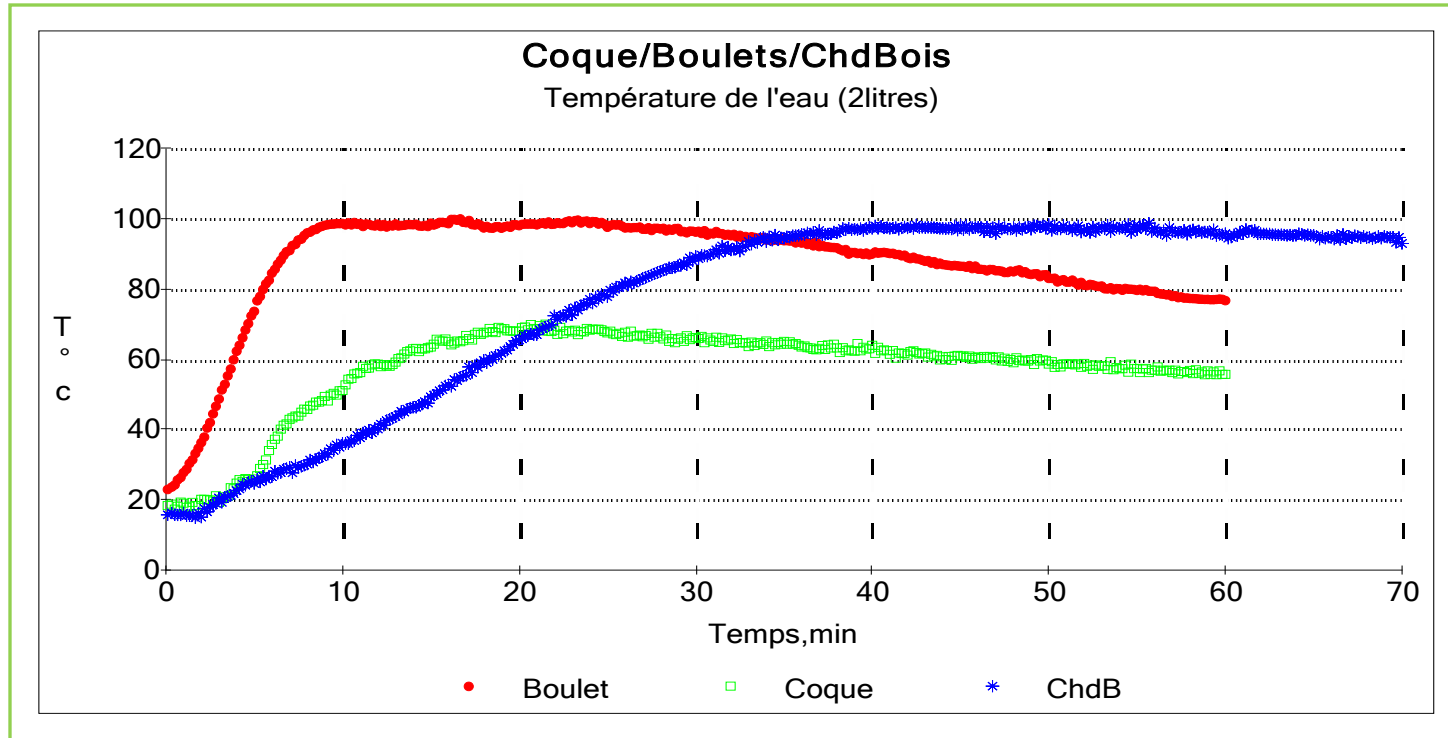
# Le procédé de fabrication



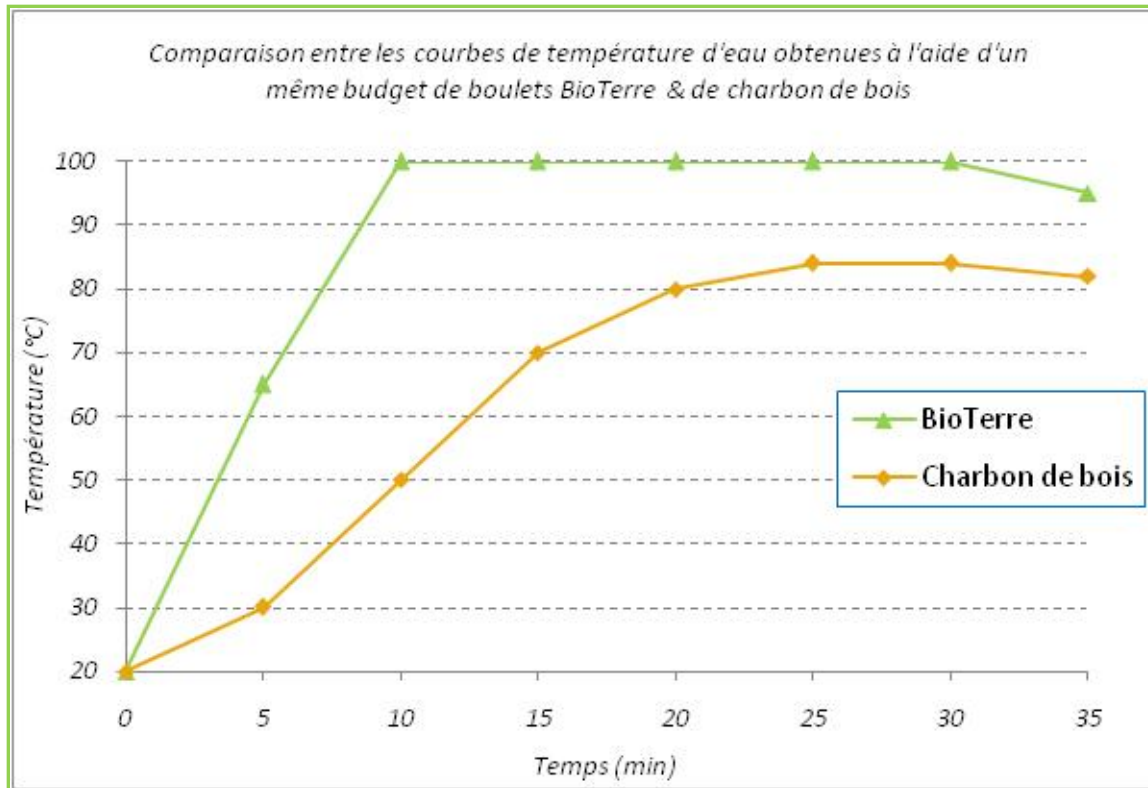


- ♪ Introduction
- ♪ Description du procédé BioTerre
- ♪ **Le comportement du produit en combustion**
- ♪ Evaluation environnementale comparative aux filières charbon de bois
- ♪ Evolution de la commercialisation depuis 2009
- ♪ Conclusions

## ♪ L'Évaluation scientifique



## ♪ L'Évaluation scientifique



## Le comportement en combustion

### ♪ L'Évaluation par les experts



### ♪ Les **avantages** du produit

- ♪ présente une durée de combustion équivalente à celle du charbon de bois
- ♪ Permet la cuisson de tous les plats traditionnels
- ♪ Peut être utilisé dans tous les fourneaux
- ♪ ne dégage pas de fumée à l'allumage
- ♪ ne fait pas d'étincelle
- ♪ Peut être utilisé en petite quantité
- ♪ Peut être produit à 125 FCFA/kg
  - ♪ permet un prix de vente détaillé de 200 FCFA/kg & permet 30 à 50% d'économie sur le combustible utilisé pour la cuisson
  - ♪ Le charbon coûte 250 FCFA/kg

### ♪ Les **inconvénients** du produit

- ♪ Le produit n'est pas du charbon de bois
- ♪ Nécessite procédure d'allumage simple mais spécifique & différente du charbon de bois
- ♪ Nécessite un support dans les fourneaux n'en disposant pas
- ♪ Est cher



- ♪ Introduction
- ♪ Description du procédé BioTerre
- ♪ Le comportement du produit en combustion
- ♪ **Evaluation environnementale comparative aux filières charbon de bois**
- ♪ Evolution de la commercialisation depuis 2009
- ♪ Conclusions

- ♪ Comparaison de 4 filières
  - ♪ Production de charbon de bois à faible rendement (15% massique)
  - ♪ Production de charbon de bois à haut rendement (25% massique)
  - ♪ Valorisation de résidus agricole par carbonisation à haut rendement (25% massique)
  - ♪ Valorisation de résidus agricole par le procédé BioTerre (60 % de biomasse carbonisée – rendement 25% massique)
- ♪ Les hypothèses
  - ♪ Taux de Carbone dans la matière carbonisée: 90%
  - ♪ Rapport  $\text{CO}_2/\text{C} = 3,66$
  - ♪ Accroissement annuel moyen d'une forêt naturelle: 1,5 T/ha an
  - ♪ Accroissement annuel moyen d'une plantation énergétique: 8,4 T/ha an
- ♪ Les étapes
  - ♪ Evaluation des émissions de  $\text{CO}_2$  évitées lors de la production
  - ♪ Evaluation de la quantité de bois non exploitée
    - ♪ Equivalent forêt naturelles
    - ♪ Equivalent plantation énergétiques
    - ♪ Equivalent Stock de Carbone
  - ♪ Synthèse & équivalent  $\text{CO}_2$

## ♪ Les étapes

♪ Evaluation des émissions de CO<sub>2</sub> évitées lors de la production

♪ Evaluation de la quantité de bois non exploitée

♪ Equivalent forêt naturelles

♪ Equivalent plantation énergétiques

♪ Equivalent puits de Carbone

♪ Synthèse & équivalent CO<sub>2</sub> au point de rentabilité

# L'évaluation environnementale

## ♪ Evaluation des émissions de CO<sub>2</sub> évitées lors de la production



### Impacts environnementaux du projet

Matière (MP) / Produit (P)	Unités	Coef	Charbon de bois		BioCombustibles de substitution	
			Bois	Bois	Matière agricole	Boulets agglomérés
Qualité de la carbonisation			Faible	Bonne	Bonne	Bonne
Masse MP anhydre	kg		1000	1000	1000	1000
Taux de carbone MP	%		50	50	50	50
Masse de carbone MP	kg		500	500	500	500
Rendement de carbonisation	%		15	25	25	25
Masse de Matière Carbonisée	kg		150	250	250	250
Taux de C de la Matière Carbonisée	%		90	90	90	90
Masse C Matière carbonisée	kg		135	225	225	225
Emission de la conversion	kg		365	275	275	275
Contenu en matière carbonisée	%		100	100	100	60
Masse de combustible obtenue	kg		150	250	250	417
Emission spécifique	kg C/T Pd		2433	1100	1100	660
Facteur d'émission	kg C/T MP		365	275	275	275
Emissions évitées	kg C/T Pd		0	1333	1333	1773
Réduction minimale des gaz à effet de serre	T Eq CO <sub>2</sub> /T Pd		0	4,89	4,89	6,50
Rapport CO <sub>2</sub> /C	kg/kg	3,66				

Centre wallon de Recherches agronomiques



## Impacts environnementaux du projet

Matière (MP) / Produit (P)	Unités	Coef	Charbon de bois		BioCombustibles de substitution	
			Bois	Bois	Matière agricole	Boulets agglomérés
Qualité de la carbonisation			Faible	Bonne	Bonne	Bonne
Masse MP anhydre	kg		1000	1000	1000	1000
Taux de carbone MP	%		50	50	50	50
Masse de carbone MP	kg		500	500	500	500
Rendement de carbonisation	%		15	25	25	25
Masse de Matière Carbonisée	kg		150	250	250	250
Taux de C de la Matière Carbonisée	%		90	90	90	90
Masse C Matière carbonisée	kg		135	225	225	225
Emission de la conversion	kg		365	275	275	275
Contenu en matière carbonisée	%		100	100	100	60
Masse de combustible obtenue	kg		150	250	250	417
Emission spécifique	kg C/T Pd		2433	1100	1100	660
Facteur d'émission	kg C/T MP		365	275	275	275
Emissions évitées	kg C/T Pd		0	1333	1333	1773
Réduction minimale des gaz à effet de serre	T Eq CO <sub>2</sub> /T Pd		0	4,89	4,89	6,50

Soit après conversion en CO<sub>2</sub> : 4,89 & 6,50 tonnes / tonne de produit



Centre wallon de Recherches agronomiques

## ♪ Les étapes

♪ Evaluation des émissions de CO<sub>2</sub> évitées lors de la production

♪ Evaluation de la quantité de bois non exploitée

♪ Equivalent forêt naturelles

♪ Equivalent plantation énergétiques

♪ Equivalent Carbone stocké

♪ Synthèse & équivalent CO<sub>2</sub> au point de rentabilité

# L'évaluation environnementale

## ♪ Evaluation de la quantité de bois non exploitée



Centre wallon de Recherches agronomiques

### Impacts environnementaux du projet

Matière (MP) / Produit (P)	Unités	Coef	Charbon de bois		BioCombustibles de substitution		
			Bois Faible	Bois Bonne	Matière agricole Bonne	Boulets agglomérés Bonne	
<b>Accroissement forestier annuel moyen</b>	<b>T/ha an</b>	<b>1,4</b>					
MP nécessaire / tonne produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Consommation de bois évitée/tonne produit	tonnes			0,0	2,7	6,7	6,7
Production annuelle non exploitée/tonne produit ha x an				0,0	1,9	4,8	4,8
<b>Accroissement forestier annuel PI Energét.</b>	<b>T/ha an</b>	<b>8,357</b>					
MP nécessaire / tonnes produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Consommation de bois évitée/tonnes produit	tonnes			0,0	2,7	6,7	6,7
Production annuelle non exploitée/tonne produit ha x an				0,0	0,3	0,8	0,8
<b>Equivalent CO2 Stocké</b>		<b>3,66</b>					
MP nécessaire / tonnes produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Soit contenu en C	%	50		0,0	1,3	3,3	3,3
Soit Equivalent CO2 évité /tonne de produit	tonne/tonne			0	4,89	12,21	12,21



# L'évaluation environnementale

## ♪ Evaluation de la quantité de bois non exploitée



### Impacts environnementaux du projet

Matière (MP) / Produit (P)	Unités	Coef	Charbon de bois		BioCombustibles de substitution		
			Bois Faible	Bois Bonne	Matière agricole Bonne	Boulets agglomérés Bonne	
<b>Accroissement forestier annuel moyen</b>	<b>T/ha an</b>	<b>1,4</b>					
MP nécessaire / tonne produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Consommation de bois évitée/tonne produit	tonnes			0,0	2,7	6,7	6,7
Production annuelle non exploitée/tonne produit ha x an				0,0	1,9	4,8	4,8
<b>Accroissement forestier annuel PI Energét.</b>	<b>T/ha an</b>	<b>8,357</b>					
<b>Equivalent en production annuelle d'une forêt naturelle par tonne de produit : 0 - 1,9 - 4,8 - 4,8 ha</b>							
MP nécessaire / tonnes produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Consommation de bois évitée/tonnes produit	tonnes			0,0	2,7	6,7	6,7
Production annuelle non exploitée/tonne produit ha x an				0,0	0,3	0,8	0,8
<b>Equivalent CO2 Stocké</b>		<b>3,66</b>					
MP nécessaire / tonnes produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Soit contenu en C	%	50		0,0	1,3	3,3	3,3
Soit Equivalent CO2 évité /tonne de produit	tonne/tonne			0	4,89	12,21	12,21

Centre wallon de Recherches agronomiques





# L'évaluation environnementale

## ♪ Evaluation de la quantité de bois non exploitée

### Impacts environnementaux du projet

Matière (MP) / Produit (P)	Unités	Coef	Charbon de bois		BioCombustibles de substitution		
			Bois Faible	Bois Bonne	Matière agricole Bonne	Boulets agglomérés Bonne	
<b>Accroissement forestier annuel moyen</b>	<b>T/ha an</b>	<b>1,4</b>					
MP nécessaire / tonne produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Consommation de bois évitée/tonne produit	tonnes			0,0	2,7	6,7	6,7
Production annuelle non exploitée/tonne produit ha x an				0,0	1,9	4,8	4,8
<b>Accroissement forestier annuel PI Energét.</b>	<b>T/ha an</b>	<b>8,357</b>					
MP nécessaire / tonnes produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Consommation de bois évitée/tonnes produit	tonnes			0,0	2,7	6,7	6,7
Production annuelle non exploitée/tonne produit ha x an				0,0	0,3	0,8	0,8
<b>Equivalent CO2 Stocké</b>		<b>3,65</b>					
<b>Equivalent en production annuelle d'une plantation énergétique par tonne de produit: 0, 0,3; 0,8; 0,8 ha</b>		<b>50</b>					
MP nécessaire / tonnes produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Soit contenu en C %				0,0	1,3	3,3	3,3
Soit Equivalent CO2 évité /tonne de produit	tonne/tonne			0	4,89	12,21	12,21

# L'évaluation environnementale

## ♪ Evaluation de la quantité de bois non exploitée

### Impacts environnementaux du projet

Matière (MP) / Produit (P)	Unités	Coef	Charbon de bois		BioCombustibles de substitution		
			Bois Faible	Bois Bonne	Matière agricole Bonne	Boulets agglomérés Bonne	
<b>Accroissement forestier annuel moyen</b>	<b>T/ha an</b>	<b>1,4</b>					
MP nécessaire / tonne produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Consommation de bois évitée/tonne produit	tonnes			0,0	2,7	6,7	6,7
Production annuelle non exploitée/tonne produit ha x an				0,0	1,9	4,8	4,8
<b>Accroissement forestier annuel PI Energét.</b>	<b>T/ha an</b>	<b>8,357</b>					
MP nécessaire / tonnes produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Consommation de bois évitée/tonnes produit	tonnes			0,0	2,7	6,7	6,7
Production annuelle non exploitée/tonne produit ha x an				0,0	0,3	0,8	0,8
<b>Equivalent CO2 Stocké</b>		<b>3,66</b>					
MP nécessaire / tonnes produit	tonnes			6,7	4,0	4,0	2,4
Soit contenu en C	%	50		0,0	1,3	3,3	3,3
Soit Equivalent CO2 évité /tonne de produit	tonne/tonne			0	4,89	12,21	12,21

Equivalent en tonnes de CO2 stockées par tonne de produit: 0 ; 4,89; 12,21; 12,21 ha

## ♪ Les étapes

♪ Evaluation des émissions de CO<sub>2</sub> évitées lors de la production

♪ Evaluation de la quantité de bois non exploitée

♪ Equivalent forêt naturelles

♪ Equivalent plantation énergétiques

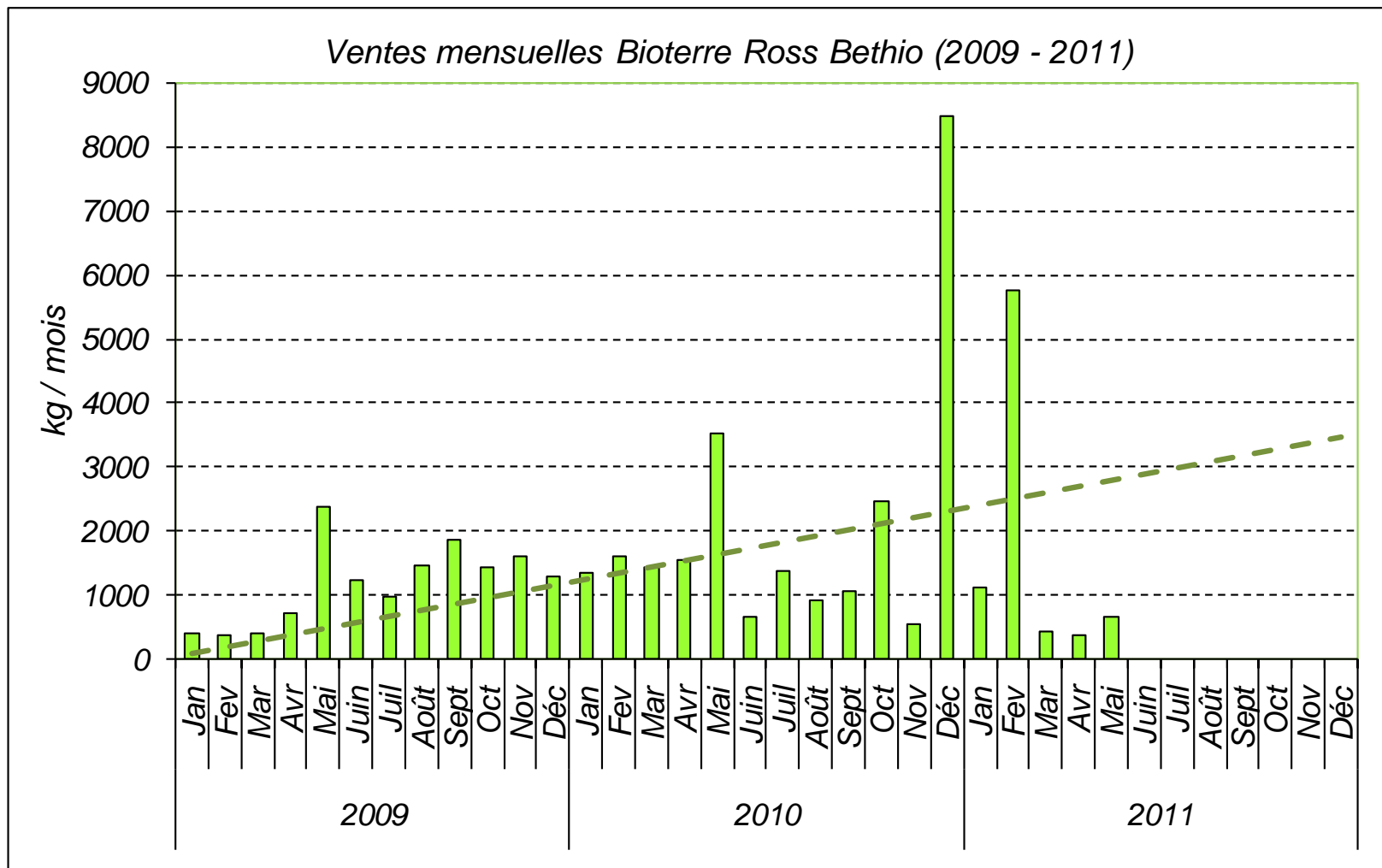
♪ Equivalent Carbone stocké

♪ Synthèse & équivalent CO<sub>2</sub> au point de rentabilité



<i>Soit par tonne de produit</i>		<i>T/an</i>			
Nombre de tonnes Eq CO2 évitée	T Eq CO2	0	9,8	17,1	<b>18,7</b>
Eq production annuelle Forêt Naturelle préservée ha		0,0	1,9	4,8	<b>4,8</b>
Eq production annuelle Plantation En préservée ha		0,0	0,3	0,8	<b>0,8</b>
<i>Soit au seuil de rentabilité économique</i>		<i>T/an</i>	<b>130</b>		
Nombre de tonnes Eq CO2 évitée	T Eq CO2	-	1.270	2.223	<b>2.432</b>
Eq production annuelle Forêt Naturelle préservée ha		-	248	619	<b>619</b>
Eq production annuelle Plantation En préservée ha		-	41	104	<b>104</b>

- ♪ Introduction
- ♪ Description du procédé BioTerre
- ♪ Le comportement du produit en combustion
- ♪ Evaluation environnementale comparative aux filières charbon de bois
- ♪ Evolution de la commercialisation depuis 2009
- ♪ Conclusions





## La commercialisation

### ♪ Les enseignements depuis 2009

♪ Les ventes progressent, elles ont atteint un cumul de 130 tonnes sur le Sénégal, depuis l'origine du projet, soit

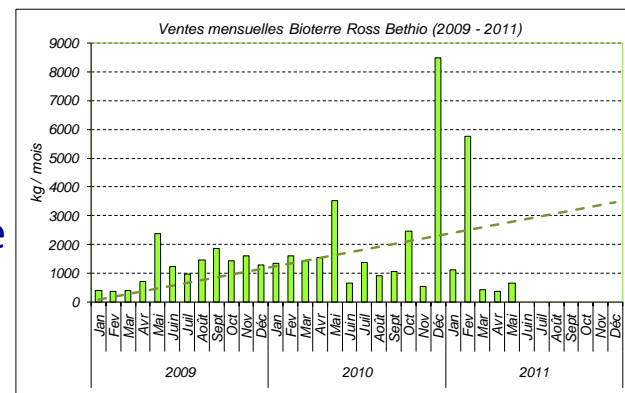
♪ 2400 tonnes de CO<sub>2</sub> évité

♪ l'accroissement annuel de 619 ha de forêt naturelles préservées

♪ Cependant, la mise en place d'un réseau de distribution de BioCombustible de substitution au charbon de bois se heurte en permanence à la concurrence du charbon de bois

♪ Des pics de vente sont observés lors des périodes de pénurie en charbon de bois (hivernage)

♪ Il semble que même avec un coût de production équivalent à la moitié du prix de vente au détail du charbon de bois, la marge générée reste trop faible pour intéresser réellement les revendeurs et la commercialisation passent par une nécessaire sensibilisation



- ♪ Introduction
- ♪ Description du procédé BioTerre
- ♪ Le comportement du produit en combustion
- ♪ Evaluation environnementale comparative aux filières charbon de bois
- ♪ Evolution de la commercialisation depuis 2009
- ♪ Conclusions

## Conclusions



♪ La valorisation énergétique des résidus agricoles est un levier nécessaire dans la préservation des forêts naturelles en particulier si elles sont de faible productivité

♪ 100 tonnes de combustible de substitution au charbon de bois équivalent à la l'accroissement annuel de 476 ha de forêt naturelle

♪ Des voies de valorisation existent qui permettent la production d'un combustible aux qualités très proches du charbon de bois

♪ Ce combustible peut être produit à un coût équivalent à 50% de celui du charbon de bois vendu au détail

♪ La mise en place d'un réseau de distribution & et commercialisation est un travail de longue haleine qui se heurte à des obstacles tels

- ♪ les habitudes & les coutumes
- ♪ les coûts de transport élevés
- ♪ les marges bénéficiaires restreintes

## Conclusions

♪ La consommation de BioCombustibles de substitution pourrait être singulièrement accrue en augmentant son attractivité par rapport au charbon de bois

♪ Ce support peut venir

♪ d'une taxe sur le charbon de bois

♪ D'une limitation des quantités de charbon de bois autorisées à la vente

♪ d'une subvention des BioCombustibles de substitution

♪ Mais, tous les marché Energie (renouvelables) ont nécessité, et certains nécessitent encore, un support qui les rende attractifs dans leur phase d'implantation

♪ Cependant en zone aride, le prix élevé du charbon de bois peut être un avantage concurrentiel pour les combustibles de substitution



Merci pour votre attention...