

## ECREEE: ATTELIER REGIONAL DE FORMATION AVANCEE SUR RETSCReen



KNUST, Kumasi, Ghana

24 – 26 Aout 2011

Formateur: Charles Diarra, Ph.D.

Email: [dcdiarra@yahoo.com](mailto:dcdiarra@yahoo.com)

Mississauga On, Canada



# EMETED

## **Firme de Consultation Spécialisée:**

- Maitrise/Gestion de l'Énergie (Certified Energy Manager): domestique, commercial, industriel, mines.
- Efficacité Énergétique
- Évaluation et Audit Énergétique (analyse économique et financière)
- Conception, Dessin, et Exécution de projets d'Énergie durable (traditionnelles, et renouvelables)
- Financement de projets d'énergie propre,
- Démarrage et assistance aux Entreprises de Services Énergétiques (ESE)
- Mécanismes liés au Protocole de Kyoto
- Renforcement de la Capacité (formation, logiciel RETScreen, calcul et analyse de sommes cumulées)

## PROGRAMME DE LA FORMATION

Troisième Jour: 24 Aout 2011		
CREEC : Programme de Formation RETScreen pour l'analyse de projet d'ER &EE		
Lieu: KNUST, Kumasi, Ghana		
Heure	Session	
9:00	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Téléchargement et installation du programme RetScreen</li> <li>- activation/désactivation des macros - Les attentes de la formation - la feuille du logiciel RetScreen - Présentation Power Point</li> </ul>
11:30		Pause Café/thé
12:00	2	Power Point présentation - acquisition des données de base climatique- énergétique - les ressources en ligne - les types de réseaux.
13:30		Déjeuner
14:30	3	<p><b>RETs_1: Energie Photovoltaïque</b> : Etudes de cas: production d'énergie électrique -</p> <p>-Analyse de projets d'énergie PV - Introduction - Exemple d' Etudes de Cas : hors réseau, réseau isole, système connecte au réseau - system central/décentralisée</p>
16:00		Pause Café/thé
16:30	4	<p><i>Exercices pratiques :</i></p> <p>Etudes de cas dans les pays de la CEDEAO pour la production d'énergie photovoltaïque, le pompage solaire-- Discussions en équipes. <i>Cas d'Etude a KNUST, Ghana,</i></p>
18:30		<b>Fin de la Journée 3</b>

# **1. INTRODUCTION:**

## **1.1 LE LOGICIEL RETSCREEN**

- Un outil d'aide à la décision de projets d'énergie
- Développé en collaboration avec des experts de l'industrie, du gouvernement et du milieu académique.
- Offert gratuitement, et disponible en plusieurs langues
- Permet d'évaluer la production et les économies d'énergies, le coût, les réductions des émissions, la viabilité financière et le risque de différentes technologies d'énergies renouvelables et d'efficacité énergétique.
- Le logiciel inclut des bases de données de produits, de projets, hydrologiques et climatiques,



## 1.2 Aperçu de RETScreen Version 4

- Evaluation des **mesures d'efficacité énergétique (EE)** pour les bâtiments résidentiels, commerciaux et institutionnels, ainsi que pour les procédés et les installations industriels
- **Base de données climatique étendue à 4 700 stations météorologiques au sol et intégration des données satellite de la NASA** à même le logiciel afin de couvrir la surface totale habitée de la Terre
- Les modèles pour les énergies renouvelables, la cogénération et l'efficacité énergétique (EE) intégrés dans **un seul fichier**
- **Base de données de projets** fournissant un accès immédiat à des données-clés et à des renseignements sur des centaines d'étude de cas et de projets-modèles
- **Fichier RETScreen (\*.ret)** — un fichier incroyablement plus petit (<25 Ko versus 10 Mo) facilitant les transferts de fichier par Internet et permettant la création de sa propre base de données RETScreen

## 1.3 LES OBJECTIFS DU COURS

- Permettre une compréhension globale de l'utilisation du programme RETScreen® pour:
  - ❖ l'évaluation technique et financière de projets d'énergie propre,
  - ❖ la viabilité, des projets d'énergie
  - ❖ le calcul des gaz a effet de serre.
  
- Travailler sur des modèles ou cas d'études d'analyse de projets de production et d'efficacité énergétique (PV, éolien, cogénération, ventilateurs, efficacité énergétique)

## **2. LES TECHNOLOGIES D'ENERGIE PROPRES**

## 2.1 DEFINITION

Technologies  
d'énergies propres

### Éfficacité énergétique

Utiliser moins de ressources pour un même besoin énergétique

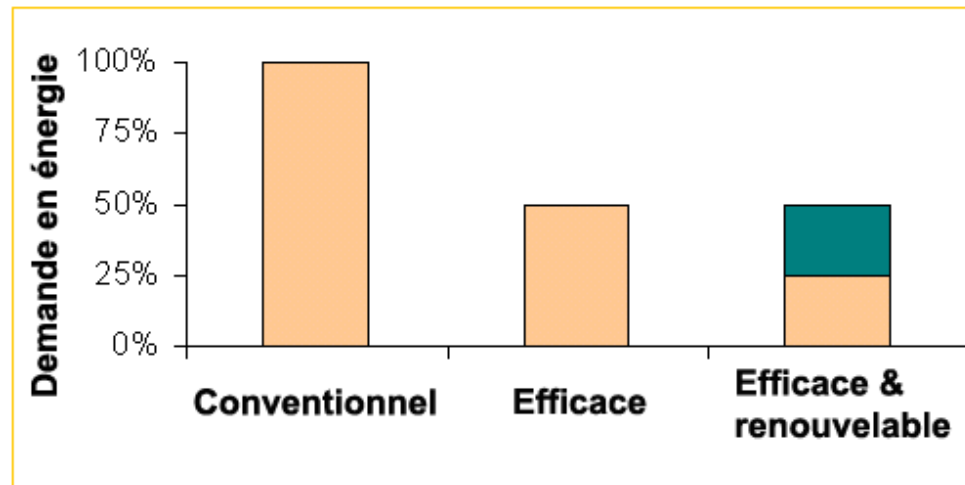
### Énergie renouvelable

- ▶ Utiliser des ressources naturelles non épuisables pour rencontrer un besoin énergétique



Maison solaire passive  
à isolation thermique renforcée

Photo : Jerry Shaw



## 2.2 LES TECHNOLOGIES PRODUCTION D'ÉLECTRICITÉ

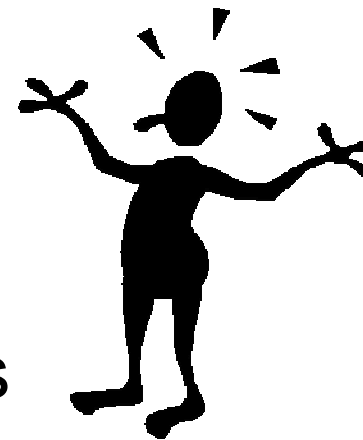
### Énergies renouvelables

- Éoliennes
- Hydroélectricité
- Géothermie profonde
- Photovoltaïque
- Centrales solaires thermiques
- Énergie des vagues
- Courants marins
- Énergie marémotrice



## 2.3 Caractéristiques communes aux énergies propres

- Comparativement aux sources d'énergies conventionnelles :
  - Coûts initiaux typiquement plus élevés
  - Coûts d'exploitation généralement plus faibles
  - Meilleures pour l'environnement
  - Souvent financièrement rentables après analyse du coût global sur la durée de vie



## 2.4 Les Combustibles

### ➤ Les Types de Combustible

**Combustibles fossiles** : charbon, diesel, gaz naturel, propane, pétrole, etc.

- **Biomasse** : biodiésel, éthanol, bagasse, bois, écorce, fibre de coco, paille, chanvre, tourbe, saule, panic raide, etc.
- **Déchets** : pneus, gaz d'enfouissement, déchets alimentaires, résidus forestiers, déchets de café, arbres de Noël, détritrus de volaille, déchets d'emballage, etc.

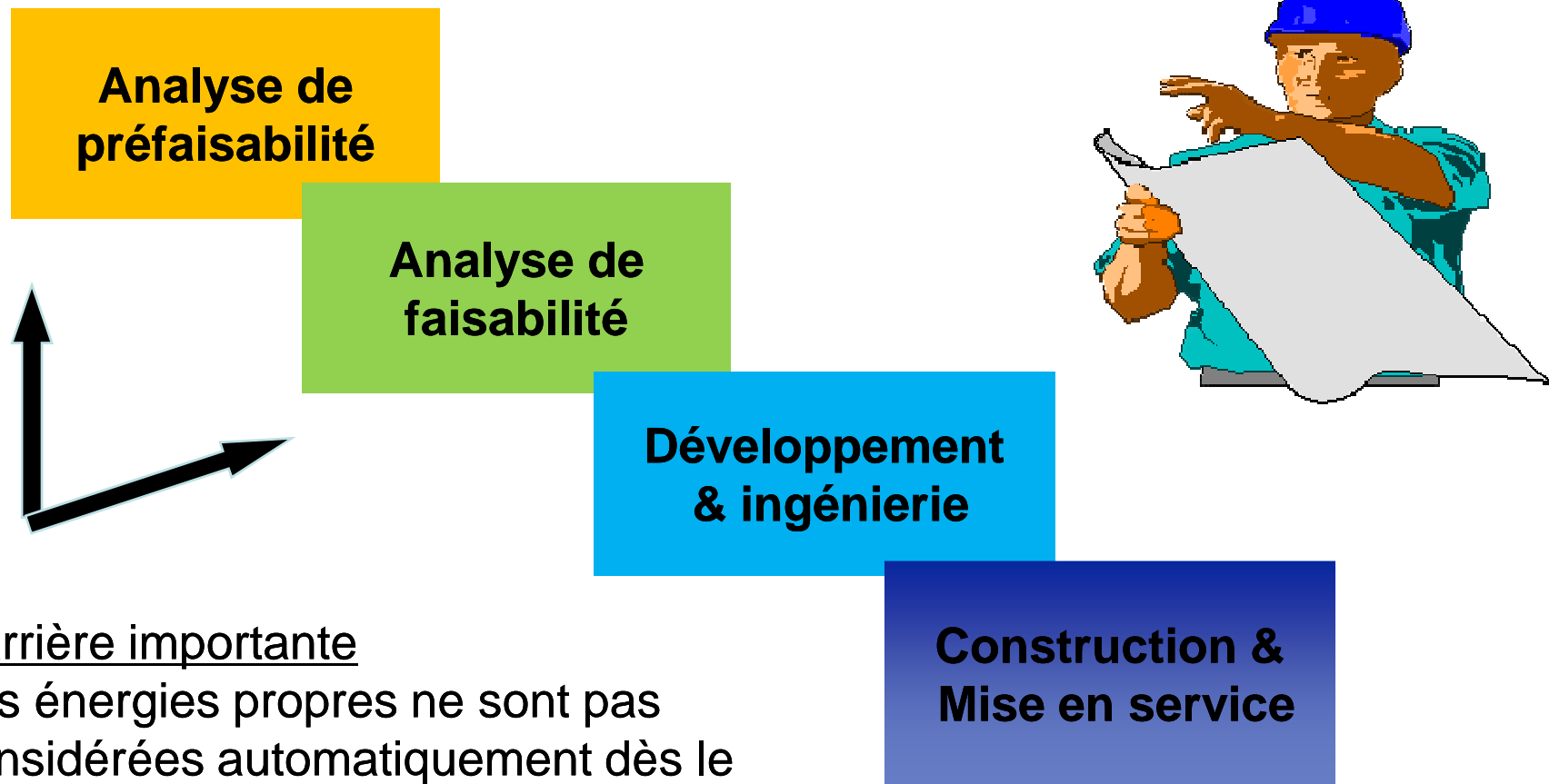
### ➤ Machines thermiques utilisant un combustible

- Turbine à vapeur
- Turbine à gaz
- Turbine à gaz - Cycle combiné
- Moteur à pistons
- Pile à combustible
- Petites turbines à gaz

## **3. ANALYSE DE PROJETS D'ENERGIE**



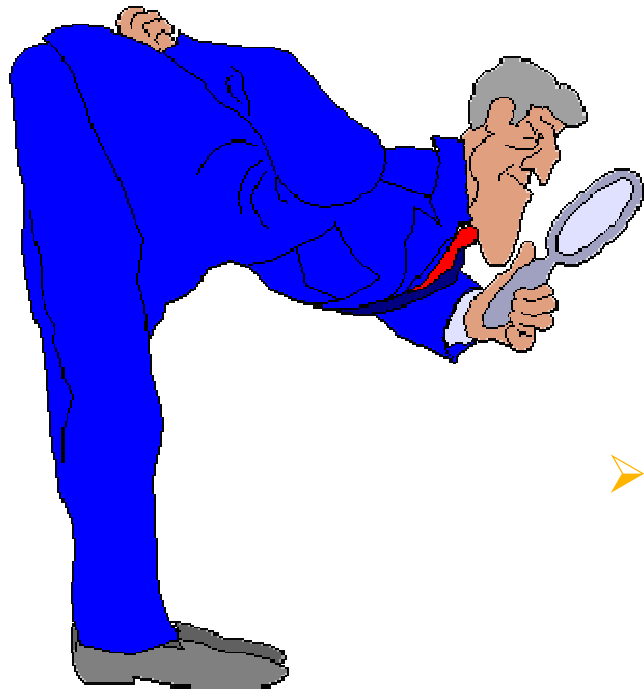
# 3.1 PROCESSUS DE RÉALISATION D'UN PROJET DANS LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE



## Barrière importante

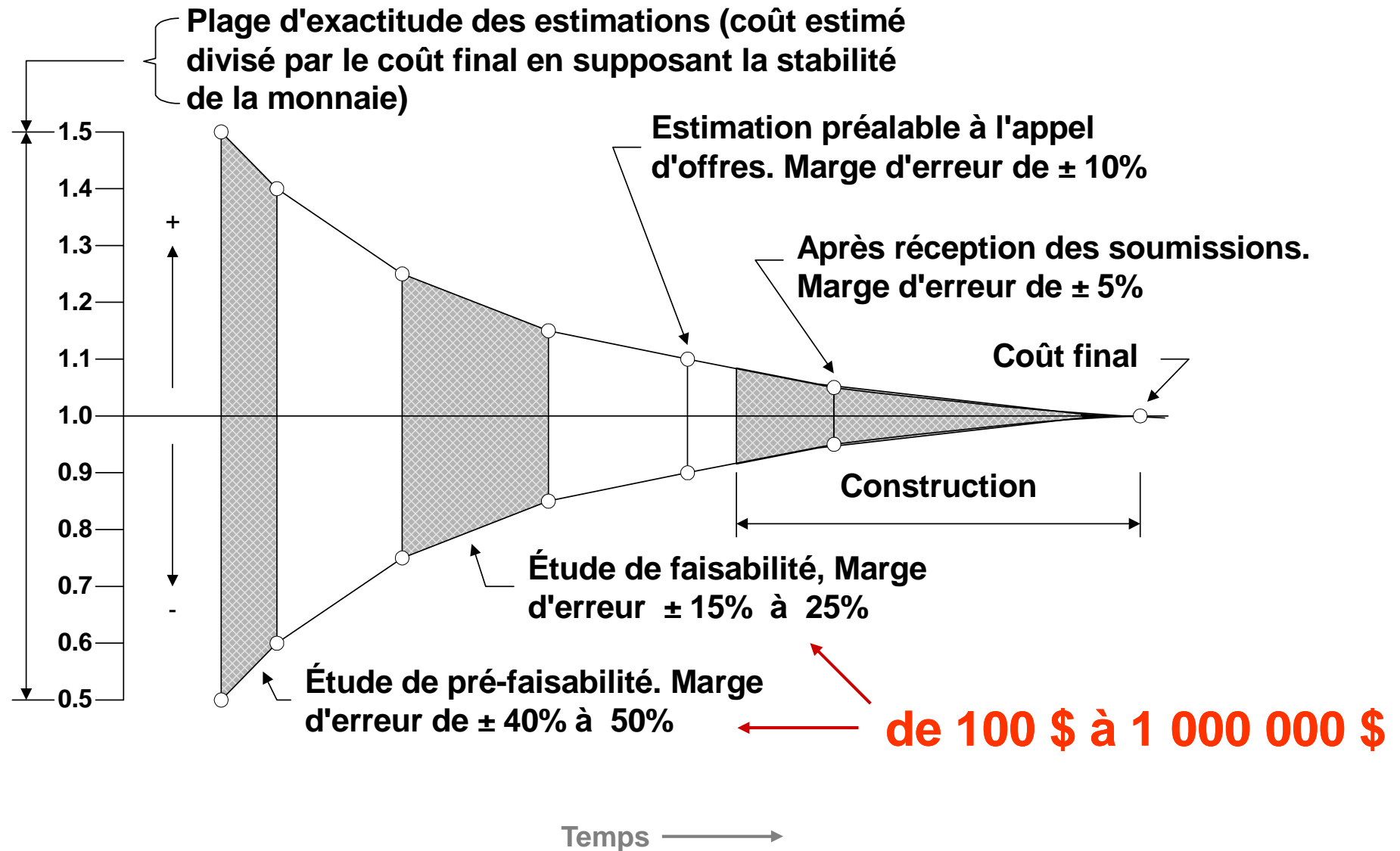
Les énergies propres ne sont pas considérées automatiquement dès le départ!

# QUESTIONS



- Quel est le niveau de précision acceptable pour l'estimation des coûts d'un projet ?
- Combien coûtent typiquement ces études ?

## 3.2 Dilemme du niveau de précision vs les coûts d'investissement



## 3.3 QUAND FAUT-IL ÉVALUER UN PROJET D'ÉNERGIE PROPRE?

**Analyse de  
pré faisabilité**

**Analyse de  
faisabilité**

**Études préliminaires  
de faisabilité**

- Besoin d'un système de production d'énergie
- Nouvelle construction ou rénovation prévue
- Prix élevé des sources conventionnelles d'énergies
- Intérêt des décideurs
- Approbations possibles
- Capital et financement accessibles
- Bonnes ressources locales d'énergies propres, etc.

## 3.4 FACTEURS AFFECTANT LA RENTABILITÉ D'UN PROJET (EXEMPLE DE L'ÉOLIEN)

- **Ressource énergétique sur le site**

(p. ex. : rayonnement solaire)

- **Rendement des équipements**

(p. ex. : absorptivité solaire)

- **Coûts d'investissement du projet**

(p. ex. : collecteurs solaires)

- **Crédits en fonction du cas de référence**

(p. ex. : revêtement conventionnels)

- **Frais annuels et périodiques**

(p. ex. : vandalisme)



- **Energy resource at project site**

(e.g. solar radiation)

- **Equipment performance**

(e.g. solar absorptivity)

- **Initial project costs**

(e.g. solar collectors)

- **“Base case” credits**

(e.g. conventional cladding)

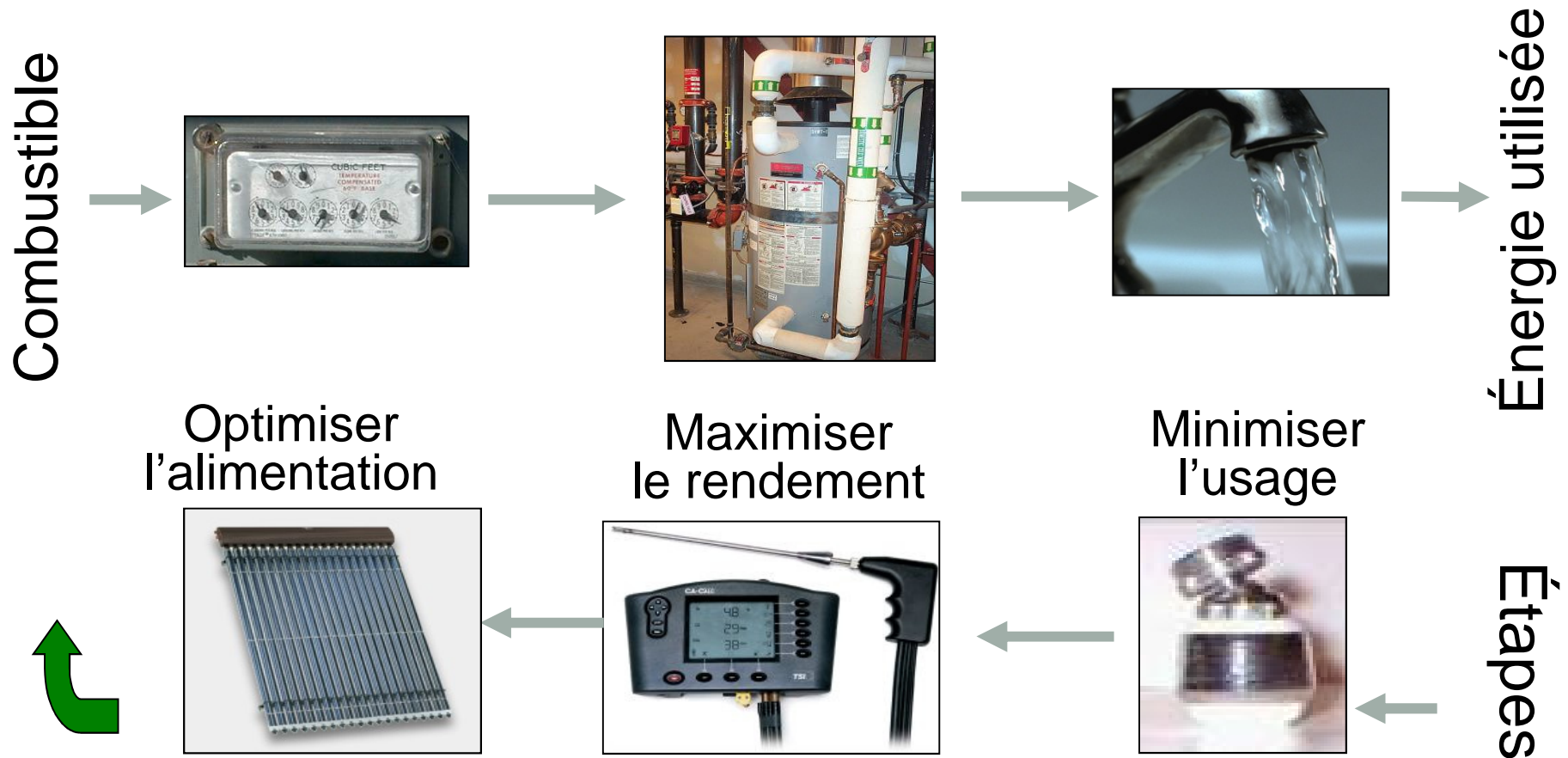
- **Annual & periodic costs**

(e.g. vandalism)

## 3.5 FACTEURS AFFECTANT LA RENTABILITÉ D'UN PROJET (SUITE)

- Coûts évités en énergie  
(p. ex. : prix de gros de l'électricité)
- Financement  
(p. ex. : ratio d'endettement, durée de l'emprunt, taux d'intérêt)
- Taxes sur les équipements et impôts sur les revenus (ou les économies)
- Impact environnemental de l'énergie remplacée  
(p. ex. : charbon, gaz naturel, pétrole, grands barrages, nucléaire)
- Existence de mesures incitatives et/ou subventions  
(p. ex. : vente d'énergie « verte » à taux majoré, crédits de CO<sub>2</sub>, incitatifs financiers)
- Choix des critères permettant d'établir la « rentabilité »  
(p. ex. : temps de retour simple, TRI, VAN, prix de revient du kWh produit, etc.)

## 3.6 ANALYSE D'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE



## 3.7. ANALYSE FINANCIÈRE ET DE RISQUE

- **Coût en énergie du cas de référence**  
(p. ex. : prix de vente au détail du mazout)
- **Financement**  
(p. ex. : ratio d'endettement et durée, taux d'intérêt)
- **Taxes sur les équipements et revenus (ou économies)**
- **Caractéristiques environnementales d'énergie déplacées**  
(p. ex. : mazout, gaz naturel, électricité du réseau)
- **Crédits environnementaux et/ou subventions**  
(p. ex. : crédits de GES, programmes d'encouragements)
- **Définition de rentabilité des décideurs**  
(p. ex. : période de retour sur l'investissement, Taux de rendement, Valeur actualisée, coûts de production en énergie)



## 3.8 Coût total d'un système de production (ou de consommation) d'énergie

- Coût total  $\neq$  coût d'achat
- Coût total  $=$  coût d'achat



- + *coûts annuels en carburant*
- + *frais annuels d'exploitation et d'entretien*
- + *coûts de remise en état majeure*
- + *coûts de démantèlement*
- + *coûts de financement*
- + *etc.*

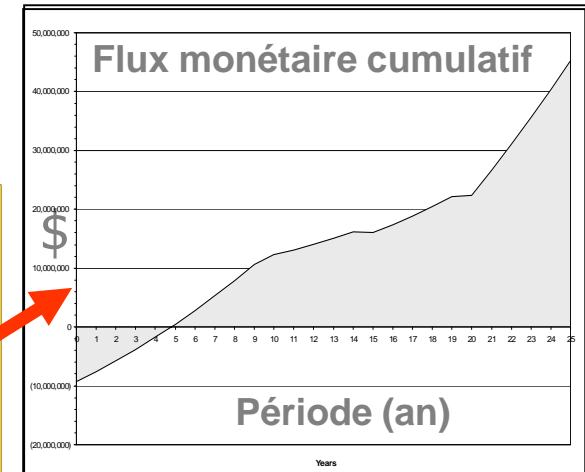
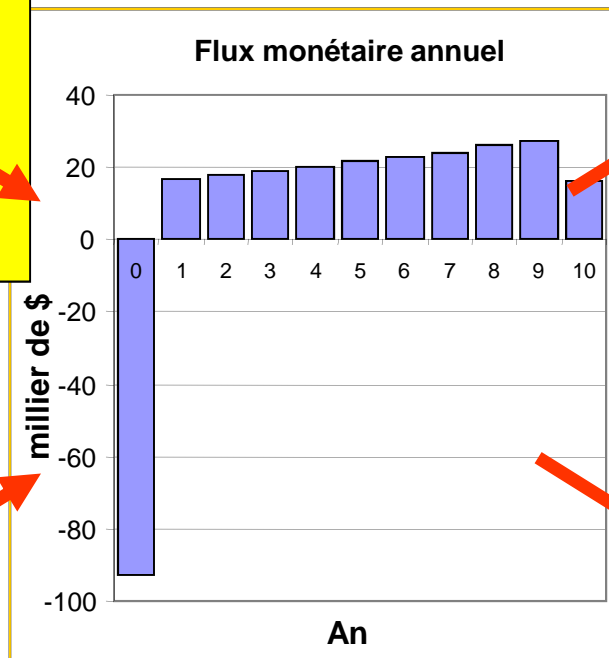
# 3.9 Calcul du flux monétaire : Calculs dans RETScreen®

## Flux monétaire d'entrée

- ❖ Économies de combustible
- ❖ Économies d'exploitation et d'entretien
- ❖ Économies périodiques
- ❖ Encouragements
- ❖ Crédits pour la production
- ❖ Crédits de GES

## Flux monétaire de sortie

- Capitaux propres investis
- Paiements annuels de la dette
- Paiements d'exploitation et d'entretien
- Coûts périodiques



## Indicateurs

- ✓ Valeur actualisée nette
- ✓ Retour simple
- ✓ TRI
- ✓ Recouvrement de la dette
- ✓ etc.

## 3.10 INDICATEURS CLÉS (SORTIES) DE LA VIABILITÉ FINANCIÈRE

	Retour Simple	Valeur Actualisée Nette (VAN)	Taux de Rendement Interne (TRI)
Signification	Nb. d'années pour récupérer l'investissement à partir des économies annuelles	Valeur totale du projet en dollars d'aujourd'hui	Taux d'intérêt fourni par le projet durant sa durée de vie
Exemple	Retour simple de 3 ans	VAN de 1.5 million \$	TRI de 17 %
Critère	Retour simple < n années	Si positif, le projet est rentable	TRI > Taux de rendement minimal
Commentaires	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trompeur</li> <li>• Ne tient pas compte du financement et des flux monétaires à long terme</li> <li>• Utiliser quand le flux de trésorerie est serré</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Le bon indicateur</li> <li>• L'utilisateur doit spécifier le taux d'actualisation</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Erroné lorsque les flux monétaires passent du positif au négatif puis au positif</li> </ul>

# 3.11 Analyse Financière

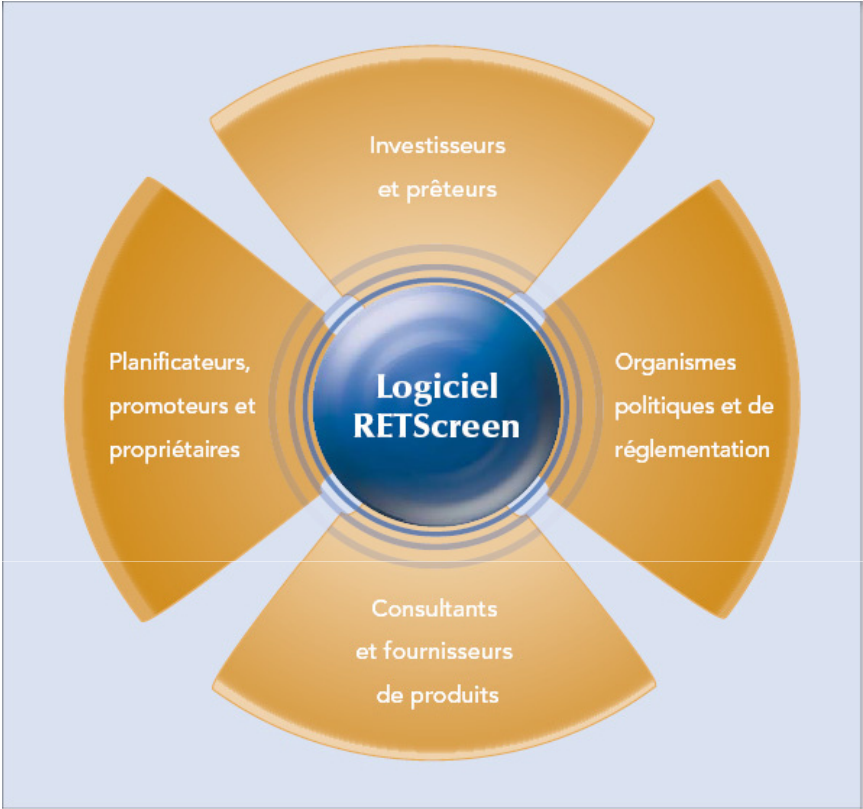
- RETScreen® calcule le flux monétaire en tenant compte des coûts d'investissement, des économies d'énergie, de l'exploitation et de l'entretien, des coûts de combustible, de l'impôt et des crédits de production d'énergie renouvelable et de GES
- RETScreen® calcule automatiquement les indicateurs importants de viabilité financière
- La sensibilité des indicateurs financiers clés aux changements des paramètres d'entrées peut-être évaluée avec RETScreen®
- Il est préférable d'utiliser des indicateurs comme le TRI et la VAN, qui prennent en considération la rentabilité sur la durée de vie du projet, plutôt que d'utiliser la méthode de retour simple sur l'investissement



## 4. POURQUOI UTILISER RETSCREEN®?

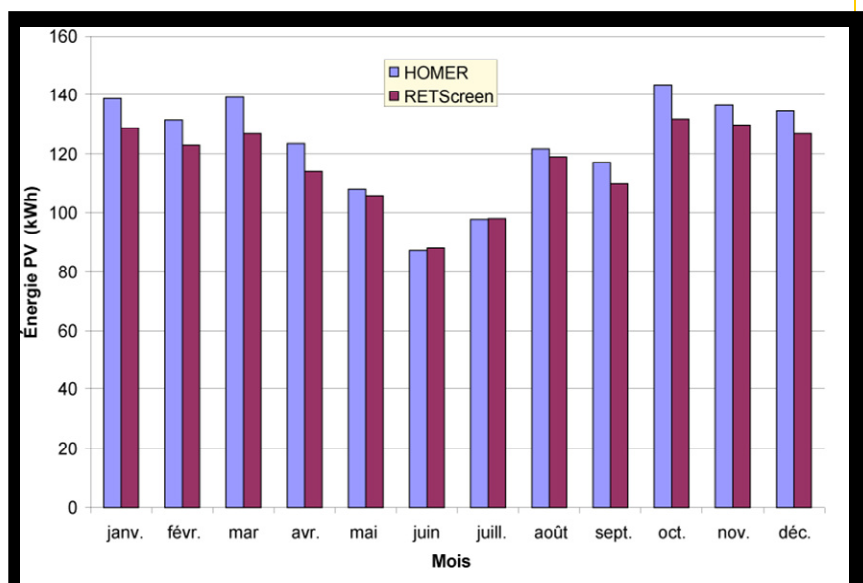
- Simplifie les analyses de pré faisabilité (ainsi que les analyses de faisabilité pour de petits projets simples)
- Requièrè peu de données d'entrèe et offre des bases de données climatiques, technologiques, de produits, etc.
- Calcule automatiquement les paramètres importants
- Permet une comparaison objective grâce à des procédures standardisées
- Permet d'identifier rapidement les projets les plus prometteurs a travers des analyses économicues, financières, et environnementales.

# 4.1 Une plate-forme de communication

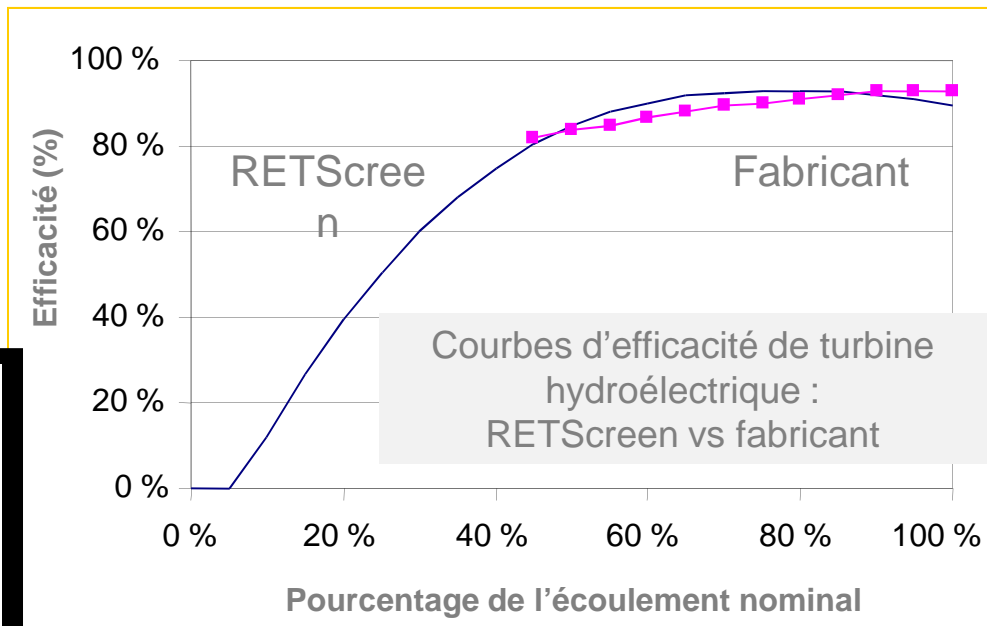


## 4.2 VALIDATION DE RETSCREEN<sup>®</sup> - EXEMPLE

- Tous les modèles ont été validés par comparaison avec des données mesurées ou fournies par des fabricants...

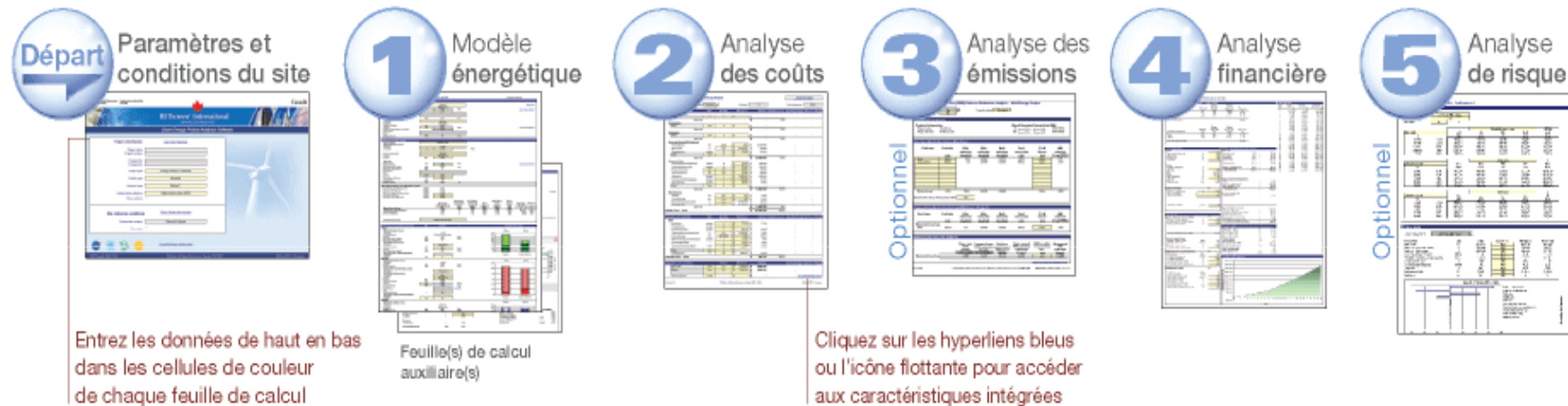


Comparaison de la production énergétique PV  
calculée avec RETScreen et Homer



- ... et/ou par comparaison avec des outils de simulation horaire.

## Analyse standard en cinq étapes



Prêt à **décider**

## Caractéristiques intégrées

Données climatiques



Données de produits



Manuel en ligne



Outils



- Formation à distance
- Matériel de formation
- Manuel d'ingénierie
- Études de cas
- Place d'affaires et cartes



# DEUX MÉTHODES

Modèle énergétique RETScreen - Projet de production d'électricité

Afficher d'autres unités

Système de production d'électricité du cas proposé		Surcoûts à l'investissement	
Technologie	Éolienne		
Type d'analyse	<input checked="" type="radio"/> Méthode 1 <input type="radio"/> Méthode 2 <input type="radio"/> Méthode 3		
Éolienne			
Capacité électrique	kW	50,000.0	\$ 100,000,000
Fabricant			<a href="#">Voir la Base de données de produits</a>
Modèle			
Facteur d'utilisation	%	30.0%	
Électricité exportée au réseau	MWh	131,400	
Prix de l'électricité exportée	\$/MWh	100.00	

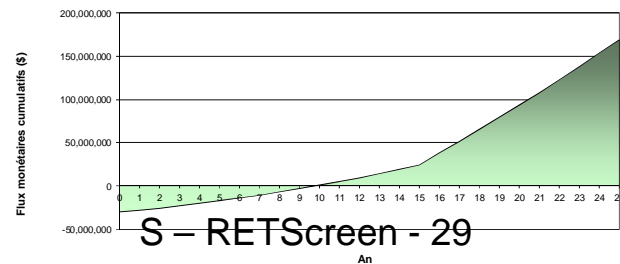
2 Analyse des émissions

Réseau électrique de référence (Niveau de référence)		Facteur d'émissions GES	Pertes t-d	Facteur d'émissions GES
Pays - région	Type de	tCO2/MWh	%	tCO2/MWh
Canada	Tous les types	0.196	5.0%	0.207
Électricité exportée au réseau	MWh	131,400	Pertes t-d	2.0%
<b>Émissions de GES</b>				
Cas de référence	ICO2	27,151.4		
Cas proposé	ICO2	543.0		
Réduction annuelle brute d'émissions de GES	ICO2	26,608.4		
Frais de transaction pour les crédits de GES	%			
Réduction annuelle nette d'émissions de GES	ICO2	26,608.4	est équivalente à	4,873 Automobiles et camions légers non utilisés
Revenu pour réduction de GES				
Crédit pour réduction de GES	\$/tCO2			

Analyse financière

<b>Paramètres financiers</b>			
Taux d'inflation	%	2.0%	
Durée de vie du projet	an	25	
Ratio d'endettement	%	70%	
Taux d'intérêt sur la dette	%	7.00%	
Durée de l'emprunt	an	15	
<b>Coûts d'investissement</b>			
Système de production d'électricité	\$	100,000,000	100.0%
Autre	\$		0.0%
<b>Total des coûts d'investissement</b>	\$	100,000,000	100.0%
Encouragements et subventions	\$		0.0%
<b>Frais annuels et paiements de la dette</b>			
Coûts (économies) d'exploitation et entretien	\$	3,500,000	
Coût en combustible - cas proposé	\$	0	
Paiements de la dette - 15 ans	\$	7,685,624	
<b>Total des frais annuels et paiements de la dette</b>	\$	11,185,624	
<b>Économies et revenus annuels</b>			
Coût en combustible - cas de référence	\$	0	
Revenu d'exportation d'électricité	\$	13,140,000	
<b>Total des économies et des revenus annuels</b>	\$	13,140,000	
<b>Viabilité financière</b>			
TRI avant impôt - capitaux propres	%	13.9%	
TRI avant impôt - actifs	%	4.2%	
Retour simple	an	10.4	
Retour sur les capitaux propres	an	9.8	

Graphique des flux monétaires cumulatifs



Méthode 1 :  
une feuille

# Analyse de projet d'énergie propre

## Méthode 2 : cinq étapes

**Modèle énergétique RETScreen - Projet de mesures d'efficacité énergétique**

30 Réviser estimation

**Combustibles et tarifs**

Combustible: Type de combustible, Concentration de combustible - unité, Prix de combustible - unité, Prix de combustible

**Analyse des coûts RETScreen - Projet de mesures d'efficacité énergétique**

Choix d'options: Méthode 1, Méthode 2, Notes/Plages, Deuxième devise, Répartition des coûts, Notes/Plages, Aucun

**Coûts d'investissement (crédits)**

Étude de faisabilité	Unité	Quantité	Coût unitaire	Montant	Coûts relatifs
Étude de faisabilité	coût			\$	0.0%
Sous-total:					
Développement	coût			\$	
Sous-total:					

**Analyse des réductions d'émissions RETScreen - Projet de mesures d'efficacité énergétique**

Choix d'options: Méthode 1, Méthode 2, Méthode 3

**Coût en combustible - cas de référence (Niveau de référence)**

Type de combustible	Proportion de combustible
Coûts (économies) d'exploitation	%
Plages et maintenance	%
Défini par l'utilisateur	%
Frais imprévus	%
Intérêt durant les travaux	%
Sous-total:	
Coût en combustible - cas proposé	%
Gaz naturel	38.2%
Électricité	63.8%
Sous-total:	
Électricité	100.0%

**Coût en combustible - cas de référence (Niveau de référence)**

Type de combustible	Proportion de combustible
Gaz naturel	38.2%
Électricité	63.8%
Sous-total:	
Électricité	100.0%

**Coûts périodiques (crédits)**

Unité	Quantité	Coût unitaire	Montant	Coûts relatifs
Défini par l'utilisateur			\$	
Sous-total:				

**Économies annuelles**

Type de combustible	Proportion de combustible
Gaz naturel	17.6%
Électricité	82.4%
Sous-total:	
Électricité	100.0%

**Projet de mesures d'efficacité énergétique**

Unité	Quantité	Coût unitaire	Montant	Coûts relatifs
Chauffage	m <sup>2</sup>	\$	110	
Énergie - cas de référence			\$	110
Énergie - cas proposé			\$	110
Énergie économisée			\$	0
Énergie économisée - %				0.0%

**Projet de mesures d'efficacité énergétique**

Unité	Quantité	Coût unitaire	Montant	Coûts relatifs
Chauffage	m <sup>2</sup>	\$	3,850	
Énergie - cas de référence			\$	3,850
Énergie - cas proposé			\$	3,850
Énergie économisée			\$	0
Énergie économisée - %				0.0%

**Analyse financière RETScreen - Projet de mesures d'efficacité énergétique**

Paramètres de base: Coût d'investissement, Encouragements et subventions, Date du projet, Coût en combustible - cas proposé, Paiements de la dette - 10 ans, Coût en combustible - cas de référence, Paiements de la dette, Coûts périodiques (crédits)

**Revenu annuel**

Unité	Quantité	Coût unitaire	Montant	Coûts relatifs
Revenu annuel	\$		156,190	
Sous-total:				
Revenu annuel	\$		156,190	

**Impact relatif du paramètre (écart-type)**

Paramètre	Unité	Valeur	Plage (écart-type)	Minimum	Maximum
Coûts d'investissement	\$	65,000	10%	58,500	71,500
Exploitation et entretien	\$	-1,200	100%	0	-2,400
Coût en combustible - cas proposé	\$	115,369	5%	109,600	121,137
Coût en combustible - cas de référence	\$	156,190	5%	148,380	163,999
Ratio d'investissement	%	70	5%	67%	74%
Taux d'intérêt sur la dette	%	6.00%	2%	4.80%	7.20%
Durée de tempur	an	10	5%	9.5	10.5

**Impact - TRI après impôt - capitaux propres**

Impact relatif du paramètre (écart-type)

Médiane: 18.7%, Niveau de risque: 138.3%, Minimum de l'intervalle de confiance: 263.9%

**Distribution - TRI après impôt - capitaux propres**

Fréquence

Système de production d'électricité du cas proposé

Surcoûts à l'investissement

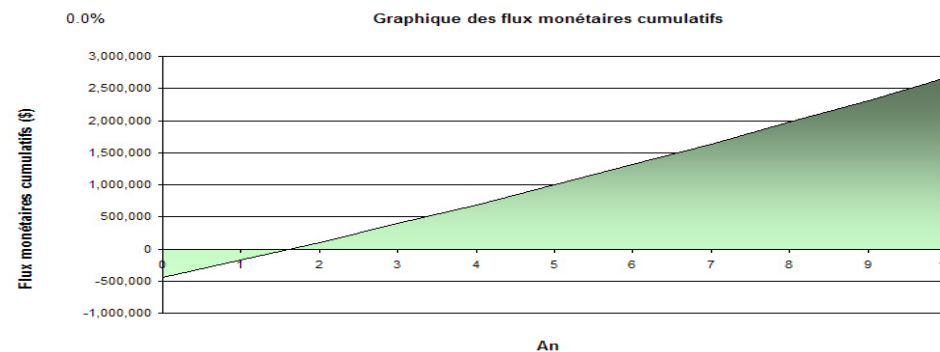
Technologie	Moteur à pistons		
Disponibilité	h	8,000	91.3%
Méthode de choix du combustible	Un seul combustible		
Type de combustible	Gaz d'enfouissement		
Prix du combustible	\$/m³	0.000	<a href="#">Compléter la feuille Outils</a>
<b>Moteur à pistons</b>			
Capacité électrique	kW	1,300	\$ 1,300,000 <a href="#">* la Base de données de produits</a>
Électricité exportée au réseau	MWh	10,400	
Fabricant			
Modèle			
Consommation spécifique	kJ/kWh	9,692	
Combustible nécessaire	GJ/h	12.6	
Prix de l'électricité exportée	\$/MWh	30.00	

Analyse des émissions

Réseau électrique de référence (Niveau de référence)		Facteur d'émissions GES	Pertes de transport et de distribution	Facteur d'émissions GES
Pays - région	Type de	tCO2/MWh	%	tCO2/MWh
Norvège	Tous les types	0.003	5.0%	0.003
Électricité exportée au réseau	MWh	10,400	Pertes t-d	1.0%
<b>Émissions de GES</b>				
Cas de référence	tCO2	41,014		
Cas proposé	tCO2	86		
<b>Réduction annuelle brute d'émissions de GES</b>	tCO2	40,928		
Frais de transaction pour les crédits de GES	%	0.0%		
<b>Réduction annuelle nette d'émissions de GES</b>	tCO2	40,928	est équivalente à	8,321 <a href="#">Automobiles et camions légers non utilisés</a>
<b>Revenu pour réduction de GES</b>				
Crédit pour réduction de GES	\$/tCO2	5.00		
Durée du crédit pour réduction de GES	an	10		
Taux d'indexation du crédit pour réduction de GES	%	2.0%		

Analyse financière

<b>Paramètres financiers</b>		
Taux d'inflation	%	2.0%
Durée de vie du projet	an	10
Ratio d'endettement	%	70%
Taux d'intérêt sur la dette	%	7.00%
Durée de l'emprunt	an	10
<b>Coûts d'investissement</b>		
Système de production d'électricité	\$	1,300,000
Autre	\$	196,500
<b>Total des coûts d'investissement</b>	\$	1,496,500
<b>Encouragements et subventions</b>		
	\$	
<b>Frais annuels et paiements de la dette</b>		
Coûts (économies) d'exploitation et entretien	\$	104,000
Coût en combustible - cas proposé	\$	0
Paiements de la dette - 10 ans	\$	149,148
<b>Total des frais annuels et paiements de la dette</b>	\$	253,148
<b>Économies et revenus annuels</b>		
Coût en combustible - cas de référence	\$	0
Revenu d'exportation d'électricité	\$	312,000
Revenu pour réduction de GES - 10 ans	\$	204,637
<b>Total des économies et des revenus annuels</b>	\$	516,637
<b>Viabilité financière</b>		
TRI avant impôt - capitaux propres	%	63.0%
TRI avant impôt - actifs	%	15.3%
Retour simple	an	3.6
Retour sur les capitaux propres	an	1.6



## **3.12 ANALYSE DES RÉDUCTIONS D'ÉMISSIONS DE GES**

- RETScreen<sup>®</sup> calcule les réductions annuelles d'émissions de GES d'une technologie d'énergie propre comparée à une technologie de référence
- La méthode de calcul employée par RETScreen a été développée par Ressources naturelles Canada.
- Il s'agit d'une méthode normalisée développée en collaboration avec le Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), le Centre de recherche sur l'Énergie, le climat et le développement durable du PNUE Risø et le Fonds prototype pour le carbone (FPC) de la Banque mondiale.
- Cette méthode a été en plus validée par une équipe de spécialistes du gouvernement et de l'industrie.

# COMMENT EST-CE CALCULÉ?



RETScreen® INTERNATIONAL

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

Réductions annuelles d'émissions de GES  
(t CO<sub>2</sub>)

$$\left[ \begin{array}{l} \text{Facteur} \\ \text{d'émissions de} \\ \text{GES du niveau} \\ \text{de référence} \\ \text{(t CO}_2 \text{ /MWh)} \end{array} \right] - \left[ \begin{array}{l} \text{Facteur} \\ \text{d'émissions de} \\ \text{GES du projet} \\ \text{proposé} \\ \text{(t CO}_2 \text{ /MWh)} \end{array} \right] \times \begin{array}{l} \text{Énergie} \\ \text{annuelle utile} \\ \text{fournie} \\ \text{(MWh)} \end{array}$$

- Le calcul des réductions annuelles tient compte des pertes en transport et en distribution ainsi que des frais de transaction pour les crédits de GES

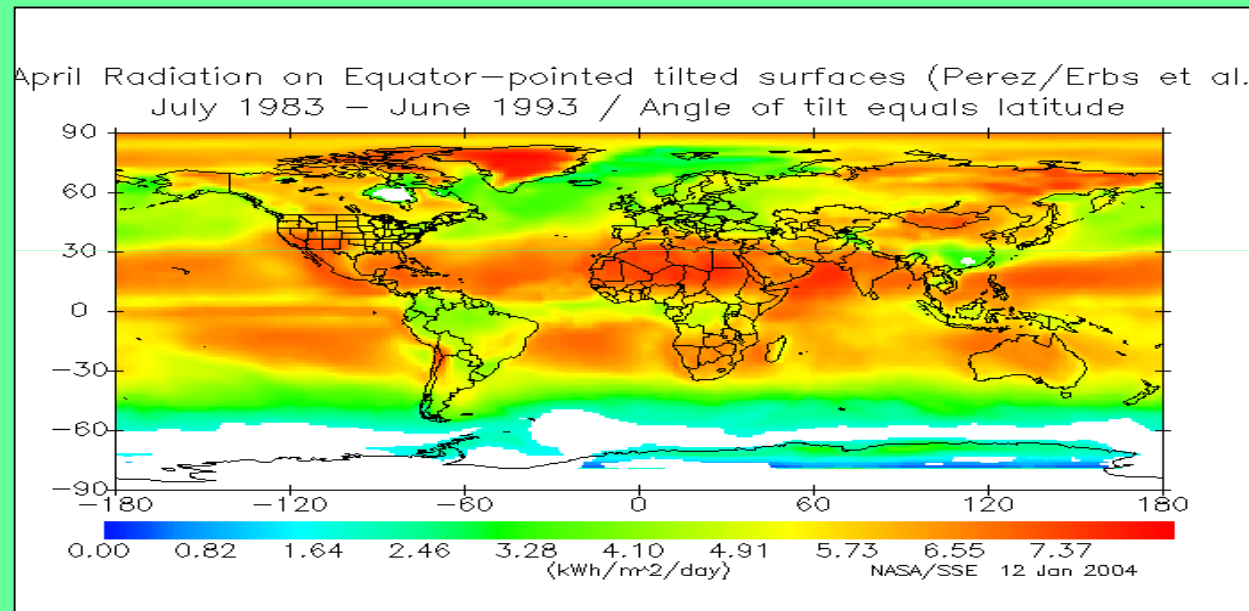
# LES DONNEES DE LA NASA

SSE Web Site

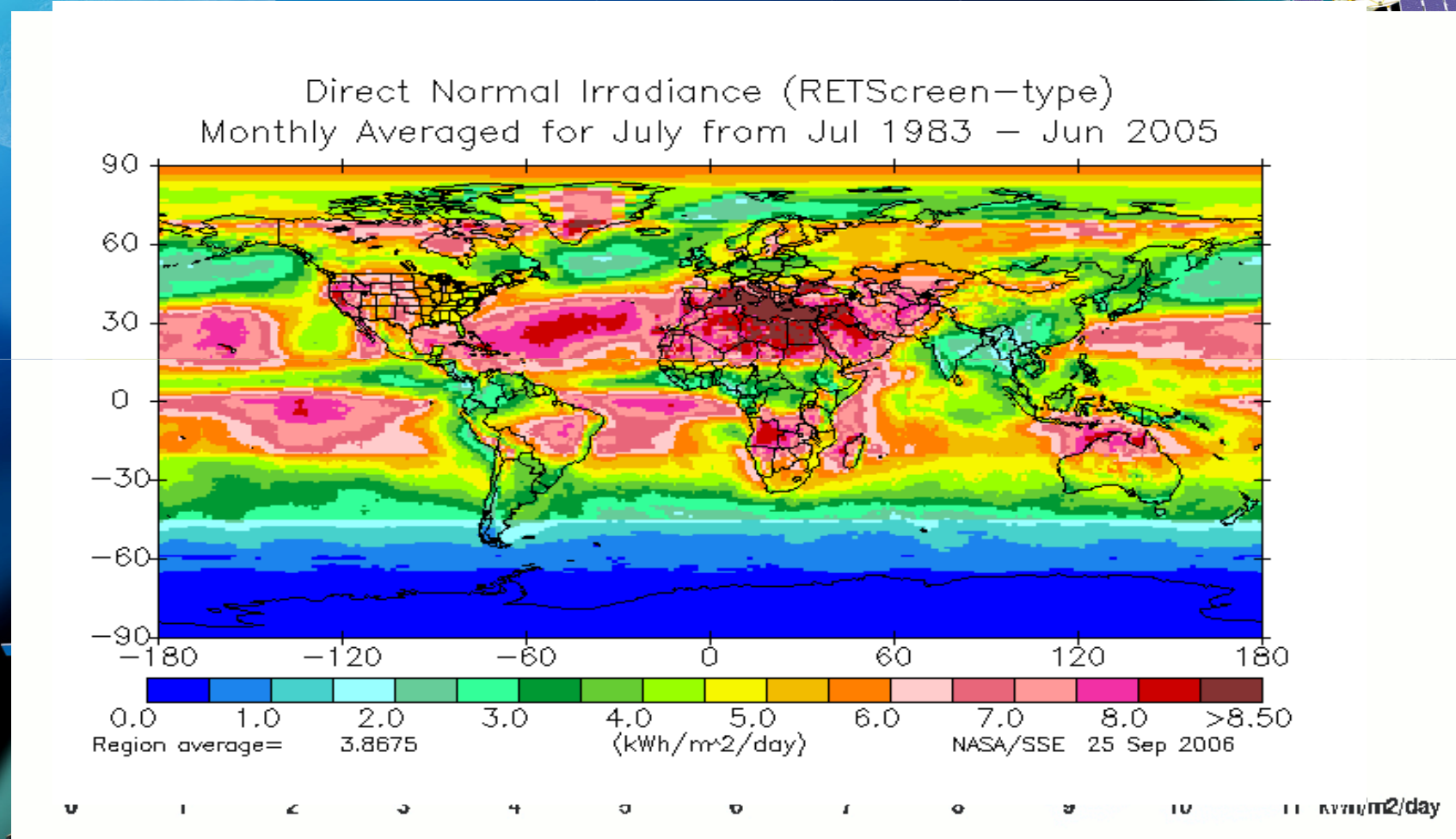
<http://eosweb.larc.nasa.gov/sse/>



> 200 solar and meteorology parameters; averaged from 23 years of data



# NASA Observing Spacecraft for Earth System Research



# Conclusions

- RETScreen® calcule le flux monétaire en tenant compte des coûts d'investissement, des économies d'énergie, de l'exploitation et de l'entretien, des coûts de combustible, de l'impôt et des crédits de production d'énergie renouvelable et de GES
- RETScreen® calcule automatiquement les indicateurs importants de viabilité financière
- La sensibilité des indicateurs financiers clés aux changements de paramètres d'entrées peut-être évaluée avec RETScreen®
- Il est préférable d'utiliser des indicateurs comme le TRI et la VAN, qui prennent en considération la rentabilité sur la durée de vie du projet, plutôt que d'utiliser la méthode de retour simple sur l'investissement







Logiciel d'analyse de projets d'énergies propres

**Information sur le projet**

[Voir la Base de données de projets](#)

Nom du projet	Scenario 1
Lieu du projet	Toronto
Préparé pour	OEO
Préparé par	CTEC-Varenes
Type de projet	Production d'électricité
Technologie	Éolienne
Type de réseau	Réseau central
Type d'analyse	Méthode 1
Pouvoir calorifique de référence	Pouvoir calorifique supérieur (PCS)
Afficher paramètres	<input type="checkbox"/>

**Conditions de référence du site**

[Choisir le lieu des données climatiques](#)

Lieu des données climatiques	Ottawa Int'l Airport
Afficher information	<input type="checkbox"/>



[Compléter la feuille Modèle énergétique](#)

# Base de RETScreen® : Page de démarrage



Natural Resources Canada  
Ressources naturelles Canada

Canada



RETScreen® International  
www.etscreen.net

Logiciel d'analyse de projets d'énergies propres

## Information sur le projet

[Voir la Base de données de projets](#)

Nom du projet	<input type="text"/>
Lieu du projet	<input type="text"/>
Préparé pour	<input type="text"/>
Préparé par	<input type="text"/>
Type de projet	Mesures d'efficacité énergétique
Type d'établissement	Industriel
Type d'analyse	Méthode 1
Pouvoir calorifique de référence	Pouvoir calorifique supérieur (PCS)
Afficher paramètres	<input type="checkbox"/>

## Conditions de référence du site

[Choisir le lieu des données climatiques](#)

Lieu des données climatiques	Ottawa Int'l Airport
Afficher information	<input type="checkbox"/>

- Nom et lieu du projet
- Type de projet
  - Efficacité énergétique
  - Production d'électricité
  - Production de chaleur
  - Production de froid
  - Cogénération
  - Trigénération
- Type d'établissement
- Type d'analyse
- Langage, devise et unités
- Données climatiques



[Compléter la feuille Modèle énergétique](#)

P – RETScreen - 38

# Code des Couleurs des Cellules

## Cellules d'entrée et de sortie

Blanche

Donnée de sortie - calculée par le modèle.

Jaune

Donnée d'entrée - requise par le modèle.

Bleue

Donnée d'entrée - requise par le modèle  
et base de données en ligne disponible.

Grise

Donnée d'entrée - pour référence seulement.  
Non requise par le modèle.

## **4. ANALYSE DE PROJETS PHOTOVOLTAIQUES**

# 4.1 Qu'est-ce que les installations PV fournissent?

Électricité (CA/CC)

Pompage de l'eau

*...mais aussi...*

- ▶ Fiabilité
- ▶ Simplicité
- ▶ Système modulaire
- ▶ Silence



Photos : Harin Ullal (NREL PIX)

## 4.2 Composants d'une installation PV

Modules

Stockage : batteries,  
réservoir

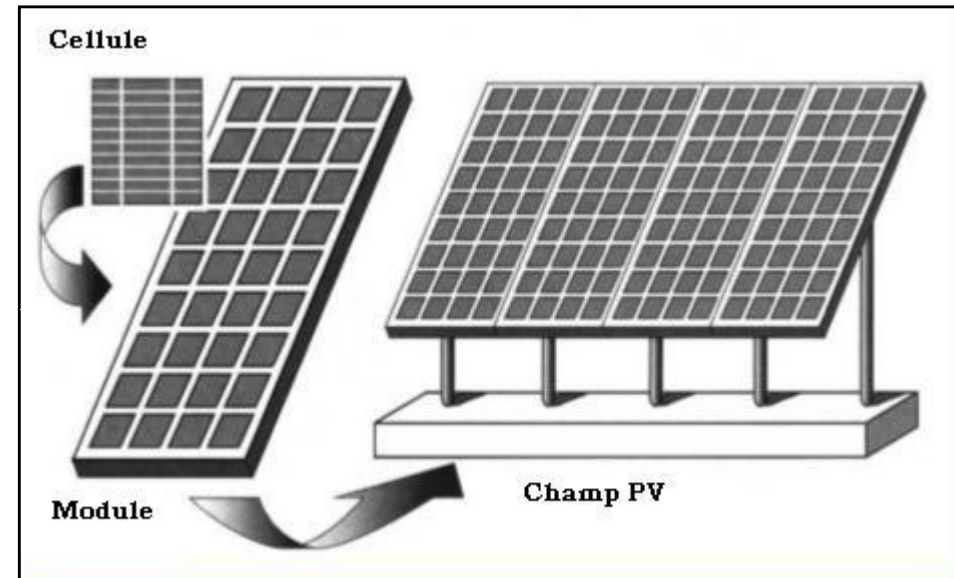
Conditionneur d'énergie

- ▶ Onduleur
- ▶ Contrôleur de charge
- ▶ Redresseur
- ▶ Convertisseur CC à CC

Autres génératrices :

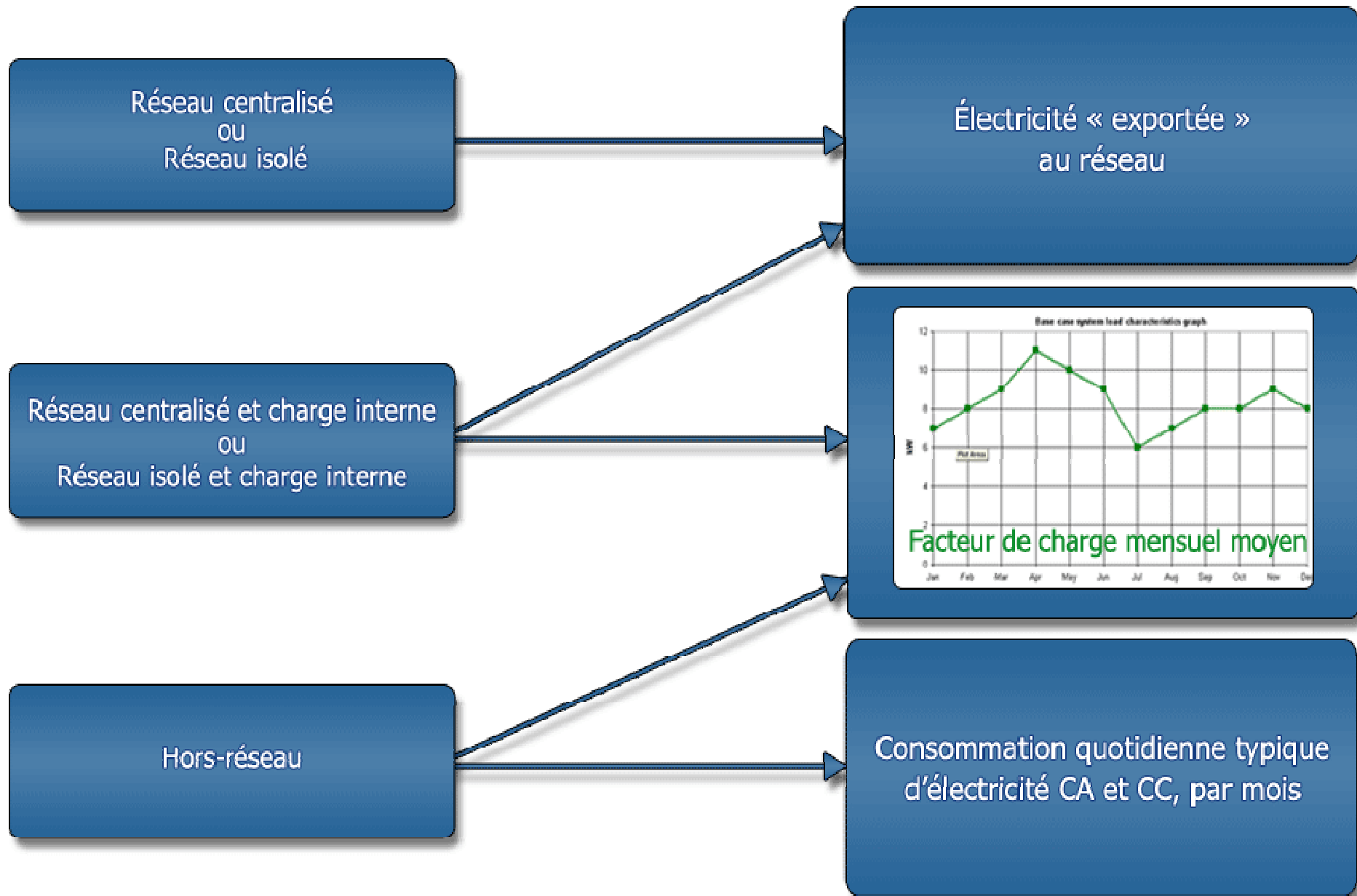
diesel/essence, éolienne

Pompe



Source : *Photovoltaics in Cold Climates*, Ross & Royer, eds.

## 4.3 LES TYPES DE RESEAUX

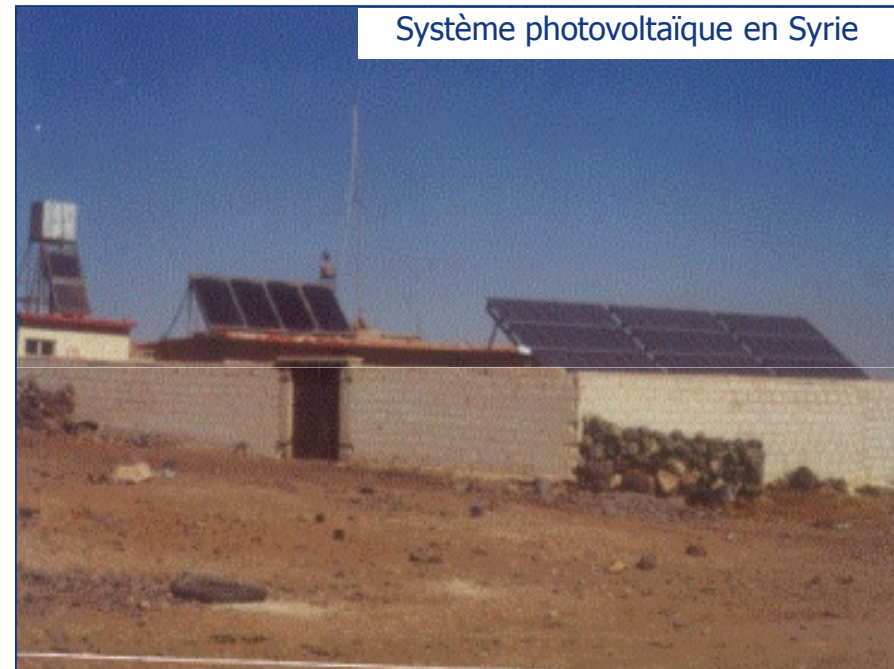




# Exemple de projet : Projet Hors-réseau

Système PV de 3,6 kW<sub>c</sub>

- Petit village de 6 maisons en Syrie
- Charge de pointe : 2,4 kW
- Besoins moyens quotidiens :  
8,4 kWh/jour
- Projet proposé: Système PV
  - = 6 500 \$US/kW<sub>c</sub> pour modules PV
  - + 17 000 \$US pour équipements électriques et installation
- Cas de référence : Groupe électrogène
  - = 1 000 \$US + 13 400 L/an de diésel





# 4.4 Systèmes raccordés au réseau

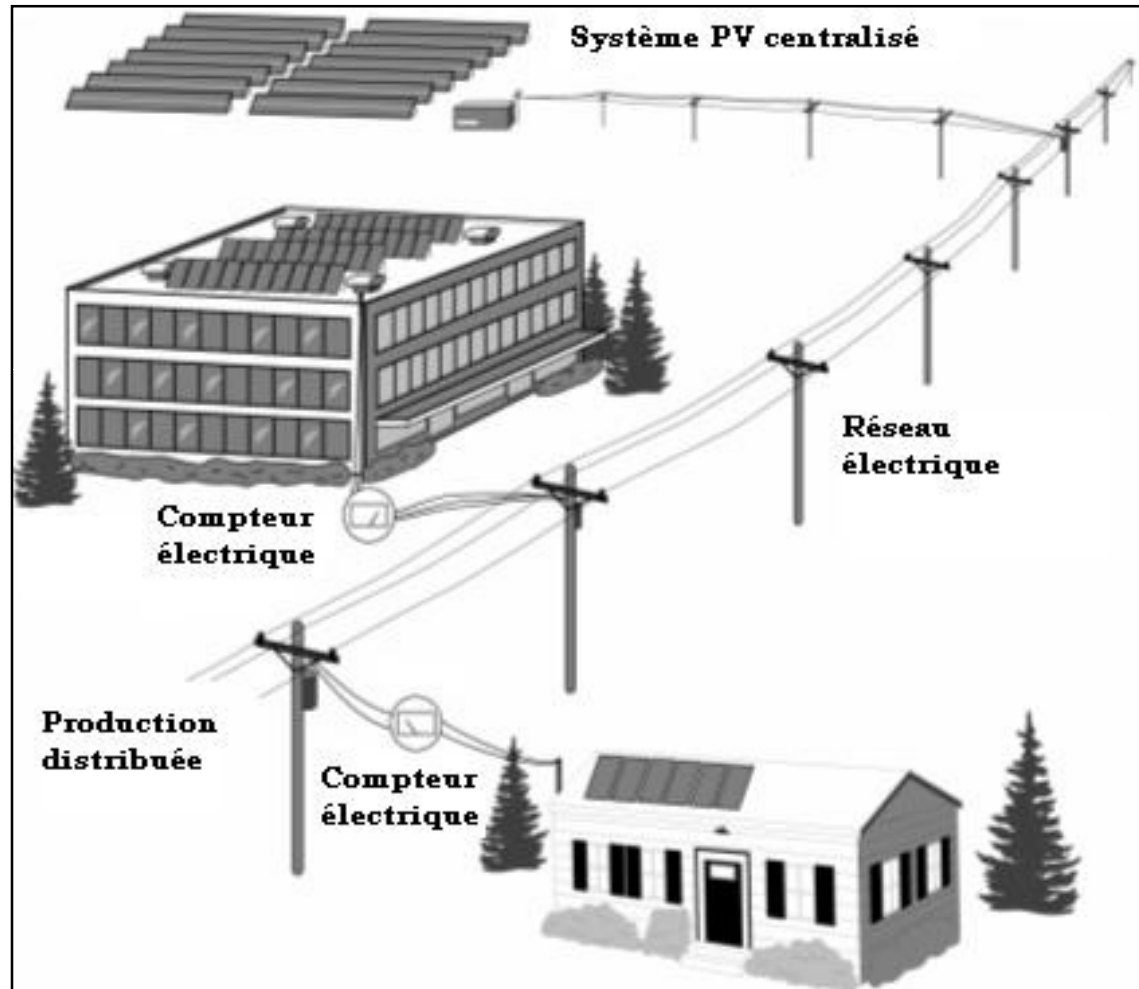
## Intégration du PV

- ▶ Distribué
- ▶ Centralisé

## Types de réseau

- ▶ Central
- ▶ Isolé

Ne sont habituellement pas rentables sans subventions



Source : *Photovoltaics in Cold Climates*, Ross & Royer, eds.

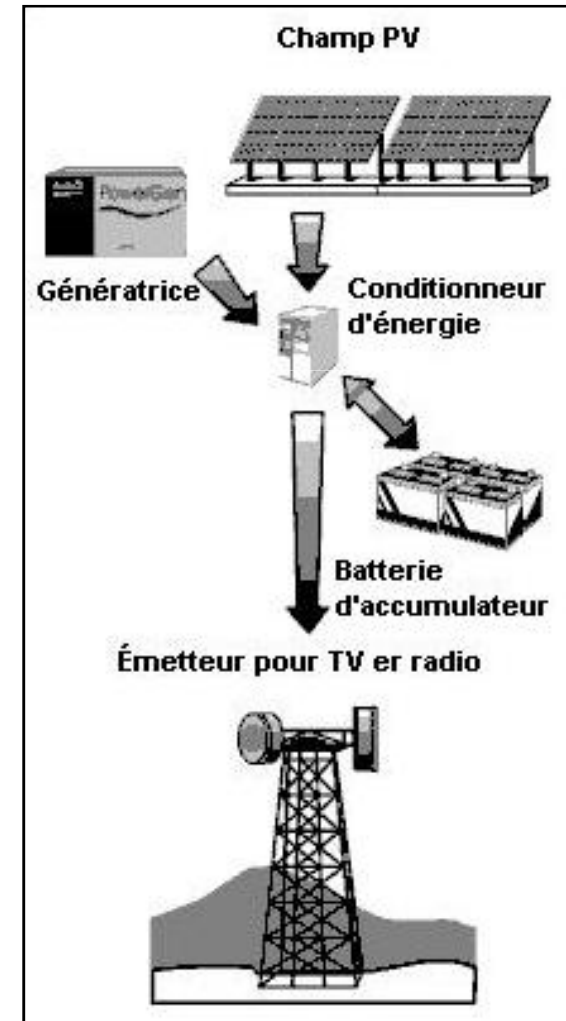
# 4.5 Systèmes hors réseau

## Configuration

- ▶ Autonome
- ▶ Hybride

## Souvent très rentable

- ▶ De petites charges sont préférables (< 10 kW<sub>p</sub>)
- ▶ Coût d'investissement plus bas que le coût de l'extension du réseau
- ▶ Coût d'exploitation et d'entretien plus bas que celui de génératrices et de batteries non rechargeables

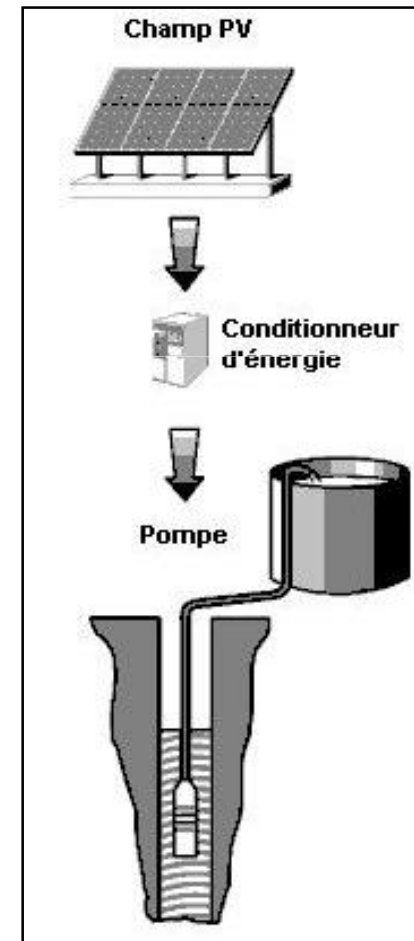


# 4.6 Systèmes de pompage de l'eau

Catégorie spéciale de système hors réseau

Souvent rentable

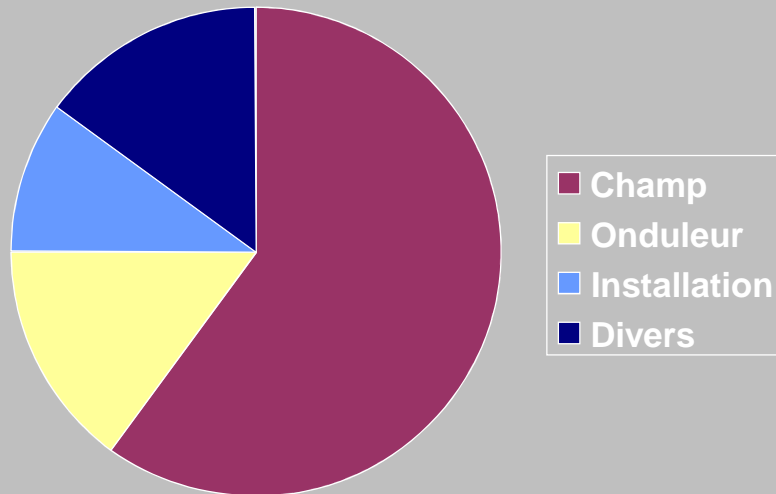
- ▶ Abreuvoir à bétail
- ▶ Alimentation en eau d'un village
- ▶ Alimentation en eau sanitaire



Source : *Photovoltaics in Cold Climates*,  
Ross & Royer, eds.

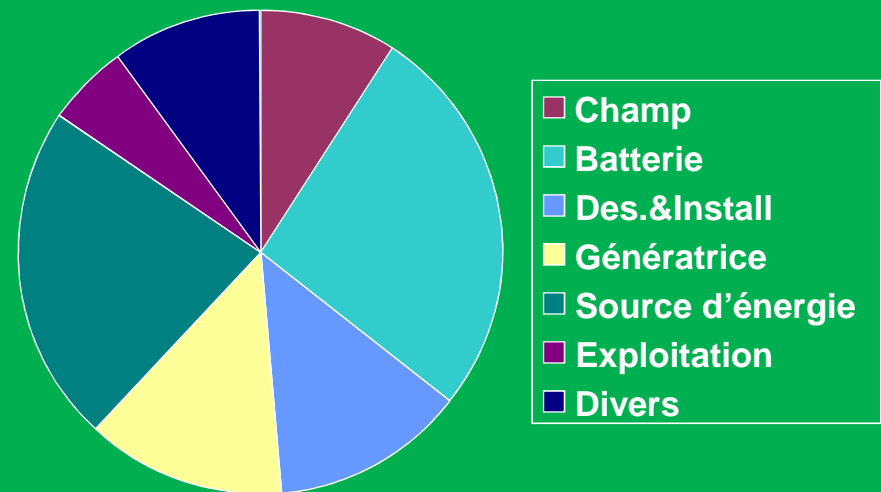
# Exemples de coûts de systèmes PV

- ▶ Maison raccordée au réseau, 1 kW (38° N, Californie)



- ▶ Énergie = 1,6 MWh/an
- ▶ Coût = 0,35 \$/kWh
- ▶ Coût du réseau = 0,08 \$/kWh

- ▶ Système hybride hors réseau de télécommunication, 2,5 kW (50° S, Argentine)

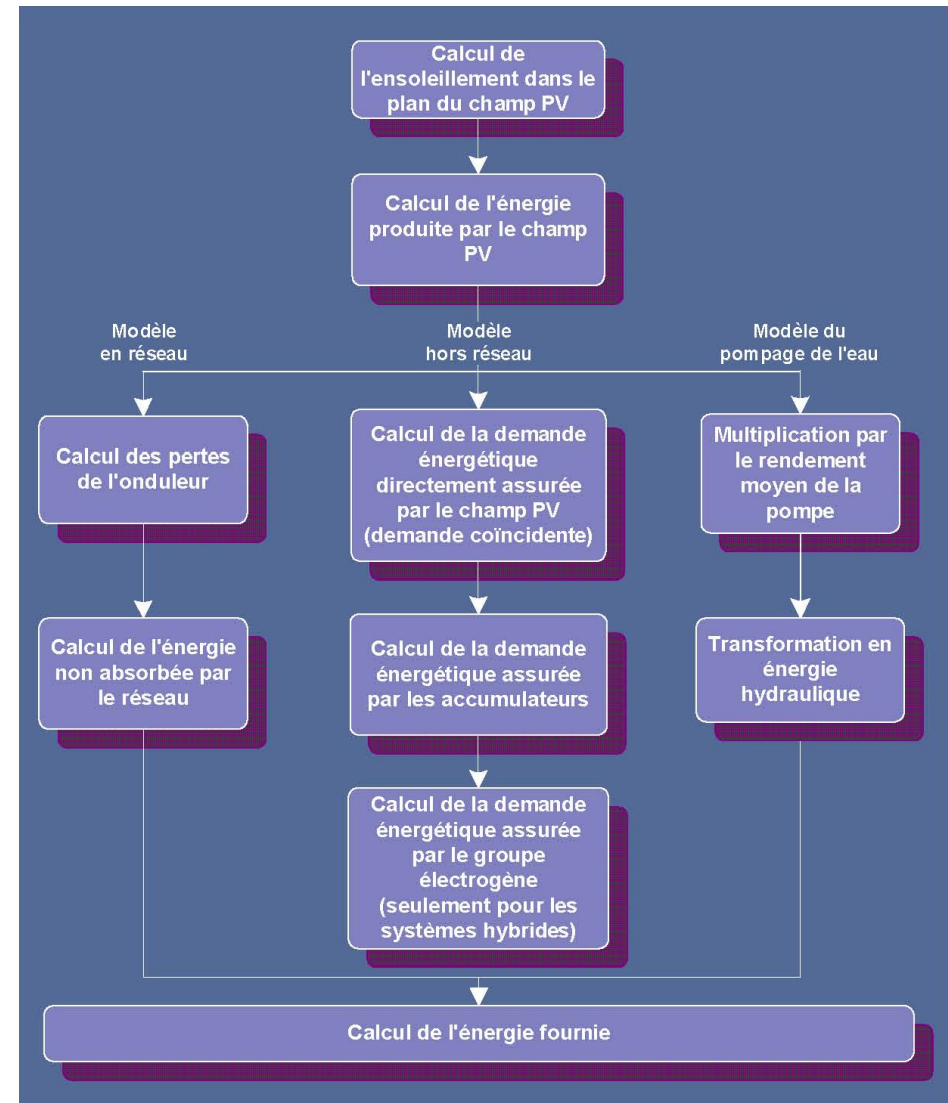


- ▶ Énergie = 5 MWh/an, (PV=50 %)
- ▶ Coût = 2,70 \$/kWh
- ▶ Coût génératrice/batterie = 4,00 \$/kWh

# Calculs RETScreen® : installation photovoltaïque



Voir le e-Manuel!  
Analyse de projets d'énergies propres :  
Manuel d'ingénierie et d'études de cas RETScreen®  
Chapitre Analyse de projet  
d'installation photovoltaïque



# Questions?

Module Analyse de projets d'installation photovoltaïque  
Cours d'analyse de projets d'énergies propres RETScreen® International



Pour plus d'information visitez le site Web de RETScreen à :  
**[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)**

# Code des Couleurs des Cellules

## Cellules d'entrée et de sortie

Blanche

Donnée de sortie - calculée par le modèle.

Jaune

Donnée d'entrée - requise par le modèle.

Bleue

Donnée d'entrée - requise par le modèle  
et base de données en ligne disponible.

Grise

Donnée d'entrée - pour référence seulement.  
Non requise par le modèle.



Logiciel d'analyse de projets d'énergies propres

Information sur le projet

[Voir la Base de données de projets](#)

Nom du projet	Scenario 1
Lieu du projet	Toronto
Préparé pour	OEO
Préparé par	CTEC-Varenes
Type de projet	Production d'électricité
Technologie	Éolienne
Type de réseau	Réseau central
Type d'analyse	Méthode 1
Pouvoir calorifique de référence	Pouvoir calorifique supérieur (PCS)
Afficher paramètres	<input type="checkbox"/>

Conditions de référence du site

[Choisir le lieu des données climatiques](#)

Lieu des données climatiques	Ottawa Int'l Airport
Afficher information	<input type="checkbox"/>



[Compléter la feuille Modèle énergétique](#)



RETScreen

Natural Resources Canada / Ressources naturelles Canada

Canada

RETScreen® International  
www.retscreen.net

English Français

العربية	বাংলা	Български	中文	Hrvatski	Čeština
Dansk	Nederlands	فارسی	Suomi	Deutsch	Ελληνικά
हिन्दी	Magyar	Bahasa Indonesia	Italiano	日本語	한국어
Polski	Português	Română	Русский	Srpski	Español
Swahili	Svenska	Tagalog	தமிழ்	ภาษาไทย	Türkçe
українська мова	ودرا	tiếng Việt			



*Merci*

EXEMPLES DE CAS D'ETUDES - PHOTOVOLTAIQUE

# 25 Aout, 2011

Jour 4: 25 Aout 2011		
CREEC : Programme de Formation RETScreen pour l'analyse de projet d'ER &EE		
Lieu: KNUST, Kumasi, Ghana		
Heure	Session	
09:00	1	<b>RETS_2: Analyse de la production d'Énergie Eolienne:</b> présentation power point présentation - Etudes de cas de production d'énergie éolienne dans les pays de la CEDEAO –
10:30		Pause Café/the
11:00	2	Etudes de cas: - travail d'équipe – Discussion des groupes de travail – commentaires.
12:45		Dejeuner
14:00	3	<b>RET_3: Production d'énergie Hydro électrique –</b> -Présentation power point - exemple d'études de cas - -Discussions en groupes – Etude des cas dans les pays de de la CEDEAO – Présentation des groupes de discussion
15:30		Pause Café/thé
16:00	4	<b>RET_4: Analyse de système d'énergie thermique</b> Power point présentation – système de chauffage d'eau – Groupe de discussion <b>Système Biomasse :</b> <b>Système combiné de production de chaleur et d'électricité</b>
18:30		<b>Fin de la journée 4</b>

## 5. ANALYSE DE PROJETS D'ENERGIE EOLIENNE



## **5.1 Objectif de la Presentation**

Présenter le modèle RETScreen International pour projets de centrale éolienne.

## 5.2 Qu'est-ce que les centrales éoliennes fournissent?

- Électricité pour les réseaux centraux
  - Les réseaux isolés
  - Les systèmes hors réseau
  - Le pompage de l'eau

*...mais aussi...*

- Renfort pour les réseaux fragiles
- Diminution de l'exposition aux variations du prix de l'énergie
- Réduction des pertes de transmission et de distribution

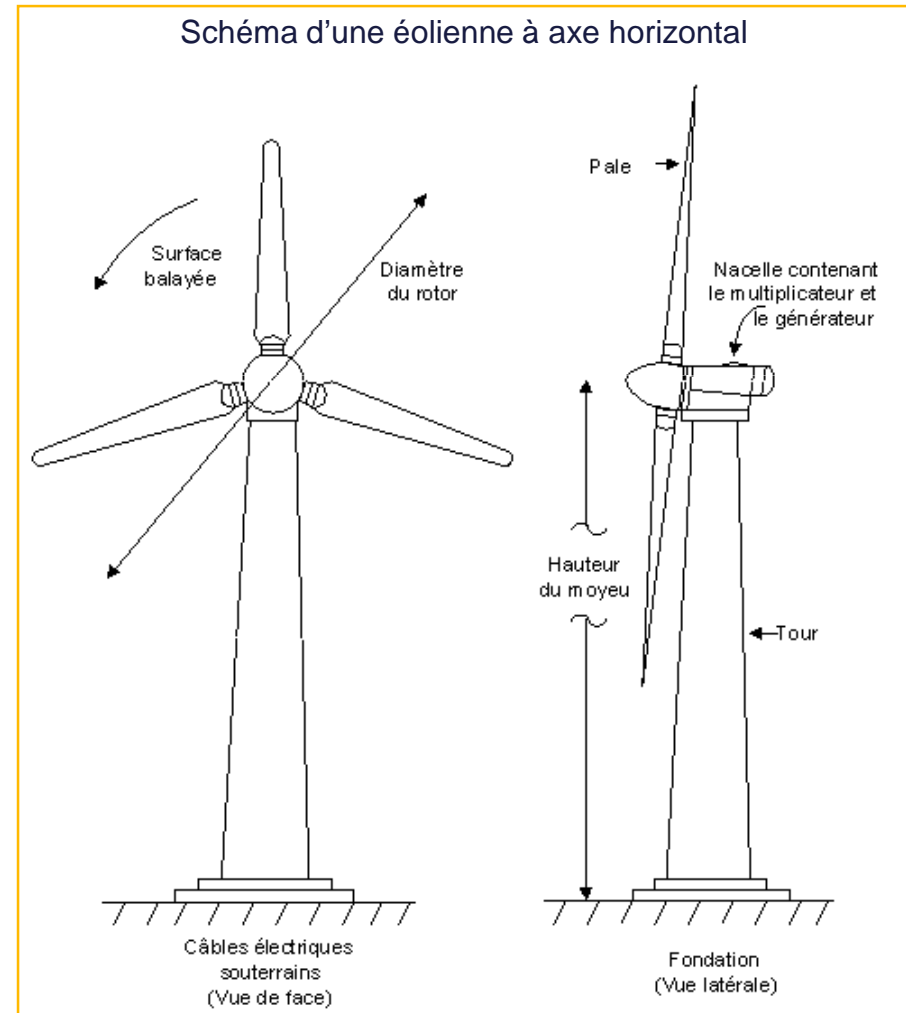
Parc éolien de San Gorgino, Palm Springs, Californie, États-Unis



Photo : Warren Gretz/ NREL Pix

# 5.3 Description d'une éolienne

- Composants
  - Rotor
  - Multiplicateur (boîte de vitesses)
  - Tour
  - Fondation
  - Système de commande
  - Générateur
- Types
  - À axe horizontal
    - Les plus utilisées
    - Le système de commande ou la conception oriente le rotor face au vent
  - À axe vertical
    - Les moins utilisées





## 5.4 Classification des réseaux éoliens

- **Hors réseau**
  - Petites éoliennes (50 W à 10 kW)
  - Chargement de batteries
  - Pompage de l'eau
- **Réseau isolé**
  - Éoliennes de 10 à 200 kW
  - Les systèmes hybrides éolien-diesel réduisent les coûts de production dans les régions éloignées
  - Taux de pénétration élevé ou bas
- **Réseau central**
  - Éoliennes de 200 kW à 2 MW
  - Parcs éoliens de plusieurs machines

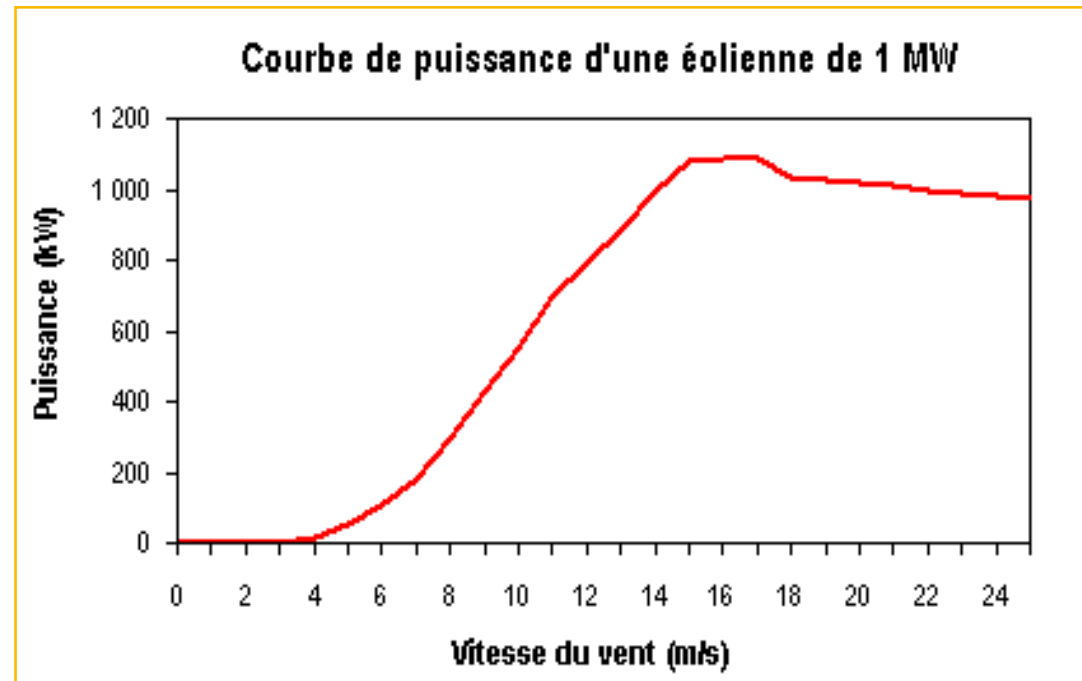


Photo : Charles Newcomber/ NREL Pix



# 5.5 Le Potentiel Eolien

- **Des moyennes élevées de vitesses du vent sont essentielles**
  - Une moyenne annuelle minimum de 4 m/s est nécessaire
  - Les gens ont tendance à surestimer les vitesses du vent
  - La vitesse du vent a tendance à augmenter avec l'altitude
- **Exemples de bons potentiels**
  - Régions côtières
  - Crêtes de longues pentes
  - Cols
  - Terrains découverts
  - Vallées où le vent s'engouffre
- **Typiquement plus venteux...**
  - En hiver qu'en été
  - Le jour que la nuit



# 5.6 Enjeux d'un projet de centrale éolienne

- Les coûts de production sont dramatiquement réduits par un bon potentiel éolien
  - Une bonne évaluation du potentiel éolien est avantageuse
- Sources additionnelles de revenus
  - Crédits gouvernementaux ou de l'utilité publique ou primes pour énergie verte
  - Vente de crédits pour réductions d'émissions
- Contraintes et critères
  - ▶ Approbation environnementale
  - ▶ Accueil favorable de la population locale
  - ▶ Raccordement au réseau et capacité de transmission
- Financement, taux d'intérêt, taux de change monétaire



# Exemples : Europe et États-Unis

## Centrale éolienne en réseau central

- La production intermittente n'est pas un problème : 17 % de l'électricité du Danemark provient de l'énergie éolienne sans autre production additionnelle de réserve
- Les projets sont rapidement réalisables (2 à 4 ans) et peuvent être agrandis pour répondre à la demande



Parc éolien côtier, Danemark

Photo : Danmarks Tekniske Universitet

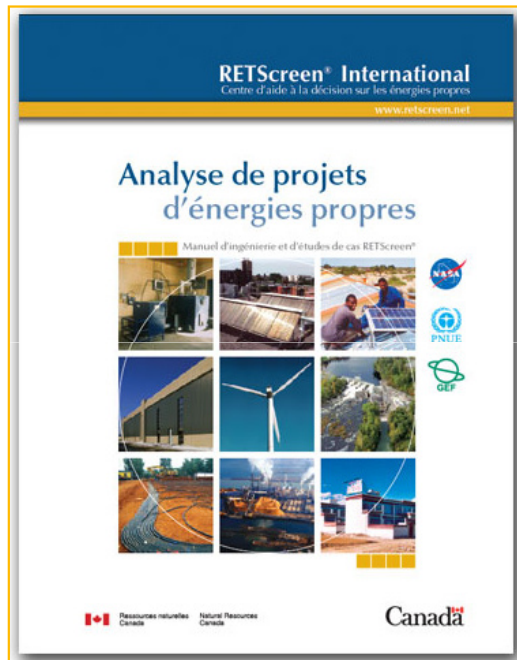


Par éolien à Palm Springs, Californie, E-U

Photo : Warren Gretz/ NREL Pix

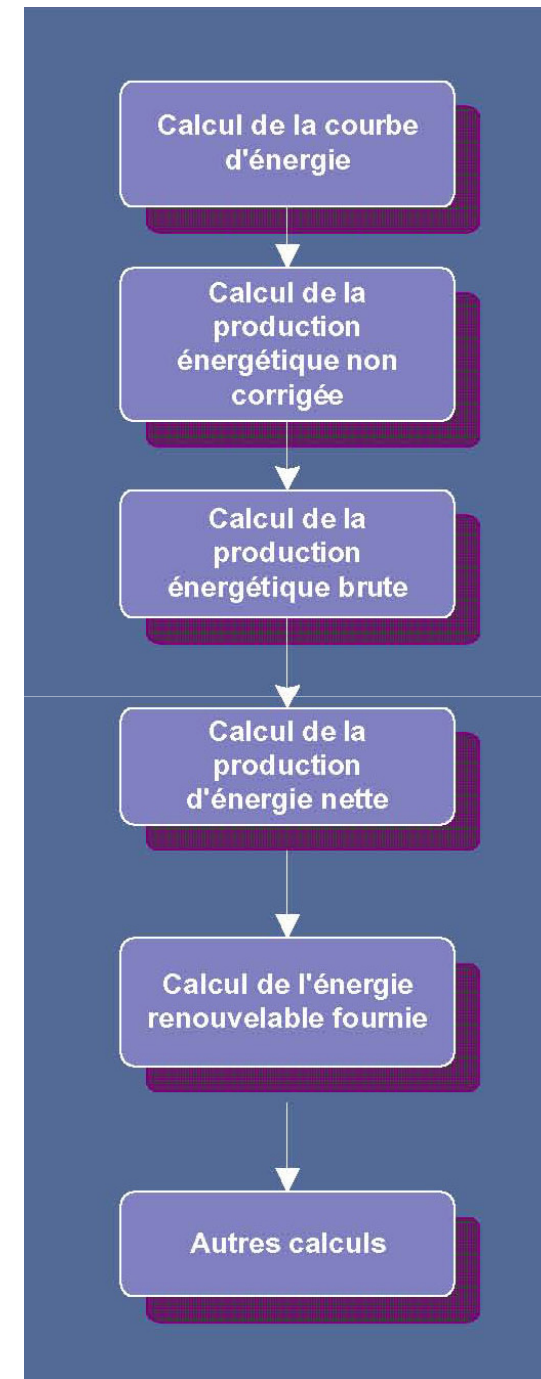
- Le terrain peut être utilisé à d'autres fins, comme l'agriculture
- Des individus, des entreprises et des coopératives possèdent et opèrent parfois des éoliennes uniques

# Calculs RETScreen® : centrale éolienne



[Voir le e-Manuel](#)

Analyse de projets d'énergies propres :  
Manuel d'ingénierie et d'études de cas RETScreen®  
Chapitre Analyse de projets de centrale éolienne



# Conclusions

- Les éoliennes peuvent fournir de l'électricité en réseau ou hors réseau partout à travers le monde
- Un bon potentiel éolien est un facteur déterminant pour qu'un projet ait du succès
- Pour des projets raccordés au réseau, il est important que des crédits de production ou des primes pour énergie verte soient disponibles
- RETScreen<sup>®</sup> calcule la production énergétique annuelle, en utilisant des données moyennes annuelles, avec une précision comparable à des outils de simulation horaire
- RETScreen<sup>®</sup> permet des économies de coûts significatives pour la réalisation d'études préliminaires de faisabilité



# RETScreen® International

[www.retscreen.net](http://www.retscreen.net)

English

Français

العربية

বাংলা

Български

中文

Hrvatski

Čeština

Dansk

Nederlands

فارسی

Suomi

Deutsch

Ελληνικά

हिन्दी

Magyar

Bahasa Indonesia

Italiano

日本語

한국어

Polski

Português

Română

Русский

Srpski

Español

Swahili

Svenska

Tagalog

தமிழ்

ภาษาไทย

Türkçe

українська мова

ودرا

tiếng Việt



*Merci*

Next: Energie Eolienne, quelques cas d'études pratiques

# 6. Analyse de projets de petite centrale hydroélectrique





# Objectifs

- Réviser les principes de base des petites centrales hydroélectriques
- Décrire les enjeux importants d'une analyse de projet de petite centrale hydroélectrique
- Présenter le modèle RETScreen<sup>®</sup> pour les projets de petite centrale hydroélectrique

## 6.1 Qu'est-ce que les petites centrales hydroélectriques fournissent?

- Électricité pour
  - Les réseaux centraux
  - Les réseaux isolés
  - Les systèmes hors réseau

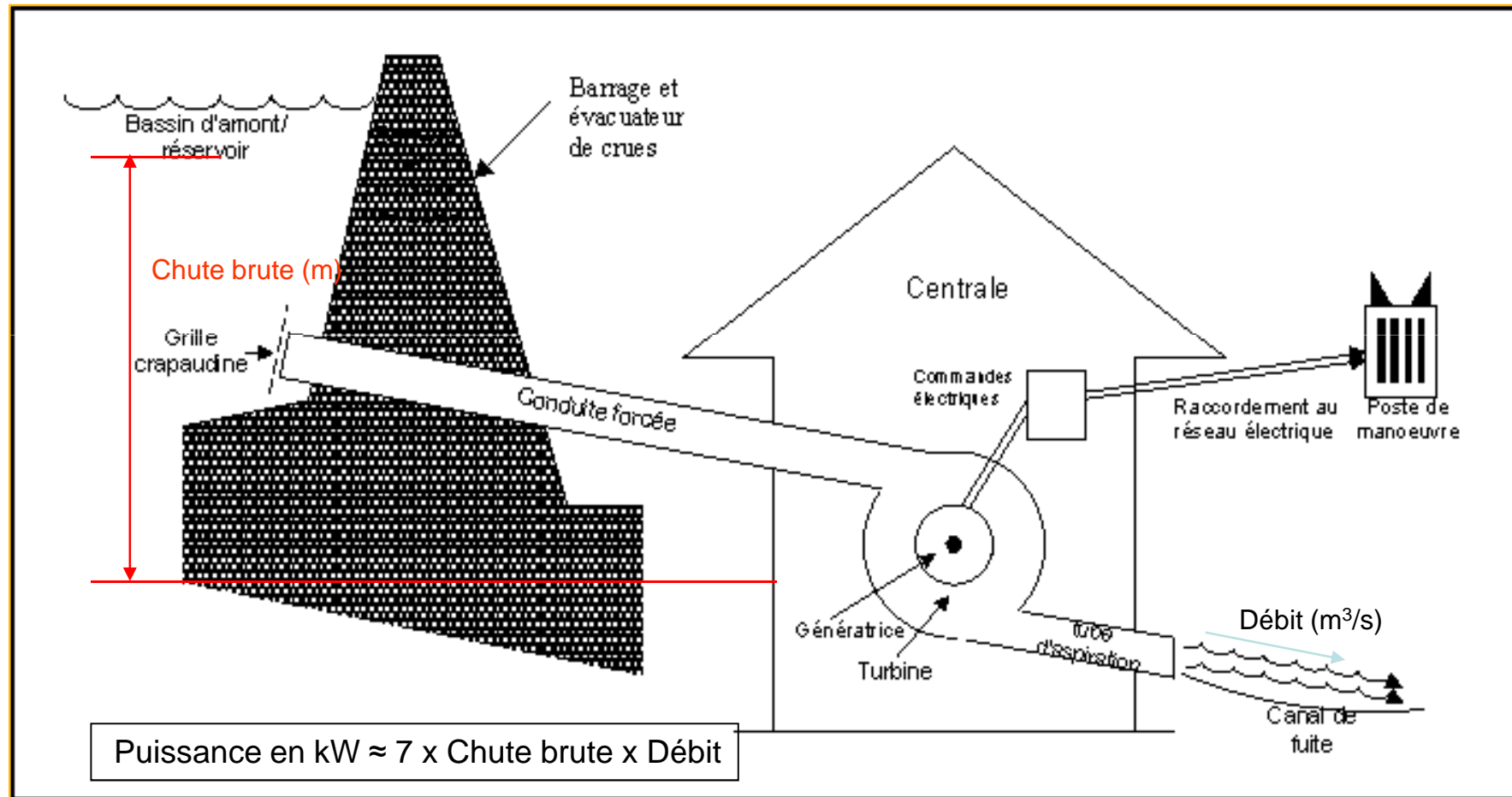
*...mais aussi...*

  - Fiabilité
  - Coûts d'exploitation très bas
  - Diminution de l'exposition aux variations du prix de l'énergie



Photo : Robin Hughes/ PNS

## 6.2 Description d'une petite centrale hydroélectrique



## 6.3 Projets de « petite » centrale hydroélectrique

- La définition du terme « petite » n'est pas consacrée
  - La grosseur d'une centrale n'est pas seulement définie par sa capacité électrique, mais aussi par l'importance de sa hauteur de chute

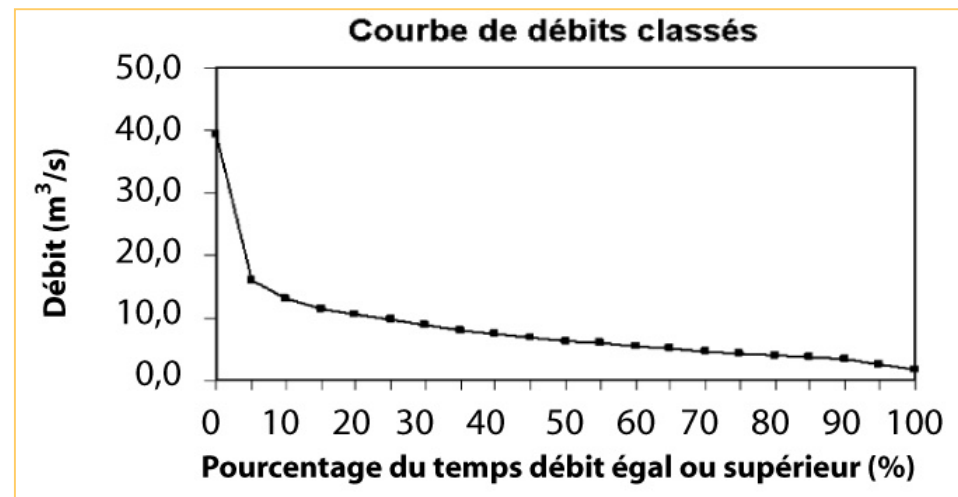
	<b>Puissance Typique</b>	<b>Débit défini par RETScreen®</b>	<b>Diamètre de l'aube défini par RETScreen®</b>
<b>Micro</b>	< 100 kW	< 0,4 m <sup>3</sup> /s	< 0,3 m
<b>Mini</b>	100 to 1 000 kW	0,4 à 12,8 m <sup>3</sup> /s	0,3 à 0,8 m
<b>Petite</b>	1 to 50 MW	> 12,8 m <sup>3</sup> /s	> 0,8 m

## 6.4 Ressource hydroélectrique du site

- Particularité du site : une rivière exploitable est nécessaire!
  - ▶ Dénivellation sur une petite distance (hauteur de chute)
  - ▶ Variation acceptable du débit dans le temps : courbe de débits classés
    - Le débit résiduel réduit le débit disponible pour la production d'énergie

- Évaluation de la courbe de débits classés d'après

- ▶ Les mesures du débit à travers le temps
- ▶ La superficie du bassin hydrographique au dessus du site, l'écoulement spécifique et la forme de la courbe de débits classés



# Exemple : validation du modèle RETScreen® pour les projets de petite centrale hydroélectrique



RETSCREEN® INTERNATIONAL

www.retscreen.net

- Rendement d'une turbine

- Comparaison avec les données mesurées par le fabricant pour une turbine Francis de 7 MW de Alstom

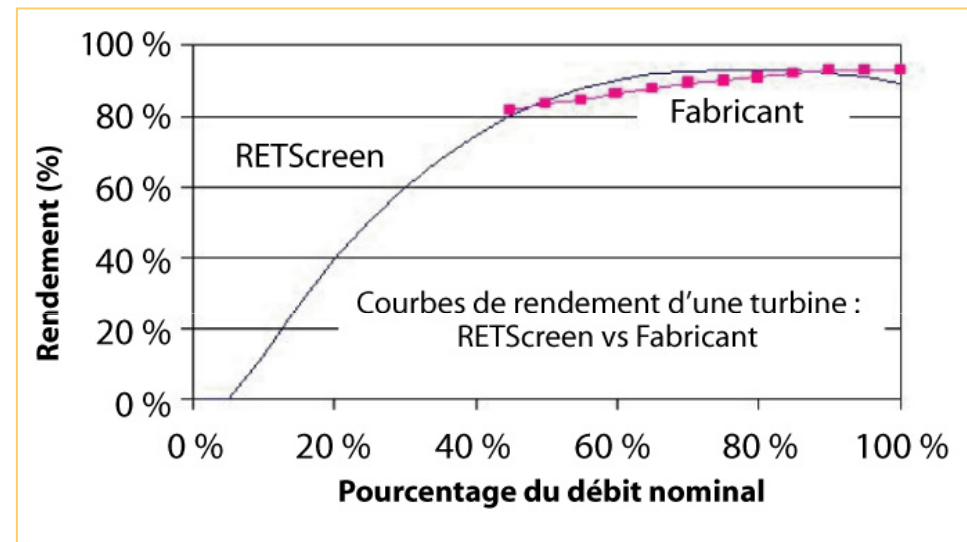
- Puissance installée et fournie

- Comparaison des données avec HydrA, pour un site en Écosse

- Les résultats des mesures et de la simulation sont à 6,5 % près

- Méthode de calcul des coûts par formules

- ▶ Une comparaison démontre que les coûts sont à 11 % près de ceux évalués par la méthode de calcul des coûts détaillée de RETScreen®, pour un projet de 6 MW à Terre-Neuve



# Conclusions

- Les projets de petite centrale hydroélectrique (jusqu'à 50 MW) peuvent fournir de l'électricité pour les réseaux centraux ou isolés et les systèmes hors réseau
- Projets au fil de l'eau :
  - Coûts plus bas et moins d'impacts environnementaux
  - Nécessitent toutefois un système d'appoint en réseau isolé
- Coûts d'investissement élevés dont 75 % dépendent du site
- RETScreen<sup>®</sup> évalue la puissance installée, garantie et fournie ainsi que les coûts en se basant sur les caractéristiques du site tel que la courbe de débits classés et la hauteur de chute
- RETScreen<sup>®</sup> permet des économies de coûts significatives pour la réalisation d'études préliminaires de faisabilité



*Merci*



Next: Energie Hydroelectrique quelques cas d'etudes pratiques



# **7 LA BIOMASSE: PRODUCTION D'ENERGIE**

# 7.1 PROJETS DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

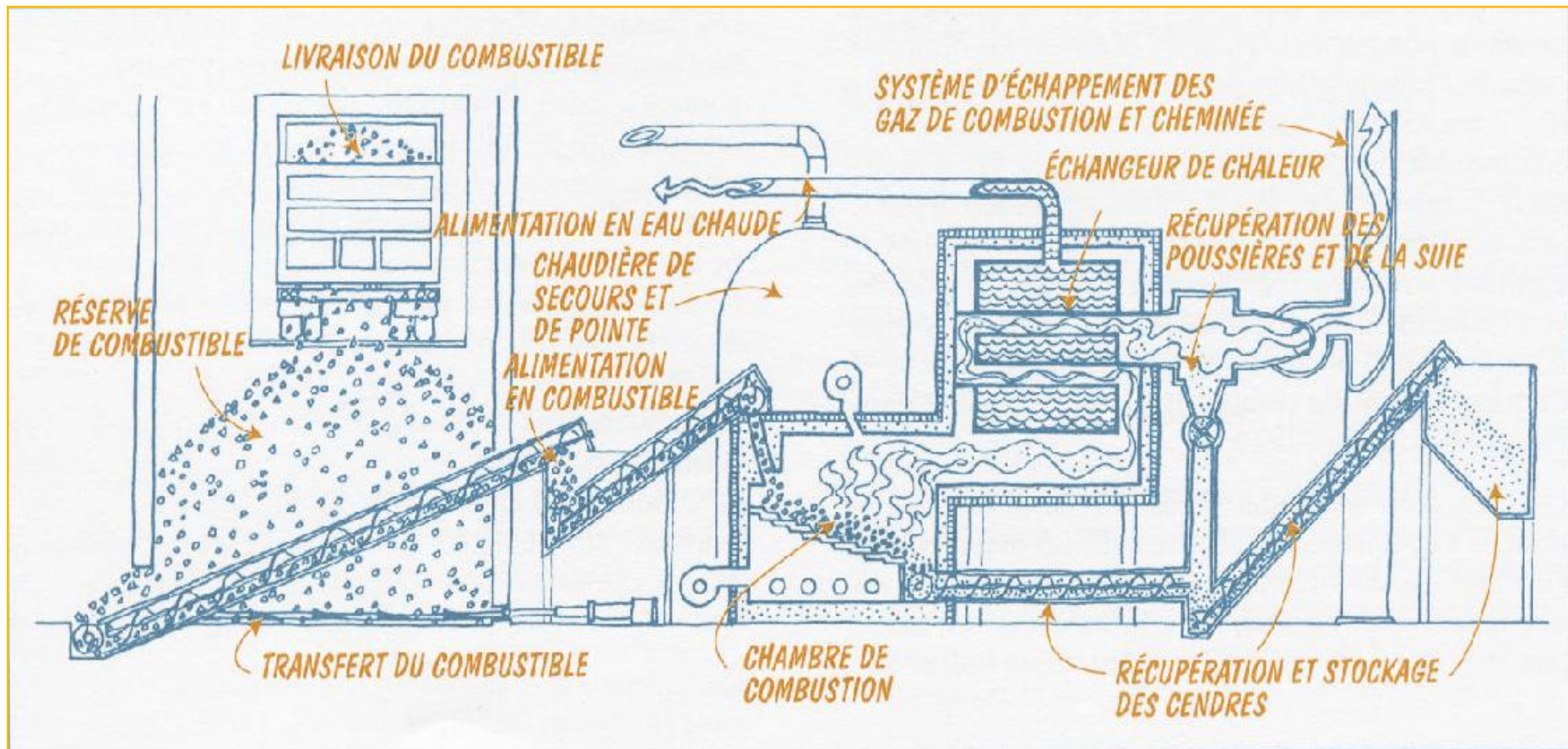
Système de chauffage urbain à la biomasse, Suède



© Ministre de Ressources naturelles Canada 2001 – 2004.



## 7.2 Description d'un système de chauffage à la biomasse (suite)



## 7.3 Biocombustibles

- Les biocombustibles (matières premières) incluent
  - Bois et résidus de bois (fragments, sciure, granules, copeaux)
  - Résidus de l'agriculture (paille, écales, déchets de soie, litière animale et fumier)
  - Cultures énergétiques (peupliers, panic raide, saules)
  - Résidus urbains solides
- Enjeux importants de la matière première
  - Pouvoir calorifique et teneur en humidité
  - Fiabilité, sécurité et stabilité du prix d'approvisionnement
  - Transport et entreposage

Bois utilisé comme biocombustible



Photo : ECOMatters Inc

Coquilles de noix  
comme biocombustible



Photo : Warren Gretz/ NREL Pix



## 7.4 Incidences environnementales des biocombustibles

- Si récolté selon les principes du développement durable :
  - Production nette nulle de gaz à effet de serre
- Une faible teneur en sulfure réduit les pluies acides
- Émissions locales de polluants dans l'air
  - Particules en suspension (suie)
  - Polluants gazeux
  - Trace de substances cancérigènes
  - Peut être sujet à une réglementation

Copeaux de bois



Photo : Bioenerginovator



Photo : Warren Gretz/NREL Pix

# 7.5 Exemples de coûts de systèmes de chauffage à la biomasse



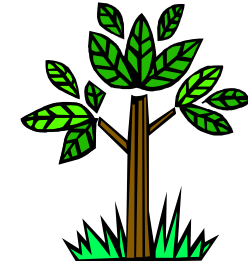
- Un système de 150 kW qui chauffe un bâtiment de 800 m<sup>2</sup> :

	Mazout	Copeaux de bois
Coûts d'investissement	21 000 \$	80 000 \$
Exploitation et entretien annuel	1 000 \$	8 000 \$
Combustible annuel	18 000 \$	1 700 \$

- Coûts d'investissement élevés, mais des coûts de combustibles potentiellement bas :

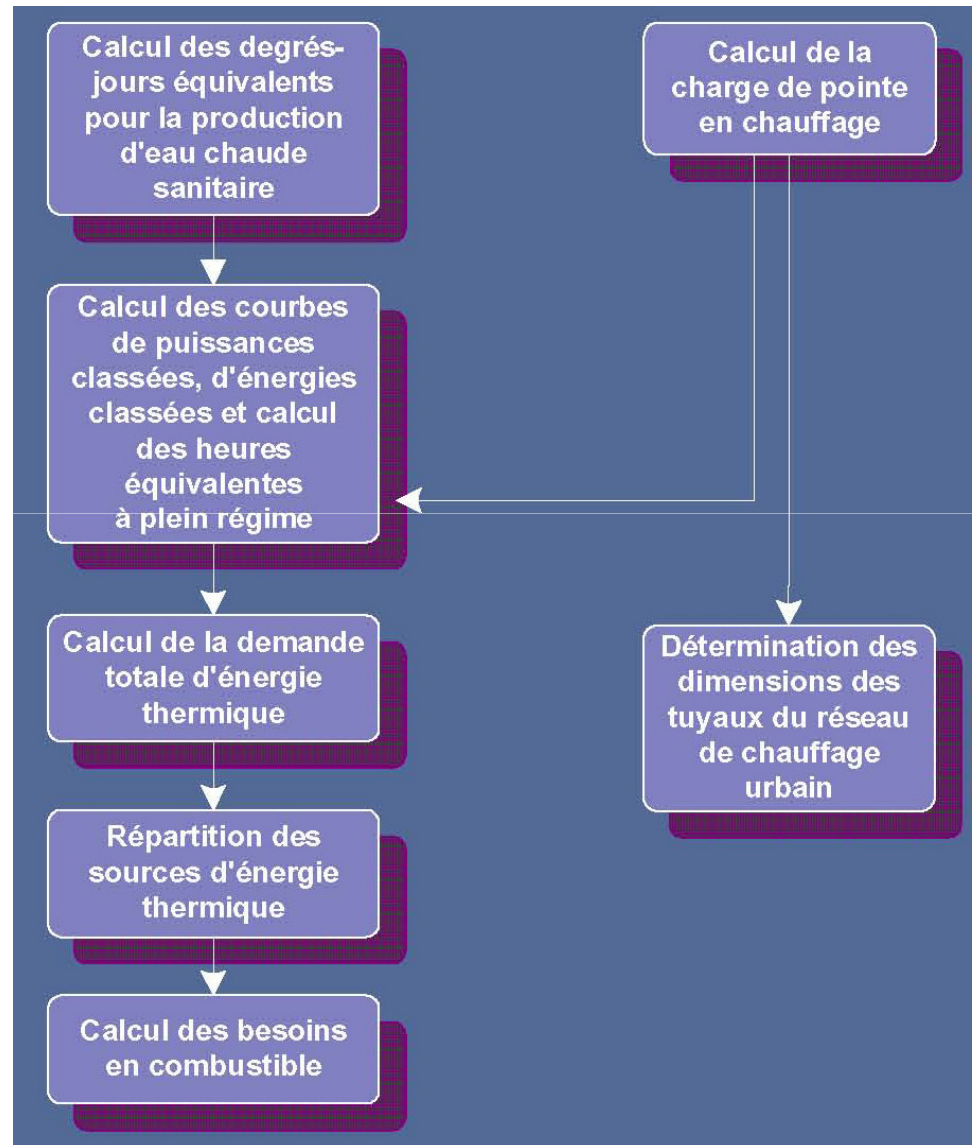
	Prix	Coût de chauffage (\$/GJ)
Électricité	0,08 \$/kWh	22,50
Propane	0,40 \$/L	15,60
Mazout	0,30 \$/L	8,50
Gaz	0,20 \$/m <sup>3</sup>	5,80
Résidus de moulin	10 \$/tonne	1,70
Copeaux d'arbres	40 \$/tonne	6,70

## 7.6 Enjeux d'un projet de chauffage à la biomasse



- Disponibilité, qualité et coût de la biomasse par rapport aux combustibles fossiles
  - Utilisations non énergétiques prévues de la biomasse (ex. : pulpe à papier)
  - Contrats à long terme
- Espace disponible pour la livraison et l'entreposage du combustible, et pour une grosse chaudière
- Nécessite un opérateur fiable et dédié
  - Besoin en biocombustible; enlèvement des cendres
- Réglementation environnementale sur la qualité de l'air et la façon de disposer de la cendre
- Problèmes d'assurance et de sécurité

# Calculs RETScreen<sup>®</sup> : chauffage à la biomasse





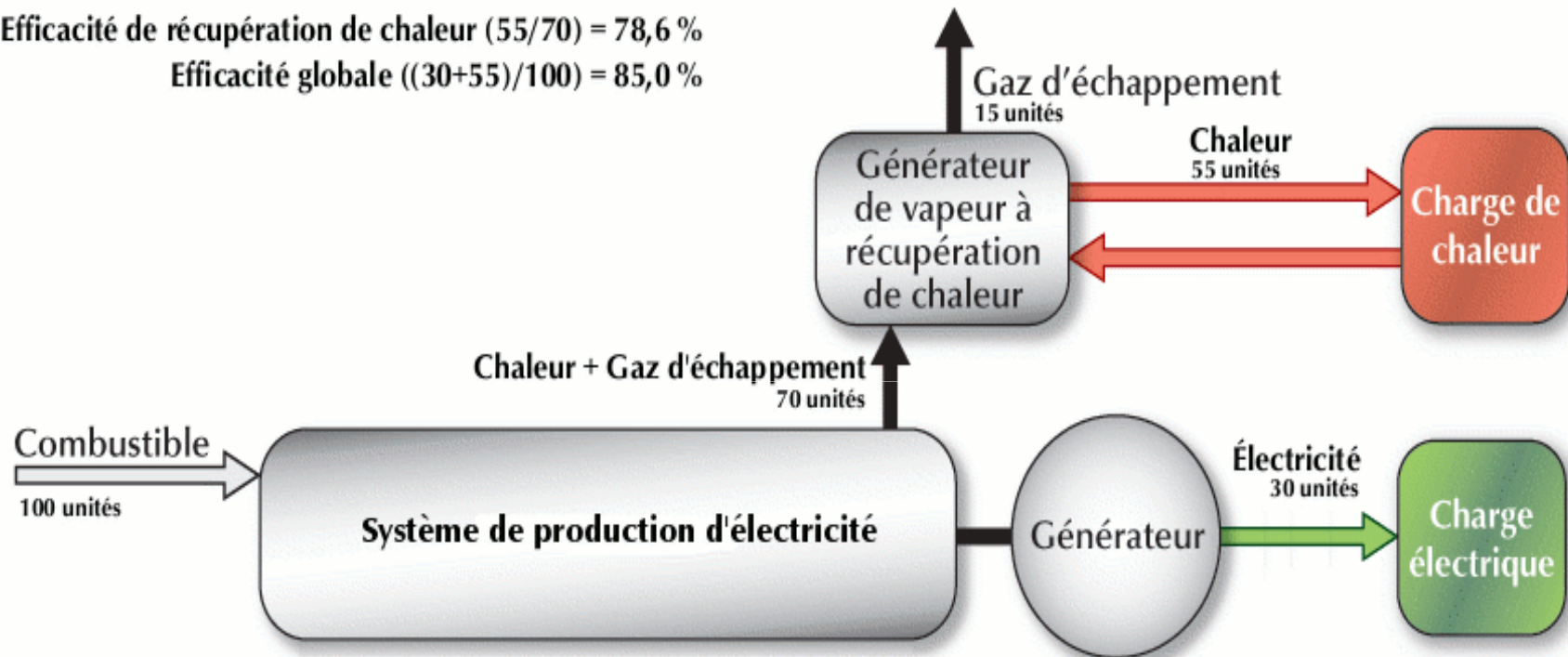
# 7.7 Conclusions

- Les coûts de l'énergie de chauffage à la biomasse peuvent être beaucoup plus bas que les coûts de chauffage avec un système conventionnel, même en considérant que les coûts d'investissement des systèmes à la biomasse sont plus élevés
- En utilisant un minimum de données d'entrée, RETScreen<sup>®</sup> calcule la courbe de charge classée, la puissance de chauffage à la biomasse et de pointe requise et la dimension des tuyaux du réseau de chauffage urbain
- RETScreen<sup>®</sup> permet des économies de coûts significatives pour la réalisation d'études préliminaires de faisabilité

## **8. LE MODELE RETScreen POUR LES PROJETS DE COGENERATION**

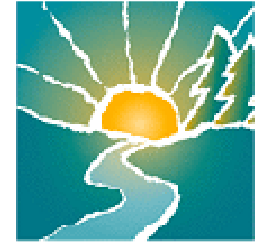
**Cogénération:** Production simultanée de deux types ou plus d'énergie à partir d'une source unique d'énergie utilisée

Efficacité de récupération de chaleur  $(55/70) = 78,6 \%$   
Efficacité globale  $((30+55)/100) = 85,0 \%$



# COGÉNÉRATION

## Types de combustibles



- Combustibles renouvelables

- Résidus de bois
- Gaz de décharge
- Biogaz
- Sous-produits agricoles
- Bagasse
- Cultures à vocation énergétique
- Etc.



Biomasse pour la cogénération

Photo : Gretz, Warren DOE/NREL

- Combustibles fossiles

- Gaz naturel
- Carburant diesel
- Etc.

- Énergie géothermique

- Hydrogène



Geyser

Photo : Joel Renner, DOE/ NREL PIX

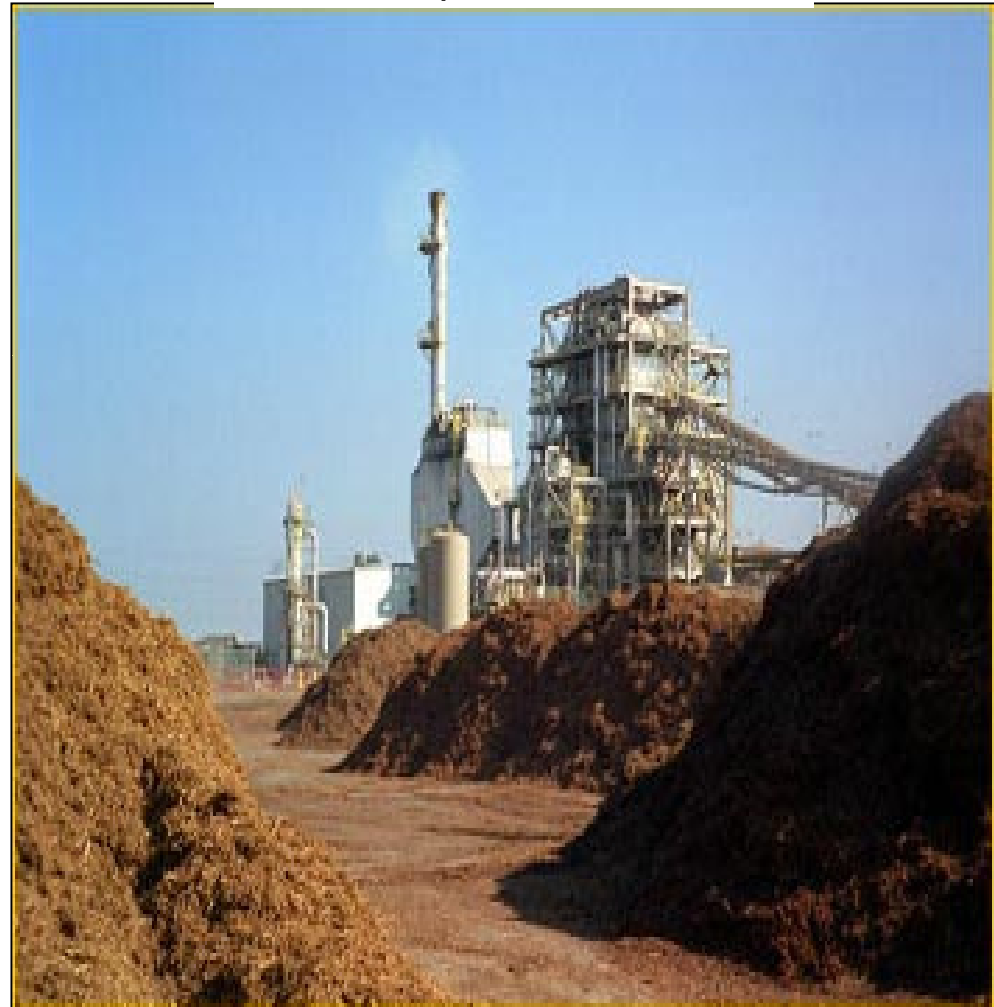
# 8.1 Que produisent les systèmes de cogénération ?

- Électricité
- Chaleur
  - Bâtiments
  - Communautés
  - Procédés industriels

*...mais aussi...*

- Un meilleur rendement
- Une diminution des déchets et des émissions
- Une diminution des pertes de transport et de distribution
- L'opportunité de mettre en place des réseaux énergétiques urbains
- La climatisation (froid)

Centrale électrique à la biomasse, USA



## 8.2 Description de la cogénération : équipements et technologies

- Équipement de production d'électricité
  - Turbine à gaz
  - Turbine à vapeur
  - Turbine à gaz – cycle combiné
  - Moteur à piston
  - Pile à combustible, etc.
- Équipement de chauffage
  - Récupérateur de chaleur
  - Chaudière / Fournaise / Brûleur
  - Pompe à chaleur, etc.
- Équipement de production de froid
  - Compresseur
  - Refroidisseur à absorption
  - Pompe à chaleur, etc.

Turbine à gaz



Photo : Rolls-Royce plc

Équipement de production de  
froid



## 8.3 Exemples de Coûts des systèmes de cogénération

- Coûts très variables
- Coûts d'investissement
  - Équipement de production d'électricité
  - Équipement de chauffage
  - Équipement de climatisation
  - Ligne électrique
  - Chemins d'accès
  - Tuyauterie du réseaux d'énergie
- Coûts récurrents
  - Combustible
  - Exploitation et entretien
  - Remplacement & réparation des équipements

RETScreen

Technologie	Coût d'investissement typique total (\$/kW)		
	Moyenne	Minimum	Maximum
Électricité géothermique	3 600	1 300	5 300
Électricité solaire thermique	6 900	4 700	8 800
Énergie de la houle	-	-	-
Énergie des courants océaniques	-	-	-
Énergie marémotrice	4 100	3 500	4 600
Éolienne	1 900	1 100	3 100
Moteur à pistons	1 400	700	2 100
Photovoltaïque	9 100	7 600	22 900
Pile à combustible	12 100	9 100	15 600
Turbine à gaz	1 700	600	2 800
Turbine à gaz - cycle combiné	1 200	700	1 700
Turbine à vapeur	1 100	500	1 700
Turbine hydroélectrique	2 200	400	4 700

Note: Les valeurs de coût typique sont exprimées en \$ canadiens, basés sur les prix du 1 janvier 2006. À ce moment, le taux de change approximatif était de 1 CAD = 0,86 USD et 1 CAD = 0,72 EUR.





## 8.4 Paramètres clés des projets de cogénération

- L'approvisionnement en combustible doit être fiable à long terme
- Les coûts d'investissement doivent rester prévisibles
- Un « client » pour la chaleur et l'électricité est indispensable
  - La vente d'électricité au réseau doit-être négociée, si tout n'est pas consommé sur place
- La capacité est habituellement déterminée par la charge en chauffage de base (c.-à-d. la charge de chauffage minimale en conditions normales d'opération)
  - Généralement, la production de chaleur représente de 100 à 200 % de la production d'électricité
  - La chaleur peut-être utilisée pour la production de froid en utilisant des refroidisseurs à absorption
- Le risque associé à l'incertitude sur l'écart de prix futurs entre l'électricité et le gaz naturel doit-être géré adéquatement



# Modèle RETScreen® pour les projets de cogénération

- Pouvant être utilisé partout dans le monde pour l'analyse de la production énergétique, des coûts sur le cycle de vie et des émissions de gaz à effet de serre
  - Climatisation, chauffage, électricité, et toutes leurs combinaisons
  - Turbines à gaz et à vapeur, moteurs à piston, piles à combustible, bouilloires, compresseurs, etc.
  - Gamme étendue de combustibles, allant des combustibles fossiles à la biomasse et la géothermie
  - Outil de prévision des gaz d'enfouissement
  - Réseaux énergétiques urbains
- Inclut aussi :
  - Plusieurs langues et devises monétaires,
  - le choix des unités et d'outils optionnels

The screenshot displays the RETScreen software interface for a cogeneration project. The main window shows a detailed energy model with various input fields and a summary table at the bottom.

**Modèle énergétique RETScreen - Projet de production de froid, de chaleur et d'électricité**

**Système de production de froid au cas proposé**

Technologie	Absorption
Source d'énergie	Système de production de chaleur
Capacité	TR 8800 111.1%
Coefficient de performance - saisonnier	0.8
Fabricant	Multiple units
Modèle	Multiple units
Prêt d'usage	MWh 5,038 100.0%
Système de production de froid de pointe	Non nécessaire
Technologie	Non nécessaire

**Système de production d'électricité au cas proposé**

Choix de système	Système de base
Système de production d'électricité de base	Moteur à piston 100.0% 6,768 h
Technologie	%
Méthode de choix du combustible	Un seul combustible
Type de combustible	Diesel (max 4000) - gaz
Disponibilité	Signal
Pris du combustible	1.483
Moteur à piston	
Capacité électrique	kW 1,200 42.7%
Charge nominale	% 30.0%
Électricité fournie à la charge	MWh 15,063 87.9%
Électricité exportée au réseau	MWh 0
Fabricant	Multiple units
Modèle	Multiple units
Consommation spécifique	kWh/kWh 1,540
Taux de récupération de chaleur	% 44.0%
Combustible nécessaire	Quin 21.8
Capacité thermique	kW 1,779.6 17.9%

**Stratégie d'exploitation - système de production d'électricité de base**

Pris du combustible - production de chaleur au cas de référence	\$/MWh 88.88
Pris de l'électricité - cas de référence	\$/MWh 110.60
Pris du combustible - production d'électricité au cas proposé	\$/MWh 38.87
Pris de l'électricité exportée	\$/MWh 70.00
Pris de l'électricité - cas proposé	\$/MWh 120.00

Stratégie d'exploitation	Électricité fournie à la charge (MMWh)	Électricité exportée au réseau (MMWh)	Électricité - complément nécessaire (MMWh)	Chaleur requise (MMWh)	Chaleur - complément nécessaire (MMWh)	Combustible pour production d'électricité (MMWh)	Profit (pertes) d'exploitation (\$)	ROI
Plein puissance électrique	15,748	0	1,360	14,882	6,871	6,118	\$30,269	-
Asservi à la charge électrique	15,748	0	1,360	14,882	6,871	5,118	\$30,269	-
Asservi à la charge de chaleur	15,063	0	2,064	14,892	6,871	48,999	\$35,620	-

Choix de la stratégie d'exploitation: Asservi à la charge de chaleur

**Caractéristiques de cas proposé**

Unité	Données	%	Contribution des systèmes
-------	---------	---	---------------------------

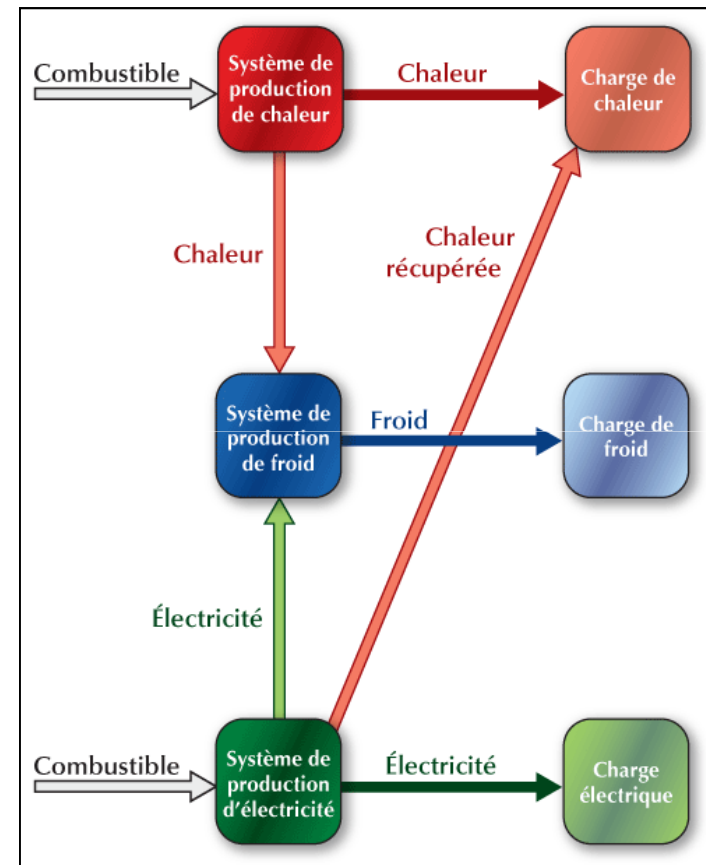
**Électricité**

Système de production d'électricité de base	
Moteur à piston	

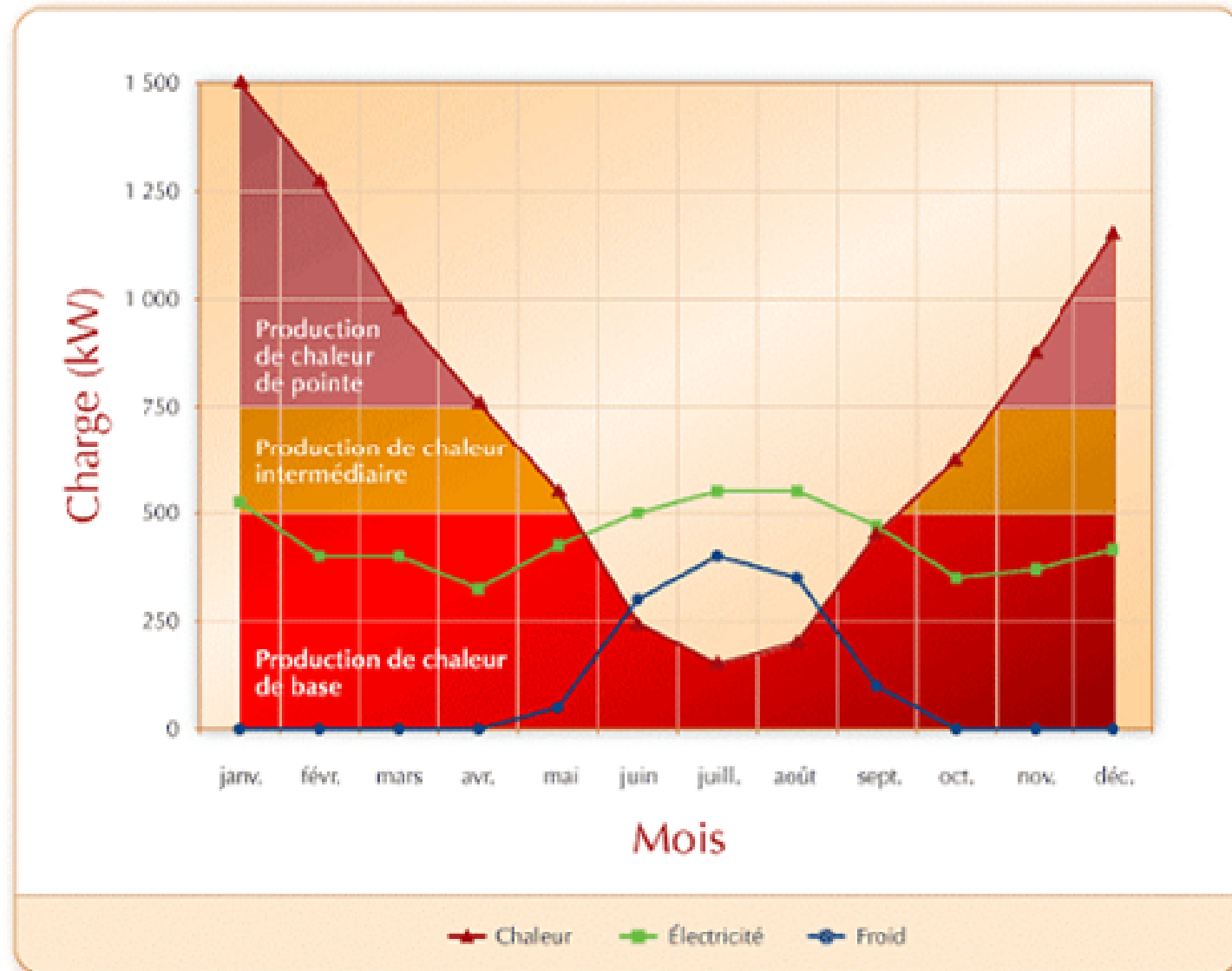
www.retscreen.net

## 8.5 RETScreen<sup>®</sup> cogénération

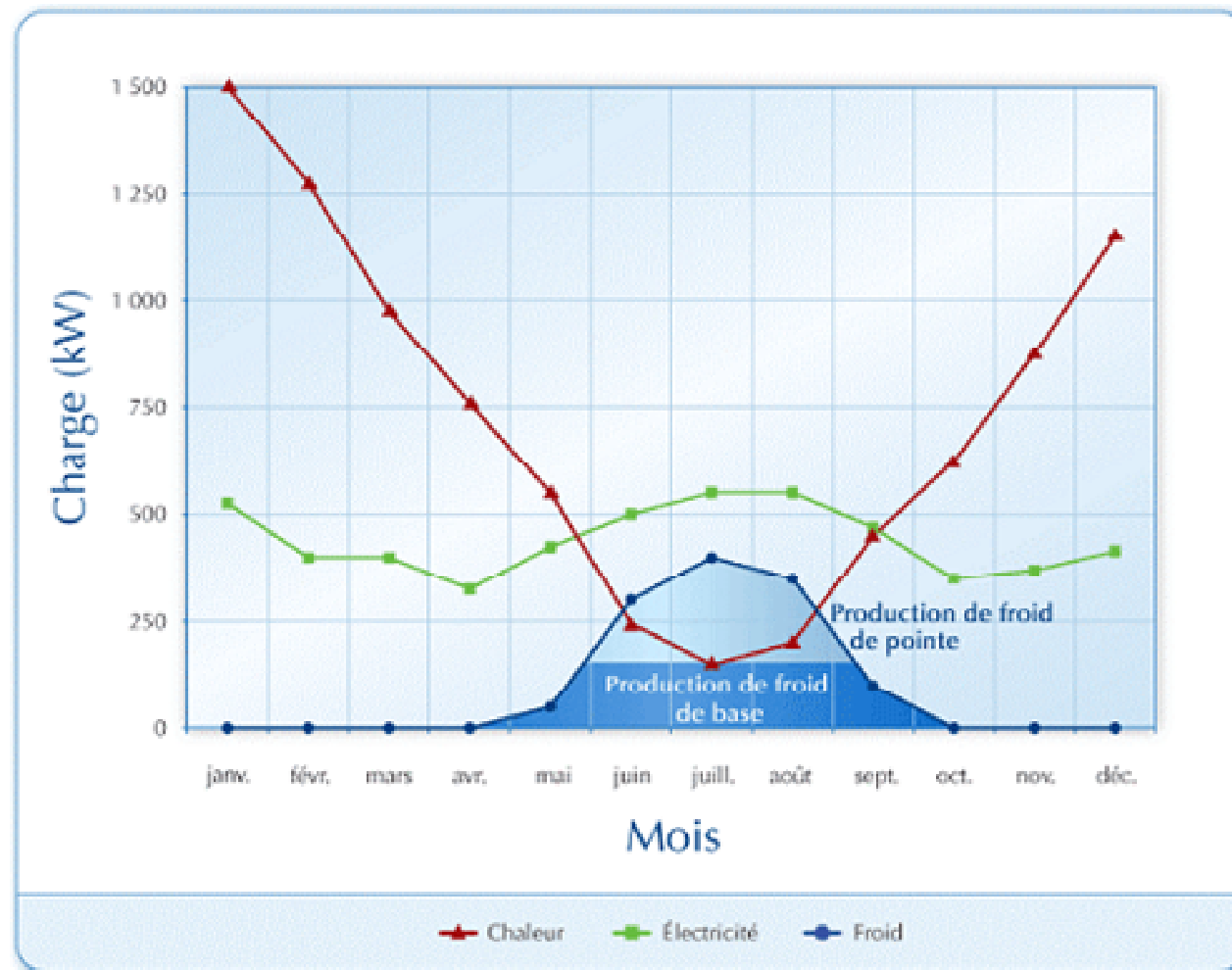
- Capacité d'évaluer divers types de projets
  - Chauffage seulement
  - Électricité seulement
  - Climatisation seulement
  - Cogénération chaleur et électricité
  - Cogénération froid et électricité
  - Cogénération chaleur et froid
  - Trigénération froid, chaleur et électricité



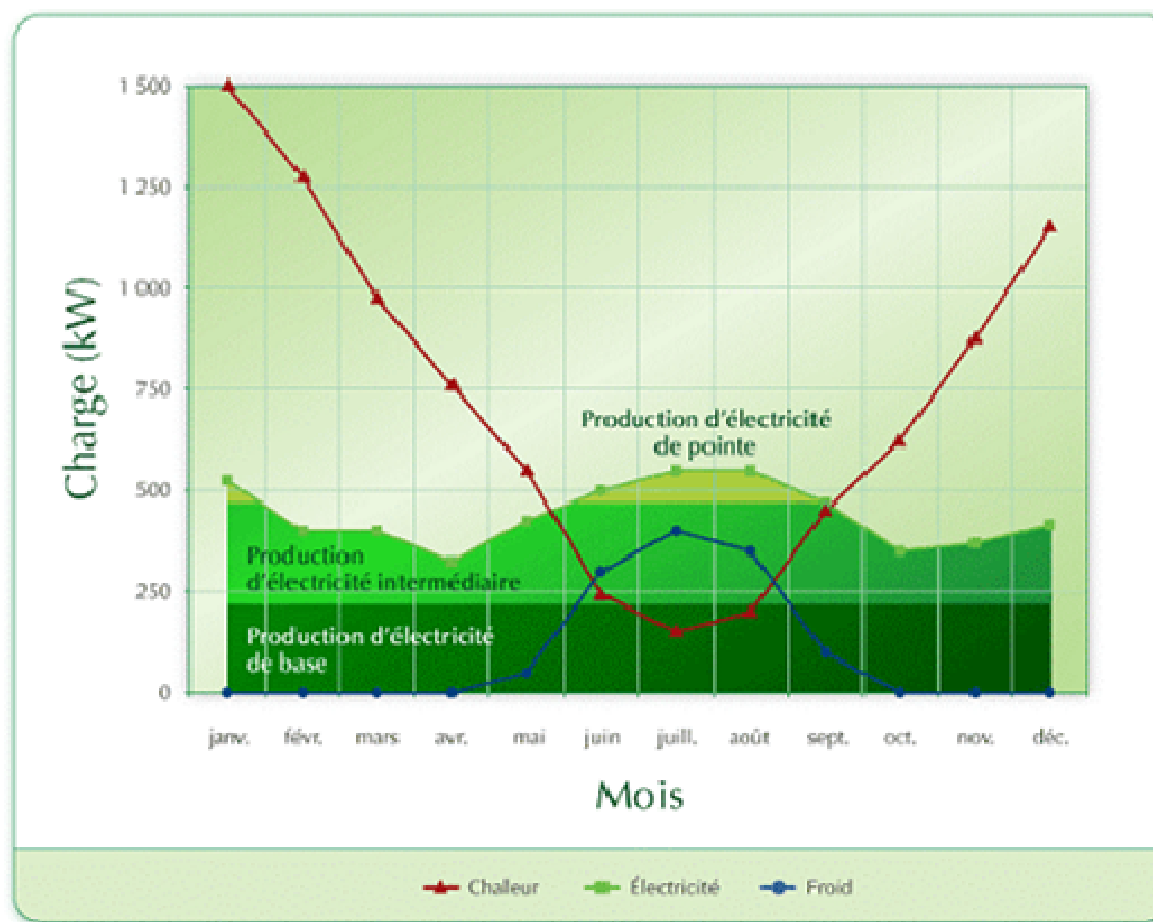
## 8.6 RETScreen<sup>®</sup> cogénération : systèmes de chauffage



## 8.7 RETScreen<sup>®</sup> cogénération: systèmes de climatisation



## 8.8 RETScreen<sup>®</sup> cogénération : systèmes de production d'électricité



# Conclusions

- Les systèmes de cogénération permettent une utilisation efficace de la chaleur qui est généralement gaspillée
- RETScreen calcule les courbes classées de la demande et de la charge, l'énergie fournie et la consommation en combustible pour diverses combinaisons de chauffage, de climatisation et/ou de production d'électricité en utilisant un minimum de données
- RETScreen permet d'obtenir des économies de coûts significatives pour la réalisation d'études préliminaire de faisabilité



*Merci*



Next: d'études pratiques

- [-] Aperçu de RETScreen
- [-] Feuilles de calcul RETScreen
  - [?] Organigramme
  - [?] Démarrer
  - [?] Modèle énergétique
  - [?] Charge et conception du réseau
  - [?] Analyse des coûts
  - [?] Analyse des émissions
  - [?] Analyse financière
  - [?] Analyse de risque
  - [?] Outils
- [-] Bases de données RETScreen
  - [?] Données de produits
  - [?] Données climatiques
  - [?] Données hydrologiques
  - [?] Données de projets
  - [?] Cartes de ressources énergétiques
- [+] Cours de formation RETScreen
- [+] Modèles RETScreen
- [+] Études de cas RETScreen

## Atlas des ressources éoliennes - Cartes

Choisir la région: (?)

-----

Cliquer pour recentrer: (?)



Choisir un outil, puis cliquer sur la carte: (?)

- Zoom avant
- Zoom arrière
- Recentrer
- Données éoliennes

Aller à ... Choisir une option et entrer les données: (?)

UTM

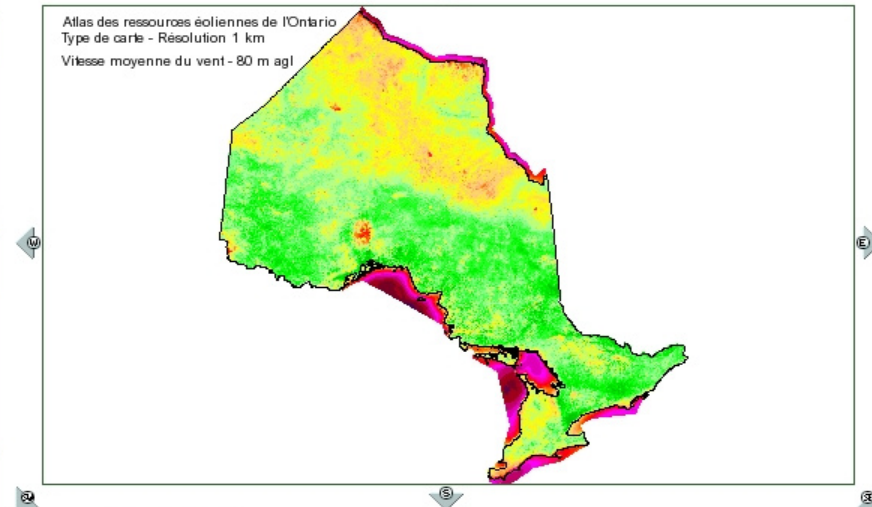
UTM 15

E:

N:

**Soumettre**

Lat: 47.90 Long: -66.18 UTM19N (WGS84): E: 710216 N: 5309499

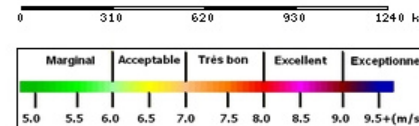


Taille de la carte: (?)

Moyenne

**Cliquer pour de l'aide**

**Cliquer pour imprimer**



Choisir une carte: (?)

Vitesse moyenne du vent:

- 10 m
- 30 m
- 50 m
- 80 m
- 100 m

Densité de puissance éolienne moyenne:

- 10 m
- 30 m
- 50 m
- 80 m
- 100 m

Autres:

- Végétation ([légende](#))
- Aucune

Choisir une ou plusieurs options: (?)

- Municipalités
  - palier supérieur
  - palier inférieur
- Limites cadastrales
  - Cantons
  - Concessions
  - Lots
- Routes
  - Autoroute
  - Route express
  - Route collectrice
  - Route semi-privée
- Villes
- Lignes électriques
- Topographie
- Districts MRN
- Limites de l'Ontario



## Matériel de Formation Additionnel

- Téléchargement à partir **du [www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net)** -> **Cours de formation** -> Efficacité énergétique : Matériel de formation
- Se référer également au [www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net) -> Cours de formation -> Analyse de projets d'énergies propres
- Émission de GES **ET Analyses financière et de risque**
- A partir du [www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net) -> Cours de formation -> Efficacité énergétique -> *Technologie recherchée :*
- Matériel de formation **e-Manuel / Guides**
- Études de cas et e-Manuel d'ingénierie de RETScreen® (énergies renouvelables et cogénération)
- Téléchargement « cogénération » : [www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net) -> Cours de formation -> Cogénération : e-Manuel

## Cinquième journée : 26 Aout 2011

**CREEC : Programme de Formation RETScreen pour l'analyse de projet d'ER &EE**

**Lieu: KNUST, Kumasi, Ghana**

Heure	Session	
09:00	1	<b>EE_1: Efficacité énergétique dans les bâtiments – Eclairage–</b> Etudes de cas: Groupe de discussions - Commentaires
10:30		Pause Café/the
11:00	2	EE_2. Efficacité énergétique– <b>Ventilation – climatisation -</b> Présentation power point présentation – études de cas pratiques
12:30		Dejeuner
13 :30	3	Echanges et discussions avec les institutions de formation et les Instituts Nationaux des points focaux – proposition de lignes directives aux institutions pour la suivie du programme
15:30		Pause Café/the
15:50	4	Examen de Certification (Français, anglais)
19:00		<b>Fin de la journée</b>

- [-] Aperçu de RETScreen
- [-] Feuilles de calcul RETScreen
  - [?] Organigramme
  - [?] Démarrer
  - [?] Modèle énergétique
  - [?] Charge et conception du réseau
  - [?] Analyse des coûts
  - [?] Analyse des émissions
  - [?] Analyse financière
  - [?] Analyse de risque
  - [?] Outils
- [-] Bases de données RETScreen
  - [?] Données de produits
  - [?] Données climatiques
  - [?] Données hydrologiques
  - [?] Données de projets
  - [?] Cartes de ressources énergétiques
- [+] Cours de formation RETScreen
- [+] Modèles RETScreen
- [+] Études de cas RETScreen

## Atlas des ressources éoliennes - Cartes

Choisir la région: (?)

-----

Cliquer pour recentrer: (?)



Choisir un outil, puis cliquer sur la carte: (?)

- Zoom avant
- Zoom arrière
- Recentrer
- Données éoliennes

Aller à ... Choisir une option et entrer les données: (?)

UTM

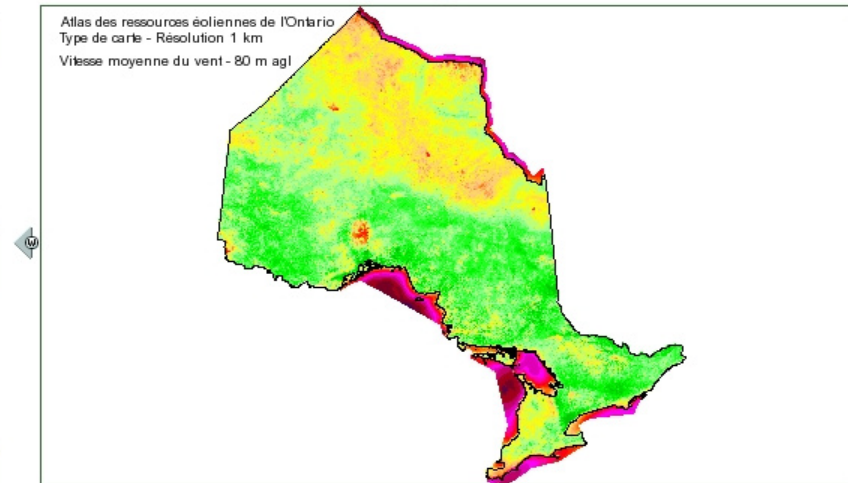
UTM 15

E:

N:

**Soumettre**

Lat: 47.90 Long: -66.18 UTM19N (WGS84): E: 710216 N: 5309499

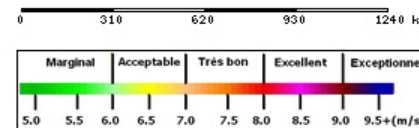


Taille de la carte: (?)

Moyenne

**Cliquer pour de l'aide**

**Cliquer pour imprimer**



Choisir une carte: (?)

Vitesse moyenne du vent:

- 10 m
- 30 m
- 50 m
- 80 m
- 100 m

Densité de puissance éolienne moyenne:

- 10 m
- 30 m
- 50 m
- 80 m
- 100 m

Autres:

- Végétation ([légende](#))
- Aucune

Choisir une ou plusieurs options: (?)

- Municipalités
  - palier supérieur
  - palier inférieur
- Limites cadastrales
  - Cantons
  - Concessions
  - Lots
- Routes
  - Autoroute
  - Route express
  - Route collectrice
  - Route semi-privée
- Villes
- Lignes électriques
- Topographie
- Districts MRN
- Limites de l'Ontario

## Matériel de Formation Additionnel

- Téléchargement à partir **du [www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net)** -> **Cours de formation** -> Efficacité énergétique : Matériel de formation
- Se référer également au [www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net) -> Cours de formation -> Analyse de projets d'énergies propres
- Émission de GES **ET Analyses financière et de risque**
- A partir du [www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net) -> Cours de formation -> Efficacité énergétique -> *Technologie recherchée :*
- Matériel de formation **e-Manuel / Guides**
- Études de cas et e-Manuel d'ingénierie de RETScreen® (énergies renouvelables et cogénération)
- Téléchargement « cogénération » : [www.RETScreen.net](http://www.RETScreen.net) -> Cours de formation -> Cogénération : e-Manuel

- EXEMPLES DE CAS D'ETUDES
- EFFICACITE ENERGETIQUE
- EXAMEN CERTIFICATION

# RETScreen Version 5

- Energy audit analysis



**Soleil, source des energies**



# RETScreen® International

[www.etscreen.net](http://www.etscreen.net)

English

Français

العربية

বাংলা

Български

中文

Hrvatski

Čeština

Dansk

Nederlands

فارسی

Suomi

Deutsch

Ελληνικά

हिन्दी

Magyar

Bahasa Indonesia

Italiano

日本語

한국어

Polski

Português

Română

Русский

Srpski

Español

Swahili

Svenska

Tagalog

தமிழ்

ภาษาไทย

Türkçe

українська мова

ودرا

tiếng Việt





*Merci*